

ISSN : 2667-8764

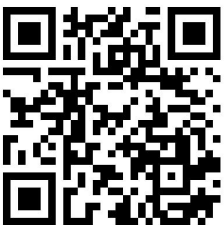
IJEASED

ULUSLARARASI DOĞU ANADOLU FEN
MÜHENDİSLİK VE TASARIM DERGİSİ

IJEASED

INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN
ANATOLIA SCIENCE ENGINEERING AND
DESIGN

YIL/YEAR : 2020 CİLT/VOLUME : 3 SAYI/ISSUE: 1



Genel Yayın Yönetmeni /Editor-in-Chief
Selim TAŞKAYA

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>



IJEASED

**ULUSLARARASI DOĞU ANADOLU FEN MÜHENDİSLİK VE TASARIM
DERGİSİ / INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN**

ISSN: 2667-8764

**Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım
Dergisi**
15 (Temmuz 2021)

ISSN: 2667-8764

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>

**Uluslararası Doğu Anadolu
Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi**

***International Journal of Eastern Anatolia Science
Engineering and Design (IJEASED)***

15

(Temmuz / July 2021)

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi
International Journal of Eastern Anatolia Science Engineering and Design
(IJEASED)

ISSN: 2667-8764

Sayı / Issue: 1
Cilt / Volume: 3
Temmuz / July 2021

Altı ayda bir yayımlanır (elektronik) / Published every six months (electronic)

Genel Yayın Yönetmeni ve Dergi Editörü / Editor-in-Chief and Journal Editor

Öğr. Gör. / Instructor Selim TAŞKAYA, Artvin Coruh University, TR

Dergi Müdürü / Journal Manager

PhD / Malz. Yük. Müh. / Materials Eng. MSc Semih Taşkaya, Firat University, TR

Baş Editör / Lead Editor

PhD / Malz. Yük. Müh. / Materials Eng. MSc Semih Taşkaya, Firat University, TR

Uluslararası Editörler / International Editors

Prof. Dr. Subramaniam SHANKAR, Kongu Engineering College, EN
Assoc. Prof. Dr. Firas ALMAHMOUD, University of Lorraine, EN
Assoc. Prof. Dr. George WARDEH, Université de Cergy-Pontoise, EN
Assist. Prof. Dr. Belal ALMASSRI, Palestine Polytechnic University, EN
Assist. Prof. Dr. Abdulsamee HALAHLA, Fahad Bin Sultan University, EN
Dr. Wei ZHOU, Deputy Director, Digital Engineering Centre – DEC, EN
Dr. Mahdi HOSSEINI, Jawaharlal Nehru Technological University, EN
Dr. Thangamuthu MOHANRAJ, Amrita Vishwa Vidyapeetham University, EN
Dr. Alokesh PRAMANİK, Curtin University, EN
PhD. Imène HEBBAR, University of Sidi-Bel-Abbes, EN
Specialist Clarissa WRİGH, University of Birmingham, EN

Yabancı Dil Editörleri / Foreign Language Editors

Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Özlem EMİR ÇOBAN, Firat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Hare KILIÇASLAN, Karadeniz Teknik University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Munise Didem DEMİRBAŞ, Erciyes University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Şehriban ERASLAN, Suleyman Demirel University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Dilşad AKGÜMÜŞ GÖK, Istanbul Aydin University, TR
Araş. Gör. Dr. / Dr. Research Assist. Gamze AYDIN ERYILMAZ, Ondokuz Mayıs University, TR
PhD. Fulya ERDEMİR, Gazi University, TR
PhD. Imène HEBBAR, University of Sidi-Bel-Abbes, EN

Editör Yardımcısı / Associate Editor

Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Hare KILIÇASLAN, Karadeniz Teknik University, TR

Editör Kurulu / Editorial Board

Prof. Dr. / Professor Dr. Niyazi ÖZDEMİR, Firat University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Mustafa TAŞKIN, Mersin University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Fatma MEYDANERİ TEZEL, Karabuk University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Yasin VAROL, Firat University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Muzaffer AŞKIN, Munzur University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Mustafa DÖRÜCÜ, Firat University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Mahmut DOĞAN, Erciyes University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Hakan Fehmi ÖZTOP, Firat University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Murat Yavuz SOLMAZ, Firat University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Arzu ERENER, Kocaeli University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Vedat Veli ÇAY, Dicle University, TR

Prof. Dr. / Professor Dr. Ali Kaya GÜR, Firat University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Yahya Hışman ÇELİK, Batman University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Özlem EMİR ÇOBAN, Firat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Hare KILIÇASLAN, Karadeniz Teknik University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Mehmet Zülfü ÇOBAN, Firat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Ayhan ORHAN, Firat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Cihat AYDIN, Mersin University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Arzu ERENER, Kocaeli University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Munise Didem DEMİRBAŞ, Erciyes University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Canan BAŞLAK, Selcuk University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Ömer GÜLER, Mersin University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Çetin ÖZAY, Firat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. İhsan KIRIK, Bingöl University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Soner BUYTOZ, Firat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Levent Cenk KUMRUOĞLU, İskenderun Teknik University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Fethi DAĞDELEN, Firat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. İlyas SOMUNKIRAN, Firat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Mustafa SALTİ, Mersin University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Oktay AYDOĞDU, Mersin University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Murat DAL, Munzur University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ, Munzur University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Hacı Mehmet BAŞKONUŞ, Harran University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Bilgin ZENGİN, Munzur University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Halil DİKBAŞ, Firat University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Yakup SAY, Munzur University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Şükrü Taner AZGIN, Erciyes University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Azize DEMİRPOLAT, Bingöl University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Şehriban ERASLAN, Suleyman Demirel University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Merve TUNA KAYILI, Karabuk University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Beyza ONUR IŞIKOĞLU, Karabuk University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Dilşad AKGÜMÜŞ GÖK, Istanbul Aydın University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Dilek ŞENTÜRK DEMİREL, Dicle University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Abdullah ELEN, Bandirma Onyedi Eylül University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Mehmet AKKAŞ, Kastamonu University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Tayfun ÇETİN, Hakkari University, TR
Araş. Gör. Dr. / Dr. Research Assist. Gamze AYDIN ERYILMAZ, Ondokuz Mayıs University, TR
Araş. Gör. Dr. / Dr. Research Assist. Pelin YILMAZ SANCAR, Firat University, TR
PhD. Imène HEBBAR, University of Sidi-Bel-Abbes, EN
Araş. Gör. Dr. / Dr. Research Assist. Esra TUĞRUL TUNÇ, Firat University, TR
Araş. Gör. Dr. / Research Assist. Dr. Mustafa TUNÇ, Firat University, TR
Öğr. Gör. (PhD) / Instructor Sümeyye ERDEM, Karamanoğlu Mehmetbey University, TR
Öğr. Gör. (PhD) / Instructor Kürşat KAYMAZ, Munzur University, TR
Öğr. Gör. (PhD) / Instructor Murat YEŞİLKAYA, Tokat Gaziosmanpaşa University, TR
Öğr. Gör. / Instructor Selim TAŞKAYA, Artvin Coruh University, TR
PhD / Malz. Yük. Müh. / Materials Eng. MSc Semih TAŞKAYA, Firat University, TR
Araş. Gör. (PhD) / Research Assist. (PhD) Mine DOĞAN, Firat University, TR
Öğr. Gör. / Instructor Elif Işılay ÜNLÜ, Firat University, TR
Öğr. Gör. / Instructor Umut SARAY, Tokat Gaziosmanpaşa University, TR
Makine Yük. Müh. (PhD) / Mechanical Eng. PhD Fulya ERDEMİR, Gazi University, TR
Yüksek Mimar (PhD) / Architect MSc. Gülçin SÜT, Yıldız Technical University, TR

Kimyager (PhD) / Chemist PhD Lütfiye S RK , Firat University, TR
Harita Yük. Müh. / Survey Eng. MSc Samet G L, Yildiz Technical University, TR
Malz. Yük. Müh. / Materials Eng. MSc Tansu YE  LKAYA, Bülent Ecevit University, TR
Harita Yük. Müh. / Survey Eng. MSc Nesli ah ULUTA , Selcuk University, TR

Düzenleme (Mizanpaj) / Administrative Coordinator

PhD / Malz. Yük. Müh. / Materials Eng. MSc Semih TA KAYA, Firat University, TR

Yayın Türü / Publication Type

Elektronik ( evrimi i) ve hakemli / Electronic (online) and refereed

Yayın Tarihi / Publication Date

15 / 07 / 2021

Hakemli bir dergi olan Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi altı ayda bir  evrimi i olarak yayımlanmaktadır. Akademik usullere uygun atıf yapmak suretiyle dergide yapılan çalışmalardan yararlanılabilir. Her hakkı saklıdır. Yazıların her türlü sorumluluğu yazarlarına aittir. Dergiye yayınlanmak üzere gönderilen yazılar yayımlansın veya yayınlanmasın iade edilmez.

Haberleşme / Communication

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, Elazığ/ Türkiye
International Journal of Eastern Anatolia Science Engineering and Design (IJEASED), Elazig / Turkey
<https://dergipark.org.tr/pub/ijeased> (ISSN: 2667-8764)



IJEASED

**ULUSLARARASI DOĞU ANADOLU FEN MÜHENDİSLİK VE TASARIM
DERGİSİ / INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN**

ISSN: 2667-8764

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi
15 (Temmuz 2021)

ISSN: 2667-8764

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>

Sayı / Issue: 1

Cilt / Volume: 3

Temmuz / July 2021

Altı ayda bir yayımlanır (elektronik) / Published every six months (electronic)

Yayın ve Bilim Kurulu / Publication and Science Committee

Prof. Dr. / Professor Dr. Niyazi ÖZDEMİR, Fırat University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Mustafa TAŞKIN, Mersin University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Fatma MEYDANERİ TEZEL, Karabuk University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Yasin VAROL, Fırat University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Muzaffer AŞKIN, Munzur University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Mustafa DÖRÜCÜ, Fırat University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Mahmut DOĞAN, Erciyes University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Hakan Fehmi ÖZTOP, Fırat University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Murat Yavuz SOLMAZ, Fırat University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Arzu ERENER, Kocaeli University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Vedat Veli ÇAY, Dicle University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Ali Kaya GÜR, Fırat University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Yahya Hışman ÇELİK, Batman University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Özlem EMİR ÇOBAN, Fırat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Hare KILIÇASLAN, Karadeniz Teknik University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Mehmet Zülfü ÇOBAN, Fırat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Ayhan ORHAN, Fırat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Cihat AYDIN, Mersin University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Arzu ERENER, Kocaeli University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Munise Didem DEMİRBAŞ, Erciyes University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Canan BAŞLAK, Selçuk University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Ömer GÜLER, Mersin University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Çetin ÖZAY, Fırat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. İhsan KIRIK, Bingöl University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Soner BUYTOZ, Fırat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Levent Cenk KUMRUOĞLU, İskenderun Teknik University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Fethi DAĞDELEN, Fırat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. İlyas SOMUNKIRAN, Fırat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Mustafa SALTİ, Mersin University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Oktay AYDOĞDU, Mersin University, TR

Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Murat DAL, Munzur University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ, Munzur University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Hacı Mehmet BAŞKONUŞ, Harran University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Bilgin ZENGİN, Munzur University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Halil DİKBAŞ, Fırat University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Yakup SAY, Munzur University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Şükrü Taner AZGIN, Erciyes University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Azize DEMİRPOLAT, Bingöl University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Şehriban ERASLAN, Suleyman Demirel University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Merve TUNA KAYILI, Karabuk University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Beyza ONUR IŞIKOĞLU, Karabuk University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Dilşad AKGÜMÜŞ GÖK, Istanbul Aydin University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Dilek ŞENTÜRK DEMİREL, Dicle University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Abdullah ELEN, Bandırma Onyedi Eylül University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Mehmet AKKAŞ, Kastamonu University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Tayfun ÇETİN, Hakkari University, TR
Araş. Gör. Dr. / Dr. Research Assist. Gamze AYDIN ERYILMAZ, Ondokuz Mayıs University, TR
Araş. Gör. Dr. / Dr. Research Assist. Pelin YILMAZ SANCAR, Fırat University, TR
PhD. Imène HEBBAR, University of Sidi-Bel-Abbes, EN
Araş. Gör. Dr. / Dr. Research Assist. Esra TUĞRUL TUNÇ, Fırat University, TR
Araş. Gör. Dr. / Research Assist. Dr. Mustafa TUNÇ, Fırat University, TR
Öğr. Gör. (PhD) / Instructor Sümeyye ERDEM, Karamanoğlu Mehmetbey University, TR
Öğr. Gör. (PhD) / Instructor Kürşat KAYMAZ, Munzur University, TR
Öğr. Gör. (PhD) / Instructor Murat YEŞİLKAYA, Tokat Gaziosmanpaşa University, TR
Öğr. Gör. / Instructor Selim TAŞKAYA, Artvin Coruh University, TR
PhD / Malz. Yük. Müh. / Materials Eng. MSc Semih TAŞKAYA, Fırat University, TR
Araş. Gör. (PhD) / Research Assist. (PhD) Mine DOĞAN, Fırat University, TR
Öğr. Gör. / Instructor Elif Işılay ÜNLÜ, Fırat University, TR
Öğr. Gör. / Instructor Umut SARAY, Tokat Gaziosmanpaşa University, TR
Makine Yük. Müh. (PhD) / Mechanical Eng. PhD Fulya ERDEMİR, Gazi University, TR
Yüksek Mimar (PhD) / Architect MSc. Gülçin SÜT, Yıldız Technical University, TR
Kimyager (PhD) / Chemist PhD Lutfiye SİRKA, Fırat University, TR
Harita Yük. Müh. / Survey Eng. MSc Samet GÜL, Yıldız Technical University, TR
Malz. Yük. Müh. / Materials Eng. MSc Tansu YEŞİLKAYA, Bülent Ecevit University, TR
Harita Yük. Müh. / Survey Eng. MSc Neslişah ULUTAŞ, Selcuk University, TR



IJEASED

**ULUSLARARASI DOĞU ANADOLU FEN MÜHENDİSLİK VE TASARIM
DERGİSİ / INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN**

ISSN: 2667-8764

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi
15 (Temmuz 2021)

ISSN: 2667-8764

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>

Sayı / Issue: 1

Cilt / Volume: 3

Temmuz / July 2021

Altı ayda bir yayımlanır (elektronik) / Published every six months (electronic)

Alan Editörleri / Expert Editors

Prof. Dr. / Professor Dr. Fatma MEYDANERİ TEZEL, Karabuk University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Muzaffer AŞKIN, Munzur University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Mustafa DÖRÜCÜ, Fırat University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Mahmut DOĞAN, Erciyes University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Arzu ERENER, Kocaeli University, TR
Prof. Dr. / Professor Dr. Ali Kaya GÜR, Fırat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Özlem EMİR ÇOBAN, Fırat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Hare KILIÇASLAN, Karadeniz Teknik University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Mehmet Zülfü ÇOBAN, Fırat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Ali Kaya GÜR, Fırat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Ayhan ORHAN, Fırat University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Cihat AYDIN, Mersin University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Munise Didem DEMİRBAŞ, Erciyes University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Canan BAŞLAK, Selçuk University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Ömer GÜLER, Mersin University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Levent Cenk KUMRUOĞLU, İskenderun Teknik University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Mustafa SALTİ, Mersin University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Oktay AYDOĞDU, Mersin University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Murat DAL, Munzur University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ, Munzur University, TR
Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Hacı Mehmet BAŞKONUŞ, Harran University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Bilgin ZENGİN, Munzur University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Şükrü Taner AZGIN, Erciyes University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Azize DEMİRPOLAT, Bingöl University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Şehriban ERASLAN, Suleyman Demirel University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Merve TUNA KAYILI, Karabuk University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Beyza ONUR IŞIKOĞLU, Karabuk University, TR

Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Dilşad AKGÜMÜŞ GÖK, İstanbul Aydın University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Dilek ŞENTÜRK DEMİREL, Dicle University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Sema KAYAPINAR KAYA, Munzur University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Abdullah ELEN, Bandırma Onyedi Eylül University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Mehmet AKKAŞ, Kastamonu University, TR
Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Tayfun ÇETİN, Hakkari University, TR
Araş. Gör. Dr. / Dr. Research Assist. Gamze AYDIN ERYILMAZ, Ondokuz Mayıs University, TR
Araş. Gör. Dr. / Dr. Research Assist. Pelin YILMAZ SANCAR, Fırat University, TR
PhD. Imène HEBBAR, University of Sidi-Bel-Abbes, EN
Araş. Gör. Dr. / Dr. Research Assist. Esra TUĞRUL TUNÇ, Fırat University, TR
Araş. Gör. Dr. / Research Assist. Dr. Mustafa TUNÇ, Fırat University, TR
Öğr. Gör. (PhD) / Instructor Sümeyye ERDEM, Karamanoğlu Mehmetbey University, TR
Öğr. Gör. (PhD) / Instructor Kürşat KAYMAZ, Munzur University, TR
Öğr. Gör. (PhD) / Instructor Murat YEŞİLKAYA, Tokat Gaziosmanpaşa University, TR
Öğr. Gör. / Instructor Selim TAŞKAYA, Artvin Coruh University, TR
PhD / Malz. Yük. Müh. / Materials Eng. MSc Semih TAŞKAYA, Fırat University, TR
Araş. Gör. (PhD) / Research Assist. (PhD) Mine DOĞAN, Fırat University, TR
Öğr. Gör. / Instructor Elif Işıl ÜNLÜ, Fırat University, TR
Öğr. Gör. / Instructor Umut SARAY, Tokat Gaziosmanpaşa University, TR
Makine Yük. Müh. (PhD) / Mechanical Eng. PhD Fulya ERDEMİR, Gazi University, TR
Yüksek Mimar (PhD) / Architect MSc. Gülçin SÜT, Yıldız Technical University, TR
Kimyager (PhD) / Chemist PhD Lutfiye SİRKA, Fırat University, TR
Harita Yük. Müh. / Survey Eng. MSc Samet GÜL, Yıldız Technical University, TR
Malz. Yük. Müh. / Materials Eng. MSc Tansu YEŞİLKAYA, Bülent Ecevit University, TR
Harita Yük. Müh. / Survey Eng. MSc Neslişah ULUTAŞ, Selcuk University, TR



IJEASED

**ULUSLARARASI DOĞU ANADOLU FEN MÜHENDİSLİK VE TASARIM
DERGİSİ / INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN**

ISSN: 2667-8764

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi
15 (Temmuz 2021)

ISSN: 2667-8764

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>

Hakem Listesi / Reviewers List

Dergimize yayınlanmak üzere gönderilmiş olan makaleleri titiz bir şekilde değerlendiren kıymetli hakem hocalarımıza, değerli katkılarından dolayı teşekkür eder, katkılarının devamını dileriz.

We greatly appreciate the contributions made by the scientists, who worked as reviewers for International Journal of Eastern Anatolia Science Engineering and Design (IJEASED) and we expect their contributions to the following journal issues.

Sayı / Issue: 1

Cilt / Volume: 3

Temmuz / July 2021

Altı ayda bir yayımlanır (elektronik) / Published every six months (electronic)

Sayı Hakemleri / Referees Issue

- Prof. Dr. Dudu Duygu KILIÇ, Amasya University, TR
- Prof. Dr. Kanat Burak BOZDOĞAN, Çanakkale Onsekiz Mart University, TR
- Prof. Dr. Belgin COŞGE ŞENKAL, Yozgat Bozok University, TR
- Prof. Dr. İhsan KORKUT, Gazi University, TR
- Prof. Dr. Orhan HACİHASANOĞLU, Özyeğin University, TR
- Prof. Dr. Kerim AYDINER, Karadeniz Teknik University, TR
- Prof. Dr. Burak ŞENGÖZ, Dokuz Eylül University, TR
- Prof. Dr. Kemal YILDIRIM, Gazi University, TR
- Prof. Dr. Pinar DİNÇ KALAYCI, Gazi University, TR
- Prof. Dr. Uğur DAĞLI, Doğu Akdeniz University, TR
- Prof. Dr. Selma ÇELİKİYAY, Bartın University, TR
- Doç. Dr. Hare KILIÇASLAN, Karadeniz Teknik University, TR
- Doç. Dr. Adem GÜNEŞ, Erciyes University, TR
- Doç. Dr. Fatma Serab ONURSAL, İstanbul Ticaret University, TR
- Doç. Dr. Neslihan ŞAHİN, Eskişehir Teknik University, TR
- Doç. Dr. Burcu ÖZCAN, Kocaeli University, TR

- Doç. Dr. Nimet KARA, Isparta Uygulamalı Bilimler University, TR
- Doç. Dr. Murat DAL, Munzur University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Mehlika KOCABAŞ AKAY, Kocaeli University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Merve TUNA KAYILI, Karabük University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Hatice Çiğdem ZAGRA, İstanbul Rumeli University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Selda TOPÇU ŞENDOĞDULAR, Erciyes University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Mehtap USTA, Trabzon University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Zeynep GERGİN, İstanbul Kültür University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ACIOĞLU, Çanakkale OnSekiz Mart University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Irmak İÇEN TAŞKIN, İnönü University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Şefika ERGİN, Dicle University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Tülay KARADAYI YENİCE , Hasan Kalyoncu University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Erdinç KESKİN, Kırklareli University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Serap SAĞLAM, İstanbul University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Sevil ERGÜR, Eskişehir Osmangazi University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Pınar ERECEVİT SÖNMEZ, Munzur University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Esra Avlanmaz BİLECEN, Hasan Kalyoncu University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Sema KAYAPINAR KAYA, Munzur University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Özlem BOZKURT, Namik Kemal University, TR
- Dr. Öğr. Üyesi Serpil ÜSTEBAY, İstanbul Medeniyet University, TR
- Dr. Ayşegül ÇOLAK ATEŞ, Adana Biyolojik Mücadele Araştırma Enst. Müd.
- Öğr. Gör. Dr. İdil Vedia EVCİMEN, İstanbul Teknik University, TR
- Arş. Gör. Dr. Neriman TUBA BARLAS, Ege University, TR
- Arş. Gör. Dr. Derya KAYA ÖZDEMİR, Dokuz Eylül University, TR
- Arş. Gör. Dr. Seval AKSOY, Sinop University, TR
- Arş. Gör. Dr. Badel UYSAL ŞAHİN, Iğdır University, TR
- Arş. Gör. Dr. Ammar İBRAHİMGİL, Necmettin Erbakan University, TR
- Arş. Gör. Dr. Ayşe ERDOĞAN YILDIRIM, Fırat University, TR
- Dr. Meltem AVAN, Ankara University, TR
- Dr. Emine YILDIZ KUYRUKÇU, Selçuk University, TR
- Dr. Saeid FOROUGHİ, Selçuk University, TR
- Dr. Oğuzhan KOÇER, Mustafa Kemal University, TR
- Öğr. Gör. Halide BOZKURT, Sakarya Uygulamalı Bilimler University, TR
- Arş. Gör. Asiye ULAŞ, Erciyes University, TR
- Arş. Gör. Tuba Gül DOĞAN, Düzce University, TR
- Arş. Gör. Sümeyya İLKİN, Kocaeli University, TR
- Arş. Gör. Demet Ülkü GÜLPINAR SEKBAN, Karadeniz Teknik University, TR



IJEASED

**ULUSLARARASI DOĞU ANADOLU FEN MÜHENDİSLİK VE TASARIM
DERGİSİ / INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN**

ISSN: 2667-8764

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi
15 (Temmuz 2021)

ISSN: 2667-8764

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>

Sayı / Issue: 1

Cilt / Volume: 3

Temmuz / July 2021

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article

İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering

- | | | |
|---|--|----------|
| Sajjad HASSANPOUR
KASANAGH
Perviz AHMEDZADE
Taylan GÜNAY | Etilen Vinil Asetat (EVA) Polimer Modifiyeli Bitümün Fiziksel ve Reolojik Özelliklerinin Araştırılması
<i>An Investigation on Physical and Rheological properties of Ethylene-Vinyl Acetate (EVA) Polymer Modified Bitumen</i> | 1 |
|---|--|----------|

Mimarlık / Architecture

- | | | |
|------------------|---|-----------|
| Gamze ÖZMERTYURT | İznik-İhsaniye Köyü Yöresel Mimarisinin İncelenmesi
<i>A Study On Rural Architecture Of Ihsaniye Village in Iznik</i> | 21 |
|------------------|---|-----------|

Mimarlık / Architecture

- | | | |
|--|---|-----------|
| Ayşe Merve
SARAÇOĞLU GEZER
Bahar SULTAN
QURRAIE | Karabük Kent Meydanı'ndaki "Meydan" Deneyimini Mekan Dizimi Yöntemi ile Değerlendirme
<i>Evaluating The "Square" Experience In Karabük City Square With The Space Syntax Method</i> | 43 |
|--|---|-----------|

İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering

- | | | |
|---|---|-----------|
| Sajjad HASSANPOUR
KASANAGH
Perviz AHMEDZADE
Taylan GÜNAY | Uzun Süreli Yaşlandırılmış Etilen Vinil Asetat (EVA) Polimer Katkılı Asfalt Bağlayıcının Yorulma Ömrünün İncelenmesi
<i>An Investigation on Fatigue Life of Long Term Aged Ethylene-Vinyl Acetate (EVA) Polymer Modified Asphalt Binder</i> | 55 |
|---|---|-----------|

Ziraat, Bitki Bilimi / Agriculture, Plant Science

- Oğuzhan KOÇER
Filiz AYANOĞLU
Dişi Defne (*Laurus nobilis* L.) Genotiplerinde Meyve Yağ Asitleri Kompozisyonlarının Belirlenmesi
*Determination of Fruit Oil Acid Compositions in Female Bay Laurel (*Laurus nobilis* L.) Genotypes* 72

Mimarlık / Architecture

- Tuğba Nur SEZEN
Asena SOYLUK
Zeynep Yeşim İLERİSOY
Depremin Çağdaş Cami Mimarisinde Yapısal Form Arayışındaki Etkisi
The Effect of Earthquake on the Structural Form in Contemporary Mosque Architecture 89

Biyoloji / Biology

- Pelin YILMAZ
SANCAR
Çeşitli Bitki Taksonlarında Bazı DNA İzolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi
The Comparative Analysis of Some DNA Isolation Methods in Various Plant Taxa 117

Derleme Makalesi / Review Article

Ziraat, Bitki Bilimi / Agriculture, Plant Science

- Meltem AVAN
Türkiye’de ve Dünya’da Görülen Önemli Tıbbi ve Aromatik Bitkiler, Özellikleri ve Hastalıkları Üzerine Araştırmalar
Researches on the Characterization and Diseases of Important Medicinal and Aromatic Plants Occurring in Turkey and the World 129

Araştırma Makalesi / Research Article

Fizik, Ortak Disiplinler / Physics, Multidisciplinary

- Hülya KURU MUTLU
Naci EKEM
Analysis of the Anti-Reflection Coated Eyeglass Used in Turkey
Türkiye’de Kullanılan Antirefle Kaplamalı Gözlük Camlarının Analizi 157

Derleme Makalesi / Review Article

Ziraat, Bitki Bilimi / Agriculture, Plant Science

- Meltem AVAN
RECEP KOTAN
Fungusların Mikrobiyal Gübre veya Biyopestisit Olarak Tarımda Kullanılması
Use of Fungi as Microbial Fertilizer or Biopesticide in Agriculture 167

Araştırma Makalesi / Research Article

Endüstri Mühendisliği / Industrial Engineering

- Abdurrahim BULUT
Şafak KIRIŞ
A Decision Support System For An Assignment and Rebalancing Problem in The Absence Of Staff
Personel Devamsızlığında Atama ve Dengeleme Problemi için Karar Destek Sistemi 192

Mimarlık / Architecture

- Elif ÇETİN
Mehmet MUTLU
Karabük İli Ovacık İlçesi Kırsal Yerleşimlerdeki Geleneksel Konutların Cephe Özellikleri
Facade Features of Traditional Houses in Rural Settlements of Ovacık District of Karabuk Province 221

İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering

- Masoud HAJIALİLUE
BONAB
Mahdi ASADIYAN
Hamidreza TOHIDVAND
Muhammed MAHMUDİ
Determination of Liquefaction Potential of Tabriz City, Northwest of Iran
Tebriz Şehrinin Sıvılaşma Potansiyelinin Belirlenmesi, İran'ın Kuzeybatısı 240

Endüstri Mühendisliği / Industrial Engineering

- Burcu ÖZCAN
Erdoğan Hakkı ÖZER
Karar Teorisinin Tarım Sektöründe Uygulanması
Decision Theory Implementation in Agricultural Sector 257

Mimarlık / Architecture

- Burcu Buram ÇOLAK
Zeynep Yeşim İLERİSOY
Asena SOYLUK
İmgesel Yapılarda Müzik ve Geometri Kesişimi; Iannis Xenakis Örnekleri Üzerinden İnceleme
Music and Geometry Intercept in Imaginary Structures; Review Through Iannis Xenakis Examples 282

Derleme Makalesi / Review Article

Biyoloji / Biology

- Sinem ELMAS
Türkiye’de Adaçayı Yetiştiriciliği ve Ticari Önemi
Sage Growing and Commercial Importance in Turkey 298

Araştırma Makalesi / Research Article

Makine Mühendisliği / Mechanical Engineering

- Alırıza ALTINSOY
Yusuf ARSLAN
Polioksümetilen Kopolimerinin Su Jeti Tezgâhlarında İşlenebilirliğinin Taguchi Metodu Kullanılarak Optimizasyonu
Optimization of Polyoxymethylene Copolymer Workability on Water-Jet Machines Using Taguchi Method 333

Ziraat, Bitki Bilimi / Agriculture, Plant Science

Fatma ŞİMŞEK Recep KOTAN Fatih CEYHAN Çağlar SOYTÜRK Sabri BARAN	Şeker Pancarlarında Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteri Biyoförmölasyonlarının Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri <i>Effects of Bacterial Bioformulations Promoting Plant Growth on Yield and Quality Parameters in Sugar Beet</i>	350
--	---	------------

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 1-20, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Araştırma Makalesi / Research Article**Doi: [10.47898/ijeased.826956](https://doi.org/10.47898/ijeased.826956)

Etilen Vinil Asetat (EVA) Polimer Modifiyeli Bitümün Fiziksel ve Reolojik Özelliklerinin Araştırılması

Sajjad HASSANPOUR KASANAGH ^{1*}, Perviz AHMEDZADE ¹, Taylan GÜNAY ¹¹ Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir, 35100, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : sajjad.hassanpour.kasanagh@mail.ege.edu.tr  https://orcid.org/0000-0001-9484-4324 , S.H. Kasanagh  https://orcid.org/0000-0001-8348-5901 , P. Ahmedzade  https://orcid.org/0000-0002-2669-6320 , T. Günay	Geliş Tarihi / Received Date : 17.11.2020 Revizyon Tarihi / Revision Date : 14.12.2020 Kabul Tarihi / Accepted Date : 20.12.2020 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021

Alıntı / Cite : Hassanpour Kasanagh, S., Ahmedzade, P., Günay, T. (2021). Etilen Vinil Asetat (EVA) Polimer Modifiyeli Bitümün Fiziksel ve Reolojik Özelliklerinin Araştırılması, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 1-20.

Özet

Bu çalışmada, Etilen Vinil Asetat (EVA) polimer katkısının bitümün fiziksel ve yüksek sıcaklık performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırma kapsamında geleneksel bitüm deneyleri ile birlikte dönel viskozite deneyleri gerçekleştirilmiş ayrıca bağlayıcıların yüksek sıcaklık performansını belirleyen reolojik çalışmalar dinamik kayma reometresi (DSR) ve çoklu gerilmeli sünme geri dönme (MSCR) deneyleri yardımıyla uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, EVA polimeri saf bitümün penetrasyonu düşürdüğü, yumuşama noktası ve viskozitesini ise arttırdığı tespit edilmiş bu sayede bitümün fiziksel olarak sertleşmesine neden olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca, çalışma kapsamında DSR yüksek sıcaklık performans sınıfı (PG) 76 °C olarak tespit edilen %7 EVA katkılı bağlayıcının MSCR deneyine göre performans sınıfı PG70S olarak belirlenmiş ve PG64S olan saf bitüme göre bir sınıf artış sağlandığı belirlenmiştir. Bu sonuç, EVA katkılı bitümün 70°C sıcaklıkta, 70 km/s üzeri araç hızında ve yirmi yıl boyunca trafik tasarım şeridinde beklenen maksimum 10 milyon (eşdeğer standard dingil yükü) ESAL sayısında kalıcı deformasyona maruz kalmadan kullanılabileceğini ifade etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bitüm, Etilen Vinil Asetat (EVA), Polimer, Viskozite, Performans Sınıfı, DSR, MSCR.

An Investigation on Physical and Rheological properties of Ethylene-Vinyl Acetate (EVA) Polymer Modified Bitumen

Abstract

The effects of Ethylene-Vinyl Acetate (EVA) on physical and high temperature performance of bitumen was investigated in this work. conventional bitumen tests, rotational viscosity tests were conducted within the context of the research, and rheological studies such as dynamic shear rheometer (DSR), multiple stress creep recovery tests (MSCR) were also performed to determine high temperature performance of binders. The results indicated that EVA polymers reduce penetration, increase the softening point and viscosity of the bitumen which in turn indicates bitumen became stiffer after the modification. Besides, %7 EVA modified binder classified as PG 76 in DSR test was graded in MSCR grading system as PG70S which is one level higher compared to that of base bitumen. This result means that EVA modified binders can be used without permanent deformation until 70°C, under 10 million ESAL at 70 km/h traffic speed.

Keywords: Bitumen, Ethylene-Vinyl Acetate (EVA), Polymer, Viscosity, Performance Grade, DSR, MSCR.

1. Giriş

Bitümlü malzemeler esnek kaplamaların inşasında bağlayıcı malzeme olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Behnood, 2020; Behnood ve Olek, 2017). Türkiye’de de en yaygın karayolu inşaat yöntemi bitümlü sıcak karışımların (BSK) da dahil olduğu esnek kaplama türüdür. Trafik hacmindeki hızlı artış, yük taşımacılığı yapan araçların fazlalığı ve iklim değişiklikleri, asfalt bağlayıcı performansında bazı azalmalar meydana getirmekte, bu da BSK’larda tekerlek izi (kalıcı deformasyon) gibi bozulmaların yolun ekonomik ömründen daha erken meydana gelmesine neden olmaktadır. Viskoelastik bir malzeme olan bitüm esnek kaplamanın performansında önemli derece de rol almaktadır (Fernandes ve ark., 2008). Edinildiği rafineriye göre farklı içeriklere sahip olabilen bitüm üzerinde uygulanan rafine işlemleri, bitüm kimyası ve reolojisinde ayrıca karmaşıklıklara yol açabilir. Dolayısıyla, bitümün reolojik davranışı da yükleme süresi ve sıcaklığa bağlı olarak tamamen viskozdan elastığe değişim gösterebilmektedir. BSK’nın kaplama çatlamasını önlemek için düşük servis sıcaklıklarında yeterince esnek olması ve yüksek servis sıcaklığında tekerlek izini önlemek için gerekli miktarda sert (elastik katı) yapıda olması gerekmektedir (Köfteci ve ark., 2020).

Esnek kaplamalar ağır trafik ve yüklemelere maruz kaldığında beklendiği gibi performans göstermediği için bitümün karışım içerisindeki performansını artırılması amacıyla çeşitli modifikasyon malzemeleri kullanılmaktadır.

Araştırmalar, bitüme ve BSK’lara bazı polimerlerin dahil edilmesiyle kaplama performanslarını arttırabileceğini ortaya koymuştur. Polimer katkısı ile modifiye edilmiş bitüm,

bağlayıcının kimyasal yapısını değiştirmeden fiziksel ve reolojik özelliklerini geliştirebilmektedir. Polimerler genellikle bitümlü bağlayıcı içerisinde erime yoluyla ağımsı yapıda bir matris oluştururlar (Kaya ve ark., 2019). Bu uzun zincirli moleküllerin oluşturduğu matris bitümün fiziksel ve reolojik özelliklerini değiştirebilmektedir. Polimer katkı maddeleri elastikiyeti arttırarak, bağlayıcının kırılma hale geçtiği (katı faz) mertebeyi düşürerek ve/veya bitümün yumuşama noktasını yüksek sıcaklıklara taşıyarak bağlayıcının özelliklerini iyileştirebilirler. Bu da kullanıldıkları karışımların daha yüksek sıcaklıkta daha fazla sertliğe sahip olmasını ve oluşan kalıcı deformasyonların azaltılmasını sağlamaktadır.

Bitümün modifikasyonunda kullanılan polimerler, plastomerler ve elastomerler olarak bilinen iki geniş kategoriye ayrılmaktadır (Ahmadinia ve ark., 2011; Airey, 2002, 2004; Al-Hadidy ve Yi-Qiu, 2009). Yarı kristal kopolimer olan etilen vinil asetat (EVA), hem karışım sırasında BSK'nın işlenebilirliğini hem de hizmette deformasyon direncini arttırmak için bitüm içerisinde kullanılan başlıca plastomerlerden biri olarak tanımlanmaktadır (Haddadi ve ark., 2008; Sengoz ve Isikyakar, 2008; Stastna ve ark., 2003).

Liretatürlerdeki çalışmalarda, düşük miktarda kullanılan EVA katkı maddesi ilavesinin bitümün reolojik davranışını önemli ölçüde etkilemediğini göstermiştir (Stastna ve ark., 2003). Bu sonuç, diğer polimer katkıları üzerinde yapılmış olan çalışmalar (stiren-butadien-stiren (SBS) ve poliolefinler (polypropylene, polyethylene) gibi kopolimerler ve hatta diğer EVA katkılı bitümlerin dahil olduğu çalışmalar) ile uyumsuzluk göstermektedir (Ameri ve ark., 2012; García-Morales ve ark., 2004; Polacco ve ark., 2004).

Bu çalışmanın amacı EVA katkısının daha geniş miktarlarda (yüzde 3-7 aralığında) kullanılmasıyla Türkiye kaynaklı B50/70 bitüm üzerindeki etkisi ve bunun yanı sıra daha önceki çalışmalardan daha kapsamlı fiziksel (penetrasyon, yumuşama noktası, dönel viskozimetre) ve reolojik deneyler gerçekleştirerek EVA plastomerinin yüksek sıcaklıktaki performans sınıfını belirlenmesidir. Reolojik deneylerde performans sınıfı belirlemenin yanı sıra farklı yüklemelere göre trafik sayısı ve hızını da göz önünde bulundurarak farklı kategorilere ayıran çoklu gerilmeli sünme geri dönme (MSCR) deneyi üzerinde EVA katkılı bitümün kalıcı deformasyon direnci incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada Türkiye'nin TÜPRAŞ A.Ş. rafinerisinden elde edilen 50/70 penetrasyon sınıfına sahip bitüm bağlayıcı malzeme olarak kullanılmaktadır. Modifikasyon için kullanılan polimer katkı DuPont firması tarafından üretilen Elvax®420, ağırlıkça %18 vinil asetat komonomer içeriğine sahip bir EVA kopolimerdir. Şeffaf renkli ve granül şeklinde olan katkının yumuşama noktası 53 °C'dir. ISO 1183 standardına göre özgül ağırlığı 0,94'tür. Çalışmada referans olarak seçilen EVA katkısının görünümü Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. EVA polimer katkısı.

2.1.1. Modifikasyon İşlemi

EVA katkısı B50/70 penetrasyona sahip bitüme %3, %4, %5, %6 ve %7 oranlarında eklenerek EVA modifiyeli bitümlü bağlayıcılar hazırlanmıştır. Modifiye bitümlerin karıştırma işlemlerinde yüksek devirli ve bitüm modifikasyonu için tasarlanan başlığa sahip Silverson L5M markalı mikser kullanılmıştır. Karıştırma sırasında kesme kuvveti sağlayan yüksek devirli karıştırıcı sayesinde katkıların bitüm içerisinde iyi bir dağılım göstermeleri maksadıyla 60 dakika boyunca 3000 devir/dk hız ile 180°C sıcaklıkta karıştırılmış ve modifiye işlemi gerçekleştirilmiştir (Hassanpour Kasanagh, 2020). Modifiye sırasında kullanılan Silverson L5M markalı mikser cihazı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Etilen vinil asetat (EVA) polimer katkısı.

Orijinal ve modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcıların kısa süreli yaşlandırma işlemleri ASTM D2872 şartnamesine göre ince dönel ince film etüvü (RTFO) deneyi ile gerçekleştirilir. Bağlayıcılar, etüvde 163°C’de 75 dakika yaşlandırılmış ve her şişe yaklaşık 35 gram bağlayıcıyla doldurulmuştur (ASTM D2872, 2012). İçinde 8 adet silindir şeklindeki cam numune şişelerinin yatay şekilde yerleştirildiği RTFO cihazının iç görünümü Şekil 3’te verilmiştir.



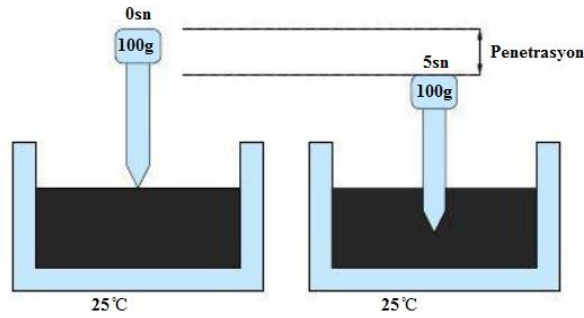
Şekil 3. RTFO cihazının iç görünümü.

RTFO deneyiyle kısa süreli yaşlandırma işlemleri yapılan bitümlü bağlayıcılar, dinamik kayma reometresi (DSR) ve çoklu gerilmeli sünme geri dönme (MSCR) deneylerinde kullanılmak üzere kapalı şekilde saklanmıştır.

2.2. Fiziksel Deneyler

2.2.1. Penetrasyon

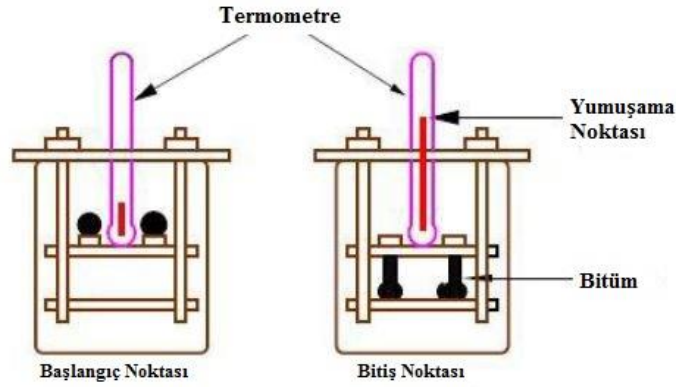
Penetrasyon deneyi bitümün kıvamını belirlemektedir. ASTM D5/D5M Standardı çerçevesinde bitümlü bağlayıcıların üzerinde penetrasyon deneyi yapılmaktadır (ASTM D2872, 2012). Penetrasyon, standart bir iğnenin belirtilen sıcaklık, yük ve yükleme süresi koşulları altında bir bitüm numunesinin içine dikey olarak nüfuz edeceği miktar olarak ifade edilmektedir. Birimi milimetrenin onda biridir ($1 \text{ dmm} = 0,1 \text{ mm}$). Penetrasyon deneyinde uygulanan yük 100 g, yükleme süresi 5 sn ve deney sıcaklığı 25°C 'dir. Her deney için, deney sıcaklığında belirtilen şartlandırmadan sonra, üç ayrı penetrasyon ölçümü alınır. Üç değer ortalaması en yakın tam sayı olarak kaydedilmektedir. Üç ölçüm arasındaki farkın standartta belirlenmiş sınırı aşmaması beklenir. Penetrasyon deneyinin yapılışı Şekil 4'te şematik olarak verilmiştir.



Şekil 4. Penetrasyon deneyinin işleyişi.

2.2.2. Yumuşama Noktası

Bitümün yumuşama derecesine ulaştığı akıcı sıvı hale geldiği sıcaklık bitümün yumuşama noktası olarak ifade edilmektedir. Deney, standart yüzük ve bilye aparatı kullanılarak ASTM D36 şartnamesinin prosedürüne uygun şekilde gerçekleştirilir (ASTM D36/D36M, 2014). Buna göre, akıcı haldeyken yumuşama noktası yüzüğüne dökülen bitüm numunesinin üzerine küçük bir çelik bilye yerleştirilir ve ardından bir beher içerisinde 5°C 'lik su banyosuna konur. Banyo sıcaklığı dakikada 5°C yükseltilir ve bitümü yumuşatır ve sonunda bilye halkanın içerisinde yavaşça geçerek bitüm deforme olur. Her iki numune üzerinde yumuşatılmış bitüm, aşağıda 25 mm mesafedeki metal plakaya temas ettiği andaki sıcaklık not edilir ve iki sıcaklığın ortalaması yumuşama noktası olarak kaydedilir. Genel olarak, yüksek yumuşama noktası düşük sıcaklık duyarlılığının göstergesidir ve bu özellikte bitümler sıcak iklimlerde tercih edilmektedir. Şekil 5, yumuşama noktası deney kurulumunu göstermektedir.



Şekil 5. Yumuşama noktası deneyinin işleyişi.

2.2.3. Penetrasyon İndeksi

Penetrasyon indeksi (PI) değeri, bitümün ısıya karşı duyarlılığını belirlenmesi amacıyla penetrasyon ve yumuşama noktası değerleri yardımıyla denklem (1)'de verilen formül ile hesaplanmaktadır. PI değeri azaldıkça bitümün sıcaklığa karşı duyarlılığı artmaktadır. Sıcaklığa hassasiyeti normal olan bir bitümün PI değeri -2 ile +2 arasında olması önerilmektedir. PI değerinin -2'den küçük olması bitümün sıcaklığa duyarlılığının artması ve +2'den büyük olması bitümün okside olması anlamına gelmektedir (Hunter ve ark., 2015).

$$PI = \frac{1952 - 500 \times \log(Pen_{25}) - 20 \times YN}{50 \times \log(Pen_{25}) - YN - 120} \quad (1)$$

Burada, Pen_{25} bitümlü bağlayıcıların 25 °C'deki penetrasyon değeri ve YN ise yumuşama noktası sıcaklığı olarak tanımlanmaktadır.

2.2.4. Dönel Viskozite

Dönel viskozite (RV), bitümün hazırlama işlemleri sırasında işlenebilirliğini ve pompalanabilirliğini değerlendirerek reolojik özelliklerini belirlemektedir. Çalışmada kullanılan Brookfield dönel viskozimetre cihazı ve RV aletine bağlı olan sıcaklık kontrol sistemi Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Brookfield dönel viskozimetre cihazı.

RV deneyi yaşlandırılmamış bitümler üzerinde yapılmaktadır. Viskozite değeri, RV cihazına ait silindirik ucun belirlenen sıcaklıkta (135°C ve 165°C), dönüş hızı (20 devir/dk) sabit tutularak gerçekleştirilmektedir. ASTM D 4402 standardında ayrıntılı şekilde açıklandığı gibi, 135°C’de viskozite deneyi yapıldığında, viskozite değerinin maksimum sınırı 3 Pa.s (3000 cP) olması gerekmektedir (ASTM D4402, 2015). Ayrıca, dönel viskozimetre BSK’ların karıştırma ve sıkıştırma sırasında sıcaklık aralıklarını belirlemek için kullanılmaktadır. 165 °C ve 135 °C’de viskozite deneyi yapıldıktan sonra, BSK’ların tasarımında kullanılacak ideal sıkıştırma ve karıştırma sıcaklıkları logaritmik viskozite-sıcaklık grafiklerinden belirlenir (Almusawi ve ark., 2020). Superpave şartnamesine göre, karıştırma sıcaklıkları için 0.17 ± 0.02 Pa.s ve sıkıştırma sıcaklıkları için 0.28 ± 0.02 Pa.s arasındaki viskozite aralığı hesaplanarak ideal karıştırma ve sıkıştırma sıcaklığı elde edilmektedir.

2.3. Reolojik Deneyler

2.3.1. Dinamik Kayma Reometresi (DSR)

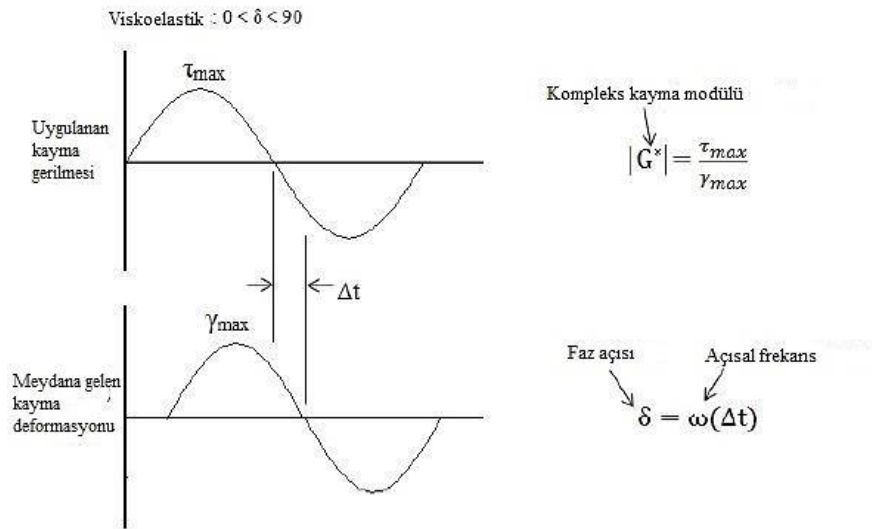
Dinamik kayma reometresi (DSR) deneyi 10 rad/s (1.6 Hz) frekansında bitümün yüksek sıcaklıklardaki kalıcı deformasyona karşı direncini incelenmesi için yüksek sıcaklıklarda (52–82 °C) gerçekleştirilmiştir. DSR deneyinin ayrıntılı yapılış şekli AASHTO T 315 “Asfalt Bağlayıcının Dinamik Kesme Reometresini Kullanarak Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi” standardında tanımlanmıştır (AASHTO T315, 2012). Bitümlü bağlayıcıların yüksek sıcaklık performansını incelenmesi sırasında, 25 mm çapında ve 1 mm kalınlığında hazırlanmış bağlayıcılar üzerinde

deney uygulanmaktadır. Çalışmada kullanılan Anton Paar Smart Pave Plus 301 DSR cihazı Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Dinamik kayma reometre cihazın.

Deneyin sonucunda kompleks kayma modülü (G^*) ve faz açısı (δ) parametreleri elde edilmektedir. Kompleks kayma modülü, bitümün kayma gerilmesi neticesinde deformasyona göstermiş olduğu direnç ve faz açısı ise viskoz ve elastik deformasyon tepkilerinin birbirlerine olan oranı şeklinde ifade edilebilir. DSR cihazında G^* ve δ parametreleri hesaplanarak, bağlayıcıların visko-elastik davranışı Şekil 8’de verilmiştir (McGennis ve ark., 1995). Superpave şartnamesinde, $G^*/\sin\delta$ değeri bitümlü bağlayıcının yüksek sıcaklık performans ölçütü olarak tanımlanmış ve tekerlek izi (kalıcı deformasyon) parametresi olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 8. kompleks kayma modülü (G^*) ve faz açısı (δ) parametrelerinin hesaplanması.

Yüksek sıcaklık performans sınıfı (PG) belirlenmesi için, $G^*/\sin\delta$ parametresinin miktarı deneyin uygulandığı sıcaklıkta yaşlanmamış bağlayıcılar için minimum 1 kPa ve kısa süreli yaşlandırılmış (RTFO) bağlayıcılar için minimum 2.2 kPa olması istenmektedir.

2.3.1. Çoklu gerilmeli sünme geri dönme (MSCR)

Çoklu gerilmeli sünme geri dönme (MSCR) deneyi AASHTO T350 şartnamesine göre kısa süreli yaşlandırılmış (RTFO) bağlayıcılar üzerinde yüksek sıcaklıklarda uygulanmaktadır. Deneyin amacı bitümü farklı yüklemelere ve gerilmelere maruz tutarak tekerlek izine karşı direncini ölçmektir. Numuneler ilk olarak 0,1 kPa ve ardından 3,2 kPa olarak iki farklı kayma gerilmesine tabi tutulmaktadır. Birbirinden bağımsız olarak numunelere uygulanan bu iki aşamalı kayma gerilmeleri 1 saniye yükleme ve 9 saniye dinlenme şeklinde 10 döngüden oluşmaktadır.

AASHTO M 332 şartnamesine göre, MSCR deneyinde geri dönmeyen sünme uyumluluğu (J_{nr}) ve elastik geri dönme (R) olmak üzere iki ana parametre bitümün sınıflandırılmasında kullanılmaktadır (AASHTO M332, 2014). Döngü sırasındaki deformasyon analizi, elastik deformasyon (geri kazanılabilir) ve kalıcı deformasyon (geri kazanılamaz) özellikleri olarak ayrılmaktadır. Aşağıda verilen Denklem (2)-(5), R ve J_{nr} değerlerini hesaplamaktadır (Król ve ark., 2015).

$$R = \frac{\sum_{t=1}^{10} \epsilon_t(\tau, N)}{10} \quad (2)$$

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_{10}}{\epsilon_1} \times 100 \quad (3)$$

$$J_{nr} = \frac{\sum_{t=1}^{10} J_{nr}(\tau, N)}{10} \quad (4)$$

$$J_{nr}(\tau, N) = \epsilon_{10} / \tau \quad (5)$$

Bu formüllerde aşağıdaki semboller kullanılmaktadır:

τ : gerilme, N : döngü sayısı, ϵ_1 = 1. saniyenin sonunda meydana gelen deformasyon miktarı (yükleme süresinin sonunda), ϵ_{10} = 10. saniyenin sonunda meydana gelen deformasyon miktarı (geri kazanma süresinin sonunda).

AASHTO M 332, çevresel (iklim) faktörlere ve tasarım trafik hacimlerine dayanarak bitüm sınıfları ve şartname sınırlarını belirlemiştir. Buna göre, çevresel faktörler PG 64, PG 70 vb. gibi yüksek sıcaklık performans sınıfları ve tasarım trafik hacimleri ise standart, ağır, çok ağır ve aşırı ağır gibi kategorilerle ifade edilmektedir. Çeşitli sınıflar için hız ve eşdeğer dingil yükü (ESAL) değerleri Tablo 1’de verilmiştir (AASHTO M332, 2014). Şartnamenin ana amacı, yetersiz kalmış klasik DSR PG sisteminin yerine trafiği de dahil ederek daha detaylı bir yaklaşım ortaya koymaktır.

Tablo 1. MSCR deneyinde trafik hızı ve seviyesine göre bitüm seçimi.

ESALs ^a (Milyon)	Trafik Akımı (traffic load rate)		
	Durgun ^b	Ağır ^c	Standart ^d
< 0,3	V	H	S
0,3 - <3	V	H	S
3 - <10	V	H	S
10 - <30	V	H	H
≥ 30	E	V	V

^a20 yıl boyunca trafik dizayn şeridinde beklenen ESALs.
Ortalama trafik hızı ^b(< 20 km/s), ^c(20 ile 70 km/s arası), ^d(> 70 km/s).
S:Standart (J_{nr}=2-4,5), H: Ağır (J_{nr}=1-2), V: Çok Ağır (J_{nr}=0,5-1), E:Aşırı Ağır (J_{nr}=0-0,5)

3. Bulgular ve Tartışma

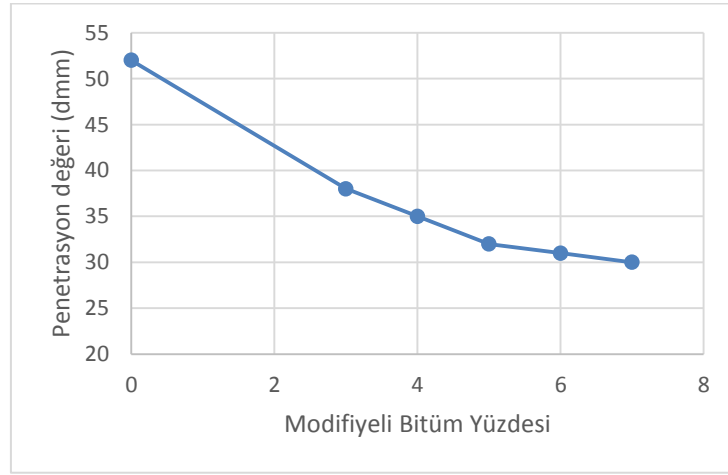
3.1. EVA Modifiyeli Bağlayıcıların Fiziksel Performansı

Çalışmada, EVA polimerinin 50/70 penetrosyon sınıfına sahip bitümlü bağlayıcılar üzerindeki etkisi fiziksel deneyler gerçekleştirilerek incelenmiştir. Fiziksel deneyler penetrasyon ve yumuşama noktası deneyi olmak üzere ve bu iki deneyin sonuçlarını kullanarak elde edilen PI değerini ve dönel vizkozite (RV) deneyini kapsamaktadır. Penetrasyon deneyi bitümün sertliğini ve kıvamını ölçmektedir. Bunun yanı sıra, bitümün yumuşama derecesine ulaştığı sıcaklık yumuşama noktası olarak ifade edilmektedir. PI değeri ise bitümün sıcaklığa duyarlılığının göstergesi olarak tanımlanmaktadır.

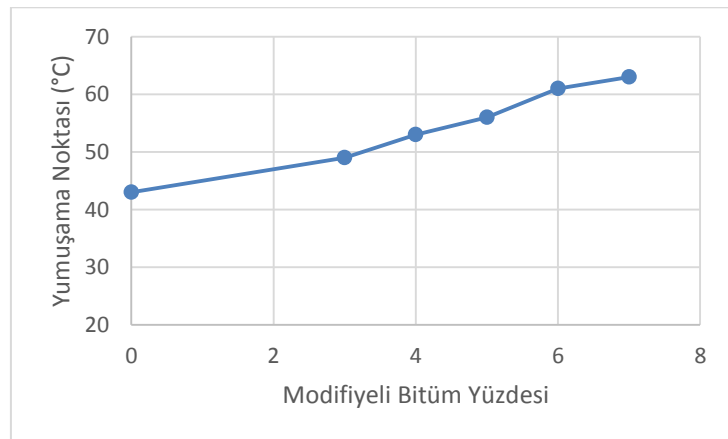
EVA katkılı bitümlere uygulanan fiziksel deneylere ait sonuçlar Şekil 9-12 ve Tablo 2’de verilmiştir. Şekil 9 ve Şekil 10 incelendiğinde, EVA katkısı saf bitümlü bağlayıcıların penetrasyonunu düşürmüştü ve aynı zamanda yumuşama noktası ve PI değerinin artmasını sağlamıştır. EVA modifiyeli bağlayıcılarda katkı yüzdesi arttıkça yumuşama noktasının arttığı ve maksimum yumuşama noktası değerine %7 EVA katkılı bağlayıcının sahip olduğu görülmüştür (63°C). Böylece en yüksek yumuşama noktasına ve en düşük penetrasyon değerine en yüksek modifikasyon seviyesinde ulaşılmıştır. Bu sonuç, modifikasyon seviyesinin arttıkça bağlayıcının

sertleşmesini ve dolayısıyla tekerlek izi gibi bozulmaların meydana gelme durumunu önleyebilme kapasitesini ortaya koymaktadır.

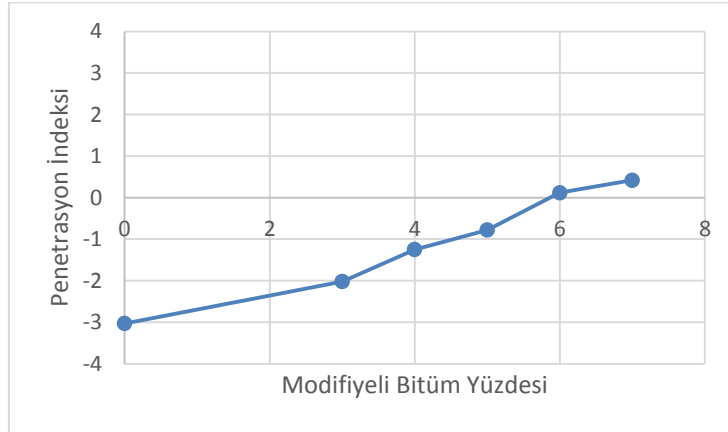
Şekil 11’de PI değerlerine bakıldığında, orijinal bağlayıcının -3,03 olan PI değeri bu bağlayıcının ısıya olan yüksek duyarlılığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, polimer katkılarının ilavesiyle sıcaklığa olan hassasiyetinin azaldığı gözlemlenmiştir. Tüm modifikasyon seviyelerinde (%3-%7) PI değerinin standart sınırı olan $(-2 < PI < +2)$ değerlerini sağlamış ve en yüksek modifikasyon seviyesinde ise PI değeri +0.42 olarak hesaplanmıştır. PI değerinin -2’den az olması, bitümün ısıya daha duyarlı olduğunu ve +2’den fazla olması ise bitümün okside olduğu anlamına gelmektedir (Hunter ve ark., 2015).



Şekil 9. Orijinal ve modifiyeli bağlayıcıların penetrasyon deney sonuçları.



Şekil 10. Orijinal ve modifiyeli bağlayıcıların yumuşama noktası deney sonuçları.



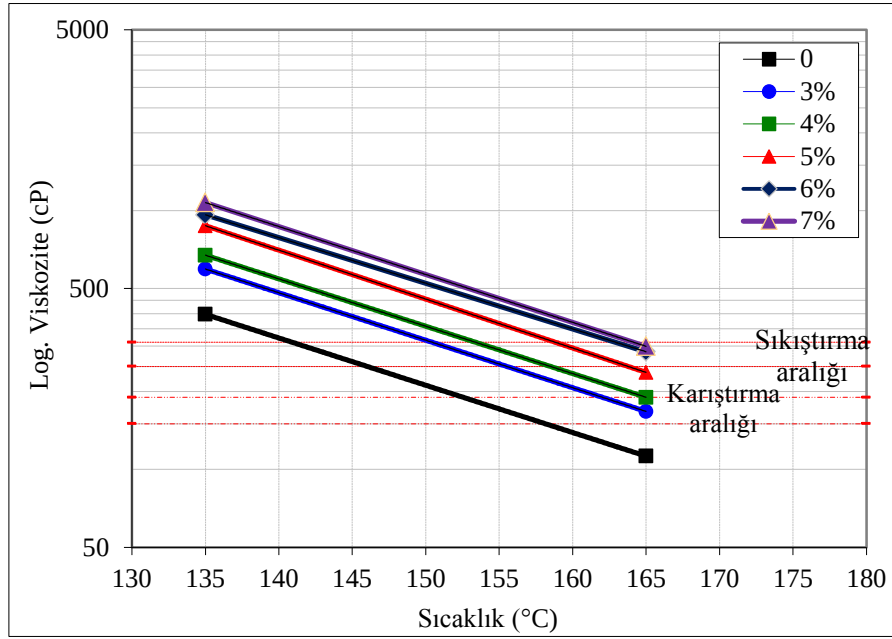
Şekil 11. Orijinal ve modifiyeli bağlayıcıların penetrasyon indeksi sonuçları.

EVA katkılı bağlayıcılara ait viskozite değerleri Tablo 2’de sunulmuştur. Saf bitümlü bağlayıcıya artan miktarlarda (%3, %4, %5, %6 ve %7) EVA polimer katkısının ilavesi sonucunda bitümün viskozite değerinin sürekli olarak arttığı tespit edilmiştir. Saf bağlayıcının 135°C’deki viskozite değeri 398 cP iken, EVA katkısının en düşük oranda kullanımında (%3), viskozite değeri 595 cP olarak ölçülmüştür. Bu sonuç, %3 katkılı bağlayıcıya göre 1,50 kat artışı ifade etmektedir. 165°C’deki viskozite değerlerinde de 135°C’de olduğu gibi numuneler arasında aynı artış sırası tespit edilmiştir.

Ayrıca, dönel viskozimetre BSK’ların karıştırma ve sıkıştırma sırasında sıcaklık aralıklarını belirlemek için de kullanılmaktadır. 135 °C ve 165 °C’deki viskozite deneylerinin tamamlanmasının ardından, BSK’ların tasarımında kullanılacak ideal sıkıştırma ve karıştırma sıcaklıkları logaritmik viskozite-sıcaklık grafiklerinden belirlenebilmektedir. Viskozite deneyinin iki farklı sıcaklıktaki değerlerinden elde edilen logaritmik viskozite-sıcaklık eğrisi Şekil 12’de verilmiştir. Superpave şartnamesine göre, karıştırma sıcaklıkları için 0.17 ± 0.02 Pa.s ve sıkıştırma sıcaklıkları için 0.28 ± 0.02 Pa.s arasındaki viskozite aralığı hesaplanarak ideal karıştırma ve sıkıştırma sıcaklığı elde edilmektedir (Zaniewski ve Pumphrey, 2004).

Tablo 2. Orijinal ve EVA modifiyeli bağlayıcıların viskozite değerleri.

EVA Yüzdesi	Dönel Viskozite (cP)		$\eta_{\text{modifiye}} / \eta_{\text{saf}}$		Karıştırma Aralığı (°C)	Sıkıştırma Aralığı (°C)
	135 °C	165 °C	135 °C	165 °C		
0	398	112,5	1,00	1,00	153-158	141-146
%3	595	167,5	1,50	1,49	163-169	151-156
%4	673	190	1,69	1,69	166-171	154-159
%5	875	237	2,20	2,11	168-174	157-162
%6	964	285	2,42	2,53	173-179	161-167
%7	1075	299	2,70	2,66	174-180	163-168



Şekil 12. Orijinal ve EVA modifiyeli bağlayıcıların log-viskozite-sıcaklık eğrisi.

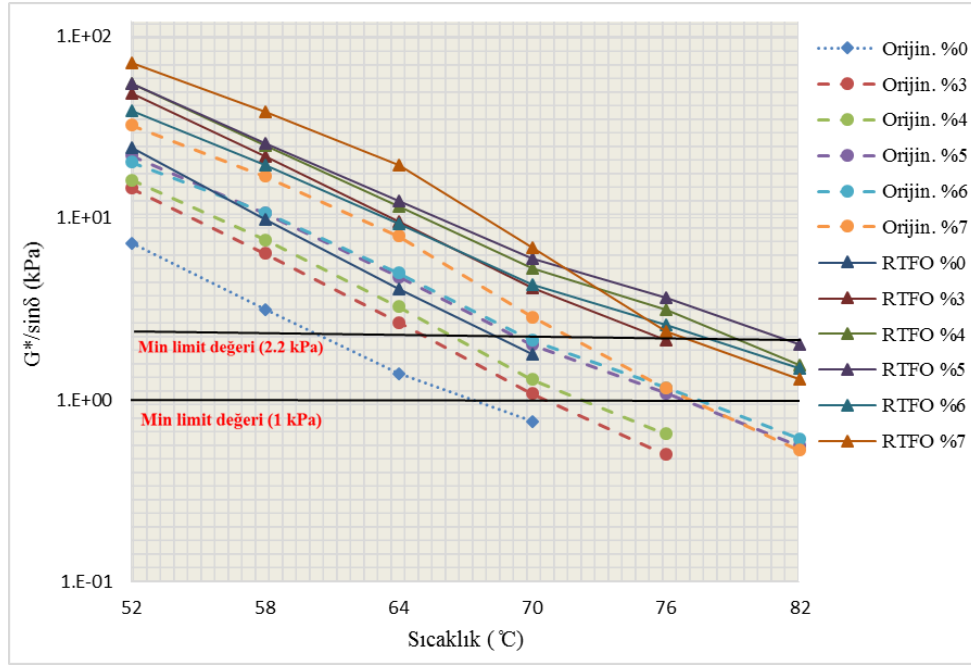
Bağlayıcıların BSK'lar için hesaplanan karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıkları incelendiğinde (Şekil 12), EVA katkılı numunelerin saf bitüme göre (viskozite değerleriyle doğru orantılı olarak) karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıklarında da artışların olduğu gözlemlenmiştir. Bu artış, modifiye bitümlerin sıcaklığa duyarlılığını önemli derecede düşürdüğünü ve bu şekilde bitümlerin sertleştiği anlamına gelmektedir. Örneğin, saf bağlayıcının karıştırma sıcaklığı 153-158°C ve sıkıştırma sıcaklığı 141-146°C iken, en yüksek modifikasyon seviyesinde karıştırma sıcaklığı 174-180°C, sıkıştırma sıcaklığı ise 163-168°C olarak hesaplanmıştır. Karıştırma sıcaklığının, genel olarak katkı üreticileri ve araştırmacılar tarafından 175-180 °C aralığını aşmaması önermişlerdir. Daha yüksek karıştırma ve sıkıştırma sıcaklık değerlerine ulaşıldığında uygulama sırasında harcanacak olan enerji miktarı artmaktadır. Çalışmada, EVA katkılı bağlayıcıların bu şartı tüm yüzdelerde sağladığı görülmektedir.

3.2. EVA Modifiyeli Bağlayıcıların Reolojik Performansı

3.2.1. Dinamik Kayma Reometresi (DSR)

Şekil 13'te yaşlandırılmamış ve RTFO ile kısa süreli yaşlandırılmış bağlayıcılara ait tekerlek izi parametresi ($G^*/\sin\delta$) sonuçları verilmiştir. Hem orijinal hem de yaşlandırılmış numunelerde katkı miktarlarının artmasıyla birlikte bitümlerin $G^*/\sin\delta$ parametrelerinde artışın meydana geldiği

gözlenmektedir. Katkının az miktarda (%3) orijinal bağlayıcıya ilave edilmesiyle tekerlek izi parametresinin az miktarda etkilendiği ancak katkı oranı arttıkça daha belirgin miktarlarda artışların sağlandığı belirlenmiştir. Yüksek sıcaklık PG sınıflarının tespit edilmesi için yapılan DSR deneylerinde daha önce de belirtildiği üzere hem orijinal (yaşlandırılmamış) hem de RTFO ile yaşlandırılmış numuneler kullanılmaktadır.



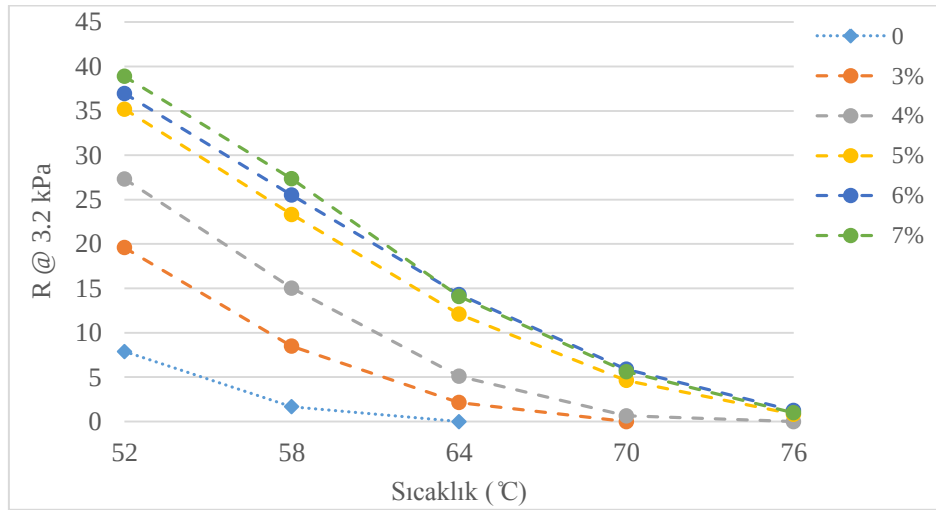
Şekil 13. Saf ve EVA modifiyeli bağlayıcıların log-viskozite-sıcaklık eğrisi.

Superpave şartnamesine göre orijinal numuneler üzerinde yapılan DSR deneylerinde tekerlek izi değerinin en az 1.0 kPa, yaşlandırılmış numunelerde ise 2.20 kPa olması gerekmektedir. Buna göre, saf bitümün yüksek sıcaklık performans sınıfı PG 64, en düşük modifikasyonda (%3) katkı bağlayıcının yüksek sıcaklık performans sınıfı ise bir üst sınıf olan PG 70 olarak belirlenmiştir. %5-%7 modifikasyon seviyelerinde ise yüksek sıcaklık sınıfının iki seviye artış sağladığı, diğer bir ifadeyle bu bağlayıcıların PG 76 sınıfına ait olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, bu bağlayıcı türlerinin 76°C sıcaklığa kadar trafik yükü etkisiyle meydana gelecek kalıcı deformasyonların sınırlı seviyede olduğunu ifade etmektedir.

Çalışmada kullanılan en yüksek katkılı bağlayıcının (%7) $G^*/\sin\delta$ değerinin diğer tüm katkılı bitümlere göre daha yüksek olduğu ancak buna karşın performans sınıfının en üst sınıf olan PG 82'ye ulaşmadığı ve PG 76'da kaldığı görülmektedir. Dolayısıyla, DSR sonuçlarına göre %5 EVA katkısının performans açısından ideal katkı oranı olduğu düşünülmektedir.

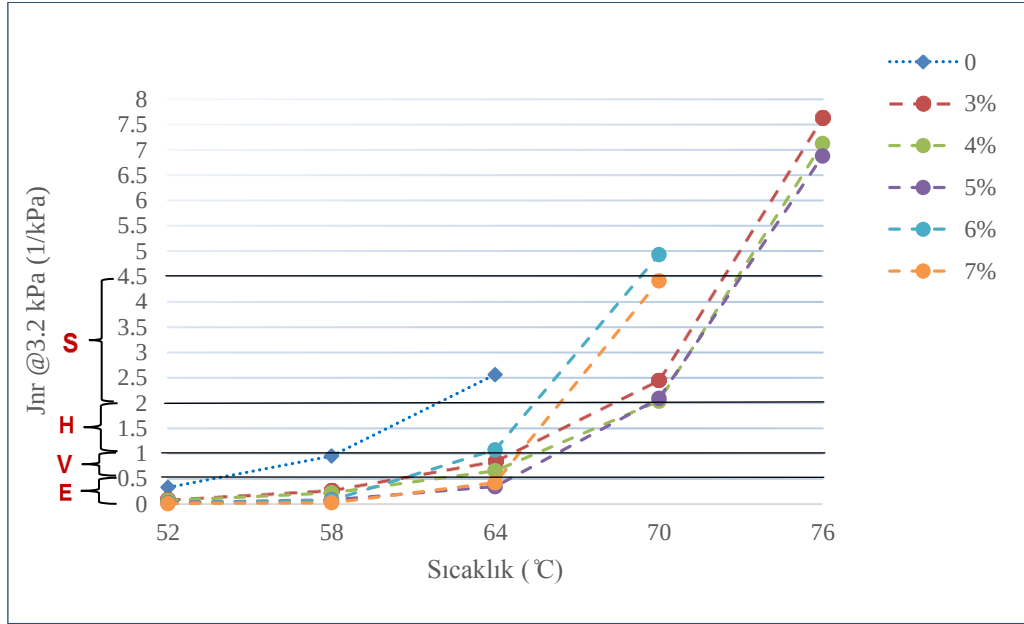
3.2.2. Çoklu Gerilmeli Sünme Geri Dönme (MSCR)

MSCR deneyi sonucunda elde edilen geri kazanılan deformasyon (%R) ve geri dönmeyen sünme uygunluğu (J_{nr}) değerleri Şekil 14 ve Şekil 15'te sunulmuştur. Tüm deney sıcaklıklarında bağlayıcılarda 3,2 kP gerilme seviyesinde katkı yüzdesinin artmasıyla birlikte %R'nin de arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca %R'nin artış oranının katkının artış oranıyla doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Bu sonuç, EVA katkısının, bitüme önemli ölçüde elastiklik sağladığı anlamına gelmektedir. Polimer katkılı bağlayıcılarda saf bitüme göre daha çok elastik deformasyon görülmektedir.



Şekil 14. Saf ve EVA modifiyeli bağlayıcıların geri kazanılan deformasyonu (%R@3,2 kPa).

Şekil 15'te görüldüğü üzere; polimer katkılı bağlayıcıların geri dönmeyen sünme uyumluluğu (J_{nr}) saf bitüme göre daha düşüktür. J_{nr} değerinin düşük olması polimer modifiyeli bağlayıcının kalıcı deformasyonlara karşı direncini ifade etmektedir. AASHTO M332 şartnamesine dayanarak 3,2 kP gerilme seviyesindeki J_{nr} parametresi (tekerlek izi) farklı trafik seviyelerine göre aynı PG sınıfı içerisinde S: standard (standart), H: heavy (ağır), V: very heavy (çok ağır) ve E: extremely heavy (aşırı ağır) olarak sınıflandırılmış ve MSCR PG plus olarak adlandırılmıştır. MSCR PG plus sonuçları, geleneksel DSR PG sınıfları ile Tablo 3'te karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.



Şekil 15. Saf ve EVA modifiyeli bağlayıcıların MSCR PG Plus sınıflandırılması (%J_{nr}@3,2 kPa).

Tablo 3. Saf ve EVA modifiyeli bağlayıcıların MSCR PG Plus sınıfları.

Bitüm Türü	Klasik DSR PG	J _{nr} @3,2 kPa	MSCR PG Plus
B ₁	PG 64-Y	2,56	PG 64S-Y
B ₁ -3EVA	PG 70-Y	2,45	PG 70S-Y
B ₁ -4EVA	PG 70-Y	2,03	PG 70S-Y
B ₁ -5EVA	PG 76-Y	2,08	PG 70S-Y
B ₁ -6EVA	PG 76-Y	1,07	PG 64H-Y
B ₁ -7EVA	PG 76-Y	4,41	PG 70S-Y

Çalışmada kullanılan saf bitümün yüksek sıcaklıktaki klasik DSR performans sınıfı PG 64 iken MSCR Plus sınıflandırmasına göre PG 64S'tir (Tablo 3). Bu sonuçta, saf bitümün 64°C'ye kadar standart trafik yükleri altında yeterince sert ve yüksek elastisiteye sahip bir bağlayıcı olduğunu ifade etmektedir. EVA polimer katkısı saf bitüme en yüksek miktarda (%7) eklendiğinde MSCR Plus sınıfının PG 70S'a eriştiği görülmektedir. Bu sonuç, 70°C sıcaklıkta 70 km/s üzeri araç hızında ve yirmi yıl boyunca trafik dizayn şeridinde beklenen maksimum 10 milyon ESAL trafik yükü altında meydana gelecek kalıcı deformasyonların kabul edilebilir seviyede olduğunu ifade etmektedir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Çalışma kapsamında EVA polimer katkısının 50/70 penetrasyon sınıfına sahip bitümün üzerinde etkisi fiziksel ve reolojik özellikler esas alınarak incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- ✓ EVA katkısı bitümün penetrasyonunu düşürdüğü ve yumuşama noktasını arttırdığı ve bu suretle bağlayıcıyı sertleştirdiği tespit edilmiştir. Bu sonuç, bitümde meydana gelen sertleşme neticesinde çeşitli bozulmaların azaltılabileceğini ifade etmektedir.
- ✓ Dönel viskozite sonuçlarına göre, modifiye bitümlerin saf bitüme göre karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıklarında artış meydana gelmiştir. Ancak yine de karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıklarının, araştırmacılar tarafından en üst sınır olarak tavsiye edilen 175-180 °C aralığına erişmediği belirlenmiştir.
- ✓ DSR deneyinin sonucunda, EVA katkısının eklenmesiyle bağlayıcının tekerlek izi parametresinde artış tespit edilmiştir. En yüksek modifikasyon oranında (%7) PG 76 seviyesine (çalışmadaki en yüksek performans sınıfı) erişilmiştir.
- ✓ Saf bitümün MSCR Plus'a göre PG 64S olan sınıfının EVA katkılı bitümlerde bir üstü seviye olan PG 70S sınıfına yükseldiği tespit edilmiştir. Bu sonucun, trafik yüklerinin de değerlendirmeye katıldığı MSCR Plus sistemine ait olması önem arz etmekte ve bağlayıcıların EVA katkısı sonrasında sadece sıcaklık artışına karşı değil trafik yükü artışına karşı da direnç kazandığını ifade etmektedir.
- ✓ Çalışmada kullanılan EVA modifiyeli B50/70 bitümün orta sıcaklıktaki yorulma performansının araştırılması ve bu sayede optimum kullanım oranının belirlenmesi önerilmektedir.

Yazarların Katkısı

Çalışmada bütün yazarlar eşit oranda katkı sunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

AASHTO M332. (2014). Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder Using Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test. In *American Association of State Highway and Transportation Officials*.

AASHTO T315. (2012). Standard method of test for determining the rheological properties of asphalt binder using a dynamic shear rheometer (DSR). In *American Association of state and highway transportation*

officials (p. 33). Washington, DC.

- Ahmadinia, E., Zargar, M., Karim, M. R., Abdelaziz, M., and Shafigh, P. (2011). Using waste plastic bottles as additive for stone mastic asphalt. *Materials & Design*, 32(10), 4844–4849. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.06.016>
- Airey, G. D. (2002). Rheological evaluation of ethylene vinyl acetate polymer modified bitumens. *Construction and Building Materials*, 16(8), 473–487. [https://doi.org/10.1016/S0950-0618\(02\)00103-4](https://doi.org/10.1016/S0950-0618(02)00103-4)
- Airey, G. D. (2004). Fundamental binder and practical mixture evaluation of polymer modified bituminous materials. *International Journal of Pavement Engineering*, 5(3), 137–151. <https://doi.org/10.1080/10298430412331314146>
- Al-Hadidy, A. I., & Yi-Qiu, T. (2009). Mechanistic approach for polypropylene-modified flexible pavements. *Materials & Design*, 30(4), 1133–1140. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.06.021>
- Almusawi, A., Sengoz, B., and Topal, A. (2020). Investigation of Mixing and Compaction Temperatures of Modified Hot Asphalt and Warm Mix Asphalt. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 65(1), 72–83. <https://doi.org/10.3311/PPci.15118>
- Ameri, M., Mansourian, A., and Sheikhmotevali, A. H. (2012). Investigating effects of ethylene vinyl acetate and gilsonite modifiers upon performance of base bitumen using Superpave tests methodology. *Construction and Building Materials*, 36, 1001–1007. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.137>
- ASTM D2872. (2012). Standard test method for effect of heat and air on a moving film of asphalt (rolling thin-film oven test). In USA: *Annual Book of ASTM Standards*.
- ASTM D36/D36M. (2014). *Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus)*. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D4402. (2015). Standard test method for viscosity determination of asphalt at elevated temperatures using a rotational viscometer. *American Society for Testing and Materials*.
- Behnood, A. (2020). A review of the warm mix asphalt (WMA) technologies: Effects on thermo-mechanical and rheological properties. *Journal of Cleaner Production*, 120817. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120817>
- Behnood, A., and Olek, J. (2017). Rheological properties of asphalt binders modified with styrene-butadiene-styrene (SBS), ground tire rubber (GTR), or polyphosphoric acid (PPA). *Construction and Building Materials*, 151, 464–478. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.115>
- Fernandes, M. R. S., Forte, M. M. C., and Leite, L. F. M. (2008). Rheological evaluation of polymer-modified asphalt binders. *Materials Research*, 11(3), 381–386. <https://doi.org/10.1590/S1516-14392008000300024>
- García-Morales, M., Partal, P., Navarro, F. J., Martínez-Boza, F., Gallegos, C., González, N., González, O.,

- and Muñoz, M. E. (2004). Viscous properties and microstructure of recycled eva modified bitumen. *Fuel*, 83(1), 31–38. [https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(03\)00217-5](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(03)00217-5)
- Haddadi, S., Ghorbel, E., and Laradi, N. (2008). Effects of the manufacturing process on the performances of the bituminous binders modified with EVA. *Construction and Building Materials*, 22(6), 1212–1219. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.01.026>
- Hunter, R. N., Andy Self., and John Read. (2015). *The shell bitumen handbook*. Thomas Telford.
- Kaya, D., Topal, A., and McNally, T. (2019). Correlation of processing parameters and ageing with the phase morphology of styrene-butadiene-styrene block co-polymer modified bitumen. *Materials Research Express*, 6(10), 105309.
- Hassanpour Kasanagh, S., (2020). *Geri Dönüştürülmüş Polimer ve Atık Lastik Tozu Esaslı Termoplastik Dinamik Vulkanizat (TDV) Katkısının Bitüm ve Bitümlü Sıcak Karışımlar Üzerinde Etkisinin İncelenmesi*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Król, J., Radziszewski, P., and Kowalski, K. J. (2015). Influence of microstructural behavior on multiple stress creep recovery (MSCR) in modified bitumen. *Procedia Engineering*, 111, 478–484. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.119>
- McGennis, R. B., Anderson, R. M., Kennedy, T. W., and Solaimanian, M. (1995). *Background of SUPERPAVE asphalt mixture design and analysis*. United States. Federal Highway Administration. Office of Technology Applications.
- Polacco, G., Stastna, J., Vlachovicova, Z., Biondi, D., and Zanzotto, L. (2004). Temporary networks in polymer-modified asphalts. *Polymer Engineering & Science*, 44(12), 2185–2193. <https://doi.org/10.1002/pen.20246>
- Sengoz, B., and Isikyakar, G. (2008). Evaluation of the properties and microstructure of SBS and EVA polymer modified bitumen. *Construction and Building Materials*, 22(9), 1897–1905. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.07.013>
- Köfteci, S., Gunay, T., and Ahmedzade, P. (2020). Rheological Analysis of Modified Bitumen by PVC Based Various Recycled Plastics. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, 146(4), 04020063. <https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000214>
- Stastna, J., Zanzotto, L., and Vacin, O. J. (2003). Viscosity function in polymer-modified asphalts. *Journal of Colloid and Interface Science*, 259(1), 200–207. [https://doi.org/10.1016/S0021-9797\(02\)00197-2](https://doi.org/10.1016/S0021-9797(02)00197-2)
- Zaniewski, J. P., and Pumphrey, M. E. (2004). Evaluation of performance graded asphalt binder equipment and testing protocol. *Asphalt Technology Program*, 107, 376-384

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 21-42, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Araştırma Makalesi / Research Article**Doi: [10.47898/ijeased.823791](https://doi.org/10.47898/ijeased.823791)

İznik-İhsaniye Köyü Yöresel Mimarisinin İncelenmesi

Gamze ÖZMERTYURT *

Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, 34353, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : gamzeoz@yildiz.edu.tr  https://orcid.org/0000-0002-0813-5503 , G. Özmertyurt	Geliş Tarihi / Received Date : 09.11.2020 Revizyon Tarihi / Revision Date : 28.12.2020 Kabul Tarihi / Accepted Date : 02.01.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite : Özmertyurt, G. (2021). İznik-İhsaniye Köyü Yöresel Mimarisinin İncelenmesi, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 21-42.	

Özet

Kırsal mimari, yöreye ve yere özgü insan ihtiyaçlarının mimariyle buluşması sonucu üretilen kültürel değerlerdir. Bu mimarinin sürekliliğinin sağlanmasında en önemli etken, insanın çevreye, doğaya duyduğu saygıyla yaşamını sürdürülebilmesi olarak ifade edilebilir. Son yıllarda bu dokunun unutulmaya yüz tutması ve ekonomik yetersizlikler gibi faktörler köylerin göç vermesine ve geleneksel değerlerinin zamanla kaybolmasına neden olmaktadır. Bu çalışmanın da ana konusunu, bu sorunlarla mücadele eden ve yöresel mimarinin devamlılığının sağlandığı bölgelerden olan İznik'in İhsaniye Köyü oluşturmaktadır. Köyün homojen yapısı nedeniyle kendisini günümüze kadar koruyabilmiş İhsaniye Köyü'nün, dağ köyü olması sebebiyle coğrafyanın mimarlık kültürüne olan etkisini gözler önüne seren bir yapısı bulunmaktadır. Çalışmanın amacı yöresel mimarlık unsurlarının unutulmaması adına geleneksel yapıların literatürdeki değerini artırmak, bu bölge özelinde doğal yapı korunurken ekonomik, sosyal imkânsızlıklara uluslararası düzeydeki kurumların çözümlerini inceleyerek yere özgü öneriler geliştirmektir. Aynı zamanda bu bölgenin mimarlık dili hakkında bilgi vererek gelecek çalışmalara altlık sağlamaktır. Köy dokusunda bulunan evlerin plan ve cephe durumları incelenmiştir. Girilebilen 4 konut için plan şemaları oluşturulmuş ve detaylı şekilde analiz edilmiştir. Böylece çalışmada bölgenin korunması için farkındalığın artırılması, literatüre katkı sunulması ayrıca kırsal mimari dokunun korunması için öneriler oluşturulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İhsaniye Köyü, İznik, Kırsal mimari, Koruma, Tarihi çevre.

A Study On Rural Architecture Of Ihsaniye Village in Iznik

Abstract

Rural architecture is the cultural values produced by meeting the human needs specific to the region and the place with the architecture. The most important factor in ensuring the continuity of this architecture can be expressed as the ability to live with the respect people have for the environment and nature. In recent years, factors such as the oblivion of this tissue and economic inadequacies cause migration of the villages and the loss of their traditional values over time. The main subject of this study is the Ihsaniye Village of Iznik, which is one of the regions that struggles with these problems and where the continuity of local architecture is ensured. Ihsaniye Village, which can protect itself until today due to the homogeneous structure of the village, has a structure that reveals the effect of the geography on the architectural culture because it is a mountain village. The aim of the study is to increase the value of traditional buildings in the literature in order not to forget the local architectural elements, and to develop site-specific suggestions by examining the solutions of international institutions to economic and social difficulties while protecting the natural structure in this region. At the same time, it provides information about the architectural language of this region and provides a basis for future studies. The plan and facade conditions of the houses in the village texture were examined. Plan schemes were created for 4 houses that could be entered and analyzed in detail. Thus, the study aimed to raise awareness for the protection of the region, to contribute to the literature, and to create suggestions for the preservation of rural architectural texture.

Keywords: Ihsaniye Village, Iznik, Rural architecture, Conservation, Historic background.

1. Giriş

Kültürel alanların korunması konusu uzun yıllardır üzerine özenle durulan bir konu olmuştur. Bu amaçla birçok organizasyon kurulmuş, uluslararası statüde yasalar oluşturulmuş, devletler kendi içlerinde tespit çalışmaları yapmış ve bunlara her yıl bir yenileri daha eklenir olmuştur. Uzun yıllar kültürel mirasa verilen değer artmış olmakla birlikte, yöresel mimari arka planda kalmıştır. Tarihi köy yerleşimlerinin oluşturduğu dokular, kültür mirası kavramıyla çok sık anılmamış, eski ve bakımsız konutların oluşturduğu dağınık alanlardaki mimari öğeler olarak adlandırılmıştır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar mevcutta kalan bu dokulara da gereken önemin verilmesi yönünde artmaktadır. “Tarihi köyler” olarak adlandırılan bu yerleşimler son yıllarda koruma biliminin konularından biri olmaya başlamıştır. Kalan az sayıdaki tarihi yapı özel vergi düzenlemeleri vb. bütçelerle devlet eliyle restore edilmeye çalışılırken, yavaş yavaş köy mimarlığı da korunması gerekli bir değer olarak gündeme gelmeye başlamıştır (Eres, 2016). Bu gelişmeler ümit verici olsa da özellikle yaşanan göç hareketleri, köy yerleşimlerinin boşalmasına, yapıların sahipsiz kalması ve yıkılmasına, tahrip olmasına neden olan sonuçlar doğurmuştur. Bununla birlikte kırsal kültürel peyzaj bütüncül olarak zarara uğramış, köy yerleşimlerinin gelenekleri, uygulamaları unutulmaya yüz tutmuştur.

Araştırma konusu olan İhsaniye Köyü de maddi zorlukların ve yetersizliklerin içerisinde var olmaya çalışan bir dağ köyüdür. Bu köyün incelenmesinde geleneksel konutların, yaşam şekillerinin ve komşu köylerdeki incelemelerin sonuçları değerlendirilmiş, dokunun korunması için yapılması

gereken önerilerde bulunulmuştur. Çalışmada, alan çalışmaları ve literatür araştırmaları ile yerleşimler belgelenerek, karşılaştırmalı yöntem ile değerlendirilmektedir. Köye veya yakın çevresine ilişkin yerinde tespitlerin yapıldığı belgelemeye dayalı alan çalışmaları bu araştırmanın temelini oluşturmaktadır. Yapılan çalışmaya altlık oluşturma adına daha önceden bu bölgeye özgü yapılmış “Geleneksel Yerleşmelere Yönelik Bir Ekolojik Değerlendirme Model Önerisi; İznik Gölü Çevresi Köy Evleri” (Karaosman, 2004) adlı tez çalışması öncelikli kullanılan kaynaklardan olmuştur. Bölgenin imar planlarına ve koruma imar durum raporlarına belediye ve koruma kuruluyla yapılan görüşme neticesinde ulaşılamamıştır. İznik Koruma imar planı sınırları içerisinde İhsaniye köyü bulunmamaktadır. Bu durum alan için detaylı araştırma yapma olanağını kısıtlamış, aynı zamanda yapılan bu çalışmanın farkındalık oluşturabilmek adına gerekli olduğunu kanıtlar niteliktedir.

2. Kırsal Mimari

Kırsal peyzaj, ICOMOS-IFLA miras olarak kırsal peyzaj alanlarını tanımlayan tüzüğünde (2017), tüm kırsal alanların peyzaj statüsünde olduğunu ve çok fazla işlev barındıran kaynaklar olduğunu belirtmektedir. Ayrıca insan-doğa etkileşiminin sonucunda oluşmuş, yaşamın sürdürülebilmesi için gerekli olan temel kaynakların çıkarıldığı kara ve su alanları olarak tanımlanmıştır (URL-1).

Kırsal peyzajın miras olarak değerlendirilmesinde ise kapsamı, sadece fiziksel özellikleriyle değil aynı zamanda çevresiyle oluşturduğu kültürel kimliği de oluşturmaktadır. Kırsal peyzajın soyut olmayan değerleri (yerel gelenek, bilgi, kimlik ifadeleri) de miras tanımının içinde yer almaktadır ve orada yaşayan toplumun ortak belleğini içinde barındırmaktadır (Ahunbay, 2019). Kırsal mimari ise bu peyzajın içerisinde yaşayan halkın kendi yöresel özelliklerine uygun olarak inşa ettiği mimarlık ürünlerini kapsamaktadır. İnsanın ve doğanın etkileşimi sonucu oluşturulan etkileşimin ürünüdür. Yörenin kendi içinden yetişen ve o bölgenin coğrafyasına, doğal dokusuna, sosyo-kültürel değerlerinin bilgisine sahip yapı ustaları tarafından inşa edilen mimarlık ürünleridir. Çevreye uyumları tamdır ve zaman içinde değişen şartlara uyum sağlayacak şekilde evrilebilmektedir (Anonim, 2012). Dolayısıyla kırsal mimarinin oluşumu salt yapı yapma ihtiyacından öte uyumlu ve yaşanabilir mimari oluşturma hedefinden ileri gelmektedir. Bu anlayış, sağlıklı yaşama mekânlarının oluşturulmasını sağlamakta aynı zamanda sürdürülebilir malzemenin geleneksel tekniklerle kullanılmasında günümüzde hedeflenen sürdürülebilir yaşama biçimine de katkı sunmaktadır.

Anadolu’da kırsal mimarinin incelenmesinde 4 unsurun yer aldığını belirten Batur ve Gür (2005), bunları şu şekilde ayırmıştır:

1. İklim, topoğrafya gibi çevresel etmenler
2. Yaşama biçimi, çevre/mezan-konut kullanımı gibi kültürel etkenler
3. Ailenin büyüklüğü ve sosyo-ekonomik yapısı gibi sosyal etkenler
4. Bireysel yaşama yoğunluğu ve benlik algısı gibi bireysel etkenler

Bu etkenler kırsal mimarinin biçimlenişinin ve her yöreye özgü farklılaşmasının nedenleridir. Kırsal mimarinin sınıflandırılmasında temel etkenin ise yapı malzemesi ve tekniğin olduğu genel bir kabul olarak görülmektedir. Böylece sivil mimarlık ürünü olan konutlar kırsal veya kentsel alanda özgün dokusunu bu etkenlere göre zenginleştirir (Muşkada, 2017).

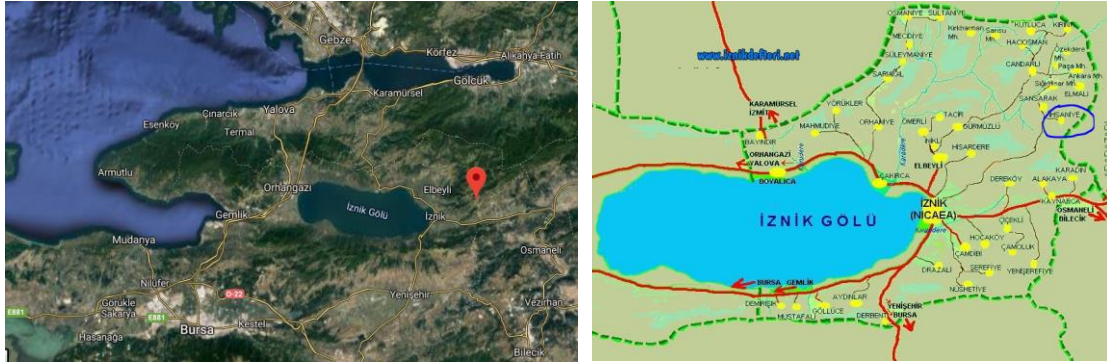
Kırsal mimarinin günümüzde karşılaştığı sorunlar ise son dönemlerde önem kazanmaya başlamıştır. 1964 Venedik tüzüğünden itibaren tarihi kırsal yerleşme olarak bahsi geçen kırsal mimarinin, 2001 yılında ICOMOS tarafından gerçekleştirilen “Tarihi köylerimizi koruyalım” etkinlikleri ve sonraki süreçte yer alan 2017 ICOMOS-IFLA “Miras Olarak Kırsal Peyzajlarla İlgili Prensipler” tüzükleri yayınlanmıştır. Dünyadaki durum böyleyken ülkemizde ise kırsal sit ifadesinin ilk kez yer aldığı 1979 tarihli A-1609 sayılı karardır. Ülkemizin 1989 yılında onayladığı Avrupa Mimari Mirasının Korunması Sözleşmesi’nde ise bina gruplarını tanımlayan ifadede kırsal bölgedeki “mütecannis bina grupları” olarak belirtilmiş ifade yer almaktadır (Levi ve Taşcı, 2001). Sözleşmede mimari mirasın kentsel ve kırsal olarak ikiye ayrıldığını, “Kırsal yöreler ve kent planlamasında koruma önlemlerinin mümkün olan her durumda alınmasını kolaylaştırmak ve işbu Sözleşmenin 3. maddesi, 1. fıkrasının anlamı uyarınca korunmayı gerektirmediği halde, konumu bakımından bir değer taşıyan binaların da kentsel ve kırsal çevre ve yaşam tarzı çerçevesinde korunmasını ve kullanılmasını sağlamak” ifadesi geçmektedir (Avrupa Konseyi, 1985).

3. İznik-İhsaniye Yöresi

Bu bölümde çalışmanın ana konusu olarak belirlenen İznik İhsaniye Köyü üzerine bilgilendirme yapılmıştır. Ayrıca bu dağ köyünün yönetsel olarak bağlı olduğu idari sınırlar içinde İznik kentinin zengin tarihi ve coğrafyası hakkında da bilgi sahibi olmak gereklidir.

3.1. Konum ve Tarihçe

İznik, Bursa'ya bağlı İznik gölü çevresinde kurulmuş bir ilçedir. Tarihi ve mimari eserleri, çinileri ile ünlü olan kent aynı zamanda Anadolu'nun diğer bölgelerinde de olduğu gibi farklı medeniyetlere ev sahipliği yapmıştır. İznik'te ilk yerleşimin M.Ö. 1200'lere kadar uzandığı tespit edilmiştir (Levi ve Taşcı, 2001).



Şekil 1. Solda İznik ilçesi Bursa'daki konumu ve sağda İznik Gölü çevresi köyleri.

Kente tarih boyunca Helen, Roma dönemi, Bizans İmparatorluğu, Selçuklu ve Osmanlı İmparatorluğu ve son olarak Türkiye Cumhuriyeti ev sahipliği yapmıştır. Tüm bu dönemlere ait çeşitli kagir yapılar kentte varlığını korumaktadır. İznik kendine has konut yapısına sahiptir. Kurtuluş savaşında kentin yakılmasından dolayı İznik merkezinde çok az tarihi konut günümüze ulaşabilmiştir. İznik köyleri ise geleneksek konut yapıları açısından zengindir (Tunalı, 2010).

İhsaniye Köyü'nün tarihçesi incelendiğinde ise kısıtlı kaynaklardan çok az bilgiye ulaşılabilmektedir. Önceki isimleri Ayrıoluk ve Bileriz olan İhsaniye köyü, Bülfiriz adıyla 1530 tarihli tahrir defterlerinde yer almaktadır. Zamanla boşalan köy, 1880'li yıllarda gelen göçmenlerce yeniden kurulmuştur. 1895 ve 1908 Yıllığı'na göre İznik'e bağlı 8 haneli ufak bir yerleşim yeri olarak geçmektedir. Diğer İhsaniye köylerinden ayırmak için Yörük İhsaniye olarak anılmıştır. 1990 yılında 64, 1997 yılında ise sadece 50 kişi yaşamıştır (Akbulak, 2006). Ev kullanıcılarının verdiği bilgilere göre bundan üç kuşak önce köy sakinlerinin Horasan'dan göçmüş olduğu belirlenmiştir (Karaosman, 2004). Aynı zamanda kullanıcılarla yapılan görüşmelere göre; çoğu kullanıcı evin babadan oğula kuşaktan kuşağa geçmesi sayesinde atalarından devraldıkları konutlarda günümüzde yaşadıklarını belirtmiştir.

Horasan mimarisinin geleneksel konut özelinde yansıması, bir merkez sofanın çevresinde sıralanan eyvanlar ve köşe odaları şeklinde düzenlenmesidir. VI. Yüzyılda Horasan evlerinde

uygulan plan tipolojisi önce Selçuklu mimarisinde daha sonra Osmanlı konut geleneğinde uygulanmıştır. Böylece merkezi plan şemasının bulunduğu iç sofalı düzenlemelere Osmanlı konut mimarisinde daha fazla ağırlık verilmiştir (Arel, 1999). İhsaniye Köyü yapı tipolojisi incelendiğinde bu durum, yöreye özgü kırsal mimaride etkisini hissettirmektedir.

İznik çevresindeki köylerin isimleri, köyün kurulmasında katkısı olan, ilk arazi sahiplerinin isimlerinden gelmektedir. İhsaniye Köyü de bu köylerden biridir. Bu köy yerleşimlerine 1880’li yıllarda gelen göçmenlerin köylerin kurulmasındaki etkisi önemli ölçüde olmuştur (Akbulak, 2006).

İhsaniye Köyü’nün ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Fakat hayvancılık, iklimsel yetersizlikler nedeniyle tarımın önüne geçmiştir. Bir dağ köyü olması sebebiyle tarım ticari anlamda yapılmamaktadır. Fakat kendi iç tüketimlerine yönelik sebze ve meyve üretimi vardır.

1990 yılında 64, 1997 yılında ise sadece 50 kişi yaşamakta olan köyde, son verilere göre 8 hane ve kayıtlı 39 nüfus yaşamaktadır. Bunların 18’i erkek; 21’i kadındır (URL-2). Bu verilere göre ve diğer mahalle nüfusları incelendiğinde İhsaniye Mahallesi İznik’in en az nüfuslu mahallesidir. İhsaniye, Bursa ilinin İznik ilçesine bağlı bir mahalledir. Bursa il merkezine 101 km, İznik ilçesine 16 km uzaklıktadır. Mahallenin iklimi, Marmara iklimi etki alanı içerisindedir. Rakım 950 m.’dir (URL-3).

3.2. İhsaniye Köyü Geleneksel Doku ve Yerleşim Özellikleri

İznik köyleri sakinleri genel anlamda tek bir yörenin oluşum yapısından ziyade farklı kültürlerin etkisindeki göç halkları tarafından oluşturulmuştur. Bu nedenle köylerde konut özellikleri, geleneksel alışkanlıklarda çeşitlilik göstermektedir. İznik’e bağlı 34 adet köy bulunmaktadır. İhsaniye Köyü’ne en yakın köyler Sansarak ve Elmalı’dır. İznik köylerindeki çeşitliliğe örnek; Elmalı Köyü’nün Gürcü Köyü olarak geçmesi ve Karadeniz’den gelen halk tarafından oluşturulması gösterilebilir. İhsaniye köyüne komşu diğer köyler, batıda dağlık arazinin alçak seviyelerinde konumlanmış Gürmüzlü, Hisardere ve Elbeyli gösterilebilir. Köylerdeki halkın genel anlamda ortak özellikleri; yaptıkları yapıların doğayla, iklimle uyumlu olup, geçim kaynakları olan tarım veya hayvancılığa dayanarak şekillenmesi olmuştur.

Anadolu öncesi Türk konut mimarisinin oluşumunda etkili olan Türklerin çadır geleneği, Anadolu’ya geçişleri sonrası mimarinin oluşmasında da etkili olmuştur. Türklerin büyük çoğunluğu, yazın yaylaklarda ‘yurt’ adı verilen çadırlarda hayvancılık faaliyetlerini de yürütebilmek adına geçici süreyle yaşarken, kışın daha korunaklı olan kışlaklardaki ahşap veya kerpiç evlerde yaşamaktaydılar. 11. Yüzyılda Türklerin Anadolu’ya yerleşmesi süreciyle Orta Asya’dan

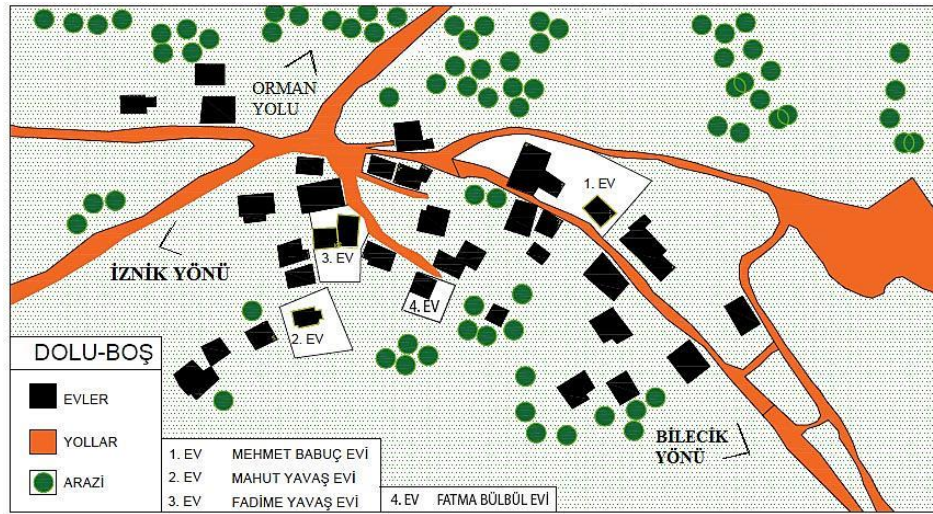
getirdikleri geleneksel mimari anlayışı Anadolu'daki var olan birikimle sentezleyerek mimarilerini oluşturmuşlardır (Anonim, 2012). Bu durum İhsaniye Köyü'nde başlangıçta geçici kır yerleşmesi olarak adlandırılan “saya” larla kendini göstermiştir. Akbulak (2006)'ın aktardığına göre bu yerleşimlerin ana kısmı kışla sahibinin ailesiyle yaşadığı duvarları ahşaptan yapılmış ve kiremitle örtülü çatısı bulunan tek katlı birimlerdir. Bu yapılarda ikamet alanına ek samanlık ve ağıl da bulunmaktadır. Başlangıçta geçici ikamet alanları olan kışlalar İhsaniye gibi hayvancılığın en önemli geçim kaynağı olduğu köyler için günümüzde tüm senenin geçtiği konut mimarisini oluşturmaktadır.

İhsaniye köyü, ilkel köy yerleşimi özelliği gösteren toplu yerleşme şekline sahiptir. Bu köy tipinin en eski yerleşim tarzı olduğu ifade edilebilir. Bu yerleşim özelliği, evlerin birbirine yakın ve suyun az olduğu yerlerde görülmektedir. Bu tip köylerde insanların yardımlaşması ve iş birliği yapması diğer köy şekillerine göre daha kolay olduğu için ilk yerleşim tarzı olarak benimsenmiştir (Gümüş, 1998) (Şekil 2).



Şekil 2. İhsaniye Köy yerleşimi (URL-3 ve yazarın arşivinden oluşturulmuştur).

İhsaniye köyü evlerinde su ve kanalizasyon bağlantıları bulunmamaktadır. Eskiden okul olarak kullanılan yapının günümüzde kullanılmadığı, genç nüfustaki azalışın kanıtı niteliğindedir. Az sayıda öğrenci için taşınmalı eğitimin yapıldığı köyde bu tarz yetersizlikler nüfusun giderek azalmasına neden olmuş, kışın sadece 4-5 hanenin kullandığı, yazın ise yayla olarak kullanılan bölge konumuna gelmiştir. Köy yerleşiminde sokak dokusu düzensizdir. Sokakların zemini toprak kaplıdır. Yapıların sınırları çok fazla keskin olmamakla birlikte sınırlama elemanı olarak yer yer ahşap çitler mevcuttur (Şekil 3).



Şekil 3. İhsaniye Köyü - Dolu-Boş Analizi

3.3. İhsaniye Köyü Çevresel Yapı Elemanları

Yerleşim Dokusu özelliği olarak incelendiğinde köy dokusu içerisinde geleneksel konutlardan başka fırın, ahır(dam) ve samanlık yapıları bulunmaktadır. Yapılarda ilk Türk geleneklerinden göçebe tarzının simgesi olan kıl çadır, öküz boynuzu öğelerinin kullanımı da dikkat çekmektedir. İhsaniye köyünde yer alan fırınlar, konut yerleşmelerinin kendilerine aittir. Kimi zaman binalara bitişik şekilde kimi zaman ise daha uzak noktalarda konumlandırılmıştır. Fırın yapılarının özelliği dairesel ya da dikdörtgen platform üzerinde yer almakta olup, yapılarının dairesel planlı ve kubbe biçiminde olmalarıdır. Fırınların üzerlerinde hava şartlarından korunması için dikdörtgen sundurmalar eklenmiştir. Sundurmalar aynı zamanda fırınların etrafının kerpiç çamuruyla sıvanmasından dolayı korunması ve fırının kullanımında bol yağış alan bölgenin hava şartlarından korunmak amacıyla kullanılmıştır. Günümüzde hane sayısındaki azlık, köy halkının çoğunluğunun şehre veya başka köylere göç etmesi, fırınların eskisi kadar kullanılmamasına neden olmaktadır (Şekil 4.).



Şekil 4. İhsaniye Köyü fırınlar

İhsaniye’de büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık yapılmaktadır. Yörenin genel geçim kaynağı hayvancılık olup, tarım, ev içi ekonomisinde kullanılmaktadır. Hayvancılık için geniş çaplı ahırlar yerine kimi zaman evlerin zemin katlarındaki taşlık mekanının bir bölümü ahır olarak ihtiva ederken, kimi zaman ise yapının yakınında ayrı bir ahırlık mekanı bulunmaktadır (Şekil 5.). Ahır mekanları bu yörede “Dam” olarak adlandırılmaktadır (Karaosman, 2004).



Şekil 5. İhsaniye Köyü dış mekanda bulunan ahır ve zemin katlardan giriş sağlanan ahır yapıları(Yazarın arşivi,2019)

3.4. İhsaniye Köyü Evleri

İhsaniye Köyü bir tepe köyüdür. Bu özelliği konutların dağılımında manzaraya doğru yönelimin oluşmasını, doğanın ekolojik dengesine uyumlu yapılaşmaya elverişli imkân doğurmuştur. Aynı zamanda yapıların dağılımı yapılan gözlem neticesinde oldukça homojen bulunmuştur. Malzeme, plan özellikleri, yapım sistemleri, cephe özellikleri benzerdir. Örnek incelemesi yapılan 4 ev bulunmaktadır. 4 ev içerisinde 1 evin plan şemasına çeşitli kaynaklardan yapılan incelemelerle ulaşılmış fakat görsel olarak cephe resimlerine ulaşılamamıştır. Bu açıdan yapıların karşılaştırılmaları ve analizleri yapılabilmektedir. İhsaniye köyü evleri konutlar arasındaki komşuluk ilişkisi düşünülerek mesafeleri yakın tutulmuştur. Yapıların bulunduğu konumdan kaynaklanan soğuk iklimden korunmak amacıyla yapı pencereleri küçük tutulmuştur. İhsaniye Köyü'nde yaşam insanlar ve hayvanların birlikte yaşamasına olanak sağlayacak şekilde düzenlenmiştir. Evlerin geçim kaynağı olan hayvancılık dışında zeytin işlenmesi, tereyağı, peynir yapımı gibi üretimler konut içinde gerçekleştirilmektedir.

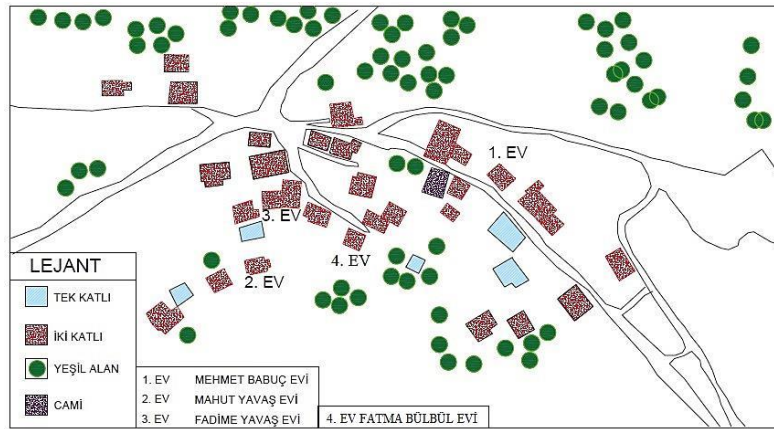
İhsaniye Köyü’nde yemek yapma işlevi için kullanılan mutfak mekanlarına ek kışın odalardaki kuzineler sayesinde yemek pişirilirken, yazın bütan gazı ocaklarında pişirilmektedir. Hemen hemen her yapıda yaşama mekanı odalarında ocak bulunmaktadır. Bu ocak önceden ısınma için aktif kullanılırken günümüzde odanın içinde bulunan kuzinenin hava borusu ocağın bacasından

geçirtilerek işlevsiz bırakılmıştır. Oturma eyleminde odalarda sedir kullanımı geleneği devam etmektedir, bunun yanında bazı evlerde koltuklar da kullanılmaktadır (Şekil 7). Temizlenme işlevi odalarda bulunan yunaklık mekanında ve sonradan sofalara dahil edilen tuvalet mekanlarında gerçekleştirilmektedir.



Şekil 7. İhsaniye Köy evi, soldan sağa; kuzine, ocak, ocak, soba kullanımı

Günümüzde her köyde bulunan yeni betonarme yapılar bu köyde de bulunmaktadır. Ancak bu yapılar diğer çevre köylere göre daha az bulunmaktadır. Köyde yaşayan konut sayısı oldukça azdır. İhsaniye Köyü evleri genel olarak yarısı zeminin içinde kalacak şekilde iki katlı inşa edilmiştir. Evlerin yüzde sekseni bu şekilde 1,5-2 katlı olarak tarifenirken geri kalanı tek katlıdır (Şekil 8.). Alt katlar ahır veya depo olarak, üst katlar yaşama mekanı olarak kullanılmaktadır. Tek katlı yapılar ahır olarak kullanılmaktadır.

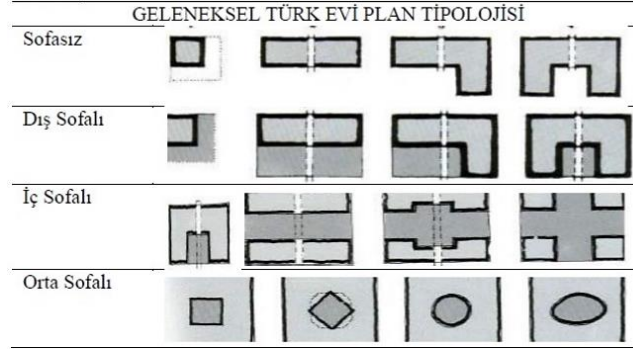


Şekil 8. İhsaniye Köyü vaziyet planı, kat adedi analizi.

3.4.1 İhsaniye Köyü evleri yapısal özellikleri

Evlerin Plan Tipolojisi genel olarak zemin üstü bir kattan oluşmaktadır. Kimi yapılarda zemin kat ahır olarak kullanılıp, üst katta konut kullanımı olsa da bazı yapılar zemin katları da konut

kullanımına açmış ahır mekânlarını sadece evin dışında kullanmışlardır. Yapılarda sofa kullanımı vardır. Dış kapalı sofa kurgusunun bulunduğu mekanlarda sofa etrafında düzenlenen odalar ve sonrada evin içine dâhil edilerek çıkma yapan ıslak hacimler bulunmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Geleneksel Türk Evi plan tipolojisi (Eldem, 1986)

Çalışma kapsamında seçilen 4 yapı incelenmiştir. Bu yapıların seçilmesinde köyde yeterli ev sahibinin bulunmaması örneklem anlamında inceleme yapılması beklenen konut sayısını olumsuz etkilemiştir. Fakat plan tipleri, malzeme özellikleri, fonksiyonel durumlarının incelenmesi adına evlere girilmesi önem teşkil etmektedir. İncelenen yapılar, Mehmet Babuç evi, Mahmut Yavaş, Fadime Yavaş ve Fatma Bülbül evleridir. Mehmet Babuç evi;

İki katlı yapıya çitlerle çevrili bahçeden girilmektedir. Yapının bulunduğu arsa 1200 m2 olup 407 Parsel 'de bulunmaktadır. Yapının önceki kullanımında ahır olarak kullanılan zemin kat evin yaşama mekanı olarak kullanılmıştır. Girişteki taşlık mekanı ve bu mekanın içinde mutfak tezgahı bulunmaktadır. Diğer oda ise yaşama mekanı olarak kullanılmaktadır. Birinci kata çıkan tek kollu ahşap merdiven mevcuttur. Buradan çıkılan kapalı dış sofanın uzun kenarlarından biri avluya bakmakta, diğer kenarı iki odaya ve sonradan genişletilen helaya bakmaktadır. Odanın birinde yüklük, diğerinde ocak vardır (Şek. 10).



Şekil 10. Mehmet Babuç evi güneybatı, güneydoğu cephesi ve iç mekan (Yazarın arşivi,2019)

Mahmut Yavaş evi: Parsel numarası 377 olan dış kapalı sofalı plana sahip yapıda; zemin kat ve birinci kat olmak üzere iki kat bulunmaktadır. Yapıya girişler zemin katta 2 adet, birinci katta bir adet olmak üzere 3 kapıyla sağlanmaktadır. Yapıdaki çıkmalar, ıslak hacim (Yunmalık) ve sonradan genişletilen odalar için kurgulanmıştır. Çıkma altları payandalar ile desteklenmiştir. Sofa içerisinde üst katta mutfak tezgahı ve sonradan eklenen hela bulunmaktadır. Yapının yaşama mekanı evin üst katı olup zemin katta ahır ve kümes olarak kullanım söz konusudur (Şek. 10).



Şekil 11. Mahmut Yavaş evi; üstte güneydoğu, güneybatı cephesi ve altta, iç mekan(Yazar Arşiv,2019).

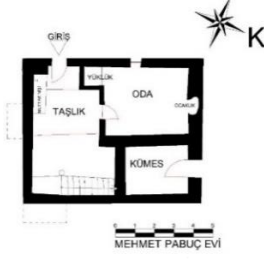
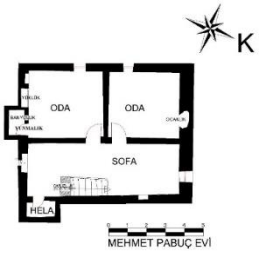
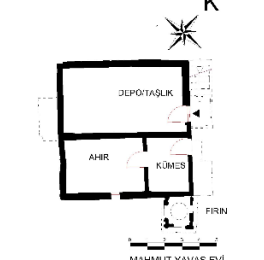
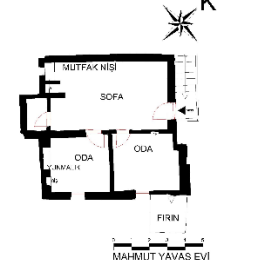
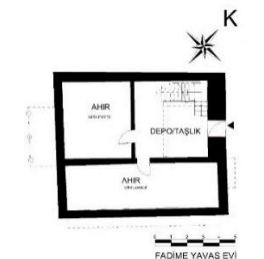
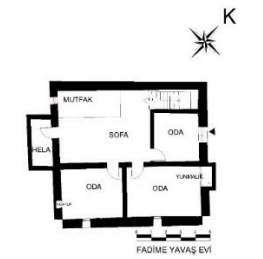
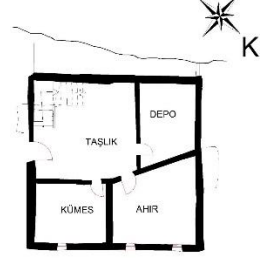
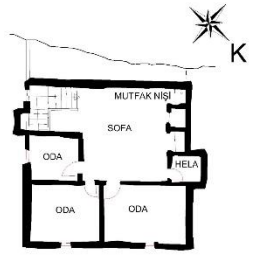
Fadime Yavaş evi: Parsel numarası 372 olan yapı, zemin katında taşlık mekânına bağlı ahır bölümünün bulunduğu örneklerdendir. Yapının üst katına geçişi sağlayan merdivenler yapının içinde bulunmaktadır. Zemin ve üst kat olmak üzere yapı, 2 katlıdır. Yapının birinci katında kapalı dış sofa mekanına bağlı 3 adet oda bulunmaktadır. Hela ise sonradan eklenerek payandalarla desteklenen çıkma yapmaktadır. Sofanın batısındaki odada ocak, doğusundaki odada yunmalık bulunmaktadır (Şek. 12).



Şekil 12. Fadime Yavaş evi güneybatı, kuzeybatı cephesi ve odalar iç mekan, merdiven mekanı (Yazarın arşivi, 2019).

Fatma Bülbül evi: Karaosman'ın çizimlerinden aktarılarak oluşturulan plan şemaları incelendiğinde, tıpkı diğer evler gibi zemin kat ahır alanı olarak kullanılmıştır (Karaosman, 2004). Birinci kat ise yaşama alanı olarak düşünülmüştür. Zemin katta taşlık mekânına bağlanan depo, kümes ve ahır; birinci kattaki sofa mekânına bağlanan odalar ve hela çıkması mevcuttur. Çalışma kapsamında incelenen konutların sofa tipolojileri, görünüşleri ve merdiven kullanım durumunda olanların mekana giriş düzenleri tablolaştırılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışma kapsamında incelenen yapılar

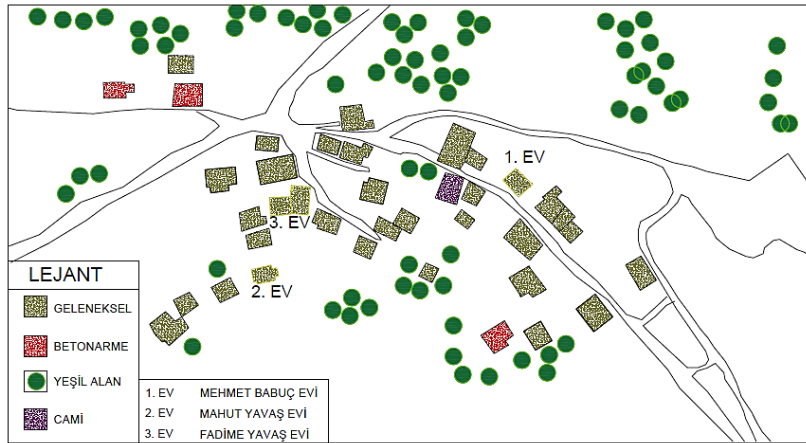
Yapı	Zemin Kat	Birinci Kat	Sofa Tipleri	Üst Kata Giriş Merdiven
Mehmet Babuç Evi.			KAPALI DIŞ SOFA	İÇERİDEN
Mahmut Yavaş Evi			KAPALI DIŞ SOFA	DIŞARIDAN
Fadime Yavaş Evi			KAPALI DIŞ SOFA	İÇERİDEN
Fatma Bülbül Evi			KAPALI DIŞ SOFA	İÇERİDEN

Örnekleme seçilen yapılar incelendiğinde evlerin ortak özelliklerden biri kapalı dış sofa tipolojisine uygun yapılmış olmalarıdır. Geleneksel yapılar genel anlamda 2 katlı yapılmıştır, tek katlı yapıya rastlanılmıştır fakat içine girilememiştir. Bu nedenle plan tipolojisi çıkarılamamıştır. İki katlı konutlarda ise dışarıdan merdivenle girilen ve içeriden taşlık mekânından çıkılan merdivenle ulaşım olarak iki tip gözlenmektedir. Bir diğer ortak özellik yapılarda helaların çıkma olarak üst katlarda dışarıya taşırılmasıdır. 2 katlı yapılarda taşlık mekânından ahıra ulaşım sağlanması genel bir tipolojik özelliktir. İncelenen yapılardan Mehmet Babuç evinde bunun görülmemesi nedeni ev sahiplerinden alınan bilgiye göre kendi isteklerine göre ve hayvancılığı bıraktıkları için depo ve ahır mekânlarını odaya dönüştürme kararı almalarıdır.

Geleneksel Türk konutlarının farklı iklim, coğrafya, malzeme, sosyo-kültürel yapılarıdaki metamorfik dönüşümleri İznik İhsaniye köyü özelinde de gözlenmektedir. Arazinin eğimli yapısı, dağlık alan üzerinde konumlanmış olması yaşama konutlarındaki kat sayısının eğimi kullanarak 1 kattan fazla olmasına sebep olmuştur. Konutların giriş katlarının yaşama mekanı olarak kullanılmaması, kimi yerde üst kata içeriden merdivenle, kimi yapılarda dışarıdan geçilerek sağlanması hem geçim kaynağı olan hayvancılığın yapılabilmesi ve konutların yaşama mekanını ısıtmada etkili olabilmesi için hem de Türk evi özelinde mahremiyet duygusunun etkili olmasından ileri gelmektedir. Pencereilerin az sayıda ve küçük olması soğuk iklimin etkisini kırmak için kurgulanmışsa da aynı zamanda manzara yönüne doğru pencere sayısındaki artış geleneksel Türk evi özelinde olduğu gibi üst katlarda manzaraya hakim olabilmek ihtiyacından doğmaktadır.

3.4.2. İhsaniye Köyü evleri yapım tekniği ve malzeme özellikleri

Evlerin yapım tekniği ve malzeme özellikleri incelendiğinde; İhsaniye evlerinde yapım sistemi, ahşap çatkı arası kerpiç dolgu ile oluşmuştur. Bazı ahır yapılarında beden duvarlar tamamen moloz taş ve ahşap hatıl kullanılarak oluşturulmuştur. Konutların zemin katları moloz taş ve üst katları kerpiç dolgulu ahşap iskelet sistem ile oluşturulmuştur. Zemin kat tavanında ahşap kirişler moloz taş duvara oturtularak ters tavan şeklinde oluşturulmuştur. Geleneksel konut mimarisinin oluşumda etkili olan yapı malzemeleri; taş, ahşap ve kerpiçtir. Köy içerisinde 33 adet konut 1 adet cami yapısı bulunmaktadır. Yapıların yüzeyleri toprak sıvayla sıvanmıştır. Yapıların yüzde doksanı geleneksel hımış tekniğiyle yapılmış olup, yüzde onluk kısmı betonarme yapılan yeni binalardır (Şek. 13).



Şekil 13. İhsaniye Köyü vaziyet planı, yapım tekniği analizi

Yapılarda kapı, pencere, merdivenler ahşap malzemeye yapılmıştır. Odalarda kimi yerlerde sergenler bulunmaktadır. Çatı, ahşap levhalar üzeri yatay ve dikey ahşap elemanlar kullanılarak üzeri alaturka kiremitle kaplanmıştır (Şek. 14).



Şekil 14. İhsaniye Köyü yapım tekniği ve malzemeler, iç mekanda sergen, yunaklık(Yazarın arşivi,2019)

3.4.3. İhsaniye Köyü simgesel değerler

Özellikle göçebe yaşam tarzını benimseyen kültürlerde keçi kılının cinsine bağlı olarak adlandırılması kara çadır, ak çadır olarak değişen çadır örtüleri kullanılmıştır. Yörüklerde rastlanan bu çadır örtüleri, bu yöre halkının geleneklerinde yörük özelliğini benimseyip sonradan yerleşik hayata geçtiklerinin ispatı niteliğinde de sayılabilir. Evlerin bazılarında girişte örtülü kıl çadırdan parçalar ve kapılara asılan hayvan boynuzları göçebe yaşam tarzının tarihini de nitelemektedir. Aynı zamanda tıpkı bazı Safranbolu evlerinde evlerin köşelerine asılan geyik boynuzunun o evin sahibinin avcılık yeteneğini vurgulamasındaki gösteriş gibi bu yörede de benzer inanışlar mevcuttur (Şekil 6) (URL-4). Hayvan kültürünün Anadolu'da geçimini bu yolla sürdüren topluluklarda simgesel anlamı bolluk ve bereket olarak belirtilebilir (Şenesen, 2011).



Şekil 6. İhsaniye Köyü somut olmayan kültürel değerler

İhsaniye Köyünün dini ve sosyal yapıları incelendiğinde köy merkezinde bir adet caminin olduğu görülmektedir. Caminin yenilenmiş olduğu bunun da yerel sakinlerin kendi imkânlarıyla sağlandığı öğrenilmiştir. Köy yerleşiminin kompakt bir yapıda olmaması, dağ köyü olması ve arazideki engebeli durum nedeniyle toplanma mekânlarının tanımlı bir alanda olmadığı görülmüştür.

3.5. İhsaniye Köyü Koruma Sorunları

Köy için yapılan incelemeler sonucunda mevcutta bazı koruma sorunları tespit edilmiştir. Bunlar;

-İhsaniye Köyü’ndeki yapıların ve bölgenin köy yerleşme planları mevcut değildir. Yapılar henüz tescillenmemiştir. Bu çalışma aynı zamanda yapıların tescillenmesi için altlık oluşturmaktadır. Köy yerleşiminin, günümüzde hala koruduğu geleneksel özellikleri, geleneksel malzemeyeyle oluşturulmuş homojen konut dili gibi özellikleriyle kentsel sit alanı olması gereklidir.

-Yapıların genel durumuna bakıldığında İznik’in doğusunda bulunan komşu diğer köylerdeki gibi yeni betonarme yapıların çok fazla olmadığı gözlenmektedir (Şek. 15).



Şekil 15. İhsaniye Köy yerleşimi mevcut durumu

-Ev sahipleri, yaşam koşullarındaki yetersizlikler, arsanın jeolojik yapısının zorluğu, ulaşım imkânlarının güçlüğü gibi olumsuz durumlarla karşı karşıyadır. Hayvancılıkta kullandıkları ekinin üretilmesinde de eski verimi alamamaları ekonomik olarak güç durumda olmalarına neden olmuştur. Bu sebeplerden dolayı ev sahipleri evlerine yeterli bakımı gösterememektedir. Bazı konutlarda geleneksel kapı ve pencereler bakımsız kalmış ve PVC malzemeyle değiştirilmiştir (Şek. 16).



Şekil 16. Mahmut Yavaş Evi Solda 2004 Durumu (Karaosman, 2004), sağda 2019 durumu

-Yapılan önceki çalışmalarda önceden tarihi çeşme ve camiden bahsedilirken son durumda bu yapılardan caminin yenilendiği görülmüş olup, tarihi çeşme yapısına ise ulaşılamamıştır (Şek. 17).



Şekil 17. İhsaniye Köyü Camisi 2019 durumu

-Köy muhtarıyla yapılan görüşmeler sonucu köy içerisinde henüz 39 kişinin aktif yaşadığı bilgisine ulaşılmıştır. Bu sayı gün geçtikçe azalmaktadır. Köyün terk edilme riskiyle karşı karşıya kalma durumu vardır.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Yapılan çalışma göstermiştir ki geleneksel kırsal yerleşmelerin en büyük problemi bakımsızlık ve ekonomik güçlüklerin yaşam koşullarına etkisiyle terktir. Kırsal yerleşim bölgelerinin terk edilmesinde insan ve doğa temelli faktörler olarak iki grupta inceleme yapılabilir. İnsan nedenli terklerin ise temel sebepleri; sosyo-kültürel ve ekonomik sebepler, politik ve diğer sebepler olmak üzere üç grupta incelenmektedir (Güler ve Kahya, 2019). İhsaniye köyünde özellikle sosyo-kültürel ve ekonomik nedenli göçler başta gelmektedir.

Taş, kerpiç ve ahşap malzemenin kullanıldığı toprak sıvalı İhsaniye evleri dağlık yerleşimin sonucu olarak Karadeniz evlerine benzer olarak çok fazla yakın mesafede konumlanmadan birbirinden bağımsız yerleşmiştir. Yapılar, özellikle iklimin etkisiyle az ve küçük pencereci, ocak ve zemin katlarında ahır bulundurmaktadır. Konutların yüzde sekseni iki katlı yapılmıştır. Tek katlı yapılarda ise barınmadan ziyade sonradan ahırları ayırmak isteyen kullanıcıların ahır-depo fonksiyonu verdiği birimler ve köyde yaşanan göçten dolayı boşalan konutların değerlendirilmesi olarak görülebilir. Köy yerleşiminde sokak dokusu topraktır. Köyün en belirgin özelliği ise homojen bir görsel peyzaj sağlaması ve doğaya uyumlu yerleşimi olarak belirtilebilir.

ICOMOS Geleneksel Mimari Miras Tüzüğü'nün (1999) ilkeleri arasında da “Geleneksel mimarinin takdir edilmesi ve başarıyla korunması toplumun buna katılımı, desteği, sürekli bakımı ve kullanımına bağlıdır” ifadesi bulunmaktadır (ICOMOS, 1999). Yapıların sürdürülebilirliğinin sağlanması, kullanılması, karakteristikleri korunarak güncel yaşam koşullarını yanıtlar duruma getirilmesi, düzenli bakımı ile olanaklıdır.

Bölgede yapılan incelemelerde yörenin doğal dokusu, konut-peyzaj bütünlüğü gözlenmiştir. Bölgenin kalkınmasının geleneksel konutların bakımını da kolaylaştıracak etkiye sahip olacağı görülmektedir. Bu nedenle bölgeye ekolojik turizm bağlamında teşvik projelerinin yapılması önerilmektedir. Aynı tüzüğün ilkelerinden olan “Ev sahibi topluluklar ve yerli halk koruma ve turizm için yapılacak planlamaya katılmalıdır” ve “Turizm ve koruma etkinlikleri ev sahibi topluluğa yarar sağlamalıdır” (5. ilke) konuları geleneksel dokunun sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır (ICOMOS, 1999).

Kırsal yerleşmelerin yeniden değerlendirilmesi için yapılan çalışmalarda, yeniden inşa veya yeniden ormanlaştırma (özellikle vahşi yaşama geri dönüş amacıyla koruma), müzecilik yaklaşımları (açık hava müzeleri), turizm uygulamaları ve yeniden yerleşim yaklaşımı (eski sakinlerle veya yeni sakinleri yerleştirme) uygulanmaktadır (Güler ve Kahya, 2019). Köyde

gerçekleştirilecek eko turizm ve kültür turları, köydeki hayvancılık ve tarım ürünlerine, zeytin turizmine yönelik çalışmalar, hem doğal çevrenin korunması ve bu konuda farkındalık yaratılmasına, hem de yerel halkın ekonomik katkı sağlayarak refah düzeyinin yükselmesini sağlayacaktır. Bu amaçla bakımsız kalan mekânların bazılarının kamulaştırılarak günübirlik turizme hizmet edecek işlevler ile değerlendirilmesi düşünülebilir. Aynı zamanda kırsal peyzajın tanıtımı için yapılacak turizm rotalarının İznik bağlamında geleneksel dokuya sahip İhsaniye köyü gibi komşu köy yerleşimlerinden de geçecek bir sistemle düzenlenmesi de bu bölge halkı için birçok soruna çözüm olabilecek yöntemlerdendir.

Bu çalışma aynı zamanda tescili yapılmamış bu yapılar için tescil önerisi getirmektedir. Yapılar daha fazla zarar görmeden kapsamlı bir çalışmayla tüm köyde tescillenebilir yapılar incelenip tescillenmelidir. Gerekirse bütüncül koruma bağlamında koruma planı hazırlanmalı bu konuda yerel yönetimler başta olmak üzere sürece halkı da katarak dokunun yaşatılmasına çalışılmalıdır.

Köy yerleşiminin, günümüzde hala koruduğu geleneksel özellikleri, geleneksel malzemeyle oluşturulmuş homojen konut dili gibi özellikleriyle kırsal sit tanımına uyabilecek niteliktedir. Yasal olarak kırsal sit tanımının geçtiği ilk karar olan 1979 tarihli A-1609 sayılı kararda “kentsel ve kırsal sitlerde geçici dönem yapılaşma koşullarının belirlenmesi için yöresel yapı niteliklerine ait bilgi ve belgelerin Kurula gönderilmesi” ifadesi yer almaktadır (Durukan, 2004; Eres, 2013). Türkiye’de kırsal sit tanımının yasal düzeyde yer bulma çabası süregelen bir olgu haline gelmiştir. Son olarak 2006 yılındaki 720 sayılı yasal düzenlemede “Kentsel Sitler, Koruma ve Kullanma Koşulları” başlıklı ilke kararıyla kentsel sit tanımında “..mimari, mahalli, tarihsel, estetik ve sanat özelliği bulunan ve bir arada bulunmaları sebebiyle teker teker taşıdıkları kıymetten daha fazla kıymeti olan kültürel ve tabii çevre elemanlarının (yapılar, bahçeler, bitki örtüleri, yerleşim dokuları, duvarlar) birlikte bulundukları alanlar..” olarak yürürlüğe girmiştir (URL-5). Kırsal sit tanımı detaylı olarak açıklanmamakta, kentsel sitin gölgesinde muğlak bir ifadeyle yer almaktadır. Bu durum, İhsaniye Köyü gibi yerleşim yerlerinin tanımlanması ve korunmasında yetersiz kalınan yasal sorunlara neden olmaktadır.

İhsaniye Köyü geleneksel dokusu yapılacak onarım, koruma çalışmaları sonucu yaşatılmalı, sosyal, ekonomik ve kültürel sürdürülebilirlik örneği olarak literatürde yer bulmalıdır. Geleneksel mimarinin temsilcisi olan kırsal mimari ürünler gelecek nesillere korunarak aktarılmalıdır.

Yazarların Katkısı

Çalışmada tek yazar katkı sunmuştur.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Teşekkür

Bu çalışmaya katkı sunan İhsaniye köyü muhtarı Mahmut Yavaş'a, evlerini açan Fadime Yavaş, Mehmet Babuç'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın özet bildirimi "18-21 Kasım 2020'de Karabük Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi tarafından Safranbolu'da Uluslararası Mimarlık Araştırmaları Sempozyumu (ReseArch'20)" kongresinde sözlü sunum olarak sunulmuş olup, kongre üyelerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ahunbay, Z., (2019, Nisan). Kırsal Peyzajın Korunması İle İlgili İlkeler. *Icomos Uluslararası Anıtlar Ve Sitler Günü 2019 Etkinlikleri Kırsal Mimari Miras Sempozyumu* (s. 1-2). Eskişehir.
- Akbulak, C., (2006). Doktora Tezi, *İznik Depresyonu'nun Beşeri Ve İktisadi Coğrafya Açısından İncelenmesi*, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Anonim, Anadolu'da Kırsal Mimarlık [PDF dökümanı]. Aktarılan yer Tarihi Kentler Birliği – ÇEKÜL – Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2012 Web sitesi, <http://www.tarihiKentlerBirligi.org/wpcontent/uploads/AnadoludaKırsalMimarlik-Ekitap.pdf>.
- Arel, A., (1999). Anadolu'da geleneksel Konut Kültürel Etmenler. Dördüncü Türk Kültürü Kongresi, 1, 37-40.
- Avrupa Konseyi. (1985). Avrupa Mimari Mirasının Korunması Sözleşmesi.[online]. <http://teftis.kulturturizm.gov.tr/TR,14268/avrupamimari-mirasinin-korunmasi-sozlesmesi.html>, (Erişim tarihi: 13 Mayıs 2020).
- Batur, A. ve Öymen Gür,Ş., (2005). *Doğu Karadeniz'de Kırsal Mimari: Rural Architecture in the Eastern Black Sea Region*, İstanbul: Milli Reasürans.
- Durukan, İ. (2004). *Türkiye'de Gayrimenkul Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu Sonrası Kültür Mirası Korumasının Gelişimi ve Uygulama Sorunları*. Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eldem, S. H., (1986). *Türk Evi Osmanlı Dönemi*, İstanbul: Anıt Çevre Turizm Değerlerini Koruma Vakfı.
- Eres, Z., (2013). *Türkiye'de Geleneksel Kırsal Mimarinin Korunması: Tarihsel Süreç, Yasal Boyut, Prof. Dr. Nur Akın'a Armağan- Mimari ve Kentsel Koruma*. İstanbul: YEM Yayınları.
- Eres, Z., (2016). Türkiye'de Geleneksel Köy Mimarisini Koruma Olasılıkları. *Ege Mimarlık*, 92, 8-13.
- Güler, K. ve Kâhya, Y., (2019). *Developing an approach for conservation of abandoned rural settlements in Turkey*. A/Z ITU Journal of the Faculty of Architecture, 16(1), 97-115.
- Gümüş, E., (1998). Türkiye'de yerleşme. Nuray Serter (Editör), *Türkiye Coğrafyası* (s. 87-110). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayın.
- ICOMOS. (1999). Geleneksel Mimari Miras Tüzüğü, ICOMOS 12. Genel Kurulu. [online]. http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICO - MOSTR_0901543001353670596.pdf (Erişim tarihi: 20 Mayıs 2019).
- Kaplanoglu, R., (2001). *Doğal ve Kültürel Varlıklarıyla Orhangazi*. Bursa: Orhangazi Matbaası.
- Karaosman, S. K., (2004). *Geleneksel Yerleşmelere Yönelik Bir Ekolojik Değerlendirme Model Önerisi İznik Gölü Çevresi Köy Evleri*. Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Muşkada, Ü., (2017). Kırsal Ölçekte Geleneksel Konut Mimarisinin Korunması: Özgünlük. *SEFAD*, 37, 437-448.
- Levi, E. A., ve Taşçı, B., (2001). Ege’de Kırsal Mimari Araştırmaları: Bayındır Köyleri. *Megaron/Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi E-Dergisi*, 12(3), 365-384.
- Şenesen, R. O., (2011). Türk Halk Kültüründe Bolluk ve Bereketle İlgili İnanç ve Uygulamalarda Eski Türk Kültürü İzleri. *Folklor/Edebiyat*, (66), 209-228.
- Tunalı, S., (2010). Geleneksel İznik Konutları. *Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Dergisi*, 55-60.
- URL-1: http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_en0887771001560505611.pdf, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2020).
- URL-2: <https://www.iznik.gen.tr>, (Erişim Tarihi: 10 Mart 2019).
- URL-3: <https://www.google.com/maps>, (Erişim Tarihi: 8 Mayıs 2019).
- URL-4: <https://www.aa.com.tr/tr/kultur-sanat/geyik-boynuzlari-safranbolu-evlerinin-sigortasi-gibi-goruluyor/1483409>, (Erişim Tarihi: 26 Mayıs 2019).
- URL-5: <https://teftis.ktb.gov.tr/TR-263781/720-nolu-ilke-karari-kentsel-sitler-koruma-ve-kullanma-.html>, (Erişim Tarihi: 9 Kasım 2020).

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 43-54, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Araştırma Makalesi / Research Article**Doi: [10.47898/ijeased.814138](https://doi.org/10.47898/ijeased.814138)

Karabük Kent Meydanı'ndaki "Meydan" Deneyimini Mekan Dizimi Yöntemi ile Değerlendirme

Ayşe Merve SARAÇOĞLU GEZER^{1*}, Bahar SULTAN QURRAIE¹¹ Karabük Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Karabük, 78600, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : mervesaracoglu@karabuk.edu.tr  https://orcid.org/0000-0001-6326-5151 , M. S. Gezer  https://orcid.org/0000-0002-5142-3367 , B. S. Qurraie	Geliş Tarihi / Received Date : 21.10.2020 Revizyon Tarihi / Revision Date : 05.12.2020 Kabul Tarihi / Accepted Date : 02.01.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite : Gezer, M.S., Qurraie, B.S. (2021). Karabük Kent Meydanı'ndaki "Meydan" Deneyimini Mekan Dizimi Yöntemi ile Değerlendirme, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 43-54.	

Özet

Kent meydanları, insanların ortak kullanabildiği, serbestçe dolaşabildiği, buluşma, birleşme ve kesişme noktası olarak seçtiği tanımlı kentsel boşluklardır. Tanımlı olma durumu kent meydanının etrafında onu sınırlayan öge, obje ya da nesnelerle belirlenir. Yapılarla sınırlanmanın haricinde karayolu, demiryolu, nehir, deniz gibi yapıları ya da doğal çevreyle de sınırları belirlenmiş olabilir. Meydan kentsel bir boşluktur; tanımlı bir mekan olabilmesi için bu boşluğun da tanımlı olması beklenir. Bu çalışmada etrafı yollarla çevrili, kentin/şehrin girişine yakın bir konumda yer alan, içerisine sosyal ve kamusal işlevler de dahil edilmiş bir kent meydanı olan, Karabük Kent Meydanı incelenmiştir. Bu inceleme Space Syntax depthMapX programı kullanılarak mekan dizimi yöntemi ile desteklenmiş, programın analiz çıktılarıyla alan araştırmaları karşılaştırılmıştır. Çalışma, Karabük Kent Meydanı'nı meydan kavramı üzerine ele almak ve elde edilen verilerle bu meydanı tanımlamayı hedeflemiştir.

Anahtar Kelimeler: Kent Meydanı, Karabük, Mekan Dizimi, depthMapX.

Evaluating The "Square" Experience In Karabük City Square With The Space Syntax Method

Abstract

City squares are defined urban spaces that where people can use as a communal area, walk around freely and choose as meeting, merging and crossing place. The state of being defined is determined by the item, object or things that limit

it around the city square. Apart from being limited to buildings, borders may also be determined with the built or natural environment such as road, rail, river, sea. The square is an urban void; to be a defined space, this space is expected to be defined. In this study, the study of Karabük City Square, which is a city square surrounded by roads, located close to the entrance of the city, including social and public functions, was conducted. This review was supported by the space syntax method using the Space Syntax depthMapX program, and the field studies were overlaid with the analysis outputs of the program. The study aimed to handle Karabük City Square on the concept of the square and to define this square with the data obtained.

Keywords: City square, Karabuk, Space syntax, depthMapX.

1. Giriş

Meydanlar, insanların çeşitli amaçlarla bir araya gelebileceği, buluşabileceği, toplanabileceği ya da etkinlikler yapabileceği, etrafında sınırlayıcı ya da belirleyici öğelerin olduğu kent içindeki kamusal alanlardır. En basit anlamıyla bir ‘alan’ olarak tanımlanabilen meydanları, Hasol (2017) “halkın toplandığı, çoğu binalarla, ağaçlarla ya da doğal engellerle çevrili, düz, açık ve geniş yer” olarak açıklamaktadır. Kamusal olması, halka ait, erişilebilir ve ulaşılabilir olması, meydanın devinime sahip bir alan olabilmesi için önemli faktörlerdir ve bunlar meydanın fiziki özelliklerinin sonuçları olarak karşımıza çıkmaktadır. Meydanlar, kentin içinde, kentin hareketine ya da yoğunluğuna rağmen, insanların nefes alabileceği, durup soluklanabileceği ya da harekete geçip stres atabileceği alanlar olarak görülmelidir.

Meydanların, kent ve kentli için her zaman önemli bir yeri vardır. Eski kent örneklerinde de kentin içinde, kamusal alan olarak izleri okunabilen, toplanma işlevi ve karar alma mekanizmalarını hayata geçiren meydanlar ayırt edilebilmektedir. Bu yönüyle, kent için olumlu katkılar sağladığı söylenebilmektedir (Ulutaş, 2019). Bir yerin insanların kullanımında olması, o yerin hala yaşadığını, yaşatılacağını ve bir biçimde korunduğunu da göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında, bir kentin deviniminin sağlanabilmesi için de meydanlar gibi özellikle kamusal alanın ön plana çıktığı, kentsel mekanların ne kadar önemli oldukları daha iyi anlaşılmaktadır.

1995 yılında Türkiye’nin 78. ili olma statüsüne yükselen Karabük ilinin de böyle bir meydana ihtiyacı olduğu düşünülmüş ve kent için en uygun olduğu düşünülen alana Karabük Kent Meydanı inşa edilmesine karar verilmiştir. Bu kararla birlikte kentlinin önemsendiği günler, etkinlikler, aktiviteler ya da programlar için bir araya gelebileceği bir toplanma alanı oluşturulmuştur. Ancak meydanın kavramsal altyapısında yalnızca belirli günlerde kullanılması değil, kentlinin herhangi bir zamanda serbest dolaşımında da tercih etmesi bulunmaktadır. Karabük Merkez’de yer alan bu meydan için ikinci seçeneğin zayıf bir etkide süregeldiği düşünüldüğünden, bu çalışmada meydanın

çok yönlü olarak incelenmesi ve mekan dizim analizi ile birlikte konumunun ve planının irdelenmesi planlanmıştır.

1.2. Karabük, Kentleşme ve Kent Meydanı İlişkisi

Karabük, 1937 yılına kadar Safranbolu'nun Öğlebeli köyüne ait bir mahalledir. On üç haneli bir yerleşim olduğu da bilinmektedir (Kütükçüoğlu, 2012). 1932 yılında bu yerleşmeye iki kilometre mesafede bir istasyon kurulması kararı alınmıştır. Bu istasyon, Erken Cumhuriyet Dönemi'nde hayata geçirilen demiryolu hatlarının bir kolu olan Ankara-Zonguldak hattına ait küçük bir istasyondur. İstasyona da mahallenin adı olan 'Karabük' adının verilmesiyle, bu ad ilk kez resmi kayıtlara geçmiştir (Fındıkoğlu, 1960).

Karabük'ün gelişmesindeki en önemli faktör olan Karabük Demir Çelik Fabrikası'nın kurulmasına Aralık 1934 yılında karar verilmiştir. 1935 yılında ise İngiliz bir firma olan Brassert, Sümerbank ile anlaşma sağlayarak KDÇF'nin temelleri 3 Nisan 1937 yılında atılmıştır (Kalyoncu, 2016). Fabrikadan önce yerleşim yeri olarak yalnızca on üç haneden oluşan bir köy olarak bahsedilen Karabük, fabrikadan sonra Sümerbank'ın fabrikaya bağlı konut üretimi çalışmalarıyla gelişmeye başlamıştır. Fabrikalarda çalışacak işçiler için gerekli olan tüm ihtiyaçlar bu sayede karşılanacaktır. En temel ihtiyaç olan barınma ihtiyacını karşılamamanın dışında sosyal, kültürel, fiziksel ve eğitim yapıları da modernleşme ve endüstrileşme politikalarına bağlı olarak inşa edilmiştir.



Şekil 1. Karabük Kent Meydanı ve Kardemir Demir-Çelik Fabrikası

Karabük ili Merkez ilçesinde bulunan ‘Karabük Kent Meydanı’ da şehrin girişinde, görünür ve ulaşılabilir bir mevkide yer almaktadır (Şekil 1). Bu meydan inşa edilmeden önce şehrin ‘meydan’ olarak tanımlanabilecek bir alanı olmadığından, Karabük için ‘her şeyin başladığı yer’ olan İstasyon binası ve çevresi bu işlevi görmekteydi. İstasyon ve çevresi kent için önemli bir yere sahiptir. Toplanma ve dağılma mekanı, bir buluşma noktası, kavuşma ve vedalaşma yeridir. 2015 yılına kadar İstasyon ve çevresi bu ‘meydan’ işlevini üstlenmişken, kentin yeni bir meydana ihtiyacı olduğu düşünülmüş ve ‘Kent Meydanı’ inşa edilmiştir. Bu meydan için Karabük Demir-Çelik Fabrikalarına ait konut yerleşkelerinden biri olan 100 Evler’in yıkılmasına karar verilmiştir. Ortaya çıkan kentsel boşluk meydan olarak değerlendirilmiştir.

Karabük Kent Meydanı bünyesinde nikah salonu, kafe ve dükkanlar, bir amfi tiyatro oturma düzeni, belediyeye ait bir kiosk ve birkaç pergola bulunmasına rağmen günlük yaşam içinde kullanımı düşüktür. Yazın güneşten korunacak yeterli gölgelik alan barındırmaması, kışın da rüzgardan koruyacak engeller olmaması nedeniyle insanlar tarafından sosyalleşme amaçlı kullanılamamaktadır. Yılın belli dönemlerinde belediye destekli kermes faaliyetleri ya da indirim günleri kapsamında kurulan KOBİ destek çadırlarıyla canlandırılmaya çalışılmaktadır. Halk konserleri, mitingler, şehit cenazeleri ve benzeri kalabalık toplantılar için de ev sahipliği yapmaktadır. Ancak bu tip etkinliklerin bir yıllık periyot içinde ne kadar az olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır.

Varolan bir mekanın dönüştürülmesi ve mevcut topografyanın şartlarına uyma eğilimi nedeniyle Karabük Kent Meydanı kot farkları olan bir meydandır. Merdivenler, basamaklar ya da rampalar ile kademelenme uygulanmış, her kot farklı bir işleve hizmet edecek şekilde inşa edilmiştir. Ortaya çıkan kot farkının bir kısmı da amfi tiyatro olarak değerlendirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Karabük Kent Meydanı merdivenleri ve amfi tiyatro

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma, Karabük Kent Meydanı'nın mekânsal incelemesinin yapılmasını konu edinmiştir. Bunun gerçekleştirilebilmesi için de üzerinde hala çalışılan ve belirli aralıklarla güncellemeler yapılan, açık kaynak kodlu, mekan dizimi analizi yapabilen, uzaysal analiz yazılımlı bir program olan Space Syntax depthMapX verileri üzerine kurgulanmıştır (URL-1). Kentsel ölçekte çalışabilmesi ve kent içindeki elemanların her birinin kendi aralarındaki ilişkilerini test edebilen bir sanal beyin olması nedeniyle tercih edilmiş, çıktı olarak sunduğu grafik ağ analizleri çalışmada kullanılmıştır.

Yerinde yapılan alan incelemeleri ile program verileri karşılaştırılarak, araştırılan kent meydanının tanımlamasının daha doğru yapılacağı düşünülmüştür. Bu sayede uygulanan yöntem, bireysel kullanıcı açısından, kamusal mekan algısının tespit edilmesine destek olmuştur.

2.1. Eksenel Harita

Sayısal veri hesaplamaları için öncelikle Space Syntax depthMapX programı ile meydanın eksenel haritası (Axial Map) çıkartılmıştır. Bu harita ile iki boyutlu veri analizi yapılmaktadır. Eksenel harita çalışmasında, programın arayüzünde yer alan Bağlantı (Connectivity), Yoğunluk (Intensity), Bütünleşme (Integration) ve Dağıntı (Entropy) başlıkları, çalışmanın ana fikrindeki 'meydan' kavramıyla ilişkili görüldüğü için değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirmeler sonucu dört ayrı harita katmanı elde edilmiştir. Ortaya çıkan haritalar, çizgilerin oluşturduğu bir ağ örüntüsüne benzemektedir. Oluşturulan bu katmanların, program tarafından ayrıca sayısallaştırılması da yapılmakta, girdi olarak sunulan kentsel mekanın farklı yönlerden değerlendirilmesi mümkün kılınmaktadır. Çalışmada elde edilen bu sayısal değerler de ayrıca sunulmuştur.

Eksenel bir harita, alanın tamamını kaplayacak şekilde iki köşenin konveks ve konkav çizgiler çizilerek birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu çizgiler, programın algoritmasına göre yapı adalarının arasında kalan boşluğun soyutlanması olarak tanımlanmaktadır. Böylece kullanıcının belirlediği kent alanının mekânsal biçimi hesaplanabilir hale gelmektedir (Ariza-Villaverde ve ark., 2013).

2.2. Görünürlük Grafik Analizi

Eksenel harita çalışmasının tamamlanmasının ardından alanın görünürlük grafik analizi (Visual Graphic Analysis – VGA) de çıkartılmıştır. Bu harita üç boyutlu bir bakış açısını hedef almakta ve mekan içerisinde kullanıcının görüşünü engelleyen her objenin haritaya işlenerek, alanın insan görüşü üzerine taramasını yapmaktadır. Bu noktada haritaya ağaç, heykel, direk, yapı gibi yüksekliği fazla olan objeler eklenmiş olup, çalılık, bank gibi görüşü engellemeyen objeler eklenmemiştir.

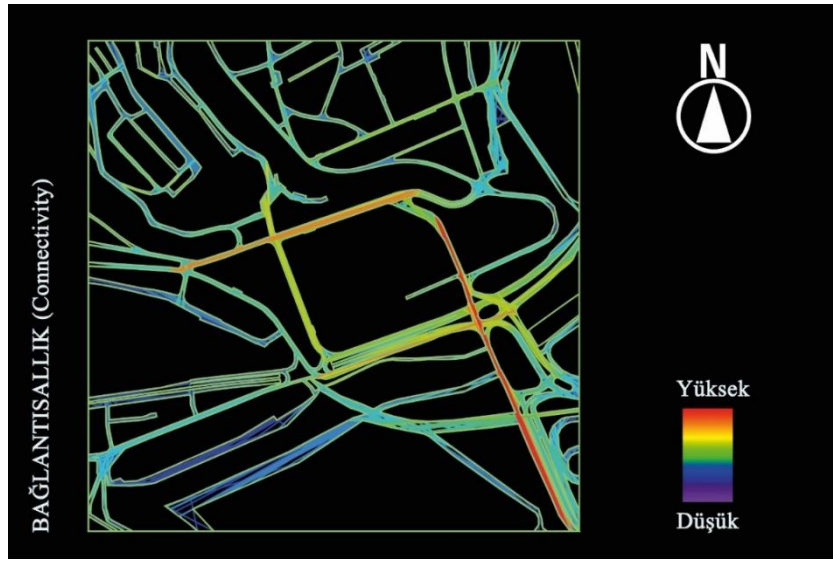
Görünürlük grafik analizi, eksenel haritada olduğu gibi hareket kalıplarıyla tanımlanmamakta, mevcuttaki düzenin kendi içindeki ilişkisel bağıntılarını hesaplamaktadır. Çevre tasarımı katkı sağlaması için geliştirilen program, çeşitli birimlerin birlikte görünebilirliğini hesaplar ve bu ilişkileri temsil etmek için bir matris üretir (Turner, 2001).

3. Mekan Dizim Analizinin Bir Mekan Olarak ‘Meydan’ Kavramına Katkıları: Karabük Kent Meydanı

Karabük Kent Meydanı, Merkez ilçesinde yer alması ve şehir girişine yakın olması gibi özelliklerinden dolayı ‘görünebilirliği’ ve kentlinin kullanım potansiyelinin yüksek olarak değerlendirilebileceği bir konumda yer almaktadır. Bu özelliklerine rağmen, üç taraftan karayolları ile sınırlandırılmış olması, diğer taraftan da devlet arazisiyle komşu olması nedeniyle kentten kopuk olduğu söylenebilmektedir. Meydanın farklı kotlarla kademelenmiş olması, kotlar arası geçişlerin merdivenli uygulanması ise kentlinin bu alanı geçiş mekanı olarak da tercih etmemesinin sebeplerindendir. Ayrıca yeşil alan azlığı ve mevsimsel etkenlerden insanı koruyamayan yapısı ile kentlinin kendine uygun bir yer bulmasına, isteğe bağlı aktiviteleri gerçekleştirmesine engel olmaktadır.

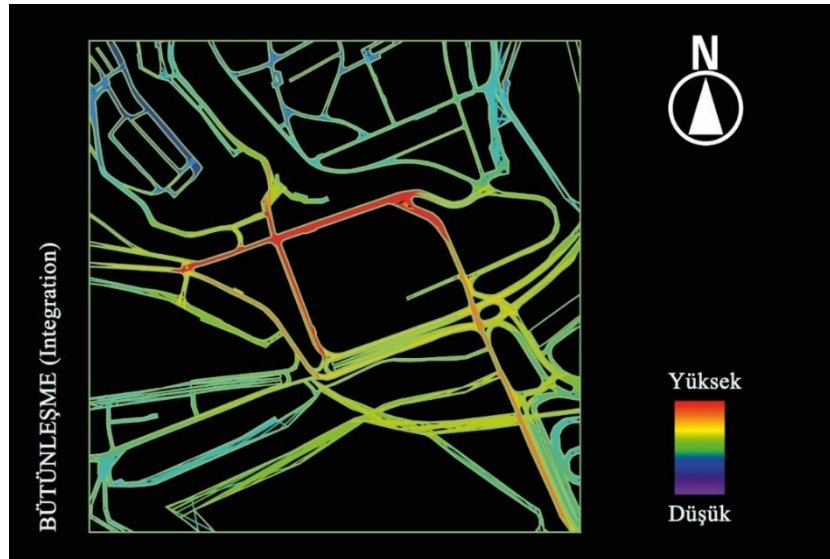
Alan çalışmasıyla tespit edilebilen, deneyime dayalı ve görsel olarak desteklenebilen veriler haricinde, Karabük Kent Meydanı için Space Syntax depthMap X programı ile mekan dizim analizleri de yapılmıştır. Program, kent bölgesinde yer alan ulaşım hatlarına çizgiler çizerek, bu çizgiler kümesinin aracılığıyla alandaki uzamsal tanımını yapmaktadır. Analiz sınırları olarak, incelenen meydanın merkezde yer alacağı 1 km²’lik bir alan belirlenmiştir. Bu kapsamda öncelikle alanın eksenel haritası çıkartılmış, kent bölgesinin yorumlanması için de dört parametre tercih edilmiştir: bağlantısallık, bütünleşme, yoğunluk ve dağıntı.

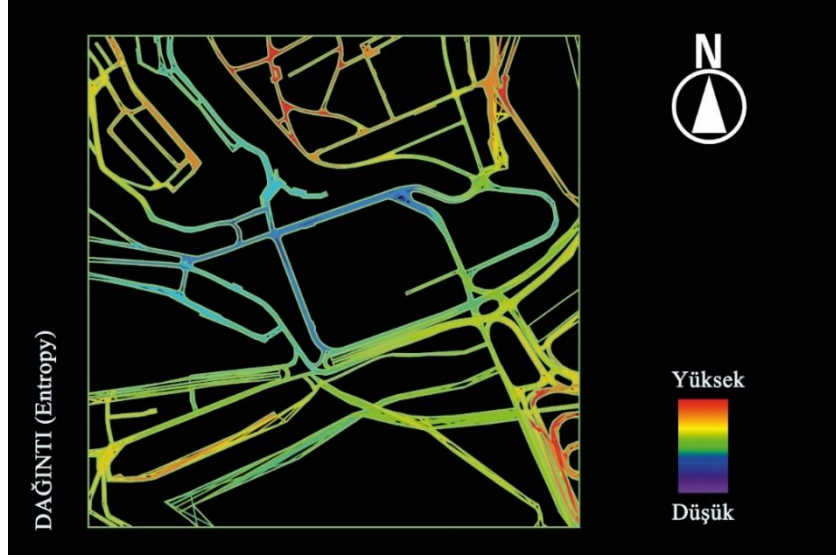
Bağlantısallık (Connectivity) haritasına bakıldığında (Şekil 3), Karabük Kent Meydanı çevresinde ağırlıklı olarak turuncu ve sarı renklerin olduğu görülmektedir. Kırmızı rengin görüldüğü cadde de meydana ulaşan birincil ulaşım hatlarından birisidir. Meydanın güneyinde yer alan Zonguldak yolu üzerinde görülen renkler de açık yeşil ve sarı ağırlıklıdır. Meydana ulaşan ikincil ulaşım hatlarındaki renkler artık açık mavi, mavi ve mor gibi bağlantısallık değerleri düşük yollar olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 3. Bağlantısallık haritası

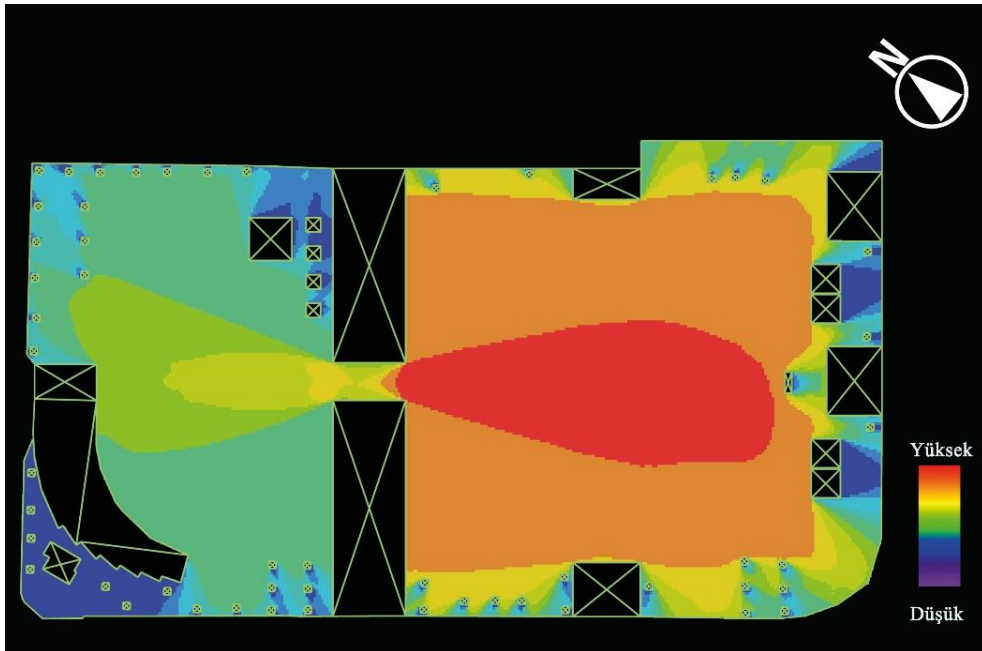
Bütünleşme (Integration) haritasında ise (Şekil 4), meydanın etrafında kırmızı renginin yoğun olarak yer aldığı ve yanında turuncu ile sarı renklerinin de meydanı çevrelediği görülmektedir. Meydana yakın çevredeki diğer ulaşım hatlarının da sarı ve turuncu renklerle çevrelenmektedir. Bütünleşme değerinin üçüncül ulaşım hatlarında düşüştü olduğu söylenebilmekte olsa da bu bölgelerde mavi ya da mor yerine yine de açık yeşil ve koyu yeşil gibi renklerin bulunması meydanın çevresiyle ilişkisi açısından önemli bir veri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yoğunluk (Intensity) haritası da (Şekil 5) Bütünleşme haritasına benzer değerlere sahiptir. Karabük Kent Meydanı ve çevresi aynı şekilde kırmızı, turuncu ve sarı renkli ulaşım hatları ile çevrelenmiştir.





Şekil 6. Dağıntı haritası

Eksenel harita çalışmasından sonra Görünürlük Grafik Analizi yapılmıştır. Bu çalışma için alanın öncelikle gridleri bölünmesi gerekmektedir. Grid boyutları, çalışmanın amacına uygun olacak şekilde kullanıcının belirlediği değerle oluşturulmaktadır. Karabük Kent Meydanı üzerinde yapılan bu araştırmada grid boyutu, insan ölçeği referans alınarak 70 cm olarak belirlenmiştir. Haritada görüş açısını engelleyen objelerin yerleri gösterilmiş, geriye kalan boşlukla ilgili hesabın yapılması için de açıklık alanlar boyanmaktadır.



Şekil 7. Görünürlük Grafik Analizi

Görünürlük Grafik Analizi (VGA) haritasında (Şekil 7), alt kotta yer alan meydan kısmının ortalarında yoğun bir kırmızı rengi görülmektedir. Tonlar bu kotta meydanın çeperlerine doğru açılmış, ağaç, heykel, pergola gibi elemanların olduğu yerlerde mavi ve mor tonlarına dönmüştür (Şekil 8). Üst kotta yer alan kısımda ise, engellerin boyutu ve miktarı arttığı için renk skalasındaki yüksek değerleri gösteren kırmızı ya da turuncu renkleri burada yer almamaktadır. Sarı ve açık yeşilden başlayan tonlar, yine burada da çeperlere doğru koyulaşmaya başlamıştır.



Şekil 8. Çalışma alanından heykel ve pergola örnekleri

4. Sonuç ve Değerlendirme

Çalışma kapsamında Karabük ili Merkez ilçesinde yer alan Karabük Kent Meydanı, Space Syntax depthMapX programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu meydan, Karabük Demir-Çelik Fabrikaları'na bağlı konut yerleşkelerinden biri olan 100 Evler'in yıkılmasıyla ortaya çıkan kentsel boşluğa inşa edilmiştir. Yıkımına 2010 yılında başlanmış olan yerleşkenin eski fotoğraflarında yoğun bir yeşil alana sahip olduğu görülmekte olup (Şekil 9), planlanan meydan park projesinin de yine yeşil ağırlıklı olacağı duyurulmuştur (URL-2).



Şekil 9. 100 Evler'in yıkılmadan önce çekilmiş hava fotoğrafı (URL-2)

Meydan kelimesinin tanımsal alt yapısında bulunan kamusal olma, toplanma alanı olarak kullanılma, anıtsallık, çevrelenme gibi parametreler bağlamında Karabük Kent Meydanı incelendiğinde, bu kavramlara karşılık verebilecek bir meydan olmadığı söylenebilmektedir. Halbuki meydanın 2014 yılından itibaren kullanıma açılmış, 14 Mayıs 2015 tarihinde de resmi açılışının gerçekleştirilmiş olması, bu kavramlara karşılık gelebilen daha işlevsel bir 'yeni' meydan olması konusunda beklenti yaratmıştır.

Program çıktıları sonucunda ulaşım hatları açısından meydanın konumu ve yerleşmesinin mantıklı bir karar olduğu söylenebilir. Meydan ve çevresinin Bağlantısallık haritası sonuçlarına göre, tüm ana yolları kendine bağlayan bir konumda olduğu görülmektedir. Bütünleşme ve Yoğunluk haritalarında bu parametrelerle ilgili renk yoğunluğunun yüksek değerlerinin daha fazla olması, 'meydan' kavramının ihtiyacı olan bir araya getirme, toplanma kavramlarının bu alan için iki boyutlu olarak yeterli olduğunu göstermektedir. Dağıntı analizinde ise, bu çevrede bu etkinin düşük olarak çıkması, yine meydanın konumunun belirlenmesinde alınan kararın doğruluğunu desteleyecek şekildedir.

Görünürlük Grafik Analiz sonuçlarına bakıldığında, meydanın işlevsel olmadığı, görüşü engelleyen bir sürü obje ya da elemanın olduğu ortaya çıkmaktadır. Kademeli bir alan olması da yine bu görüş engellerinin en büyük sebeplerindendir. Orta kademede yer alan nikah salonu ve birkaç dükkana rağmen, insan yoğunluğu gün içinde fazla olmamaktadır. Çünkü bu mekanlar için gelen kullanıcı da meydanın tamamına görsel olarak hakim olamamakta, işi bittikten sonra mekanı terk etmekte ya da işi harici hiç uğramamaktadır.

Alanın geçmişte sahip olduğu yeşil alan oranı ve çok yıllık ağaç sayısı ile günümüzdeki değerleri kıyas bile gerektirmeyecek derecede üzücüdür. Bir 'meydan' için, 'boşaltma' işleminin yapılması gerekli görülse de farklı çözüm yollarının aranmadan, yalnızca 'yıkım' yönteminin tercih edilmesi üzerine düşünülmesi ve tartışılması gereken bir konudur.

Yazarların Katkısı

Çalışmada her iki yazar da eşit oranda katkı sunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Teşekkür

Bu çalışmanın özet bildirimi “18-21 Kasım 2020’de Karabük Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi tarafından Safranbolu’da Uluslararası Mimarlık Araştırmaları Sempozyumu (ReseArch’20)” kongresinde sözlü sunum olarak sunulmuş olup, kongre üyelerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ariza-Villaverde, A.B., Jimenez-Hornero, F.J., Gutierrez de Rave, E., (2013). Multifractal analysis of axial maps applied to the study of urban morphology. *Journal of Computers, Environment and Urban Systems*, 38, 3-10.
- Fındıkoğlu, Z. F. (1960). Karabük’ün Teşekkülü ve Bazı Demografik ve İktisadi Meseleler, *Sosyoloji Konferansları Dergisi*, 1(1), 1-10.
- Hasol, D. (2017). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*, İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları.
- Kalyoncu, H. (2016). *Zaman, Mekan ve Anılarla Karabük*, Karabük: Kardemir AŞ Yayınları.
- Kütükçüoğlu, M. (2012). *Türkiye’nin İlk Ağır Sanayi Kenti Karabük*, Karabük: Karabük Valiliği Yayınları.
- Ulutaş, E. (2019). İmgeden Gerçekliğe: Kamusal Bir Mekan Olarak Meydan, *İçtimaiyat Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 138-146.
- Turner, A., (2001). Depthmap: A Program to Perform Visibility Graph Analysis. *3rd International Symposium on Space Syntax* (31.1-31.9). Atlanta: Georgia Institute of Technology.
- URL-1: UCL: The Bartlett Scholl of Architecture, www.ucl.ac.uk/bartlett/architecture/research/space-syntax/depthmapx (Erişim tarihi: 15.06.2020).
- URL-2: <https://www.karabuk.bel.tr/haber.asp?id=646> (Erişim tarihi: 08.10.2020).

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 55-71, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Araştırma Makalesi / Research Article**Doi: [10.47898/ijeased.828639](https://doi.org/10.47898/ijeased.828639)

Uzun Süreli Yaşlandırılmış Etilen Vinil Asetat (EVA) Polimer Katkılı Asfalt Bağlayıcının Yorulma Ömrünün İncelenmesi

Sajjad HASSANPOUR KASANAGH ^{1*}, Perviz AHMEDZADE ¹, Taylan GÜNAY ¹¹ Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir, 35100, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : sajjad.hassanpour.kasanagh@mail.ege.edu.tr  https://orcid.org/0000-0001-9484-4324 , S.H. Kasanagh  https://orcid.org/0000-0001-8348-5901 , P. Ahmedzade  https://orcid.org/0000-0002-2669-6320 , T. Günay	Geliş Tarihi / Received Date : 20.11.2020 Revizyon Tarihi / Revision Date : 15.12.2020 Kabul Tarihi / Accepted Date : 02.01.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021

Alıntı / Cite : Hassanpour Kasanagh, S., Ahmedzade, P., Günay, T. (2021). Uzun Süreli Yaşlandırılmış Etilen Vinil Asetat (EVA) Polimer Katkılı Asfalt Bağlayıcının Yorulma Ömrünün İncelenmesi, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 55-71.

Özet

Bu çalışmada, polimer katkı B50/70 sınıfına ait bitümlü bağlayıcının laboratuvar ortamında uzun süreli yaşlandırılması gerçekleştirilerek asfalt kaplamadaki yorulma ömrü tahmin edilmiştir. Bitümlü sıcak karışımların (BSK) orta sıcaklıklardaki yorulma performansını artırma amacıyla Etilen Vinil Asetat (EVA) polimer katkısı bitüme yaygın olarak eklenmektedir. Asfalt bağlayıcıların modifiye işlemi tamamlanmasının ardından numuneler sırasıyla dönel ince film etüvü (RTFO) deneyiyle kısa süreli ve basınçlı yaşlandırma kabı (PAV) deneyiyle uzun süre yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır. Yorulma performansının belirlenmesi Anton Paar Smart Pave Plus 301 DSR cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, yorulma parametresi, Superpave yorulma deneyi ve lineer farklı genlik (LAS) deneyleriyle incelenmiş ve bu iki farklı deneyden elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, EVA katkısının saf asfalt bağlayıcının yorulma performansını ve yorulma ömrünü önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asfalt Bağlayıcı, Polimer, Superpave Yorulma Parametresi, DSR, Lineer Farklı Genlik (LAS).

An Investigation on Fatigue Life of Long Term Aged Ethylene-Vinyl Acetate (EVA) Polymer Modified Asphalt Binder

Abstract

The fatigue life of polymer modified B50/70 asphalt binder obtained from Turkey refinery was studied in this work. EVA modifier is used extensively to improve the fatigue performance of binder in the middle temperature range. After the EVA modification, the binders were exposed to short term and long term aging processes by means of rolling thin film oven (RTFO) and pressure aging vessel (PAV) tests, respectively. The fatigue performance of binders was evaluated by dynamic shear rheometer (DSR) Anton Paar Smart Pave Plus 301. The fatigue parameter was investigated by means of two different tests namely Superpave fatigue test and linear amplitude sweep (LAS) test, and the results obtained from these two tests were compared. The results showed that EVA modifier extends the fatigue performance and the fatigue life of binders.

Keywords: Asphalt Binder, Polymer, Superpave Fatigue Parameter, DSR, Linear Amplitude Sweep (LAS).

1. Giriş

Asfalt bağlayıcıların yorulma performansının belirlenmesinde uzun süreli yaşlandırılmış bağlayıcıların yorulma deneylerine tabi tutulması istenmektedir. Böylece asfalt bağlayıcının karışım içerisindeki yorulma ömrü 5-8 yıl trafik hizmeti sonucu ortaya çıkmaktadır. Bunun için, bağlayıcı ilk önce kısa süreli yaşlanma işlemini temsil eden dönel ince film etüvü (RTFO) deneyine tabi tutulmaktadır. Böylelikle BSK'nın karıştırma ve uygulama sırasındaki oksidasyon ve buharlaşma sonucu oluşacak kısa süreli yaşlanma laboratuvar ortamında simüle edilmektedir. Bunun ardından, hizmetteki uzun süreli yaşlanması basınçlı yaşlandırma kabı (PAV) deneyiyle simüle edilmelidir (Sadeghian ve ark., 2019).

Asfalt kaplamalarda tekerlek izi, yorulma çatlağı ve termal çatlakları karayolu hizmet ömrünü azaltan en yaygın bozulmalar olarak tanımlanmıştır (Ashish ve ark., 2017; Behnood ve Gharehveran, 2019; Nasr ve Pakshir, 2019; Saboo ve Kumar, 2015). Asfalt bağlayıcının asfalt kaplamadaki performansı modifikasyon yöntemleriyle arttırılmaktadır. Katkı malzemesi kullanımındaki amaç, bitümlü sıcak karışımların (BSK) özelliklerinin iyileştirilmesi ve bu suretle oluşacak olan bozulmaların ortadan kaldırması veya geciktirilmesidir (Kalantar ve ark., 2012).

Yorulma çatlağı, trafik yükü ve çevresel faktörlerden kaynaklı tekrarlı gerilmeler sonucunda oluşan ve kaplama yüzeyinde timsah sırtı çatlaması şeklinde görülen esnek kaplamalardaki en belirgin bozulma türlerinden biridir (Ameri ve ark., 2018; Kataware ve Singh, 2018; Ziari ve ark., 2014). Superpave yorulma parametresi ($G^* \times \sin \delta$) asfalt kaplaması kullanılacak olan bağlayıcının yorulmaya karşı performansını tahmin etme amacıyla SHRP programı kapsamında geliştirilmiştir (Sabouri ve ark., 2018). Buna ek olarak, Wisconsin Üniversitesi araştırmacıları asfalt bağlayıcının

yorulma çatlama direncini değerlendirmesi için tekerrür halinde artsal gerilmelere maruz bırakarak bitümün daha kısa zamanda hasar görmesini sağlayarak lineer farklı genlik (LAS) deney yöntemini geliştirmişlerdir (Bahia ve ark., 2013). LAS deneyi sonucunda bitümün yorulma ömrü (yorulma bozulmasına uğrayan döngü (trafik) sayısı) viskoelastik sürekli hasar (VECD) formülasyonu yardımıyla tahmin edilmektedir.

Bunu yanı sıra, polimer katkıları ile modifiye edilmiş bağlayıcıların hangi rafineri kaynaklardan üretildiği kimyasal içeriklerinin değişiklik göstermesi nedeniyle bitümün BSK'daki davranışını etkileyerek yorulma ömrünü tahmin etmesinde farklılık sağlamaktadır. VCED teorisi yöntemiyle Türkiye kaynaklı bitümlerin yorulma hasarı ve yorulma ömrü tahmini ilk defa Ege Üniversitesi araştırmacıları tarafından çeşitli polimer modifiyeli bağlayıcılar üzerinde incelenmiştir. Çalışmada, sitren-butadien-sitren (SBS), lastik tozu (GTR), polietilen gibi katkıların bitümün yorulma hasarını düşürdüğü ve yorulma ömrünü arttırdığını öne sürmüştür (Hassanpour-Kasanagh ve ark., 2020).

Etilen-vinil asetat (EVA) polimer malzemesi SBS gibi asfalt bağlayıcı modifikasyonu için yaygın şekilde kullanılmaktadır. EVA katkısının Türkiye kaynaklı bitümlerin performansının arttırması yönünde farklı çalışmalar bulunsada dahi son zamanlarda geliştirilmiş LAS deneyiyle incelenmesi ve VECD teorisi hesaplamalarıyla bitümün yorulma hasarı ve yorulma ömrü tahmini üzerinde yeni araştırmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Sengoz ve Isikyakar, 2008).

Mevcut çalışmanın amacı, EVA polimer modifiyeli TÜPRAŞ A.Ş. kaynaklı B50/70 bitümün Superpave yorulma ($G^* \times \sin \delta$) parametresi ve viskoelastik sürekli hasar (VECD) yöntemleriyle uzun süreli yaşlandırmasının gerçekleştirilmesi ve bu şekilde bağlayıcıların farklı gerilmelerde yorulma hasarı ve hizmet ömrünün kapsamlı şekilde tahmin edilmesidir.

2. Malzemeler ve Metot

2.1. Malzemeler

Çalışmada Türkiye'nin TÜPRAŞ A.Ş. rafinerisinden elde edilen 50/70 penetrasyon sınıfına sahip bitüm bağlayıcı malzeme olarak kullanılmaktadır. Bitümün fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Modifikasyon için kullanılan polimer katkı DuPont firması tarafından üretilen Elvax®420, ağırlıkça %18 vinil asetat komonomer içeriğine sahip bir etilen vinil asetat (EVA) kopolimerdir. Şeffaf renkli ve granül şeklinde olan katkının yumuşama noktası 53 °C'dir. ISO 1183 standardına göre özgül ağırlığı 0,94'tür. EVA katkısının görünümü Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan bitümün fiziksel özellikleri.

Özellikler	Özgül Ağırlık	Penetrasyon (dmm)	Yumuşama Noktası (°C)	Viskozite, 135°C (cP)
B 50/70	1.027	52	43	398



Şekil 1. Etilen vinil asetat (EVA) polimer katkısı

2.1.1. Modifikasyon İşlemi

EVA polimer katkı malzemesi ağırlıkça %3-%7 oranlarında saf bitüme eklenmiştir. B50/70 penetrasyonlu bitüm ilk önce akıcı hale gelinceye kadar etüvde ısıtılmıştır. Katkı maddesi bitüme önceden belirlenmiş yüzdelerde 180°C sıcaklıkta ve 1000 devir/dak hızda aralıklarla (10 dk boyunca) eklenmiştir. Bu işlemin ardından polimer katkısının bitüm içerisinde iyice erimesi ve polimerik ağ oluşturması için karıştırıcı hızı 3000 devir/dak'ya yükseltilerek 60 dk boyunca karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Modifikasyon işlemi Silverson LSM markalı yüksek devirli mikser cihazı ile yapılmıştır. Hazırlanan numuneler kısa süre ve uzun süre yaşlandırma deneylerine tabi tutulması için kapalı şekilde depolanmıştır.

2.1.2. Bağlayıcıların Kısa Süreli Yaşlandırılması

BSK'ların inşaat tesisindeki karıştırma ve uygulama süresince meydana gelen ve kısa vadeli yaşlandırma olarak ifade edilen yaşlanması dönel ince film etüvü (RTFO) deneyiyle laboratuvar ortamında simüle edilmiştir. Deney ASTM D2872 şartnamesi çerçevesinde uygulanmıştır (ASTM D2872, 2012). Deney standarda uygun olarak RTFO cihazına yerleştirilen 8 adet şişesi ile yapılmıştır. Şişelerin her birine 35±0,5 gram asfalt bağlayıcı numunesi doldurularak şişeler 163°C'ye ayarlanan cihaza yerleştirilmiştir. Numuneler dönen tabla üzerine yerleştirildikten sonra

cihazın sıcaklığı tekrar 163°C'ye ulaşınca kadar bekletirmiştir. Bunun ardından, tabla dakikada 15 devir yapacak şekilde ve 85 dakika süresince döndürülmüştür. Dönme esnasında asfalt bağlayıcılara cihazın içinde bulunan bir hava üfleyicisi aracılığıyla numunelere basınç akışı 4000±200 ml/dakika seviyesinde olacak şekilde hava püskürtülmüş ve bu sayede bağlayıcıların hem sıcaklık ve hem hava etkisiyle kısa süreli yaşlandırılması gerçekleştirilmiştir. RTFO cihazının iç ve dış görünümü Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. RTFO cihazının iç ve dış görünümü

RTFO deneyiyle kısa süreli yaşlandırma işlemleri tamamlandıktan sonra asfalt bağlayıcılar oda sıcaklığında soğutulduktan uzun süreli yaşlandırmanı temsil eden basınçlı yaşlandırma kabı (PAV) deneyine tabi tutulması için kapalı şekilde saklanmıştır.

2.1.3. Bağlayıcıların Uzun Süreli Yaşlandırılması

Kaplamada trafiğe hizmet esnasında asfalt bağlayıcılarında ilk 5-10 yıl olmak suretiyle meydana gelen yaşlanmayı temsil etmesi amacıyla basınçlı yaşlandırma kabı (PAV) deneyi geliştirilmiştir. Deney ASTM D6521 şartnamesi çerçevesinde uygulanmıştır (ASTM D6521, 2013).

Asfalt bağlayıcının uzun süreli yaşlanmasını hızlandırmak için RTFOT ile kısa süreli yaşlandırılmış bağlayıcıları yüksek sıcaklık performans sınıflarına göre 100°C sıcaklıkta 20 saat boyunca 2.1±0.1 MPa hava basıncı ile PAV deneyi gerçekleştirilmektedir. PAV cihazının görünümü şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3. PAV cihazının görünümü.

Bu işlemin ardından bağlayıcılar PAV asfalt bağlayıcılar yüksek hava basıncına maruz kaldığı için malzemede hava kabarcıkları oluşmaktadır. Bu kabarcıkların ortadan kaldırılmaları için degas (gaz alma) cihazı kullanılmıştır. Bu süreçte numuneler 163°C’de 30 dakika degas etüvünde tutularak içerisinde sıkışan hava kabarcıklarının uzaklaştırılması sağlanmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Superpave Yorulma Parametresi

Superpave yorulma parametresi ($G^* \times \sin \delta$) asfalt bağlayıcının kaplamadaki orta sıcaklık performansını temsil etmektedir. Bu parametre dinamik kayma reometresi (DSR) deneyi yardımıyla AASHTO T 315 şartnamesine uygun olarak ve uzun süreli yaşlandırılmış (RTFO+PAV) asfalt bağlayıcılardan elde edilmektedir (AASHTO T315, 2012). Çalışmada kullanılan DSR cihazının görünümü Şekil 4’te verilmiştir. DSR deneyi 12 rad/s frekansında %1 deformasyon uygulanarak orta sıcaklıklarda (19-34°C) asfalt bağlayıcının yorulma çatlağına karşı direnci ölçülmüştür. Orta sıcaklık performansının değerlendirilmesinde DSR cihazına 8 mm çapında ve 2 mm kalınlığında başlık takılarak hazırlanmış numuneler üzerinde deney uygulanmıştır.



Şekil 4. Anton Paar Smart Pave Plus 301 DSR cihazı

Deneyin sonucunda kompleks kayma modülü (G^*) ve faz açısı (δ) parametreleri elde edilmektedir. Bu parametreler Superpave yorulma parametresini ($G^* \times \sin \delta$) oluşturmaktadır. Standarda göre asfalt bağlayıcının kullanılacağı sıcaklıkta $G^* \times \sin \delta$ parametresinin en üst sınırı 5000 kPa olmalıdır. Böylece, en düşük yorulma parametresi değeri asfalt bağlayıcının orta sıcaklıklarda oluşan yorulma çatlaklarına karşı daha yüksek performans sergilediği anlamına gelmektedir.

2.2.2. Lineer Farklı Genlik (LAS)

Asfalt bağlayıcının orta sıcaklıklardaki yorulma hasarı ve yorulma ömrünü belirlemek amacıyla lineer farklı genlik (LAS) deneyi hızlandırılmış bir yöntem kapsamında gerçekleştirilmektedir (Bahia ve ark., 2013). LAS deneyi, Superpave yorulma parametresinde de olduğu gibi DSR cihazı yardımıyla 8 mm çapında ve 2 mm kalınlığındaki bağlayıcı numuneleri üzerinde 25°C sıcaklıkta uygulanmaktadır. Asfalt kaplaması hizmet ömrü boyunca trafik yüklemesine maruz kaldığından dolayı yorulma ömrünün belirlenmesi uzun süreli yaşlandırılmış (RTFO+PAV) asfalt bağlayıcı numuneleri üzerinde incelenmektedir.

AASHTO TP101 şartnamesine göre, Denklem (1)'de verilen yorulma kanunu formülü asfalt bağlayıcının yorulma ömrünü belirlemek için VECD (viscoelastik continuum damage) teorisini kullanarak hesaplanmaktadır (AASHTO TP101, 2014). VECD teorisi, tekrarlı yüklemelere ve

gerilmelere maruz kalan asfalt bağlayıcının yorulma hasarını ölçmek için geliştirilmiştir. Bu teoremin yardımıyla, farklı deformasyon (yükleme) seviyelerine maruz kalarak asfalt bağlayıcıların yorulma performansının öngörülmesi mümkün olmaktadır.

$$N_f = A \times (\gamma_p)^{-B} \quad (1)$$

Burada N_f , yorulma ömrü veya yorulma bozulmasına uğrayan döngü (trafik) sayısı; γ_p , uygulanan deformasyon genliği; A ve B parametreleri ise VECD teorisinin katsayılarıdır.

A parametresi asfalt bağlayıcının bütünlüğünü koruma özelliğini tanımlamaktadır. Yorulma denkleminde, γ_p parametresinin değeri 1 olduğunda A parametresinin yorulma ömrüne (N_f) eşit olduğunu göstermektedir.

B parametresi ise asfalt bağlayıcının deformasyon seviyesi değişimine karşı duyarlılığını temsil etmektedir. B parametresinin mutlak değeri, yorulma ömrünü azaltma oranının bir göstergesidir. Dolayısıyla, A parametresinin değeri daha yüksek olduğu ve mutlak B değeri daha düşük olduğu asfalt bağlayıcının daha yüksek yorulma direncine sahip olacağı ve dolayısıyla yorulma ömrünün daha yüksek olması anlamına gelmektedir (Hassanpour-Kasanagh ve ark., 2020).

AASHTO TP101 şartnamesine göre, LAS deneyi farklı frekans ve farklı genlik deneyleri olarak iki ayrı aşamadan oluşmaktadır. Bu deneylerden birincisi, bağlayıcının reolojik özelliklerini belirlemek için uygulanırken, ikincisi bağlayıcıda oluşan hasarın ölçülmesi için kullanılmaktadır. Farklı frekans deneyinde, sabit bir deformasyonda (% 0,1) ve 0,1-30 Hz olmak üzere geniş bir frekans aralığında yapılmaktadır. Farklı genlik deneyi ise, sabit frekansta (10 Hz) sıfırdan %30'a kadar salınımlı doğrusal artışlı deformasyon uygulanmaktadır. Farklı genlik deneyi yaklaşık 5 dakika içinde ve 310 döngü gerçekleşmektedir.

Asfalt bağlayıcının yorulma ömrünü belirlemek için, ilk önce hasarsız malzeme özelliği (α) parametresi farklı frekans deneyi verileri yardımıyla hesaplanır. Bu amaçla, açısal frekansa bağlı faz açısı $\delta(\omega)$ ve kompleks kayma modülü $|G^*(\omega)|$ Denklem (2) suretiyle depolama modülüne $G'(\omega)$ dönüştürülebilir.

$$G'(\omega) = |G^*(\omega) \times \cos \delta(\omega)| \quad (2)$$

Log-log ölçeğinde, depolama modülünün $G'(\omega)$ açısal frekansa (ω) karşı eğimi Denklem (3)'te verilmiştir.

$$\log G'(\omega) = m(\log \omega) + b \quad (3)$$

Ayrıca, α parametresinin değeri Denklem (4)'teki dönüşüm gerçekleştirilerek hesaplanabilir.

$$\alpha = \frac{1}{m} \quad (4)$$

Zamana bağlı hasar birikimi Denklem (5) yardımıyla elde edilebilir.

$$D(t) \cong \sum_{i=1}^N [\pi \gamma_{p,i}^2 (C_{i-1} - C_i)]^{\frac{\alpha}{1+\alpha}} (t_i - t_{i-1})^{\frac{1}{1+\alpha}} \quad (5)$$

Burada $C(t) = \frac{|G^*(t)|}{|G^*|_{initial}}$; $|G^*|$, kompleks kayma modülü; $\gamma_{p,i}$, belirli bir veri noktası için uygulanan kayma deformasyonu genliği, ve t deney zamanı olarak tanımlanmaktadır.

Malzeme bütünlüğü ($C(t)$) ve hasar yoğunluğu ($D(t)$) arasındaki ilişki, Denklem (6) suretiyle kuvvet kanunu modeli kullanılarak açıklanmıştır.

$$C(t) = C_0 - C_a D(t)^{C_2} \quad (6)$$

Burada C_0 , C' 'nin başlangıç değeridir ve bire eşittir; C_1 ve C_2 , eğri uydurma katsayılarıdır.

Yorulma noktasındaki hasar yoğunluğu (D_f), maksimum kayma deformasyonundaki malzeme bütünlüğünü (C_f) kullanarak Denklem (7) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$D_f = \left(\frac{C_0 - C_f}{C_1} \right)^{1/C_2} \quad (7)$$

Son olarak, bitümün yorulma performansının değerlendirilmesinde önemli rol oynayan A parametresi Denklem (8) ve B parametresi Denklem (9) gibi ifade edilebilir:

$$A = \frac{f \cdot D_f^{1+\alpha(1-C_2)}}{[1+\alpha(1-C_2)](\pi \cdot C_1 \cdot C_2)^\alpha} \quad (8)$$

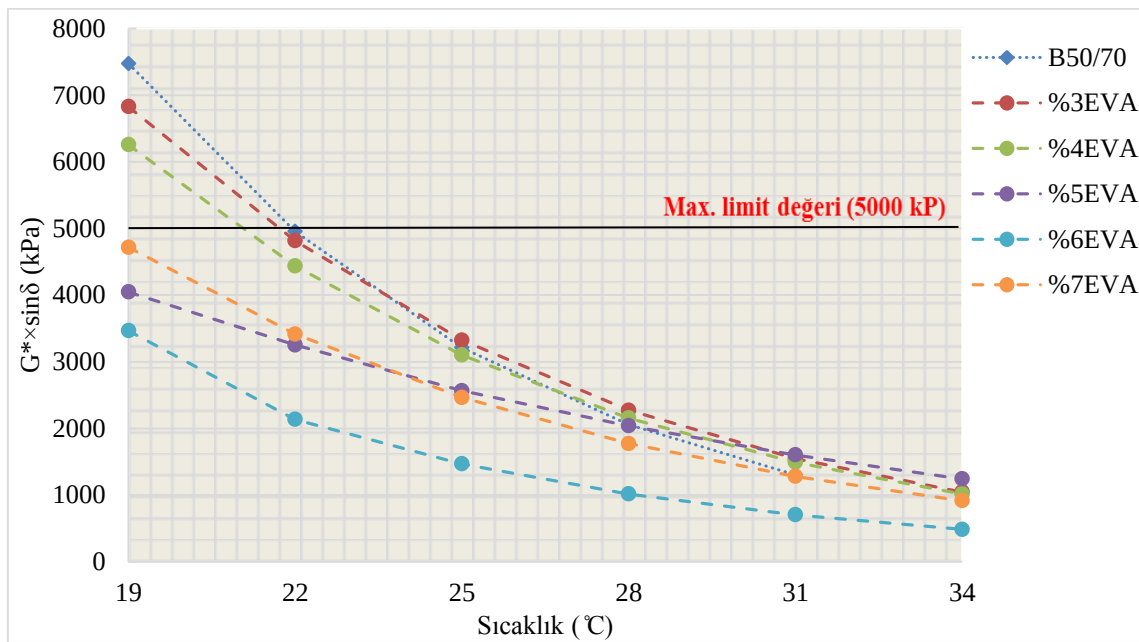
$$B = 2\alpha \quad (9)$$

A, B ve N_f değerleri VECD teorisinin yardımıyla her asfalt bağlayıcı numune için ayrı ayrı elde edildikten sonra bağlayıcı numuneleri üzerinde oluşan yorulma hasarı ve yorulma ömrü belirlenmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Superpave Yorulma Parametresi

Deneyin sonucunda asfalt bağlayıcının yorulma çatlağına karşı direnci temsil eden $G^* \times \sin \delta$ parametresinin orta sıcaklıklardaki performansı Şekil 5'te sunulmuştur. Şartnamede yer alan katkıların yüksek sıcaklık performans PG sınıflarının orta sıcaklıkta yapılması ifadesine uygun olarak “22°C” deney değerlendirme sıcaklığı olarak esas alınmıştır. EVA katkıli asfalt bağlayıcıların yorulma çatlağına karşı dirençleri sıcaklığın düşmesiyle birlikte 22°C’ a ulaşana kadar sürekli azalmakta ve böylelikle maksimum 5000 kP Superpave standart kriteri sağladığı görülmektedir. Buna göre, tüm farklı katkı oranlarına sahip EVA katkıli bağlayıcılar 22°C’ de 5000 kP üst sınırını aşmamıştır. Bunun yanı sıra, EVA katkısının saf bağlayıcıya eklenme seviyesi arttıkça $G^* \times \sin \delta$ parametresi değerinde düşüş gözlemlenmiştir. Bu sonuç, EVA katkısının bağlayıcının sertliğini arttırmasına rağmen kırılgan hale dönüşmesini önleyerek aynı zamanda bağlayıcıya elastikiyet kazandırdığı ifade etmekte ve sonuç olarak orta sıcaklıklarda yorulma çatlağına karşı dirençli olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

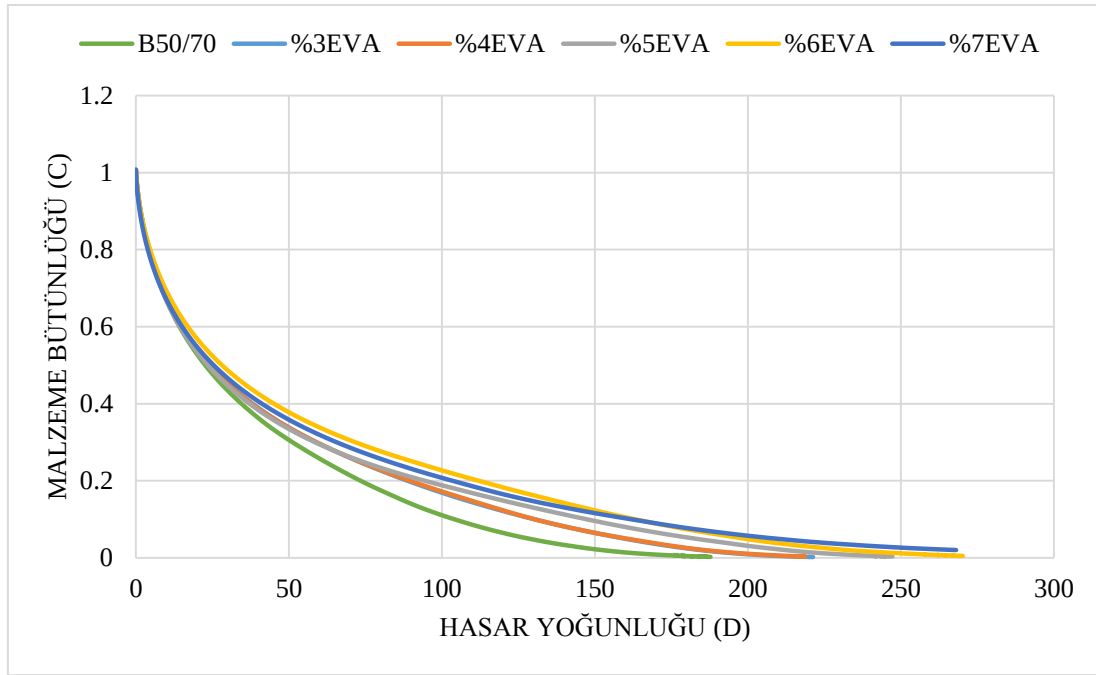


Şekil 5. Superpave yorulma parametresi

3.2. VECD Teorisiyle Yorulma Ömrü Tahmini

Çalışmada, EVA katkıli asfalt bağlayıcılar lineer farklı genlik (LAS) deneyine tabi tutulmuştur. Deney sonuçlarının analizi VECD teorisi yardımıyla gerçekleştirilerek yorulma hasarı ve ömrü tahmini Şekil 6-10'da sunulmuştur.

Şekil 6'da görüldüğü gibi, tüm bağlayıcıların bütünlüğü (C) düştükçe malzemedeki yorulmadan kaynaklanan hasar yoğunluğu (D) artmaktadır. EVA katkı seviyesi arttıkça, sabit bir hasar yoğunluğu noktasında malzeme bütünlüğü saf bağlayıcıya göre belirgin şekilde iyileşmiştir. Bu, EVA katkıli bağlayıcının asfalt kaplamadaki hizmet sırasında oluşacak yorulma hasarını azaltabileceğini göstermektedir.



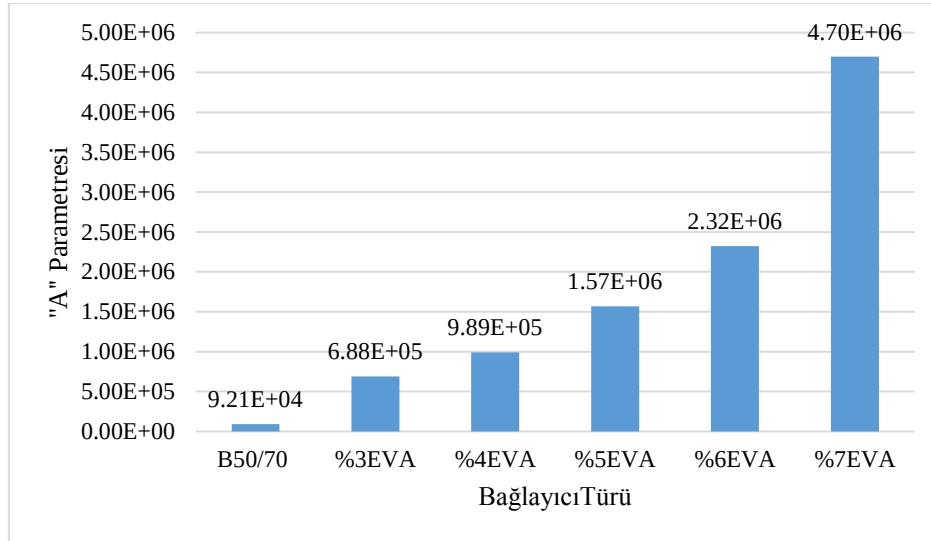
Şekil 6. VECD teorisi üzerinde malzeme bütünlüğü (C) ve hasar yoğunluğu (D)

EVA katkıli asfalt bağlayıcıların kendi bütünlüğünü koruma özelliği (A parametresi) ve deformasyon seviyesi değişimine karşı duyarlılığı (B parametresi) sıra ile Şekil 7 ve Şekil 8'de sunulmuştur.

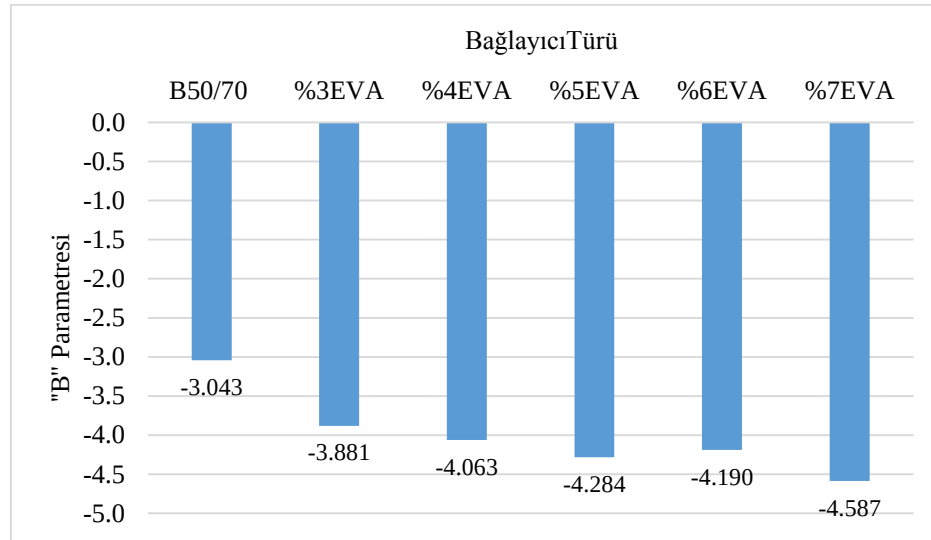
EVA katkısının asfalt bağlayıcıya eklenmesi A parametresi ve B parametresinin mutlak değerini arttırmış ve dolayısıyla Denklem (1)'de yer alan yorulma ömründe (N_f) artış sağlamıştır. Örneğin, bağlayıcının A parametresinin değeri $9.21E+04$ iken en düşük modifikasyon seviyesinde (%3) bu değer $6.88E+05$ olmuştur. Böylece bağlayıcının bütünlüğünü koruma özelliğinde 7,47 kat

artış sağlamıştır. Bununla birlikte, en yüksek modifikasyon seviyesinde (%7) ise $4.70E+06$ 'ya yükselerek saf asfalt bağlayıcıya göre 51 kat artış göstermiştir (Şekil 7).

Şekil 8'de B parametresi incelendiğinde, en düşük modifikasyon seviyesinde (%3) bağlayıcının B parametresinin mutlak değerinin 3,043'ten 3,888'e yükseldiği görülmektedir. Bu sonuç deformasyon seviyesi değişimine karşı duyarlılığının 1,28 kat arttığı anlamına gelmektedir. En yüksek modifikasyon seviyesinde (%7) ise, " B " değeri 4,587 olarak hesaplanmış, böylelikle saf bağlayıcıya göre 1,18 kat artışın sağlandığı tespit edilmiştir. B parametresinin artışı bitümün yorulma ömrünün azalmasına neden olmaktadır. Bu sonuç itibarıyla, B parametresinin mutlak değeri ne kadar düşük olursa bitümün deformasyon (yükleme) seviyesi değişimine duyarlılığı o kadar az olmakta ve bunların neticesinde yorulma ömrü artmaktadır.

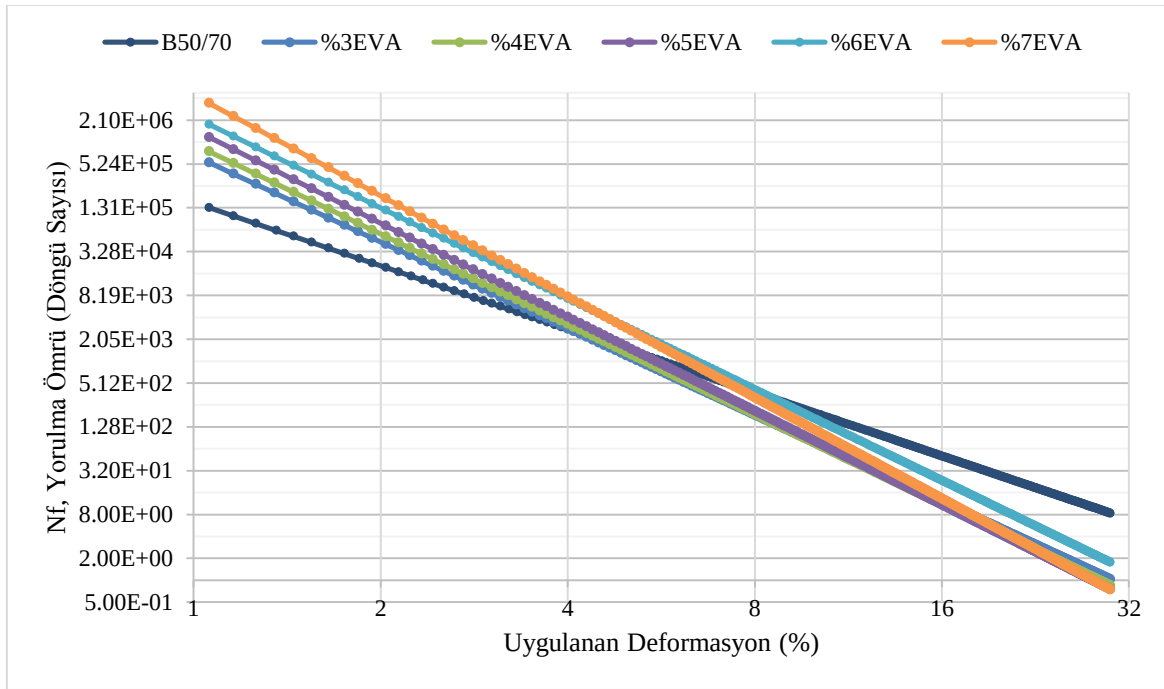


Şekil 7. Malzeme bütünlüğünü koruma özelliği (A parametresi)



Şekil 8. Deformasyon seviyesi değişimine karşı duyarlılık (B parametresi)

A ve B parametrelerin sonuçlarını kullanarak yüzde 0 ila 30 arası doğrusal artışlı deformasyonlara maruz kalan bağlayıcıların yorulma ömrü değişimi yorulma kanunu ($N_f = A \times \gamma^{-B}$) yardımıyla hesaplanarak Şekil 9'da görsel olarak sunulmuştur. Sonuçlar, EVA katkıli bağlayıcıların bitümün yorulma ömrünü düşük deformasyon seviyelerinde arttırdığı belirgin bir şekilde ortaya koymaktadır. Öte yandan, EVA polimer katkısı yüksek deformasyon düzeyinde (%10-30) bağlayıcının yorulma ömrünü olumsuz yönde etkilemiştir. Buna ek olarak, EVA katkıli bağlayıcıların yorulma ömrünün deformasyon düzeyine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ortaya konmuştur. Ancak, BSK'ların içerisinde bağlayıcı olarak rol alan bitümün arazide hizmet esnasında daha düşük trafik yüklerine maruz kaldığı (yaklaşık %1-5 deformasyon) bilinmektedir (Masad ve ark., 2001). Dolayısıyla, EVA katkısının bağlayıcının yüksek deformasyondaki yorulma ömrüne olan bu olumsuz etkisinin önem derecesinin düşük deformasyon seviyelerindeki yorulma ömrüne göre daha az olduğu düşünülmektedir.

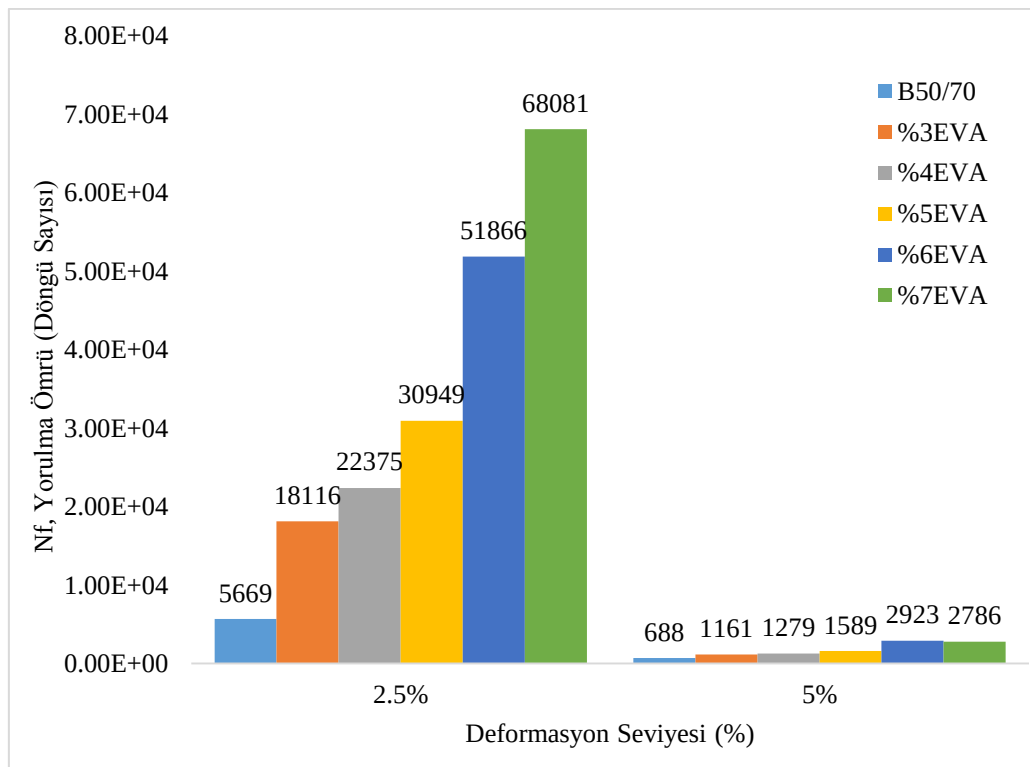


Şekil 9. Geniş deformasyon seviyesi üzerinde yorulma ömrü

VECD teorisine ait hesaplamalar sonucunda elde edilen parametreler iki farklı deformasyon seviyesinde (%2,5 ve %5) yorulma denklemlerine yerleştirilerek iki farklı N_f değerleri elde edilmektedir. Deformasyonun iki farklı düzeyde hesaplanmasının nedeni asfalt kaplamasında tasarlanan kaplama tabakası kalınlığıdır. Deformasyon miktarı kalın tabakalar (tabaka kalınlığı >4 inç) için %2,5 ve ince tabakalar (tabaka kalınlığı <4 inç) için %5 olarak dikkate alınmaktadır

(Masad ve ark., 2001). Bu değerlendirmeler sonucunda, EVA katkıli bağlayıcıların iki farklı deformasyondaki yorulma ömrü (N_f) Şekil 10'da verilmiştir. Görüldüğü üzere, saf bağlayıcının N_f değeri %2,5 deformasyonda 5669 döngüde, %3 EVA katkıli bağlayıcısı ise 18116 döngü sonunda (trafik sayısı) yorulma bozulmasına uğramıştır. Döngüler oranlandığında 3,20 kat mertebesinde bir artışın EVA katkısı sonrasında sağlandığı anlaşılmaktadır.

Döngü sayısının %7 EVA katkıli bağlayıcısı için 68081 (trafik sayısı) olarak belirlendiği ve bu değerin saf bağlayıcıya oranla 12 kat fazla olduğu tespit edilmiştir. EVA katkıli bağlayıcıların yorulma ömrü %2,5 deformasyonda belirgin bir artış sağlamasına rağmen %5 deformasyonda artış olsa bile göze çarpan bir değişiklik görülmemiştir. Bu sayede, EVA katkısının bağlayıcılara eklenmesinin artışı ile kalın tabakaya ait yorulma ömrünün artış eğilimi ince tabakada meydana gelen artış eğiliminden daha fazla olmuştur.



Şekil 10. %2.5 ve %5 deformasyon seviyesine göre yorulma ömrü

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, uzun süreli yaşlandırılmış EVA polimer katkılı 50/70 penetrasyon sınıfına sahip bitümün asfalt kaplamadaki yorulma çatlaklarına karşı direnci, yorulma hasarı ve yorulma ömrü tahmini gerçekleştirilmiştir ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Tüm EVA katkılı bağlayıcılar orta sıcaklık bölgesi için belirlenen 22°C'ye kadar 5000 kP üst sınırını sağlamışlardır. EVA katkısı saf bitümün sertliğini arttırmasına rağmen kırılgan hale dönüşmesini önleyerek aynı zamanda elastikiyet kazandırmış ve böylece bitümde 22°C'ye kadar yorulma çatlağı oluşmasını önlemiştir.
- VECD teorisinin değerlendirmelerinde, EVA katkılı bağlayıcılar saf bitümün bütünlüğünü koruma özelliğini arttırarak ve deformasyon seviyesi değişimine karşı duyarlılığını düşürerek yorulma bozulmasına meydana getirecek döngü (trafik) sayısını belirgin biçimde arttırdığı tespit edilmiştir.
- EVA katkısı saf bitümün kendi bütünlüğünü arttırarak asfalt kaplamadaki hizmet sırasında oluşacak yorulma hasarını azalttığı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, asfalt kaplamalarda bitümün maruz kalacağı deformasyon seviyelerinde kaplamanın daha az yorulma hasarına uğramasıyla yorulma ömrü (N_f) değerinin uzayacağı tespit edilmiştir.
- Katkı işlemi sonrasında hem yorulma bozulması meydana getirecek trafik sayısındaki artış hem de %2,5 deformasyon seviyesindeki yorulma açısından meydana gelen performans artışı, çalışmada kullanılan EVA polimer katkılı bağlayıcıların esnek üstyapılarda yorulma ömrü açısından kullanımının uygun olduğunu ortaya koymaktadır.
- EVA katkılı bağlayıcıların BSK'lar içerisinde optimum miktarı bulunarak karışım esaslı deneyler gerçekleştirilerek yorulma performansının belirlenmesi ve bu sayede bağlayıcı ve karışımın yorulma performansının karşılaştırılması önerilmektedir.

Yazarların Katkısı

Çalışmada bütün yazarlar eşit oranda katkı sunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- AASHTO T315. (2012). Standard method of test for determining the rheological properties of asphalt binder using a dynamic shear rheometer (DSR). In *American Association of state and highway transportation officials* (p. 33). Washington, DC.
- AASHTO TP101. (2014). Estimating Damage Tolerance of Asphalt Binders Using the Linear Amplitude Sweep. In *American Association of state and highway transportation officials*.
- Ameri, M., Mansourkhaki, A., and Daryaei, D. (2018). Evaluation of fatigue behavior of high reclaimed asphalt binder mixes modified with rejuvenator and softer bitumen. *Construction and Building Materials*, 191, 702–712. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.01.008>
- Ashish, P. K., Singh, D., and Bohm, S. (2017). Investigation on influence of nanoclay addition on rheological performance of asphalt binder. *Road Materials and Pavement Design*, 18(5), 1007–1026. <https://doi.org/10.1080/14680629.2016.1201522>
- ASTM D2872. (2012). Standard test method for effect of heat and air on a moving film of asphalt (rolling thin-film oven test). In *USA: Annual Book of ASTM Standards*.
- ASTM D6521. (2013). Standard practice for accelerated aging of asphalt binder using a pressurized aging vessel (PAV). In *USA: Annual Book of ASTM Standards*.
- Bahia, H., Tabatabaee, H. A., Mandal, T., and Faheem, A. (2013). *Field evaluation of Wisconsin modified binder selection guidelines-Phase II*. Wisconsin Highway Research Program.
- Behnood, A., and Gharehveran, M. M. (2019). Morphology, rheology and physical properties of polymer-modified asphalt binders. *European Polymer Journal*, 112, 766–791. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2018.10.049>
- Hassanpour-Kasanagh, S., Ahmedzade, P., Fainleib, A. M., and Behnood, A. (2020). Rheological properties of asphalt binders modified with recycled materials: A comparison with Styrene-Butadiene-Styrene (SBS). *Construction and Building Materials*, 230, 117047. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117047>
- Kalantar, Z. N., Karim, M. R., and Mahrez, A. (2012). A review of using waste and virgin polymer in pavement. *Construction and Building Materials*, 33, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.01.009>
- Kataware, A. V, and Singh, D. (2018). Evaluation of intermediate temperature cracking performance of warm mix additive modified asphalt binders. *Construction and Building Materials*, 184, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.227>
- Masad, E., Somadevan, N., Bahia, H. U., and Kose, S. (2001). Modeling and experimental measurements of strain distribution in asphalt mixes. *Journal of Transportation Engineering*, 127(6), 477–485. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2001\)127:6\(477\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2001)127:6(477))
- Nasr, D., and Pakshir, A. H. (2019). Rheology and storage stability of modified binders with waste polymers

composites. *Road Materials and Pavement Design*, 20(4), 773–792.

<https://doi.org/10.1080/14680629.2017.1417152>

Saboo, N., and Kumar, P. (2015). A study on creep and recovery behavior of asphalt binders. *Construction and Building Materials*, 96, 632–640. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.078>

Sabouri, M., Mirzaiyan, D., and Moniri, A. (2018). Effectiveness of Linear Amplitude Sweep (LAS) asphalt binder test in predicting asphalt mixtures fatigue performance. *Construction and Building Materials*, 171, 281–290. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.146>

Sadeghian, M., Namin, M. L., and Goli, H. (2019). Evaluation of the fatigue failure and recovery of SMA mixtures with cellulose fiber and with SBS modifier. *Construction and Building Materials*, 226, 818–826. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.308>

Sengoz, B., and Isikyakar, G. (2008). Evaluation of the properties and microstructure of SBS and EVA polymer modified bitumen. *Construction and Building Materials*, 22(9), 1897–1905. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.07.013>

Ziari, H., Babagoli, R., Ameri, M., and Akbari, A. (2014). Evaluation of fatigue behavior of hot mix asphalt mixtures prepared by bentonite modified bitumen. *Construction and Building Materials*, 68, 685–691. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.06.066>

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 72-88, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>

Araştırma Makalesi / Research Article

Doi: [10.47898/ijeased.843773](https://doi.org/10.47898/ijeased.843773)

Dişi Defne (*Laurus nobilis* L.) Genotiplerinde Meyve Yağ Asitleri Kompozisyonlarının Belirlenmesi

Oğuzhan KOÇER^{1*}, Filiz AYANOĞLU²¹ Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri A.B.D., Hatay, 31000, Türkiye.² Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Hatay, 31000, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : oguzhankocer@hotmail.com  https://orcid.org/0000-0002-0104-7586 , O. Koçer  https://orcid.org/0000-0002-3704-0829 , F. Ayanoğlu	Geliş Tarihi / Received Date : 20.12.2020 Revizyon Tarihi / Revision Date : 02.01.2021 Kabul Tarihi / Accepted Date : 03.01.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite : Koçer, O., Ayanoğlu, F. (2021). Dişi Defne (<i>Laurus nobilis</i> L.) Genotiplerinde Meyve Yağ Asitleri Kompozisyonlarının Belirlenmesi, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 72-88.	

Özet

Ülkemizde, özellikle Akdeniz, Ege ve Karadeniz bölgelerinde yoğun şekilde bulunan defne (*Laurus nobilis* L.), Hatay florasında da yaygın bir şekilde elde edilmektedir. Hatay ilinde defne meyvelerinden elde edilen yağ genel olarak sabun üretiminde kullanılmaktadır. Bu çalışmada seçilmiş defne genotiplerin meyve ve yağ özellikleri açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, çalışmada Hatay'ın Samandağ ve Yayladağı ilçelerinden ön seleksiyonla seçilmiş 27 dişi defne genotipinin yağ kaliteleri üç tekrarlamalı olarak iki yıl süre ile incelenmiştir. GC/MS analizlerine göre sabit yağların ana bileşenleri ise; oleik asit (%29,92 – 38,46), laurik asit (%10,75 – 18,69), palmitik asit (%16,31 – 21,97) ve linoleik asit (%20,94 – 24,95) olduğu tespit edilmiştir. Sabit yağ oranı yüksek olarak belirlenen ER14 (%32,74), ER16 (%31,52) ve ER12 (%30,47) genotipleri ümitvar genotipler olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Defne, *Laurus nobilis* L., Sabit yağ, Yağ asitleri.

Determination of Fruit Oil Acid Compositions in Female Bay Laurel (*Laurus nobilis* L.) Genotypes

Abstract

In our country, especially in the Mediterranean, Aegean and Black Sea regions, laurel (*Laurus nobilis* L.) is widely obtained in the flora of Hatay. The oil obtained from the laurel fruits in the province of Hatay is generally used in soap production. In this study, it was aimed to evaluate selected laurel genotypes in terms of fruit and oil characteristics. For

this purpose, the oil qualities of 27 female laurel genotypes selected by pre-selection from Hatay's Samandağ and Yayladağı districts were examined for two years with three replications. According to GC / MS analysis, the main components of fixed oils are; oleic acid (29.92 - 38.46%), lauric acid (10.75 - 18.69%), palmitic acid (16.31 - 21.97%) and linoleic acid (20.94 - 24.95%) was determined to be. ER14 (32.74%), ER16 (31.52%) and ER12 (30.47%) genotypes were determined as promising genotypes, with a high fixed fat content.

Keywords: Bay laurel, *Laurus nobilis* L., Fixed oil, Fatty acids.

1. Giriş

Ülkemizin önemli tıbbi aromatik bitkilerinden olan Akdeniz defnesinin (*Laurus nobilis* L.) çoğu kaynakta ana vatanı olarak Asya ve Balkanlar gösterilmektedir. Ayrıca, Türkiye başta olmak üzere İspanya, Yunanistan, Fransa, İtalya, Portekiz, Sırbistan, Kosova, Bosna Hersek ve Hırvatistan gibi ülkelerin yer aldığı bölge ile Suriye, Cezayir, Fas, Akdeniz adaları, Kanarya Adaları ve Meksika'da yaygın olarak bulunmaktadır (Ercan, 1983).

Ana yayılış alanı Akdeniz Havzası olan defne, Hatay ilinin sembolü haline gelmiş bir bitkidir. Yurdumuzun bütün sahil kesimi boyunca, başlangıç olarak Hatay olmak üzere Karadeniz'in kuzeydoğusuna kadar yayılım görülmekte olup yaygın olarak görüldüğü yerler Trabzon, Rize, Zonguldak, İstanbul, Balıkesir, Yalova, Bursa, Sinop, Antalya, Muğla, İzmir, Kastamonu, Mersin, Kahraman Maraş ve Hatay olmak üzere, subtropik iklimin etkisi altındaki iç bölgelerde de deniz seviyesinden başlayarak 1200 m yüksekliklere kadar bulunabilmektedir (Davis, 1982; Şafak ve Okan, 2004).

Defne ağacı genellikle 3-8 m yüksekliğinde olup bazen 10 metreyi bulabilen, oldukça sık dallara sahip ve kışın yapraklarını dökmeyen, bir ağaçtır (Şekil 1). Taze sürgünleri yeşil, sonraları siyahımsı kırmızı renkli ve tüsüzdür. Gövde kabuğu koyu gri renkli ve düzgündür. Defne meyveleri ilk zamanlarda yeşil (Şekil 2), sonbaharda olgunlaştığı zaman parlak siyah renklidir (Şekil 3), yaprakları ise üst tarafı parlak ve koyu yeşil, alt yüzü ise donuk yeşildir. Roma rahipleri ve hükümdarları defnenin bekçilik yaptığını düşündükleri için evlerinin önüne defne dikmeyi gelenek haline getirmişlerdir.



şekil 1. Doğal yetişmiş defne ağacı

Romalılarda milattan önce 342 yılında altın sikkelerin üzerinde çelenk şeklinde defne figürleri bulunmaktaydı. Eski Mısır ve Asur’da insanlar defneyi şıfa hazinesi olarak kabul edip kullanmışlardır. Ayrıca bu bitkinin salgın hastalıkları önlediğine ve yıldırım düşmesi ve şimşek çakmasından da koruduğuna inanırlardı. Peygamberler de seyahatleri sırasında gittikleri bölgelerde ellerinde defne dalı ile gezerlerdi (Duke, 1987; Anonim, 2004; Duke, 2008).



şekil 2. Yeşil defne meyveleri



Şekil 3. Olgunlaşmış defne meyveleri

Dış ticaretimizde önemli yer tutan defne yaprakları ve meyvelerinin doğrudan kullanımından ziyade yaprakları ve meyveleri kullanılarak elde edilen uçucu ve sabit yağlar iç ve dış pazarlarda kullanılmaktadır. Defne ve defneden imal edilmiş ürünler gıda, ilaç, kozmetik, kimya gibi birçok alanda kullanılmakta, defnenin hem iç ticareti hem de dış ticareti her yıl daha da artmaktadır. Türkiye, giderek artan talebi ve bu talebin karşılanması açısından en avantajlı ve en yüksek potansiyelli ülkedir. Halihazırda Türkiye kuru defne yaprağının dünyadaki en önemli üreticisi, aynı zamanda da satıcısıdır. (Anonim, 2016; Konukçu, 2001).

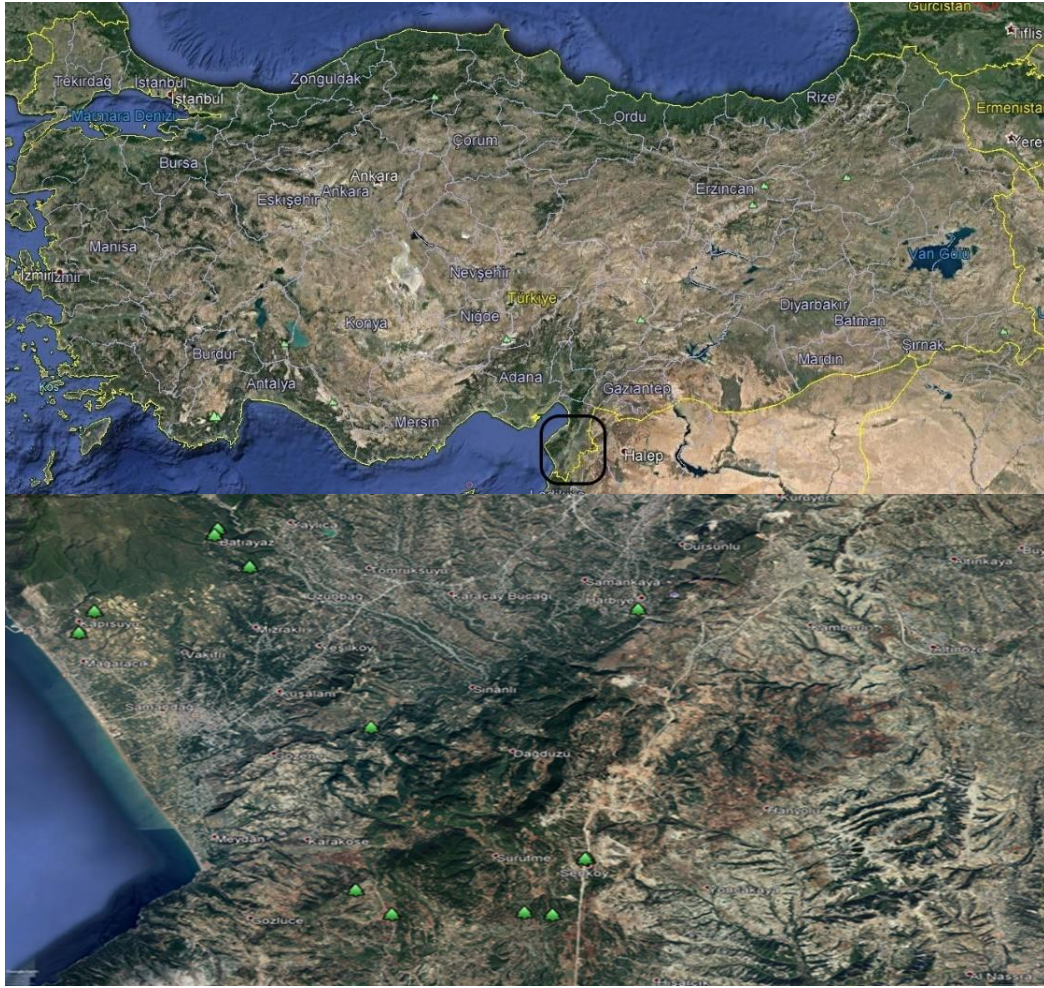
Son yıllarda diğer ülkelerden, ülkemizdeki defne yaprağına karşı rağbette artış olduğu görülmektedir. Büyüyen bu pazarda ülkemizin liderliğini koruması, pazarın diğer ülkelere kaymaması için üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve defne hasadının daha kaliteli yapılması gerekmektedir. Defne gerek sosyal gerek de ekonomik açıdan odun dışı bir üründür. Bundan dolayı potansiyeli fark edilerek üretiminin ve hasadının iyileştirilmesi gerekmektedir. Kullanım alanları bakımından giderek çeşitlenen ve gelişen bir dağılım gösterdiği için işlenmemiş ürün ticareti ile birlikte katma değeri yüksek ürünlerin üretimi de geliştirilerek defnenin ticari pazarı büyütülmelidir. Defne yaprağı ithal edilen ülkelerin ilk sıralarında Hong Kong, Amerika Birleşik Devletleri, Almanya ve Brezilya gelmektedir. Bunun yanı sıra defne meyveleri ile özellikle Hatay yöresinde geleneksel yöntemlerden suyla kaynatma, sıkma yöntemleri kullanılarak sabit yağ üretilmektedir. Bu yağ, sabun imalatında ve kozmetik sektöründe kullanılmak için öncelikle Arap ülkelerine gönderilmektedir. (Anonim, 2016).

Yağ bitkilerinin yağ asitleri kompozisyonu sürekli sabit olmayıp; türlere özgü karakteristik farklılıklar gösterdiği gibi, birçok faktöre bağlı olarak sürekli değişmektedir. Yapılan alışmalar defne genotipleri arasında yağ asitleri bakımından büyük farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle bu çalışma gerek yağ içerikleri gerekse yağ asitleri kompozisyonları açısından bölgenin potansiyelinin değerlendirilerek ümitvar genotiplerin belirlenmesinin defne meyvesi üretimi açısından önemli bir adım olacağı düşünceyle planlanmıştır. Yağların kalitesini içerdikleri yağ asitlerinin oranları ve kompozisyonu belirlemektedir. Bu nedenle, yağ bitkilerinin yağ asitleri kompozisyonunda hangi koşullarda nasıl bir değişim meydana geleceğinin bilinmesi, yağ kalitesi açısından önemli olmaktadır. Yağın kalitesi, besleme, teknolojik ve işleme değerleri yağ asitlerinin yağdaki dağılımı ve pozisyonu ile yakından ilgilidir. Bu nedenle çalışmada ayrıca dişi defne genotiplerinde farklı hasat dönemlerine göre sabit yağlarında ontogenetik varyabilitenin belirlenmesi, yağ asitleri kompozisyonunda meydana gelebilecek değişikliklerin ortaya konulması ve uygun hasat döneminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmada 2010 yılında TÜBİTAK (Proje No: 108O878) destekli yürütölen bir defne seleksiyonu projesinde (Ayanoğlu ve ark., 2010) Hatay ili Samandağ ve Yayladağı ilçe ve köylerinde doğal olarak yetişen defne popölasyonu arasından bazı üstün özelliklerinden dolayı (meyve iriliği, sabit yağ oranı, yağ asitleri içerikleri vb.) ön seleksiyonda seçilmiş 23 genotip ile daha sonra yapılan arazi çalışmalarında tespit edilen 4 genotip (şO1, şO2, YT1 ve YT2) materyal olarak kullanılmıştır. Bu dört genotip özellikle yüksek meyve verimleri ile dikkat çekmiştir. Böylece denemede toplam 27 dişi defne genotipi materyal olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan defne genotiplerinin konumları ve deniz seviyesinden yükseklikleri (Tablo 1; şekil 4) kaydedilmiştir. Çalışmada yer alan defne genotiplerinin tamamı ekonomik verim yaşında olan dişi bitkilerden oluşmaktadır.



Şekil 4. Seçilen genotiplerin harita üzerindeki yerleri

Tablo 1. Seçilen defne genotiplerinin kodu, lokasyonu, koordinatı ve rakımı

Bitki Kodu	Lokasyon	Rakım (m)	Koordinatlar
B3	Batiyaz	458	N:36.09844-E:035.59...
B5	Batiyaz	460	N:36.09851-E:035.59...
B26	Batiyaz	454	N:36.09823-E:035.59...
HB5	Batiyaz	488	N:36.10081-E:035.59...
HB7	Batiyaz	478	N:36.10088-E:035.59...
HB10	Batiyaz	481	N:36.10077-E:035.59...
ER12	Eriklikuyu	275	N:36.09039- E:03600...
ER13	Eriklikuyu	275	N:36.09040- E:036.00...
ER14	Eriklikuyu	275	N:36.09040- E:036.00...
ER16	Eriklikuyu	276	N:36.09041- E:036.00...
ER17	Eriklikuyu	279	N:36.09042- E:036.00...
ER24	Eriklikuyu	283	N:36.09050- E:036.00...
ER42	Eriklikuyu	295	N:36.09097- E:036.00...
K1	Kapısuyu	130	N:36.07204- E:035.56...
K2	Kapısuyu	128	N:36.07207- E:035.56...
K9	Kapısuyu	320	N:36.07789- E:035.57...
K13	Kapısuyu	132	N:36.07211- E:035.56...
SY9	Samandağı	21	N:36.05344- E:036.03...
SY12	Samandağı	22	N:36.04449- E:036.02...
YY4	Yayladağı	933	N:36.00779- E:036.07...
YY9	Yayladağı	947	N:36.00761- E:036.07...
YY10	Yayladağı	947	N:36.00767- E:036.07...
ŞO1	Şakşak	933	N:35.59219- E:036.06...
ŞO2	Şakşak	853	N:35.59264- E:036.05...
YT1	Yeşiltepe	694	N:35.59887- E:036.02...
YT2	Yeşiltepe	696	N:35.59895- E:036.02...
O8	Yeşiltepe	674	N:35.59190- E:036.03...

2.2. Metod

Çalışmada meyve sabit yağı bileşenlerini belirlemek amacıyla 27 farklı defne genotipinden her bir ağacın dört bir tarafından alınan meyve, meyve eti ve çekirdeklerinde ayrı ayrı ekstraksiyon yöntemi ile yağları elde edilerek sabit yağ asitleri kompozisyonları belirlenmiştir. Bu araştırmanın yağ asitleri kompozisyonunu belirleme çalışması ve diğer bütün inceleme ve analizler Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarında yürütülmüştür.

Çalışmada sabit yağ eldesi, numunenin çözücü (hekzan) ile ekstraksiyon sonucu çözücünün uzaklaştırılması ve geride kalan kalıntının (defne sabit yağı) tartılması ilkesine dayanmaktadır. Defne meyvesinden çekirdekleri ayrılmış, 70 °C sıcaklıkta etüvde kurutularak iyice homojen hale

getirilinceye kadar öğütülmüş ve bu örneklerden 5g numune alınarak soksolet kartuşuna konulmuştur (Şekil 5). Hazırlanan kartuş otomatik soksolet cihazının ekstraksiyon bölümünün içerisine yerleştirilmiştir. Sabit tartıma getirilmiş ekstraksiyon için kullanılacak olan beherlere hekzan eklenerek (M_1) ekstraksiyon tüpünün altına yerleştirilip ekstraksiyon işlemine başlanmıştır. Ekstraksiyon sonunda içinde yağ bulunan beher alınarak 80 °C'ye ayarlı etüvde 1 saat tutulmuştur. Desikatörde sabit tartıma gelinceye kadar bekletilerek son tartım alınmıştır (M_2). Aşağıdaki formülle de % yağ oranı hesaplanmış olup işlemler üç tekrarlamalı olarak yapılmıştır.

$$\% \text{ Yağ} = [(M_2 - M_1)/m] \times 100$$

M_1 =Sabit tartıma getirilmiş beherin ağırlığı g

M_2 = Sabit tartıma getirilmiş beherin ağırlığı + Kalıntı ağırlığı

m= Alınan örneğin ağırlığı, g



Şekil 5. Otomatik soksolet cihazı

2.2.1. Yağ Asitleri Kompozisyonu

Her bir türün meyve, meyve ve çekirdeklerinden elde edilen yağlardan 100 µl alınıp, 3 ml N-Heptan ve 400 µl 2N metanollü KOH çözeltisi eklenerek esterleştirme uygulandıktan sonra yağlarının bileşenleri, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Analiz Laboratuvarında gaz-kromatografik yöntem ile saptanmıştır. Sabit yağ bileşenlerinin belirlenmesi Thermo Scientific ISQ Single Quadrupole model gaz kromatografi cihazı ile aşağıdaki şartlar altında gerçekleştirilmiştir. TG-Wax MS model, %5 Phenyl Polysilphenylene-silohexane, 0.25 mm iç çap x 60 m uzunlukla, 0.25 µm film kalınlığına sahip

kolon kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak 1 mL/dak akış hızında helyum (%99,9) kullanılmıştır. İyonizasyon enerjisi 70 eV, kütle aralığı m/z 1,2-1200 amu olarak ayarlanmıştır. Veri toplamada tarama modu (Scan Mode) kullanılmıştır. MS transfer line sıcaklığı 250°C, MS İyonizasyon sıcaklığı 220 °C, Enjeksiyon port sıcaklığı 220 °C, kolon sıcaklığı başlangığta 50°C olup 3°C/dak ısı artış oranı ile 220°C ye kadar yükseltilmiştir. Her bileşiğin yapısı Xcalibur progamı ile kütle spektrumları kullanılarak (Wiley 9) tanımlanmıştır.



şekil 6. Ekstraksiyon sonrası elde edilen defne sabit yağları



şekil 7. Yağ analizlerinde kullanılan GC-MS cihazı

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Tüm Meyve Sabit Yağ Bileşenleri

Hatay ilinde doğal olarak yetişen defne meyvelerinden elde edilen sabit yağ ana bileşenlerinin; oleik asit (%29,92–38,46), laurik asit (%10,75–18,69), palmitik asit (%16,31–21,97) ve linoleik asit (%20,94 – 24,95) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).

Yürütülen önceki çalışmalarda, Tanrıverdi ve ark. (1993) Silifke ve Hatay'dan temin ettikleri defne meyvelerinde oleik asit miktarı, %35,7- %34,2 olarak belirtirken, Ayanoğlu (2013) %38,08 olarak belirlemiştir. Hafizoğlu ve Reunanen (1993), Tarsus ilçesinden temin edilen meyvelerde %15,1; Çelik ve Yılmaz (1996), İskenderun ilçesinden topladıkları meyvelerle %39,17 olarak saptamışlardır. Ayanoğlu (2018) tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada oleik asit içeriği %30,35 olarak belirlenmiştir. Nurbaş ve Bal (2005) tarafından gerçekleştirilen çalışmada defne meyvelerinde oleik asit içeriği %39,6-40,2 ve Demirbaş (2010) tarafından Doğu Karadeniz bölgesinden temin edilen meyvelerle %0,9 olarak belirlenmiştir.

Ege, Marmara, Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinden 100 değişik lokasyondan elde edilen defne meyvelerinde %24,22 ile %64,81 arasında değişen oranlarda oleik asit bulunduğu bildirilmektedir (Karık ve ark., 2016). Maderina adasından temin edilen defne meyvelerinde oleik asit içeriği %30 olarak bildirilmiştir (Castilhoa ve ark., 2005). Üç farklı yüksekliklerden (kıyı kesimlerinden, dağdan ve ova kesimlerinden) toplanılan meyvelerle sırasıyla %43,10-34,38-36,39 olarak belirtilmektedir (Said ve Hussein, 2014). Çalışmamızdan elde edilen en yüksek oleik asit miktarı %38,46 olarak belirlenmiştir ve tüm değerler incelendiğinde Karık ve ark. (2010)'nın %64,81 olan oleik asit miktarından oldukça küçük, Hafizoğlu ve Reunanen (1993)'in oleik asit miktarından yüksek olduğu ve Ayanoğlu (2013) ile uyumlu olduğu görülmektedir.

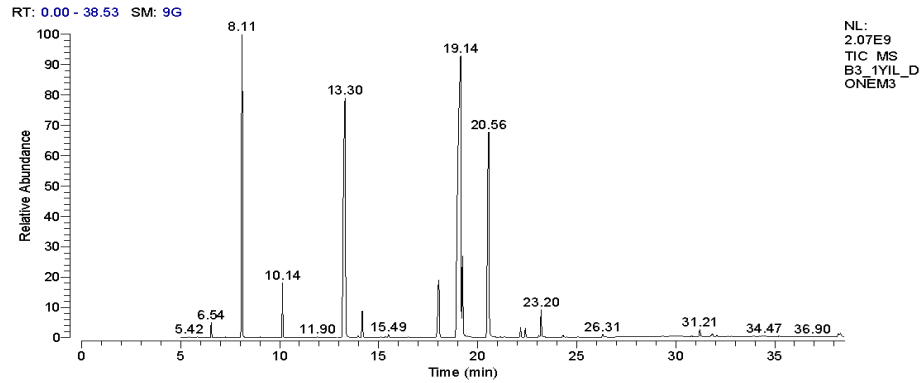
Laurik asit miktarları incelendiğinde çalışmada elde edilen en yüksek laurik asit miktarı (%18,64), Karık ve ark. (2010)'nın %33,62 ve Hafizoğlu ve Reunanen (1993)'in %54,2 olan laurik asit miktarından oldukça düşük bulunurken, Çelik ve Yılmaz (1996)'ın %16,82, Nurbaş ve Bal (2005)'in %7,5-%17,2, Ayanoğlu (2013)'nın %16,57, Demirbaş (2010)'ın %18,3, Tanrıverdi ve ark., (1993)'nın %17,8- %17,9, Castilhoa ve ark. (2005)'nın %18, Said ve Hussein (2014)'in %9,11-%21,43-%15,62 değerine yakın bulunmuştur. Karık ve ark. (2016)'nın Ege, Marmara, Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinden 100 değişik lokasyondan alınan meyvelerle yapılan çalışmada elde edilen (%10,28-%33,62) değerleri arasında yer almaktadır.

Palmitik asit miktarları incelendiğinde; Silifke ve Hatay'dan temin edilen meyvelerle yapılan çalışmada Tanrıverdi ve ark. (1993) %18,5- %16,0; Ayanoğlu (2013) tarafında yapılan çalışmada

%18,57 olarak belirlenmiştir. Tarsus ilçesinden temin edilen meyvelerle yapılan araştırmada (Hafizoğlu ve Reunanen 1993) %4,9; İskenderun ilçesinden temin edilen meyvelerle yapılan bir araştırmada (Çelik ve Yılmaz 1996), %18,26, yapılan diğer bir çalışmada (Nurbaş ve Bal, 2005) %2,5-24; Maderina adasından temin edilen meyvelerle yapılan çalışmada (Castilhoa ve ark., 2005) %22,5, Doğu Karadeniz bölgesinden temin edilen meyvelerle yapılan çalışmada (Demirbaş, 2010) %21,8-25,6, üç farklı coğrafi ve iklim bölgesinden (kıyıda, dağdan ve ovoidan) toplanılan meyvelerle yapılan çalışmada (Said ve Hussein 2014) %19,48-15,48-20,51, Ege, Marmara, Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinden 100 değişik lokasyondan elde edilen meyvelerle yapılan çalışmada (Karık ve ark., 2016) %10,15-21,25 oranlarında palmitik asit bulunduğu bildirilmektedir. Bu araştırmadan elde edilen en yüksek palmitikasit miktarı %21,97 olarak belirlenmiştir ve tüm değerler incelendiğinde Karık ve ark. (2010)'nın %21,25 ve Demirbaş (2010)'ın 21,8'lik değerlerine yakın olup, Nurbaş ve Bal'ın (2005) %24 ve Castilhoa ve ark. (2005) nın %22,5 lik değerlerinden küçük, Çelik ve Yılmaz (1996), ın %18,26 ile Ayanoğlu'nun (2013) değerinden büyüktür.

Linoleik asit miktarları incelendiğinde; Silifke ve Hatay'dan temin edilen meyvelerle yapılan çalışmada Tanrıverdi ve ark. (1993) %23,4- %26,0, Tarsus ilçesinden temin edilen meyvelerle yapılan araştırmada (Hafizoğlu ve Reunanen, 1993) %17,2, İskenderun ilçesinden temin edilen meyvelerle yapılan bir araştırmada (Çelik ve Yılmaz 1996), %19,96, yapılan diğer bir çalışmada (Nurbaş ve Bal, 2005) %15,6-22,1, Maderina adasından temin edilen meyvelerle yapılan çalışmada (Castilhoa ve ark., 2005) %20, Doğu Karadeniz bölgesinden temin edilen meyvelerle yapılan çalışmada (Demirbaş, 2010) %20,05, üç farklı coğrafi ve iklim bölgesinden (kıyıda, dağdan ve ovoidan) topladıkları meyvelerle yapılan çalışmada (Said ve Hussein, 2014) %24,492-25,062-20,141, Ayanoğlu (2013) tarafında yapılan çalışmada %23,90 olarak belirlenmiştir.

Ege, Marmara, Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinden 100 değişik lokasyondan elde edilen meyvelerle yapılan çalışmada (Karık ve ark., 2016) %18,49-28,09 oranlarında linoleik asit bulunduğu bildirilmektedir. Çalışmamızdan elde edilen en yüksek linoleik asit miktarı %24,95 olarak belirlenmiş ve tüm değerler incelendiğinde Said ve Hussein (2014)'in %24,49, değerine yakın olup, Ayanoğlu (2013) %23,90, Nurbaş ve Bal (2005) %22,1 ve Castilhoa ve ark. (2005) nın %20 ve Çelik ve Yılmaz (1996)'ın %19,96 değerinden yüksek olmuştur.



Şekil 8. Tüm meyve sabit yağ asitleri kromotogramı

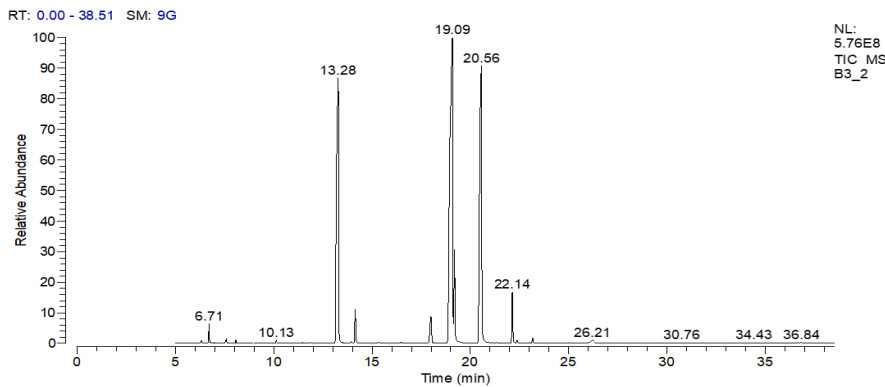
Tablo 2. Tüm meyve sabit yağ ana bileşenleri (%)

Bitki kodu	Oleik asit	Laurik asit	Palmitik asit	Linoleik asit
B3	35,26	15,78	18,50	21,67
B5	31,96	16,27	18,34	24,18
B26	30,29	18,69	17,38	23,93
HB5	31,11	14,79	19,12	23,71
HB7	33,29	14,87	18,81	23,30
HB10	31,59	11,34	20,96	24,95
ER12	32,08	14,84	19,74	20,94
ER13	33,12	13,88	18,10	23,82
ER14	35,83	14,61	16,91	20,96
ER16	36,12	14,13	17,06	21,31
ER17	32,19	16,05	18,83	21,18
ER24	31,90	15,59	20,87	22,61
ER42	30,34	16,10	21,92	24,06
K1	30,07	17,61	19,10	24,27
K2	35,96	13,09	20,32	22,09
K9	31,67	16,25	19,58	23,72
K13	36,38	10,75	21,79	22,52
SY9	29,92	15,16	21,97	21,91
SY12	33,79	16,36	17,73	23,42
YY4	33,85	16,13	17,76	24,69
YY9	36,68	12,89	16,93	22,17
YY10	38,46	12,24	18,14	21,08
ŞO1	36,84	14,08	19,17	23,23
ŞO2	30,13	16,33	20,43	24,67
YT1	37,70	15,40	17,59	23,19
YT2	38,38	15,83	16,31	23,57
O8	32,82	16,55	20,84	22,53
Ort.	33,62	15,02	19,04	22,95

3.2. Meyve Eti Sabit Yağ Bileşenleri

Hatay ilinde doğal olarak yetişen defne meyve etlerinden elde edilen sabit yağ ana bileşenlerinin incelendiği bu çalışmada; defne bitkisinin meyve eti sabit yağ ana bileşenlerinin oleik asit (%34,31 – 47,56), palmitik asit (%20,18 – 28,02) ve linoleik asit (%21,29 – 29,30) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3).

Yapılan bazı çalışmalarda meyve eti yağındaki oleik asit miktarları incelendiğinde; Silifke ve Hatay'dan temin edilen meyvelerle yapılan çalışmada (Tanrıverdi ve ark., 1993), yağ asitleri oranlarının sırasıyla, oleik asit %44-%43,7, palmitik asit %24,3-%21,2, linoleik asit %25,2-%29,4 olduğu bildirilmiştir. Bu oranlar incelendiğinde oleik asit miktarlarının çalışmamızda elde edilen en yüksek değer olan %47,56 oleik asit oranının altında, palmitik asit miktarlarının çalışmamızdaki en yüksek değer olan %28,02 değerinin altında olduğu belirlenmiştir. Hatay'dan elde edilen meyve etlerinin linoleik asit miktarı çalışmamızla benzerlik gösterirken Silifke'den elde edilen meyve etlerinin linoleik asit miktarı çalışmamızdan elde edilen yüksek değerinin altında kalmıştır. Bu oranlar incelendiğinde oleik asit miktarlarının çalışmamızda elde edilen en yüksek değer olan %28,42 oleik asit oranının altında olup, Beis ve Dunford'un (2006) oleik asit miktarlarının bu araştırmadan elde edilen değerlerden yüksek olduğu belirlenmiştir. Tanrıverdi ve ark. (1993) nın palmitik asit ve linoleik asit miktarları çalışmamızdaki en yüksek değerler olan %12,70 ve %28,67 değerlerinin altında olup, çalışmamızdan elde edilen laurik asit miktarı ise her iki bölgeden elde edilen laurik asit miktarlarından yüksek olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Meyve eti sabit yağ asitleri kromotogramı

Tablo 3. Meyve eti sabit yağ ana bileşenleri (%)

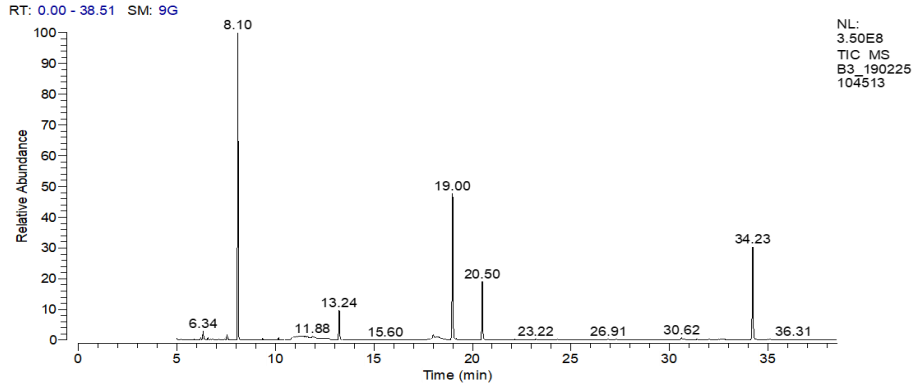
Bitki kodu	Oleik asit	Palmitik asit	Linoleik asit
B3	42,34	23,79	25,30
B5	38,44	26,81	26,84
B26	38,27	24,10	25,89
HB5	40,29	26,63	24,07
HB7	39,36	26,09	25,85
HB10	38,19	24,28	28,46
ER12	42,23	24,57	25,05
ER13	39,36	24,31	28,44
ER14	44,09	22,88	23,39
ER16	45,73	23,53	24,12
ER17	39,96	24,99	25,14
ER24	39,12	26,46	25,94
ER42	36,29	28,02	25,75
K1	43,72	22,63	24,14
K2	43,09	23,45	23,25
K9	38,95	26,08	26,30
K13	40,29	25,50	23,86
SY9	37,97	24,95	26,18
SY12	41,60	25,57	25,35
YY4	43,69	22,16	25,23
YY9	45,58	23,29	21,29
YY10	45,16	21,18	24,37
ŞO1	43,94	23,66	24,29
ŞO2	34,31	27,29	29,30
YT1	47,56	20,40	22,79
YT2	45,03	20,18	25,91
O8	39,21	26,34	23,54
ORT	41,25	24,41	25,19

3.3. Çekirdek Sabit Yağ Bileşenleri

Hatay florasında doğal olarak yetişen defne meyve çekirdeklerinden elde edilen sabit yağ ana bileşenlerinin incelendiği bu çalışmada, defne bitkisinin meyve çekirdeği sabit yağ ana bileşenlerinin oleik asit (%20,58 – %28,42), laurik asit (%22,25-%59) palmitik asit (%9,72 – %12,70) ve linoleik asit (%22,22 – %28,67) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4).

Yapılan bazı çalışmalarda çekirdek yağındaki oleik asit miktarları incelendiğinde; Silifke ve Hatay'dan temin edilen meyvelerle yapılan çalışmada (Tanrıverdi ve ark., 1993), yağ asitlerinin sırasıyla, oleik asit (%12 - %21,8), laurik asit (%63 - %45), palmitik asit (%5,23-%6,65), linoleik asit (%25,20-%23,1) olduğu, Muğla'dan temin edilen çekirdeklerle yapılan çalışmada (Beis ve

Dunford, 2006), oleik asit (%37,2 – %37,3), laurik asit (%43,1-%44,8), ve linoleik asit (%14,7-%13,3) olduğu bildirilmiştir.



Şekil 10. Çekirdek sabit yağ asitleri kromotogramı

Tablo 4. Çekirdek sabit yağ ana bileşenleri (%)

Bitki kodu	Oleik asit	Laurik asit	Palmitik asit	Linoleik asit
B3	26,34	23,65	12,54	25,68
B5	25,71	23,06	10,54	25,37
B26	27,43	24,21	11,49	25,63
HB5	25,11	23,35	10,37	23,69
HB7	25,78	24,00	10,24	25,76
HB10	21,22	26,41	10,90	24,04
ER12	22,94	24,12	11,44	25,34
ER13	26,68	24,48	12,70	24,35
ER14	22,65	26,51	11,34	25,02
ER16	24,76	24,60	10,27	22,37
ER17	25,54	26,59	12,13	22,45
ER24	24,03	23,47	11,39	23,87
ER42	26,67	23,08	11,20	23,85
K1	22,50	26,49	10,04	22,22
K2	24,03	25,10	10,38	24,05
K9	23,66	25,39	10,45	23,71
K13	25,31	22,46	9,72	25,79
SY9	20,66	24,03	10,79	28,44
SY12	20,58	23,91	10,53	28,67
YY4	25,65	24,17	11,46	24,47
YY9	26,83	24,68	10,08	23,49
YY10	27,84	23,99	10,55	24,00
ŞO1	28,35	22,25	9,83	23,95
ŞO2	28,42	24,08	10,00	23,81
YT1	25,77	23,96	9,90	24,65
YT2	26,39	23,41	10,98	25,24
O8	25,50	24,25	10,27	23,99
ORT	25,05	24,29	10,80	24,59

4. Sonuçlar ve Öneriler

Defne tüm meyve ve çekirdek sabit yağları incelendiğinde ana bileşenlerinin laurik asit, oleik asit, palmitik asit ve linoleik asit olduğu belirlenmiştir. Meyve etinde ise bu bileşenlerden laurik asitin bulunmadığı belirlenmiştir.

Tüm meyveden elde edilen sabit yağ bileşenleri incelendiğinde; en yüksek oleik asit miktarı %38,46 ile YY10, en yüksek laurik asit miktarı %18,69 ile B26, en yüksek palmitik asit miktarı %21,97 ile SY9, en yüksek linoleik asit miktarı %24,95 ile HB10 genotipi olarak belirlenmiştir.

Meyve etinden elde edilen sabit yağ bileşenleri incelendiğinde; en yüksek oleik asit miktarı %47,56 YT1, en yüksek palmitik asit miktarı %28,02 ile ER42, en yüksek linoleik asit miktarı %29,30 ile ŞO2 genotipi olarak belirlenmiştir.

Çekirdekten elde edilen sabit yağ bileşenleri incelendiğinde; en yüksek oleik asit miktarı %28,42 ile ŞO2, en yüksek laurik asit miktarı %26,59 ile ER17, en yüksek palmitik asit miktarı %12,70 ile ER13, en yüksek linoleik asit miktarı %28,67 ile SY12 genotipi olarak belirlenmiştir.

Defne meyve yağında önemli bir seçim kriteri olan Laurik asit bileşeni açısından genotipler incelendiğinde en yüksek Laurik asit içeriği B26 genotipinde elde edilmiştir. Oleik asit içeriği açısından genotipler değerlendirildiğinde YY10 genotipi ön plana çıkmıştır. Meyve yağı ve yaprak yağı açısından seçilen genotiplerin tescil edilmesi ve yetiştiriciliğinin yapılması ile doğal floradan kontrolsüz toplamanın önüne geçilmesi ve yağ kalitesinde standardizasyonun yakalanması mümkün olacaktır.

Yazarların Katkısı

Çalışmada her iki yazar da eşit oranda katkı sunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Teşekkür

Yazarlar, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi BAP birimine, 17.D.003 proje numarası ile ikinci yazar danışmanlığında birinci yazar tarafından hazırlanan doktora tezinin bir kısmından üretilen bu çalışmaya, destekleri için teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Anonim, (2004). T.C. Türkiye Ormanlarında Odun Dışı Ürünler, Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, (2016). Defne Eylem Planı 2016-2020, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ayanoğlu, F., Mert, A., Kaya, A., ve Köse, E. (2010). Hatay Yöresinde Doğal Olarak Yetişen Defne (*Laurus nobilis* L.) Bitkisinin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi ve Seleksiyonu, Tübitak Proje No: 108O878, 268s, Hatay.
- Ayanoğlu, F., Kaya, D. A., Mert, A., and Köse, E. (2013). Determination of Quality Aspects and Selection of Native Grown Laurel (*Laurus nobilis* L.) in Hatay Province of Turkey. *Mesmap-2013*. 58.
- Ayanoğlu, F., Kaya, D. A., Koçer, O., (2018). Promising Bay Laurel (*Laurus nobilis* L.) Genotypes for Fruit Production. *International Journal of Chemistry and Technology*. 2(2): 167-161.
- Beis, S.H., and Dunford, N.T. (2006). Supercritical Fluid Extraction of Daphne (*Laurus nobilis* L.) Seed Oil. *JAOCs*, Vol. 83, no. 11, 953-957.
- Castilhoa, P. C., Costaa, M., Rodriguesb, A., and Partidárioc, A. (2005). Characterization of laurel fruit oil from Madeira Island, Portugal. *Jaocs*, Vol. 82, no. 12 pg 863-867.
- Çelik, S., ve Yılmaz, Ö. (1996). Defne (*Laurus nobilis* L.) yaprak ve meyvesinin yağ asitleri bileşimi. *The journal of food*, 21 (3): 165-167.
- Davis, P. H. (1982). Flora of Turkey, Vol. 7, Edinburg Universty Pres, 947p., Edinburg.
- Demirbaş, A. (2010). Biodisel from Bay Laurel Oil via Compressed Methanol Transesterification. *Energy Sources, Part A*, 32:1185–1194.
- Duke, J. A. (1987). CRC Handbook of Medicinal Herbs, CRC Pres inc., 677p., Florida, U.S.A.
- Duke, J. A. P. A. K. Duke., L. Judith, Cellie J. L. Du., (2008). Duke's Handbook of Medicinal Plants of the Bible CRC press s. 237-240, USA.
- Ercan, A.S. (1983). Defne Yapağı ve Yağının İhracatı Geliştirmesi. İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi Yayınları No: 74 s.2-9.
- Hafizoglu, H., and Reunanen, M. (1993). Studies on the Components of *Laurus nobilis* L. from Turkey with Special References to Laurel Berry Fat. *Lipid-Fett*, 95:304--308.
- Karık, Ü., Çiçek, F., Oğur, E., Tutar, M., and Ayas, F. (2016). Türkiye’de Yayılış Gösteren Defne (*Laurus nobilis* L.) Popülasyonlarının, Meyve Özellikleri. *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26 (1): 1 – 16.
- Konukçu, M. (2001). Ormanlar ve Ormancılığımız. Devlet Planlama Teşkilatı Yayın ve Temsil Dairesi Başkanlığı, Yayın No. DPT: 2630, 258 s.
- Nurbaş, M. ve Bal, Y. (2005). Recovery Of Fixed And Volatile Oils From *Laurus Nobilis* L. Fruit And Leaves By Solvent Extraction Method. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18 (2), 15-24.
- Said, C. M., and Hussein, K. (2014). Determination of the Chemical and Genetic Differences of *Laurus* collected from Three Different Geographic and climatic areas in Lebanon. *European Scientific Journal*, 1857- 7431.
- Şafak, İ., ve T, Okan. (2004). Kekik, defne ve çam fıstığının üretimi ve pazarlaması, *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü DOA Dergisi*, 10: 101-129.
- Tanrıverdi, H., Tunçel, M., ve Başer, K. (1993). Defne meyvesi sabit yağının ekstraksiyon verim ve kalitesinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 18,107-113.

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 89-116, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Araştırma Makalesi / Research Article**Doi: [10.47898/ijeased.824145](https://doi.org/10.47898/ijeased.824145)**Depremiın Çağdaş Cami Mimarisinde Yapısal Form Arayışındaki Etkisi**Tuğba Nur SEZEN ^{1a}, Asena SOYLUK ^{1b}, Zeynep Yeşim İLERİSOY ^{1c}¹ Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, 06570, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : sezentugbanur@gmail.com  https://orcid.org/0000-0002-1245-5577 , T. N. Sezen  https://orcid.org/0000-0002-6905-4774 , A. Soyluk  https://orcid.org/0000-0003-1903-9119 , Z.Y. İlerisoy	Geliş Tarihi / Received Date : 10.11.2020 Revizyon Tarihi / Revision Date : 20.12.2020 Kabul Tarihi / Accepted Date : 09.01.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite : Sezen, T.N., Soyluk, A., İlerisoy, Z.Y. (2021). Depremiın Çağdaş Cami Mimarisinde Yapısal Form Arayışındaki Etkisi , Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 89-116.	

Özet

Ülkemizde yer kabuğunda bulunan levhaların yatay ve düşey hareketlerine bağlı olarak sık sık depremler meydana gelmektedir. Bu depremler sonucu yapılara etkiyen yatay yükler, mimari tasarım kararlarında önemli bir yer tutmaktadır. Yapının taşıyıcı sistem çözümünde deprem etkisiyle oluşan yatay yüklere karşı alınan tasarım kararları, düşey yüklere göre alınan mimari çözümlerden farklılık göstermektedir. Geçmişten günümüze ülkemizdeki cami gelişimi incelendiğinde, biçimsel anlamda çeşitliliğin olduğu, bu çeşitlilikte inşa edildiği yerin kültürünün, coğrafi durumunun, ikliminin, teknolojisinin ve ekonomisinin etkili olduğu görülmektedir. Yaşanılan depremler sonrasında, camilerde yapılan hasar tespit çalışmalarında, bina rijitliğini sağlayamayan camilerin ağır hasarlar aldığı belirlenmiştir. Bu açıdan özellikle sembolik olarak öne çıkan camilerin depreme dayanıklı tasarım kararlarında, bölgenin depremselliğini de göz önüne alarak estetik ve fonksiyonelliğin yanında güvenli birer yapı olmaları mimarlık disiplini açısından önemlidir. Yapılan bu çalışmada da Türkiye'deki 1999 Kocaeli depreminden sonra aktif fay hatları üzerinde inşa edilen modern camilerin form ve biçim tasarımı arayışında deprem faktörünün etkisi incelenmiştir. 10 adet cami örneğinin tasarımı sırasında alınan taşıyıcı sistem kararları, veri toplama analizi yöntemi ile yapı tipleri, üst örtüleri, yapı hacimleri, strüktür ve yapı malzemeleri kıyaslanarak değerlendirilmiş ve Türk Bina Deprem Yönetmeliğinde bulunan planda ve düşeyde düzensizlik durumlarına göre gözlemsel olarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak çağdaş cami mimarisinde düzensizlik durumlarına dikkat edilerek mimari tasarımları kurgulanan yapıların yanı sıra özellikle zayıf kat, yumuşak kat ve döşeme süreksizliğine yol açabilecek örneklerin de bulunduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Çağdaş Cami, Plan Tipleri, Yapısal Düzensizlik.

The Effect of Earthquake on the Structural Form in Contemporary Mosque Architecture

Abstract

Earthquakes frequently occur in our country due to the horizontal and vertical movements of plates within the earth's crust. Horizontal loads acting on buildings as a result of these earthquakes have an important place in architectural design decisions. The design decisions regarding the horizontal loads caused by the earthquake in the structural system solution of the buildings differ from the architectural solutions considering the vertical loads. When the development of mosques in our country from the past to the present is examined, it is seen that there is a variety in terms of form and the location where mosques are built is also effective on this diversity due to culture, geographical situation, climate, technology and economy of the region. Field studies showed that the mosques that could not provide the building rigidity and ductility were heavily damaged as a result of earthquakes. In this respect, it is important in terms of the architectural discipline that the mosques, which stand out symbolically, should be safe besides being aesthetic and functional, taking into account the seismicity of the region in the earthquake-resistant design decisions. In this study, the effect of earthquakes on the form of the modern mosques that built on the active fault lines after the Kocaeli earthquake in 1999 was investigated. Structural system decisions taken during the design of ten selected mosques were evaluated by comparing building types, top covers, building volumes, structural and building materials by using data collection analysis method. These mosques were also visually analyzed in terms of horizontal and vertical irregularities mentioned in the Turkish Earthquake code. In conclusion, it has been observed that in addition to the buildings whose architectural designs were made by paying attention to irregularities in contemporary mosque architecture, there also examples that may cause slab discontinuity, weak and soft storey irregularities.

Keywords: Earthquake, Contemporary Mosque, Plan Design, Structural Irregularity.

1. Giriş

Dünyanın birçok bölgesinde sismik bakımdan aktif olan yerlerin olduğu ve buralarda peşi sıra yaşanan depremler sonucunda maddi manevi kayıplar verildiği bilinmektedir. Sismik aktivitenin devam ettiği Türkiye, dünyadaki önemli 3 büyük fay hattı üzerinde bulunmakta olup yeraltı levha hareketlerinden dolayı sıklıkla tektonik depremler yaşamaktadır (İlerisoy, 2019). Bu fay hatları; Kuzey Anadolu, Doğu Anadolu ve Ege Grabenleri olarak ta adlandırılan Batı Anadolu Fay hatlarıdır. Kuzey Anadolu Fay Hattı, Saroz Körfezinden (Çanakkale) başlayan ve Erzincan'a kadar uzanan 1500 km uzunluğundaki aktif fay hatlarından biridir. Doğu Anadolu Fay Hattı, Hatay'dan başlayan ve Bingöl'e kadar uzanarak Kuzey Anadolu Fay Hattı ile birleşen bir aks çizmektedir. Batı Anadolu Fay Hattı ise batıdan doğuya uzanarak ilerleyen kuzeyden güneye sıra sıra dizilmiş fay hatlarından oluşmaktadır (Gündoğan ve Karimzadeh, 2019). Buradan da anlaşılacağı üzere ülke coğrafyasının tamamına yakını deprem bölgesi üzerinde konumlanmıştır. Bu açıdan deprem etkisi, yapı tasarım kararlarında dikkat edilmesi gereken en önemli faktörlerden birini oluşturmaktadır.

Bir mimari tasarımın taşıyıcı sistem bilgisi ve malzeme bütünlüğü ile tasarlanarak depreme dayanıklı form, biçim ve materyal seçimi ile tamamlanması gerekmektedir. Yaşanan depremler sonrasında estetik açıdan beğenilen birçok yapıda ciddi strüktürel hasarlar olduğu bilinmektedir. Özellikle Kocaeli depremi sonrasında incelenen yapılardaki hasarlar sonucunda Türkiye'de inşa

edilmiş yapıların depreme karşı dayanımlarının çok düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemden sonra ülkenin sismik özellikleri gözetilerek yapılan binalarda deprem yönetmeliği gereği yapının rijitliğinin ve sünekliğinin sağlanmış olmasına dikkat edilmiştir (Kuban, 2011).

Geçmişten günümüze deprem faktörünün mimari tasarım üzerindeki etkisi incelendiğinde yapı fonksiyonlarının deprem hesaplarında önemli bir rol oynadığı görölmektedir. Yapılardaki mühendislik hesaplarının elde edilmesi sürecinde mimari tasarımın şekillenmesi ile sınırları çizilen yapı fonksiyonlarına göre bina önem katsayıları belirlenmektedir. Deprem sırasında ve sonrasında binanın kullanım amacı veya türüne bağlı olarak öngörölen performans hedeflerine yönelik olan bu katsayı sınıflandırması içerisinde, insanlar tarafından sıklıkla ziyaret edilen, yoğun insan barındıran ve kullanım ihtiyacı bakımından geniş açıklık gerektiren camiler önem derecesi yüksek yapı grubu içerisinde yer almaktadır. Ek olarak camilerin mimari sorumlulukları açısından da toplumsal hayatın kesintiye uğramaması ve sosyolojik açıdan bir yıkım yaşanmaması için önem dereceleri artmaktadır.

Cami mimarisinin ilk dönemlerinde, kare formlarla inşa edilen bu yapılara zamanla avlu eklenerek kapalı mekânları genişletilmiş, minareler ilave edilmiştir. İslamiyetin kabulünden Osmanlı Dönemi camilerine kadar benzer tip plan şemasının farklı formları halinde gelişimini sağlamaya devam etmiştir. Ancak yapım teknolojilerinin gelişmesi ile hem dönemin teknolojik malzemeleri kullanılmış hem de kimlikli biçim arayışları yaşanmıştır. Günümüzde de camiler Türk-İslam birlikteliğinin simgesi olma özelliğini korumakta olup günümüz mimari izlerini taşıyan farklı tasarımlar kurgulanmaya çalışılmaktadır. Özellikle son yüzyılda betonarme ve çelik malzemelerinin kolay ve etkin kullanımı ile cami mimarisi istenilen form ve yükseklikte inşa edilebilmektedir. Farklılık oluşturmak adına dinamik yüklere karşı yeterince hassas kurgulanmayan binalarda ise deprem gibi doğal afetler sonrasında yapının büyük hasarlar aldığı gözlemlenmiştir (Uzun, 2017).

Bu çalışmanın amacı 21.yy'da inşa edilen betonarme cami yapılarının deprem dayanımlarını etkileyen mimari tasarım kararlarını deprem yönetmeliği kuralları ışığında ele almaktır. Ayrıca, estetik ile harmanlanan mimarlık ve bir yapıda sağlanması gereken en önemli kriter olan can güvenliği ilişkisinde taşıyıcı sistem ve yapı malzemesi tercihleri irdelenerek oluşan yeni cami formlarının deprem faktörü ile şekillenmesini incelemektir.

2. Materyal ve Metot

Çalışma, nitel analiz yöntemi olan Veri Toplama Analiz Metodu ile yapılmıştır. Teori oluşturmayı temel alan bir anlayış içeren bu yöntemde gözlem ve doküman analizi aşamaları ile

algıların ve olayların gerçekçi ve bütüncül bir biçimde ortaya konmasına yönelik nitel bir süreç izlenmiştir (Yıldırım, 1999).

Yapılan çalışmada Türkiye’de 20. yy ve 21. yy’da inşa edilen camilerin literatür taramaları ve doküman analizleri ışığında konumları tespit edilerek deprem haritası üzerinde yerleri işaretlenmiştir. İşaretli yapılar içerisinde Türkiye’deki aktif fay hatları üzerinde yer alan camiler belirlenerek envanter tablosu oluşturulmuştur. Bu tabloda yer alan camilerden; yapı tipleri, üst örtüleri, yapı hacimleri, strüktür ve yapı malzemeleri açısından farklılık gösteren 10 adet cami tasarımı seçilerek toparlanan veriler doğrultusunda analizleri yapılmıştır. Analizler, deprem yönetmeliğinde yer alan yatayda ve düşeyde düzensizlik konuları kapsamında ele alınmış ve değerlendirme tabloları oluşturularak karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırma sonucunda deprem bölgesinde bulunan çağdaş camilerin tasarımında öncelikli olarak tercih edilen hususlar belirlenmiştir. İncelemeye alınan projeler büyük Marmara depreminin sonrasında inşaatı gerçekleştirilen çağdaş cami uygulamalarından seçilmiştir. Değerlendirmeler sırasında cami mimarisinin önemli bileşenlerinden olan ancak yapısal davranışları bakımından farklı davranan minareler kapsam dışında tutulmuştur. Çalışma kapsamında camilerin kütsel tasarımına yönelik araştırması yapılarak, deprem yönetmeliklerinde belirtilen planda ve düşeyde düzensizlik durumları incelenmiş; sayısal analizler çalışma kapsamının dışında tutulmuştur.

3. Cami Mimarisinin Zaman İçerisindeki Gelişimi

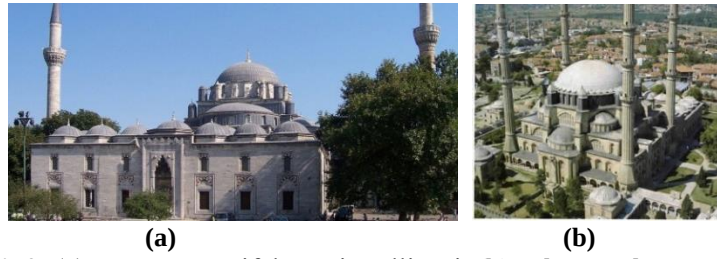
İslam dininin ilk ibadet mekânları Araplar tarafından inşa edilmiş, kare veya dikdörtgen yapı formları ile toplu ibadetler için uygun görülen avlulu plan şemaları şeklindedir. Zamanla kapalı mekânlar oluşturularak kullanım ihtiyaçlarına göre şekillenmiş ve şimdiki haline kadar gelmiştir. Anadolu’da cami mimarisi dönemsel olarak farklı tasarımlarda karşımıza çıkmaktadır (Kuban, 2011).

Selçuklu Dönemi Orta Anadolu camilerinde en belirgin ayırıcı özellik ahşap kolonlar ve düz üst örtü ile açıklık geçilmesidir. Bu dönemlerde camilerin taşıyıcıyla dengelenebilmesi için çok ayaklı sistem tercih edilmiştir (Şekil 1-a) (URL-1). Erken Osmanlı dönemlerinde ise kapalı mekânların yer yer kare plan şeması üzerine tek kubbe ile şekillendiği görülmektedir. İç mekânda açıklık oluşturmak amacı ile kubbenin taşıyıcılarla birlikte genişletilmeye çalışıldığı örnekler de bulunmaktadır (Şekil 1-b) (URL-2).



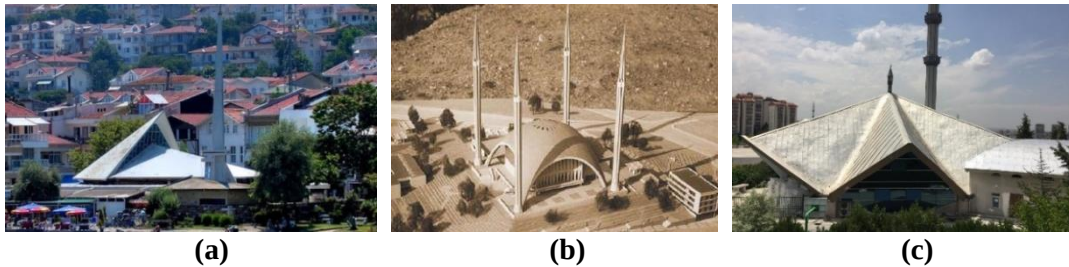
şekil 1. (a) Sivas Divriği Ulu Cami, (b) İznik Yeşil Cami, (c) Bursa Ulu Cami

Erken dönem Osmanlı camilerinin tek kubbe kullanılan döneminden sonra küçük açıklıklarda ve çok sayıda kubbeli cami denemeleri yapılmış olup ulucamiler de dahi örneklerine rastlanılmaktadır (şekil 1-c) (URL-3). Ulucamilerden sonra gelen Osmanlı klasik dönem camileri, mimarının kare formdan çıkarak kible yönünde uzaması ve iki kubbeli cami formu oluşturması şeklinde devam etmektedir (şekil 2-a) (Aydın ve Büyükşahin, 2017).



şekil 2. (a) II. Beyazıt şifahanesi Kllyesi, (b) Edirne Selimiye Cami

Klasik dönemden sonra Osmanlı camileri Mimar Sinan'ın eserleri ile kendi kimliğini oluşturmuş olup erken dönemdeki "kare form üzerine kubbe" mantığının st ve ileri versiyonları görülmüştür. Yükseklik ve büyük açıklıklar geçmeye elverişli yapı mimarisi Osmanlı dönemi camilerinin önemli bir tasarım kriterini oluşturmaktadır (şekil 2-b) (URL-13). Osmanlı döneminden sonra bir süre Türkiye Cumhuriyeti Dönemi camileri Mimar Sinan camilerinin birer tekrarı şeklinde devam etmiş aynı form ve plan şeması malzeme değişikliğine rağmen korunmak istenmiştir. 20.yydan sonra ise yapı malzemesindeki esneklik ve geniş kullanım imkânları ile değişik form ve strüktürlerde cami tasarımları ortaya çıkmaktadır. (şekil 3) (Aydın ve Büyükşahin, 2017).



şekil 3. (a) Kınalıada Cami, (b) Dolakay'ın Kocatepe Camisi için nerisi, (c) Ankara Batıkent Cami

Camiler geçmişten bugüne dönemsel ve bölgesel olarak farklı plan şeması ve değişik plan tiplerinde inşa edilmiştir. Bölgenin genel kültürü, coğrafi konumu, yapı malzemesi imkânı, teknoloji, iklim vs. gibi etkenler camiler arasında büyük tasarım farkları oluşturan etkenlerdir (Duysak, 2000).

4. Cami Yapılarının Deprem Etkisindeki Davranışı

Türkiye'de yaşanmış olan depremlerde çoğunluğu konut olmak üzere kamu yapıları, oteller, okullar, alışveriş merkezleri ve camiler gibi birçok yapı deprem sonrası ağır hasarlar almıştır. Bu depremler sonucunda ülkemizdeki yığma yapım tekniği ile inşa edilen tarihi yapılarda görülen hasarlar, yapının gevrek davranış göstermesinden kaynaklı düzlem içi ve düzlem dışı yıkımlar ile dayanımının zaman içerisinde azalması nedeniyle oluşmaktadır. Yığma yapı üst üste taş-tuğla ve harç ile dizilerek yapı rijitliğini sağlamış olsa da gevrek davranışı açısından, betonarme veya çelik malzeme ile inşa edilen yapılarla kıyaslandığında, depreme dayanımı çok az olan bir taşıyıcı sistemdir (Şekil 4) (Uzun,2017).



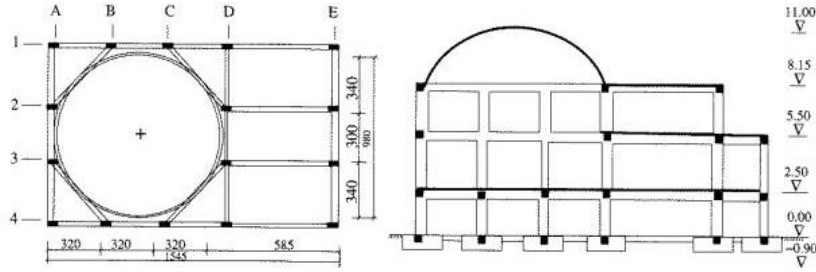
Şekil 4. (a) Malatya Merkez Hacı Yusuf Taş Cami, (b) Malatya Merkez Ulu Cami (URL-4)

Deprem yönetmeliklerinden önce yapılmış ve depremde hasar görmüş birçok caminin yanı sıra son dönemlerde inşa edilmiş ve deprem bölgeleri üzerinde yer alan camiler, hasar tespit düzeyi açısından incelendiğinde, yönetmelikler doğrultusunda tasarlanmamış veya bu hassasiyetle yapılmamış olduğu ve büyük hasar aldığı gerçeği ile karşılaşmıştır (Şekil 5).



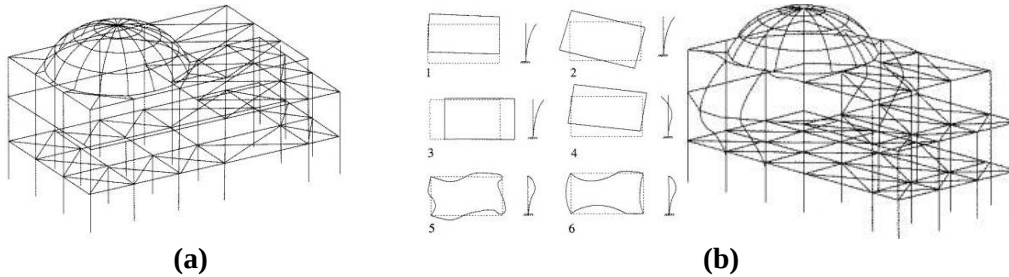
Şekil 5. (a) Elazığ Çatalçeşme Cami (URL-5), (b) Van Erciş Merkez Cami (URL-6)

20. yy'dan sonra betonarme cami mimarisinde en çok karşılaşılan plan şeması geniş bir cemaat alanı ve ek fonksiyonlar için normal kat ve asma kat mekân tasarımlarından oluşmaktadır. Plan düzleminde düzgün bir taşıyıcı aksı oluşturulan caminin kesitindeki kirişlemeler normal katta devam ederken asma kat hizasının bir bölümde kesilerek caminin yüksek tavanlı ve kubbe örtülü cemaat bölümünü oluşturmaktadır (Şekil 6). Bazı cami formlarında merkezi kubbenin çevresi küçük kubbelerle desteklenirken bazıları sade şekilde kullanılmıştır (Şekil 5). Bu yapılarda yüksek kolon kullanılan alanlar döşeme kirişi ile desteklenmediği durumlarda asma kat seviyesinden çevre kiriş sistemi ile yapının rijitliği biraz daha artırılmaya çalışılmaktadır.



Şekil 6. Erzincan Bozyazı köyü camisi plan şeması ve kesiti.

Erzincan Bozyazı köyü camisi örneğinde yapılan incelemede hafif ve orta düzeyli hasarlar gözlenmiştir. Bu hasarların oluşma nedenleri deneyler ve sonlu eleman hesaplarıyla tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapının üç boyutlu modeli üzerinden Erzincan depreminin spektral değerlerinin yapıdaki dinamik etkileri sonucunda meydana getirdiği deprem hareketleri incelenmiştir (Şekil 7) (Celep ve Özcan,1993).



Şekil 7. (a) Erzincan Bozyazı Köyü Cami taşıyıcı sistem ve kirişleme modeli, (b) Erzincan Bozyazı Cami dinamik etkiler altındaki modları ve taşıyıcı sisemde meydana getirdiği davranışı

Serbest titreşim periyotlarından elde edilen modlar görsel verilerle desteklenerek hareket şekilleri yorumlanmıştır. Yatay düzlemde kısa ve hafif dönmeler ile yapı rijitlik ve simetri eksenlerindeki ötelemeler gözlenmiş olup düşey düzlemde bu etkilerin temelden yukarıya doğru iletildiği ve ilave büküm noktalarıyla farklı rijitlik merkezleri oluştuğu tespit edilmiştir. Deneyler

ışığında deprem sonrasında yapının kolon kiriş birleşim detaylarında oluşan orta ve hafif düzeyli çatlakları açıklayan zayıflıklara ulaşılmıştır. Yapıda donatı miktarının yetersiz seviyede kullanılması ve betonarme yapı malzemesinin kalitesiz tercih edilmesi, bu yapının depremden hasar almasına sebep olmuştur (Şekil 7) (Celep ve Özcan,1993). Ayrıca yapılarda yanal rijitliği sağlamak ve katlar arası oluşan rölatif deplasmanı azaltmak için yeterli ve simetrik olarak perde duvarların yerleştirilmemesi de önemli bir hasar nedenidir. Bu açıdan taşıyıcı elemanlar arasında kullanılan perde duvarlar, deprem dalgalarıyla gelen yanal ve rölatif deplasmanları binanın merkezi enerji ağına bağlamaları sebebiyle bu tür büyük kütleli yapılarda daha sıklıkla tercih edilmelidir (Bayülke, 2020).

Betonarme malzeme ile inşa edilmiş cami yapılarının deprem sonrasında aldığı hasarlar incelendiğinde hafif çatlaklar ve bölgesel göçük tespitleri dışında yapının tasarımı sırasında taşıyıcı sistemin iyi düzenlenmemiş olması, ekonomik sebeplerden kaynaklı yapıda kalitesiz ve yetersiz mukavemette malzeme kullanımı, konstrüksiyondan kaynaklı hatalar (donatı ve beton tutuculuğundaki uyum) ve statik-betonarme hesap hataları olmak üzere sıralanabilmektedir (Şekil 8-a) (Ersoy, 1993).

2019'da Marmara Denizi merkezli gerçekleşen 5.8 büyüklüğündeki deprem sonrasında İstanbul Avcılar merkezinde bulunan Hacı Ahmet Tükenmez Caminin minaresi tamamen yıkılarak ağır hasar oluşmuştur. Donatı malzemesinin yetersiz kullanılmasından kaynaklı yapı hasarı olduğu görülmüştür (Şekil 8-b).



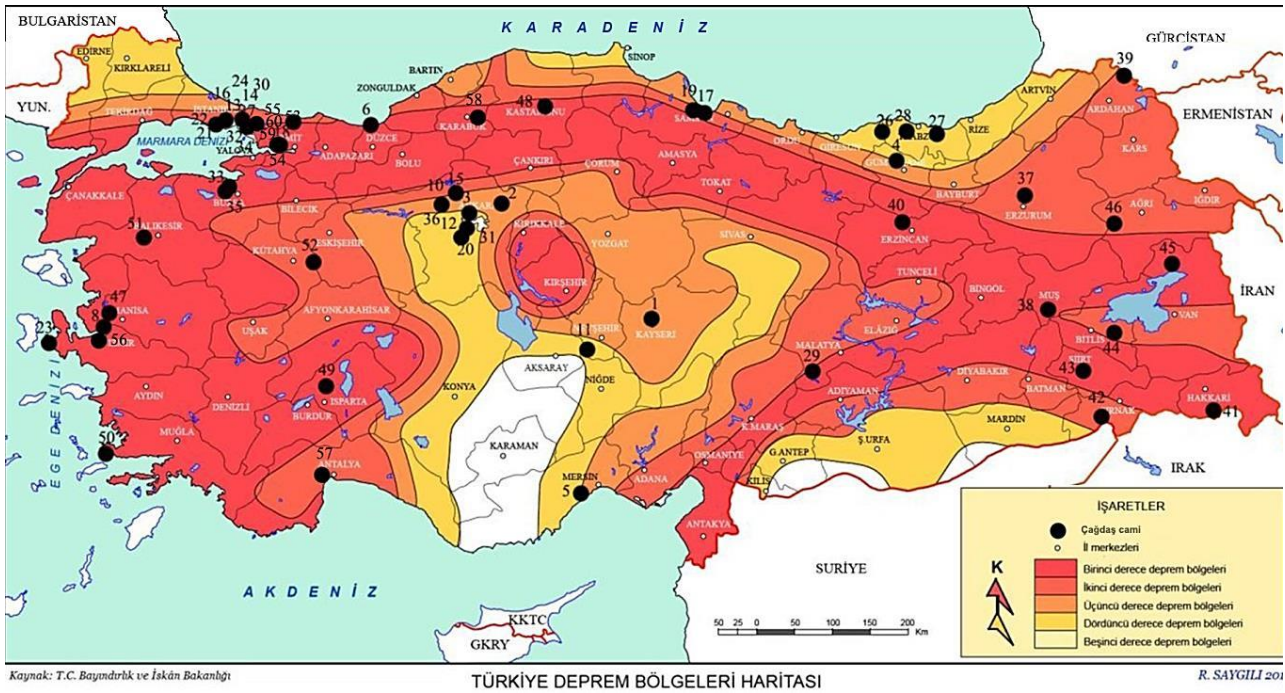
Şekil 8. (a) İstanbul Silivri Semizkuşlar Camisi, (b) İstanbul Avcılar Hacı Ahmet Tükenmez Cami

5. Türkiye'de İnşa Edilen Farklı Formlardaki Çağdaş Camilerin Depreme Dayanıklı Tasarım İlkeleri Kapsamında İncelenmesi

Türkiye Kuzey Anadolu Fay Hattı, Doğu Anadolu Fay Hattı ve Batı Anadolu Fay Hattı olmak üzere 3 büyük fay hattı üzerinde bulunmaktadır. Fay hareketleri ile oluşan depremlerin mimari tasarım kararları üzerindeki etkileri incelendiğinde yapıların daha sağlam ve çeşitli yüklere

dayanıklı tercih edildiği gözlenmektedir (Gündoğan ve Karimzadeh, 2019). Kullanım açısından mimari tasarımın farklılık gösterdiği yapılarda taşıyıcı sistem kararı ve malzeme seçimi de değişkenlik göstermektedir. Geçmişte yaşanan depremler ile meydana gelen hasarlar ve göçükler, ibadet ve inancın simgesi haline gelmiş olan camilerde yaşandığı zaman toplum bilincini olumsuz etkilemektedir. İbadetlerin topluca yapıldığı ve bu yüzden geniş açıklıklı mekânlara ihtiyaç duyulan camilerde alınan tasarım kararları, depremin etkin bir faktör olması ile şekillenmektedir.

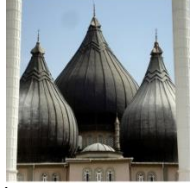
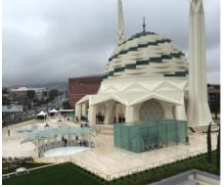
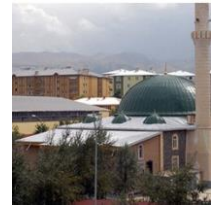
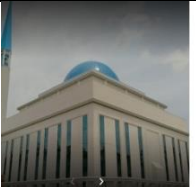
Camiler yerel malzeme ve bölgesel imkânlar doğrultusunda farklı form oluşturma olanakları sağlamaktadır. Bulunduğu coğrafi konum açısından deprem bölgesinde bulunan camiler deprem yönetmeliğinden sonra farklı yapı sistemleri ile karşımıza çıkmaktadır. Deprem bölgelerinde inşa edilen farklı formlardaki camilerin tespiti amacı ile öncelikle 20. yy ve 21. yy'da inşa edilmiş çağdaş camiler tespit edilerek Türkiye Deprem haritası üzerindeki yerleri işaretlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Türkiye'de inşa edilen farklı formlardaki çağdaş camiler (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

Türkiye deprem haritasında en risksiz alan beyaz ton (5. derece deprem bölgesi) ile gösterilirken risk oranının en yüksek olduğu bölge kırmızı (1. derece deprem bölgesi) ile renklendirilmiştir (Şekil 9). Deprem bölgelerinde inşa edilmiş farklı formlardaki camilerin incelenmesi amacı ile harita üzerinde yerleştirilmiş 60 adet farklı çağdaş cami tespit edilmiştir. Bulunan camiler çerisinden 5. ve 4. derece deprem bölgesi sınırlarında yer alan camiler elenerek listeleme yapılmıştır. Harita üstünde yüksek riskli deprem bölgesinde yer alan modern camilerin literatür taraması yapılarak kurum bilgilerine ulaşılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Riskli deprem bölgesindeki çağdaş camiler

				
Düzce Akçakoca Merkez Cami (6 No'lu)	İstanbul Mehmet Çavuş Cami (7 No'lu)	İzmir Egekent Merkez Cami (8 No'lu)	Esenler Cumhuriyet Cami (9 No'lu)	Ankara Etimesgut Cami (10 No'lu)
				
İstanbul Refiye Soyak Cami (12 No'lu)	İstanbul Şakirin Cami (14 No'lu)	Ankara Doğramacıade Cami (15 No'lu)	İTÜ Abdülhakim Sancak Cami (16 No'lu)	Samsun Merkez Site Cami (17 No'lu)
				
Gebze Kocaeli GOSB Cami (18 No'lu)	İstanbul Esenler Semazen Cami (22 No'lu)	Alaçatı Süreyya-Muzaffer Baskıcı Cami (24 No'lu)	İstanbul Yeşilvadi Cami (30 No'lu)	İstanbul Marmara İlahiyat Cami (32 No'lu)
				
Bursa Buttım Cami (33 No'lu)	İstanbul Kınalıada Cami (34 No'lu)	Bursa Eyüp Yıldız Cami (35 No'lu)	Ankara Batıkent Cami (36 No'lu)	Erzurum Nişancı Cami (37 No'lu)
				
Muş Alparslan Üniv. Cami (38 No'lu)	Erzincan Terzibaba Cami (40 No'lu)	Ağrı Merkez Ulu Cami (46 No'lu)	Manisa Yarhasanlar Cami (47 No'lu)	Kastamonu Olukbaşı Cami (48 No'lu)
				
Isparta Pazar Cami (49 No'lu)	İstanbul Dumlukaya Cami (53 No'lu)	Kocaeli Deva Ulu Cami (54 No'lu)	Balıkesir Kudüs Cami (51 No'lu)	İstanbul Medine Mescidi (55 No'lu)
				
İzmir Gaziemir Sultan Yeni Cami (56 No'lu)	Antalya Hacılar Mehmet Gebizli Cami (57 No'lu)	Karabük Safranbolu Dizdar Cami (58 No'lu)	İstanbul Sancaklar Cami (59 No'lu)	İstanbul Esenler Ashab-ı Kiram Cami (60 No'lu)

Anadolu'da 20.yy'dan sonra inşa edilen camiler mimari açıdan birbirinden farklılıklar gösterdiği ve mimarların geçmiş dönemlere göre yeni bir form arayışında olduğu gözlemlenmiştir. Kubbe, minare, mihrap, minber, vaaz kürsüsü ve avlu gibi geleneksel cami elemanları fonksiyon açısından sabit tutularak oluşturulan farklı tasarımlar form, bulunduğu çevre ile fonksiyon ilişkisi ve mekân organizasyonu gibi etkenlerle birbirinden ayrılmaktadır. Bu bağlamda deprem bölgelerinden alınan çağdaş cami örnekleri incelendiğinde temel değişikliklerin tasarımın üst örtü ve cephe kaplama malzemesi seçimlerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Türkiye'de çağdaş camilerin tasarım arayışı üst örtü başlığıyla incelendiğinde geleneksel kubbe mantığından ayrışarak dört çeşit örtü sistemi ile tasarımlar yapıldığı görülmektedir. Bunlar (i) geleneksel üst örtüye bağlı kalınan kubbe tasarımları, (ii) piramidal üst örtü, (iii) düz çatılı yapılar ve (iv) değişik geometriler aracılığıyla oluşturulan üst örtü tasarımlarıdır. Geleneksel kubbeden uzaklaşmadan yapılan camiler, günümüz teknolojisi ve kabuk yapı sistemi ile inşa edilmekte olup cami tasarımında modern bir dil oluşturmaktadır. Kubbenin kolon-kiriş sistemi ile desteklendiği, ayak veya taşıyıcı desteği almadan zemine yerleştirildiği ve şeffaf yapı malzemesinin sıklıkla kullanılarak yapı formunu tamamladığı tasarımlar görülmektedir. Kubbe formuna bağlı kalınarak çağdaş bir çizgi yakalayan cami gurubunun örnekleri arasında Esenler Cumhuriyet Cami, Egekent Merkez Cami, Şakirin Cami, İTÜ Abdulhakim Sancak Cami, Samsun Merkez Cami, GOSB Cami, Yeşilvadi Cami, Marmara İlahiyat Cami, Ağrı Merkez Ulu Cami, Balıkesir Kudüs Cami bulunmaktadır.

Piramidal (ziggurat) üst örtü gurubunda ise gelenekselden tamamen koparılarak düz ve keskin hatlar tercih edilmiştir. Ziggurat çatı sisteminde kare dikdörtgen mekân üzeri sıralı ve küçülen teras sistemi ile birbirine bağlanmıştır. Aşğıdan yukarıya doğru daralan teraslar arasındaki düşey duvarlara yapılan açıklıklar ile kademeli doğal aydınlatma sağlanmıştır. En bilindik piramidal (ziggurat) üst örtü formu ile inşa edilmiş cami yapıları TBMM Cami ve Bursa Buttım Camileridir.

20. yy sonrası cami formlarında gidilen farklı üst örtü gurubundan bir diğeri ise düz plak çatılardır. Yatay taşıyıcılar arası açıklıklar ile aydınlatma sağlanan düz plak sistemlerde tasarım eski dönemlerdeki düz çatılı yapı tarzından esinlenilerek alınmıştır. Pratik ve hızlı inşaat imkânı sağlayan tasarım az sayıda kişiye ekonomik çözüm sunabilmek amacı ile tercih edilmiştir. Etimesgut Cami, Deva Ulu Cami ve Sancaklar Cami bu gurup içerisinde değerlendirilen cami tasarımlarıdır (Akbulut ve Erarslan, 2017).

Çokgen veya kırık piramidal olarak değerlendirilen dördüncü grup üst örtü biçimi ise farklı formdaki çağdaş cami tasarımında en çok tercih edilen seçenek olarak görülmüştür. Hiperbolik

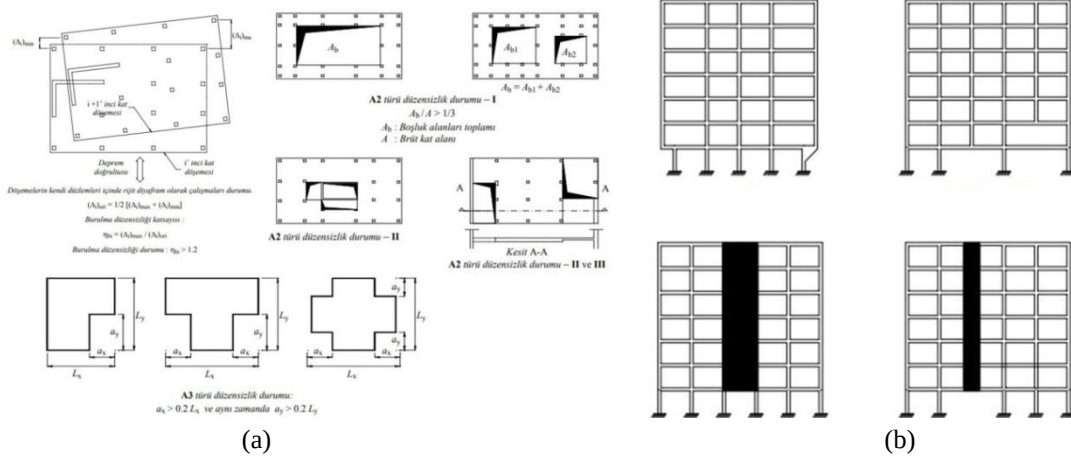
parabolik sistem olarak da adlandırılan tasarım gurubunda belirlenen geometrik çizginin tekrar ve sürekliliği ile estetik bir dil oluşturulmaya çalışılmıştır. Çokgen ve kırıklı geometrik formlarda oluşan camiler liste üzerinden incelenen Akçakoca Merkez Cami, Derinkuyu Park Cami, Esenler Semazen Cami, Hacı Mehmet Gebizli Cami, Kınalıada Cami, Eyüp Yılmaz Cami ve Batıkent Cami örnekleridir.

İncelenen çağdaş camiler farklı form ve özelliklerde olup değişik yapı ve süsleme malzemesi tercih edilerek inşa edilmiştir. Teknolojinin ilerlemesi ile yapı cephesinde kullanılan malzemelerin esnek ve her yüzeye uyumlu üretilebilmesi, camiler için de tercih edilerek kullanılmıştır. İncelenen örneklerin büyük çoğunluğu betonarme yapı malzemesi ile inşa edilmiştir. Dış cephede ise çoğunlukla kompozit yapı malzemesinin tercih edildiği gözlemlenmiştir. En az iki farklı yapı malzemesinin makro boyutlarda birleşimi sonucu üretilen bu malzeme esneklik, hafiflik, dayanım ve ekonomik açıdan elverişli olup yapıya süneklik kazandıran bir malzemedir. Form etkisini desteklemekle birlikte yapıya tasarım katmak için de tercih edilen kompozit malzemesi çok esnek ve uzun ömürlü kullanım imkânı sağlamaktadır. Camilerin iç mekân malzeme tercihlerinde ahşap malzeme, brüt beton ve metal kaplama detaylarından yararlanılmıştır. Cami yapısının genelinde ise cam yapı ve süsleme malzemesi tercih edilmiştir. Doğal aydınlatmanın yanında süsleme ve kırıklı yapı formlarını destekleyici şeffaf malzeme olarak sıklıkla cam kullanılmıştır (URL-7).

6. Alan Çalışması ve Değerlendirme

Betonarme yapıların deprem etkisindeki hareketleri incelendiğinde yapının plan ve kesit şemaları üzerinde düzenli bir taşıyıcı sisteme sahip olmaları sürdürülebilirliklerinde önemli bir faktör oluşturmaktadır. Düzensiz binalar, depreme karşı performansı iyi olmayan bina olarak tanımlanabilir ve tasarımda göz ardı edilen düzensizlikler sebebiyle binaların kararlı yapısı bozulur, yatay kuvvetlere karşı savunmasız hale gelir (İlerisoy, 2019). Bu sebeple olabildiğince düzensizliğe sebep oluşturacak tasarımlardan ve uygulanmalardan kaçınmak gerekir. Binaların deprem etkileri altındaki davranışlarının belirlenmesinde ve deprem güvenliklerinin değerlendirilmesinde ise Deprem yönetmelikleri yönlendirici teknik şartnameler olup plan düzleminde (A) ve Düşey Düzlemde (B) gerçekleşen düzensizlikleri tanımlamaktadır. Türkiye'nin güncel deprem yönetmeliğindeki düzensizlik tanımları ise aşağıdaki gibidir (Şekil 10) (TBDY, 2018);

- A1 Düzensizliği (Burulma Düzensizliği);** iki deprem kuvvetinin birbirine dik gelerek yapının herhangi bir yerindeki en büyük ortalama görelî ötelemesinin aynı doğrultudaki en küçük görelî ötelemesine oranının 1/2'den fazla olması durumudur.
- A2 Düzensizliği;** Yapının döşemesindeki boşluklu geçişlerin yapının toplamına oranının 1/3'ten fazla olması durumunda döşeme süreksizlikleri olarak adlandırılacak bozukluklar oluşmaktadır.
- A3 Düzensizliği;** Plandaki her iki aksta oluşturulan çıkmalar yapının yüzey alanından %20 fazla ise yapıda düzensizliklere neden olmaktadır.
- B1 Düzensizliği (Dayanım Düzensizliği-Zayıf Kat);** Yapının alt etkili kesme alanının üst etkili kesme alanına oranı 0.8'den düşük olanlar için geçerli olan düzensizliklerdir.
- B2 Düzensizliği (Rijitlik Düzensizliği-Yumuşak Kat);** Birbiri ile aynı doğrultuda gelen iki deprem yükünün katlar arasında farklı dayanımlarda dengelenmesi durumudur. Alt ve üst kattaki görelî kat ötelemesi oranının 2'den fazla olması durumudur.
- B3 Düzensizliği;** Taşıyıcı sistem düşey elemanların düzensiz şekilde yerleştirilmesinden kaynaklanan bozukluklardır.



Şekil 10. Yönetmeliğe göre yatayda (a) ve düşeyde (b) oluşan kat düzensizlikleri şeması

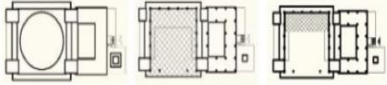
Cami yapılarında tasarımcıların kendi dilini oluşturma çabası, yapının üst örtüsünde ve cephesinde farklı sistem ve şekil tercihleri ile kendini göstermektedir. Kare, dikdörtgen, belirsiz şekilli veya değişik geometrik şekiller üzerine oturtulan yapı tasarımları, birbirinden farklılık gösteren taşıyıcı sistem kurguları ile inşa edilerek çeşitli yapı formlarını oluşturmaktadır. Bu bağlamda 1999 Marmara depremi sonrasında inşa edilmiş, yüksek riskli deprem bölgesindeki camiler hakkında literatür taramaları yapılarak yapı hacimleri, plan şemaları ve üst örtü tipleri bilgilerine ulaşılmıştır. Bu modern camiler içerisinde farklı plan kurguları üzerine oturtulan;

onikigen plan şekli ile Marmara İlahiyat Cami, sekizgen plana sahip Kudüs Cami, dairesel plan şeması ile Yeşil Vadi Cami, değişken geometrik şekillerde inşa edilmiş olan Sancaklar Cami, Akçakoca Cami, Gaziemir Sultan Cami ve Hacı Mehmet Gebizli Camileri incelenmiştir. Ayrıca kare plana sahip olmasına rağmen taşıyıcı sistem ve cephe malzemesi kararları ile birbirinden farklılık gösteren GOSB Cami, Şakirin Cami, Semazen Cami tasarımları hakkında veriler toplanmıştır. Seçilen bu 10 caminin Türkiye deprem yönetmeliğinde belirtilen yatayda ve düşeyde bulunan düzensizlik durumlarına göre incelenerek tablolar oluşturulmuştur.

6.1. GOSB Cami Analizi

Gebze Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan caminin inşaatı 2015 yılında tamamlanmıştır. 6.419 m² inşaat alanına oturan caminin ibadet alanı 1.600 m², ana mekânın üzerini kaplayan kubbe çapı 28,10 metre ve yüksekliği ise 23 metredir (Tablo 2).

Tablo 2. GOSB Cami Analiz Tablosu

GOSB CAMİ (Gebze-Kocaeli/2015)		
Caminin Plan Şeması		Kare Tipi Plan Şeması
Caminin Üst Örtü Tipi		Merkezi Tek Kubbe Üst Örtü
Cephede Etkin Malzeme Çeşidi		Kompozit Cephe Kaplaması
Taşıyıcı Sistem Tipi		Betonarme Yapı
Deprem Faktörüyle İncelenmesi	A2 Düzensizliği- Döşeme Düzensizliği	Yapıda geniş cemaat alanı oluşturmak amacı ile oluşturulan kirişleme, kubbenin alt kısmında kesintiye uğramıştır. Plan şemasına göre yapının büyük bir bölümünü oluşturan boşluk 1/3 oranından büyük olduğu için yapıda döşeme süreksizliği gözlenmektedir.
	A3 Düzensizliği- Planda Çıkıntılar Olması Durumu	Bina düz kare zemin üzerine oturmakta olup avlu olarak bağımsız bir revak şeması mevcuttur. Bina kütesine bitişik çıkıntılar bulunmamaktadır.
	B1 Düzensizliği- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	Ana mekânda hanımlar mahfili kolonları ile zemin kat kolonlarının yükseklikleri aynı olarak gözlenmektedir. Ancak kolonların devamında kubbeyi taşıyan düşey taşıyıcıların boyunun kısa olduğu gözlenmiştir. Bunun zayıf kat sorununa sebep olabileceği düşünülmektedir.
	B2 Düzensizliği-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Yumuşak Kat)	Hanımlar Mahfili ile ara kat oluşturduğu için zemin kat ile üst kat arasında dolu-boş farkı oluşmaktadır. Yumuşak Kat sorununa sebep olabileceği düşünülmektedir.
	B3 Düzensizliği-Düşey Eleman Süreksizliği	Yapıda düşey eleman süreksizliği gözlenmemiştir.

Caminin doğusunda yapı kütlesinden ayrılan tek şerefeli minare bulunmaktadır. Ana mekândaki geniş açıklık tek kubbe ile sağlanmış olup kısa kolonlar üzerindeki platforma oturtulmuştur. Buradaki kolonların deprem etkisiyle zayıf kat ve yumuşak kat oluşturma ihtimalleri olduğu gözlemlenmiştir.

2185 kişinin aynı anda ibadet edebildiği kare planlı camide karenin köşelerinde yer alan merdivenler aracılığı ile bodrum katlara ve üst kattaki U şeklinde kadınlar mahfiline ulaşılmakta, bu alanlarda yapı kırılganlığı yarıda kesilerek mekân genişletilmeye çalışılmış, döşeme düzensizliği riskine göre değerlendirmeye alınmıştır. Bodrumda abdesthane, tuvalet, gashane ve ayakkabılık bölümlerine yer verilmekte olup yapının taşıyıcı elemanları buradan temellere kadar devam etmektedir. GOSB Camii'nin gösterişli dış cephesine karşın, iç mekânda sadelik ön plandadır. Yapının cephesi çift cidarlı tasarlanmış olup ışığın yapıya ulaşımı dolaylı yoldan sağlanmış, cephedeki geometrik şeffaf desenler ışık ve gölge etkisini güçlendirmiştir (Büyükşahin ve ark., 2018).

6.2. Sancaklar Cami Analizi

2011-2013 yılları arasında İstanbul'un dışında sayılabilecek bir bölge olan Büyükçekmece'de tasarlanan Sancaklar Camii, modern İslami mimarinin en önemli temsilcilerinden biri olarak dikkat çekmektedir. Cami dikdörtgene yakın bir geometriye sahip olup 1300 m² alana oturan sadece ana ibadet mekânından oluşmaktadır. Camide kadınlar mahfili bulunmamakta olup ana mekâna ulaşılan kademeli giriş mekânı, son cemaat mahalli özelliği taşımaktadır. Aynı anda 650 kişiye ibadet imkânı sağlayacak kadar genişlikte olmasına karşın üst örtünün kademeli gitmesi ve döşeme süreksizliğinin olmaması yapının deprem etkisinde dayanımının yüksek olabileceğini göstermektedir.

Varlığını minare ile hissettiren cami araziyle bütünleştiği için deprem yüklerine karşı araziyle bütünleşik hareket edebilmekte ve bağımsız kuvvetlere maruz kalmamaktadır. Cephe analizine göre bir mağara yapısı olarak betimlenebilecek olan cami, yüksek beton ve taş duvar kullanımı ile kendisini ifade etmektedir. İç ve dış mekânda hâkim olan modern ve minimalist cami imgesi aynı zamanda yapının oluşabilecek herhangi bir deprem hasarında önceden tedbir alınabilecek izler verebilecektir (Tablo3) (Akbulut ve Erarslan, 2017).

Tablo 3. Sancaklar Cami Analiz Tablosu

SANCAKLAR CAMİ (İstanbul /2013)		
Caminin Plan Şeması		Dikdörtgene Yakın Plan Şeması
Caminin Üst Örtü Tipi		Düz Plak Üst Örtü
Cephede Etkin Malzeme Çeşidi		Doğal Taş Kaplama ve Betonarme Malzeme
Taşıyıcı Sistem Tipi		Betonarme Yapı Sistemi
Deprem Faktörüyle İncelenmesi	A2 Düzensizliği- Döşeme Düzensizliği	Yapı sadece zemin kattan oluşmakta olduğu ve zemine tamamen oturduğu için döşeme süreksizliği mevcut değildir.
	A3 Düzensizliği- Planda Çıkıntılar Olması Durumu	Yapının merdiven ve kible alanında çıkıntıları mevcut olup bina toplamının %20'sinden az olduğundan dolayı düzensizlik durumu oluşturmamaktadır.
	B1 Düzensizliği- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	Yapıda merdiven basamaklarıyla kademeli bir iniş mevcuttur ancak kat yoktur. Bu yüzden zayıf kat riski de bulunmamaktadır.
	B2 Düzensizliği-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Yumuşak Kat)	Yapıda komşu kat olmadığından dolayı yumuşak kat riski de bulunmamaktadır.
	B3 Düzensizliği-Düşey Eleman Süreksizliği	Yapıda düşey eleman süreksizliği gözlenmemiştir.

6.3. Marmara İlahiyat Cami Analizi

2015 yılında inşa edilen cami önündeki meydan ve alt kattaki kültür merkezi ile birlikte 30.000 m²'lik bir inşaat alanına yayılmıştır. Külliye üçgen bir alana kurulmuş olup üç tarafında konferans salonları ile çevrilmiş durumdadır. Aynı anda 134 kişinin abdest almasını sağlayan abdesthaneler yapının batı bölümünde tasarlanmış olup çeşitli fonksiyonlara sahip olan kompleks caminin ana mekân kütesinin bağımsız bir kubbe ile şekillenmesi açısından rijit bir yapı tasarımı oluşturduğu görülmektedir. Cami binası 5000 kapasiteli iken avlu ile birlikte 10 bin kişiye kadar kullanım imkânı sağlayabilmektedir. Yapı zemin kattan bodruma oluşmakta olup katlar arası geçiş merdivenler ve asansörlerle sağlanmakta olup durum döşeme süreksizliği açısından değerlendirilmiştir.

Onikigen planlı iki kattan oluşan Marmara İlahiyat Camisi her iki katı da kubbe ile örtülü bir plan şemasına sahip olduğundan dolayı yapının katlar arasında yumuşak kat veya zayıf kat oluşturması durumu depremin düşeyde oluşturduğu düzensizlikler kapsamında incelenmiştir. Dış cephesinde esnek kompozit yapı malzemesi kullanılan caminin taşıyıcı sistemi çelik konstrüksiyon ile sağlanmış olup bodrum katta bulunan katlar betonarme kolonlarla desteklenmiştir. On iki ayaktan oluşan taşıyıcılar üçgen dekoratifli konsollara oturan dilimli kemerlere bağlanmaktadır.

Kubbe, 27 m çapında ve 19 m yüksekliğe sahiptir. Dönerek yükselen kubbe formundaki açıklıklardan doğal aydınlatma sağlamakta kalmayıp cami deprem kuvvetleri etkisinde iken sünek bir yapı özelliği katarak kubbedeki yük yayılımını desteklemektedir. (Tablo 4) (Taşdemir ve Erarslan, 2018).

Tablo 4. Marmara İlahiyat Cami Analiz Tablosu

MARMARA İLAHİYAT CAMİ (Üsküdar-İstanbul/2013)		
Caminin Plan Şeması		Onikigen Tipi Plan Şeması
Caminin Üst Örtü Tipi		Merkezi Tek Kubbe Üst Örtü
Cephede Etkin Malzeme Çeşidi		Kompozit Cephe Kaplaması
Taşıyıcı Sistem Tipi		Çelik Konstrüksiyon
Deprem Faktörüyle İncelenmesi	A2 Düzensizliği- Döşeme Düzensizliği	Yapı onikigen plan şemasına sahip olup yapının ana mekânı içerisinde hanımlar mahfili için ara kat bölümü bulunmaktadır. Bu bölüm toplam alanın 1/3'ünden küçük olduğu için döşeme süreksizliği sorunu bulunmamaktadır.
	A3 Düzensizliği- Planda Çıkıntılar Olması Durumu	Bina ana mekânında çıkıntılar bulunmamaktadır
	B1 Düzensizliği- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	Hanımlar mahfilinin olduğu kısımlardaki kolonlarından bağımsız olup birbirini yatay taşıyıcı desteği haricinde etkilememektedir. Bu yüzden zayıf kat riski gözlenmemiştir.
	B2 Düzensizliği-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Yumuşak Kat)	Hanımlar mahfili ayrı kolonlarla desteklendiği için yumuşak kat riski görülmemiştir.
	B3 Düzensizliği-Düşey Eleman Süreksizliği	Yapıda düşey eleman süreksizliği gözlenmemiştir.

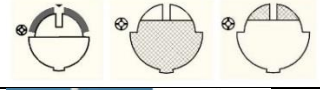
6.4. Yeşilvadi Cami Analizi

İstanbul'da yapılan Yeşilvadi Cami plan şeması açısından bir ibadet mekânı olarak dairesel formun tercih edildiği ilk camidir (Tablo 5).

Yarıçapları arasındaki fark 2,5 m olan iki yarımkürenin birleşimi şeklinde tasarlanan cami standart kubbe formundan etkilenecek yapıya modern bir çizgi kazandırmış, formu gereği deprem yüklerinin yapıdaki dağılımı eşitlenerek yapının düşey düzensizliklerinin önüne geçilmiştir. Büyük kubbenin çapı 25 metre olup iki kubbe arasındaki açıklık cam ile geçilerek doğal aydınlatmanın devamı sağlanmak istenmiştir. Malzeme açısından betonarme kabuk sistem ile yapılmış üzerindeki yarıklar ile açıklıklar ve geçiş fonksiyonları sağlanmıştır. Bu açıklıkların deprem etkisinde oluşturabileceği düşey taşıyıcı eleman süreksizliği etkisi incelenmiş, bütüncül bir yapı oluşturması

ve yeteri kadar taşıyıcı desteği vermesi sebebiyle riskli bulunmamıştır. İç ve dış mekân tamamen mermer kaplama malzemesi kullanılarak kapatılmış olup oluşabilecek deprem hasarını gözlemlemek için elverişli bir kaplama malzemesi olduğu tespit edilmiştir. 2000'lerin modern cami örnekleri arasında en kullanışlı ve görsel açıdan beğenilen camilerinden biridir (Divaneli, 2011).

Tablo 5. Yeşilvadi Cami Analiz Tablosu

YEŞİLVADI CAMİ (Üsküdar-İstanbul/2013)		
Caminin Plan Şeması		Dairesel Tip Plan Şeması
Caminin Üst Örtü Tipi		Merkezi Kabuk Formu Kubbe Tipi
Cephede Etkin Malzeme Çeşidi		Doğal Taş-Mermer Kaplama
Taşıyıcı Sistem Tipi		Betonarme Kabuk Sistem
Deprem Faktörüyle İncelenmesi	A2 Düzensizliği- Döşeme Düzensizliği	Yapı daireysel plan şemasına sahip olup yapının ana mekânı içerisinde hanımlar mahfili için ara kat bölümü bulunmaktadır. Bu bölüm toplam alanın 1/3'ünden küçük olduğu için döşeme süreksizliği sorunu bulunmamaktadır.
	A3 Düzensizliği- Planda Çıkıntılar Olması Durumu	Bina ana mekânında çıkıntılar bulunmamaktadır.
	B1 Düzensizliği- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	Hanımlar mahfilinin olduğu kısımlardaki kolonlarından bağımsız olup birbirini yatay taşıyıcı desteği haricinde etkilememektedir. Bu yüzden zayıf kat riski gözlenmemiştir.
	B2 Düzensizliği-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Yumuşak Kat)	Hanımlar mahfili ayrı kolonlarla desteklendiği için yumuşak kat riski görülmemiştir.
	B3 Düzensizliği-Düşey Eleman Süreksizliği	Yapıda düşey eleman süreksizliği gözlenmemiştir.

6.5. Akçakoca Cami Analizi

Taban alanı 3600 m² olan cami, tek kubbe sistemiyle yapılan camilerin aksine, çağdaş yapı formuyla dikkat çekmektedir. Cami 1800 kişi kapasiteli olup mescit bölümü 900 m²'dir ve şekline rağmen bütüncül ve simetrik bir yapı formu oluşturduğu için rijit bir yapı imkânı sağlamaktadır.

Camide köşegenlerinden oluşan çokgen bir üst örtü kullanılmıştır. Jeodezik yapı kabuğunun köşelerinden inen taşıyıcılar ile zemine oturmakta olup plan şemasında girinti çıkıntı şeklinde bir tasarıma sahiptir. Bu durum A3 düzensizliği ile planda çıkıntılar olması durumuna göre incelenmiştir. Merkezi bir bölgede bulunan caminin ana kütlede ayrı olan alt katı pasaj ve ticari mekân olarak halkın hizmetine sunulmuştur (Tablo 6) (Kap ve Özcan, 2019).

Tablo 6. Akçakoca Camisinin Analiz Tablosu

AKÇAKOCA CAMİ (Akçakoca- Düzce /2004)		
Caminin Plan Şeması		İç-Dış Bükey Sekizgen Tip Plan Şeması
Caminin Üst Örtü Tipi		Jeodezik Kabuk Formu Kubbe Tipi
Cephede Etkin Malzeme Çeşidi		Beton-Sıva Cephe
Taşıyıcı Sistem Tipi		Betonarme Kabuk Sistem
Deprem Faktörüyle İncelenmesi	A2 Düzensizliği- Döşeme Düzensizliği	Yapı zemin kat üstü kabuk sistem olduğundan dolayı kat bölmesi bulunmamaktadır. Bu yüzden döşeme süreksizliği durumu da yoktur.
	A3 Düzensizliği- Planda Çıkıntılar Olması Durumu	Bina plan şeması açısından düz bir sekizgenin her kenarından çıkıntı yapılmış gibi bir forma sahiptir. Ancak bu çıkıntılar simetrik olduğu için bina rijitliğini korumaktadır. Çıkıntıların toplam alanın %20'sinden fazla olması durumundan dolayı A3 düzensizliği ihtimali olabilir.
	B1 Düzensizliği- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	Yapı tek kattan oluştuğu için zayıf kat riski görülmemiştir.
	B2 Düzensizliği-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Yumuşak Kat)	Yapı tek kattan oluştuğu için yumuşak kat riski görülmemiştir.
	B3 Düzensizliği-Düşey Eleman Süreksizliği	Yapıda düşey eleman süreksizliği gözlenmemiştir.

6.6. Şakirin Cami Analizi

Şakirin Camii, İstanbul – Üsküdar'daki Karacaahmet Mezarlığı girişinde yer alan camidir. Cami adını Arapçada ‘‘müteşekkîr’’ anlamına gelen Şakirin'den almıştır. Cami bir kubbe formunun modern dille tekrar yorumlanmasıyla tasarlanmıştır. Yapı dışarıdan iç mekânın görülebildiği geniş açıklıklara sahip olup bina yükü kabuğu taşıyan 4 ayak üzerine doğrudan aktarılmaktadır. Bu sayede hem geniş açıklıklar geçilerek ara kolonsuz büyük mekânlar oluşması sağlanmış hem de bu yüklerin deprem kuvvetleri karşısında temele aktarımı sağlanmıştır. Caminin 10.000 m² alanı ve 500 kişilik kapasitesi vardır.

Avluda 3 ana giriş bulunmakta olup iç kısımda bulunan revaklar kemerli değildir ve kalın beton kiriş ile kolonlardan tasarlanmıştır. Revak üst örtüsündeki 24 adet kubbe, cami ana kubbesindeki kabuk formuna benzer formda yapılmış olup revakta kullanılan kalın kolonlu ve kirişli taşıyıcı elemanları ile sismik performansı düşürecek zayıf kolon-güçlü kiriş etkisinin de önüne geçilmiştir (Tablo 7) (URL-8).

Tablo 7. Şakirin Camisinin Analiz Tablosu

ŞAKİRİN CAMİ (Üsküdar-İstanbul /2013)		
Caminin Plan Şeması		Kare Tipi Plan Şeması
Caminin Üst Örtü Tipi		Kubbe Kabuk Formu Üst Örtü Tipi
Cephede Etkin Malzeme Çeşidi		Alüminyum Selçuk Dökme- Cam Cephe
Taşıyıcı Sistem Tipi		Betonarme Kabuk Sistem
Deprem Faktörüyle İncelenmesi	A2 Düzensizliği- Döşeme Düzensizliği	Yapı zemin kat üstü kabuk sistem olduğundan dolayı kat bölmesi bulunmamaktadır. Bu yüzden döşeme süreksizliği durumu da yoktur.
	A3 Düzensizliği- Planda Çıkıntılar Olması Durumu	Bina ana mekânında çıkıntılar bulunmamaktadır.
	B1 Düzensizliği- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	Yapı tek kattan oluştuğu için zayıf kat riski görülmemiştir.
	B2 Düzensizliği-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Yumuşak Kat)	Yapı tek kattan oluştuğu için yumuşak kat riski görülmemiştir.
	B3 Düzensizliği-Düşey Eleman Süreksizliği	Yapıda düşey eleman süreksizliği gözlenmemiştir

6.7. Semazen Cami Analizi

Esenler İlçesinde yenilikçi bir mimari tarz ile tasarlanan caminin oturma alanı 105 m² olup toplamda 145 m²'lik bir inşaat alanına sahiptir. Caminin alt katında erkek ibadet salonu ve üst kadın mahfili için asma katı bulunan bloktan oluşmaktadır. Bu bloğa üst saçak ile bay ve bayan abdesthane bağlanmıştır. 10 m x 8,4 m ebadında bir oturumu ile tek bir kütle olarak düşünülen caminin göğe açılı yükselen minaresi ve abdest bölümünün üzerinden uzayan saçığıyla bütüncül bir tasarım formu tercih edilmiştir.

Cami formunun bütüncül ve kare plan şemasına sahip olması rijit bir yapı özelliği göstermesinde etkili olmuştur. Alana yayılımda araç trafiğinin yoğunluğuna bağlı olarak azalan yaya sirkülasyonunu kendi çevre aksı içerisinde toplayarak bir pasaj oluşturmuştur. Bu pasajda toplanan kullanıcılar buradan ibadet mekânlarına geçebilmektedir. Yapıda alınan tasarım kararı teknolojik imkânlar ile deprem faktörüne uyumlu şekilde alınmış olup Hz. Mevlana'ya dayanmaktadır. Modern cami, sema eden semazenlerin sağ eli yukarıya sol eli aşağıya bakacak şekilde yorumlanan ve diğer mekânların toprağa entegrasyonu sağlanan bir felsefede inşa edilmiştir (Tablo 8) (URL-8).

Tablo 8. Semazen Camisinin Analiz Tablosu

SEMAZEN CAMİ (Esenler- İstanbul /2014)		
Caminin Plan Şeması		Kare Tipi Plan Şeması
Caminin Üst Örtü Tipi		Düz Eğimli Üst Örtü Tipi
Cephede Etkin Malzeme Çeşidi		Kompozit Cephe Kaplaması
Taşıyıcı Sistem Tipi		Betonarme Taşıyıcı Sistem
Deprem Faktörüyle İncelenmesi	A2 Düzensizliği- Döşeme Düzensizliği	Yapı zemin kat üstü düz örtü olduğundan dolayı kat bölmesi bulunmamaktadır. Bu yüzden döşeme süreksizliği durumu da yoktur.
	A3 Düzensizliği- Planda Çıkıntılar Olması Durumu	Bina ana mekânında çıkıntılar bulunmamaktadır.
	B1 Düzensizliği- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	Yapı tek kattan oluştuğu için zayıf kat riski görülmemiştir.
	B2 Düzensizliği-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Yumuşak Kat)	Yapı tek kattan oluştuğu için yumuşak kat riski görülmemiştir.
	B3 Düzensizliği-Düşey Eleman Süreksizliği	Yapıda düşey eleman süreksizliği gözlenmemiştir.

6.8. Kudüs Cami Analizi

Balıkesir’de inşa edilen caminin mimarisi Müslüman âlem için çok önemli olan ve Arapların ilk kubbeli camisi şeklinde tasarlanan Kudüs’teki Kubbet-ül Sahra cami ile birebir aynı yapılmıştır. İç-dış mimari özellikleriyle Kudüs kültürü ve İslam âleminin etkilerini taşıyan caminin yapımı 2019’da bitmiştir. Kudüs cami, Kubbet-ül Sahra’nın 22x9’luk küçültölmüş şekliyle inşa edilmiş ve yapının taşıyıcı malzemesi betonarme olarak tercih edilmiştir. Yüksekliği 15.6 metredir ve minaresi 17,5 metre yüksekliğe sahiptir.

Plan şeması açısından düzgün sekizgen forma sahip olup planda simetri ve rijitliği yakalamıştır.İç mekânda kadınlar mahfili asma kat üzerinde yer almaktadır. Asma kat düşey taşıyıcı elemanlar ile kirişleme yaparak kolon boylarını farklı yüksekliklerde kestiğinden dolayı düşeyde deprem düzensizliği başlığında incelemeye alınmıştır. Doğal taş kaplaması ve çini kaplamalar ile cephe tasarımı açısından Kubbet-ül Sahra camisi’nin mimari görünüşüne benzemektedir (Tablo 9) (URL-10).

Tablo9. Kudüs Camisinin Analiz Tablosu

KUDÜS CAMİ (Balıkesir Karesi /2019)		
Caminin Plan Şeması		Düzgün Sekizgen Tip Plan Şeması
Caminin Üst Örtü Tipi		Kubbe Üst Örtü Tipi
Cephede Etkin Malzeme Çeşidi		Doğal Taş Cephe Kaplaması
Taşıyıcı Sistem Tipi		Betonarme Taşıyıcı Sistem
Deprem Faktörüyle İncelenmesi	A2 Düzensizliği- Döşeme Düzensizliği	Yapıda ana mekân düz tabanlı olduğu halde hanımlar mahfili oluşturmak amacı ile ara kat yapılmıştır. Bu yüzden kirışleme kubbenin alt kısmında kesintiye uğramıştır. Plan şemasına göre yapının büyük bir bölümünü oluşturan boşluk kat planının 1/3 oranından büyük olduğu için yapıda döşeme süreksizliği gözlenmektedir.
	A3 Düzensizliği- Planda Çıkıntılar Olması Durumu	Bina ana mekânında çıkıntılar bulunmamaktadır.
	B1 Düzensizliği- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	Ana mekânda hanımlar mahfili kolonları ile zemin kat kolonlarının yükseklikleri aynı olarak gözlenmektedir. Ancak kolonlar hanımlar mahfili döşemesine giriş yapmış olup buradaki düşey taşıyıcıların boyunun kısa olduğu gözlenmiştir. Bunun zayıf kat sorununa sebep olabileceği düşünülmektedir.
	B2 Düzensizliği-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Yumuşak Kat)	Hanımlar Mahfili ile ara kat oluşturulduğu için zemin kat ile üst kat arasında dolu-boş farkı oluşmaktadır. Yumuşak kat sorununa sebep olabileceği düşünülmektedir.
	B3 Düzensizliği-Düşey Eleman Süreksizliği	Yapıda düşey eleman süreksizliği gözlenmemiştir.

6.9. Gaziemir Sultan Cami Analizi

İzmir’de inşa edilen modern cami kompleksinin kendine has tasarımı ile dikkat çekmesinin yanında yapımında çelik konstrüksiyon kullanılarak teknolojik yapı malzemesi kullanılmasından dolayı örnek bir eserdir. Birçok ortak alan kullanımı için tasarlanmış olan kompleks, müftülük hizmet birimi, misafirhane ve iki lojmanı da beraberinde planlanmıştır ancak yapının ana kütlesi sadece ibadet amaçlı kullanım için ayrılmıştır. Tasarım felsefesi yapı kabuğunda secde imgesi ile tanımlanırken İslam’ın 5 şartı ile büyük yapı bloğu, imanın 6 şartı ile de kolonlar simge elemanı olarak kullanılmıştır. Şeffaf minare ve geniş açıklıklar ile doğal aydınlatma desteklenmiş olup, yapının plan şemasındaki çıkıntılardan kaynaklı gözlenebilecek yatayda düzensizlikler incelenmiş, bu çıkmaların derz boşluklar ile desteklendiği gözlemlenmiştir. 2000 m² alana oturan kompleksin yapı kabuğu alışılmışın dışında olsa da deprem ile gelen yüklerin temele kadar inmesine imkân sağlayan bir esneklikte ve malzemede inşa edilmiştir (Tablo 10) (URL-11).

Tablo 10.Gaziemir Sultan Camisinin Analiz Tablosu

GAZİEMİR SULTAN CAMİ (İzmir Gaziemir /2019)		
Caminin Plan Şeması		Değişken Dikdörtgen Tip Plan Şeması
Caminin Üst Örtü Tipi		Eğrisel Çelik Üst Örtü Tipi
Cephede Etkin Malzeme Çeşidi		Kompozit Cephe Kaplaması
Taşıyıcı Sistem Tipi		Çelik Konstrüksiyon
Deprem Faktörüyle İncelenmesi	A2 Düzensizliği- Döşeme Düzensizliği	Yapı düzensiz dikdörtgen plan tipinde olmakta olup iç mekânda ara kat olarak hanımlar mahfili bulunmaktadır. Bu alan plan şemasındaki iç kolonlar hizasına kırıışlendiğinden dolayı taşıyıcıyı bölmemektedir. Ayrıca genel alanın 1/3'ü oranından büyük olmadığı için döşeme süreksizliği görülmemektedir.
	A3 Düzensizliği- Planda Çıkıntılar Olması Durumu	Bina ana mekânında çıkıntılar bulunmaktadır ancak bu çıkıntılar kendi içerisinde derzler ile ayrıldığı için A3 düzensizliği durumu gözlenmemektedir.
	B1 Düzensizliği- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	Yapı çelik malzeme ile bütünsel bir forma sahip olduğundan dolayı zayıf kat düzensizliği durumu gözlenmemektedir.
	B2 Düzensizliği-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Yumuşak Kat)	Katlar arasında bölücü kırıışlemeler bulunmamaktadır. Bu yüzden yumuşak kat sorunu gözlenmemektedir.
	B3 Düzensizliği-Düşey Eleman Süreksizliği	Yapıda düşey eleman süreksizliği gözlenmemiştir.

6.10. Hacı Mehmet Gebizli Cami Analizi

Antalya'nın Muratpaşa ilçesinde yer alan cami küçük bir mescit olarak tasarlanmış olup cami olarak kullanılmıştır. Farklı formu ve ince bir tasarım anlayışı olan cami düz bir zemine oturan kabuk formunda tasarlanmıştır. Alışılmış kubbe formundan sıyrılarak jeodezik bir form yakalayarak plan şemasında oluşturduğu simetrik çözüm yapıya rijitlik sağlamıştır. Yapı kütlesi altıgen plan şemasına sahiptir ve taşıyıcı sistem yapının köşelerinde sıralanmıştır. Kabuk ve taşıyıcı elamanlar haricinde cami duvarları şeffaf cam malzeme ile geçilmiştir. Bir adet minaresi bulunan caminin şadırvanı alt katta olup bina kütlesinden ayrı projelendirilmiştir. İç mekânda yapı kabuğunun net hissedildiği tasarımın mihrabı ve duvarları tamamen çinicilik ile zenginleştirilmiştir (Tablo 11) (URL-12).

Tablo 11.Hacı Mehmet Gebizli Cami Analiz Tablosu
HACI MEHMET GEBİZLİ CAMİ (Antalya Muratpaşa /2011)

Caminin Plan Şeması		İç-Dış Bükey Altıgen Tip Plan Şeması
Caminin Üst Örtü Tipi		Jeodezik Kabuk Formu Üst Örtü Tipi
Cephede Etkin Malzeme Çeşidi		Kompozit ve Cam Cephe Kaplaması
Taşıyıcı Sistem Tipi		Betonarme Kabuk Sistem
Deprem Faktörüyle İncelenmesi	A2 Düzensizliği- Döşeme Düzensizliği	Yapı zemin üstü kabuk sistem olduğundan dolayı kat bölmesi bulunmamaktadır. Bu yüzden döşeme süreksizliği durumu da yoktur.
	A3 Düzensizliği- Planda Çıkıntılar Olması Durumu	Bina plan şeması açısından düz bir altıgen forma sahiptir. Kabuk yapı biçimi simetrik olduğu için bina rijitliğini korumaktadır.
	B1 Düzensizliği- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	Yapı tek kattan oluştuğu için zayıf kat riski görülmemiştir.
	B2 Düzensizliği-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Yumuşak Kat)	Yapı tek kattan oluştuğu için yumuşak kat riski görülmemiştir.
	B3 Düzensizliği-Düşey Eleman Süreksizliği	Yapıda düşey eleman süreksizliği gözlenmemiştir.

7. Sonuçlar ve Öneriler

Modern cami mimarisinde birbirine benzemeyen plan şemalarında ve farklı form arayışlarında yapılar tasarlandığı dikkat çekmektedir. Türkiye'de 1999 depreminden sonra inşası gerçekleşen camilerin yaşayabileceği şiddetli depremler sonrasında sismik performanslarına etki edecek mimari tasarım kararlarını yönetmelik çerçevesinde incelenmek önemlidir. Özellikle cami minareleri hakkında literatürde çok fazla çalışma bulunmasına rağmen kütsel biçimlendirmeye yönelik analizler kısıtlıdır.

Yapılan çalışmada yönetmelikler doğrultusunda yatayda ve düşeyde düzensizlik durumları gözlemsel olarak incelenen camiler sırasıyla; GOSB Cami, Sancaklar Cami, Marmara İlahiyat Cami, Yeşil Vadi Cami, Akçakoca Cami, Şakirin Cami, Semazen Cami, Kudüs Cami, Gazimir Sultan Cami ve Hacı Mehmet Gebizli Camidir.

GOSB cami de incelenen plan ve kesitlerde; Bina Deprem Yönetmeliğinde bulunan A2, B1 ve B2 düzensizlikleri, Akçakoca camide A3 düzensizliği, Kudüs camide A2,B1 ve B2 düzensizlikleri oluşabileceği gözlemlenmiştir. Diğer incelenen camilerde yönetmelikte belirtilen düzensizlikler bulunmamıştır.

Ele alınan on çağdaş cami tasarımı incelendiğinde çoğunlukla simetrik ve simetriğe yakın plan ve taşıyıcı sistem kararları tercih edilmiştir. Bu tasarım kararları yapının yük dağılımının rijit bir yayılım göstermesi sağlanmıştır. Plan şeması simetrik olmayan camilerde ise yapının taşıyıcı sistemi perde duvar veya rijit taşıyıcı yapı elemanları ile desteklenerek yapının burulma gerilmelerine karşı korunduğu gözlenmiştir.

Cami tasarımında en önemli mekân, ortak ibadete imkân sağlayacak alandır. Tercih edilen tasarımlarda, bu mekânın geniş ve ferah tutulmasına özen gösterilmiş, taşıyıcı sistem elemanları bu alanın bütünlüğünü bozmayacak şekilde çevre hizası boyunca sıralanmıştır. Ancak geniş açıklık geçilecek mekâna eklemlenen farklı rijitlikteki ve yükseklikteki yan işlevler taşıyıcı sistem davranışlarında zayıf kat, yumuşak kat ve/veya kısa kolon gibi düzensizlik durumlarına neden olabileceği gözlemlenmiştir. Bu istenmeyen davranışlar kolon kesitlerini büyüterek ve ilave perde duvarlar ile daha rijit bir çözüme ulaştırılabilir.

Çağdaş cami mimarisi kapsamında incelenen camilerin büyük bir çoğunluğunda taşıyıcı sistem malzemesi olarak betonarme tercih edilmiştir. Sürekli gelişim içinde olan betonarme, yapılarda aranan özgünlüğe uygun olarak istenilen form ve biçimde yapı tasarımına imkân sağladığı için tercih edilmiştir.

Yapılarda tasarım çeşitliliği, üst örtü biçimi ve farklı form arayışı ile sağlanmaktadır. Yapı kütlelerinin farklılık gösterdiği göz önüne alınarak; plan üzerinde yerden yükselen değişken formlarda kabuk sistem, düşey ve yatay taşıyıcılarla desteklenen kubbe örtü, düz plak üst örtü geçişi ve kademeli yükselen ziggurat (primidal) üst örtü sistemleri ile tasarımlar yapılmaktadır. Yapı cephesinde ise kompozit cephe kaplaması kullanılarak tasarım desteklenmekte ve estetik anlam güçlendirilmeye çalışılmaktadır.

Sonuç olarak depreme dayanıklı cami mimarisinde etkileyici bir tasarım ürünü ortaya koyabilmek için öncelikle yapı güvenliğinin sağlanması gerekmektedir. Farklı plan şemalarının mimari kimlik arayışında önemli bir etken olmasına rağmen yaşanmış ve yaşanacak depremlerde taşıyıcı sistem kararları büyük bir önem arz etmektedir. Türkiye gibi betonarme yapı stoğu çok fazla olan bir ülkede camilerde de çoğunlukla betonarme yapı malzemesi tercih edilmiştir. Ancak özgün arayışlarda çelik konstrüksiyonlara da rastlanmaktadır. Bunun için özellikle yapı malzemesinin iyi tanınarak kullanım alanlarının çözülmesi ve mimari tasarıma hizmet edebilmesi açısından doğru bir seçim yapılabilmesi gerekmektedir. Betonarme yapı malzemesinin tasarımın temelini oluşturduğu sistemlerde, deprem yönetmeliklerine uygun olması için yeterli rijitlikte, yeterli süneklikte ve yeterli dayanımda şekillendirilmelidir. Ancak basit ve simetrik kurguların binanın özgünlüğü ve

çevreye kattığı anlamı açısından değişim geçirdiği, bunu da özellikle yapı formu ve dış cephe malzemeleri ile sağladığı anlaşılmaktadır. Kompozit dış cephe kaplamasının verdiği esnek kullanım imkânı ve farklı malzeme tipi seçimi tasarımı kuvvetlendirmek için üst örtü kararlarının yanında ana etken olarak kullanılmıştır.

21. yy çağdaş cami mimarlığı ve deprem ilişkisini Türkiye ölçeğinde kuran bu araştırmada depremden kaynaklanan hasarların en önemli etkenlerinden biri olan planda ve düşeyde düzensizlik durumlarının farklı plan tipleri ile analiz edilmesinin literatürde önemli bir boşluğu kapatacağı düşünülmektedir. Bu açıdan yapılan çalışmanın özellikle mimarlık disiplini için katalog niteliği taşıması ve ileride bu konuda yapılacak bilimsel çalışmalara öncülük etmesi beklenmektedir.

Yazarların Katkısı

Çalışmada her üç yazar da eşit oranda katkı sunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Teşekkür

Bu çalışmanın özet bildirimi “18-21 Kasım 2020’de Karabük Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi tarafından Safranbolu’da Uluslararası Mimarlık Araştırmaları Sempozyumu (ReseArch’20)” kongresinde sözlü sunum olarak sunulmuş olup, kongre üyelerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akbulut, N., Erarslan, A. (2017), Türkiye’de Çağdaş Cami Mimarisi Tasarımında Yenilikçi Yaklaşımlar, *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 9 (3), 35-59.
- Aydın, D, Büyükşahin, S. S., (2017), Son Dönem Konya Camilerinde Biçimsel Arayışın Analizi, *Türk İslâm Medeniyeti Akademik Araştırmalar Dergisi*, 12(24), 67-84.
- Bayülke, N., (2020, Şubat), Betonarme Yapılarda Deprem Hasarları, *Yığma ve Betonarme Yapılarda Deprem Hasar Şekilleri ve Hasar Azaltma Yolları Semineri*, Ankara.
- Büyükşahin, S. S., Yaldız E., Aydın D., (2018, Ekim). 21. yy Cami Mimarisinde Estetik Arayışın Mekansal ve Biçimsel Analizi, *Uluslararası Cami Sempozyumu (Sosyo-Kültürel Açıdan)*, (s.39-3) 539-571, İnönü Üniversitesi, Malatya.

- Celep, Z., Özcan Z., (1993), Erzincan'daki Betonarme Bir Caminin Deprem Davranışının İncelenmesi, *İnşaat Mühendisleri Odası-Teknik Dergi*, 4(18), 695 – 705.
- Divaneli, K. M., (2011), *2000'ler İstanbul'da Yedi Cami*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Duysak, N., (2000), *20. Yüzyıl Türkiye'sinde Cami tasarımı ve Geleneksel Cami*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ersoy, U., (1993, Mart), 1992 Erzincan Depreminde Alınması Gereken Dersler, *2.Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*,(s.395-403), İstanbul:İnşaat Mühendisleri Şubesi.
- Gündoğan, A. A., Karimzadeh S., (2019). Kuzey Anadolu Fay Hattı Üzerinde Olası Deprem Senaryoları İçin Benzeştirilmiş Bir Kuvvetli Yer Hareketi Veri Tabanı, *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 1(1), 76–97.
- İlerisoy, Z. Y., (2019). Discussion of theStructuralIrregularities in the Plan forArchitectural Design with in theScope of EarthquakeCodes, *Periodical Polytechnica Architecture*, 50(1), 50–62. <https://doi.org/10.3311/PPar.13040>.
- Kap, T, Özcan, M, (2019), Cami Mimarisi ve Ticari Fonksiyon İlişkisi, Akçakoca Cami Örneği, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7 (3), 1847-1857. 10.29130/dubited.562745.
- Kuban, D, (2011), Cami Tasarımında Sinan'ı İzlemek Bağlamında Uyarılar, *Yapı Dergisi*, 352, 64-71.
- Taşdemir, A.S., Erarslan A, (2018), Çağdaş Cami Tasarımında Yenilikçi Bir Yaklaşım. Marmara İlahiyat Cami; Plan ve İç Mekân Özellikleri, *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 13 (52), 55-70.
- TBDY, (2018), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, *Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı*, Ankara.
- Uzun, A., (2017, Eylül) Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, *İzmir ve Deprem Konferansı*, (s. 91-104), İzmir.
- Uzun, M., (2017), *Yığma Yapıların Deprem Performansının Değerlendirilmesi ve Bir Güçlendirme Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yıldırım, A. (1999). Nitel Araştırma Yöntemlerinin Temel Özellikleri ve Eğitim Araştırmalarındaki Yeri ve Önemi, *Eğitim ve Bilim Dergisi*, 23, 112.
- URL-1: <https://www.miniaturk.com.tr/tr/sivas-divrigi-ulu-camii-eser-913> (Erişim Tarihi:01.10.2020).
- URL-2: <https://www.bursa.com.tr/iznik-yesil-camii-4124.html> (Erişim Tarihi:01.10.2020).
- URL-3:<https://www.haber7.com/yasam/haber/2933613-bursa-ulu-cami-hakkinda-bilinmeyenler>(Erişim Tarihi:01.10.2020).
- URL-4:<https://www.yeniakit.com.tr/haber/malatyada-depremden-zarar-goren-iki-cami-kapatildi-1028905.html>(Erişim Tarihi: 03.06.2020).
- URL-5: <https://www.hurriyet.com.tr/> (Erişim Tarihi: 03.06.2020).
- URL-6: <http://www.ercisinsesi.net/tr-tr/haberler/657/ercis-merkez-buyuk-camii-kara-yusuf-camii-yikiliyor>(Erişim Tarihi:01.10.2020).
- URL-7: <https://kompozitnedir.com.tr> (Erişim Tarihi:27.08.2020).

URL-8: <https://www.camilerveturbeler.com/sakirincami/>(Erişim Tarihi:08.10.2020).

URL-9: <http://www.arkiv.com.tr/proje/semazen-cami/1260>(Erişim Tarihi:01.11.2020).

URL-10: <https://www.bidunyahaber.org/turkiyenin-camileri-10-balikesir/>(Erişim Tarihi:01.10.2020).

URL-11: <https://www.hurriyet.com.tr/turkiye-nin-en-sira-disi-camisi-izmir-e-19494227>(Erişim Tarihi:09.11.2020).

URL-12: <http://dunyacamileri.blogspot.com/2011/10/hac-dudu-mehmet-gebizli-camii-antalya.html>(Erişim Tarihi:06.11.2020).

URL-13: <http://www.ercisinsesi.net/tr-tr/haberler/657/ercis-merkez-buyuk-camii-kara-yusuf-camiyikiliyor>(Erişim Tarihi:30.10.2020).

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 117-128, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Araştırma Makalesi / Research Article**Doi: [10.47898/ijeased.834338](https://doi.org/10.47898/ijeased.834338)

Çeşitli Bitki Taksonlarında Bazı DNA İzolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi

Pelin YILMAZ SANCAR *

Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Elazığ, 23200, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : peyilmaz@firat.edu.tr  https://orcid.org/0000-0002-6134-622X ,P. Yılmaz Sancar	Geliş Tarihi / Received Date : 01.12.2020 Revizyon Tarihi / Revision Date : 15.12.2020 Kabul Tarihi / Accepted Date : 09.01.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite : Sancar Yılmaz, P. (2021). Çeşitli Bitki Taksonlarında Bazı DNA İzolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 117-128.	

Özet

Bitkilerde moleküler düzeyde yapılan çalışmalar, incelenen taksonlardan maksimum kalitede DNA eldesi gerektirmektedir. Bu nedenle, çalışılacak bitkilerden yüksek konsantrasyonlu ve mümkün olduğunca saf DNA eldesi son derece önemlidir. Bitkilerden genomik DNA izolasyonu için farklı protokoller bulunmaktadır. Bu çalışmada tıbbi ve aromatik bitkilerden Asteraceae, Apiaceae ve Lamiaceae familyalarına ait bazı taksonlar kullanılmıştır. Taksonların hem herbaryum materyali haline getirilmiş kuru yaprak dokularından, hemde taze yaprak dokularından örnekler alınarak denenecek yöntemlerin hangi tip dokularda daha etkin olduğu araştırılmaya çalışılmıştır. Kullanılan yöntemlerde ekstraksiyon tampon çözeltileri içinde yalnızca CTAB ile CTAB+PVP beraber olacak şekilde hazırlanmış, buna ilave olarak hazır izolasyon kiti kullanılmıştır. Genel olarak tüm yöntemlerden yüksek konsantrasyonda DNA elde edilirken, bu yöntemlerle elde edilen gDNA'da, proteinler, RNA, polisakkaritler, uçucu yağlar, fenoller ve diğer kirleticilerin miktarı minimal düzeye indirilmeye çalışılmıştır. İzole edilen DNA'ların konsantrasyonu ve saflığı nanodrop spektrofotometrede ölçülürken, yoğunluğu agaroz jel elektroforezinde görüntülenmiştir. Ayrıca elde edilen DNA'ların PCR çalışmalarına uygunluğu da çeşitli primerler kullanılarak test edilmiştir. Elde edilen DNA'ların miktarı ve kalitesi taksonlar arasında farklılık gösterse de en kaliteli izolasyon her zaman taze bitki materyali kullanılarak yapılan izolasyonlardan elde edilmiştir. Bununla birlikte yalnızca CTAB çözeltisi kullanılan ekstraksiyon yöntemi en yüksek saflık ve yoğunlukta olan DNA'yı sağlamıştır. Bunu takiben CTAB+PVP yöntemlerinin benzer sonuçlar verdiği görülürken, hazır kit kullanımının ise bitkilerden DNA izolasyonunda çok da kullanışlı olmadığı saptanmıştır. Hazır kit kullanımı her ne kadar daha temiz görünümlü DNA verse de elde edilen DNA'ların yetersiz olduğu görülmüş ve PCR çalışmalarında müspet sonuç vermemiştir.

Anahtar Kelimeler: DNA izolasyonu, Bitki, CTAB, PCR.

The Comparative Analysis of Some DNA Isolation Methods in Various Plant Taxa

Abstract

Molecular biology studies in plants require high quality DNA isolation from the taxa studied. Therefore, DNA isolation with high concentration and as pure as possible from plants to be used in studies is extremely important. There are different protocols for genomic DNA isolation from plants. In this study, some taxa belonging to Asteraceae, Apiaceae and Lamiaceae families of medicinal and aromatic plants were used. It has been tried to investigate which types of tissues are more effective by taking samples from both dry leaf tissues of taxa that have been turned into herbarium material and fresh leaf tissues. In the methods used, only CTAB and CTAB + PVP were prepared together in extraction buffer solutions, in addition to this, a ready-made isolation kit was used. In general, high concentrations of DNA were obtained from all methods, while the amount of proteins, RNA, polysaccharides, essential oils, phenols and other contaminants in the gDNA obtained by these methods were tried to be minimized. While the concentration and purity of the isolated DNA was measured in a nanodrop spectrophotometer, its density was visualized in agarose gel electrophoresis. In addition, the suitability of the obtained DNAs for PCR studies was tested using various primers. Although the amount and quality of the obtained DNA varies between taxa, the best quality isolation has always been obtained from isolations using fresh plant material. However, the extraction method using only CTAB solution provided DNA with the highest purity and density. Following this, it was observed that CTAB + PVP methods gave similar results, while the use of ready-made kits was not very useful in DNA isolation from plants. Although the use of ready-made kits gives clearer looking DNA, the obtained DNA was found to be insufficient and did not give positive results in PCR studies.

Keywords: DNA isolation, Plant, CTAB, PCR.

1. Giriş

Türkiye, gerek bitki çeşitliliği gerekse bitkilerin yaşam alanları bakımından dünyanın en zengin ülkelerinden biridir. Ülkemiz florasının zengin damarlı bitkilerden oluşmasında birçok faktör rol oynamaktadır. Bunlar; 3 farklı fitocoğrafik bölgenin kesiştiği yerde bulunması, Asya ve Avrupa kıtaları arasında köprü konumunda olması, bitkilerin yayılışı bakımından önemli bir fiziksel ve iklimsel bariyer fonksiyonu gören Anadolu Diyagonalinin varlığı, çok farklı iklim tiplerinin etkisi altında kalması, 0-4500 metre arasında değişen yükselti farklarının bulunması, deniz, ırmak, göl, nehir, bataklık gibi çok farklı ekosistemleri bir arada barındırması gibi etmenler rol oynamaktadır (Davis ve Hedge, 1975; Ekim ve Güner, 1986; Avcı, 1993 Ekim, 1997).

Türk botanikçilerinin katkılarıyla, son yıllarda yazılmış olan “Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)” (Güner ve ark., 2012) kitabında, önceleri yalnızca ülkemizde yayılış gösterdiği bilinen bazı türlerin komşu ülkelerde de yayılış gösterdiğinin saptanmasıyla, Türkiye’nin sahip olduğu tür sayıları değişerek, toplam tür sayısı 9753, endemik tür sayısı 3035, endemizm oranı ise % 31.12 olarak belirtilmiştir. Türaltı taksonlarla birlikte ülkemizdeki doğal yayılış gösteren damarlı bitkilerin toplam takson sayısı 11466, endemik takson sayısı 3649 ve türaltı taksonlarla birlikte endemizm oranı da % 31.82 olarak belirtilmiştir (Güner ve ark., 2012; Sancar, 2017).

Türkiye Florası'nı oluşturan taksonların yaklaşık üçte birinin (% 31.82'nin) endemik olması, Türkiye'yi bitki genetik kaynakları açısından çok değerli yapmaktadır (Delipoyraz, 2018).

Bu çalışmaya materyal teşkil eden her üç familya da içerdikleri yoğun kimyasal bileşenler ve sekonder metabolitler bakımından oldukça zengin bitkilerdir. Örneğin; Asteraceae Familyası çok zengin bir kimyasal içeriğe sahip olup, bu maddelerin miktarı ve çeşidi cinsler arası oldukça farklılık göstermektedir. İçerdikleri kimyasalların bir kısmı zehirlidir. Bu durum Asteraceae familyasının birkaç istisna (*Helianthus annuus* L., *Helianthus tuberosus* L., *Lactuca* sp.) dışında insanlar tarafından neden az tüketildiğinin de bir açıklamasıdır. Bunun yanında zengin uçucu yağ ve terpenoid içeriğine sahip türler de vardır. Terpenoidler ve belirli fenolik içerikler aynı zamanda bu familya üyelerinin tıp ve eczacılıkta kullanılma sebepleridir (Kursat, 2010). Yine Lamiaceae familyasının birçok türü, çoğunlukla uçucu yağ içeren annual veya perennial otsu bitkiler ile çalılardır. Bu familyaya ait bitkilerin birçoğunda eterik yağlar ve sekonder metabolitlerin bulunuşu sözkonusu familyanın en önemli özelliği olup, tıp, eczacılık ve kozmetik sanayinde kullanılması bakımından önem taşımaktadır. Familya üyeleri arasında tıbbi bitki ve baharat bitkisi olarak kullanılanların sayısı çoktur. Sahip oldukları uçucu yağ ve sekonder metabolitler yaprak epiderması üzerinde, epidermis hücrelerinden farklılaşarak oluşmuş salgı tüylerinde bulunur (Kaya, 1997). Apiaceae familyası ise içerdikleri biyolojik aktiviteye sahip sekonder metabolitleri sebebiyle bilim insanlarının ilgisini çekmekte ve halk arasında kullanımları oldukça yaygın hale gelmektedir (Duke, 1987). Başta gastrointestinal sistem olmak üzere, dolaşım, solunum ve ürogenital sistemler üzerinde'de tıbbi olarak etki gösterdiği bildirilmiştir. Bunun yanı sıra sedatif, uyarıcı ve antispazmodik etkileride bilinmektedir. Gıda olarak tüketilen kereviz, havuç, maydanoz gibi bazı türler üzerinde yapılan çalışmalarda, bu bitkilerde bulunan bazı alifatik poliasetlenlerin etkisiyle, antifungal, antibakteriyel ve antitümör etkilerinin olduğu ortaya konmuştur (Christensen ve Brandt, 2006; Demirpolat, 2017).

Morfolojik karakterlere dayalı klasik (ortodoks) sistematik çalışmaların, bitkilerin sistematik kategorilerini tanımlamak ve taksonomik problemlerini çözmek için tek başına yeterli olmadığı görüşü taksonomistler arasında oldukça kabul görmektedir. Bu durum taksonomi çalışmalarında daha çok moleküler yöntemlere ağırlık verilmesiyle sonuçlanmıştır (Kabaoğlu, 2007). Günümüzde bitki sistematigi alanında nükleer genom, kloroplast genomu ve mitokondrial genom üzerinde kapsamlı araştırmalar yapılmaktadır. Kloroplast genomunun bitkilerin taksonomik sorunlarının çözümünde tür, cins ve familya seviyelerinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Sistematikçiler, bu çalışmalar sırasında öncelikle taksonomik problemleri olan ve farklı

seviyelerdeki taksonomik kategorilere giren temel canlı gruplarını tespit eder, daha sonra da bu gruplar arasındaki evrimsel ilişkileri tespit etmek amacıyla DNA sekans çalışmalarına yönelirler (Doğan, 2007).

Bitkilerde moleküler seviyedeki araştırmaların ilk adımı bitkinin sahip olduğu genomik DNA'nın temiz, kaliteli ve yoğun bir şekilde izole edilmesidir. Genomik DNA'nın eldesi hücre zarı ve duvarının eritilmesi, proteinlerden arındırılması, bitkinin sahip olduğu pigment maddeleri ile sekonder metabolitlerin yıkanması ve DNA'nın çöktürülerek saflaştırılması gibi temel prensipleri içerir (Bozkaya, 2012). Bitki taksonlarının büyük kısmında kullanılan birbirinden farklı çok sayıda izolasyon protokolleri mevcuttur. Bu protokollerin neredeyse hepsi kullanışlı DNA eldesi vermektedir. Ancak her bitkinin sahip olduğu biyokimyasal yapı birbirlerinden oldukça farklıdır. Bu nedenle bir bitki grubunda başarılı olan bir izolasyon protokolü, bir diğer bitki grubunda aynı başarı oranı ile sonuç vermeyebilir. Genomik DNA izolasyonu, yapılarında yüksek oranda alkaloidler, glikozitler, bazı azotlu bileşikler ve polipeptitler gibi sekonder metabolitler ile yoğun pigment maddesi barındıran bitkilerde her zaman kolay olmayabilir (Aydın ve Köçkar, 2008; Sevindik ve ark., 2013). Böyle durumlarda farklı protokoller uygulayarak ya da mevcut protokolde modifikasyonlar yaparak söz konusu problemler ortadan kaldırılmaya çalışılır.

Bu araştırmada üç farklı familyaya ait bazı taksonlar kullanılarak farklı genomik DNA izolasyon protokolleri denenmiştir. Çalışmaya materyal oluşturan taksonlar, içerdiği zengin sekonder metabolitler sebebiyle tıp, eczacılık ve kozmetik sanayinde kullanımı yaygın olan önemli familyalardandır. Bu araştırma ile; morfolojik karakterlerle tür sınırları tam netleştirilemeyen sorunlu sistematik grupların moleküler yapılarına dayalı filogenetik sistematik konumunun belirlenebilmesi açısından gerekli olan uygun metodların belirlenmesi amaçlanmış ve gelecekte bu ve benzeri cinslerle yapılacak DNA temelli çalışmalara fikir sunarak katkı sağlaması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Bitki Örnekleri

Çalışılan tüm taksonlar 2020 yılının Nisan ayında Pelin Yılmaz Sancar tarafından Elazığ-Hankendi civarından toplanmış olup, her taksondan bir grup bitki preslenerek kurutulmuş ve herbaryum materyali haline getirilmiş, bir diğer grup ise örnek saklama poşeti içerisine alınarak -20°C'de çalışılana kadar muhafaza edilmiştir. Herbaryum materyali kullanarak yapılacak olan izolasyonda canlı yeşil renkli kurumuş yapraklar seçilerek cam bir havan içerisinde toz hale getirilmiş ve 1gr olacak şekilde ependorf tüplere aktarılmıştır. -20 °C'de saklanan taze örnekler ise

sıvı azot kullanılarak cam bir havan içerisinde ezilerek toz hale getirilmiş ve yine 1gr olacak şekilde ependorf tüplere aktarılmıştır. DNA izolasyonu için toplanan örnekler ve detaylı lokalite bilgileri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. DNA izolasyonu için kullanılan taksonların lokalite bilgileri

Taksonlar	Lokaliteleri
<i>Achillea schischkinii</i>	B7 Elazığ-Hankendi civarı yol kenarları, 1120 m
<i>Centaurea solstitialis</i> subsp. <i>solstitialis</i>	B7 Elazığ-Hankendi civarı yol kenarları, 1114 m
<i>Biforia radians</i>	B7 Elazığ-Hankendi civarı yol kenarları, 1009 m
<i>Lisaea strigosa</i>	B7 Elazığ-Hankendi civarı yol kenarları, 994 m
<i>Salvia aethiopsis</i> ,	B7 Elazığ-Hankendi civarı yol kenarları, 1200 m
<i>Mentha spicata</i>	B7 Elazığ-Hankendi civarı yol kenarları, 1139 m

2.2. DNA İzolasyon Metodları

2.2.1. CTAB Protokolü

Bitkilerden genomik DNA izolasyonu için ilk olarak CTAB yöntemi denenmiştir (Doyle ve Doyle, 1987).

Kullanılan CTAB ekstraksiyon tamponunun hazırlanışı şu şekildedir; 2 gr %2’lik CTAB, 28 ml 5M NaCl, 40 ml 0,5M EDTA (pH 8,0), 10 ml 0,1M Tris-HCl (pH 8,0) ve 20 ml dH₂O karıştırılarak otoklavda steril edilir.

DNA’ yı çözdüreceğimiz TE tamponu ise, 1ml 1M Tris-HCl (pH 8,0) ve 0,2 ml 0,5M EDTA (pH 8,0) karıştırılarak dH₂O ile 100 ml’ye tamamlanır ve otoklavda steril edilir.

Sterilizasyon sonrası CTAB ekstraksiyon tamponu ve çözücü TE tamponu kullanıma hazırdır.

Bu yöntemin uygulama şekli şöyledir; 1 gr bitki örneği havanda toz haline getirilir ve 200 µl’lik ependorf tüplere alınır. Üzerine 500 µl CTAB tamponu eklenir ve vorteksle karıştırılır. Ardından 5 µl β-Merkaptoetanol eklenir ve tekrar vortekslenerek bir saat süreyle 65°C’de inkübe edilir. Bu esnada örnekler 10 dakikada bir alt üst edilmek suretiyle karıştırılır. İnkübasyon sonunda örnekler 14.000 rpm’de 20°C’de 10 dakika boyunca santrifüj edilir. Santrifüj sonrası tüplerdeki süpernatant yeni temiz bir ependorfa aktarılırak pellet atılır. Süpernatantın üzerine 750 µl 24:1 oranında karıştırılmış kloroform:izoamil alkol eklenerek alt üst edilir ve tekrar 14.000 rpm’de 20°C’de 10 dakika boyunca santrifüj edilir. Santrifüj sonrası tüplerde 3 faz gözlenir. Bunlar; en altta kalan fenolik bileşenlerle pigment maddelerini içinde barındıran yeşil renkli faz, arada kalan bitki partiküllerini içeren ince hareketli bir tabaka ve en üstte DNA yı içeren renksiz sulu faz. En üstte kalan sulu faz yeni ependorf tüpe aktarılır ve üzerine 450 µl isopropanol eklenerek 24 saat boyunca

-20°C’de bekletilir. İsoopropanol, çözeltideki DNA molekülünü çöktürecektir. 24 saatin sonunda -20°C’den çıkarılan tüpler 14.000 rpm’de +4°C’de 10 dakika boyunca santrifüj edilir. Santrifüj sonrası tüplerin en dip kısmında nokta halinde DNA gözle görülecektir. Üstte kalan sıvı isopropanol fazı dökülerek tüplere 500 µl %70’lik etil alkol eklenir ve 14.000 rpm’de +4°C’de 5 dakika boyunca santrifüj edilerek DNA yıkanır. Gerek görülürse bu yıkama işlemi 2-3 defa daha tekrarlanabilir. En son olarak tüpler kurutma kağıtlarına yan yatırılır ve etil alkolün iyice uçması sağlanır. Tamamen kuruyan pellet üzerine 50 µl TE (Tris-EDTA) tamponu eklenir ve pellet çözülerek kullanıma hazır hale getirilir. İzole edilen DNA’lar 24 saat +4 °C’de bekletilerek iyice çözülmesi sağlanır.

2.2.2. CTAB+PVP Protokolü

Bu protokolde, izolasyon yöntemi modifiye edilmiş şeklinde kullanılmıştır (Porebski ve ark., 1997). Bu yöntemde daha önceki metotta hazırlanan CTAB ekstraksiyon tamponuna PVP ilave edilerek kullanılmıştır (20 ml CTAB ekstraksiyon tamponuna 0.8 gr PVP eklenerek hazırlanmıştır). Burada dikkat edilmesi gereken önemli nokta CTAB+PVP karışımının taze hazırlanmış olmasıdır.

Bu yöntemin uygulama şekli şöyledir; 1 gr yaprak doku ezilir. Ezilen örnekler eppendorf tüplere alınır ve üzerine hazırlanan CTAB+PVP (60°C ısıtılmış olmalıdır) karışımından 600 µl eklenir ve vortekslenir. Ardından 6 µl β-Merkaptoetanol eklenir ve tekrar vortekslenerek 2 saat 60 °C’de inkübe edilir. Bu esnada örnekler 10 dakikada bir alt üst edilmek suretiyle karıştırılır. İnkübasyon sonunda örnekler 14.000 rpm’de 20°C’de 10 dakika boyunca santrifüj edilir. Santrifüj sonrası tüplerdeki süpernatant yeni temiz bir eppendorfa aktarılıp pellet atılır. Üzerine 600 µl kloroform:izoamilalkol (24:1) eklenir ve tekrar santrifüj yapılır. Böylece proteinler ve sekonder metabolitler çöker, pigmentler yıkanır ve DNA üstte kalır. Oluşan süpernatant yeni tüpe aktarılır ve üzerine 600 µl izopropanol eklenir ve -80 °C’de 3-4 saat bekletilir. Daha sonra santrifüj yaptırılarak DNA çöktürülür ve dipte pellet oluşur. Bu aşamada DNA çıplak gözle görülebilir. Üstteki çözelti dökülerek oluşan pellete 1 ml %70 lık etanol eklenip alt üst edilir. -20 °C’de 30 dk bekletilir ve bekleme süresi sona erince santrifüj yapılarak çökeltme sağlanır. Üstteki süpernatant çöpe atılır, altta pellet kalır. Kalan çökelti %70’lik etanol ile tekrar santrifüjlenir. Santrifüjden sonra üstteki etanol atılır ve dipte pellet kalır. Dipte kalan pellet kurutma kağıdına yatırılarak etanolün iyice uçurulması sağlanır. Son olarak pellet 50 µl TE eklenerek iyice çözülür. İzole edilen DNA’lar 24 saat +4 °C’de bekletilerek iyice çözülmesi sağlanır.

2.2.3. Hazır DNA İzolasyon Kiti Protokolü

Bu protokolde izolasyon, ticari amaçla satılan hazır DNA izolasyon kiti ile gerçekleştirilmiştir. İzolasyonda kullanılan solüsyonlar ve tüpler hazır bir şekilde kit içeriğinde bulunmaktadır.

Bu yöntemin uygulama şekli şöyledir; Toz hale getirilmiş bitkilerden uygun miktarlarda örnek alınarak steril eppendorflara bırakılır. Her bir örneğe Buffer - AP1'den 400 µl ve RNase A'dan 4 µl eklenerek vorteks ile karıştırılır. 65°C su banyosunda 2 dakikada bir karıştırmak suretiyle 10 dakika bekletilir. Süre sonunda su banyosundan çıkarılan tüplere Buffer – P3 ten 170 µl eklenerek 1 dakika boyunca vortekslenir. Ardından buzun içerisine alınarak 5 dakika bekletilir. Buzdan çıkarılan örnekler 14.000 rpm'de 25°C'de 5 dakika boyunca santrifüj edilir. Santrifüj sonrası üstte kalan sıvı faz mor renkli (QIAshredder mini spin columns) tüplere aktarılır. Tüpler 20.000 rpm'de 25°C'de 2 dk santrifüj edilir. Santrifüj sonrası tüplerin üstte kalan mor kapaklı kısmı çıkartılıp atılır. Altta kalan süzüntünün içerisine Buffer – AW1'den 400 µl eklenir ve birkaç kez pipetaj yaparak karıştırılır. Oluşan karışım beyaz renkli (DNeasy mini spin columns) tüplere aktarılır ve 5.000 rpm'de 25°C'de 1 dk santrifüj edilir. Santrifüj sonrası beyaz kolonlar temiz toplama tüplerine oturtulur. Üzerine Buffer – AW2'den 500 µl eklenerek 5.000 rpm'de 25°C'de 1 dk santrifüj edilir. Santrifüj sonrası alttaki sıvı kısım dökülerek kolonlara tekrar Buffer – AW2'den 500 µl eklenerek 10.000 rpm'de 25°C'de 2 dk santrifüj edilir. Santrifüj sonrası kolonlar temiz toplama tüplerine oturtulur, kapakları açılarak Buffer – AE çözeltisinden 50 µl eklenir. 10 dakika bekletilerek 5.000 rpm'de 25°C'de 1 dk santrifüj edilir. Bu işlem 2 kez tekrar edildikten sonra kolonlar atılır ve DNA'lar kullanıma hazır hale gelir. Bu protokoldede izole edilen DNA'lar 24 saat +4 °C'de bekletilerek iyice çözülmesi sağlanır.

2.3. DNA Örneklerinin Saflık ve Miktar Tayini

Tüm yöntemlerle izole edilen DNA örneklerinin yoğunluğu jel elektroforezinde koşturularak gözlenmiştir. İzole edilen DNA'lar %1'lik agaroz jele yüklenerek elektroforezde 80 W' da 45 dakika süre ile koşturuldu. Süre sonunda agaroz jel, alttan aydınlatma yapabilen bir UV transiluminator vasıtası ile görüntülendi. Ayrıca örneklerdeki DNA konsantrasyonu, Nanodrop Spektrofotometre kullanılarak ölçüldü. Bu cihazda 260/280 nm'deki absorbe değerleri DNA-protein saflık derecesini, 260/230 nm'deki absorbe değerleri ise DNA-RNA saflık derecesini belirtmektedir. DNA'lar saflık ve kalite bakımından değerlendirildiğinde, kaliteli DNA'larda

saflığın 260/280 nm, absorpsiyon oranının 1,8-2,0 dolayında olması beklenmektedir. Elde edilen değer 2,0'den daha yüksek olması; DNA örneğinin RNA, kloroform veya fenol ile kirli olduğunu; 1,8 değerinden daha düşük olması ise DNA örneğinin içerisinde proteinler veya polifenol bileşikler bulunduğunu ifade eder (Hoisington, 1992; Doğan, 2013). DNA ölçümleri yapılmadan önce DNA'nın yükleneceği kısım bir bezle silinip, temizlendikten sonra ince uçlu bir pipet yardımıyla her bir DNA örneğinden 1 µL kadar yüklendi. DNA'ların kalite ve miktar tayini bu cihazla tespit edildi. DNA örneklerinin okunması içinde kör (blank) olarak DNA yı içinde çözdürdüğümüz Tris-EDTA (TE) çözeltisi kullanıldı. Kalite ve miktar açısından en iyi olan DNA'lar PCR'da çoğaltma işlemi için seçildi.

Çalışılan taksonlara ait DNA'ların nanodrop spektrofotometre ile alınmış ölçümleri, saflık değerleri ve DNA'ların miktarları Tablo 2'de verilmiştir.

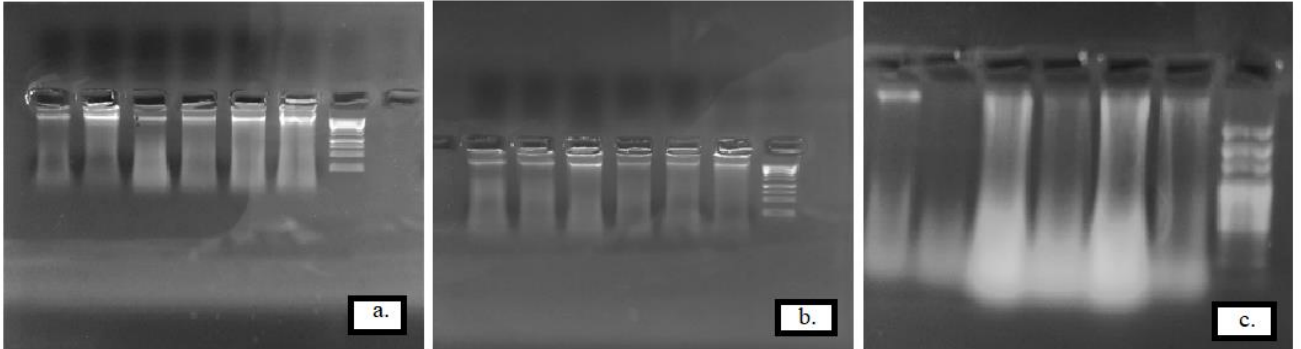
Tablo 2. Elde Edilen DNA'ların Ölçümleri (C=CTAB, P=CTAB+PVP K=Hazır İzolasyon Kiti)

Taksonlar	A260 / A280	DNA miktarı
<i>Achillea schischkinii</i> (Taze doku)	1.82(C)	924ng (C)
	1.17(P)	464ng (P)
	1.01(K)	102ng (K)
<i>Achillea schischkinii</i> (Herbayum materyali)	1,87 (C)	564 ng (C)
	1,55 (P)	352 ng (P)
	1,34 (K)	50 ng (K)
<i>Centaurea solstitialis</i> subsp. <i>solstitialis</i> (Taze doku)	1,76 (C)	1256 ng (C)
	1,15 (P)	398 ng (P)
	1,24 (K)	38 ng (K)
<i>Centaurea solstitialis</i> subsp. <i>solstitialis</i> (Herbayum materyali)	1,84 (C)	850 ng (C)
	1,61 (P)	184 ng (P)
	1,17 (K)	20 ng (K)
<i>Biforia radians</i> (Taze doku)	1,90 (C)	1539ng (C)
	1,65 (P)	550 ng (P)
	1,04 (K)	120 ng (K)
<i>Biforia radians</i> (Herbayum materyali)	1,92 (C)	1106 ng (C)
	1,52 (P)	298 ng (P)
	1,22 (K)	85 ng (K)
<i>Lisaea strigosa</i> (Taze doku)	1,90 (C)	1345 ng (C)
	1,65 (P)	482 ng (P)
	1,18 (K)	55 ng (K)
<i>Lisaea strigosa</i> (Herbayum materyali)	2,00 (C)	934 ng (C)
	1,15 (P)	278 ng (P)
	1,36 (K)	32 ng (K)
<i>Salvia aethiopis</i> (Taze doku)	2,19 (C)	1280 ng (C)
	1,65 (P)	556 ng (P)
	1,77 (K)	64 ng (K)
<i>Salvia aethiopis</i> (Herbayum materyali)	1,99 (C)	765 ng (C)

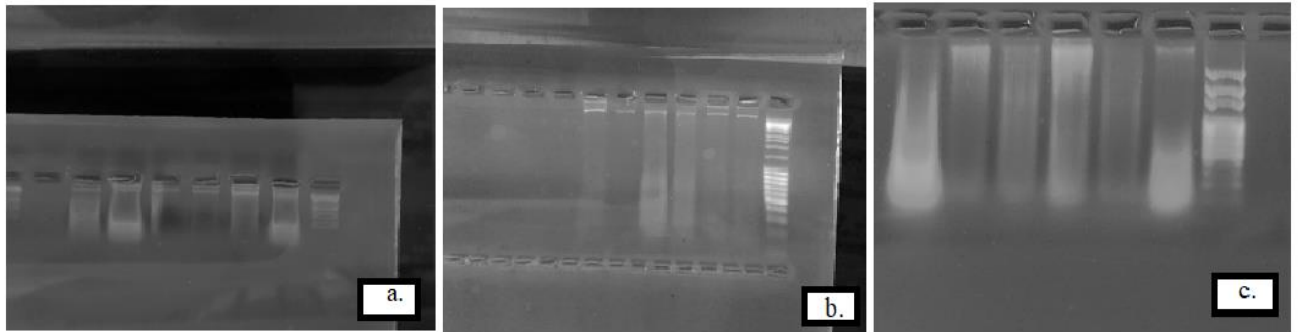
	2,15 (P)	287 ng (P)
	1,15 (K)	20 ng (K)
<i>Mentha spicata</i> (Taze doku)	1,70 (C)	1756 ng (C)
	1,35 (P)	598 ng (P)
	1,50 (K)	92 ng (K)
	2,10 (C)	987 ng (C)
<i>Mentha spicata</i> (Herbaryum materyali)	1,76 (P)	224 ng (P)
	1,36 (K)	42 ng (K)

3. Bulgular ve Tartışma

İzole edilen DNA'lar %1'lik agaroz jele yüklenerek elektroforezde 80 W'da 45 dakika süre ile koşturuldu. Süre sonunda agaroz jel, alttan aydınlatma yapabilen bir UV translimunator vasıtası ile görüntülendi. Dondurulmuş taze bitki dokuları kullanılarak izole edilen gDNA'ların jel fotoğrafı Şekil 1'de, Herbaryum örnekleri kullanılarak izole edilen gDNA'ların jel fotoğrafı ise Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Dondurulmuş taze bitki yaprak dokusu kullanılarak izole edilen gDNA'ların jel fotoğrafları (a. CTAB yöntemi b. CTAB+PVP yöntemi c. Hazır izolasyon kiti)



Şekil 2. Herbaryum materyali haline getirilmiş bitki dokuları kullanılarak izole edilen gDNA'ların jel fotoğrafları (a. CTAB yöntemi b. CTAB+PVP yöntemi c. Hazır izolasyon kiti)

Yapılan çalışmada 3 farklı familyaya ait 6 bitki örneği, 3 farklı DNA izolasyon metodu açısından hem herbaryum materyali üzerinde (kuru), hem de dondurulmuş taze bitki materyali üzerinde (taze) denenerek karşılaştırılmıştır. Sonuçlarımıza göre her üç yöntemdede en güzel sonuçlar dondurulmuş taze bitki materyali kullanılarak çalışılan gruplarda gözlenmiştir. Her ne kadar herbaryum materyali haline getirilmiş örneklerden gDNA elde edilse'de, bu DNA taze materyalden elde edilen kadar temiz değildir. Bununla birlikte, araştırma sonuçlarımıza göre, 1 µl örnekte miktar olarak en fazla DNA eldesini sağlayan yöntem her iki grupta da (kuru ve taze) CTAB yöntemidir. 1 µl örnekteki DNA miktarlarını kıyasladığımız zaman, CTAB yöntemini CTAB+PVP yöntemi ve hazır izolasyon kiti takip etmektedir. Yapılan izolasyonlar sonucu elde edilen DNA örneklerinin agaroz jele yüklenerek koşturulması sonucu elde edilen fotoğraflar değerlendirildiği zaman CTAB yöntemi ile elde edilen gDNA'ların en parlak bantları verdiği görülmüştür. Buna paralel olarak nanodrop spektrofotometre ile miktar ölçümü yapıldığı zamanda yine ng cinsinden DNA miktarı en fazla olan yöntemin CTAB yöntemi olduğu görülmüştür.

Genel olarak bir değerlendirme yapmak gerekirse; her tür veya her cins için birbirinden değişik izolasyon protokolleri ya da mevcut izolasyon protokolünde modifikasyonlar gerekebilir. Hatta bazen aynı cinse ait farklı türlerde bile mevcut izolasyon protokolünde modifikasyonlar yapmak gerekebilir. Çünkü her bitkinin içeriği birbirinden farklıdır. CTAB yöntemi zor ve fazla çalışma saatleri gerektiren ve yoğun zararlı kimyasal maddelerin kullanımını içeren bir yöntem olsa da, kaliteli ve temiz DNA elde etmek açısından en başarılı yöntemdir. Hazır izolasyon kiti ile yapılan DNA izolasyonu ise, kullanılması basit, zamandan tasarruf sağlayan, ancak oldukça pahalı bir metoddur. Ayrıca elde edilen genomik DNA'nın miktarına bağlı olarak jel fotoğraflarında ki bantlar parlak olmayıp elde edilen DNA'ların PCR çalışmalarında müspet sonuç vermediğide görülmüştür.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Moleküler bitki biyolojisi çalışmalarında DNA izolasyon aşaması oldukça önemlidir. PCR aşamasında ise DNA'nın miktarı, kalitesi ve saflığı reaksiyonun doğru çalışması açısından daha da önem kazanmaktadır (Ergül, 2000). DNA temelli çalışmalarda iyi bir izolasyon başarıyı önemli ölçüde etkilemektedir. İzolasyonlar sonucu elde edilen DNA'ların agaroz jel görüntüleri incelendiğinde DNA'ların tek bant oluşturdukları görülmektedir. Tek bant oluşturmuş olmaları onların RNA ve hücre sekonder ürünlerinden saf, sarmal yapılarını koruyarak parçalanmamış olduklarını göstermektedir (Karataş ve Ağaoğlu, 2006; Şimşek ve ark., 2008). DNA izolasyonu için

uygulanan üç farklı yöntem karşılaştırıldığı zaman en kullanışlı DNA, CTAB yöntemi ile izole edilen DNA olmuştur. CTAB+PVP ve hazır DNA izolasyon kiti ise daha az miktarlarda ve daha kirli DNA'lar vermiştir.

Elde edilen DNA'lar çeşitli universal primerler ile PCR açısından uygunluğu değerlendirilmiş ve CTAB yöntemi ile CTAB+PVP yönteminden elde edilen DNA'lar PCR da bant vermiştir. Bununla birlikte, farklı marka enzimlerle bile hazır kit kullanımı sonucu elde edilen DNA'lardan bant elde edilememiştir.

Sonuç olarak bizim kullandığımız bitki taksonlarında her üç yöntemlede temiz görünümlü DNA elde edilse de manuel yolla elde edilen DNA'lar PCR çalışmalarına uygunluk açısından daha kullanışlı olduğu görülmüştür. Hazır kit kullanımının her ne kadar uygulaması kolay olsa da, bizim çalıştığımız bitki taksonları için kullanışlı olmadığı görülmüştür.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Aydın, S. Ö., Köçkar, F. (2008). Farklı genomik dna izolasyon yöntemlerinin *Satureja* (Labiatae) türlerinde uygulanması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1:52-60.
- Bozkaya, F. (2012). DNA İzolasyonunda Fenol-Kloroform Yerine Potasyum Asetat Kullanımının DNA Miktarı ve Kalitesi Üzerine Etkisi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 1/2:92-96.
- Christensen, L. P., Brandt, K. (2006). Bioactive Polyacetylenes in Food Plants of the Apiaceae Family Occurrence. *Bioactivity and Analysis*, 41, 683-689.
- Demirpolat, A. (2017). *Türkiye'de Yetişen Bazı Scandix L. (Apiaceae) Türleri Üzerinde Biyosistematik Araştırmalar*. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Doğan, B., (2007). *Türkiye Jurinea Cass. (Asteraceae) cinsinin revizyonu*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Konya.
- Doğan, G. (2013). *Hypericum L. (Hypericaceae) Cinsine Ait Drosanthe (Spach) Endl. Eksiyonunun Kloroplast Genomunun Kodlanmayan "Trn" Bölgelerine Göre Karşılaştırmalı Filogenetik Analizi*. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Doyle, J. J., Doyle, J. L., (1987). A Rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemistry Bull*, 19, 11-15.
- Duke, J. A. (1987). *Handbook of Medicinal Plants*. Boca Raton, Florida, CRC Press.
- Ergül, A. (2000). *Asmalarda (Vitis vinifera L. cvs.) genomik DNA Parmak İzi Analizi ile Moleküler Karakterizasyon*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M. T. (edtr), (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. *Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları derneği Yayını*, İstanbul.
- Hoisington, D. (1992). Laboratory protocols, CIMMYT. *Applied Molecular Genetics Laboratory*, Mexico DF.
- Kabaoğlu, A. (2007). *Türkiye'de bulunan Hypogymnia (Nyl.) Nyl. Türlerinde rDNA ITS Bölgesi Dizi Analizi ile Çeşitliliğin Tanımlanması*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Karataş, A., Ağaoğlu, Y. S. (2006). Güneydoğu Anadolu Bölgesi üzüm çeşitlerine ait DNA'ların miktar ve saflıkları üzerine bir araştırma. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi dergisi*, 10:83-90.
- Kaya, A. (1997). *Türkiye'de Yetişen Acinos Miller Türleri Üzerinde Morfolojik Anotomik Ve Kimyasal Araştırmalar*. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Kurşat, M. (2010). *Türkiye'de Yetişen Artemisia L. (Asteraceae) Taksonlarının Taksonomik Revizyonu*. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Porebski, S., Bailey, L. G., Baum, B. R. (1997). Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components. *Plant Molecular Biology Report*, 15, 8–15.
- Sancar, P. Y. (2017). *Türkiye'de yetişen Anthriscus Pers. (Apiaceae) Türlerinin Genetik Yapısının ve Filogenetik Akrabalık İlişkilerinin Kloroplast Genomunun Kodlanmayan "trn" Bölgelerine Göre Araştırılması*. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Sevindik, E., Coşkun, F., Çetiner, N. G., Selvi, S., Şahin, N. (2013). The genomic DNA isolation methods comparative analysis upon some Sideritis (Labiatae) and Serratula (Asteraceae) taxa. *Biological Diversity and Conservation*, 6/2, 16-21.

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 129-156, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Derleme Makalesi / Review Article**Doi: [10.47898/ijeased.864877](https://doi.org/10.47898/ijeased.864877)

Türkiye’de ve Dünya’da Görülen Önemli Tıbbi ve Aromatik Bitkiler, Özellikleri ve Hastalıkları Üzerine Araştırmalar

Meltem AVAN *

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 06110, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : meltem_avn@hotmail.com  https://orcid.org/0000-0002-2939-8177 , M. Avan	Geliş Tarihi / Received Date : 19.01.2021 Revizyon Tarihi / Revision Date : 28.01.2021 Kabul Tarihi / Accepted Date : 30.01.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite : Avan, M. (2021). Türkiye’de ve Dünya’da Görülen Önemli Tıbbi ve Aromatik Bitkiler, Özellikleri ve Hastalıkları Üzerine Araştırmalar, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 129-156.	

Özet

İnsanlar geçmişten günümüze kadar bitkileri, hastalıkların tedavide, beslenme, savunma, barınma ve ısınma gibi birçok alanda kullanmaktadırlar. Gıda, eczacılık, tıp, ziraat, parfümeri ve kozmetik sektörünün ham maddesi olan ve tedavi amaçlı kullanılan bu bitkilere ilgi, sentetik ve kimyasal ilaçların insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri gözlemlendikten sonra daha da artmıştır. Türkiye’nin zengin bir floraya sahip olması sebebiyle tıbbi ve aromatik bitki yönünden oldukça geniş alanlara sahiptir. Bu kadar büyük zenginliklere sahip bir ülkede, bu bitki materyallerini sağlıklı, kaliteli olarak yetiştirmek ve bu ürünleri korumak oldukça önemlidir. Bu nedenle tespit edilen bu bitkilerde meydana gelen hastalıkları tanımak, hastalıkla mücadele yöntemlerini tespit edebilmek ve entegre bir kontrol strateji planlaması açısından oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi bitkiler, Aromatik bitkiler, Özellikler, Hastalıklar.

Researches on the Characterization and Diseases of Important Medicinal and Aromatic Plants Occurring in Turkey and the World

Abstract

People have used plants from past to present, in many ways such as in treating diseases, feeding, defending, sheltering and warming. Interest in these herbs, which are the raw materials of the food, pharmacy, medicine, agriculture, perfumery and cosmetics industry and used for therapeutic purposes, has increased even more after the negative effects

of synthetic and chemical pesticides on human health have been observed. Due to a rich flora of Turkey in terms of medicinal and aromatic plants it has a very large area. In the country with such great wealth, it is very important to know these plant materials, to grow them in a healthy and high quality and to protect these products. For this reason, it is very important to recognize the diseases detected in these plants, to determine the methods of controls with the disease and to plan an integrated control strategy.

Keywords: Medicinal plants, Aromatic plants, Characteristics, Diseases.

1. Giriş

Tıbbi bitkiler, insan ve hayvan hastalıklarının tedavi edilmesinde kullanılan bitkiler olarak, kokulu bitkiler ise aromatik bitkiler olarak isimlendirilmektedir. İnsanlık tarihi boyunca ilk kayıtları M.Ö. 5000’lerde Mezopotamya uygarlığına dayanan (Demirezer, 2010), tıbbi ve aromatik bitkiler, hastalıkların tedavi edici özelliği ile ilaç olarak geleneksel ve modern tıpta kullanılan önemli bileşikler bünyesinde barındırmaktadır (Doğanoğlu ve ark., 2006). Ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre bitkilerin tedavi amaçlı kullanımı değişiklik göstermektedir. Gelişmekte olan ülkelerde nüfusun %80’lik kısmı tedavi amaçlı olarak bitkisel ürünlerden yararlanmaktadırlar (Titz, 2004). Homoeopatik ve ayurvedik ilaçlar, kozmetikler, nötrasötikler / diyet takviyeleri ve fonksiyonel gıdalar elde edebilmek amacıyla bitki kısımlarından fitokimyasallar çıkarılmaktadır (Nagpal ve Karki, 2004; Yaniv ve Bacharach, 2005). Bu bitkilerin su ya da alkoldeki ekstraktları bitki hastalık ve zararlılarına karşı biyolojik mücadele kapsamında kullanılmaktadır (Isman, 2000; Bakkali ve ark., 2008). Karakteristik aromaları bulunan aromatik bitki parçaları, ekonomik değeri olan başlıca allelokimyasal maddeler olan aroma terapi yağları ve uçucu yağlar çıkarmak için değerlendirilmektedir (Nagpal ve Karki, 2004). Dünya’da değişik tropik bölgelerden 6.000’den daha fazla tıbbi bitki türü tespit edilirken (Khare, 2008), bunlardan 1.000’den fazlası aromatik bitki olarak sınıflandırılmıştır (Panda, 2015).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)’nın bazı tıbbi ve aromatik bitkilere ait dünya üretim verilerine göre, Çin ve Hindistan gibi bitki türleri bakımından zengin olan ülkelerin önde olduğu görülmektedir (FAO,2014). Ülkemizdeki bu bitkilere ait türlerin ortalama 1.000 kadarından çeşitli şekillerde yararlanıldığı ve 400 kadarının da ticaretinin yapıldığı bildirilmektedir (Arslan, 2014).

Bitkisel ürünlerin, sentetik ilaçlara göre daha güvenli ve sağlıklı ürünler olarak kabul edilmesi nedeniyle, tıbbi ve aromatik bitkisel ürünlere ve onlardan elde edilen uçucu yağlara olan ilgi her geçen gün daha cazip hale gelmiş, pazar payının büyümesine yardımcı olmuştur.

Son zamanlarda meydana gelen iklim değişiklikleri, yoğun yetiştirme uygulamaları ve pazar odaklı mahsul üretimi nedeniyle bu bitkilerde hastalık ve zararlı potansiyelinde önemli artışlar

meydana gelmiştir ve bu sorunlar da son zamanlarda gitgide artmıştır (Sharma, 2013; Sharma ve ark., 2014b). Zararlıların veya hastalıkların neden olduğu zararlar, bitkilerde biyokütle ve yağ içeriğini azaltmakta ve ürünün kalitesini düşürmektedir (Gupta ve ark., 2000; Zadotani ve Ikegami, 2002).

Bitki bazlı ilaçların, aroma bileşiklerinin dünya çapında büyük talepleri nedeniyle tıbbi ve aromatik bitkilerin yetiştirilmesi son yıllarda oldukça artmıştır. Bu bitkiler fungus, bakteri, virüs ve fitoplazmaların neden olduğu çeşitli hastalıklardan etkilenmektedir. Bu derlemenin amacı, ülkemizde olduğu kadar dünyada da oldukça büyük talep gören tıbbi ve aromatik bitkilerin genel olarak özellikleri ve bu kategorideki kullanım alanları ve bitkilerde görülmesi muhtemel fungal, bakteriyel ve viral etmenlerin belirtilerek, doğadan toplanan ve kültürü yapılan bu bitkilerin yetiştirilmesinde kaliteli ürünler elde edebilmek amacıyla alınabilecek önlemleri tespit etmek açısından önem arz etmektedir.

Türkiye’de ve dünyada sıklıkla yetiştirilen ve kullanılan tıbbi ve aromatik bitkiler şunlardır: *Lavandula* spp. (Lavanta), *Humulus lupulus* L. (Şerbetçiotu), *Papaver somniferum* L. (Haşhaş), *Rosa* spp. (Gül), *Salvia officinalis* L. (Adaçayı), *Carthamus tinctorius* L. (Aspir), *Dianthus caryophyllus* L. (Karanfil), *Sesamum indicum* Linn. (Susam), *Pimpinella anisum* L. (Anason), *Asparagus* spp. (Kuşkonmaz), *Rosmarinus officinalis* L. (= *Salvia rosmarinus*) (Biberiye), *Mentha piperita* L. (Nane), *Aloe vera* L. Burm. (= *Aloe barbadensis* Mill.), *Withania somnifera* (L.) Dunal (Hint Ginsengi-Zehirli Bektaşi Üzümlü-Kış Kirazı), *Rauwolfia serpentina* (L.) Benth. ex Kurz (Yılan kökü) (Serpentine/Sarpagandha), *Ocimum sanctum* L. (= *Ocimum tenuiflorum* L.) (Kutsal Fesleğen, Tulsi), *Coleus forskohlii* Briq (Kolyoz çiçeği-Yaprak güzeli çiçeği), *Chlorophytum borivillianum* Santapau & Fernandez (Musli) en önemlilerindendir.

2. Önemli Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Özellikleri, Fungal, Bakteriyel ve Viral Hastalıkları

2.1. *Lavandula* spp. (Lavanta)

Lamiaceae familyasına ait Lavanta (*Lavandula* spp.), birçok hastalıkta sakinleştirici, yatıştırıcı, antidepresan, antifungal, antibakteriyel, antiviral, analjezik, antienflamatuar, antispazmodik özellikleri olan 150 biyoaktif bileşene sahip, farmokoloji ve parfümeri sanayinde, uçucu yağ üretiminde, özel yiyeceklerde gıda üretiminde ve alternatif tıp endüstrilerinde kullanılan küçük, aromatik yarı çalimsı, maviden mora kadar değişen renkte, çok yıllık, değerli bir bitkidir (Başer, 1997) (Şekil 1).



Şekil 1. *Lavandula* spp. (Lavanta) bitkisi ve tarlasının genel görünümü (Wikipedia, 2021i)

Lavanta üretimi yapılan alanlarda özellikle funguslardan kaynaklanan ciddi ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. Dünyada önemli lavanta üretim yerlerinde en çok köklerde ve gövdede çürümelere, renk değişimlerine ve vasküler sistemlerde bozulmalara neden olan *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan (= *Phytophthora parasitica* Dastur), *P. palmivora* Butler (Dlugos ve Jeffers, 2019), *P. tentaculata* Kröber & Marwitz (Álvarez ve ark., 2006), *P. cactorum* (Lebert & Cohn) (Chen ve ark., 2017) tespit edilmiştir. Bitkide kloroz, bodurluk, solgunluk ve ölüme sebep verebilen *Fusarium sporotrichioides* Sherb. (Vrandečić ve ark., 2014), yapraklar ve dallarda sararma solma vasküler sistemde kahverengi renk değişikliğine sebep olan *F. oxysporum* Schlecht. (Perveen ve Bokhari, 2010; Ortu ve ark., 2018) ve *F. solani* Sacc. (Ren ve ark., 2008)'nin neden olduğu; kök nekrozu, yaprakların koyulaşması ve solması ve ardından bitkide genel solma belirtileri yapan *Sclerotinia sclerotiorum* (Garibaldi ve ark., 2015a); enfekte, olan bitkilerde tabandan başlayarak gövdelerde soluk kahverengi renk değişikliği görülmesi ve sonunda bitkinin devrilip ölmesine neden olan *Rhizoctonia solani* (Aktaruzzaman, 2018); *Botrytis cinerea* Pers. (Bertetti ve ark., 2010); *Alternaria alternata* (Fries) Keissler (Carta ve ark., 1983); *Colletotrichum* spp. (Perello ve Dal Bello, 1995) gibi fungal patojenler tespit edilirken, ülkemizde ise lavantada sürgün uçlarından başlayarak meydana gelen solma, renk değişimi ve akabinde ölüme sebep veren *P. palmivora*'ya rastlanmıştır (Dervis ve ark., 2011). Lavantalarda yapraklarda ve gövdelerde koyu nekrotik, ıslak görünümlü lezyonlara neden olan *Xanthomonas hortorum* Vaut. bakteriyel yaprak lekeleri (Rotondo ve ark., 2020), genç lavanta bitkilerinde bodurluk ve sarı yaprak lekelerine yol açan Alfalfa mosaic virus (Martínez-Priego ve ark., 2004), sarı beneklenme, yaprak deformasyonu ve gelişmede azalmalara neden olan Cucumber mosaic virus tespit edilmiştir (Kobytko ve ark., 2008).

2.2. *Humulus lupulus* L. (Şerbetçiotu)

Cannabaceae familyasına ait *Humulus lupulus* halk arasında “Mayaotu” veya “Bira çiçeği” olarak da bilinmekte olan şerbetçiotu bitkisi, çok yıllık, tırmanıcı, özellikle bira yapımında kullanılan bir keyif bitkisidir (Kneen, 2003) (Şekil 2). Bitki aynı zamanda ilaç ve kozmetik endüstrisinde de kullanılmaktadır (Neve, 1991). Bitki bira yapımı dışında, maya ve ekmek yapımında ve genç sürgünleri de sebze olarak değerlendirilmektedir (İncekara, 1964). Bitkinin gövdeleri ince, tırmanıcı, sarılıcı olup üzerleri sert tüylerle örtülü, yapraklar karşılıklı, uzun saplı, yürek şeklinde, üst yüzeyleri sert tüylüdür. Şerbetçiotunun çiçek kozalaklarının acı bir tadı vardır ve aromatik, koruyucu özelliklere sahiptir (Wikipedia, 2021f).



Şekil 2. *Humulus lupulus* (Şerbetçiotu) bitkisinin kozalaklı genel görünümü (Wikipedia, 2021f)

Şerbetçiotu üreten birçok alanda, şerbetçiotu üretimini sınırlayan bazı önemli fungal toprak kökenli hastalıklardan, *Verticillium nonalfalfae* Inderb. ve *V. dahliae* (Kleb.) bitkide kloroz, nekroz ve geriye doğru ölüme sebep olabilmektedir (Radisek ve ark., 2006). Bitkide görülmekte olan en önemli etmenlerden ikisi de mildiyö etmeni olan *Pseudoperonospora humuli* (Miabe ve Takah.) Wilson ve külleme etmeni *Podosphaera macularis* (Braun)’dır. *Pseudoperonospora humuli* patojeni, genç sürgünleri, yaprakları, çiçekleri ve kozalakları enfekte ederek, köşeli siyah yaprak lekelerine ve kozalakların kahverengi renk değiştirmesine neden olmakta iken *Podosphaera macularis* patojeni ise yaprakları ve kozalakları enfekte ederek çıkıntılara, kabarcıklara, soluk lekeler, konilerin bozulmasına ve beyaz küf kolonilerine neden olur (Neve, 1991). Ayrıca şerbetçiotunda sert çekirdekli meyvelerde nekrotik halkalı leke virüsü (PNRV), elma mozaik virüsü (ApMV), şerbetçiotu mozaik virüsü (HMOV), şerbetçiotu latent virüsü (HLV) ve American şerbetçiotu latent virüsü (AHLV)’de tespit edilmiştir (Klein ve Husfloen, 1995).

2.3. *Papaver somniferum* L. (Haşhaş)

Papaveraceae familyasına ait *Papaver somniferum*, narkotik analjezik morfin, kodein, tebain, papaverin ve noskapin gibi alkaloidlerin kaynağı olan dünyadaki en önemli bitkilerden biridir (Yadav ve ark., 2006; Gümüştü ve ark., 2008). Ayrıca şekerleme ve unlu mamullerde gıda maddesi olarak ve bu tohumlardan üretilen bitkisel yağlardan da faydalanılmaktadır. Bu yağ mutfaklarda kullanıldığı gibi, boyalarda, verniklerde, sabunlarda ve farmasötik olarak da kullanılmaktadır (Krist ve ark., 2005). Otsu yapıda tek yıllık bir bitki olan haşhaş, sapı ve dalları tüysüz, düz ve üzeri gri-yeşil bir mumsu tabakayla örtülü olup, olgunlaştığında kahverengimsi sarı bir renk almaktadır. Yapraklarının üzeri tüysüz ve grimsi-yeşil bir mum tabakasıyla kaplıdır. Bitki, tohumun rengine göre; beyaz, viyole ve kırmızı çiçek açmaktadırlar. Bitkinin meyvesi olan kapsülde, çok miktarda tohum bulunmaktadır (Wikipedia, 2021g) (Şekil 3).



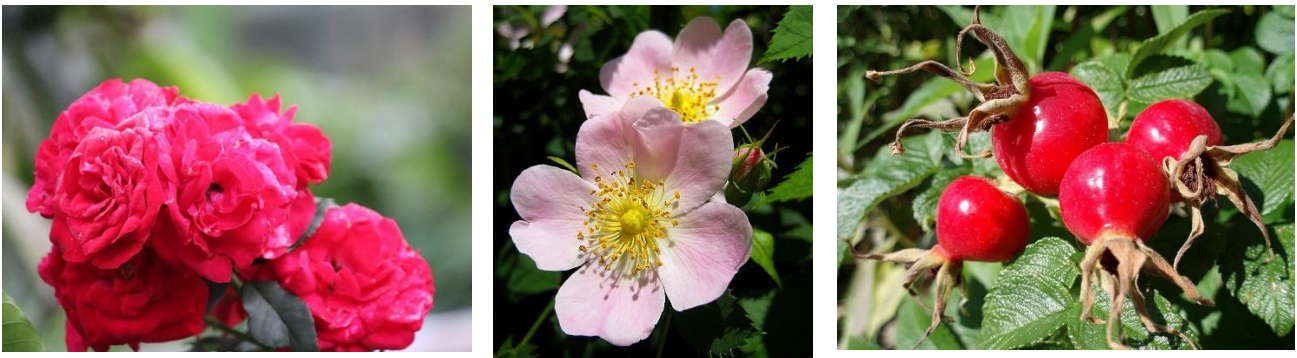
Şekil 3. *Papaver somniferum* (Haşhaş) bitkisinin çiçekli ve kapsüllü genel görünüşleri (Wikipedia, 2021g)

P. somniferum'un en önemli hastalıklarından biri, dünya çapında önemli ürün kayıplarından sorumlu olan *Peronospora* spp. (*Peronospora cristata* Tranzschel., *P. arborescens* (Berkeley) de Bary)'nin neden olduğu mildiyö etmenleridir (Yossifovitch, 1929; Kapoor, 1995). Haşhaş bitkisinde çökertene neden olan *Pythium dissotocum* Drechsler. patojeni de bitkide ciddi zararlara yol açmıştır (Bajpai ve ark., 1999). Ayrıca son çalışmalarda da *Cochliobolus spicifer* Nelson. patojeni, fidelerde çökertene sebep olan *Fusarium solani* ve yaprak lekesi etmeni olan *Alternaria alternata* patojeninin bitkide önemli hastalıklara sebebiyet verdiği tespit edilmiştir (Kishore ve ark., 1985). Şalgam mozaik virüsü (TuMV) (Špak ve Kubelková, 1990), domates yaprak kıvrıcıklığı virüsü (TYLCV) (Srivastava ve ark., 2016), Fasulye sarı mozaik virüsü (BYMV), Şeker pancarı sarılık

virüsü (BYV) ve Şeker pancarı mozaik virüsünün (BtMV) (Kubelkova ve Spak, 1999; Pethybridge ve ark., 2005)’de bitkide hastalığa neden olan virüs hastalıkları olduğu belirtilmiştir.

2.4. Rosa spp. (Gül)

Rosaceae familyasına ait *Rosa* spp., Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde (özellikle Orta ve Kuzeydoğu Anadolu'da) yetişen (Davis, 1972), yüksekliği yaklaşık 2 ± 3 m olan, sert çevre koşullarına dayanıklı, çok yıllık bir çalı bitkisidir (Şekil 4). Gül, tıbbi ve aromatik bitkilerden kokulu bitkiler arasında yer alır ve bu bitkiler kozmetik, parfümeri ve gıda sektöründe önemli bir role sahiptir (Jabbarzadeh ve Khosh-Khui, 2005). *Rosa damascena* yemekte baharat ya da gül suyu olarak kullanılabildiği gibi dondurma, reçel, lokum, sütlaç, yoğurt gibi tatlıların yapımında da kullanılmaktadır. *Rosa canina* yabani gül meyvesi olarak bilinen kuşburnu, mineral (K, P) ve vitamin içeriği nedeniyle zengin bir bileşime sahiptir ve diğer meyve veya sebzelerden daha yüksek oranda C vitamini içermektedir. Ayrıca, yabani meyveler yüksek bir fenolik içeriğe sahiptir (Oszmianski ve Chomin, 1993; Cai ve Ding, 1995). Gül, böbrekleri tahriş etmeden idrar söktürücü bir etki yaratarak sindirim sistemi için özellikle faydalıdır. Meyveleri ise yemek, çay ve ilaçta kullanılmaktadır. Kuşburnu, vücudun enfeksiyona karşı savunmasını ve özellikle de soğuk algınlığına karşı dayanıklılığını korumasındaki etkinliğiyle bilinmektedir (Özcan ve Sağdic, 1997). Ayrıca meyveler şeker, tanen, pektin, uçucu yağ ve organik asit bakımından zengindir (Zhao ve ark., 1988).



Şekil 4. *Rosa* spp. (Yabani gül) bitkilerinin çiçekli genel görünümleri ve meyveleri (Wikipedia, 2021j)

Phragmidium disciflorum (Tode) J. James fungal patojeni, konukçu bitkilerin yapraklarında, gövdelerinde ve meyvelerinde enfeksiyona sebep olmuştur. *Sphaerotheca pannosa* Lev. var. *rosae* Wor. gülde küllemeye neden olan fungustur. Bu fungus hassas genotipe sahip gül yapraklarında dökülmelere neden olmaktadır. *Marssonina rosae* (Lib.) Died., konukçu bitkilerin yaşlı

yapraklarına saldırarak çeşitli boyutlarda radyal ve yıldız şeklinde siyah (veya mor kahverengi) lekeler neden olmuştur ve hastalık ilerledikçe yapraklarda dökülmelere neden olmuştur (Valiyeva ve ark., 2004). Bitkide ayrıca yaprak lekelerine yol açan, *Aspergillus niger* van Tieghem, *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.), *C. oxysporum* Berk. & M.A.Curtis, *Penicillium* sp., *Pestalotiopsis guepinii* (Desm.), *Curvularia. pallescens* Boedijn., *Gibberella* sp. ve *Trichoderma viride* Pers. ex Fries; siyah lekeler yol açan *C. cladosporioides*, *C. oxysporum*., *Marssonina rosae* (Lib.) Died., *Penicillium* sp. ve *P. guepinii*; yanıklık belirtileri yapan *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus* Link., *C. cladosporioides*, *Penicillium* sp., *P. guepinii* ve *T. viride*; antraknoz belirtilerine neden olan *A. alternata*, *Botrytis allii* Munn., *C. cladosporioides*, *C. oxysporum*, *Colletotrichum* sp., *Nigrospora sphaerica* (Saccardo), *P. guepinii* ve *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuill (Ghosh ve Shamsi, 2014); kuru çürüklüğe neden olan *Fusarium oxysporum* (Barguil ve ark., 2009); yapraklarda sarıdan kırmızıya dikkörtgen lekeler neden olan *Peronospora sparsa* Berk. patojenleri tespit edilmiştir (López-Guisa ve ark., 2013). Bitkide bakteriyel etmenler olarak bakteriyel solgunluk etmeni *Ralstonia solanacearum* (Smith) (Kim ve ark., 2019), bakteriyel leke etmeni olan *Xanthomonas* sp. (Huang ve ark., 2013), kök-uru bakteriyel etmeni olan *Agrobacterium tumefaciens* (Smith & Townsend) Conn (Aysan ve Sahin, 2003) ve *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. ateş yanıklığı bakteriyel etmenleri (Vanneste ve ark., 2001) tespit edilmiştir. Gülde, sert çekirdeklielerde nekrotik halkalı leke virüsü (Moury ve ark., 2001), Rose spring dwarf-associated virüsü (Vazquez-Iglesias ve ark., 2020), gül rozet virüsünde (Laney ve ark., 2011) bitkide önemli zararlanmalara neden olduğu bildirilmiştir.

2.5. *Salvia officinalis* (Tıbbi Adaçayı)

Lamiaceae familyasından çok yıllık bir bitki olan adaçayı, baharat olarak kullanımının yanı sıra kozmetik, peyzaj, bitkisel boya olarak kullanıldığı gibi, gıda sanayinde doğal koruyucu olarak, parfümeri ve sabun bileşimlerinde, tütün şeklinde sigara olarak da kullanılmaktadır. Aynı zamanda güçlü bir antibakteriyel olmakla birlikte et ürünlerinin doğal olarak korunmasında raf ömrünün uzatılması amacıyla da kullanılmaktadır. Tıbbi amaçlı olarak boğaz ağrılarında, ağız yaralarında, bademcik iltihaplarında ve diş eti hastalıklarında kullanılmaktadır. Karaciğeri ve sindirim sistemleri fonksiyonlarını düzenleyici olarak, menopoz dönemi sıkıntılarının atlatılmasında terlemeyi engelleyici etkisiyle, diyabetiklerde kan şekerini düşürmesiyle de bilinmektedir. Çok miktarda ve uzun süreli kullanımının toksik etki yapabileceği düşünülmektedir (Anonim, 2007). Bitkinin çevresine hoş bir koku yayan, maviden menekşe rengine kadar çiçekleri bulunmakta ve odunsu

sapları, grimsi yaprakları, ıtırılı bir koku yaymaktadır. Kurutulmuş yaprakları çay olarak tüketilebildiği gibi yemeklerde de koku ve tat vermek için kullanılmaktadır (Wikipedia, 2021h) (Şekil 5). Günümüzde de gaz söktürücü, antiseptik olarak boğaz ve burun hastalıkları tedavisinde de kullanılmaktadır (Baytop, 1999).



Şekil 5. *Salvia officinalis* (Tıbbi adaçayı) bikisinin çiçekli genel görünümü (Wikipedia, 2021h)

Adaçayında enfeksiyon yapan en önemli fungal hastalıklar: *Colletotrichum dematium* (Pers. ex Fr.)'un neden olduğu antraknoz, *Ascochyta sclarea*'nın neden olduğu ascochitosis ve *Rhizoctonia solani*'nin neden olduğu kök çürüklüğüdür (Subbiah ve ark., 1996; Voltolina, 2001). Bunlar dışında *Phomopsis sclarea* Sarwar., *Erysiphe polygoni* DC. ve *Sclerotinia sclerotiorum* İtalya, İspanya, Kaliforniya ve ABD'de bitkilerde ekonomik olarak önemli verim kaybına neden olmaktadır. Hastalıklı fidelerde bodurlaşma ve köklerde kırmızımsı kahverengi vasküler renk değişikliği, çürüme ve ölümlere neden olan *Fusarium oxysporum* etmeni tespit edilmiştir (Subbiah ve ark., 1996). Aynı zamanda Türkiye’de *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *F. moniliforme* Sheldon ve *Rhizoctonia solani*’nin bitkide çökertene neden olduğu (Çarkacı ve Maden, 1998), Polonya’da yapılan çalışmalarda kök çürüklüğüne neden olan *Fusarium* spp., *R. solani*, *Phoma exigua* var. *exigua* Sacc.’nın bitkinin kök ve gövdelerinde nekrozlara ve dokularda yıkımlara neden olan semptomları tespit edilirken, bitki saplarından ve gövdelerden de nekroz, soyulma ve kabuk kırılma semptomları gösteren *Phomopsis sclarea* elde edilmiştir (Zimowska, 2008). *Phytophthora* taç ve kök çürüklüğü etmeni olarak *Phytophthora cryptogea* Pethybr. & Laff da bitkide hastalık yapan fungal etmenlerden biri olarak bildirilmiştir (Garibaldi ve ark., 2015b).

2.6. *Rosmarinus officinalis* L. (= *Salvia rosmarinus*) (Biberiye)

Lamiaceae familyasına ait olan ve genel olarak biberiye olarak bilinen bitki, Akdeniz bölgesine özgü, her daim yeşil, iğne benzeri yaprakları olan, beyaz, pembe, mor yada mavi çiçekleri olan, kokulu, çok yıllık bir bitkidir (Rotblatt, 2000) (Şekil 6). Bu bitki, karakteristik aroması nedeniyle mutfakta yemeklerde kullanıldığı gibi (Jardak ve ark., 2017), bitkiden elde edilen ekstraktlar ile çabuk bozulan gıdaların raf ömrünü uzatan doğal bir antioksidan olarak da kullanılmaktadır (Habtemariam, 2016). AB, biberiye ekstraktını (E392) gıdanın korunması için güvenli ve etkili bir doğal antioksidan olduğunu onaylamıştır (Food Standards Agency, 2016).



Şekil 6. *Rosmarinus officinalis* (Biberiye) bitkisinin çiçekli genel görünümü (Wikipedia, 2021k)

Biberiye bitkisinde enfeksiyon, başlangıçta yaprakların üst yüzeylerinde soluk yeşil lekeler sonra sarımsı, kahverengiye dönüşen lekeler ve lekelerin spor tabakasına neden olan, mildiyö etmeni *Peronospora lamii* A. Braun bitkide ölümle sonuçlanan enfeksiyonlara neden olmaktadır (Humphreys-Jones ve ark., 2008). İtalya’da ve Kore’de hastalıklı yaprak dokusunda *Rhizoctonia* ağ yanıklığı etmeni olan *Rhizoctonia solani* AG-1-IA ve AG-1-1B patojenleri tespit edilmiştir (Bertetti ve ark., 2013; Aktaruzzaman ve ark., 2015). Yaprak dokularında yanıklıklara ve gövdede beyaz miselyal gelişimlere neden olan *Rhizoctonia solani* patojeni de bitkide tespit edilmiştir (Al-Taae ve Al-Taae, 2020).

2.7. *Aloe vera* (L.) Burm. (= *Aloe barbadensis* Mill.) (Tıbbi Sarısabır)

Asphodelaceae (Liliaceae) familyasından çok yıllık bir bitki olan *Aloe vera*, Aloe cinsinin kalın, etli, yaprak dökmeyen, kenarları tırtıklı ve Arap yarımadası orjinli bir bitkidir (Şekil 7). Fakat

aynı zamanda dünyadaki tropikal, yarı tropikal ve kurak iklimlere sahip tüm yerlerde yabani olarak, tarımsal ve tıbbi amaçlı yetiştirilmektedir. Türler ayrıca dekoratif amaçlı ve iç mekanlarda saksı bitkisi olarak yetiştirilmektedir. Bitki aynı zamanda içecek olarak, cilt losyonları, kozmetikler, merhemler dahil birçok tüketici ürününde de kullanılmaktadır. Bitkiden iki madde - berrak bir jel ve onun sarı lateksi - ticari ürünleri üretmek için önemlidir. Aloe jel tipik olarak yanıklar ve yaralarda, kızarıklıklarda, sedef hastalığı tedavisinde, uçuklarda, donma ve kuru cilt gibi cilt rahatsızlıkları için topikal ilaçlar yapmada kullanılmaktadır. Aloe lateksi tek başına kullanılır veya kabızlığın giderilmesi için sindirilmek üzere başka bileşenlerle birlikte bir ürün olarak üretilir (Wikipedia, 2021a).



Şekil 7. *Aloe vera* bitkisinin genel görünümü (Wikipedia, 2021a)

Bitkide ciddi yaprak lekelerine yol açan *Fusarium proliferatum* (Matsush.) bitki yaprakların her iki yüzeyinde de kırmızımsı kahverengi kenarları olan, düzensiz, çökük, koyu kremsi kahverengi lekelerle neden olmaktadır (Avasthi ve ark., 2018). Yine yapraklarda kırmızı kahverengiden, kahverengiye değişen renkte lekelerle neden olan ve bitkinin kalitesini düşüren *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. tespit edilirken (Avasthi, ve ark., 2011), fidanlıklarda yetiştiriciliği yapılan bitkinin yapraklarında kuruma ve kırılmalara neden olan *Phoma betae* A.B. Frank ve *Phoma eupyrena* Sacc. yaprak lekesi etmeni kaydedilmiştir (Avasthi ve ark., 2013; 2017a). Yine yapraklarda küçük, dairesel ila oval, koyu kahverengi nekrotik lekelerle neden olan *Alternaria alternata* yaprak lekesi hastalığı etmeni (Bajwa ve ark., 2010) ve *Alternaria brassicae* (Berk) Sacc. yaprak lekesi tespit edilmiştir (Ghosh ve ark., 2018). Bitkinin yaprak uçlarında ve dikenli kenar kısımlarında nekrotik koyu kahverengi lekelerle neden olan *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn ve *Curvularia ovoidea* (Hiroë & N. Watan.) patojenleri, yaprak lekesi hastalıklarına olarak kaydedilmiştir (Avasthi, 2015). Bitkide, yapraklarının uçlarında ve orta kısımlarında küçük, dairesel, koyu kahverengi nekrotik lekelerle neden olan *Polystrata indica*

T.P.Devi & N.Mathur yaprak lekelesi etmenleri görülmüştür (Avasthi, 2017b). *Gilmaniella humicola* G.L. Barron, *Nigrospora sphaerica* ve *Phoma exigua* etmenleri de yaprak lekelerine neden olurken, *Fusarium solani* bitkide kök çürüklüğüne neden olmuştur (Sharma ve Samota, 2007). Bakteriyel yumuşak çürüklük etmeni olan *Pectobacterium chrysanthemi* (Burkholder) bitki yaprak tabanlarında sulu lezyonlar olarak kendini göstermeye başlayıp hastalık ilerledikçe çürümelere ve ölüme neden olmuşlardır (Mandal ve Maiti, 2005). Karayip adasında *Erwinia chrysanthemi* (Burkholder)'nin neden olduğu bakteriyel yaprak çürüklüğü etmeni semptomları özellikle yoğun yağıştan yaklaşık bir hafta sonra dış yaprakların diplerinde koyu yeşil, sulu alanların belirmesi ile ortaya çıkmaktadır. Hastalık ilerledikçe tüm bitkide ölüm tespit edilmiştir (De Laat ve ark., 1994). Bakteriyel yumuşak çürüklük etmeni olan *P. chrysanthemi* etmeninin bitkideki ilk semptomu, yaprakların dibinde sulu yumuşak lezyonlar şeklinde başlamakta, tüm yapraklar çürüyerek ölmektedir (Pervez ve ark., 2016).

2.8. *Asparagus* spp. (Kuşkonmaz) (= *Asparagus officinalis* L.; *A. racemosus* Willd)

İlaç olarak kullanılan çok sayıda kuşkonmaz türü arasından beş tanesi kanser önleyici olarak seçilmiştir. Bunlar: *Asparagus laricinus* Burch; *Asparagus africanus* Lam.; *Asparagus officinalis* L.; *Asparagus racemosus*; ve *Asparagus densiflorus* (Kunth) Jessop.'dur. Bitkinin en bilinen türü, genellikle sadece kuşkonmaz olarak adlandırılan yenilebilir *Asparagus officinalis*'tir. Fakat tıbbi bitkiler kapsamında en yaygın kullanılan *Asparagus* türü ise *Asparagus racemosus* 'dur.

Asparagus racemosus Hindistan ve Himalayalar'da yaygın olan bir kuşkonmaz türüdür. 1–2 m uzunluğunda büyür ve 1.300-1.400 m yükseklikte ve çakıllı, kayalık topraklarda yaşayan bir bitkidir (Freeman, 1998) Son zamanlarda özellikle doğal ortamında artık azalan bir bitki olma yolundadır. Bitki, geleneksel Ayurveda tıbbında önemlidir. Kurutulmuş köklerden elde edilen bitki özleri, kadınlarda çeşitli üreme ve hormon sorunları için (Pizzorno ve ark., 2015; Hechtman, 2018) ve mide ülseri ve hazımsızlık durumlarında da (Goyal ve ark., 2003) kullanılmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. *Asparagus* spp. (Kuşkonmaz) bitkisinin genel görünümü (Helensburghlandcare, 2021)

Fusarium oxysporum f. sp. *asparagi* (Foa) ve *F. proliferatum* kuşkonmazın *Fusarium* patojenlerinin içinde en önemli türleridir, semptomlar arasında bitki boyutunun kısılması (Elmer, 2001), bitki kısımlarında solma (Cohen ve Heald, 1941), kök, rizomlar ve saplarda kök çürüklüğü (Johnston ve ark., 1979), rizomda gövdede vasküler renk değişikliği ve kök ve gövde yüzeylerinde kahverengi lezyonlar (Schreuder ve ark., 1995) meydana gelmektedir. *Phytophthora* spp. patojeninin kuşkonmaz fideliklerinde taç ve köklerde zararlanmalara neden olduğu tespit edilmiştir (Falloon ve Grogan, 1988). Kuşkonmaz sapları üzerinde *Phomopsis* yanıklığı etmeni olan *Phomopsis asparagi* (Sacc.) saplar üzerinde uzun, oval, açık kahveden koyu kırmızıya değişen lezyonlara sebep olmaktadır. Kök tabanında, bitkinin üst aksamına göre daha fazla lezyon oluşmuştur. Hastalık ilerledikçe kuruma ve ölüm meydana gelmektedir (Elena, 2006; Zaw ve ark., 2017). *Stemphylium vesicarium* (Wallroth) patojeni kuşkonmaz mızrakları üzerinde küçük, eliptik, kahverengimsi mor lekelerle neden olmaktadır (Han ve ark., 2019). Fidanlıklar da kuşkonmaz ağacı gövdesinde koyu renkli, ıslak görünümlü lezyonlara sebep olan *Xanthomonas campestris* (Pammel) bakteriyel etmeni bildirilmiştir (Norman ve ark., 1997). Bitkide Potyvirus kuşkonmaz virüsü 1 (AV1) ve İlarvirus kuşkonmaz virus 2 (AV2) kuşkonmaz bitkisinin ekonomik ömrünü olumsuz etkilemekte ve verimi düşürmektedir. Ayrıca biyotik ve abiyotik strese karşı bitkide duyarlılığın artırmasına neden olmaktadır (Tomassoli ve ark., 2012).

2.9. *Mentha piperita* L. (Bahçe nanesi)

Lamiaceae familyasından bir bitki olan nane, yaprakları, soğuk algınlığını tedavi etmek veya sindirime yardımcı olmak için çay haline getirilerek kullanılmaktadır (Fagan, 2019) (Şekil 9). Nane özleri ve mentolün kimyasalları, yiyecek, içecek, öksürük ilaçları, kremler ve tütün ürünlerinde

sıklıkla kullanılmaktadır. Nane yağı, huzursuz bağırsak sendromu için kısa vadeli bir tedavi olma potansiyeli nedeniyle ön çalışmalarına devam edilmektedir. Nane yağı ve yaprakları, kas ağrısı, sinir ağrısına iyi gelmekle birlikte, kaşıntıdan kurtulmada veya koku olarak topikal olarak kullanıldığında serinletici bir etkiye neden olmaktadır (Wikipedia, 2021b). Mentol, Streptococcus ve Lactobacillus bakterilerini potansiyel olarak engelleyen bir gargara olarak diş bakımında çoğunlukla kullanılmaktadır (Freires ve ark., 2015).



Şekil 9. *Mentha piperita* (Nane) (*Mentha arvensis*, *Mentha spicata*, *Mentha citrata*) bitkisinin çiçekli genel görünümü (Wikipedia, 2021b)

Nane bitkisinde, ekonomik kayıplara neden olan önemli fungal patojenler arasında *Puccinia menthae* Pers., *Verticillium daliae*, *V. albo-atrum* Reinke & Berthold, *Phoma strasseri* Moesz., *Erysiphe cichoracearum* (DC.), *Alternaria alternata* ve *Rhizoctonia solani* bulunmaktadır (Jurronis ve Snieskienei, 2004; Zimowska, 2007). *A. alternata* tarafından bitkide enfeksiyon yapan yaprak lekesi (Shukla ve ark., 1999), bitkide ciddi derecede yaprak dökülmesine neden olarak önemli ekonomik kayıplara yol açan bir patojendir (Kalra ve ark., 2001). *Sclerotium rolfsii*'nin neden olduğu yaka çürüğü, nane yetiştiriciliği yapılan yerlerde ürüne büyük ölçüde zarar veren toprak kaynaklı bir bitki patojenidir (Bharathi ve ark., 2004). *Golovinomyces biocellatus* (Ehrenb.) V.P. Heluta patojeninin neden olduğu külleme, bitkide önemli zararlanmalara neden olmaktadır (Liberato ve Cunningham, 2007). Nane yaprak yanıklığına neden olan *Helminthosporium spiciferum* (Bainier) Nicot patojeni, bitki yapraklarında önce uçlardan ve kenarlardan başlayan kahverengi lekelerle, hastalık ilerledikçe yapraklarda yukarı kıvrımlara ve deformasyonlara neden olan ciddi

zararlanmalara sebebiyet vermektedir (Kumar ve ark., 2013). Nane saplarında ve rizomlarında görülen patojen *Phoma strasseri*, bitkinin dokularında yumuşama ve nekroza neden olmaktadır (Zimowska ve ark., 2005). Bakteriyel patojen olarak da nane bitkisinin yaprak kenarlarında küçük, ıslak görünümlü, sarı lekeler görülmesine neden olan *Pseudomonas cichorii* (Swingle) Stapp yaprakların dökülmesine sebebiyet vermektedir (Maia ve ark., 1996). Bitkinin önce yeni olgunlaşan koyu yeşil yapraklarda parlak sarı, düzensiz lekeler gelişmesine, daha sonra da yaşlı yapraklarda bronzlaşma ve genellikle tamamen sarıya dönüşme ve düzensiz, kahverengimsi gri, lezyonlara neden olan Domates benekli solgunluk virüsü (impatiens serotype) (TSWV-I) tespit edilmiştir (Sether ve ark., 1991). Ayrıca bitkide sarı damar, yaprak sararması, mozaik görüntüsü, buruşma gibi tipik semptomlara neden olan Chilli yaprak kıvrıcıklığı Hindistan virüsü (ChiLCV) tespit edilmiştir ve bu da nanede önemli ölçüde verim kaybına neden olmaktadır (Saeed ve ark., 2014).

2.10. *Chlorophytum borivilianum* Santapau & Fernandez (Musli)

Liliaceae familyasından mızrak yapraklı olan *Chlorophytum borivilianum*, Hindistan yarımadasındaki tropikal nemli ormanlarda yetişen bir bitkidir (Wikipedia, 2021c) (Şekil 10). Hindistan'ın bazı bölgelerinde yaprakları sebze olarak yetiştirilip yenmekte ve kökleri, sağlık toniği olarak kullanılmaktadır (Oudhia, 2000). Geleneksel Hint tıbbında ise 'Rasayan' veya 'adaptojen' olarak kullanılmaktadır (Thakur ve ark., 2007). Kökleri (yumruları) alkaloidler, karbonhidratlar, vitaminler, mineraller, proteinler, polisakkaritler, saponinler, antioksidan ve immüno-modülatör gibi total canlandırıcı olarak çeşitli terapötik değerlere sahip steroidler bakımından oldukça zengin bir bitkidir (Anonim, 2001). Kurutulmuş yumruları, diyabet ve hipertansiyonu önlemek için kullanılmakta ve Orta Doğu ile Avrupa'ya ihraç edilmektedir (Bordia ve ark., 1995).



Şekil 10. *Chlorophytum borivilianum* (Musli)'ün çiçekli genel görünüşü (Wikipedia, 2021; Kumar, 2007)

Koyu kahverengi yumru çürüklüğüne neden olan *Fusarium solani* bitkide ciddi enfeksiyonlara neden olmaktadır (Raghavendra ve ark., 2005). *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. yaprak yanıklığı hastalığı, yaprakların uçlarında ve dış kenarlarında karakteristik nekrozların oluşmasına neden olarak yaprakların tamamen erkenden kurummasına neden olmaktadır (Meena ve Kadam, 2020). *Colletotrichum dematium* ve *Alternaria* yaprak yanıklığı etmeni bitki yapraklarında yanıklıklara neden olan fungal etmenlerdir (Tekade, 2008). *Colletotrichum capsici* (Syd.) EJ Butler & Bisby yaprak lekesi etmeni, enfekte olmuş bitkide yaprakların damarları ve kenarı boyunca uzunlamasına çizgiler oluşturan küçük, toplu iğne başı, dairesel, kırmızımsı kahverengi lezyonlar meydana getirmekte ve yaprakları kurutmaktadır. Ayrıca bitkilerden tıbbi amaçlı kullanım için üretilmekte olan yumruların sağlıklı olmasına neden olmaktadır (Sattar ve ark., 2006). *Corticium rolfsii* (Sacc.) yaka çürüklüğü etmeni, bitkide enfeksiyonlara neden olmaktadır (Singh ve ark., 2001).

2.11. *Coleus forskohlii* (Wild) (Kolyoz çiçeği-Yaprak güzeli çiçeği) (= *Plectranthus barbatus* Andrew) (= *Coleus barbatus* Benth.)

Lamiaceae familyasından çok yıllık tropikal bir bitki olan *Coleus forskohlii* (Şekil 11), farmasötik preparatlar ve hücre biyolojisindeki araştırmalar için yararlı olan forskolin adı verilen bir madde üretmektedir (Alasbahi ve Melzig, 2010). Çeşitli düzensizlikleri tedavi etmek için Ayurvedik tıpta sıklıkla kullanılan ve egzama, astım, sedef hastalığı, kardiyovasküler bozukluklar ve hipertansiyonun tedavisinde kullanılan diterpenoid forskolinin tek kaynağı olan, hastalık sürecinin azalmasına neden olan bir bitkidir (Kavitha ve ark., 2010).



Şekil 11. *Coleus forskohlii* (Kolyoz çiçeği) bitkisinin çiçekli genel görünümü (Wikipedia, 2021m; Hua Kang Biotechnology, 2021)

Bitkide *Macrophomina* kök çürüklüğü etmeni olan *Macrophomina phaseolina*, yapraklarda sararma ve düşmelere sebep olmakla birlikte, sapta kararma, kökte çürüklüklere neden olmaktadır. Aynı zamanda bu patojen *Coleus forskohlii*’de bazal gövdede, gövde kabuğu ve kök epidermisinde soyulmalar yapmaktadır. Çürüyen bitki kısımlarında patojenin siyah sklerotileri görülmektedir (Kamalakannan ve ark., 2006). *Rhizoctonia bataticola* (Taub.) Butl.’nın neden olduğu solgunluk, *Coleus forskohlii*’nin ciddi bir hastalığıdır. Bu bitki tohumlarının çimlenmesinden sonra yapraklarda solması, gövdede kahverengi renk değişikliği ve kök çürümesine neden olan *Fusarium oxysporum* etmeninin belirtileri gözlemlenmiştir (Zheng ve ark., 2012). Bitkinin yapraklarında lekelere yol açan *Corynespora cassiicola* (Berk. & MA Curtis) CT Wei patojeni de bitkide enfeksiyona neden olmaktadır (Fernandes ve Barreto, 2003). Hıyar mozaik virüsü, bitkinin yapraklarında koyu ve açık yeşil lekeli mozaikleşme, beneklenme, yapraklarda bozulma ve gelişmesinde azalmalar tespit edilmiştir (Pavithra ve ark., 2019).

2.12. *Ocimum sanctum* L. (= *Ocimum tenuiflorum* L.) (Kutsal Fesleğen, Tulsi)

Labiatae familyasından çok yıllık aromatik bir bitkidir. Tulsi, dini, geleneksel tıpta ve uçucu yağ elde etmek için yetiştirilmektedir. Yaygın olarak da Ayurveda’da bir bitki çayı yapımında kullanılmaktadır (Wikipedia, 2021d) (Şekil 12).



Şekil 12. *Ocimum sanctum* (Kutsal Fesleğen, tulsi)’nin genel görünüşü (Wikipedia, 2021d)

Ocimum sanctum bitkilerinde, toprak üstü kısımlarında solmalara, gövdenin alt kısımlarında kararmalara ve ana kök sisteminin çürümesine, *Rhizoctonia bataticola* patojeni neden olmaktadır (Deshmukh ve Mahmud, 1950). Bitkinin yaka bölgesinde soluk klorotik lezyonlara neden olan *Sclerotium rolfsii* (*Corticium rolfsii*), köklerde ve kısmen de alt yapraklarda enfeksiyon meydana getirmektedir. Ayrıca yaprak saplarının devrilmesine, alt yaprakların solmasına, sararmasına ve koyu kahverenkli gövde enfeksiyonlarına neden olarak nihayetinde bitkinin ölümüne sebebiyet vermektedir (Gupta ve ark., 2008). Sclerotinia kök çürüklüğü etmeni olan *Sclerotinia sclerotiorum*, dallarda açık kahverengi renk değişikliği ile başlayan hastalıkta, enfekteli dallar kurumaya başlayarak, ölmüştür ve etkilenen doku üzerinde belirgin pamuksu beyaz miselyum gelişmiş, ölü dallarda ise siyah olgunlaşmış sklerotia bulunmasına neden olmaktadır (Khatua ve ark., 2014). *Alternaria* spp. patojeni bitkinde yaprak yanıklığına neden olmakta, yaprakların mezofil dokularını yok etmekte ve bitkilerin antibakteriyel potansiyelini ve antioksidan aktivitesini de azaltmaktadır (Barman ve ark., 2018). *Erysiphe biocellata* Ehrenb. etmeni ise bitkide küllemeye neden olan bir patojen olarak belirtilmiştir (Sharma ve Chaudhary, 1980).

2.13. *Rauvolfia serpentina* (L.) (Yılan kökü)

Apocynaceae familyasına ait bitkinin yaprakları elips veya mızrak şeklinde olup, soluk yeşildir. Bitkinin, yaklaşık 0.5 cm çapında parlak, siyah veya mor, yuvarlak meyveleri ve küçük pembe veya beyaz çiçekleri vardır. Yumuşak bir kazık köke sahiptir (Brijesh, 2011) (Şekil 13). Sistolik hipertansiyon tedavisinde kullanılan fitokimyasal reserpinin kaynağıdır (Lobay, 2015).



Şekil 13. *Rauvolfia serpentina* (Yılan kökü) bitkisinin çiçekli ve meyveli genel görünümü (Wikipedia, 2021n; Planet Ayurveda, 2021).

Colletotrichum gloeosporioides’in neden olduğu antraknoz etmeni, enfekteli lekeler meydana getirerek, bu lekelerin birleşmesi ile *Rauvolfia serpentina* yapraklarının tamamen kurumasına ve dökülmesine neden olmaktadır (Varadarajan, 1964; Yasmin ve Shamsi, 2015). Bitkide görülen siyah kök çürüklüğüne neden olan etmen *Macrophomina phaseolina* (Dudhbhate, 2020), yaprak lekesine yol açan etmenlerden biri de *Pseudocercospora liebenbergii* (Syd.) Deighton (Wahyuno ve Manohara, 1998), diğer bir yaprak lekesi ve yanıklık etmeni de *Rhizoctonia solani* olarak tespit edilmiştir (Mehrotra ve Thapar, 1990). Çiçeklerde ve çiçek tomurcuklarında sulu lezyonlar şeklinde ortaya çıkan ve daha sonra sümüksü ıslak çürüklüğe dönüşen, yapraklar da dahil enfekteli kısımlarda kuruma ve ölümlere neden olan *Rhizopus stolonifer* patojeni tespit edilmiştir (Shukla ve ark., 2006). *Alternaria alternata* patojenide bitkinin yapraklarında giderek büyüyen, koyulaşan lekeler yol açmaktadır ve hastalık ilerledikçe yaprakların dökülmesine sebep olmaktadır (Puni ve Harsh, 2009; Thakur, 2015). Bunların dışında *Mycosphaerella rauvolfiae* TS Ramakr. & K. Ramakr., *Cercospora rauvolfia* Chupp & Muller, *Phoma jolyana* Piroz. & Morgan-Jones, *Cladosporium oxysporum*, *A. tenuis* Ness., *A. tenuissima* Samuel Paul Wiltshire’nın neden olduğu yaprak lekeleri, *Fusarium oxysporum* f. sp. *ruavolfiae*’un neden olduğu solgunluk hastalığı, *Corynespora cassicola*’nın neden olduğu dal yanıklığı gibi etmenler bitkide yaprak dökülmelerine, solgunluklara ve ilerleyen enfeksiyonlarda ölümlere neden olmaktadır (Dadwal ve Nisha, 2013). *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl.’un neden olduğu tepe ölümleri de bitkide geri ölümlere sebep veren önemli patojenlerdendir (Dadwal ve ark., 2010). Nekrotik lokal lezyonlara ve sistemik mozaikleşmeye neden olan hıyar mozaik virüsü (CMV) bitkide hastalığa sebep veren viral etmenlerden biri olmuştur (Raj ve ark., 2007).

2.14. *Withania somnifera* (L.) (Hint Ginsengi-Zehirli Bektaşı Üzüümü-Kış Kirazı)

Solanaceae familyasından bir bitki olan *Withania somnifera*’nın, Ayurveda’da şifalı olduğu ve birçok ülkede besin takviyesi olarak satıldığı bilinmektedir (Wikipedia, 2021e) (Şekil 14). Bitki anti enflamatuar, antitümör, antioksidan, antiülser özelliğe sahip olup sinir sistemi ve uyku düzenleyicisi özelliği olan kökleri glikoitanolid, tanen, potasyum nitrat içermesi nedeniyle ticari olarak yetiştirilen bir bitkidir (Basu ve Kirtikar, 1991).



Şekil 14. *Withania somnifera* (Kış Kirazı) bitkisinin meyveli genel görünümü (Wikipedia, 2021e)

Bitki, *Alternaria alternata*'nın neden olduğu fide yanıklığı, çökerten, yaprak yanıklığı ve geriye ölüm; *Myrothecium roridum* Tode'un neden olduğu yaprak lekesi; *Choanephora cucurbitarum* (Berk. & Ravenel) Thaxt.'un neden olduğu ıslak çürüklük gibi birçok fungal hastalığa maruz kalmaktadır (Solanki ve Basudeb, 2017). Ayrıca bitki, yaprak dökülmesine neden olan *Alternaria chlamydospora* Mouch. yaprak yanıklığı hastalığından büyük oranda etkilenir ve etmen kök veriminde büyük oranda düşüslere neden olmaktadır (Vanitha, 2008). Yaşlı yaprakların her iki yüzeyinde de klorotik lekelere neden olan daha sonra bu lekeler koyu siyah lekeler dönüşerek yaprakların erken dökülmeleri sağlayan etmen *Pseudocercospora fuligena* (Roldan) Deighton siyah yaprak lekesi küfüne neden olan etmenlerdendir (Saroj ve ark., 2014). Bitkide, sarı pas etmeni *Puccinia withaniae* Laz. (El-Ariqi ve ark., 2009), *Alternaria alternata* yaprak lekesi hastalığı (Sharma ve ark., 2014a), *Alternaria alternata* yaprak yanıklığı hastalığı (Chakraborty ve ark., 2020), *Alternaria dianthicola* Neerg. yaprak yanıklığı hastalığı (Maiti ve ark., 2007), *Fusarium solani* patojeni ise bitkide kök çürüklüğü ve ölümü (Gupta ve ark., 2004), *Pithomyces chartarum* (Berk. & M.A. Curtis) yaprak lekesi etmeni (Verma ve ark., 2008), ilk olarak yapraklarda ve gövdelerde ıslak bir çürüme yapan, hastalık ilerledikçe ıslak görünümlü lezyonlar meydana getiren *Choanephora cucurbitarum* (Berk. & Ravenel) Thaxt. ıslak çürüklük etmeni (Saroj ve ark., 2012) bu bitkileri enfekte etmektedir.

3. Sonuçlar

Tarım, hem ülkemiz için hem de dünyada asla ihmale gelmeyecek stratejik bir sektördür. Bitkisel üretimde uzun süredir devam eden kimyasal kullanımının, sağlık, çevre ve gıda güvenliği

üzerine verdiği zararların artık çok büyük boyutlara geldiği bilinmektedir. Kimyasal kullanımının neden olduğu toprak, hava ve suda meydana gelebilecek, insan sağlığı ve çevreye zararları azaltabilmek için ülkeler büyük bütçeler ayırmak durumunda kalmıştır. Son zamanlarda artan kimyasal ilaçların kullanımı sonucu ortaya çıkan olumsuz sonuçlar nedeniyle insanlar geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamalarına ilgi göstermiştir. Bitki çeşitliliği bakımından zengin bir flora ya sahip olan ülkemizde de kimyasal ilaca alternatif olabilecek tıbbi ve aromatik bitkilerin üretimi, ülke ekonomisine etkin bir şekilde katkı sağlaması bakımından desteklenmektedir. Bu gerekçe ile bu bitkilerin çeşitliliğinin sürdürülmesi, korunması, tarımlarına izin verilmesi, teşvik edilmesi çok önemlidir. Fakat kendiliğinden doğada yetişen ya da kültürü yapılan bu bitkilerin yetiştiriciliğinde hastalıkların ortaya çıkması ile ürünlerde hem miktar olarak hem de kalite açısından kayıplar meydana gelmektedir. Bu patojenlerin üretmiş olduğu toksinler sebebiyle hasat sonrası ürünlerde büyük kayıplar meydana gelmekte ve ticari anlamda sorunlar yaratarak ekonomik olarak tehdit oluşturmaya neden olmaktadır. Bu nedenle bu bitkilerde meydana gelen bu patojenlerin tespit edilmesi, tanımlanması ve mücadelesi, bu bitkilerin sağlıklı olarak yetiştirilmesi açısından oldukça önemlidir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Aktaruzzaman, M., Kim, J. Y., Afroz, T., and Kim, B. S. (2015). First Report of Web Blight of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) Caused by *Rhizoctonia solani* AG-1-IB in Korea. *Mycobiology*, 43(2), 170-173.
- Aktaruzzaman, M. (2018). Occurrence of web blight on lavender caused by *Rhizoctonia solani* AG-1-IB in Korea. *한국식물병리학회 춘계학술발표회*, 81-81.
- Alasbahi, R. H., and Melzig, M. F. (2010). *Plectranthus barbatus*: a review of phytochemistry, ethnobotanical uses and pharmacology—part 2. *Planta medica*, 76(08), 753-765.
- Al-Taee, A. K., and AL-Taee, H. H. W. (2020). First Record of Root Rot of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) Caused by *Rhizoctonia solani* In Iraq. *Plant Archives*, 20, 1094-1098.
- Álvarez, L. A., Pérez-Sierra, A., León, M., Armengol, J., and García-Jiménez, J. (2006). Lavender cotton root rot: a new host of *Phytophthora tentaculata* found in Spain. *Plant Disease*, 90(4), 523-523.
- Anonim, (2001) Medicinal plants; more on safed musli. *Agriculture and Industry survey* (May), 38–39.
- Anonim, (2007). www.hort.purdue.edu/newcrop. (Erişim tarihi: 14.01.2020)
- Arslan, N. (2014). Endemik Tıbbi Bitkilerimiz. *II. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu*, 23–25 Eylül 2014 Yalova, Bildiriler Kitabı, s:9-21.
- Avasthi, S., Gautam, A. K., and Bhadauria, R. (2011). First report of anthracnose disease of *Aloe vera* caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Journal of Research in Biology*, 5, 408-410.
- Avasthi, S., Gautam, A. K., and Bhadauria, R. (2013). First report of *Phoma betae* on *Aloe vera* in India. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 46(12), 1508-1511.

- Avasthi, S., Gautam, A. K., and Bhadauria, R. (2015). Occurrence of leaf spot diseases on *Aloe vera* (L.) Burm. f. caused by *Curvularia* species from Madhya Pradesh, India. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 16(1), 79-83.
- Avasthi, S., Gautam, A. K., and Bhadauria, R. (2017a). First report of leaf spot disease caused by *Phoma eupyrena* Sacc. on *Aloe vera* from Madhya Pradesh, India. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 50(1-2), 62-69.
- Avasthi, S., Gautam, A. K., and Bhadauria, R. (2017b). First report of leaf spot disease caused by *Polyrostrata indica* on *Aloe vera* from Madhya Pradesh, India. *Suan Sunandha Science and Technology Journal*, 4(1), 14-18.
- Avasthi, S., Gautam, A. K., and Bhadauria, R. (2018). First report of leaf spot disease of *Aloe vera* caused by *Fusarium proliferatum* in India. *Journal of Plant Protection Research*, 58(2).
- Aysan, Y., and Sahin, F. (2003). An outbreak of crown gall disease on rose caused by *Agrobacterium tumefaciens* in Turkey. *Plant Pathology*, 52(6), 780-780.
- Bajpai, S., Gupta, M. M., and Kumar, S. (1999). Identification of Indian landraces of opium poppy *Papaver somniferum* resistant to damping-off and downy mildew fungal diseases. *Journal of Phytopathology*, 147(9), 535-538.
- Bajwa, R., Mukhtar, I., and Mushtaq, S. (2010). New report of *Alternaria alternata* causing leaf spot of *Aloe vera* in Pakistan. *Canadian journal of plant pathology*, 32(4), 490-492.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., and Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- Barguil, B. M., Viana, F. M. P., Anjos, R. M., and Cardoso, J. E. (2009). First report of dry rot caused by *Fusarium oxysporum* on rose (*Rosa* spp.) in Brazil. *Plant disease*, 93(7), 766-766.
- Barman, S., Ghosh, R., Dalal, D., and Mandal, N. C. (2018). Suppression of Leaf Blight of *Ocimum sanctum* L. Using Lactic Acid Bacteria as Novel Bio-control Agent. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: *Biological Sciences*, 88(4), 1389-1397.
- Baser, K. H. C. (1997). Industrial utilization of medicinal and aromatic plants. In II WOCMAP Congress Medicinal and Aromatic Plants, Part 4: Industrial Processing, Standards & Regulations, Quality, Marketing, 503 (pp. 177-192).
- Basu, B. D. and Kirtikar K. R. (1991). Indian Medicinal Plants: Plates, vol. 1-4. Bishen Singh Mahendra Pal Singh, Dehradun, India.
- Baytop, T. (1999). Türkiye’de Bitkiler İle Tedavi Geçmişte ve Bugün (II. Basım). Nobel Tıp Kitapevleri.
- Bertetti, D., Pensa, P., Gullino, M. L., and Garibaldi, A. (2010). First report of *Botrytis cinerea* on *Lavandula stoechas* observed in Italy. *Protezione delle Colture*, (1), 35-37.
- Bertetti, D., Pensa, P., Poli, A., Gullino, M. L., and Garibaldi, A. (2013). Presence of *Rhizoctonia solani* Kühn on *Rosmarinus officinalis* L. cultivated in Italy. *Protezione delle Colture*, (1), 37-39.
- Bharathi, R., Vivekanandhan, R., Harish, S., Ramanathan, A., and Samiyappan, R. (2004). Rhizobacteria-based bio-formulations for the management of fruit rot infection in chillies. *Crop Prot.*, 23, 835–843.
- Bordia, P. C., Joshi, X. X., and Simlot, M. M. (1995). Safed moosli. In ‘Advances in horticulture. Vol. I. Medicinal and aromatic plants’. (Eds KL Chadha, R Gupta) pp. 429–451. (Malhotra Publishing House: New Delhi).
- Brijesh, K. S. (2011). Rauwolfia: cultivation and collection. Biotech Articles Web site. [Accessed December 19, 2020]. <https://www.biotecharticles.com/Agriculture-Article/Rauwolfia-Cultivation-and-Collection-892.html>.
- Cai, J. T., and Ding, Z. H. (1995). Nutrients composition of *Rosa laevigata* fruits. *Science Technology Food Industry*, 3, 26±29.
- Çarkacı, N., and Maden, S. (1998). Investigation of the Causes of Wilting in Some Salvia Species and Controlling the Disease. Ph.D. thesis, Ankara University, Ankara, Turkey.
- Carta, C., Fiori, M., and Franceschini, A. (1983). *Alternaria alternata* (Fries) Keissler pathogen on lavender (*Lavandula spica* L. and *L. stoechas* L.). *Annali della Facolta di Agraria, Studi Sassaresi, Sassari*, 30, 11-19.
- Chakraborty, N., Banerjee, M., and Acharya, K. (2020). In vitro selection of elite clone of *Withania somnifera* against leaf blight disease caused by *Alternaria alternata*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 112, 101560.

- Chen, J. J., Lü, L., Wang, Y. C., and Zheng, X. B. (2017). First report of *Phytophthora cactorum* causing root rot of lavender in China. *Plant Disease*, 101(6), 1057.
- Cohen, S. I., and Heald, F. D. (1941). A wilt and root rot of asparagus caused by *Fusarium oxysporum*(Schlecht.). *Plant Disease*, 25, 503-509.
- Dadwal, V. S., Bhartiya, S., and Verma, R. K. (2010). A New Top Dying Disease of *Rauwolfia serpentina*, caused by *Lasiodiplodia theobromae*. *J Mycol Plant Pathol*, 41(2), 246-248.
- Dadwal, V. S., and Nisha, S. (2013). Diseases of *Rauwolfia serpentina* and their biocontrol. *Indian Journal of Forestry*, 36(2), 197-204.
- Davis, P. H. (1972). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburgh: Edinburgh at the University Press, Vol. 4, pp. 101±139.
- De Laat, P. C. A., Verhoeven, J. T. W., and Janse, J. D. (1994). Bacterial leaf rot of *Aloe vera* L., caused by *Erwinia chrysanthemi* biovar 3. *European journal of plant pathology*, 100(1), 81-84.
- Demirezer, L. Ö. (2010). Bitkilerin Tıpta Kullanılması Konusundaki Sorumluluklarımız. Bitkilerle Tedavi Sempozyumu 5-6 Haziran 2010 Zeytinburnu/İstanbul Bildiri Kitabı, s: 87- 88.
- Dervis, S., Arslan, M., Serce, C. U., Soylu, S., ve Uremis, I. (2011). First report of a root rot caused by *Phytophthora palmivora* on *Lavandula angustifolia* in Turkey. *Plant disease*, 95(8), 1035-1035.
- Deshmukh, N. Y., and Mahmud, K. A. (1950). A root-rot disease of *Ocimum sanctum* Linn. Magazine of the Agricultural College of Nagpur, 25(1-2).
- Dlugos, D. M., and Jeffers, S. N. (2019). *Phytophthora nicotianae* and *P. palmivora*: Emerging pathogens of hybrid lavender (*Lavandula x intermedia*).
- Doğanoğlu, Ö., Gezer, A., Yücedağ, C. (2006). Göller Bölgesi-Yenişarbademli Yöresi’nin Önemli Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitki Taksonları Üzerine Araştırmalar, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10-1, 66-73.
- Dudhbhate, M. M. (2020). Studies on isolation purification and pathogenicity test of different fungal isolates of *Macrophomina phaseolina* causing root rot disease to *Rauwolfia serpentina*. *International journal of researches in biosciences, agriculture and technology*, Issue (Special-15), 30-34.
- El-Ariqi, N. S., Al-Samea'e, M. S., and El-Moflehi, M. A. (2009). First recording of yellow rust *Puccinia withaniae* Laz. on *Withania somnifera* in Yemen. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, 27(1/2), 78-82.
- Elena, K. (2006). First report of *Phomopsis asparagi* causing stem blight of asparagus in Greece. *Plant Pathology*, 55(2), 300-300.
- Elmer, W. H. (2001). Fusarium diseases of asparagus. Pages 248-262 in: Fusarium. Paul E. Nelson Memorial Symposium. B. A. Summerell, J. F. Leslie, D. Backhouse, W. L. Bryden, and L.W. Burgess, eds. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Fagan, D. (2019). Wildflowers of Oregon: A Field Guide to Over 400 Wildflowers, Trees, and Shrubs of the Coast, Cascades, and High Desert. Rowman & Littlefield.
- Falloon, P. G., and Grogan, R. G. (1988). Isolation, distribution, pathogenicity and identification of *Phytophthora* spp. on asparagus in California. *Plant disease*, 72(6), 495-497.
- Fernandes, R. C., and Barreto, R. W. (2003). *Corynespora cassiicola* causing leaf spots on *Coleus barbatus*. *Plant pathology*, 52(6).
- FAO, (2014). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> Erişim Tarihi: 21.07.2019
- Food Standards Agency, (2016). Current EU approved additives and their E Numbers.. www.food.gov.uk/science/additives/enumerlist.
- Freeman, R. (1998). "LILIACEAE - Famine Foods". Centre for New Crops and Plant Products, Department of Horticulture & Landscape Architecture. Purdue University. Retrieved April 25, 2009.
- Freires, I. A., Denny, C., Benso, B., De Alencar, S. M., and Rosalen, P. L. (2015). Antibacterial activity of essential oils and their isolated constituents against cariogenic bacteria: a systematic review. *Molecules*, 20(4), 7329-7358.
- Garibaldi, A., Bertetti, D., Pensa, P., Ortega, S. F., and Gullino, M. L. (2015a). First report of *Sclerotinia sclerotiorum* on butterfly lavender in Italy. *Journal of Plant Pathology*, 97(2).
- Garibaldi, A., Bertetti, D., Pensa, P., Ortu, G., Gullino, M. L., and Agrarie, D. S. (2015b). “*Phytophthora cryptogea* on Common Sage (*Salvia officinalis* L.) in Italy.” *Plant Disease*, 99(1), 161.

- Ghosh, A., and Shamsi, S. (2014). Fungal diseases of rose plant in Bangladesh. *Journal of Bangladesh Academy of Sciences*, 38(2), 225-233.
- Ghosh, S. K., Banerjee, S., Pal, S., and Chakraborty, N. (2018). Encountering epidemic effects of leaf spot disease (*Alternaria brassicae*) on *Aloe vera* by fungal biocontrol agents in agrifields. An ecofriendly approach. *PloS one*, 13(3), e0193720.
- Goyal, R. K., Singh, J., and Lal, H. (2003). *Asparagus racemosus* an update. *Indian journal of medical sciences*, 57(9), 408-414.
- Gupta, M. L., Kumar, S., Pandey, R., Shukla, R. S., Khaliq, A., Kalra, A., Singh, H. N. (2000). Leaf blight disease and its effect on essential oil content of palmarosa. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 22(1B), 504-505.
- Gupta, M. L., Misra, H. O., Kalra, A., and Khanuja, S. P. S. (2004). Root-rot and wilt: a new disease of ashwagandha (*Withania somnifera*) caused by *Fusarium solani*. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 26(2), 285-287.
- Gupta, P.K., Sharma, N.D., and Gogoi, R. (2008). First report of *Sclerotium rolfsii* on tulsi (*Ocimum sanctum*) from India. *Indian Phytopathology*, 61(3).
- Gümüşcü, A., Arslan, N., Sarihan, E. O. (2008). Evaluation of selected poppy (*Papaver somniferum* L.) lines by their morphine and other alkaloids contents. *Eur Food Res Technol.*, 226, 1213- 1220.
- Habtemariam, S. (2016). The therapeutic potential of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) diterpenes for Alzheimer's disease. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.*, 2680409.
- Han, J. H., Shin, J. H., Fu, T., and Kim, K. S. (2019). A New Record and Characterization of *Asparagus Purple Spot* Caused by *Stemphylium vesicarium* in Korea. *Mycobiology*, 47(1), 120-125.
- Hechtman, L. (2018). *Clinical Naturopathic Medicine* (2 ed.). Elsevier Health Sciences. pp. 879,908. ISBN 9780729542425.
- Helensburghlandcare, (2021). <https://www.helensburghlandcare.org.au/2018/01/grow-me-instead-asparagus-species.html> (Accession date: 28.01.2021).
- Hua Kang Biotechnology, (2021). http://www.huakangsw.com/wap/product_detail.aspx?id=299&classid=54 (Accession date: 28.01.2021).
- Huang, C. H., Vallad, G. E., Adkison, H., Summers, C., Margenthaler, E., Schneider, C., and Norman, D. J. (2013). A novel *Xanthomonas* sp. causes bacterial spot of rose (*Rosa* spp.). *Plant disease*, 97(10), 1301- 1307.
- Humphreys-Jones, D. R., Barnes, A. V., and Lane, C. R. (2008). First report of the downy mildew *Peronospora lamii* on *Salvia officinalis* and *Rosmarinus officinalis* in the UK. *Plant Pathology*, 57(2).
- İncekara, F. (1964). Endüstri Bitkileri ve Islah Kitabı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(84), 180.
- Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection*, 19(8-10), 603-608.
- Jabbarzadeh, Z., and Khosh-Khui, M. (2005). Factors affecting tissue culture of Damask rose (*Rosa damascena* Mill.). *Scientia horticulturae*, 105(4), 475-482.
- Jardak, M., Elloumi-Mseddi, J., Aifa, S., and Mnif, S. (2017). Chemical composition, anti-biofilm activity and potential cytotoxic effect on cancer cells of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil from Tunisia. *Lipids Health Dis.* 16(1), 190.
- Johnston, S. A., Springer, J. K., and Lewis, G. D. (1979). *Fusarium moniliforme* as a cause of stem and crown rot of asparagus and its association with asparagus decline. *Phytopathology*, 69, 778-780.
- Jurronis, V., and Snieskiene, V. (2004). Diversity of phytophagous and pathogens and their damage to mints (*Mentha*). *Medicina* (Kaunas), 40, 779-82.
- Kalra, A., Singh, H. B., Patra, N. K., Pandey, R., Shukla, R. S., Kumar, S. (2001). The effect of leaf spot, rust and powdery mildew on yield components of nine Japanese mint (*Mentha arvensis*) genotypes. *J Hort Sci Biotech*, 76, 546-8.
- Kamalakaran, A., Mohan, L., Valluvapardasan, V., Mareeswari, P., and Karuppiyah, R. (2006). First report of *Macrophomina* root rot (*Macrophomina phaseolina*) on medicinal coleus (*Coleus forskohlii*) in India. *Plant Pathology*, 55(2), 302-302.
- Kapoor, L. D. (1995). *Opium poppy: botany, chemistry and pharmacology*. New York: Food Products Press.

- Kavitha, C., Rajamani, K., and Vadivel, E. (2010). *Coleus forskohlii* A comprehensive review on morphology, phytochemistry and pharmacological aspects. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(4), 278-285.
- Khare, C. P. (2008). Indian medicinal plants: an illustrated dictionary. Springer Science & Business Media.
- Khatua, D. C., Pauria, N. K., and Mondal, B. (2014). Sclerotinia Rot of *Ocimum sanctum* and the Host Range of its Pathogen. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 7(3), 651-656.
- Kim, Y. S., Lim, S. R., Kim, J. W., Lee, H. J., and Park, D. H. (2019). First Report of *Ralstonia solanacearum* Phylotype I Causing Bacterial Wilt on *Rosa* spp. in Korea. *Plant Disease*, 103(6):1407.
- Kishore, P. A. J., Tripathi, R. D., Johri, J. K., and Shukla, D. S. (1985). Some new fungal diseases of opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Indian Journal of Plant Pathology*, 3(2), 213-217.
- Klein, R. E., and Husfloen, S. D. (1995). Incidence of five viruses in hop (*Humulus lupulus* L.) in the Pacific Northwest. *Plant Disease*, 79(4), 425.
- Kneen, R. (2003). Small scale and organic hops production. Kneen, Left Fields, British Columbia, <http://www.crannogales.com/HopsManual.pdf>.
- Kobyłko, T., Dańda, P., Hasiów, B., Borodynko, N., and Pospieszny, H. (2008). First report of Cucumber mosaic virus on *Lavandula angustifolia* in Poland. *Plant disease*, 92(6), 978-978.
- Krist, S., Stuebiger, G., Unterweger, H., Bandion, F., Buchbauer, G. (2005). Analysis of volatile compounds and triglycerides of seed oils extracted from different poppy varieties (*Papaver somniferum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(21), 8310-8316.
- Kubelkova, D., and Spak, J. (1999). *Plant Prot. Sci.*, 35(1), 33-36.
- Kumar, B., Verma, A. K., Singh, H. P., Misra, H. O., and Kalra, A. (2007). Correlation and path co-efficient analysis in *Chlorophytum borivillianum*. *J Trop Med Plants*, 8(2), 286-290.
- Kumar, D., Gupta, V., and Verma, V. S. (2013). First report of *Helminthosporium spiciferum* (Bainier) Nicot on mint (*Mentha arvensis*). *Australasian Plant Disease Notes*, 8(1), 73-74.
- Laney, A. G., Keller, K. E., Martin, R. R., and Tzanetakis, I. E. (2011). A discovery 70 years in the making: characterization of the Rose rosette virus. *Journal of General Virology*, 92(7), 1727-1732.
- Liberato, J. R., and Cunnington, J. H. (2007). Powdery mildew on *Mentha* in Australia. *Australasian Plant Disease Notes*, 2(1), 83-86.
- Lobay, D. (2015). Rauwolfia in the treatment of hypertension. *Integrative Medicine: A Clinician's Journal*, 14(3), 40.
- López-Guisa, D., Yáñez-Morales, M. J., and Alanís-Martínez, I. (2013). First report of *Peronospora sparsa* on *Rosa* spp. in Mexico. *Journal of Plant Pathology*, 95(4, Supplement).
- Maia, N. B., Malavolta Júnior, V. A., Carvalho, R. V., Fancelli, M. I., and Carmello, Q. A. C. (1996). Occurrence of *Pseudomonas cichorii* in *Mentha arvensis*. *Summa Phytopathologica*, 22(2), 185-188.
- Maiti, C. K., Sen, S., Paul, A. K., and Acharya, K. (2007). First report of *Alternaria dianthicola* causing leaf blight on *Withania somnifera* from India. *Plant disease*, 91(4), 467-467.
- Mandal, K., and Maiti, S. (2005). Bacterial soft rot of aloe caused by *Pectobacterium chrysanthemi*: a new report from India. *Plant pathology*, 54(4), 573.
- Martínez-Priego, L., Córdoba, M. C., and Jorda, C. (2004). First report of Alfalfa mosaic virus in *Lavandula officinalis*. *Plant disease*, 88(8), 908-908.
- Meena, R. P., and Kadam, V. A. (2020). Characterization of *Macrophomina phaseolina* associated with leaf blight disease on *Chlorophytum borivillianum* Santapau & RR Fern. and its fungicidal susceptibility. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 100288.
- Mehrotra, M. D., and Thapar, H. S. (1990). Rhizoctonia leaf spotting and blight of *Rauvolfia serpentina*, a new disease from India. *Indian Forester*, 116(5), 372-374.
- Moury, B., Cardin, L., Onesto, J. P., Candresse, T., and Poupet, A. (2001). Survey of Prunus necrotic ringspot virus in Rose and Its Variability in Rose and *Prunus* spp. *Phytopathology*, 91(1), 84-91.
- Nagpal, A., and Karki, M. B. (2004). A study on marketing opportunities for medicinal, aromatic, and dye plants in South Asia. *Medicinal and Aromatic Plants Program in Asia*.
- Neve R. A. (1991): Hops. Chapman and Hall, London: 266.

- Norman, D. J., Yuen, J. M. F., and Hodge, N. C. (1997). New disease on ornamental asparagus caused by *Xanthomonas campestris* in Florida. *Plant disease*, 81(8), 847-850.
- Ortu, G., Bertetti, D., Gullino, M. L., and Garibaldi, A. (2018). *Fusarium oxysporum* f. sp. *lavandulae*, a novel forma specialis causing wilt on *Lavandula × allardii*. *Journal of Plant Pathology*, 100(3), 391-397.
- Oszmianski, J., and Chomin, W. (1993). Experimental commercial manufacture of high-vitamin C cloudy juice from *Rosa rugosa* fruits. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo Warzywny*, 37, 16±17.
- Oudhia, P. (2000). Problems perceived by safed moosli (*Chlorophytum borivilium*) growers of Chhattisgarh (India) region: a study. Problems perceived by safed moosli (*Chlorophytum borivilium*) growers of Chhattisgarh (India) region: a study., 22(4a), 396-399.
- Ozcan, M., ve Sağdic, O. (1997). The marmalade of wild rose (*Rosa* spp.): production, composition, properties of microbiological and sensory. *Food Technology*, 2, 33±37.
- Panda, H. (2015). *Aromatic Plants: Cultivation, Processing and Uses*. Asian Pacific Business Press Inc., Delhi, India.
- Pavithra, B. S., Govin, K., Renuka, H. M., Krishnareddy, M., Jalali, S., Samuel, D. K., and Himabindu, K. (2019). Characterization of cucumber mosaic virus infecting coleus (*Plectranthus barbatus*) in Karnataka. *Virus Disease*, 30(3), 403-412.
- Perello, A., and Dal Bello, G.M. (1995). Foliar necrosis caused by *Alternaria alternata* on rosemary and *Colletotrichum* spp. on lavender, sage and marjoram. *Investigacion Agraria. Produccion y Proteccion Vegetales*.
- Perveen, K., and Bokhari, N. (2010). First report of *Fusarium* wilt of *Lavandula pubescens* caused by *Fusarium oxysporum* in Saudi Arabia. *Plant disease*, 94(9), 1163-1163.
- Pervez, Z., Alam, M. S., and Islam, M. S. (2016). First report of bacterial soft rot of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis*) caused by *Pectobacterium chrysanthemi* in Bangladesh. *J Plant Pathol Microbiol*, 7(12), e110.
- Pethybridge, S. J., Os'Malley, T., Kile, R., and Wilson, C. R. (2005). Survey for viruses in oilseed poppy in Tasmania, Australia. *Australasian Plant Pathology*, 34(4), 611-613.
- Pizzorno, J. E., Murray, M. T., and Joiner-Bey, H. (2015). *The Clinician's Handbook of Natural Medicine* (3rd ed.). Churchill Livingstone. p. 516. ISBN 9780702055140.
- Planet Ayurveda, (2021). <https://www.planetayurveda.com/library/sarpagandha-rauwolfia-serpentina/> (Accession date: 28.01.2021).
- Puni, L., and Harsh, N. S. K. (2009). Studies on nursery diseases of important medicinal plants of Uttarakhand Non wood Forest Products Division Forest Research Institute (Indian Council of Forestry Research and Education). Dehradun,;78.
- Radisek, S., Jakse, J., and Javornik, B. (2006). Genetic Variability and Virulence among *Verticillium albo-atrum* Isolates from Hop. *Eur. J. Plant Pathol.*, 116, 301–314.
- Raj, S. K., Kumar, S., Pratap, D., Vishnoi, R., and Snehi, S. K. (2007). Natural Occurrence of Cucumber mosaic virus on *Rauwolfia serpentina*, a new record. *Plant Disease*, 91(3), 322-322.
- Raghavendra, V. B., Lokesh, S., and Kumar, T. V. (2005). First report of tuber-rot of Safed musli (*Chlorophytum borivilium*) caused by *Fusarium solani* in India. *Australasian Plant Pathology*, 34(2), 275.
- Ren, Y. Z., Tan, H., Li, Z. J., Du, J., and Li, H. (2008). First report of lavender wilt caused by *Fusarium solani* in China. *Plant Pathology*, 57(2).
- Rotblatt M. (2000). Herbal medicine: expanded commission E monographs. *Ann. Intern. Med.* 133(6), 487.
- Rotondo, F., Testen, A. L., Horvat, M. M., Roman-Reyna, V., Klass, T. L., Jacobs, J. M., and Miller, S. A. (2020). First report of *Xanthomonas hortorum* causing bacterial leaf spot of lavender (*Lavandula × intermedia*) in Ohio. *Plant Disease*, PDIS-08.
- Saeed, S. T., Khan, A., Kumar, B., Ajayakumar, P. V., and Samad, A. (2014). First report of chilli leaf curl India virus infecting *Mentha spicata* (Neera) in India. *Plant disease*, 98(1), 164-164.
- Saroj, A., Kumar, A., Qamar, N., Alam, M., Singh, H.N., and Khaliq, A. (2012). First report of wet rot of *Withania somnifera* caused by *Choanephora cucurbitarum* in India. *Plant Disease*, 96(2), 293-293.

- Saroj, A., Kumar, A., Srivastava, A. K., Khaliq, A., Absar, N., Alam, M., and Samad, A. (2014). New report of black leaf spot mold (*Pseudocercospora fuligena*) on *Withania somnifera* from India. *Plant disease*, 98(9), 1275-1275.
- Sattar, A., Alam, M., Khaliq, A., Shukla, R. S., and Khanuja, S. P. S. (2006). First report of leaf blight of *Chlorophytum borivilium* caused by *Colletotrichum capsici* in northern India. *Plant Pathology*, 55(2), 301-301.
- Schreuder, W., Lamprecht, S. C., Marasas, W. F. O., and Calitz, F. J. (1995). Pathogenicity of three *Fusarium* species associated with asparagus decline in South Africa. *Plant Dis.*, 79, 177-181.
- Sether, D. M., DeAngelis, J. D., and Rossignol, P. A. (1991). First report of tomato spotted wilt virus in peppermint (*Mentha × piperita*). *Plant Disease*, 75(6), 644.
- Sharma, Y. R., and Chaudhary, K. B. (1980). Powdery mildew of *Ocimum sanctum*-a new record. *Indian Phytopathology*, 33(4), 627-629.
- Sharma, S. S., and Samota, R. K. (2007). Some new fungal diseases on *Aloe barbadensis* Mill. *Indian Phytopathology*, 60(2), 277.
- Sharma, H. C. (2013). Climate change effects on insects: implications for crop protection and food security. In: Kang, M.S., Banga, S.S. (Eds.), *Combating Climate Change: an Agricultural Perspective*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 213–236.
- Sharma, A., Vats, S. K., and Pati, P. K. (2014a). Post-infectious dynamics of leaf spot disease in *Withania somnifera*. *Annals of applied biology*, 165(3), 429-440.
- Sharma, A., Arora, R., Singh, B. (2014b). Impact of climate change on agriculturally important insects. *Journal of Insect Science*, 27 (2), 159–188.
- Shukla, R. S., Singh, H. B., Kalra, A., Singh, V. P., and Kumar S. (1999). Occurrence of dual infection by *Puccinia menthae* and *Alternaria alternata* on *Mentha arvensis* in Tarai region of Uttar Pradesh. *J Med Arom Plant Sci*, 21, 311–315.
- Shukla, R. S., Alam, M., Sattar, A., Abdul-Khaliq, and Singh, H. N. (2006). First report of *Rhizopus stolonifer* causing inflorescence and fruit rot of *Rauwolfia serpentina* in India. *EPPO Bulletin*, 36(1), 11-13.
- Singh, H. B., Singh, A., Tripathi, A., Tiwari, S. K., and Johri, J. K. (2001). Collar rot of *Chlorophytum borivilium* caused by *Corticium rolfsii*: a new disease. *EPPO Bulletin*, 31(1), 112-113.
- Solanki, S., and Basudeb, D. (2017). First report of leaf spot of Aswagandha (*Withania somnifera* Dunal) caused by *Colletotrichum gloeosporioides* from West Bengal, India. *Journal of Mycopathological Research*, 55(3), 257-259.
- Špak, J., and Kubelková, D. (1990). Occurrence of turnip mosaic virus in opium poppy (*Papaver somniferum* L.) in Czechoslovakia. *Sborník ÚVTIZ, Ochrana Rostlin*, 26(4), 257-261.
- Srivastava, A., Kumar, S., Jaidi, M., Raj, S. K., and Shukla, S. K. (2016). First report of tomato leaf curl New Delhi virus on opium poppy (*Papaver somniferum*) in India. *Plant Disease*, 100(1), 232.
- Subbiah, V. P., Riddick, M., Peele, D. (1996). First report of *Fusarium oxysporum* on clary sage in north America. *Plant Dis.*, 80, 1080.
- Tekade, A. P. (2008). Diseases on medicinal / aromatic plant in Akola district, M.Sc. (Agri.) Thesis (unpub.), Dr. PDKV, Akola
- Thakur, M., Bhargava, S., and Dixit, V. K. (2007). Immunomodulatory activity of *Chlorophytum borivilium* Sant. F. Evidence-Based complementary and alternative medicine, 4.
- Thakur, S. (2015). Application of phylloplane fungi to manage the Leaf spot of *Rauwolfia serpentina* caused by *Alternaria alternata*. *Int. J. Life Sci. Scienti. Res*, 2(2).
- Titz, A. (2004). Policy, Research&Development and Commercialisation Strategies, Scope for Diversified and Sustainable Extraction, 22-26 July 2004. Bangalore, India. 72-80.
- Tomassoli, L., Tiberini, A., and Vetten, H. J. (2012). Viruses of asparagus. In *Advances in virus research* (Vol. 84, pp. 345-365). Academic Press.
- Valiyeva, B., Rakhimova, E., and Byzova, Z. (2004). Fungi occurring on *Rosa* spp. in Kazakhstan. In *I International Rose Hip Conference* 690 (pp. 175-180).
- Vanneste, J. L., Lex, S., Vermeulen, M., and Berger, F. (2001). Isolation of *Erwinia amylovora* from blighted plums (*Prunus domestica*) and potato roses (*Rosa rugosa*). In *IX International Workshop on Fire Blight* 590 (pp. 89-94).

- Vanitha, S. (2008). Occurrence of leaf blight disease caused by *Alternaria chlamydospora* in ashwagandha (*Withania somnifera* Dunal). *Biomed*, 3(2), 145-146.
- Varadarajan, P. D. (1964). Anthracnose disease of *Rauwolfia serpentina* Beuth. caused by *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. *Current Science*, 33(18), 564-565.
- Vazquez-Iglesias, I., Scrace, J., McGreig, S., Pufal, H., Robinson, R., Clover, G. R. G., ... & Fox, A. (2020). First report of Rose spring dwarf-associated virus in *Rosa* spp. in United Kingdom. *New Disease Reports*, 42(1), 13-13.
- Verma, O. P., Gupta, R. B. L., and Shivpuri, A. (2008). A new host for *Pithomyces chartarum*, the cause of a leaf spot disease on *Withania somnifera*. *Plant Pathology*, 57(2).
- Voltolina, G. (2001). *Salvia sclarea* L. *Plante Officinali*, 2, 1-12.
- Vrandečić, K., Ćosić, J., Jurković, D., Stanković, I., Vučurović, A., Krstić, B., and Bulajić, A. (2014). First Report of Septoria Leaf Spot of Lavandin Caused by *Septoria lavandulae* in Croatia. *Plant disease*, 98(2), 282-282.
- Wahyuno, D., and Manohara, D. (1998). *Pseudocercospora liebenbergii* the cause of leaf spot disease on *Rauwolfia serpentina*. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 4(4), 125-128.
- Wikipedia, 2021a. https://en.wikipedia.org/wiki/Aloe_vera (Accession date: 04.12.2021).
- Wikipedia, 2021b. https://en.wikipedia.org/wiki/Peppermint#cite_note-mlp-47 (Accession date: 04.12.2021).
- Wikipedia, 2021c. https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorophytum_borivillianum (Accession date: 04.12.2021).
- Wikipedia, 2021d. https://en.wikipedia.org/wiki/Ocimum_tenuiflorum (Accession date: 10.12.2021).
- Wikipedia, 2021e. https://en.wikipedia.org/wiki/Withania_somnifera (Accession date: 10.12.2021).
- Wikipedia 2021f. https://tr.wikipedia.org/wiki/%C5%9Eerbet%C3%A7i_otu (Accession date: 16.01.2021)
- Wikipedia, 2021g. https://en.wikipedia.org/wiki/Papaver_somniferum (Accession date: 16.01.2021)
- Wikipedia, 2021h. https://en.wikipedia.org/wiki/Salvia_officinalis (Accession date: 16.01.2021)
- Wikipedia, (2021i). <https://en.wikipedia.org/wiki/Lavandula> (Accession date: 28.01.2021).
- Wikipedia, (2021j). <https://en.wikipedia.org/wiki/Rose> (Accession date: 28.01.2021).
- Wikipedia, (2021k). <https://en.wikipedia.org/wiki/Rosemary> (Accession date: 28.01.2021).
- Wikipedia, (2021l). https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorophytum_borivillianum (Accession date: 28.01.2021).
- Wikipedia, (2021m). https://en.wikipedia.org/wiki/Coleus_barbatus (Accession date: 28.01.2021).
- Wikipedia, (2021n). https://en.wikipedia.org/wiki/Rauwolfia_serpentina (Accession date: 28.01.2021).
- Yadav, H. K., Shukla, S., and Singh, S. P. (2006). Genetic variability and interrelationship among opium and its alkaloids in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Euphytica*, 150, 207-214.
- Yaniv, Z., Bacharach, U. (Eds.) (2005). *Handbook of Medicinal Plants*. Food Products Press & Haworth Medical Press, Binghamton, New York, USA.
- Yasmin, Z., and Shamsi, S. (2015). Report on anthracnose of *Rauwolfia serpentina* (L.) Benth. Ex Kurz caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. from Bangladesh. *Journal of the Asiatic Society of Bangladesh, Science*, 41(2), 183-192.
- Yossifovitch, M. (1929). *Peronospora arborescens* (Berk.) de Bary, parasite tres important de *Papaver somniferum* en Yougoslavie. *Rev Pathol Veg Entomol Agric.*, 16, 235-270.
- Zadotani, N., and Ikegami, M. (2002). Production of patchouli mild mosaic virus resistant patchouli plants by genetic engineering of coat protein precursor gene. *Pest Management Science*, 58(11), 1137-1142.
- Zaw, M., Naing, T. A. A., and Matsumoto, M. (2017). First report of stem blight of asparagus caused by *Phomopsis asparagi* in Myanmar. *New Disease Reports*, 35(17), 2044-0588.
- Zhao, G., Hou A., and Gao, F. (1988). Study on the Change of Vitamin C Content of Rose Fruit during its Storage and Processing, China. *Journal of North East Forestry University*, 16(2), 102-105.
- Zheng, L., Liu, J., Liu, T., Zhu, Z., Jiang, D., Huang, J., and Hsiang, T. (2012). Fusarium wilt of *Coleus forskohlii* caused by *Fusarium oxysporum* in China. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 34(2), 310-314.
- Zimowska, B., and Machowicz-Stefaniak, Z. (2005). Characteristics of *Phoma strasseri* isolates reported for the first time from Poland in peppermint (*Mentha piperita* L.). *Acta Agrobotanica*, 58(2), 151-162.
- Zimowska B. (2007). Fungi colonizing and damaging different parts of peppermint (*Mentha piperita* L.) cultivated in South-Eastern Poland. *Herba Pol.*, 53, 97-105.
- Zimowska, B. (2008). Fungi Threatening the Cultivation of Sage (*Salvia officinalis* L.) in Southeastern Poland. *Herba Pol.* 54(1), 15-24.

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 157-166, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Araştırma Makalesi / Research Article**Doi: [10.47898/ijeased.865312](https://doi.org/10.47898/ijeased.865312)

Analysis of the Anti-Reflection Coated Eyeglass Used in Turkey

Hülya KURU MUTLU ^{1*}, Naci EKEM ²¹ Eskisehir Osmangazi University, Opticianry Program, Eskisehir, 26040, Turkey.² Eskisehir Osmangazi University, Physics Department, Eskisehir, 26040, Turkey.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : hkuru@ogu.edu.tr  https://orcid.org/0000-0002-6955-5851 , H. Kuru Mutlu  https://orcid.org/0000-0003-1286-3818 , N. Ekem	Geliş Tarihi / Received Date : 20.01.2021 Revizyon Tarihi / Revision Date : 28.01.2021 Kabul Tarihi / Accepted Date : 30.01.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite : Kuru Mutlu, H., Ekem, N. (2021). Analysis of the Anti-Reflection Coated Eyeglass Used in Turkey, International Journal of Eastern Anatolia Science Engineering and Design , 3(1), 157-166.	

Abstract

Worldwide, organic anti-reflective (AR) coated glasses constitute one of the largest areas in the industrial market. In our study, the analysis of the stages of anti-reflective glasses produced in our country and offered to eyeglass wearers was examined. Among the anti-reflective coating stages, the characterizations of hard coating, single surface and double surface coated glasses were investigated. High resolution Scanning Electron Microscope device (FESEM) was taken for the surface quality of the AR coatings of glasses, and absorption-transmittance measurements were taken for the optical quality of the glasses. The structure of the glass was analyzed with the X-ray diffraction device (XRD). Maximum light transmittance reaches 98.54% at 464 nm in double-sided AR coated glasses. Our study with the analysis of eyeglasses, which often have an important place in health and commercial areas in our country and in the world, will constitute an important reference for the manufacturer and consumer and will contribute to further studies.

Keywords: Anti-reflective coating, Eyeglass, FESEM, XRD, Absorption-Transmittance Spectrum.

Türkiye’de Kullanılan Antirefle Kaplamalı Gözlük Camlarının Analizi

Özet

Dünya çapında organik antirefle (AR) kaplamalı camlar, endüstriyel pazarın en büyük alanlarından birini oluşturmaktadır. Çalışmamızda ülkemizde üretilen ve gözlük kullanıcılarına sunulan antirefle kaplamalı camların aşamalarının analizleri incelenmiştir. Antirefle kaplama aşamalarından sert kaplama, tek yüzey ve çift yüzey kaplamalı

camların karakterizasyonları incelenmiştir. Camların AR kaplamalarının yüzey kalitesi için yüksek çözünürlüklü Taramalı Elektron Mikroskopu cihazı (FESEM), camların optiksel kalitesi için soğurma-geçirgenlik ölçümleri yapıldı. Camın yapısı X-Işını kırınım cihazı (XRD) ile analiz edildi. Çift taraflı AR kaplı camlarda maksimum ışık geçirgenliği 464 nm’de % 98,54’e ulaşmaktadır. Ülkemizde ve dünyada sıklıkla sağlık ve ticari alanlarda önemli yer tutan gözlük camlarının analizleri ile çalışmamız üretici ve tüketici için önemli bir referans oluşturacak ve daha ileri ki çalışmalara katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Antirefle kaplama, Gözlük camı, FESEM, XRD, Soğurma-Geçirgenlik Spektrumu.

1. Introduction

Considering that the rate of visual impairment is increasing day by day and users are becoming conscious (Gifford et al., 2019; Tadokoro et al., 2012), the industrial quality of eyeglasses remains in a great competition. Vision quality depends on the reflection, transmittance and surface quality of the lens (Flaxman et al., 2017; Wang et al., 2020; Wu et al., 2019).

In the ophthalmic industry, ophthalmic lenses are manufactured from glass or resin material. Resin lenses consist of small molecular units called monomers that are linked together to form a long chain known as polymers, and the process of linking monomers together is known as polymerization. Most high index resin lenses are made by a heat curing process. CR39 is a good example of a resin lens that allows superior optical properties. The refractive index of CR39 is 1.498 and its abbe value is 58 and it has started to replace mineral glasses in industry (Bhootha, 2009; Buyukyıldız, 2010)

CR39 lenses are optimized to provide material durability and excellent transmittance in the visible range from 400 to 800 nm. However, in CR39 lenses, abrasion-resistant hard coating and anti-reflection (AR) coatings are required to increase the surface and optical quality (Fardo et al., 2020; Samson, 1996; Schott, 2005). With AR coating, light transmittance is aimed by minimizing factors such as reflection and glare on the surface of the glass.

The aim of the study is to analyze the eyeglasses used in the field, which are the building blocks of the optical industry in our country and in the world, to create a reference for the manufacturer and the consumer, and to contribute to further studies. Accordingly, for the industrial quality analysis of CR39 glass in optical stores, characterizations were made at the AR uncoated and coating stages. Transmittance – absorption measurements, high resolution Scanning Electron Microscope (FESEM) and X-Ray diffraction device (XRD) analyzes were performed.

2. Materials and Methods

The surface images of the coated eyeglasses offered to eyeglass wearers in the optic store were taken with the Zeiss Ultra Plus model FESEM. The surface analysis of eyeglass lenses which were hard coated at 100°C for 3 hours, one side and two sides anti-reflective coated lenses were examined by FESEM. In order to obtain FESEM images, eyeglasses were coated with 30 nm gold (Au) at 50 mA for 2 minutes.

For the optical characterization of eyeglasses, absorption-transmittance measurements were taken by using 4802 UV/ VIS Dual Ray Spectrophotometer, the data were plotted in origin Pro 8 and graphics were created. For absorption and transmittance measurements, spectacle glass with hard coating at 100°C for 3 hours, uncoated eyeglass, one side AR coated eyeglass, two sides AR coated eyeglass analyzes were performed. XRD analyzes of the CR39 lenses were performed with a Bruker D8 Advance X-Ray diffraction device.

3. Findings and Discussion

The preliminary stage of AR coated CR39 glasses is hard coating at 100°C. FESEM images of the hard coated CR39 glass are given in Figure 1.

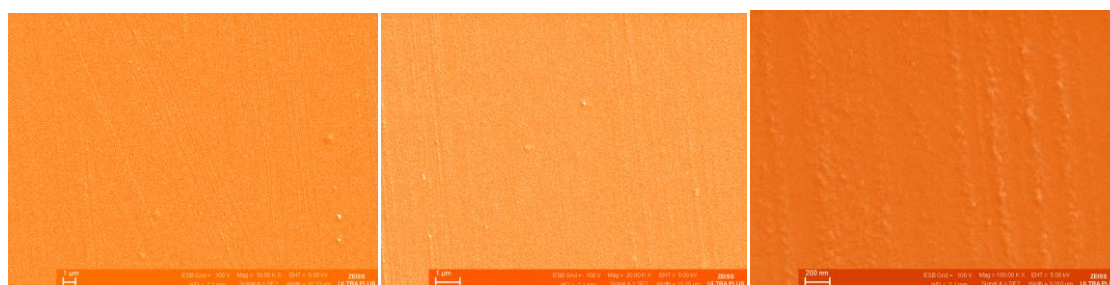


Figure 1. FESEM images of the hard-coated eyeglasses at 100°C at 10,000; 20,000 and 100,000 magnifications respectively

When the FESEM images of the eyeglasses are examined at 10,000 and 20,000 magnifications (Figure 1), it is seen that the surfaces are quite smooth. At 100,000 magnifications, on the surface of the glass, parallel ridges are seen, originating from baking. The second stage of the eyeglass is to apply an AR coating to one surface. The FESEM images of the eyeglass with one surface coated with AR coating are shown in Figure 2.

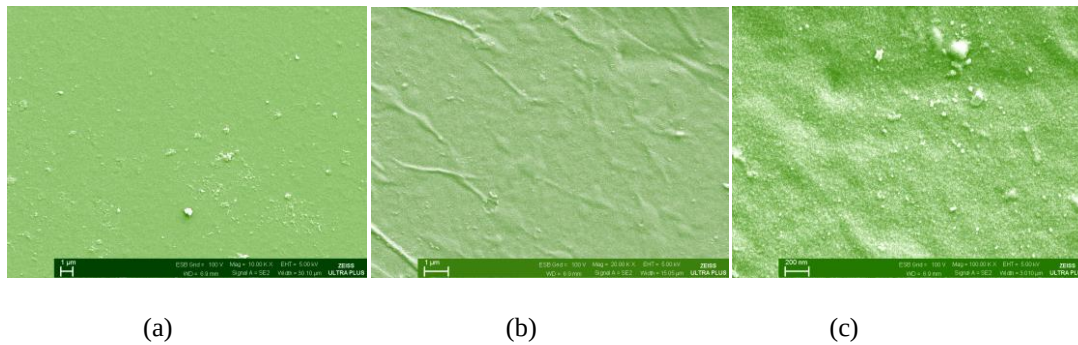


Figure 2. FESEM image of an eyeglass with one side AR coating at (a) 10,000; (b) 20,000 and (c) 100,000 magnifications

When the surface of a single-surface AR coating eyeglass is examined (Figure 2a), it is seen that the surface is quite smooth, but contamination occurs on the surface. These impurities are caused by the cutter during the creation of small sized FESEM samples for glass analysis. When the FESEM image of the lens at 20,000 magnification is examined (Figure 2b), it is seen that there are spatial lines on the surface. When the surface image of the lens is increased to 100,000 magnifications (Figure 2c), it is seen that the lines on the surface are ruffles. It is seen that the parallel ridges in the hard-coated lenses at 100°C are replaced by ridges in clumps.

The third stage in AR eyeglass is the AR coating on the second surface of the glass. FESEM images of eyeglasses coated with antireflection on both sides are given in Figure 3.

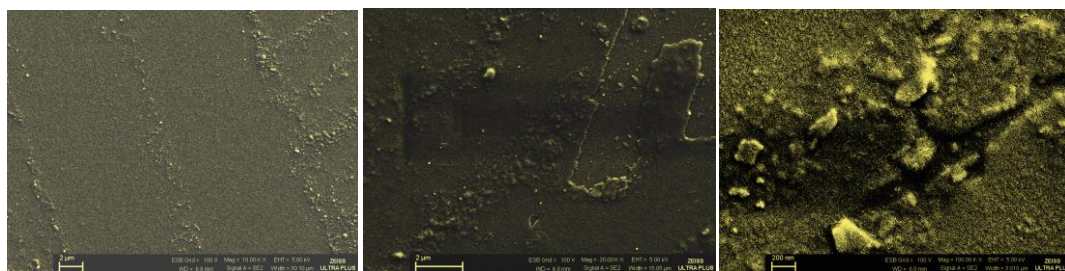


Figure 3. FESEM image of double-sided AR eyeglasses at (a) 10,000; (b) 20,000; (c) 100,000 magnifications

When the surface of double-sided AR lens are examined (Figure 3a,b), it can be said that the surface of double-sided AR coated lens is smoother than the surface of one-side AR-coated lens. However, it is seen that there are defects of 200-250 nm size on the surface that disrupt the homogeneity. When the FESEM image of these defects is examined at 100,000 magnifications (Figure 3c), it is seen that the embossments (Figure 2c) on the glasses with one-sided AR coating

disappear and are replaced by defects of different sizes. In the study of Yao and He (Yao & He, 2014), many cracks were observed in AR coated glasses made by etching, 10 nm due to abrasion, and 20 nm width by dipping method. The eyeglass we examined is quite smooth according to the study of Yao and He (Yao & He, 2014; Yuan, YanZhang, 2020), and defects were rarely seen on the surface. The presence of the reliefs seen in Figure 3 on certain parts of the surface is important for the smoothness of the surface.

When Mahadik et al. (Mahadik et al., 2015) examined the FESEM image of antireflective coated glasses, they stated that nano pores would be seen in 500 nm scaled images and that the FESEM image of the examined glass was smooth and homogeneous. In our study, although the surface image of our glass appeared homogeneous in 1 μ m scale images, when better magnifications were used, defects in 200 nm (at 100,000 magnifications) were found.

Absorption and transmittance measurements of the AR eyeglasses were taken with Spectrophotometer device, the data were plotted in Origin Pro 8 and the graphics are shown in Figure 4. For absorption and transmittance measurements, an eyeglass with a hard coating for 3 hours at 100 °C, an uncoated eyeglass, an AR coating lens on one side, and AR coating lens on both sides were used.

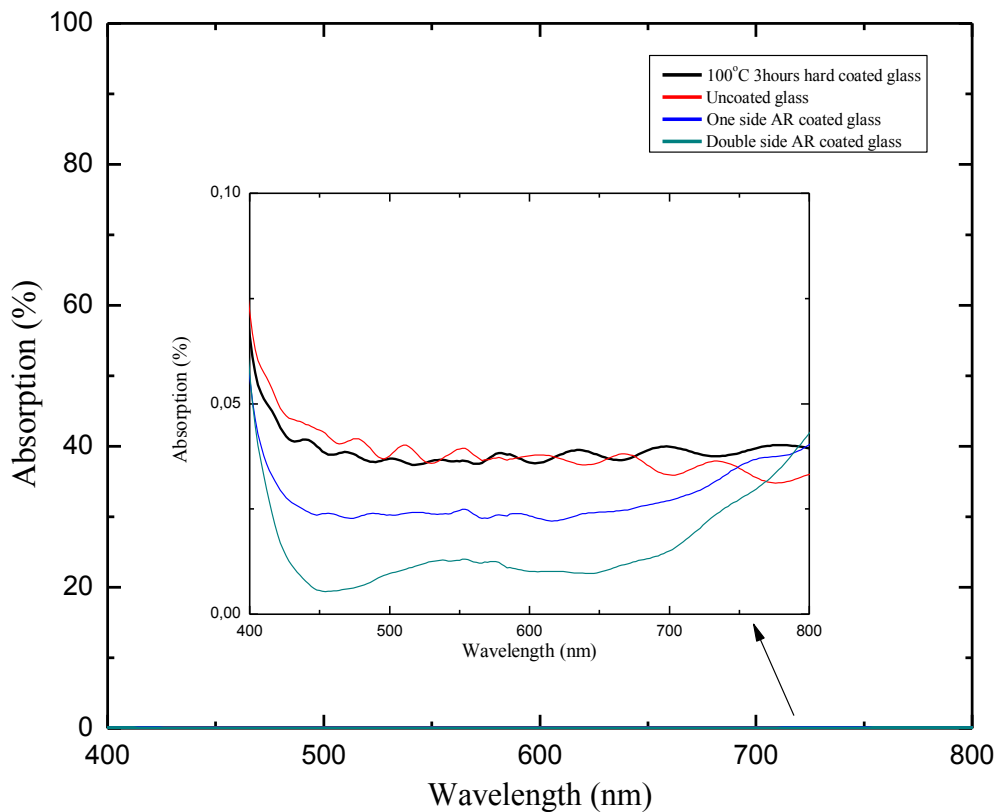


Figure 4. Absorption graphs of lenses

The hard-coated eyeglass and uncoated eyeglass absorption values are approximately 0.03 %. When AR coating is applied on one and both sides, the absorption values decreased to 0.02 % and 0.01 %, respectively (Figure 4).

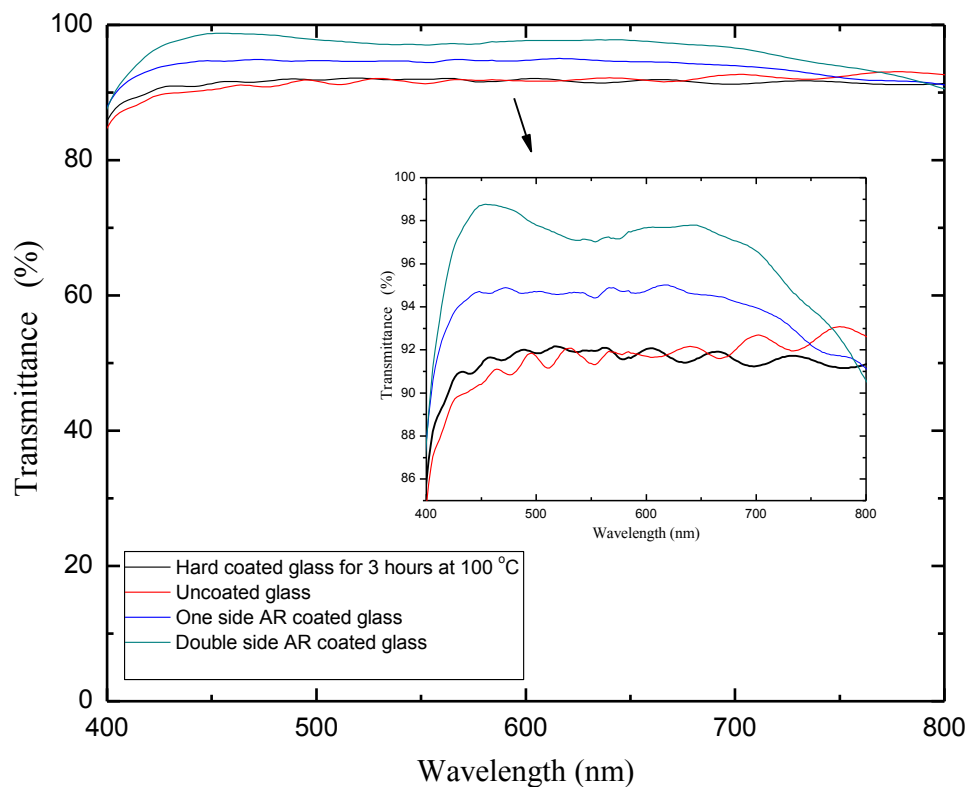


Figure 5. Transmittance graphs of lenses

It is seen that the hard-coated eyeglass transmits 91,93% light at 550 nm, and the uncoated eyeglass transmits approximately 91,32 % light at 550 nm. This ratio reaches 94,41 % and 97,05 % light transmittance for 550 nm, respectively, for single and double side AR coated glasses. Maximum light transmittances reach 98,54 % at 464 nm in double-sided AR coated eyeglasses (Figure 5).

In a study on the transmittance of AR coated lenses (Yao & He, 2014), the AR effect of the lens increased as a result of the etching method, but the transmittance increased as a sharp peak at a certain wavelength. In the glasses we examined, the increase of the data in all waves in the transmission spectrum as a result of the anti-reflective coating and the fact that the data is close to the constant value show that AR coating is very efficient. In another study (Sun,Tu, et al., 2020) on AR coatings, it is seen that they reaches 93.6 % transmittance in the 400-800 nm range. In yet

another study (Mahadik et al., 2015), 97.5 % transmittance of lens was obtained at 500 nm. The transmittance at 500 nm wavelength is 97.83 % in double-sided AR coated eyeglasses that we have examined, and it is approximately the same. However, the spectra of the coated glass are examined (Mahadik et al., 2015), it seen that their spectrums show sudden decreases up to 92 % and they do not perform very well at every wavelength in the visible region.

When looking at all similar studies (Mahadik et al., 2015; Sun,Li, et al., 2020; Sun,Tu, et al., 2020; Yuan,Yan,Xiao, et al., 2020; Yuan,YanZhang, 2020), the spectra of the glass we examined are in very good condition. The fact that the spectrum is in approximately the same order shows that the eyeglass is of very good quality.

When the absorption-transmittance spectra (Mahadik et al., 2015) of glasses are compared, it is seen that their transmittance is quite high and absorption is very low. It can be said that AR coated CR39 eyeglass, which are produced in our country and frequently encountered in optical stores, are of good enough quality and that users can see more clearly. At the same time, many studies and theoretical calculations have shown that an important parameter affecting the anti-reflective performance is the angle of incidence of the incident beam (Camargo et al., 2012; Min et al., 2008; Xi et al., 2007).

XRD is a powerful method to characterize the crystal structure (Mendibide et al., 2005). Measurements made between 30°-60° of uncoated and two-sided AR eyeglass, whose 2α measurements were taken in the XRD device, are shown in Figure 6.

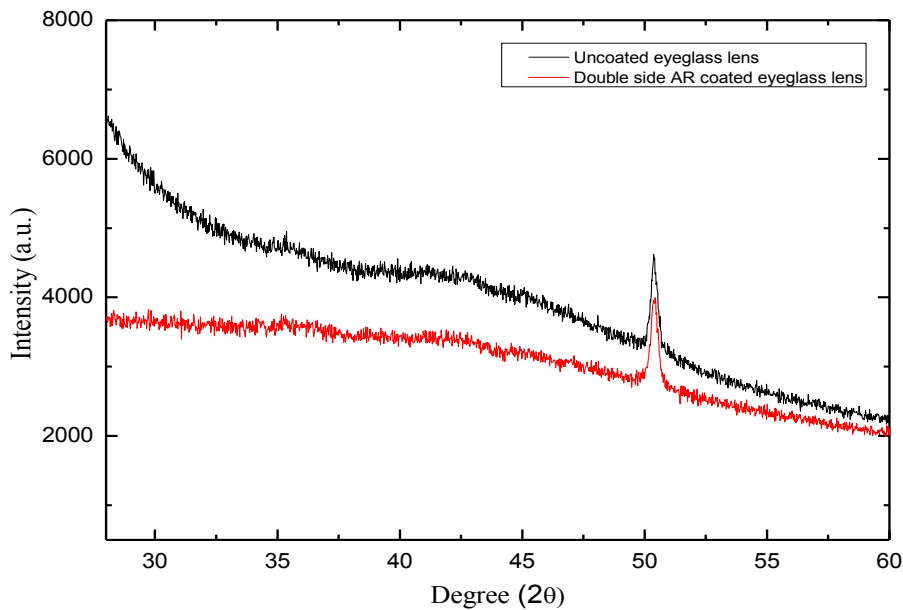


Figure 6. XRD measurement graphs of eyeglasses

In the analysis of uncoated and two-sided AR eyeglass in XRD measurements, no distinguishing material with high concentration was found. The peak where 2θ corresponds to 50.39° is seen for coated and uncoated lenses and is caused by the device itself. In the direction of the graphic obtained (Figure 6), it is seen that the structures are in amorphous structure (Sun, Xu, et al., 2020), as in the wide peak (Sun, Li, et al., 2020). As light passes through the amorphous lens surface, it moves at the same speed in all directions. In another study on the X-Ray diffraction pattern of AR coated lenses (Mahadik et al., 2015), they obtained a sharp peak from silicon substrate at $2\theta = 55.6^\circ$ for SiO_2 coating coated on silicon substrate. For a wide peak of about 2θ being 15° , it was stated that it came from the SiO_2 coating. It is thought that half of the peak in Figure 6 comes from SiO_2 within the peak where it is seen.

4. Results and Recommendations

In our study, the interface analysis and optical characterization of CR39 AR coated eyeglass produced in our country and offered to eyeglass wears were performed. According to the results of FESEM, while the surfaces of hard-coated and single-sided AR-coated eyeglass are quite smooth and homogeneous, 200-250 nm defects were encountered on the surfaces of double-surface AR coated glasses. These defects are thought to occur during cutting due to the geometric structure of the glass. These defects are found on the rare part of the surface and do not cause any problems with vision. When the absorption and transmittance measurements of eyeglass with AR coating on both sides are examined, it is seen that their transmittance is quite high, absorption is very low and has good spectrum transmittance compared to the literature. Analyzing the AR coated eyeglasses produced and used in our country is very important in terms of informing the public, obtaining new products and contributing to many studies.

Acknowledgment

This study was produced from the PhD thesis, and I would like to thank Prof. Dr. Suat PAT and Prof. Dr. Müjdat ÇAĞLAR for opportunity to take measurements of my samples.

Conflicts of interest

The authors declare that we have no conflict of interest.

References

- Bhootra, A.K. , (2009). *Ophthalmic Lenses*. New Delhi, India, Jaypee Brothers Medical Publishers.
- Buyukyıldız, H.Z., (2010). Spectacle lenses, lens materials and personalized spectacle lenses. *Turkish Journal of Ophthalmology*, 41(1), 26-34.
- Camargo, K. C., Michels, A. F., Rodembusch, F. S., & Horowitz, F., (2012). Multi-scale structured, superhydrophobic and wide-angle, antireflective coating in the near-infrared region. *Chemical Communications*, 48(41), 4992-4994. doi: 10.1039/c2cc30456b
- Fardo, F. M., Ribeiro, R. S., Strauss, J. A., Nardi, J., Ferreira, L. C., Schmokel, G., . . . Horowitz, F., (2020). Double layer SiO₂-TiO₂ sol-gel thin films on glass for antireflection, antifogging, and UV recoverable self-cleaning. *Applied Optics*, 59(25), 7720-7725. doi: 10.1364/Ao.397484
- Flaxman, S. R., Bourne, R. R. A., Resnikoff, S., Ackland, P., Braithwaite, T., Cicinelli, M. V., . . . Burd, Vision Loss Expert Grp Global, (2017). Global causes of blindness and distance vision impairment 1990-2020: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Global Health*, 5(12), E1221-E1234. doi: 10.1016/S2214-109x(17)30393-5
- Gifford, K. L., Richdale, K., Kang, P., Aller, T. A., Lam, C. S., Liu, Y. M., . . . Sankaridurg, P., (2019). IMI - Clinical Management Guidelines Report. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 60(3), M184-M203. doi: 10.1167/iovs.18-25977
- Mahadik, D. B., Lakshmi, R. V., & Barshilia, H. C., (2015). High performance single layer nano-porous antireflection coatings on glass by sol-gel process for solar energy applications. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 140, 61-68. doi: 10.1016/j.solmat.2015.03.023
- Mendibide, C., Steyer, P., Esnouf, C., Goudeau, P., Thiaudiere, D., Gailhanou, M., & Fontaine, J., (2005). X-ray diffraction analysis of the residual stress state in PVD TiN/CrN multilayer coatings deposited on tool steel. *Surface & Coatings Technology*, 200(1-4), 165-169. doi: 10.1016/j.surfcoat.2005.02.081
- Min, W. L., Jiang, B., & Jiang, P., (2008). Bioinspired Self-Cleaning Antireflection Coatings. *Advanced Materials*, 20(20), 3914-+. doi: 10.1002/adma.200800791
- Samson, F., (1996). Ophthalmic lens coatings. *Surface & Coatings Technology*, 81(1), 79-86. doi: 10.1016/0257-8972(95)02532-4
- Schott. (2005). TIE-35: transmittance of optical glass, Technical Information Advanced Optics. Retrieved from https://www.schott.com/d/advanced_optics/5b1f5065-0587-4b3f-8fc7-e508b5348012/1.1/schott-tie-35-transmittance-of-optical-glass-february-2020-row-20022020.pdf
- Sun, X. Y., Li, L., Xu, X. Z., Song, G. Y., Tu, J. L., Yan, P. Y., . . . Hu, K., (2020). Preparation of hydrophobic SiO₂/PTFE sol and antireflective coatings for solar glass cover. *Optik*, 212. doi: Artn 16470410.1016/J.Ijleo.2020.164704
- Sun, X. Y., Tu, J. L., Zhang, W. N., Li, L., & Hu, K., (2020). A simple route to prepare hydrophobic, high temperature resistant and antireflective coatings. *Materials Letters*, 277. doi: Artn 12833510.1016/J.Matlet.2020.128335
- Sun, X. Y., Xu, X. Z., Song, G. Y., Tu, J. L., Li, L., Yan, P. Y., . . . Hu, K., (2020). Preparation of MgF₂/SiO₂ coating with broadband antireflective coating by using sol-gel combined with electron beam evaporation. *Optical Materials*, 101. doi: Artn 10973910.1016/J.Optmat.2020.109739
- Tadokoro, N., Jaisupap, K., Sukbumpeng, A., Pannakarn, S., Khraikratok, S., Jamnongpian, P., & Iwata, N., (2012). Investigation of shrinkage and cracking of ophthalmic lens coating by a cycle test of UV radiation and high humidity. *Thin Solid Films*, 520(12), 4169-4173. doi: 10.1016/j.tsf.2011.04.097
- Wang, L. K., Xu, Y., Chu, Z. R., Tang, W. W., Qiu, Y. F., Zhao, X. L., . . . Chen, C., (2020). Rapid Coating of Ultraviolet Shielding Colloidal Crystals. *Crystals*, 10(6). doi: Artn 50210.3390/Cryst10060502
- Wu, Q. Y., Tang, Y. H., Chen, X. Y., Ma, C. L., Yao, F., & Liu, L., (2019). Method for evaluating ophthalmic lens based on Eye-Lens-Object optical system. *Optics Express*, 27(26), 37274-37285. doi: 10.1364/Oe.27.037274
- Xi, J. Q., Schubert, M. F., Kim, J. K., Schubert, E. F., Chen, M. F., Lin, S. Y., . . . Smart, J. A., (2007). Optical thin-film materials with low refractive index for broadband elimination of Fresnel reflection. *Nature Photonics*, 1(3), 176-179. doi: 10.1038/nphoton.2007.26

- Yao, L., & He, J. H., (2014). Broadband Antireflective Superhydrophilic Thin Films with Outstanding Mechanical Stability on Glass Substrates. *Chinese Journal of Chemistry*, 32(6), 507-512. doi: 10.1002/cjoc.201400022
- Yuan, J. J., Yan, S. Y., Xiao, Z. X., & Hu, J. L., (2020). Multifunctional closed-pore silica/titania composite antireflective coatings based on self-assembly process. *Materials Chemistry and Physics*, 250. doi: ARTN 12302310.1016/j.matchemphys.2020.123023
- Yuan, J. J., Yan, S. Y., & Zhang, X., (2020). Superhydrophilic antifogging broadband antireflective coatings with worm-like nanostructures fabricated by one dip-coating method and calcination. *Applied Surface Science*, 506. doi: ArtN 14479510.1016/J.Apsusc.2019.144795

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 167-191, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Derleme Makalesi / Review Article**Doi: [10.47898/ijeased.849817](https://doi.org/10.47898/ijeased.849817)

Fungusların Mikrobiyal Gübre veya Biyopestisit Olarak Tarımda Kullanılması

Meltem AVAN ^{1*}, Recep KOTAN ²¹ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 06110, Türkiye.² Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 25240, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : meltem_avn@hotmail.com  https://orcid.org/0000-0002-2939-8177 , M. Avan  https://orcid.org/0000-0001-6493-8936 , R. Kotan	Geliş Tarihi / Received Date : 29.12.2020 Revizyon Tarihi / Revision Date : 19.01.2021 Kabul Tarihi / Accepted Date : 31.01.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite : Avan, M., Kotan, R. (2021). Fungusların Mikrobiyal Gübre veya Biyopestisit Olarak Tarımda Kullanılması, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 167-191.	

Özet

Funguslar, biyolojik mücadele çalışmalarında kullanılan biyolojik etmenler içerisinde önemli bir grubu oluşturmaktadır. Bu derlemede; biyolojik mücadelede kullanılan entomopatojenik fungusların zararlı böcek popülasyonlarının doğal dengesinin sağlanmasında ve mikorizal fungusların, bitki, toprak ve bitki patojenleri ile arasındaki etkileşimlerinin biyolojik mücadeledeki önemlerinden bahsedilmiştir. Ayrıca entomopatojenik fungusların ve mikorizal fungusların biyolojik mücadeledeki etki mekanizmaları ve bitki gelişimine katkıları hakkında bilgiler verilmiştir. Entomopatojen fungusların ve mikorizaların tarımda kimyasallara karşı gerek bitki koruma gerekse de bitki beslemede başarılı bir şekilde kullanılabileceğinin özellikle vurgulanması amaçlanmıştır. Bu konuda Türkiye’de yapılan çalışmaların biraz daha ileriye götürülmesi noktasında taşıyıcı formülasyon çalışmalarına ağırlık verilmesi ve ruhsatlandırma ile ilgili yönetmeliklerin bilimsel çalışmalara göre güncellenmesi çok faydalı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Fungus, Entomopatojen, Mikoriza, Biyopestisit, Mikrobiyal gübre.

Use of Fungi as Microbial Fertilizer or Biopesticide in Agriculture

Abstract

Fungi used as one of the biological factors constitute an important group in biological control studies. In this review, the role of entomopathogenic fungi used in biological control in ensuring the natural balance of pest populations and the interactions of mycorrhizal fungi with plant, soil and plant pathogens in biological control are mentioned. In addition, information was given about the action mechanisms of entomopathogenic fungi and mycorrhizal fungi in

biological control and their contribution to plant growth. It is aimed to emphasize that entomopathogenic fungi and mycorrhizae can be used successfully both in plant protection and in plant nutrition against chemicals in agriculture. In this regard, the work done in Turkey to be taken a little further point in giving weight to the carrier formulation and updating of the regulations on licensing according to scientific studies will be very useful.

Keywords: Fungi, Entomopathogen, Mycorrhiza, Biopesticide, Microbial fertilizer.

1. Giriş

Tarım; ülke nüfusunun beslenmesi, milli gelire ve istihdama katkısı, sanayi sektörüne hammadde sağlaması, sanayiye sermaye aktarması, ihracata doğrudan ve dolaylı olarak katkısı, biyolojik çeşitlilikle ekolojik dengeye katkıları nedeniyle tüm dünyada vazgeçilmez olan, gıda üretiminin güvenliği nedeniyle de ülke ekonomilerini oluşturan, temel ve stratejik bir sektör niteliğindedir (Doğan ve ark., 2015). Sürekli artan dünya nüfusuna paralel olarak gıdaya olan ihtiyaç da her geçen gün artmaktadır.

Tarımda bitkisel üretim ise gerek insan beslenmesine olan direk katkısı, gerekse de hayvansal üretime olan katkılarından dolayı oldukça önem arz etmektedir. Bitkisel üretimde birçok canlı (hastalık etmenleri, zararlı etmenler ve yabancı otlar) ve/veya cansız (çevresel faktörler, toprak faktörleri, atmosferdeki zehirli gazlar ve hatalı tarımsal uygulamalar) faktörler verim ve kalite kayıplarına sebep olmaktadır. Dünyada tarımsal üretimde meydana gelen ürün kayıplarının yaklaşık olarak %9'unu hastalıklar, %11'ini zararlılar ve %15'ini ise yabancı otların oluşturduğu belirtilmektedir. Bu miktar dünya tarımsal üretim potansiyelinin 1/3'üne denk olup, bunlara %6-12 kadar hasat sonrası kayıplar da ilave edilecek olursa, mücadele yapılmadığı takdirde toplam ürün kaybının yaklaşık %50-70'lere çıkabileceği belirtilmektedir (Agrios, 2005). Bitkisel üretimdeki bu kayıpları minimize etmek için, dünyada olduğu gibi ülkemizde de yoğun bir kimyasal gübre ve pestisit kullanılmaktadır. Ülkemizde birim alana kullanılan pestisit miktarının Avrupa Birliği Ülkeleri'ne kıyasla oldukça az olduğu ifade edilmesine rağmen, ülkemizdeki pestisit kullanımının oldukça heterojen olduğu da unutulmamalıdır (Delen ve ark., 2005). Ege ve Akdeniz Bölgeleri tüketim toplamı, genel olarak ülke tüketiminin %34'den fazlasını, hatta bazı yıllar %50'sine yakını oluşturmaktadır (Delen ve ark., 2015). Son yıllarda dünyada yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, bitkisel üretimde kullanılan kimyasal içerikli bitki besleme ve bitki koruma ürünlerinin yaygın ve hatalı kullanımlarının önemli bir küresel çevre ve sağlık sorununa dönüştüğünü göstermektedir (Anonim, 2015). Ülkemizde de yapılan benzer çalışmalara göre de aynı endişeleri yansıtan sonuçlara ulaşılmıştır (Tiryaki ve ark., 2010). Bu kimyasal gübreler ve pestisitler ne yazık ki sadece uygulandığı bölgede kalmamakta, zamanla geniş bir çevreye yayılım

göstermektedirler. Bitkilere uygulanan tarım ilaçlarının %70 ile %99'unun rüzgar, yağmur ve sulama yoluyla farklı ekolojik ortamlara taşındığını ve bu ortamlardaki hedef olmayan organizmalara ulaştığı ifade edilmektedir (Tiryaki, 2016). Özetle bitkisel üretimde kimyasal pestisit ve özellikle nitratlı gübrelerin yoğun bir şekilde kullanımı sonucu; topraklar, yer altı suları ve atmosferde gittikçe artan kirlilik hem dünyada hem de Türkiye'de insan ve hayvan sağlığını, yaban hayatını ve çevreyi ciddi oranda tehdit eder bir boyuta gelmiştir (Davis ve ark., 1993; Shim ve ark., 2009; Huang ve ark., 2019). Bitkisel üretimde kullanılan kimyasal bitki besleme ve bitki koruma ürünlerinin yoğun ve bilinçsiz bir şekilde kullanımı yüzünden, günümüzde toprak kirliliğinin de küresel bir sorun haline geldiği ve bu durumun sürdürülebilir tarım ve gıda güvenliği açısından büyük tehditler oluşturduğu gözlenmektedir (Kafaei ve ark., 2019).

Dünya'da pestisit kullanımında en yüksek payı %47'lik bir oranla herbisitler almaktadır (Dağ, 2000). Bunu %28 ile insektisitler, %20 ile fungusitler ve %5 ile de diğer ürünler takip etmektedir. Ülkemizde ise bitki koruma ürünleri içerisinde insektisitler %34.72, fungusitler %25.29, herbisitler %20.28, akarisitler %6.17, bitki gelişim düzenleyiciler %3.03, fumigantlar ve nematositler %2.47, tuzak ve feromonlar %1.25, kış mücadele ilaçları ve yazlık yağlar %0.93, rodentisitler ve mollusisitler %0.73, biyolojik mücadele etmenler %0.58 ve biyopreparatlar %4.04'lük bir paya sahiptirler (TUIK, 2019). Burada sağlık ve çevre açısından en düşük risk içeren ürünlerin toplam kullanımdaki oranlarının en düşük seviyelerde olması oldukça dikkat çekicidir. Pestisit kullanımının bölgelere göre dağılımı incelendiğinde ise; en fazla Akdeniz Bölgesi'nde (%30) olduğu görülmekte, bu bölgeyi sırasıyla Marmara Bölgesi (%19), Ege Bölgesi (%18), İç Anadolu Bölgesi (%17), Güney Doğu Anadolu Bölgesi (%12), Karadeniz Bölgesi (%3) ve Doğu Anadolu Bölgesi (%1) takip etmektedir (Anonim, 2015; Ayyıldız ve ark., 2018).

Uzun yıllardır bitkilerdeki hastalık ve zararlılardan kaynaklanan kayıpların önüne geçilmesi ve beslenme sorununun çözülmesi için en önemli çözüm yolu olarak, kimyasal tarım ilaçları ve kimyasal gübrelerin kullanılmaması olarak düşünülse de; gelineen noktada bu yaklaşımın özellikle de sürdürülebilir tarım açısından doğru olmadığı aşikârdır. Dünyada 1940'ların başına kadar zararlılar tarafından üründe meydana gelen ortalama kayıp %7 iken, 1980'lerin sonuna doğru bu oran %13'e yükselmiştir (Uygun, 2002). Bu ürün kaybındaki iki katlık artış, ilaç devriminden sonra başlamış ve aynı dönem içinde ilaç kullanımında ise 12 katlık bir artış meydana gelmiştir. İlaç kullanımındaki 12 katlık artışa rağmen, ürün kayıplarındaki bu artış; ilaçlara dayanıklılığın artması, doğal düşmanların öldürülmesi, potansiyel zararlıların ekonomik zararlı durumuna geçmesi nedeniyle olduğu bildirilmiştir. Bunlara insan ve hayvan sağlığının tehdit edilmesi, gıda

maddelerindeki ilaç kalıntıları, çevre kirlenmesi, yüksek ilaç fiyatları, ekonomik kayıp vb. yan etkiler de eklenince tarımda kimyasal bitki besleme ve bitki koruma ürünlerine alternatif çevre dostu ve daha ucuz yöntemlere ihtiyaç olduğu kaçınılmaz hale gelmiştir. Endüstriyel tarımın son 70-80 yıldır birim alandan elde edilen ürün miktarında bir miktar artışa sebep olduğu ancak bitkisel üretimde girdiler açısından üreticilere abartıldığı kadar bir katkı sağlamadığı da gözlenmektedir.

Bu yüzden; tarımda çok yoğun olarak kullanılan kimyasallara alternatif yeni yöntemlerin mutlaka geliştirilmesi gerektiği ve bunun sürdürülebilir bir tarım için zorunlu olduğu kabul edilmektedir. Özellikle de gelişmiş ülkelerde son yıllarda tarım sistemleri açısından alternatif yöntemler üzerinde durulmakta ve farklı tarım sistemlerine geçişlerin hızla yaygınlaştığı gözlenmektedir. Bu alternatif tarım sistemleri içerisinde; entegre mücadele, sürdürülebilir tarım, iyi tarım, organik veya ekolojik tarım, ekim nöbeti, solucan gübresi, yeşil gübre, hayvan gübresi, kompost, organik gübreler, bitkisel ekstre ve uçucu yağlar ve özellikle de mikrobiyal gübreler ve biyolojik kontrolden sıkça bahsedilmektedir. Bu alternatif mücadele yöntemleri içerisinde en çok üzerinde durulan biyolojik yöntemlerdir. Tarımda kimyasal gübre ve pestisitlere alternatif olarak faydalı mikroorganizmaların kullanımı sürdürülebilir tarım açısından oldukça önemlidir. Bu faydalı mikroorganizmaların mikrobiyal gübre ve biyopestisit olarak tarımda kullanımına yönelik dünyada çok sayıda ticari ürün bulunmaktadır. Dünyada tescillendirilerek tarımda kullanılmak üzere piyasaya sunulan bu mikrobiyal ürünlerin büyük bir kısmı bakteri veya fungus içeriklidir ve bu ürünlerin bazıları Türkiye’de de son yıllarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Mikrobiyal gübreler ve biyopestisitlerin dezavantajı olarak raf ömürlerinin çok uzun olmaması ve çevresel koşullara da bağlı olarak etkinliklerinin gözlemlenmesinin biraz zaman alması ifade edilmiştir. Avantajları olarak da, Dünya Sağlık Örgütünün Mikroorganizma Risk Gruplandırması Listesinde riski olmayan grupta olan mikroorganizmalar kullanıldığı için insan sağlığı açısından hiç bir risk içermediği veya kimyasallara nazaran risklerinin çok daha düşük olduğu; yine kimyasallara göre daha çevreci ve doğal dengeyi koruyucu olduklarından gerek yaban hayatı gerekse de doğadaki faydalı türleri koruma açısından çok avantajlı oluşları; biyopestisitlerin sadece hedef zararlıların yada hastalıkların kontrol edilmesini sağlaması; bitkide kalıntı problemi oluşturmadığı; bakteri içerikli ürünlerde bakteriler, hem bitki besleme hem de bitki koruma açısından önemli olan birçok mekanizmaya sahip olabileceği için bitkiye çok geniş bir fayda sağladığı; toprak patojenlerine karşı oldukça başarılı olmaları; kimyasallara göre çok daha ekonomik oluşları; toprak düzenleyici özellikleri olduğundan uzun vadede toprak yapısında ciddi düzelmelere ve topraktaki zararlı kimyasalların parçalanmasına sebep olabildikleri ve bitkilerde sistemik dayanıklılık mekanizmasını

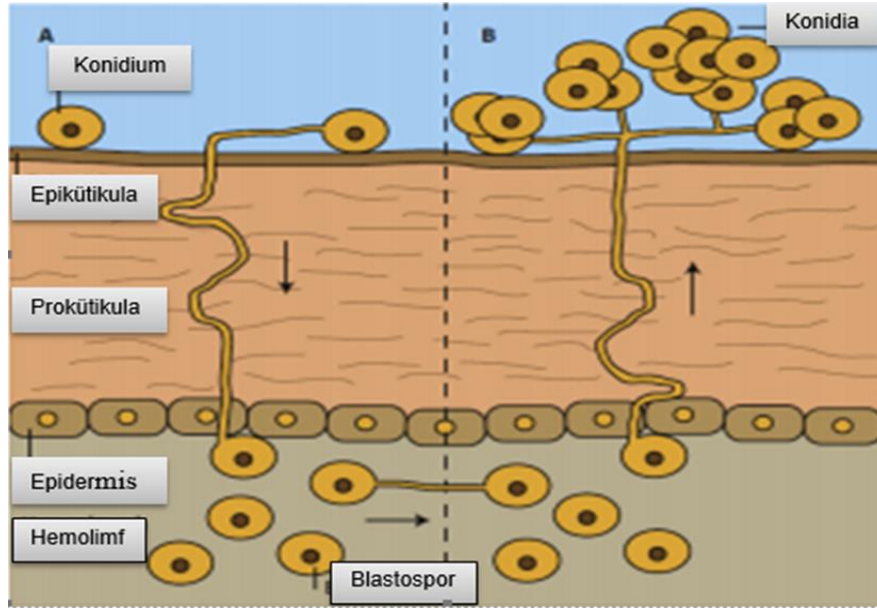
harekete geçirerek bitkileri ekstrem koşullara karşı da koruyabildikleri ifade edilmiştir (Kotan, 2020).

Faydalı bakteriler, funguslar ve diğer organizmalar; bu biyolojik yöntemler içerisinde dünyada üzerinde en çok çalışılan ve mikrobiyal gübre ve biyopestisit olarak dünyada en çok kullanılan biyolojik çözümlerin başında gelmektedir.

2. Entomopatojenik Funguslar

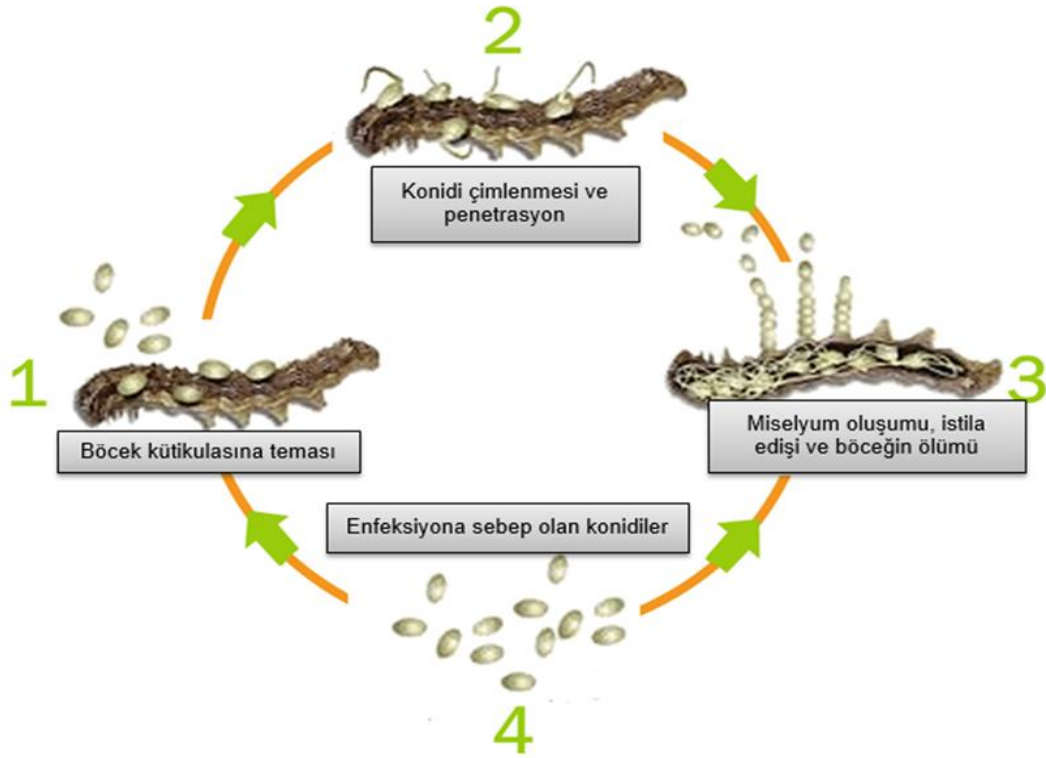
Entomopatojenik funguslarla ilgili ilk çalışmalar 1800'lerin başında yapılmıştır ve Fransa'daki ipekböceği endüstrisinde büyük sorunlara yol açan hastalıklarla mücadelenin yollarını bulmak için çalışmalar geliştirilmeye başlanmıştır. Agostino Bassi (1773-1856), *Beauveria bassiana*'nın (*Botrytis bassiana* Bals.-Criv. olarak), ipekböceklerinin muskardin hastalığı olarak bilinen hastalığa neden olan bulaşıcı bir ajan olduğunu ifade etmiş, bu zararlı böceklerle mücadele etmek için fungal böcek patojenlerini kullanma fikri büyük ölçüde gelişmiştir (Audoin, 1837). Sonra, Pasteur (1874) ve LeConte (1874) fungusları böceklerle karşı kullanılabileceklerini ifade etmişlerdir. Rusya'da, Elie Metchnikoff (1845–1916), yeşil muscardin hastalığı üzerine çalışmalar yürütmüş ve kontrol ajanı olarak *Entomophthora anisopliae* Metschn. (= *Metarhizium anisopliae*)'yi tanımlamıştır. Bu fungus, Krassiltschik (1888) tarafından üretilmeye başlanmış ve tarlada şeker pancarı bitine karşı kullanılmıştır.

Fungal mikroorganizmalar da bakteriler gibi hem bitki beslemede hem de bitki korumada ticari formülasyon haline getirilerek tarımda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Dünyada yaklaşık olarak 700 farklı türe ait fungusun birçok zararlı böceğin mücadelesinde başarılı bir şekilde kullanıldığı belirtilmektedir (Vega ve ark., 2009). Entomopatojenik funguslar olarak da isimlendirilen bu mikroorganizmalar, eklembacaklıları enfekte etme ve öldürme yeteneğine sahip parazitik mikroorganizmalardır. Bu funguslara air sporlar gelişerek, böcek gövdesine girmek için enzimatik bozunma sağlayarak, mekanik basınç yoluyla böcek kütikulasını delerek, giriş yapmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. *Beauveria bassiana*'nın gelişimi ile böcek kütikulasının enine kesiti
(Valero-Jimenez ve ark., 2016)

Böcek vücuduna girdikten sonra fungus burada çoğalarak, böcek dokularını istila edip, sporlarını üretmeye devam etmektedirler (Zheng ve ark., 2011; Xiao ve ark., 2012). Fungusun, zararlı vücudu içinde gelişen misellerinin böceğin vücut boşluğunu doldurması sonucu; zararlıyı, fiziksel olarak ve salgıladıkları toksinlerle zehirleyerek öldürmektedir (Şekil 2). Entomopatojenik fungusların özellikle uygun sıcaklıklar ve yüksek bağıl nemi olan bölgelerde ve mevsimlerde zararlı popülasyonlarının azalmasında önemli rol oynadıkları belirtilmektedir.



Şekil 2. Entomopatojenik funguslar tarafından enfekte olan organizmanın şematik yaşam döngüsü
(Barra-Bucarei ve ark., 2019)

Biyoajan fungusların biyokontrol mekanizmaları; besin ve yaşam yeri için patojenlerle rekabet etme, antibiyosis, mikoparazitizm, çapraz koruma ve uyarılmış sistemik dayanıklılık (ISR) olmak üzere beş sınıfa ayrılmaktadır. Bu farklı biyokontrol mekanizmaları, tek başına veya kombinasyon halinde faydalı funguslar tarafından kullanılabilir (Ghorbanpour ve ark., 2017). Biyoajan funguslar patojenlere karşı üstünlük sağlayabilmek için ürettikleri biyolojik aktiviteye sahip antibiyotik, enzim ve toksin gibi sekonder metabolitleri kullanmaktadırlar (Cantürk, 2015). Bu sekonder metabolitlerin büyük bir kısmı yararlı olan aktiviteleri içerir iken bir kısmı da istenmeyen fitotoksik ve mikotoksik gibi aktiviteleri içermektedir (Brakhage, 2013; Boruta, 2018). Entomopatojen funguslar ise ürettikleri sekonder metabolitlerinden olan bazı toksinlerin (destruksin, efrapeptinler, oosporein, beauvericin, bassianolide, beauveriolide, hirsutellin ve organik asitler) etkisi ile böceğin zayıf düşmesine, gelişimlerinin engellenmesine veya ölümüne sebep olmaktadır (Butt ve ark., 2001).

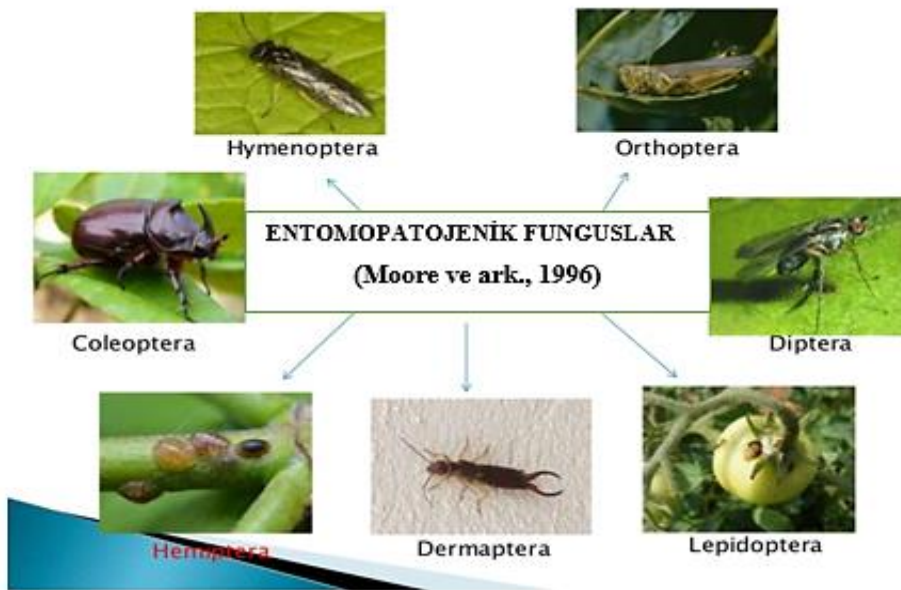
Entomopatojen funguslar, temel olarak ekolojik tarımda biyopestisitler olarak zehirli insektisitlere oranla daha güvenli bir alternatif metod olarak kullanılmakta, bazıları da biyoteknolojik süreçlerde ve Çinde tıbbi müdahalelerde de kullanılmaktadır. Antitümör,

antioksidan, immünomodülatör, antienflamatuar ve antimikrobiyal alanlar dahil olmak üzere tıbbi ve farmasötik alanlarda bu fungusların biyoaktivitelerine ilişkin kayıtlara ulaşılmıştır (Tuli ve ark. 2014). (Jaihan ve ark., 2016; Ríos-Moreno ve ark., 2016; Lovett ve Leger, 2017).

Son yıllarda fungal biyoajanların kullanılması ile bitki hastalık veya zararlılarının biyolojik mücadelesine yönelik yapılan çalışmalara göre, *Metarhizium* cinsine ait türler (*M. anisopliae*, *M. robertsii*, *M. brunneum*, *M. lepidiotae*, *M. globosum*, *M. acridum*, *M. majus*, *M. flavoviride*, *M. rileyi*, *M. pinghaense*, *M. lepidiotae* ve *M. guizhouense*), *Beauveria* (*B. bassiana* ve *B. brongniartii*), *Isaria* (*I. fumosorosea* - eski adı *Paecilomyces fumosoroseus*, *I. farinosa* ve *I. tenuipes*), *Ophiocordyceps* (*O. sinensis* (eski adıyla *Cordyceps*), *O. unilateralis*), *Cordyceps* (*C. militaris*), *Torubiella* (*T. ratticaudata*), *Pochonia* (*P. chlamydosporia*), *Lecanicillium* (*L. lecani* - eski adıyla *Verticillium lecanii*, *L. longisporum*), *Hirsutella* (*H. thompsonii*, *H. nodulosa*, *H. aphidis*) ve *Paecilomyces variotii*, *Purpureocillium lilacinum* türlerinin tarımda çok etkili bir şekilde kullanılabileceği bildirilmiştir (Khan ve ark., 2012; Tkaczuk ve ark., 2015; Jaihan ve ark., 2016).

Metarhizium, *Beauveria*, *Paecilomyces*, *Isaria* ve *Lecanicillium* cinsine ait türlere ait geniş spektrumlu birçok preparat bulunmaktadır. Bunlar çeşitli eklembacaklı türleri enfekte edebilmekte, aynı zamanda bazı hastalık etmenleri ve yabancı otlara karşı da başarıyla kullanılmaktadırlar (Khan ve ark., 2012; Castro ve ark., 2016; Ríos-Moreno ve ark., 2016).

Entomopatojenik funguslar konukçu böceğin kütikülasından doğrudan girebilmektedir ve bu nedenle özellikle Lepidoptera, Homoptera, Coleoptera ve Diptera takımlarındaki bazı zararlıların mücadelesinde başarılı olabilmektedirler (Şekil 3).



Şekil 3. Entomopatojenik fungusların yer aldığı böcek takımları (Moore ve ark., 1996)

Bitki üzerinde bulunan ve entomopatojen funguslar ile enfekte olmuş böcekler toprağa düşerek toprakta önemli fungus rezervini oluşturmaktadırlar. Ayrıca toprak ortamı, fungusları UV ışınlarından koruduğu, biyotik ve abiyotik etkenlere karşı tampon görevi gördüğü için fungusların uzun süre canlılığını korumasını sağlamaktadır. Tarımsal ekosistemlerde toprakta çok sık rastlanan ve dünya çapında yaygın olarak bulunan *B. bassiana* geniş konukçu kitlesine sahip Hypocreales (Ascomycota) takımına bağlı entomopatojenik bir fungustur. Bazı entomopatojen funguslar tarafından enfekte olmuş böcekler Şekil 4’de verilmiştir.



Lygus hesperus’da *Beauveria bassiana* gelişimi



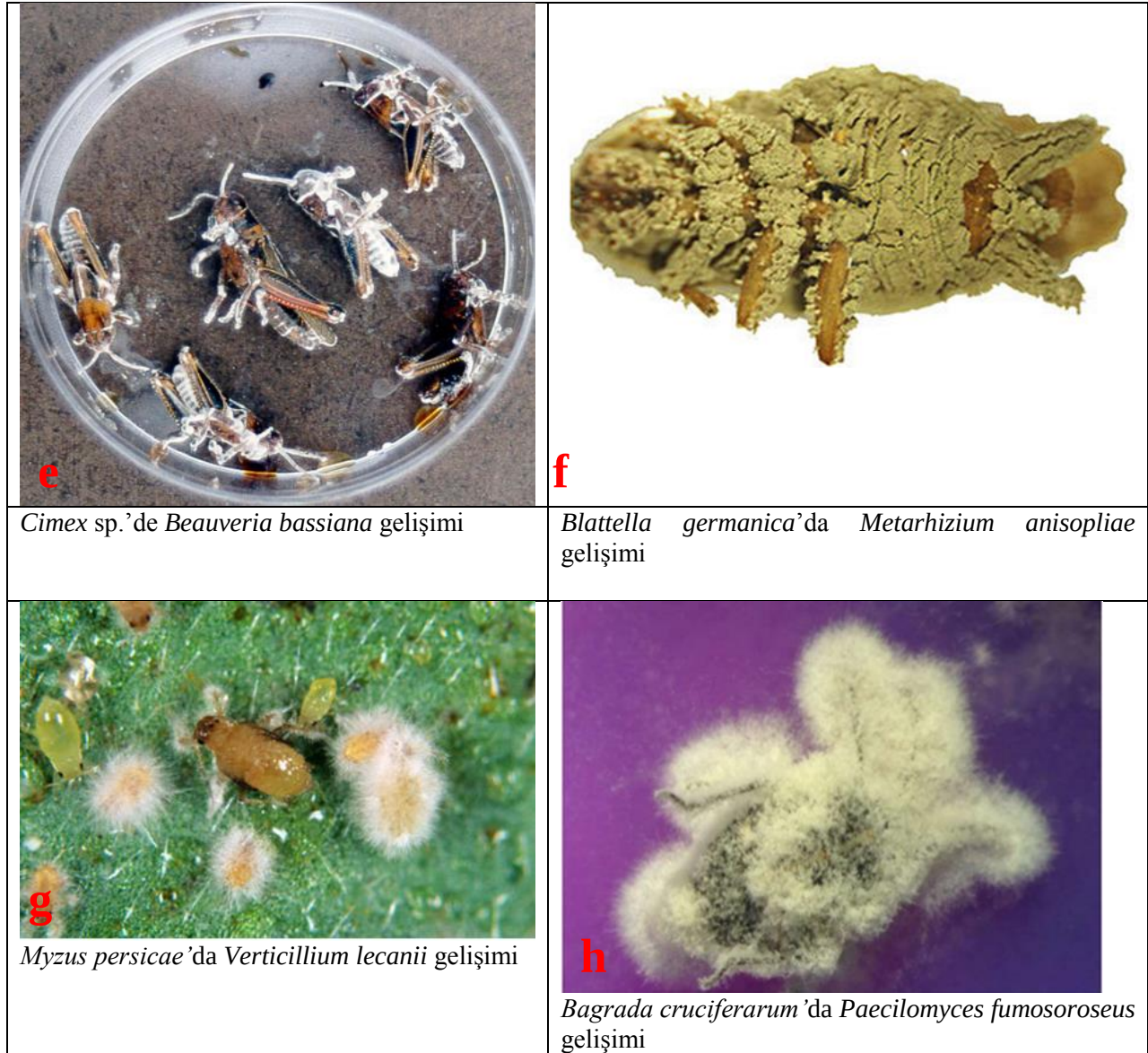
Plutella xylostella’de *Paecilomyces* sp. gelişimi



Forficula auricularia’da *Entomophthora* sp. gelişimi



Henicopsaltria eydouxii’de *Beauveria bassiana* gelişimi



Şekil 4. Bazı entomopatojen funguslar tarafından enfekte olmuş böcekler

(a ve h: Fotoğraf: Surendra Dara, E-Journal of Entomology and Biologicals, 2017), (b: Forestry images, 2018), (c: Labroots, 2017), (d: Jungle Dragon, 2019), (e, f: Wikipedia, 2021a; Wikipedia, 2021b), (g: Alamy, 2012)

Piyasada biopreparatı bulunan diğer bazı entomopatojenik funguslar ve etkili oldukları hastalık veya zararlı grupları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Bazı entomopatojenik funguslar ve ticari ürünleri (Dara, 2017; Maina ve ark., 2018; Kotan, 2020).

Entomopatojen Funguslar	Ticari Ürünü	Etkili Olduğu Zararlı Grupları
<i>Beauveria bassiana</i>	Bio Power BotaniGard ES Mycotrol-ESO Myco-Jaal Naturalis-L Betat Ostrinol	Yeşilkurt, yaprak galeri sineği, kabuklu bit, çekirge, yaprak yiyen böcekler
<i>Verticillium lecani</i> (= <i>Lecanicillium lecanii</i>)	Bio Catch Vertalec Mycotal Phule Bugicide	Beyazsinek, thrips, afit, koşnil, unlu bit gibi zararlılar
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Bio Magic BioCane Metarril Ory-x BioBlast Green Muscle	Yeşil kurt, pembe kurt, gövde kurdu, iç kurtları, pamuklu bit, yaprakbüklenler ve larvaları, termitler, çekirgeler
<i>Metarhizium brunneum</i>	Met52 EC	Beyaz sinek, thrips, akarlar, keneler
<i>Isaria fumosorosea</i> (= <i>Paecilomyces fumosoroseus</i>)	Priority Nofly WP PFR-97 WDG	Kırmızı örümcek, Avrupa kırmızı örümcek ve kahverengi akarlar
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Bio Nematon MeloCon WG	Kök ur nematodu, kist nematodu, sogansak nematodu
<i>Trichoderma viride</i>	Bio Cure F	Kök çürüklüğü, çökerten, gövde çürüklüğü, kurşuni küf, açık rastık, yaprak lekesi
<i>Hirsutella thompsonii</i>	ABTEC Hirsutella Mycohit	Coleoptera, Diptera, Hemiptera
<i>Lecanicillium longisporum</i>	Vertalec	Afit

Zararlı kontrolünde sıklıkla entomopatojenik funguslarla (*B. bassiana* veya *M. anisopliae*) dönüşümlü olarak kullanılan insektisitlerden; özellikle Organofosfat (Profenophos ve Metil Demeton) ve kloroorganik insektisitler (indoxacarb), *B. bassiana* üzerinde çok yüksek zararlara sebebiyet vermişlerdir (Amutha ve ark., 2010). Organofosfat Lorsban ise, *M. anisopliae* ve *I. fumosorosea*'ya karşı en yüksek toksisiteyi göstermiş, fungusun miselyal gelişmesinde ve konidial çimlenmesinde yüksek oranda azalmalara neden olmuşlardır. Carbamatlardan (Lannate, Larvin) ve bir pyrrole insektisiti ise (klorfenapir; Korsan) *M. anisopliae* ve *I. fumosorosea*'ya karşı orta düzeyde toksisite meydana getirmişlerdir (Asi ve ark., 2010). Pyrethroidlere ait insektisit olan Lambda Cyhalothrin'in olumsuz etkisi bu funguslarda daha azdır (Tkaczuk ve ark., 2015). Yine Pyrethroid insektisitlerden Deltamethrin *B. bassiana*'nın koloni oluşturan biriminde önemli azalmalara neden olmuştur. Fakat *B. bassiana* Deltametrinin zararlı etkilerine yanıt olarak savunma mekanizmalarını aktive ettiğini gözlemlenmiştir (Forlani ve ark., 2014). Başka bir insektisit grubu

olan Neonicotinoidlerden Acetamiprid ve Thiamethoxam uygulamalarının *B. bassiana* üzerinde toksik etkileri tespit edilirken, Acetamiprid uygulamaları da *M. anisopliae* gelişimi üzerinde azalmalara sebebiyet vermiştir. Fakat arılar için oldukça toksik olan ve birçok ülkede yasaklanmış olan İmidacloprid'in çok ilginç bir şekilde entomopatojen funguslar üzerinde olumsuz bir etkisi görülmemiştir (Neves ve ark., 2001).

Doğal insektisitler bu funguslar için daha az toksiktir. *Saccharopolyspora spinosa*'dan izole edilen Spinosad, *M. anisopliae* ve *I. fumosorosea*'da sadece yaklaşık %7-8 miselyum gelişiminde azalmaya ve yaklaşık %20 oranında ise konidial çimlenmede azalmaya neden olmuştur (Asi ve ark., 2010). Başka bir doğal insektisit olan neem yağının (bitkilerden türetilmiş) entomopatojenik funguslara olumsuz etkisi tespit edilmiş ve *M. anisopliae* ve *B. bassiana*'da konidi üretimini ve vejetatif büyümeyi azalttığı gözlemlenmiştir (Hirose ve ark., 2001).

İnsektisitlerin entomopatojenik funguslar üzerindeki etkileri üzerine çalışmalar halen devam etmektedir. Bu çalışmaların genel amacı, zararlı kontrolünde entomopatojenik funguslarla birlikte daha düşük dozlarda insektisit kullanımını yaygınlaştırmaktır. Bu şekilde daha düşük insektisit doz kullanımıyla, entomopatojenik funguslarla beraber kullanımı, toksik bileşiklerin oluşumu ve küresel çevre kirliliğinin azalmasına yardımcı olacaktır (Subbanna ve ark., 2019).

Quizalofop-p-ethyl ve Glyphosate etken maddeli herbisitler *H. nodulosa* ve *B. bassiana* gelişiminde azalmalara neden olmuşlardır (Tkaczuk ve ark., 2015). S-triazine herbisit olan Ametryn bu funguslarda büyümeyi azaltmış, glikozun *M. brunneum* tarafından bozulmasını yavaşlatmış, karbon ve azot metabolizmasını da bozmuş, misellerde oksidatif strese neden olmuştur (Szewczyk ve ark., 2018).

Fungisit kullanımında da durum insektisitlerinkine benzemektedir. *I. fumosorosea*, daha yüksek oranda eşdeğer metalik bakır içeren bakır bazlı fungisitlere duyarlıdır (Avery ve ark., 2013). Düşük bakır dozları içeren fungisitlerin *I. fumosorosea* ve *I. farinosa*'nın gelişimi üzerine bariz bir etkisi olmamışken (D'Alessandro ve ark., 2011; Demirci ve ark., 2011; Avery ve ark., 2013), bakır oksidin toksik etkisi *B. bassiana* ve *L. muscarium* için doğrulanmıştır (Kouassi ve ark., 2003; Ali ve ark., 2013). Moleküllerinde metal (Zn, Mn) bulunduran dithiocarbamate fungisitler *B. bassiana* ve *I. farinosa* üzerinde engelleyici etkisi tespit edilmiştir (Todorova ve ark., 1998; Kouassi ve ark., 2003). Düşük dozlarda uygulanan mancozeb ve propineb, *B. bassiana*'nın sporülasyonunu engellemektedir (Celar ve Kos, 2016). Chlorothalonil *B. bassiana* gelişiminde çok az olumsuz bir etki sağlarken, bu fungisit düşük konsantrasyonlarının *I. farinosa* ve *B. bassiana*'nın konidial çimlenmesini ciddi şekilde engellediği tespit edilmiştir (Demirci ve ark., 2011; Celar ve Kos, 2016).

Chlorothalonil aynı zamanda sporulasyon ve gelişmede azalmaya neden olarak *B. bassiana* ve *M. anisopliae*'ye fungusit etkisi göstermiştir (Fiedler ve Sosnowska, 2017). Bu fungusit aynı zamanda *L. muscarium* sporlarının çimlenmesini engellemiştir (Bagga ve ark., 2004). Captan etken maddeli fungusit, miselyal büyümeyi az miktarda engellerken, *B. bassiana*, *I. fumosorosea*, *L. longisporum* konidial çimlenmesini daha fazla miktarda engellemiştir (Shah ve ark., 2009; Dara 2017). Triazole fungusitlerden Tebuconazole entomopatojenik funguslara zararlı etkisi daha çoktur ve *B. bassiana*, *M. anisopliae* ve *L. lecanii* gelişimlerini büyük oranda engellemiştir. Difenaconazole, Tricyclazole ve Myclobutanil ise *L. lecanii* ve *L. muscarium* için toksik olarak bulunmuştur (Demirci ve ark., 2011; Reddy ve ark., 2018). Tebuconazole ise *P. lilacinus* 'de oldukça toksik bulunmuştur (Demirci ve ark., 2011). Strobilurin fungusidi olan Azoxystrobin, *B. bassiana* ve *M. anisopliae*'nin gelişimine ve sporulasyonunda, *I. fumosorosea*'nın ise konidial çoğalmasında oldukça olumsuz etkili olduğu tespit edilmiştir (D'Alessandro ve ark., 2011; Fiedler ve Sosnowska, 2017). Ayrıca *M. majus*'a karşı orta derecede toksisite oluşmasına da neden olmuştur (Sivakumar ve ark., 2019). Son çalışmalara göre, entomopatojenik fungusların fungusitlere karşı hassasiyetinin, sadece sporlar yerine mikroskleroti kullanılarak daha da azaltılabileceğini düşündürmektedir (Wu ve ark., 2020).

Endüstriyel boyalar da entomopatojenik fungusların gelişimini olumsuz açıdan etkileyebilmektedir (Gola ve ark., 2018).

Entomopatojenik funguslar ayrıca toksik maddeleri, bünyelerinde bulunan enzimler sayesinde ortamdaki uzaklaştırmak için de kullanılabilmektedir. Örneğin, *M. robertsii* ve *M. brunneum* türleri nonilfenoller, triazinler, kalay bileşiklerini, sentetik östrojeni, hidrokarbonları ve endüstriyel boyaları parçalayabilme özelliğine sahiptirler. Ayrıca bu fungusların morfolojilerini ve hif gelişimini olumsuz etkileyen ağır metallerle etkileşime girerek bunların ortamdaki uzaklaşmasını sağlamaktadırlar (Litwin ve ark., 2020).

Entomopatojenik fungus kullanımının zararlı yönetiminde başarılı olup olmadığını tespit ederken öncelikle her bir vakayı ayrı ayrı düşünmek gerekmektedir. İnsektisitlerle doğrudan karşılaştırmalar yapmak genellikle uygun olmamaktadır. Gelernter ve Lomer (2000), herhangi bir mikrobiyal kontrol ajanının başarılı olması için öncelikle teknik yeterlilik gerekli olduğunu ve pratik etkinlik (kolay ve ucuz alım), ticari uygulanabilirlik (kârlılık), sürdürülebilirlik (uzun vadeli kontrol) ve/veya kamu yararı (güvenlik) gibi faktörlerin de önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan çalışmalara göre entomopatojenik fungusların, insanlara, çevreye ve hedef olmayan organizmalara karşı olumsuz etkilerinin minimal düzeyde olduğu ve entegre mücadelede

kullanımının insektisitlere göre çok daha güvenilir bir alternatif olduğu tespit edilmiştir (Goettel ve Hajek, 2000; Pell ve ark., 2001; Tozlu ve ark., 2017; Tozlu ve ark., 2018a,b).

3. Mikorizalar

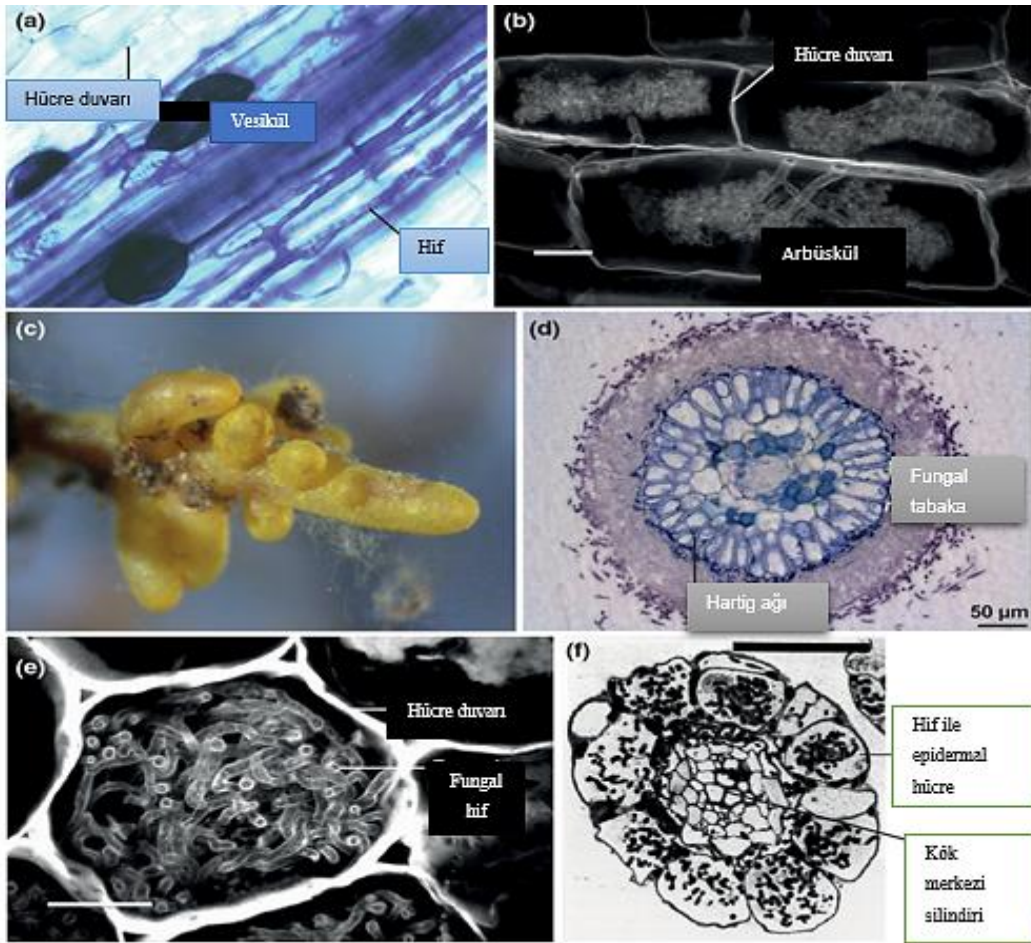
Tarımda fungusların yaygın bir şekilde kullanıldığı bir diğer alan da mikorizalardır. Mikoriza, Yunanca mykes (mantar) ve rhiza (kök) kelimelerinin bir araya gelmesi ile oluşan “Kök mantarı” anlamına gelen bir terimdir. İlk kez A.B. Frank tarafından 1885 yılında mantar-ağaç ilişkisini tanımlamak için kullanmıştır. Fungus ve kökler arasındaki mikorizal ilişkisi, dünyadaki bitkilerin yaklaşık %92’sinde görülmektedir (Isaac, 1992). Mikoriza ekolojik olarak doğal dengenin korunmasını sağladığı için besin döngüsü ve bitkinin hayatta kalması için büyük bir öneme sahiptir (Harley ve Smith, 1983). Bu ilişki ile bitki, mikorizal fungusla karbon; mikorizal fungus da bitkiye su ve besin elementi temin etmektedir (Smith ve Read, 1996).

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de hızlı nüfus artışı sebebiyle insanların ihtiyacı da artmakta bununla beraberde insanlar artan bu ihtiyaçları tedarik etmek için daha fazla ürün yetiştirmeye çalışmaktadır. Bunun sonucunda da kullanılan aşırı sentetik gübre ile toprak ve su kirlenirken, fazla kompoze gübre kullanımı ile de ekolojik denge bozularak, ekosisteme zarar vermektedir. Bu nedenle yetiştirme alanlarının ıslah edilme çalışmalarında toprak ve suyu kirlenmeden ve ekolojik dengeyi bozmadan çalışmak gerekmektedir. Bu da mikoriza gibi doğal yöntemlerden yönelimi sağlamaktadır.

Yapılarına ve işlevlerine göre dört çeşit mikoriza bildirilmiştir. Bunlar arbusküler mikoriza (AM) (endomikoriza), ektomikoriza (EM), orkide mikoriza ve erikoid mikorizalardır (Şekil 5) (van der Heijden ve ark., 2015). Mikorizal funguslar, bitki köklerinin korteksinde, kök yüzeyinde veya kökün epidermal hücrelerinin etrafında yaşamaktadırlar. Bu funguslara ait hifler ayrıca köklerden toprağa doğru gelişir ve burada bitki büyümesini sınırlayan besinler, özellikle nitratlar ve fosfatlar, ancak organik olarak bağlı besinler de bazı mikorizal türler tarafından alınır (Read ve Perez-Moreno, 2003). Bu besinler ve diğer maddeler daha sonra karbonhidratlar almak suretiyle konukçu bitkilere verilir (Smith ve Read, 2008). Sonuç olarak, mikorizal simbiyoz etkisi ile bitkinin gelişim tamamlanmaktadır. Farklı mikorizal türlerle ilişkilendirilen ve üç farklı toprakaltı ağı oluşturan bitki türlerinin oluşturduğu varsayımsal bitki topluluğunun çizimi Şekil 6’da sunulmuştur.

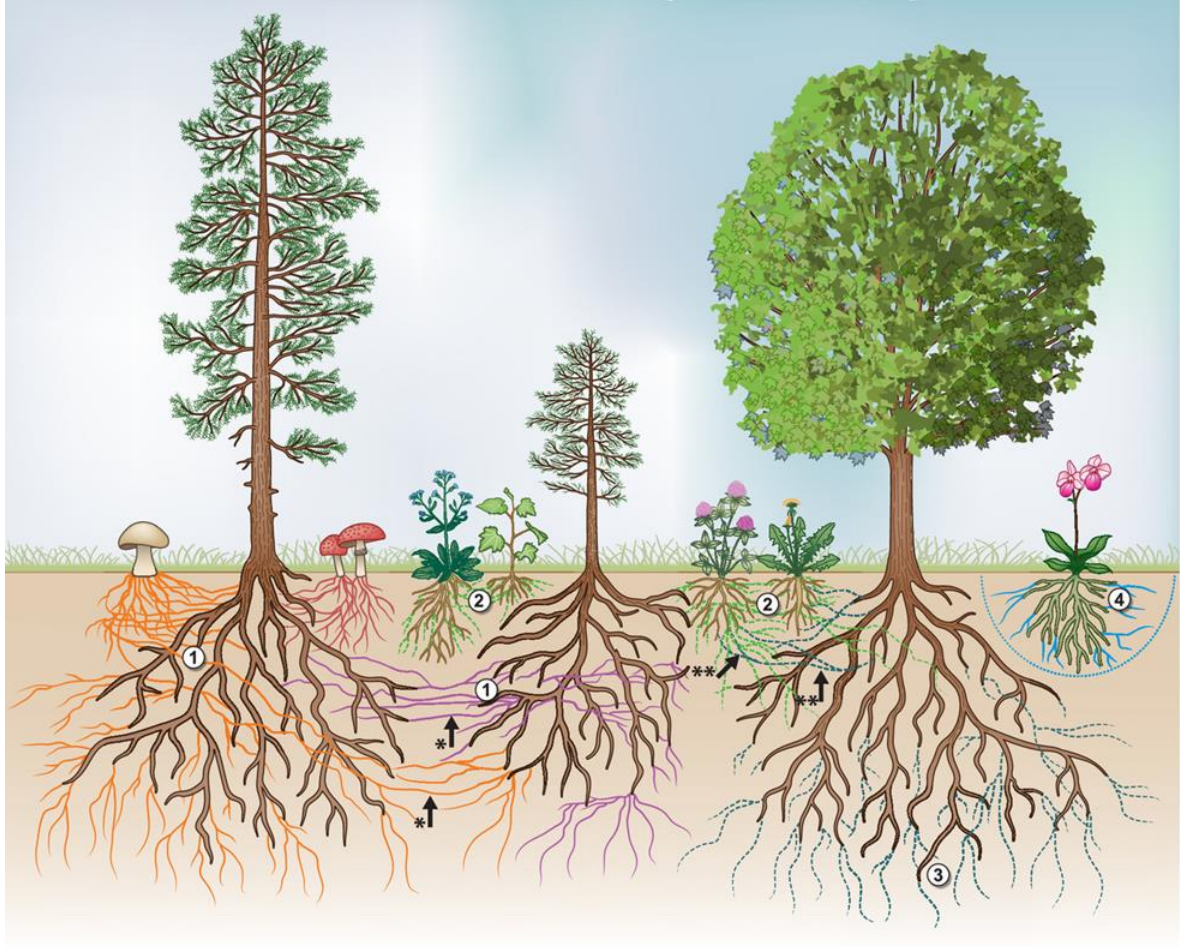
Endomikorizalar daha çok Glomeromycota, ektomikorizalar ise Basidiomycota üyesi funguslarca oluşturulurlar. Günümüzde çok sayıda bitkinin funguslarla simbyotik bir ortaklık oluşturduğu tespit edilmiştir. Mikorizal fungusların, farklı bitki türleri ile etkileşime girerek

bitkilerin yararına gösterdikleri etkileri arasında, bitkilerde direnç sistemini geliştirerek olumsuz çevre koşullarına karşı korumak, bitkinin topraktan alamadığı bitki besin elementlerinin alınımını sağlamak ve bitkinin çeşitli bitki hastalıklarına karşı direncini arttırmak bulunmaktadır. En yaygın kullanılan mikorizal türler; *Glomus fasciculatum*, *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum*, *Glomus versiforme*, *Glomus margarita*, *Glomus coledonium* ve *Trichoderma harzianum*'dur.



Şekil 5. Arbüsküler mikorizanın tipik yapısı (a, b); ektomikorizalar (c, d); orkide mikorizalar (e); erikoid mikorizalar tipik yapıları (f)

(a) van der Heijden ve ark., 2015; (b) Ryan Geil, yayınlayan Peterson ve ark. (2004); (c) Marc Buée, INRA; (d) Maira de Freitas Pereira, INRA; (e) Carla Zelmer , yayınlayan Peterson ve ark. (2004); (f) Paola Bonfante

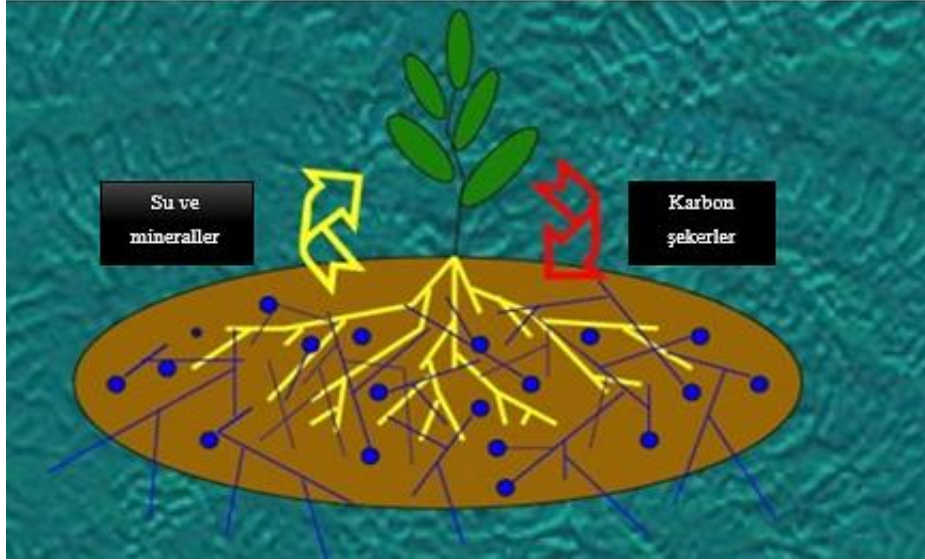


Şekil 6. Farklı mikorizal türlerle ilişkilendirilen ve üç farklı toprakaltı ağı oluşturan bitki türlerinin oluşturduğu varsayımsal bitki topluluğunun çizimi (van der Heijden ve ark., 2015).

En geniş gruba sahip olan endomikorizaların en bilineni Vasiküler Arbusküler Mikoriza (VAM)'dır (Ortaş, 1997). Kök korteksi içerisinde kolonize olan VAM çok miktarda misel üreterek bitki kök yüzey alanını arttırmakla beraber bitkinin kökünden oldukça uzakta bulunan ve bitkinin topraktan alamayacağı formdaki ve miktardaki fosfor, azot, potasyum, demir, çinko, bakır ve molibden gibi besin maddelerini miselleri yoluyla almakta ve bu sayede bu maddelerin bitkinin üst aksamına taşınmasına yardımcı olmaktadır. Bunun dışında bünyelerindeki su tutabilme yeteneği sayesinde bitkinin su stresine girmesine mani olurlar. Bitki de mikorizal fungusa karbon sağlayarak simbiyotik bir hayat döngüsü gerçekleştirmektedirler (Şekil 6) (Marschner ve Dell, 1994; Ortaş, 1997; Al-Karaki, 2000).

Mikorizalar, oluşturdukları misel yapıları ile bitkilerin kök sistemlerine yerleşerek bitki köklerinden salgılanan bazı maddeler ile beslenirken bitkinin de topraktan daha iyi yararlanmasını sağlamaktadırlar. Bu ilişkide mikorizal fungus, gelişimi için bitkiden karbon ve esansiyel organik

maddeler temin ederken; bitkinin de su ile besin elementleri, tuz ve metabolitleri almasına yardımcı olmaktadır. Böylece, bu etkileşimde her iki taraf da yarar sağlamaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Bitki ve funguslar arasındaki besinlerin çift yönlü değişimi (Government of Canada, 2013)

Mikorizal funguslar, bir arada olan bitkiler arasında kaynakların taşınmasına müsaade eden bir hifsel ağ yoluyla bitkileri toprak altına bağlamaktadırlar (Şekil 8).



Şekil 8. Mikorizaların bitkilerin kök sistemlerine yerleşerek oluşturdukları misel yapıları (Çizim Michael Rothman) (The Ground up, 2018)

Arbüsküler Mikorizal Funguslar da (AMF), bitki hastalıklarına karşı önemli bir biyokontrol ajanı olarak kullanılmaktadır (Tahat ve ark., 2010). Bu funguslar, bitki kök sistemi gelişimi ve rizosfer kolonizasyonu için oldukça önemlidirler ve bu özellikleri sayesinde patojenlerine karşı üstün rakipler haline gelmişlerdir (Vos ve ark., 2014). Ayrıca, AMF'ler, bitkiyi patojenden korumak için konukçularında fizyolojik ve anatomik değişiklikler yaparak, kök lignifikasyonunun arttırarak, konukçu hücre duvarının pektin ile kalınlaştırılması gibi mekanizmaları sağlayarak dolaylı olarak da patojeni engelleyebilmektedirler (Malik ve ark., 2016). AMF'lar bitki savunma sistemini etkileyerek bitki-patojen etkileşimlerini de değiştirebilmektedirler. Örneğin, bir AM fungus olan *Glomus fasciculatum*'un lipoksigenazlar (LOX) ve fenilalanin amonyum liyazı (PAL) kodlayan jasmonik asit (JA) yolu savunma genlerinin ekspresyonunda üç kat artışa sebep olurken, fungal patojen olan *Alternaria alternata*'ya karşı da domateste sistemik direnci artırdığı tespit edilmiştir (Nair ve ark., 2014). Bir endofit fungus olan *Piriformospora indica*'nın hidrojen peroksit birikimi ve süperoksit dismutaz ve guaiacol peroksidazın uyarılmasını sağlayarak çeltik kılıf yanıklığına (sheath blight) karşı ISR'yi artırdığı gözlemlenmiştir (Nassimi ve Taheri, 2017). Ektomikorizal funguslardan, *Alicia* sp., *Laccaria fraterna*, *Lycoperdon perlatum*, *Pisolithus albus*, *Russula parazurea*, *Scleroderma citrinum*, *Suillus brevipes* ve *Suillus subluteus* olmak üzere sekiz adet ektomikorizal fungusun; *Alternaria solani*, *Botrytis* sp., *Fusarium oxysporum*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Phytophthora* sp., *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* ve *Subramaniospora vesiculosa* da dahil olmak üzere birçok fungal patojene karşı antagonistik etki gösterdiği bildirilmiştir (Mohan ve ark., 2015). Arbüsküler mikorizal funguslar (AMF); konukçu bitkilerini birçok önemli üründe büyük zarar yapan bitki-paraziti nematod enfeksiyonlarına karşı da bitki toleransını artırarak, besinler ve yaşam alanı için doğrudan rekabet ederek, uyarılmış sistemik dayanıklılık (ISR) mekanizmasını uyararak ve rizosferdeki etkileşimleri bir koruyuculuk sağladıkları bildirilmektedir (Schouteden ve ark., 2015).

Mikorizaların; bitkideki su ve besin maddesi alınımını artırdığı, bitki gelişimini artırdığı, antioksidant enzimlerinin çoğalarak abiyotik ve biyotik faktörlere karşı dayanıklılığını artırdığı bildirilmiştir (Pfeiffer ve Bloss, 1988; Ruiz- Lozano, 2003). Su ve besin maddesi alınımını arttırdığı için de kimyasal gübrelelere olan ihtiyaç da zamanla azalmıştır (Millner, 1991; Ortaş, 1997). Ayrıca mikorizal enfeksiyon, kirletilmiş toprakların bitki bünyesi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltabilmektedir. Mikoriza, bitkiyi hem hastalık ve zararlara karşı hem iyi besin almasını hem korunmasını hem de rizosferde diğer organizmalarla mücadele ederek daha etkin duruma gelmesini sağlamaktadır (Dehne ve Schanbeck, 1979).

Son yıllarda arbüsküler mikoriza funguslarının büyük ölçekli üretimi için yeni yöntemler geliştirilmiş olmakla birlikte (Ijdo ve ark., 2011) bu tarz funguslarla tohum kaplama teknolojisi ivme kazanmıştır (Vosátka ve ark., 2012). Birçok çalışmada laboratuvar koşullarında üretilen arbüsküler mikoriza funguslarının bitkilerde önemli verim artışları sağlandığı görülmüştür. Ceballos ve ark. (2013), bitki köklerine uygulanan arbüsküler mikorizalardan *Rhizophagus irregularis*'in manyok bitkisinde (*Manihot esculenta* Crantz), inorganik fosfat alımını artırdığı, bitki gelişim parametrelerinde ve verimde önemli artışlara sebep olduğunu belirtmişlerdir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Son yıllarda çok daha iyi anlaşılmıştır ki, tarım, dünya için olduğu kadar ülkemiz için de asla ihmal edilmemesi gereken stratejik bir sektördür. Bitkisel üretimde bir asra yakın süredir devam eden yoğun kimyasal kullanımının, sağlık ve çevre üzerine verdiği zararının artık çok büyük boyutlara geldiği aşikârdır. Bu kimyasallar ile sağlık, çevre ve gıda güvenliğini bir kenara bırakarak sadece verim odaklı yapılan tarım sistemlerinin asla sürdürülebilir bir tarafı kalmamıştır. Toprak, hava ve su kirlenmiş bu kirliliğin insan sağlığı ve çevreye verdiği zararların minimize edilmesi için ülkelerin ayırdığı bütçeler trilyon dolarlarla ifade edilmektedir.

Gelişmiş ülkelerde gıda güvenliği öncelikli konular haline gelmiş ve tarımsal üretimde kullanılan kimyasallara alternatif çözümler üzerine yoğun çabalar gösterilmektedir. Bu alternatif yöntemler içerisinde gerek bitki besleme gerekse de bitki koruma açısından biyolojik ve organik çözümler öncelikli konular haline gelmiştir. Bu alternatifler arasında biyolojik mücadele, mikrobiyal gübre, organik gübre, solucan gübresi ve yerel tohum konusunda toplumda ciddi bir farkındalık oluşmuştur. Tarımda kullanılan kimyasalların asla alternatifsiz olmadıkları yapılan bitki koruma ve bitki besleme ile ilgili çalışmalarda görülmektedir.

İnsanları açlık ile korkutarak, verim düşüklüğü ile tehdit ederek yıllardır yürütülen yanlışlıkların içerisinde tutma çabaları, dün olduğu gibi bugün de yarın da devam edecektir. Ancak bunun böyle olmadığı, yoğun tarım yapılan alanlarda bile ilk tedbir olarak kimyasallarda ciddi bir azaltmaya gitmek suretiyle devreye biyolojik ve organik çözümleri sokarak yıllar içerisinde topraklarımızda verim düşüklüğü yaşanan yerlerde sürdürülebilir bir üretim yapmanın hiç de zor olmadığı görülecektir. Toprağın canlı bir sistem olduğu ve bu canlı sistem içerisinde mikroorganizmaların muhteşem görevleri olduğu asla unutulmamalıdır. Bitkisel üretimde koruyucu önlemlerin çok önemli olduğu ve kültürel önlemler asla göz ardı edilmemelidir. Bitki besleme ve bitki korumanın birbirleri ile çok fazla ilişki olduğu bilinmelidir. Toprak, su ve hava ne kadar

sağlıklı ise yetiştirdiğimiz bitkiler de o kadar sağlıklı ve olumsuz koşullara o kadar dayanıklı olacaktır.

Sonuç olarak; tarımda kullanılan biyolojik kökenli ürünler içerisinde mikroorganizma kullanımı, gerek bitki koruma gerekse de bitki besleme açısından her geçen gün önemi çok daha iyi anlaşılan bir konudur. Bakterilerin ve fungusların mikrobiyal gübre veya biyopestisit olarak tarımda kullanımına yönelik örnekleri artarak devam etmektedir. Dünyada ticari ürüne dönüşen pek çok mikrobiyal gübre ve biyopestisit bulunmaktadır. Ülkemizde de bu yöndeki çabalar azımsanmayacak kadar büyüktür. Özellikle son yıllarda yerli mikroorganizmalardan geliştirilen çok sayıda mikrobiyal gübre tescillendirilerek tarımda kullanıma sunulmuştur. Biyolojik mücadele konusunda da çok başarılı çalışmalar yapılmış ve bu konuda çalışan araştırmacıların mikroorganizma kültür koleksiyonlarında çok etkili biyopestisit olabilecek bakteri yada fungus kültürlerinin muhafaza edildiği bilinmektedir. Kotan (2020) uzun yıllardır yürütmüş olduğu çalışmalarında 13 farklı bitki zararlısı, 9 farklı bitki fungal hastalığı ve 8 farklı bitki bakteri hastalığı patojenine karşı %70 ile %100 arasında değişen etkinliğe sahip çok sayıda yerli bakteri ya da fungal izolatın elde edildiğini ve bu kültürlerin gen bankasına girilerek muhafaza altına alındığını belirtmiştir. Ülkemizde bitki koruma ürünü ruhsatlandırılma aşamasında bazı konularda tıkanmalar görülmüş olsa da ileride bu konuların da çözüleceği ümidi taşınmaktadır. Entomopatojen fungusların ve mikorizaların tarımda kimyasallara karşı gerek bitki koruma gerekse de bitki beslemede başarılı bir şekilde kullanılabileceği özellikle vurgulanmak istenmektedir. Bu konuda yapılan çalışmaların biraz daha ileriye götürülmesi noktasında, taşıyıcı formülasyon çalışmalarına ağırlık verilmesi ve yönetmeliklerin bilimsel çalışmalara göre güncellenmesi ülkemiz tarımı açısından çok faydalı olacaktır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Agrios, G. N. (2005). Plant pathology. Academic Press.
- Alamy, (2012). <https://www.alamy.com/stock-photo-development-of-entomopathogenic-fungus-verticillium-lecanii-on-aphid-49319046.html> (Erişim tarihi: 19.01.2021)
- Al-Karaki, G. N. (2000). Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*, 10: 51-54.

- Ali S., Huang Z., ve Ren S. (2013). Effect of fungicides on growth, germination and cuticle-degrading enzyme production by *Lecanicillium muscarium*. *Biocontrol Science and Technology*, 23: 711–723.
- Amutha, M., Gulsar Banu, J., Surulivelu, T., ve Gopalakrishnan, N. (2010). Effect of commonly used insecticides on the growth of white Muscardine fungus, *Beauveria bassiana* under laboratory conditions. *Journal of Biopesticides*, 3:143–146.
- Anonim, (2015). Bitki Koruma Ürünleri ve Pestisit Kalıntıları. TC. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ezgi Ofset, ISBN: 978-605-9175-16-6.
- Asi, M. R., Bashir, M. H., Afzal, M. vd. (2010). Compatibility of entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* with selective insecticides. *Pakistan Journal of Botany*, 42: 4207–4214.
- Audoin, V. (1837). Nouvelles expériences sur la nature de la maladie contagieuse qui attaque les vers à soie et qu'on désigne sous le nom de Muscardine. *Ann. Sci. Nat.*, 8, 257-270.
- Ayyıldız, N., Emekci, M., ve Ferizli, A. G. (2018). Türkiye’de pestisitlerin ruhsatlandırılmasının tarihsel değişimi ve gelişimi üzerine değerlendirmeler. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 8(1-2): 35-50.
- Avery, P. B., Pick, D. A., Aristizábal, L. F., vd. (2013). Compatibility of *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae) blastospores with agricultural chemicals used for management of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Insects*, 4: 694–711.
- Bagga, S., Hu, G., Screen, S. E, ve Leger, R. J. S. (2004). Reconstructing the diversification of subtilisins in the pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Gene*, 324: 159–169.
- Barra-Bucarei, L., Iglesias, A. F., ve Torres, C. P. (2019). Entomopathogenic Fungi. In *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems* (pp. 123-136). Springer, Cham.
- Boruta, T. (2018). Uncovering the repertoire of fungal secondary metabolites: From Fleming’s laboratory to the International Space Station. *Bioengineered*, 9 (1): 12–16.
- Brakhage, A. A. (2013). Regulation of fungal secondary metabolism. *Nature Reviews Microbiology*, 11 (1): 21-32.
- Butt, T. M., Jackson, C., ve Magan, N. (2001). *Fungi as Biocontrol Agents, Progress, Problems and Potential*, CABI Publishing, CAB International.
- Cantürk, Z. (2015). *Aspergillus* ve *Penicillium* cinslerine ait sekonder metabolitler ve sınıflandırılması. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR*, 13 (2): 1-8.
- Castro, T., Mayerhofer, J., Enkerli, J., Eilenberg, J., Meyling, N. V., de Andrade Moral, R., ... ve Delalibera Jr, I. (2016). Persistence of Brazilian isolates of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *M. robertsii* in strawberry crop soil after soil drench application. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 233, 361-369.
- Ceballos, I., Ruiz, M., Fernandez, C., Pena, R., Rodriguez, A., ve Sanders, I. R. (2013). The in vitro mass produced model mycorrhizal fungus, *Rhizophagus irregularis*, significantly increases yields of the globally important food security crop Cassava. *PLoS ONE*, 8: e70633.
- Celar, F. A, ve Kos, K. (2016). Effects of selected herbicides and fungicides on growth, sporulation and conidial germination of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Pest Management Science*, 72:2110–2117.
- Dağ, S. (2000). Türkiye’de Tarım İlaçları Endüstrisi ve Geleceği, V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi Bildirileri 2. Cilt, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara, s. 933-958, 17-21 Ocak 2000. 5.
- D’Alessandro, C. P., Padin, S., Urrutia, M. I., ve López Lastra, C. C. (2011). Interaction of fungicides with the entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea*. *Biocontrol Science and Technology*, 21: 189–197.
- Dara, S. K. (2017). Entomopathogenic microorganisms: modes of action and role in IPM. *Agriculture and Natural Blogs*, University of California, 7p.
- Davis, J. R., Brownson, R. C., Garcia, R., Bentz, B. J., ve Turner, A. (1993). Family pesticide use and childhood brain cancer. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 24 (1): 87-92.
- Dehne, H. W., ve Schanbeck, F. (1979). Untersuchungen zum Einfluss der Endotrophen Mykorrhiza auf Pflanzenkrankheiten. II. Phenolstoffwechsel und Lignifizierung, *Phytopathology*, 95, 214-216.

- Delen N., Durmuşoğlu E., Güncan A., Güngör N., Turgut C., ve Burçak A. (2005). Türkiye’de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Organizmalarda Duyarlılık Azalışı Sorunları, VI. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi.
- Delen, N., Tiryaki, O., Türkseven, S., ve Temur, C. (2015). Türkiye’de pestisit kullanımı kalıntı ve dayanıklılık sorunları, çözüm önerileri ss, 758-778. Türkiye Ziraat Müh. VIII. Teknik Kongresi, 12-16 Ocak 2015, Türkiye.
- Demirci, F., Muştı, M., Kaydan, M. B., ve Ülgentürk, S. (2011). Effects of some fungicides on *Isariafarinosa*, and in vitro growth and infection rate on *Planococcus citri*. *Phytoparasitica*, 39: 353–360.
- Doğan, Z., Arslan, S., ve Berkman, A. N. (2015). Türkiye’de Tarım Sektörünün İktisadi Gelişimi ve Sorunları. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 29-41. ISSN: 2148-5801.
- E-Journal of Entomology and Biologicals (2017).
<https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=24119>. (Erişim tarihi: 19.01.2021)
- Fiedler, Z., ve Sosnowska, D. (2017). Side effects of fungicides and insecticides on entomopathogenic fungi in vitro. *Journal of Plant Protection Research*, 57: 355–360.
- Forestry images, (2018). <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5368217>. (Erişim tarihi: 19.01.2021)
- Forlani, L., Juárez, M. P., Lavarías, S., ve Pedrini, N. (2014). Toxicological and biochemical response of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* after exposure to deltamethrin. *Pest Management Science*, 70: 751–756.
- Gelernter, W. D., ve Lomer, C. J. (2000). Success in biological control of above-ground insects by pathogens. In: Gurr G, Wratten S (eds) *Biological control: measures of success*. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, pp 297–322.
- Ghorbanpour, M., Omidvari, M., Abbaszadeh-Dahaji, P., Omidvar, R., ve Kariman, K. (2017). Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases. *Biological Control*, 117: 147-157.
- Goettel, M. S., ve Hajek, A. E. (2000). Evaluation of non-target effects of pathogens used for management of arthropods. In: Wajnberg E, Scott JK, Quimby PC (eds) *Evaluating indirect ecological effects of biological control*. CABI Publishing, Wallingford, pp 81–97.
- Gola, D., Malik, A., Namburath, M., ve Ahammad, S. Z. (2018). Removal of industrial dyes and heavy metals by *Beauveria bassiana*: FTIR, SEM, TEM and AFM investigations with Pb(II). *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 20486–20496.
- Government of Canada, (2013). Arbuscular Mycorrhizal Fungi and their Symbiosis with Plants. Erişim adresi: <https://www.agr.gc.ca/eng/scientific-collaboration-and-research-in-agriculture/agriculture-and-agri-food-research-centres-and-collections/glomeromycota-in-vitro-collection-ginco/arbuscular-mycorrhizal-fungi-and-their-symbiosis-with-plants/?id=1236712919454>.
- Harley, J. L., Smith, S. E. (1983) *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, New York.
- Hirose, E., Neves, P. M. O. J., Zequi, J. A. C. vd. (2001). Effect of biofertilizers and neem oil on the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (bals.) vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) sorok. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 44: 419–423.
- Huang, W. L., He, Y. F., Xiao, J. F., Huang, Y. N., Li, A., He, M. R., ve Wu, K. S. (2019). Risk of breast cancer and adipose tissue concentrations of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides: a hospital-based case-control study in Chinese women. *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (31): 32128-32136.
- Ijdo, M., Cranenbrouck, S., ve Declerck, S. (2011). Methods for large-scale production of AM fungi: past, present, and future. *Mycorrhiza*, 21: 1–16.
- Isaac, S. (1992). *Fungal Plant Interactions*. Chapman and Hall, London, UK, p.418.
- Jaihan, P., Sangdee, K., ve Sangdee, A. (2016). Selection of entomopathogenic fungus for biological control of chili anthracnose disease caused by *Colletotrichum* spp. *European Journal of Plant Pathology*, 146: 551–564.

Jungle Dragon, (2019).

https://www.jungledragon.com/image/69157/dead_razor_grinder_cicada_with_a_fungus_growing_on_it.htm
1. (Erişim tarihi: 19.01.2021)

Kafaei, R., Arfaeina, H., Savari, A., Mahmoodi, M., Rezaei, M., Rayani, M., Sorial, G.A., Fattahi, N., ve Ramavandi, B. (2019). Organochlorine pesticides contamination in agricultural soils of southern Iran. *Chemosphere*, 240, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.124983.

Khan, S., Guo, L., Maimaiti, Y., vd. (2012). Entomopathogenic fungi as microbial biocontrol agent. *Molecular Plant Breeding*, 3(7).

Kotan, R. (2020). Tarımda Biyolojik Çözümler. Harman Yayıncılık, İstanbul, ISBN: 978-605-68060-4-9. Haziran 2020. Sayfa: 158.

Kouassi, M., Coderre, D., ve Todorova, S. I. (2003). Effects of the timing of applications on the incompatibility of three fungicides and one isolate of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina). *Journal of Applied Entomology*, 127: 421–426.

Krassiltschik, J. (1888). La production industrielle des parasites ve'ge'taux pour la destruction des insectes nuisibles. *Bulletin Biologique de la France et de la Belgique* 19: 461–472.

Labroots, (2017). <https://www.labroots.com/trending/microbiology/5707/insects-beware-fungi-mean-business>. (Erişim tarihi: 19.01.2021).

LeConte, J. L. (1874). Hints for the promotion of economic entomology. *Proceedings of the American Association for the Advancement of Science*, 22, 10-22.

Litwin, A., Nowak, M., ve Róžalska, S. (2020). Entomopathogenic fungi: unconventional applications. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 1-20.

Lovett, B., ve Leger, R. J. S. (2017). The insect pathogens. *Microbiology Spectrum*, 5: 1–19.

Maina, U. M., Galadima, I. B., Gambo, F. M., ve Zakaria, D. (2018). A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6 (1), 27-32.

Malik, R. J., Dixon, M. H., ve Bever, J. D. (2016). Mycorrhizal composition can predict foliar pathogen colonization in soybean. *Biological control*, 103: 46–53.

Marschner, H., ve Dell, B. (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil*, 159: 89-102.

Millner, P. D. (1991). Charectarization and use of Vesicular Arbuscular Mycorrhizae in Agricultural Production Systems. *The Rhizosphere and Plant Growth* (Editors: Keister, D.L. and Cregan P.B.). *Kluwer Academic Publishers*, Netherlands, 335-342.

Mohan, V., Nivea, R., ve Menon, S. (2015). Evaluation of ectomycorrhizal fungi as potential bio-control agents against selected plant pathogenic fungi, *Journal of Artificial Intelligence Research*, 3: 408–412.

Moore, D., Douro-Kpindou, O. K., Jenkins, N. E., ve Lomer, C. J. (1996). Effects of moisture content and temperature on storage of *Metarhizium flavoviride* conidia. *Biocontrol Science and Technology*, 6, 51–62.

Nair, A., Kolet, S. P., Thulasiram, H. V., ve Bhargava, S. (2014). Systemic jasmonic acid modulation in mycorrhizal tomato plants and its role in induced resistance against *Alternaria alternata*. *Plant Biology*, 17 (3): 625–663.

Nassimi, Z., ve Taheri, P. (2017). Endophytic fungus *Piriformospora indica* induced systemic resistance against rice sheath blight via affecting hydrogen peroxide and antioxidants. *Biocontrol Science and Technology*, 27: 1–16.

Neves, P. M. O. J., Hirose, E., Tchujo, P. T., ve Moino, A. (2001). Compatibility of entomopathogenic fungi with neonicotinoid insecticides. *Neotropical Entomology*, 30: 263–268.

Ortaş, İ. (1997). Mikoriza nedir? TÜBİTAK Dergisi Şubat 1997 sayı: 351 Ankara.

Pasteur, L. (1874). Observations (au sujet des conclusions de M. Dumas) relatives au phylloxera C. R. Hebd. *Seances Acad. Sci.*, 79, 1233-1234.

Pell, J. K., Eilenberg, J., Hajek, A. E., ve Steinkraus, D. C. (2001). Biology, ecology and pest management potential of Entomophthorales. In: Butt TM, Jackson C, Magan N (eds) *Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential*. CAB International, Wallingford, pp 71–153.

Peterson, R. L., Massicotte, H. B., ve Melville, L. H. (2004). *Mycorrhizas: anatomy and cell biology*. Ottawa, ON, Canada: NRC Research Press.

- Pfeiffer, C. M., ve Bloss, H. E. (1988). Growth and nutrition of guayule (*Parthenium argentatum*) in saline soil as influenced by vesicular-arbuscular mycorrhiza and phosphorus fertilization. *New Phytologist*, 108, 315-321.
- Read, D. J., ve Perez-Moreno, J. (2003). Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems – a journey towards relevance? *New Phytologist*, 157: 475–492.
- Reddy, D. S., Reddy, M., ve Pushpalatha, M. (2018). Interaction of fungicides with bio-control agents. *Journal of Entomology and Zoology*, 3: 2098–2104.
- Ríos-Moreno, A., Garrido-Jurado, I., Resquín-Romero, G., vd. (2016). Destruxin A production by *Metarhizium brunneum* strains during transient endophytic colonisation of *Solanum tuberosum*. *Biocontrol Science and Technology*, 26: 1574–1585.
- Ruiz Lazano, J. M. (2003). Antioxidant activities in mycorrhizal soybean plants under drought stress. *New Phytologist*, 157(1): 135-143.
- Schouteden, N., De Waele, D., Panis, B., ve Vos, C. M. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi for the biocontrol of plant-parasitic nematodes: a review of the mechanisms involved. *Frontiers in Microbiology*, 6: 1280.
- Shah, F. A., Ansari, M. A., Watkins, J., vd. (2009). Influence of commercial fungicides on the germination, growth and virulence of four species of entomopathogenic fungi. *Biocontrol Science and Technology*, 19: 743–753.
- Shim, Y. K., Mlynarek, S. P., ve van Wijngaarden, E. (2009). Parental Exposure to Pesticides and Childhood brain cancer: US Atlantic Coast Childhood Brain Cancer Study. *Environmental Health Perspectives*, 117 (6): 1002-1006.
- Sivakumar, T., Jiji, T., ve Naseema, A. (2019). Effect of pesticides used in banana agro-system on entomopathogenic fungus, *Metarhizium majus* Bisch, Rehner and Humber. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1-9.
- Smith, S. E., ve Read, D. J. (1996). Mycorrhizal symbiosis, Academic press, p. 1-611.
- Smith, S. E., ve Read D. J. (2008). Mycorrhizal symbiosis (3rd edn). Elsevier-Academic Press, London,UK, pp. 787.
- Subbanna, A. R. N. S., Stanley, J., Venkateswarlu, V., vd. (2019). Toxicological prospects on joint action of microbial insecticides and chemical pesticides. In: Khan MA, Ahmad W (eds) Microbes for sustainable insect pest management. Springer, Cham, pp 317–340.
- Szewczyk, R., Kuśmierska, A., ve Bernat, P. (2018). Ametryn removal by *Metarhizium brunneum*: biodegradation pathway proposal and metabolic background revealed. *Chemosphere*, 190: 174–183.
- Tahat, M., Kamaruzaman, S., ve Othman, R. (2010). Mycorrhizal fungi as a biocontrol agent. *Plant Pathology Journal*, 9: 198–207.
- The Ground up (2018). Mycorrhizal Fungi. Erişim adresi: <https://thegroundup.com/blog/tag/Mycorrhizal+Fungi>. (Erişim tarihi: 19.01.2021)
- Tiryaki, O., Canhilal, R., ve Horuz, S. (2010). Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26 (2): 154-169.
- Tiryaki, O. (2016). Türkiye’de yapılan pestisit kalıntı analiz ve çalışmalar. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 32 (1): 72-82.
- Tkaczuk, C., Harasimiuk, M., Król, A., ve Beres, P. K. (2015). The effect of selected pesticides on the growth of entomopathogenic fungi *Hirsutella nodulosa* and *Beauveria bassiana*. *Journal of Ecological Engineering*, 16: 177–183.
- Todorova, S. I., Coderre, D., Duchesne, R. M., ve Côté, J. C. (1998). Compatibility of *Beauveria bassiana* with selected fungicides and herbicides. *Environmental Entomology*, 27: 427–433.
- Tozlu, E., Kotan, R. ve Tozlu, G. (2017). The investigation of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) as a biocontrol agent of rose-stem sawfly, *Syricta parreyssii* (Spinola, 1843) (Hymenoptera: Symphyta; Cephidae) larvae. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (12): 7091-7100.
- Tozlu, E., Tekiner, N., Tozlu, G., Kotan, R., Çalmaşur, Ö., Göktürk, T. , et al. (2018a). *Icerya purchasi* Maskell, 1878 (Hemiptera: Margarodidae)’nin Entomopatojen Fungus ve Bakterilerle Biyolojik Mücadelesinin Araştırılması. Türkiye III. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu, Artvin, Türkiye, 10-12 Mayıs 2018, ss.43-43.

- Tozlu, E., Tekiner, N. ve Kotan R. (2018b). Screening of *Trichoderma harzianum* Rifai (1969) isolates of domestic plant origin against different fungal plant pathogens for use as biopesticide. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (6): 4232-4238.
- Tuli, H. S., Sandhu, S. S. ve Sharma, A. K. (2014). Pharmacological and therapeutic potential of Cordyceps with special reference to Cordycepin. 3 *Biotech*, 4, 1–12.
- TÜİK, (2019). Türkiye’de Pestisit Kullanım Miktarları. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 17.04.2019).
- Uygun, N. (2002). Zararlılara karşı biyolojik mücadelede gelişmeler, s. 23-31. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi, Eylül 4-7, 2002, Erzurum.
- Valero-Jiménez, C. A., Wiegers, H., Zwaan, B. J., Koenraadt, C. J. M., ve van Kanc., J. A. L. (2016). Genes involved in virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 133: 41-49.
- van der Heijden, M.G., Martin, F.M., Selosse, M.A., ve Sanders, I.R. (2015). Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. *New phytologist*, 205 (4), 1406-1423.
- Vega, F. E., Goettel, M. S., Blackwell, M., Chandler, D., Jackson, M. A., Keller, S., ... ve Roy, H. E. (2009). Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. *Fungal ecology*, 2(4), 149-159.
- Vos, C. M., Yang, Y., De Coninck, B., ve Cammue, B. P. A. (2014). Fungal (-like) biocontrol organisms in tomato disease control. *Biological control*, 74: 65–81.
- Vosátka, M., Látr, A., Gianinazzi, S., ve Albrechtová, J. (2012). Development of arbuscular mycorrhizal biotechnology and industry: current achievements and bottlenecks. *Symbiosis*, 58: 29–37.
- Wikipedia, (2021a). https://en.wikipedia.org/wiki/Entomopathogenic_fungus. (Erişim tarihi: 19.01.2021)
- Wikipedia, (2021b). https://en.wikipedia.org/wiki/Metarhizium_anisopliae. (Erişim tarihi: 19.01.2021)
- Wu, S., Kostromytska, O. S., Goble, T., vd. (2020). Compatibility of a microsclerotial granular formulation of the entomopathogenic fungus *Metarhizium brunneum* with fungicides. *Biocontrol*, 9: 113–123.
- Xiao, G., Ying, S. H., Zheng, P., Wang, Z. L., Zhang, S., Xie, X. Q., Shang, Y., St Leger, R. J., Zhao, G. P., Wang, C., vd. (2012). Genomic perspectives on the evolution of fungal entomopathogenicity in *Beauveria bassiana*. *Scientific Reports*, 2, 483.
- Zheng, P., Xia, Y. L., Xiao, G. H., Xiong, C. H., Hu, X., Zhang, S. W., Zheng, H. J., Huang, Y., Zhou, Y., Wang, S. Y., vd. (2011). Genome sequence of the insect pathogenic fungus *Cordyceps militaris*, a valued traditional chinese medicine. *Genome Biology*, 12.

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 192-220, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Araştırma Makalesi / Research Article**Doi: [10.47898/ijeased.817062](https://doi.org/10.47898/ijeased.817062)

A Decision Support System For An Assignment and Rebalancing Problem in The Absence Of Staff

Abdurrahim BULUT^{1*}, Safak KIRIS²¹ Nursen Cable Equipment, Kutahya, Tavsanlı, 43300, Turkey.² Dumlupınar University, Graduate School of Science, Industrial Engineering, Kutahya, 43000, Turkey.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : abulut@nursankd.com  https://orcid.org/0000-0003-0737-9394 , A. Bulut  https://orcid.org/0000-0002-7041-4722 , S. Kiris	Geliş Tarihi / Received Date : 27.10.2020 Revizyon Tarihi / Revision Date : 11.01.2021 Kabul Tarihi / Accepted Date : 20.02.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite : Bulut, A., Kiris, S. (2021). A Decision Support System For An Assignment and Rebalancing Problem in The Absence Of Staff, International Journal of Eastern Anatolia Science Engineering and Design, 3(1), 192-220.	

Abstract

In today's intense competition environment, enterprises must use their production resources effectively in order to sustain their assets. The importance of this issue is increasing day by day. For this reason, enterprises are working to manage their resources in the best way with various methods. One of the most important sources for businesses is labor. It is necessary to make effective use of human factor in labor intensive enterprises. In addition, absence in the business is very common. In this study, a mathematical model was firstly proposed in order to assign the appropriate personnel instead of daily absentee staff in an automotive supplier industry and to distribute the work if necessary; afterwards, in order to answer the needs of the enterprise, the Decision Support System (DSS) has been designed. In the event that the personnel does not come to work in the operation with the proposed DSS, the most authorized personnel is assigned to the relevant work stations and the work is shared to the other stations where necessary. Therefore, with a systematic process management, sustaining of standard production and minimizing the losses which may occur are aimed.

Key Words: Assignment problem, Decision support system, Absence of staff.

Personel Devamsızlığında Atama ve Dengeleme Problemi için Karar Destek Sistemi

Özet

Günümüzün yoğun rekabet ortamı içerisinde işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri için üretim kaynaklarını etkin bir şekilde kullanmaları gerekmektedir. Gün geçtikçe bu konunun önemi daha da artmaktadır. Bu nedenle işletmeler, çeşitli yaklaşımlar ile kaynaklarını en iyi şekilde yönetebilmek adına çalışmalar yapmaktadırlar. İşletmeler için en önemli kaynaklardan birisi iş gücüdür. Emek yoğun çalışan işletmelerde insan faktöründen etkin olarak faydalanmak gerekmektedir. Bunun yanında işletmelerde işe gelmeme durumuyla da çok sık karşılaşmaktadır. İşe gelmeyen personelin yerine çalışacak personelin atanması, özellikle küçük ve orta büyüklükteki işletmelerde, işletme yöneticilerinin kişisel görüşlerine göre yapılmakta olup, genellikle istenilen hedeflere ulaşılamamakta ve görünmeyen kayıplar oluşmaktadır. Bu çalışmada bir otomotiv yan sanayi işletmesinde günlük devamsızlık yapan personelin yerine uygun personelin atanması ve gerekli işlerin dağıtılması için öncelikle bir matematiksel model önerilmiş, ardından işletme ihtiyaçlarına daha rahat cevap verebilmesi amacıyla bir Karar Destek Sistemi (KDS) tasarlanmıştır. Önerilen KDS ile işletmede personelin işe gelmemesi durumunda ilgili çalışma istasyonlarına, mevcut ekip içerisinde en yetkin personel atanmakta ve gerekli durumlarda da işler diğer istasyonlara paylaştırılmaktadır. Böylece sistematik bir süreç yönetimi ile oluşabilecek kayıpların en küçüklenmesi ve standart üretimin devam etmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Atama problemi, Karar destek sistemi, Personel devamsızlığı.

1.Introduction

Today's rapidly increasing customer demands, limited resources and constantly increasing costs have necessitated firms to use their existing resources effectively and increase their efforts to minimize their costs.

At a firm that has a labor-intensive operation, the role of the human factor is undeniably large. This is why managers of firms should focus on efforts in terms of effective usage of their labor resources. In addition to this, another problem that is frequently encountered at labor-intensive firms is absence. Firms need to take the necessary precautions for such problems, too.

At installation lines that are designed to achieve large volumes of production, in the case of the absence of personnel that are assigned to workstations, the problem of replacing them with appropriate employment arises. To overcome this problem with the lowest degree of loss, firms need to find suitable solution recommendations. Here, the objective is to use the station capacity that is established for the purpose of operating an efficient installation line in the best way. The most significant problem that is encountered in the process of personnel assignment at firms for the case of absences is the absence of a systematic decision-making process for the problem of

assigning new personnel to replace the absent to the relevant station. In the place of personnel that are absent, assigning personnel with the capacity to be able to work at that station would be appropriate.

Firms may achieve a solution by training personnel with such capacity and creating a separate team within themselves. These capable personnel, known as joker staff, are responsible for conducting operations at the station that are assigned to with the minimum loss of productivity. In cases of lacking sufficient substitute employees, the problem is aimed to be solved by distributing operations to the most suitable stations among others.

While the literature review revealed a limited number of studies on this topic, as the problems are unique to firms, it is believed that this study will contribute to the literature. This study firstly developed a mathematical model for assignment in the place of absent personnel per day. This model allows assignment of suitable personnel from the team of substitute personnel if there are sufficient substitute employees, and in the case that there are not sufficient substitute employees, assignment of the existing ones from the team and distribution of the remaining work load to other, suitable stations.

This proposed model was implemented by using the data of a firm operational in the automotive sector. The model was solved by using the Lingo 11.0 software.

The fact that solving a mathematical problem takes time and is not very suitable for daily usage requires a more practical solution for the firm. For this reason, a Decision Support System (DSS) was developed for the problem of assignment and rebalancing in cases of personnel absence. This system consists of interfaces that provide firm managers with ease of usage and information messages. The proposed DSS is a system that can systematically make decisions, provides the user with ease and is suitable for dynamic usage conditions. This way, against a problem, the firm will be able to find the most suitable solution for its goals in a fast and trouble-free manner.

In recent years, rapidly developing technology and constantly changing market conditions have led to the emergence of an intense competition environment. In the market conditions that have formed, in order to survive, sustain competition and increase revenues, firms need to reduce costs in their manufacturing systems and use their limited resources in the best way. This situation has increased the significance and number of studies that are carried out in the field of resource planning. When studies in the literature on personnel assignment are analyzed, several studies are

observed to have used mathematical programming approaches such as integer programming, linear programming, dynamic programming and goal programming.

The topics covered in sections are as follows: In the second part, a literature research about assignment is included. In the third part, a mathematical model is created for the problem and a solution is proposed by using the data of the personnel group in a production line of the enterprise. In the fourth section, the proposed DSS is given under three headings and then an application on the system is evaluated. In the last section, results and recommendations are presented.

2. Literature Review

In recent years, rapidly developing technology and constantly changing market conditions have caused an intense competitive environment. It is necessary to reduce costs in production systems and to use limited resources in the best way in order to survive in the emerging market conditions, to sustain competition and to increase profits. This situation has increased the importance and number of studies conducted in the field of resource planning.

When the literature on staff assignment is examined, it can be seen that many studies encounter mathematical programming approaches such as integer programming, programming, programming and goal programming, programming and goal programming.

In the literature review; the summaries of some recent studies on the assignment problem are given in Table 1.

Table 1. Literature review on assignment problems

Year	Writer	Summary of the Study
2006	Gomes da Silva et al.	Tried to establish a decision support system for mass production planning. They used mixed integer linear programming on the basis of this decision support system.
2007	Aktaş et al.	Proposed a decision support system to improve resource allocation efficiency in health services consisting of four steps. They have listed the steps of this system as follows. In the first step, they identified the main factors affecting system efficiency. In the second step, BBN (Bayesian Belief Networ) method is applied for conditional variables and imprecise variables. In the third step, sensitivity analysis was performed to determine the most critical variables affecting the system. In the fourth step, strategies are proposed to improve system efficiency.
2008	Çetinyokuş et al.	Presented a decision support system for determining the factors to be used in the performance evaluation process, which is the most important problem encountered in the performance evaluation process in enterprises, and evaluating the performance of employees objectively based on these factors.

2008	Dolgui et al.	Proposed a mixed integer model under certain constraints. These constraints; Minimizing the required number of workers used at the same time, not exceeding the determined assembly line cycle time and determining the required number of workers for each process. Taking these constraints into account, they have developed a model that aims to assign stations.
2011	Sadjadi et al.	Proposed a stochastic model that includes the factors of hiring, firing, holding stock and not meeting the demand. In this study, which includes solution method comparison analysis, three different solution methods are compared with each other. These solution methods are; Linear programming model in Lingo 11.0, genetic algorithm model in C ++ and simulation models in arena program. As a result of his studies, it is stated that the genetic algorithm gives more accurate results than linear programming by comparing it with the help of simulation results
2014	In her study, Johnes	Provided an example of stochastic customer demand and shift need and cash flow, and service levels and suggestions for the improvement of these levels.
2014	Smet et al.	Solved the staff scheduling problem with a new hybrid approach. They talked about the two-stage meta-heuristic approach, taking into account multiple capabilities.
2014	Wong et al	Presented a two-step intuitive approach to the planning problem of healthcare professionals. In the first stage of this study, constraints are achieved with the single shift assignment heuristic, and in the second stage, appointments are made considering the preferences of nurses.
2014	Harjunkski, et al.	Investigated production scheduling models and solution methods in their study. Problem types are classified among themselves and solution methods are mentioned. In addition, real life applications and examples were solved. In the last part of their work, the authors also included their ideas about energy and raw materials, which are potential problems especially in the automotive industry.
2015	Li et al.	Offered a solution to the problem of equipment, workforce and service planning with genetic algorithm.
2015	De Bruecker et al.	Published literature research in the field of workforce planning according to abilities. In these studies, the authors focus on human skill-oriented workforce planning and guide researchers working in this field.
2016	Hidri et al.	Developed a model using certain constraints to solve an assignment problem that determines the number of nurses needed by dividing nurses working in intensive care units in three blocks of a hospital into certain groups. The developed model is an integer programming model.
2017	Varlı et al.	Designed a model to meet the number of personnel needed in shifts assigned to the intensive care, emergency and operating room services of a hospital that is open at all hours of the day. They used the goal programming approach while creating this model.
2018	Polat et al.	Developed a model that would minimize the deviation from the maximum allowable workloads if a worker is assigned to any station.

3. Personnel Absence Problem and the Proposed Model

A mathematical model was proposed for assignment of suitable personnel in the place of absent personnel per day, and if necessary, distribution of workloads at an automotive sub-industry firm. The proposed mathematical model has been applied to the production line of the enterprise. (Bulut, 2019).

In the place of absent personnel, it is needed to assign personnel that have the capacity to work the same job. For this objective, the firm created a team consisting of qualified personnel. The team consisted of personnel known as substitute personnel. A substitute personnel is responsible for performing jobs at the station they are assigned with minimal loss of productivity. In cases where there are not sufficient substitute personnel, the workload of the station in question was distributed to the two closest other stations based on their own workloads.

The mathematical model for assignment of substitute personnel in the place of absent personnel based on the qualifications of the substitute personnel and distribution of workloads is given between Equations (3.1) and (3.17).

Indices

$i = \{i | i = 1, 2, 3 \dots 10\}$ station index

$j = \{j | j = 1, 2, 3 \dots 5\}$ substitute personnel index

$k = \{k | k = 1, 2, 3 \dots 6\}$ process index

Parameters

J = Number of substitute personnel, $J \in \mathbb{N}$

t_i = Cycle time of the i^{th} station

q_{jk} = Score of the j^{th} substitute in the process k

S = Number of missing operators, $S \in \mathbb{N}$

A_{ji} = New cycle time of the i^{th} station by assignment of the j^{th} substitute to the i^{th} station

F_{i+1} = New cycle time of the $(i+1)^{\text{th}}$ station by distribution of the workload of the absent personnel of the i^{th} station with the ratio of the coefficient K_{i+1}

F_{i-1} = New cycle time of the $(i-1)^{\text{th}}$ station by distribution of the workload of the absent personnel of the i^{th} station with the ratio of the coefficient K_{i-1}

Decision variables

$$x_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{If the } j^{\text{th}} \text{ substitute personnel is assigned to the } i^{\text{th}} \text{ station,} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$C_i = \begin{cases} 1, & \text{If the } i^{\text{th}} \text{ station does not come to work} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Z_i = \begin{cases} 1, & \text{If the substitute personnel is assigned to the } i^{\text{th}} \text{ station,} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Objective function

$$\sum_{j=1}^5 \sum_{i=1}^5 \text{Min} Z = [C_i * |(t_i - A_{ji})|] + (1 - Z_i) * (C_i * F_{i,i+1} + C_i * F_{i,i-1}) \quad (1)$$

Limitations

$$\sum_{j=1}^J C_i * X_{ji} \leq 1, \quad \forall i, \quad j = 1, 2, \dots, J, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m C_i * X_{ji} \leq 1, \quad \forall j, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^S C_i * X_{ji} \leq \text{Min}(S, J), \quad \forall j, \quad i = 1, 2, \dots, s \quad (4)$$

$$1 - \sum_{j=1}^J X_{j1} \leq Z_1 * M, \quad \forall j \quad (5)$$

$$1 - \sum_{j=1}^J X_{j2} \leq Z_2 * M, \quad \forall j \quad (6)$$

$$1 - \sum_{j=1}^J X_{j3} \leq Z_3 * M, \quad \forall j \quad (7)$$

$$1 - \sum_{j=1}^J X_{j4} \leq Z_4 * M, \quad \forall j \quad (8)$$

$$1 - \sum_{j=1}^J X_{j5} \leq Z_5 * M, \quad \forall j \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ji} \leq \sum_{i=1}^S (1 - Z_i) * C_i, \quad \forall ji \quad (10)$$

$$\frac{t_{i-1}}{(t_{i-1} + t_{i+1})} = K_{i+1} \quad (11)$$

$$\frac{t_{i+1}}{(t_{i-1} + t_{i+1})} = K_{i-1} \quad (12)$$

$$Z_i * t_i * (K_{i+1}) + t_{i+1} = F_{i,i+1} \quad (13)$$

$$Z_i * t_i * (K_{i-1}) + t_{i-1} = F_{i,i-1} \quad (14)$$

$$x_{ji} * (t_i * q_{jk}) = A_{ji} \quad (15)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ji} \leq J \quad (16)$$

$$M \gg 0 \quad (17)$$

$$X_{ji}, Z_i, C_i, \quad 0-1 \text{ integer}$$

Equation (1) shows the objective function. In the objective function, if there are sufficient substitute personnel, by assigning the substitute personnel most suitable for the station in question, it is aimed to minimize the difference between the standard cycle time and the new cycle time after assignment of the substitute personnel. If there are not sufficient joker staff, the workload of the i^{th} station with absent personnel is distributed to the two closest stations by the ratios of the distribution coefficients given in Equations (11) and (12), K_{i+1} and K_{i-1} . This way, more workload is distributed to the station with less existing workload, while less workload is distributed to the station with more existing workload. Limitations (2) and (3) respectively show that only one substitute staff member can be assigned to one station, and on substitute staff member can be assigned to only one station at the same time. Limitation (4) shows that, for a team, only as many substitute personnel as the number of absent stations of the team can be assigned. Additionally, Limitation (4) facilitates assignment of existing substitute personnel in the case that there are not sufficient substitute personnel. Limitations (5), (6), (7), (8) and (9) show the limitations of the values that can be taken by the Z_i decision variable. Limitation (10) shows that as many personnel as the number of substitute personnel can be assigned to absent stations. Limitations (11) and (12) respectively show the distribution coefficients of the $(i+1)^{\text{th}}$ and $(i-1)^{\text{th}}$ stations in the case that the i^{th} station is absent. Limitations (13) and (14) respectively show the new cycle times of the $(i+1)^{\text{th}}$ and $(i-1)^{\text{th}}$ stations in the case that the workload of the i^{th} station is distributed to these stations. Limitation (15) shows the new cycle time of the i^{th} station in the case that the j^{th} personnel are assigned to the i^{th} station instead of the absent ones. Limitation (16) shows that the number of absent personnel must be equal to or smaller than the number of substitute personnel for assignment to take place. Limitation (17) shows that the number M is a very large number.

For the implementation, the daily absence data of the personnel in the production line where the door parts of automobiles were being installed at the firm were utilized. The mathematical model proposed for assignment of suitable substitute personnel in the place of absent personnel and distribution of the workload was solved. The processes of the team were as follows:

- Module preparation,
- Installing,
- Clip test,
- Electrical test,
- Visual inspection and packing.

There was one station for each process in the production line.

By examining the 6-month absence data of the firm, the number of substitute personnel for the remaining 3 months of the year was determined. When the 90-day absence data of the firm were analyzed in the MINITAB 16 software, as the p-value was larger than $\alpha=0.05$ as seen in the scatter plot given in Figure 1, the data were normally distributed. The histogram of the 90-day absence data of the firm also clearly showed that the data were normally distributed.

As the analyzed data showed normal distribution, the mean values of these data were utilized to determine the number of substitute personnel needed.

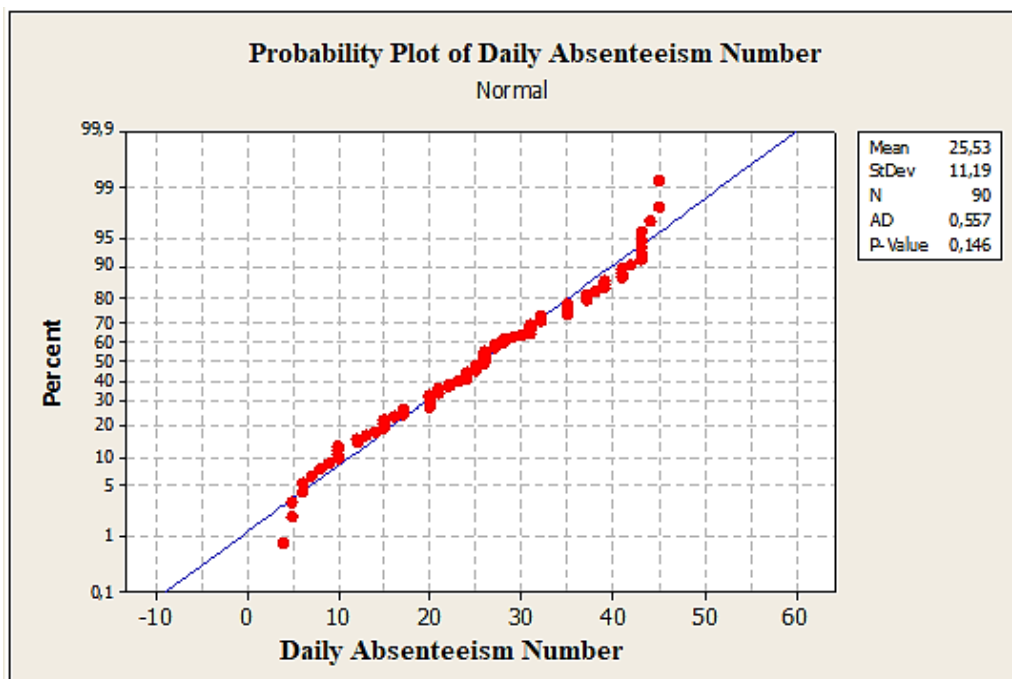


Figure 1. Scatter plot of absent personnel for ninety days.

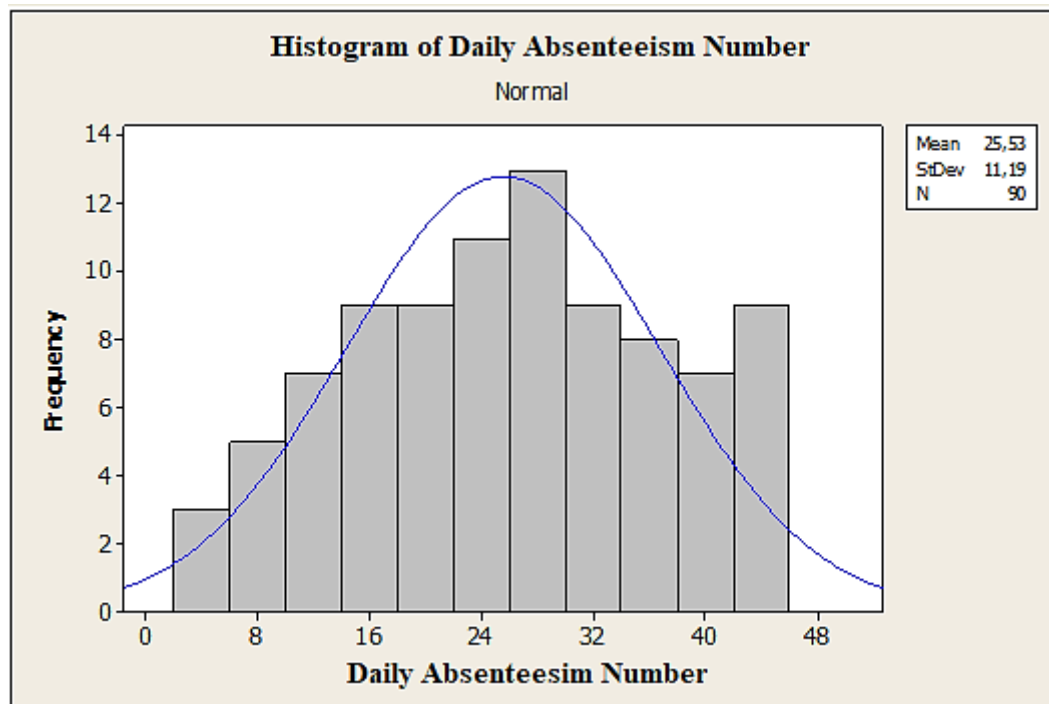


Figure 2.Histogram of absent personnel for ninety days.

Substitute personnel were selected by subjecting them to tests organized in certain periods of the year. The process-based competence matrix of the substitute personnel that could work at the door parts project of the automobile produced by the firm was formed as seen in Table 2.

Table 2. Process-based competence scores of substitute personnel that could work at the door parts project.

Substitute personnel no		Process no	1	2	3	4	5
		Station no	1	1	1	1	1
The substitute personnel team that can workproject of door installation	1 AU		0.8	0.6	0.8	0.3	0.1
	2 AK		0.7	0.8	0.2	0.3	0.5
	3 MA		0.9	0.7	0.2	0.2	0.4
	4 SÇ		0.8	0.5	0.3	0.1	0.3
	5 HŞ		0.5	0.8	0.3	0.1	0.1

Table 3shows the cycle times of the stations included in the processes. These were the standard times that were calculated as a result of time analyses.

Table 3.Cycle times of the door parts production line stations.

No	Process Name	Cycle Time (sec)
1	Preparing Modul Station	162
2	Installation Station	162
3	Clip Test Process	138
4	Electrical Test Process	144
5	Inspection and Packing Process	144

The mathematical model that was formed was solved based on three different scenarios that took place in the door parts production line of the automobile manufactured at the firm. The models and solutions of these scenarios are given in Appendix 1, while Table 3 shows the summary of the results. For solution of these scenarios, only the number of substitute personnel (J) and the number of absent personnel (S) parameters differed in the model.

The parameter values of the first scenario are given below:

- ✓ Substitute personnel number (J): 3,
- ✓ Absent personnelnumber (S): 2.

According to this scenario, as the number of substitute personnel was higher than the number of absent personnel, only assignment took place. The suitable substitute personnel were assigned in the place of the absent personnel.

The parameter values of the second scenario are given below:

- ✓ Substitute personnel number (J): 1,
- ✓ Absent personnel number (S): 2.

According to this scenario, as the number of substitute personnel was smaller than the number of absent personnel, both assignment and distribution took place. In this scenario, after assignment of the existing substitute personnel to the suitable workstation, the workload of the workstation where substitute personnel were not assigned was distributed to the two closest workstations. This distribution process was made based on the cycle times of the stations to receive new workloads. This way, more workload could be distributed to the workstation with a shorter cycle time.

The parameter values of the third scenario are given below,

- ✓ Substitute personnel number (J) 2,
- ✓ Absentpersonnelnumber (S) 2,

According to this scenario, the numbers of substitute personnel and absent personnel were equal. Therefore, only assignment took place. The suitable substitute personnel were assigned in the place of the absent personnel.

Table 4.Results of three different scenarios.

	The substitute personnelmember who come to the job, no	Station no of the staff Member that do not come to the job	Station cycle time(sec) of the Staff member that do not come to the job	The substitute personnelno that assign	New cycle time (sec)	The first nearest station cycle time(sec) to the station of the staff member that do not come to the job	The second nearest station cycle time(sec) to the station of the staff member that do not come to the job
Scenario 1	1,4,5	3	138	1	220	-	-
		5	144	4	216	-	-
		-	-	-	-	-	-
Scenario 2	4	3	138	-	-	226	217
		5	144	4	216	-	-
		3	138	1	220	-	-
Scenario 3	1,4	5	144	4	216	-	-

The mathematical model took on one team working at a single project at the firm and the substitute personnel that could work at this project. In normal conditions, there were 18 different projects at the firm, and 36 personnel teams working at these projects. Formation of the mathematical model to cover all teams would make it more difficult to solve the problem, and each solution in the Lingo 11.0 software requires approximately 10 min. If this operation is carried out for each case of absence, it poses a great loss of time for the firm. This is why there is a need for a DSS.

4. The Proposed Decision Support System

Decision Support Systems are interactive computer systems that allow defining and solving problems, completing a decision-making process and making decisions by using data, document, information and communication technologies and/or models.

Considering the increase in the data collected until the point of decision-making, the complex nature of decision-making processes and that the human brain is limited, using software becomes indispensable. The decision-making process in the scope of DSS is shown in Figure 3.

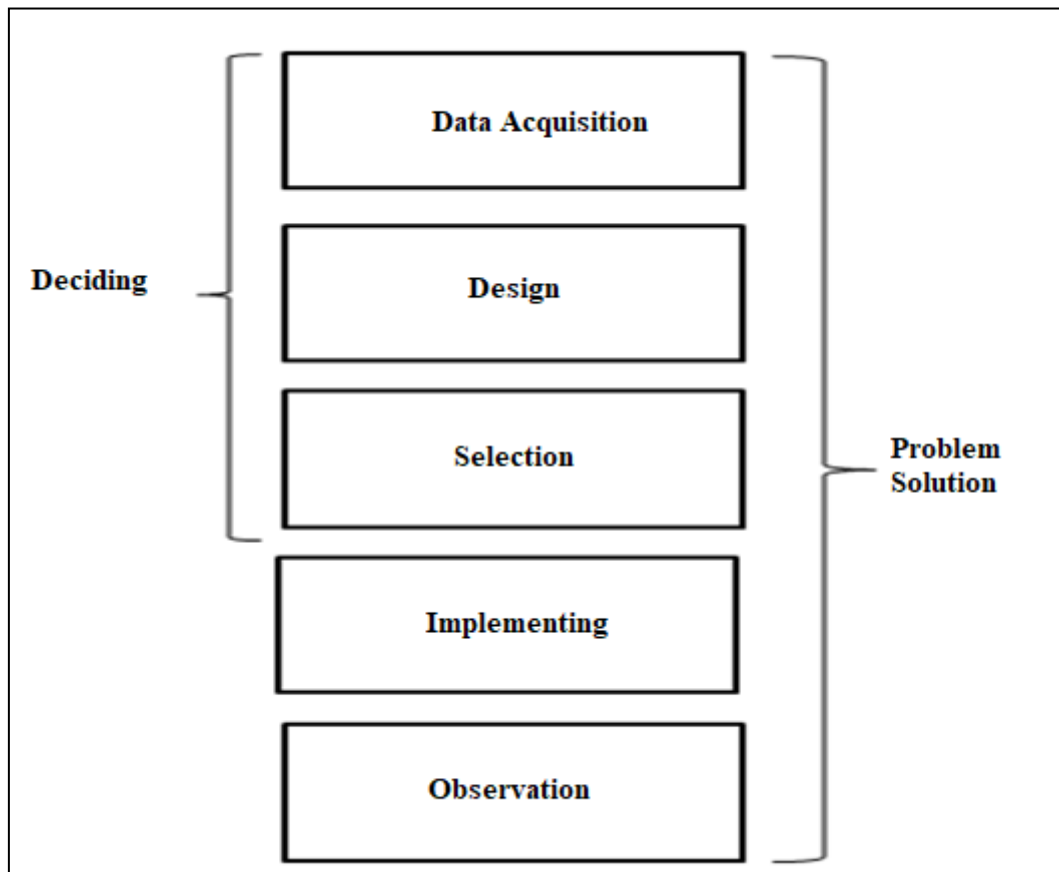


Figure 3.Decision-making process with DSS.

As seen in Figure 3, the process works in the form of decision-making, implementation of the decision and monitoring it. In DSSs, the software mainly consists of a database where the data are stored and components that operate the algorithms and formulae that process these data. In the case of increased amount of data and necessity of complicated calculation, the hardware also becomes an important component.

Due to the fact that solving a mathematical problem takes time and is not very suitable for daily usage, a Decision Support System (DSS) was developed adapting to the changes at the firm in a fast and easy way. To run such a system, a heuristic algorithm was proposed for assignment of substitute personnel and distribution (Bulut, 2019). The steps of this algorithm were as follows:

Step 1: Input the information of absent personnel per day into the system.

Step 2: Check sufficient number of substitute personnel. If there are sufficient personnel, continue with Step 3; if not, skip to Step 5.

Step 3: Check whether or not existing substitute personnel is connected to any station.

Step 4: From among the substitute personnel not connected to any station, assign the most suitable substitute personnel in the place of the absent personnel whose information was input, and return to Step 1.

Step 5: If no substitute personnel were left at Step 4 to be assigned, distribute the cycle time of the station with the absent personnel to the two closest stations based on the coefficients given by Limitations (3.11) and (3.12).

Step 6: If there are absent personnel left, return to Step 1; if not, end the process.

The firm managers decided upon assignment of the most suitable personnel in the place of absent personnel with the heuristic algorithm that was developed, or in the case of no substitute personnel left for assignment, distribution of the workload of the absent personnel. This way, the firm managers were able to systematically achieve assignment of suitable substitute personnel to the station of absent personnel or distribution of the workload of the station of absent personnel. Therefore, they aimed to minimize the loss that could occur. This algorithm that was developed was coded by using the C# programming language, and for ease of operation for the user, user interfaces were created by using the same programming language.

4.1. Operation of the Decision Support System

The flow diagram of the decision-making process of the DSS that was developed is given in Figure 4. This flow diagram shows the decision-making mechanism of the DSS. The decision-making mechanism operates completely outside the own decision of the user and in a systematic way. Absence of the human factor in all decisions at the stage of decision-making facilitates the continuity and impartial decision-making of the system.

In the DSS flow diagram seen in Figure 4 on assignment and distribution in case of personnel absence, the capable substitute is assigned to the station of the absent employee in the relevant process. If there is no personnel to be assigned, the workload of the absent personnel is distributed to the two closest stations. By performing the distribution process based on distribution coefficients (K_{i+1}, K_{i-1}), it is aimed to minimize the cycle times that would result.

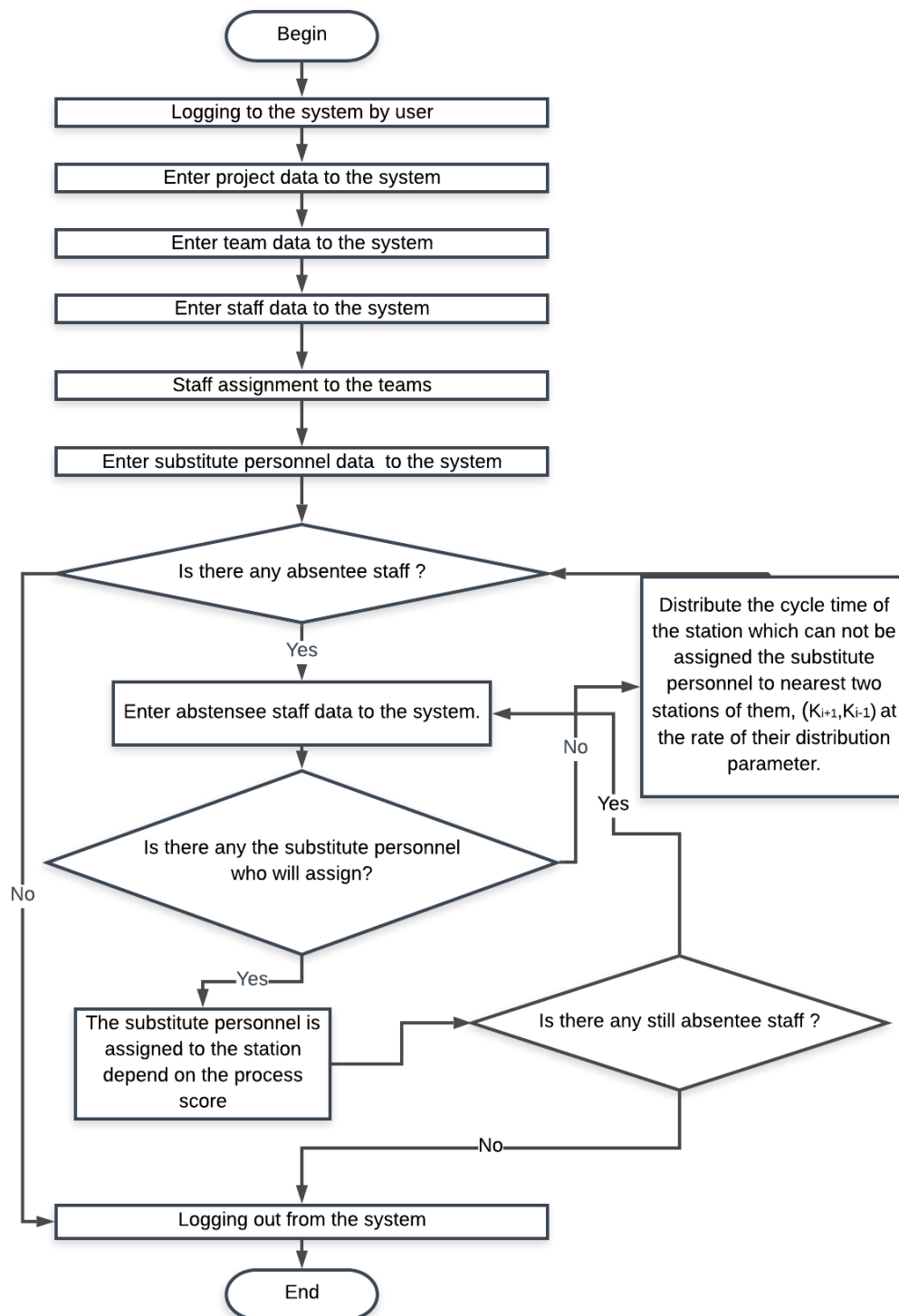


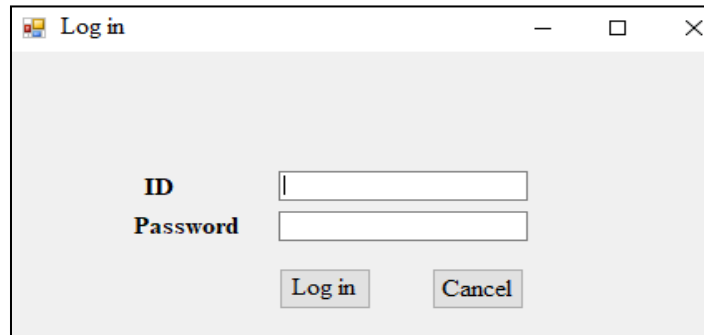
Figure 4. Flow diagram of the decision support system for the problem of assignment and rebalancing in the case of personnel absence.

4.2. User Interfaces and Definitions

The interfaces in the DSS are used for input and output of data to and from the system.

System entry interface

This interface is the first interface of the DSS. For opening this interface, the authorized staff member must input their username (ID) and password to the interface shown in Figure 5.



The image shows a simple login window titled "Log in". It contains two text input fields: the first is labeled "ID" and the second is labeled "Password". Below these fields are two buttons: "Log in" and "Cancel". The window has a standard title bar with minimize, maximize, and close buttons.

Figure 5. Entry Interface.

Main screen interface

When the user clicks the “Login” button by inputting their username and password in the entry interface of the DSS shown in Figure 5, they access the main screen interface shown in Figure 6.



The image shows a main screen window titled "Home Screen". It displays a grid of buttons for various system functions. The buttons are arranged in two columns. The first column includes: "Absenteeism Input", "Add - Delete Project", "Create Team - Project Assignments", "Assign to Teams", "Show Staff", and "Add - Delete New User". The second column includes: "Add - Delete New Staff", "Process - Station Transactions", "Assign - Exclude Stations to Processes", "Update Joker Staff", "Update Staff", and "Add - Delete User". Each button is labeled with its function name in red text above a grey button with black text.

Figure 6. Main screen interface.

The interface shown in Figure 6 is highly important for the user. If the user will make a change in the system, they are directed to the interface where the relevant change can be made by clicking the button for that interface. The operations that can be carried out by the user with this interface are as follows:

- Inputting absent personnel data in the “absence entry” section,
- Entry of new personnel data or deleting existing personnel data from the “new personnel add-delete” section,
- Entry of new project data or deleting existing project data from the “new project add-delete” section,
- Assigning stations to processes recorded in the system or removing a station from a process from the “process-station operations” section,
- Formation of a new team in the system and assignment of these teams to projects recorded in the system from the “team formation-project assignment” section,
- Assigning station to processes or removing stations from the “assign-remove stations in processes” section,
- Assigning personnel to teams from the “assign to teams” section,
- Organization of the substitute personnel team from the “update joker staff” section,
- Viewing the team members from the “view teams” section,
- Removing the assigned substitute personnel and restoring the main team from the “update teams” section,
- Adding new users to the system or removing existing users from the “add new user-delete” section.

The following sub-headings explain the interfaces where users will be directed from the sections in this interface and their descriptions.

Interface for inputting absentpersonneldata

This interface is opened by the “absence entry” button in the main screen interface shown in Figure 6. The user can perform three different operations in this interface. The first of these is to input the data of the absent personnel into the system, the second is to make a search in the absentee list, and the third is to delete information from the list.

Date	ID1	Name	Surname	Register No	Bus. Beg. Date	Stamp	Info Note	Station Joker
29.04.2019	1	Ali	Efe	1	01.01.2019			0
5.05.2019	1	Ali	Efe	1	01.01.2019			0
30.04.2019	2	Mert	Can	2	01.01.2019			0
5.05.2019	2	Mert	Can	2	01.01.2019			0
5.05.2019	3	Ahmet	Ufuk	3	02.02.2019			0
30.04.2019	10	Hatice	Soy	10	03.01.2019			0
6.05.2019	10	Hatice	Soy	10	03.01.2019			0

Figure 7. Interface For Inputting Absent Personnel Data.

After the user inputs the data of the relevant personnel in the absence entry interface shown in Figure 7 and clicks the “submit” button, the pop-up note shown in Figure 8 is displayed. When the user answers this note with the “OK” button, the operation of inputting absent personnel data is completed.

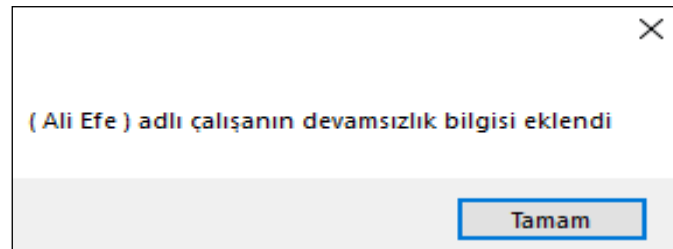


Figure 8. Submission message for inputting absent personnel data into the system.

Assignment in the place of absent personnel

After the user inputs the data of the relevant personnel in the absence entry interface shown in Figure 7 and clicks the “submit” button, the pop-up note shown in Figure 8 is displayed. When the user answers this note with the “OK” button, if the staff member whose absence data is input into the system is registered as an employee of a team, the system shows the pop-up message shown in

Figure 9 to direct the user to the substitute personnel table. When the user responds to this message by clicking the “Yes” button, the “Assign Personnel” interface shown in Figure 10 is opened.

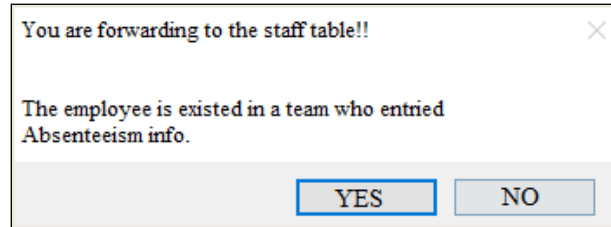
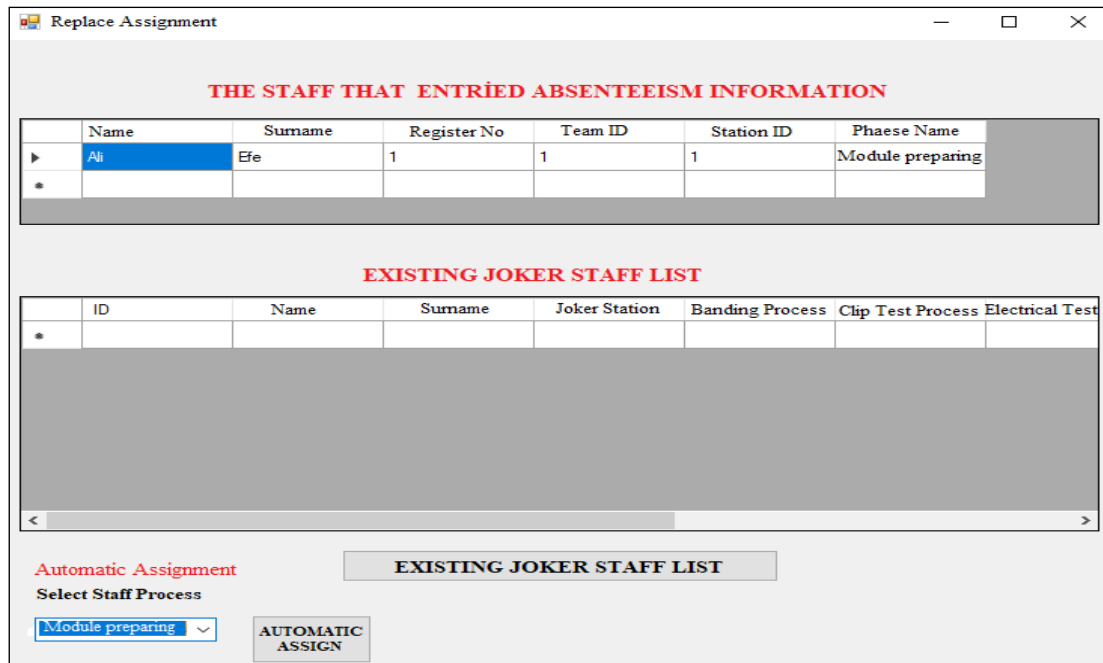


Figure 9. Submission message for assigning in the place of absent personnel.



THE STAFF THAT ENTRIED ABSENTEEISM INFORMATION						
	Name	Surname	Register No	Team ID	Station ID	Phaease Name
▶	Ali	Efe	1	1	1	Module preparing
*						

EXISTING JOKER STAFF LIST							
	ID	Name	Surname	Joker Station	Banding Process	Clip Test Process	Electrical Test
*							

Automatic Assignment
Select Staff Process
Module preparing ▼
AUTOMATIC ASSIGN

Figure 10. Interface for making an assignment in the place of absent personnel.

The user performs the operation of assigning substitute personnel in the place of the absent personnel through this interface. The user needs to follow the steps given below for the assignment operation.

- ✓ Selection of the process of the personnel to be assigned from the “select personnel process” shown in Figure 10,
- ✓ Clicking on the “assign automatically” button.

When the user follows these steps in order, assignment of the substitute personnel to work in the relevant process is made according to process-based scores from among all substitute personnel.

This operation is carried out for each staff member who shows absence. The user can perform this operation at any time in the day.

After the substitute personnel are automatically assigned in the system in the place of the absent personnel, if there are no substitute personnel left, the system submission message shown in Figure 11 is displayed. When the user answers this message by clicking on the “OK” button, the cycle time of the station of the absent personnel is distributed to the two closest stations based on their existing workloads. Therefore, by assigning more workload to the station with less existing workload and assigning less workload to the station with more existing workload, the deviation from the standard station cycle time is minimized.

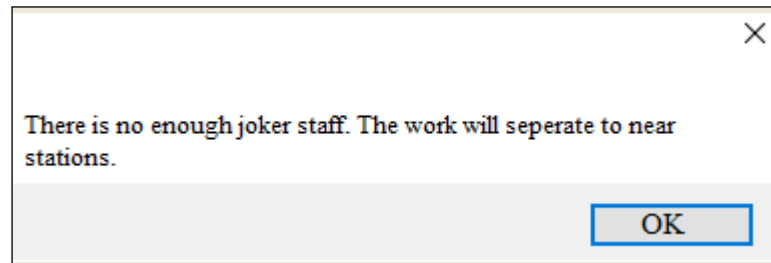


Figure 11. Submission message in the case that there are no personnel left to be assigned in the place of absent personnel.

4.3. Implementation for the DSS

For the DSS proposed in this study, two scenarios were established by utilizing the data on two different cases of absence encountered on a day of operation for the firm.

Substitute personnel assignment operation

In the DSS, substitute personnel assignment operations are performed as follows:

- ✓ Inputting the absent personnel data into the relevant areas in the absence information entry interface shown in Figure 7,
- ✓ Clicking on the “submit” button,
- ✓ Responding to the submission message shown by the system and displayed in Figure 9 by clicking on the “Yes” button,
- ✓ Selecting the relevant process in the “automatically assign” section in the “assignment in the place” interface that is opened after the submission message,

- ✓ Clicking on the “automatically assign” button.

These steps are repeated for each absent staff member, and this way, the most suitable substitute personnel can be assigned in the place of absent personnel.

The case that the number of substitute personnel is equal to or higher than the number of absent personnel

In this scenario, the numbers of absent personnel and substitute personnel are equal and 30.

After completing all steps of the operation of assigning joker staff, if there are no substitute personnel left, the system shows the information message given in Figure 11. When the user responds to this message by clicking on the “OK” button, the system automatically distributes the cycle time of the absent personnel to the two closest stations based on their coefficients of distribution.

Table 5. Process-based scores of the substitute personnel assigned to the stations of the absent personnel at the firm.

No (ID)	Name - Surname	Employee of beeing joker state	Model preparing process point	Banding process point	Clip test process point	Electrical test process point	Eyes control process point	Packing process point	Moving goods process point process point	Process no	Team no	The employee that be absent station no be absent station no	Team no
1	AP	1	9	6	4	7	8	2	1	1	1	1	Team1
2	BD	1	3	9	4	2	5	6	8	2	1	2	Team1
3	FZ	1	5	4	6	8	1	5	4	4	1	3	Team1
4	AÇ	1	8	2	3	4	8	4	6	1	2	4	Team2
5	CÇ	1	2	3	8	1	6	2	6	3	2	5	Team2
6	GM	1	7	9	5	7	8	8	9	2	2	6	Team2
7	ŞÖ	1	9	1	7	2	5	6	4	1	2	7	Team2
8	SE	1	4	2	8	7	4	6	4	3	2	8	Team2
9	BK	1	6	2	8	9	1	4	7	4	3	9	Team3
10	GB	1	1	2	2	5	8	2	4	5	3	10	Team3
11	MT	1	8	7	6	3	7	4	6	1	3	2	Team3
12	GA	1	9	8	6	4	3	7	8	1	3	6	Team3
13	GK	1	4	9	6	5	7	5	6	2	4	2	Team4
14	ST	1	1	2	8	4	7	5	6	3	4	4	Team4
15	MS	1	2	4	6	8	9	5	7	5	4	7	Team4
16	HA	1	8	5	7	9	2	3	4	4	5	21	Team5
17	EÇ	1	9	1	4	6	8	7	4	1	5	16	Team5
18	VK	1	2	4	5	8	9	4	2	6	5	10	Team5
19	AY	1	2	8	1	4	7	1	5	2	9	2	Team9
20	HC	1	2	4	5	7	5	4	9	7	5	3	Team5
21	ÇB	1	1	2	8	3	3	3	9	7	6	8	Team6
22	YD	1	1	4	4	9	2	4	8	4	6	10	Team6
23	İÜ	1	9	2	1	4	2	6	8	1	6	15	Team6
24	FA	1	1	5	7	5	8	4	5	5	10	5	Team1
25	İE	1	7	5	9	1	5	7	1	3	6	2	Team6
26	AS	1	2	4	7	9	5	8	4	4	7	7	Team7
27	SE	1	1	9	8	5	6	4	7	2	7	4	Team7
28	CG	9	4	5	7	2	2	8	4	4	7	1	Team7
29	FM	1	8	9	6	5	7	5	6	2	7	9	Team7
30	MA	1	9	1	8	7	6	4	2	1	8	11	Team8

By assigning the qualified substitute personnel from the substitute personnel team shown in Table 6 in the place of the 30 personnel of the ten teams working at different projects, Table 4 is formed. As shown in Table 6, the relevant process scores of the substitute personnel that were assigned in the place of absent personnel were higher than those of the other personnel. This way, it is seen that qualified substitute personnel is assigned in the place of the absent personnel.

Table 6. Process-based scores of the substitute personnel.

No(ID)	Name-Surname	Processes							
		Employee of beeing joker state	Model preparing process point	Banding process point	Clip test process point	Electrical test process point	Eyes control process point	Packing process point	Moving goods process point
1	YD	1	1	4	4	9	2	4	8
3	ÇB	1	1	2	8	3	3	3	9
4	GK	1	7	9	5	7	8	8	9
5	AP	1	9	6	4	7	8	2	1
6	BD	1	3	9	4	2	5	6	8
7	FZ	1	5	4	6	8	1	5	4
8	AÇ	1	8	2	3	4	8	4	6
9	CÇ	1	2	3	8	1	6	2	6
9	MA	1	9	1	8	7	6	4	2
10	ŞÖ	1	9	1	7	2	5	6	4
11	ZE	1	4	2	8	7	4	6	4
12	HAA	1	8	5	7	9	2	3	4
13	VK	1	2	4	5	9	8	4	2
14	HC	1	2	4	5	9	5	4	1
15	BK	1	6	2	8	9	1	4	7
16	AY	1	2	8	1	4	7	1	5
17	EÇ	1	9	1	4	6	8	7	4
18	GB	1	1	2	2	5	8	2	4
19	MT	1	8	7	6	3	7	4	6
20	İÜ	1	9	2	1	4	2	6	8
21	GA	1	9	8	6	4	3	7	8
22	FA	1	1	5	7	5	8	4	5
23	FG	1	8	9	6	5	7	5	6
24	MS	1	2	4	7	9	5	8	4
25	CG	1	4	5	7	9	2	8	4
26	İE	1	7	5	9	1	5	7	1
27	GK	1	4	9	6	5	7	5	6

28	MS	1	2	4	6	8	9	5	7
29	SE	1	1	9	8	5	6	4	7
30	ST	1	1	2	8	4	7	5	6

The case that the number of substitute personnel is lower than the number of absent personnel

In this scenario, the number of absent personnel is 32, while the number of substitute personnel is 30.

If there are no sufficient personnel, the system shows the submission message given in Figure 11. After the user approves this message, the system distributes the cycle time of the personnel to the two closest stations based on their workloads. This way, less work is assigned to the station with more workload.

At the firm, in the case of illness of personnel of the stations 9 and 16 of Team 10, the number of absent personnel rises to 32. In this case, as the number of substitute personnel is 30, the number of absent personnel is higher than the number of substitute personnel. The system distributes the cycle times of the stations 9 and 16 of Team 10 where substitute personnel could not be assigned to the stations 8, 10 and 15, 17 by the ratios of their distribution coefficients. The new cycle times of the Team 10 stations that are formed as a result of this rebalancing are shown in Table 7.

Table 7. Team names of the absent personnel at the firm and the station numbers that are assigned to.

	Team Name									
	Team 1	Team 2	Team 3	Team 4	Team 5	Team 6	Team 7	Team 8	Team 9	Team 10
	2	4	2	2	3	2	1	11	2	2
Absentee	3	5	6	4	10	8	4			9
Station	5	6	9	7	16	10	7			16
No		7	10		21	15	9			
		8								

As the jobs of the stations in the process are usually related to each other, while performing the process of distribution, the workload of the station of absence is distributed to the two closest stations.

Table 8. Cycle times of the stations of team 10 before rebalancing in the database.

Station no	First station that is assigned workload	Second station that is assigned workload	Process no	Cycle time (min.)
1	-	-	1	3
2	-	-	1	3
3	-	-	1	3
4	-	-	2	3,5
5	-	-	2	3,5
6	-	-	2	3,5
7	-	-	2	3,5
8	-	-	3	4
9	-	-	4	4
10	-	-	5	3
11	-	-	5	3
12	-	-	5	3
13	-	-	5	3
14	-	-	5	3
15	-	-	5	3
16	-	-	6	4
17	-	-	6	4
18	-	-	6	4
19	-	-	6	4
20	-	-	7	3
21	-	-	7	3
22	-	-	7	3

Table 9. New cycle times in the case that there are no substitute personnel to be assigned to the stations 9 and 16 of team 10.

Station no	First station that is assigned workload	Second station that is assigned workload	Process no	Cycle time (min.)
1	-	-	1	3
2	-	-	1	3
3	-	-	1	3
4	-	-	2	3,5
5	-	-	2	3,5
6	-	-	2	3,5
7	-	-	2	3,5
8	-	-	3	4,9
9	8	10	4	4
10	-	-	5	5,3
11	-	-	5	3
12	-	-	5	3
13	-	-	5	3
14	-	-	5	3
15	-	-	5	5,3
16	15	17	6	4
17	-	-	6	5,7
18	-	-	6	4
19	-	-	6	4
20	-	-	7	3
21	-	-	7	3
22	-	-	7	3

Table 8 shows the cycle times of Team 10. Table 9 shows the new cycle times of Team 10 after the assignments. As the Station 9 was not assigned joker staff, its workload was distributed to the Stations 8 and 10 that were the closest to it, while, as the Station 16 was not assigned joker staff, its workload was distributed to the Stations 15 and 17 that were the closest to it. This way, the workload of the station of the absent personnel was distributed by the ratios of the distribution coefficients (K_{i+1}, K_{i-1}).

With the proposed DSS, it becomes possible for the stations at the firm that are emptied due to absence or illness of personnel to continue their work suitably. This way, fast and suitable solutions will be found for the problems that arise, and jobs will not be interrupted.

5. Conclusion and Recommendations

The increasing competition and decreasing profit rates in the automotive sector force firms into development. One of the most important topics for firms is the human factor. At labor-intensive firms, in addition to effective usage of the labor force, it is also required to find the best solution in human-factor problems such as absence and apply this solution immediately. Work should be carried out on this issue to stay standing up in the competition environment.

In this study, for the purpose of personnel assignment in the place of absent personnel, or if needed, perform workload rebalancing at an automotive sub-industry firm, firstly a mathematical model was developed. In this model, if there are sufficient joker staff, suitable personnel from the substitute personnel team are assigned, and if not, the personnel that are sufficient are assigned, and the remaining workloads are distributed to the suitable stations.

Based on the daily variability of the absence situation of the personnel at the firm, the proposed model needs to be operated at the beginning of each working day, and its results need to be analyzed. As the number of personnel employed at the firm is high, the length of the solution of the mathematical model, and therefore the probability of making a mistake, will increase. For this reason, it was decided to develop a decision support system for the problem of assignment and/or rebalancing in the case of personnel absence. This decision support system that was developed was coded in the C# programming language, and interfaces that provided the user with ease of usage were designed.

With the decision of the management of the firm, a substitute personnel team including personnel with qualifications that would allow them to work at stations with absent personnel was created. This team was established by considering their process-based competencies. In the case that a member of personnel other than the substitute personnel is absent, the most qualified person from this team who can work at the relevant station is selected and assigned to the station. It will be possible to obtain solution recommendations by running the proposed DSS at the beginning of each working day. The method of solution varies based on the status of sufficiency of the number of substitute personnel. In the case that there are sufficient substitute personnel for the stations of the

absent personnel, suitable assignments can be made. In the case that there are not, after assigning the existing joker staff, the workloads of the stations where there are still absent personnel can be distributed to the two closest stations in the most suitable way. This way, in the case that absence and illnesses, the losses that may occur are aimed to be minimized.

With the DSS that is proposed in the study, an opportunity is presented for productive usage of labor resources, which constitute a significant item of cost for firms. The practical, fast and dynamic structure of the DSS brings a systematic solution recommendation. This situation also prevents unforeseeable costs that could occur during problems that are encountered.

When the 2018-2019 data of the enterprise were examined, it was observed that 40% of the total loss of productivity was due to the wrong assignment of wildcard personnel and incorrect job distribution in case of absenteeism. The proposed DSS was used for 12 months, and when the annual cost data were analyzed, it was observed that the loss of productivity due to the wrong assignment of wildcard personnel and job distribution in case of absenteeism improved by 80%. Thus, 32% improvement was achieved from the total yield loss using the proposed DSS.

By defining the other projects of the firm and the personnel teams working at these projects into the system, the DSS is expanded for the general firm. The management of the firm will achieve monitoring of the personnel's momentary absence situations from the system by integrating this DSS with the Enterprise Resource Planning (ERP) program that is used in the firm. It is thought that, this way, the usability of the system will increase.

The proposed DSS could also be used at different labor-intensive firms. This way, in the case of the absence of personnel, it will be possible to make accurate and systematic decisions fast and suitably in the personnel assignment and rebalancing process.

Authors Contribution

Both authors contributed equally in the study.

Conflict of Interest Statement

There is no conflict of interest between the authors.

Research and Publication Ethics Statement

Research and publication ethics were followed in the study.

Acknowledgments

The authors would like to acknowledge the Nursan Kablo Donanımları A.Ş. involved in this research for the collaboration and support.

References

- Aktaş, E., Ülengin, F. ve Önsel Şahin, Ş. (2007). A Decision Support System To Improve The Efficiency Of Resource Allocation In Healthcare Management, *Socio-Economic Planning Sciences*, 41, pp. 130-146.
- Bulut, A. (2019). A Decision support system for an assignment and rebalancing problem in the absence of staff: A case study, Unpublished Master's Thesis (Supervisor Kırış, Ş.), Dumlupınar University Institute of Science, Kütahya.
- Çetinyokuş, T., Gökçen, H. (2008). A decision support system and application for employee performance evaluation, *Gazi Univ. Eng. Mime. Fak. Der. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.* 23 (1), pp. 239-248
- De Bruecker, P., van den Bergh, J., Beliën, J. ve Demeulemeester, E. (2014). Workforce Planning Incorporating Skills: State Of The Art, *European Journal of Operations Research*, 243, 1- 16.
- Dolgui, A., Kovalev, S., Kovalyov, M. Y., Malyutin, S., Soukhal, A. (2018). Optimal workforce assignment to operations of a paced assembly line”, *European Journal of Operational Research* 24(1), pp. 200-211.
- Gomes da Silva, C., Figueira, J., Lisboa, J. ve Barman, S. (2006). An Interactive Decision Support System For An Aggregate Production Planning Model Based On Multiple Criteria Mixed Integer Linear Programming, *Omega*, 34(2), pp. 167–177.
- Harjunkski, I., Maravelias, C. T., Bongers, P., Castro, P. M., Engell, S. ve Grossmann, I. E. (2014). Scope For Industrial Applications Of Production Scheduling Models And Solution Methods, *Computers and Chemical Engineering*, 62, pp. 161–193.
- Hidri, L., Labidi, M. (2016). Optimal physicians schedule in an Intensive Care Unit, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 131, pp. 1-8 .
- Johnes, J. (2015). Operational Research In Education, *European Journal of Operations Research*, 243 (3), pp. 683–696.
- Li, G., Jiang, H. ve He, T. (2015). A Genetic Algorithm-based Decomposition Approach To Solve An Integrated Equipment-workforce-service Planning Problem, *Omega*, 50, pp. 1–17
- Polat, O., Mutlu, Ö., ve Özgörmüş, E. (2018). A Mathematical Model For Assembly Line Balancing Problem Type 2 Under Ergonomic Workload Constraint, *The Ergonomics Open Journal*, 11(1).
- Sadjadi, S. J., Soltani, R., Izadkhah, M., Saberian, F. ve Darayi, M. (2011). A New Nonlinear Stochastic Staff Scheduling Model, *Scientia Iranica*, 18(3), pp. 699–710.
- Smet, P., Wauters, T., Mihaylov, M. ve Vanden Berghe, G. (2014). The Shift Minimisation Personnel Task Scheduling Problem: A New Hybrid Approach And Computational Insights, *Omega*, 46, pp. 64–73
- Varlı, E., Eren, T. (2017). Hemşire Çizelgeleme Problemi ve Bir Hastanede Uygulama, *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), pp. 34-40.
- Wong, T. C., Xu, M. ve Chin, K. S. (2014). A Two- stage Heuristic Approach For Nurse Scheduling Problem: A Case Study In An Emergency Department, *Computers and Operations Research*, 51, pp. 99

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 221-239, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Araştırma Makalesi / Research Article**Doi: [10.47898/ijeased.822938](https://doi.org/10.47898/ijeased.822938)

Karabük İli Ovacık İlçesi Kırsal Yerleşimlerdeki Geleneksel Konutların Cephe Özellikleri

Elif ÇETİN^{1*}, Mehmet MUTLU²¹ Karabük Üniversitesi, Mimarlık ABD, Karabük, 78600, Türkiye.² Karabük Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Karabük, 78600, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : elfctnnn@gmail.com  https://orcid.org/0000-0003-2037-9807 , E. Çetin  https://orcid.org/0000-0002-7351-0138 , M. Mutlu	Geliş Tarihi / Received Date : 07.11.2020 Revizyon Tarihi / Revision Date : 06.03.2021 Kabul Tarihi / Accepted Date : 22.03.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite : Çetin, E., Mutlu, M. (2021). Karabük İli Ovacık İlçesi Kırsal Yerleşimlerdeki Geleneksel Konutların Cephe Özellikleri, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 221-239.	

Özet

Karabük iline bağlı Ovacık ilçesinde, geleneksel mimari dokusunu koruyabilmiş çok sayıda yerleşim yeri bulunmasına rağmen, ilçe genelinde mimarlık bağlamında yapılmış akademik çalışma sayısı oldukça azdır. Ovacık ilçesi ve köyleri; işsizlik, eğitim, sağlık, sosyal imkânların yetersizliği gibi nedenlerden dolayı genç nüfusunu kaybetmektedir. Bu tür sorunlarla birlikte kırsal yerleşimlerde, mevcut konutlar günümüz ihtiyaçlarına cevap veremediğinden terk edilmektedir. Köyde yaşantısını sürdürmeye çalışan yerel halkın ya bu konutları tadilatla günümüz şartlarına uydurmaya çalıştığı ya da imkânı varsa yeni bir konut inşa etme çabasına girdiği gözlemlenmiştir. Kırsal yerleşimlerde yer alan konutlar, yakın çevrede var olan malzemeler kullanılarak yerel yapı ustaları tarafından inşa edilmiştir. Geleneksel konutların büyük çoğunluğunda yapım sistemi; yığma sistem üzeri ahşap karkas şeklindedir. Konutların çatıları; kırma, beşik veya üç omuz şeklinde olup özgün örneklerde alaturka kiremitle kaplanmıştır. Pencereler; ahşap malzemeden, giyotin veya kanatlı pencere olarak yapılmıştır. Konutların giriş kapıları tek veya çift kanatlı olarak değişkenlik göstermektedir. Açık çıkma örneklerine az sayıda konutta rastlanırken, kapalı çıkma yapılan konut sayısı oldukça fazladır. Genellikle kuzey cephede yer alan hela ve abdestlik mekanları çıkma şeklinde yapıya eklenmiştir. Yapıların çoğu sıvasız olduğu için taşıyıcı sistem kurgusu rahatlıkla gözlemlenmektedir. Cepheler; süslemeden uzak, oldukça sade tutulmuştur. Bu çalışmayla, Ovacık ilçesinin geleneksel konutlarının cephe özelliklerinin irdelenmesi ve sahip oldukları yöresel özelliklerin ortaya çıkartılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karabük, Ovacık, Kırsal yerleşimler, Geleneksel konut, Cephe özellikleri.

Facade Features of Traditional Houses in Rural Settlements of Ovacık District of Karabük Province

Abstract

Although there are many settlements that have preserved their traditional architectural texture in Ovacık district of Karabük province, the number of academic studies made in the context of architecture throughout the district is quite low. Ovacık district and its villages; loses its young population due to unemployment, education, health, insufficient social opportunities. With such problems, existing residences in rural settlements are abandoned because they cannot meet today's needs. It has been observed that the local people who try to continue their lives in the village either try to adapt these houses to today's conditions by renovating them or try to build a new house if they can. Residences in rural settlements were built by local builders using materials available in the vicinity. The construction system in the vast majority of traditional residences; The masonry system is in the form of a wooden carcass. Roofs of residences; in the form of crushed, cradle or three shoulders and covered with Turkish style tiles in original examples. Windows; It is made of wooden material, as a guillotine or casement window. The entrance doors of the residences vary as single or double wing. While examples of open cantilevers are encountered in a small number of houses, the number of houses with closed cantilevers is quite high. Generally, the toilet and ablution areas on the north facade were added to the building in the form of a protrusion. Since most of the buildings are without plaster, the carrier system setup can be easily observed. Fronts; It is kept very simple, far from decoration. With this study, it is aimed to examine the facade features of the traditional houses of Ovacık district and to reveal their local features.

Keywords: *Karabük, Ovacık, Rural settlements, Traditional housing, Facade features.*

1. Giriş

Geleneksel Türk konutları kendilerine has özellikleriyle fark ortaya koyarken, bu fark planlama ve oda düzeninin yanı sıra konutların cephelerinde de kendisini gösterir. Türk konutunun ayırıcı özelliklerinden birçoğunu, konutun cephe özelliklerinden anlamak mümkündür. Öyle ki yapının esasını teşkil eden odaların aydınlatma aracı olan pencereleri, gerek plandaki çarpıklıkları gidermek için ve gerekse kullanılan alanı büyütmek amacıyla yapılan çıkmaları ve bu çıkma desteklerini, konuta girişi sağlayan ana kapıyı ve konutun dış etkenlerden korunması amacıyla inşa edilmiş bulunan çatısı başta olmak üzere birçok özelliğini cepheden izlemek mümkündür.

Türk konutlarının coğrafi dağılımlarına bakıldığında plana yansıyan yerel özelliklerin aynı zamanda yapının cephesine de yansıdığı görülür. Bu sebeple farklı bölgelerde inşa edilmiş olan geleneksel konutlar her ne kadar planlama özellikleri olarak bir ortak noktada buluşsalar da özellikle cephe özellikleri açısından birbirlerine göre önemli farklılıklar ortaya koyarlar.

Safranbolu ilçesi, Karabük il sınırları içerisinde, geleneksel mimari özellikleriyle ön plana çıkmış ve 1994 yılında UNESCO Dünya miras listesine dahil olarak gerek yurt içinde ve gerekse yurt dışında haklı bir üne ulaşmış bir yerleşim yeridir. Ancak Karabük'ün geleneksel mimari değerleri sadece Safranbolu ilçesiyle sınırlı değildir. Karabük'ün hemen hemen tüm ilçelerinde geleneksel ve yerel mimari özellikler barındıran ve halen özgünlüğünü sürdürmekte olan yerleşim yerleri bulunmaktadır. Ovacık ilçesi de bu yerleşimlerden bir tanesidir. Ovacık ilçesinde nüfus günden güne

azalmaktadır. Hem bunun bir sonucu olarak hem de mevcut konutlar günümüz ihtiyaçlarına cevap veremediğinden, geleneksel konutlar hızlı bir şekilde kaderlerine terk edilmektedir. Köyde yaşantısını sürdürmeye çalışan yerel halkın bu konutları tadilatla günümüz şartlarına uydurmaya çalışması ya da imkânı varsa yeni bir konut inşa etme çabasına girmesi, kırsal mimari dokusunun hızla yok olma sürecine girmesini beraberinde getirmektedir. Konutlara yapılan bilinçsiz müdahaleler yapının özgünlüğünü zedelemekte, yeni yapılan binalar ise kırsal yaşamın dokusuna aykırı bir şekilde köylerde kendini göstermektedir. Arazi çalışmaları sırasında tespit edilen yukarıda sayılan olumsuz nedenlerden bazıları konutun planının değişmesi sonucunu beraberinde getirirken, konuta yapılan bazı müdahaleler ise konutun geleneksel özelliklerini izleme imkânı bulabildiğimiz cephesinde de değişiklikler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ovacık ilçesini geleneksel mimari açısından konu eden çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. 2018 yılında Avlağıkaya köyünün yöresel mimarisini ve kültürel değerlerini konu edinen bir sempozyum bildirisi (Özköse, 2018) ile 2019 yılında Ovacık ilçesinin en büyük köylerinden bir tanesi olan Dudaş köyünün geleneksel konut mimarisini incelendiği tez çalışması (Çetin, 2019) yapılmıştır. Bu çalışma ise Ovacık geleneksel konutlarının cephe özelliklerinin ele alındığı ilk ve tek çalışma olması açısından önem taşımaktadır.

Çalışma kapsamında Ovacık ilçesinin önemli kırsal yerleşimleri arasında bulunan Gümelik, Dudaş, Boyalı, Yığınot, Avlağıkaya, Küçüksu, Çukur, Başboyunduruk ve Sofuoğlu köyleri yerinde incelenmiş ve fotoğraflanarak belgeleme çalışması yapılmıştır. Alan çalışması esnasında dikkat çekici özellikleriyle ön plana çıkan örnekler cephe düzeni, kat sayısı, kapılar, pencereler, çıkmalar ve üst örtü alt başlıklarında değerlendirilerek, cephe düzenini meydana getiren bu unsurlarda zaman içinde oluşan değişim ve bozulmalar ayrı bir başlık altında değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada Ovacık ilçesi kırsal yerleşimlerinde özgünlüğünü koruyabilmiş geleneksel konutların cephe özellikleri incelenmiştir. Geleneksel mimarlık üzerindeki çalışmalar, bölge, kültür ve iklim gibi nedenler başta olmak üzere farklı etkilerle özgün ve çoğunlukla da alışa gelmişlikten farklı detaylar barındırdığı için değerlidir. Bu çalışma, ilçede daha önce benzer bir araştırma yapılmamış olması açısından önemli olup, çalışma ile ilçenin geleneksel mimarlık dokusuna dikkat çekilmesi amaçlanmıştır.

2. Geleneksel Türk Evinde Cephe

Geleneksel Türk evlerinin büyük çoğunluğu bir ya da iki kattan oluşmaktadır. Sedat Hakkı Eldem'e göre Türk evi tek kattan oluşurken zaman içerisinde kat adedi artmıştır. Kat adedi artsa da esas kullanılan kat, tek kattan oluşmaktadır. Birkaç katlı evlerde esas kat en yukardaki kattır. En basit ev tipleri ise tek katlıdır. Tek kat zeminden en az bir buçuk metre yükseltilerek oluşturulmuştur. Bir kattan daha çok katlı konutlarda zemin katın servis alanı olarak kullanılmasından dolayı bu kısmın cepheye yansması da oldukça sadedir. Üst kat ise yaşam alanı olarak kullanıldığı için cepheye daha hareketli bir şekilde yansmıştır (Eldem, 1984).

Çıkmalar, konutun cephedeki görünümünü etkileyen en önemli unsurlardan bir tanesidir. İç mekânın ışık alması, havalandırılması, mekândaki çarpıklığın giderilmesi gibi nedenlerle çeşitli biçimlerde çıkmalar yapılmıştır. Genellikle sofanın plandaki uzantıları olan çıkmalar, plan şemasının dışı yansımasıdır ve cephede hareketlilik oluşturur. Çıkmalar, yapıdan yapıya değişik biçim ve boyutta olabilmektedir (Urfalıoğlu, 2010).

Geleneksel Türk evinde katlara göre pencere düzenleri farklılık göstermektedir. Üst kat yol seviyesinden daha yukarıda olduğu için pencereleri daha büyük ebatlarda yapılmış, böylelikle yaşama mekânlarının aldığı ışık daha çok olmuştur. Zemin katta ise servis mekânlarının bulunması, taşıyıcı sistemin yığma olması sebebiyle açıklıkların düşürülmesi ve mahremiyetin de etkisiyle küçük boyutlarda pencereler kullanılmıştır. Yaşama katında da ısınma problemlerinden dolayı kışlık odalarda pencere boyutları küçük tutulurken, yazlık odalarda pencereler daha büyük boyutlarda yapılmıştır (Küçükerman, 2007). Geleneksel konutlarda sabit ve hareketli olmak üzere iki tip pencere ile karşılaşılabilir. Sabit pencereler genellikle üst katlarda renkli camlarla birlikte uygulanmıştır. Hareketli pencereler ise düşey sürgülü ya da kanatları açılan pencerelerdir. Pencerelerde bulunan kafesler ve kepenkler cepheye hareket veren önemli elemanlardır (Perker, 2012).

Geleneksel konutlarda cephenin sıvalı ve boyalı olduğu durumlarda renkler, kaplamalı cephelerde ise düşey ve yatay doğrultudaki ahşap kaplamalar; cephenin sıvasız bırakılması halinde ise dolgu malzemesi ve dolgunun geometrik biçimi cepheyi oluşturan diğer önemli unsurlardır.

3. Ovacık İlçesi ve Yerleşim Yeri Özellikleri

Ovacık ilçesinin tarihi ile ilgili yapılan araştırmalara göre ilk yerleşimler M.Ö 2000-3000 yıllarında başlamıştır. Ovacık'ın da içinde bulunduğu Kuzeybatı Karadeniz bölgesine Paplagonialılar yerleşmiş olup, bölgede Paflagonya olarak isimlendirilmiştir. Paflagonya sınırları günümüzde;

Karabük, Kastamonu, Sinop, Çankırı, Bartın illerinin yer aldığı bölgedir. Paflagonya bölgesi tarih boyunca Frigyalılar, Kimmerler, İskitler, Lidyalılar, Persler, Makedonya Krallığı, Pont Krallığı, Roma ve Bizans egemenliğine girmiştir (Gökoğlu, 1952).

1071 Malazgirt Zaferi'nden sonra Anadolu'da başlayan Türkleşme süreci, Paflagonya bölgesine de yayılmıştır. 11. yüzyılın sonu, 12. yüzyılın başında Kuzeybatı Anadolu Türkler tarafından fethedilmeye başlanmıştır (Ersoy, 2011). Emir Karatekin 1082 yılında Çankırı, Eflani, Ulus, Bartın, Kastamonu ve Safranbolu'yu da fethederek bir Türk Emirliği kurdu (Sakaoğlu, 1987). Daha sonraki dönemlerde bölgede; Danişmentliler, Çobanoğulları Beyliği, Umuroğulları ve Candaroğlu Beyliği hâkimiyetleri görülmektedir. 1389 yılında ise bölge toprakları Osmanlı hâkimiyetine geçmiştir.

Osmanlı döneminde Karabük yöresi Bolu sancağına bağlanmıştır. Bolu sancağı 16 kazadan oluşmaktadır. Karabük il sınırlarında bulunan coğrafyada, Taraklı-Borlu (Safranbolu), Viran-Şehir (Eskipazar-Ovacık çevresi) ve Yenice kazaları bulunmaktadır. Ovacık sınırlarını da kapsayan Viran-Şehir; 48 haneli, geçimini tarım ve hayvancılıktan sağlayan bir kazadır. 17.yüzyılda Bolu Sancağının kaza sayısı 36'ya yükselmiştir. Bu durumda Ovacık bölgesinde Viran-Şehir, Şehabeddin ve Ulakderesi (Avlak) kazaları yer almaktadır. Bu kazalar 19. yüzyıla kadar varlığını sürdürmüştür (Ersoy, 2011).

Viran-Şehir, 1811 yılında yapılan düzenlemelerle Sancak haline gelmiştir. Bugünkü Karabük il sınırlarını kapsayan Viran-Şehir sancağının merkezi Taraklı- Borlu (Zağfiranborlu) kazası olmuştur. Ovacık sınırlarında ise Şehabeddin ve Oğlakdere kazaları bulunmaktadır (Salname-i Devlet-i Aliye-i Osmaniye, 1855). Osmanlı taşra teşkilatında 1864 ve 1869-1870'li nizamnameler ile yapılan değişiklikler sonucu eyaletin yerini vilayet almıştır. 1869-1870'de yayınlanan "İdare-i Umumiye-i Vilayet Nizamnamesi" sonucunda vilayetler sancaklara, sancaklar kazalara, kazalar nahiyelere, nahiyelerde köylere ayrılmıştır (Acar, 2008). Ulak, Şehabeddin, Oğlakdere kazaları Ovacık nahiyesini oluşturmuştur. Ovacık nahiyesi Çankırı (Kengiri) Sancağının Çerkeş kazasına bağlanmıştır. 1869 yılında Ovacık nahiyesine bağlı 25 köy, 2145 hane bulunmaktadır (Ersoy, 2011).

Çankırı ili, Çerkeş kazasına bağlı nahiye olan Ovacık, 1959 yılında ilçe olarak Çankırı'ya bağlanmıştır. 1995 yılında Karabük'ün il olmasıyla Ovacık, Karabük iline bağlı bir ilçe olmuştur.

İlçe nüfusu 1980'li yıllarda köyleriyle birlikte yaklaşık 10000 iken, günümüzde merkez nüfusu 600, köyleriyle birlikte ise 5000 civarındadır. Ovacık ilçesi göç veren bir ilçedir. İş imkânlarının oldukça kısıtlı olması, tarım ve hayvancılığa verilen önemin azalması ve yetersiz sosyal imkânlar göçün başlıca sebepleridir (Yiğit, 2011).

Ovacık ilçesi sınırlarında 42 köy ve 1 merkez mahalle bulunmaktadır. Arazi yapısının dağlık olmasından dolayı köyler çok sayıda mahalleden meydana gelmiştir. İlçede toplamda 137 yerleşim birimi yer almaktadır. Bu yerleşim birimlerinde yaklaşık 1700 hane bulunmaktadır. İlçede hiç kimsenin yaşamadığı, tamamen terkedilmiş yerleşim birimleri de vardır.

İlçede ve köylerde yer alan yapı türleri; konut, samanlık, ahır, ambar, köy odaları, cami, okul ve çeşme olarak gruplandırılabilir. İlçe merkezindeki yapıların çoğunluğu betonarme sistemle inşa edilmiş olsa da köylerdeki yapılar geleneksel yapım teknikleri kullanılarak inşa edilmiştir. Günümüz yaşam koşullarının etkisiyle işlevini yitirmeye başlayan geleneksel yapılar, yerlerini modern teknikler kullanılarak inşa edilen yapılara bırakmaya başlamıştır. Bu durumda köylerin geleneksel dokusuna zarar vermektedir.

Geleneksel yapım teknikleri kullanılarak inşa edilen konutlarda taşıyıcı sistem olarak çoğunlukla ahşap çatki sistem kullanılmıştır. Yapılarda kullanılan bir diğer taşıyıcı sistem ise çantı tekniğidir. Ahşap çatki ve çantı tekniğinin bir arada kullanıldığı yapılar da mevcuttur. Kırsal alanlarda yer alan yapılarda elde edilmesi kolay olan ahşap, taş ve kerpiç en sık tercih edilen yapı malzemeleri olmuştur. Yapının hemen hemen her bölümünde ahşap malzeme kullanımı söz konusudur.

1944 yılında gerçekleşen Bolu-Gerede depreminde Ovacık ilçesi büyük hasar almıştır. Çok sayıda can ve mal kaybı yaşanmıştır. Bu depremin ardından yıkılan yapıların yerlerine yörede yetişmiş yapı ustaları tarafından yeni yapılar inşa edilmiştir.

4. Çalışma Alanında Geleneksel Konutlarda Cephe Düzeni

Bölgede yer alan geleneksel konutlar, oldukça sade, süslemeden uzak cephe düzenine sahiptir. Cepheyi oluşturan temel elemanlar; kapılar, pencereler, çıkmalar ve üst örtülerdir. Cephede nadir kullanılan süsleme elemanları; pencere pervazları ve bazı kapıların üzerinde yer alan motifli boşluklar ile giriş kapılarının hemen üzerlerinde düşünülen kafesli ışıklıklar olarak nitelendirilebilir. Zemin kat cepheleri sağır tutulmuş, bazı konutlarda zemin katta bulunan ahır kısmındaki gübreleri dışarı atmak için kullanılan ve yörede “temek” adı verilen boşluk açılmıştır. Üst katlarda yer alan odalara ihtiyacı karşılayacak sayıda pencere boşlukları açılmış, bazı yapılarda çıkma yapılarak cepheye hareket kazandırılmıştır.

4.1. Kat Sayısı

Ovacık kırsal yerleşimlerinde geleneksel konutlar genellikle tek veya iki katlıdır. Üç katlı çok az sayıda konut örneğine rastlanılmıştır. Birden çok katlı konutlarda genellikle zemin katın, ahır veya

depo olarak kullanıldığı görülmüştür. Eğimli arazi yapısından dolayı yüksek kottan bakıldığında yapılar tek katlı gibi görünürken, aslında iki veya üç katlıdır.

4.2. Giriş Kapıları

Ovacık geleneksel konutlarında yapılara ya doğrudan sokaktan girilmekte ya da sokaktan önce avluya girilerek konuta erişim buradan sağlanmaktadır (Şekil 1). Alt katın ahır olarak kullanıldığı bazı konutlarda ahır girişi ile konut girişi farklı iki kapıdan yapılmıştır. Bu tür konutlarda ahır kapısı iki kanatlı iken konutun yaşama mekânlarına girişi sağlayan kapı tek kanatlıdır.



(a)



(b)

Şekil 1. Geleneksel konutlarda giriş örnekleri. (a) Başboyunduruk köyü, (b) Gümelik köyü.

Ovacık'ın eğimli arazi yapısından dolayı bazı konutlarda farklı iki kottan giriş sağlanmaktadır. Bu tür örneklerde, üst kotta ve sokağa bakan kısımda bulunan kapı ile doğrudan yapının 1. katına giriş sağlanırken; alt kotta ve farklı bir cephede bulunan başka bir kapı ise bahçeye açılmaktadır. Hem zemin katın hem de 1. katın girişinin aynı cepheden sağlandığı örneklerde bulunmakta olup, bu örneklerde 1. kata giriş, aynı cephede inşa edilmiş olan bir dış merdivenle sağlanmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Girişin 1.kattan merdivenle sağlandığı konut örneği (Sofuoğlu köyü).

Özgün kapıların tamamı ahşap malzeme kullanılarak yapılmıştır. Ahşap çift kanatlı kapılarda her bir kanat genişliği yaklaşık 75-80 cm'dir. Kapı yüksekliği alt katın kullanım amacına göre değişmekte olup 180-220 cm arasındadır. Bazı nitelikli örneklerde giriş kapılarının üzerinde farklı desen özellikleri gösteren boşluklar bırakılarak iç mekânın az miktarda da olsa ışık alması sağlanmıştır (Şekil 3). Bazı giriş kapılarının üzerinde girişi aydınlatmak amacıyla ahşap kafes yapılmıştır (Şekil 4). Ahşap kapılar; çakma veya tablalıdır. Bazı kapılarda metal kapı tokmakları bulunmaktadır. Kapı kilitleri ağaç kilit şeklinde, olup her kapının kilidi kendine özgüdür.



(a)



(b)

Şekil 3. Giriş kapılarının üzerindeki motifli boşluk örnekleri. (a) Boyalı köyü, (b) Dudaş köyü.



(a)



(b)

Şekil 4. Giriş kapılarında ahşap kafes kullanım örnekleri. (a) Boyalı köyü, (b) Küçükso köyü.

4.3. Pencereleler

Zemin katları ahır veya depolama olarak kullanılan konutlarda zemin katlarda az sayıda pencere yapılmıştır. Konutların zemin katında yer alan ahır bölümünde küçük boşluklar bırakılarak bu boşluklardan hem ahırın havalandırılması sağlanmakta ve hem de bu boşluktan hayvanların gübreleri dışarı atılmaktadır. Bu açıklığa yörede “temek” denilmektedir (Şekil 5). Temek, mazgal pencere sisteminde yapılmış olup, içeriye doğru genişlemektedir. Zemin katında oda bulunan konutlarda ise, mahremiyet ve güvenlik açısından pencerelerde ahşap kapakların kullanıldığı görülmektedir.



Şekil 5. Temek penceresi örneği (Çukur köyü).

Ovacık ilçesi kırsal yerleşimi geleneksel konutlarında kullanılan ahşap giyotin ve ahşap kanatlı pencerelerin çok büyük bir kısmı özgündür. Giyotin pencerelerin birçoğunda ahşap kapak kullanılmıştır (Şekil 6). Kanatlı pencereler, pencerenin genişliğine göre ahşap çıtalarla kanatlara ayrılmıştır (Şekil 7). En yoğun olarak dört kanatlı pencereler kullanılmış olup, bu pencerelerin ortadaki iki kanadı açılmaktadır. Bununla beraber, iki, üç veya dört kanatlı pencere örnekleri de görülmektedir. Pencereleri dıştan genellikle sade bir pervaz çevrelerken, bazı pencerelerin alt pervazları farklı formlarda biçimlendirilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 6. Giyotin pencere örnekleri. (a) Küçüksu köyü (b) Sofuoğlu köyü.



(a)



(b)

Şekil 7. Ahşap kanatlı pencere örnekleri. (a) Çukur köyü, (b) Dudaş köyü.

Üst katı oluşturan yaşama birimlerinde yörede “çardak” adı verilen sofalarda aydınlık mekânlar oluşturacak sayıda ve büyüklükte pencere düzenlemesi yapılmıştır. Çardağın çıkma şeklinde yapıldığı konutlarda çardak, dışarı bakan üç yüzünde yer alan pencerelerle aydınlatılmış ve sokağa farklı açılardan bakış sağlanmıştır. Odalarda ise, konut içerisindeki durumuna göre bir ya da iki cephesinde pencereler yer almaktadır. Çatı arasının kullanıldığı bazı konutlarda çatı katında da pencere bulunmaktadır.

4.4. Çıkmalar

Ovacık kırsal yerleşiminde konutların üst katlarında; çardak ve abdestlik-hela bölümlerinde sıklıkla kapalı çıkma uygulamasına rastlanırken; kat boyunca devam eden çıkma çok az örnekte görülmüştür. Çardakta çıkma yapılan bölüm “eyvan” olarak adlandırılır. Eyvanın çıkma şeklinde

yapılması sayesinde, çardağın daha iyi aydınlatılması ve dışarıyı izleme imkânı sağlanmıştır. Bazı konutlarda eyvanın çıkma yapan her üç yüzüne de pencere yapılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Çardak mekânında çıkma örneği (Avlağıkaya köyü).

Islak hacimler genellikle konutun arka cephesinde yer almakta olup, ince uzun bir koridordan geçilerek ulaşılan mekânlardır. Çıkma olarak yapılan bu kısım, ahşap kaplama tahtalarıyla kapatılmıştır (Şekil 9). Örneklerin tamamında ahşap kaplamalar dikey olarak yapılmış olup, bazı örneklerde ise iç mekânın ışık alması amacıyla aralarında açıklık bırakılarak çakılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 9. Islak hacim kapalı çıkma örnekleri. (a) Dudaş köyü, (b) Boyalı köyü.

Çıkmaların büyük çoğunluğu bir mekâna dahil olan kapalı çıkma olarak yapılmışken, az sayıda örnekte balkon olarak kullanılan açık çıkma uygulaması bulunmaktadır (Şekil 10). Bu çıkmaları

(balkonların) üzeri çatı ile örtülmüş, üst örtüyü taşıması için de ahşap dikmeler kullanılmıştır. Balkon korkulukları ahşap parçaların aralıklarla çakılmasıyla oluşturulmuş oldukça sade bir görünüme sahiptir. Bu çıkmaların bazıları alttan eliböğründelerle desteklenmişken, bazıları ise desteksiz olarak yapılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 10. Açık çıkma örnekleri. (a) Dudaş köyü, (b) Boyalı köyü.

Çalışma alanında tespit edilen çıkmalar statik bakımdan; konsol, konsol kirişli veya payandalı şekilde yapılmıştır (Şekil 11). Konsol çıkma, kat seviyesinde döşeme kirişlerinin uzatılmasıyla oluşturulur. Konsol kirişli çıkma, duvar yüzeyine dik döşeme kirişlerinin uzatılmasıyla oluşturulan çıkma çeşididir. Payandalı çıkma, çıkmayı taşıyan kirişlerin payandalarla desteklenmesiyle oluşturulur. Döşeme kirişlerinin direkt payandalarla desteklendiği veya payandaların çıkma kirişini desteklediği olmak üzere iki farklı şekilde payandalı çıkma yapılmaktadır. Döşeme kirişlerinin altı bazen kaplama tahtasıyla kapatılırken bazen de açıkta bırakılmıştır.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 11. Kapalı çıkma örnekleri. (a) Gümelik köyü, (b) Dudaş köyü, (c) Gümelik köyü, (d) Dudaş köyü.

4.5. Üst Örtü

Geleneksel Ovacık evlerinde; kırma çatı, üç omuz çatı ve beşik çatı olmak üzere üç farklı üst örtü uygulaması tespit edilmiştir (Şekil 12). Çok az sayıda konutta ise sundurma çatı biçimi kullanıldığı görülmüştür. Dikdörtgen plan şemasına sahip yapılarda genellikle beşik çatı, kareye yakın planlı yapılarda kırma çatı tercih edilirken, eğimli araziye oturan konutlarda ise üç omuz çatı tipi kullanılmıştır (Çetin, 2019). Balkonlu konutlarda çatı, balkonun üzerini kapatacak şekilde düzenlenmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 12. Üst örtü kullanımına örnekler. (a) Küçüksu köyü, (b) Avlağıkaya köyü, (c) Dudaş köyü, (d) Beydini Köyü.

Üst örtü kaplama malzemesi olarak alaturka kiremit kullanılmıştır. Ancak zaman içerisinde konutlarda yapılan tadilatlarda alaturka kiremit yerine marsilya kiremit veya sac örtü kullanıldığı görülmektedir. Çatı saçakları, yapıyı yağmurdan koruyacak şekilde cepheden yaklaşık 60 cm taşırılarak yapılmıştır. Saçağın açık çıkmaların üzerinde bulunduğu durumlarda alttan payandalarla desteklenmiştir (Şekil 13). Konutlarda bacalar genellikle birleştirilmiş olup çatı üzerine çok sayıda baca çıkartılmamaya özen gösterilmiş ve yapımında harman tuğlası kullanılmıştır (Şekil 14).



Şekil 13. Geniş çatı saçağının payandalarla desteklenmesi (Küçüksu köyü).



Şekil 14. Baca örnekleri.

5. Geleneksel Ovacık Konut Cephelerinde Değişim ve Bozulmalar

Geleneksel konutlar yapıldıkları tarihten günümüze kadar geçen zaman içerisinde çeşitli etmenlerden dolayı birtakım değişimler geçirmekte, geçirdikleri bazı değişimler de çeşitli bozulmalara sebep olmaktadır. Yaşantının değişmesi konutlarda fiziksel değişime neden olmakta, zaman içerisinde bakımsızlık nedeniyle fiziksel eskime süreci yaşayan konutlar bu duruma bağlı olarak bozulmaya başlamaktadır. Bu bozulmalar; biçimsel değişim ve buna bağlı bozulmalar, eleman ve malzeme kullanımındaki değişim ve bozulmalar, taşıyıcı sistemdeki değişim ve bozulmalar olarak üç grupta incelenebilmektedir (Perker, 2012).

Ovacık geleneksel konutlarında cephelerde görülen biçimsel değişim ve bozulmalar, zemin kattaki mekânların işlev değişikliğine bağlı olarak pencereler açılması veya var olan açıklıkların kapatılması, yeni kapı yapılması, üst katlarda yer alan pencerelerin sayısı, yerleri ve boyutları değiştirilmesi, ahşap pencere kapaklarının kaldırılması olarak sıralanabilir (Şekil 15). Cephelerdeki eleman ve malzeme kullanımındaki değişim ve bozulmalar ise ahşap pencerelerin sökülerek yerine pvc malzemeden üretilmiş pencerelerin takılması, ahşap kapıların yerine metal kapıların kullanılması, ahşap karkas arası dolgu malzemesi olarak kerpiç ve taş yerine modern tuğla, gaz beton veya briket kullanılması, özgün halinde sıva ve boya bulunmayan taş duvarların sıvanması veya boyanması, çatı kaplama malzemesi olarak sac levhaların kullanılması şeklindedir. Cephelerdeki taşıyıcı sistemde görülen değişim ve bozulmalar ise, taşıyıcı sistemde kullanılan elemanların zaman içerisinde fiziksel eskimeyle çeşitli bozulmaların meydana gelmesi şeklindedir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 15. Cephelerde meydana gelen değişim ve bozulmalara örnekler. (a) Dudaş köyü, (b) Boyalı köyü, (c) Dudaş köyü, (d) Başboyunduruk köyü.

6. Sonuç ve Öneriler

Çalışmada Ovacık kırsal yerleşimlerinde yer alan geleneksel konutlar cephe düzenlemesi açısından kat sayısı, giriş kapısı, pencere, çıkma, üst örtü başlıkları altında detaylı olarak ele alınmıştır (Tablo 1). Geleneksel konutlar genellikle iki kattan oluşmaktadır. Konutların bazıları bahçe içerisinde yer alırken bazıları direk sokağa cephelidir. Konutların birden çok girişi olabilmekle beraber, genelde ahşap iki kanatlı kapılardan giriş yapılmaktadır. Ahşap giyotin veya kanatlı pencere kullanımı yaygındır. Çıkmaların çoğu konsol çıkma şeklinde olup yapının orta kısmında yer alan çardakta (sofada) görülmektedir. Hela ve abdestlik mekânları da konutun arka cephesinde çıkma şeklinde inşa edilmiştir. Konutun plan şemasına ve konumuna göre kırma veya beşik çatı kullanımı yaygındır.

Tablo 1. Ovacık kırsal yerleşimlerindeki geleneksel konutlarda cephe elemanları örnekleri.

Kat Sayısı	 Dudaş Köyünden	 Avlağıkaya Köyünden	 Dudaş Köyünden	
Giriş Kapısı	 Gümelik Köyünden	 Boyalı Köyünden	 Koltuk Köyünden	 Yığınot Köyünden
Pencereler	 Dudaş Köyünden	 Gümelik Köyünden	 Gümelik Köyünden	 Küçüksu Köyünden
Çıkmalılar	 Dudaş Köyünden	 Boyalı Köyünden	 Dudaş Köyünden	 Gümelik Köyünden
Üst Örtü	 Küçüksu Köyünden	 Dudaş Köyünden	 Dudaş Köyünden	 Ganibeyler Köyünden

Konu hakkında yapılan literatür çalışmalarına bakıldığında Ovacık geleneksel konut mimarisi hakkında yeterli düzeyde çalışma yapılmadığı görülmektedir. Yapılan araştırmalar sonucu tescil altına alınmış konut örneği bulunmadığı, geleneksel yapıların korunmasına yönelik herhangi bir girişimin olmadığı görülmüştür. Geleneksel yapımların teknikleri kullanılarak, bölgenin yerel yapı ustaları tarafından inşa edilmiş bu konutlar birer kültürel miras değeridir. Ancak bu yapılar sosyal ve ekonomik nedenlerden dolayı zamana yenik düşmeye başlamış, konutlarda değişim ve bozulmalar meydana gelmiştir. Bu değişim ve bozulmalar genellikle; zemin katlarda pencerelerin boyutlarının değiştirilmesi, yeni pencere ve kapılar açılması, üst kat pencerelerinde ahşap kapakların kaldırılması, özgün ahşap pencerelerin sökülerek yerlerine pvc pencerelerin takılması, duvar dolgu malzemelerinin değiştirilmesi, cephe bütünlüğünü bozacak şekilde sıva ve boya yapılması olarak sıralanabilir.

Ovacık geleneksel konutlarının cephelerindeki değişim ve bozulmaların en temel sebeplerinden biri de kullanıcıların günümüz ihtiyaç ve konfor koşullarına, konutların cevap verememesi olarak gösterilebilir. Kullanıcılar konutları günümüz şartlarına uyumlu hale getirmek isterken yapıya bilinçsizce müdahalelerde bulunmakta, bu da konutların özgünlüğüne zarar vermektedir. Geleneksel konutlarımızın korunabilmesi için gerekli önlemler alınmalı, yöre insanı bilinçlendirilmelidir. Ovacık, birçok özgün kırsal mimari doku özellikleri barındıran kırsal yerleşimlere sahiptir. Kültürel miras değerindeki mimari değerler yok olmadan kayıt altına alınmalı, özgünlüğünü kaybeden yapılar aslına uygun hale getirilmeli, yeniden işlev verilerek kullanımları sağlanmalı ve gelecek kuşaklara aktarılması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışmanın özet bildirimi “18-21 Kasım 2020’de Karabük Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi tarafından Safranbolu’da Uluslararası Mimarlık Araştırmaları Sempozyumu (ReseArch’20)” kongresinde sözlü sunum olarak sunulmuş olup, kongre üyelerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Acar, M., (2008). *Tarihi Safranbolu Çeşmeleri*, Ankara: Öztürkler Matbaa.
- Çetin, E., (2019). *Karabük İli Ovacık İlçesi Dudaş Köyü Örneğinde Kırsal Yerleşimlerdeki Geleneksel Konutların İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.
- Eldem, S., H., (1984). *Osmanlı Dönemi Türk Evi*, İstanbul: Türkiye Anıt Çevre Turizm Değerlerini Koruma Vakfı.
- Ersoy, H., L., (2011). *Karabük’ün Köyden Kente Dönüş Öyküsü Karabük Tarihi*, Karabük: Karabük Valiliği İl Özel İdaresi Kültür Yayını.
- Gökoğlu, A., (1952). *Paphlagonia*, Kastamonu: Doğrusöz Matbaası.
- Küçükerman, Ö., ve Güner, Ş., (1995). *Anadolu Mirasında Türk Evleri*, İstanbul: T.C. Kültür Bakanlığı Yayınları.

- Özköse, A., Yıldırım, M. N., Uslu, E., Çetin, E., (2018, Ekim). *Ekolojik Değerlerin Sürdürülmesinde Kırsal Değerlerin Korunmasının Önemi ve Karabük-Ovacık Avlağıkaya Köyü Örneğinde Bir “Eko-Müze” Deneme Projesi*, Dicle Üniversitesi 1. Uluslararası Mimarlık Sempozyumu, Diyarbakır, s. 1274-1290.
- Perker, S., Z., (2012, Nisan). Geleneksel Cumalıkızık Konutlarında Cephe Özellikleri ve Günümüzdeki Durum, 6. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu* (s. 1-10). Bursa: Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi.
- Sakaoğlu, N., (1987). *Amasra'nın üç bin yılı*, Zonguldak: Zonguldak Valiliği.
- Salname-i Devlet-i Aliye-i Osmaniye, (1855).
- Urfalıoğlu, N., (2010). *Antalya, Isparta ve Burdur Evlerinde Cephe Biçimlenişi*, Antalya: Suna-İnan Kıraç Akdeniz Medeniyetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Yiğit, G. K., (2011). Ovacık (Karabük) İlçesinin Nüfus Özellikleri. *Electronic Turkish Studies*, 6(2), 523-536.

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 240-256, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Araştırma Makalesi / Research Article**Doi: [10.47898/ijeased.861766](https://doi.org/10.47898/ijeased.861766)**Determination of Liquefaction Potential of Tabriz City, Northwest of Iran**Masoud Hajialilue Bonab¹, Mahdi Asadiyan¹, Hamid Reza Tohidvand¹, Muhammed Mahmudi^{2*}¹ Department of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran.² Department of Civil Engineering, Ege University, Izmir, 35100, Turkey.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : mu.mahmudi@hotmail.com  https://orcid.org/0000-0003-2865-2492 , M. Hajialilue Bonab  https://orcid.org/0000-0001-8120-7908 , M. Asadiyan  https://orcid.org/0000-0003-2849-4383 , H.R. Tohidvand  https://orcid.org/0000-0002-3937-3571 , M. Mahmudi	Geliş Tarihi / Received Date: 15.01.2021 Revizyon Tarihi / Revision Date : 06.03.2021 Kabul Tarihi / Accepted Date: 22.03.2021 Yayın Tarihi / Published Date: 15.07.2021
Alıntı / Cite : Bonab, M.H, Asadiyan, M., Tohidvand, H.R., Mahmudi, M. (2021). Determination of Liquefaction Potential of Tabriz City, Northwest of Iran, International Journal of Eastern Anatolia Science Engineering and Design, 3(1), 240-256	

Abstract

The city of Tabriz, located in Northwestern Iran, is one of the seismo-tectonically active regions of Iran. Historical earthquake sequences of this area show that the recurrence interval of earthquakes with $M > 6$ can be estimated equal to 250 years (while some larger earthquakes with $M > 7$ have been reported in the literature). Based on this knowledge, the occurrence of a large earthquake in the city of Tabriz is expected for upcoming decades. Therefore, evaluating the potential of liquefaction (as one of the significant hazards induced by earthquakes) and providing an appropriate hazard zonation map for this city is necessary for pre-crisis management. To this aim, different methods are applied to assess the potential of liquefaction in the study area and a comparison between their results is presented in this paper. Methods based on the standard penetration test and fully coupled finite element site response modeling are employed to investigate the potential of liquefaction. In this study, it has been shown that some populated areas of the studied city have been built in liquefiable regions and therefore necessary measures should be taken by city authorities for these regions.

Anahtar Kelimeler: Finite element, Liquefaction, Site response, Tabriz.

Tebriz Şehrinin Sıvılaşma Potansiyelinin Belirlenmesi, İran'ın Kuzeybatısı

Özet

İranın Kuzeybatısında bulunan Tebriz şehri, sismotektonik olarak İranın aktif bölgelerinden biridir. Bu bölgedeki tarihsel depremlere bakıldığında büyüklüğü 6 'ın üzerinde olan depremlerin tekrarlanma sıklığının 250 yıla eşit olarak tahmin edilebileceğini görülmektedir (literatürde büyüklüğü 7' den fazla olan bazı büyük depremler bildirilmiştir). Bu bilgilere ışığında, önümüzdeki yıllarda Tebriz şehrinde büyük bir depremin meydana gelmesi beklenmektedir. Bu nedenle, sıvılaşma potansiyelini (depremlerin neden olduğu önemli tehlikelerden biri olarak) değerlendirmek ve şehir için uygun bir tehlike haritası oluşturmak önem arz etmektedir. Bu amaçla bu makalede, çalışma alanındaki sıvılaşma potansiyelini değerlendirmek için literatürde yer alan farklı yöntemler uygulanmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sıvılaşma potansiyelini araştırmak için standart penetrasyon deneyi ve saha tepki analizlerine dayanan sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, Tebriz'de nüfusun kalabalık olduğu bazı bölgelerin sıvılaşabilir olduğu gösterilmiştir. Bu veriler ışığında vakit kaybetmeden gerekli tedbirlerin alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Keywords: Sonlu elemanlar, Sıvılaşma, Saha tepkisi, Tabriz.

1. Introduction

Liquefaction is a natural hazard that can occur during earthquakes. Saturated granular soils (and in some cases intermediate soils) are capable to liquefy during rapid vibrations. The tendency to contraction (in an undrained situation) results in developing positive pore water pressures and the reduction of effective stresses. By decreasing effective stresses, shear strength of the soil body will be decreased, therefore adjacent structures can be exposed to hazards. Liquefaction induced damages have been frequently reported in previous earthquakes from different areas of the world. For example, the Liquefaction-Induced Settlement of Single Story Structures in Roudboneh (a town in the north part of Iran) during the 1990 Manjil earthquake is shown in Fig. 1.



Figure 1. Liquefaction induced damages in Roudboneh, a town in the north part of Iran
(Yegian et al., 1993).

In order to reduce the damage caused by earthquakes, determining the level of risk in urban areas (including the risk of liquefaction) is necessary not only for the proper design of future structures, but also for urban development plans, crisis management plans and land use plans. Extensive studies have been performed to determine the liquefaction potential of granular or non-plastic fine-grained soils previously. Experimental methods based on field experiments (Moss et al., 2006), laboratory tests (Monkul et al., 2015), experimental methods based on geomorphological and geological characteristics (Ganapathy and Rajawat (2012)), numerical methods (Jafarian et al., 2011) and methods based on artificial intelligence (Goh, 1994) are among the tools introduced for liquefaction hazard investigations. Yilmaz and Yavuzer (2005) presented liquefaction potential and susceptibility maps for the city of Yalova, Turkey. Yalcin et al. (2008) presented a liquefaction severity map for Aksaray city center (Central Anatolia, Turkey) by using SPT results and considering fine content effects. Tosun et al. (2011) used the SPT based methods to evaluate soil liquefaction potential in Eskisehir (a city in the north-west of Turkey). Sassa and Yamazaki (2016) presented a simplified approach to evaluate the potential of liquefaction using the concept of effective wave number. Kajihara et al. (2020) investigated liquefaction potential and road network subsidence relationship using the AIJ (2001) method. Bahari et al. (2020) estimated liquefaction potential using different approaches in Eco-Delta City (Busan) with considering effects of fine contents. Cabalar et al. (2019) investigated soil liquefaction potential in Kahramanmaraş (a city in Turkey) using the empirical methods (based on the standard penetration test results).

Iran is located in one of the most seismologically active regions of the earth and a large number of quakes (from negligible magnitudes to sever events) have been reported there every year. Because of such a hazardous geological situation, liquefaction hazard investigation (and hazard mapping) for different areas of this country is an essential step in pre-crisis management approaches. The city of Tabriz, located in Northwestern Iran, is one of the seismo-tectonically active regions of Iran. The location of Tabriz city, the general layout of the Tabriz metro network (as a main lifeline facility of the city) and geological map of this city are shown in Fig. 2.

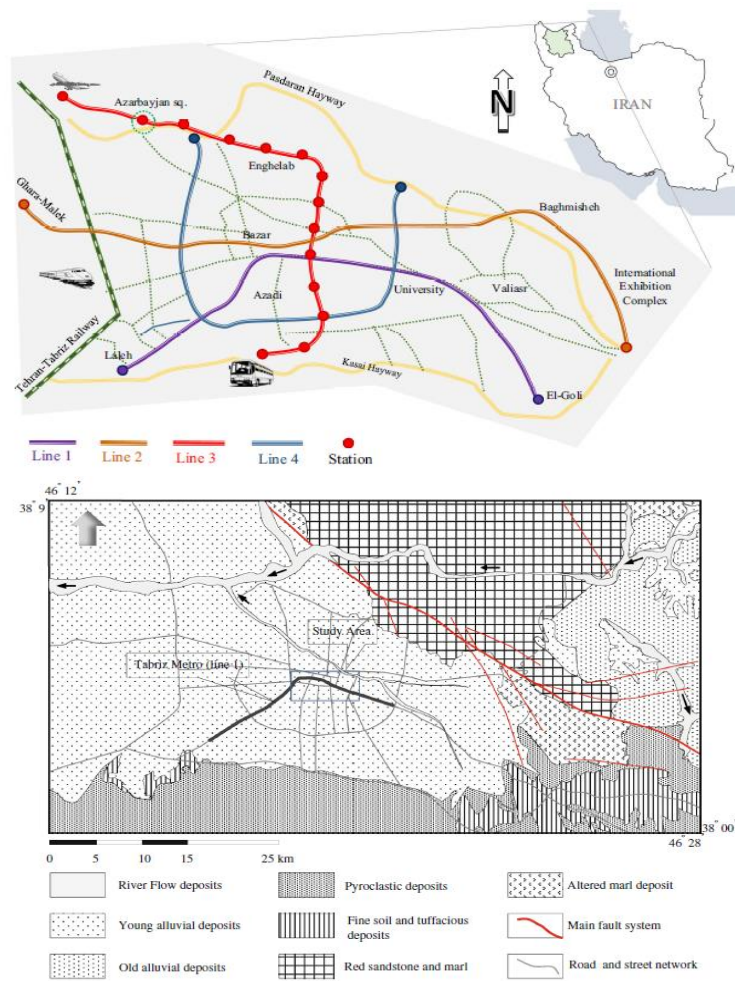


Figure 2. Location of Tabriz city, the general layout of the Tabriz metro network and geological map of this city (Barzegari and Zhao, Barzegari et al., 2018).

Historical earthquake sequences of this area show that the recurrence interval of earthquakes with $M > 6$ can be estimated equal to 250 years (while some larger earthquakes with $M > 7$ have been reported in the literature). Previously Recently done site investigations in this city show some evidence of historically liquefied deposits. For example, boiled sand layers were observed during excavations in the west part of the city. To investigate the potential of the liquefaction in Tabriz, seismic hazard analysis is applied in this paper. Seismicity parameters, design earthquake magnitude (for a 475-year duration), peak expected accelerations and distribution of these earthquake-induced peak accelerations are obtained. Then, different methods are applied to assess the potential of liquefaction in the study area and a comparison between their results is presented in this paper. Methods based on the standard penetration test and fully coupled finite element site response modeling are employed to investigate the potential of liquefaction.

2. Seismic Hazard Assessment of Tabriz City

Liquefaction potential of a site, directly related to received ground motion parameters. Therefore at the first step of any liquefaction hazard zonation, the main characteristics of the expected earthquake motion should be determined. Strong ground motion assessments can be done using seismological and geological data (JSSMF, 1993). In this paper, the probabilistic seismic hazard analysis (PSHA) is used for calculating the required parameters. To evaluate seismicity parameters, the Kijko method (Kijko and Öncel, 2000) is employed which is established upon doubly truncated Gutenberg-Richter relationship (Kijko, 2004) and the maximum likelihood estimation method. The Kijko method is an interesting approach especially for dealing with low accuracy data and different types of errors in seismicity data.

To obtain seismicity parameters, the used earthquake catalog is divided into three different groups. Historical earthquakes which contain magnitudes of earthquakes before the year 1900. For this group of earthquakes, the magnitude inaccuracy is considered equal to 0.5. The second group is consists of instrumentally recorded earthquakes between the years 1900 and 1964 with magnitude inaccuracy of 0.3 and the threshold magnitude of $M_s = 4$. The last group contains instrumentally recorded earthquakes from 1964 till now where the magnitude inaccuracy is selected equal to 0.1 and threshold magnitude of $M_s = 4$. Three seismicity parameters of the Kijko method (β : Seismicity Coefficient, λ : Annual Rate) are obtained by the method. The achieved results are presented in Table I. Annual rate of occurrence, λ , for different magnitudes is shown in Fig. 3.

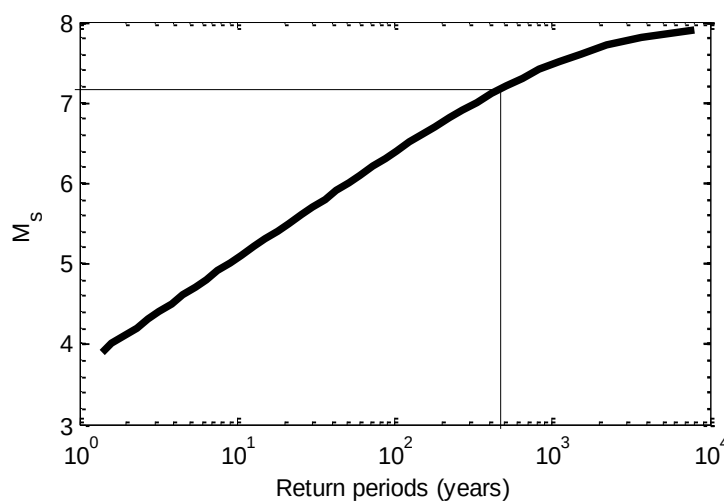


Figure 3. The relationship between the return period and the earthquake magnitude in 200 km radius around Tabriz.

Tablo 1. The Result Values of the Calculated Seismic Hazard Parameters by Kijko Method.

Parameters	Value
Beta	1.70
Lambda	0.73

To ensure the accuracy of the calculated seismicity parameters, the achieved results by Razaghi et al. (2016) are presented in Table II and Fig. 4. By neglecting effects of the selected threshold magnitude (4 in this research, 4.5 and 5 in the reference (Zare M. and Sabzali, 2006)), it can be observed that both results are in a good agreement for strong quakes and the existent little differences may be arisen because of the occurred earthquakes between the two different research times (and different earthquake catalogs).

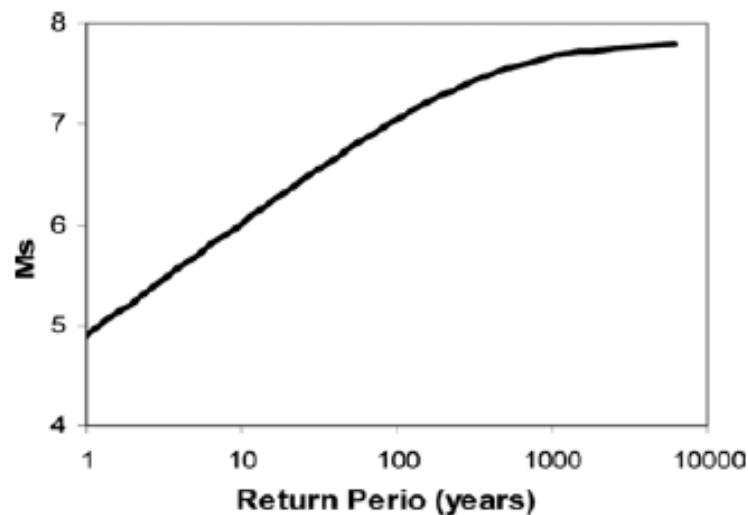


Figure 4. The achieved results for the relationship between the Return Period and the Earthquake Magnitude in 200 km Radius Around Tabriz by Razaghi et al., 2016.

Tablo 2. The Result Values of the Calculated Seismic Hazard Parameters by Kijko Method, (Razeghi et al., 2016)

Threshold Magnitude=4.5		Threshold Magnitude=5	
Parameters	Value	Parameters	Value
Beta	2.03	Beta	1.90
Lambda	0.622	Lambda	0.70

To predict peak ground acceleration (PGA) during the design earthquake ($M_s=7.2$) two different attenuation relationships are employed. Results of the PGA by using the Zareh and Sabzali (Zare M. and Sabzali, 2006) attenuation relationship is depicted in Fig. 5a. Fig. 5b shows the calculated PGAs using the attenuation relationship proposed by Campbell, 1997. Based on the achieved results $a_{max}=0.65$ can be expected from the design earthquake of the Tabriz city.

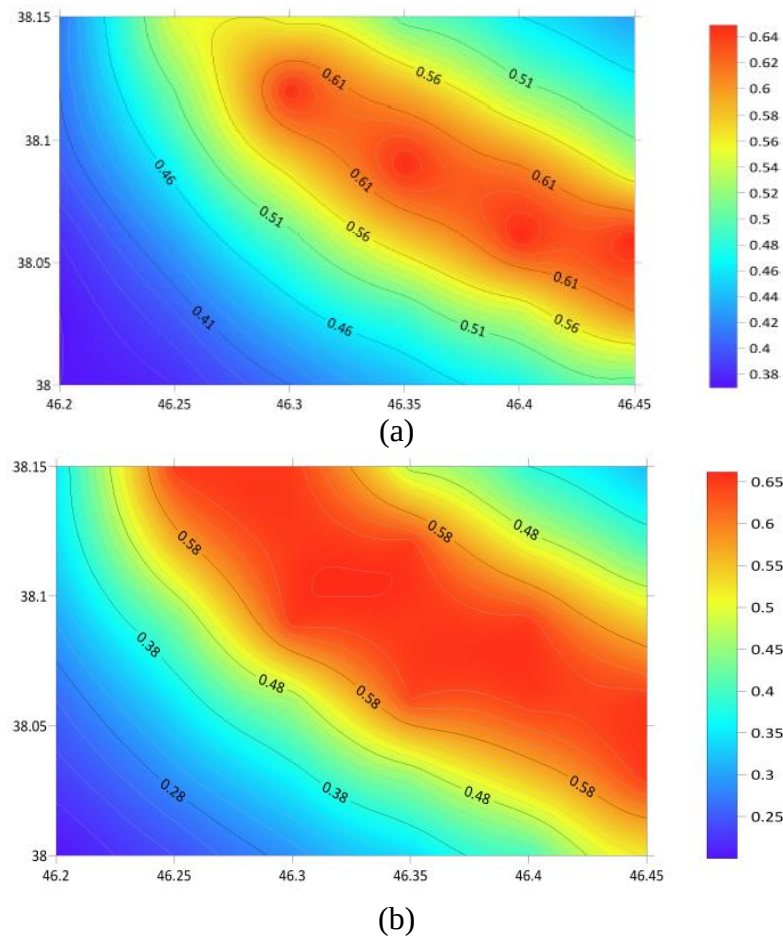


Figure 5. Results of the PGA by using the Zareh and Sabzali attenuation relationship. (b) Calculated PGAs using the attenuation relationship proposed by Campbell (1997).

These results are in good agreement with the results of the seismic hazard zonation of Iran presented by Mousavi et al., 2014 (Fig. 6).

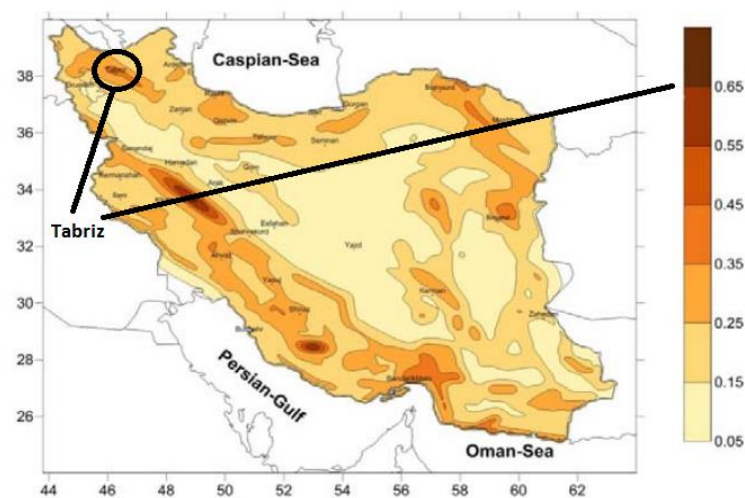


Figure 6. Seismic hazard zonation of Iran presented by Mousavi et al. 2014.

3. Hydrological and Geotechnical Properties Of Tabriz City

To assess necessary important geotechnical and hydrological features of Tabriz, a comprehensive database containing data of 350 sites are gathered and interpreted. Using this comprehensive database, the distribution of groundwater levels in the studied area is prepared. Fig. 7 shows the water level distribution (only areas with water level between the ground surface and -20m) on the interesting territory.

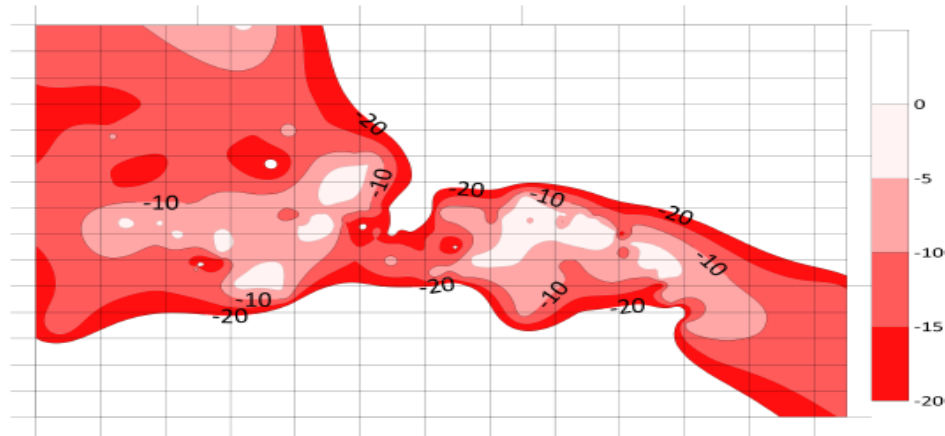


Figure 7. The water level distribution (only areas with water level between the ground surface and -20m) in the studied area.

To unify the justification criterion, geotechnical properties are evaluated by a modified standard penetration test number (SPT). The obtained results are depicted in Fig. 8. It should be mentioned that for the east north and west south of the study region, SPT numbers are sophisticatedly considered (because of the lack of information at these areas). The considered SPT numbers for these areas (with mainly marl stones slopes) are selected based on the rarely available information and engineering judgment. As the northeast and southwest of Tabriz city has water level deeper than -20m and non-granular (liquefiable) soils, these considerations can not affect the accuracy of the results.

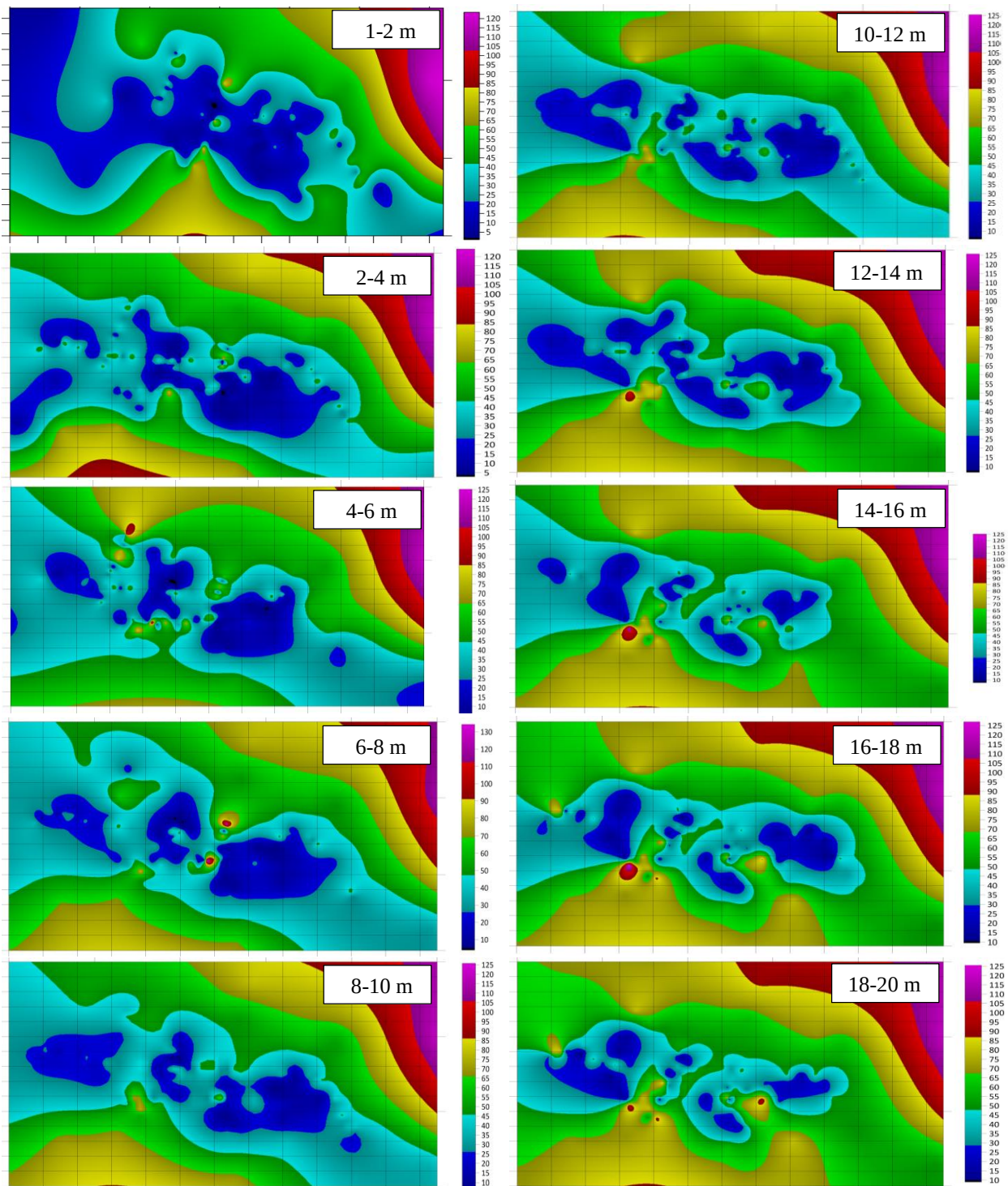


Figure 8. The Distribution of the modified SPT numbers around the studied area (Tabriz city).

After determining the SPT number distribution (where other geotechnical properties can be achieved by available correlation relationships) the next step is determining the soil types. To this aim, two main categories is used in this research. Type 1 is a soil media with mainly granular

contents and types 2 is a soil media with mainly non-granular properties (cohesive, cemented, rock,...). It is obvious that liquefaction is a potential hazard in granular materials. Fig. 9 shows distribution soil types (with the mentioned two main categories) on the different depths of the Tabriz city.

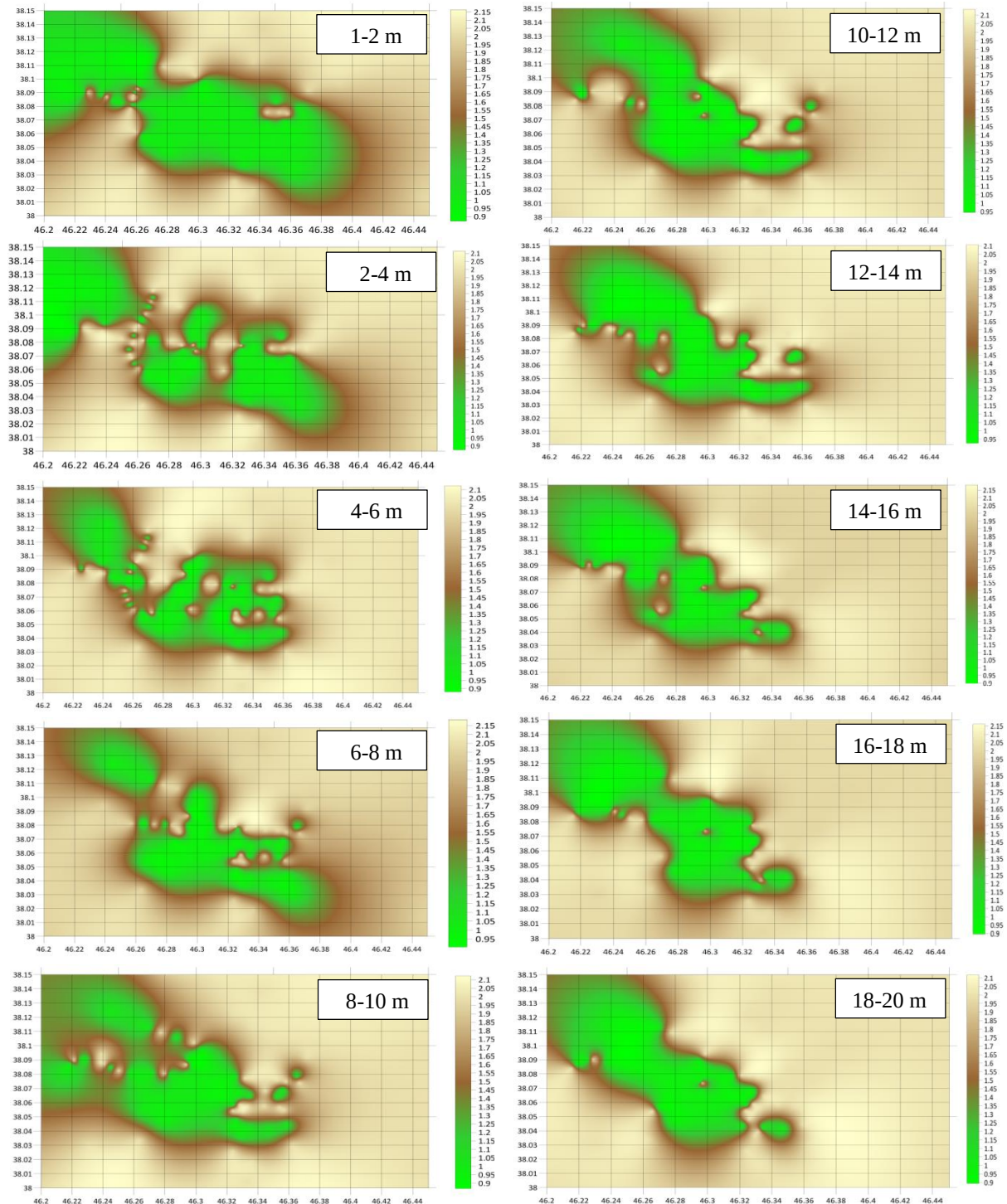


Figure 9. Distribution soil types on the different depths of the Tabriz city (green: granular, brown:non-granular).

4. Methods For Liquefaction Hazard Assessment

In this paper, two methods are employed to assess the factor of safety against seismically induced liquefaction. The method proposed by Seed and Idris (1971) which uses the SPT numbers in calculating cyclic resistance ratio (CRR-Fig. 10) and soil initial stress states (total and effective) with desired seismic motion properties (max or a_g) for cyclic stress ratio (CSR-Eq.1) is selected to this aim.

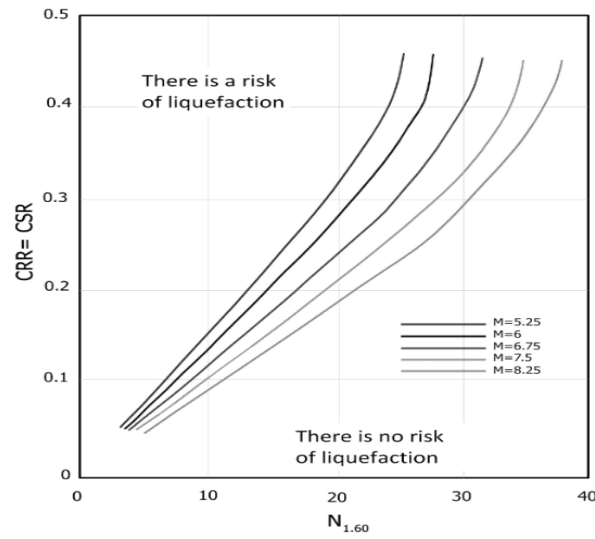


Fig 10. CRR against modified SPT number, N_{1-60} , (Seed Bolton, and I. M. Idriss, 1971)

$$CSR = 0.65 \frac{a_g}{g} S \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \frac{r_d}{MSF} \quad (1)$$

In Eq.1 r_d is the depth reduction factor which can be determined using Eq. 2. MSF is the correction factor for earthquake magnitude. S is selected equal to 1 in the Seed-Idris approach.

$$r_d = 1 - 0.015z \quad (2)$$

Based on the applied investigation a_g is selected equal to $0.65g$ for the studied area. In addition to the empirical approach proposed by Seed and Idris, a coupled finite element method with the Finn-Byrne, (1999) constitutive model is used for evaluating safety factor against liquefaction. The main interesting feature of this constitutive model is its simplicity and efficiency (low computational costs and high convergence rate). The Finn-Byrne constitutive model is a modified Mohr-Columb model where volumetric strains (in undrained situation it can be correlated

with excess pore water pressure) are calculating by experimentally proposed relationships. In the FEM analysis, the only 1D motion of a soil column is considered (for example Fig. 11 shows a soil column with granular and non-granular layers). All required mechanical properties are achieved with correlation relationships of the SPT numbers.

For the FEM investigations, the QUAKE/W software is used. QUAKE/W is a software which is developed for 2D plane strain modeling based on the small displacement and small strain theory. Three main assumptions of the Finn-Byrne model which is employed in the QUAKE/W software are as follow:

- Volumetric strains during cyclic loading depend on the amplitude of the shear strains, not on the normal stresses.
- For an initial density and initial stress, the shear modulus increases with increasing number of cycles.
- As the relative density decreases, the volumetric strain increases and the shear modulus decreases.

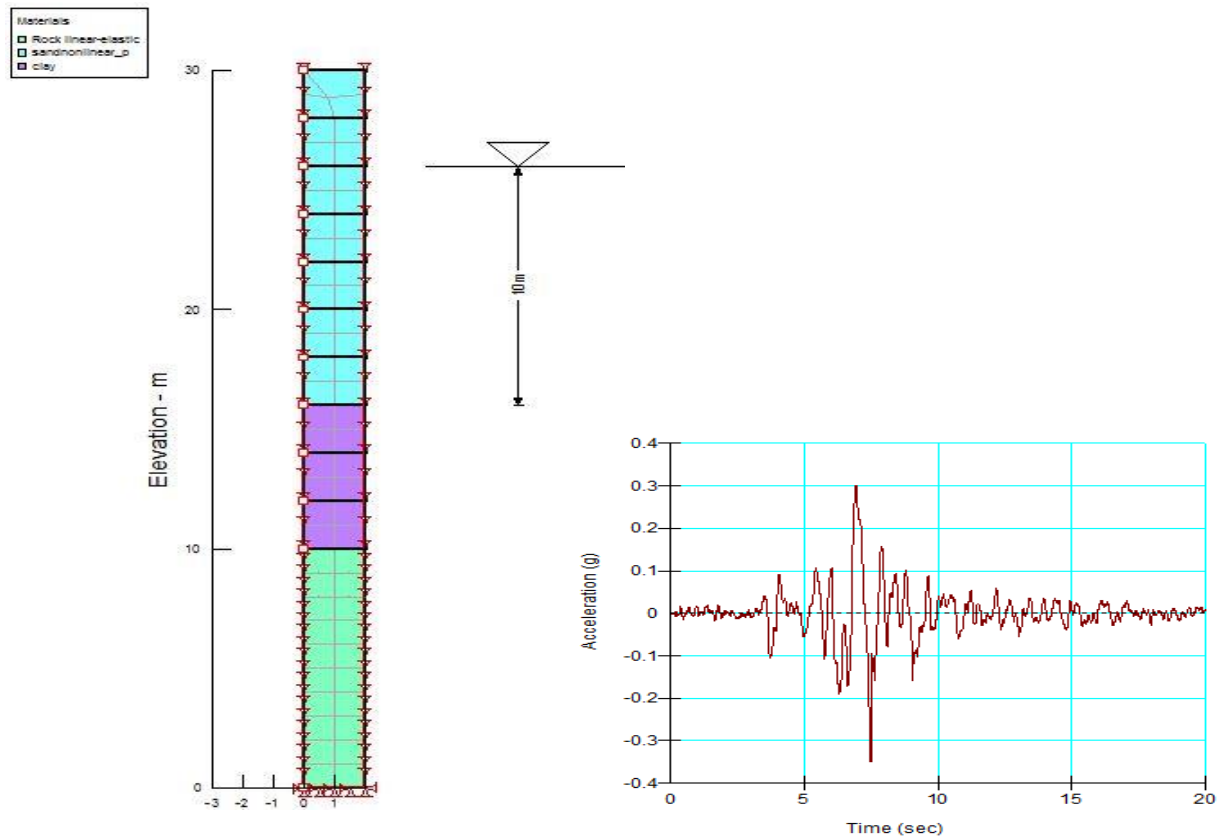


Fig 11. A soil column with granular and non-granular layers and the used acceleration time history (scaled for different sites).

5. Results

In this section results of the liquefaction hazard, zonation for Tabriz city is presented. A MATLAB code is written to evaluate the factor of safety against liquefaction using the Seed-Idris method. These hazard zonation maps are shown in Fig. 12 for depths between zero (ground surface) to -20m while red regions on these maps have the factor of safety less than 1.2. This figure shows that the west and central parts of the city (with a large number of population and lifeline facilities) are at high risk for depths between 4m to 10m. On the deeper layers, the risk of liquefaction mainly is high in the western part of the city.

As the second method, 1D coupled FEM analysis is undertaken to assess the factor of safety against liquefaction. The results of this analysis are presented in Fig. 13. By comparing achieved results, a good agreement between these two methods for depths between 0-14m can be seen. For deeper layers (14-20m) FEM shows larger hazardous areas. This overestimated hazard (in comparison with the used empirical approach) could be related to the depth reduction factor in the Seed-Idriss equations. However, both methods show that highly populated areas in western and central parts of the city may be at risk for a sever earthquake.

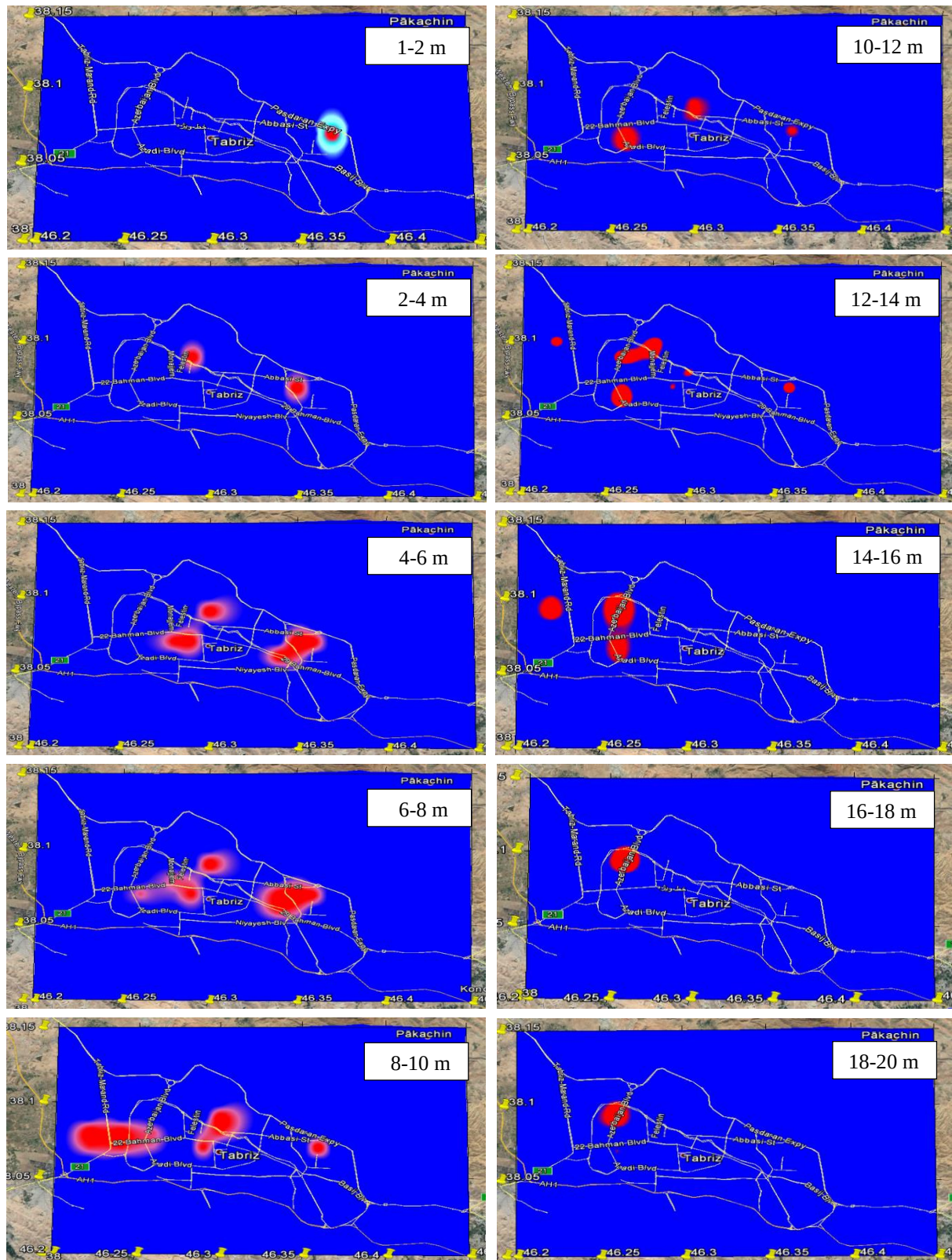


Figure 12. Liquefaction hazard zonation maps for different depths using the Seed-Idris method (based on the modified SPT number). Red regions have a factor of safety of less than 1.2.

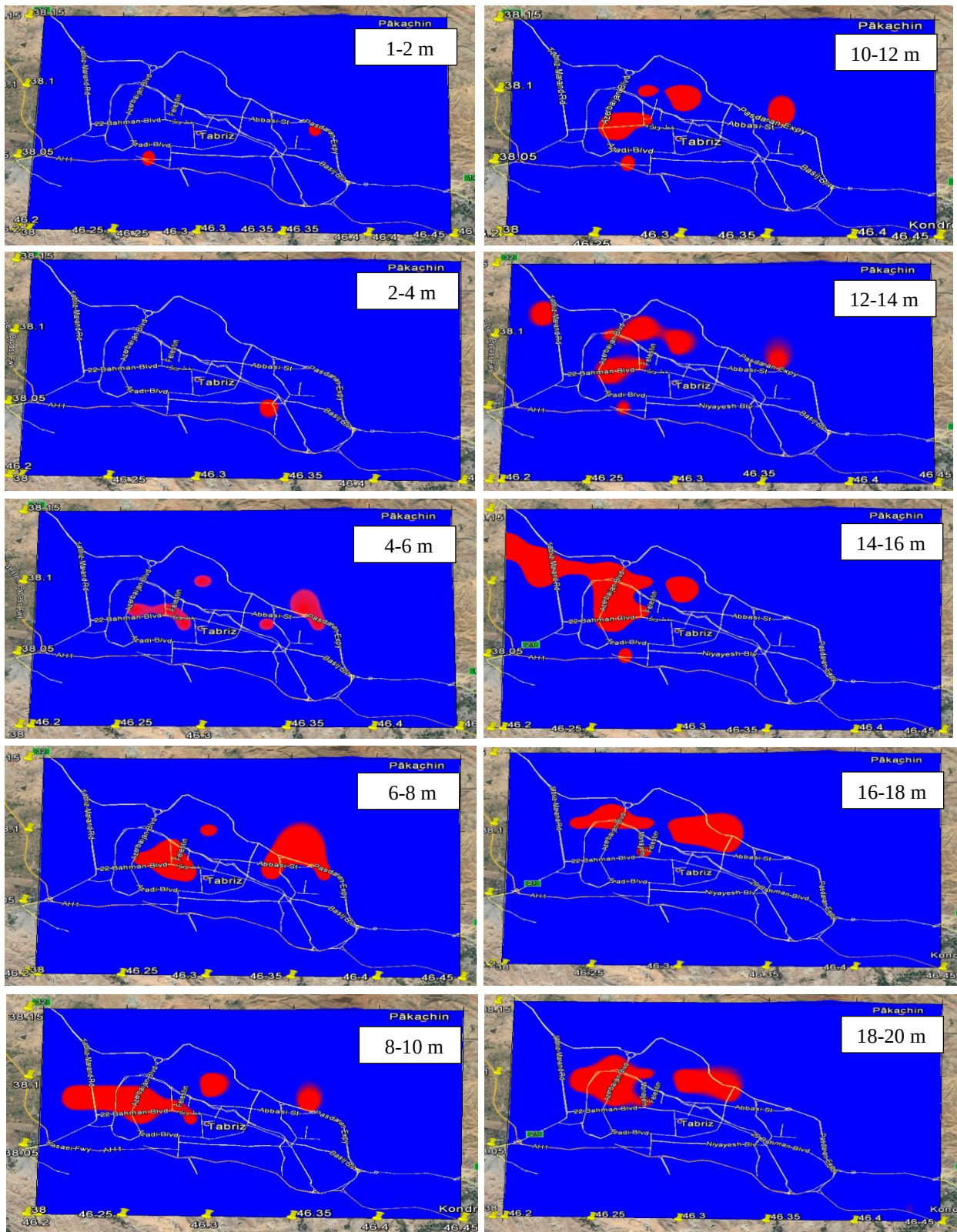


Figure 13. Liquefaction hazard zonation maps for different depths using the 1-D coupled FEM analysis (using the Finn-Byrne constitutive model). Red regions have a factor of safety of less than 1.2.

6. Conclusion

In this paper, probabilistic seismic hazard analysis is done to evaluate expected peak ground acceleration during the design earthquake. Comprehensive data of geological and hydrological conditions of the Tabriz city is gathered. Based on the applied PSHA and the interpreted data, two methods (empirical relationships and finite element nonlinear time-domain analysis) is undertaken to assess the potential of liquefaction in the studied area. It is shown that some highly populated areas such as western and central parts of the city can be at risk (for the design earthquake with $M > 7$) and every pre-crisis program should be noticed about this high-level hazard. In addition, comparison between the FEM and the empirical method shows a good agreement for depths 0-14m. However, for depths between 14-20m, the finite element approach leads to larger hazardous areas. This larger hazardous areas in the FE method can be interpreted by considering effects of the depth reduction factor in the Seed-Idriss equations.

References

- Architectural Institute of Japan. (2001). Recommendations for design of building foundations.
- Bahari, B., Hwang, W., Kim, T. H., and Song, Y. S. (2020). Estimation of liquefaction potential in Eco-Delta City (Busan) using different approaches with effect of fines content. *International Journal of Geo-Engineering*, 11(1), 1-30.
- Barzegari, G., and Zhao J. (2014). EPB tunneling challenges in bouldery ground: a new experience on the Tabriz metro line 1, Iran. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 73(2):429-440. doi:10.1007/s10064-013-0490-7
- Barzegari, G., Shayan, F., and Chakeri H. (2018). Investigations on Geotechnical Aspects for TBM Specification on the Tabriz Metro Line 3, Iran. *Geotechnical and Geological Engineering*, 36(6), 3639-3663. <https://doi.org/10.1007/s10706-018-0563-2>
- Byrne, P. M., (1999). Model for Predicting Liquefaction Induced Displacements. *International Conferences On Recent Advances In Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, Department of Civil Engineering, The University of British Columbia.
- Cabalar, A. F., Canbolat, A., Akbulut, N., Tercan, S. H., and Isik, H. (2019). Soil liquefaction potential in Kahramanmaraş, Turkey. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 10(1), 1822-1838.
- Campbell, K.W. (1997). Empirical near-source attenuation relationships for horizontal and vertical components of peak ground acceleration, peak ground velocity, and pseudo-absolute acceleration response spectra. *Seismological research letters*, 68(1), 154-179.
- Ganapathy, G. P., and Rajawat, A. S. (2012). Evaluation of liquefaction potential hazard of Chennai city, India: using geological and geomorphological characteristics. *Natural hazards*, 64(2), 1717-1729.
- Goh, A. T. (1994). Seismic liquefaction potential assessed by neural networks. *Journal of Geotechnical engineering*, 120(9), 1467-1480.
- International society for soil mechanics and foundation engineering. Technical committee for earthquake geotechnical engineering. (1993). Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards. *Japanese Society of soil mechanics and Foundation engineering*.
- Jafarian, Y., Abdollahi, A. S., Vakili, R., Baziar, M. H., and Noorzad, A. (2011). On the efficiency and predictability of strain energy for the evaluation of liquefaction potential: A numerical study. *Computers and Geotechnics*, 38(6), 800-808.

- Kajihara, K., Okuda, H., Kiyota, T., and Konagai, K. (2020). Mapping of liquefaction risk on road network based on relationship between liquefaction potential and liquefaction-induced road subsidence. *Soils and Foundations*, 60(5), 1202-1214.
- Kijko A., (2004). Estimation of the maximum earthquake magnitude, m_{max} . *Pure and Applied Geophysics*, 161(8), 1655-81.
- Kijko, A., and Öncel, A. O. (2000). Probabilistic seismic hazard maps for the Japanese islands. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 20, 485-491. [https://doi.org/10.1016/S0267-7261\(00\)00098-1](https://doi.org/10.1016/S0267-7261(00)00098-1)
- Monkul, M. M., Gültekin, C., Gülver, M., Akın, Ö., and Eseller-Bayat, E. (2015). Estimation of liquefaction potential from dry and saturated sandy soils under drained constant volume cyclic simple shear loading. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 75, 27-36.
- Moss, R. E., Seed, R. B., Kayen, R. E., Stewart, J. P., Der Kiureghian, A., and Cetin, K. O. (2006). CPT-based probabilistic and deterministic assessment of in situ seismic soil liquefaction potential. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 132(8), 1032-1051.
- Mousavi, H., Mirzaei, N., Shabani, E., and Eskandari, Ghadi M. (2014). Seismic hazard zoning in Iran and estimating peak ground acceleration in provincial capitals. *Journal of the Earth and Space Physics*, 40(4), 15-38. doi:10.22059/JESPHYS.2014.52404
- Razeghi, H. R., Amiri, G. G., Amrei, S. R., and Rahimi, M. A. (2016). Probabilistic seismic hazard analyses and obtaining uniform hazard spectra of Tabriz, Iran, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20(5), 1813-1823. doi:10.1007/s12205-015-0175-9
- Sassa, S., and Yamazaki, H. (2017). Simplified liquefaction prediction and assessment method considering waveforms and durations of earthquakes. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 143(2), 04016091.
- Seed Bolton, H., and Idriss, I. M. (1971). Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. *Journal of Soil Mechanics and Foundations*, ASCE, 97(9), 1249-1273.
- Tosun, H., Seyrek, E., Orhan, A., Savaş, H., and Türköz, M. U. R. A. T. (2011). Soil liquefaction potential in Eskişehir, NW Turkey. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(4), 1071-1082.
- Yalcin, A., Gokceoglu, C., and Sönmez, H. (2008). Liquefaction severity map for Aksaray city center (Central Anatolia, Turkey). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8(4), 641-649.
- Yegian, M. K., Nogole-Sadat, M. A. A., Ghahraman, V. G., and Darai H. (1993). Liquefaction Case Histories from 1990 Manjil, Iran, Earthquake. *Third Int. Conf. on Case Histories in Geotechnical Engineering* (pp 613-615). St. Louis, Missouri.
- Yilmaz, I., and Yavuzer, D. (2005). Liquefaction potential and susceptibility mapping in the city of Yalova, Turkey. *Environmental Geology*, 47(2), 175-184.
- Zare, M., and Sabzali S. (2006). Spectral attenuation of strong motions in Iran. *Proc. of The Third Int. Symp. Of The Effects Of Surface Geology On Seismic Motion* (PP.345-354), Grenoble, France.

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 257-281, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Araştırma Makalesi / Research Article**Doi: [10.47898/ijeased.868113](https://doi.org/10.47898/ijeased.868113)

Karar Teorisinin Tarım Sektöründe Uygulanması

Burcu ÖZCAN^{1a*}, Erdoğan Hakkı ÖZER^{1b}¹ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Kocaeli, 41000, Türkiye

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : burcu.ozcan@kocaeli.edu.tr  https://orcid.org/0000-0003-0820-4238 , B. Özcan  https://orcid.org/0000-0002-8617-3791 , E.H. Özer	Geliş Tarihi / Received Date : 25.01.2020 Revizyon Tarihi / Revision Date : 13.03.2021 Kabul Tarihi / Accepted Date : 03.04.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite : Özcan, B., Özer, E.H. (2021). Karar Teorisinin Tarım Sektöründe Uygulanması, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 257-281.	

Özet

Karar analizi, karşılaşılan problemleri dikkate alarak çeşitli ölçütler sunmakta ve değerlendirme fırsatı sağlamaktadır. Tarım sektöründe karşılaşılabilecek problemlerin belirsizlik ve risk taşıması karar analizinin sektörde kullanılmasını sağlamıştır. Bu çalışmada Tekirdağ'ın Şarköy ilçesinde tarım işleri ile uğraşan çiftçinin arazisinde yapacağı faaliyete karar verme aşamasında karar analizi çalışması yapılmıştır. Çalışmada yer alan durumlar belirsizlik ve risk altında değerlendirilmiş ve karar ağacı çizilerek sonuçlar yorumlanmıştır. Çalışmanın amacı çiftçiye belirlenen karar durumlarına bağlı olarak uygun olan seçeneği sunmak ve karar analizini tarım sektöründe uygulamaktır. Araştırma için gerekli bilgilere konu ile ilgili bilgi sahibi kişi ile yapılan görüşme yoluyla ulaşılmıştır. Ulaşılan verilerin analizi sonucunda belirsizlik ve risk altında değerlendirilmiştir. Veriler aracılığı ile çizilen karar ağacında olasılıklar iki farklı yol ile bulunmuştur. Karar ağacında olasılıkların atanma yolu değişmesine rağmen her iki durumda da seçilmesi uygun olan faaliyetin zeytin olduğuna karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karar Analizi, Risk Altında Karar Verme, Belirsizlik Altında Karar Verme, Karar Ağacı.

Decision Theory Implementation in Agricultural Sector

Abstract

Decision analysis, offers various criteria by considering the problems encountered and provides an opportunity to evaluate. The uncertainty and risk of the problems to be faced in the agricultural sector enabled the decision analysis to be Used in this sector. In this study, a decision analysis study was carried out in the decision making phase of the activity

of the farmer Engaged in Agricultural Works in the district of Şarköy in Tekirdağ. The situations in the study were evaluated under uncertainty and risk and the decision tree was drawn and the results were interpreted. The aim of the study is to provide the farmer with the option that makes sense based on the determined decision situations and to apply the decision analysis in the Agricultural sector. The information required for the research was obtained through the interview with the person who has knowledge about the subject. As a result of the analysis of the data obtained, it was evaluated under uncertainty and risk. In the decision tree drawn through the data, the possibilities were found in two different ways. Although the way of assigning possibilities changes in the decision tree, it is decided that the activity that makes sense in both cases is olive.

Keywords: Decision Analysis, Decision Making Under Uncertainty, Decision Making Under Risk, Decision Tree.

1. Giriş

Tarım sektörü, çeşitli besin maddelerini üretmekte olan, üretilen ürünleri farklılaştıran, kişilerin bu ürünlere olan gereksinimlerini gideren bundan dolayı toplulukların yaşamı ve geçimi üzerinde derin değişim ve gelişimlere yol açan bir sektördür (Arslan ve ark., 2015). Dünya üzerinde tarım sektörüne yapılan yatırımlar her ne kadar sanayi ve hizmet sektörüne yapılan yatırımlara göre az olsa da gelişmekte olan ve gelişmemiş olan ülkeler için önemli bir ekonomik sektördür. Gelişmiş ülkelerde ise sanayi ve hizmet sektörünün önemli bir ekonomik getiri oluşturduğu aşıkardır. Tarım sektörüne yönelim gelişmiş ülkelerde diğer sektörlerle göre az olsa da daha dikkatli bakacak olursak bu ülkelerde sektöre yapılan yatırımların daha dikkatli ve gerekli araştırmalar sonucu yapılması gerektirdiğini gözler önüne sermiştir. Tarım sektöründe belirsiz ve risk oluşturan problemlerin ve koşulların varlığı sektörde karşılaşılan herhangi bir soruna karşı uygulanacak stratejilerin geliştirilmesi, uygulama sürecinde karar seçeneklerinin tercihi gibi konularda karar analizinin önemini ortaya çıkarmaktadır. Türkiye odaklı bakıldığında ise tarım sektörü önemli bir konumda olmak ile beraber ihracat tabanlı sektör irdelendiğinde Tarım ve Orman Bakanlığı 2018 verilerine göre 360 milyon \$ organik ürün ihracatı yapıldığı görülmektedir.

Tarım sektöründeki belirsizlik ve risk durumları sektörün doğaya bağımlılığından kaynaklanmaktadır. Günümüzde sanayinin bu kadar önemli bir boyuta ulaşması ve fabrikaların oluşturduğu doğa düşmanı atıklar ve gazlar sebebiyle doğaya karşı bir savaş söz konusudur. Doğanın bu denli harcanması ve tahrip edilmesi tarım yapılan arazilerin ve tarım ürünlerinin gelişimine katkı sağlayan bakteri ve bitkilerin zarar görmesine hatta doğada izlerinin kaybolmasına yol açmaktadır. Bunun sonucunda tarım sektöründe uygulanacak olan yöntemler ve üretilecek olan ürünlerin seçiminde ve sonuçlarının ne olacağı ile ilgili belirsizlikler ve riskler belirmektedir.

Sanayi, hizmet ve turizm sektörü başta olmak üzere pek çok sektörde herhangi bir yatırım alanına yönelecek olduğu zaman pek çok karar analizi yöntemi kullanılmaktadır. İnsanoğlunun tarihsel serüveninde önemli bir yeri olan ve sürekli yenilenen faaliyet olarak karar verme, karar

vericilerin belirli seçenekleri belli faktörlere göre bir seçim, sıralama ya da sınıflandırma yapma gibi problemleri araştırma ve sonuçlandırma süreci olarak ifade edilmektedir. Karar verici, kişi veya işletme olarak hedeflerini eş zamanlı optimum düzeye çıkarmaya çalışarak zaman ve maliyet unsurlarını en düşük düzeye çekmeye çalışır. Rekabetçi piyasaya göre işletmelerin işletmenin kuruluşundan, fonksiyonlarını yerine getirdiği döneme üstelik batışına kadar olan tüm aşamaları karar verme süreçlerinin ürünlerindendir (Bulğurcu ve Düzakın, 2011). Tüm bu karar verme süreçleri belirsizlik ve risk durumlarını içermektedirler. Tarım sektöründe de belli verilerin toplanması ve analizinden sonra karar verici karar analizi metotlarını kullanarak yatırım alanlarına yönelmesi sonucu hangi sonuçlar ile karşılaşacağını öngörme yoluna gidebilir. Karar verici pek çok koşul altında belirli veya belirsiz durumlar karşısında karar vermek zorunda kalabilmektedir. Bu durumlar göz önüne alındığında karar verici karşılaşması muhtemel olaylar karşısında hangi karar seçeneğine yöneleceğini tahmin etme gibi nitel analizler gibi karar analizi gibi sayısal verilere dayanan nicel analizlere de başvurabilmektedir.

Trakya bölgesinde Akdeniz ve Karasal iklimin belirli aralıklarla görülmesi, canlı çeşitliliğin var olması ve tarımın bölgede önemli bir konumda yer alması bu risk ve belirsizlik koşullarını azaltmaktadır. Olumlu durumların varlığının yanında yine de bir belirsizlik ve risk durumu da söz konusudur. Bu çalışmada tarım işleri ile uğraşan bir çiftçinin karşılaşabileceği belirsizlik ve risk durumlarını dikkate alarak arazisinde hangi bitki türünü yetiştirme kararını alacağı yapılan araştırmalar ve ön raporlar doğrultusunda belirsizlik altında, risk altında ve ön raporlar yardımı ile karar ağaçları da oluşturularak karar verici olan çiftçiye bir fikir vermesi ve yöneleceği tarım ürününü seçmesine yardım etmesi için karar analizi yöntemleri kullanılmıştır. Karar analizinde kullanılan veriler çiftçiye sorularak ve gerekli araştırmalar yapılarak elde edilmiş ve analiz edilmiştir. Elde edilen veriler POM QM paket programı kullanılarak irdelenmiştir. Analizler sonucu ortaya çıkan sonuçlar çiftçiye bir fikir oluşturma amaçındadır. Tekirdağ' ın Şarköy ilçesinde çiftçilik ile uğraşan kişinin tarlasında yetiştireceği üründen hangisinin daha mantıklı olduğu ve bölge koşulları dikkate alınarak belirsizlik ve risk durumlarının analizini yapmak bu çalışmanın amaçlarıdır.

Karar analizi, karşılaşılan problemleri dikkate alarak çeşitli ölçütler sunar ve değerlendirme fırsatı sağlamaktadır. Tarım sektöründe karşılaşılabilecek problemlerin belirsizlik ve risk taşıması karar analizin bu sektörde kullanılmasını sağlamıştır. Bu çalışmada Tekirdağ'ın Şarköy ilçesinde tarım işleri ile uğraşan çiftçinin arazisinde yapacağı faaliyete karar verme aşamasında karar analizi çalışması yapılmıştır. Çalışmada yer alan durumlar belirsizlik ve risk altında değerlendirilmiş ve karar

ağacı çizilerek sonuçlar yorumlanmıştır. Çalışmanın amacı çiftçiye belirlenen karar durumlarına bağlı olarak mantıklı olan seçeneği sunmak ve karar analizini tarım sektöründe uygulamaktır. Araştırma için gerekli bilgiler konu ile ilgili bilgi sahibi kişi ile yapılan görüşme yoluyla elde edilmiştir. Elde edilmiş olan verileri inceleme sonucunda belirsizlik ve risk altında değerlendirilmiştir. Veriler aracılığı ile çizilen karar ağacında olasılıklar iki farklı yol ile bulunmuştur. Karar ağacında olasılıkların atanma yolu değişmesine rağmen her iki durumda da seçilmesi mantıklı olan faaliyetin zeytin olduğuna karar verilmiştir.

1.1. Tarım Sektörü ve Karar Analizi

Stratejik değeri sebebiyle tarım, her topluma özel sosyal ve ekonomik boyuta dayalı bir tarım politikası ile açıklanan ve güç edinen bir sektördür. Sektör içerisinde geçerli olan mantalite ve stratejilerde temel amaç, rekabetçi, yenilenebilir ve kalıcı bir tarım sektörünün meydana getirilmesidir. Türkiye’de bugüne değin görülen tarımsal faaliyetler ile üretim miktarının ve çeşitliliğin yükseltilmesi amaçlanırken, bu politikaların oluşturdukları mali yük ve hedef kitleye ulaşamaması gibi problemleri içermektedir (Çılbant ve ark., 2006). Tarım sektörü için en önemli sorunlardan biri de iklim değişikliğidir. İklim değişikliklerinin bir sonucu olarak atmosferin giderek ısınması, mevsim sıcaklık değerlerinin değişkenlik göstermesi, mevsimlerin kayması tarım sektöründeki faaliyetleri etkileyen sorunlardandır. Belirtilen sorunlar gıda güvenliği, yükselme ve ihracat ve ithalat gibi konularda kendilerini göstermektedirler. İklim değişkenliği ve bu değişkenliğin tarımsal faaliyetler üstündeki etkilerine üretilecek çözümlerde, tüm devletler tarafından ciddiye alınmalı ve bu sorunları azaltıcı çözümler geliştirilip uygulanmaya başlanmalıdır (Bayraç ve Doğan, 2016).

Tarım sektöründe bir diğer sorun teşkil eden faktör ise belirsizlik ve risk durumlarını barındırmasıdır. Sektör içerisinde gerçekleştirilen faaliyetlerin büyük bir çoğunluğu direkt olarak doğa koşullarına bağlıdır. Bu durumda kontrol edilemeyen etkenler ortaya çıkmaktadır. Sektör içerisinde kendine yer edinen ve tarım işleri ile uğraşan kişiler yaşadıkları bölgenin iklim koşullarına uygun, sahip oldukları arazi özelliklerine ayak uydurabilecek faaliyetler seçmek zorundadırlar. Aksi takdirde çabalarının sonuçsuz kalma ve kazanç elde edememe gibi durumlar ile karşı karşıya kalabilirler. Piyasada kendini ileriye atmak isteyen ve gelecek adına planlama yapmanın gereklilik olduğuna inananlar ileriye dönük analiz yapmalıdır. Arazi işleri ile uğraşan kişiler arazinin geleceği hakkında karar vermek adına kullanılabilecek bir analiz türü olarak karar analizi dikkat çekmektedir. Karar verme toplumca algılanan biçimi kadar kolay bir aşama değildir. Karar, genellikle kişilerin

herhangi bir duruma karşı karşısındaki alternatifler içinden yaptığı seçimler şeklinde gözükse de oldukça kapsamlı bir süreci ifade etmektedir. Bu sürecin gerçekleştiği en önemli yerlerden birisi de tarım sektörüdür. Sektör içerisinde karar verme; belirli hedeflere ulaşmak için gidilebilecek yollar, yardımcı elemanlar ve elde bulunan araçlar ile doğru tercih yapma işlem şeklinde tanımlanabilir. Karar problemleri kurumsal, stratejik, yönetsel ve operasyonel şekilde irdelenmektedir. Aynı zamanda modellenebilmekte ve kolayca çözümlemesi yapılabilmektedir (Baykoç ve Öz, 2004).

Tarım işletmeleri üretim ve planlama gibi süreçlerde risk ve belirsizlik koşullarında faaliyetlerini devam ettirmektedir. Firmalar Pazar ve doğa koşulları gibi faktörlerin oluşturduğu riskler karşısında mücadele içindedir. Doğa koşullarından oluşan riskler üretimi etkilemekte ve planlama süreçlerini de etkilemektedir. Üretim ile alakalı diğer risk faktörleri arasından en önemli olanları hava koşulları, hastalık, böceklerin zararı ve üretim teknolojisi. Pazarlama riski ise üretime bağlı olarak oluşan pazar ortamından kaynaklanmaktadır. Fiyat değişikliği ve üretilen ürünlerin satılamama riski piyasanın ortaya çıkarabileceği pazarlama riskidir. Bu belirsizlik ve riskler karar alma sürecini etkilemektedir (Miran ve Şahin, 2010). Karar teorisi tam bu noktada sektör faaliyetlerine uygun olarak sunmuş olduğu yöntemler ile karar vermeyi kolaylaştırmaktadır. Karar teorisi tarım sektöründe belirsizlik altında ve risk altında karar verme gibi yöntemlerin barındırdığı ölçütler sunmaktadır. Ayrıca oyun teorisi, Markov analizi, ön rapor ile karar verme gibi alternatif çözüm yolları da bulunmaktadır. Karar vericinin karşılaştığı problemin türüne göre karar analizi aşamasında karar teorisinin çözüm yollarından herhangi biri uygulanabilir.

Tarım sektöründe karşılaşılan sorunlar karşısında karar vermek karar vericileri zorlayabilmektedir. Bunun nedeni faaliyetlerin doğaya bağımlı olmakla birlikte içerisinde risk ve belirsizlikler barındırmasıdır. Karar analizi bu açıdan avantaj sağlamaktadır. Karar vericilerin analizleri doğru bir şekilde uygulaması ve yorumlaması analiz aşamasında oldukça önemlidir. Tarım sektöründe karşılaşılan durumlar ve sorunlar karşısında karar analizi sektöre faydalı ve sayısal ifade şekline çözümler sunması sebebiyle tercih edilen bir uygulamadır.

2. Literatür Özeti

Emel ve Taşkın (2005), Geçmişten bugüne teknolojik olarak birçok gelişme yaşanmış ve işletmeler veri yığınları oluşturmuşlardır. Pazarlama politikalarında karar verme durumunun yerinde ve zamanında verilmesi, bu verilerin en iyi doğru biçimde irdelenmesi ve anlamlılık kazanması ile sağlanabilir. Veri madenciliği ile tahmin modellerinin meydana getirilmesinde etkili ve sürekli

biçimde uygulanan araçlardan biri karar ağaçlarıdır. Bu çalışmada, konu edinilen perakende satış yapan firma için firmanın her müşterisine özgü geliştirilmiş satış faaliyetlerini kapsayan veri tabanından faydalanarak ayrıntılı ve göreceli ölçüm çıktıları kapsayan bir satış analizi hedeflenmektedir.

Albayrak ve Yılmaz (2009), Veri madenciliği, verileri elde etmeden önce bilinmeyen anlamlı bilgileri tanımlama veya tahminleme metotlarını kapsamaktadır. Yapılan çalışmada, İMKB 100 endeksinde endüstri ve hizmet alanlarında yer alan 173 işletmenin 2004–2006 yıllarına ait yıllık mali bilgilerinden faydalanarak veri madenciliği metotlarından biri olan karar ağaçları kullanılmıştır. Belirlenen mali durumlar dikkate alınarak endüstri ve hizmet alanlarında rol oynayan işletmeleri birbirinden farklı kılan yönler belirlenmiştir.

Bulğurcu ve Düzakın (2011), Bu çalışmada Akdeniz Bölgesi'nin önemli tarım merkezlerinden biri olan Adana yöresine ait orta büyüklükteki bir arazi üzerinde 10 farklı ürünü doğal riskler altında üretmeyi düşünen bir tarım işçisinin süregelen ve geleneksel metotlar dışında belirsizlik ve risk koşullarının var olduğu durumlarda tercih edilen karar verme yöntemleri yardımıyla tarım sektöründe karar verme süreçlerini belirtmektedir.

Ulusoy (2013), Bu çalışmada, karar ağaçları metotları ile Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi öğrencilerinin bilgileri ile veri madenciliği uygulanmıştır. Öğrencilere ait verilerden faydalanarak, hem elde edilen verileri en iyi şekilde sınıflandıran karar ağaçlarına ait algoritma, hem de bu algoritmanın üreteceği sınıfların belirlenmesi için çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmada sonuç olarak öğrenci verilerini sınıflandırmak için en başarılı algoritma LAD Tree algoritması on dokuz farklı sınıf oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Ozcan ve Külahlı (2020), makalelerinde karar teorisi yaklaşımını kullanarak lastik sektöründe benzer bir çalışma yapmışlardır. Garanti süreci kapsamında arızalı lastikler için farklı ölçütler altında stratejik kararlar vermişlerdir.

Balcık ve Şahin'in (2013), makalelerinde ekonomik değerlendirme metotları, maliyet etkinliği analizi süreci, indirgeme, duyarlılık analizi, bütçe etki analizi ve karar analizi hakkında bilgilendirme yapılmış ve bu analizlerin boyutları araştırılmıştır.

Akçetin ve Çelik (2014) çalışmalarında istenmeyen elektronik postaların belirlenmesinde çeşitli veri madenciliği metotlarından karar ağacı algoritmalarını uygulamıştır. Bu algoritmaların performansları karşılaştırılarak doğrulukları açısından en iyisi tespit edilmiştir. Sınıflandırmadaki veriler Kaliforniya Üniversitesi makine öğrenimi veri setlerinden elde edilen 4601 tane elektronik postalar yardımı ile elde edilmiştir.

Arslan, Berkman ve Doğan (2015), Günümüz şartlarında devletlerin kalkınması ve rekabet ortamında avantajlı konuma geçmesinde etkin bir görevi olan tarım sektörünün önemi, küreselleşen dünya ekonomisi, yükselen makine teknolojisi ve değişim hızı artan piyasa koşullarının da etkisiyle zaman geçtikçe anlaşılmakta ve giderek artmaktadır. Asya ve Avrupa arası bir köprü görevi olan Türkiye, konum itibari ile üç tarafı ticari değer olan Akdeniz, Ege ve Karadeniz ile kaplı olması, sınırları içerisinde yer alan nehirler, akarsular ve canlı çeşitliliği sayesinde bitki, hayvan türleri ve su ürünleri bakımından oldukça değerli bir konumda yer almaktadır. Çalışmada tarım sektörü incelenmiş olup tarımsal faaliyetlerin toplumların ekonomik kalkınması üzerindeki önemi ile sektörün karşılaştığı sorunlar ele alınmıştır.

Güzel ve Taş (2017), Bu çalışmada tersine lojistik uygulaması, tekstil sektörüne göre irdelenmektedir. Tekstil sektöründe tersine lojistik uygulamalarının Türkiye’de ne boyutta, hangi yöntemler ile uygulandığı, uygulamada atık türlerinin hangisinin kullanılıp kullanılmadığı incelenmektedir. Yapılan bilimsel araştırma ve konularında uzman kişilerin düşünceleri belirlenen faktörlerin AHP ve DEMATEL çok ölçütlü karar verme metotları kullanılarak önem sıralama sonuçlarına ulaşılmıştır.

Ceylan ve Sarı’nın (2017), çalışmalarında Konya ilinde Çok Ölçütlü Karar Analizleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak ideal olan arıcılık yerleri analizler sonucu belirlenmiştir. Yapılan uygunluk haritası ile mevcut arıların yerleştirildiği mekanlar birleştirilerek uygunluğu kullanılabilirlik ve güvenilirlik açılarından irdelenmiştir. Araştırmanın sonucunda tarımsal alanlar dışında %82 oranı ile kesişme olduğu sonucuna varılmıştır.

Özcan ve Yılmaz (2020), çalışmalarında Demir Çelik Sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede Toz Toplama, İş Gücü, Yatırım Esnasında Üretim Durumu, Maliyet, Ara Madde ve Enerji Kullanımı, Günlük Üretim Miktarı gibi kriterler açısından en uygun yatırım seçenekleri irdelenmiştir.

Bingöl, Değirmenci ve Sofuoğlu’nun (2017), çalışmalarının amacı Türkiye odaklı sosyal, teknik, ekonomik, çevresel ve politik ölçütleri bir arada toplayarak kanun ve bilimsel gerçekler dikkate alınarak yasalar değiştikçe kendini güncelleyecek bir karar verme mekanizması oluşturmaktır. Ölçütlerin ağırlık değerlerini atamak için, çiftli karşılaştırma tekniğine dayanan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) metodu kullanılmıştır. Bu çalışma, rüzgâr enerji santrallerinin planlama sürecini iyileştiren ve süre bakımında indirgeyen, uygulanmakta olan kanun ve bilimsel çalışmalara dayalı uygunluk haritasını görselleştirmektedir. Sonuç olarak oluşturulan bu

sayısallaştırılmış haritanın, proje geliştiricilerinin ve yatırımcıların yer seçimi ve değerlendirilmesi adımını iyileştireceği ve kolay hale getireceği sonucuna varılmıştır.

Mercan ve ark. (2017), çalışmaları karmaşık karar verme problemlerinin analiz ve çözümlenmesine kullanılmakta olan çok ölçütlü karar analizi teknikleri, birçok bağımsız unsurun dikkate alınarak en ideal kararın alınmasını sağlamaktadır. Mekânsal analiz ve veri görselleştirme için çeşitli opsiyonları ortaya koyan coğrafi bilgi sistemleri ise, karmaşık karar problemlerinin analizinde sınırlı bir etki alanı sunmaktadır. Bu sebeple belirlenen sorunların çözüm aşamasında CBS destekli çok ölçütlü karar analizi yöntemleri uygulanmıştır. Çalışmada, farklı sektörlerdeki karar analiz yöntemleri analiz edilmiştir. Çok Amaçlı Karar verme yöntemi ile ilgili uygulama ve araştırmalar irdelenmiştir.

3. Materyal ve Metot

Araştırmada kullanılan veriler çiftçi ile soru cevap şeklinde yapılan mülakat aracılığı ile belirlenmiştir. Karar verici olan çiftçi 12500 metrekare alanında bir tarım arazisine sahiptir. Tarım arazisi üzerinde hali hazırda zeytin ağaçları bulunmaktadır. Arazide yer alan zeytin ağaçlarının sayısı 350 olmakla birlikte arazi sahibi zeytin ağaçlarından her sene düzenli olarak mahsul üretmekte ve kazanç sağlamaktadır. Karar verici 20 yıllık sürecin kazanç olarak kendisine yaklaşık olarak ne kadar getireceği hakkında bir fikir sahibi olmak istemekte olup ceviz ve zeytin seçeneklerini 10 yıl değerlendirdikten sonra farklı karar seçeneklerini değerlendirme imkanına sahiptir.

3.1. Araştırmanın Amacı

Çalışmanın amacı, tarım işleri ile uğraşan bir çiftçinin sahip olduğu arazi üzerinde almak istediği kararları belirsizlik ve risk altında değerlendirmek ve 20 yıllık süre göz önüne alınmak üzere arazinin yer aldığı bölgenin coğrafi ve iklim özellikleri gibi hava koşullarının temelini oluşturan özellikleri dikkate alınarak iyi ve kötü hava koşullarına göre karar verici olan çiftçi tarafından belirlenmiş olan ceviz ve zeytin karar seçeneklerinden hangisinin daha kazançlı olduğu hakkında çiftçide bir fikir oluşturmak istenmesidir.

3.2. Araştırmada Kullanılan Veriler

Çiftçinin sahibi olduğu tarım arazisi üzerinde hangi ürünün yetiştirileceğine karar vermek adına bir karar ağacı oluşturulmuştur. Arazi alındıktan sonra arazi üzerinde hangi faaliyet yapılacağına

karar verilecektir. Arazi tarım arazisidir ve arazi içine hali hazırda 350 ağaç zeytin bulunmaktadır. Araziyi alan kişi zeytin veya ceviz arasında bir seçim yapmak istemektedir. Bu problem 20 yıllık bir süreci kapsamaktadır. Araziyi alan kişi ilk olarak ceviz ve zeytin seçeneklerini 10 yıl değerlendirdikten sonra farklı karar seçeneklerini değerlendirme imkanına sahiptir.

3.2.1. Zeytin ile ilgili veriler

Oleaceae familyasında yer alan o zeytinin, isminin kökü Yunanca elaia, Latince olea'dan gelmiştir. Boyu 2 ile 10 metre arası değişiklik gösteren fakat 15 ile 20 metreye kadar büyüeyebilen bitki türüdür. Meyveleri ilk olarak yeşildir, ekim-kasım aylarında morarmakta ve olgunlaşmaktadır. Genel olarak 300 ile 400 sene arası bir yaşam ömrüne sahip bir ağaç olan zeytin 2000 sene yaşayan örnekleri olması zeytinin susuzluktan etkilenmemesinin bir sonucudur (Arıhan ve Kaplan, 2012). Zeytin yetiştiriciliği için ışık, güneş, günlük ortalama 15 °C ve üzerindeki sıcaklık ile yıllık en az ortalama 220 mm. yağış alan bölgeler idealdir (Çolakoğlu, 2009). Akdeniz iklimine sahip olan çoğu bölgede yetişen zeytin ağacı Marmara Bölgesi için tipik bir bitki türüdür. Arazi sahibi zeytinin bu özelliklerini de dikkate alarak araziyi daha önceden satın almıştır. Arazi satın alındığında içerisinde 350 ağaçlık zeytin bulunmaktadır. Araziyi satın alan kişi zeytin üretimi ile devam etmek isterse herhangi bir ön maliyet söz konusu olmayacaktır. Zeytin üretimi ile devam edilmek istenirse zeytinin yıllık mahsulü, fiyatları gibi kazanç değerleri zeytin yetiştiricisine danışarak belirlenmiştir. Tarım Kredi Kooperatifi'nden alınan bilgilere göre bir zeytin ağacı senede 25 ile 40 kilo arasında zeytin verebilmektedir. Senelik mahsulün yaklaşık %25'i yağlık, geri kalanı ise sofralık olarak verilmektedir. Bir kilo sofralık zeytinin kooperatife satış fiyatı ortalama 10 ₺'dir. Yağlık zeytin için kooperatife kilo başına satış fiyatı 4 ₺'dir.

Zeytin seçeneği için olasılık durumları iyi hava koşulu ve kötü hava koşulu durumları bulunmaktadır. İyi hava koşullarında bir zeytin ağacının senelik 40 kilo ve kötü hava koşullarında ise 25 kilo vereceği varsayılmış, hesaplamalar bunun üzerine yapılmıştır. Bu varsayımlar ışığında zeytinden sağlanacak kazanç değerleri aşağıdaki gibidir.

- ☐ İyi Hava Koşullarında (Sofralık): $350 \times 40 \times 10 \times (0.75) = 105.000 \text{ ₺}$
- ☐ İyi Hava Koşullarında (Yağlık): $350 \times 40 \times 4 \times (0.25) = 14.000 \text{ ₺}$
- ☐ İyi Hava Koşullarında Toplam = 119.000 ₺
- ☐ Kötü Hava Koşullarında (Sofralık): $350 \times 25 \times 10 \times (0.75) = 65.625 \text{ ₺}$
- ☐ Kötü Hava Koşullarında (Yağlık): $350 \times 25 \times 4 \times (0.25) = 8.750 \text{ ₺}$
- ☐ Kötü Hava Koşullarında Toplam: 74.375 ₺

Araştırmada varılmak istenen nokta hangi tarım ürününün karar verici için daha mantıklı olduğunu ortaya çıkarmaktır. Bunun için oluşturulan karar ağacının karar düğümlerinden biri olan zeytin seçeneği ile ilgili bilgilere çiftçi ile soru cevap şeklinde yapılan mülakat ile ulaşılmıştır.

3.2.2. Ceviz ile ilgili veriler

Türkiye’de senelik ortalama 120.000 ton ceviz üretimi ile dünya ceviz üretimi açısından değerli bir konumdadır. Tümü tohumdan yetiştirilmiş ceviz popülasyonları içinde farklı ıslah amaçları açısından önemli ceviz gen kaynaklarının olduğu ülkemizde dört milyonun üstünde ceviz ağacı vardır. Avrupa ülkelerinde son senelerde ceviz yetiştiriciliğinin önemli bir konumda olması sebebiyle hem üretimde hem de ceviz ihracatında önemli gelişme ve değişimler gerçekleşmektedir (Akça ve Köroğlu, 2005). Ceviz bitki türünün ülke içerisindeki konumu ve yetiştiriciliği de günden güne artmaktadır. Tüm bu bulgular göz önüne alındığında karar verici ikinci karar seçeneği olarak ceviz seçeneğini düşünmüştür. Arazi üzerine ceviz ağacı dikilmek istenirse ilk olarak arazideki zeytinlerin sökülmesi gerekmektedir. Bu da ek bir maliyet oluşturacaktır. Ceviz ağaçları araziye 40 metre karede bir ceviz ağacı olacak şekilde dikilecektir. Bunun sunucunda araziye toplam 300 ceviz ağacı dikmek planlanmıştır. Tarım Kredi Kooperatifi’nden alınan bilgilere göre bir ceviz ağacı senede 10 ile 20 kilo arasında ceviz vermektedir. Cevizin kilo başı fiyatı 25 ₺’dir. Arazideki zeytinler söküldükten sonra ceviz ağacı dikileceği için ilk 3 yıl meyve vermemektedir.

Ceviz ağacı için iyi hava koşulu ve kötü hava koşulu olma durumları söz konusudur. İyi hava koşullarında ceviz ağaçlarının senede 20 kilo, kötü hava koşullarında ise senede 10 kilo vereceği varsayılmış ve hesaplamalar buna göre yapılmıştır. Çiftçi eğer ceviz bitki türünü üretme kararı alırsa zeytin ağaçlarını arazi üzerinden sökmek zorunda kalacak ve ceviz ağaçlarını da en baştan ekmeye katlanma durumunda kalacaktır. Bu durumda ek maliyetleri de hesaba katmak zorunda olan karar verici ceviz bitki türünün meyve vermesi için 3 yıl mahsul alma süresi boyunca kazanç elde etmeme koşulunu da dikkate almak zorundadır. Ceviz ağacını ekme maliyetleri aşağıda yer almaktadır.

- ☐ Fidan Maliyeti: $300 \times 20 = 6.000$ ₺
- ☐ Bakım Maliyetleri: $3.000 \times 3 = 9.000$ ₺
- ☐ Gübreleme ve İşçilik Maliyetleri: $3.000 + 2.000 = 5.000$ ₺

Ceviz ağacı için iyi hava koşulu ve kötü hava koşulu olma durumları söz konusudur. İyi hava koşullarında ceviz ağaçlarının senede 20 kilo, kötü hava koşullarında ise senede 10 kilo vereceği varsayılmış ve hesaplamalar buna göre yapılmıştır. Buna göre ceviz bitki türünü seçme durumunda elde edilecek kazanç bilgileri aşağıdaki gibidir.

- ☐ İyi Hava Koşullarında: $300 \times 20 \times 25 = 150.000$ ₺
- ☐ Kötü Hava Koşullarında: $300 \times 10 \times 25 = 75.000$ ₺

Yapılan hesaplamalar sonucunda ceviz ekme işlemi için toplam 20.000 ₺ maliyet ödenmek zorundadır. Kazanç durumları ise iyi hava koşullarında senede 150.000 ₺, kötü hava koşullarında ise 75.000 ₺ olarak belirlenmiştir.

3.2.3. Araziyi satın alma durumu ile ilgili veriler

Araziyi satın alan kişi ceviz veya zeytin ekme durumunda 20 yıllık plan sonunda araziyi satma kararını verebilmektedir. Bunun sonucunda arazinin değeri bilinmek istenmektedir. Arazi 2014 yılında değer olarak metrekare başına 20 ile 30 ₺ değeri bulunmaktadır. Arazi satın alındıktan sonra 5 sene geçmiş ve değeri yapılan araştırmalara göre metrekare başına 36 ₺ olarak belirlenmiştir. Arazinin 20 yıl sonraki değeri ise arazinin 312.500 ₺’dan 450.000 ₺’ya 5 sene sonunda ulaşması dikkate alınarak her yıl değerine 17.500 ₺ kattığı varsayılmıştır. Bunun sonucunda arazinin 20 yıl sonunda değeri 862.500 ₺ olarak belirlenmiştir. Araziyi kiralama durumu da söz konusudur. Bu durumda arazi sahibi arazisini bir başka tarım işleri ile uğraşan kişiye kiralayarak yıllık kira alacaktır. Alacağı yıllık kiranın tutarı 25.000 ₺ olarak belirlenmiştir.

3.2.4. Karar durumları ile ilgili veriler

Oluşturulan karar ağacında iyi ve kötü hava koşulları olmak üzere iki tane olay yani karar seçeneklerini etkileyeceği belirlenmiş olan karar durumları bulunmaktadır. Belirlenen karar durumları ilk olarak sezgisel olarak geçmiş tecrübe ve araştırma konusu olan tarım arazisinin yer aldığı bölge itibari ile iklim, toprak özellikleri gibi fiziksel özellikler incelenmiş ve bir olasılık değeri atanmıştır. Geçmiş deneyimlere göz önünde bulundurularak iyi hava koşullarına 0,80 ve kötü hava koşullarına ise 0,20 olasılıkları atanmıştır. Sezgisel olarak belirlenen olay olasılıklarının yanında araştırmanın daha sayısal verilere dayanması ve ikna edici olabilmesi açısından Tekirdağ ilinin 1938-208 yılları arasında atlık sıcaklık ortalamaları dikkate alınmıştır. Aylık sıcaklık ortalamalarının ortalaması alınmış ve bu değer altında kalan aylık sıcaklık ortalamaları kötü hava koşullarını, üstünde kalan aylık sıcaklık ortalamaları ise iyi hava koşullarını ifade edecek şekilde belirlenmiştir.

Tablo 1. Tekirdağ ili 1938- 2018 yılları aylık ortalama sıcaklık ortalamaları (URL-1, 2020)

TEKİRDAĞ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Sıcaklık Ortalaması	4,7	5,4	7,3	11,8	16,8	21,3	23,8	23,8	20	15,4	11	7,1	14
En Yüksek Sıcaklık Ortalaması	8	8,9	11	15,8	20,6	25,3	28	28,2	24,4	19,5	14,7	10,3	17,9
En Düşük Sıcaklık Ortalaması	1,9	2,4	4,1	8,1	12,7	16,6	19	19,3	16	12	8,1	4,2	10,4

Tekirdağ ilinin 1938-2018 yılları arasında aylık ortalama sıcaklık değerleri Tablo 1’de yer almaktadır. Yıl bazında bakıldığında zaman ayların ortalama sıcaklığı 14 °C olarak belirlenmiştir. Bu değer altındaki değerler kötü hava koşullarını, üstündeki değerler ise iyi hava koşullarını ifade etmektedir. Bu doğrultuda iyi hava koşulları %50, kötü hava koşulları %50 olarak belirlenmiştir. Beklenen değer hesaplamaları bulunan olasılık değerlerine göre yeniden yapılmıştır. Karar seçeneklerini etkileyen olayların gerçekleşme olasılıklarının iki farklı şekilde atanması karar vericide ne gibi fikir değişimlerine neden olabileceği ve seçim alternatiflerinin değerlerinin neler olacağı açısından önemli bir kıstas olarak görülebilir.

3.3. Araştırmanın Yöntemi

Araştırma verileri bilgi alınacak olan kişi ile karşılıklı konuşmaya dayanan ve konuyu aydınlatmak üzere derinlemesine soru sorma olanağı veren görüşme tekniği ile elde edilmiştir. Araştırmada kullanılan verileri elde etmek amacıyla konu ile ilgili bilgi sahibi olan kişi ile soru cevap şeklinde bilgi almaya dayalı bir görüşme gerçekleştirilmiştir. Görüşme yapılan kişiye sorulan sorular önceden belirlenmiş ve direkt olarak verileri dolaysız yoldan elde etme yoluna gidilmiştir. Sorular oldukça açık ve net bir şekilde hazırlanmış ve görüşme yapılan kişinin yanlış bilgi vermemesi sağlanmıştır. Sorular 3 bölüme ayrılmıştır. Bölümlendirmede yer alan ana başlıklar karar seçenekleri ile ilgili sorular, karar durumları ile ilgili olan sorular ve tarım arazisi ile ilgili sorular şeklindedir. İlk bölümde karar seçeneklerinin neler olabileceği ve belirlenen karar seçeneklerinin sayısal verilerinin günümüz koşullarına ait verilerini, ikinci bölümde karar durumlarını içeren ve daha çok bölge iklimi ile ilgili sorular ve son bölümde ise arazi özellikleri ile ilgili sorular sorulmuştur.

Görüşme hem arazi, tarım işleri ve bölge iklim ve toprak özellikleri hakkında bilgi sahibi olan hem de karar seçeneklerini tarım arazisinin sahibi olması açısından arazi sahibi ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan görüşmenin ilk bölümünde araştırmanın süresi, karar seçenekleri, durum tespitleri gibi konular irdelenmiştir. Bunun sonucunda sürecin 20 yılı kapsamı ve arazinin gelecekteki

planlamasına dair zeytin, ceviz, satma ve kiralama işlemleri üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde ise karar seçeneklerini etkileyen olaylar yani arazinin geleceğini hangi durumların etkileyebileceği üzerinde konuşulmuştur. Bu bölümde ise tarım faaliyetlerinin bağımlı olduğu ve planlamaların bu koşula bağlı olduğu için hava koşulları belirlenmiştir. Son bölümde ise arazinin kiralınması veya satın alınması durumunda arazinin ederini oluşturacak olan arazi özellikleri, konumu ve alanı hakkında veriler toplanmıştır.

Görüşmeden elde edilen veriler yardımı ile ilk olarak belirsizlik altında daha sonra ise risk altında karar analizi uygulanmıştır. En son ise sürecin tamamını kapsayan ve karar verici olan arazi sahibinin stratejileri oluşturan bir karar ağacı oluşturulmuştur. Karar ağacında karar düğümleri ve olay düğümleri ve olasılıklar şematik olarak yer almıştır. Karar vericinin gerçekleşmesini tahmin ettiği düşünceler karar ağacı aracılığı ile görselleştirilmiş ve somut hale getirilmiştir. Bu aşamadan sonra karar ağacındaki stratejiler dikkate alınarak Beklenen Değer Analizi yapılmış ve her düğümün beklenen değeri hesaplanmıştır. Beklenen değer hesaplaması karar ağacında bastan sona doğru olacak şekilde yapılmıştır ve her düğümün beklenen değeri üzerinde gözükecek şekilde belirtilmiştir. Bu hesaplamalar karar analizi, yöneylem ve atama gibi konular ile ilgili pek çok probleme çözüm bulan ve kolaylık sağlayan POM QM paket programı kullanılarak yapılmıştır. Beklenen değer analizi hem sezgisel yöntemler ile belirlenmiş hem de sayısal verilere dayalı olarak atanan olay olasılıkları ile yapılmıştır. Bunun sonucunda beklenen değerler ve karar durumlarında ne gibi değişikliklerin olduğu gözlemlenmiştir.

4. Bulgular

Araştırmanın ana hedefi olan karar vericide bir fikir uyandırma çabası ile tarım arazisi ile hangi faaliyetin yapılacağı belirsizlik ve risk altında incelenmiştir.

Karar verme aşamasında belirsizlik ve risk altında karar analizi uygulaması olarak karar matrisleri önemli bir konumda yer almaktadır. Karar matrisleri oluşturularak karar vericinin karar seçenekleri, karar durumları ve koşullara bağlı kazanç veya maliyet değerleri açık bir şekilde görülmektedir. Bu aşamada belirsizlik altında karar analizi ve risk altında karar analizi ölçütlerini kullanmak üzere karar seçenekleri zeytin, ceviz ve araziye kiralama belirlenmiştir. Olaylar ise iyi ve kötü hava koşulları belirlenmiş ve zeytinin iyi hava koşullarındaki kazancı 2.380.000 ₺, kötü hava koşullarında ise 1.487.500 ₺ olarak, cevizin iyi hava koşullarındaki kazancı 2.550.000 ₺, kötü hava koşullarında ise 1.275.000 ₺ olarak ve en son olarak ise kiralama seçeneğinin iyi hava koşullarında kazancı 500.000 ₺ ve kötü hava koşullarında ise 200.000 ₺ olarak hesaplanmıştır. Karar

seçeneklerinin olaylara göre getirdiği kazanç değerleri bölüm 3.2.1. ve 3.2.2.' de hesaplanmış olan verilerin 20 yıllık süreci dikkate alarak tekrardan hesaplanmış şeklidir. Oluşturulan karar matrisi tablo 2' de daha anlaşılır bir şekilde görülmektedir.

Tablo 2. Belirsizlik altında karar matrisi

	İyi Hava Durumu	Kötü Hava Durumu
Zeytin	2.380.000 ₺	1.487.500 ₺
Ceviz	2.550.000 ₺	1.275.000 ₺
Kiralama	500.000 ₺	200.000 ₺

Tablo 2.' de belirsizlik altında karar vericinin karar seçeneklerini oluşturan zeytin, ceviz ve kiralama durumları ve olaylara göre kazanç değerleri açıkça belli olmaktadır. Belirsizlik altında oluşturulan karar matrisinde yer alan veriler aynı zamanda risk altında karar matrisinin de verilerini oluşturmaktadır. Belirsizlik altında karar analizinden farkı ise olayların olma olasılıklarının matriste yer almasıdır. Olayların gerçekleşme olasılıkları bölüm 3.2.3.'te belirtilmiştir.

4.1. Belirsizlik Altında Karar Analizi

Belirsizlik altında karar verme durumu karar seçeneklerini etkileyen karar durumları yani olayların gerçekleşme olasılıklarının belirlenmediği veya belirlenme imkanının olmadığı durumlarda analiz yapma olanağı sunan ve belirli birkaç ölçütü bulunan analiz sürecidir. Tablo 2.'de belirsizlik altında karar matrisi yer almaktadır.

Tablo 3. Belirsizlik altında karar verme ölçütleri ve sonuçları

	İyimserlik	Kötümserlik	Pişmanlık
Zeytin	2.380.000 ₺	1.487.500 ₺	170.000 ₺
Ceviz	2.550.000 ₺	1.275.000 ₺	212.500 ₺
Kiralama	500.000 ₺	200.000 ₺	2.050.000 ₺
	2.550.000 ₺	1.487.500 ₺	170.000 ₺

Belirsizlik altında karar verme durumunda Tablo 3'te yer alan ölçütler kullanılmakta ve karar vericinin karar verme mantığına göre seçenekler sunmaktadır. Ölçütlere göre ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibidir.

□ Karar verici iyimser yaklaşıma sahip ise iyimserlik ölçütüne göre en fazla kazanç getiren yatırım 2.550.000 ₺ kazanç değeri ile ceviz seçeneğine karar verilir

□ Karar verici kötümser yaklaşıma sahip ve gelecekte ekonomik durumun kötüleşeceğini düşünen biri ise duruma kötümser yaklaşır. Yani seçeneklerin en az kazanç getiren değerlerini belirler ve bunlar arasından maksimum olanı seçer. Tablo 3'e göre bu seçenek 1.487.500 ₺ kazanç değeriyle zeytin seçeneğidir.

□ Pişmanlık ölçütünde ise sütun bazlı pişmanlık durumlarında kaybedilecek kazanç değerleri belirlenir. Pişmanlık ölçütünde pişmanlık miktarlarının en az yani minimum olanı seçilmektedir. Bu durumda 170.000 ₺ pişmanlığa sahip olan zeytin seçeneği bu ölçüte göre seçilen seçenek olarak göze çarpmaktadır.

4.2. Risk Altında Karar Verme

Belirsizlik ve risk altında karar verme durumundan farklı olarak karar durumlarının gerçekleşme olasılıklarının belli olduğu ve hesaplamalara katıldığı karar verme analizidir. Araştırmanın bölüm 3.2.4. kısmında olayların olasılıkları ile ilgili 2 yaklaşımın varlığından bahsedilmişti. Olayların gerçekleşme olasılıkları ilk olarak geçmiş deneyim ve bölge özellikleri dikkate alınarak sezgisel olarak belirlenmiş ve iyi hava koşullarına 0,80 ve kötü hava koşullarına 0,20 olasılıkları atanmıştır. Daha sonra olasılıkların sayısal verilere dayanması amacıyla Tekirdağ ilinin 1938- 2018 yılları arasında aylık sıcaklık ortalamaları göz önünde bulundurularak iyi ve kötü hava koşullarında 0,50 olasılıkları atanmıştır. Bu aşamada risk altında karar verme durumunda olasılıkların belirlenme şekillerinin farklılığının karar seçenekleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve farklılıklar belirlenmiştir.

Tablo 4. Olayların olasılıklarının sezgisel olarak belirlendiği risk altında karar matrisi

	İyi Hava Durumu	Kötü Hava Durumu
Olasılıklar	0,8	0,2
Zeytin	2.380.000 ₺	1.487.500 ₺
Ceviz	2.550.000 ₺	1.275.000 ₺
Kiralama	500.000 ₺	200.000 ₺

Tablo 4'te sezgisel olarak olayların olasılıklarının belirlendiği risk altında karar verme durumunda oluşturulan karar matrisi yer almaktadır. Karar matrisindeki değerler belirsizlik altında karar verme durumunda olduğu gibi POM QM paket programına girilmiş ve çözdürülmüştür.

Karar verici olan tarım arazisine sahip kişi zeytin, ceviz ve araziyi kiralama seçeneklerinden hangisinin daha mantıklı ve hangi ölçütlerde hangi kararların geçerli olabileceği gibi sonuçlar hakkında bilgilendirilmesi için risk altında karar analizi ölçütlerini POM QM programı sayesinde

çözdürülmüştür. POM QM programında verilerin girilmesi ile risk altında karar verme durumunda kullanılan beklenen değer analiz, beklenen fırsat kaybı gibi ölçütler ile veriler irdelenmiş ve tam bilginin varlığı durumunda elde edilebilecek olan kazanç durumu çözüme kavuşmuştur. Tam bilginin varlığı durumunda elde edilen kazanç değeri sayesinde tam bilginin beklenen değeri de bulunmuştur.

Tablo 5’te görüldüğü üzere beklenen değer analizinde her karar seçeneği için gerçekleşmesi muhtemel olayların olasılıkları karar seçeneklerinin olaylara göre alacağı değerler ile çarpılmış ve çıkan sonuçlar toplanmıştır. Bu işlemler sonucunda zeytin için beklenen değer 2.201.500 ₺, ceviz için beklenen değer 2.295.000 ₺ ve araziyi kiralama durumunda beklenen değer ise 440.00 ₺ sonucuna varılmıştır. Beklenen değer analizine göre mantıklı olan ve karar vericiyi avantajlı duruma getirecek olan kazancı daha fazla olan ceviz karar seçeneği göze çarpmaktadır. Bir diğer analiz ölçütlerinden biri olan beklenen fırsat kaybına göre zeytin için 136.000 ₺, ceviz için 42.500 ₺ ve kiralama seçeneği için 1.897.500 ₺ kayıp değerleridir.

Tablo 5. Sezgisel olarak belirlenen olasılıklı risk altında karar analizi sonuçları

Beklenen Değer Analizi			
	İyi Hava Koşulları	Kötü Hava Koşulları	Beklenen Değer
Olasılıklar	0,8	0,2	
Zeytin	1.904.000 ₺	297.500 ₺	2.201.500 ₺
Ceviz	2.040.000 ₺	250.000 ₺	<u>2.295.000 ₺</u>
Kiralama	400.000 ₺	40.000 ₺	440.000 ₺

Beklenen Fırsat Kaybı			
	İyi Hava Koşulları	Kötü Hava Koşulları	Beklenen Fırsat Kaybı
Olasılıklar	0,8	0,2	
Zeytin	170.000 ₺	0 ₺	136.000 ₺
Ceviz	0 ₺	212.500 ₺	<u>42.500 ₺</u>
Kiralama	2.050.000 ₺	1.287.500 ₺	1.897.500 ₺

Tam Bilginin Beklenen Değeri			
	İyi Hava Koşulları	Kötü Hava Koşulları	Toplam
Olasılıklar	0,8	0,2	
Zeytin	2.380.000 ₺	1.487.500 ₺	
Ceviz	2.550.000 ₺	1.275.000 ₺	
Kiralama	500.000 ₺	200.000 ₺	
Tam Bilgi	2.550.000 ₺	1.487.500 ₺	

Tam Bilgi (%)	2.040.000 ₺	297.500 ₺	2.337.500 ₺
Beklenen Değer			2.295.000 ₺
Tam Bilginin Beklenen Değeri			<u>42.500 ₺</u>

Tam bilginin beklenen değeri de risk altında karar analizinde elde edilen önemli çıktılarından biridir. Tam bilgi karar vericinin belirlenen karar durumlarının hangisinin olacağını tam olarak bilmesi durumunda seçeceği karar seçeneklerinin değerlerinin olay olasılıkları ile çarpılması ile bulunmaktadır. Tam bilgi ile beklenen kazanç 2.337.500 ₺ olarak bulunmuştur. Beklenen değer analizinde elde edilen beklenen değer ise 2.295.00 ₺ kazanç değeridir. Tam bilginin beklenen değeri ise bu iki analiz çıktısının birbirinden farkıdır. Bunun sonucunda tam bilginin beklenen değeri 42.500 ₺ olarak karşımıza çıkmaktadır. Karar verici tam bilgiye 42.500 ₺ bedel ödemek koşulu ile ulaşabilmektedir. Bu sayede hem daha çok kazanç elde edebilmekte hem de karar verme durumunda daha net olabilme avantajı sahip olmaktadır.

Tablo 6. Olayların olasılıklarının sayısal verilere dayanarak atandığı risk altında karar matrisi

	İyi Hava Koşulları	Kötü Hava Koşulları
Olasılıklar	0,5	0,5
Zeytin	2.380.000 ₺	1.487.500 ₺
Ceviz	2.550.000 ₺	1.275.000 ₺
Kiralama	500.000 ₺	200.000 ₺

Tablo 6’da sayısal verilere dayanarak olayların olasılıklarının belirlendiği risk altında karar verme durumunda oluşturulan karar matrisi yer almaktadır. Karar matrisindeki değerler belirsizlik altında karar verme durumunda olduğu gibi POM QM paket programına girilmiş ve çözdürülmüştür.

Tablo 7. Sayısal olarak belirlenen olasılıklı risk altında karar analizi sonuçları

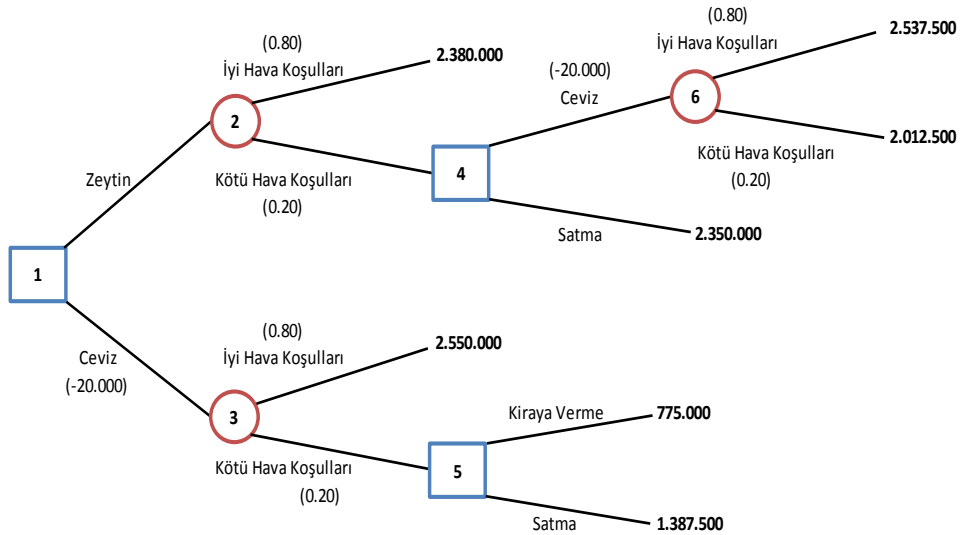
		İyi Hava	Kötü Hava	Beklenen Değer
		0,5	0,5	
Beklenen Değer Analizi	Olasılıklar			
	Zeytin	1.190.000 ₺	743.750 ₺	1.933.750 ₺
	Ceviz	1.275.000 ₺	637.500 ₺	1.912.500 ₺
	Kiralama	250.000 ₺	100.000 ₺	350.000 ₺
		İyi Hava	Kötü Hava	Beklenen Fırsat Kaybı
		0,5	0,5	
Beklenen Fırsat Kaybı	Olasılıklar			
	Zeytin	170.000 ₺	0 ₺	85.000 ₺
	Ceviz	0 ₺	212.500 ₺	106.250 ₺
	Kiralama	2.050.000 ₺	1.287.500 ₺	1.668.750 ₺
		İyi Hava	Kötü Hava	Toplam
		0,8	0,2	
Tam Bilginin Beklenen Değeri	Olasılıklar			
	Zeytin	2.380.000 ₺	1.487.500 ₺	
	Ceviz	2.550.000 ₺	1.275.000 ₺	
	Kiralama	500.000 ₺	200.000 ₺	
Tam Bilgi		2.550.000 ₺	1.487.500 ₺	
Tam Bilgi (%)		1.275.000 ₺	743.750 ₺	2.018.750 ₺
Beklenen Değer				1.933.750 ₺
Tam Bilginin Beklenen Değeri				85.000 ₺

Tablo 7’de görülen analiz sonuçları karar vericinin karar durumlarının gerçekleştirme olasılıklarının Tekirdağ ili 1938- 2018 yılları arasındaki aylık sıcaklık ortalamaları dikkate alınarak yapılması sonucu elde edilmiştir. Olasılıkların iyi ve kötü hava koşulları olan olaylar içerisinde 0,50’lik oranlar ile dağılması sonucu hem karar seçeneklerinin matris içerisindeki değerleri hem de analizler sonucu seçilmesi mantıklı olan seçenekte değişim gözlenmiştir. POM QM programı yardımı ile yapılan çözüm sonucu zeytin için beklenen değer 1.933.750 ₺, ceviz için beklenen değer 1.912.500 ₺ ve araziyi kiralama durumunda beklenen değer ise 350.00 ₺ elde edilmiştir. Beklenen değer analizine göre mantıklı olan ve karar vericiyi avantajlı duruma getirecek olan kazancı daha fazla olan zeytin karar seçeneği göze çarpmaktadır. Bir diğer analiz ölçütlerinden biri olan beklenen fırsat kaybına göre zeytin için 85.000 ₺, ceviz için 106.250 ₺ ve kiralama seçeneği için 1.668.750 ₺ kayıp değerleridir. Karar verici tam bilgi sahibi olması durumunda 2.018.750 ₺ kazanç değerine ulaşacağı Tablo 7’de görülmektedir. Tam bilginin beklenen değeri 85.000 ₺ olarak bulunmuştur.

4.3. Karar Ağacı

Karar ağaçları, karar seçenekleri ve olay durumlarını bir arada ifade etmede kullanılan ve görsellik açısından karar verme durumlarını daha iyi ifade eden karar analizi şeklidir. Karar ağaçları düğümlerden ve düğümlerin gittiği yollardan oluşmaktadır. Karar ağaçları içerisinde yer alan bir öge olan düğümler ise karar düğümleri ve olay düğümleri olmak üzere ikiye ayrılır. Karar düğümlerinden çıkan yollar yani arklarda karar seçenekleri yer alır ve olasılık bu arklarda yer almamaktadır. Olay düğümleri ise kendisinden sonra olayların ve olayların gerçekleşme olasılıklarının yer aldığı arkların geldiği düğümlerdir. Arklar ise düğümler arasında yer alan, karar ve olay düğümlerini birleştiren karar ağacı elamanıdır.

Araştırmada 12,5 dönüm tarım arazisinde yapacağı faaliyet hakkında karar verme amacı ile belirlenen karar seçenekleri 20 sene süre için değerlendirilmiştir. Arazide yapılacak olan faaliyetler 10 yıl tamamlandıktan sonra tekrardan değerlendirilip 10 yılın sonunda başlanan faaliyete devam edilip edilmeyeceğine tekrar karar verilmektedir. Değerlendirme yapılırken karar seçeneklerinin bağımlı olduğu karar durumları yani olaylar risk altında karar vermede olduğu gibi hem sezgisel olarak hem de sayısal olarak atanmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

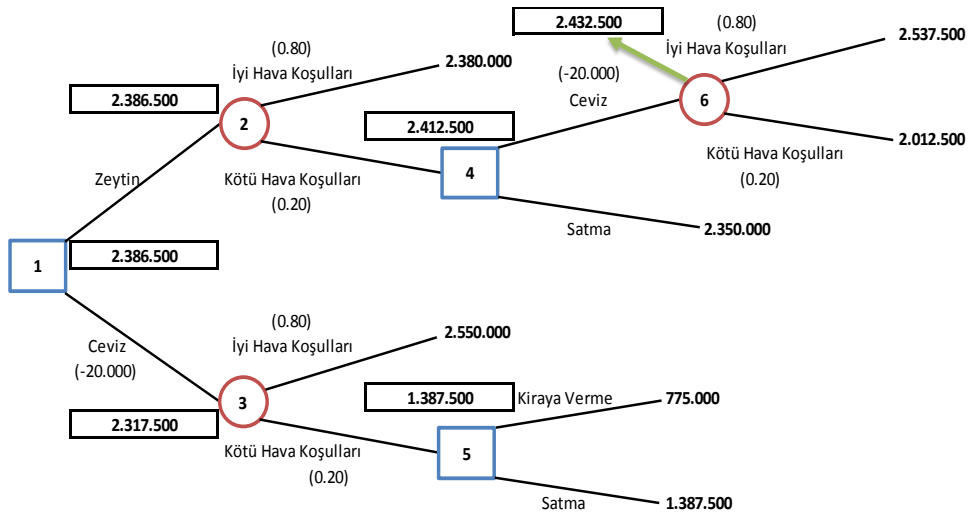


Şekil 1. Sezgisel olarak belirlenen olay olasılıklarına göre karar ağacı

Şekil 1’de görülen karar ağacı sezgisel olarak belirlenen olay olasılıklarına göre çizilmiştir. Karar ağacına göre karar verici yani tarım işleri ile uğraşan kişi arazisine ilk olarak zeytin ve ceviz faaliyetlerinden birisi ile başlamak istemektedir. İki seçenekte de karar verici 10 yıl faaliyetlere devam etmek istemektedir. Faaliyetlerin sürdürüldüğü 10 yılın sonunda tekrardan bir değerlendirme

yapılmaktadır. Bu değerlendirmede karar vericiyi etkileyen faktör olaylardır. Olayların durumuna göre karar verici seçeneklerini tekrardan gözden geçirmek istemektedir. Karar verici zeytin seçeneğini 10 yıl sürdürmektedir. Sürecin sonunda olaylara bağlı olarak zeytini bırakıp ceviz seçeneğine ya da araziyi satma durumuna yönelebilir. Zeytin yetiştirme faaliyetinden ceviz yetiştirme faaliyetine geçerken 20.000 ₺ ek bir maliyet ödemek zorunda kalacaktır ve 3 yıl boyunca araziden herhangi bir gelir elde edemeyecektir. Karar vericinin ilk olarak ceviz faaliyetini seçmesi durumunda ise yine bir 20.000 ₺ ek maliyet ve 3 yıl gelirsiz geçen bir süreç ile karşı karşıya kalacaktır. Ceviz yetiştirme 10 yıl devam edecek ve sürecin sonunda karar verici tekrar bir değerlendirme yapmaktadır. Bu değerlendirmenin sonunda ceviz yetiştirmeye devam edilebilir. Fakat koşullar kötüye giderse araziyi satma ve kiraya verme durumları değerlendirilir.

Karar ağacı tüm süreci özetleyecek şekilde oluşturulduktan sonra arazi sahibine fikir ışığı olacak sonuçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu aşamada karar ağacı POM QM programında çizilerek ve veriler girilerek oluşturulmuştur. Oluşturulan karar ağacı programda çözdürülmüş ve sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 2. Sezgisel olarak belirlenen olay olasılıklarına göre çizilen karar ağacının çözümlemesi

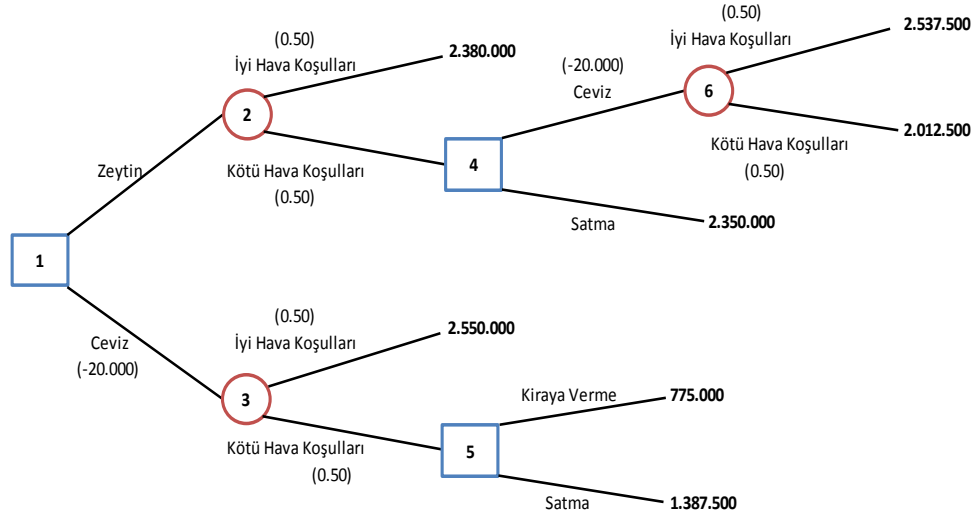
Oluşturulan karar ağacı POM QM programında Karar Analizi modülü kullanılarak çözdürülmüştür. Elde edilen sonuç Şekil 2’de görülmektedir. Şekil 2’ye göre 20 yıllık süre dikkate alınacak olursa karar vericinin zeytin yetiştirme faaliyetini seçmesi daha kazançlı bir durum oluşturmaktadır. Karar ağacı detaylı incelenecek olursa her karar ağacında olduğu gibi çözüme karar ağacının son düğümlerinden başlanmıştır. Düğümlerin beklenen değerleri tek tek hesaplanmıştır. İlk faaliyet olarak zeytin belirlenmiş olursa altıncı düğümün beklenen değeri bağlı olduğu olayların olasılıkları ile karar değerlerinin çarpılması sonucu büyük olan değer düğüm değerini oluşturmuştur.

Dördüncü düğümün değeri ise ceviz yetiştirme faaliyeti ve satma durumundan büyük olan değer olan 2.412.500 ₺ değeri olmuştur. İkinci düğümün değeri ise olay olasılıklarının karar değerleri ile çarpılıp toplanması sonucu 2.386.500 ₺ olarak bulunmuştur. Karar vericinin hangi faaliyeti seçeceğini belirlemesi için İlk olarak ceviz yetiştirme faaliyetinden başlanılırsa beklenen değer ne olacağı bulunmalıdır. Bu durumda zeytin seçeneğinde olduğu gibi son düğümden başa doğru çözümleme yapılmalıdır. Beşinci düğümün değeri kiralama ve satma seçeneklerinden daha yüksek değere sahip olmalıdır. Bunun sonucunda 1.387.500 ₺ kazanç değeri 5. düğümün beklenen değerini oluşturmuştur. Ceviz yetiştirme faaliyetinin beklenen değeri ise iyi ve kötü hava koşullarının olasılıkları ile karar değerlerinin çarpılıp toplanmış ve ek maliyet olan 20.000 ₺ çıkarılmıştır. Elde edilen değer 2.297.500 ₺ gelir elde edileceği hesaplanmıştır. Karar ağacının ilk düğümünün değerinin 2. ve 3. Düğüm değerlerinden yüksek olanı yani zeytin yetiştirilmesi sonucunda beklenen değer 2.386.500 ₺ olarak bulunmuştur.

Karar ağacı çözümlemesi sonucu zeytin yetiştirme faaliyetinin daha mantıklı ve daha fazla kazanç sağladığı karar vericiye bir fikir sahibi olmasına ve arazisinin geleceği hakkında bilgiye sahip olmasına fayda sağlamıştır. Karar verici iyi ve kötü hava koşulu olmak üzere belirlenen olaylar karşısında 20 yıllık süreç içerisinde hangi faaliyetlerin ne gibi durumlarda öne çıktığını karar ağacının çözümü ile görebilmektedir. Karar verici, karar ağacının çözümünden aşağıdaki bilgileri elde etmektedir.

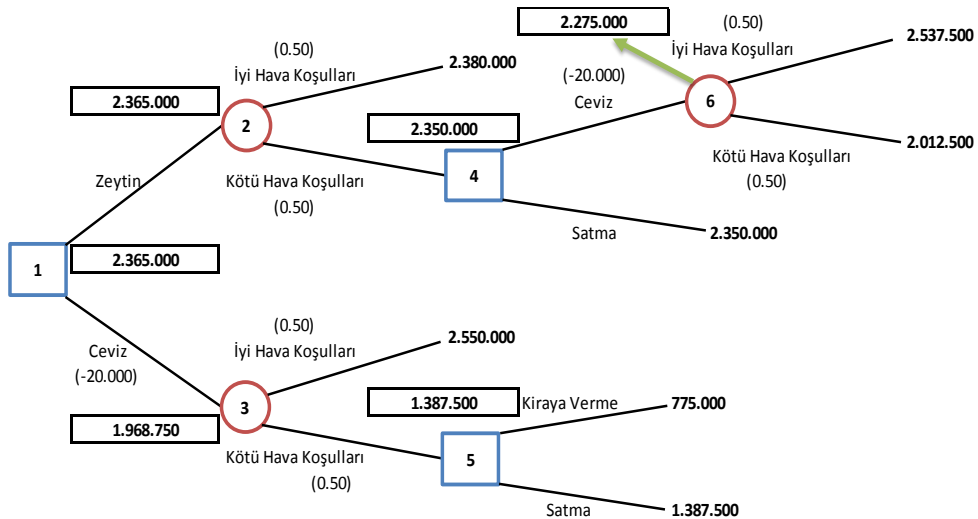
- ☐ Zeytin yetiştirme faaliyeti seçildikten sonra hava koşulları kötüye giderse ceviz yetiştirme faaliyetine geçmesi daha mantıklı olacaktır.
- ☐ İlk olarak ceviz yetiştirme ile başlamak istenirse ve hava koşulları kötüye giderse 20 yıllık süreç için araziye satmak daha fazla kazanç sağlamaktadır.
- ☐ Arazi sahibi karar tercihini zeytin yetiştirmeden yana kullanırsa daha fazla gelir elde etmektedir.

Karar verici olasılıkların sezgisel olarak belirlenmesi ile elde edilen çözümde sonra olay olasılıkların sayısal verilere dayanarak belirlendiği bir çözümleme daha istemektedir. Oluşturulması planlanan karar ağacında olay olasılıkları Tekirdağ ilinin 1938- 2018 yılları arasında aylık sıcaklık ortalamaları dikkate alınarak atanmıştır. Atanan olasılıklar iyi ve kötü hava koşulları için birbirine eşit ve 0,5 olasılık değerleridir. Karar verici iki farklı yol ile belirlenen olasılık durumlarına göre değişimin olup olmayacağını bu şekilde görmüş olacaktır.



Şekil 3. Olasılıkların sayısal olarak belirlenmesine göre karar ağacı

İyi ve kötü hava koşulları aylık sıcaklık ortalamaları bazında hesaplanmış ve revize edilmiştir. Bunun sonucunda beklenen değer hesaplamaları yeniden yapılmıştır. Hesaplamalar yapıldıktan sonra sezgisel olarak alınan olay olasılıkları ile aynı seçenek tercih edilmiştir. Her iki durumda da zeytin seçeneği 20 yıllık planlama doğrultusunda mantıklı olan seçenek olarak bulunmuştur. Şekil 4'te 1 numaralı düğüm için beklenen değer olarak 2.365.000 ₺ bulunmuştur. Buradan hareketle olayların olasılıklarının belirlenme yöntemi değişmesine rağmen karar durumları karşısında seçilmesi mantıklı olan seçenek değişmemekte sonucuna varılır.



Şekil 4. Sayısal olarak belirlenen olay olasılıklarına göre çizilen karar ağacının çözümlemesi

Olayların olasılık değerleri sezgisel olarak ve sayısal verilere dayandırılmak üzere iki farklı yoldan yapılmıştır. İki durumda da zeytin seçeneği seçilmiştir. İki durumun farklılığı ise zeytin seçeneğinde 10 yıl boyunca kötü hava koşullarının olması durumunda seçilen karar seçeneklerinin

farklılık göstermesidir. İlk durumda yani olasılık değerlerinin sezgisel olarak belirlenmesinde ceviz ekme seçeneği mantıklı seçenek olarak belirlenmiştir. İkinci durumda yani olayların olasılık değerlerinin aylık sıcaklık ortalamaları dikkate alınarak hesaplanmasında ise araziyi satma seçeneği beklenen değer olarak ceviz ekme seçeneğinden daha fazla getirisi olduğu için tercih edilen seçenek olmuştur.

5. Sonuçlar ve Tartışma

Tarım sektörü son yıllarda sanayinin gelişmesi ve sanayileşmeye verilen önemin artması sonucu bir düşüş yaşamaktadır. Sektörün ikinci planda kalması sonucu tarım işlerinde yapılan faaliyetlerin daha dikkatli gerçekleştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Zeytin ve ceviz yetiştiriciliği de bu faaliyetlerdendir. Bu tarım ürünleri hakkında yapılan gözlem ve araştırmalar iki ağaç türünün de bir tarım ürünü ve kazanç sağlayan bir faaliyet olduğunu ortaya koymaktadır. Gerek ülkemizde yetiştirilme bakımından elverişli iklim ve toprak özelliklerinin olması gerek para kazandıran alanlar olmaları nedeniyle iki ürüne de yönelim gösterilmektedir. Tarım işleri ile uğraşan bireylerin kendileri için avantajlı ve ellerinde bulunan tarım arazisine uygun yetiştirme türünü seçmeleri son derece önemlidir.

Çalışmada tarım işleri ile uğraşan kişinin sahibi olduğu arazide yetiştirmeyi düşündüğü tarım ürünlerinin belirlenen karar durumlarına göre karar verici için daha mantıklı olduğu belirsizlik ve risk altında değerlendirilmiştir. Belirsizlik ve risk altında karar analizi yapıldıktan sonra görselleştirme açısından karar vericinin belirlediği karar seçenekleri ve olaylar karar ağacına yerleştirilmiştir. Karar durumlarının gerçekleşme olasılıkları sezgisel ve sayısal olmak üzere 2 farklı şekilde belirlenmiştir. Bu şekilde olayların olasılıkların belirlenme şekline göre karar vericinin tercihlerinde hangi değişimlerin olabileceğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Belirsizlik altında karar analizinde iyimserlik, kötümserlik ve pişmanlık ölçütleri kullanılmıştır. İyimserlik ölçütüne göre ceviz, kötümserlik ve pişmanlık ölçütlerine göre ise zeytin yetiştiriciliği seçilmiştir. Risk altında karar analizinde beklenen değer, beklenen fırsat kaybı ölçütleri kullanılmış ve tam bilginin beklenen değeri hesaplanmıştır. Sezgisel olarak belirlenen olasılıklara göre beklenen değeri en yüksek ve beklenen fırsat kaybı en düşük olan seçenek ceviz olarak belirlenmiş ve tam bilginin beklenen değeri ise 42.500 olarak bulunmuştur. Sayısal olarak belirlenen olasılıklara göre ise zeytin seçeneği öne çıkmış ve tam bilginin beklenen değeri 85.000 olarak bulunmuştur. Karar ağacına göre de her iki durum görsele dökülmüş ve çözümlenmiştir. Her iki durum karşısında da karar verici için zeytin yetiştirme mantıklı ve daha fazla kazanç sağlayan karar seçeneği belirlenmiştir. İki durumun farklılığı ise zeytin

seçeneğinde 10 yıl boyunca kötü hava koşullarının olması durumunda seçilen karar seçeneklerinin farklılık göstermesidir. İlk durumda yani olasılık değerlerinin sezgisel olarak belirlenmesinde ceviz ekme seçeneği mantıklı seçenek olarak belirlenmiştir. İkinci durumda yani olayların olasılık değerlerinin aylık sıcaklık ortalamaları dikkate alınarak hesaplanmasında ise araziyi satma seçeneği beklenen değer olarak ceviz ekme seçeneğinden daha fazla getirisi olduğu için tercih edilen seçenek olmuştur.

Tarım arazilerinde gerçekleştirilecek olan faaliyet seçimi oldukça önemlidir. Tarım işleri doğaya bağımlı bir durumda olduğu ve koşulların sürekli değişim içerisinde yer alması nedeniyle belirsizlik ve riskleri içinde barındırmaktadır. Karar vericinin tarım işleri ile uğraşan bir kişi olması ve tarım sektöründe yönelebilecek faaliyetleri belirleme durumunda nasıl bir yol izlenmesi gerektiğinin açıklanması açısından bu çalışma önemlidir. Rastgele ve herhangi bir analiz yapılmadan yapılacak olan faaliyetlere girişmek büyük bir risk taşımaktadır. Uygulanması ve değerlendirme oldukça kolay olan karar analizi bu tip analizler için uygun olabilmektedir. Yapılan çalışmada konu alınan bölge dar bir alanı kapsamaktadır. Karar seçenekleri sınırlı sayıda belirlenmiştir. Çalışma küçük bir ilçe ile değil bir coğrafi bölge dikkate alınarak ve karar seçeneği ve olay sayısı artırılarak daha kapsamlı ve veri bakımından daha kompleks bir çalışma ortaya çıkabilir.

6. Kaynakça

- Akçetin, E. ve Çelik, U. (2014), İstenmeyen Elektronik Posta (Spam) Tespitinde Karar Ağacı Algoritmalarının Performans Kıyaslaması. *İnternet Uygulamaları ve Yönetimi Dergisi*, 5(2), 43-56.
- Albayrak, A. S. ve Yılmaz, Ş. K. (2009), Veri Madenciliği: Karar Ağacı Algoritmaları ve İMKB Verileri Üzerine Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1), 31-52.
- Arslan, S., Berkman, A. N. ve Doğan, Z. (2015), Türkiye’de Tarım Sektörünün İktisadi Gelişimi ve Sorunları: Tarihsel Bir Bakış. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 29-41.
- Balçık, P. Y. ve Şahin, B. (2013), Sağlık Hizmetlerinde Maliyet Etkililik Analizi ve Karar Analizi. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 6(2), 121-134.
- Baykoç, Ö. F. ve Öz, E. (2004), Tedarikçi Seçimi Problemine Karar Teorisi Destekli Uzman Sistem Yaklaşımı. *Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(3), 275-286.
- Bingöl, F., Değirmenci, S. ve Sofuoğlu, S. C. (2017), Türkiye’de Rüzgâr Arazilerinin Çok Kriterli Karar Analizi Kullanılarak Belirlenmesi, *4. İzmir Rüzgâr Sempozyumu*, 27-32, İzmir.
- Bulğurcu, B. K. ve Düzakın, E. (2011), Tarımsal Karar Analizi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(3), 233-252.

- Ceylan, D. A. ve Sarı, F. (2017), Konya İli İçin Çok Ölçütlü Karar Analizleri ile En Uygun Arıcılık Yerlerinin Belirlenmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 17(2), 59-71.
- Çılbant, C., Yalçinkaya, H. ve Yalçinkaya, N. (2006), Avrupa Birliği'ne Yönelik Düzenlemeler Çerçevesinde Türk Tarım Politikaları ve Sektörün Geleceği Üzerine Etkisi. *Yönetim ve Ekonomi*, 13(2) ,97-118.
- Emel, G. G. ve Taşkın, Ç. (2005), Veri Madenciliğinde Karar Ağaçları ve Bir Satış Analizi Uygulaması. *Eskişehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 221-239.
- Güzel, B. ve Taş, A. (2018), Tekstil Sektöründe Tersine Lojistik Sistemlerinin Tasarımlarını Etkileyen Kriterlere İlişkin Bir Karar Analizi. *TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası*, 25(110), 154-168.
- Mercan, Y., Sezgin, F., Ünal, H. B. ve Yılmaz, E. (2017), Tarımsal İşletme Yeri Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Çok Kriterli Karar Analizi Uygulamaları. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(Özel Sayı-BSM-2017), 88-102.
- Miran, B. ve Şahin, A. (2010), Risk Koşullarında Tarım İşletmelerinin Planlanması: Oyun Teorisi Yaklaşımı. *Hayvansal Üretim Dergisi*, 51(1), 31-39.
- Özcan B ve Külahlı F. (2020), Lastik Sektöründe Karar Analizi Uygulaması, *Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 28 – 54.
- Özcan, B ve Yılmaz, E. (2020). Demir Çelik Sektöründe Yatırım Kararının Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) ile Analizi. *Journal of Turkish Operations Management*, 4 (2), 536-548.
- URL-1, 2020. Tekirdağ Hava Durum Bilgisi, <https://www.mgm.gov.tr>, Ziyaret Tarihi: 03.05.2020.
- Ulusoy, Gözde (2013), *Karar Ağacı Analizi ile AB Genişleme Kriterlerinin Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 282-297, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Araştırma Makalesi / Research Article**Doi: [10.47898/ijeased.824314](https://doi.org/10.47898/ijeased.824314)

İmgesel Yapılarda Müzik ve Geometri Kesişimi; Iannis Xenakis Örnekleri Üzerinden İnceleme

Burcu Buram ÇOLAK ^{1a*}, Zeynep Yeşim İLERİSOY ^{1b}, Asena SOYLUK ^{1c}¹ Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, 06570, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : burcucolak@gazi.edu.tr  https://orcid.org/0000-0001-7932-6422 , B. B. Çolak  https://orcid.org/0000-0003-1903-9119 , Z. Y. İlerisoy  https://orcid.org/0000-0002-6905-4774 , A. Soyluk	Geliş Tarihi / Received Date : 11.11.2020 Revizyon Tarihi / Revision Date : 06.02.2021 Kabul Tarihi / Accepted Date : 08.04.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite: Çolak, B.B., İlerisoy, Z.Y., Soyluk, A. (2021). İmgesel Yapılarda Müzik ve Geometri Kesişimi; Iannis Xenakis Örnekleri Üzerinden İnceleme, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 282-297.	

Özet

Disiplinler arası olan mimarlığın müzik ile ilişkisi tarih boyunca sorgulanmıştır. Her iki disiplinin matematik kurgularının kendine özgü olmasının yanı sıra derinlemesine incelendiğinde bu kurguların alt taban verilerinin aynı kaynaktan geldiği görülmektedir. Çalışma kapsamında; müzik mimarlık ilişkisi müzisyen bir mimar olan Iannis Xenakis 'ın tasarlamış olduğu örnekler üzerinden; müzik ile mimarlık ilişkisinin nasıl kurulduğunun anlaşılması için yapı künyeleri oluşturulup, mimari özellikleri ve tasarım yaklaşımları araştırılmıştır. Daha sonra oluşturulan tablolar yardımıyla çalışma kapsamında incelenen örnekler belli başlıklar altındaki parametreler aracılığıyla irdelenmiştir. Müzik ve mimarlık disiplinlerinin ara kesitindeki temel kriterler; mimarlık ve müzikte kompozisyon ile ilgili temel kavramlar, tasarım yaklaşımda vurgu, mimarlık ve müziğin tasarımıdaki kurgusu, tasarımın çıkış noktası, müzik ve mimarlık ilişkisi kompozisyonu oluşturmada kullanılan yapı elemanları şeklinde ana başlıklarda toplanmıştır. Bu ana başlıkların alt başlıkları olarak ortak parametreler doğrultusunda irdelenen örnekler üzerinde müzik ve mimarlık ilişkisini tasarımda kurgularken nelere dikkat edildiği, tasarım amacına uygun olarak hangi kriterlerin ön plana çıktığına dikkat çekilmesi hedeflenmektedir. Sonuç olarak; mimar bir müzisyen olan tasarımcı Iannis Xenakis 'ın yapılarında müzik ile mimarlık ilişkisini kurgularlarken kullandığı parametrelerin neler olduğunun ortaya koyulması sağlanarak bir yapıda müzik ile ilişki kurulurken matematiksel kurgunun nasıl strüktüre edilmesi gerektiği konusunda literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Müzik, Mimarlık, Geometri, Iannis Xenakis, Müzik ve Geometri.

Music and Geometry Intercept in Imaginary Structures; Review Through Iannis Xenakis Examples

Abstract

The relationship of interdisciplinary architecture with music has been questioned throughout history. In addition to the fact that the mathematical constructs of both disciplines are unique, it is seen that the subbase data of these mathematical constructs, which appear to be unique when examined in depth, come from the same source. Scope of work; The relationship between music and architecture is based on examples designed by Iannis Xenakis, a musician architect; In order to understand how the relationship between music and architecture was established, building tags were created and architectural features and design approaches were investigated. Then, with the help of the tables created, the examples examined within the scope of the study were examined by means of parameters under certain headings. Basic criteria in the intersection of music and architecture disciplines; Basic concepts related to composition in architecture and music, emphasis in design approach, fiction of architecture and music in design, starting point of design, building elements used in composing the relationship between music and architecture. As the sub-headings of these main headings, it is aimed to draw attention to what is taken into consideration while constructing the relationship between music and architecture in design, and which criteria come to the fore in accordance with the design purpose, on the examples examined in line with common parameters. As a result; it is aimed to contribute to the literature about how the mathematical construct should be structured while establishing a relationship with music in a building by revealing the parameters used by Iannis Xenakis, an architect musician, while constructing the relationship between music and architecture in his buildings.

Keywords: Music, Architecture, Geometry, Iannis Xenakis, Music and Geometry.

1. Giriş

Bir yapıyı meydana getiren birimlerinin ölçülerinin doğru kurgulanması; yapının insan ölçeği ve çevresi ile uyumlu olması ile mümkündür. Müziğin ölçülü olması söz konusu olduğunda ise notaların bir araya gelişi ile bir beste tasarımı strüktürünün oluşturulması ile mümkün olmaktadır. Müzik ve mimarlık alanları; geometri ve analizler yardımı ile sayısız kombinasyon oluşturmaya imkân sağlamaktadır. Bu sayede kendi içerisinde bir düzen oluşturabilmektedir. Oluşturulan bu düzenin nasıl meydana geldiğinin kurgusunun daha iyi anlaşılması açısından öncelikle müzik ve mimarlık ilişkisi hakkında gerekli literatür araştırmaları yapılmıştır. Literatür araştırmasında müziğin görselleştirilmesi, müziğin geometrisi ve altın oran, müzik ile mimarlık ilişkisi, müzik ve mimarlıkta sayısal – geometrik arakesit konularına yer verilmiştir. Mimari uygulamalarda müziğin nasıl yer bulduğu hakkında yapılan araştırmalar ile konu ele alınmıştır. Çalışma kapsamında müzisyen bir mimar olan Iannis Xenakis'in tasarlamış olduğu yapı örnekleri temel tasarım parametreleri yardımıyla değerlendirilmiştir.

Kültürel olarak anlam yüklü sesler içinde kalıplaşan bir etkinlikler, düşünceler ve nesneler bütünü olan müzik; duygu, düşünce, tasarım ve izlenimleri belirli bir amaç ve yöntemle belirli bir

güzellik anlayışına göre birleştirilmiş seslerle işleyip anlatan estetik bir bütün ve seslerle düşünme, sesler aracılığıyla yaşamı duyumsama sanatıdır (Canbay, Alaattin vd., 2013).

İnsanlık tarihinin başlangıcından beri var olan müziğin temel yapı malzemesi olan sesin işlenmesi, doğadaki seslerin dinsel ayinlerde kullanılmasıyla başlanmıştır. Müziğin orijinal haliyle gelecek nesillere aktarılması ve öğrenilebilmesi için farklı zaman ve kültürlerde birbirinden değişik türde müziği yazı ile ifade şekilleri ortaya çıkmıştır (Güngör, 2015). Müzik yazısının bulunmasının en önemli sebeplerinden biri geliştirilmesi ve öğrenilmesi için sesleri duyumsamanın dışında kalıcı bir veriye ihtiyaç duyulmasıdır.

Tarih boyunca yapılan bütün çalışmalar içerisinde müziğin görselleştirilmesi konusunda en basit ve yaygın olan notasyon sistemi; nota yazılırken sözlerin yazıldığı harflerin üzerine sesleri hatırlatıcı nitelikteki bazı işaretlerin konulması konusunda kullanılan ilk yöntemdir.

Latince notare (kaydetmek, işaretlemek, işaret koymak) anlamındaki sözcükten türemiş olan notasyon, sesin nitelik, gürlük, hız, yükseklik ve süre gibi her türlü anlatım özelliğini aktarmayı amaçlayan, sesleri ve seslerin hareketlerini işaretlerle belirten yazı dizgesidir (Say, 2002: 368). Porte üzerine yazılan, bir müzik sesini belirtmeye yarayan nota; müzik eserlerinin yazılmasına ve okunmasına yarayan işaretlerdir. Bugünkü bilinen ve kullanılan şekline gelinceye kadar pek çok değişiklik geçirmiş olan müzik yazısı, ortaya çıkışından bu yana alfabetik, neumatique (işaret), oransal (kare) ve oval (bugünkü) olmak üzere farklı biçimlerde kullanılmıştır (Akkaş, 2000 s.67). Toplumların sosyal, kültürel gelişimleri ve değişimleriyle müzik alanında da tür ve çeşitliliğinin artması, müzik aleti üretiminde zamanla gelişen teknolojinin de etkisiyle müzik yazısı da değişmiş ve günümüzdeki halini almıştır.

Nota tarihçesi geçmişten günümüze incelendiğinde dört farklı nota yazım yaklaşımının (harf yazıları, harf-şekil yazıları (neumatik), dizekli nota yazıları ve tabulaturalar) ortaya çıktığı görülmektedir. Bu yazım türlerinin ilk örnekleri MÖ. 1500'lü yıllarında Sümerlere ait tabletlerinde bulunmuştur (Bent, 1991). Alfabeler kadar eski olduğu bilinen notalama sistemlerinin ilk yazım yaklaşımı olan harf yazıları; Sümerleri takiben Babillerin daha sonrasında eski Mısırlıların, buradan İbraniler ve sonraları Habeşler gibi diğer Sami kavimlerinin de kullandıkları bilinmektedir. Müzik yazısı daha sonraları Aramiler ve Süryaniler tarafından geliştirilip diğer Mezopotamya medeniyetlerinde farklı kültürlerde değişiklikler eklenerek yayılmıştır. Müzik yazısındaki bu gelişmeleri takiben önce Girit'e ve İyonya'ya gelen nota yazısı daha sonraları Yunanistan'da da kullanılmaya başlanmıştır (Ak, 2009, s.28-29). Harf yazıları nota yaklaşımı M.Ö. 1400'den M.S. 10. yüzyıla kadar, neumatik sistemin ise 9. ve 12. yüzyıllar arasında Batı Avrupa, Bizans, Doğu Avrupa,

Japonya ve Tibet’te oluşturulmuş ve kullanılabilir boyuta geldiği bilinmektedir (Bent, 1991). Müzik yazısının bu zamana kadar gelişimi ve değişiminden nasibini alan eski Türk müzik eserlerinin günümüze ulaşması Osmanlı İmparatorluğunda da III. Selim (Selim-i Salis) zamanında, Hamparsum Limonciyan ’ın geliştirdiği bir notalama sistemi sayesinde sağlanmıştır. Bu notalama sistemi ile eski eserleri anlamak, analiz edebilmek ve öğrenmek mümkün kılınmıştır. Hamparsum Limonciyan ’ın geliştirdiği notalama sistemi Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. (a) Sümer uygarlığına ait müzik yazımı, (b) Hamparsum Limonciyan, notalama sistemi (Güran, 2008)

Güncel olarak kullanılan ‘Siyah Ölçülü Notalama’ müzikte notaların içlerinin doldurulması ile başlanarak porteli nota adlandırması ile şu an günümüzde karşımıza çıkmaktadır. Müzik yapıtlarının okunabilirliği ve dinlenilebilirliğinin yaygınlaşması, ses tekniklerinin geliştirilmesi, notaların tarih içerisinde kat ettiği önemli yol, müzik kompozisyonu alanındaki büyük ilerlemeler sayesinde müzik yaygınlaşmıştır (Mimaroglu, 1987). Şekil 2’de notalama sistemi görülmektedir.

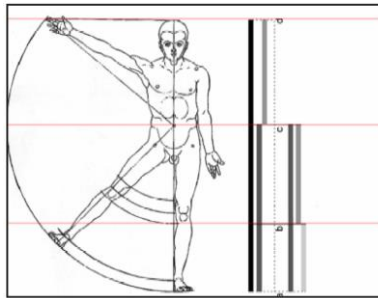


Şekil 2. Güncel Avrupa notalama sistemine yakın, kilise müziği notaları (URL-1).

Müziğin geometrik temsili müzikteki motiflerin geometrik analizi yapılarak, bu analizin geometriye dönüştürülmesiyle mümkündür. Bilgisayar destekli performans programları aracılığıyla bir bestenin matematiksel strüktürünü analiz ederek yapıtın daha derin anlaşılması sağlanmaktadır. Günümüzde müzik eserlerinin anlaşılması için herkesin kullanabileceği notaları basit grafiksel anlatımlara döken yazılımlar geliştirilmiştir. Bu sayede daha basit bir şekilde müziği geometriye

dönüştürmek mümkün kılınmıştır (Cage 1955). Müziğin geometriye dönüştürülmesi ile farklı disiplinler ile müziğin ilişkilendirilmesi konusu çeşitlilik kazanmıştır.

Müziğin geometriye dökülmesi ile bu geometrinin çeşitli tasarı alanlarında kullanımı sağlanmıştır. Müzik yapıtlarının incelenmesi ile geometrilerde altın oran kurgusuna sıklıkla rastlanılmıştır. Mimarlığın farklı katmanlarında karşımıza çıkan altın oran ilişkisi Dürer'in "çember içinde insan" çizimi ile Şekil 3'te altın oranın müzikteki grafik anlatıma dönüştürülmesi ile elde edilen geometri görülmektedir.

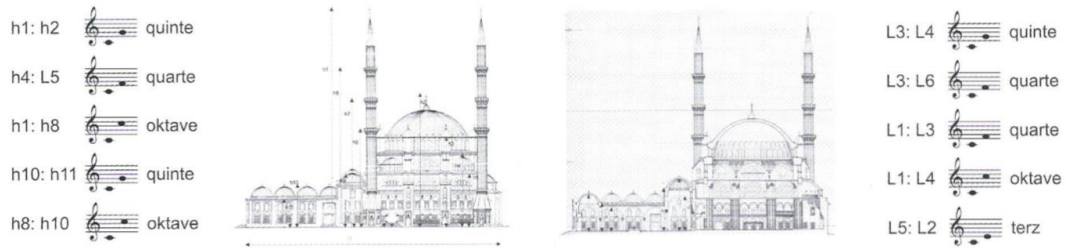


Şekil 3. Dürer'in insan figürü, Altın oran (ca. 1521) (Evans, 1992).

Disiplinler arası olan mimarlığın müzikle ilişkisi irdelendiğinde ikisinin de temelinde yaratma edimi yattığı açıkça görülmektedir. Ritim, ölçü, armoni, kompozisyon gibi evrensel yaratım araçlarını müzikte besteciler ve mimarlık alanında da tasarımcılar kullanmaktadır. Her iki alanın temelinde belirli matematiksel hesaplara dayalı strüktürler mevcuttur. Mimarlık ve müzik disiplinleri biçimler ve biçimlerin birbiri ile kurdukları ilişki sayesinde insanların doğrudan duygularını etkilemektedir (Corbusier, 2001: 33). Müzik ve matematik arasındaki ilişki incelenirken öncelikle matematiksel kurgularını irdelemek gerekmektedir. Matematiksel kurguları analiz edildiği takdirde, biçimler ile kurduğu ilişki ve insan üzerinde bıraktığı etki doğru anlaşılabilir.

Müzikte notaların bir araya gelişi ile ritim, ölçü ve armoni kavramlarının oluşturduğu strüktür bir tasarım iken aynı şekilde mimarlıkta da armoni yapının tüm elemanlarının oranlı, ölçülü olma durumudur (Vitruvius, 2015: 10). Mimarlık ve müzik disiplininin kendine özgü matematik kurgularının teknik verilerinin aynı alt yapıya dayandığını ve kurgu oluşturulurken günümüzde bilgisayar destekli programlardan yararlandığını bilinmektedir (Şentürk, 2004). Bilgisayar destekli programlardan yararlanırken matematik verilerden yararlanılmaktadır. Mimaride sayısal veri olarak müziğin kullanımı bilgisayar destekli tasarım programlarının olmadığı, çok eskilere dayanan bir kavramdır. Matematiksel verinin formüle edilip mimari alanda kullanımı doğadaki oranların referans alınmasıyla sağlanmıştır.

Müzikteki ses dizgelerinin matematiksel yapısının, mimarideki yapı kurgusunun matematiksel yapısı ile ortak çıkış noktası olarak gösterilen ‘doğa’ ile müzik ve mimarlık disiplinleri arasında oran ve ölçülere dayalı bir dil tasarlanmıştır. Müziğin matematiği doğa ile uyum ve süreklilik sağlayan sayısal veri kullanımının yanı sıra bir bütünü oluşturan küçük parçaların birbiriyle orantıları ve geometrilerinin oluşumunda rol alan modüler parçaları oluşturan bir sistem olarak kullanılmıştır (Erözü, 2008). Şekil 4’te Osmanlı yapı ustası Mimar Sinan’ın eserlerinde notalardan hareketle temel geometrik elemanların kullanımında belli bir sistem içine oturarak daha gerçekçi bir yaklaşım benimsendiği görülmektedir.



Şekil 4. Selimiye Camii’nin düşey oranlardaki müzikal oranlar (Korkut,2011).

2. Materyal ve Metot

Tarih boyunca ilişkisi sorgulanan mimarlık ve müzik disiplinlerinin her ikisinin de matematik kurgularının kendine özgü olmasının yanı sıra derinlemesine incelendiğinde bu kurguların alt taban verilerinin aynı kaynaktan geldiği görülmektedir. Müzikte beste matematiksel verilerle strüktüre edilirken, mimaride yine matematiksel kurallara dayanarak yapı strüktüre edilmektedir. Müzik ve mimarinin geometrik ilişkilerinden doğan tasarımların aralarındaki matematiksel ilişkiyi en iyi yansıtan örnekler mimari alanda bulunmaktadır. Müzik ve mimarlık disiplinleri; geometri, grafikler ve analizler yardımı ile sınırsız sayıda kombinasyon oluşturmaya imkân sağlamaktadır. Bu nedenle kendi içerisinde oluşturdıkları denklemler sayesinde düzen oluşturabilmektedir. Tasarlanan bu düzenlerin kurgularının daha iyi anlaşılması açısından çalışma kapsamında öncelikle; müzik, müziğin kısaca tarihçesi ve müziğin mimarlık ile olan ilişkisi hakkında gerekli literatür araştırmaları yapılmıştır. Literatür araştırması kapsamında; müziğin görselleştirilmesi, müziğin geometrisi ve altın oran, müzik ile mimarlık ilişkisi, müzik ve mimarlıkta sayısal – geometrik arakesit konularına yer verilmiştir. Mimari uygulamalarda müziğin nasıl yer bulduğu hakkında yapılan araştırmalar ile konu ele alınmıştır.

Gerekli literatür çalışmalarından sonra konu kapsamında; müzisyen bir mimar olan Iannis Xenakis'in tasarlamış olduğu yapı örnekleri temel tasarım parametreleri yardımıyla değerlendirilmiştir. Mimar olmasının yanı sıra savaş sonrası en önemli avangard bestecilerden biri olarak tanınan Iannis Xenakis mimarlık alanında ilk örneklerini Le Corbusier ile birlikte tasarlamıştır. Müzisyen mimar olan ve müzik ve matematik alanında çokça önemli teorik yazıları ile tanınan Iannis Xenakis yapılarını mimarlık ve müzik ilişkisini yansıtmayı amaçlayarak tasarlamış ve bu bağlamda eserler ortaya koymuştur. Konu kapsamında Iannis Xenakis'in tasarlamış olduğu müzik ve mimarlık ilişkisini yansıtan en ünlü ve önemli 4 yapı örneği seçilmiştir. Yapı örneklerinden seçim yapılırken; tasarımın müzik mimarlık ilişkisini yansıtmaya kaygısı ile kurgulanmış olmasına dikkat edilmiştir. Iannis Xenakis'in çalışma için seçilen yapı örnekleri; Isthmia Prime Motel, La Tourette Manastırı, Philips Pavyonu ve Villa Mache 'dir. Örnekler hakkında mimari araştırmalar yapıp mimari özellikleri ve tasarım aşaması kısaca anlatıldıktan sonra incelenen örnekler için fotoğrafları, çizimleri, yapım yılı, konumu, tasarımda müzik ile ilişkisini vurguladığı nokta, tasarım yaklaşımı ve mimari özelliklerinin yer aldığı bir tablo oluşturulmuştur. Bu tablonun oluşturulmasındaki amaç; seçilen örnek yapıların müzik ile ilişkisinin daha iyi anlaşılmasıdır.

Araştırma kapsamında incelenen yapı örnekleri belli başlıklar altındaki parametreler aracılığıyla irdelenmiştir. Bir yapının mimarlık ve müzik ilişkisini tasarımında yansıtabilmesi için bu iki disiplin ara kesitindeki temel kriterlere sahip olması gerekmektedir. Müzik ve mimarlık disiplinlerinin ara kesitindeki temel kriterler; mimarlık ve müzikte kompozisyon ile ilgili temel kavramlar, tasarım yaklaşımda vurgu, mimarlık ve müziğin tasarımdaki kurgusu, tasarımın çıkış noktası, müzik ve mimarlık ilişkisi kompozisyonu oluşturmada kullanılan yapı elemanları şeklinde sıralanmaktadır. Bu temel kriterler başlıkları altındaki parametreler aracılığıyla irdelenen örnekler üzerinden müzik ve mimarlık ilişkisini tasarımda kurgularken nelere dikkat edildiği, tasarım amacına uygun olarak hangi kriterlerin ön plana çıktığına dikkat çekilmesi hedeflenmektedir. Müzik mimarlık ilişkisi sağlamada bu yaklaşımın tasarımda vurguda cephe, strüktür, form olarak değişkenlik göstermesinin temel kriter başlıkları altındaki parametrelerin gösterdiği değişkenlikle doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Yapıda müzik mimarlık ilişkisine dikkat çekmek istenilen vurgu parametrelerin hangisinin ön plan çıkması ile ilişkilidir.

Mimarlık ve müzikte kompozisyon ile ilgili temel kavramlar başlığı altında; ritim, armoni, doku ve tema kriterleri ele alınırken tasarım yaklaşımda vurgu başlığı altında strüktür, cephe, form ve plan düzlemi kriterleri yer almaktadır. Mimarlık ve müziğin tasarımdaki kurgusu başlığı bir tasarımda mimarlık ve müzik ilişkisi kurgulanırken kurgunun; matematiksel, renk, kopyalama/öykünme ve

bilgisayar destekli parametrelerinden hangisi ile tasarlandığının belirlenmesi konusunu kapsamaktadır. Kurgu; matematiksel ve bilgisayar destekli verilere dayanabileceği gibi renk ile bir düzen oluşturulup da yansıtılabilmektedir. Ayrıca müzik mimarlık ilişkisini tasarımda vurgulamada kopya / öykünme tekniği de sıkça kullanılan yöntemler arasındadır. Tasarımın çıkış noktası başlığı altında müzisyen çıkışlı, müzik çıkışlı, doğa çıkışlı ve kullanıcı çıkışlı parametreleri yer alırken müzik ve mimarlık ilişkisi kompozisyonu oluşturmada kullanılan yapı elemanları başlığı altında pencere, malzeme, oran, insan ölçeği, şeffaflık, ölçek, geometrik şekiller ve doluluk- boşluk parametreleri yer almaktadır. Ana başlıkların alt parametreleri olarak yer alan kriterlerden hangisinin kullanılıp kullanılmadığı müzik ile mimarlık ilişkisi kurgulanırken tasarımın temel alt veri tabanını oluşturmada önem arz etmektedir. Kompozisyon pencere, malzeme seçimi ile sağlanabileceği gibi cephe ve plan düzlemindeki oran ve ölçekle de sağlanabilmektedir.

İncelenen yapı örnekleri üzerinden tasarımında kurulan disiplinler arası ilişkinin belirlenmesi için temel tasarı parametrelerinden hangisine sahip olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Araştırma, müzik mimarlık ilişkisi kurgulanırken tasarımın hangi noktasında bu ilişkiyi yansıtacağımızı belirledikten sonra bu fikir doğrultusunda seçilmesi gereken parametrelerin neler olduğunun belirlenmesi hususunda tasarımcılara yardımcı olabilecek nitelikte ön bilgi vermektedir. Sonuç olarak çalışma; mimar bir müzisyen olan tasarımcı Iannis Xenakis 'ın yapılarında müzik ile mimarlık ilişkisini kurgularlarken kullandığı parametrelerin neler olduğunun ortaya koyulması sağlanarak bir yapıda müzik ile ilişki kurulurken matematiksel kurgunun nasıl strüktüre edilmesi gerektiği konusunda literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2.1. Iannis Xenakis ve Tasarlamış Olduğu Yapılar

Savaş sonrası en önemli avangard bestecilerden biri olarak tanınan Iannis Xenakis (29 Mayıs 1922- 4 Şubat 2001), müzik teorisyeni ve mimar-mühendistir. Xenakis, elektronik müziğin gelişimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmasıyla birlikte stokastik süreçler, set teorisi ve oyun teorisi gibi müzikte matematiksel modellerin kullanılmasına öncülük etmiştir. Resmileştirilmiş Müzik: Düşünce ve Matematikte Kompozisyon (1971) kitabı yazdığı çokça teorik yazı arasından en önemli kitaplarından biri olarak kabul görmektedir (URL-2). Mimarlık mesleğindeki ilk çalışmalarını Le Corbusier ile birlikte yapan Xenakis'in Sainte Marie de La Tourette ve Xenakis'in tek başına tasarladığı Expo 58'deki Philips Pavilion en önemli eserlerindendir.

Iannis Xenakis'in tasarlamış olduğu yapılarda müzik ile mimarlık arakesitinde yaklaşımlar sergilediği bariz bir şekilde görülmektedir. Müzisyen oluşu ve müzik ile matematiğin kompozisyonu

hakkında çokça araştırma yapmış ve bu alanda teorik yazılar yazmış olması, mimari eserlerinde mimarlık ve müziğin alt veri tabanında yer alan matematiksel kurgulardan yararlanıp disiplinler arası tasarım yaklaşımını benimsemesine yol açmıştır. Çalışma kapsamında Iannis Xenakis' in tasarlamış olduğu yapılardan; Isthmia Prime Motel, La Tourette Manastırı, Philips Pavyonu ve Villa Mache incelenmiştir. Seçilen yapı örnekleri, Iannis Xenakis' in müzik mimarlık ilişkisini en iyi yansıtan yapıları olarak ün yapmış olan ve aynı zamanda müzik ve mimarlık kurgusunu bina tasarıma konu alan örnekler arasında alanında önem taşıyan eserlerdendir.

Iannis Xenakis, Isthmia Prime Motel'in tasarım kurgusunu oluştururken geometri ve yapı strüktüründen yararlanmıştır. 1969 yılında Yunanistan, Isthmia 'da yapılmış olan binanın odalarının planları yakınında bulunan Korint körfezinin güzel manzaralarının seyrini en üst düzeye çıkarmak için ana eksene eğik olarak düzenlenmiştir. Binanın zemin katında bulunan sütunlar üstte yer alan 2 katlı ana blokları desteklemektedir. Binanın düz çatısında tasarlanmış olan üçgen beton antiloplar, antik çağın çiçek anemisinin esinlenilmiştir. Zemin katta sadece hizmet alanları ve resepsiyon yer alan bina yıldız şeklinde bir gölet alanı ile yapı içerisinde bir yeşil alan su ögesi birleşimi ile kullanıcılara kolay ulaşılabilen bir nefes alma alanı sağlamaktadır.

1960 yılında Lyon, Fransa 'da yapılmış olan La Tourette Manastırı, müzik ve mimarlık ilişkisini tasarımda strüktür ve cephe kurgusunun tasarımında vurgu yaparak yansıtmıştır. Tasarım yaklaşımı olarak altın oran mantığını içinde barındıran bir oranlama sistemi ile müzikal ve poliritmik bir çözüm kullanmıştır. Le Corbusier, Fibonacci serisi ve altın oran mantığını içinde barındırarak tasarlamış olduğu oranlama sistemini Modulor kitabında tüm detaylarıyla anlatmaktadır. Xenakis yapıyı tasarlarken Modulor'de anlatılan oranlama sisteminden yararlanmıştır. Modulor 'un Xenakis 'in müzisyen kişiliğini ortaya koyması ile dinamik bir hal alması, müzikal ve poliritmik bir çözüme yol açmıştır. Batı cephesini dört kademeli bir kontrpuandan oluşan yapı 'camların müzikali' olarak isimlendirmiştir (Özdemir, 2009: 44).

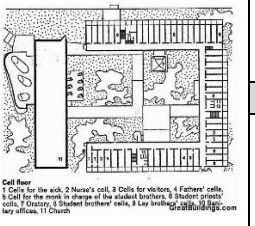
1958 yılında Brüksel, Hollanda'da yapılmış olan Philips Pavyonu, bir ses mekân ürünü olup, müziğin üç boyutlu tasarımının ele alınarak oluşturulmuş olan matematiksel kurgusunun yapı strüktürünü meydana getirmesi ile üretilmiştir. Matematik, müzik ve performansın iç içe geçtiği bu yapı gerçek bir “donmuş müzik” yapısıdır. Genellikle müzik iki boyutuyla ele alınırken, yapıda hem kullandığı ileri matematik ve geometri sayesinde hem de strüktürünü tanımlayan kendine özel yazılmış müziğiyle üçüncü boyutu tasarımda hissedilir kılmıştır. Ortaya çıkan ürün dünyanın ilk tümel sanat yapıtı niteliğini taşımaktadır. Yapı tasarımında mimarlık ve müziğin tasarımdaki kurgusu kopya/öykünme tekniği ile matematiksel verilerin bilgisayar destekli programlar aracılığıyla dizayn

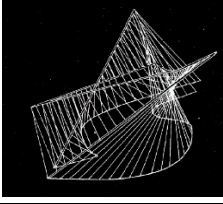
edilmesi ile oluşturulmuştur. Tasarımın çıkış noktası müziktir. Geometrik şekiller yardımıyla müzik ile mimarlık arasındaki ilişki kompozisyonu kurulmuştur.

1977 yılında Lefkes, Amorgos Island, Yunanistan’da yapılmış olan Villa Mache projesi tasarımı; plan üzerinde bağımsız gibi kurgulanmış görünse de kendi içerisinde matematiksel verilere dayanmaktadır. Iannis Xenakis’in kızı ve kızının eşi Fransız besteci Francois-Bernard Mache için tasarladığı, modernizm ve gelenekselin bütünleştiği, fonksiyona göre şekillenen geometrik şekillerin her biri bir mekânı tanımlamaktadır. Plan üzerinde bağımsız gibi kurgulanan tasarım kendi içerisinde matematiksel verilere dayanmaktadır. Yapının karakteristik pencereleri, güneşini kontrol etmenin yanı sıra tasarım kurgusunun bir parçasıdır. Çıkış noktası müzisyen ve müzik olan tasarım, doğanın getirdiği çevresel veriler ile müzik ilişkisi kurup cephede doluluk boşluklarla ritmi yakalamıştır. Kompozisyon geometrik şekiller ile sağlanmıştır. Yapı formun şekillenmesindeki en önemli etkenler; ritim ve armoni uyumunu sağlamak için cephe ve plan düzleminde oluşturulan kurgudur.

İncelenen bina örneklerin fotoğrafları, çizimleri, yapım yılı, konumu ve mimari özellikleri aşağıda Tablo 1’de gösterilmektedir. Tablo 1’de tasarım yaklaşımı ve mimari özellik olarak çalışma kapsamında belirlenen ana başlıklar ve alt parametrelerinden örneklerin hangilerini kapsadığı belirtilmiştir.

Tablo 1. İncelenen örneklerin fotoğrafları, çizimleri, yapım yılı, konumu ve mimari özellikleri

Yapı Adı	Isthmia Prime Motel	Çizimler	Tasarım Yaklaşımı
Yapı Fotoğrafı			Geometri ve yapı strüktüründen yararlanarak tasarım kurgusu oluşturulmuştur.
Tarih	1969		Mimari Özellikler
Konum	Isthmia, Greece		Temel kavramlardan ritim, armoni, tema parametreleri ile tasarım yaklaşımında vurgu strüktür, cephe ve formda öne çıkarılmıştır. Mimarlık ve müziğin tasarımdaki kurgusu matematiksel ve tasarımın çıkış noktası kullanıcısıdır. Kompozisyonu oluşturmada kullanılan yapı elemanları başlığından pencere, malzeme, oran, insan ölçeği, şeffaflık, ölçek, doluluk-boşluk parametreleri kullanılarak tasarlanmıştır.
Vurgu	Strüktür		
Kaynakça	URL-3		
Yapı Adı	La Tourette Manastırı	Çizimler	Tasarım Yaklaşımı
Yapı Fotoğrafı			Tasarım yaklaşımı olarak Altın oran mantığını içinde barındıran bir oranlama sistemi ile müzikal ve poliritmik bir çözüm kullanmıştır.
Tarih	1960		Mimari Özellikler
Konum	Lyon, Fransa		Temel kavramlardan ritim, armoni, doku ve tema parametreleri ile tasarım yaklaşımında vurgu cephede öne çıkarılmıştır. Mimarlık ve müziğin tasarımdaki kurgusu matematiksel ve tasarımın çıkış noktası müzisyen, müzik ve kullanıcısıdır. Kompozisyonu oluşturmada kullanılan yapı elemanları başlığından pencere, malzeme, oran, insan ölçeği, ölçek, doluluk-boşluk parametreleri kullanılarak tasarlanmıştır.
Vurgu	Strüktür / Cephe		
Kaynakça	URL-4, URL-5		

Yapı Adı	Philips Pavyonu	Çizimler	Tasarım Yaklaşımı
Yapı Fotoğrafı			Bir ses mekân ürünü olup, müziğin üç boyutlu tasarımının ele alınarak oluşturulmuş olan matematiksel kurgusunun yapı strüktürünü meydana getirmesi ile üretilmiştir. Mimari Özellikler Temel kavramlardan ritim, armoni, tema ile vurgu strüktür ve formda öne çıkarılmıştır. Tasarımda kurgu matematiksel, kopya/öykünme ve bilgisayar destekli iken tasarımın çıkış noktası müziktir. Kompozisyonu oluşturmada kullanılan yapı elemanları başlığından oran, insan ölçeği, geometrik şekiller parametreleri kullanılarak tasarlanmıştır.
Tarih	1958		
Konum	Brüksel, Hollanda		
Vurgu	Strüktür / Form		
Kaynakça	URL-6, (Xenakis, 1992: 10), (Tribe, 1996)		
Yapı Adı	Villa Mache	Çizimler	Tasarım Yaklaşımı
Yapı Fotoğrafı			Plan üzerinde bağımsız gibi kurgulanan tasarım kendi içerisinde matematiksel verilere dayanmaktadır. Mimari Özellikler Temel kavramlardan ritim, armoni, tema ile vurgu cephe, form ve plan düzleminde öne çıkarılmıştır. Tasarımda kurgu matematiksel, tasarımın çıkış noktası müzik, müzisyen ve doğadır. Kompozisyonu oluşturmada kullanılan yapı elemanları başlığından pencere, malzeme, oran, insan ölçeği, ölçek, geometrik şekiller ve doluluk-boşluk parametreleri kullanılarak tasarlanmıştır.
Tarih	1966 – 1977		
Konum	Lefkes, Amorgos Island, Greece		
Vurgu	Form		
Kaynakça	URL-7, URL-8		

3. Araştırma Bulguları

Müzik ve mimarlık disiplinlerinin ara kesitindeki temel kriterler mimarlık ve müzikte kompozisyon ile ilgili temel kavramlar, tasarım yaklaşımda vurgu, mimarlık ve müziğin tasarımdaki kurgusu, tasarımın çıkış noktası, müzik ve mimarlık ilişkisi kompozisyonu oluşturmada kullanılan yapı elemanları ana başlıkların alt başlıklardaki parametreler dahilinde Iannis Xenakis' in tasarlamış olduğu örnekler Tablo 2'de incelenmiştir.

Tablo 2. Parametreler dahilinde Iannis Xenakis’ in tasarlamış olduğu örnekler incelenmesi

Yapı Adı	Mimarlık ve Müzikte Kompozisyon ile İlgili Temel Kavramlar				Tasarım Yaklaşımında Vurgu			
	Ritim	Armoni	Doku	Tema	Strüktür	Cephe	Form	Plan Düzlemi
Isthmia Prime Motel	☒	☒		☒	☒	☒	☒	
La Tourette Manastırı	☒	☒	☒	☒		☒		
Philips Pavyonu	☒	☒		☒	☒		☒	
Villa Mache	☒	☒		☒		☒	☒	☒
Yapı Adı	Mimarlık ve Müziğin Tasarımdaki Kurgusu				Tasarım Çıkış Noktası			
	Matemati ksel	Renk	Kopya/ Öykünme	Bilgisayar Destekli	Müzişyen Çıkışlı	Müzik Çıkışlı	Doğa Çıkışlı	Kullanıcı Çıkışlı
Isthmia Prime Motel	☒							☒
La Tourette Manastırı	☒				☒	☒		☒
Philips Pavyonu	☒		☒	☒		☒		
Villa Mache	☒				☒	☒	☒	
Yapı Adı	Müzik ve Mimarlık İlişkisi Kompozisyonu Oluşturmada Kullanılan Yapı Elemanları							
	Pencere	Malzeme	Oran	İnsan Ölçeği	Şeffaflık	Ölçek	Geometrik Şekiller	Doluluk Boşluk
Isthmia Prime Motel	☒	☒	☒	☒	☒	☒		☒
La Tourette Manastırı	☒	☒	☒	☒		☒		☒
Philips Pavyonu			☒	☒			☒	
Villa Mache	☒	☒	☒	☒		☒	☒	☒

Isthmia Prime Motel örneğinde tasarım yaklaşımında vurgu strüktürle sağlanırken strüktürün etkisi yapının tüm cephesini ve formunu etkilemiştir. Kullanıcı çıkışlı tasarımı ile kompozisyon; ritim, armoni ve tema kavramları ile sağlanmıştır. Mimarlık ve müziğin tasarımıdaki kurgusu matematiksel olup, kompozisyon oluşturulurken oran ve insan ölçeği dikkate alınmıştır. Yapı elemanı kullanımında şeffaflık ön plana çıkarılmıştır.

Altın oran mantığını içinde barındıran La Tourette Manastırı batı cephesi dört kademeli bir kontrpuandan oluşan tasarım yaklaşımı olarak cephe etkisini ön plan çıkarıp 'camların müzikali' olarak isimlendirmiştir. Ritim, armoni, doku ve tema kavramları ile kompozisyon oluşturulmuştur. Tasarımın ilk çıkış noktası müzişyen ve müzik olan yapıda, yapı elemanları kompozisyonu oluşturulurken; oran, ölçek, insan ölçeği ve doluluk- boşluk dikkate alınmıştır.

Philips Pavyonu “donmuş müzik” yapısı olarak adlandırılan yapı; matematik, müzik ve performansın iç içe geçtiği, ileri matematik ve geometri sayesinde strüktürünü tanımlarken anlattığı

müziği üç boyutlu olarak tasarımda hissedilebilmesini mümkün kılmıştır. Bu etkiyi strüktür tasarımı yardımıyla sağlamıştır. Mimarlık ve müziğin tasarımdaki kurgusu; matematik, kopya/öykünme ve bilgisayar destekli sağlanmıştır. Tasarımın çıkış noktası müziktir. Oran, insan ölçeği ve geometrik şekillerden yararlanılarak kompozisyon oluşturulmuştur.

Villa Mache; fonksiyona göre şekillenen geometrik şekillerin her biri bir mekânı tanımlarken, plan düzlemindeki matematiksel verilerden dolayı yapının formunun geometrik şekli de kurgusunun bir parçası halini almıştır. Tasarımın çıkış noktası müzisyen, müzik ve doğadır. Ritim, armoni ve tema kavramları ile kompozisyon oluşturulmuştur.

4. Sonuç

Mimarlık, müzik ve matematik disiplinlerinin çakışma noktası teknik veri ve bilgisayar desteğidir. Matematiksel sayısal veriler sayesinde müzik ve mimarlıkta tasarım kurgularında oranlı, ölçülü olma durumunda gerçekleşmektedir. Değişen ve gelişen teknoloji sayesinde günümüzde bu kurgu; teknik bilgiler dahilinde bilgisayar destekli ortamlarda tasarımın alt verisi olarak hız kazanmıştır.

Araştırma bulguları bölümünde ‘Parametreler dahilinde Iannis Xenakis’ in tasarlamış olduğu örnekler incelenmesi’ başlıklı Tablo 2 ‘de değerlendirmesi yapılan verilerin özet bir sonuç tablosu niteliğinde olan Tablo 3’te; çalışma kapsamında incelenen örneklerin ana başlıklar altında yer alan kriterlerinin sayısal oranlara dönüştürülerek irdelenmesi yer almaktadır.

Tablo 3. Özet sonuç tablosu / Parametrelerin sayısal oranlara dönüştürülerek irdelenmesi

	Isthmia Prime Motel	La Tourette Manastırı	Philips Pavyonu	Villa Mache
Mimarlık ve Müzikte Kompozisyon ile İlgili Temel Kavramlar	3/4 %75	4/4 %100	3/4 %75	3/4 %75
Tasarım Yaklaşımında Vurgu	3/4 %75	1/4 %25	2/4 %50	3/4 %75
Mimarlık ve Müziğin Tasarımdaki Kurgusu	1/4 %25	1/4 %25	3/4 %75	1/4 %25
Tasarım Çıkış Noktası	1/4 %25	3/4 %75	1/4 %25	3/4 %75
Müzik ve Mimarlık İlişkisi Kompozisyonu Oluşturmada Kullanılan Yapı Elemanları	7/8 %87,5	6/8 %75	3/8 %37,5	7/8 %87,5
Toplam Kriterlerden Karşılanan	15/24 %62,5	15/24 %62,5	12/24 %50	17/24 %70,83

Tablo 3 değerlendirildiğinde; ‘Mimarlık ve Müzikte Kompozisyon ile İlgili Temel Kavramlar’ başlığı altında bulunan 4 temel kriterden La Tourette Manastırı örneği %100 ‘ünü karşılarken diğer örnekler %75’ini karşıladığı görülmektedir. ‘Tasarım Yaklaşımında Vurgu’ başlığı altında yer alan kriterlerden en fazlasını %75 oranla Isthmia Prime Motel ve Villa Mache örnekleri karşılarken en az kriteri %25 oranla La Tourette Manastırı sağlamaktadır. ‘Mimarlık ve Müziğin Tasarımdaki Kurgusu’ başlığı parametrelerinden Philips Pavyonu %75’ine sahipken diğer örnekler %25’ini sahiptir. ‘Tasarım Çıkış Noktası’ başlığı altındaki kriterlerden %75’ini La Tourette Manastırı ve Villa Mache sağlarken Isthmia Prime Motel ve Philips Pavyonu örnekleri %25’ini sağlamaktadır. ‘Müzik ve Mimarlık İlişkisi Kompozisyonu Oluşturmada Kullanılan Yapı Elemanları’ başlığı altında 8 parametre yer almaktadır. Bu parametrelerden en fazlasını %87,5 oranla Isthmia Prime Motel ve Villa Mache karşılarken en azını %37,5 oranla Philips Pavyonu karşılamaktadır. Çalışma kapsamında incelenen ana başlıklar altında belirlenmiş toplam 24 parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerden tasarımında en fazla oranda bulunduran Villa Mache kriterlerin %70,83’ine sahiptir. Villa Mache’yi takiben %62,5 oranla Isthmia Prime Motel ve La Tourette Manastırı yer alırken Philips Pavyonu parametrelerin yarısını karşılayarak %50 oranla tabloda yerini almıştır.

Çalışması kapsamında yer alan tablolar genel olarak değerlendirildiğinde; müzik ve müzikte kompozisyon oluşturma ile ilgili temel kavramlardan olan ritim, armoni ve temanın tüm örneklerde yer aldığını görürken, doku kavramının sadece La Tourette Manastırı örneğinde yer aldığı görülmektedir. Tasarım yaklaşımında vurgu tasarım özelinde değişkenlik göstermektedir. Mimarlık ve müziğin tasarımdaki kurgusunun tüm örneklerde matematiksel verilere dayandığı görülmektedir. Tasarımların yapım yılları göz önüne alındığında bilgisayar destekli tasarım kurgusunun sadece Philips Pavyonu örneğinde bulunduğu görülmektedir. Günümüz koşullarında ise bilgisayar destekli tasarımın yapı kurgusunun bir parçası olduğu görülmektedir. Tasarımın çıkış noktasının yapı özelinde değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Müzik ve mimarlık ilişkisi kompozisyonu oluşturmada kullanılan yapı elemanları başlığının alt parametrelerinden olan oran ve insan ölçeğinin tüm örneklerde önemsendiği görülmüştür. Tüm bu değerlendirmeden elde edilen bilgiler dahilinde özellikle müzik ve mimarlık ilişkisi kurulurken ritim, armoni ve temanın önemini, tasarımın altlığının matematiksel verilere dayandığı görülmekle birlikte yapı özelinde tasarımın çıkış noktasının ve tasarım yaklaşımındaki vurgunun değişkenlik gösterdiği görülmektedir.

Sonuç olarak; mimar bir müzisyen olan tasarımcı Iannis Xenakis ’ın yapılarında müzik ile mimarlık ilişkisini kurgularlarken kullandığı parametrelerin neler olduğunun ortaya koyulması

sağlanarak bir yapıda müzik ile ilişki kurulurken matematiksel kurgunun nasıl strükture edilmesi gerektiği konusunda literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Yazarların Katkısı

Çalışmada her üç yazar da eşit oranda katkı sunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır. Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Teşekkür

Bu çalışmanın özet bildirimi “18-21 Kasım 2020’de Karabük Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi tarafından Safranbolu’da Uluslararası Mimarlık Araştırmaları Sempozyumu (ReseArch’20)” kongresinde sözlü sunum olarak sunulmuş olup, kongre üyelerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- AK, Ş. A., (2009). *Türk Müsikisi Tarihi*. Akçağ Yayınları, Ankara.
- Akkaş, S., (2000). *Batı Müziğinde Nota Yazısı*. Gazi Sanat Dergisi, sayı 1 s. 67-78, Ankara.
- Bent, D. İan., (1991). *The new Grove Dictionary of Music and Musicians*. Glasgow: Oxford University Press.
- Cage, J., (1955). *Experimental Music: Doctrine*, I. M. A. Magazine, Londra.
- Canbay, Alaattin vd. (2013). *Müzik Kültürü*. Ed. Zeki Nacakçı ve Alaattin Canbay. Ankara: Pegem Akademi.
- Corbusier, L., (2001). *Bir Mimarlığa Doğru*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 28-236.
- Erözü, C., (2008). *Mimari Donmuş Müziktir, Mimarlıkta Malzeme*. TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, 10 Güz/2008.
- Evans, B., (1992). *The Graphic Design of Musical Structure*. Alabama University, United States of America.
- Güngör, K., (2015). *Nota Yazısının Tarihsel Gelişimi*. Sahne ve Müzik, 1.Baskı, 81-89.
- Güran, Y., (2008). *Müziğin Matematik ve Fraktal Geometri ile Olan İlişkisi*. <http://www.yalcinguran.com/2008/03/mziin-matematik-fraktalgeometriyle.html> (14.08.2008)
- Korkut, C. Y., (2011). *Müzik ve Mimarlık İlişkisinde Etkileşimli Bir Parametrik Model*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mimaroglu, İ., (1987). *Müzik Tarihi*. Varlık Yayınları, İstanbul.
- Özdemir, D., (2009). *Müzik ve Mimarlığın Kompozisyon Bağlamında İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Say, A., (2002). *Müzik Sözlüğü*. Ankara: Müzik Ansiklopedisi Yayınları.
- Şentürk, L., (2004). *Küre musikisi ve Pisagor Öncelleri*. Arredamento Mimarlık, Boyut Yayıncılık, İstanbul, 405: 73-75 05/2004.
- Tribe, M., (1996). *Space Calculated in Seconds*. Princeton University Press, United States of America.
- Vitruvius, (2015). *Mimarlık Üzerine On Kitap*. Ankara: Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı, 6.Baskı, 4-103.
- Xenakis, I. (1992). *Formalized Music: Thoughts and Mathematics in Composition*. New York: Pendragon Press, 4.
- URL-1: www.beethovenlives.net , (Erişim Tarihi: 22 Mart 2020).
- URL-2: <http://architectuul.com/architect/iannis-xenakis>, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2020).
- URL-3: <http://architectuul.com/architecture/isthmia-prime-motel>, (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2020).

- URL-4: www.archidialog.com, (Erişim Tarihi: 14 Mayıs 2020).
URL-5: <https://www.arkitektuel.com/la-tourette/>, (Erişim Tarihi: 14 Mayıs 2020).
URL-6: www.mimarizm.com, (Erişim Tarihi: 16 Nisan 2020).
URL-7: <http://amorgosarchitects.gr/>, (Erişim Tarihi: 05 Mayıs 2020).
URL-8: <http://architectuul.com/architecture/villa-mache>, (Erişim Tarihi: 06 Mayıs 2020).

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 298-332, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Derleme Makalesi / Review Article**Doi: [10.47898/ijeased.880596](https://doi.org/10.47898/ijeased.880596)

Türkiye’de Adaçayı Yetiştiriciliği ve Ticari Önemi

Sinem ELMAS *

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 48000, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author: Sinem Elmas sinemelmas@hotmail.com.tr  https://orcid.org/0000-0002-2872-9990 , S. Elmas	Geliş Tarihi / Received Date : 15.02.2021 Revizyon Tarihi / Revision Date : 07.04.2021 Kabul Tarihi / Accepted Date : 10.04.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite : Elmas, S. (2021). Türkiye’de Adaçayı Yetiştiriciliği ve Ticari Önemi, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 298-332.	

Özet

Günümüzde tıbbi ve aromatik bitkiler farklı alanlarda ve endüstride yoğun olarak tüketilmektedir. Tüketime paralel olarak, bu bitkilerin dünyadaki ticaret hacmi her geçen gün artmaktadır. Ülkemizin önemli dış satım ürünlerinden biri adaçayı ve adaçayı yağıdır. 2020 yılında yaklaşık 2.176 ton adaçayı ihracatına karşılık 8.155.503 dolar ve 27.396 kg adaçayı yağı ihracatına karşılık 173.504 dolar döviz girdisi elde edilmiştir. Adaçayının ticareti doğadan toplama yoluyla ve farklı illerde tarımı yapılarak gerçekleştirilmektedir. Doğadan toplamada istenilen kalite ve standartta ürün eldesi zordur. Ayrıca aşırı ve bilinçsiz toplama adaçayı popülasyonların aşırı sömürülmesine, sürdürülemez şekilde tükenmesine ve genetik tabanlarının daralmasına yol açmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir kullanımının sağlanabilmesi için, dünya piyasalarının ihtiyaç duyduğu miktar ve standartlarda, kaliteli ve yüksek verime sahip adaçayı yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması gereklidir. Önceki çalışmalar, adaçayı üretiminde verim ve kalitenin, yetiştiriciliğin yapıldığı bölgeye, bölgenin iklim ve toprak koşullarına, hasat zamanlarına, kurutma koşullarına ve tarımsal uygulamalara göre farklılık gösterdiğini kanıtlamıştır. Bu derlemede, ülkemizde doğal yayılış gösteren *Salvia tomentosa* Mill. ve *Salvia fruticosa* Mill. ile yetiştiriciliği yapılan *Salvia officinalis* türlerinin genel durumu, yetiştiricilikte yapılan farklı uygulamalar, karşılaşılan sorunlar ve bunların sonuçları ile bu türlerin ticari önemine değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Adaçayı, Yetiştiricilik, İhracat, İthalat, Türkiye.

Sage Growing and Commercial Importance in Turkey

Abstract

Today, medicinal and aromatic plants are consumed extensively in different fields and industries. In parallel with consumption, the trade volume of these plants in the world is increasing day by day. One of the important export

products of our country is sage and its essential oil. In 2020, 8,155,503 dollars were obtained with the export of approximately 2,176 tons of sage, and a foreign exchange entry of 173,504 dollars was obtained with the export of 27,396 kg of sage essential oil. The trade of sage is carried out through cultivation in different provinces and collecting from nature. It is difficult to obtain products with the desired quality and standard in collecting from nature. In addition, excessive and unconscious collecting leads to the over-exploitation of sage populations, their unsustainable extinction, and the narrowing of their genetic base. For this reason, in order to ensure its sustainable use, it is necessary to expand the cultivation of high quality and high yield sage in the amount and standards required by the world markets. Previous studies have showed that the yield and quality of sage production varies according to the region where the cultivation is made, the climatic and soil conditions of the region, harvest times, drying conditions and agricultural practices. In this review, the general situation of *Salvia tomentosa* Mill. and *Salvia fruticosa* Mill., which are naturally distributed in our country, and *Salvia officinalis* species, which are cultivated, and different applications, problems encountered, and their results in cultivation with the commercial importance of these species were mentioned.

Keywords: Sage, Growing, Exports, Imports, Turkey.

1. Giriş

Modern tıbbın bilimsel temeli yüzlerce yıl önce terapötik amaçlarla kullanılan tıbbi ve aromatik bitkilere dayanmaktadır. İnsanoğlu günümüzde halen sağlıklı bir yaşam sürdürebilmek, hastalıklardan korunmak ve hastalıklara şifa bulmak için bitkilerin kök, sap, gövde, kabuk, yumru, yaprak, çiçek ve tohum gibi kısımlarından faydalanmaktadır (Bayram ve ark., 2010). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), 1977’de tıbbi bitkiyi ‘bir veya daha fazla organ için tedavi amaçlı kullanılabilen veya faydalı ilaçların sentezi için öncü olan maddeler içeren herhangi bir bitki’ olarak tanımlamıştır. Ancak bu tanımlama tedavi edici özellikleri ve bileşenleri bilimsel olarak belirlenmiş bitkiler ile tıbbi amaç için kullanılan ancak henüz kapsamlı bir araştırmaya tabi tutulmamış bitkiler arasında ayırım yapmamaktaydı (Okigbo ve ark., 2009). 20. yüzyıl başlarında biyoteknolojik gelişmeler doğrultusunda yapılan çalışmalarla bitkilerde çok çeşitli biyoaktif bileşenler tanımlanmış, bunların farmasötik önemleri doğrulanmıştır. Böylelikle sentetik ilaçların yarattığı ciddi yan etkiler, medikal ve ekonomik problemler nedeniyle yan etkisi nispeten daha az, doğal ve sağlıklı olarak kabul edilen bitkisel ürünlerle tekrar doğaya dönüş süreci başlamış ve yeni kullanım alanları oluşturulmaya başlanmıştır (Özbek, 2005; Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011). DSÖ 2001’de tıbbi bitki için önceki tanımı değiştirerek ‘bitki materyallerinin ekstraksiyon, konsantrasyon, fraksiyonasyon, saflaştırma veya diğer fiziksel veya biyolojik süreçlere tabi tutularak üretilen bitkisel preparatlar’ olarak yeniden düzenlemiştir (Okigbo ve ark., 2009).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanlarının artmasına paralel olarak dünya ticaret hacmi her geçen gün artmaktadır. Özellikle 2019 yılı sonrası dünya çapında sağlık için tehdit oluşturan pandemik virüs nedeniyle sadece Türkiye’de e-ticaret üzerinden yapılan bitkisel ürünlerin satışlarında %45 artış görüldüğü bildirilmiştir (Meral, 2020). Ulusal ve uluslararası pazarlarda tıbbi

ve aromatik bitkilere artan ilgi ve talep, doğal yayılış gösteren bu bitkilerin aşırı sömürülmesine, sürdürülemez şekilde tükenmesine ve genetik tabanlarının daralmasına yol açmaktadır (Rao ve ark., 2004). Bu nedenle söz konusu bitkilerin üretim olanaklarının artırılmasına yönelik çalışmalar çok daha fazla önem arz etmektedir.

Ülkemiz dünya tarımında kültürü yapılan birçok bitkinin gen merkezi konumundadır (Altındal ve Akgün, 2015). Lamiaceae (ballıbabagiller) familyasından olan bazı türlerin yetiştiriciliği ve ticareti yapılmaktadır. Yetiştiriciliği yapılan bir tür de nutrasötik olarak kabul edilen adaçayıdır. Dünya çapında adaçayının drog yaprakları ve uçucu yağı yaygın olarak geleneksel/tamamlayıcı veya alternatif tıpta bitkisel ilaç, gıda, katkı maddesi olarak; parfümeri ve kozmetik alanlarında kullanılmaktadır (Elmas ve Elmas, 2021). Ülkemizde adaçayı ihracatının çok büyük bir kısmını doğadan toplanan Anadolu adaçayı (*Salvia fruticosa*) ve büyük çiçekli adaçayı (*Salvia tomentosa*) türleri oluşturmaktadır (Karakuş ve ark., 2017). Doğadan toplamak ekonomik olmasına rağmen istenilen kalite ve standartta ürün elde etmek zordur. Bu nedenle tüketici ve sanayici taleplerini karşılamak üzere dünya piyasalarının ihtiyaç duyduğu nitelikte adaçayı üretimi için ülkemizin farklı illerinde son yıllarda tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis*) yetiştiriciliği yapılmaktadır (Bayraktar ve ark., 2017). Dünyanın pek çok ülkesine, ülkemiz florasında doğal yetişen/yetiştirilen adaçayı ve yağı ihraç edilmekte olup, önemli miktarlarda döviz girdisi sağlanmaktadır. 2019 yılında 2.317 ton adaçayına karşılık 8.680.563 dolar, 2020 yılında 2.176 ton karşılığı 8.155.503 dolar; 2019 yılında 18.429 kg adaçayı yağına karşılık 15.555 dolar ve 2020 yılında ise 27.396 kg adaçayı yağına karşılık 173.504 dolar döviz girdisi elde edilmiştir (TÜİK, 2021). Dış ticarete üretim ve ticaret miktarları göz önüne alındığında, talep edilen miktar ve kalitede düzenli tedarik sağlayabilmek için adaçayının yetiştiriciliğinin yapılması önem taşımaktadır. Bu nedenle adaçayı yetiştiriciliğinde bitkinin ihtiyaç duyduğu iklim ve toprak istekleri, en uygun üretim tekniği, ekim ve bakım işlemleri, hasat, kurutma ve ekstraksiyon yöntemleri, hastalık ve zararlılarının bilinmesi yüksek verimli ve kaliteli ürün eldesine katkı sağlar. Bu derlemede ülkemizin farklı illerinde yapılan çalışmalar referans alınarak adaçayı yetiştiriciliği ve yıllara göre ticari önemi ele alınmıştır.

2. Adaçayı (*Salvia* L.) hakkında genel bilgiler

Latince "salvare" yani iyileşmek, kurtulmak anlamına gelen *Salvia* cinsi çok eski zamanlardan beri pek çok farklı amaç için kullanılmaktadır. Bu cins dünya çapında hem doğadan toplanan hem de yetiştiriciliği yapılan tıbbi ve aromatik bitki türlerini içermektedir. Türkiye’de 92 taksonla temsil

edilen *Salvia* L. türlerinin 47'si endemik olup, bu türlerin büyük kısmı Akdeniz ve İran-Turan fitocoğrafik bölgelerinde dağılım göstermektedir (Güner ve ark., 2012). *Salvia* türlerinden genellikle hidrodistilasyon yöntemi ile uçucu yağ elde edilir. Bu cinsin fitokimyası ve biyoaktivitesine duyulan ilgi nedeniyle çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir (Elmas ve Elmas, 2021). Araştırmalarda *Salvia* cinsinin yapısında yaşamsal faaliyetler için gerekli primer metabolitlerin (aminoasitler, basit şekerler, basit karakterli lipitler ve yağlar) yanı sıra bu bileşiklerden özel metabolik yollarla üretilen ve biyosentez yollarına göre sınıflandırılan sekonder metabolitlerin bulunduğu anlaşılmıştır (Bourgand ve ark., 2001). Bu sekonder metabolitleri terpenoidler, flavonoidler, steroidler ve diğer fenolik bileşikler oluşturmaktadır. *Salvia* L. cinsi ile yürütülen çalışmalarda şimdiye kadar 160'tan fazla polifenol (Lu ve Foo, 2002), 450 triterpenoid (Topçu, 2006) tanımlanmış olup; flavonoid, terpenoid ve monoterpenler gibi bileşenlerin bitkilerin daha çok toprak üstü kısımlarında bulunduğu, diterpenoidlerin ise kök kısımlarında bulunduğu bildirilmiştir (Hatipoğlu, 2017). Çalışmalar, doğal yetişen/yetiştirilen *Salvia* L. türlerinde agronomik ve teknolojik özelliklerin bitkinin ontogenetik evresinden, hasat zamanından, çevresel koşullardan (biyotik ve abiyotik stres koşulları), coğrafi koşullardan (lokasyon, rakım, yön), iklimsel koşullardan, farklı tarım uygulamalarından ve genetik faktörlerden etkilendiğini göstermektedir (Gül ve ark., 2002; Başyigit ve Baydar 2016; Elmas, 2019; Yılmaz, 2019).

2.1. *Salvia officinalis* L.

Salvia officinalis türü 60-100 cm arası uzunlukta, beyaz, mavi veya mor çiçekli, yaprakları gümüş renkli, tüylü ve basit, çok yıllık ve yarı çalimsı bir bitkidir. Tohumları yuvarlak, kahverengi, bin tane ağırlığı ortalama 7,6 gramdır (Ceylan, 1996). *Salvia officinalis* uçucu yağı %1-2.5 arasındadır ve ana bileşenlerine göre thujone grubunda yer almaktadır (Başer, 2002; Topçu, 2006). Bu türün kromozom sayısı $2n=14$ 'tür (Karousou ve ark., 2000). *Salvia officinalis* spp. *lavandulifolia* Gams, *Salvia officinalis* spp. *minor* Gams ve *Salvia officinalis* spp. *major* Gams üç alt türü bulunmaktadır (Ceylan, 1996).

İngiliz Farmakopesi'nde resmi bir ilaç olarak kullanımı kabul edilmiş *Salvia officinalis* türü, uluslararası ticarete önemli bir yere sahiptir (Topçu, 2006). Tıbbi adaçayı, dişotu ya da meryemiye olarak bilinen bu tür ülkemizde doğal yayılış göstermemektedir, ancak dünyada Avrupa'nın güney ve orta kısımları ile Batı Balkanlar'da özellikle Dalmaçya ve Makedonya'da doğal yayılış göstermektedir (Güner ve ark., 2012). Bu türün, Almanya, Güney Fransa, Macaristan, Rusya ve Amerika'da olduğu gibi ülkemizde de yetiştiriciliği yapılmaktadır. Şekil 1'de *Salvia officinalis*

bitkisi yetiştiriciliğinin ülkemizde yapıldığı iller ve ilçeler işaretlenmiştir. Adana (Ceyhan, Sarıçam), Antalya (Demre, Gazipaşa, Korkuteli), Denizli (Acıpayam, Bekilli, Buldan, Güney, Merkezefendi, Pamukkale, Tavas, Çal), Düzce (Gölyaka, Merkez, Çilimli), Eskişehir (İnönü), Karaman (Sarıveliler), Kayseri (Yeşilhisar), Kütahya (Altıntaş, Aslanapa, Emet, Hisarcık, Merkez, Simav, Çavdarhisar, Şaphane), Manisa (Salihli), Muğla (Datça, Fethiye, Marmaris, Milas, Ortaca, Ula, Yatağan), Tekirdağ (Süleymanpaşa, Şarköy), Uşak (Sivaslı) ve İzmir (Kemalpaşa)’de 2012-2019 yılları arasında farklı miktarlarda *Salvia officinalis* yetiştiriciliği yapılmıştır (TÜİK, 2021).

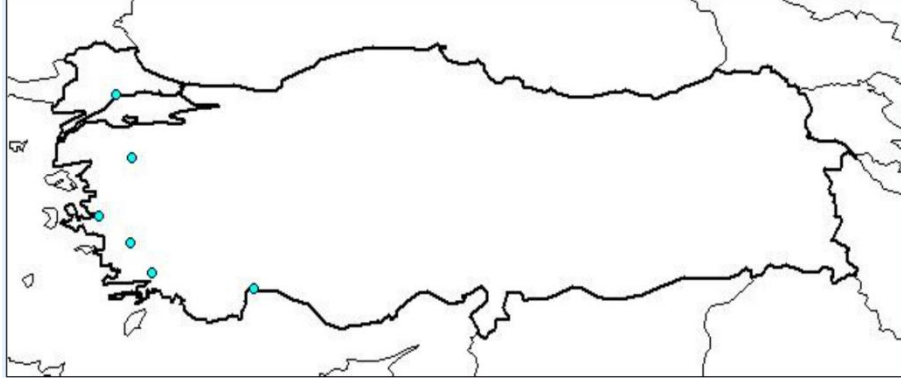


Şekil 1. *Salvia officinalis* L.’nin Türkiye’de yetiştiriciliğinin yapıldığı yerler (TÜİK, 2021).

2.2. *Salvia fruticosa* Mill.

Ülkemizde Anadolu adaçayı olarak bilinen *Salvia fruticosa* dünyada Balkanlar, İtalya, Sirenayka, Sicilya ve Suriye’nin batısında; ülkemizde ise Şekil 2’de gösterildiği üzere Batı Anadolu (İzmir), Kuzeybatı Anadolu (Balıkesir, Tekirdağ) ve Güneybatı Anadolu’da (Antalya, Aydın, Muğla) doğal yayılış göstermektedir. Çok yıllık bir bitki olan *Salvia fruticosa*, boyu 160 cm’ye kadar erişebilen, maki ya da frigana kireçtaşı kayalıklar arasında, 0 ila 700 m rakımda yetişebilen, Mart-Mayıs aylarında çiçeklenen, dalları grimsi yeşil renkli tüyler ile örtülü bir türdür (Güner ve ark., 2012; Elmas, 2019). Botanik olarak *Salvia officinalis*’e benzer ancak bu türde esas yaprakların yanında bir veya iki tarafı az veya çok gelişmiş yan yaprakçık bulunması ve biraz daha çalı formuna yakın olmasıyla *Salvia officinalis*’ten ayrılır, ayrıca uçucu yağı daha keskin kokuludur. Tohumları kahverengi, bin tane ağırlıkları ortalama olarak 4 g’dır (Bayram ve Sönmez, 2006). Yetiştigi lokasyona göre uçucu yağı %0.9–5.15 arasında değişebilmektedir (Karık ve Sağlam, 2017). Çalışmalarda *Salvia fruticosa* türünün uçucu yağında 1,8-cineole bileşeninin etken madde olduğu ve ana bileşenlerine göre CiCa (1,8 cineole/camphor) grubunda yer aldığı belirtilmiştir (Başer, 2002). Bu türün diploid kromozom sayısı $2n=14$ olarak belirlenmiştir (Martin ve ark., 2011). Yapılan

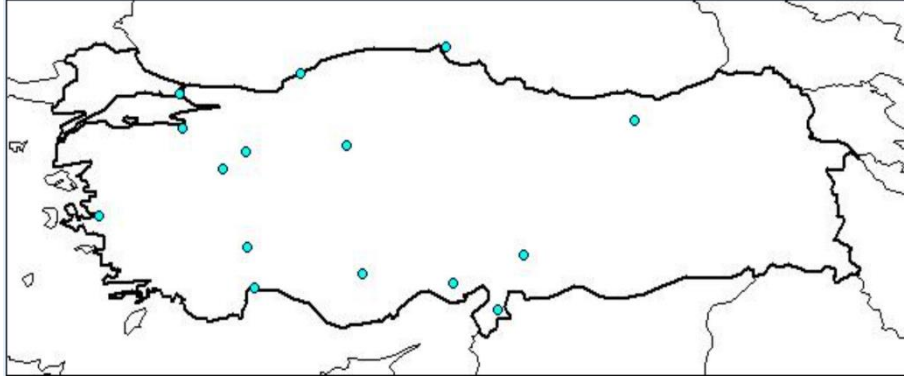
değerlendirmelerde ülkemizde *Salvia fruticosa*'nın zarar görebilir kategorisinde yer aldığı belirtilmiştir (İpek ve Gürbüz, 2010).



Şekil 2. Türkiye’de *Salvia fruticosa*’nın doğal yayılış gösterdiği yerler (Güner ve ark., 2012).

2.3. *Salvia tomentosa* Mill.

Şalba, büyük çiçekli adaçayı gibi farklı isimlerle bilinen *Salvia tomentosa* Türkiye’de hem iç hem dış ticarete önem arz etmektedir. Dünyada Kırım, Lübnan, Latakya, Balkanlar ve Ermenistan’da doğal yayılış göstermekte; Almanya, Güney Fransa ve Macaristan’da ise yetiştiriciliği yapılmaktadır. *Salvia tomentosa* Şekil 3’te belirtildiği üzere ülkemizin Adana, İstanbul, Zonguldak, Ankara, Antalya, Bursa, Eskişehir, Gümüşhane, Hatay, Isparta, İzmir, Kütahya, Kahramanmaraş, Sinop, Karaman illerinde doğal yayılış göstermektedir. *Pinus brutia* (Kızılçam) ve *Pinus nigra* (Karaçam) ile ortak yaşayan, *Quercus pubescens* (Tüylü meşe) makisi ve kireçtaşı yamaçlarda 90-2000 m rakımda yetişebilen, 50-100 cm kadar uzayabilen bir türdür. Çiçekleri diğer *Salvia* türlerine göre daha büyük ve genellikle mor renkli, çok yıllık, odunsu ot formundadır (Dumanoğlu ve Mokhtarzadeh, 2020). Nisan ayı ilk çiçeklenme zamanı, Ağustos ayı son çiçeklenme zamanıdır (Güner ve ark., 2012; Tuna, 2019). Tohumları kısa boyutlarda ve oval bir yapıya sahiptir, bin tane ağırlıklarının yaklaşık 7,15 g olduğu belirtilmiştir (Dumanoğlu ve Mokhtarzadeh, 2020). Uçucu yağ oranı %0,7-3,5 arasında değişiklik göstermekte ve ana bileşenlerine göre pinene grubunda yer almaktadır (Başer, 2002; Karık ve ark., 2013). Bu türün diploid kromozom sayısı ise $2n=16$ olarak belirlenmiştir (Nakipoğlu, 1993).



Şekil 3. *Salvia tomentosa* Mill.’in Türkiye’de doğal yayılış gösterdiği bölgeler (Güner ve ark., 2012).

3. Adaçayı Yetiştiriciliği

3.1. İklim ve Toprak İstekleri

Fide döneminde yüksek miktarda neme ihtiyaç duyan adaçayı, ilerleyen gelişme döneminde sığağa oldukça dayanıklı ancak aşırı soğuk ve donlara karşı dayanıksızdır. Kış mevsiminde ılıman iklim bölgelerinde ve rüzgarlardan korunan bölgelerde adaçayı üretiminin yapılabileceği belirtilmiştir (Bağdat, 2006). Adaçayı yetiştiriciliği için taban suyu seviyesinin yüksek olmadığı, alkali, iyi drenajlı, geçirgen ve besin elementleri bakımından zengin, tınlı-kumlu, kumlu-tınlı, kireç içeriği zengin topraklar idealdir (Bayram ve Sönmez, 2006). Ekim nöbeti planlamasında Bayram ve Sönmez (2006), baklagillerden veya ahır gübresi verilmiş bir çapa bitkisinden sonra gelmesini önermiş, Bağdat (2006), ise lahana, havuç, çilek, domates ve mercanköşkle uyum sağladığını belirtmiştir. Adaçayında en yüksek yağ verimi ise sıcak, bol güneşli, kurak, düşük rakımlı ve eğimli araziler üzerindeki bölgelerden elde edilmektedir (Dinçer, 2007).

Tıbbi ve aromatik bitkilerde morfolojik, anatomik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerin ortaya konmasında bitkinin genetik profili önemli rol oynamaktadır. Skoula ve ark., (2000), Girit’in farklı popülasyonlarından topladığı aynı tür adaçayını, tarlada ve saksılarda sabit deneysel koşullar altında yetiştirmiş, klonlarda genetik profillerine karşılık gelen morfolojik farklılıkların yanı sıra uçucu yağın fenolik verimi, kompozisyonu gibi bazı varyasyonlar belirlemiştir. Elmas (2019), Muğla yöresinde farklı popülasyonlardan topladığı adaçayı örneklerinde morfolojik, kimyasal ve moleküler özellikler açısından hem popülasyon içi hem de popülasyonlar arasında geniş varyasyonlar görüldüğünü belirtmiştir. Bu geniş varyasyonların nedeni olarak, fenotip ve genotip arasında gen ekspresyonu, gen regülasyonu gibi bir dizi karmaşık bağlantı olabileceği gibi, bitkilerin morfolojik karakterlerinin çevre ile birlikte değişebileceği ve doğal seleksiyon süresince türler arasındaki gen alışverişleri olabileceğini varsaymıştır. *Salvia* L.’de genotipleri

tanımlamanın, morfolojik benzerliğin fazla olması ve bu türler arasında doğal hibridizasyonun yaygın olması nedeniyle karmaşık olduğu belirtilmektedir (Karaca ve ark., 2008). Ancak yetiştiriciliği yapılacak adaçayı türünde genotipin tanımlanması, tarımsal açıdan önemli genlerin belirlenmesi, genetik çeşitliliğin belirlenmesi, çevresel ve iklimsel değişikliklerin gen yapılarında meydana getirdiği değişikliklerin ortaya konulması tarımsal başarı sağlamak için önemlidir.

3.2. Üretim Tekniği ve Ekim

Tıbbi ve aromatik bitkilerin belli bir standartta üretilebilmesi için kültürü yapılacak bitki tohumlarının genel yapısı, ekimi veya fidanların dikiminde sıra arası mesafe, tarımsal işlem basamakları, kullanılması gereken alet ve makinelerin seçimi gibi gerekli bazı verilerin bilinmesi gereklidir. Adaçayı, hem generatif hem de vejetatif olarak üretilebilen bir bitkidir. Generatif üretim tohumlarla sağlanırken, vejetatif üreme çelikler sayesinde yapılır (Özcan ve ark., 2014). Generatif üretimde, tohumların ekim zamanı için ilkbahar veya sonbahar mevsimleridir. Adaçayı tohumu ekimi için en uygun koşullar Ege bölgesi için sonbahar, karasal iklimler için ilkbahardır. Tohumlar iyi hazırlanmış tarlaya doğrudan ekilebilir, bunun için bir dekara gerekli tohum miktarı 2-5 kg arasındadır (Bağdat, 2006; Bayram ve Sönmez, 2006). Ancak adaçayında tohum tutma oranının son derece düşük olduğu ifade edilmiştir (Arslan ve ark., 1995). Tohumların müsilaajımsı tabaka ile kaplı olması ve dormansi söz konusu olduğundan gelişme genellikle yavaş olmakta veya tohum çimlenme sorunları oluşabilmektedir. Bu nedenle adaçayında tohum çimlendirme çalışmaları bu türe ait üretim stratejilerinin belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır (Özcan ve ark., 2014).

Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar, adaçayı yetiştiriciliğinde uygun dozajda bazı hormonların kullanılmasının, tohum çimlenmesi ve çeliklerin köklendirilmesinde önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Bunlar arasında en çok oksin grubu büyüme düzenleyiciler içerisinde yer alan Indol Bütirik Asit (IBA) köklendirmede yaygın olarak kullanılmaktadır. IBA dışında, Indol-3-Asetik Asit (IAA), Naftalen Asetik Asit (NAA) ve Gibberellik Asit (GA₃) “Büyümeyi Düzenleyici Maddeler” olarak kullanılabilir (Hartmann ve ark., 1997; Kara ve ark., 2011). Adaçayı tohumlarının çimlenme, çıkış performanslarının iyileştirilmesi ve kalitelerinin artırılması amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada, *Salvia officinalis* tohumlarının Polimer+GA₃ ve Priming+Polimer+KNO₃ uygulamasında en yüksek oranda çimlenme gösterdiği, *Salvia fruticosa* tohumlarının GA₃ ve Polimer+GA₃ uygulamalarında en yüksek oranda çimlenme gösterdiği, ayrıca her iki türde de KNO₃ uygulamasının tohumların en kısa sürede ortalama çimlenme zamanına ulaşmasını sağladığı bildirilmiştir (Sönmez ve ark., 2019). Farklı kimyasal uygulamaların ve ön

işlemlerin (ön kurutma, ön üşütme ve ön işlemsiz) farklı adaçayı tohumlarının çimlenme gücüne etkileri araştırıldığı başka bir çalışmada, *Salvia officinalis* türü için her üç ön işlemin kullanılabileceği, *Salvia fruticosa*’da ön üşütme işlemi, *Salvia tomentosa*’da ise ön kurutma işleminin tercih edilmesi belirtilmiş; en iyi sonucun *Salvia officinalis* ve *Salvia fruticosa* türlerinde gibberellin uygulamasından, *Salvia tomentosa* türünde ise hem gibberellin hem de etilen uygulamalarından elde edildiği belirtilmiştir (Özcan ve ark., 2014).

Adaçayı yetiştiriciliğinde ilk yıllarda yabancı ot mücadelesi yüksek tarım maliyetlerinden birini oluşturmaktadır. Yabancı ot mücadelesi, mümkünse herbisit kullanmadan adaçayı fideciklerinin toprağı siperleyip diğer otların gelişip büyümesine fırsat vermeyecek seviyeye gelene kadar devam etmelidir. Bu nedenle bu süreyi kısaltmak ve maliyeti düşürmek için adaçayı fideciklerinin hızlı gelişimi önem taşımaktadır (Abacıoğlu, 2019). Bununla ilgili olarak yapılan bir çalışmada farklı hormon ve dozlarının morfolojik özelliklere etkisi araştırılmış ve *Salvia officinalis* tohumlarında çimlenme yüzdesinde ve yaprak sayısında en yüksek değerler 1000 ppm dozunda NAA hormonundan elde edilirken, en yüksek fide boyunun 5000 ppm IAA uygulamasından, en yüksek kök uzunluğu ve bitki boyunun 3000 ppm dozunda NAA hormonundan elde edildiği bildirilmiştir (İzci, 2020). Benzer başka bir çalışmada, *Salvia officinalis* tohumlarında hormon uygulamalarının çeşidi ve dozuna göre farklılık göstermekle beraber çimlenme yüzdesi ve kök sayısında olumlu etkilerinin olduğu, yaprak eni için 5000 ppm IBA ve 1000 ppm NAA; yaprak boyu için 5000 ppm IBA; yaprak sayısı için 200 ppm GA₃; dalsız gövde boyu için 100 ppm IAA uygulaması ile en yüksek değerlere ulaşıldığı saptanmıştır (Abacıoğlu, 2019).

Bunlara ek olarak, *Salvia officinalis* türünde nano boyutlu titanyum dioksit (TiO₂) 60 mg L⁻¹ uygulaması (Feizi ve ark., 2013) ve 125 mT’lik sabit manyetik alan maruziyeti uygulaması ile tohumların çimlenme oranlarında yüksek başarı elde edildiği bildirilmiştir (Flórez ve ark., 2012).

Adaçayı, generatif üretimine alternatif olarak vejetatif olarak çoğaltılabilmektedir. Vejetatif üretimde 1 dekar alan için yaklaşık 200-300 g tohum önce fideliklere ekilir, elde edilen fideler 5-6 yaprak olunca veya 10-15 cm boyuna geldiğinde tarlaya aktarılır. Hem tohum ekiminden hem de fide dikiminden önce toprak analizlerinin yapılmış olması ve toprağın ihtiyacına göre gübreleme yapılması önerilmektedir. Fidelerin tarlaya aktarılmasından önce varsa yabancı ot probleminin ortadan kaldırılmış olması, sonrasında tarlada derin sürüm yapılması, diskaro-tırmık veya kazayağı tırmık ile toprak yüzeyinin düzeltilmesi gerekir. Fidelerin dikiminden sonra can suyu verilir. Fidelerin dikimi için en uygun zaman, bölgelere göre değişmekle birlikte don riskinin olmadığı, Mayıs-Haziran veya Ekim-Kasım aylarıdır (Bağdat, 2006; Bayram ve Sönmez, 2006). *Salvia*

officinalis bitkisinin vejetatif üretiminde IBA uygulamasının adaçayı çeliklerinde, kök oluşumu ve köklenmeyi önemli derecede etkilediği, en fazla kökçük oluşumu, en yüksek köklenme oranı, kök sayısı ve en uzun köklerin IBA uygulamasından elde edildiği bildirilmiştir (Ayanoglu ve Özkan, 2000; Kara ve ark., 2011).

Tarımsal üretimde birim alandan daha fazla verim alabilmenin şartlarından biri de uygun bitki sıklığının sağlanmasıdır. Çalışmalar genellikle birim alandaki bitki sayısının artmasıyla, bitki başına verimin azaldığını, toplam verimin ise arttığını; birim alandaki bitki sayısının azalmasıyla bitki başına verimin arttığını, ancak birim alandan elde edilen toplam verimin azaldığını bildirmektedir (Öz, 2002). Bu nedenle adaçayı yetiştiriciliğinde uygun bitki-alan kritik sınırının belirlenmesi ve bunun bitki verimi, kalitesi ile uçucu yağ oran ve içeriği üzerine etkisinin bilinmesi önem taşımaktadır. Adaçayında fidelerin dikimi çapa makinesi ile yapılacaksa sıra arası mesafesinin 100 cm, sıra üzeri mesafesinin 40 cm; el ile yapılacaksa sıra arası 50 cm, sıra üzeri mesafenin 20 ya da 40 cm olması önerilmektedir (Tıbbi Adaçayı Yaygınlaştırma Raporu, 2018). Ancak bu durum yetiştiricilik yapılacak bölgenin ekolojik koşullarına ve mekanizasyon durumuna göre değişebilir. Bornova ekolojik koşullarında tıbbi adaçayında 30 cm sıra arası mesafede, 60 cm sıra arası mesafesine göre daha yüksek verim elde edildiği bildirilmiştir (Bayram ve Sönmez, 2006). Siirt ekolojik koşullarında yetiştirilen *Salvia officinalis* bitkisinde farklı sıra üzeri mesafelerinin bazı kalite kriterlerine ve uçucu yağ kompozisyonuna etkilerini incelemiş, bitki boyunda ve uçucu yağ oranında en yüksek değer 20 cm sıra üzeri mesafesinden; dal sayısında en yüksek değeri 60 cm sıra üzeri mesafesinden alındığı bildirilmiştir (Özek, 2019).

Çalışmalar adaçayının generatif ve vejetatif üretiminde agronomik özellikler bakımından varyasyonlar oluştuğunu göstermektedir. Adaçayı yetiştiriciliğinde en iyi sonucun alınabilmesi için farklı hormon ve hormon kombinasyonlarının farklı dozları ile çalışmaların çeşitlendirilip artırılarak devam ettirilmesi gereklidir.

3.3. Bakım ve Gübreleme

Adaçayı yetiştiriciliğinde çapalama, sulama gibi bakım işlemleri verim ve kalite açısından oldukça önemlidir. Çapalama, yabancı ot mücadelesi ile toprağın havalandırılmasını ve neminin korunmasını sağlar. Adaçayı bitkileri uygun toprak ve hava sıcaklık koşullarında ekimden yaklaşık 2-3 hafta sonra toprak yüzeyine çıkmaya başlar. Çıkış gözlenmediği takdirde toprakta kaymak tabakası oluşmuşsa kaymak kırma işlemi yapılır. Bitki yüksekliği 3-4 cm'ye eriştiğinde gölgeleme ve sıklıktan dolayı verim kaybı olmaması için seyreltme işlemi uygulanmalıdır. Yetiştirme

ortamında gelişen yabancı otlar, yetiştiriciliği yapılan bitkilerle besin elementleri, su ve ışık için rekabete girerek veya bunlara ortak olarak bitkinin büyüme ve gelişmesine engel olabilir. Bu nedenle bitki yüksekliği 5-7cm’ye eriştiğinde yabancı ot mücadelesi için ilk çapa yapılır. Adaçayında ilk yıl vejetatif gelişim yavaş olduğundan bu işlem birkaç kere tekrarlanmalıdır. İkinci çapalamada ise kök boğazı doldurulur. Boğaz doldurma işlemi ile hem bitkilerin soğuktan zarar görmesi engellenir hem de bitkiler toprağa daha sağlam tutunur, kökleri daha derine salınır böylelikle toprak altı organlarının gelişimi ile su ve besin maddelerinin alımı sağlanır. Çapalama işleminin sıklığı toprağa, yabancı ot gelişimine ve ekolojik koşullara göre değişebilir. Bir diğer bakım işlemi ise sulamadır. Adaçayının vejetasyon süresince bitki toprağa tutuna kadar sulanması önerilmektedir. Sulama karık, salma, damla sulama veya yağmurlama olarak yapılabilir. Adaçayında yağmurlama, karık ve salma sulama yöntemlerinin dezavantajları, hastalık etmenlerinin yayılmasının kolay olması, ıslanan bitki yapraklarında kalan damlacıkların merccek etkisi görerek yapraklarda güneş yanıkları oluşturması ve bitkinin herba kalitesini düşürmesidir. Ancak damla sulama yönteminde su, bitki yapraklarına değil doğrudan toprağa verilir hastalıklar daha nadir görülür, buharlaşma kaybı diğer yöntemlere göre daha azdır ve suyun homojen dağılımı sağlanır (Bayram ve Sönmez, 2006; Tıbbi Adaçayı Yaygınlaştırma Raporu, 2018).

Tıbbi ve aromatik bitki üretiminde verim ve kalitenin artırılabilirliğini sağlayan en etkin araçlardan biri gübrelemedir. Gübrelemede bitkinin yaşı dikkate alınarak dengeli kullanım sağlanmalıdır. Akdeniz kökenli bir bitki olan adaçayının kış soğuklarına karşı mukavemetinin artması için potasyum sülfat gübresi uygulanmalıdır. Bitkinin fosfor gübresine gereksinimi fazla olmamakla beraber, çiçeklenmeyi ve aroma yoğunluğunu arttırdığı için verilmesi önerilmektedir (Bayram ve Sönmez, 2006). Gübreler içerisinde önemli makro bitki besin elementlerinden biri azottur (Özyazıcı ve ark., 2015). Literatürde adaçayı türlerinde azotun verim, verim komponentleri ve kalite üzerindeki etkisini ortaya koymak için çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalarda farklı ekolojik koşullarda yetiştirilen *Salvia officinalis*’te azotlu gübrelemenin yeşil herba, drog herba, yeşil yaprak, drog yaprak, yeşil sap ve drog sap verimlerinde istatistiksel yönden önemli olduğu bildirilmiştir (Ceylan ve ark., 1979; Ceylan ve ark., 1990; Karaaslan, 1994; Koç, 2000; Sönmez ve Bayram, 2017). Ancak, Koç (2006), *Salvia officinalis*’te azot uygulamasının bitki boyu ve drog herba verimine istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olmadığını, kükürt uygulamalarının ise bitki boyu ve yeşil herba verimini azalttığını tespit etmiştir (Koç, 2006).

Adaçayında uçucu yağ miktarı üzerine toprak yapısı, tekstür, iklim, sulama, dikim sıklığı, hasat zamanı gibi birçok faktörün yanında gübrelemenin de etkili olduğu bilinmektedir (Koç, 2006).

Karaaslan, (1994), *Salvia officinalis*'te 15 kg/da N doz uygulaması ile, Koç, (2000), aynı türde ikinci yılda 5 kg/da N uygulaması ile uçucu yağda en yüksek verimi elde ettiğini bildirirken, bazı araştırmacılar ise azotlu gübrelemenin *Salvia officinalis*'te uçucu yağ oranı üzerinde etkisinin belirgin olmadığını belirtmişlerdir (Ceylan ve ark., 1979; Koç, 2006). Katar ve ark., (2019), *Salvia fruticosa*'da 10 kg/da N dozunda uçucu yağda en yüksek verimi elde edildiğini bildirmiş, Yılmaz (2019), aynı türde 10 kg/da N dozu ile en yüksek uçucu yağ oranı ile 15 kg/da N dozu ile en yüksek uçucu yağ verimi elde edildiğini belirtmiştir.

Adaçayında verim artışı için kullanılacak kimyasalların toksik etki yapmayacak şekilde ayarlanması gerekir. Araştırmacılar, Tokat ekolojik şartlarında *Salvia officinalis*'te yeşil herba ve drog yaprak verimi için 15 kg/da azot, drog herba verimi için 10 kg/da azot uygulamasını önerirken, (Koç, 2000), Eskişehir ekolojik koşullarında *Salvia fruticosa* yetiştiriciliğinde drog yaprak ve uçucu yağ verimi için 10 kg/da azot dozu önerilmiştir (Katar ve ark., 2019). Aydın ekolojik koşullarında yetiştirilen *Salvia fruticosa*'da bitki boyunda en yüksek değer 10 kg/da N; drog herba, yeşil herba, yeşil yaprak ve drog yaprak verimlerinde en yüksek değerlerin 15 kg/da uygulamasından elde edildiği bildirilmiştir (Yılmaz, 2019). Çanakkale'de yetiştirilen aynı türde ise en yüksek drog herba verimi, drog yaprak verimi ve uçucu yağ veriminin sulu koşullarda 6 kg/da N uygulamasından, kuru koşullarda ise 18 kg/da N uygulamasından elde edilmiştir (Turhan, 2020).

Bazı araştırmacılar ise bitki üretiminde kullanılan kimyasal gübrelerin insan sağlığı ve çevre üzerinde oluşturduğu çeşitli olumsuz etkiler ile birlikte getirdiği ekonomik maliyete dikkat çekmişlerdir. Bu nedenle adaçayı yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi arttırmak amacıyla kullanılan kimyasal gübrelerin yerine organik gübrelerin kullanılmasının ekolojik üretime uygunluk bakımından önem arz ettiğini vurgulamışlardır (Kocabaş ve ark., 2007; Kaplan ve ark., 2007; Katar ve ark., 2019). Farklı organik gübre uygulamalarının *Salvia fruticosa* bitkisinin besin elementi ve uçucu yağ oranı üzerine olan etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, en yüksek N içeriğini ve uçucu yağ oranının tavuk+koyun gübresi kombinasyonunda, P içeriğinde en yüksek değer koyun+sığır gübresi uygulamasında ve en yüksek K içeriğinin tavuk gübresi uygulamasında tespit edildiği bildirilmiştir. Organik gübrelerin uygulandığı bitkilerin kontrollere göre gelişimleri hızlı ve verimleri yüksek olduğu için, bu bitkilerdeki Ca, Mg, Fe ve Zn içeriklerinde düşüş görülmüştür. Çalışmada ayrıca *Salvia fruticosa* bitkisinin uçucu yağ içeriği ile bitkinin N, P, K içeriği arasında pozitif yönde bir korelasyon elde edilirken; Ca, Mg içeriği arasında negatif bir korelasyon olduğu bildirilmiştir (Kocabaş ve ark., 2007). Benzer başka bir çalışmada *Salvia fruticosa*'da farklı organik gübre uygulamaları yapılan bitkilerde drog herba ağırlığı, uçucu yağ içeriği ve bitki başına düşen

yağ miktarına kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir artış görüldüğü saptanmıştır. En yüksek drog herba ağırlığı ve uçucu yağ miktarının kanatlı gübresi uygulanan bitkilerden elde edildiği bildirilmiştir (Kaplan ve ark., 2007). Organik gübre uygulamalarının *Salvia fruticosa* uçucu yağının kimyasal bileşimi üzerine etkisi de belirlenmiş, buna göre tavuk+koyun gübresi kombinasyonundan en yüksek uçucu yağ verimi elde edilmiştir (Kocabaş, 2010). Çalışmalar organik gübre uygulamalarının adaçayı uçucu yağ verimini arttırdığı ve bitki gelişimi üzerinde pozitif etkisinin olduğu göstermiştir. Elde edilen bulgular adaçayının ekolojik üretiminde organik gübrelemelerle de verim ve kalitede önemli artışların elde edilebileceğini desteklemektedir.

3.4. Hasat ve kurutma

Tıbbi ve aromatik bitki yetiştiriciliğinde yüksek verim ve istenen kalitede ürün elde etmek için, bitkinin ihtiyaç duyduğu ekolojik şartlarda yetiştirilmesinin yanı sıra uygun hasat zamanlarının belirlenmesi gerekir. Çalışmalarda çok yıllık bir bitki olan ve vejetasyon süresince birden fazla biçim yapılabilen adaçayında hasat zamanı, kurutma teknikleri ve biçim yüksekliğinin, verim ve kalite üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir (Ekren ve ark. 2007; Özkeskin, 2019). Bağdat (2006), adaçayında en uygun hasat zamanının çiçeklenme başlangıcı olduğunu belirtirken, Bayram ve Sönmez (2006), ise çiçeklenme dönemini önermişlerdir. Bolu ekolojik koşullarında yetiştirilen *Salvia officinalis* ve *Salvia tomentosa* türlerinde, bitki boyunda her iki türde de tam çiçeklenme zamanı en yüksek değerlere ulaşılırken, yeşil herba veriminde her iki türde %50 çiçeklenme zamanında ve drog herba veriminde ise ortalama en yüksek değerlerin *Salvia officinalis*’te %50 çiçeklenme zamanında, *Salvia tomentosa*’da ise tam çiçeklenme zamanında yapılan hasattan elde edildiği bildirilmiştir (Şenkal ve ark. 2012). Tokat-Kazova koşullarında ise *Salvia officinalis*’in sonbahar biçiminde bitki boyu, yeşil herba, kuru herba, kuru yaprak verimleri ve kuru madde oranının yaz dönemindekine göre daha yüksek çıktığı belirtilmiştir (Özkeskin, 2019). Isparta’da yetiştirilen *Salvia officinalis*’te ise en yüksek taze herba verimi Eylül, drog herba verimi Temmuz, drog yaprak verimi Ağustos ayında belirlenmiştir (Başyigit ve Baydar, 2016). Aydın ekolojik koşullarında *Salvia fruticosa*’da çiçeklenme sonrası hasat yapılmasının yaprak boyu ve enini olumlu yönde etkilediği, yeşil herba, yeşil yaprak ve drog herba verimlerinde en yüksek verimin tam çiçeklenme zamanında yapılan hasattan elde edildiğini, en yüksek yeşil yaprak oranının ise çiçeklenme öncesi yapılan hasattan elde edildiği vurgulanmıştır (Yılmaz, 2019).

Farklı hasat zamanları sadece tarımsal özellikleri değil, uçucu yağ oranı ve bileşenleri gibi kimyasal özellikleri de etkilemektedir. Isparta ekolojik koşullarında yetiştirilen *Salvia officinalis*’te

en yüksek uçucu yağ oranı Ağustos ayında (Başyigit ve Baydar 2016), Eskişehir ekolojik koşullarında çiçeklenme öncesi dönemde (Katar ve ark., 2018), Tokat-Kazova koşullarında ise yaz döneminde yapılan hasatlardan elde edildiği (Özkeskin, 2019); bu türün ana bileşeni α -thujonun en yüksek değerleri Isparta koşullarında ilkbahar aylarında (Başyigit ve Baydar 2016), Eskişehir koşullarında tam çiçeklenme döneminde (Katar ve ark., 2018), Tokat-Kazova koşullarında ise yaz döneminde yapılan hasatlardan (Özkeskin, 2019) elde edilmiştir. Gökova, Köyceğiz ve Nif Dağı'nda doğal olarak yetişen *Salvia fruticosa*'da ise uçucu yağ oranı ve 1,8-cineolün en yüksek değeri Haziran ayının son haftası ile Temmuz ayının ilk haftasında elde edilirken (Gül ve ark., 2002), Muğla Fethiye'de yetişen *Salvia fruticosa*'da ana bileşenin en yüksek değeri çiçeklenme öncesi dönemde, *Salvia tomentosa*'da ise ana bileşen α -pinene için en yüksek değer çiçeklenme sonrası dönemde belirlenmiştir (Önal, 2015).

Adaçayında verimi etkileyen bir diğer unsur biçim yüksekliğidir. Adaçayında biçim, bağ makası, tırpanlarla yapılabileceği gibi alanın büyüklüğüne bağlı olarak biçme makineleri ile de yapılabilir (Bağdat, 2006; Bayram ve Sönmez, 2006). Bağdat, (2006), ilk yıl vejetatif aksan yeterince gelişmişse biçim yüksekliğinin 8-10 cm olmasını, Bayram ve Sönmez (2006), ise 5-10 cm olması gerektiğini belirtmişlerdir. İzmir Bornova koşullarında *Salvia officinalis*'te yapılan bir çalışmada, biçim yüksekliğinin artmasının bitkide sürgün gelişimini teşvik ettiği, böylelikle bitkilerin hem daha çabuk büyümesine hem de daha uzun boylu olmasına katkı sağladığı bildirilmiş, ideal biçim yüksekliğini 15 cm olarak belirlemişlerdir (Ekren ve ark., 2007). Başka bir çalışmada ise araştırmacılar aynı türdeki adaçayında yüksek kaliteli bitki ve uçucu yağ verimi elde etmek için, büyüme mevsimi boyunca, toprak seviyesinden 10 ila 15 cm yükseklikte iki hasat yapılmasını önermişlerdir. İlk hasadın süt olum döneminden olgun tohum oluşumu aşamasında, ikincisinin ise 70-100 gün sonra yapılması gerektiğini, böylelikle bitkilerin iki hasat dönemi arasında ve kış uykusundan önce iyi bir rejenerasyon elde edilebilmesine katkı sağlayacağını bildirmişlerdir (Zutic ve ark., 2003).

Tıbbi ve aromatik bitkiler hasat sonrası yüksek oranlarda su içerebilir. Bitki kalitesinde herhangi bir bozulma oluşturmada, güvenli depolama sağlayabilmek için bitkideki nemi en kısa sürede ve az enerjiyle nihai nem değerine düşürme işlemine kurutma denir (Polatçı ve Tarhan, 2009). Adaçayı bitkisinde uçucu yağların sentezlendiği ve depolandığı organlar bitkinin dış yüzeyine yakındır, bu nedenle kurutma yöntemleri ve sıcaklıkları bitkinin uçucu yağ oranını ve kompozisyonunu etkilemektedir (Baydar, 2013; Mammadov, 2014; Aydın ve ark., 2019). Adaçayı hasat sonrası yüksek miktarda su içerdiğinden yığın halde bekletilmeleri halinde kızılaşma sonucu

kalitede kayıplar olabilir. Bu nedenle özel kurutma alanlarında sererek ve düzenli olarak alt üst edilerek kontrollü koşullarda kurutulmaları önerilmektedir. Yapay kurutmada ise sıcaklığın 35 °C’yi geçmemesine dikkat edilmelidir (Bayram ve Sönmez, 2006; Bağdat, 2006). *Salvia fruticosa*’da farklı kurutma sıcaklıklarının uçucu yağ oranı ve içeriğine etkisinin belirlendiği bir çalışmada en yüksek uçucu yağ oranının 35 °C sıcaklıkta yapılan kurutmadan; 1,8 cineol oranının ise 65 °C’de yapılan kurutmadan elde edildiği bildirilmiştir (Aydın ve ark., 2019). Benzer başka bir çalışmada *Salvia officinalis*’te ise en yüksek uçucu yağ oranı aynı şekilde 35 °C sıcaklıkta yapılan kurutmadan, en yüksek α -thujon oranının ise taze yaprak örneklerinin ardından 55 °C sıcaklıkta yapılan kurutmadan elde edildiği bildirilmiştir (Katar ve ark., 2019).

Adaçayında verim, kalite, uçucu yağ oranı ve bileşenlerin çevresel koşullara, genetik faktörlere, yetiştiricilik uygulamalarındaki farklılıklara, biçim yüksekliğine, biçim sayısına ve hasadının yapıldığı gelişim dönemine bağlı olarak değişiklik gösterdiği çalışmalarla desteklenmiştir (Aziz ve ark., 2013; Lakušić ve ark., 2013; Mammadov, 2014).

3.5. Verim

Adaçayında verim kriteri genellikle yeşil ve drog herba verimi ile uçucu yağ oranıdır. Adaçayı yetiştiriciliğinde ilk yıl plantasyon yılı olduğundan bitki gelişimi zayıftır, ekonomik olarak verim ikinci ve sonraki yıllarda yükselir. Bitki 8-10 yıl yaşayabilmektedir ancak ekonomik ömrü 4-5 yıldır (Bağdat, 2006). Yetiştirilen/doğal olarak yetişen adaçayının verimi türüne ve ekolojik şartlarına göre farklılık göstermektedir. Ülkemizin farklı illerinde *Salvia officinalis* ile yürütülen bazı çalışmalar ve çalışmalarda incelenen özelliklere ait sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir. Çalışmalar farklı dozlarda farklı gübre uygulamalarının (Koç, 2000; Koç, 2006), farklı biçim yüksekliklerinin (Ekren ve ark., 2007), farklı su uygulamalarının (Sönmez, 2015; Yurdcu, 2019), farklı hasat zamanlarının, ontogenetik değişkenliğin (Başyigit ve Baydar, 2017; Katar ve ark., 2018; Özkeskin, 2019) ve genotip x çevre etkileşimlerinin (Karayel, 2019) sonuçlarını yansıtmaktadır. Çalışmacılar *Salvia officinalis*’te verim açısından daha çok yeşil herba, drog herba ve drog yaprak verimlerini belirlemişlerdir. Yeşil yaprak verimleri ise az sayıda araştırmacı tarafından bildirilmiştir. İpek (2007), bu türde yeşil yaprak verimini 1787.4-1672.4 kg/da arasında; Şenkal ve ark., (2012) ise ilk yıl 203.61 kg/da, ikinci yıl 370.42 kg/da, üçüncü yıl ise 869.02 kg/da olarak belirlemişlerdir. Koç (2000) ve Ekren ve ark., (2007) çalışmalarında uçucu yağ analizinde sadece thujon olarak verildiği için, bu yüzde, α -thujon yüzdesi olarak yazılmıştır. Yurdcu, (2019) çalışmasını saksı denemesi olarak yapmış ve g olarak belirtilmiştir.

Tablo 2’de ise ülkemizde doğal olarak yetişen veya yetiştiriciliği yapılmış *Salvia fruticosa* ile yapılan çalışmalar ve araştırılan özelliklere ait değerler verilmiştir. Çalışmaların çoğunluğu doğal yayılış gösteren türün agronomik ve teknolojik özelliklerine aittir (Schulz ve ark., 2005; Karık, 2013; Karık, 2015; Elmas, 2019). Bayram ve ark., (1999) bu türün ıslahında geliştirilen klonların özelliklerini, Karayel ve Akçura, (2016) farklı lokasyonlarda eşzamanlı yetiştirilen bu türün uçucu yağ bileşimindeki farklılıkları, Katar ve ark., (2019) farklı kurutma sıcaklıklarının uçucu yağ oranı ve bileşenlerine etkisini; Yılmaz, (2019) ve Turhan, (2020) bu türde farklı azot dozu ve hasat zamanlarının agronomik ve teknolojik özelliklerine incelemişlerdir. *Salvia fruticosa* ile yapılan çalışmalarda da verim açısından en çok incelenen özellikler yeşil herba, drog herba ve drog yaprak verimleri olmuştur. Bu türde yeşil yaprak verimini araştıran Karık (2013), ilk yıl 1371.5-2306.16 kg/da; ikinci yıl ise 557.9-2530.8 kg/da; Yılmaz (2019), 422.28-1068.71 kg/da; Turhan (2020), sulu şartlarda yetiştirdiği bu türde ilk yıl 271.26-1191.32 kg/da; ikinci yıl: 322.46-1094.41 kg/da; kuru şartlarda ise ilk yıl 82.34-551.79 kg/da; ikinci yıl ise 538.58-1508.48 kg/da olarak belirlemiştir.

Tablo 1. Türkiye’nin farklı illerinde *Salvia officinalis* türü ile yürütülen çalışmalara ait sonuçlar

Çalışmacı	Lokasyon	Yeşil herba Verimi (kg/da)	Drog Herba Verimi (kg/da)	Drog Yaprak verimi (kg/da)	Ucucu yağ oranı (%)	α -thujon (%)	β -thujon (%)	1.8-sineol (%)	α -pinene (%)	β -pinene (%)
Koç, 2000	Tokat-Kazova	1569.1-3598.2	361.72-734.85	260.62-447.03	0.88-1.21	19.86-33.12		9.36-13.94		
Koç, 2006	Ankara	94.28-103.8 (g/b ⁻¹)	25.22-26.88 (g/b ⁻¹)		0.35-0.93					
İpek, 2007	Ankara	2463.9-2244.3	783.2-739.7	476.9-493.8	1.46-1.60					
Ekren ve ark., 2007*	İzmir-Bornova	1.y: 328.7-709.1 2.y: 2127.6-5004.2	1.y: 86.5-158.2 2.y: 712.7-1494.7	1.y: 75.5-132.9 2.y: 527.4-1072.9	1.y: 1.15-1.27 2.y: 1.40-1.69	1.y: ----- 2.y: 12.64-39.29		1.y: ----- 2.y: 3.2-12.35	1.y: ----- 2.y: 0.92-3.76	1.y: ----- 2.y: 1.05-5.54
Şenkal ve ark., 2012	Bolu-Mudurnu	1.y: 445.83 2.y: 569.57 3.y: 1663.98	1.y: 147.44 2.y: 167.57 3.y: 812.42	1.y: 43.43 2.y: 120.52 3.y: 339.70						
Sönmez, 2015	İzmir-Bornova	1.y: 1180.0-1276.6 2.y: 2481.4-3300.1 3.y: 2193.7-2903.4	1.y: 434.83-479.91 2.y: 719.31-1001.62 3.y: 749.42-1017.56	1.y: 285.32-320.58 2.y: 494.9-685.41 3.y: 559.89-763.14	1.y: 0.83-1.0 2.y: 1.64-1.79 3.y: 1.85-2.01	1.y: 30.00-39.87 2.y: 25.09-34.33 3.y: 14.0-36.17	1.y: 4.14-10.01 2.y: 7.20-12.58 3.y: 3.86-9.01	1.y: 3.48-5.31 2.y: 3.71-9.48 3.y: 0.69-6.4	1.y: ----- 2.y: 0.98-1.07 3.y: 0.34-1.34	1.y: 1.02-2.7 2.y: 1.01-3.22 3.y: 0.7-4.48
Karakuş ve ark., 2017	Isparta			26.4-638.0	0.60-2.53	0.8-53.2	0.7-54.7	1.0-30.5		
Başıyigit ve Baydar, 2017	Isparta	500.0- 961.0	223.4- 556.6	129.6- 367.2	0.83- 3.33	15.72- 26.26	4.51- 27.67	11.93- 31.87	1.85-6.63	
Katar ve ark., 2018	Eskişehir				1.0-2.0	23.09-47.24		4.10-6.30	1.45-4.91	2.16-3.89
Tuğlu ve Baydar, 2019	Isparta	701-1285.7	176.1-368.8	89-202.3	0.9-1.72	1.85-31.01	3.99-17.51	16.48-33.86	3.6-5.4	
Özkeskin, 2019	Tokat-Kazova	733.4-1562.2	184.1-533.7	110.7-202.6	0.14-0.19	27.4-33.2	4.6-7.3	9.29-14.74	2.6-8.39	1.18-1.91
Karayel, 2019	Kütahya				1.y: 2.08 2.y: 2.23	1.y: 31.82 2.y: 33.46	1.y: 8.55 2.y: 6.68	1.y: 14.39 2.y: 17.32	1.y: 5.97 2.y: 4.36	1.y: 2.42 2.y: 3.20
Yurdcu, 2019	Çankırı	25.33-76.0 (g/b ⁻¹)	8.00-22.67 (g/b ⁻¹)	4.33-12.33 (g/b ⁻¹)	1.18-1.96					

Tablo 2. Türkiye'nin farklı illerinde *Salvia fruticosa* türü ile yürütülen çalışmalara ait sonuçlar

Çalışmacı	Lokasyon	Yeşil herba Verimi (kg/da)	Drog Herba verimi (kg/da)	Drog Yaprak verimi (kg/da)	Ucucu yağ oranı (%)	α -thujon (%)	β -thujon (%)	1.8-sineol (%)	α -pinene (%)	β -pinene (%)
Bayram ve ark., 1999	İzmir-Bornova	1.y: 1028.8-2055.57 2.y: 2870.3-6558.6	1.y: 475.4-871.0 2.y: 666.67-2058.73	1.y: 332.13-541.6 2.y: 585.87-1270.03	1.y: 3.55-5.28 2.y: 1.03-5.4					
Schulz ve ark., (2005)	Türkiye-belirtilmemiş							47.2		
Karık, 2013	Tekirdağ	1.y: 2743.47-4533.7 2.y: 1140.6-5372.85	1.y: 862.84-1494.86 2.y: 369.82-1460.65	1.y: 439.86-691.62 2.y: 167.74-655.73	1.y: 3.26-4.34 2.y: 2.53-3.88	1.y: 0.9-2.6 2.y: 0.3-2.2	1.y: 0.6-2.5 2.y: 0.4-2.2	1.y: 24.5-35.8 2.y: 23.2-37.3	1.y: 4.4-5.5 2.y: 3.1-6.2	1.y: 6.1-7.3 2.y: 3.7-8.7
Karık, 2015	Antalya, Muğla, Aydın, İzmir	2545.5-4234.4 (g/b ⁻¹)	732-1423.2 (g/b ⁻¹)	257-587.6 (g/b ⁻¹)	2.6-4.3			20.7-46.9		5.3-11.3
Karayel ve Akçura, 2016	1. Kütahya 2. Balıkesir 3. Çanakkale				1. 1.93 2. 2.72 3. 4.10	1. 1.48 2. 5.38 3. 2.42	1. 2.57 2. 3.47 3. 1.43	1. 56.05 2. 33.36 3. 49.60	1. 7.64 2. 7.53 3. 5.45	1. 3.57 2. 4.82 3. 3.41
Katar ve ark., 2019	Eskişehir	1210.7-3298.25		153.44-348.63	2.20-2.92					
Elmas, 2019	Muğla	1.y: 14.3-133.3 2.y: 17.7-95.3 (g/b ⁻¹)	1.y: 8.47-22.2 2.y: 7.27-22.7 (g/b ⁻¹)	1.y: 4.37-16.17 2.y: 4.07-13.83 (g/b ⁻¹)	1.y: 0.43-3.85 2.y: 0.2-4.18	1.y: 0-4.3 2.y: 0-5.38		1.y: 30.07-67.12 2.y: 19.16-63.1	1.y: 2.91-28.56 2.y: 1.1-32.36	1.y: 0-14.15 2.y: 2.25-21.48
Yılmaz, 2019	Aydın	1146.86-2880.7	422.28-1068.71	243.66-516.09	2.17-3.22					
Turhan, 2020 (s. ş. *)	Çanakkale	1.y: 395.27-1892.86 2.y: 442.86-1275.0	1.y: 115.3-628.76 2.y: 111.73-664.12	1.y: 351.1-486.05 2.y: 318.3-598.39	1.y: 1.87-2.95 2.y: 1.03-3.15					
Turhan, 2020 (k. ş. **)	Çanakkale	1.y: 125.0-551.79 2.y: 687.5-2185.71	1.y: 35.18-204.28 2.y: 153.11-802.16	1.y: 99.90-251.64 2.y: 484.1-858.43	1.y: 1.53-3.05 2.y: 1.48-3.08					

*sulu şartlarda, **kuru şartlarda

Ülkemizde doğal olarak yetişen veya yetiştiriciliği yapılmış *Salvia tomentosa* ile yürütülen çalışmalar ise Tablo 3’te verilmiştir. Literatürde bu türün verimiyle ilgili parametreler oldukça azdır, yapılan çalışmalar ise genellikle uçucu yağ oranı ve içeriğini belirlemeye yönelik çalışmalardır. Şenkal ve ark., (2012), Bolu-Mudurnu ekolojik şartlarında yetiştirdikleri *Salvia tomentosa*’da yeşil herba verimini ilk yıl 132.41 kg/da, ikinci yıl 426.78 kg/da ve üçüncü yıl 1354.9 kg/da olarak drog herba verimi ise ilk yıl 43.79 kg/da, ikinci yıl 145.62 kg/da ve üçüncü yıl ise 480.59 kg/da olarak belirlemişlerdir. Yeşil yaprak verimlerini sırasıyla 79.45 kg/da, 302.62 kg/da ve 461.09 kg/da; drog yaprak verimlerini ise sırasıyla 21.71 kg/da, 88.63 kg/da ve 212.42 kg/da olarak belirlemişlerdir. *Salvia tomentosa* uçucu yağ içeriklerine bakıldığında Şarer’in (1980) çalışması dışında yapılan diğer çalışmalarda analizlerde α ve β -thujon bileşenlerine rastlanılmamıştır. Şarer, (1980) bu türde α -thujon oranını %3.0 ve β -thujon oranını ise %0.4 olarak tespit etmiştir.

Tablo 3. Türkiye’nin farklı illerinde *Salvia tomentosa* türü ile yürütülen çalışmalara ait sonuçlar.

Çalışmacı	Lokasyon	Ucucu yağ oranı (%)	1.8-sineol (%)	Kafur (%)	α -pinene (%)	β -pinene (%)
Şarer, (1980)	Bolu-Abant	1.30	5.6	8.6	4.0	9.7
Haznedaroğlu ve ark., (2001)	İzmir-Nif Dağı	0.6-1.3	17	0.6		3.7
Başer, (2002)	Türkiye				6-29	5-33
Schulz ve ark., (2005)	Türkiye-belirtilmemiş		23.0	6.0	27.9	
Tepe ve ark., (2005)	Osmaniye-Düziçi		1.1	9.7	10.9	39.7
Ay, (2005)	Antalya	0.07-2.1			3.1-4.6	4.30-7.10
Bağcı ve Koçak, (2008)	Elazığ	0.3			33.7	6.8
Aşkun ve ark., (2010)	Balıkesir-Kazdağı	1.0	7.0	14.9	25.1	1.6
Şenkal ve ark., (2012)	Bolu-Mudurnu					
Ulukanlı ve ark., (2013)	Osmaniye-Zorkun Yaylası	0.31	0.48	2.08	5.73	37.28
Karık ve ark., (2013)	Yalova, Bursa, Çanakkale, Balıkesir	0.7-3.5		1.5-40.9	1.8-38.9	1.9-35.8

3.6. Ekstraksiyon

Adaçayı yapraklarının genellikle kurutulmuş toprak üstü kısımlarından hidrodistilasyon veya buhar damıtma ile oda sıcaklığında sıvı olan, keskin kokulu, renksiz veya sarı renkli, oranı/verimi türüne göre değişen uçucu yağ elde edilmektedir. Elde edilen uçucu yağ, aromaterapi, parfümeri, kozmetik ve geleneksel halk hekimliğinde kullanılır (Bayram ve Sönmez, 2006). Adaçayı yağı elde etmede geleneksel yöntemlere kıyasla mikrodalga, ultrason destekli ekstraksiyon yöntemleri ve katı-faz mikroeekstraksiyonu gibi modern yöntemlerin avantaj ve dezavantajları araştırılmıştır (Koşar ve ark., 2005; Baj ve ark., 2013; Yağcıoğlu, 2015). Buna göre Anadolu adaçayı ile yürütülen

çalışmada mikrodalga destekli ekstraksiyon ile uçucu yağ verimlerinin ve 1,8 sineol içeriklerinin normal hidrodistilasyona göre daha yüksek olduğu (Koşar ve ark., 2005), tıbbi adaçayı ile yürütülen çalışmada ise mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminin en verimli yöntem olduğu, bunu ultrason destekli ekstraksiyon ile klasik çözücü ekstraksiyonun takip ettiği bildirilmiştir. Ayrıca mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminin hem daha kısa süreli olduğu hem de yüksek antioksidan kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir (Yağcıoğlu, 2015). Tıbbi adaçayı ile yürütülen başka bir çalışmada ise hidrodistilasyon ve katı-faz mikro ekstraksiyonu ile elde edilen uçucu yağda aynı bileşiklerin olduğu, ancak bu bileşenlerin nispi yüzde bileşiminin farklı olduğu belirtilmiş, özellikle ekstraksiyonda sürenin uzatılması ile uçucu yağ bileşimindeki monoterpenoidlerin azaldığı sesqui ve diterpenoidlerin ise arttığı belirlenmiştir (Baj ve ark., 2013).

Adaçayı yağları halen yaygın olarak hidrodistilasyon veya buhar damıtma gibi geleneksel yöntemlerle elde edilse de modern yöntemler, nispeten daha kısa sürede uçucu yağların üretimi için etkili bir yöntem gibi görünmektedir. Ancak uygulanacak ekstraksiyon yöntemi ve süresi ile birlikte uçucu yağın fenolik bileşenlerinde ve antioksidan özelliklerinde meydana gelecek değişimlerin incelenmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

3.7. Hastalık ve Zararlıları

Adaçayı yetiştiriciliğinde yüksek taban suyuna sahip ve geçirimsiz topraklarda bitki kökünün iyi havalanmamasına bağlı olarak toprak kökenli bazı fungal patojenlerin fideliklerde ürün kaybına neden olacak şekilde hastalık oluşturduğu belirtilmiştir (Bayram, 2001; Karık, 2013). Literatürde adaçayında mildiyö, çökerten, kök çürüklüğü, antraknoz, külleme, beyaz çürüklük hastalıklarına neden olan bir dizi fungusun (*Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum dematium*, *Ascochyta sclarea*, *Erysiphe cichoracearum*, *Peronospora lamii*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora cryptogea*, *Phomopsis sclarea*, *Phodosphaera inequalis*, *Erysiphe polygoni*, *Sclerotinia sclerotiorum*) adaçayında ekonomik kayıplara neden olduğu bildirilmektedir. *Fusarium* türlerinin (özellikle *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium culmorum*) adaçayında kök çürüklüğü ve solgunluk oluşturduğu, *Alternaria alternata* türlerinin yapraklarda nekrotik semptomlara ve *Ascochyta sclarea* türlerinin antraknoza neden olduğu bildirilmektedir (Çakır ve ark., 2016; Zimowska, 2008).

Ülkemizde adaçayı yetiştiriciliğinde karşılaşılan hastalıklar ve tedavileri ilgili çalışmalar nadirdir. *Salvia fruticosa*’da hem verim ve kalitenin artırılması hem de hastalıklardan kaynaklanan verim kayıplarının azaltılabilmesi için *Trichoderma harzianum* Rifai KRL–AG2 biyolojik ajanının toprak kaynaklı hastalıkları (*Fusarium* spp.) baskılamada ümitvar bir sonuç verdiği ifade edilmiştir (Polat ve Tınmaz, 2014).

Adaçayı üretimini sınırlayan temel faktörlerden biri de bu bitki ile beslenen zararlılardır. Bornova ve Menemen ekolojik koşullarında yetiştirilen *Salvia officinalis*’te *Eucarazzia elegans*’ın (yaprakbiti) ilkbahar döneminde %9.5 zarar oranı ile bir önceki yıldan kalan yaşlı yapraklar üzerinde beslendiği, yaz başında %1.1 zarar oranı ile genç yapraklara ve çiçeklere göç ettiği saptanmıştır. Yaprakbitlerinin, adaçayında 8-10 haftadan fazla beslenmesinin %50’den fazla ürün kaybına neden olduğu belirlenmiştir (Zarkani ve ark., 2017). Bir başka çalışmada *Salvia officinalis* üzerinde 31 farklı familyaya ait 51 böcek türü olduğu, ayrıca 23 predatör ve 6 parazitoitin bu bitkide doğal düşman türü olduğu belirlenmiştir (Hazairin, 2018). Her iki çalışmada da *Salvia officinalis*’te yaprakbiti zararının uçucu yağ miktarı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ancak uçucu yağ bileşenlerinin bazılarında büyük ölçüde değişime uğrattığı bildirilmiştir (Zarkani ve ark., 2017; Hazairin, 2018).

3.8. Kalite ve Muhafaza

İç ve dış pazarda geniş kullanım alanına sahip olan tıbbi ve aromatik bitkilerde kalite söz konusu olduğunda bilinmesi gereken bazı hususlar vardır. Bunlar arasında bitkinin botanik ismi, menşei ülkesi veya bölgesi, biçim zamanı, duyu testleri, yabancı madde testleri, makroskopik testler ile kimyasal ve kromotografik analizler bulunmaktadır. Ayrıca kemirgen ve böcek bulaşıklığı, nem içeriği, kül oranı, pestisit, radyoaktivite ve mikroskopik kirlenmeye dair testler de yapılmalıdır. Bitkilerin mikrobiyolojik kalitesini yetiştigi/yetiştirildiği bölge, kurutma koşulları, işleme sonrası çevresel, iklimsel ve antropojenik koşullar ile taşıma, depolanma, paketlenme koşulları belirler. Bitkilerdeki mikroskopik kirlenmeyi tespit etmek, bitki içeriğindeki patojen organizmaların, bakterilerin, mikotoksinlerin ve mikrobik toksinlerin oluşturduğu mikroorganizma yükünü belirlemek açısından önemlidir. Bu nedenle çeşitli kullanım alanlarına sahip bitkisel ürünlerde mikroorganizma içeriği, iyi ve hijyenik üretimin, başka bir deyişle kalite ve güvenliğin bir belirteci olarak kabul edilebilir (Bayram ve ark., 2010; Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011). Adaçayının mikrobiyolojik kalitesinin belirlendiği bir çalışmada açık,

yarı açık ve kapalı ambalajlarda satışa sunulan 12 farklı adaçayı örneğinde, %83.33 toplam mezofilik aerobik bakteri, %75 *Enterobacteriaceae*, %75 koliform, %16.6 *Staphylococcus* & *Micrococcus* spp., %100 küf-maya ve %16.6 sülfid indirgeyen anaerob bakteri tespit edilmiştir. Araştırmacılar perakende satışa sunulan adaçayının mikrobiyolojik kalitesinin yetersiz olduğunu ve bunların *Escherichia coli* ve *Salmonella* spp. gibi patojenlerle kontamine olabileceğini belirtmişlerdir (Vural ve ark., 2020).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımında birtakım kontaminasyonlar dışında tehdit oluşturabilecek diğer bir sorun pestisidlerin, endüstri ve evsel atıkların oluşturduğu ağır metal kirliliğidir. Bitkiler, suda ve toprakta biriken ağır metalleri kökler vasıtasıyla bünyelerine almasıyla, yapay veya doğal gübrelerin yapısında bulunan bileşiklerin yağmur veya sulama ile toprağa karışması sonucu veya antropojenik olan ağır metal kirliliğine maruz kalabilir. Bu nedenle yaygın kullanıma sahip bitkilerin ağır metaller bakımından incelenmesi, bunların güvenilir sınırlar dahilinde olup olmadıklarının belirlenmesi olası toksik etkilerin önüne geçebilir (Alkaya ve ark., 2015). Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalarda, aktarlarda satılan adaçayı örneklerinde (*Salvia fruticosa* L., *Salvia officinalis* L. ve *Sideritis condensata* Boiss. & Heldr.) farklı miktarlarda bor, kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum mineral besin elementleri ile bakır, çinko, demir, kadmiyum, kurşun, krom, mangan, nikel ağır metalleri tespit edilmiştir. Araştırmacılar, bu ağır metallerin sağlık açısından toksik etki oluşturmayacak miktarlarda, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü yönetmeliğinin belirlediği sınırlar içinde olduklarını belirtmişlerdir (Turan, 2014; Alkaya ve ark., 2015).

Alternatif tıpta pek çok hastalığın tedavisinde yararlanılan tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanılmasında analizleri yapılmış, içeriği belli, kaliteli olan türler tercih edilmelidir. ISO 11165 (1995) standartlarına göre adaçayı yapraklarında en az %1.5 uçucu yağ ve ISO 9909 (1997) standartlarına göre, tıbbi adaçayı uçucu yağında α -thujon %18.0-43.0, (α/β -thujonlar ($>\%50$), β -thujon %3.0-8.5, kafur %4.5-24.5, 1,8-sineol %5.5-13.0, kamfen %1.5-7.0, limonen %0.5-3.0, α -humulen $< \%12.0$, α -pinen %1.0-6.5, bornil asetat $< \%2.5$ ve linalol+linalil asetat $< \%1.0$ değerlerinde olması gerekmektedir (Karakuş ve ark., 2017). Ancak adaçayı içindeki minimum polifenol içeriği için standart resmi bir kriter yoktur. Bu nedenle hem ülkemizdeki hem de uluslararası veri tabanlarında adaçayının da içinde bulunduğu birçok tıbbi ve aromatik bitki için belli standartlara dayandırılmış resmi kriterlerin olması, standart ticaret sınıflaması kodlarının olması ve bunların hukuki düzenlemeler ve denetlemelerle desteklenmesi gereklidir (Acıbuca ve Budak, 2018).

4. Destekler

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 2015 yılından itibaren, dünya piyasalarının ihtiyaç duyduğu nitelik ve miktarda tıbbi ve aromatik bitki yetiştiriciliği için çiftçilere doğrudan destekleme verilmektedir. 05.10.2020 tarih ve 31295 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan ‘2020 Yılında Yapılacak Tarımsal Desteklemelere İlişkin Karar’da tıbbi ve aromatik bitki yetiştiriciliği için bitkisel üretim yapan küçük aile işletmesi desteği dekar başına 100 TL; iyi tarım uygulamaları kapsamında bireysel sertifikasyona dekar başına 100 TL, grup sertifikasına dekar başına 50 TL, mazot desteği 15 TL/da, gübre desteği 4 TL/da, katı organik-organomineral gübre desteği 10 TL/da olarak, organik tarım kapsamında ise üçüncü kategoride yer alan adaçayı için 30 TL/da, ayrıca toprak analizi desteği (TL/numune) ise 40 TL destek verilmektedir.

5. Ticari Önemi

Türkiye, üç farklı floristik bölgenin kesişim noktasında bulunması, farklı topografik ve iklimsel özelliklere sahip olması sayesinde tıbbi ve aromatik bitkiler bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan çok sayıda ülkeye eczacılık, gıda ve katkı maddeleri, kozmetik ve parfümeri gibi pek çok alanda kullanılmak üzere ihraç edilen tıbbi ve aromatik bitkilerin önemli bir kısmı ülkemiz florasından karşılanmaktadır (Bayram ve ark., 2010). Bu bitkiler arasında kekik, defne, kimyon, haşhaş, anason, rezene, mahlep, biberiye ve adaçayı bulunmaktadır. Son yıllarda yetiştiriciliği yapılan adaçayı, üreticiler açısından getirisi yüksek karlı bir tarım ürünü olarak dikkat çekmektedir. Adaçayının drog herbası ve uçucu yağına, kullanım alanları itibariyle, dünyadaki talep giderek artmakta, bu da bitkinin tarımını önemli hale getirmektedir. Ülkemizde adaçayı ihracatının büyük bir kısmını doğadan yoğun bir şekilde toplanan *Salvia fruticosa* ve *Salvia tomentosa* türleri oluşturmakta olup, *Salvia cryptantha*, *Salvia multicaulis*, *Salvia sclarea*’nın da ticaretinin yapıldığı belirtilmiştir (İpek ve Gürbüz, 2010; Tıbbi Adaçayı Yaygınlaştırma Raporu, 2018). Ayrıca *Salvia* cinsi dışında *Sideritis* L. (*Sideritis congesta*, *Sideritis caesarea*, *Sideritis scardica*, *Sideritis pisidica*, *Sideritis arguta*, *Sideritis leptoclada*, *Sideritis condensata*, *Sideritis trojana*, *Sideritis athoa*, *Sideritis dichotoma*, *Sideritis perfoliata* ve *Sideritis libanotica*) ve *Stachys* L. (*Stachys rupestris*, *Stachys obliqua*) cinslerine ait bazı türler de adaçayı olarak kullanılmaktadır (Duru ve ark., 1994; Yılmaz ve Güvenç, 2007). Ancak doğadan toplamada standart ürün eldesi pek mümkün

değildir ve artan toplama baskısı adaçayı popülasyonlarına ciddi zarar vermekte, biyolojik çeşitliliği riske atmaktadır (İpek ve Gürbüz, 2010; Karık, 2013). Bu nedenle son yıllarda ülkemizin farklı illerinde, tüketici ve sanayicinin artan taleplerini karşılamak amacıyla standartlara uygun olarak belirli ölçüde adaçayı yetiştiriciliği yapılmaktadır. Tablo 4’te ülkemizde 2012-2019 yılları arasında illere göre ekilen alan (da), verim (kg/da) ve üretim miktarları (ton) verilmiştir. Bu yıllar arasında kültürü yapılan adaçayında toplam ekilen alan (da) açısından Denizli, Kütahya, Antalya ve Tekirdağ illerinin; toplam verim (kg/da) açısından Karaman, Antalya, Muğla ve Kütahya illerinin, toplam üretim miktarı (ton) açısından ise Denizli, Antalya ve Kütahya illerinin diğerlerine göre daha yüksek değerlere ulaştığı söylenebilir (TÜİK, 2021). Ancak bu verilerde yetiştiriciliği yapılan ürün sadece ‘adaçayı’ olarak ifade edilmiş, hangi türe ait olduğu belirtilmemiştir.

Tablo 4. 2012-2019 yılları arası adaçayı yetiştiriciliği yapılan illere ait ekilen alan, verim ve üretim miktarı verileri

	İller	Adana	Antalya	Denizli	Düzce	Eskişehir	Karaman	Kayseri	Kütahya	Manisa	Muğla	Tekirdağ	Uşak	İzmir
Ekilen Alan (da)	2012						54							
	2013						30							
	2014						30				100			
	2015			50			31		355		100			
	2016		5	2735		5	35		641		114	140		6
	2017	85	5	2781		5	30	3	645	185	118	240	20	6
	2018	85	5	2611		5	27	3	491	185	203	310	20	6
	2019	10	2556	1637	45	5	23	3	541	185	209	362	20	6
	Toplam	180	2571	9814	45	20	260	9	2673	555	844	1052	60	24
Verim (kg/da)	2012						130							
	2013						133							
	2014						133				150			
	2015			160			129		149		150			
	2016		200	101		200	143		152		149	100		167
	2017	153	200	98		200	133	0	281	151	144	150	100	167
	2018	153	200	94		200	148	0	126	151	138	135	100	167
	2019	400	345	96	111	200	130	0	129	151	139	138	100	167
	Toplam	706	945	549	111	800	1079	0	837	453	870	523	300	668
Üretim Miktarı (Ton)	2012						7							
	2013						4							
	2014						4				15			
	2015			8			4		53		15			
	2016		1	275		1	5		97		17	14		1
	2017	13	1	273		1	4	0	181	28	17	36	2	1
	2018	13	1	246		1	4	0	62	28	28	42	2	1
	2019	4	883	157	5	1	3	0	70	28	29	50	2	1
	Toplam	30	886	959	5	4	35	0	463	84	121	142	6	4

Tablo 5’te ülkemizde doğal olarak yetişen ve tarımı yapılan adaçayının yıllara göre ihracat miktarı ve değerleri verilmiştir. 2010-2020 yılları arasında, ABD, Almanya, Fransa, İtalya, İspanya’nın da bulunduğu toplam 65 ülkeye adaçayı ihracatı yapılmıştır. Ülkemizin 2016-2020 yılları arasındaki ortalama yıllık adaçayı ihracatı yaklaşık 2100 ton civarındadır. 2020 yılında *Salvia officinalis* ihracatında 1610 kg ile Almanya ilk sırada yer alırken, *Salvia officinalis* dışı adaçayı ihracatında 1255 ton ile Ege Serbest Bölgesi ilk sırada yer almış, toplam 2.176.139 kg ile 8.155.50 dolar döviz girdisi elde edilmiştir. Tablo 5 incelendiğinde doğadan toplanan adaçayının yetiştirilen adaçayının yaklaşık 180 katı olduğu göze çarpmaktadır. Ancak doğadan toplanan adaçayına ait tam kayıtlar bulunmamakta, dolayısıyla iç tüketimle ne kadar tüketildiği bilinmemektedir. Bu nedenle doğadan toplanan adaçayının, tarımı yapılandan çok daha fazla olduğu açıktır.

Tablo 5. 2016-2020 yıllarına ait adaçayı ihracat (\$, kg) değerleri

Yıllar	2016		2017		2018		2019		2020	
Tür	İhracat Değerleri (\$)	İhracat Miktarları (kg)	İhracat Değerleri (\$)	İhracat Miktarları (kg)	İhracat Değerleri (\$)	İhracat Miktarları (kg)	İhracat Değerleri (\$)	İhracat Miktarları (kg)	İhracat Değerleri (\$)	İhracat Miktarları (kg)
<i>Salvia officinalis</i>	569.19	73.107	327.987	63.508	214.091	28.329	119.559	6.936	210.871	12.008
<i>S. officinalis</i> harici	7.081.905	1.997.905	6.729.430	1.843.946	6.967.544	1.932.902	8.561.004	2.310.413	7.944.632	2.164.131
Yıl Toplamı	7.651.095	2.071.012	7.057.417	1.907.454	7.181.635	1.961.231	8.680.563	2.317.349	8.155.503	2.176.139*

Ülkemiz adaçayının dünya çapında önemli bir ihracatçısı olmakla beraber aynı zamanda önemli bir ithalatçısıdır. Özellikle Avrupa ülkelerinin artan adaçayı talebini karşılamak amacıyla yeniden ihraç edilmek üzere Arnavutluk, Lübnan gibi ülkelere adaçayı ithalatı yapılmaktadır (Keykubat, 2016). Tablo 6 incelendiğinde sadece 2019 yılında yapılan *Salvia officinalis*’in 106 kg ithalatı yapılırken, 2020 yılında ise *Salvia officinalis* dışı 1.171.152 kg adaçayı ithalatı yapılmıştır.

Tablo 6. 2016-2020 yıllarına ait adaçayı ithalat (\$, kg) değerleri

Yıllar	2016		2017		2018		2019		2020	
Tür	İthalat Değerleri (\$)	İthalat Miktarları (kg)	İthalat Değerleri (\$)	İthalat Miktarları (kg)	İthalat Değerleri (\$)	İthalat Miktarları (kg)	İthalat Değerleri (\$)	İthalat Miktarları (kg)	İthalat Değerleri (\$)	İthalat Miktarları (kg)
<i>Salvia officinalis</i>	0	0	0	0	0	0	408	106	0*	0*
<i>S. officinalis</i> harici	3.008.811	1.446.138	1.823.828	942.41	1.620.684	743.98	2.645.909	1.073.040	3.103.944	1.171.152
Yıl Toplamı	3.008.811	1.446.138	1.823.828	942.41	1.620.684	743.98	2.646.317	1.073.146	3.103.944	1.171.152

Türkiye'nin önemli dış satım ürünlerinden biri olan adaçayının, hem herba olarak hem de uçucu yağ olarak ayrı ayrı gümrük tarife pozisyonu altında ticareti yapılmaktadır. Tablo 7'de 2016-2020 yılları arasında adaçayı ihracatının yapıldığı ülkelere ait miktar ve tutarlar sunulmuştur. Buna göre 2020 yılında 20.733 kg ile İspanya ilk sırada yer almış, toplam 27.396 kg terpeni alınmamış adaçayı yağı karşılığı 173.504 dolar döviz girdisi elde edilmiştir. 2019 ve 2020 yıllarında adaçayı yağı ihracatının ivme kazandığı görülmekte olup, son beş yılın ortalama adaçayı yağı ihracatı yaklaşık 11.3 ton civarındadır. 2020 yılı ihracatında bir önceki yıla oranla yaklaşık %48 oranında artış görülmektedir.

Tablo 7. 2016-2020 yıllarına ait adaçayı yağı ihracat (\$, kg) değerleri

Ülkeler/Yıllar	2016		2017		2018		2019		2020	
	Dolar (\$)	kg	Dolar (\$)	Kg	Dolar (\$)	kg	Dolar (\$)	kg	Dolar (\$)	kg
ABD	93.547	450	0	0	0	0	0	0	154.832	800
Almanya	0	0	114	4	0	0	0	0	558	760
Azerbaycan	130	11	0	0	0	0	0	0	0	0
BAE	0	0	2796	100	0	0	0	0	0	0
Belarus	0	0	110	313	0	0	0	0	0	0
Bulgaristan	0	0	0	0	5559	9473	15.555	18.429	1.447	3.148
Hong Kong	0	0	0	0	442	3	0	0	0	0
İspanya	0	0	0	0	0	0	0	0	15.231	20.733
Kanada	0	0	0	0	0	0	0	0	108	147
Mersin S.B.	1.587	11	0	0	0	0	0	0	0	0
Nijerya	0	0	0	0	2065	55	0	0	0	0
SuudiArabistan	0	0	0	0	600	5	0	0	0	0
Tayvan	0	0	0	0	117	3	0	0	0	0
Yunanistan	0	0	0	0	0	0	0	0	1.328	1.808
Toplam	95.264	472	3.02	417	8.783	9.539	15.555	18.429	173.504	27.396

Adaçayı yağının 2016-2020 yılları arasındaki ithalat verileri Tablo 8'de sunulmuştur. Buna göre son beş yılın ortalama adaçayı yağı ithalatı ise yaklaşık 645 kg'dır. Adaçayı yağında ortalama ihracat değeri ithalat değerinin iki katına yakındır. 2020 yılında ithalatı bir önceki yıla göre yaklaşık %58 artış göstermiştir (TÜİK, 2021).

Tablo 8. 2016-2019 yıllarına ait adaçayı yağı ithalat (\$, kg) değerleri

Ülkeler/Yıllar	2016		2017		2018		2019		2020	
	Dolar (\$)	kg	Dolar (\$)	kg	Dolar (\$)	Kg	Dolar (\$)	Kg	Dolar (\$)	kg
ABD	0	0	0	0	0	0	117	1	103	1
Almanya	0	0	0	0	5.9	50	0	0	0	0
Arnavutluk	0	0	135	1	0	0	3.124	50	0	0
Avustralya	0	0	0	0	600	5	0	0	0	0
Avusturya	0	0	0	0	41.197	402	11.039	95	1.391	20
Bosna Hersek	0	0	0	0	0	0	122	1	0	0
Çin	126	1	0	0	6.991	25	10.174	50	4.927	25
Fransa	22.187	82	56.482	227	0	0	1.28	3	26.807	132
Hindistan	0	0	0	0	4.368	105	373	5	7.338	202
İngiltere	0	0	0	0	0	0	5200	40	0	0
İspanya	27.02	105	67.157	261	27.29	393	15.511	351	11.886	251
İtalya	1.928	25	0	0	0	0	0	0	0	0
Macaristan	0	0	0	0	0	0	0	0	3.263	50
Paraguay	0	0	0	0	0	0	0	0	16.159	200
Rusya	12.914	50	12.287	50	0	0	783	5	643	5
Toplam	64.175	263	136.061	539	86.346	980	42.523	561	72.517	886

6. Sonuçlar ve Öneriler

Türkiye’nin üç önemli floristik bölgenin kesişim noktasında bulunması, farklı ekolojik koşullara, iklimsel özelliklere ve geniş yüzölçümüne sahip olması, florada biyolojik çeşitlilik açısından zenginlik sağlamıştır (Bayram ve ark., 2010). Yakın Doğu ve Akdeniz gen merkezlerinin kesiştiği noktada yer alan ülkemiz, doğada yetişen ve kültürü yapılan tıbbi ve aromatik bitkiler açısından önemli bir ticari potansiyele sahiptir (Altındal ve Akgün, 2015). Bu tıbbi ve aromatik bitkiler içerisinde, yıllara göre farklı miktarlarda adaçayı bitkisi ve yağı iki ayrı gümrük tarifesi altında farklı ülkelere ihraç edilmektedir. Son yıllarda ülkemizin birçok il ve ilçesinde adaçayı yetiştiriciliği yapılmaktadır ancak veriler incelendiğinde doğadan toplanan adaçayı miktarının üretimi yapılandan çok daha fazla olduğu görülmektedir. Türkiye’nin sahip olduğu tarımsal potansiyel göz önüne alınırsa adaçayı üretimi ve ticaretinin henüz istenilen seviyelerde yapılmadığı söylenebilir. Dış ticaret verilerinde, ihracatı yapılan adaçayının aynı zamanda ithalatının da yapıldığı görülmektedir. Bu durum sektördeki aracı ve firmaların tercihleri olabilmekle beraber, ülkemizde adaçayının işlenmesi, standardizasyon, tasnifleme ve satışa hazır hale getirilmesi gibi faaliyetlerin henüz istenen düzeyde olmaması nedeniyle gerçekleşmektedir (Bağdat, 2006).

İç ve dış ticaretimizde önemli bir yeri olan adaçayı, TÜİK veri sisteminde ‘*Salvia officinalis*; küçük paketler içerisinde bitkisel çay olarak kullanılanlar ve *Salvia officinalis*; küçük paketler içerisinde bitkisel çay olarak kullanılanlar hariç’ olmak üzere iki ayrı fasılda yer almaktadır. Ancak ‘hariç’ olarak belirtilen türlerin isimleri, ürün grupları, toplandığı bölge/lokasyon ve miktarları açık ve net olarak yer almamaktadır. Tüm bunlara ek olarak adaçayının iç tüketimiyle ilgili istatistiki verilerin kaydı bulunmamaktadır, bu nedenle doğadan toplanan veya tarımı yapılan adaçayının iç tüketimle ne kadar tüketildiği bilinmemektedir. Özellikle doğadan toplama sonucu elde edilen adaçayında toplanmanın yapıldığı alanın mutlaka belirtilmesi gereklidir. Toplama alanlarını takip etmek, şiddetli ve kontrolsüz toplanmanın önüne geçilmesinde, habitat kaybı, habitat parçalanması, yabancı ve istilacı türler gibi biyoçeşitliliği etkileyen her türlü faktörün önlenmesinde ve floradaki hasat baskının azaltılmasına katkıda bulunacaktır. Ayrıca *Salvia* cinsine veya diğer cinslere ait adaçayı olarak toplanan türlerde meydana gelebilecek olası bir genetik erozyonun önüne geçebilmek için gen veri tabanı belirlenmeli, gen bankaları kurulmalı ve genetik kaynaklarının korunması için in-situ ve ex-situ alanlar oluşturulmalıdır (Elmas, 2019). Bunlar dışında, ekonomik değeri yüksek olan adaçayı türlerinin ekiminin arttırılması, artan talebi karşılamak ve doğal popülasyonlar üzerindeki hasat baskısını hafifletmek için önemli bir stratejidir.

Sonuç olarak, adaçayının sürdürülebilir şekilde tarımının yapılması ve ticari potansiyelinin en iyi şekilde değerlendirilmesi için, tüketici ve sanayici taleplerini karşılayacak miktarda, standartlara uygun etken madde içeren, yüksek verim ve kalitede ürün veren, ülkemiz ekolojik koşullarına uygun olan çeşitlerle yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması gerekir. Pazarlama perspektifinden bakıldığında adaçayının ıslahı ve yetiştirilmesinin,

1. ürün kontrolünün ve sertifikasyonunun sağlanması ile botanik açıdan güvenilir ürünlerin elde edilmesi,
2. güvenilir sabit hammadde kaynağını sağlayabilmesi,
3. kontrollü hasat sonrası titiz bir şekilde işlenmesi,
4. ürün standartlarının düzenlemelere ve tüketici tercihlerine göre ayarlanması,
5. üretim miktarı ve fiyat konusunda yetiştiriciler ve toptancılar (veya ilaç şirketlerinin şirketleri) arasında iyi bir uyum sağlanması gibi bir dizi avantaj sunar (Laird ve Pierce, 2002; Rao ve ark., 2004).

Bu derlemede önceki araştırmalar referans alınarak, adaçayının iklim ve toprak istekleri, üretim tekniği ve ekimi, bakım ve gübreleme uygulamaları, hasat ve kurutma işlemleri, verim değerleri, ekstraksiyonu, hastalık ve zararlıları, kalite ve muhafazası ile yetiştiricilikte Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından verilen destekler hakkında bilgi verilmiştir. Bu çalışma, ticari öneme sahip doğal yetişen *Salvia tomentosa* Mill. ve *Salvia fruticosa* Mill. türleri ile yetiştiriciliği yapılan *Salvia officinalis* türleri ile ilgili çalışmaları kapsamaktadır. Bu derlemenin, adaçayı ile ilgili yapılacak çalışmalarda hem araştırmacılara ve hem de yetiştiricilere fikir vermesi amaçlanmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Abacıoğlu, E., (2019). *Adaçayı (Salvia officinalis L.) tohumlarında hormon uygulamalarının çimlenme ve fidelik karakterlerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Acıbuca, V., ve Budak, D. B., (2018). Dünya’da ve Türkiye’de tıbbi ve aromatik bitkilerin yeri ve önemi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33 (1): 37-44.
- Alkaya, D. B., Karaderi, S., Erdoğan, G., ve Cücü, A. K., (2015). İstanbul aktarlarında satılan bitkisel çaylarda ağır metal tayini. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 19 (2): 136-140.
- Altındal, D., ve Akgün, İ., (2015). Bitki genetik kaynakları ve tahıllardaki durumu. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12 (1): 147-153.
- Arslan, N., Gürbüz, B., ve Yılmaz, G., (1995). Adaçayı (*Salvia officinalis* L.)’nda tohum tutma oranı ve İndol Butirik Asitin (IBA) gövde çeliklerinin köklenmesine etkileri üzerinde araştırmalar. *Tr. J. of Agriculture and Forestry, TÜBİTAK*, 19: 83-87.
- Aşkun, T., Başer, K. H. C., Tümen, G., ve Kürkçüoğlu, M., (2010). Characterization of essential oils of some *Salvia* species and their antimycobacterial activities. *Turkish Journal of Biology*, 34: 89-95.
- Ay, T. S., (2005). *Antalya florasında yaygın olarak bulunan adaçayı (Salvia spp.), kekik (Thymus, Origanum spp.) türlerinin agronomik ve kalite değerlerinin belirlenmesi*. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Ayanoğlu, F., ve Özkan, C. F., (2000). Change in tissue mineral elemental concentration during root initiation and development of *Salvia officinalis* L. cuttings and IBA effects. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24 (6): 677-682.
- Aydın, D., Katar, N., Katar, D., ve Olgun, M., (2019). Farklı kurutma sıcaklıklarının Anadolu adaçayının (*Salvia fruticosa* Mill.= *Salvia triloba* L.) uçucu yağ oranı ve bileşenleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5 (1):103-109.
- Aziz, E.E., Sabry, R.M., and Ahmed, S.S., (2013). Plant growth and essential oil production of sage (*Salvia officinalis* L.) and curly-leafed parsley (*Petroselinum crispum* ssp. *crispum* L.) cultivated under salt stress conditions. *World Applied Sciences Journal*, 28 (6): 785-796.

- Bağcı, E., ve Koçak, A., (2008). *Salvia palaestina* Bentham ve *Salvia tomentosa* Miller türlerinin uçucu yağ kompozisyonu, kemotaksonomik bir yaklaşım. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20: (1) 35-41.
- Bağdat, R. B., (2006). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları, tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.) ve ülkemizde kekik adıyla bilinen türlerin yetiştirme teknikleri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15 (1-2): 19-28.
- Baj, T., Ludwiczuk, A., Sieniawska, E., Skalicka-Woźniak, K., Widelski, J., Zieba, K., ve Głowniak, K., (2013). GC-MS analysis of essential oils from *Salvia officinalis* L.: comparison of extraction methods of the volatile components. *Acta poloniae pharmaceutica*, 70 (1): 35-40.
- Başer, K. H. C., (2002). Aromatic biodiversity among the flowering plant taxa of Turkey. *Pure and Applied Chemistry*, 74 (4): 527-545.
- Başığit, M., ve Baydar, H., (2017). Tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.)'nda farklı hasat zamanlarının uçucu yağ ve fenolik bileşikler ile antioksidan aktivite üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (1): 131-137.
- Baydar, H., (2013). Tıbbi ve aromatik bitkileri bilimi ve teknolojisi (Genişletilmiş 4. Baskı). Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 51, Isparta.
- Bayraktar, Ö. V., Öztürk, G., ve Arslan, D., (2017). Türkiye'de bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin üretimi ve pazarlamasındaki gelişmelerin değerlendirilmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26 (2): 216-229.
- Bayram, E., (2001). Batı Anadolu florasında yetişen Anadolu adaçayı (*Salvia fruticosa* Mill.)'nda uygun tiplerin seleksiyonu üzerinde araştırma. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25: 351-357.
- Bayram, E., Ceylan, A., Geren, H., (1999). Anadolu adaçayı (*Salvia fruticosa* Mill.) ıslahında geliştirilen klonların agronomik ve kalite özellikleri üzerinde araştırma (Cilt II, 212-217). *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi*, Adana.
- Bayram, E., Kırıcı, S., Tansi, S., Yıkılmaz, G., Kızıl, O. A. S., ve Telci, İ., (2010). Tıbbi ve aromatik bitkiler üretiminin artırılması olanakları. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, 11-15.
- Bayram, E., ve Sönmez, Ç., (2006). Adaçayı yetiştiriciliği. *Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, (48), 8.
- Bettaieb, I., Zakhama, N., Wannes, W. A., Kchouk, M., ve Marzouk, B., (2009). Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. *Scientia horticulturae*, 120 (2): 271-275.
- Bourgaud, F., Gravot, A., Milesi, S., ve Gontier, E., (2001). Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Science*, 161 (5): 839-851.
- Ceylan, A., (1996). Tıbbi bitkiler-II (Uçucu Yağ Bitkileri) EÜ ZF Yayınları No: 481. *Bornova, İzmir*, 225-240.
- Ceylan, A., Kaya, N., ve Çelik, N., (1990). Tıbbi adaçayının (*Salvia officinalis* L.) kültürü üzerinde araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (1): 127-142.
- Ceylan, A., Yurtsever, M., ve Ozonsoy, Y., (1979). *Salvia officinalis* L.'nin agronomik ve teknolojik özelliklerine azotlu gübrelemenin etkisi üzerinde araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (3): 83-95.
- Çakır, E., Bağdat, B. R., ve Çınar, O., (2016). Tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.) yetiştiriciliğinde sorun olan fungal hastalık etmenleri (76). *III. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu Bildirileri*, Antalya.
- Çamlıca, M., Yaldız, G., Özen, F., Başol, A., ve Aşkın, H., (2019). Effects of selenium applications on salt stress in sage and mountain tea. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7 (sp2): 29-35.
- Dinçer, C., (2007). *Bazı adaçayı (Salvia spp.) ve dağ çayı (Sideritis spp.) türlerinin kimyasal ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

- Dumanoglu, Z., ve Mokhtarzadeh, S., (2020). Türkiye’de kültürü yapılan *Salvia* türlerine (*Salvia hispanica* L., *Salvia tomentosa* L. ve *Salvia verticillata* L.) ait tohumların bazı fiziksel özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7 (3): 596-602.
- Duru, M. E., Güvenalp, Z., Harmandar, M., ve Hırata, T., (1994) *Stachys Obliqua*’nın toprak üstü kısımlarından elde edilen uçucu yağların kimyasal bileşiminin analizi.
- Ekren, S., Sönmez, Ç., Sancaktaroğlu, S., ve Bayram, E., (2007). Farklı biçim yüksekliklerinin adaçayı (*Salvia officinalis* L.) genotiplerinde agronomik ve teknolojik özelliklere etkisinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44 (1): 55-70.
- Elmas, S., (2019). Muğla yöresinde doğal yayılış gösteren *Salvia fruticosa* Mill. populasyonlarının morfolojik, kimyasal ve moleküler karakterizasyonunun belirlenmesi. Doktora Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Elmas, S., ve Elmas, O., (2021). *Salvia fruticosa*’nın (Anadolu adaçayı) terapötik etkileri. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 4 (1-2): 114-137.
- Faydaoğlu, E., ve Sürücüoğlu, M. S., (2011). Geçmişten günümüze tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanılması ve ekonomik önemi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11 (1): 52-67.
- Feizi, H., Amirmoradi, S., Abdollahi, F., ve Pour, S.J., (2013). Comparative effects of nanosized and bulk titanium dioxide concentrations on medicinal plant *Salvia officinalis* L. *Annual Review & Research in Biology*. 3(4): 814-824.
- Flórez, M., Martínez, E., ve Carbonell M.V., (2012). Effect of magnetic field treatment on germination of medicinal plants *Salvia officinalis* L. and *Calendula officinalis* L. *Polish Journal of Environmental Studies*, 21: 57-63.
- Gül, S., Çevik, G., Gül, M., ve Özel, N., (2002). Ege Bölgesinde İzmir kekiği (*Origanum onites*) ve adaçayının (*Salvia triloba*) yağ analizlerinden yararlanarak yörelere göre kesim zamanının belirlenmesi. *Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten Serisi* (21).
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., ve Babaç, M., (2012). Türkiye bitkileri listesi. Damarlı bitkiler, *Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını* (s 262).
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F., ve Geneve, Y.R., (1997). *Plant Propagation: Principles and practices*. (6th ed) (pp. 770), Prentice-Hall, Upper Saddle River: New Jersey.
- Hatipoğlu, S. D., (2017). *Bazı Salvia türlerinin sekonder metabolitlerinin analizi, genomik karakterizasyonu ve biyolojik aktivitelerinin incelenmesi*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hazairin, Z. A., (2018). *Adaçayı (Salvia officinalis L.)’nda zararlı böcekler ve doğal düşmanları ile etkileşimleri*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Haznedaroğlu, M. Z., Karabay, N.Ü., Zeybek. U., (2001). Antibacterial activity of *Salvia tomentosa* Mill. essential oil. *Journal of Fitoterapia*, 72: 829-831.
- Hendawy, S., ve Khalid, K. A., (2005). Response of sage (*Salvia officinalis* L.) plants to zinc application under different salinity levels. *J. Appl. Sci. Res*, 1 (2): 147-155.
- İpek, A. ve Gürbüz, B., (2010) Türkiye florasında bulunan *Salvia* türleri ve tehlike durumları, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 19 (1): 30-35.
- İpek, A., (2007). *Tıbbi adaçayı (Salvia officinalis) hatlarında azotlu gübrelemenin herba verimi ve bazı özellikler üzerine etkileri*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- İzci, B., (2020). Tıbbi adaçayı tohumlarına uygulanan farklı hormon ve dozlarının morfolojik özellikler üzerine etkisi. *Erciyes Tarım Ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 3 (1): 1-8.
- Jouyban, Z., (2012). The effects of salt stress on plant growth. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2 (1): 7-10.
- Kaplan, M., Kocabaş, I., Sönmez, I., ve Kalkan, H., (2007). The effects of different organic manure applications on the dry weight and the essential oil quantity of sage (*Salvia fruticosa* Mill.) (pp. 147-152). *In I International Medicinal and Aromatic Plants Conference on Culinary Herbs*, Antalya.

- Kara, N., Baydar, H., ve Erbaş, S., (2011). Farklı çelik alma dönemleri ve IBA dozlarının bazı tıbbi bitkilerin köklenmesi üzerine etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 28 (2):71-81.
- Karaaslan, D., (1994). *Salvia* populasyonlarında farklı azot uygulamalarında drog verimi ve kemotaksonomik araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Karaca, M., Ince, A. G., Ay, S. T., Turgut, K., ve Onus, A. N., (2008). PCR- RFLP and DAMD- PCR genotyping for *Salvia* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88 (14): 2508-2516.
- Karakuş, M., Baydar, H., ve Erbaş, S., (2017). Tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.) populasyonundan geliştirilen klonların verim ve uçucu yağ özellikleri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26: 99-104.
- Karayel, H. B., (2019). *Bazı adaçayı (Salvia spp.) türlerinin verim ve kalite özellikleri bakımından genotip x çevre etkileşimlerinin araştırılması*. Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Karayel, H. B., ve Akçura, M., (2016). Farklı lokasyonlarda yetiştirilen Anadolu adaçayı (*Salvia fruticosa* Mill.)'in uçucu yağ bileşenlerindeki değişimlerin incelenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (13): 13-23.
- Karık, Ü., (2015). Some morphological, yield and quality characteristics of Anatolian sage (*Salvia fruticosa* Mill.) populations in Aegean and West Mediterranean Region. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 12 (2): 32-42.
- Karık, Ü., Sağlam, A. C., ve Kürkçüoğlu, M., (2013). Güney Marmara florasındaki adaçayı (*Salvia tomentosa* Mill.) populasyonlarının bazı morfolojik ve kalite özellikleri. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 23 (2): 9-20.
- Karık, Ü., ve Sağlam, A., (2017). Determination of the yield and quality characteristics of anatolian sage (*Salvia fruticosa* Mill.) populations in Tekirdağ ecological conditions. *Journal of Central Research Institute for Field Crops*, 26 (2): 203-215.
- Karousou, R., Hanlidou, E., ve Kokkini, S., (2000). II. Botany. The sage plants of Greece: distribution and infraspecific variation. Sage. *The Genus Salvia*, 27-53.
- Katar, D., Katar, N., Can, M., (2019). Farklı azot dozlarının Anadolu adaçayı (*Salvia triloba* Mill.)'nda verim ve verim komponentleri üzerine etkisinin belirlenmesi (33-45). *II. Hasat Uluslararası Tarım Ve Orman Kongresi*, İzmir: Ege Üniversitesi.
- Katar, N., Katar, D., Aydın, D., ve Olgun, M., (2018). Tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.)'nda uçucu yağ oranı ve kompozisyonu üzerine ontogenetik varyabilitenin etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 4 (2): 231-236.
- Kılıç, S., ve Bölükbaşı, M., (2020). Phytochemical accumulation with photomorphogenesis and physiology of *Salvia officinalis* L. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 19 (5): 101-113.
- Kocabaş, I., Kaplan, M., Kürkçüoğlu, M., ve Başer, K. H. C., (2010). Effects of different organic manure applications on the essential oil components of Turkish sage (*Salvia fruticosa* Mill.). *Asian Journal of Chemistry*, 22 (2): 1599-1605.
- Kocabaş, I., Sönmez, İ., Kalkan, H., ve Kaplan, M., (2007). Farklı organik gübrelerin adaçayı (*Salvia fruticosa* Mill.)'nın uçucu yağ oranı ve bitki besin maddeleri içeriğine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (1): 105-110.
- Koç, H., 2000. Tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.)'nda azotlu gübrelemenin verim ve kalite üzerine etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1): 89.
- Koç, P.O., (2006). *Azot ve kükürdün adaçayı (Salvia Officinalis) bitkisinin herba verimi ve bazı kalite parametreleri üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Koşar, M., Tunalier, Z., Özek, T., Kürkcüoğlu, M., ve Baser, K. H. C., (2005). A simple method to obtain essential oils from *Salvia triloba* L. and *Laurus nobilis* L. by using microwave-assisted hydrodistillation. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 60 (5-6): 501-504.

- Kulak, M., Gul, F., ve Sekeroglu, N., (2020). Changes in growth parameter and essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves in response to various salt stresses. *Industrial Crops and Products*, 145: 112078.
- Laird, S.A., ve Pierce, A.R., (2002). Promoting sustainable and ethical botanicals. Strategies to improve commercial raw material sourcing. *Rainforest Alliance*, New York.
- Lakušić, B., Ristić, M., Slavkovska, V., Stojanović, D., & Lakušić, D., (2013). Variations in essential oil yields and compositions of *Salvia officinalis* (Lamiaceae) at different developmental stages. *Botanica Serbica*, 37 (2): 127-139.
- Lu, Y., ve Foo, L. Y., (2002). Polyphenolics of *Salvia*—a review. *Phytochemistry*, 59 (2): 117-140.
- Mammadov, R., (2014). Tohumlu bitkilerde sekonder metabolitler. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Mapes, C., ve Xu, Y., (2014). Photosynthesis, vegetative habit and culinary properties of sage (*Salvia officinalis*) in response to low-light conditions. *Canadian Journal of Plant Science*, 94 (5): 881-889.
- Martin, E., Altınordu, F., Celep, F., Kahraman, A., ve Doğan, M., (2015). Karyomorphological studies in seven taxa of the genus *Salvia* (Lamiaceae) in Turkey. *Caryologia*, 68 (1): 13-18.
- Meral, B., (2020). E-ticarete corona virüs (Covid-19) etkisi. *Tech İnsade*.
- Munné-Bosch, S., Mueller, M., Schwarz, K., ve Alegre, L., (2001). Diterpenes and antioxidative protection in drought-stressed *Salvia officinalis* plants. *Journal of plant physiology*, 158 (11): 1431-1437.
- Nakipoğlu, M., (1993) Bazı Adaçayı (*Salvia* L.) türleri ve bu türlerin ekonomik önemi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi* 6: 45-58.
- Nowak, M., Kleinwachter, M., Manderscheid, R., Weigel, H.-J., ve Selmar, D., (2010). Drought stress increases the accumulation of monoterpenes in sage (*Salvia officinalis*), an effect that is compensated by elevated carbon dioxide concentration. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 83 (2): 133-136.
- Okigbo, R., Anuagasi, C., ve Amadi, J., (2009). Advances in selected medicinal and aromatic plants indigenous to Africa. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3 (2): 086-095.
- Önal, H., (2015). *Muğla Fethiye Babadağı doğal adaçayı (Salvia sp.) taksonlarında farklı toplama zamanlarının yaprak uçucu bileşenleri üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Öz, M., (2002). Bursa Mustafakemalpaşa ekolojik koşullarında değişik bitki sıklıklarının bazı kışlık kolza çeşitlerinin performansı üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (2): 11-24.
- Özbek, H., (2005). Cinsel ve jinekolojik sorunların tedavisinde bitkilerin kullanımı. *Van Tıp Dergisi*, 12 (2): 170-174.
- Özcan, İ. İ., Arabacı, O., ve Öğretmen, N. G., (2014). Bazı adaçayı türlerinde farklı tohum çimlendirme uygulamalarının belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2 (5): 203-207.
- Özek, R., (2019). *Siirt ekolojik koşullarında farklı sıra üzeri mesafelerinin adaçayında (Salvia officinalis L.) bazı kalite kriterlerine ve uçucu yağ kompozisyonuna etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Siirt.
- Özkeskin, E., (2019). *Tokat-Kazova koşullarında farklı gelişim dönemlerinin adaçayı (Salvia officinalis L.) bitkisinde verim ve kalite özelliklerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Öztürk, N. Z., (2015). Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. *Turkish Journal Of Agriculture-Food Science And Technology*, 3 (5): 307-315.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H., Ünal, E., (2015). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının bazı makro ve mikro bitki besin maddesi konsantrasyonları ve ters mesafe ağırlık yöntemi (IDW) ile haritalanması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16 (2): 187-202.
- Polat, Z., ve Tınmaz, A. B., (2014). Anadolu adaçayında bazı biyolojik ajan uygulamalarının verim, kalite ve toprak kaynaklı hastalıklara karşı etkisi (701-703). 2. *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu*, Yalova: Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü.

- Polatçı, H., ve Tarhan, S., (2009). Farklı kurutma yöntemlerinin reyhan (*Ocimum basilicum*) bitkisinin kuruma süresine ve kalitesine etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (1): 61-70.
- Rao, M. R., Palada, M. C., ve Becker, B. N., (2004). Medicinal and aromatic plants in agroforestry systems. *In New Vistas in Agroforestry*, 107-122.
- Rezai, S., Etemadi, N., Nikbakht, A., Yousefi, M., Majidi, M.M., (2018). Effect of light intensity on leaf morphology, photosynthetic capacity, and chlorophyll content in sage (*Salvia officinalis* L.). *Horticultural Science and Technology*, 36 (1): 46-57.
- Schulz, H., Özkan, G., Baranska, M., Kruger, H., ve Özcan, M., (2005). Characterisation of essential oil plants from Turkey by IR and Raman spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 39: 249–256.
- Skoula, M., Abbes, J. E., ve Johnson, C. B., (2000). Genetic variation of volatiles and rosmarinic acid in populations of *Salvia fruticosa* Mill growing in Crete. *Biochemical Systematics and Ecology*, 28(6): 551-561.
- Sönmez, Ç., (2015). *Bitki-su ilişkilerinin tıbbi adaçayı (Salvia officinalis L.)'nın verim, uçucu yağ üretimi ve kalitesi üzerine etkileri: Biyometrik ve fizyolojik incelemeler*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Sönmez, Ç., Gökçöl, A., Soysal, A. Ö. Ş., Bayram, E., ve Çelen, A. E., (2019). Research on germination and emergence performance enhancing treatments on sage (*Salvia* spp.) species. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(3): 504-510.
- Sönmez, Ç., ve Bayram, E., (2017). The influence of different water and nitrogen applications on some yield parameters and antioxidant activity in sage (*Salvia officinalis* L.). *Turkish Journal Of Field Crops*, 22 (1): 96-103.
- Şarer, E., (1980). Anadolu'da yetişen *Salvia tomentosa* Mill. ve *Salvia grandiflora* Etling. uçucu yağlarının özellikleri ve içerikleri bakımından karşılaştırılması. *Journal of Faculty of Pharmacology*, 10: 112-123.
- Şenkal, B. C., Arif, İ., Gürbüz, B., Türker, A., ve Bingöl, M. Ü., (2012). Bolu ekolojik koşullarında yetiştirilen *Salvia officinalis* L. ve *Salvia tomentosa* L. türlerinin bazı önemli tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5(2): 38-42.
- Taarit, M. B., Msaada, K., Hosni, K., Hammami, M., Kchouk, M. E., ve Marzouk, B., (2009). Plant growth, essential oil yield and composition of sage (*Salvia officinalis* L.) fruits cultivated under salt stress conditions. *Industrial Crops and Products*, 30 (3): 333-337.
- Taarit, M. B., Msaada, K., Hosni, K., ve Marzouk, B., (2010). Changes in fatty acid and essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves under NaCl stress. *Food Chemistry*, 119 (3): 951-956.
- Tepe, B., Daferera, D., Sökmen, A., Sökmen, M., ve Polissiou, M., (2006). Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae). *Food Chemistry*, 90: 333–340.
- Tıbbi Adaçayı Yaygınlaştırma Raporu, (2018). Orta Anadolu Kalkınma Ajansı.
- Topçu, G., (2006). Bioactive triterpenoids from *Salvia* species. *Journal of natural products*, 69 (3): 482-487.
- Torun, H., (2019). Cobalt+salt-stressed *Salvia officinalis*: ROS scavenging capacity and antioxidant potency. *International Journal of Secondary Metabolite*, 6 (1): 49-61.
- Tounekti, T., Abreu, M. E., Khemira, H., ve Munné-Bosch, S., (2012). Canopy position determines the photoprotective demand and antioxidant protection of leaves in salt-stressed *Salvia officinalis* L. plants. *Environmental and Experimental Botany*, 78: 146-156.
- Tounekti, T., Hernández, I., Müller, M., Khemira, H., ve Munné-Bosch, S., (2011). Kinetin applications alleviate salt stress and improve the antioxidant composition of leaf extracts in *Salvia officinalis*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49 (10): 1165-1176.
- Tuğlu, Ü., ve Baydar, H., (2019). Tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.)'nda klon seleksiyonu ile geliştirilmiş b-klonlarının tarımsal ve teknolojik özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23 (2): 452-456.

- Tuna, U., (2019). *Türkmen Dağının Kütahya ili Türkmen Şefliği bölgesi civarındaki adaçayı (Salvia tomentosa L.) bitkisinin yayılış durumu ve biyokütlesinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Turan, Ş., (2014). *Ülkemizde yaygın olarak kullanılan bazı tıbbi bitkilerin yapraklarında ağır metal ve mineral besin element içeriklerinin tayini*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Turhan, P., (2020). *Kuru ve sulu koşullarda yetiştirilen Anadolu adaçayında (Salvia fruticosa Mill.) farklı azot dozu ve hasat zamanlarının verim ve kalite üzerine etkileri*. Doktora Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- TÜİK, (2021). Dış Ticaret İstatistikleri.
<https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/disticaret.zul?param1=25veparam2=0vesitcrev=0veisicrev=0vesayac=5802> Erişim 09 Şubat 2021.
- Ulukanlı, Z., Karabörklü, S., Cenet, M., Sağdıç, O., Öztürk, İ., Balcılar, M., (2013). Essential oil composition, insecticidal and antibacterial activities of *Salvia tomentosa* Miller. *Medicinal Chemistry Research*, 22: (2) 832-840.
- Vural, A., Güran, H. Ş., Durmuşoğlu, H., ve Uğur, U., (2020). Tıbbi amaçla kullanılabilen bitki çaylarında hijyenik kalitenin ve bazı patojenlerin araştırılması. *Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 13 (1): 76-82.
- Yağcıoğlu, P., (2015). *Farklı ekstraksiyon metotları ile adaçayı (Salvia officinalis L.) bitkisinden antioksidan ekstraksiyonunun optimizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, G., ve Güvenç, A., (2007). Ankara’da aktarlarda “adaçayı” adı altında satılan drogların morfolojik ve anatomik olarak incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 36 (2): 87-104.
- Yılmaz, O., (2019). *Anadolu adaçayı (Salvia fruticosa Mill.)’nda azotlu gübrenin ve hasat zamanlarının agronomik ve teknolojik özellikler üzerine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Yurdcu, S., (2019). *Bazı tıbbi adaçayı (Salvia officinalis L.) hatlarının kuraklık stresine dayanıklılığının belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Zarkani, A., Turanlı, F., Sönmez, Ç., Bayram, E., ve Özdemir, İ., (2017). Incidence and economic impact of the mint aphid, *Eucarazzia elegans* (Ferrari)(Hemiptera: Aphididae) on common sage. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 41(4): 383-392.
- Zervoudakis, G., Salahas, G., Kaspiris, G., ve Konstantopoulou, E., (2012). Influence of light intensity on growth and physiological characteristics of common sage (*Salvia officinalis* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55 (1): 89-95.
- Zimowska, B., (2008). Fungi threatening the cultivation of sage (*Salvia officinalis* L.) in south-eastern Poland. *Herba Polonica*, 54 (1): 15-24.
- Zutic, I., Putievsky, E., ve Dudai, N., (2004). Influence of harvest dynamics and cut height on yield components of sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 10 (4): 49-61.

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN***Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*

ISSN: 2667-8764 , 3(1), 333-349, 2021

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>**Araştırma Makalesi / Research Article**Doi: [10.47898/ijeased.842732](https://doi.org/10.47898/ijeased.842732)

Polioksümetilen Kopolimerinin Su Jeti Tezgâhlarında İşlenebilirliğinin Taguchi Metodu Kullanılarak Optimizasyonu

Alırıza ALTINSOY ^{1*}, Yusuf ARSLAN ²¹ Düzce Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Düzce, 81000, Türkiye.² Düzce Üniversitesi Düzce Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Düzce, 81000, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : alirizaaltinsoy@duzce.edu.tr  https://orcid.org/0000-0002-8429-9606 , A. Altinsoy  https://orcid.org/0000-0003-1731-5423 , Y. Arslan	Geliş Tarihi / Received Date : 18.12.2020 Revizyon Tarihi / Revision Date : 07.04.2021 Kabul Tarihi / Accepted Date : 19.04.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021
Alıntı / Cite: Altinsoy, A., Arslan, Y. (2021). Polioksümetilen Kopolimerinin Su Jeti Tezgâhlarında İşlenebilirliğinin Taguchi Metodu Kullanılarak Optimizasyonu, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 333-349.	

Özet

Mühendislik polimeri olan polioksümetilen kopolimer (POM-C) yüksek çekme mukavemeti, aşınma direnci ve boyut kararlılığı gibi mekanik özelliklerinden dolayı günümüzde havacılık, otomotiv ve gemi sanayinde faaliyet gösteren birçok sanayi alanında kullanılmaktadır. Bu polimerler kullanım alanlarına göre şekillendirilmesi gerekmektedir. Şekillendirme yöntemlerinden bir tanesi de su jeti tezgâhlarıdır. Kesme sonrası, talaş oluşum sorununu ortadan kaldırması nedeniyle su jeti ile kesme genelde çok sert ve kırılgan olmayan malzemeler için uygundur. Polimerler, bu malzeme grubuna girmemekle birlikte, kesme işlemi esnasında yüksek ısıların oluşmaması bundan dolayı polimerlerin yapısal olarak bozulmaması, daha küçük ve karmaşık şekillerin rahatlıkla işlenmesi, su jeti ile üretimin, diğer üretim metodlarına göre daha hızlı olması, aynı zamanda mühendislik polimerlerinin pahalı olması, uygulanan metotta daha az malzemenin israf olması polimerlerin su jeti tezgâhlarında işlenmesinin başlıca sebeplerindendir. Bu çalışmada polioksümetilen kopolimerine 210, 260, 310 MPa basınçta üç farklı ilerleme hızı (170, 240, 380 mm/dk), üç farklı aşındırıcı garnet miktarı (150, 250, 350 g/dk) su jeti tezgâhında kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarındaki veriler sinyal - gürültü oranı (S/N), ANOVA analizi, ve regresyon yöntemi uygulanarak incelenmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarında su jeti tezgâhında 260 MPa basınçta 350 g/dk garnet miktarı 170 mm/dk ilerleme hızında yüzey pürüzlülüğünün diğer parametrelere göre daha düşük çıktığı, ilerleme hızının su jeti tezgâhlarında en etkin parametre olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Su jeti, Polioksümetilen, Yüzey pürüzlülüğü, Eğim Açısı.

Optimization of Polyoxymethylene Copolymer Workability on Water-Jet Machines Using Taguchi Method

Abstract

Polyoxymethylene copolymer (pom-c), which is an engineering polymer, is used in many industries operating in aviation, automotive and ship industries today due to its mechanical properties such as high tensile strength, fly resistance and thermal resistance. These polymers need to be shaped according to their usage areas. Waterjet cutting is generally suitable for very hard and non-brittle materials, as it eliminates the problem of chip formation after cutting. Although polymers do not belong to this group of materials, high temperatures do not occur during the cutting process, therefore the polymers do not deteriorate structurally, smaller and complex shapes can be easily processed, production with water jet is faster than other production methods, at the same time, engineering polymers are expensive, Less material wasted in the method is one of the main reasons polymers are processed on waterjet looms. In this study, three different feed rates (170, 240, 380 mm / min) and three different sand quantities (150, 250, 350 g / min) were cut on a water jet machine at 210, 260, 310 MPa pressure to the polyoxymethylene copolymer. The data in the experimental results were analyzed by applying the signal-to-noise ratio (S / N), ANOVA analysis, and regression method. According to the results of the study, it was found that the sand amount of 350 g / min at 260 MPa pressure and 170 mm / min feed rate was lower than the other parameters and the feed speed was the most effective parameter in water jet looms.

Keywords: Water jet, Polyoxymethylene, Surface roughness, Tilt Angle.

1. Giriş

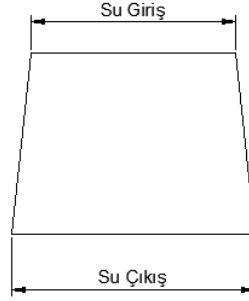
Türkiye’de ve dünyada polimer sektörü hızlı bir gelişme göstermiştir. Polimerlere olan talebin artmasıyla birlikte kimya mühendisleri, tıp sektörü, tekstil mühendisleri, makine mühendisleri gibi meslek branşları da polimerler üzerinde çalışmalar gerçekleştirmiştir. Polimerlere artan taleple beraber kullanım alanlarına göre şekillendirilme ihtiyacı artmıştır (Chanda ve ark., 2007)

Talaşlı imalat aracılığıyla şekillendirilen numunelerin yüzey kalitesinin arttırılmasında ilerleme hızı, iş parçası veya kesici dönüş hızı gibi birçok parametre kullanılmaktadır. Yüzey kalitesi, birbirine temas ederek çalışan dişli, mil, yatak gibi sistemlerde numunelerin kolay aşınmaması için önemli bir faktördür. Malzemelerin işlenebilir olması için belirlenen parametrelerin değişmesi, yüzey kalitesini de etkiler (Akkurt 2009).

Su jeti tezgahlarında, basınçlı su, aşındırıcı ile beraber iş parçasının hedeflenen yüzeyine çarparak talaş kaldırma işlemi gerçekleşir. Su jeti kesim teknolojisi, termal bozulma olmaması, yüksek esneklik, yüksek işleme çok yönlülüğü, fiziksel temas olmadan kolay entegrasyon, düşük işleme kuvveti ve minimum çapak gibi bir dizi farklı avantaja sahiptir. Sonuç olarak, düz su jeti veya aşındırıcı su jeti işleme teknolojisi önemli bir üretim konusu haline gelmiştir (Liu ve ark., 2019). İşlenmesi zor olan malzemelerin şekillendirilmesini kolaylaştıran su jeti tezgâhları, özellikle otomotiv, havacılık ve savunma sanayi gibi birçok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Proses maliyeti su ve aşındırıcı olduğundan düşüktür (Kulekçi, 2002)

Su jeti tezgâhları ile kesme işleminde, ısı oluşmadığından kesilen polimer numunelerde deformasyon görülmemekte, ayrıca insan sağlığı ve çevreye doğrudan zarar vermemektedir (Dong ve ark., 2014). Ancak, kesme işleminin çok yüksek basınçlarda yapılması nedeniyle insan sağlığını etkileyecek riskli bir durumun oluşmaması için emniyet tedbirlerine çok daha fazla önem verilmelidir.

Su jeti tezgâhlarında en önemli parametre yüzey kalitesi ve eğim açısıdır. Yapılan çalışmada araştırmacılar bu etkenleri azaltmak için çalışmışlardır (Liu ve ark., 2012; Mardı ve ark., 2017; Ishfaq ve ark., 2019) Şekil 1’de görüldüğü gibi kesme işlemi esnasında iş parçasına suyun en son temas ettiği çıkış bölgesi (sç), ilk temas ettiği giriş bölgesinden daha geniştir (sg) (Shanmugam ve ark., 2009).



Şekil 1. Kesme sonrası oluşan eğim (Shanmugam ve ark., 2009).

Birçok araştırmacı paslanmaz çelik, kompozit malzemeler, granit, alüminyum gibi malzemelerde su jeti ile kesimini yaparak yüzey pürüzlülüğü ve eğim açısını değerlendirmiştir. (Schwartzentruber ve ark., 2017; Shanmugam ve ark., 2020; Akkurt ve ark., 2004; Karakurt ve ark., 2010).

Genellikle düşük mukavemete sahip olan ve ısıyla sertleşen polimerler, her zaman amorfurlar. Dolayısıyla, yüksek gerilme direnci oluşturdıkları için kırılırlar. Termoplastik polimerler ise amorf veya kristal halde olabildikleri için nispeten daha sünek bir davranış sergilerler. Bu nedenle, su jeti tezgâhlarında, polimerlerin işlenebilir özelliklerinin çok kısıtlı olduğu, yapılan çalışmalarda gösterilmiştir

Bu çalışmada polioksimetilen kopolimer (pom-c) malzemesini farklı basınç, farklı garnet miktarı ve ilerleme hızında kesimi yapılarak giriş yüzey ve çıkış yüzey pürüzlülüğü, parça üzerindeki su giriş ve su çıkış ölçüleri değerlendirilerek eğim açılarındaki optimum parametreler belirlenmiştir.

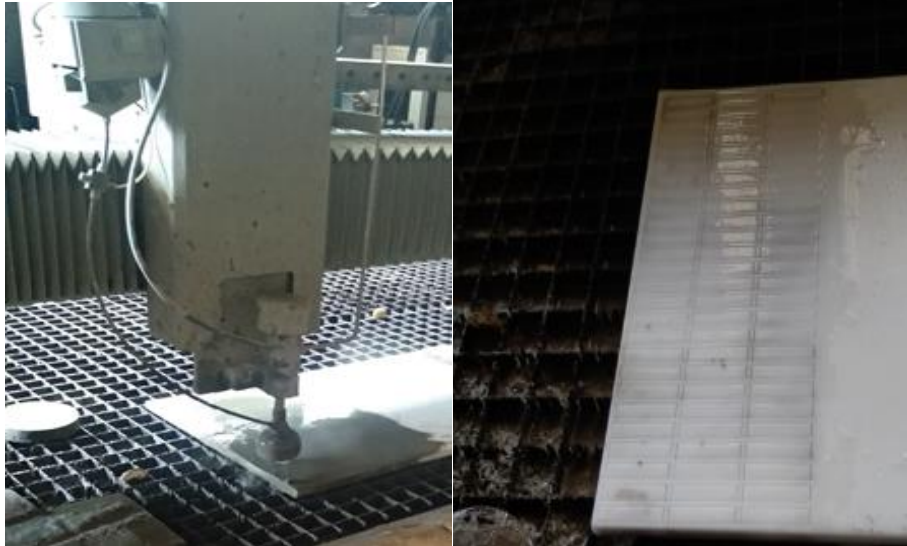
2. Materyal ve Metot

Polioksimetilen kopolimeri yüksek aşınma ve darbe direnci, mükemmel boyut kararlılığı, yüksek termal dayanımı gibi özelliklerinden dolayı dişli, mafsallı, kam gibi dinamik kuvvetlere maruz kalan malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır (Jose ve Alagar, 2011). Polioksimetilenin teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Polioksimetilen kopolimerin teknik özellikleri (Taşdemir, 2012)

Yoğunluk	1,43 g/cm ³
Çekme Dayanımı	79 MPa
Darbe Dayanımı	15 kJ/m ²
Kopma Uzaması	% 37
Eğilme Mukavemeti	106 MPa
Erime Sıcaklığı	182 °C
Cam Geçiş Sıcaklığı	-60 °C
Bilya Baskı Basıncı	165 MPa

Deneylein yapıldığı N-WJL marka su jeti tezgâhına ait teknik özellikler, Tablo 2’ de verilmiştir. Şekil 2’ de gösterildiği gibi 15,6 mm kalınlığında olan numuneler, 60 mm uzunluğunda, 12,7 mm genişliğinde 90° lik açıyla 80 mesh garnet aşındırıcı ile 27 adet numune işlenmiştir.



Şekil 2. Su jetinde işlenen numuneler

Tablo 2. Su jeti tezgahı teknik özellikleri

Pompa basıncı	≤ 4000 bar	Nozulun parçaya uzaklığı	4 mm
Kesme sürecindeki sıcaklık aralığı	45-50 °C	Nozul duruş açısı	90°
Aşındırıcı tipi	80 mesh garnet	Nozul boyu	76,2 mm
Nozul çıkış çapı	0,76 mm	Tezgah kapasitesi	2 m x 4 m

2.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri

Yüzey pürüzlülük değerleri PCE-RT 1200 yüzey pürüzlülük cihazı ile ölçülmüştür. Numuneler işlenen yüzeyde 3 farklı noktadan ölçüm alınarak, yüzey pürüzlülüklerinin ortalamaları değerlendirilmiştir. Daha sonra taguchi metodu aracılığıyla en uygun verilere ulaşılmıştır. Sonuçlar optimum yüzey kalitesi S/N oranı ANOVA ve regresyon analizi sonucunda matematiksel model oluşturulmuştur. Yüzey pürüzlülük ölçümleri yapılan numunelerde, hassasiyeti 1/1000 mm olan dijital mikrometre yardımıyla istenilen ölçüye göre referans alınarak, eğim açılarının bulunması için numunelerin su giriş ve su çıkış bölgeleri ölçülerek, parametreler arasında karşılaştırma yapılmıştır. Sabit basınç ve sabit garnet miktarı farklı ilerleme hızlarında su jeti ile işlenmiş yüzeylerin SEM yardımıyla 70x büyüklükte görüntüleri alınarak aşınma türleri karşılaştırılmıştır.

3. Taguchi Metodu

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte, endüstriyel alanda farklı yenilikler getirdi. Yenilikler kullanılırken en uygun değişkenler tayin etmek gerekir. Talaşlı imalatla zaman ve maddi kayıpları önlemek için yeni optimizasyon yöntemleri gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemlerden bir tanesi taguchi yöntemidir. Bu yöntem aracılığıyla parametreler azaltılarak işlem değişkenlerini optimize etmek için kullanılır. Böylece yapılan analiz sonucunda deney değişkenleri büyük ölçüde azalır. Taguchi metodunda sonuçları değerlendirmek için bazı yöntemler kullanılır. Bu yöntemlerden bir tanesi sinyal gürültü oranı (S/N) aracılığıyla deney çıktılarını gösteren istenmeyen herhangi bir gürültü değeri için istenilen sinyal oranına dönüştürülür. Sinyal gürültü oranı (S/N) analizinde en küçük en iyi kalite özelliği kullanılır (Savaşkan ve ark., 2004; Gur ve ark., 2019).

$$\text{En küçük en iyi : } \eta = \frac{S}{N_s} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (1)$$

Burada n deneysel numunelerin sayısını, y_i ise ölçülen deneysel verilerin ortalamasıdır (Gur ve ark., 2014).

Taguchi metodunda uygulanan ortogonal dizi tasarımını irdelemek için en uygun değişken ve etkileşim sayısının, çalışmanın amacı aynı zamanda deney bütçesi ve zamanının belirlenmesi büyük önem taşır (Roy 2010). Bu metotta kullanılan kesme parametreleri, Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Su jeti tezgâhı kesme parametreleri

Parametreler	1			2			3		
Basınç (MPa)	210			260			310		
Garnet Miktarı (g/dk)	150	250	350	150	250	350	150	250	350
İlerleme Hızı (mm/dk)	170	240	380	170	240	380	170	240	380

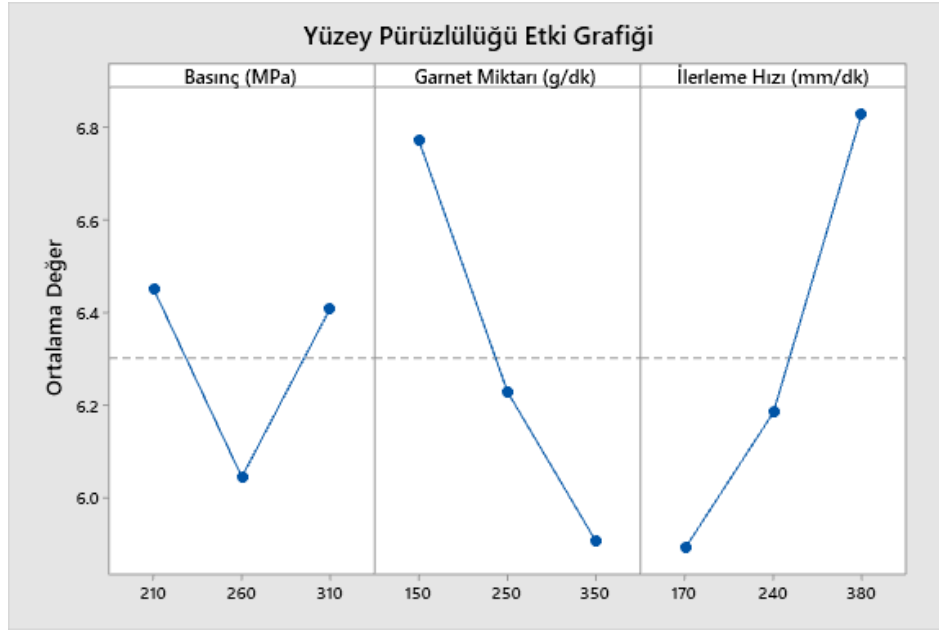
Taguchi metodunu uygulamadan önce birinci adım, denetleme etkenleri olarak seçilen, kesme parametrelerine uygun ortogonal dizinin belirlenmesidir. Bu çalışmada en uygun parametreyi belirlemek için $L_{27}(3^3)$ dizisi belirlenmiştir.

4. Bulgular ve Tartışma

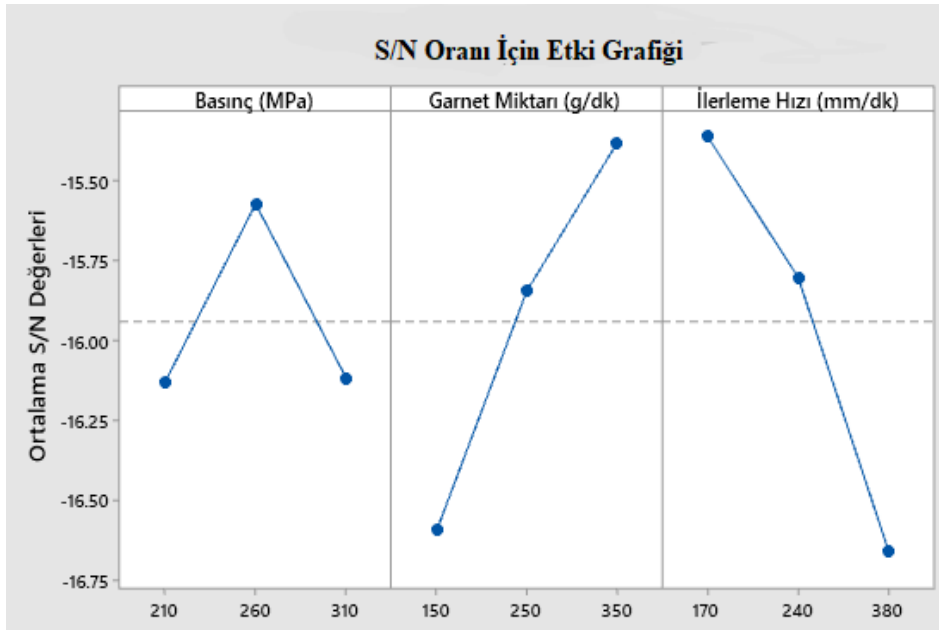
Su jeti ile kesme işlemi esnasında su giriş ve çıkış çalışma parametresi faktörlerinin her kombinasyonu için deneysel tasarım yoluyla Taguchi metodu uygulanarak değerlendirilmiştir. Parametrelerin optimizasyonu sinyal-gürültü (S/N) oranları ile sağlanmıştır. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlarda istenen yüzey kalitesinin minimum değerler istendiğinden sinyal - gürültü (S/N) oranının “en küçük en iyi” koşuluna göre sonuçlar oluşturulmuştur. Tablo 4’de yüzey pürüzlülüğü ve S/N oranlarını göstermektedir.

Tablo 4. Deney sonuçların neticesinde bulunan yüzey pürüzlülüğü değerleri ve S/N oranları

Sıra no	1.Parametre	2.Parametre	3.Parametre	Yüzey Pürüzlülük Değerleri (µm)		Sinyal ve Gürültü Oranları (S/N)	
	Basınç (MPa)	Garnet Miktarı (g/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra (Su Giriş) Ortalama	Ra(Su Çıkış) Ortalama	S/N Oranı(Su Giriş)	S/N Oranı(Su Çıkış)
1	210	150	170	6.681	6.920	-16.4968	-16.8021
2		150	240	6.524	9.680	-16.2903	-19.7175
3		150	380	8.054	10.252	-18.1202	-20.2162
4		250	170	6.081	6.670	-15.6795	-16.4825
5		250	240	6.201	6.634	-15.8492	-16.4355
6		250	380	7.267	9.680	-17.2271	-21.3489
7		350	170	5.467	5.917	-14.7550	-15.4420
8		350	240	5.467	6.561	-14.7550	-16.3394
9		350	380	6.321	8.907	-16.0157	-18.9946
10	260	150	170	6.441	7.827	-16.1791	-17.8719
11		150	240	7.001	8.507	-16.9032	-18.5955
12		150	380	6.587	8.819	-16.3738	-23.9786
13		250	170	5.028	5.896	-14.0279	-15.4111
14		250	240	6.107	6.887	-15.7166	-16.7606
15		250	380	6.614	8.720	-16.4093	-18.8103
16		350	170	5.013	5.840	-14.0020	-15.3283
17		350	240	5.600	6.547	-14.9638	-16.3208
18		350	380	6.014	7.481	-15.5833	-17.4792
19	310	150	170	6.441	7.347	-16.1791	-17.3222
20		150	240	6.547	7.281	-16.3208	-17.2438
21		150	380	6.680	9.480	-16.4955	-20.4072
22		250	170	5.960	6.934	-15.5049	-16.8197
23		250	240	5.920	7.294	-15.4464	-17.2593
24		250	380	6.880	7.801	-16.7518	-17.8430
25		350	170	5.907	6.554	-15.4273	-16.3301
26		350	240	6.294	6.667	-15.9785	-16.4786
27		350	380	7.054	7.627	-16.9687	-17.6471



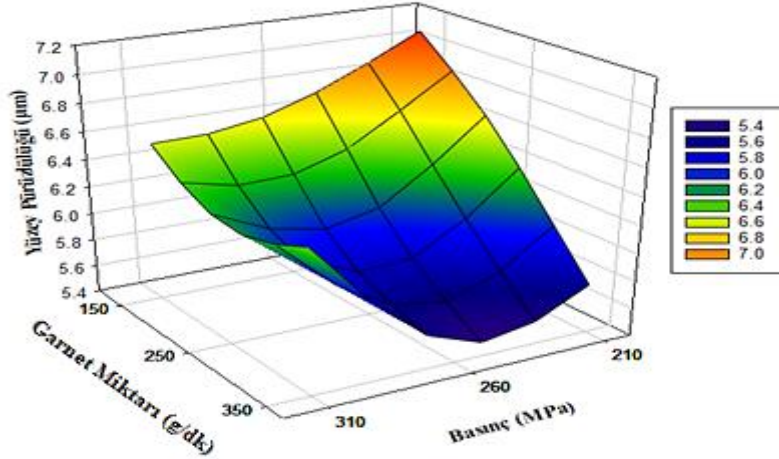
Şekil 3. Taguchi metodu sonrası yüzey pürüzlülüğü etki grafiği



Şekil 4. Taguchi metodu sonrası S/N oranı etki grafiği

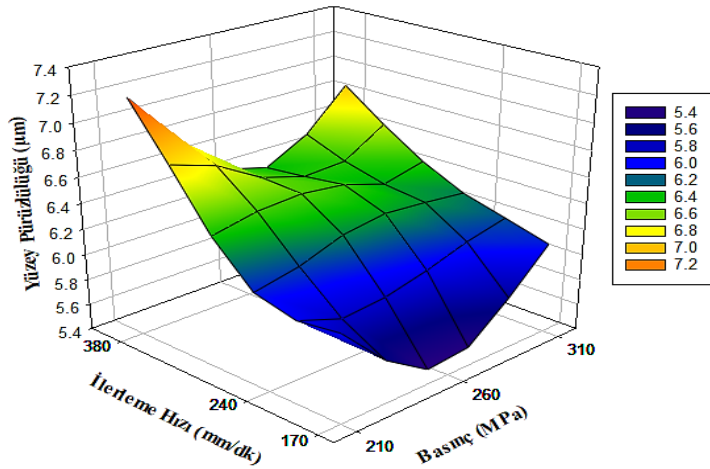
Şekil 3 ve Şekil 4 'de işlenen yüzey üzerinde, Taguchi L_{27} deney tasarımı ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü etki grafiği ve S/N oranı etki grafiği sırasıyla verilmiştir. Polioksimetilen kopolimeri kontrol faktörleri arasında en etkili olan parametre, her iki şekil içinde belirlenmiştir. Şekiller incelendiğinde 260 MPa basınç, 350 gr/dk garnet miktarı ve 170 mm/dk ilerleme hızında, en düşük yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir.

Tablo 4'teki verilerin etki grafikleri, Şekil 5 ve Şekil 6'da göstermektedir. Yüzey pürüzlülüğü değerini en minimum değere azaltmak için kontrol faktörlerinin optimum işleme parametreleri oluşan bu grafikler aracılığıyla kolaylıkla belirlenir.



Şekil 5. Basınç ve aşındırıcı garnet miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Deney parametrelerine ayrılmış, çalışma sonuçlarına göre yüzey pürüzlülüğü Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 5'de basınç ve garnet miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. Uygulanan parametrelerde minimum basınç ve minimum garnet miktarında yüzey pürüzlülüğünde maksimum artış olduğu görülmektedir. Aynı zamanda maksimum garnet miktarı ve maksimum basınç miktarında da yüzey pürüzlülüğün arttığı anlaşılmıştır. En düşük yüzey pürüzlülüğü 260 MPa basınç, 350 g/dk garnet miktarında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6. Basınç ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 6 incelendiğinde 210 MPa ve 310 MPa basınçta her iki parametre için ilerlemenin artırılması yüzey pürüzlülüğünde maksimum artışa neden olmuştur. İlerlemenin yüzey pürüzlülüğünde en önemli bir etken olduğu anlaşılmıştır. İlerleme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı, ilerleme hızı azaldıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmektedir. En düşük yüzey pürüzlülüğü 260 MPa basınç ve 170 mm/dk ilerleme hızında olduğu saptanmıştır.

4.1. Anova Yardımıyla Veri Analizi

ANOVA, deney tasarımında kullanılan parametrelerin etkileşimini öğrenmek için kullanılan yöntemdir (Tabachnick ve Fidell 2007 ; Akıncıoğlu ve ark., 2020). Sabit basınçta, garnet miktarı ve ilerleme hızının yüzey kalitesine etkisi ANOVA yardımıyla % 95 güven düzeyinde incelenmiştir. Deneysel verilere göre yüzey pürüzlülüğü ve S/N oranları sırasıyla Tablo 5 ve Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 5. Yüzey pürüzlülüğü için ANOVA analizi

Parametre	Serbestlik Derecesi (Df)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması (MS)	F Değeri	P Değeri	Parametre Etkisi (%)
Basınç	2	0.8989	0.4495	2.77	0.08704	% 7.64
Garnet Miktarı	2	3.4689	1.7344	10.67	0.00070	% 29.46
İlerleme Hızı	2	4.1545	2.0773	12.78	0.00027	% 35.29
Hata	20	3.2508	0.1625			% 27.61
Toplam	26					% 100.00

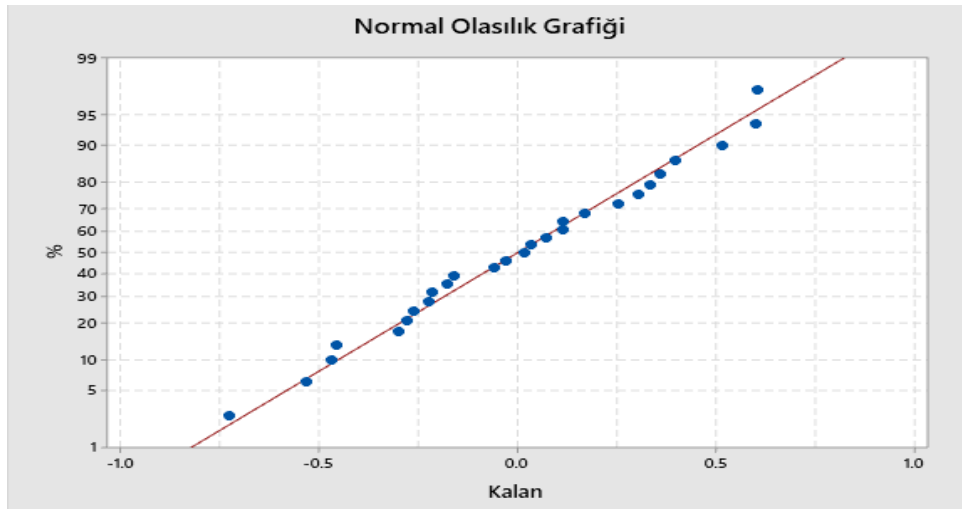
Tablo 6. S/N oranları için anova analizi

Parametre	Serbestlik Derecesi (Df)	Kareler Toplamı (SS)	Kareler Ortalaması (MS)	F Değeri	P Değeri	Parametre Etkisi (%)
Basınç	2	0.00802	0.00802	0.04	0.083614	% 0.07
Garnet Miktarı	2	3.39649	3.39649	18.53	0.000264	% 28.85
İlerleme Hızı	2	4.15234	4.15234	22.65	0.000085	% 35.27
Hata	20	4.21631	0.18332			% 35.81
Toplam	26					% 100.00

Tablo 5’te yüzey pürüzlülüğü için ANOVA analizinde basınç etkisi % 0.07 garnet miktarı % 29.46 ilerleme hızının % 35.29, hata oranının % 27,61 olduğu görülmektedir. Su jeti tezgâhları için, ilerleme hızının etkin faktör olduğu anlaşılmıştır. Tablo 6’da S/N oranları için yapılan ANOVA analizinde basınç etkisi % 0.07, garnet miktarı % 28.85, ilerleme hızı % 35.57 olarak bulunmuştur.

Her iki tablo karşılaştırıldığında en önemli parametre ilerleme hızı olurken, basınç etkisinin en etkisiz parametre olduğu anlaşılmıştır. Polimer esaslı kompozit malzemelerin su jeti ile işlenmesinde düşük ilerleme hızı ile malzemeye daha az zarar verilerek düşük yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. Yapılan çalışma sonuçları literatürü desteklemektedir (Mayuet ve ark., 2015). Ayrıca Alberdi ve ark., (2015) yapmış olduğu çalışmada düşük basıncın ve yüksek ilerleme hızının malzemeye daha fazla zarar verdiği ve yüzey pürüzlülüğünün artmasına neden olduğunu tespit etmiştir. Su jeti tezgahlarında ilerleme hızının, yüzey pürüzlülüğünün azaltılmasında önemli bir parametre olduğu anlaşılmıştır.

Şekil 7 incelendiğinde normal olasılık grafiği, regresyon modeli denklemine kıyasla tek tek değerlerin sapmasını gösterir (Nas ve Özbek, 2020). Çizgi etrafındaki kümelenmiş noktalar düşük sapma gösterir. Yüzey için kalan (kalıntı) grafikleri pürüzlülüğü göstermektedir. Şekil 7’de normal olasılık grafiğinin, hata noktalarının normal olarak dağıldığını, neredeyse doğrusal bir tepki gösterdiği görülmüştür.



Şekil 7. Yüzey pürüzlülüğü ve serbest yüzey aşınmasının S / N oranları için artık grafikler

4.2. Deneysel Sonuçlar İçin Regresyon Yöntemi

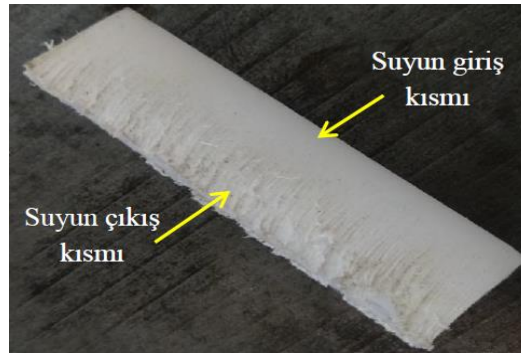
Bağımlı değişkenin, bir veya daha fazla bağımsız değişken ile modellenerek formülasyon oluşturmak için Regresyon yöntemi kullanılmıştır (Nas ve Öztürk, 2018; Kıvak, 2014). Bu çalışmada, sabit basınçta, yüzey kalitesi ile garnet miktarı ve ilerleme hızı arasındaki ilişki regresyon yöntemiyle belirlenmiştir. Bu yöntemle, sonraki çalışmalar için en uygun yüzey kalitesinin belirlenmesi sağlanmıştır. Basınç artışıyla yüzey pürüzlülüğü arasında ters bir korelasyonun olduğu, regresyon yöntemiyle belirlenen ve aşağıda verilen formülden anlaşılmaktadır.

Yüzey Pürüzlülüğü (μm) = $6,315 - 0,00042 (\text{Basınç}) - 0,00434 (\text{Garnet Miktarı}) + 0,004492 (\text{İlerleme Hızı})$

4.3. Parametrelere Göre En Uygun Eğim Açısının Bulunması

Su jeti tezgâhında yapılan kesme işlemi sırasında, özellikle iş parçasının çıkış noktasında, aşındırıcıların etkisini kaybetmesi mümkündür. Literatürde, iş parçasının kalınlığı ile birlikte sürtünme kuvvetlerinin de arttığı dolayısıyla yüzey kalitesinin azaldığı, eğim açısının ise arttığı görülmüştür. Ayrıca, kalınlık artırılarak ilerleme hızı düşürüldüğünde basınç artışıyla birlikte yüzey kalitesini iyileştirmek mümkündür. (Vikram ve Babu, 2002).

Şekil 8’de görüldüğü gibi ilerleme hızı artırılarak işlenmiş numunede suyun giriş kısmındaki yüzeyin daha kaliteli olduğu ancak ilerleme hızının artmasından dolayı aşındırıcının etkisini kaybetmesinden çıkış yüzeyinin bozulduğu görülmektedir.



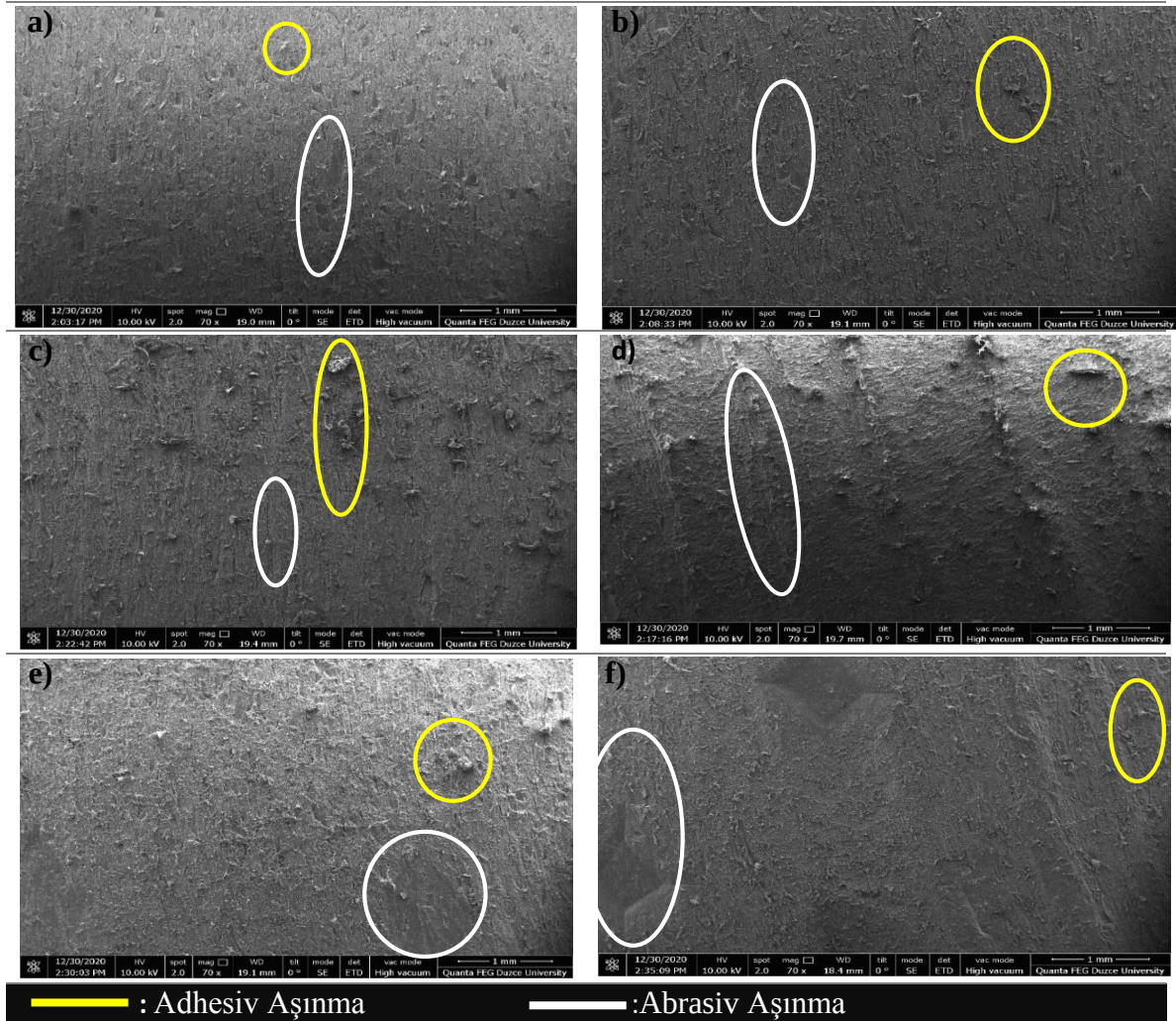
Şekil 8. Kesim esnasında oluşan yüzey

Tablo 7. İşlenen numunelerin eğim açısının belirlenmesi

Basınç (MPa)	Garnet Miktarı (g/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Su Giriş Ölçüsü (µm)	Su Çıkış Ölçüsü(µm)	Eğim Açısı (°)
210	150	170	12,737	13,092	0,6519
	150	240	12,863	13,159	0,5436
	150	380	12,956	13,235	0,5123
	250	170	12,690	12,990	0,5509
	250	240	12,676	13,023	0,6372
	250	380	12,742	13,094	0,6464
	350	170	12,566	12,842	0,5068
	350	240	12,590	12,879	0,5307
	350	380	12,605	12,986	0,6996
260	150	170	12,875	13,038	0,3287
	150	240	12,894	13,054	0,2938
	150	380	12,986	13,144	0,2901
	250	170	12,851	12,974	0,2259
	250	240	12,781	12,866	0,2295
	250	380	12,932	13,119	0,3434
	350	170	12,767	12,855	0,1671
	350	240	12,836	12,967	0,2406
	350	380	12,931	13,094	0,2993
310	150	170	12,874	12,996	0,2241
	150	240	12,928	13,061	0,2442
	150	380	13,014	13,208	0,3563
	250	170	12,842	12,980	0,2534
	250	240	12,880	13,111	0,4242
	250	380	12,949	13,189	0,4407
	350	170	12,793	12,935	0,2608
	350	240	12,824	13,010	0,3416
	350	380	12,892	13,138	0,4517

Tablo 7 incelendiğinde, 210 MPa basınçta eğim açılarının diğer basınçlara göre arttığı, ancak 260 MPa basınç altında işlenen numunelerin, 310 MPa ve 210 MPa basınç altında işlenen numunelere göre eğim açılarının azaldığı gözlemlenmiştir. Uygulanan basınç parametrelerinde 260 MPa basınç optimum parametre olarak bulunmuştur. İrana Wong ve ark., (2018) azalan eğim açısının ilerleme hızının azalmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Tabloda eğim açıları genel olarak ilerleme hızı azaldıkça eğim açısında azalma olduğu görülmüştür. Ancak Tablo 7’de uygulanan basınçlar altında, düşük basınç ve düşük garnet miktarında, ilerleme hızı arttıkça eğim açıları azalma olduğu görülmektedir. Suyun giriş kısmında kesme işlemi daha kolayken, suyun çıkış kısmında düşük basınç ve düşük garnet miktarından dolayı kesme özelliğinin azalmasından dolayı eğim açısının arttığı, bundan dolayı eğim açıları azalma isteniyorsa ilerleme hızının azaltılmasının yanı sıra uygulanan basıncın ve garnet miktarının artırılması gerektiği kanısına varılmıştır. En küçük eğim açısı 260 MPa

basınç, 350 gr/dk garnet miktarı ve 170 mm/dk ilerleme hızında belirlenirken, en büyük eğim açısı 210 MPa basınç, 350 gr/ dk garnet miktarı ve 380 mm/dk ilerleme hızında bulunmuştur.



Şekil 9. Su jeti ile 260 MPa basınç, 250 g/dk garnet miktarı ve 170 mm/dk ilerleme hızında, su ve garnetin numuneye giriş yüzeyinin SEM görüntüsü (a) , suyun ve garnetin numuneden çıkış yüzeyinin SEM görüntüsü (b) . 260 basınç, 250 g/dk garnet miktarı ve 240 mm/dk ilerleme hızında su ve garnetin numuneye giriş yüzeyinin SEM görüntüsü (c), suyun ve garnetin numuneden çıkış yüzeyinin SEM görüntüsü (d). 260 basınç, 250 g/dk garnet miktarı ve 380 mm/dk ilerleme hızında, su ve garnetin numuneye giriş yüzeyinin SEM görüntüsü (e). suyun ve garnetin numuneden çıkış yüzeyinin SEM görüntüsü (f).

Şekil 9’da sabit basınç ve sabit garnet miktarının farklı ilerleme hızlarında aşınmaya etkisi incelenmiştir. Aşınma türlerinin yoğun olduğu bölgeler daireler aracılığıyla belirlenmiştir. 170 mm/dk ilerleme hızında işlenen numunede su ve garnet giriş yüzeyinde abrasiv aşınmaların görüldüğü, adhesiv aşınmaların daha az olduğu görülmektedir (a). Su ve garnet çıkış yüzeyinde

abrasiv aşınmaların yanı sıra adhesiv aşınmaların oluştuğu görülmektedir (b). 240 mm/dk ilerleme hızında su ve garnet giriş yüzeyinde adhesiv aşınmaların çoğunlukta olduğu (c), su ve garnet çıkış yüzeyinde abrasiv aşınmaların çoğunlukta olduğu görülmüştür (d). 380 mm/dk ilerleme hızında işlenen numunenin su ve garnet giriş yüzeyinde abrasiv aşınmaların geniş bir alana yayıldığı (e), su ve garnet çıkış yüzeyinde abresiv aşınmaların çok derin ve geniş alanda olduğu tespit edilmiştir (f).

5. Sonuçlar ve Öneriler

Yapılan çalışmalardaki parametrelerin yüzey pürüzlülüğünde en uygun kombinasyonu 260 MPa basınç, 350 g/dk garnet miktarı ve 170 mm/dk ilerleme hızında bulunmuştur. En küçük eğim açısı, 260 MPa basınç, 350 gr/dk garnet miktarı, 170 mm/dk ilerleme hızında elde edilmiştir. En büyük eğim açısında, basınç 210 MPa, garnet miktarı 350 gr/dk ve ilerleme hızı ise 380 mm/dk olarak ölçülmüştür. Anova analizi sonuçlarında, ilerleme hızının % 35.29 garnet miktarının % 29.46, basınç etkisinin %7.64 olduğu görülmüştür. İlerleme % 35.29 oranla hızının su jeti tezgâhlarında en önemli faktör olduğu, basıncın %7.64 oranla ise en etkisiz faktör olduğu anlaşılmıştır. Üç boyutlu grafikler değerlendirildiğinde ilerleme hızının artması yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilediği, yüksek ilerleme hızında nozuldan gelen suyun ve garnetin aynı noktaya daha az etki ettiği bundan dolayı suyun çıkış kısmında genişleme olduğu anlaşılmıştır. İlerleme hızının azalması yüzey pürüzlülüğünün azalmasına sebep olduğu tespit edilmiştir.

Literatür incelendiğinde polimer malzemelerin su jeti ile işlenebilirliğinin çok az olduğu daha birçok mühendislik polimerinin su jeti tezgahı ile işlenebilirliğinin yüzey kalitesine etkisi gibi parametrelerin uygulanmadığı görülmüştür. Yapılan çalışma diğer polimer türlerinin bu proseste işlenebilirliğine ışık tutacaktır.

Yazarların Katkısı

Çalışmada her iki yazar da eşit oranda katkı sunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Teşekkür

Yazarlar, Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (Proje no: 2019.21.01.1047) Koordinatörlüğü tarafından, destekler için teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Akincioğlu, S., Gökkaya, H., Akincioğlu, G., & Karataş, M. A. (2020). Taguchi optimization of surface roughness in the turning of Hastelloy C22 super alloy using cryogenically treated ceramic inserts. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 234(19), 3826-3836.
- Akkurt, A. (2009). AISI 1030 Çeliğinin Aşındırıcılı Su Jeti İle Kesilmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün Ve Kesme Önü Geometrisinin İncelenmesi. *Pamukkale University J Journal of Engineering Sciences*, 15(1).
- Akkurt, A., Kulekci, M. K., Seker, U., & Ercan, F. (2004). Effect of feed rate on surface roughness in abrasive waterjet cutting applications. *Journal of Materials Processing Technology*, 147(3), 389-396
- Alberdi, A., Artaza, T., Suárez, A., Rivero, A., & Girot, F. (2016). An experimental study on abrasive waterjet cutting of CFRP/Ti6Al4V stacks for drilling operations. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 86(1-4), 691-704.
- Chanda, M., & Roy, S. K. (2008). *Industrial polymers, specialty polymers, and their applications* (Vol. 74). CRC press.
- Dong, Y., Liu, W., Zhang, H., & Zhang, H. (2014). On-line recycling of abrasives in abrasive water jet cleaning. *Procedia Cirp*, 15, 278-282.
- Gür, A. K., Taskaya, S., & Çetin, Ö. (2019). Ramor 500 Çeliğinde Isıl İşlemin Mikroyapı, Mikrosertlik ve Abrasiv Aşınma Direncine Etkisinin Taguchi Metoduyla Değerlendirilmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(3), 1045-1056.
- Gür, A. K., Ozay, C., Orhan, A., Buytoz, S., Caligulu, U., & Yigitturk, N. (2014). Wear properties of Fe-Cr-C and B4C powder coating on AISI 316 stainless steel analyzed by the Taguchi method. *Materials Testing*, 56(5), 393-398.
- Ishfaq, K., Ahmad Mufti, N., Ahmed, N., & Pervaiz, S. (2019). Abrasive waterjet cutting of clad material: kerf taper and MRR analysis. *Materials and Manufacturing Processes*, 34(5), 544-553.
- Jose, A. J., & Alagar, M. (2011). Development and characterization of organoclay- filled polyoxymethylene nanocomposites for high performance applications. *Polymer composites*, 32(9), 1315-1324.
- Karakurt, İ., Aydın, G., & Aydın, K. (2010). Aşındırıcılı su jeti ile kesmede kesme parametrelerinin granit yüzey pürüzlülüğüne etkisi. *Yerbilimleri Dergisi*, 31(2), 99-110.
- Kulekci, M. K. (2002). Processes and apparatus developments in industrial waterjet applications. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42(12), 1297-1306.
- Kıvak, T. (2014). Optimization of surface roughness and flank wear using the Taguchi method in milling of Hadfield steel with PVD and CVD coated inserts. *Measurement*, 50, 19-28.
- Liu, X., Liang, Z., Wen, G., & Yuan, X. (2019). Waterjet machining and research developments: a review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102(5), 1257-1335.
- Liu, H. T., Hovanski, Y., & Dahl, M. E. (2012). Machining of aircraft titanium with abrasive-waterjets for fatigue critical applications. *Journal of pressure vessel technology*, 134(1).
- Mardi, K. B., Dixit, A. R., Mallick, A., Pramanik, A., Balloková, B., Hvizdos, P., & Zelenak, M. (2017). Surface integrity of Mg-based nanocomposite produced by Abrasive Water Jet Machining (AWJM). *Materials and Manufacturing Processes*, 32(15), 1707-1714.
- Mayuet, P. F., Girot, F., Lamíkiz, A., Fernández-Vidal, S. R., Salguero, J., & Marcos, M. (2015). SOM/SEM based characterization of internal delaminations of CFRP samples machined by AWJM. *Procedia Eng*, 132, 693-700

- M, I. W., Azmi, A. I., Lee, C. C., & Mansor, A. F. (2018). Kerf taper and delamination damage minimization of FRP hybrid composites under abrasive water-jet machining. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(5-8), 1727-1744.
- Nas, E., & Altan Özbek, N. (2020). Optimization of the machining parameters in turning of hardened hot work tool steel using cryogenically treated tools. *Surface Review and Letters*, 27(05), 1950177.
- Nas, E., & Öztürk, B. (2018). Optimization of surface roughness via the Taguchi method and investigation of energy consumption when milling spheroidal graphite cast iron materials. *Materials Testing*, 60(5), 519-525.
- Roy, R. K. (2010). *A primer on the Taguchi method*. Society of Manufacturing Engineers.
- Savaskan, M., Taptik, Y., & Ürgen, M. (2010). Deney tasarımı yöntemi ile matkap uçlarında performans optimizasyonu. *İTÜDERGİSİ/d*, 3(6).
- Schwartzentruber, J., Spelt, J. K., & Papini, M. (2017). Prediction of surface roughness in abrasive waterjet trimming of fiber reinforced polymer composites. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 122, 1-17.
- Shanmugam, D. K., & Masood, S. H. (2009). An investigation on kerf characteristics in abrasive waterjet cutting of layered composites. *Journal of materials processing technology*, 209(8), 3887-3893.
- Shanmugam, A., Krishnamurthy, K., & Mohanraj, T. (2020). Experimental Study Of Surface Roughness And Taper Angle In Abrasive Water Jet Machining Of 7075 Aluminum Composite Using Response Surface Methodology. *Surface Review and Letters*, 27(03), 1950112.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Experimental designs using ANOVA* (p. 724). Belmont, CA: Thomson/Brooks/Cole.
- Taşdemir, M. (2019). Ticari Plastikler. Ankara : *Seçkin Yayınları*.
- Vikram, G., & Babu, N. R. (2002). Modelling and analysis of abrasive water jet cut surface topography. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42(12), 1345-1354.

**IJEASED****INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN**

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi
ISSN: 2667-8764 , 3(1), 350-364, 2021
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>

**Araştırma Makalesi / Research Article****Doi: [10.47898/ijeased.879024](https://doi.org/10.47898/ijeased.879024)**

Şeker Pancarlarında Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteri Biyoförmülasyonlarının Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri

Fatma ŞİMŞEK ^{1a*}, Recep KOTAN ², Fatih CEYHAN ^{1b}, Çağlar SOYTÜRK ^{1c}, Sabri BARAN ^{1d}

¹ Kayseri Şeker Fabrikası A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Kayseri, 38070, Türkiye.

² Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji Anabilim Dalı, Erzurum, 25240, Türkiye.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process
*Sorumlu Yazar / Corresponding author : fatma.simsek@kayseriseker.com.tr https://orcid.org/0000-0002-3052-1195 , F. Şimşek https://orcid.org/0000-0001-6493-8936 , R. Kotan https://orcid.org/0000-0002-3927-8398 , F. Ceyhan https://orcid.org/0000-0002-6963-9887 , Ç. Soytürk https://orcid.org/0000-0002-7662-3015 , S. Baran	Geliş Tarihi / Received Date : 15.02.2021 Revizyon Tarihi / Revision Date : 20.04.2021 Kabul Tarihi / Accepted Date : 19.05.2021 Yayın Tarihi / Published Date : 15.07.2021

Alıntı / Cite: Şimşek, F., Kotan, R., Ceyhan, F., Soytürk, Ç., Baran, S. (2021). Şeker Pancarlarında Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteri Biyoförmülasyonlarının Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1), 350-364.

Özet

Çalışmada; Kayseri Şeker'e ait Gemerek (Sivas) ve Yahyalı (Kayseri) şeker pancarı ekiliş alanlarında, bakteri içerikli mikrobiyal gübre formülasyonlarının pancar verimi ve kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada "Beta marka Zanzibar (NZ) çeşidi çıplak tohum" tercih edilmiş ve 6 farklı bakteri izolatu (*Pantoea agglomerans* RK-79, *Pantoea agglomerans* RK-92, *Bacillus megaterium* TV-3D, *Bacillus megaterium* TV-6D, *Paenibacillus polymyxa* TV-12E ve *Bacillus subtilis* TV-17C) kullanılmıştır. Bu bakterilerden oluşturulan 3 farklı bakteri içerikli formülasyon ve kontrol (K) bakteri içermeyen sadece taşıyıcı sıvı ile kaplanmış tohumlar çiftçi arazilerinde şansa bağlı tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür. Bölge çiftçilerinin kendi ekim alanlarında uygulamış oldukları toprak hazırlığı çalışmalarının aynısı deneme alanlarında yapılmıştır. Kimyasal gübre yarı yarıya azaltılmış ve Yahyalı bölgesindeki deneme arazisinde 4,55 kg/da N (Azot) ve 1,25 lt/da bakteri içerikli formülasyonlar uygulanırken kontrol sahasında 18,80 kg/da N kullanılmıştır. Gemerek bölgesindeki deneme arazisinde ise 14,10 kg/da N ve 0,75 lt/da bakteri içerikli formülasyonlar uygulanırken kontrol sahasında 26,10 kg/da N kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, Yahyalı

bölgesinde %5.27 verim (kg/da) artışı ve %1.85 polar değeri artışı ile formülasyon 2 uygulaması iyi sonuç gösterirken, Gemerek bölgesinde %16.48 verim (kg/da) artışı ve %9.34 polar değeri artışı ile formülasyon 3 uygulaması en iyi sonucu vermiştir. Bu sonuçlar dahilinde şeker pancarı tarımında verim ve çevre sağlığına yönelik ciddi kazanımların olabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Şeker Pancarı, Mikrobiyal Gübre, Verim Artışı, Kimyasal Gübre, Kayseri Şeker Fabrikası, PGPR.

Effects of Bacterial Bioformulations Promoting Plant Growth on Yield and Quality Parameters in Sugar Beet

Abstract

In this study; The effect of microbial fertilizer formulations containing bacteria on beet yield and quality were investigated in Gemerek (Sivas) and Yahyalı (Kayseri), which are the cultivation areas of Kayseri Şeker. "Beta brand Zanzibar (NZ) variety naked seed". Six different bacterial isolates (Pantoea agglomerans RK-79, Pantoea agglomerans RK-92, Bacillus megaterium TV-3D, Bacillus megaterium TV-6D, Paenibacillus polymyxa TV-12E, and Bacillus subtilis TV-17C) were used in the study. 3 different bacteria-containing formulations created from these bacteria and the seeds coated with a carrier liquid that does not contain Control (K) bacteria were carried out in three replications according to the random block trial design based on complete randomization. The same soil preparation application of the local farmers was applied in the experimental areas in their own cultivation areas. The chemical fertilizer was reduced by half and the formulations containing 4.55 kg/da N (Nitrogen) and 1.25 lt / da bacteria were applied in the control area in Yahyalı region. In the Gemerek region, 14.10 kg/da N and 0.75 lt / da bacteria-containing formulations were applied, while 26.10 kg/da N was used in the control area. According to the results of the analysis, while the Formulation 2 application showed good results with 5.27% efficiency (kg/da) increase and 1.85% polar value increase in the Yahyalı region, the increase in Gemerek region was 16.48% yield (kg/da) increase and 9%, Formulation 3 application yielded the best results with an increase of 34 polar values. Within the scope of these results, it is predicted that there may be serious gains in yield and environmental health in sugar beet agriculture.

Keywords: Sugar Beet, Microbial Fertilizer, Yield Increase, Chemical Fertilizer, Kayseri Şeker Fabrikası, PGPR.

1. Giriş

Şeker pancarı (*Beta vulgaris L.*), Chenopodiaceae familyasına ait iki yıllık bir bitkidir. Ilıman iklim bölgelerinde ekonomik olarak önemli bir üründür ve dünya çapında şeker üretiminin yaklaşık %25'ini oluşturur. Şeker endüstrisi, hayvancılık için yem takviyesinde yaygın kullanılan melas ve şeker pancarı posasını (küspe) büyük miktarlarda yan ürün olarak üretir. Küspe ve melas, şeker içeriklerinin yüksek olması nedeniyle kolayca mayalanabilmektedirler. Bu sayede küspe ve melas biyoethanol üretimi içinde büyük bir potansiyele sahiptir. Ayrıca alkol, maya ve ilaç endüstrileri için hammadde sunmaktadır (Taški-Ajduković ve ark., 2017; Çınar, 2018).

Şeker pancarı münavebe (ekim nöbeti) bitkisi olup, ekildiği tarlaya şeker pancarından sonra buğday, arpa, ayçiçeği, nohut, sarımsak gibi münavebe bitkilerinin ekilmesi beklenilir. Türkşeker 2019 Sektör Raporu T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı verilerine göre 2011–2019 yılları arası Türkiye’de üretilen pancar miktarı (bin ton) ve elde edilen verim (ton/da) incelendiğinde; pancar

miktarlarında yıllara göre bazı artışlar ve düşüşler gözlemlenmiş olsa da pancar verimi üzerinde olumsuz bir etki oluşturmamıştır. Bu durumun pancar kalitesi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (URL-1). 2009 yılında yapılan bir çalışmada, şeker pancarı üreticileri için “Türkiye genelinde şeker pancarı üretimindeki düşüşlerinin sebeplerini” araştırmak için bir anket çalışması yapılmıştır. Üreticilerden; kota uygulaması, aşırı gübreleme, aşırı sulama ve hastalık/haşere artışının olumsuz etkileri yönünden kendi önceliklerine göre sıralamaları istenmiştir. Bu anketin sonucunda “kota uygulaması” birinci sırada, “aşırı gübreleme” ikinci sırada yer almıştır (Tuğcu, 2009). Şeker pancarı ve patates gibi toprak altı gövdesine sahip bitkilerin, topraktan besin alımı fazla olduğu için yetiştiriciliğinde çok yüksek miktarlarda kimyasal gübre kullanılması gerekmektedir. 2019 yılı verilerine göre Kayseri, Boğazlıyan ve Turhal Şeker fabrikaları bünyesinde şeker pancarı üretiminde ise 575.202 dekarlık alanda yılda ortalama 61.534 ton kimyasal gübre kullanılmaktadır (URL-2). Kimyasal gübrelerin tarım ürünlerinde verimlilik üzerine olumlu etki gösterdiği bilinmektedir ancak aşırı kullanımı toprağa zarar vermekte ve çevresel problemler ile beraber doğal kaynakların tükenmesine yol açmakta ve şeker pancarı tarımında şeker üretim maliyetlerini oldukça artırdığı bu proje sonuçlarıyla da desteklenmektedir.

Kimyasal ilaç ve gübre kullanımı çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar ile doğal kaynakların kirlenmesine, toprak yapılarının bozulmasına da sebep olmaktadır. Szekeres ve ark. (2016) sürdürülebilir tarım uygulamalarında önemli noktalardan birisinin biyolojik mücadele olduğunu belirtmişlerdir. Gökçe ve Kotan (2016) bakteriyel biyolojik ajanlarının bitki dayanıklılığı uyararak hastalıkların gözlemlenmesinin de azaldığını ve bitkilerin tüm dokularında olumlu etki gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Son yıllarda kullanımları yaygınlaşan, doğrudan ya da dolaylı olarak bitki gelişimini olumlu etkileyen, topraktaki patojenlere karşı koruma sağlayan, çevre sağlığını olumlu etkileyen bakteriler “Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakteriler (PGPR)” olarak adlandırılmakta ve biyolojik gübre olarak kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Yapılan araştırmalara göre bakteriler, bitkilerin büyüme mekanizmalarını etkilemekte ve bazı fizyolojik değişimlere sebep olmaktadır (Çınar, 2018; Çakmakçı, 2005). Karagöz ve Dursun (2019) yaptıkları bir çalışmada, PGPR formülasyonları, kimyasal gübre ve kombinasyonlarının Atatürk Çiçeği (*Euphorbia pulcherrima*) bitkisinde bazı gelişim parametrelerine etkilerini araştırmışlar ve bakteriyel formülasyonların Atatürk Çiçeği bitkisine faydalı olduğunu, kimyasal gübre kullanımının azaltılabileceğini bildirmişlerdir. Bazı

araştırmacıların şeker pancarında bakteriyel formülasyon kullanımları üzerine yapılmış çalışmalarında, ürünün verimi üzerine %16.9'a kadar bir artış olduğunu bildirilmişlerdir (Chen ve ark., 1996).

Şeker pancarı üretiminde; gübre maliyetinin yeri ve önemi, kimyasal gübrelerin çevreye ve toprağa verdikleri zararlar, hastalık ve patojenlerin bitkiye verdiği zararların azaltılması gibi konular ele alınarak bu çalışma planlanmıştır. Çalışmada biri kontrol olmak üzere ve üç farklı bakteri içerikli mikrobiyal gübre formülasyonlarının, kimyasal gübre ile birlikte etkileşimlerinin çiftçi arazi sahalarında değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada, ülkemizdeki çeşitli kültür ve yabancı bitkilerin toprak üstü aksamı veya kök rizosferinden daha önceki çalışmalarda izole edilen, moleküler sistemlerden MIS sistemi kullanılarak tanımlanan, azot fiksasyonu yapabildikleri ve fosfatı çözebildikleri tespit edilen toplam 6 bakteri izolatu kullanılmıştır. Kullanılan bakterilerin listesi Tablo 1'de verilmiştir. Bu isolatlar Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümünde Mikroorganizma Kültür Koleksiyonunda muhafaza edilmektedir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan bakteri isolatları

İzolat no	MIS Tanı Sonuçları	Azot	Fosfat	Kaynak
RK-79	<i>Pantoea agglomerans</i>	+	+	Kotan, 2002; Gökçe ve ark., 2014
RK-92	<i>Pantoea agglomerans</i>	+	K+	Kotan, 2002; Gökçe ve ark., 2014
TV-3D	<i>Bacillus megaterium</i>	K+	+	Erman ve ark., 2010; Ekinci ve ark., 2014
TV-6D	<i>Bacillus megaterium</i>	+	+	Erman ve ark., 2010; Ekinci ve ark., 2014
TV-12E	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	K+	+	Erman ve ark., 2010; Ekinci ve ark., 2014
TV-17C	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	Z+	Erman ve ark., 2010; Ekinci ve ark., 2014

İklimsel ve ekolojik özellikleri birbirinden farklı (Yahyalı bölgesinde karasal iklim hakim olmakla beraber Akdeniz ikliminin etkileri de görülürken, Gemerek bölgesinde karasal iklim hakim) 2 lokasyonda çiftçi tarlaları kullanılarak (Kayseri ili Yahyalı ilçesi Kopçu köyü ve Sivas ili Gemerek ilçesi Karagöl köyü) uygulama yapılmıştır. Tohumlar üç farklı bakteri formülasyonu ile kodlanmıştır. Kontrol olarak sıvı taşıyıcı kullanılmıştır. Formülasyonlarda kullanılan bakteri isolatları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan formülasyonlardaki bakteri içerikleri

Formülasyonlar	Formülasyon İçeriklerindeki Bakteri İzolatları				
Formülasyon 1	TV-3D	TV-6D	TV-12E	RK-79	RK-92
Formülasyon 2	TV-6D	RK-92	TV-17C	-	-
Formülasyon 3	TV-3D	TV-6D	RK-92	-	-

Tarlaların ekim planı, bölünmüş parseller deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak tasarlanmıştır.

Ekimler, bölgelerin iklim şartlarına göre uygun zamanda (6-9 Nisan 2018) pancar ekim mibzeri ile sıra üzeri 10 cm (20 cm teklenmiştir), sıra arası 45 cm olarak yapılmıştır. Çalışmada kök verimi ve şeker verimi yüksek, bazı pancar hastalıklarına toleranslı, makineli hasada uygun, silolama kalitesi yüksek özelliklerine sahip (Beta marka Zanzibar Çeşidi Pancar Tohumu (NZ)) çıplak tohum kullanılmıştır.

Tohumlar ekim yapılmadan önce distile su ile yıkandıktan sonra yukarıda belirtilen bakteri ırklarını içeren formülasyonlar ile başka işleme tabi tutulmadan kaplanarak kurumaya bırakılmıştır. Kontrol ve deneme arazilerindeki gübreleme miktarları, bölgeler arasındaki iklim ve toprak farklılıkları nedeniyle değişiklik göstermiştir. Özellikle bölgelerde yaygın olarak şeker pancarı bitkisi için uygulanan dozlar dikkate alınmıştır. Uzun yıllar gübre kullanımındaki farklılıklara bağlı olarak topraktaki besin element düzeylerinde değişkenlikler meydana gelmiştir. Şeker pancarı bitkisinin optimum gelişim gösterebileceği besin element düzeyi baz alınarak, bölgesel N gübresi ve bakteri uygulama dozları belirlenmiş ve çiftçilerin önceki yıllarda uygulamış oldukları N (azot) miktarlarını %50 azaltarak uygulamaları istenilmiş ve buna göre miktarlar; Yahyalı bölgesindeki deneme arazisinde 4,55 kg/da N ve 1,25 lt/da bakteri içerikli formülasyonu kontrol sahasında 18,80 kg/da N gübresi, Gemerek bölgesindeki deneme arazisinde ise 14,10 kg/da N ve 0,75 lt/da bakteri içerikli formülasyonu uygulanırken kontrol sahasında 26,10 kg/da N gübresi kullanılmıştır.

Uygulamalar sonrası şeker pancarının gelişim süreci devam ederken, tekleme, çapa ve bakım işlemleri yapılmıştır. Zorunlu durumlarda uygulanacak herbisitler ve insektisitler bakteriye sorun oluşturmayacağı dönemlerde ve uygun kimyasallar seçilerek optimum doz belirlenip uygulanması planlanmış fakat herhangi bir kimyasal uygulamasına ihtiyaç duyulmamıştır. Sulama yöntemi yağmurlama sulama ile homojen bir dağılım sağlanacak biçimde yapılmıştır.

Hasat döneminde numuneler alındıktan sonra tek sıralı söküm makinesiyle şeker pancarları hasat edilmiştir. Pancarın bütün vejetatif gelişim döneminde ilk çimlenmeden başlayıp bütün gelişim evreleri hastalık ve zararlılara karşı direnci de dahil olmak üzere gözlemlenmiştir. Her parselden 10m²'lik alanlardan numune sökülmüş, sayımı yapılarak tartılmış ve verimlerin ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Her parselden 15 pancar rastgele seçilip Kayseri Şeker Fabrikası Pancar Analiz Laboratuvarına getirilmiş ve Betalyser sisteminde Sakkaroz (°Z), Sodyum(Na), Potasyum (K) ve Zararlı Azot (Alfa-Amino N) değerlerine bakılmıştır. Ayrıca Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde makro-mikro besin element analizleri için şeker

pancarlarının gövde kısmından alınan numuneler, etüvde 70°C sıcaklıkta 1 gece bekletildikten sonra öğütülüp toz haline getirilmiş “kuru pancar” numunelerinin analizleri yapılmıştır.

Betalyser, şeker pancarındaki şeker içeriği (°Z / Digestion) ve melas oluşturan bileşenler (Na, K, Alfa-Amino N) bakımından resmi ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis) metotlarına göre kalite kontrolü ve analizleri gerçekleştirmeyi hedefleyen bilgisayar kontrollü bir laboratuvar sistemidir (URL-3: <https://www.foodonline.com/doc/betalyser-0001>). Araştırma süresince analizler hasat döneminde alınan örneklerle üç tekrarlı yapılmıştır.

Resmi Gazete 24799 sayılı 28.06.2002 tarihinde yayınlanan “Ham madde ve Şeker Fiyatları Yönetmeliği’ne” göre, fire; üreticilerden teslim alınan pancardaki yaprak, toprak, çamur, kuyruk ve düzgün kesilmeyen baş kısmı vb. yabancı maddelerin teslim alınan pancara göre yüzdesini ifade etmektedir. Bu araştırma kapsamında ise fire %7 olarak kabul edilmiştir (URL-4).

Pancar örneklerinde P, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B, Cd, Cr, Ni ve Pb element içerikleri nitrik asit-perklorik asit (4:1) ile yakmaya tabi tutulduktan (Mertens, 2005a) sonra ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Coupled Plasma spectrophotometer) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens, 2005b).

Betalyser ve ICP cihazlarından elde edilen laboratuvar sonuçları, %95’lik güvenilirlik düzeyinde ($p < 0,05$), gruplara (Yahyalı ve Gemerek bölgesi, deneme alanı ve kontrol alanı) göre istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının anlaşılması için SPSS programı One-Way ANOVA, Post-Hoc LSD Testi kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Şeker Pancarı Bitkisinde Bakteri Uygulamasının Polar, Verim ve Kalite Parametrelerine Etkisi

3.1.1. Gemerek Bölgesi

Bakteri uygulamalarının; Gemerek bölgesinde şeker pancarındaki digestion ve verim (%) oranları olmak üzere bazı kalite ve verim parametreleri ile dekadaki ağırlığı üzerine etkilerini gösteren sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Gemerek bölgesinde bakteri uygulamaları ile elde edilmiş betalyser cihazı analiz sonuçları ($p<0.05$)

Uygulamalar	Digestion	Na	K	N	Verim (%)	Verim (kg/da)
Formülasyon 1	17.52 ^a	1.14 ^a	4.47 ^a	1.51 ^a	15.88 ^a	12836.67 ^a
Formülasyon 2	16.92 ^{a,b}	1.14 ^a	4.48 ^a	1.70 ^a	15.24 ^a	13015.00 ^a
Formülasyon 3	17.76 ^a	0.82 ^a	4.36 ^a	1.26 ^a	16.23 ^a	12365.00 ^a
Kontrol	16.24 ^b	1.79 ^b	5.59 ^a	3.41 ^b	13.94 ^b	12700.00 ^a

Digestion oranı bakımından şeker pancarı incelendiğinde, bakteri uygulamalarına göre digestion oranındaki değişim, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). En yüksek digestion oranı formülasyon 3 uygulamasından elde edilirken (17.76), en düşük değer ise kontrolden elde edilmiştir (16.24). Formülasyon 2 ve formülasyon 1 uygulamalarından elde edilen değerler kontrole göre yüksek, formülasyon 3 uygulamasına göre daha düşük ölçülmüştür. Formülasyon 3 uygulamasında kontrole göre digestion oranında %9.35 oranında artış meydana gelmiştir. Sodyum (Na) bakımından şeker pancarları incelendiğinde, bakteri uygulamalarına göre Na oranındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). En düşük Na oranı formülasyon 3 uygulamasından elde edilirken (0.82), en yüksek değer ise kontrolden elde edilmiştir (1.79). Formülasyon 2 ve formülasyon 1 uygulamalarından elde edilen değerler kontrole göre düşük olurken, formülasyon 3 uygulamasına göre yüksek ölçülmüştür. Formülasyon 3 uygulamasında, kontrole göre Na oranında %54.18 oranında azalış meydana gelmiştir. K bakımından şeker pancarı incelendiğinde, bakteri uygulamalarına göre K oranındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p<0.05$). En yüksek K oranı kontrolden elde edilirken (5.59), en düşük değer ise formülasyon 3 uygulamasından (4.36) elde edilmiştir. Formülasyon 2 ve formülasyon 1 uygulamalarından elde edilen değerler kontrole göre düşük olurken, formülasyon 3 uygulamasına göre yüksek ölçülmüştür. Formülasyon 3 uygulaması ile kontrole göre K oranında %22.00 oranında azalış meydana gelmiştir. N bakımından şeker pancarı incelendiğinde, bakteri uygulamalarına göre N oranındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). En düşük N oranı formülasyon 3 uygulamasından elde edilirken (1.26), en yüksek değer (3.41) ise kontrolden elde edilmiştir. Formülasyon 2 ve formülasyon 1 uygulamalarından elde edilen değerler kontrole göre düşük olurken, formülasyon 3 uygulamasına göre yüksek ölçülmüştür. Formülasyon 3 uygulaması ile kontrole göre N oranında %63.04 oranında azalış meydana gelmiştir. Verim% (Aritilmiş şeker oranı) bakımından şeker pancarı incelendiğinde, bakteri uygulamalarına göre verim% oranındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur

($p<0.05$). En yüksek verim% oranı formülasyon 3 uygulamasından elde edilirken (16.23), en düşük değer (13.94) ise kontrolden elde edilmiştir. Formülasyon 2 ve formülasyon 1 uygulamalarından elde edilen değerler kontrole göre yüksek olurken, formülasyon 3 uygulamasına göre düşük ölçülmüştür. Formülasyon 3 uygulaması ile kontrole göre verim% oranında %16.42 oranında artış meydana gelmiştir. Dekardaki ağırlık oranı (verim kg/da) bakımından şeker pancarı incelendiğinde, bakteri uygulamalarına göre verim kg/da oranındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p<0.05$). En yüksek verim kg/da oranı formülasyon 2 uygulamasından elde edilirken (13.015,00), en düşük değer ise formülasyon 3 uygulamasından elde edilmiştir (12.365,00).

3.1.2. Yahyalı bölgesi

Bakteri uygulamalarının; Yahyalı bölgesinde şeker pancarındaki digestion ve verim (%) oranları olmak üzere bazı kalite ve verim parametreleri ile dekadaki ağırlığı üzerine etkilerini gösteren sonuçlar Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Yahyalı bölgesinde bakteri uygulamaları ile elde edilmiş betalyser cihazı analiz sonuçları
($p<0.05$)

Uygulamalar	Digestion	Na	K	N	Verim (%)	Verim (kg/da)
Formülasyon 1	17.06 ^a	0.60 ^a	4.78 ^a	0.86 ^a	15.61 ^a	9390.00 ^a
Formülasyon 2	17.09 ^a	0.55 ^a	4.62 ^a	0.93 ^a	15.65 ^a	8930.00 ^a
Formülasyon 3	16.87 ^a	0.63 ^a	4.85 ^a	0.97 ^a	15.38 ^a	8631.67 ^a
Kontrol	16.48 ^a	1.04 ^b	4.78 ^b	1.34 ^b	14.87 ^b	9295.00 ^a

Digestion oranı bakımından şeker pancarı incelendiğinde, bakteri uygulamalarına göre digestion oranındaki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p<0.05$). En yüksek digestion oranı formülasyon 2 uygulamasından elde edilirken (17.09), en düşük değer ise kontrolden elde edilmiştir (16.48). Formülasyon 3 ve formülasyon 1 uygulamalarından elde edilen değerler kontrole göre yüksek iken, formülasyon 2 uygulamasına göre düşük ölçülmüştür. İstatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen formülasyon 2 uygulaması ile kontrole göre digestion oranında %3.70 oranında artış meydana gelmiştir. Na bakımından şeker pancarı incelendiğinde, bakteri uygulamalarına göre Na oranındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). En düşük Na oranı formülasyon 2 uygulamasından elde edilirken (0.55), en yüksek değer ise kontrolden elde edilmiştir (1.04). Formülasyon 3 ve formülasyon 1 uygulamalarından elde edilen değerler kontrole göre düşük

olurken, formülasyon 2 uygulamasına göre yüksek ölçülmüştür. Formülasyon 2 uygulaması ile kontrole göre Na oranında %47.11 oranında azalış meydana gelmiştir. K bakımından şeker pancarı incelendiğinde, bakteri uygulamalarına göre K oranındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). En yüksek K oranı formülasyon 3 uygulamasından elde edilirken (4,85), en düşük değer ise formülasyon 1 uygulaması ve kontrolden elde edilmiştir (4,78). Formülasyon 2 uygulamasından elde edilen değer ise 4,62 ile en düşük değer olarak ölçülmüştür. Formülasyon 3 uygulaması ile kontrole göre K oranında %1.46 oranında azalış meydana gelmiştir. N bakımından şeker pancarı incelendiğinde, bakteri uygulamalarına göre N oranındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). En düşük N oranı formülasyon 1 uygulamasından elde edilirken (0,86), en yüksek değer ise kontrolden elde edilmiştir (1,34). Formülasyon 2 ve formülasyon 3 uygulamalarından elde edilen değerler kontrole göre düşük olurken, formülasyon 3 uygulamasına göre yüksek ölçülmüştür. Formülasyon 1 uygulaması ile kontrole göre N oranında %55.81 oranında azalış meydana gelmiştir. Verim% (Aritilmiş şeker oranı) bakımından şeker pancarı incelendiğinde, bakteri uygulamalarına göre verim% oranındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). En yüksek verim% oranı formülasyon 2 uygulamasından elde edilirken (15,65), en düşük değer ise kontrolden elde edilmiştir (14,87). Formülasyon 1 ve formülasyon 3 uygulamalarından elde edilen değerler kontrole göre yüksek olurken, formülasyon 2 uygulamasına göre düşük ölçülmüştür. Formülasyon 3 uygulaması ile kontrole göre verim% oranında %5.24 oranında artış meydana gelmiştir. Dekardaki ağırlık oranı (Verim kg/da) bakımından şeker pancarı incelendiğinde, bakteri uygulamalarına göre verim kg/da oranındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p<0.05$). En yüksek verim kg/da oranı formülasyon 1 uygulamasından elde edilirken (9.390,00), en düşük değer ise formülasyon 3 uygulamasından elde edilmiştir (8.631,67).

Çakmakçı ve ark. (2012) yaptıkları bir çalışmada, PGPR aşılması yapılan topraklardan şeker pancarı bitkisinde daha yüksek verim bekleneceği sonucunu çıkarmışlardır. Çakmakçı ve ark. (2006) 'nın bir diğer çalışmasında ise, aşırı gübre kullanımından kaynaklanan çevre kirliliği ve kimyasal gübre üretimine kıyasla çalışmada test edilen bakterilerin daha sürdürülebilir ve çevre dostu tarımsal üretim için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Meena ve Rai (2017) çalışmasında *Triticum aestivum* üzerine PGPR'ların etkilerini tespit etmişler ve denemesi yapılan 3 bakteri izolatu grubunda kontrole göre daha iyi performans gösterdiğini bildirmişlerdir. Artyszak ve Gozdowski (2020) yaptıkları çalışmada, PGPR kullanarak şeker pancarının şeker verimini düşürmeden %30 daha az kimyasal gübre kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Yağmur ve Güneş (2021) çalışmasında domates

(*Solanum lycopersicum*) bitkisi üzerine PGPR'ların etkilerini araştırmışlar ve deneme grubunun kontrol grubuna göre yaklaşık %20 verim artışına sebep olduğunu bildirmişlerdir. Seema ve ark. (2018) çalışmalarında çilek (*Fragaria ananassa*) bitkisinde PGPR'ların kök + yaprak uygulamasının büyüme, verim ve meyve kalitesi açısından iyi sonuçları verdiğini ifade etmişlerdir. Farzana ve ark. (2021) çalışmalarında *Ipomoea batatas* L. üzerine PGPR ve farklı N gübresi dozajlarının (0, 33 ve 100 kg N ha⁻¹) verime olan etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda en iyi verimi PGPR, 33 kg N ha⁻¹ uygulamasından elde ettiklerini ifade etmişlerdir. Khan ve Bano (2019) çalışmasında su stresi çeken tarla bitkilerine PGPR uygulaması yapıldıktan sonra büyüme üzerine etkileri ve verimlerini incelemişler çalışma sonucunda PGPR'ların bitkilerde kök büyümesini sağlayarak kuraklık toleranslarını iyileştirdiklerini ifade etmişler ve aynı zamanda besin alımını da iyileştirdiğini özellikle de tahıllarda etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Serbest yaşayan bakteriler, besin kaynağı olarak toprak organik maddesine bağlı olduğundan, toprağa organik madde eklenmesi, PGPR'nin azot fiksasyonunu ve bitki büyümesini teşvik edici aktivitesini artırabileceği yukarıdaki literatür çalışmalarında gözlemlendiği gibi bizim çalışmamızda literatür ile uyumlu olmuştur. Çalışmadaki iki bölgede de PGPR'ların faydalı olduğu görülmüştür. İki bölgede farklı bakteri gruplarının daha iyi sonuç gösteriyor olması, bölgesel iklim farklılıkları, toprak yapısı ve çiftçinin kullandığı kimyasal gübre miktarına bağlı olabileceği düşünülmüştür. Bunların yanı sıra her iki bölgede de şeker pancarı için en önemli besin elementleri arasında yer alan Na, K ve N elementlerinin etkileri de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve literatür ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

3.2. Şeker Pancarı Bitkisinde Bakteri Uygulamasının Makro ve Mikro Elementlere Etkisi

3.2.1. Gemerek bölgesi

Tablo 5. Gemerek bölgesinde bakteri uygulamaları ile elde edilmiş hasat sonrası kuru pancar numuneleri ICP analiz sonuçları (p<0.05)

Uygulamalar	B	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	P	Pb	S	Zn
Formülasyon 1	8.71 ^a	1602.92 ^a	0.21 ^a	3.08 ^a	3.88 ^a	593.08 ^a	995.79 ^a	22.88 ^a	3.42 ^a	592.00 ^a	8.88 ^a	475.21 ^a	34.25 ^a
Formülasyon 2	7.88 ^a	1689.25 ^a	0.00 ^a	3.83 ^a	3.58 ^a	627.96 ^a	1024.00 ^a	24.13 ^a	3.04 ^a	616.63 ^a	14.33 ^{a,b}	572.25 ^a	26.08 ^a
Formülasyon 3	8.75 ^a	1732.96 ^a	0.00 ^a	2.58 ^a	3.67 ^a	558.92 ^a	1015.96 ^a	25.83 ^a	3.50 ^a	624.33 ^a	10.67 ^{a,b}	540.04 ^a	24.21 ^a
Kontrol	6.75 ^a	973.75 ^a	0.13 ^a	0.88 ^b	3.50 ^a	164.00 ^a	1216.88 ^a	11.75 ^a	0.00 ^a	628.50 ^a	9.38 ^a	702.25 ^a	25.25 ^a

Gemerek bölgesi hasat sonrası kuru pancarları, ICP metodu ile Bor (B), Kalsiyum (Ca), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Demir (Fe), Magnezyum (Mg), Mangan (Mn), Nikel (Ni), Fosfor (P), Kurşun (Pb), Kükürt (S) ve Çinko (Zn) elementleri bakımından incelendiğinde, Krom (Cr) elementi, bakteri uygulamalarına göre hasat sonrası kuru pancar oranındaki değişimi istatistiksel olarak anlamlı bulunurken (Formülasyon 2: 3,83 – Kontrol: 0,88), diğer elementler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p<0.05$).

3.2.2. Yahyalı bölgesi

Tablo 6. Yahyalı bölgesinde bakteri uygulamaları ile elde edilmiş hasat sonrası kuru pancar numuneleri ICP analiz sonuçları ($p<0.05$)

Uygulamalar	B	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	P	Pb	S	Zn
Formülasyon 1	6.75 ^a	2477.17 ^a	0.17 ^a	0.95 ^a	3.54 ^a	271.42 ^a	970.12 ^a	11.58 ^a	0.96 ^a	474.12 ^a	9.17 ^a	240.29 ^a	22.54 ^a
Formülasyon 2	6.50 ^a	7017.5 ^a	0.00 ^a	0.92 ^a	3.12 ^a	772.87 ^a	1590.96 ^a	22.79 ^a	0.79 ^a	398.25 ^a	11.75 ^{a,b}	256.79 ^a	23.96 ^a
Formülasyon 3	7.17 ^a	4865.83 ^a	0.04 ^a	1.33 ^a	3.17 ^a	513.54 ^a	1276.29 ^a	18.12 ^a	0.54 ^a	449.71 ^a	13.17 ^{a,b}	299.71 ^a	27.71 ^a
Kontrol	3.87 ^a	1631.25 ^a	0.00 ^a	2.25 ^b	2.37 ^a	168.25 ^a	1219.12 ^a	9.25 ^a	0.00 ^a	429.75 ^a	5.37 ^a	361.37 ^a	19.12 ^a

Yahyalı bölgesi hasat sonrası kuru pancar ICP metodu ile Bor (B), Kalsiyum (Ca), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Demir (Fe), Magnezyum (Mg), Mangan (Mn), Nikel (Ni), Fosfor (P), Kurşun (Pb), Kükürt (S), ve Çinko (Zn) elementleri bakımından şeker pancarı incelendiğinde bakteri uygulamalarına göre hasat sonrası kuru pancar oranındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p<0.05$).

Rahimi ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada mikro elementlerin şeker pancarı üzerine etkilerine araştırmışlar ve şeker oranı %15.48-17.77, K varlığı 6.65-7.86 (meq/100 g pulp), Na varlığı 1.30-1.95 (meq/100 g pulp), N varlığı 1.34-7.95 (meq/100 g pulp) arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Çakmakçı ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerin muradiye 10 çay klonunda gelişme, verim ve besin alımı üzerine etkisini araştırmışlar ve PGPR'ın çay gelişmesini teşvik ettiklerini, yaprak makro ve mikro element içeriklerini artırdıklarını tespit etmişler. Karlıdağ ve ark. (2007) elma üzerinde yaptıkları çalışmada, PGPR uygulamasının besin içeriğinde bulunan N, K, Zn, Fe, Ca, Mn, P ve Mg elementlerini Mg hariç arttırdığını ve bitki gelişimi ile verimini olumlu etkilediğini ifade etmişlerdir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Sonuç olarak; tarımda şeker pancarı gibi gübre kullanımının fazla olduğu bitkilerin yetiştiriciliğinde, kimyasal gübre kullanımı azaltılarak bakteri içerikli formülasyonlar dahil olmak üzere mikrobiyal gübrelerin hem çevre ve su kaynaklarında kirliliği azaltması hem de temin edilirken yurtdışına bağlı olduğundan maliyetin düşürülmesi gibi birçok konuda faydalı olabileceği için kullanımı artırılmalıdır. Bu çalışmada, literatürdeki çalışmalara paralel olarak, her iki bölgede de verim artışında istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilmiş, digestion oranında Gemerek bölgesinde istatistiksel anlamlılık söz konusu iken Yahyalı bölgesinde artış olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bunun sebebinin bölgesel iklim farklılıkları, toprak yapısı ve çiftçinin kullandığı kimyasal gübre miktarına bağlı olabileceği düşünülmüştür. Buna bağlı olarak kimyasal gübre kullanımı Gemerek bölgede fazla olduğundan bakteri içerikli formülasyonların toprakta dönüştüreceği elementlerin artması ile bitki gelişimini daha olumlu etkilediği düşünülmüştür. Böylece kimyasal gübrelerin tek başına kullanılmamasının hem maliyet hem çevreye/toprağa olumsuz etkilerinin azaltılması yönünden faydalı olacağı, mikrobiyal gübreler ile birlikte kullanılması durumunda bitkiler topraktaki besin elementlerinden daha iyi faydalanarak verim ve kalite parametrelerini olumlu etkileyeceği bu çalışma ile de desteklenmiştir. Çalışma sonucunda kimyasal gübrelerin %50 azaltılarak bakteri gübreleri ile birlikte kullanımının maliyet ve karlılık açısından daha uygun olacağı düşünülmektedir. 1 nolu bakteri formülasyonun buğday bitkisindeki etkinlik denemeleri Süpersol Biyoteknoloji Anonim Şirketi adına Prof. Dr. Recep Kotan tarafından Erzurum'da yürütülmüştür ve tohum kodlaması yapılan denemede mikrobiyal gübre uygulamasının kontrol uygulamasına göre değerlendirilen bütün parametrelerde artışa sebep olmuştur. Bu artış en düşük % 2.14 oranı ile hektolitre ağırlığında olurken, en yüksek % 21.88 ile tane veriminde olmuştur. Bu deneme sonucunda 1 nolu bakteri formülasyonu SS SUPER PAN ticari ismi ile Süpersol Biyoteknoloji Anonim Şirketi adına tescillendirilmiş (Süpersol Biyoteknoloji Lisans no: 1249, SS-Süper Pan Tescil No: 11471), üretim tesisi kurularak piyasaya sürülmüştür.

Yazarların Katkısı

Bu çalışma yürütülürken denemenin kurulması, analizlerin yapılması, istatistiksel analizlerin yapılması, makalenin yazılmasında bütün yazarlar eşit oranda katkı sunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Teşekkür

Çalışmada kullanılan bakteri formülasyonlarının hazırlanmasında katkıları olan Süpersol Biyoteknoloji Anonim Şirketi'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Artyszak, A., and Gozdowski, D. (2020). The effect of growth activators and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) on the soil properties, root yield, and technological quality of sugar beet. *Agronomy*, 10(9), 1262.
- Çakmakçı, R., Dönmez, F., Aydın, A., and Şahin, F. (2006). Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(6), 1482-1487.
- Çakmakçı, R. (2005). Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(1), 97-107.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Dönmez, M. F., Mustafa, E. R. A. T., Kutlu, M., Sekban, R. ve Haznedar, A. (2012). Azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerin Muradiye 10 çay klonunda gelişme, verim ve besin alımı üzerine etkisi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5(2), 176-181.
- Chen, Y., Mei, R., Lu, S., Liu, L. and Kloepper, J. W.(1996). The use of yield increasing bacteria (YIB) as plant growth-promoting rhizobacteria in Chinese agriculture. Utkhede, RS & Gupta, VK (Ed.) *Management of soil born diseases*. Ludhiana. Kalyani Publishers, 165-184.
- Çınar, V. M. (2018). *Farklı bitki büyüme teşvik edici bakteri uygulamalarının şeker pancarında (Beta vulgaris var. saccharifea L.) verim ve şeker içeriğine etkisi (Master's thesis)*. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Ekinci, M., Turan, M., Yildirim, E., Güneş, A., Kotan, R. and Dursun, A.(2014). Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth, nutrient, organic acid, amino acid and hormone content of cauliflower (*Brassica oleracea* l. var. *botrytis*) transplants. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 13 (6): 71-85.
- Erman, M., Kotan, R., Çakmakçı, R., Çığ, F., Karagöz, F. ve Sezen, M. (2010, Haziran). *Van Gölü Havzası'ndan izole edilen azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerin buğday ve şeker pancarında büyüme ve verim özellikleri üzerine etkileri*. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu (s. 325-329). Erzurum.
- Gökçe, A. Y. ve Kotan, R. (2014, Şubat). *Buğday kök çürüklüğüne neden olan Bipolaris sorokiniana (Sacc.) fungusunun PGPR ve antagonist bakteriler kullanılarak kontrollü koşullarda biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması*. Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi (s. 358). Antalya.

- Gökçe, A. Y., ve Kotan, R. (2016). Buğday kök çürüklüğüne neden olan *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.)'ya karşı PGPR ve biyoajan bakterileri kullanılarak kontrollü koşullarda biyolojik mücadele imkanlarının araştırılması. *Bitki Koruma Bülteni*, 56(1), 49-75.
- Kaplan, M., Aktaş, M., Güneş, A., Alpaslan, M., ve Sönmez, S. (2000). *Türkiye Gübre Üretim ve Tüketiminin Değerlendirilmesi*. V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, 881-900.
- Karagöz, F. P. and Dursun A. (2019). Effects of Different PGPR Formulations, Chemical Fertilizers and Their Combinations on Some Plant Growth Characteristics of Poinsettia. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29, 9-15.
- Karlıdag, H., Esitken, A., Turan, M. and Sahin, F. (2007). Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. *Scientia Horticulturae*, 114(1), 16-20.
- Khan, N., & Bano, A. (2019). *Growth and yield of field crops grown under drought stress condition is influenced by the application of PGPR*. In *Field Crops: Sustainable Management by PGPR* (pp. 337-349). Springer, Cham.
- Kotan, R. (2002). *Doğu Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilen yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarından izole edilen patojen ve saprofitik bakteriyel organizmaların klasik ve moleküler metotlar ile tanısı ve biyolojik mücadele imkânlarının araştırılması*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Erzurum. S: 217.
- Meena, P. and Rai, A. K. (2017). Effect of PGPR on morphological properties of different varieties of wheat (*Triticum aestivum*). *The Pharma Innovation*, 6 (7, Part D), 271.
- Mertens, D. (2005a). *Plants preparation of laboratory sample*. In: Horwitzand W, Latimer GW, editors. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Gaithersburg, MA, USA: AOAC International, pp. 1–2.
- Mertens, D. (2005b). *Metal in plants and pet foods.*, In: Horwitz W, Latimer GW, editors. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Gaithersburg, MA, USA: AOAC International, pp. 3–4.
- Rahimi, A., Arslan, N., ve Esmzad, S. (2016). Mikro Elementlerin (Fe, Zn, B ve Mn), Şekerpancarında (*Beta vulgaris* L.) Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel Sayı-2), 71-76.
- Seema, K., Mehta, K., & Singh, N. (2018). Studies on the effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on growth, physiological parameters, yield and fruit quality of strawberry cv. chandler. *J Pharmacog Phytochem*, 2(7).
- Szekeres, A. (2005). Echophysiological and molecular investigation of Trichoderma strains isolated from winter wheat rhizosphere. *Acta Biologica Szegediensis*, 49(3-4), 61-61.
- Taški-Ajduković, K., Nagl, N., Ćurčić, Ž. and Zorić, M. (2017). Estimation of genetic diversity and relationship in sugar beet pollinators based on SSR markers. *Electronic Journal of Biotechnology*, 27, 1-7.
- Tuğcu, G. (2009). *Pankobirliğin 4634 Sayılı Şeker Kanunu çerçevesinde ülke şeker piyasasındaki yerinin şeker pancarı üreticisi açısından değerlendirilmesi (Master's thesis)*. Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- URL-1: http://www.turkseker.gov.tr/data/dokumanlar/2019_Sektor_Raporu.pdf, (Erişim Tarihi: 25.12.2020).

- URL-2: <https://www.kayseriseker.com.tr/Site/YiBelge/a58cec44-7254-46f2-b181-fa4fab144deb.pdf> (Erişim Tarihi: 06.05.2021).
- URL-3: <https://www.foodonline.com/doc/betalyser-0001>, (Erişim Tarihi: 22.12.2020).
- URL-4: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5215&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, (Erişim Tarihi: 05.05.2021).
- Yagmur, B., and Gunes, A. (2021). Evaluation of the Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield and Quality Parameters of Tomato Plants in Organic Agriculture by Principal Component Analysis (PCA). *Gesunde Pflanzen*, 1-10.
- Yasmin, F., Othman, R., Vijayan, H., & MHM, N. (2021). Response of Sweet Potato to Application of Pgpr and N Fertilizer. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 10799-10812.

**IJEASED****ULUSLARARASI DOĞU ANADOLU FEN MÜHENDİSLİK VE TASARIM
DERGİSİ / INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN****ISSN: 2667-8764**

YAZAR REHBERİ / AUTHOR GUIDE

1. KAPSAM VE GENEL BİLGİ

Dergimiz 2019 yılının Mayıs ayında kurulmuş olup, dergi kapsamı konularında fen bilimleri, mühendislik ve tasarım teknolojisi alanlarında yapılan akademik çalışmaları kapsamaktadır. Dergimizde Türkçe ve İngilizce dilinde makale yazımı imkanı bulunmaktadır. **Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi (IJEASED)**; dergi kapsamı alanlarında hazırlanmış özgün araştırma makalelerin, güncel derlemelerin, konferans bildirilerinin, teknik notların ve editöre mektupların yayımlandığı **uluslararası indeksli hakemli bir bilimsel dergidir**. IJEASED yılda iki kez elektronik ortamda yayımlanan, açık erişimli ve ücretsiz olan, makalelerin en az iki hakem tarafından kör hakemlik uygulamasıyla değerlendirilen, yayın dili Türkçe ve İngilizce olan, yayın sürecinin hiçbir aşamasında yazarlardan herhangi bir yayın ücreti talep etmeyen hakemli bir dergidir.

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi (IJEASED); bütün Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Tasarım alanlarında daha önce başka yerlerde yayınlanmamış, özgün araştırma makaleleri, güncel derlemeler, konferans bildirileri, teknik notlar ve editöre mektuplar yayınlanır. Dergi **bilimsel ve hakemli** bir dergi olup, **Temmuz ve Aralık** aylarında olmak üzere yılda **2 kez çevrimiçi** ortamda **elektronik** yayımlanır. Derginin amacı araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin bilimsel yayına dönüştürülmesi, ulusal ve uluslararası indekslere girerek evrensel bilime katkı sağlamaktır.

2. YAYIN DİLİ VE ANLATIM

Dergide yayınlanacak tüm yazılar için yayın dili 2019'dan itibaren olmak üzere Türkçe ve İngilizce'dir. Makale içerisinde yazar tarafından gerçekleştirilen çalışmalara yönelik (Deneyssel çalışmalar, analizler vb) anlatımlarda üçüncü şahıs kullanılmaya özen gösterilmelidir.

3. ELEKTRONİK ORTAMDA BAŞVURU

Dergi ile ilgili **tüm yazışmalarda** DergiPark tarafından sağlanan arayüz kullanılmalıdır. Dergi **yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış** makaleler, basılı kopyaya gerek olmaksızın, Ulakbim Dergipark üzerinden <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased> adresi kullanılarak

gönderilmelidir. Dergiye makale göndermek isteyen yazarların yazım kuralları ile birlikte **"Gönderi Kontrol Listesi"**ndeki her maddeyi de kontrol etmeleri gerekmektedir. Makaledeki bilgilerin doğruluğunun sorumluluğu yazar(lar)a aittir. Yayınlanacak makalelerde, araştırma ve yayın etiğine uygunluk esastır. **"Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu"** doldurulup bütün yazarlar tarafından imzalanmalıdır. Yayın ile ilgili işlemler bu formun tesliminden sonra başlar. Bu formun farklı kopyaları başka şehirlerde yaşayan yazar(lar) tarafından ayrı ayrı imzalanıp gönderilebilir. Hayvanların veya zararlı maddelerin kullanıldığı araştırmalarda **"Etik Kurul İzin Belgesi"**nin makaleye eklenmesi gerekir. İnsanların denek olarak kullanıldığı araştırma sonuçlarını içeren makalelerde yazar(lar), "insan denemeleri üzerinde yetkili kurul" etik standartlarına ve gözden geçirilmiş Helsinki bildirgesi 1983'e uygunluğunu belgelemeleri gerekir.

4. DEĞERLENDİRME SÜRECİ

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi'ne iletilen yazılar öncelikle dergi baş editörünün yönlendireceği bölüm editörü tarafından konu başlığı ve anahtar kelimelere dayanılarak biçimsel açıdan değerlendirilir. Bu ön kontrol aşamasında öncelikle intihal tespit yazılımları kullanılarak benzerlik raporları oluşturulur. Aday yayının benzerlik raporu toplamda %15, tek bir kaynaktan ise %5 oranından fazla olmamalıdır. Daha sonra incelenen yayının dergi formatına uygun olup olmadığına karar verilir. "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" olmayan veya eksik olan aday yayınlar ile benzerlik oranı sınırlarını aşan aday yayınlar ön incelemeye alınmaz. Dergi yazım kurallarına uygun hazırlanmayan makaleler düzeltilmek üzere yazara geri gönderilir. Formata uygun olarak hazırlanan yazılar dergi baş editörü tarafından inceleme sürecinin gerçekleştirilmesi için ilgili bölüm editörüne yönlendirilir.

Bölüm editörü bilimsel içerik bakımından değerlendirilmek üzere aday yayını, konusuna uygun olarak en az üç hakeme yönlendirir. Hakem seçiminde öncelikle konu ile ilgili dergi yayın danışma kurulu üyelerinden ya da alanında uzman başka bir bilim insanından yararlanılır. Hakemler değerlendirmeleri sonucunda, uygun, düzeltilerek yayınlanabilir, düzeltildikten sonra tekrar görmek isterim, istediğim düzeltmelerin kontrolünü derginin uzman bilimsel ekibi tarafından yapılması uygundur veya yayınlanamaz şeklinde kararları verebilirler. Düzeltme istenen yazılarla ilgili olarak yazar gerekli düzeltmeleri yapar. Ayrıca katılmadığı hususlarla ilgili olarak gerekçeli yazısını dergiye gönderir. Hakem kurulu tarafından farklı türde değerlendirilen yazılar için bölüm editörü kendi görüşünü de ekleyerek değerlendirmenin sonuçlandırılması için baş editöre iletir. Değerlendirmede son karar baş editöre aittir. Baş editör gerekli görürse yeni bir hakem tayin eder veya yazı ile ilgili kararını sonuçlandırır. Tüm değerlendirmeler sonucunda kabul ya da red kararı gerekçeleri ile birlikte DergiPark üzerinden yazışmadan sorumlu yazara iletilir. Değerlendirme sonucu kabul edilen makaleler dergi sekreteryası tarafından esasa bağlı kalınarak yayına uygun formata dönüştürülür. Dergide yayımlanan makaleler başka hiç bir yerde yayımlanamaz veya bildiri olarak sunulamaz. Kısmen veya tamamen yayımlanan makaleler kaynak gösterilmeden hiçbir yerde kullanılamaz. Dergiye gönderilen makalelerin içerikleri özgün, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere gönderilmemiş olmalıdır. Değerlendirmeye sunulacak çalışmaların bir başka dergiye gönderilmediği veya basılmadığı ön yazı ile belirtilmelidir. Makale basım için kabul edilmezse "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" nun yasal bir önemi kalmaz ve hükümsüz olarak kabul edilir. Bu Form'un

imzalanması ile yazarlar, makalenin “**ULUSLARARASI DOĞU ANADOLU FEN MÜHENDİSLİK VE TASARIM DERGİSİ (IJEASED)**” web sayfasında yayınlamasına ilaveten makalenin tamamı veya bir kısmının yasal olarak çoğaltılması ve dağıtılması hakkını Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi’ne devrederek, kendi haklarından feragat etmektedirler.

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi’ne gönderilen çalışmalar aşağıdaki süreçlerden geçmektedir:

Hakem değerlendirmesi öncesi süreç:

- 1- Yazar(lar) çalışmalarını Dergipark platformu aracılığıyla dergiye gönderirler.
- 2- Editör kurulu 15 gün içerisinde, çalışmanın okunabilir, tamamlanmış, orijinal olup olmadığını, derginin yayın politikası doğrultusunda değerlendirirler.
- 3- Editör kurulu yukarıdaki özelliklere sahip olan çalışmaları **çift kör hakemlik sistemi** doğrultusunda değerlendirme aşamasına alır yada çalışmayı yazar(lar)a gerekçelerini sunarak Dergipark platformu üzerinden geri gönderirler.

Hakem değerlendirmesi süreci:

- 1- Editör kurulu, hakem değerlendirmesi sürecine girecek çalışmaları belirledikten sonra, **en az iki hakemin** değerlendirmesine sunulmak üzere çalışmayı hakeme iletirler.
- 2- Hakemlerin gönderilen davete yanıt vermeleri için 15 gün süreleri bulunmaktadır. Hakemlerin davete yanıt vermemeleri durumunda, 7 günlük ek zaman diliminde yanıt verebilmeleri için hakemlere davet yeniden gönderilir.
- 3- Davet hakemlerden biri ya da ikisi tarafından kabul edilmezse, çalışmanın iki hakem tarafından değerlendirilebilmesi için davet yeni hakemlere iletir.
- 4- Davet kabul edildikten sonra hakemlerin çalışmayı değerlendirme süresi 42 gündür. 42 gün içerisinde hakemler çalışmayı değerlendirmezse, 7 gün ek süre verilir. Hakemler değerlendirmelerini **Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi’nin** yayın kurulu tarafından oluşturulmuş hakem değerlendirme formu üzerinden gerçekleştirirler.
- 5- Çalışma hakemler tarafından değerlendirildikten sonra, çalışma yazar(lar)a hakem adlarını görmeyecekleri biçimde iletir ve yazar(lar) gerekli düzenlemelerini gerçekleştirirler.
- 6- Hakemler arasında kabul-red uyuşmazlığı olması durumunda, çalışma editör kurulunun onayıyla yayınlanabilir, reddedilebilir ya da üçüncü bir hakeme iletilebilir.

Hakem değerlendirmesi sonrası süreci:

- 1- Editör hakemlerden gelen değerlendirme sonucuna göre, yazardan gerekli değişiklikleri yapmalarını ve revize edilmiş dosyayı yüklemelerini isterler veya değerlendirme sonuçlarının durumuna göre makaleye "**Red**" kararı verilebilir.
- 2- Yazım Kural Kontrolü bu adımda da yapılır.

3- Editör revizyondan sonra hakem değerlendirmesinin olumlu sonuçlanmasının ardından makaleyi kabul eder ve düzenlemeye geçer. Düzenleme işleminden sonra Dergi gelecek sayısında veya sayının Erken görünümünde yazar veya yazarların makalesini yayına alır.

5. ETİK SORUMLULUKLAR VE POLİTİKALAR

Editörlerin Görevleri

- Derginin editörü sunulan makalenin yayınlanma koşullarına, tek başına ve bağımsız olarak karar vermekten sorumludur. Nihai karara varılmadan önce, dergiye yüklenen makalenin geçerliliği, önemi ve yeniliği her zaman dikkate alınmalıdır.

- Editör ve alan editörleri, derginin yayın kurulunun ilkelerini izleyerek telif hakkı ihlali ve intihal gibi konuları bu ilkeler doğrultusunda değerlendirir. Editör, nihai karara varmak için alan editörleri veya hakemlerle de işbirliği yapabilir.

- Editör ve alan editörleri, ilgili alanda uzman hakemler aracılığıyla değerlendirme sürecinin eşit, adil ve zamanında tamamlanmasından sorumludur. Herhangi bir ek hakeme ihtiyaç duyulmadıkça, editör veya alan editörü, dergiye gönderilen makalenin en az iki harici ve bağımsız hakem tarafından değerlendirilmesini sağlar.

- Makaleler, yazarların ırk, cinsiyet, cinsel yönelim, dini inanç, etnik köken, vatandaşlık veya siyaset felsefesi dikkate alınmadan, editör veya alan editörü tarafından içeriklerine ve yeniliklerine göre değerlendirilmelidir.

- Derginin yayın politikaları şeffaf olmalı ve hakemler ve yazarlardan gelen dürüst raporlar içermelidir. Ayrıca, editör ve alan editörleri, herhangi bir teknik problem haricinde, tüm dergi iletişimleri için, dergi standart elektronik sistemini kullanmalıdır.

- Editör, editör kararlarının temyizinde, şeffaf bir açıklama süreci kullanacaktır.

- Editör, derginin sıralamasını etkilemeye çalışmamalı ve bu amaçla mantıklı bilimsel nedenler olmadıkça, yazarları editörün veya alan editörlerinin makalelerini eklemek için zorlamamalıdır.

- Dergiye gönderilen tüm makalelerin gizliliği, ilgili taraflarla iletişim ve hakemlerin kimlik bilgileri editör ve alan editörü tarafından korunmalıdır.

- Henüz basılmamış materyaller, gönderilen makalenin bilgi ve içerdiği fikirler, editör veya alan editörünün kendi araştırmasında, yazarın yazılı rızası olmadan kullanılmamalıdır.

- Yayıncının herhangi bir potansiyel editöriyel çıkar çatışması varlığında bilgilendirilmesi gerekir. Yayıncı, buna ilişkin bildirimleri dergide yayınlatabilir.

- Editör veya alan editörü, kendisi, aile üyesi veya meslektaşları tarafından yazılmış makaleler hakkında herhangi bir karar vermemelidir. Bu tür bir başvuru, derginin genel prosedürlerine tabi olmalı ve bu işlem ilgili yazar / editör ve araştırma grupları dahil edilmeden yapılmalıdır.

- Editör, şüpheli suistimali inceleyerek yayınlanan kaydın bütünlüğünü korumalıdır.

- Şüpheli bir durum varlığında, eğer gerekirse, editör makale yazarıyla bağlantıya geçmeli ve ilgili talepler hakkında kendisini bilgilendirmelidir. Ancak böyle bir durumda editör, ilgili kurumlar ve araştırma merkezleriyle de iletişim kurabilmelidir.

- İntihal durumunda, editör yayıncı ile birlikte hareket etmeli ve bu duruma ilişkin düzeltme, geri çekilme veya açıklayıcı ifadenin derhal yayınlanmasını sağlamalıdır.

Hakemlerin Görevleri

- Hakem değerlendirmesi sürecinde hakemlerin yukarıda belirtilen etik durumlara dikkat etmesi ve makaleyi nesnel olarak ele alması beklenir.

- Makalenin konusu, hakemlerin alanlarıyla ilgili değilse veya hakem makaleyi zamanında değerlendiremeyecekse, hakemin değerlendirme sürecini reddetmesi ve editörü derhal bilgilendirmesi beklenir.

- Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi'ne (IJEASED) gönderilen tüm makaleler gizlidir. Hakemler ayrıca, makale hakkındaki herhangi bir inceleme veya bilgiyi kimseyle paylaşmamalıdır. Ayrıca hakemler editörden izin almadan yazarlarla iletişim kurmamalıdır.

- Hakem tarafından gözden geçirilen makalede sunulan bilgi veya fikirler, hakemlerin kişisel faydalarına yönelik kullanılmamalıdır.

- İnceleme yapıcı olmalı, intihal gibi etik konular konusunda çok dikkat edilmelidir. Herhangi bir intihal durumunda, hakem editörü derhal uyarmalıdır.

-Yorumlar objektif olmalı ve herhangi bir kişisel eleştiriyi içermeyen argümanlarla desteklenmelidir.

- Herhangi bir potansiyel çıkar çatışması olması durumunda, hakem editörü veya alan editörünü uyarmalı ve makale değerlendirmeyi reddetmelidir.

- Makaleyi değerlendirmek üzere atanan hakemin, hakemlerin (veya ortaklarının) çalışmalarının refere edilmesine ilişkin önerisi, hakemin alıntı sayısının arttırılması niyeti olmadan bilimsel olarak makul olmalıdır.

Yazarların Görevleri

- Dergiye, bir araştırma makalesi veya kısa bir makale (short communication) gönderen yazarlar, makalenin içeriğinde, çalışmanın önemini vurgulayan orijinal sonuçlar ve tartışmaların olmasına dikkat etmelidir. Yüklenen makale derleme veya diğer türde bir makaleyse, içeriklerinin somut ve nesnel olması gerekmektedir.
- Dergiye gönderilen makaleler yeterince referans içermeli ve ayrıntılı bir şekilde yazılmalıdır.
- Çalışmanın destek kaynaklarından tümünün, makalenin teşekkür kısmında belirtilmesi gerekir.
- İntihal ve tartışmalı, yanlış ifadeler gibi etik olmayan konular, bir makale içeriğinde asla kabul edilemez.
- Bir yazar aynı makaleyi kısmen (bir özet veya yayımlanmış bir dersin veya akademik tezin veya elektronik bir basımın dışında) veya tamamen birden fazla dergiye göndermemelidir. Bu tür bir davranış etik değildir ve dergi tarafından kabul edilmez.
- Çalışmanın oluşturulmasında içeriğe entelektüel açıdan katkı sağlamayan kişiler, yazar olarak belirtilmemelidir.
- Yayınlanmak üzere gönderilen tüm çalışmaların varsa çıkar çatışması teşkil edebilecek durumları ve ilişkileri açıklanmalıdır.
- Bir ortak yazar olmak için, makalenin içerik, tasarım ve uygulama alanlarına önemli katkılarda bulunulmalıdır. Dil editörleri veya tıbbi yazarlar, teşekkür bölümünde belirtilmelidir.
- Yazar(lar)ın yayınlanmış, baskıda veya değerlendirme aşamasındaki çalışmasıyla ilgili bir yanlış ya da hatayı fark etmesi durumunda, dergi editörünü veya yayıncıyı bilgilendirme, düzeltme veya geri çekme işlemlerinde editörle işbirliği yapma yükümlülüğü bulunmaktadır.
- Değerlendirme süreci başlamış bir çalışmanın yazar sorumluluklarının değiştirilmesi (Yazar ekleme, yazar sırası değiştirme, yazar çıkartma gibi) teklif edilemez.
- Makalenin İlgili yazarı, uygun ve uygunsuz ortak yazarlardan sorumludur. Ayrıca ilgili yazar, makalenin son hali ve gönderildiği dergi konusunda tüm ortak yazarlardan ilgili onayları almalıdır.
- Tüm yazarlar, makalenin tüm bölümlerinden sorumludur.
- Eğer makale, hayvan veya insan deneklerin kullanımını içeriyorsa, uygun kurumsal komite (ler) in onayı gibi gerekli belgeler ve bununla ilgili bir ifade yazısı, yazar tarafından dergiye sağlanmalıdır.

- Yazarın fark ettiği tüm önemli hataların derhal editöre bildirilmesi gerekir. Herhangi bir düzeltme yapılması durumunda, yazar, editör veya alan editörü tarafından istenen kanıtları sağlamakla yükümlüdür.

- Geliştirme, yer değiştirme, herhangi bir kısmın çıkartılması gibi orijinalliğine zarar verecek karmaşık değişiklikler, makale içinde yer alan görüntüler ve resimler için kabul edilemez. Bu tür değişiklikler etik dışı olarak algılanır ve gerekli önlemler alınır.

- Sorumlu yazar, bütün yazarların adına yetkili kişidir. Yazar(ları) makale sürecinden bilgilendirmesi kendi sorumluluğundadır. Dergi kurulu çalışması kabul edilen yazar(lar) arasında yaşanan çıkar çatışmazlığından sorumluluk kesinlikle kabul etmez.

Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler

Uydurma: Bir bilimsel araştırma yapılmadan yapılmış gibi veriler uydurmak, bunları rapor etmek veya yayınlamak,

Çarpıtma: Araştırma kayıtları ve elde edilen verileri tahrif etmek, araştırmada kullanılmayan yöntem, cihaz ve materyalleri kullanılmış gibi göstermek, araştırma hipotezine uygun olmayan verileri değerlendirmeye almamak, ilgili teori veya varsayımlara uydurmak için veriler ve/veya sonuçlarla oynamak, destek alınan kişi ve kuruluşların çıkarları doğrultusunda araştırma sonuçlarını tahrif etmek veya şekillendirmek,

İntihal (Aşırma): Başkalarının fikirlerini, yöntemlerini, verilerini, uygulamalarını, yazılarını, şekillerini veya eserlerini sahiplerine bilimsel kurallara uygun biçimde atıf yapmadan kısmen veya tamamen kendi eseriymiş gibi sunmak,

Sahtecilik: Araştırmaya dayanmayan veriler üretmek, sunulan veya yayınlanan eseri gerçek olmayan verilere dayandırarak düzenlemek veya değerştirmek, bunları rapor etmek veya yayımlamak, yapılmamış bir araştırmayı yapılmış gibi göstermek,

Tekrar yayım (Dublikasyon): Bir araştırmanın sonuçlarını, ilk yayınlandığı derginin editöründen izin almaksızın başka dergide tekrar yayınlamak,

Dilimleme: Bir araştırmanın sonuçlarını araştırmanın bütünlüğünü bozacak şekilde, uygun olmayan biçimde parçalara ayırarak ve birbirine atıf yapmadan çok sayıda yayın yaparak doçentlik sınavı değerlendirmelerinde ve akademik terfilerde ayrı eserler olarak sunmak,

Haksız yazarlık: Aktif katkısı olmayan kişileri yazarlar arasına dâhil etmek, aktif katkısı olan kişileri yazarlar arasına dâhil etmemek, yazar sıralamasını gerekçesiz ve uygun olmayan bir biçimde değerştirmek, aktif katkısı olanların isimlerini yayım sırasında veya sonraki baskılarda eserden çıkarmak, aktif katkısı olmadığı halde nüfuzunu kullanarak ismini yazarlar arasına dâhil ettirmek,

Diğer etik ihlali türleri: Destek alınarak yürütölen araştırmaların yayınlarında destek veren kişi, kurum veya kuruluşlar ile onların araştırmadaki katkılarını açık bir biçimde belirtmemek, insan ve hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalarda etik kurallara uymamak, yayınlarında hasta haklarına saygı göstermemek, hakem olarak incelemek üzere görevlendirildiği bir eserde yer alan bilgileri yayınlanmadan önce başkalarıyla paylaşmak, bilimsel araştırma için

sağlanan veya ayrılan kaynakları, mekânları, imkânları ve cihazları amaç dışı kullanmak, tamamen dayanaksız, yersiz ve kasıtlı etik ihlali suçlamasında bulunmak.

6. MAKALE GERİ ÇEKME POLİTİKASI

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi (IJEASED) yayım politikaları gereği, bir çalışma veya makalenin geri çekilmesi aşamasında yazar(lar)a ve yayın kuruluna düşen görev ve sorumluluklar aşağıda verilmiştir.

Yazarlar

Yazar(lar)ın yayımlanmış, erken görünüm veya değerlendirme aşamasındaki **çalışmasıyla ilgili bir yanlış ya da hatayı fark etmesi durumunda**, geri çekme işlemlerinde dergi editörüyle işbirliği yapma yükümlülüğü bulunmaktadır. Değerlendirme aşamasındaki çalışmasını geri çekme talebinde bulunmak isteyen yazar(lar), **Makale Geri Çekme Formu-Article Withdrawal Form**'nu doldurarak her bir yazarın ıslak imzası ile imzalanmış ve taratılmış halini **Dergi Baş Editörü**'ne **muhammad.semihtaskaya@gmail.com** adresi üzerinden e-posta aracılığıyla yayım kuruluna iletmekle yükümlüdür. Yayım Kurulu geri çekme bildirimini inceleyerek en geç 15 gün içerisinde dönüş sağlar. Yayım kurulu tarafından telif hakları **Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım (IJEASED) Dergisi**'ne gönderim aşamasında devredilmiş çalışmaların geri çekme isteği onaylanmadıkça yazarlar çalışmasını başka bir dergiye değerlendirme için gönderemezler.

Önemli Not:

Yazar(lar) çalışmasıyla ilgili haklı bir gerekçe sunmadığı, değerlendirme görevinde bulunan hakemlerimizde kararlarıyla, keyfî sebeplere bağlı yazar(lar)ın isteğine göre makale geri çekme talebi bulunursa, Editör ve Yayın Kurulumuz **kesinlikle bu talebi kabul etmeyecektir**. Ayrıca dergi editörlük ve yayın kurulu yönetimini, hakemlerin değerlendirmelerini, dergi zamanını meşgul etme ve emeğe saygısızlık olarak nitelendirilecek; dergimize bu kasıtlı talepte bulunanlar yazar(lar)ın **2 yıl boyunca** dergimizden **men ettirileceği ve çalışma gönderemeyeceği** bilgilerine sunulacaktır.

Editörler

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi (IJEASED) yayım kurulu; yayımlanmış, erken görünümdeki veya değerlendirme aşamasındaki bir çalışmaya ilişkin telif hakkı ve intihal şüphesi oluşması durumunda çalışmayı ilişkin bir soruşturma başlatma yükümlülüğü taşır. Yayım kurulu yapılan soruşturma sonucunda değerlendirme aşamasındaki çalışmada telif hakkı ve intihal yapıldığını tespit etmesi durumunda çalışmayı değerlendirmeden geri çeker ve tespit edilen durumları detaylı bir şekilde kaynak göstererek yazarlara iade eder. Yayım kurulu, yayımlanmış veya erken görünümdeki bir çalışmada telif hakkı ihlali ve intihal yapıldığını tespit etmesi durumunda, en geç 15 gün içerisinde aşağıdaki geri çekme ve bildiri işlemlerini gerçekleştirir. Etik ihlali tespit edilen çalışmanın;

1. Elektronik gösterimdeki başlığının başına **“Geri Çekildi:”** ibaresi eklenir.

2. Elektronik gösterimdeki *Öz* ve *Tam Metin* içerikleri yerine çalışmanın geri çekilme gerekçeleri, detaylı kanıt kaynakları varsa yazar(lar)ın bağlı olduğu kurum ve kuruluşların konu hakkındaki bildirimleri ile birlikte yayınlanır.

3. Dergi web sitesinin ana sayfasından geri çekme bildirimi ilan edilir.

4. Geri çekme tarihinden itibaren ilk yayınlanacak sayının elektronik ve basılı kopyasının içindikiler listesine “**Geri Çekildi: Çalışma Başlığı**” şeklinde eklenir, birinci sayfasından başlamak koşuluyla geri çekme nedenleri ve buna kaynak gösterilen orijinal alıntıları kamuoyu ve araştırmacılarla paylaşılır.

5. Yazar(lar)ın bağlı olduğu kuruluş(lar)a yukarıdaki geri çekme bildirimleri iletilir.

6. Yukarıda sıralanan geri çekme bildirimleri Derginin dizinlendiği kurum ve kuruluşlar ile Milli Kütüphane Başkanlığı'na izin sistemleri ve kataloglara kaydedilmesi için iletilir.

Ayrıca yayım kurulu etik ihlalde bulunan çalışma yazar(lar)ının daha önce yayınlanmış çalışmalarının yayım evlerine veya yayım kurullarına, yayımlanan çalışmaların geçerlik ve güvenilirliğini güvence altına almalarını veya geri çekmelerini önerebilir.

7. MAKALE TÜRLERİ

Dergide yayınlanan farklı yayın formatları ile ilgili bilgiler ve yazı türlerine göre yazarların dikkat etmeleri gereken hususlar şu şekildedir:

- **Araştırma Makaleleri:** Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Öz, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Öz, İngilizce Anahtar Kelimeler, Giriş, Amaç, Gereç ve Yöntem, Bulgular, Tartışma ve Sonuçlar, gerekli ise Etik konular, Katkı Belirtme ve Teşekkür, Kaynaklar, Şekil ve Tablolarla ilgili açıklamalar içermelidir. Makale konunun uzmanları tarafından tekrarlanabilecek şekilde yeterli bilgiyi içermelidir. **Bu tür makalelerde ana metin 3500-4000 kelime arası olmalı, kaynak sayısı 40’ı aşmamalıdır.**
- **Derlemeler:** Yazar(lar)ın uzmanlık alanında yapılmış eski araştırmaların derlenip eleştirel bir şekilde yorumlanıp ortaya yeni bir görüş ileri süren çalışmaları kapsamalıdır. Derlemeler, Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Öz, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Öz, İngilizce Anahtar Kelimeler, Giriş, Ana Bölümler, Alt Bölümler, Sonuç, Katkı Belirtme, Kaynaklar, Şekil ve Tablolarla ilgili açıklamalar içermelidir. **Ana metin en fazla 5000 kelime olup kaynak sayısında bir kısıtlama yoktur.**
- **Editöre Mektup:** Dergide yayınlanmış makaleler hakkında veya ilgili diğer konularda soru sormak, görüş bildirmek isteyenlerin yazıları bu türde değerlendirilir. Bu tür yazılarda kapsam ve etik kavramlar göz önünde bulundurulur. **Ana metin en fazla 1000 kelime olup kaynak sayısı 10’u geçmemelidir.**

8. MAKALENİN HAZIRLANMASI

Makale Başlığı

Türkçe makaleler için hem Türkçe hem de İngilizce olarak makale konusuna uygun, amacı ve sonucu anlatan kısa ve yalın bir başlık olmalıdır. Makale başlığı koyu, ilk harfleri büyük ve ortalanarak 14 punto Times New Roman fontu ile yazılmalıdır. Türkçe makalelerde İngilizce başlık, İngilizce özetten önce verilmelidir.

Yazar İsimleri ve Adresleri

İsimler kısaltılmadan soy isimler büyük harfle başlığın altına yan yana ortalanarak yazılır. Adreslerde kısaltma kullanılmamalıdır. Farklı adreslere sahip yazarlar için rakamlı üst indis kullanılmalıdır. İsimler Times New Roman 12 punto, düz; adresler ise Times New Roman 10 punto, düz olmalıdır. **İsimlerden önce Ünvan yazılmamalıdır.** Ayrıca sorumlu yazarın telefon ve e-posta adresi 10 punto Times New Roman fontunda Sorumlu Yazar kısmına yazılmalıdır.

Özet

Bu Microsoft Word belgesi Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi'ne gönderilecek olan makaleler için örnek olması amacıyla hazırlanmıştır. Dergimize gönderilmek üzere hazırlanan makalelerin bu şablona bağlı olarak hazırlanması makalenin düzenlenme, değerlendirilme ve yayımlanma aşamalarını hızlandıracaktır. Özet kısmında çalışmanın yenilikleri ve temel bulguları vurgulanmalıdır. Türkçe ve İngilizce özet kısımları Times New Roman yazı tipi ile yazılmalıdır ve 10 punto büyüklüğü seçilmelidir. Özet kısmının yazımında tek satır aralığı seçilmelidir. Makale özetinin en fazla 200 kelime olmasına dikkat edilmelidir. Türkçe ve İngilizce özetlerin 1 (bir) sayfayı geçmemesi önerilmektedir. Anahtar kelime sayısı en az 3 en fazla 6 olmalıdır.

İngilizce Başlık

Makale başlığı koyu, ilk harfleri büyük ve ortalanarak 14 punto Times New Roman fontu ile yazılmalıdır.

Abstract

Bu Microsoft Word belgesi Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisine gönderilecek makaleler için örnek olması amacıyla hazırlanmıştır. Dergimize gönderilmek üzere hazırlanan makalelerin bu şablona bağlı olarak hazırlanması makalenin düzenlenme, değerlendirilme ve yayımlanma aşamalarını hızlandıracaktır. Özet kısmında çalışmanın yenilikleri ve temel bulguları vurgulanmalıdır. Türkçe ve İngilizce özet kısımları Times New Roman yazı tipi ile yazılmalıdır ve 10 punto büyüklüğü seçilmelidir. Özet kısmının yazımında tek satır aralığı seçilmelidir. Makale özetinin en fazla 200 kelime civarında olmasına dikkat edilmelidir. Türkçe ve İngilizce özetlerin 1 (bir) sayfayı geçmemesi önerilmektedir. Anahtar kelime sayısı en az 3 en fazla 6 olmalıdır.

1. Giriş

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi tarafından 6 ayda bir (yılda iki kez) yayınlanan ulusal hakemli bir dergidir. Dergi, Fen Bilimleri Mühendislik ve Tasarım sahasında uluslararası düzeyde yapılan bilimsel çalışmaları bilim adamlarına, uzmanlara ve kamuoyuna duyurmayı amaçlar.

Ana metin, A4 kağıt boyutuna 2 cm kenar boşlukları ile 12 punto yazı büyüklüğünde Times New Roman yazı tipi ile 1,5 satır aralığı ve her iki yana yaslı şekilde yazılmalıdır. Ana bölüm başlıkları numaralandırılmalı, kelimelerin ilk harfleri büyük olmalı ve **koyu (bold)** karakterde yazılmalıdır. Ana bölüm başlığından sonra 1,5 satır aralıklı bir satır boşluk bırakılarak metne geçilmelidir. Başlıkla üst metin arasında da bir satır boşluk bırakılmalıdır. Paragraflar 1 cm içerden başlamalıdır. Paragraflar arasında boşluk bırakılmamalıdır.

Bu bölümde çalışmayla ilgili yeterli literatür taraması verilmeli, çalışmanın amaçları ve literatürdeki yeri vurgulanmalıdır. Detaylı literatür incelemesinden ve sonuçların özetinin verilmesinden kaçınılmalıdır.

2. Materyal ve Metot

Bu bölümde çalışmada kullanılan materyal ve metotlar detaylı ve açık bir şekilde anlatılmalıdır.

2.1. Alt Başlık

Ana başlıklar alt başlıklar içerebilir.

2.2. Şekiller, Tablolar ve Denklemler

Şekiller grafik, diyagram fotoğraf, resim, harita olabilir. Şekil yazısı şeklin alt kısmına yazılmalıdır. Hem şekil hem de şekil yazısı sayfaya ortalanmalıdır. Şekil yazılar okunaklı olmalıdır. Şekil ile üst metin arasında 1 satır boşluk bırakılmalıdır. Şekil yazısı ile alt metin arasında da 1 satır boşluk bırakılmalıdır. Şekil yazısı 11 punto olarak yazılmalıdır. Şekil yazılarına atıfta bulunulmalıdır.

Tablolar açık çerçeveli tercih edilebilir. Tablo yazısı tablonun üst kısmına yazılmalıdır. Hem tablo hem de tablo yazısı sayfanın soluna hizalanmalıdır. Tablo yazısı ile üst metin arasında 1 satır boşluk bırakılmalıdır. Tablo ile alt metin arasında 1 satır boşluk bırakılmalıdır. Tablo yazıları tercihen 11 punto ile ya da 10 punto ile yazılmalıdır ve tek satır aralığı seçilmelidir. Tablo yazılarına atıfta bulunulmalıdır.

Denklem ekleme ihtiyacı duyulduğunda denklemler sırasıyla 1'den başlanarak numaralandırılmalıdır. Denklem paragraftan başlanarak yazılır. Denklem numarası sağ kenara yerleştirilmelidir. Denklem ile metin arasında üstten ve alttan bir satır boşluk bırakılır. Denklemler resim formatında olmamalıdır. Word denklem düzenleyicisi tercih edilebilir.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde çalışma sonucunda elde edilen bulgular verilmelidir. Elde edilen bulgular ile ilgili literatür çalışmaları yapılarak karşılaştırmalar yapılabilir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu bölümde çalışmadan elde edilen sonuçlar verilmelidir. Okuyucular için öneriler ve görüşler belirtilebilir.

Teşekkür

Bu kısımda çalışmada yardımları ya da destekleri bulunan kişi veya kişilere ya da kurumlara teşekkür edilebilir.

Kaynaklar

Kaynaklar yazar soyadına göre dizini hazırlanmalıdır ve sayfanın sol kenar boşluğu hizasından başlanarak yazılmalıdır. Metin içindeki literatür açıklamaları soyadı ve tarih vermek suretiyle (Soyadı, 2017), (Soyadı ve Soyadı, 2017) şeklinde düzenlenmelidir. İkiiden fazla yazar olması durumunda birinci yazardan sonra “ark.” kısaltılması yapılmalıdır (Soyadı ve ark., 2017). Birden fazla kaynak belirtilmek istendiğinde bunlar noktalı virgül ile ayrılmalıdır (Soyadı, 2017; Soyadı ve Soyadı, 2017). Kaynaklar APA formatından esinlenerek hazırlanmıştır. Aşağıda örnek olabilecek kaynaklar verilmiştir.

Periyodik yayınlar:

Soyadı, A., Soyadı, B. B., ve Soyadı, C., (2017). Yayımlanan Makalenin Adı. *Makalenin Yayımlandığı Dergi Adı*, 7(1), 1-12.

Harlow, H. F. (1983). Fundamentals for preparing psychology journal articles. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 55, 893-896.

Kernis, M. H., Cornell, D. P., Sun, C. R., Berry, A., Harlow, T., and Bach, J. S. (1993). There's more to self-esteem than whether it is high or low: The importance of stability of self-esteem. *Journal of Personality and Social Psychology*, 65, 1190-1204.

Scruton, R. (1996). The eclipse of listening. *The New Criterion*, 15(3), 5-13.

Henry, W. A., III. (1990, April 9). Making the grade in today's schools. *Time*, 135, 28-31.

Schultz, S. (2005, December 28). Calls made to strengthen state energy policies. *The Country Today*, pp. 1A, 2A.

Moller, G. (2002, August). Ripples versus rumbles [Letter to the editor]. *Scientific American*, 287(2), 12.

Baumeister, R. F. (1993). Exposing the self-knowledge myth [Review of the book *The self-knower: A hero under control*, by R. A. Wicklund and M. Eckert]. *Contemporary Psychology*, 38, 466-467.

Brownlie, D. (2007). Toward effective poster presentations: An annotated bibliography. *European Journal of Marketing*, 41, 1245-1283. doi:10.1108/03090560710821161

Wooldridge, M.B., and Shapka, J. (2012). Playing with technology: Mother-toddler interaction scores lower during play with electronic toys. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 33(5), 211-218. <http://dx.doi.org/10.1016/j.appdev.2012.05.005>

Kenneth, I. A. (2000). A Buddhist response to the nature of human rights. *Journal of Buddhist Ethics*, 8. Retrieved from <http://www.cac.psu.edu/jbe/twocont.html>

Smyth, A. M., Parker, A. L., and Pease, D. L. (2002). A study of enjoyment of peas. *Journal of Abnormal Eating*, 8(3), 120-125. Retrieved from <http://www.articlehomepage.com/full/url/>

Kitaplar:

Soyadı, A. A., (2017). *Kitap adı*. Kitabın basıldığı yer: Yayınevi.

Mayer, D. (2010). *Essential evidence-based medicine* (2nd ed.). Cambridge, England: Cambridge University Press.

Glasgow, N. A., McNary, S. J., and Hicks, C. D. (2006). *What successful teachers do in diverse classrooms*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Calfee, R. C., and Valencia, R. R. (1991). *APA guide to preparing manuscripts for journal publication*. Washington, DC: American Psychological Association.

Duncan, G. J., and Brooks-Gunn, J. (Eds.). (1997). *Consequences of growing up poor*. New York, NY: Russell Sage Foundation.

Plath, S. (2000). *The unabridged journals*. K. V. Kukil (Ed.). New York, NY: Anchor.

Laplace, P. S. (1951). *A philosophical essay on probabilities*. (F. W. Truscott and F. L. Emory, Trans.). New York, NY: Dover. (Original work published 1814)

Helfer, M. E., Kempe, R. S., and Krugman, R. D. (1997). *The battered child* (5th ed.). Chicago, IL: University of Chicago Press.

O'Neil, J. M., and Egan, J. (1992). Men's and women's gender role journeys: A metaphor for healing, transition, and transformation. In B. R. Wainrib (Ed.), *Gender issues across the life cycle* (pp. 107-123). New York, NY: Springer.

Wiener, P. (Ed.). (1973). *Dictionary of the history of ideas* (Vols. 1-4). New York, NY: Scribner's.

Sempozyum, Kongre, Bildiri:

Soyadı, A., Soyadı, B. B., ve Soyadı, C., (2017, Ay). Yayımlanan Bildirinin Adı. *Bildirinin Yayımlandığı Sempozyum, Kongre, Toplantı ya da Konferans Adı* (s. 1-12). Şehir: Varsa Üniversite veya Kuruluş.

Schnase, J. L., and Cunnius, E. L. (Eds.). (1995). *Proceedings from CSCL '95: The First International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Armstrong, D. B., Fogarty, G. J., and Dingsdag, D. (2007). Scales measuring characteristics of small business information systems. In W-G. Tan (Ed.), *Proceedings of Research, Relevance and Rigour: Coming of age: 18th Australasian Conference on Information Systems* (pp. 163-171). Toowoomba, Australia: University of Southern Queensland.

Green, D. B. and DeSilva, A. (2015, June). *The toxicity levels of household chemicals*. Paper presented at the National Symposium on Air Pollution, University of Southern California, California.

Taylor, J. A. (2006, November). *Assessment: a tool for development and engagement in the first year of university study*. Paper presented at the Engaging Students: 9th Pacific Rim in Higher Education (FYHE) Conference, Griffith, Australia. Retrieved from http://www.fyhe.com.au/past_papers/2006/Papers/Taylor.pdf

Tez:

Soyadı, A. A., (2017). *Yüksek Lisans veya Doktora Tezinin Adı*. Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.

Yoshida, Y. (2001). *Essays in urban transportation*. Dissertation Abstracts International, 62, 7741A.

Considine, M. (1986). *Australian insurance politics in the 1970s: Two case studies*. (Unpublished doctoral dissertation). University of Melbourne, Melbourne, Australia.

Kassover, A. (1987). *Treatment of abusive males: Voluntary vs. court-mandated referrals* (Unpublished doctoral dissertation). Nova University, Fort Lauderdale, FL.

Biswas, S. (2008). *Dopamine D3 receptor: A neuroprotective treatment target in Parkinson's disease*. Retrieved from ProQuest Digital Dissertations. (AAT 3295214)

Cooley, T. (2009). *Design, development, and implementation of a Wireless Local Area Network (WLAN): The Hartford Job Corps Academy case study* (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 3344745)

Adams, R. J. (1973). *Building a foundation for evaluation of instruction in higher education and continuing education* (Doctoral dissertation). Retrieved from <http://www.ohiolink.edu/etd/>

Diğer Kaynaklar:

Bergmann, P. G. (1993). Relativity. In *The New Encyclopedia Britannica*. (Vol. 26, pp. 501-508). Chicago, IL: Encyclopedia Britannica.

Bernstein, M. (2002). 10 tips on writing the living Web. A List Apart: For People Who Make Websites, 149. Retrieved from <http://www.alistapart.com/articles/writeliving>

Hallam, A. Duality in consumer theory [PDF document]. Retrieved from Lecture Notes Online Web site: <http://www.econ.iastate.edu/classes/econ501/Hallam/index.html>

URL-1: <http://www.giresun.edu.tr>, (Erişim Tarihi: 22 Mart 2017).

9. İNTİHAL DENETİMİ POLİTİKASI

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi (IJEASED) yayın etiği gereği "**Kör Hakemlik Değerlendirme Süreci**"nden geğmiş her çalışmanın bütünlüğünü korumak adına intihal denetiminden geçirilmesini zorunlu kılar. Bu kapsamda her çalışmanın Türkçe ve İngilizce nüshaları yayın kurulunun uygun bulduğu bir firma tarafından intihal denetiminden geçirilir. Denetim kapsamında oluşan maddi sorumlulular yazar(lar)a aittir.

İntihal denetimi *Turnitin*, *İntihal.net* ve *iThenticate* yazılımları aracılığıyla gerçekleştirilir. Her çalışmanın yazılımlar aracılığıyla ortaya çıkan eşleşmeleri derinlemesine incelenerek gönderme ve atıfı doğru olan eşleşmeler ayıklanır. Ayıklama sonucunda kalan eşleşmeler incelenerek hatalar tespit edilir ve yayın kurulu için raporlaştırılır. Yayın kurulu her çalışmanın intihal denetim raporu ışığında çalışma hakkında nihai kararını verir. Raporla yere alan hataların yazarlar tarafından düzeltilmesi istenebilir veya çalışma yazarlara iade edilebilir, “Red” kararı verilebilir.

10. SORUMLULUK REDDİ

IJEASED – ULUSLARARASI DOğU ANADOLU FEN MÜHENDİSLİK VE TASARIM DERGİSİ kapsamında yayınlanan bütün eserlerin “**Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi**” hükümlerine ve ilgili mevzuata uygunluğu **tamamen yazarın sorumluluğundadır.** Söz konusu yönetmeliğin bütün hükümleri saklı kalmak üzere özellikle:

- Aktif katkısı olan kişileri yazarlar arasına dahil etmemek,
- Destek alınarak yürütölen araştırmalar sonucu yapılan yayınlarda destek veren kişi, kurum veya kuruluşlar ile bunların katkılarını belirtmemek
- Etiğe aykırı eylemlerin gerçekleşmesi halinde asıl müellif, zarar gören veya hakları olumsuz etkilenen kişi ve kuruluşların rıza göstermesi ilgililerin sorumluluğunu ortadan kaldırmaz.

hususlarının etik ihlali teşkil etmesi nedeniyle yazarlar lisansüstü tezlerinden yaptıkları yayınlarda, tez çalışmasının yapıldığı kurum ve tez danışmanın bilgilerine eser künyesinde yer vermek zorundadır.

“**Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi**” ve ilgili mevzuatın hükümlerinin ihlalinden doğabilecek bütün yasal yükümlölükler **tamamen yazarlara aittir.**


IJEASED
**ULUSLARARASI DOĞU ANADOLU FEN MÜHENDİSLİK VE TASARIM
DERGİSİ / INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN**
ISSN: 2667-8764

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi
15 (Temmuz 2021)

ISSN: 2667-8764
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>
Sayı / Issue: 1
Cilt / Volume: 3
Temmuz / July 2021

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

HASSANPOUR KASANAGH, S., AHMEDZADE, P., GÜNAY, T.; Etilen Vinil Asetat (EVA) Polimer Modifiyeli Bitümün Fiziksel ve Reolojik Özelliklerinin Araştırılması / <i>An Investigation on Physical and Rheological properties of Ethylene-Vinyl Acetate (EVA) Polymer Modified Bitumen</i>	1-20
ÖZMERTYURT, G.; İznik-İhsaniye Köyü Yöresel Mimarisinin İncelenmesi / <i>A Study On Rural Architecture Of Ihsaniye Village in Iznik</i>	21-42
GEZER, M.S., QURRAIE, B.S.; Karabük Kent Meydanı'ndaki "Meydan" Deneyimini Mekan Dizimi Yöntemi ile Değerlendirme / <i>Evaluating The "Square" Experience In Karabük City Square With The Space Syntax Method</i>	43-54
HASSANPOUR KASANAGH, S., AHMEDZADE, P., GÜNAY, T.; Uzun Süreli Yaşlandırılmış Etilen Vinil Asetat (EVA) Polimer Katkılı Asfalt Bağlayıcının Yorulma Ömrünün İncelenmesi / <i>An Investigation on Fatigue Life of Long Term Aged Ethylene-Vinyl Acetate (EVA) Polymer Modified Asphalt Binder</i>	55-71
KOÇER, O., AYANOĞLU, F.; Dişi Defne (<i>Laurus nobilis</i> L.) Genotiplerinde Meyve Yağ Asitleri Kompozisyonlarının Belirlenmesi / <i>Determination of Fruit Oil Acid Compositions in Female Bay Laurel (Laurus nobilis L.) Genotypes</i>	72-88
SEZEN, T.N., SOYLUK, A., İLERİSOY, Z.Y.; Depremin Çağdaş Cami Mimarisinde Yapısal Form Arayışındaki Etkisi / <i>The Effect of Earthquake on the Structural Form in Contemporary Mosque Architecture</i>	89-116
SANCAR YILMAZ, P.; Çeşitli Bitki Taksonlarında Bazı DNA İzolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi / <i>The Comparative Analysis of Some DNA Isolation Methods in Various Plant Taxa</i>	117-128
AVAN, M.; Türkiye'de ve Dünya'da Görülen Önemli Tıbbi ve Aromatik Bitkiler, Özellikleri ve Hastalıkları Üzerine Araştırmalar / <i>Researches on the Characterization and Diseases of Important Medicinal and Aromatic Plants Occurring in Turkey and the World</i>	129-156
KURU MUTLU, H., EKEM, N.; Analysis of the Anti-Reflection Coated Eyeglass Used in Turkey / <i>Türkiye'de Kullanılan Antirefle Kaplamalı Gözlük Camlarının Analizi</i>	157-166
AVAN, M., KOTAN, R.; Fungusların Mikrobiyal Gübre veya Biyopestisit Olarak Tarımda Kullanılması / <i>Use of Fungi as Microbial Fertilizer or Biopesticide in Agriculture</i>	167-191
BULUT, A., KIRIS, S.; A Decision Support System For An Assignment and Rebalancing Problem in The Absence Of Staff / <i>Personel Devamsızlığında Atama ve Dengeleme Problemi için Karar Destek Sistemi</i>	192-220
ÇETİN, E., MUTLU, M.; Karabük İli Ovacık İlçesi Kırsal Yerleşimlerindeki Geleneksel Konutların Cephe Özellikleri / <i>Facade Features of Traditional Houses in Rural Settlements of Ovacık District</i>	221-239

<i>of Karabuk Province</i>	
BONAB, M.H., ASADIYAN, M., TOHIDVAND, H.R., MAHMUDI, M.; Determination of Liquefaction Potential of Tabriz City, Northwest of Iran / <i>Tebriz Şehrinin Sıvılaşma Potansiyelinin Belirlenmesi, İran'ın Kuzeybatısı</i>	240-256
ÖZCAN, B., ÖZER, E.H.; Karar Teorisinin Tarım Sektöründe Uygulanması / <i>Decision Theory Implementation in Agricultural Sector</i>	257-281
ÇOLAK, B.B., İLERİSOY, Z.Y., SOYLUK, A.; İmgesel Yapılarda Müzik ve Geometri Kesişimi; İannis Xenakis Örnekleri Üzerinden İnceleme / <i>Music and Geometry Intercept in Imaginary Structures; Review Through İannis Xenakis Examples</i>	282-297
ELMAS, S.; Türkiye’de Adaçayı Yetiştiriciliği ve Ticari Önemi / <i>Sage Growing and Commercial Importance in Turkey</i>	298-332
ALTINSOY, A., ARSLAN, Y.; Polioksimetilen Kopolimerinin Su Jeti Tezgâhlarında İşlenebilirliğinin Taguchi Metodu Kullanılarak Optimizasyonu / <i>Optimization of Polyoxymethylene Copolymer Workability on Water-Jet Machines Using Taguchi Method</i>	333-349
ŞİMŞEK, F., KOTAN, R., CEYHAN, F., SOYTÜRK, Ç., BARAN, S.; Şeker Pancarlarında Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteri Biyoformülasyonlarının Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri / <i>Effects of Bacterial Bioformulations Promoting Plant Growth on Yield and Quality Parameters in Sugar Beet</i>	350-364