

GAZI
JOURNAL OF
ENGINEERING
SCIENCES



EDİTÖR / EDITOR - IN – CHIEF

İsmail ŞAHİN

Gazi University, Ankara, Turkey
e-mail: editorgjes@gmail.com

YARDIMCI EDİTÖRLER / ASSOCIATE EDITORS

Harun GÖKÇE

TUBİTAK - SAGE
e-mail: harungokce@yahoo.ca

Murat DÖRTERLER

Gazi University
e-mail: murat@4erler.net

Cemal YILMAZ

Gazi University
e-mail: cemal@gazi.edu.tr

EDİTÖRLER KURULU / EDITORIAL BOARD

Alper BÜYÜKKARAGÖZ

Gazi University
e-mail: karagoz@gazi.edu.tr

Halil KARAKOÇ

Hacettepe University
e-mail: halil.karakoc@hacettepe.edu.tr

M. Hanefi CALP

Karadeniz Teknik University
e-mail: hcalp25@hotmail.com

Mustafa GÜNAY

Karabük University
e-mail: mgunay@karabuk.edu.tr

Tayfun MENLİK

Gazi University
e-mail: tmelik@gazi.edu.tr

YAYIN DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

Adnan SÖZEN

Gazi University, Turkey

Herbert M. REYNOLDS

Michigan State University, ABD

Bekir Sami YILBAŞ

King Fahd University, Sudia Arabia

Hossam KISHAWY

University of Ontario Technology, Canada

Farzollah MIRZAPOUR

University of Zanjan, Iran

Mustafa KURT

Gazi University, Turkey

John KINUTHIA

University of South Wales, England

Tahsin Tecelli ÖPÖZ

John Moores University, England

Majid MEGHDADI

University of Zanjan, Iran

Kürşad SEZER

Gazi University, Turkey

Salman NISAR

National University of Sci. and Tech., Pakistan

Reza Negarastani

RIETEX, England

Jamal KHATIB

University of Wolverhampton, England

Nowruz ALLAHVERDİ

Karatay University, Türkiye

Shahin JALILI
Tebriz University, Iran

Andrew PINKERTON
Lancaster University, İngiltere

Yasir JOYA
GIK Institute, Pakistan

Şakir TAŞDEMİR
Selçuk University, Turkey

DİL EDİTORLERİ / LANGUAGE EDITORS

Türkçe/Turkish: V. Savaş YELOK (Hacı Bayram Veli University)
İngilizce/English: H. Kürşad SEZER (Gazi University)

TEKNİK SORUMLU / TECHNICAL RESPONSIBLE

Neslihan TOP
Gazi University, Ankara, Turkey
e-mail: editorgjes@gmail.com

BU SAYININ HAKEMLERİ / REVIEWER OF THIS ISSUE

Abdulkadir KARACI	Kasım ÖZACAR
Adnan AKKURT	Masood AMİRİ KOSHKEKİ
Ali Etem GÜREL	Mustafa BOZDEMİR
Ali Fuat GÜNERİ	Mustafa ÖZER
Ali Sinan SOĞANCI	Niyazi Uğur TERZİ
Alper ERGÜN	Osman ÖZKARACA
Amir SAMİMİ	Ömer ASAL
Cengiz ŞAHİN	Sinan AKSÖZ
Fatih ŞAHİN	Şener KARABULUT
Hüseyin GÖKÇE	Yunus KAYIR

Gazi Journal of Engineering Sciences has been published three issues per year by Gazi Publishing

CORRESPONDENCE ADDRESS :

Gazi Akademik Yayıncılık
Gazi Üniversitesi Gölbaşı Yerleşkesi Teknoplaza Binası Bahçelievler mahallesi,
320. Sok., No: 3/B GÖLBAŞI / ANKARA
Tel: +90-312-9113311 Fax: +90-312-9113312
e-mail: editorgjes@gmail.com

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

- Değer Mühendisliği Uygulaması: Köfte Yapma Makinası Tasarımı*
An Application of Value Engineering: Design of the Making Meatball Machine
Nurullah YÜKSEL, Hüseyin R. BÖRKLÜ , Orhan ERDEN95-104
- Çok Fonksiyonlu ve Düşük Maliyetli Otonom Mobil Robot*
Multifunctional and Low Cost Autonomous Mobile Robot
Ali Hakan IŞIK, Ömer ÇETİN.....105-110
- Yaya İntikallerde En Kısa Yol Problemi Unity İçerisinde Uygulama*
Shortest Path Approach in Pedestrian Transfers Application in Unity
Mustafa GÜNEŞ, Hakan DİLİPAK.....111-119
- Yoğurt Üretiminde Kalite Kayıpları ve Kalite Artışına Yönelik Düzeltici Önlemlerin Geliştirilmesi*
Quality Losses in Yoghurt Production and Development of Corrective Measures for Quality Improvement
Rukiye MAVUŞ, Ekin Can DOLGUN, Ahmet Eren AKKOÇ, Mustafa AKTAŞ.....120-128
- Kağıt Esaslı Ambalajlarda Sürdürülebilirlik*
Sustainability in Paper Based Packaging
Bekir KESKİN, Bilge Nazlı ALTAY, Abdullah KURT, Paul D. FLEMING129-137
- Senkron Jeneratörün Geçici Kararlılığını ve Kritik Temizleme Süresini (CCT) Artırmak için Fren Direnci Kullanımı ile Yeni Bir Yaklaşımın Sunumu*
Introducing a New Method to Increase Critical Clearing Time (CCT) and Improve Transient Stability of Synchronous Generator Using Brake Resistance
Ebadollah Amouzad Mahdiraji.....138-144
- Göçmen İşçilerin İSG Faktörlerinin İncelenmesi, Sonuçlar Üzerinde Tartışma ve Öneriler: Kapsam Belirleme Derlemesi*
Examination of OHS Factors of Migrant Workers, Discussion on Results and Suggestions: A Scoping Review
Cengiz AKYILDIZ, İsmail EKMEKÇİ, Hüseyin BAŞLIGİL.....145-159
- Eşdeğer Doğrusal Analiz Yöntemi Kullanılarak Zemin Dinamik Davranışının İncelenmesi: Aksaray Doğantarla Örneği*
Investigation of Soil Dynamic Behavior by Using Equivalent Linear Analysis Method: Example of Aksaray Doğantarla
Atilla DEMİRÖZ, Raziye BOZKURT160-171

Değer Mühendisliği Uygulaması: Köfte Yapma Makinası Tasarımı

Nurullah YÜKSEL^{*a}, Hüseyin R. BÖRKLÜ^b, Orhan ERDEN^c

^{a,*} Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, 06500, ANKARA, TÜRKİYE

^b Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, 06500, ANKARA, TÜRKİYE

^c Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, 06500, ANKARA, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 07.05.2020
Kabul: 24.07.2020

Anahtar Kelimeler:
Hedef maliyet, Değer
mühendisliği, Köfte
makinesi tasarımı,
QFD yöntemi

***Sorumlu Yazar:**
e-posta:
nurullahyüksel
@gazi.edu.tr

ÖZ

Rekabet gücünü artırmak isteyen firmalar ürün maliyetlerini azaltmaları gerekir. Ürün tasarımı sürecinde verilen kararlar ürün maliyetine doğrudan tesir etmektedir. Bu nedenle maliyet azaltma çabaları tasarım sürecine dâhil edilmelidir. Hedef maliyet belirleme sistemi, tasarım sürecini maliyetin bir parçası olarak ele almaktadır. Bu çalışma, köfte yapma makinası örneği ile (hedef) maliyet belirleme sistemi kullanımını tanıtmaktadır. Müşteri beklentileri ve piyasa koşulları dikkate alınarak hedef satış fiyatı, kar oranı ve (hedef) maliyet belirlenmiştir. QFD ve Kalite Evi yöntemi ile tasarıma ait takım istekleri ve müşteri beklentileri belirlenmiş ve sonra da bunlar tasarım sürecinde kullanılmıştır. Ayrıca istenilen ürün fonksiyonlarını sağlamak ve maliyet hedeflerine ulaşmak için değer mühendisliği tekniklerinden de yararlanılmıştır. Bu araştırma kapsamında yapılan çalışmalar ve uygulanan teknikler ile maliyet azalımı yapılabileceği anlaşılmıştır.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.01>

An Application of Value Engineering: Design of the Making Meatball Machine

ARTICLE INFO

Received: 07.05.2020
Accepted: 24.07.2020

Keywords:
Target costing, Value
engineering, Meatball
machine design, QFD
method

***Corresponding
Authors**
e-mail:
nurullahyüksel
@gazi.edu.tr

ABSTRACT

Companies that want to increase their competitiveness should reduce their product costs. Decisions made in the product design process directly affect the product cost. Therefore, cost reduction efforts should be included in the design process. The target costing system treats the design process as part of the cost. This study presents (target) cost determination system usage with the example of meatball making machine. The target sales price, profit rate and (target) cost have been determined by considering the customer expectations and market conditions. Team requests and customer expectations of the design were determined by the QFD and the House of Quality methods and then these were used in the design process. In addition, value engineering techniques were used to provide desired product functions and to achieve cost targets. It has been understood that cost reduction can be achieved with the studies and techniques applied during this research work.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.01>

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Piyasaya sürülecek bir ürünün satış fiyatını belirlemede birçok yöntem mevcuttur. Günümüzde

klasik olarak tercih edilen satış fiyatı belirleme yöntemi, toplam ürün maliyetleri ve bu tutar üzerine işletmenin belirlediği kar marjının eklenmesidir. Bu yöntem işletmenin dış etmenler ve piyasa ile olan

Bu makaleye atıf yapmak için: N. Yüksel, H.R. Börklü ve O. Erden, “Değer Mühendisliği Uygulaması: Köfte Yapma Makinası Tasarımı,” *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 6, sayı 2, s. 95-104, Ağustos, 2020, doi: <https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.01>.

etkileşimini engellemektir [1]. Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanan geleneksel maliyet yönteminde ürün tasarım ve üretim maliyetleri, süreç sonunda belli olacağı için sadece tahmini rakamlar içerir.

$$\text{Satış fiyatı} = \text{Tahmini maliyet} + \text{Hedef kâr marjı} \quad (1)$$

Hedef maliyet belirleme kavramı ilk olarak Japonya'da "maliyet planlaması" anlamına gelen "Genku Kikaku" olarak ortaya çıkmıştır. 1980'li yılların sonlarına ise Doğru Avrupa'da kullanılmaya başlamıştır [2]. Hedef Maliyet belirleme; tasarım sürecini, maliyet sisteminin bir parçası olarak kabul eder. Bu sistemde "maliyet", ürün tasarım işleminde sonuç değil bir hedef olarak kabul edilir. Hedef satış fiyatından, işletmenin ayakta kalabilmesi ve rekabet gücünü koruyabilmesi için, gerekli kar marjını çıkartma sonrası kalan tutar hedef maliyeti oluşturur [3]. Bu da istenilen özellikte ve belirlenen kalitede ürünler elde etmek için ürünün yaşam döngüsü boyunca ayakta kalabilmesini sağlayacak gerekli tüm maliyetleri kapsamalıdır.

$$\text{Hedef maliyet} = \text{Hedef Fiyat} - \text{Hedef Kâr} \quad (2)$$

Eşitlik 2 basit gibi görünse de hedef maliyet belirleme karmaşık bir sistemdir. Ürüne ait hedef maliyeti belirleme sonrası ilişkili tasarım çalışmaları ve değer mühendisliği uygulamaları yapılarak istenilen sonuca ulaşılmaya çalışılır [4]. Bir ürünün fiyatı, tasarım ve geliştirme aşamasında verilen kararlardan doğrudan etkilendiği için hedef maliyet belirleme yöntemi tasarım süreci içinde yer alır [5].

Bir müşterinin ürün veya hizmet amaçlı ödeyebileceği ücret, tahmini satış fiyatı olarak belirlenir. Hedef maliyet ise gerekli ve makul ürün maliyetine göre belirlen kâr marjı çıkarılarak elde edilir [6]. Hedef maliyet, piyasa isteklerine göre istenilen kalite ve sürede; maliyet, kalite ve işlevsellik olarak optimum ürün tasarımını amaçlar. Sanılanın aksine ürün fiyatlarını belirleyen en önemli unsur üretici değil pazar beklentisidir [7]. Bu nedenle üreticiler, hedef satış fiyatı belirlemede müşteri isteklerini dikkate almalıdır.

Hedef satış fiyatı belirlemede piyasadaki rakip firma ürün satış fiyatları baz alınabilir. Ürünün muadilleri karşısında üstünlük veya eksikliklerine göre hedef satış fiyatı üzerinde artırma veya eksiltme olarak yansıtılabilir. Eğer üretilecek ürün piyasada mevcut değil ise ikâme olarak kullanılan ürün fiyatları karşılaştırılarak hedef satış fiyatı belirlenebilir [8]. Ürün, katma değer oluşturacak yeni özelliklere sahip

değilse rakip ürünlerden yüksek (hedef) satış fiyatı belirlemek kabul edilebilir bir yaklaşım değildir [9]. Hedeflenen maliyet rakamlarına ulaşabilmek için işletme; tasarım, üretim, test, kontrol vb. süreçler için ayrı ayrı planlanma yapılmalı ve uygulanmalıdır. Hedef maliyet sistemi işletme için bağlayıcı olmalı ve ürün yaşam döngüsü boyunca da değeri aşılmalıdır.

Eğer hedef maliyet sistemi bir ürün için uygulanacak ise ürünün tüm yaşam döngüsü tanımlanmalıdır. Ürünü oluşturan bileşenler tek tek belirlenmeli ve bunların da hedef maliyet etki değerlendirilmesi yapılmalıdır. Ayrıca ürün için değer analizi yapılırken işlevine uygun maliyet belirleme çalışmaları yapılmalıdır. Çünkü müşteri tarafından kabul görmeyecek işlev ve/veya özelliklerin azalması, ürün pazar payı ve firma rekabet gücünü azaltabilir [10].

Hedef maliyetler belirlendikten sonra tasarım ve geliştirme ekipleri, müşteri ihtiyaçlarını göz önünde tutarak belirlenen maliyet sınırlarını aşmadan ürün tasarımına başlar. Klasik yöntemlerin aksine hedef maliyet, ürün geliştirme sürecinin (çıktısı değil) girdisi olur. Tasarımcıların amacı en iyi tasarımı yapmak değil belirli ekonomik sınırlayıcılar altında optimum tasarımı oluşturmaktır [11]. Ancak ürün tasarımı sürecinde bazen belirlenen maliyetlere ulaşamayabilir. Tahmini ve hedef maliyetler arası olası açıklık, değer mühendisliği ile kapatılmalıdır. Değer mühendisliği, daha az kaynak kullanılarak müşteri istekleri ve pazar ihtiyaçlarına uygun kaliteli ürünler elde etmeyi amaçlar [8].

Hedef maliyet belirleme sistemi kullanan bir işletme yeni bir ürün geliştirme sürecinde şu tür iş ve işlemleri yapması gerekebilir [12]:

1. Pazar araştırması yapılarak ürünün sahip olması gereken özellikler ve kalite seviyesi belirlemek.
2. Ürün özellikleri içinde önem ve öncelik derecelerini tespit etmek.
3. Ürün bileşenlerinin istenilen kalitede olmasına çalışmak.
4. Ürünü oluşturan her bir bileşenin tahmini maliyetlerini belirlemek.

5. Müşterinin ürüne ait beklentileri ve 2. aşamada yer alan önem derecelerini birbiri ile kıyaslayarak göreceli önemlerini belirlemek.
6. Parça bazlı ürün bileşen maliyet endekslerini belirlemek.
7. Sürekli iyileştirme ve geliştirme faaliyetleri yapmak.
8. Alternatif maliyet azaltma çalışmaları yürütmek.

2. DEĞER MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMASI (AN APPLICATION OF VALUE ENGINEERING)

Maliyeti düşürmek ve ürün kalitesini artırmak için (hedef) maliyet belirleme teknikleri uygulanır. Hedef maliyet, ürün tasarım ve tedarik aşamasından itibaren satış öncesi ve sonrası tüm süreçlere dahil edilmelidir. Maliyet hedeflerine ulaşabilmek için hedef maliyet belirleme teknikleri ile tasarım çalışmaları eş zamanlı yürütülür. Ürünün piyasaya arz süresinin kısaltmak, firmanın rekabet gücünü artıran önemli bir avantajdır [13]. Ayrıca ürün tasarımında sadelik ve basitlik kurallarını uygulamak, maliyet hedefine ulaşmada çok etkili olabilir [14]. Parça sayısını azaltmak, karmaşık geometrileri sadeleştirmek ve üretim süreçlerini basitleştirmek gibi tasarım değişiklikleri maliyeti doğrudan ve olumlu yönde etkiler.

Burada yukarıda ifade edilen konu ve değer mühendisliği yaklaşımları yeni ve özgün bir tasarım üzerinde uygulanacaktır. Bu amaçla köfte yapma makinesi tasarım problemi ele alınmıştır. Yani burada; ev, kantin, iş yeri, lokanta ve restoranlarda kullanılmak üzere boyutları minimize edilmiş, köfte harcını karıştıran, yoğuran, kalıplayan ve şekil veren bir makina tasarımı yapılacaktır. Hedef maliyet belirleme işlemi, tasarım faaliyetleriyle eş zamanlı yürütülmelidir.

2.1. Hedef Maliyetin Belirlenmesi (Determination of The Target Cost)

Hedef maliyet belirleme işlemi, (hedef) satış fiyatının belirlenmesiyle başlar. Piyasadaki köfte yapma makina ve aparatlarının incelenmesi, satış fiyatlarının karşılaştırılması (hedef) satış fiyatının belirlemede önemlidir. Piyasada böyle bir makine veya aparat bulunmuyor ise benzer amaçlı kullanılan makinalar incelenerek satış fiyatı belirlenebilir.

Piyasada bulunan köfte yapma makinaları endüstriyel tip makinalardır. Büyük elektrik motorları

veya hidrolik sistemler kullanan bu makinalar, büyük hacim, gürültü ve yüksek enerji tüketimleri ile evde kullanıma uygun değildir [15]. Tasarlanacak ev tipi köfte yapma makinası; manuel kullanıma uygun, boyutları küçük ve taşınabilir olmalıdır. Bu nedenle emsal ürünler üzerinden karşılaştırma yapmak çok zordur. Endüstriyel köfte kalıplama makine fiyatları 10.000 TL ile 50.000 TL arasında değişmektedir. Manuel hamburger köfte şekillendirme aparatı ise 1.438 TL'den satılmaktadır (burada 2019 yılı Temmuz ayı TL değeri ve piyasa şartları baz alınmıştır). Tasarlanacak köfte yapma makinası, köfte şekillendirme yanında köfte yoğurma işlemi gibi fazladan para maddi değer içeren fonksiyona sahiptir. Piyasa araştırma sonuçları ve ürünün ek fonksiyonları göz önünde bulundurularak belirlenen (hedef) satış fiyatı 2.100 TL olmuştur.

Rakiplerin uyguladığı kâr oranları, yeni ürünlerin geliştirilebilmesi için gerekli bütçe ve şirketin rekabet gücünü korumak için elde etmesi gereken tutar hesaplanmış ve ürünün kar oranı %15 olarak belirlenmiştir. Bir üründen %15 kar marjı ile elde edilen kar 315 TL'dir. (2) nolu formül kullanılarak belirlenen hedef maliyet $2.100 \text{ TL} - 315 \text{ TL} = 1.785 \text{ TL}$ 'dir. Hammadde, malzeme, kalıp yapımı, işletim giderleri, montaj vb. giderler hesaplanmış ve tahmini maliyet 2.000 TL bulunmuştur. Tahmini maliyet ve hedef maliyet arasındaki 215 TL ($2.000 \text{ TL} - 1.785 \text{ TL} = 215 \text{ TL}$) maliyet açığını ifade eder.

215 TL'lik maliyet açığı ürünün tüm yaşam döngüsü (tasarım, tedarik, üretim, kullanım, satış sonrası destek vb.) incelenerek değer mühendisliği teknikleriyle kapatılmalıdır. Aksi takdirde ürün piyasaya çıkartılmaz. Öncelikle üretim maliyetlerine odaklanılarak maliyet açığı kapatılmalıdır. Ürün maliyetinin %80-95'i tasarım sürecinde belirlenmektedir [16].

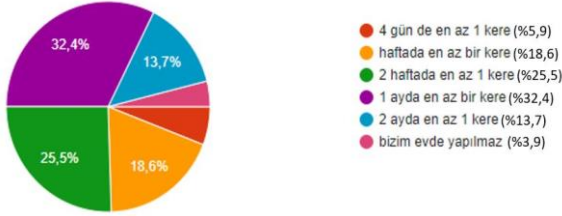
2.1.1. Müşteri talepleri (Customer demands)

Hedef kullanıcılar tarafından belirlenen ürün nitelikleri tasarımının en önemli girdilerini oluşturur. Yapılacak tasarım müşteri beklentilerine cevap verecek nitelikte olmalıdır. Kullanıcıların üründen beklendikleri özellik ve performanslara göre maliyet analizi yapılır. İnternet tabanlı (Google Forms) bir anket hazırlanmış ve hedef kullanıcılara köfte yapma makinasından beklentileri sorulmuştur. Tüm katılımcılar (103 kişi), günlük olarak yemek yapan kişilerden ve belli kapasiteye sahip (küçük ve orta ölçekli) restoran çalışanlarından seçilmiştir. Şekil

1’de gösterilen anket sorusuna göre katılımcıların %82,4 ‘ü ayda en az bir kez köfte yemeği yapıyor.

Kullanıcı beklentileri doğrultusunda tasarımın fonksiyon ve özellikleri şekillendirilmiştir. Bu kapsamda ankete yansıyan müşteri beklentileri şöyledir:

- Köftenin tadı
- Köftenin boyutu ve şekli
- Farklı tipte köfte yapımı
- Çalışma kapasitesi (ev ve iş yerlerinde farklı)
- Estetik görünüm
- Temizleme ve yıkama
- Depolama ve montaj
- Hazırlama süresi
- Güvenli kullanım



Şekil 1. Katılımcıların köfte yemeği yapma sıklığı (Frequency of making meatballs of the participants)

2.1.2. Ürün bileşen ve fonksiyonlarını belirlemek (Determination of product components and functions)

Müşterinin üründen beklenti ve isteklerini karşılayabilmek için ürünün sahip olması gereken parça ve bileşenler belirlenmelidir. Parçaların, hangi fonksiyonları yerine getirdiği tespit edilir. Tablo 1’de tasarımın parça ve fonksiyon ilişkisi gösterilmiştir. Büyük ve karmaşık sistemlerde benzer görevleri yerine getiren parçalar gruplandırılabilir [16, 17]. Ev tipi köfte yapma makinasının bileşenleri; gövde, kalıp, yoğurma haznesi ve karıştırıcıdan oluşmaktadır.

Tablo 1. Bileşen-fonksiyon ilişkisi (Component-function relation)

Bileşen	Fonksiyon	Parça
Gövde	Ürünü ayakta tutmak ve çekici tasarım sağlamak	Gövde
		Gövde üst kapağı
		Sabitleme pimleri
		Kaydırmaz plaka
		Cıvatalar
Kalıp	Köfteleye uygun şekil vermek	Ana kalıp Yedek kalıp
Hazne	Köfte harcını karıştırmak ve kalıba itmek	Hazne kapağı
		Hazne
		Hazne destek çubukları
Karıştırıcı		Helezonik mil

	Köfte harcının karıştırılması ve yoğurulması	Karıştırma kolu
		Karıştırma sapı

2.1.3. Fonksiyonel maliyet dökümü oluşturma (Creation of functional costs list)

Bir sonraki aşama parçaların tahmini üretim maliyetleri belirlenecektir. Toplam maliyetin büyük bit kısmını 1.200 TL ile üretim giderleri oluşturmaktadır. Tablo 2’de üretim maliyetinin bileşenlere göre yüzdelerle dağılımları gösterilmiştir. Örneğin hazne üretim maliyeti 250 TL’dir. Bu tutar köfte yapma makinasına ait toplam üretim maliyetinin %20,9’lık bir kısmını oluşturmaktadır.

Tablo 2. Ürün bileşen tahmini maliyetleri (Estimated cost of the product components)

Bileşen	Maliyet	Yüzdeler Payı
Gövde	400 TL	% 33,3
Kalıplar	200 TL	% 16,7
Hazne	250 TL	% 20,9
Karıştırıcı	350 TL	% 29,1
Toplam	1200 TL	% 100

2.1.4. Ürün özellik görece değerlerini belirlemek (Determination of relative values of product properties)

Müşteriler için bir ürünü değerli yapan en önemli kıstas ürün performansıdır. Bu nedenle müşteriler, performansı yüksek, kullanışlı ürünleri satın almak isterler. Tasarım ekibi açısından öncelikli (veya önemli) ürün değerlendirme ölçütü ise, ürünün sahip olduğu fonksiyonlar olacaktır. Objektif bir değerlendirme yapabilmek için tasarımcı hedefleri ve müşteri beklentileri ortak bir çalışma yapısında optimize edilmelidir [11]. İnternet üzerinden gerçekleştirilen ankette müşterilere üründen beklendikleri özelliklerin onlar için önem derecesi sorulmuş ve 1’den 5’e kadar (en az öneme sahip 1, en önemli özellik 5) puanlama yapmaları istenmiştir.

Tablo 3. Ürün özellik değerlendirme ve hedef maliyet payları (Product properties evaluation and target costs)

Özellik	Müşteri Puanları	Görece Değerlendirme Oranı	Hedef Maliyet Payı
Köftenin tadı	5	% 16	192 TL
Köftenin boyutu ve şekli	2	% 6	72 TL
Farklı tipte köfte yapımı	2	% 6	72 TL
Çalışma kapasitesi	3	% 10	120 TL

Estetik görünüm	4	% 13	156 TL
Temizleme ve yıkama	4	% 13	156 TL
Depolama ve montaj	3	% 10	120 TL
Hazırlama süresi	4	% 13	156 TL
Güvenli kullanım	4	% 13	156 TL
TOPLAM	31	% 100	1.200TL

Anket sonuçlarına göre müşteriler köfte yapma makinasından en çok “lezzetli köfte” yapması beklenmektedir. Köfte boyutu ve farklı tipte köfte yapabilme özellikleri, müşterilerin ilgisini daha az çekmiştir. Müşterilerin ürün özellik değerlendirme puanları toplanmış ve toplam önem puanı ise, $5+2+2+3+4+4+3+4+4=31$ olarak bulunmuştur. Her bir özellik için verilen puanlar toplam puana tek tek bölünür. Örneğin köftenin tadı için verilen puan 5, toplam puan ise 31 şeklindedir. Bu eşitlikten elde edilen sonuç $\%16$ ($5/31=0.16$) olur. Görece değerlendirme yüzdesi, bahsedilen ürün özelliğinin ürünün toplam değerindeki oranını ifade etmektedir. Tablo 3’ün son sütunda ürünün göreceli değerlendirme paylarına bağlı olarak ürün özelliklerinin maliyeti hesaplanmıştır. Örneğin köfte yapma makinası alan bir müşterinin farklı tipte köfte yapabilme özelliği için ödeyebileceği en fazla ücret 72 TL’dir. Bu değerlendirme sonucunda ürünün, özellik tabanlı maliyetleri belirlenmiştir.

2.1.5. QFD matrisi oluşturmak (Creating QFD matrix)

Son yarım asırlık dönemde müşteri memnuniyeti ve talepleri daha çok önem kazanmış ve bu amaçlı birçok yöntem geliştirilmiştir. Özellikle Japonya’da bu konuda yürütülen yoğun akademik çalışmalar daha sonra endüstriyel uygulamalara da dönüşmüş ve Japon mucizesinin temelini oluşturmuştur. Bu kapsamda, Japonya’da geliştirilen yöntemlerden birisi ‘Kalite Fonksiyon Dağılımı (QFD)’dır. QFD yöntemi, müşteri istek ve önceliklerine göre ürün geliştirmeyi amaçlar. Bu tür ilişkileri belirleme, düzenleme, mühendislik parametrelerine dönüştürme ve rakip ürünleri ile mukayese vb. işlemler için “Kalite Evi” denilen bir diyagram kullanılır [18]. Burada; istenilen özelliklerde (fonksiyonel), ucuz (ekonomik), hızlı, sağlam ve kaliteli ürün(ler) geliştirmek hedeflenmektedir. Dolayısı ile QFD yöntemi birbirini izleyen ve her birinin çıktısı sırayla diğerinin girdisi olan dört kalite evi ile bir süreçler dizisini içerir. Bu süreçler: (1) Ürün planlama (müşteri isteklerini teknik parametrelere dönüştürmek, önem / öncelikleri belirlemek, rakipler ile mukayese), (2) Parça tasarımı,

(3) İşlem planlama ve (4) Üretim planlama şeklindedir. Böylece QFD yöntemi ile ihtiyaçtan tasarıma ve imalattan kaliteye (teste) kadar bütün süreçler bir bütün olarak ve birbirini tamamlayan aşamalar olarak ele alınır. Daha hızlı, ucuz, sağlam ve kaliteli ürünler ortaya konulur.

QFD bir süreç tasarımı olmakla birlikte genelde tasarım ile ilgili kaynaklarda bu evlerden genelde ilki (veya ilk ikisi) yer alır ve bu(nlar) konuşulur. Bu kapsamda QFD yöntemi; kullanıcı ihtiyaçları (müşterinin sesi), bunların teknik parametre karşılıkları ve önemleri, bu parametreler arası ilişkiler, rakip firmalar ile mukayese gibi hususlar aynı şemada ve açık bir şekilde yer alır. Böylece, tasarım takımı, müşteri ihtiyaçları ve beklentileri doğrultusunda ürün(ler) tasarlayıp geliştirebilirler [19].

Tablo 4’te QFD matrisinin basitleştirilmiş formatı (-ki burada klasik QFD’ye ait kalite evlerinden birincinin satır ve ikincinin sütunu burada adapte edilmiştir), köfte yapma makinası tasarımı için uygulanmıştır. Bu matriste basitçe fonksiyon ve tasarlanan parça ilişkileri gösterilmiştir. Örneğin; köfte boyutu ve şekli, kalıp ile güçlü bir ilişki içerisindeyken ürün gövdesiyle normal bir ilişkisi vardır. Estetik görünüm özelliği gövde ve hazne bileşenleriyle sıkı bir ilişki içerisindeyken kalıp bileşeniyle normal bir ilişkisi vardır. Ayrıca tabloda ürün özelliklerinin müşteriler, şirket ve rakip firma için önem dereceleri görülmektedir. Örneğin; köftenin tadı müşteri için en önemli parametredir. Buna karşılık rakip firma köfte tadını müşteri puanlamasından bir hayli uzakta 2 puan ile derecelendirmiştir. Tasarım şirketi ise buna müşteri isteklerine çok yakın olan 4 puanı takdir etmiştir. Depolama ve montaj kolaylığı için müşteri ve rakip firma puanları aynı iken, şirket bu özelliğe daha yüksek olan 4 puanı vermiştir. Müşterilerin hangi özellikleri önemsedikleri ve tercih ettiği tablodan açık şekilde görülmektedir. Örneğin; müşterilerin köfte boyutuyla pek ilgilenmedikleri görülmektedir. Bu nedenle piyasaya sunulacak ürün için köfte boyutuyla ilgili kaynak kullanımını en aza indirmek akılcı bir yaklaşım olacaktır.

Tablo 4. Köfte yapma makinası QFD matrisi (QFD matrix of the meatball making machine)

	Gövde	Kalıplar	Hazne	Karıştırıcı	Müşteri Derecelendirmesi	Rakip Derecelendirmesi	Şirket Derecelendirmesi

Köftenin tadı			O	Δ	5	2	4
Köftenin boyutu ve şekli	O	Δ			2	4	3
Farklı tipte köfte yapımı		Δ	O		2	1	3
Çalışma kapasitesi	O			Δ	3	3	4
Estetik görünüm	Δ	O	Δ		4	2	5
Temizleme ve yıkama	O	Δ	Δ	Δ	4	2	3
Depolama ve montaj	Δ	O	O	O	3	3	4
Hazırlama süresi	O	O		Δ	4	3	2
Güvenli kullanım		O		Δ	4	3	4
	Güçlü ilişki (Δ) Normal ilişki (O) Zayıf ilişki (□)						

2.1.6. Özellik görece değerlerini bileşenlere dağıtma (*Distribution of property relative values to components*)

QFD matrisi, ürün özellik (-ki burada fonksiyon kabul edilebilir) ve parça ilişkisini belirleyerek tasarımcılar için önemli bilgileri ortaya çıkarır. Ancak bu verilerin geliştirme takımı tarafından oransal olarak bilinmesi de gerekir. Tablo 5'te ürüne ait özelliklerin (fonksiyonların) parçalarca (fonksiyon taşıyıcılarınca) kaba karşılama dağılımı gösterilmiştir. Örneğin; köftenin tat özelliği % 40 hazneye bağlı (ilişkili) iken % 60 karıştırıcı tarafından belirlenir. Temizleme ve yıkama kolaylığı açısından değerlendirme yapıldığında gövde % 10, kalıplar, hazne ve karıştırıcı % 30'luk paylara sahiptir.

Tablo 5. Ürüne ait özellik (fonksiyon) ve parçalar arası oransal ilişkiler (*Proportional relationships between product property (function) and parts*)

	Gövde	Kalıplar	Hazne	Karıştırıcı
Köftenin tadı			% 40	% 60
Köftenin boyutu ve şekli	% 40	% 60		
Farklı tipte köfte yapımı		% 60	% 40	
Çalışma kapasitesi	% 40			% 60
Estetik görünüm	% 40	% 20	% 40	
Temizleme ve yıkama	% 10	% 30	% 30	% 30
Depolama ve montaj	% 40	% 20	% 20	% 20
Hazırlama süresi	% 25	% 25		% 50
Güvenli kullanım		% 40		% 60

Ürün özellikleri (fonksiyonları) ve parçaları arasındaki oransal ilişki tespit edildikten sonraki aşamada ürün özelliklerinin görece paylarının ürün bileşenlerine (parçalarına) göre oranlama işlemi yapılır. Bu aşamada ürün özelliklerinin (fonksiyonları) ürün parçaları üzerindeki görece oranları belirlenir.

Müşteri isteklerine (özellik / fonksiyon) göre ürün bileşenlerinin görece değerlendirme tablosundan elde edilen veriler ile toplam üretim maliyetinde kapladığı pay Tablo 6'da gösterilmiştir. Örneğin gövdenin görece değerlendirmesi; köfte boyutu ve şekli için % 2,4, çalışma kapasitesi ve depolama özelliklerince % 4, estetik görünümle ilişkisi % 5,2, temizleme kolaylığı için % 1,3 ve hazırlama süresine etkisinden aldığı % 3,25 ile toplamda % 20,15 paya sahip olur. Benzer tarzda kalıp % 24,15, hazne % 19,9 ve karıştırıcı ise % 35,8 paya sahip olacaktır.

Ürün özelliklerinin hedef maliyetleri, ürün bileşenlerinin Tablo 7'de gösterilen oranlarına göre dağıtıldığında ortaya çıkan tutar, bileşenlerin (hedef) maliyetidir. Örneğin gövdenin (hedef) maliyeti 241,8 TL olarak hesaplanmıştır. Benzer tarzda karıştırıcıya ait bileşen (hedef) maliyeti ise 429,6 TL olur.

Tablo 6. Görece özellik paylarının bileşenlere (parçalara) dağıtımı (*Distribution of relative property portions to components (parts)*)

	Toplam Görece Değerlendirme	Gövde	Kalıplar	Hazne	Karıştırıcı
Köftenin tadı	%16			%6,4	%9,6
Köftenin boyutu ve şekli	%6	%2,4	%3,6		
Farklı tipte köfte yapımı	%6		%3,6	%2,4	
Çalışma kapasitesi	%10	%4			%6
Estetik görünüm	%13	%5,2	%2,6	%5,2	
Temizleme ve yıkama	%13	%1,3	%3,9	%3,9	%3,9
Depolama ve montaj	%10	%4	%2	%2	%2
Hazırlama süresi	%13	%3,25	%3,25		%6,5
Güvenli kullanım	%13		%5,2		%7,8
Toplam	% 100	% 20,25	% 24,15	% 19,90	% 35,80

Tablo 7. Ürün fonksiyon hedef maliyetinin belirlenmesi (*Determination of product function target costs*)

	Gövde	Kalıplar	Hazne	Karıştırıcı	Toplam Hedef Maliyet
Köftenin tadı			76,8 TL	115,2 TL	192 TL
Köftenin boyutu ve şekli	28,8 TL	43,2 TL			72 TL
Farklı tipte köfte yapımı		43,2 TL	28,8 TL		72 TL
Çalışma kapasitesi	48 TL			72 TL	120 TL
Estetik görünüm	62,4 TL	31,2 TL	62,4 TL		156 TL
Temizleme ve yıkama	15,6 TL	46,8 TL	46,8 TL	46,8 TL	156 TL
Depolama ve montaj	48 TL	24 TL	24 TL	24 TL	120 TL
Hazırlama süresi	39 TL	39 TL		78 TL	156 TL
Güvenli kullanım		62,4 TL		93,6 TL	156 TL
Bileşen Hedef maliyet	241,8 TL	289,8 TL	238,8 TL	429,6 TL	1.200 TL

2.2. Değer Mühendisliği (*Value Engineering*)

Sistemik tasarım yaklaşımının önemli aşamalarından biri olan kavramsal tasarım işlemi ile belirlenen fonksiyonlara en uygun çözüm önerileri sunularak tasarım seçenekleri oluşturulmuştur. Kavramsal tasarım işlemi sonucunda ideal tasarım seçeneği belirlenir. Bu tasarım değer mühendisliği uygulamalarıyla hedef maliyet koşullarına uygun hale getirilmeye çalışılır. Değer mühendisliği, hedef maliyet belirleme aşamalarından birisidir. Maliyeti azaltılacak bileşenler veya yatırım payının artırılması gereken bileşenler bu aşamada belirlenir. Bunlardan öncelikle maliyeti azaltılacak bileşenler belirlenir. Daha sonra müşteri istekleri ve fonksiyonel çözümlerin bir arada sunulduğu maliyet azaltma çalışmaları yapılır. Bazen ürünün bir bileşeninde yapılan maliyet azaltması aynı ürüne ait bir başka bileşen maliyetini artırabileceği de göz ardı edilmemelidir [17].

Ürünün hangi bileşenlerinde maliyet azaltılmaya çalışılacağına geliştirme takımının oluşturacağı değer endeksi tablosu ile karar verilir. Bir bileşene ait müşteri tarafından algılanan değer toplam ürün maliyet oranına değer endeksi denilir.

Tablo 8. Değer endeks tablosu (*Value index table*)

Bileşen	Maliyet	Görece Değer	Değer Endeksi	Sonuç
Gövde	%33,3	%20,15	0,6	Maliyet azaltılacak
Kalıplar	%16,7	%24,15	1,44	Geliştirme
Hazne	%20,9	%19,9	0,95	Tatminkâr
Karıştırıcı	%29,1	%35,8	1,23	Geliştirme
Toplam	%100	%100		

Bir görece değerlendirme yüzdesi, maliyet oranına bölünerek değer endeksi bulunur. Değer endeksi 1 veya 1'e yakın ise bunlar müşteri için tatminkâr olur. Bu bileşenler ile ilgili herhangi bir işleme gerek yoktur. Değer endeksi 1'den küçük olan bileşenler müşteri beklentisi üzerinde olan maliyetleri ifade eder. Bunların değer mühendisliği kapsamında maliyetleri azaltılmalıdır. Değer endeksi 1'den büyük olan bileşenler müşteri beklentileri altında özelliklere sahiptir. Burada ise müşteri açısından değer ifade eden geliştirmeler yapılması gerekir [11]. Gövde maliyetinin müşteri beklentileri üzerinde olduğu Tablo 8'den anlaşılmaktadır. Karıştırıcı ve kalıplara ise değer mühendisliği uygulamalarıyla iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Geliştirme ekibinin hazneye verdiği değer ile müşterinin haznedeki beklediği özellikler birbirleriyle uyum içerisinde gözükmemektedir.

2.3. Bulgular (*Results*)

Tasarım ekipleri beyin fırtınası, FMEA (Hata Modu Etki Analizi) vb. gibi problem çözme yöntemleriyle müşteri taleplerine uygun çözümler üretmeye çalışırlar [20]. Tasarımcılar, maliyeti azaltılması gereken bileşenler üzerinde çalışmalarını sürdürür. Burada amaç daha düşük maliyetle aynı fonksiyonları karşılayacak bileşenler/çözümler elde etmektir. Fonksiyonelliğin artırılması için başka malzemeler kullanılabilir mi, ürün daha basit bir çalışma yapısında olabilir mi, maliyetleri azaltmak için yapılacak diğer adımlar nelerdir, gibi sorulara cevaplar aranır. Ürünün çalışma sistemi değiştirilebilir, gereksiz mukavemet değerlerinden kaçınılabilir veya farklı malzemeler tercih edilebilir.

Köfte yapma makinası için maliyet azaltma ve geliştirme çalışmaları tasarım ekibince yapılmıştır. Gövde, hazne ve kalıp parçaları üzerinde değer mühendisliği teknikleriyle maliyet azaltma gerçekleştirilmiştir. Karıştırıcı için paslanmaz çelik yerine alüminyum malzeme kullanıldı. Ayrıca helezonik milin talaşlı imalatından vazgeçildi. Bunun yerine mil ve helezonlar ayrı ayrı üretilip kaynakla birleştirildi. Ürün üzerindeki tüm bağlantı elemanları tek tip olacak şekilde tasarım yapıldı. Değer

mühendisliği çalışmasından önce kalıpların Şekil 2’de görüldüğü gibi dairesel hareketle çalışması öngörülüyordu. Ancak bu durumun fazladan malzeme kullanımına ve üretim maliyetlerinin artmasına sebep olduğu belirlendi. Dairesel yerine doğrusal prensiple çalışan kalıp tasarımı ile bu problem çözüldü.

Yapılan maliyet azaltma ve geliştirme çalışmaları sonucunda (hedef) maliyet kriterlerine ulaşılmıştır. Ürün, bu kapsamda üretim sonrası piyasaya sunulabilir. Köfte yapma makinasının son/gelişmiş hali Şekil 3’te görülmektedir.



Şekil 2. Değer mühendisliğinden önce köfte kalıbı
(Meatball mold before value engineering)



Şekil 3. Köfte yapma makinesi (Meatball making machine)

3. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu araştırmada ev, kantin veya iş yerlerinde kullanılabilecek bir köfte yapma makinasına ait hedef maliyet belirleme işlemi ve tasarım çalışması yapılmıştır. (Hedef) Maliyet; rakip firma ürün fiyat

analizine, ürünün özellik ve fonksiyonlarına göre belirlenmiştir. Firmanın belirlediği kar payı, (hedef) satış fiyatından çıkartılarak (hedef) maliyet ortaya konmuştur. Hedef maliyet, ürünün piyasa sürümü için belirlenen üst sınırı ifade eder. Tedarik, tasarım, üretim, dağıtım ve satış sonrası hizmetler için belirlenen harcama tutarı tahmini maliyeti içerir. Tahmini maliyet ve hedef maliyet arasında fark maliyet açığı ifade eder. Yapılan araştırmalar sonucunda maliyet açığı belirlemiş ve hedef maliyet kriterlerine ulaşmak için çalışmalara başlanmıştır.

Fonksiyon bazında ürün bileşen maliyetleri belirlenmiştir. Müşteriler açısından ürün özelliklerine ait mali değerler saptanmıştır. QFD yöntemiyle özellik (fonksiyon)-bileşen ilişkisi mali ifadeler şeklinde yazılmış, her özellik fonksiyon ve parçanın (bileşenin) toplam ürün fiyatındaki oranı hesaplanmıştır. Değer endeksi yapılarak müşterinin ürün bileşen beklentileri ve ürün beklentileri karşılamada rolleri belirlenmiştir. Değer mühendisliği çalışmalarıyla maliyet azaltma ve fonksiyon geliştirmeye çalışılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda istenilen maliyet hedeflerine ulaşılmıştır.

Hedef maliyet belirleme sistemi, ürünün piyasaya çıkıp çıkmayacağına karar verir. Ürün maliyetleri büyük oranda tasarım aşamasında belirlenir. Tasarımcılar bu aşamada verdikleri kararlar ile tedarik, üretim ve nakliye süreçlerinde oluşabilecek maliyetleri doğrudan etkileyebilir. Bu nedenle; tasarım ile maliyet belirleme sistemlerinin eş zamanlı geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Değer mühendisliği çalışmaları sonucu tasarımında iyileştirmeler yapılan köfte yapma makinası, müşteri ihtiyaçlarına optimum düzeyde cevap verebilir. Bu çalışmada uygulanan hedef maliyet belirleme sistemi ve değer mühendisliği çalışması diğer bir çok ürün tasarımında da kullanılabilir. Firmalar, rekabet güçlerini korumak ve geliştirmek için değer mühendisliğinden yararlanabilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI (CONFLICT OF INTEREST STATEMENT)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] D. Acar, *Küresel Rekabette Maliyet Yönetimi ve Yaklaşımları: Tekstil Sektörü ile İlgili Bir Araştırma*. Ankara: Asil Yayın Dağıtım, 2005.

[2] P.Y. Feil, H. Keun and W. Kim, "Japanese target costing: A historical perspective," *International Journal of Strategic Cost Management*, vol. (Spring 2004), pp. 10-19, January, 2004.

[3] R. Cooper, *When Lean Enterprises Collide: Competing through Confrontation*. Boston: Harvard Business School Press, 1995.

[4] R. Cooper and W. B. Chew, "Control tomorrow's costs through today's designs," *Harvard Business Review*, vol. 74, no. 1, pp. 88-97, February, 1996.

[5] S. Yükçü ve S. Gönen, "Tedarik zinciri yönetimi ile hedef maliyetlemenin birlikte uygulanabilirliği," *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, cilt. 40, sayı 40, s. 71-83, Şubat, 2008.

[6] E. Bozdemir ve M.S. Orhan, "Maliyet kontrol aracı olarak hedef maliyetleme yönetimlerinin türk otomotiv sanayinde uygulanabilirlik düzeyinin incelenmesi," *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari İlimler Dergisi*, cilt 2, sayı 2, s. 163-179, Temmuz, 2011.

[7] F. Kurşunel, A.T. Alkan ve A.B. Şalvarcı, "Maliyet yönetiminde çağdaş bir yaklaşım: Hedef maliyetleme süreci: örnek uygulama," *Sosyal Bilimler Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, cilt 8, sayı 8, s. 57-74, Mayıs, 2015.

[8] S. L. Ansari, J. E. Bell and D. Swenson, "A Template for Implementing Target Costing," *Cost Management*, vol. 20, no. 5, pp. 20-27, September, 2006.

[9] P. Everaert, S. Loosveld, T. V. Acker, M. Schollier and G. Sarens, "Characteristics of target costing: Theoretical and field study perspectives," *Qualitative Research in Accounting & Management*, vol. 3, no.3, pp. 236-263, September, 2006, doi: 10.1108/11766090610705425

[10] Z. Türk, "Geleceğin maliyetlerinin kontrolünde yeni bir yaklaşım hedef ve kaizen maliyetleme," *Dokuz Eylül Üniversitesi İBBF Dergisi*, cilt 14, sayı 1, s. 199-214, Haziran, 1999.

[11] Z.Ş. Yaşar, *Yeni Ürün Geliştirme Sürecinde Maliyet Yönetimi Teknikleri*. İzmir: Kitapana Basım Yayın Dağıtım, 2016.

[12] L. Koşan ve E. Geçgin, "Müşteri beklentisi ve maliyet yönetimi hedef maliyet sistemi ve örnek bir uygulama," *Mali Çözüm Dergisi*, cilt 106, sayı 106, s. 53-67, Temmuz, 2011.

[13] M. Mohamed, M. Stankosky and A. Murray, "Applying knowledge management principles to enhance cross-functional team performance," *Journal of Knowledge Management*, vol. 8, no. 3, June, 2004, doi: 10.1108/13673270410541097

[14] J. Olson, *Maliyet Düşürme (Çeviri: E.S.Yarmalı)*, İstanbul: Hayat Yayın, 1999.

[15] H.R. Börklü, N. Yüksel, K. Çavdar and H.K. Sezer, "A practical application for machine design education," *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, vol. 12, no. 2, pp. 1-11, January, 2018, doi: 10.1299/jamdsm.2018jamdsm0036

[16] R. Cooper and R. Slagmulder, "Achieving full-cycle cost management," *Sloan Management Review*, vol. 46, no. 1, pp. 45-52, September, 2004.

[17] A. Altınay, "Etkin maliyet yönetim sistemi olarak hedef maliyetleme sistemi ve tmmt uygulaması," *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, cilt 16, sayı 16, s. 140-164, Aralık, 2006.

[18] H.R. Börklü (Türkçeye Çeviren), G. Pahl, W. Beitz, G. Feldhusen ve K.H. Grote, *Mühendislik Tasarımı: Sistemik Yaklaşım*. Ankara: Hatiboğlu Yayınları, 2010.

[19] E. Güllü ve Y. Ulcay, "Kalite fonksiyonu yayılımı ve bir uygulama," *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, cilt 7, sayı 1, s. 71-91, Nisan, 2002, doi: 10.17482/uujfe.18930

[20] M. Mayda and H.R. Börklü, "An integration of triz and the systematic approach of pahl and beitz for innovative conceptual design process," *J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.*, vol. 36, no. 4, pp. 859-870, October, 2014, doi: 10.1007/s40430-013-0106-y

Nurullah YÜKSEL

Nurullah YÜKSEL, 1993 yılında Ankara'da doğdu. 2011 yılında Ragıp Üner Sağlık Meslek Lisesi'nden mezun oldu. 8,5 yıl Ankara'da bir kamu hastanesinde anestezi teknikeri olarak çalıştı. Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği'nden 2018 yılında mezun oldu. 2019

yılında aynı bölümde lisans sonrası doktora programına başladı. 2019 yılından bu yana Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. İlgi alanları; triz, sistematik tasarım, tasarımda yapay zeka uygulamalarıdır.

Hüseyin Rıza BÖRKLÜ

H. Rıza BÖRKLÜ, 1959 yılında Kayseri Bünyan'da doğmuştur. 1980 yılında Ankara Teknik Öğretmen okulundan mezun olduktan sonra 4,5 yıl Trabzon'da öğretmen olarak çalışmıştır. 1985 yılında G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünde Araştırma Görevlisi olmuş ve daha sonra YL Eğitimini de bu üniversitede yapmıştır. 1993 yılında ise İngiltere Leeds Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde doktora derecesi almıştır. 1996 yılında doçent, 2002 yılında da profesör unvanları almış ve bu kadroda G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesinde çalışmıştır. 2013 yılından bu yana G.Ü. Teknoloji Fakültesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümünde çalışmaktadır. Makine / Mühendislik Tasarımı, İnovasyon ve Yaratıcılık, CAD ve CAE gibi konularda araştırma ve yayınlar yapmaktadır. Bu alanlarda basılmış 120'nin üzerinde yayını mevcuttur. İleri derecede İngilizce bilmektedir.

Orhan ERDEN

1969 yılında Ankara'da doğdu. Gazi Üniversitesi Endüstriyel San. Eğitim Fakültesi Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Bölümü'nden 1991 yılında mezun oldu. 1996 yılında yüksek lisansını, 2001 yılında doktorasını. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalında tamamladı. 1991-1996 yılları arasında öğretmenlik görevinde bulundu. Gazi Üniversitesi Endüstriyel San. Eğitim Fakültesi Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Bölümü'nde 1996-2001 yılları arasında araştırma görevliliği yaptı, 2001-2009 yılında aynı bölümde Öğretim görevlisi olarak çalıştı. 2009-2017 yılları arasında Yardımcı Doçent Doktor görevinde bulundu. 2017 yılından itibaren de Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü'nde Dr. Öğretim Üyesi olarak görevine devam etmektedir. Yurtiçi ve yurtdışında yayınlanmış çok sayıda yayını ve 2 kitabı bulunan Orhan ERDEN, evli ve 3 çocuk babasıdır.

Multifunctional and Low Cost Autonomous Mobile Robot

Ali Hakan IŞIK^{a,*}, Ömer ÇETİN^b

^{a,*} Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 15300, BURDUR, TÜRKİYE

^b Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 15300, BURDUR, TÜRKİYE

ARTICLE INFO

Received: 17.06.2020
Accepted: 14.08.2020

Keywords:

Autonomous Robots,
Raspberry Pi, Arduino,
Low cost

***Corresponding**

Authors

e-mail:
ahakan@mehmetakif.edu.tr

ABSTRACT

With the development of micro controllers and single-board computer technologies, robotic systems can be designed at a lower cost. In this context, a low-cost autonomous mobile robot has been developed in presented study. By adding a variety of systems to the autonomous mobile robot, remotely controlled and steered robot was designed. In this study, Arduino and Raspberry cards were used for the autonomous mobile robot, which has a four-wheel and tracked structure. Using the Raspberry card and the Pi camera in the robot, the activities around the robot were transferred to the another computer via internet. A Wi-Fi (wireless fidelity) module was used to connect the internet. The Bluetooth module allows the camera to move right-to-left or up-to-down. The GPS (global positioning system) module has been utilized for the robot to act autonomously. With the ultrasonic distance sensor, the autonomous mobile robot can find a new route by overcoming obstacles. The battery can be charged with wireless charging without the need to be charged with a cable in case the battery weakens during movement. This robot can be used in cargo handling, patient assistance, food and beverage service, a relief vehicle in disaster situations. Designed low-cost autonomous mobile robot has distinguished features and presented development phases of robot can assist researchers.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.02>

Çok Fonksiyonlu ve Düşük Maliyetli Otonom Mobil Robot

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 17.06.2020
Kabul: 14.08.2020

Anahtar Kelimeler:

Otonom Robotlar,
Raspberry Pi, Arduino,
Düşük maliyetli

***Sorumlu Yazar:**

e-posta:
ahakan@mehmetakif.edu.tr

ÖZ

Mikro denetleyicilerin ve tek kartlı bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle robotik sistemler daha düşük maliyetle tasarlanabilmektedir. Bu bağlamda, sunulan çalışmada düşük maliyetli bir otonom mobil robot geliştirilmiştir. Otonom mobil robota çeşitli sistemler eklenerek uzaktan kumandalı ve yönlendirilen robot tasarlanmıştır. Bu çalışmada, dört tekerlekli ve paletli yapıya sahip otonom mobil robot için Arduino ve Raspberry kartları kullanılmıştır. Robotta bulunan Raspberry kart ve Pi kamera kullanılarak robotun etrafındaki aktiviteler internet üzerinden başka bir bilgisayara aktarılmıştır. İnternete bağlanmak için bir Wi-Fi (kablolu uygunluk) modülü kullanılmıştır. Bluetooth modülü, kameranın sağdan sola veya yukarıdan aşağıya hareket etmesini sağlamaktadır. Robotun otonom hareket etmesi için GPS (küresel konumlandırma sistemi) modülü kullanılmıştır. Ultrasonik mesafe sensörü ile otonom mobil robot, engelleri aşarak yeni bir rota bulabilmektedir. Hareket sırasında bataryanın zayıflaması durumunda batarya bir kablo ile şarj edilmesine gerek kalmadan kablosuz şarj ile şarj edilebilmektedir. Bu robot, felaket durumlarında bir yardım aracı olan kargo hizmetlerine yardımcı, hasta yardımı, yiyecek ve içecek hizmetlerinde kullanılabilir. Tasarlanan düşük maliyetli otonom mobil robot, ayırt edici özelliklere sahiptir ve robotun sunduğu geliştirme aşamaları araştırmacılara yardımcı olabilir.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.02>

1. INTRODUCTION (GİRİŞ)

Today's technology continues to develop rapidly. For example, important studies on cloud computing, new optimization methods, mobile applications and robot technologies are carried out [1-4]. Autonomous mobile robots are robots that can move from one location to another in order to perform simple or complex operations. It is used extensively in both indoor and outdoor security work, dangerous work or repetitive processes [5, 6]. It appears to have been used in military, hospital operations, agriculture, factories and many other areas [7-9].

The autonomous mobile robot study included in the article was developed by taking into account the human nature of sleep requirement, illness, distraction, psychological problems. Military personnel at the border lines of the countries keep watch for a long time and stay away from their family and children. Long-term seizures are inefficient seizures, but the cost of non- cheap causes problems. These problems cause staff to be affected socially or psychologically, and as a result, they wear out quickly. It is aimed to overcome this problem with a technological innovation.

In today's technology, robots can be designed using cost-effective or low-cost systems [10]. A low-cost autonomous mobile robot was designed in this article. An autonomous mobile robot with fixed four wheels and tracked was proposed. In order to control the mechanical part of the robot and enable it to operate in the form of an autonomous mobile robot, the Arduino Mega card, which is often used as a low-cost tutorial card, was utilized. Communication with the robot was enhanced using the Pi camera with the Raspberry Pi card, known as the Mini computer and easily supplied at a low cost. The Bluetooth module was used to increase the angle of view of the camera. The robot's ability to charge wirelessly made its charging easier. The main contributions of the proposed mobile robot is multi-functionality and low-cost. In the software part of the designed robot, C++ programming language is used.

2. HARDWARE DESIGN (DONANIM TASARIMI)

2.1. Mobile Robot Mechanical Structure (Mobil Robot Mekanik Yapısı)

The robot has a fixed frame with four wheels and a crawler structure. It is driven by two DC motors. In this way, the robot can move forward or backward. In order for the autonomous mobile robot to turn

right or left, the motors are provided to move in opposite directions. The control scheme of the operation of the autonomous mobile robot with the Arduino Mega card is shown in Figure 1.

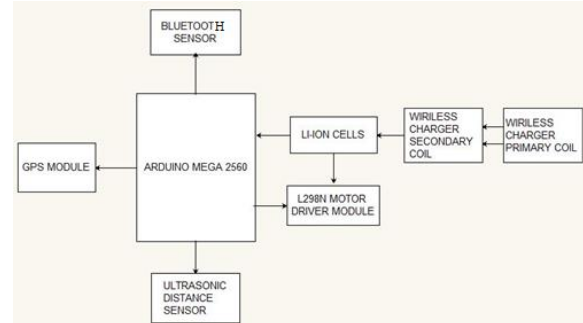


Figure 1. Autonomous mobile robot arduino card control scheme (Otonom mobil robot arduino kart kontrol şeması)

A system design has been made that can move to the top of the robot so that the Pi camera on the robot can turn right/left or move up/down to increase the angle of view. An ultrasonic sensor was used to help the robot escape obstacles. The receiver and transmitter coils have been purchased ready for wireless charging.

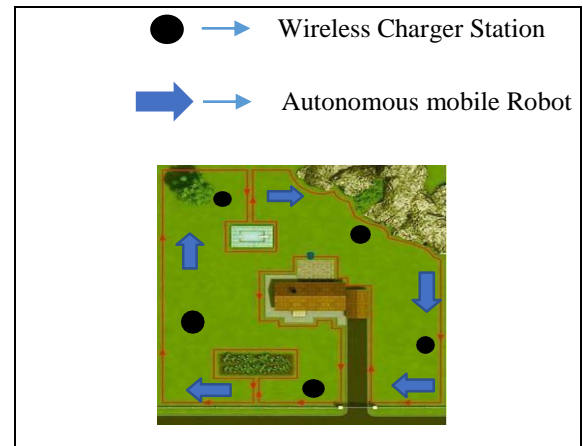


Figure 2. Layout of autonomous mobile robots and wireless chargers (Otonom mobil robotların ve kablosuz şarj cihazlarının düzeni)

As shown in Figure 2, vehicle charging stations are placed at certain points provided they are hidden. The charging stations will allow the vehicle to charge without electrical contact. In the charging stations, a coil will be placed to create a magnetic field, and a coil that will induce voltage on this magnetic field will be placed in the vehicle. In addition, several autonomous mobile robot systems should be

developed as a scenario. When a vehicle is charging, it must communicate with its deployment strategy and ensure that another vehicle continues to observe. In this way, uninterrupted data transfer to law enforcement units can be provided. Many robots are designed to roam in a swarm, but the difference is that the system can be charged with a wireless charger [11].

2.2. Electronic Interface (Elektronik Arayüz)

The Raspberry Pi and Arduino cards used for the mobile robot work separately. GPS systems generally used for robot or vehicle tracking. Due to the low cost of some projects, a functional tracking system has been developed using Arduino card and GPS module together [12]. In this project, the GY-NEO6MV2 GPS module was used to enable the mobile robot to act autonomously. The latitude and longitude data from the GPS module and the latitude and longitude data entered when programming the Arduino Mega card are compared by the processor. Depending on the latitude and longitude difference, the L298N motor drives become active and the autonomous mobile robot begins to move forward/ backward or right/left. In the event of an obstacle, the ultrasonic sensor evades the obstacle and creates a new route.

The Pi camera on the Raspberry Pi card enables remote monitoring of events going on around the autonomous mobile robot via IP address [13]. To change the angle of the camera, the Arduino Mega card and the Bluetooth module were used. After mechanically adjusting the camera to move up/down or right/left, the L298N motor drives are activated after the data sent via Bluetooth is processed in the Arduino Mega so that the camera can take the desired angle.

The key features of the Raspberry Pi and Arduino Mega cards used are as follows. Technically 4 core 900 MHz ARMv7 Cortex processor in a Raspberry Pi (~6x performance), 1 GB LPDDR2 SD RAM, 10/100 Ethernet RJ45 jack, 4 X USB2.0 Port, video/audio output: HDMI and 4-pole 3.5 mm connector, microSD card slot, 40 pin GPIO low cost minicomputer.

The Arduino Mega 2560 is an Arduino card containing an ATmega2560 microcontroller. 15 of the 54 digital / input outputs can be used as PWM outputs. In addition to these input and output, 16 analog inputs, 4 UART (hardware serial ports), one oscillator, 16 MHz crystal, a USB connection, a power jack (2.1 mm), ICSP header, and a reset button. The Arduino Mega 2560 contains all the components needed by the

microprocessor. The Arduino Mega 2560 is fed from a battery, adapter, power bank or USB port of the computer and runs easily.

The engines run from 3 to 6 V, and at 5 V, the DC motors consume about 100mA to reach a speed of 200 rpm. Two servo motors are used to move the camera up/down or right/left. Four Li-ion batteries were used to enable the engines to move.

3. SOFTWARE FEATURES APPLIED TO MOBILE ROBOT (MOBİL ROBOTA UYGULANAN YAZILIM ÖZELLİKLERİ)

3.1. Image Transfer with Raspberry Pi Card (Raspberry Pi Kartı ile Görüntü Aktarımı)

The Raspberry Pi 2 card was used as the Raspberry Pi card. Because the Raspberry Pi 2 card does not have Wi-Fi capability, the Edimax EW-7811Un WIFI adapter has been equipped with WIFI capability. For easy control of the Raspberry Pi card, a 3.5' LCD screen was installed and connected.

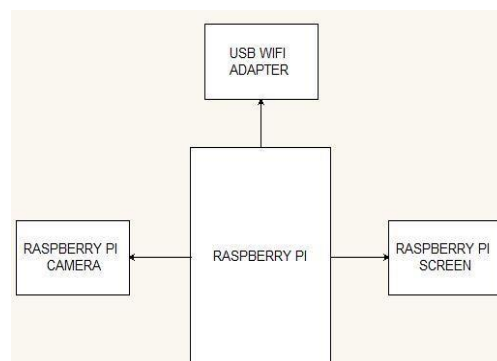


Figure 3. Raspberry Pi control scheme (Raspberry Pi kontrol şeması)

The Raspberry Pi card was connected to the camera and the Raspberry Pi card enabled the camera and WIFI features. A VLC program was installed on a computer to check the operation of the camera. The camera was activated after the Internet connection to the Raspberry Pi card was made over WIFI. The IP address of Raspberry Pi card was entered into the VLC program and the image was transferred to the computer via IP address. It is now possible to save the video on the received computer.

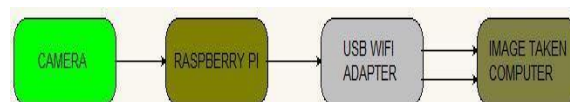


Figure 4. Image transfer system with raspberry Pi (Raspberry Pi ile görüntü aktarım sistemi)

3.2. Control Of Autonomous Mobile Robot With Arduino Card (Arduino Kartlı Otonom Mobil Robotun Kontrolü)

The Arduino Mega card was used in the autonomous mobile robot. The Arduino Mega card has a low cost and easy to control system. Because of these features, it is often preferred in many robotic applications.

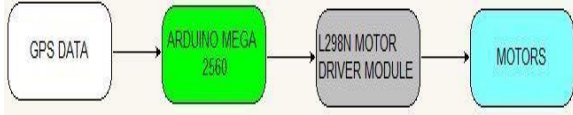


Figure 5. Engine control scheme with autonomous mobile robot GPS system (Otonom mobil robot GPS sistemi ile motor kontrol şeması)

The GY-NEO6MV2 GPS module was used to enable the mobile robot to act autonomously. There is a margin of error of about 5 meters when it comes to location detection. In addition to determining the location, it also helps to determine the speed of the vehicle [14].

Connections were made and the GPS library was added to the Arduino Mega card. The coordinates of the desired destination of the autonomous mobile robot were entered into the software on the card. The coordinates from the GPS module and the coordinates inside the robot were compared to the Arduino Mega card. Depending on the data received, the engines were activated with the L298N motor drive, enabling the autonomous mobile robot to reach the desired position.

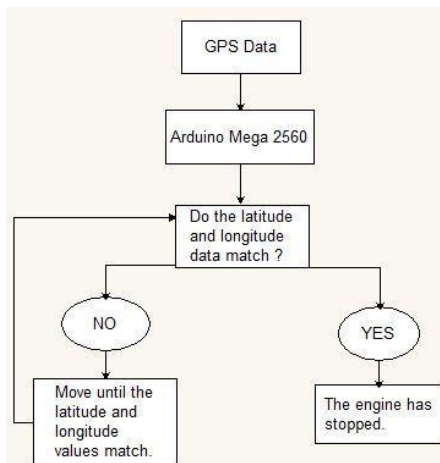


Figure 6. Autonomous mobile robot GPS operating system (Otonom mobil robot GPS işletim sistemi)

The engines were controlled by a Bluetooth module so that the camera of the autonomous robot, powered by wireless charging, could rotate 360 degrees and reach the desired height.

Connections of the Bluetooth module were made to the Arduino Mega card and Bluetooth software was added to the card. A phone with Bluetooth controlled the operation of the engines.

The HC-SR04 ultrasonic sensor was used as the distance sensor. The HC-SR04 ultrasonic sensor uses sound waves to identify obstacles facing it. It can see objects up to 2 cm and 400 cm away. The distance sensor was used in our project to avoid obstacles that could be encountered by the vehicle operating autonomously.

3.3. Resonance System (Rezonans Sistemi)

In the study, two coils were used, each in a self-frequency state. The transmitter coil, that is, the coil connected to the power source, emits a magnetic wave by oscillating at a certain frequency. The other coil resonates with the magnetic field, inducing a voltage on it. Thus, power transfer is provided.

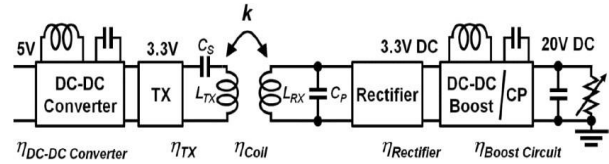


Figure 7. Resonance System (Rezonans Sistemi)

In the autonomous mobile robot study, a system like the one in Figure 7 was used. The winding numbers of the coils seen in the circuit vary according to the material we use and the battery in the circuit is determined depending on the capacity. As shown in Figure 7, a magnetic field was created between the coils and power was transferred.

4. FINDINGS AND RECOMMENDATIONS (BULGULAR VE ÖNERİLER)

Especially low-cost mobile robot able to charge itself when it needs to be charged with becoming an autonomous robot that can be sent to the desired location adaptable to any terrain, in all environments the internet to be able to transfer images, and received images of the Raspberry Pi' e are the key benefits of the autonomous mobile robot that can be saved. The disadvantage of autonomous mobile robot is that the charging time is long because the

autonomous mobile robot is charged with wireless charging, the computer where the image is transferred with Raspberry Pi must be connected to the same WIFI network and the image taken from Raspberry Pi is transferred to the computer approximately 13 seconds late. Recommended for autonomous mobile robot; person detection can be done by adding facial recognition feature to the camera system [15], attention should be paid to coil design and material used to increase charging power [16], image transfer can be done in Internet-free environment using receiver and transmitter antenna.

Table 1. Unit price list of materials/services used in autonomous mobile robot (*Otonom mobil robotta kullanılan malzeme / hizmetlerin birim fiyat listesi*)

Product Name	Num ber	Unit Price	Price
Crawler Robot	1	15 \$	15 \$
GY-NEO6MV2 GPS Module	1	5 \$	5 \$
Raspberry Pi Camera+ Infrared LED Module	1	15 \$	15 \$
Raspberry Pi 3.5" LCD Screen	1	10 \$	10 \$
Edimax Wireless USB Adapter	1	10 \$	10 \$
3.7V/2200mAh Li-Ion Battery	4	5 \$	20 \$
5V/2A Wireless Charger	4	5 \$	20 \$
5V DC Motor	2	2 \$	2 \$
L298N Motor Driver	2	1 \$	2 \$
HC-06 Bluetooth Module	1	3 \$	3 \$
HC-SR04 Distance Sensor	1	1 \$	1 \$
Raspberry Pi 2 Model B	1	35 \$	35 \$
Arduino Mega 2560	1	10 \$	10 \$
TOTAL			150 \$

5. CONCLUSIONS (SONUÇLAR)

In this study, a multi-functional, low-cost autonomous mobile robot system has been developed. With a fixed four-wheel and tracked structure, it is designed electronically with Raspberry Pi and Arduino Mega cards, an autonomous mobile robot system that can charge wirelessly. Basic design requirements for the development phase of

autonomous mobile robot, low cost security robot creation, high quality terrain adaptation features are presented. The advantages of different mapping, avoiding obstacles, and being able to charge wirelessly were also studied. This autonomous mobile robot project could be a starting point for future research. Some possible investigations: cargo handling, patient assistance, food and beverage service, disaster situations may be a means of assistance.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT (ÇIKAR ÇATIŞMASI BİLDİRİMİ)

The authors reported no potential conflict of interest.

REFERENCES (KAYNAKLAR)

- [1] B. Ersever, İ. Doğru, and M. Dörterler, "Büyük Ölçekli Veri Merkezleri İçin Bulut Bilişim Kullanarak Sunucu Sanallaştırma," *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GMBD)*, cilt 3, sayı 1, s. 20-26, Ocak, 2017.
- [2] İ. Şahin, M. Dörterler, H. Gökçe, "Bozkurt Optimizasyon Yöntemi Kullanarak Basınç Yaylarının Minimum Hacme Göre Optimum Tasarımı," *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GMBD)*, cilt 3, sayı x s. 21-27, Haziran, 2017.
- [3] İ. Doğru, O. Erdem, M. Akcayol, "Development of Reserved Reliable Flow Control Algorithm in Mobile Ad Hoc Networks," *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GMBD)*, cilt 4, sayı 3, s. 144-156, Haziran, 2018, doi: 10.30855/GJES.2018.04.03.001.
- [4] A. Karacı, and M. Erdemir, "Arduino ve Wifi Temelli Çok Sensörlü Robot Tasarımı ve Denetimi," *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, cilt 10, sayı 4, s. 435-449, Ekim, 2017, doi: 10.17671/gazibtd.307271.
- [5] R. Siegwart and I. R. Nourbakhsh, *Introduction to Autonomous mobile robots*, USA: The MIT Press, 2004.
- [6] L. Jaulin, *Mobile robotics*, USA: ISTE Press Elsevier, 2007.
- [7] V. Tuğcu, N. C. Şener, S. Şahin, A. H. Yavuzsan, , F. G. Akbay, S. Apaydın, "Robot-assisted kidney transplantation: comparison of the first 40 cases of open vs robot-assisted transplantations by a single

surgeon”, *BJU international*, vol. 121, no. 2, pp. 275-280, January, 2018, doi: 10.1111/bju.14014.

[8] A.Bechar, and C.Vigneault, “Agricultural robots for field operations. Part 2: Operations and systems,” *Biosystems engineering*, vol. 153, no. 1, pp. 110-128, January, 2017, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2016.11.004.

[9] A. W. K. To, G. Paul, and D. Liu, “A comprehensive approach to real-time fault diagnosis during automatic grit-blasting operation by autonomous industrial robots,” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 49, no. 1, pp. 13-23, February, 2018, doi: 10.1016/j.rcim.2017.05.008.

[10] S. E. Oltean, “Mobile Robot Platform with Arduino Uno and Raspberry Pi for Autonomous Navigation,” *Procedia Manufacturing*, vol. 32, no. 1, pp. 572-577, April, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2019.02.254.

[11] A. Kumar, S. Sharma, R. Tiwari, and S. Majumdar, “Area exploration by flocking of multi robot,” *Procedia Engineering*, vol. 41, no. 1, pp. 377-382, February, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.07.187.

[12] A. Wirarespati, and Z. E. Rasjid, “Automotive Security with Authorization and Tracking via GPS,” *Procedia Computer Science*, vol. 157, no. 1, pp. 72-78, October, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.08.143.

[13] S. Prasad, P. Mahalakshmi, A. J. C. Sunder, R. Swathi, “Smart surveillance monitoring system using Raspberry Pi and PIR sensor,” *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 6, pp. 7107-7109, February, 2014.

[14] M. Sajjad, M. Nasir, F. U. M. Ullah, K. Muhammad, A. K. Sangaiah, and S. W. Baik, “Raspberry Pi assisted facial expression recognition framework for smart security in law-enforcement services,” *Information Sciences*, vol. 479, no. 1, pp. 416-431, January, 2019, doi: 10.1016/j.ins.2018.07.027.

[15] P. Machura, and Q. Li, “A critical review on wireless charging for electric vehicles,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 104, no. 1, pp. 209-234, April, 2019, doi: 10.1016/j.rser.2019.01.027

Ali Hakan IŞIK

Ali Hakan IŞIK graduated from Gazi University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering in 2002. He worked as an engineer in private and public sectors. He started working at Gazi University in 2006. He attended Gazi University Institute of Science and Technology in 2005 and Master in 2012. He started working in Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, Department of Computer Science in 2013. In 2017, he received the title of Associate Professor in Computer Science and Engineering. He has articles on artificial intelligence, decision support systems, biomedical, software and optimization. Dr. Ali Hakan IŞIK is married and has two children.

Ömer ÇETİN

Ömer ÇETİN was born in Malatya, Turkey, on 18 January 1996. He graduated from the Energy Systems Engineering Department in Erciyes University, Kayseri, Turkey, in 2019. In 2019, he attended the MSc programme at the Computer Engineering Department in Burdur Mehmet Akif Ersoy University. His current fields of research are robotics coding, automation.

Shortest Path Approach in Pedestrian Transfers Application in Unity

Mustafa GÜNEŞ^{*,a}, Hakan DİLİPAK^b

^{a,*} Gazi Üniversitesi Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırılması Bölümü, 06560, ANKARA, TÜRKİYE

^b Gazi Üniversitesi İmalat Mühendisliği Bölümü, 06560, ANKARA, TÜRKİYE

ARTICLE INFO

Received: 02.04.2020
Accepted: 03.08.2020

Anahtar Kelimeler:

Unity, A Yıldız
Algoritması, En Kısa
Yol Problemi, Arazi
Modelleme, Yapay
Zekâ

^{*}Sorumlu Yazar:

e-posta:
mustafagunes5365@
hotmail.com

ABSTRACT

In the past 15 years, terrorist organizations have made tactical changes in their attacks, while the defense elements have continuously improved their doctrines. In some parts of all operations, especially the Homeland Security Operation, the troops were forced to move from one point to another in the field as pedestrians. In the present study, a visual application showing the shortest route to the target was made to the troops acting as pedestrians in the field. First of all, three-dimensional model of a certain region was created by using height maps in Unity Game Engine. A Star algorithm and Navigation Mesh help to move pedestrian elements in the terrain. As a result of the study, a decision support system was developed showing the direction in which troops move during the transfer to the field by using a star algorithm and navigation mesh.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.03>

Yaya İntikallerde En Kısa Yol Problemi Unity İçerisinde Uygulama

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 02.04.2020
Kabul: 03.08.2020

Keywords:

Unity, A Star
Algorithm, Shortest
Path Problem, Terrain
Modeling, Artificial
Intelligence

^{*}Corresponding

Authors

e-mail:
mustafagunes5365@
hotmail.com

ÖZ

In the past 15 years, terrorist organizations have made tactical changes in their attacks, while the defense elements have continuously improved their doctrines. In some parts of all operations, especially the Homeland Security Operation, the troops were forced to move from one point to another in the field as pedestrians. In the present study, a visual application showing the shortest route to the target was made to the troops acting as pedestrians in the field. First of all, three-dimensional model of a certain region was created by using height maps in Unity Game Engine. A Star algorithm and Navigation Mesh help to move pedestrian elements in the terrain. As a result of the study, a decision support system was developed showing the direction in which troops move during the transfer to the field by using a star algorithm and navigation mesh.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.03>

1. INTRODUCTION (GİRİŞ)

Technology is developing and changing very fast today. This change and development have affected the

ability and capability of terrorist groups, while allowing countermeasures to be developed. From this perspective, terrorist organizations have made tactical changes in the last 15 years in order to minimize their

Bu makaleye atıf yapmak için: M. Güneş and H. Dilipak, "Shortest Path Approach in Pedestrian Transfers Application in Unity," *Gazi Journal of Engineering Sciences*, vol. 6, no. 2, pp. 111-119, August, 2020, doi: <https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.03>.

losses and avoided close contact as often as possible, using long range shots and mines and Improved Explosives Devices (IED) in their attacks and actions. On the other hand, security units are subject to such attacks as they must necessarily act as pedestrians in some of the tasks.

In this context, it has been evaluated that the content of the study can contribute to different fields such as operations research, military literature, serious game, gamification and simulation and information systems, 3D modeling, virtual reality, game engines, artificial intelligence. [1]. Therefore, similar studies can be used for training purposes in the military field.

From a military perspective, gamification has a history that dates back a thousand years. In this context, the physical world should be reflected dynamically, and if necessary, the educational environment in which city plans and architecture were added should be added to the game environment. Modern computers provide the same objective in this respect. Sometimes it can be said that the simple games people play at home are based on some very old military tactics. [2].

Today, it is necessary to talk about game engines in order to present the physical environment in a realistic way. Especially the engines in different capacities, performances, licenses and price levels make it difficult to decide which engine you will choose for your project. Patrasitidecha (2014) developed a comparison matrix to be able to determine an appropriate game engine in terms of different ranges of features, performance, license, and cost [3].

Similarly, Petridis et al. (2018), evaluated the game engines based on the five elements for the analysis of engines such as visual benefit, functional benefit, integrity accessibility, networking, and multi-platform support issues [4].

Different applications are used to make the model and the environment realistic and different package programs are used when necessary. For example, in a study conducted in 2016, buildings on the Ahmet Necdet Sezer Campus (ANS) were modeled within the context of environmental modeling, and this model was placed in the Google Earth program to be used. [5]

Similarly, Gürkan et al. (2016) In another study, Mustafa Kemal University campus was modeled and CAD and SkecthUp programs were used in the application. In this study, pre-processing of data, transferring CAD data to SkecthUp, scaling and modeling of 3D buildings, optimization of building photographs, processing of building colors and textures, campus design with SkecthUp and integration with digital terrain model were applied. [6]

In a study prepared by Indraprastha and Shinozaki in 2009, the technical data of a sample settlement was converted to 3D with the help of CAD and then transferred to the Unity game engine. In this study, the advantages and limitations of the engine are specified. [7].

In 2012, Aziz et al. A workshop was created in a virtual reality environment and an application was made showing how a wheel interacts with the user, the order of the gears and the working methods. CAD data was used in the study and the application was intended to be user-friendly [8].

Mathematical programs are also used in this field. For example, in a different study conducted in 2018, the data created via MATLAB was transferred to Unity in order to direct unmanned aerial vehicles and directed within the engine[9].

In addition, new technologies are being developed within the Unity game engine. In 2014, Jangrawa et al. A system has been designed to create new objects in the user-facing area within an open source application [10].

Assigning material to 3D models as well as the modeling of the environment or the arrangement of the textures, realistic representation of the model are important issues. It is aimed to present the models better with different photogrammetric methods used especially in serious games [11]. In a similar study conducted at Unity in 2015, a virtual drone was used to model complex surfaces such as forests and shrubs [12].

Modeling with photographs was carried out in a military study in 2009 by Koyuncu and Bostanci. In this way, the existing terrain and enemy conditions were modeled, and a decision support system was created for the commander using the photos taken on the battlefield. [13].

The aim of this research is to enable the personnel to adapt to the terrain more easily in the tasks performed by the security elements. Thus, to facilitate the pedestrian transfer activities that the units have to perform at every stage of the operation. With this study, the units working in the field will see the route they will be transferred to in three dimensions in computer environment before the assignment, will discover the terrain structure of the region and will be able to determine the shortest route to their destination. It is understood that the content of this study is an interdisciplinary issue. There are many areas of the study that are related to the field of defense sciences, as well as many areas corresponding to areas such as operations research and computer graphics. For this reason, it has been evaluated that the study will contribute to different fields such as operations research, defense industry literature, serious game, gamification, 3D modeling, virtual applications, game engines, artificial intelligence.

In this study, a real piece of terrain will be modeled, and a movable area will be created on it. In this field, the shortest path problem will be solved with A star algorithm. In this context, there are many examples of A * application in the literature. Examples of route planning of a robot can be prepared [14], or an algorithm for determining paths for modeling virtual human movements [15] can be used.

2. METHODOLOGY (YÖNTEM)

The study consists of different stages. According to the content of the project, as shown in a study conducted in 2005 [16], it is possible to create different rankings. The exemplary steps shown in Figure 1 should be performed sequentially or simultaneously.

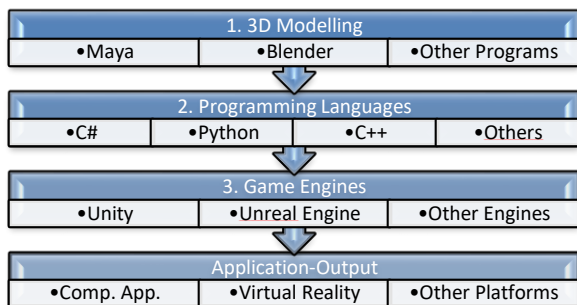


Figure 1. Sample serious game process (Örnek ciddi oyun süreci)

2.1. Operator Modeling (Operatör Modellemesi)

Modeling the character to be used in serious game can be done with different package modeling programs. However, this modeling requires both considerable skill and technical knowledge. There are many different stages for modeling, constructing and moving a human being [17]. In humanoid modeling:

- Modeling of solid or organic human model,
- Preparation of tissues,
- Fitting a skeleton system to the model,
- Determining the boundaries of this skeletal system,
- Determining how much body part will be affected for each movement,
- There is a need for processes such as the creation of methods for muscle group movements and the preparation of the controller.

Although the mentioned steps are feasible, utilities are used in this section for the subject integrity of the study.

2.2. Editing Height Maps (Yükseklik Haritalarını Düzenleme)

One of the most important features that distinguishes serious games from other games is that environmental conditions overlap with reality. For this purpose, height maps can be used to benefit from real data. The height maps are black and white maps that give a vertical view of the terrain. Each pixel in these maps has a tone between 0-255 and is transformed into terrain by transferring these data to game engines with modeling programs (example height maps [18]). In this study, elevation map of the relevant region will be provided from Terrainparty website [19].

2.3. Game Engines (Oyun Motorları)

There is also a need to manage these models and rules through a program. For this reason, software called game engine is used. In this way, models and other objects can be associated with codes and the application can be prepared.

In today's conditions, many engines are used. However, in game development, users prefer Unity and Unreal engines more often [20] [21]). There are many studies in the literature on the evaluation of game engines. Considering the increasing number of

publications, [1] it was decided that it would be appropriate to use Unity in this study.

2.4. Some Regulations in Unity (Unity İçinde Bazı Düzenlemeler)

Another important element is that all interactions used in the virtual world are bound to the rules. Transferring things like movements, conditions, other environmental elements, user interface to the game objects can be done in a relatively simple way in Unity. With the drag-and-drop method, many game objects can be defined in programs. Due to the use of the C # programming language in Unity, such assignments can be assigned as variables within the code block.

2.5. Example of Artificial Intelligence Applications in Unity: Shortest Path Problem with A Star Algorithm (Unity'de Yapaya Zeka Uygulamalarına Örnek: A Yıldız Algoritması ile En Kısa Yol Problemi)

Unity uses the Navigation Mesh editor for artificial intelligence applications in order to move the characters autonomously in the terrain prepared in the Unity. Similar examples are found in the literature [22]. With this editor, the so-called agents can move through the created terrain with certain abilities and restrictions. For example, agents can advance to their destination at a certain speed, through a depth, bump or slope at a distance. Or, by placing certain limitations on these elements, their mobility may be limited. Unity game engine creates a Navmesh with the specified features. Similar examples can be examined in the literature. [23]

2.5.1. Shortest path problems with navmesh (Navmesh ile en kısa yol problemleri)

Some of the problems encountered in practice can be solved by artificial intelligence applications. One of these areas is the problem of trying to find the shortest path between two points. These problems are often called the Shortest Path or Path Finding Problems. In this context, it may be desirable for an object to move to a desired location within the stage, to move around obstacles and to proceed autonomously from the lowest cost route by evaluating the costs of the routes. A * (A Star) algorithm is one of the algorithms used for this purpose and is used by Unity in some artificial intelligence applications. and many resources describing the implementation of this algorithm are available.

Uses of A Star Application [24]:

1. Path finding problems,
2. Determining the route that the character will follow towards the target in games,
3. Traveling salesman problem solution,
4. Finding the shortest exit from the maze, can be counted.

Graphs are used in A * algorithm. In this way, graphs can be unidirectional or bi-directional and weighted. In some cases, the cost of returning from the same route may be different.

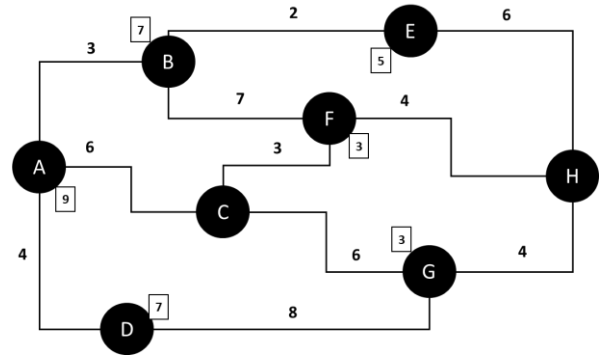


Figure 2. Graph display example (Örnek graph gösterimi)

Finding the shortest path can also take much time, depending on the solution process, the number of nodes and paths. Heuristic algorithms can be used to calculate the shortest path, due to the fact that there is already a lot of workload when calculating games. [25]

In short, the A * algorithm is the best (heuristic) nesting algorithm to find out which nodes to navigate from one node to the destination node in the shortest way. This is due to the distance calculation function used in the algorithm:

$$f(n) = g(n) + h(n) \quad (1)$$

$f(n)$ = Heuristic function that performs the calculation.

$g(n)$ = Cost from initial node to current node

$h(n)$ = Estimated distance from the current node to the target node.

The implementation of the algorithm is usually carried out at the following stages [26]:

1. At each step, the lowest value takes the node and removes that node from the queue.
2. The values of all other neighboring nodes are updated according to the node visited.
3. The algorithm repeats the above steps until you reach the target or there are no nodes in the queue.

This application will show you how to make the application that finds the shortest path in a field with real height and slope values.

3. APPLICATION (UYGULAMA)

In the application, the basic aspects of modeling the operator and terrain and creating some Navmesh (Navigation Mesh) in Unity will be mentioned.

3.1 Operator Modeling (Operatörünün Modellenmesi)

Firstly, the character was modeled in detail with Adobe Fusion [27] package program as desired (Figure 2.) and then the character was transferred to Mixamo site [28] to transfer the skeletal system to this model. Mixamo application can be created for the model only skeletal system or if desired, different animations can be transferred to the model. In this study, the skeletal system of the model was prepared and a simple walking animation was added to the model.

An animator has been added to the model in Unity so that the animation attached to the created model can work, and it is allowed to work from the beginning of the application without waiting for any condition (Example: Adding animators [29]).

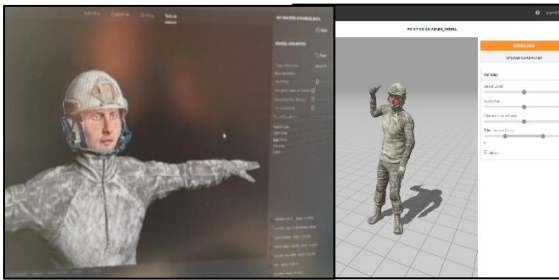


Figure 3. Character modeling and adding animation (Karakter modellenmesi ve animasyon ekleme)

3.2 Terrain Modeling (Arazinin Modellenmesi)

Terrain Party was used to provide the elevation map of the terrain to be created. After obtaining the 10

× 10 km elevation map of the Tunceli Region, the relevant parts of this map were arranged in the photo editing programs (Fig. 3) and transferred into Unity with PNG format.

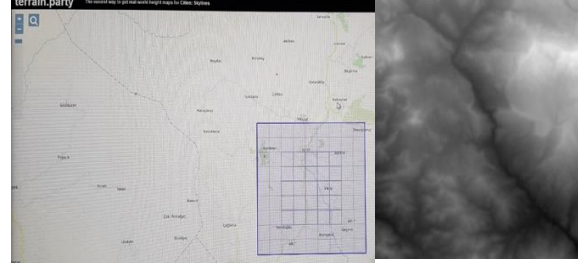


Figure 4. Editing the elevation map of the land (Arazinin yükseklik haritasinin düzenlenmesi)

Subsequently, the selected standard terrain was converted into the desired 3D terrain environment by selecting the elevation map obtained in the previous step with an extension into Unity. Simple C # code was used during this translation process. This modeling process can be done via Terrain Editor without the need of any software in current Unity versions.

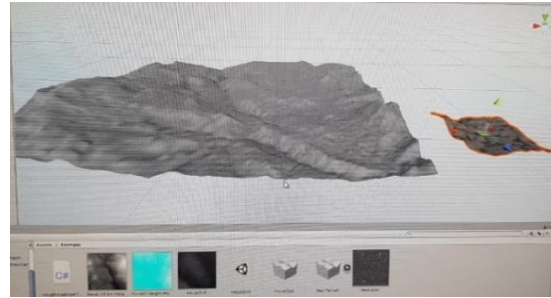


Figure 5. Land scaling and material assignment in unity (Unity'de arazinin ölçeklenmesi ve materyal ataması)

As seen in the study, there is a significant size difference between the 10 × 10 km land and the 2 × 2 km land. With the optimization of the model, the time to be spent on the modeling of the land was evaluated and it was decided to continue the study on 2 × 2 km of land. Subsequently, the material assignments to these lands were made with the Terrain-Stratum-Painter extension [30] based on altitude information and the land was made ready for use.

3.3 Preparation of Other Elements in Unity (Unity içerisinde Diğer Unsurların Hazırlanması)

One of the most important elements in the preparation of terrain and environmental conditions is the correct adjustment of the light. The fact that the

light source to be formed in the Unity at the right angle and intensity will make the application more realistic. Directional Light was used and daylight values were tried to be obtained.

Similarly, factors such as moving the vegetation created by the wind in the environment or hearing the environmental sound are the elements that enhance the sense of reality within the unity. For this reason, standard functions in Unity are utilized.

3.4. Artificial Intelligence Application in Unity (Unity'de Yapay Zeka Uygulaması)

A C # script is written that takes the coordinate of the point when clicked and assigns that coordinate to its destination so that the animated character can move to the desired point within the generated terrain.

```
void Update()
{
    if (Input.GetMouseButtonDown(0))
    {
        RaycastHit hit;
        if
        (Physics.Raycast(Camera.main.ScreenPointToRay
        (Input.mousePosition), out hit, 1000))
        {
            agent.destination = hit.point;
        }
    }
}
```

Thus, with the character walking animation, it is aimed to advance to the desired point in the field by taking into consideration obstacles, angles and heights.

At this stage, some settings of the application's Navigation Mesh and Agent system have been made. While the Agent's settings were made, measurements close to a normal person were used and the length of the character was set as 2 m width 0.5 m, maximum step height 40 cm and angle 30 degrees. In this context, the Navigation Mesh of the generated land is as follows.

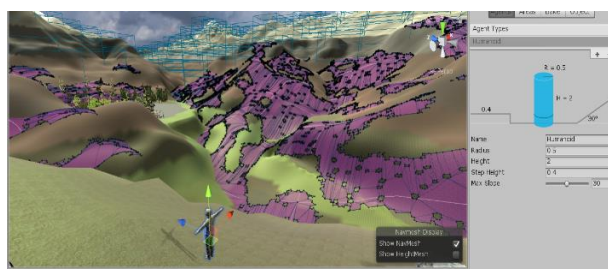


Figure 6. NavMesh creation and agent settings in Unity (Unity'de navmesh oluşturma ve agent ayarları)

After this stage, our character has been appointed as an agent. The variable assignments of the script prepared for the progression to the clicked points were made on the Unity editor. Thus, a soldier model in the field goes to the clicked point by using the shortest path algorithm.

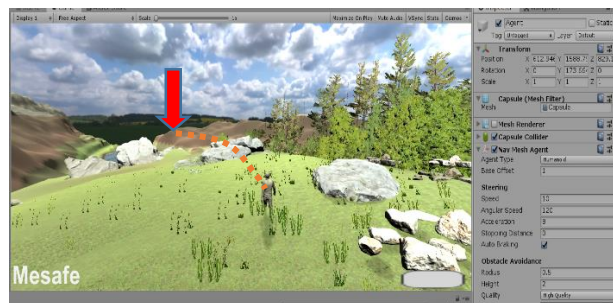


Figure 7. Moving on terrain with a star algorithm (A yıldız algoritması ile arazi üzerinde hareket etme)

4. RESULT AND DISCUSSION (SONUÇ VE DEĞERLENDİRME)

In this study, a piece of land was created by using real map and altitude data and this piece of land was arranged in Unity. A soldier was modeled by using package programs and animation was added to this model and imported into Unity. NavMesh was then assigned to the terrain, the prepared model was set as Agent, and the Agent was able to move through the shortest path (within certain limits) using the A * Algorithm.

It is considered that this study can be used especially by the pedestrian elements (soldiers, hunters, etc.). Thus, a decision support system has been prepared for the elements that are assigned to go from A to B and how to reach the destination by the shortest way. In addition, the personnel who will perform this task have been able to see the land in 3D and make risk assessment when necessary.

It is considered that in the following studies, arrangements can be made in which the user can move the model or insert some control points in between by using an interface, not by clicking. In addition, some important notes on the land (eg “ a handmade explosive mechanism at this point” or “attention falls rock”) can be taken to support the user. Or some obstacles, zones that slow down or increase the speed

of walking may be added. Thus, it is considered that the application can be made more realistic and useful.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT (ÇIKAR ÇATIŞMASI BİLDİRİMİ)

The authors reported no potential conflict of interest.

REFERENCES (KAYNAKLAR)

- [1] Y. Daineko, M. Ipalakova, R. Muhamedyev, M. Brodyagina, M. Yunnikova, B. Omarov, "Use of Game Technologies for the Development of Virtual Laboratories for Physics Study," *Development of Virtual Laboratories for Physics Study*, vol. 6, no. 42, pp. 422-428, November, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-49700-6_42.
- [2] R. Smith, "The Long History of Gaming in Military Training," *Simulation Gaming OnlineFirst*, vol. 41, no. 1, pp. 6-19, 2010, doi: 10.1177/1046878109334330.
- [3] A. Patrasitidecha, "Comparison and evaluation of 3D mobile game engines", M.D. dissertation, Chalmers University of Technology University of Gothenburg, Sweden, 2014.
- [4] P. Petridis, I. Dunwell, D. Panzoli, S. Arnab, A. Protopsaltis, M. Hendrix, S. de Freitas, "Game Engines Selection Framework for High-Fidelity Serious Applications," *International Journal of Interactive Worlds*, vol. 2012, no. 1, pp. 1-19, April, 2012, doi: 10.5171/2012.418638.
- [5] İ. Tiryakioğlu, M. Uysal, S. Erdoğan, M. Yalçın, N. Polat, A. Suat, "3 Boyutlu Bina Modelleme ve WEB Tabanlı Sunumu: Ahmet Necdet Sezer Kampüsü Örneği," *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt. 16, sayı. 1, s. 107-114, Nisan, 2016, doi:10.5578/fmbd.10042.
- [6] A. Gürkan, A. Salıcı, M. K. Yıldırım, M. Yıldırım, "Üç Boyutlu Yerleşke Modelleme; Mustafa Kemal Üniversitesi Tayfur Ata Sökmen Yerleşkesi Örneği," *CBÜ Fen Bil. Dergi*, cilt 12, sayı 3, s. 511-515, Aralık, 2016, doi: 10.18466/cbayarfb.280672.
- [7] A. Indraprastha, M. Shinozaki, "The Investigation on Using Unity3D Game Engine in Urban Design Study," *ITB J. ICT Vol*, vol. 3, no. 1, pp. 1-18, 2009, doi: 10.5614/itbj.ict.2009.3.1.1.
- [8] E. S. Azız, Y. Chang, S. K. Esche, C. Chassapis, "A Multi-User Virtual Laboratory Environment for Gear Train Design," *Game-Based Gear Train Laboratory*, vol. 22, no. 4, pp. 788-902, February, 2012, doi: 10.1002/cae.21573.
- [9] C. Altın, O. Er, "İnsansız Hava Araçlarının (İHA) Sanal Gerçeklik Yazılımı ile Modellenmesi ve Farklı Kullanıcılar için Performans Analizleri," *Sakarya University Journal Of Computer And Information Sciences*, cilt 1, sayı 2, s. 1-13, Ağustos, 2018, doi: 10.35377/saucis.01.02.447931.
- [10] D. C. Jangrawa, A. Johri, M. Gribetza, P. Sajdaa, "NEDE: An open-source scripting suite for developing experiments in 3D virtual environments," *Journal of Neuroscience Methods*, vol. 2014, no. 235, pp. 245-251, September, 2014, doi: 10.1016/j.jneumeth.2014.06.033.
- [11] G. Kontogianni, A. Georgopoulos, "Exploiting Textured 3D Models for Developing Serious Games," *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 40, no. 1, pp. 249-255, August, 2015, doi: 10.5194/isprsarchives-XL-5-W7-249-2015.
- [12] W. Meng, Y. Hu, J. Lin, F. Lin, R. Teo, "ROS+unity: An efficient high-fidelity 3D multi-UAV navigation and control simulator in GPS-denied environments," In *IECON2015-2015-41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 9-12 Nov. 2015, Yokohama, Japan [Online]. Available: IEEE Xplore, <https://ieeexplore.ieee.org/document/7392488>, [Accessed:Oct.12,2019].
- [13] B. Koyuncu, E. Bostancı, "Using Web Services to Support Battlefield Visualization and Tactical Decision Making" In *International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation*, 7-9 Sept. 2009, Brno, Czech Republic. [Online]. Available: IEEE Xplore, <https://ieeexplore.ieee.org/document/5349971>, [Accessed:Oct.12,2019].
- [14] F. Duchoň, A. Babinec, M. Kajan, P. Beňo, M. Florek, T. Fico, L. Jurišica, "Path Planning with Modified a Star Algorithm for a Mobile Robot," *Elsevier Procedia Engineering*, vol. 96, no. 1, pp. 59-69, 2014, doi:10.1016/j.proeng.2014.12.098.
- [15] J. Yao, C. Lin, X. Xie, A. J. Wang, C. Hung, "Path Planning for Virtual Human Motion Using Improved A* Star Algorithm," In *2010 Seventh International Conference on Information Technology: New Generations*, 12-14 April 2010, Las Vegas, USA. [Online]. Available https://www.researchgate.net/publication/242499880_Seventh_International_Conference_on_Information_Technology_New_Generati

ons_ITNG_2010_Las_Vegas_Nevada_USA_12-14_April_2010. [Accessed: Oct.12, 2019].

[16] S. E. Kirkley, S. Tomblin, J. Kirkley, "Instructional Design Authoring Support for the Development of Serious Games and Mixed Reality Training" *In Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (IITSEC) 6-9 December 2005, Las Vegas, USA.* [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/abeb/00c31a0cbc8920c37493f7922b95f333bc4c.pdf>. [Accessed: Oct.12, 2019].

[17] Autodesk Maya, "Autodesk Maya 2018 - Simple Character Rigging Part 1 of 3," youtube.com. para. 1,2018. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=cOokoFED7QE&t=2s>. [Accessed: Oct.12, 2019].

[18] Google, "Greyscale-Height-maps," Google.com. para. 1,2019[Online]: Available: https://www.google.com/search?tbm=isch&sxsrf=ALeKk03etJCOV854h3dse1mo_68YYz6EXw%3A1595583268758&source=hp&biw=853&bih=746&ei=JKsaX9WaLMyNlwSu8ZSoAw&q=Greyscale-Height-maps&oq=Greyscale-Height-maps&gs_lcp=CgNpbWcQAzoHCCMQ6gIQJ1DfB1jfb2DQC2gBcAB4AIABcYgBcZIBAzAuMZgBAKABAqABAa0BC2d3cy13aXotaW1nsAEK&scclient=img&ved=0ahUKEwjVvMTvyuXqAhXMxoUKHa44BTUQ4dUDCAc&uact=5. [Accessed: Oct.12, 2019].

[19] Terrainparty, "The easiest way to get real-world height maps for Cities," Terrain.party. para. 1,2019. [Online]. Available: <https://terrain.party/>. [Accessed: Oct.12, 2019].

[20] Unrealengine, "Unreal Engine is a complete suite of development tools for anyone working with real-time technology," Unrealengine.com para. 1,2019. [Online]. Available: <https://www.unrealengine.com>. [Accessed: Oct.12, 2019].

[21] Unity, "Unity Real-Time Development Platform," Unity3d.com. para. 1,2019. [Online]. Available: www.unity3d.com/. [Accessed: Oct.12, 2019].

[22] J. Hu, W. gen Wan, X. Yu, "A pathfinding algorithm in real-time strategy game based on Unity3D," *In 2012 International Conference on Audio, Language and Image Processing, 16-18 July 2012, Shanghai, China* [Online]. Available IEEE Xplore, <https://ieeexplore.ieee.org/document/6376792>. [Accessed: Oct.12, 2019].

[23] Unity, "Building a NavMesh," Unity User Manual.com para. 1,2019. [Online]. Available: <https://docs.unity3d.com/Manual/nav-BuildingNavMesh.html>. [Accessed: Oct.12, 2019].

[24] F. Can, "A* Algoritması (A yıldız arama algoritması)," farukcan.net.para.2, [Online]. Available: <https://www.farukcan.net/2016/05/a-algoritmasi-a-yildiz-arama-algoritmasi/>. [Accessed: Oct.12, 2019].

[25] A. Güleç "A* algoritması ve temelinde yatanlar," www.alpgulec.com, para. 1, 2019. [Online]. Available: <https://www.alpgulec.com/documents/33-a-star-algoritmasi-ve-temelinde-yatanlar>. [Accessed: Oct.12, 2019].

[26] S. E. Seker "A Yıldız Arama Algoritması (A Star Search Algorithm, A*)," sadievrenseker.com, para. 1,2019. [Online]. Available: <http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2009/03/02/a-yildiz-arama-algoritmasi-a-star-search-algorithm-a/>. [Accessed: Oct.12, 2019].

[27] Adobe, "Fusion 360 for Educational Institutions," autodesk.com, para. 1, 2019. [Online]. Available: <https://www.autodesk.com.tr/education/free-software/fusion-360-for-educational-institutions>. [Accessed: Oct.12, 2019].

[28] mixamo "Get animated," mixamo.com, para. 1,2019. [Online]. Available: <https://www.mixamo.com/#/>. [Accessed: Oct.12, 2019].

[29] D. Dino, "How to get started with Unity - Using the Animator," Youtube.com, para. 1,2019. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=gON_hhhvhEI. [Accessed: Oct.12, 2019].

[30] Magcat, "Terrain Stratum Painter," assetstore.unity.com, para. 1,2019. [Online]. Available: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/terrain/terrain-stratum-painter-60201>. [Accessed: Oct.12, 2019].

Mustafa GÜNEŞ

Mustafa Güneş was born in 1983 in Istanbul, Turkey. He graduated from the Turkish Military Academy System Engineering Department in 2005. In 2016, he completed his master's degree from the Command School Command, Defense Sciences Institute, Supply And Logistics Management and in 2019, Hacettepe University, Information Institute, Computer

Animation And Game Technology. Since 2016, he is a PhD student at Gazi University / Institute Of Science, Environmental And Technical Research Of Accidents (Interdisciplines), Environmental And Technical Research Of Accidents. He has been working within the Ministry of National Defense since 2005 and has been conducting research and managing projects on Information Technology Education, Supply Chain and Logistics Management and Occupational Health and Safety.

Hakan DİLİPAK

Associate Professor. Hakan DİLİPAK Born in Kahramanmaraş in 1971, Hakan DİLİPAK completed his primary, secondary and high school education in 1989 in Kahramanmaraş. In the same year, he gained Gazi University Technical Education Faculty Mechanical Education Department and graduated in 1993. He did his master's degree at Gazi University Science Institute between 1995-1997 and PhD in the same Institute between 1998-2001. He worked as a Technical Teacher at Erzincan Technical and Industrial Vocational High School between 1993-1995. He worked as a Research Assistant at Gazi University Technical Education Faculty, Department of Mechanical Education between 1995-2001, as a Lecturer between 2001-2003 and as Assistant Professor from 2003 onwards. Since October 2013, he has been working as an Associate Professor in Gazi University Faculty of Technology Manufacturing Engineering. He is married and has 3 children. Work areas, machinability, CAD, CAM, CAE, CNC, formability, Sheet metal molding, expert systems, programming in manufacturing and design..

Yoğurt Üretiminde Kalite Kayıpları ve Kalite Artışına Yönelik Düzeltici Önlemlerin Geliştirilmesi

Rukiye MAVUŞ^a, Ekin Can DOLGUN^{a,b}, Ahmet Eren AKKOÇ^{*,c}, Mustafa AKTAŞ^c

^a Gemak Gıda End. Mak. ve Tic. A.Ş., 06909, Ankara/Türkiye

^b Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 06500, ANKARA, TÜRKİYE

^c Gazi Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 06500, ANKARA, TÜRKİYE

^{*,*} Gazi Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 06500, ANKARA, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 17.06.2020
Kabul: 08.08.2020

Anahtar kelimeler:
Yoğurt, süt ürünleri,
yoğurt üretim
aşamaları, yoğurt
kalitesi

***Sorumlu Yazar:**

e-posta:
akeren3736@gmail.co
m

ÖZ

Yoğurt, yüksek besin değerleri ve sağlığa olan faydaları bilinmekte olup, sıklıkla tüketilen önemli bir süt ürünüdür. Yoğurdun üretim aşamalarından son tüketiciye sunulmasına kadar kalitesine etki eden birçok üretim parametresi bulunmaktadır. Kaliteli yoğurt üretimi için sağım sonrası elde edilen sütlerin belirli aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Yoğurdun üretim aşamaları ve koşulları, üretim sonucu yoğurtta istenilen tat, tekstürel doku, renk, kıvam gibi özelliklerini etkilemektedir. Bu çalışmada, yoğurdun üretim aşamaları her üretim parametresi ve aşaması için incelenmiştir. Çalışma kapsamında, yoğurt üretiminde özellikle uygulama odaklı olarak meydana gelebilecek kalite kayıpları açıklanmıştır. Yoğurt üretiminde kalite kayıplarının azaltılması için alınabilecek düzeltici önlemler ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Bu düzeltici önlemlerden birisi, inkübasyon sürecinde inkübasyon odası sıcaklık-hava hızı dağılımı homojen olmasıdır. Ayrıca, inkübasyon sonrası ürüne uygulanan soğutma metodunun ve soğutma süresinin uygunluğunun da önemli düzeltici bir önlem olduğu sonucuna varılmıştır.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.04>

Quality Losses in Yoghurt Production and Development of Corrective Measures for Quality Improvement

ARTICLE INFO

Received: 17.06.2020
Accepted: 08.08.2020

Keywords:

Yoghurt, dairy
products, production
stages of yoghurt,
yoghurt quality

***Corresponding**

Authors

e-mail:
akeren3736@gmail.co
m

ABSTRACT

Yoghurt is known for its high nutritional values and health benefits, and it is an important dairy product that is frequently consumed. There are many production parameters that affect the quality of yoghurt from the production stages to the final consumer. Milk produced after milking must go through certain stages for quality yoghurt production. The production stages and conditions of yoghurt affect the desired final quality properties such as taste, texture, color, consistency. In this study, the production stages of yoghurt has been examined for each production parameter and stage. With in the scope of the study, the quality losses that may occur especially in the application have been explained for yoghurt production. Corrective measures that can be taken to reduce quality losses in yoghurt production are detailed. In one of the these corrective measures, the incubation room temperature air velocity distribution should be homogeneous during the incubation process. In addition, it is concluded that the cooling method applied to the product after the incubation and the suitability of the cooling time are important corrective measures.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.04>

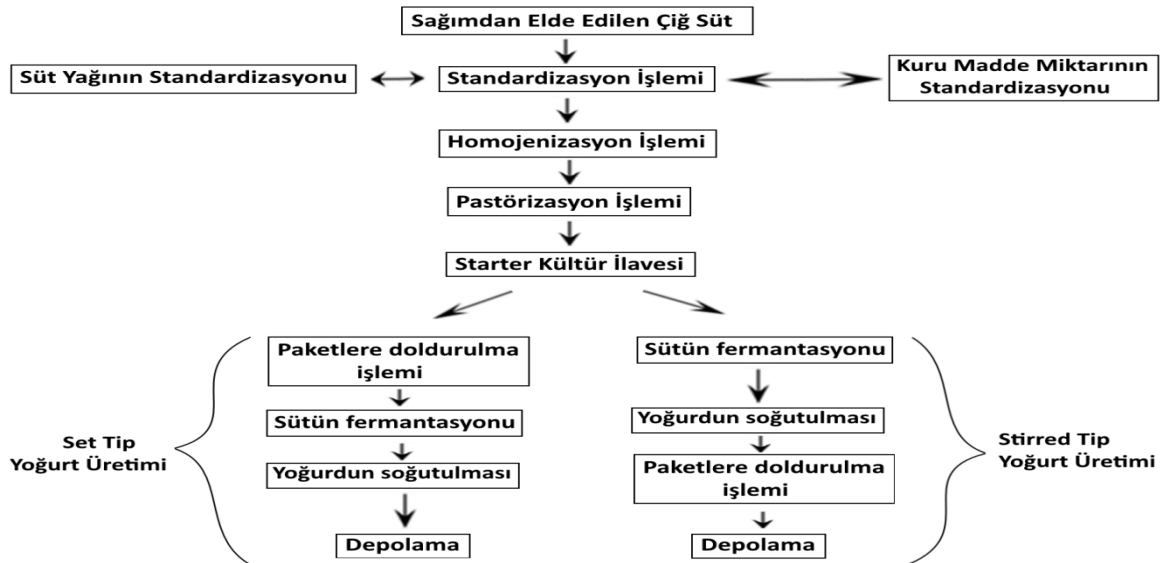
Bu makaleye atıf yapmak için: R. Mavuş, E.C. Dolgun, A.E. Akkoç ve M. Aktaş, “Yoğurt Üretiminde Kalite Kayıpları ve Kalite Artışına Yönelik Düzeltici Önlemlerin Geliştirilmesi,” *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 6, sayı 2, s. 120-128, Ağustos, 2020, doi: <https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.04>.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnsanoğlu elindeki gıdanın raf ömrünü uzatmak için tarihte çeşitli yöntemler denemiştir. Bunlar arasında kullandığı en eski yöntemlerden olan fermentasyon işlemi sayesinde insanoğlu ürünün depolama süresini uzatmayı başarabilmiştir. Sütün fermente edilmesiyle elde edilen ve günümüzde tüketilen en popüler gıdalardan biri yoğurttur. Yoğurdun kökeni hakkında kesin bir bilgi olmamakla birlikte MS 800 yıllarında Asya'da göçebe olarak yaşayan Türkler tarafından keşfedildiğine inanılmaktadır [1]. Çeşitli kaynaklarda ilk yoğurdun, göçebelerin hayvan derilerinde sakladığı sütün doğal olarak pıhtılaşmasıyla oluştuğu belirtilmektedir. Bilimsel olarak ilk çalışmalar ise 1850 yılında Louis Pasteur'un gıdalar üzerinde yaptığı çalışma neticesinde ortaya çıkmıştır. Yoğurt içerdiği kalsiyum nedeniyle hem kemik ve diş sağlığı için hem de içerdiği magnezyum ve potasyum nedeniyle kas fonksiyonları ve sinir iletimleri için önemlidir. 100 gram yoğurtla %15 kalsiyum ihtiyacı karşılanabilmektedir. Zengin mineral ve vitamin içeriğine sahip olan yoğurt sağlığa olan faydaları ile ön plana çıkmaktadır. Probiyotik bakımından zengin olan yoğurt, bağışıklık sisteminin düzenlenmesini ve güçlenmesini sağlar. Yoğurt içerdiği A vitamini, B grubu vitaminleri, E vitamini, kalsiyum, fosfor, riboflavin, iyot, çinko sayesinde gastrointestinal bozukluklara ve hipertansiyona sebep olan kötü kolesterol ve kalp-damar hastalıkları gibi rahatsızlıklara karşı güçlü bir koruyucudur. Bunun yanı sıra fermente süt ürünleri arasında bulunan yoğurdun tüketimi ile meme kanseri riskinin azaldığı belirlenmiştir [2].

Tüm gıda ürünlerinin üretiminde olduğu gibi yoğurdun üretimi esnasında da dikkat edilmesi gereken birçok unsur vardır. İlk olarak temin edilen işlenmemiş sütlerin bir takım ön işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Bunlar sütün standardize edilmesi, ısıl işlem görmesi (pastörizasyon) ve homojenizasyon işlemleridir. Ön işlemleri tamamlanan süt, yoğurt üretimi için hazır hale gelmiş olur. Bu aşamadan sonra, üretilecek yoğurta oluşması istenilen kalite özelliklerini kazandıracak ve standart kalitede yoğurt üretimini sağlayacak olan starter kültürlerin süte ilavesi gerçekleşir. Daha sonra TS 10935 no'lu standarda ve üretilecek yoğurt tipine göre Şekil 1'de verilen şemadaki adımlar izlenir. Eğer pıhtısı kırılmış (stirred tipi) bir yoğurt üretilmek isteniliyorsa sütün fermente edilmesinden sonra paketleme işlemi gerçekleşir. Set yoğurt üretiminde ise süt inokülasyon (starter kültür ilavesi) işleminden sonra paketlere doldurulur ve bu şekilde sütün kaplar içerisinde fermentasyonun gerçekleşmesi sağlanır.

Şekil 1'de ifade edilen üretim aşamalarının her biri farklı ve büyük öneme sahiptir. Daha ilk aşamada yoğurt yapımında kullanılacak olan sütte bakteriyofaj varlığı sütün kalitesini bozup zayıf bir aromaya neden olacaktır. Bunun gibi inokülasyon düzeyinin yetersiz olması, sıcaklığın gereğinden yüksek ya da düşük olması veya olması gerekenden farklı bir sürede gerçekleşmesi, yoğurt için uygun olmayan depolama sıcaklığı gibi kriterler, oluşacak ürünün tadının standartlardan farklı olmasına sebep olacaktır. Yoğurta görülen kusurlara örnek olarak yüzey kuruluğu, kristalimsi görünüş, nodüllü yapı, pıhtı zayıflığı, serum ayrılması ve standart renginde olmaması sayılabilir.



Şekil 1. Sağımdan elde edilen süt ile yoğurdun üretilmesi aşamaları (The stages of producing yoghurt with milk obtained from milking) [3]

Yoğurt üretiminde oluşan kalite kayıpları yoğurtta fire oluşmasına neden olmaktadır. Fire oluşumu hem ekonomik hem süre açısından olumsuzluklar oluşturmaktadır. Bu çalışmada, yoğurtta fire oluşumunu azaltabilecek düzeltici önlemler oluşturulması amaçlanmıştır. Bu önlemler araştırmacılara, yoğurt üretim tesisi projelendirme aşamalarına ve yoğurt üreticilerine katkı sağlayacaktır. Bu düzeltici önlemlerin uygulanması ile yoğurt üretiminde fire miktarları azaltılabilecektir.

2. YOĞURT ÜRETİMİNDE ÖNEMLİ UNSURLAR (IMPORTANT ISSUES IN YOGHURT PRODUCTION)

Kaliteli ve standartlara uygun bir yoğurt üretimi için sağım sonrası elde edilen sütlerin belirli aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Öncelikle yoğurt üretim tesisine gelen çiğ sütlerin içeriğinin incelenmesi ve temel farklılıkların ortadan kaldırılması için standardizasyon işleminin yapılması gerekmektedir. Burada sütlerin ihtiva ettiği hastalık yapıcı ve yoğurt oluşumunu engelleyici bileşenlerden ısıtma işlemi ile ayrıştırılması gerekmektedir. Daha sonra sütün mayalanma işlemine hazır hale getirilmesi için yoğurt oluşumunu sağlayan kültürlerin ısıtma işlemi görmüş süte katılması gerekmektedir.

Kaliteli ve hijyenik yoğurt yapımında kullanılacak çiğ süt aşağıda belirtilen şartları bünyesinde taşımaktadır [4]:

- Sağlıklı hayvanların sütleri ile yoğurt yapılmalıdır. Hastalıklı bir hayvandan sağılan süt ile yapılan yoğurtta duyu kusurları meydana geldiği gibi pıhtılaşmasında da problemler oluşmaktadır.
- Kötü kokulu yemlerle beslenen hayvanların sütleri yoğurt yapımında kullanılmamalıdır.
- Kızgınlık dönemindeki hayvanlardan elde edilen sütler üründe acı tada neden olabileceğinden kullanılmamalıdır.
- Yoğurt üretiminde kullanılacak sütün mikroorganizma içeriğinin yüksek olmaması gerekmektedir. Çünkü mikroorganizma içeriğinin yüksek olması oluşacak ürünün kalitesini bozmaktadır.
- Laktasyon döneminin başındaki ve sonundaki sütler kullanılmamalıdır.
- Starter kültürlerin gelişimini engelleyen antibiyotik, dezenfektan kalıntısı ve bakteriyofaj gibi inhibitörleri içermeyen sütler kullanılmalıdır.
- Su katılması, önceden yağı alınması gibi hileler içeren, hidrojen peroksit, sodyum hidroksit gibi koruyucu madde ilavesi yapılan ve asitliği yüksek sütler yoğurt üretiminde kullanılmamalıdır.

- Kuru madde içeriği yüksek sütler ile üretilen yoğurt daha kaliteli olacağından kuru madde miktarı yüksek olan sütler ile yoğurt yapımı tercih edilmelidir.

Yoğurt üretimi için kullanılacak olan sütlerin içerisinde gözle görülebilen ve gözle görülemeyen zararlı parçacıklar mevcuttur. Bu zararlı parçacıklar sütün sağımı esnasında hayvandan, dış çevreden veya sütün işletmeye nakledilmesinde bulaşmış olabilir. Bu yüzden ayrıştırma işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Küçük işletmelerde geleneksel yöntemler ile ayrıştırma işlemi gerçekleştirilirken daha büyük firmalarda klarifikatör olarak adlandırılan mekanik seperatörler kullanılır. Temizleme işleminden sonra yoğurt yapımında istenilen standartlara ve kaliteye ulaşabilmek için çiğ sütün ihtiva ettiği kuru madde ve yağ oranları düzenlenir. Türk Gıda Kodeksi (TGK) Fermente Süt Ürünleri Tebliğine göre tam yağlı yoğurt en az %3.8 oranında yağ içerirken, yarım yağlı yoğurt en az %1.5 en fazla %2 oranında yağ içermektedir. Yağsız yoğurt ise en fazla %0.5 oranında yağ içermektedir [5].

Protein miktarı yoğurdun yapısı ve besin değeri için oldukça önemlidir. Yoğurt sütünün kuru madde oranının artırılması temel olarak protein oranının artırılması esasına dayanır. Protein içeriği yüksek sütler kullanılarak üretilen yoğurtlarda hem kıvam artar hem de su ayrılması azalır [6]. Yoğurt sütünün kuru madde içeriğinin artırılması, stabilizörler ve kıvam arttırıcılar yoğurtta su salımını önleyerek viskoziteyi arttırmaktadır [7].

Standardizasyon işlemi ile istenilen seviyeye getirilen süt yağının yoğurtta eşit dağılımını sağlamak amacıyla homojenizasyon işlemi gerçekleştirilir. Homojenizasyon işlemi üretilen yoğurdun özelliğine göre süt yağının 55-65 °C ve 100-150 bar basınçta fiziksel olarak parçalanması işlemidir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta sıcaklığın yağ taneciklerinin birleşmesi üzerine olan etkisidir. Sıcaklık arttıkça yağ taneciklerinin birleşme isteği azalmaktadır. Bunun için homojenizasyon sıcaklığı 55 °C'nin üzerinde genellikle 65 °C sıcaklıkta uygulanmaktadır. Başka bir etmen olan homojenizasyon işlemi esnasında süte uygulanan basıncın bir kısmı ısı enerjisine dönüştüğünden sütün sıcaklığında artış görülebilmektedir. Bu nedenle homojenizasyon basıncı belirlenirken sütte oluşabilecek sıcaklık artışının da dikkate alınması gerekmektedir. Homojenizasyon işlemi yalnızca yağlar üzerine etkisi olmayıp yoğurdun su salımını önler, kıvamı geliştirir. Bu faydalarının yanı sıra yağ globüllerinin sayısının artması ile ışığı yansıtma

kapasiteleri artar ve böylece yoğurt daha beyaz bir görünüm kazanır.

Yoğurt teknolojisinde uygulanan en önemli endüstriyel işlem basamaklarından bir tanesi de ısıl işlemdir. Sütün ısıl işlem görmesi ile patojenik mikroorganizmaların sayısı tüketicinin sağlığı için güvenli sınırlara düşürülmektedir. Süreye ve sıcaklığa göre sınıflandırılan çeşitli ısıl işlemler uygulanabilir. Süte uygulanacak ısıl işlem ile üretilecek ürünün bakteriyolojik kalitesinin iyileşmesini sağlanmasının yanı sıra ürünün dokusal özelliklerinin kazandırılması da sağlanır. Isıl işlemin etkisiyle yoğurdun yapısını oluşturan serum proteinlerinin yapısında bazı değişimlerin (denatürasyon) olması istenmektedir. Düşük pastörizasyon, sütün 20 dakika boyunca 63-65 °C sıcaklıkta veya 15-20 s boyunca 72-75 °C sıcaklıkta ısıl işlemine karşılık gelirken daha yoğun bir ısıl işlem, 20-30 dakika boyunca 85 °C sıcaklık veya 5 dakika boyunca 90-95 °C sıcaklık gerektiren yüksek sıcaklıkta pastörizasyondur [8]. Pastörizasyon işleminin asıl amacı, yoğurt oluşumunu sağlayan kültürlerin gelişimi için uygun ortam koşullarını hazırlamaktır. Süte ısıl işlem uygulanmasının başlıca sebepleri ve yoğurt üretimine katkıları aşağıdaki gibi sıralanabilir [9]:

- Üründe bulunması istenmeyen mikroorganizmalar ile hastalığa neden olabilecek organizmaların öldürülmesi,
- Yoğurt oluşumunu sağlayan starter kültürler için gereken ortam koşullarının sağlanması,
- Yoğurt üretimi için gereken fizikokimyasal değişimlerin sağlanması,
- Yoğurt bakterilerinin gelişimini teşvik eden formik asit gibi organik asitler oluşmaktadır.
- Enzimler etkisiz hale gelir, bakteriyel lipaz ve proteinaz bozulur. Acımsı tat gibi istenmeyen tatlar azalır.

Süte tat ve aroma katan, fermente ederek pıhtılaşmasını sağlayan bakteri topluluğuna starter kültür adı verilmektedir. Pastörizasyon sonrasında mayalanma işleminin gerçekleşeceği inkübasyon odasına süt gitmeden önce bu starter bakterilerinin süte katılması gerekmektedir. Bu işlem inokülasyon tankında gerçekleşir. Yoğurt kültürü ile ürünün asit gelişmesini etkileyen, onu pıhtılaştıran laktik asit bakterileri *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* bu kısımda süte katılmaktadır. Isıl işleme tabi tutulmuş süt inkübasyon sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra starter kültürlerin ilavesi değişik yöntemlerle yapılmaktadır. Bu kısımda kültürün sütün her tarafında homojen olarak dağılımının sağlanabilmesi en önemli husustur. Bunu sağlayabilmek içinde etkili ve verimli bir

şekilde karıştırma işleminin sağlanması gerekmektedir.

Mayalanmış sütün 40-45°C sıcaklığında bekletilmesiyle, pıhtılaşma olarak bilinen kıvam ve aroma kazanması evresine inkübasyon denilmektedir. Inkübasyon işlemi inkübatörlerde, sıcak hava ile ısıtılmış odalarda veya tanklarda yapılabilmektedir. Modern yoğurt üretiminde genellikle mayalanmış süt vakit kaybetmeden kaplara doldurulur ve ağızları ürünün havayla temasını kesecek şekilde kapatılır. Inkübasyon işleminin sonunda oluşacak üründe istenilen asidik seviyeye göre inkübasyon süresi değişir. Inkübasyon sonu asitliğinin belirlenmesinde etkili faktörler şunlardır [4]:

- Yoğurt yapımında kullanılan bakterilerin türü
- Kullanılan starter kültür miktarı
- Inkübasyon sıcaklığı
- Yoğurdun asitlik gelişimi
- Kullanılan ambalaj materyalinin kapasitesi

Yoğurdun su tutma kapasitesi pH 4.2-4.6 değerleri arasında optimumdur. Yoğurtta istenilen yapı 40-45 °C sıcaklıkta pH 4.6-4.7 değerine ulaşmaya kadar inkübe edilmesiyle elde edilir [9]. Kaliteli yoğurt için inkübasyon işleminin sonrasında ürünün asitliğinin doğru bir şekilde tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır. Yoğurtları paketlemek için kullanılan ambalaj paketleri eğer küçük ebatlarda ise inkübasyon odasından çıkarılır. Fakat ambalajın ebatı büyüdükçe ürünün ısı transfer kapasitesi düşecek ve böylece soğutma etkinliği azalacaktır. Bu yüzden büyük ebatlara sahip yoğurt paketlerinin inkübasyon işlemine pH 4.7-4.8 değerleri arasında son verilir [4].

Fermantasyon işleminin sonucunda yoğurdun soğukta depolanması gerekmektedir. Böylece hem bakterilerin ürün üzerinde oluşturacağı biyolojik ve biyokimyasal reaksiyonların yavaşlatılması sağlanmakta hemde ürünün kalitesi ve tüketim süresi uzatılabilmektedir. Yoğurtta soğutma ve depolama süresi boyunca bir takım aroma maddeleri oluşmasının yanı sıra yoğurt jelinde sertleşme ve daha stabil bir hal kazanılmış olur. İnokülasyon işleminde kullanılan starter bakterilerin sağladığı asitlik gelişimin inkübasyon işleminin sonrasında yavaşlatılması ve kontrol altına alınması gerekmektedir. Bu amaçla inkübasyon sonrası ürün sıcaklığının starter bakterilerinin metabolik faaliyetlerinin önemli ölçüde yavaşlatılabildiği 10 °C'nin aşağısına düşürülmelidir. Mudawi H.A. ve Abdelrahim S. M. K. inkübasyon ve depolama sıcaklıklarının set yoğurdun kalitesine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada 45 °C sıcaklıkta inkübe edilen yoğurtların 6 °C ve 10 °C depolama sıcaklığında

asitlik gelişimi karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak 6 °C depolama sıcaklığı, 10 °C depolama sıcaklığına kıyasla genellikle daha iyi kalite verdiği gözlemlenmiştir [10].

İnkübasyon ve soğutma süreçlerinde hem hassas sıcaklık kontrollü sistemler hem de homojen şartları sağlayabilecek enerji verimli sistemler yoğurt kalitesinin artmasını sağlarken, yoğurt üretimindeki maliyetler azaltılabilecektir.

3. YOĞURT KALİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER (FACTORS AFFECTING THE YOGURT QUALITY)

Yoğurdun üretim aşamaları ve koşulları, üretim sonucu yoğurta istenilen tat, tekstürel doku, renk, kıvam gibi kalite özelliklerini etkilemektedir. Genel olarak yoğurdun tekstürel özelliklerini etkileyen faktörler üretim sırasında kurumadde artırımı, yağ konsantrasyonu, enzim uygulamaları, katkı maddeleri, starter kültürün tipi ve özelliği, ısıl işlem, homojenizasyon işlemi, inkübasyon sıcaklığı, asitlik, mekanik uygulamalar, depolama koşulları olarak sıralanabilir [7]. Afonso ve Maia karıştırılmış yoğurdun yapı değişiminin ve gelişiminin reolojik izlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada yoğurdun reolojik özelliklerinde meydana gelen değişimlerin, toplam katı içeriğine, süt bileşimine, starter kültür tipi, homojenizasyon işlemi, ısıl işlem, inkübasyon sonrasında ürünü karıştırma, pompalama ve soğutma işlemlerinden etkileneceğini belirtmişlerdir [9-11].

Yoğurt üretilmesi işleminde inkübasyon aşamasında yoğurt oluşumunu sağlayan bakterilerinin metabolik aktiviteleri çok yüksektir. İnkübasyon işleminin tamamlanmasıyla başlanan soğutma işlemi

sayesinde her ne kadar bakterilerin faaliyetleri durdurulmaya çalışılsa da sadece yavaşlatılabilmektedir. Bu nedenle bakteriler faaliyetlerine düşük sıcaklıklarda dahi devam etmekte ve böylece ürününü asitlik gelişimi artmaktadır. Zaman içerisinde bu durum ürünün standart tat ve aromasında bozulmalara yol açmaktadır. Atamer ve Sezgin inkübasyon sonu asitliğinin yoğurt kalitesine olan etkisi üzerine yaptıkları çalışmada inkübasyon işlemine pıhtı oluşumundan sonra yani pH 4.7'den küçük pH'larda son vermenin pıhtı stabilitesi ve inkübasyon sonrası asitlik gelişimi üzerine olumlu etkileri olduğunu gözlemlemişlerdir. Depolama sürecindeki en fazla asitlik artışının pıhtılaşma olayının tamamlanmadan inkübasyon işlemi sonlandırılan yoğurtlarda olduğu bulunmuştur [12].

Depolama sırasında dikkat edilecek noktalar [4];

- Mekanik işlemlere maruz kalmamasına dikkat edilmelidir.
- Üretilen yoğurtların nakledilmesi sırasında kullanılan araçların özel soğutma ekipmanlarına sahip olması gerekmektedir.
- Ürün gerek perakende gerekse son tüketiciye ulaşıncaya kadar soğuk zincir hiçbir şekilde bozulmamasına azami düzeyde dikkat edilmelidir.

Bu çalışma kapsamında Tablo 1, 2 ve 3 Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği, Tebliğ No: 2009/25 [5] ve TS 10935 Yoğurt yapım kuralları standardı [3] çerçevesinde tarafımızca oluşturulmuştur. Yoğurt üretiminde üründeki tatta oluşabilecek kusurlar, oluşum nedenleri ve kalite artışı için bu anlamda alınacak önlemler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yoğurt üretiminde üründeki tatta oluşabilecek kusurlar, oluşum nedenleri ve alınacak önlemler (Defects that may occur in the taste of the product in yogurt production, reasons for its formation and precautions) [3-5]

Kusurlar	Oluşum Nedenleri	Alınacak Önlemler
Aroma Yetersizliği	İnkübasyon işleminin yeterli düzeyde yapılmaması,	İnkübasyon işlemi pH değeri 4.6-4.7 aralığında sonlandırılmalıdır.
	Bakteriyofaj ve antibiyotik varlığı,	Sağlıklı hayvanın sütü kullanılmalı ve kullanılacak starter kültür rotasyonu belirli periyotlar ile yapılmalıdır.
	Kuru madde miktarının düşük olması,	Kuru madde miktarı %12 olmalıdır.
Ekşi tat	Yetersiz inokülasyon,	Starter kültür düzeyi %1-3 arasında yapılmalıdır.
	İnkübasyon sıcaklığının yüksek olması,	İnkübasyon odası 43-45 °C sıcaklıkta tutulmalıdır.
	İnkübasyon sonrası yeterli soğutmanın yapılamaması,	İki kademeli soğutma uygulanmalıdır.

	İnkübasyon süresinin uzun olması,	Starter kültür inokülasyon sıcaklığı ve inkübasyon odası sıcaklığı 43-45 °C olmalı, uygun starter kültür seçilmeli ve kültür rotasyonu yapılmalıdır.
	Yoğurdun depolama sıcaklığının optimum değerden yüksek olması,	Yoğurt depolama sıcaklığı 4-6 °C aralığında tutulmalıdır.
Pişmiş tat	Pastörizasyon işleminin yüksek sıcaklıkta uzun süre uygulanması,	80 °C için 30 dakika, 85 °C için 20 dakika, 90 °C için 5 dakika ısı işlem uygulanmalıdır.

Tablo 1’de görüldüğü üzere üretilen yoğurttaki oluşabilecek kusurların tek bir nedeni olmayabilir. Örneğin yoğurdun aroması sağımdan elde edilen işlenmemiş sütün kalitesine, ısı işlem etkinliğinin düzeyine, inkübasyon koşullarına ve kuru madde miktarına bağlı olabilmektedir. Aynı şekilde yoğurdun tadının ekşi ya da pişmiş olması birçok nedenden kaynaklanabilmektedir. Kaliteli bir yoğurttaki istenen tek şey lezzetinin güzel olması değildir. Tüketici için lezzeti kadar görünümünde önemi

vardır. Üründe oluşabilecek tekstürel kusurlar, oluşum nedenleri ve kalite artışı için bu anlamda alınacak önlemler Tablo 2’de verilmiştir. Bir kusurun tek bir nedeni olmadığı gibi üretim aşamalarının da meydana gelebilecek bir aksilik de tek bir kusura yol açmayabilir. Özellikle pastörizasyon işlemi, inkübasyon koşulları, soğutma ve depolama koşullarının standartlara uygun olmaması çeşitli kusurların bir arada görülmesine neden olabilir.

Tablo 2. Yoğurt üretiminde üründe oluşabilecek tekstürel kusurlar, oluşum nedenleri ve alınacak önlemler (*Textural damages that may occur in yoghurt production, reasons for their formation and precautions to be taken*) [3-5]

Kusurlar	Oluşum Nedenleri	Alınacak Önlemler
Renk	Uzun süre yüksek sıcaklıkta ısı işlemi tabii tutulması sonucunda oluşan renk değişimleri,	80 °C için 30 dakika, 85 °C için 20 dakika, 90 °C için 5 dakika ısı işlem uygulanmalıdır.
Yüzey kuruluğu	Depolamada havanın bağıl neminin uygun olmaması,	Yoğurt depolama ve soğutma işlemleri sırasında oda havası bağıl neminin hassas bir şekilde ayarlanarak kontrol edilmesi gereklidir.
Yoğurttaki Kristalleşme	Yoğurt depolama sıcaklığının çok düşük olması,	Depolama sıcaklığı 4-6 °C arasında seçilmelidir.
Gaz Oluşumu, Kabarma ve Acı Lezzet	Koliform bakteri ve maya-küf kontaminasyonu,	80 °C için 30 dakika, 85 °C için 20 dakika, 90 °C için 5 dakika ısı işlem uygulanmalıdır. Üretim hatlarının ve ortam havasının temizlik, dezenfeksiyonunun tam olarak yapılması sağlanmalıdır.
	Antibiyotik ve inhibitör kalıntılarının varlığı,	Sağlıklı hayvanın sütü kullanılmalı, çiğ süt tebliğindeki (TEBLİĞ NO: 2019/64) özellikleri taşımamalıdır.
	Yoğurt mayasında bulunan <i>Lb.bulgaricus</i> ’un bakterisinin aşırı üremesi,	Doğru starter kültür seçimi yapılmalıdır.
	Yoğurt muhafaza sıcaklığının yüksek tutulması,	Depolama sıcaklığı 4-6 °C arasında seçilmelidir.

Yoğurt üretiminde üründe oluşabilecek yapısal kusurlar, oluşum nedenleri ve kalite artışı için bu anlamda alınacak önlemler Tablo 3'de verilmiştir. Yapılan çalışma ile, yoğurt üretiminde hijyen kriterlerinin özellikle hava ve ortam açısından sağlanması, üretimde olması gereken standartların hassas olarak sağlanması ve yoğurt üretiminde pastörizasyon sıcaklığı, inkübasyon ve soğutma

aşamalarında homojen hava akışı ve ısı transferi sağlanmasının daha kaliteli yoğurt üretilmesi açısından önemli olduğu görülmüştür. Özellikle inokülasyon işleminden sonra inkübasyon işleminde her bir yoğurdun sabit sıcaklıkta fermante edilmesi gerektiği için inkübasyon odasının sıcaklık dağılımının homojen olması gerekmektedir.

Tablo 3. Yoğurt üretiminde yapısal kusurlar, oluşum nedenleri ve alınacak önlemler (*Structural defects in yogurt production, reasons for their formation and precautions to be taken*) [3-5]

Kusurlar	Oluşum Nedenleri	Alınacak Önlemler
Zayıf Pıhtı oluşumu	Kuru madde miktarının düşük olması,	Yağsız kuru madde düzeyinin %12 düzeyine yükseltilmesi ve kazeinat proteinin %4 değerini aşmaması sağlanmalıdır.
	Sütte antibiyotik varlığı,	Alınan sütün kalitesinde daha dikkatli olunması gereklidir.
	İnkübasyon, soğutma veya depolanması esnasında yoğurdun sarsılması,	İnkübasyon sonrasında ve özellikle nakil esnasında set tipi yoğurdu sarsmamaya özen gösterilmeli, homojenize yoğurt için ise paketlemeye gönderilme için kullanılan pompalama işleminin uygun basınçta yapılması sağlanmalıdır.
	İnokülasyon oranının düşük olması,	İnokülasyon düzeyi %1-3 arasında seçilmelidir.
	Homojenizasyon basıncının yeterli düzeyde olmaması,	İstenen değere ulaşabilmek için homojenizasyon işlemi çift kademe yapılmalıdır.
Serum Ayrılması	İnkübasyon sonrasında da asitlik gelişiminin devam etmesi,	Depolama sıcaklığı 4-6 °C arasında seçilmelidir.
	İnokülasyon düzeyinin yeterli seviyede yapılmaması,	Starter kültür düzeyi %1-3 arasında yapılmalıdır.
	İnkübasyon sıcaklığı veya süresinin düzgün ayarlanmaması,	Starter kültür inokülasyon sıcaklığı ve inkübasyon odası sıcaklığı 43-45 °C olmalı, uygun starter kültür seçilmelidir.
	Yapım sırasında, karıştırma, sallama, kapların sarsılması,	Üretim aşamasında yoğurtların sabit kalması, hareket ettirilmemesi gereklidir.
	Çiğ süte uygulanan ısı işleminin düşük olması,	80 °C için 30 dakika, 85 °C için 20 dakika, 90 °C için 5 dakika ısı işlem uygulanmalıdır.
	Yüksek asitlik oluşumu,	İnkübasyon işlemi pH değeri 4.6 olduğunda sonlandırılmalıdır.
	Uzun süreli mayalama,	Starter kültür inokülasyon sıcaklığı ve inkübasyon odası sıcaklığı 43-45 °C olmalı, uygun starter kültür seçilmeli ve kültür rotasyonu yapılmalıdır.
Yetersiz soğutma yapılması,	Depolama sıcaklığının 4-6 °C arasında seçilmelidir.	
Gevşek kıvam	Yoğurt yapımı sırasında, karıştırma, sallama, kapların sarsılması,	Üretim aşamasında yoğurtların sabit kalması, hareket etmemesi sağlanmalıdır.
	Sütün kuru maddesinin az olması,	Yağsız kuru madde düzeyinin %12 düzeyine yükseltilmesi ve kazeinat proteinin %4'ü aşmaması gereklidir.
	Sütte antibiyotiklerin, inhibitörlerin (sütte kesilmeyi önleyen maddelerinin olması) bulunması,	Sağlıklı hayvanın sütü kullanılmalı ve çiğ süt tebliğindeki (TEBLİĞ NO: 2019/64) özellikleri taşınmalıdır.
	Starter kültürün (maya olarak kullanılan yoğurt) düşük aktivitede olması,	Starter kültür düzeyi %1-3 arasında yapılmalıdır.

Aksi halde zaman içerisinde ısınan hava yoğunluk farkından dolayı yukarıya doğru hareket edeceğinden

dolayı inkübasyon odasının aşağı kısımları yukarısına göre nispeten daha soğuk olacaktır. Bu durum aynı ortamda fermante edilmesine rağmen yoğurtlar arasında kalite farkının oluşmasına neden olacaktır. Bir diğer dikkat edilmesi gereken nokta ise inkübasyon sonrası soğutma ve depolama koşullarıdır. Etkin bir soğutma sistemi ile inkübasyon işleminin tamamlanması sonrasında yoğurtların inkübasyon işleminin durması için hızlı bir şekilde ve homojen hava akışı olacak şekilde ürünün soğutulması gerekmektedir. Ayrıca soğutma işlemi esnasında üflenen havanın hızı, sıcaklığı ve bağıl neminin hassas şekilde ayarlanması ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Aksi halde yoğurt yüzeylerinin kurumaması gibi istenmeyen kusurlar ortaya çıkacaktır. Depolama koşullarında da bu şartların sağlanması ve son tüketiciye kadar soğuk zincirin bozulmaması kaliteli bir ürün için gerekmektedir. Isıtma, soğutma ve depolama koşulları için gerekli ortam sıcaklığı koşulları hava ile hazırlanırken havanın hijyenik olması çok önemlidir. Hava hijyenin sağlanması için filtre grupları kullanılmalıdır. Özellikle verimi yüksek olan hepa filtreler veya ulpa filtreler üfleme havasının çıkış kısmında bulunmalıdır. Ürünlerle temas edecek hava muhakkak bu filtrasyon işlemlerinden geçmiş hijyenik hava olmalıdır. Üretim koşullarını karşılayacak hava şartlarının hassas bir şekilde kontrol edilememesi üretim kalitesini olumsuz etkileyecektir. Tüm bu işlemler yoğurdun üretim maliyetini ve kalitesini dolayısıyla elde edilecek ürünün raf fiyatlarına etki edebileceğinden dolayı sistem kurulumu yapılırken ürün özellikleri iyi bir şekilde bilinmeli, doğru sistem tasarımı ve hassas kontrol yapılması ile hem enerji verimliliği (işletim maliyeti düşük) hem de yüksek kalitede ürün eldesi sağlanabilecektir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada besin değeri ve lezzeti ile çok önemli bir yere sahip olan yoğurdun tüm üretim aşamaları ve tüketiciye sunum aşamasına kadar olan işlem basamakları incelenmiş; her basamak için kalite bazında meydana gelebilecek olası tehditler açıklanmış ve ilgili tehditlerin bertarafı için gerekli önlemler açıklanmıştır.

Bir süreç sonucunda oluşan yoğurdun kalitesini bu üretim aşamaları büyük ölçüde etkiler. Bu yüzden her aşama, kendi içerisinde üretim sonucu oluşacak ürüne farklı şekillerde etkileri olur. Fakat sadece üretme dikkat etmek, kaliteli ürün çıkarmak anlamına gelmez. Ürünün inkübasyon sonrasında soğutulması ve depolanması hatta tüketiciye sunulana kadar olan tüm safhalar büyük öneme sahiptir. En başta kaliteli sütün temin edilmesi, bu aşamada gerekli kontrol ve analizlerin yapılması, daha sonraki işlemlerin temelini

oluşturacaktır. Sütün hazırlanması, sütün yoğurt içine standardize edilmesi yoğurdun istenilen kıvamda olmasını sağlarken homojenize edilmesi ise yoğurdun daha parlak görünümüne sahip olmasını sağlayacaktır. Fakat asıl önemli olan noktalar ön işlemlerden geçen süte katılacak kültür miktarı ve inkübasyon şartlarıdır. İnkübasyon odasında hava hijyeni, daha hassas sıcaklık ve bağıl nem kontrolü ile aynı zamanda homojen sıcaklık dağılımı için homojen hava akış modellerinin geliştirilmesi yoğurt üretiminde yoğurt kalitesini arttıracaktır. İnkübasyon sonrasında ise kısa sürede standartlara uygun olarak yoğurdun soğutulmasının sağlanması kalite kayıplarını azaltarak üretimde de verimlilik sağlayacaktır. Gerek soğutma gerek ise depolama esnasında ortam havası bağıl neminin yoğurt yüzeylerinin kurumaması için uygun seviyede olmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca tüketime hazır hale getirilen ürün tüketiciye sunulana kadar da soğuk zincirin bozulmaması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Yapılan bu çalışma Tübitak Teydeb 3190190 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Desteklerinden dolayı Tübitak'a teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BİLDİRİMİ (CONFLICT OF INTEREST STATEMENT)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] E. Farnworth, *Handbook of Fermented Functional Foods, Second Edition*. Hoboken: CRC Press, 2008.
- [2] R. Kalyenci, "Yoğurdun Faydaları Nelerdir?", *Memorial.com.tr*, Ağustos 22, 2019. [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://www.memorial.com.tr/saglik-rehberleri/yogurdun-faydalari-nelerdir/>. [Erişim Tarihi: 18 Mart - 2020].
- [3] "Yoğurt Yapım Kuralları", *Intweb.tse.org.tr*, 1993. [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073098107114118052072105075100073102>. [Erişim Tarihi: 18 Mart - 2020].
- [4] "Gıda Teknolojisi Yoğurt", *Megep.meb.gov.tr*, 2020. [Çevrimiçi]. Mevcut: http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yo%C4%9Furt.pdf. [Erişim Tarihi: 18 Mart - 2020].

[5] "Türk gıda kodeksi fermente süt ürünleri tebliği (Tebliğ No: 2009/25)", *Kms.kaysis.gov.tr*, 2009. [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://kms.kaysis.gov.tr/Home/Goster/38886>. [Erişim Tarihi: 21 Mart 2020].

[6] A. Herdem, "Farklı yörelerden toplanan geleneksel yöntemle üretilen yoğurt örneklerinin bazı niteliklerinin belirlenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, 2006.

[7] L.E. Karahan, "Batman'da tüketime sunulan yoğurtların bazı kimyasal ve tekstürel özellikleri," *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, cilt6, sayı 2/2, s. 59-65, 2016.

[8] P. Sfakianakis, and C. Tzia, "Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: A review," *Foods*, vol. 3, no. 1, pp. 176-193, February, 2014, doi: 10.3390/foods3010176.

[9] N. Akıncioğlu, "Yüksek basınçta homojenizasyon işleminin karıştırılmış yoğurdun yapısal özelliklerine etkisi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2007.

[10] H.A. Mudawi and S. M. K. Abdelrahim, "Effect of incubation and storage temperatures on quality of set yoghurt", *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. C, Physiology and Molecular Biology*, vol. 6, no. 2, pp. 131-137, 2014, doi: 10.21608/eajbsc.2014.16040.

[11] I.M. Afonso and J.M. Maia, "Rheological monitoring of structure evolution and development in stirred yoghurt", *Journal of Food Engineering*, vol. 42, no. 4, pp. 183-190, December, 1999, doi: 10.1016/S0260-8774(99)00118-1.

[12] M. Atamer ve E. Sezgin, "İnkübasyon sonu asitliğinde yoğurt kalitesi üzerine etkisi", *Gıda*, cilt 12, sayı 4, s. 214-220, 1987.

Rukiye MAVUŞ

1977 yılında Seydişehir'de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Seydişehir'de tamamladıktan sonra 1999 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü'nden mezun oldu. 1999 yılında Hitit Süt Fabrikasında İşletme Mühendisi olarak işe başladı. 2004 yılında Sabancı Holding Esaslı Grup bünyesinde Gıda Danışmanı olarak çalışmaya devam etti. 2010 yılında Tarım Kredi Süt Fabrikasında

Üretim Müdürü olarak görev aldı. Süt ve Süt ürünlerinin tüm dallarında çalışmalar yaptı. 2017 yılında GEMAK Gıda Endüstri Makineleri ve Ticaret A.Ş firmasında Ar-Ge Yöneticisi olarak görev aldı ve halen devam etmektedir.

Ekin Can DOLGUN

1993 yılında İzmir'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini İzmir'de tamamladıktan sonra 2018 yılında Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Güneş enerjisi, kurutma sistemleri, iklimlendirme sistemleri, yalıtım teknolojisi, enerji verimliliği ve soğutma konularında sanayii ve akademik ölçekte çalışmalar yapmaktadır. Halen Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri A.B.D.'da yüksek lisans çalışmasını devam ettirmekte, Gemak Gıda Endüstri Makinaları'nda Ar-Ge ve Proje Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

Ahmet Eren AKKOÇ

1997 yılında Ankara'da doğdu. Lise eğitimini elektrik-elektronik teknolojisi alanında 2015 yılında Ankara'da tamamladıktan sonra 2020 yılında Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Yenilenebilir enerji kaynakları, ısıtma, soğutma ve havalandırma (HVAC) sistemleri, soğutma teknikleri ve uygulamaları konularında akademik çalışmalar yapmaktadır.

Mustafa AKTAŞ

1979 yılında Bolu'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara'da tamamladıktan sonra 2000 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nden mezun oldu. 2001 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans çalışmasını ve 2007 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda Doktora çalışmasını tamamladı. 2011 yılında doçent ünvanını aldı. Kurutma sistemleri, iklimlendirme, enerji verimliliği, soğutma ve güneş enerjisi konularında akademik çalışmalar yapmaktadır. Halen Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü'nde Profesör Doktor olarak görev yapmaktadır.

Kağıt Esaslı Ambalajlarda Sürdürülebilirlik

Bekir KESKİN^{*a} , Bilge Nazlı ALTAY^b , Abdullah KURT^c , Paul D. FLEMING^b 

^{a*} Ankara Hacı Bayram Veli University, Printing and Publishing Technologies, 06500, ANKARA, TURKEY

^b Western Michigan University, Chemical and Paper Engineering, 49008-5462, KALAMAZOO, MI, USA

^c Gazi University, Manufacturing Engineering Department, 06500, ANKARA, TURKEY

^b Western Michigan University, Chemical and Paper Engineering, 49008-5462, KALAMAZOO, MI, USA

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 20.07.2020
Kabul: 15.08.2020

Anahtar Kelimeler:
sürdürülebilirlik,
çevre dostu, malzeme,
kağıt, ambalaj

***Sorumlu Yazar:**
e-posta:
bekir.keskin@hbv.edu.tr

ÖZ

Sürdürülebilirlik çevreyi, doğal kaynakları ve gelecek nesillerin yaşamlarını etkin bir şekilde korumak için atılan adımların toplamıdır. Mevcut kaynakların verimli kullanımı ve doğanın korunması, artan nüfus ve üretim, küresel ısınma ve kentleşmenin olumsuz etkisini azaltmak için yaşamın tüm alanlarında kullanılabilir olacak önemli bir yaklaşımdır. Kağıt esaslı ürünler, yenilenebilir bir kaynak olması, ucuz, hafif, dayanıklı bir malzeme olması ve doğada kolayca bozunması sebebiyle üreticiler ve kullanıcılar tarafından tercih edilmektedir. Ambalaj endüstrisinde de diğer tüm üretim ve tüketim alanlarında olduğu gibi, çevresel etkileri en aza indirmek için çeşitli adımlar atılmaktadır. Bu çalışmada sürdürülebilirliği artıran mevcut eğilimler ve yöntemler ele alınmıştır. Kağıt esaslı ambalajların malzeme özellikleri, karbon ayak izleri, sosyal yönleri ve geleceği genel çerçevede tartışılmıştır.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.05>

Sustainability in Paper Based Packaging

ARTICLE INFO

Received: 20.07.2020
Accepted: 15.08.2020

Keywords:
sustainability,
environmentally
friendly, material, paper,
packaging

***Corresponding Authors**
e-mail:
bekir.keskin@hbv.edu.tr

ABSTRACT

Sustainability is the sum term of the steps taken to protect the environment, natural resources, and the lives of future generations effectively. The efficient use of available resources and protection of nature is an important approach in all areas of life to decrease the negative effect of increasing population and production, global warming, and urbanization. Being a renewable resource, cheap, lightweight, durable material and the ease of degradation in nature enable paper based products favorable by users. As in all other production and consumption areas, some steps are taken in the packaging industry to minimize the environmental impact. Here we report the current trends and methods that increase sustainability. The material properties, carbon footprints, social aspects, and the future for paper based packaging are discussed in the general framework.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.05>

1. INTRODUCTION (GİRİŞ)

Industrial advancements drive big changes and developments in production methods, machinery, mechanization systems and automation, society, social life and life styles. These advancements have accelerated mass production capacity, while population growth has increased the consumption rate. The expanded impact of urbanization, intensive industrial production and excessive consumption of

natural resources have emerged as a precursor of great problems for the future [1].

Sustainability is defined as a possible way of life for individuals, companies, governments and other institutions to act responsibly by sharing the ecological resources that humans and other creatures share, as if they own the future [2]. Awareness of global warming, carbon emission footprint, high rate

of consumption and its effects on the natural resources have triggered behavioral changes worldwide, and have invited people to be mindful on their duties and responsibilities in the production and consumption ring. In this regard, using available natural resources efficiently and protecting environment requires production of goods with renewable resources and methods rather than unsustainable fossil fuel resources [1,2]. Countries, companies, stakeholders and individuals have started to show sensitivity on issues such as conservation of natural resources, reuse, recyclability and sustainability. Thus, the benefits of economic, social and environmental achievements are inevitable to entitle products and production methods as sustainable (Figure 1).



Figure 1. The effect of sustainability actions on other fields (*Sürdürülebilirliğin diğer alanlara etkisi*)

An undeniable product at every stage of our lives is packaging. It contains, protects, preserves, transports, informs and sells in many countries and it is fully integrated into business, industrial, and personal use (Figure 2). It is already an important export item for countries and has a great potential for future. With the developing technology and increased utilization of products, the need for packaging increases every day, especially in times of pandemic we are facing today where web sales grow 76% in June [3]. The more packaging is used, the more it creates production needs worldwide and various trends. Some of the global trends such as increase in customer health awareness, sustainability, environmental concerns, recycling, digitalization and internetization have been reported [4]. For the regional trends, the ease of use and functionality, small packaging size, low portion, suitable packaging for urbanization and intense lifestyle, designs that facilitate fast consumption, aesthetics and discernibility have been encountered [5,6].

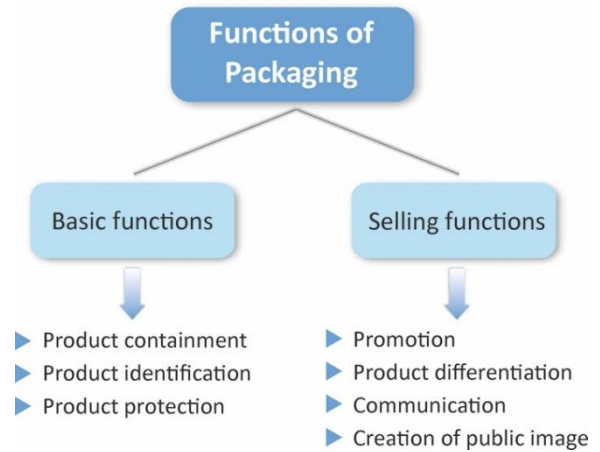


Figure 2. Functions of packaging (*Ambalajın fonksiyonları*)

Using recycled packaging materials, reusable green packaging and biodegradable packaging materials are the methods of achieving sustainability in packaging [5]. Recycled packaging materials may include molded pulp, corrugated cardboard, cardboard, newsprint paper, aluminum, steel, glass, and some plastics. Materials such as wood, plastic and metal, bulk and hand containers, boxes, shelves may be considered in the reusable green packaging class. Biodegradable polymers are materials that promote self-degradable of packaging in nature.

1.1. Market Size (*Pazar büyüklüğü*)

According to worldwide market reports and research authority in packaging, print and paper industries, the value of global packaging industry is estimated to be USD 1.2 trillion by 2028 listing the trends of sustainability, demographic and economic growth, consumer and brand owner trends would affect the future of packaging industry [7,8]. In the market, the paperboard packaging market was listed to be around USD 300 billion, of which 50% is made from wood based fiber. The value of non-fibre based packaging, such as plastic, glass and metal packaging was predicted to be USD 460 billion, being slightly more than half of the total packaging market (Figure 3). Between 2018 and 2028 the global packaging market is expected to expand by almost 3% per annum, reaching over \$1 trillion in 2023 and \$1.2 trillion in 2028 [8]. Global sustainable packaging market was around 220 billion dollars in 2018, this figure is expected to reach 280 billion dollars by 2025 and increase with a compound annual growth rate of ~6% [9].

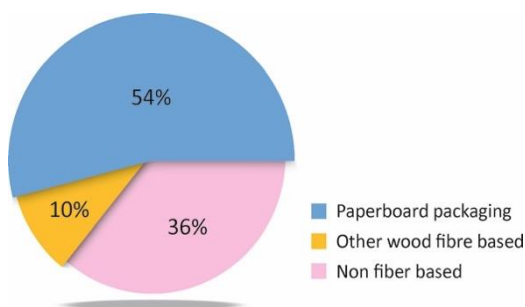


Figure 3. Packaging market share (Ambalaj pazar payı) [Hata! Yer işareti tanımlanmamış.]

2. SUSTAINABILITY IN PAPER BASED PACKAGING INDUSTRY (KAĞIT ESASLI AMBALAJ ENDÜSTRİSİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK)

Sustainability is achievable in many different ways. Using 100% recycled materials or raw materials, minimizing the carbon footprint during production, transportation and consuming, reusing, extending the life cycle of packaging while creating a circular economy helps to get a sustainable process. If the sustainable packaging needs to be defined, the most sustainable packaging is the packaging that never existed. However, since this definition cannot go beyond being a utopia, a definition that is compatible with reality is required. According to the Sustainable Packaging Coalition (SPC) sustainable packaging [10]:

- is useful, safe, and healthy for individuals and communities throughout its life cycle,
- meets market criteria for performance and cost,
- is supplied, produced, transported, and recycled using renewable energy,
- optimizes the use of renewable or recycled source materials,
- is produced using clean production technologies and best practices,
- is made from healthy ingredients throughout its life cycle,
- is physically designed to optimize materials and energy
- is effectively recycled and used in biological and/or industrial closed-loop systems [10].

Another organization, the Sustainable Packaging Alliance (SPA) that works on sustainable packaging defines packaging as [11]:

- *Effective*: “Reduces product waste, improves functionality, prevents over packaging, reduces business costs, achieves a satisfactory return on investment”
- *Efficient*: “Improves product/packaging ratio, improves energy, material, and water efficiency, increases recycled content, reduce waste to landfill”
- *Cyclic*: “Returnable, reusable, recyclable, biodegradable”
- *Clean*: “Reduces airborne, waterborne, and greenhouse gas emissions, reduces toxicity and litter impacts”.

The sustainability in packaging encompasses everything from design to production, consumption and destruction and should influence decisions both in the production process and in the materials used [12]. The factors that promote sustainability in the packaging industry include consumer brand perception, competitive pressure in the sector, environmental advocates and company culture. The methods that can be used to achieve sustainable packaging are [9]:

- *Recycle*; use of packaging materials that can be recycled and used in the production of new products.
- *Reuse*; return, refill; designing the packaging for multiple uses
- *Reformation*; as an alternative to non-recyclable materials, recyclable and sustainable alternative materials can be used to redesign the packaging.
- *Reduce*; reducing dimensions and amount of material to reduce packaging waste.
- *Renew*; using renewable materials for a cyclical production process and economy [9].

Apart from its writing and storing information function, paper has been produced and used for packaging applications for centuries. Paper and cardboard materials are the most used packaging materials (Figure 3) and there are different thicknesses, structures and applications according to their usage areas. Cardboards are formed by combining paper of different thicknesses. Carton or cardboard is produced in a multilayer structure, mainly to meet the requirements of different products in a most economical and environmentally friendly manner. These materials have more advanced properties than paper. The multilayered structure can also be coated or laminated with chemicals to improve the wettability, barrier, flexibility, or structural

resistance properties [13]. The most common application of paper and cardboard is secondary packaging. Corrugated cardboard is used to transport everything from electronics to fragile glassware and perishable goods for industrial and residential use; packages for convenient storage and display of cardboard, food, medicine, and toiletries; paper bags offer customers a sustainable option to take home the products they bought; and paper shipping bags are often used to pack and ship bulk materials such as cement, animal feed, or flour. They can be designed to be sturdy and lightweight and can be used in different formats to meet product, industry or customer-specific needs by adjusting the appearance and print quality that greatly affect consumer preferences [14,15].

Plastic materials were firstly welcomed as a revolutionary material, as they are cheap, durable and light. Today, the thoughts on it have changed drastically, due to the effect on the environment and wildlife. In 2018, the British Statistical Institute announced that 90.5% of the plastic used during the year was never recycled [16]. Marine plastic pollution has become one of the most serious environmental problems in the world. Environmentally sensitive businesses, communities and even countries all over the world are increasingly banning disposable cases, especially plastic bags [17]. For the use of less plastic, precautions such as the sale of these packages were taken instead of giving them free of charge. Unlike paper bags that degrade on their own in nature, plastic bags remain around for 400 to 1000 years [12].

2.1. Sustainable Paper Based Packaging (Sürdürülebilir Kağıt Bazlı Ambalaj)

Paper based Paper based packaging materials can be recycled and are biodegradable biologically in a short time. They are known as environmentally friendly and has the highest recycling rate among all packaging types. According to European Organization for Packaging and the Environment (EUOPEN), packaging suppliers should tell their customers how their packaging helps them achieve their corporate sustainability goals rather than talking about sustainable packaging [18]. The most important advantage of paper based packaging materials is the perception that they benefit all stakeholders and nature as a sustainable material. Trees or cellulose-derived plants are renewable resources through planned production and management. Consumers understand that fiber-based paper packaging is easy to recycle, as well as biodegradable. This perception creates the image that paper packaging is natural and exactly

needed. Some sustainable effects of recycling paper based packaging:

- Paper based materials burn easily in incinerators. They can be used in bioenergy energy production instead of fossil-based fuels.
- Paper mills use their own waste/debris (shell and lignin) to produce more and more energy, so use of fuel is reduced.
- The forest industry and papermaking industry plant at least two trees for each tree they cut.
- Trees consume carbon dioxide and emit oxygen.
- The fiber can be reused four to seven times without fibers being too short to be recycled [19].

The most important environmental disadvantages associated with paper and cardboard use are;

- biodiversity loss due to tree loss and planting, soil erosion and basin imbalance,
- the effects of fertilizers used in growing trees,
- chemicals used in paper production and energy production,
- water used and emissions produced during the production [20].

Paper based applications in the packaging industry is growing to incorporate sustainable material usage. There are applications that utilize 100% recycled paper or new container designs, as presented in Figure 4, that minimize plastic usage [21].



Figure 4. Paper based sustainable packaging prototypes (Sürdürülebilir kağıt bazlı ambalaj prototipleri) [21]

2.2. Packaging Footprints (Ambalaj Ayak İzi)

Wide ranges of packaging materials are available in the packaging industry today. With the changing

lifestyles, expectations and needs, the consumption of packaging materials is increasing in almost all countries of the world. Increasing consumption also increases the environmental impact of the packaging industry. As the usage of glass bottles, cardboards, plastics, cans, corrugated boxes, etc. are increasing, the waste management problems are also increasing. The environmental impacts are directly related to the components such as raw material extractions, production, transportation and disposal of the packaging in the packaging industry (Figure 5), generating significant impact on the consumption of natural resources and pollution of nature [22]. Since packaging and the materials used in the production are important part of all areas of human life and cannot be removed from daily life, they need to be examined and analyzed to keep the environmental impact under control.

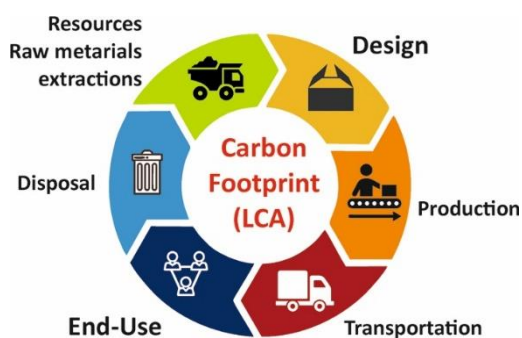


Figure 5. Typical impact assessment components (*Tipik etki değerlendirme bileşenleri*)

Life cycle assessment (LCA) is one of the quantitative methods to systematically estimate the environmental impact of the material and process used in packaging production. LCA uses different parameters, such as greenhouse gas (GHG) emissions, etc. (Table 1) associated with the production, consumption, destruction, or effects of a product throughout its life cycle. These analyses also include the evaluation of the energy and materials used during the life cycle of the packaging and the waste materials discharged to the environment. The technical framework of the LCA consists of four components that play an important role in the analysis. These are the goal and scope definition, life cycle inventory (LCI) analysis, life cycle impact assessment and life cycle interpretation [22,23] There are number of guidelines and standards help approaching carbon footprint analysis at the international and national level both for any organizations. ISO 16759 for instance sets guidelines for quantification and

communication for calculating the carbon footprint of print media products (Table 1) [24].

Table 1. Greenhouse gases and global warming potentials (GWP) (*Sera gazları ve küresel ısınma potansiyelleri*)

Name	Chemical formula	GWP for 100-year time period
Carbon dioxide	CO ₂	1
Methane	CH ₄	25
Nitrous oxide	N ₂ O	265
Hydrofluorocarbons	HFCs	100: 124 to 12400 (range)
Perfluorocarbons	PFC / FKW	6630 to 23,500 (range)

2.3. Sustainable Design (*Sürdürülebilir Tasarım*)

Packaging design is a complex process as all phases of the product, production, transportation and end use need to be considered. When sustainability is included, in addition to all these processes, design becomes more difficult and complex. Sustainability adds utilizations of environmental requirements, such as degradation time of the product, chemical impact on environmental life, the compatibility to the sustainability goals of governments or other organizations, the end-use, recycling or disposal of the product [25].

Some of the Sustainable design trends;

- design for recycling and reuse
- edible packaging (cups and wraps)
- replace plastics with paper (plastic out, paper in)
- shift to mono-materials
- increase recycled content
- life cycle thinking – reduce carbon footprint [26].

2.4. Sustainable Material (*Sürdürülebilir Malzeme*)

Sustainability mostly depends on the type of materials and the production. The prominent steps to increase sustainability in packaging are:

- reducing plastics and shrinking packaging size,
- increasing the use of innovative recyclable materials,
- reduction of material use and light material usage,

- reduction of material waste on production line,
- soy and vegetable-based alternative to petroleum based inks,
- advances in design and material substitution (including their converting and processing),
- enhancements in distribution and the consumer use phase,
- improvement to end-of-life processing,
- more paper based materials,
- awareness of consumer,
- research and preference of bio-based alternative materials [9].

Paper and paperboard are the most environmentally friendly and sustainable materials. Paper is more renewable and recyclable than other materials in the packaging industry. Paper based materials are suitable for sustainable design and lamination with other innovative alternatives to improve their properties. The use of lightweight and effective paper packaging would contribute to the reduction of packaging waste in nature. In this sense, the ecological footprint of the packaging is also reduced in nature. Paper based material helps to reach better consumer perception and brand positioning in the industry [9,18-19].

Paper and paperboard have limitations for some application areas such as oily and wet products. In these areas, to improve packaging properties paper based materials can be laminated with biobased plastic films to reduce petroleum based plastic usage and still have needed properties. Paper seems a good alternative for plastic, for this reason EU member states are going to ban the single-use of plastic because of its effect on the environment and wildlife [17].

2.5. Social Aspects of Sustainable Paper Based Packaging (*Sürdürülebilir Kağıt Bazlı Ambalajın Sosyal Yönleri*)

The problems in the fields of environment, production, the effects on natural resources and human life form an image about the type of packaging socially. Sustainability characteristics of paper and cardboard packaging also determine the position within the society. Sustainability is mostly a consumer driven trend but consumers do not understand what sustainability actually means.

There are behaviors expected from consumers regarding sustainability in paper based packaging. In this regard, checking the recycling information by

checking the packaging and labels, seeking sustainable packaging, striving to inform people about sustainability, purchasing, and supporting these products by paying more for sustainable products are the most important ones. Two out of every three consumers believe that the companies that aim to produce sustainable packaging and their attempts in this regard are more reliable. The approaches of new generation customers in the field of packaging can be listed as follows:

- sustainable packaging preference by examining the labels of the packages,
- direct sustainable packaging preference,
- recommending sustainable and environmentally friendly products,
- can pay more to buy sustainable products
- 59% of consumers stated that they would pay more for sustainable packaging [9].

Survey data by IPSOS [27] reveal the popularity and image of paper packaging among users. These data support paper or carton that have the most sustainable packaging materials because of their benefits and properties. According to survey data on the paper and carton:

- 71% of customers think they are more likely to buy brands that package their products in paper or cardboard,
- 78% are more likely to buy products packaged in paper or cardboard than in other materials because they are better for the environment,
- 88% think paper based packaging is easy to open,
- 88% think paper based material is easy to recycle,
- 84% think paper is less wasteful than other packaging,
- 81% are more in line with today's expectations than packaging made from other materials,
- 83% agree that paper and cardboard packaging can be innovative,
- 63% would purchase products packaged in paper/cardboard so they can reuse the paper based packaging,
- 75% feel paper based materials allow more creative packaging designs than other packaging materials,
- 69% think products packaged in paper or cardboard seem more artisanal or handcrafted [27].

Generations of millennials and boomers are more sensitive to sustainability and environmental impact than other generations. Figure 6 presents the percentage of shoppers' feelings towards products that are recyclable, made with recycled and renewable materials, biodegradable, compostable and plant based [28].

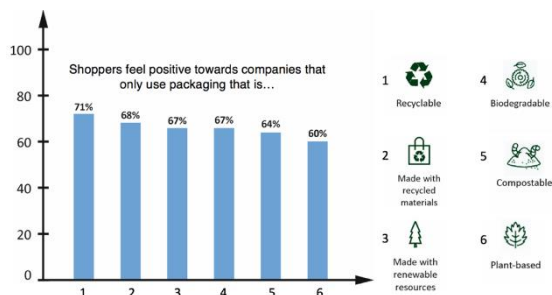


Figure 6. Customers' feelings towards sustainable packaging (*Sürdürülebilir ambalaja karşı müşterilerin yaklaşımları*) [28]

2.6. Future of Paper Packaging (*Kağıt ambalajın geleceği*)

Today, there is an average annual increase of 3.5% in the paper packaging industry. Sustainability studies and practices, the preference for lightweight and small packaging size will affect this growth. The increase in big metro-style markets instead of small markets, the fact that consumers turn to these markets due to cost, increase in the use of e-books, etc. reduce the use of papers. However, e-commerce popularity increases the use of brown corrugated cardboard paper. This rate is approximately 3.6%. Paper replaces plastic every day in the packaging industry. This change is currently ongoing. However, the answers to the questions of how and when this transition process will take place are complex. This change takes a long time. An increase is expected in the paper packaging sector, especially in the field of corrugated cardboard, for the next 10 years [29]. Thanks to digital platforms, sustainability-themed campaigns would be organized. Unnecessary resource consumption may be prevented by using more of the smart technologies. By providing the necessary information and guidance from the digital platforms, consumers will be educated to take the necessary steps for demanding increased sustainability. 93% of professionals working in the packaging industry stated that they believe that their customers' sensitivity towards sustainable packaging will increase [9].

3. CONCLUSION (*SONUÇ*)

Reuse, reduce, renewal, recycling and reformation methods help increasing sustainability in packaging. Paper based packaging is the most suitable material for all these methods. Besides recyclability, the biodegradability and eco-friendliness of paper based packaging increases its usage every day. The rate of recycling and collection for paper based products are the highest of any packaging material at 83% and 92.5%, respectively (Eurostat 2016). Paper based products can be recycled four to seven times or more and has the highest recycling rate among all packaging materials.

ACKNOWLEDGMENT (*TEŞEKKÜR*)

The authors would like to thank Çiğdem Kıncağ Yaşar for designing the graphics. This paper was presented as an ongoing study in the International Symposium on Business & Economics 2020.

This study is supported by the The Scientific and Technological Research Council of Turkey 2214-A project.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT (*ÇIKAR ÇATIŞMASI BİLDİRİMİ*)

The authors reported no potential conflict of interest.

REFERENCES (*KAYNAKLAR*)

- [1] N. Moussiopoulos, C. Achillas, C. Vlachokostas, D. Spyridi and K. Nikolaou, "Environmental, social and economic information management for the evaluation of sustainability in urban areas: A system of indicators for Thessaloniki," *Greece Cities*, vol. 27, no. 5, pp. 377–384, October, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2010.06.001>.
- [2] J.R. Ehrenfeld, "Colorless Green Ideas Sleep Furiously: Is the Emergence of 'Sustainable' Practices Meaningful?" *Reflections;The sol journal*, vol. 1, no. 4, pp. 34-47, June, 2000, Doi: [10.1162/152417300569935](https://doi.org/10.1162/152417300569935).
- [3] K. Evans, "As pandemic pushes on, online sales grow 76% in June," *Digital Commerce*, Available: <https://www.digitalcommerce360.com/article/corona>

virus-impact-online-retail/. [Accessed: July 10, 2020].

[4] B. Keskin, B.N. Altay, A. Kurt, P.D. Fleming, "Sustainability and Paper Based Packaging," *International Symposium on Business & Economics 2020 (ISBE)*, 4-5 June 2020, Turkey, 2020. Available: <http://is-be.org/Pages/70/140/PUBLICATION> [Accessed: July 06, 2020].

[5] B. Keskin, B.N. Altay, M. Akyol, G. Meral, O. Uyar, P.D. Fleming, "Global Packaging Trends", *6th International Printing Technologies Symposium*, İstanbul, Turkey, 2018, pp. 483-503.

[6] EIC-PMMI Report, "Global Packaging Landscape: Growth, Trends & Innovations 2019", *Euromonitor International Consulting-Packaging Machinery Manufacturers Institute (PMMI)*, 2019.

[7] Smithers Pira Report, "The future of packaging: Long-term strategic forecasts to 2028", *Smithers Pira*, Available: <https://www.smithers.com/services/market-reports/packaging/> [Accessed: June 3, 2020].

[8] Smithers Pira Report, "Four key trends that will shape the future of packaging to 2028", *Smithers Pira*, Available: <https://www.smithers.com/resources/2019-feb/future-packaging-trends-2018-to-2028> [Accessed: June 1, 2020].

[9] PMMI Report, "Packaging Sustainability: A Changing Landscape 2020", *PMMI The Association for Packaging and Processing Technologies*, Available: <https://www.pmmi.org/report/packaging-sustainability-changing-landscape>, [Accessed: June 10, 2020].

[10] SPC, "Definition of Sustainable Packaging Version 2.0", *Sustainable Packaging Coalition*, Available: <https://sustainablepackaging.org/wp-content/uploads/2017/09/Definition-of-Sustainable-Packaging.pdf>. [Accessed: February 20, 2020].

[11] H. Lewis, L. Fitzpatrick, K. Verghese, K. Sonneveld, R. Jordon, "Sustainable Packaging Redefined" (Version 3), *Sustainable Packaging Alliance*, Melbourne, Australia, pp. 26, 2007.

[12] W. Jedlicka, "Packaging sustainability: tools, systems and strategies for innovative package design", New Jersey, USA, *Wiley*, pp. VIII-X, 224-225, 2009.

[13] T. Anukiruthika, P. Sethupathy, A., Wilson, K. Kashampur, J.A. Moses, C. Anandharamkrishnan, "Multilayer packaging: Advances in preparation techniques and emerging food applications," *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 19, no. 3, pp. 1156-1186, April, 2020, doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12556>.

[14] C. Şahin, Z. Özomay, B. Keskin, "Evaluation of Weighting Pressure's Effect On Dot Gain in Newsprint Paper," *EJOVOC- Electronic Journal of Vocational Colleges*, vol. 3, no. 3, pp. 121-128, December, 2013.

[15] H. Holik, S. Lomic, "Handbook of Paper and Board", 2 Volume Set, Singapore, *Wiley-VCH*, pp. 823, 2013.

[16] Global Web Index Report, "Sustainable Packaging Unwrapped", *Globalwebindex*, UK, 2019.

[17] The Guardian, "European parliament votes to ban single-use plastics", *The Guardian*, 2019, Available: <https://www.theguardian.com/environment/2019/mar/27/the-last-straw-european-parliament-votes-to-ban-single-use-plastics>. [Accessed: July 16, 2020].

[18] G.L. Robertson, "Sustainable food packaging", (in: *Handbook of waste management and co-product recovery, Volume 2*), *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, pp 221-254, 2009.

[19] D. Twede, S.E.M. Selke, P. Kamdem, D. Shires, "Cartons, Crates and Corrugated Board (2. Edition)", Lancaster, USA, *DEStech Publications*, pp. 530-540, 555-556, 2015.

[20] K. Verghese, E. Crossin, M. Jollands, "Packaging Materials" (in *Packaging for Sustainability*), New York, USA, *Springer-Verlag London Limited*, pp. 224-230, 2012.

[21] Sustainable Paper Packaging Applications, *Ecologic Brands*, Available: <https://ecologicbrands.com/eco-bottle/>. [Accessed: May 15, 2020].

[22] A. Varun Sharma, H. Nautiyal, "Environmental Impacts of Packaging Materials", (in *Environmental Footprints of Packaging*), Hong Kong, *Springer Science+Business Media*, pp. 115-13, 2016.

[23] S.S. Muthu, Y. Li, J.Y. Hu, P.Y. Mok, "An Exploratory Comparative Study on Eco-Impact of Paper and Plastic Bags," *J Fiber Bioeng Inform* vol. 1, no. 4, pp. 307–320, March, 2009, doi: 10.3993/jfbi03200909.

[24] Global Warming Potencial, *Greenhouse Gas Protocol*, Available: https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf, [Accessed: July 10, 2020].

[25] H. Lewis, "Designing for Sustainability", (in: *Eds., K. Verghese et al. Packaging for Sustainability*), New York, USA, *Springer-Verlag London Limited*, pp. 41-106, 2012.

[26] S. Kieselbach, "Top 9 sustainable packaging trends", *Sphera*, Available: <https://sphera.com/blog/top-9-sustainable-packaging-trends/>. [Accessed: July 16, 2020].

[27] J. Scarborough, T. Cox, "Straw Wars: Plastic Reduction-a new battleground for Brand Reputation". *IPSOS*, Available: <https://www.ipsos.com/en/straw-wars-plastic-reduction-new-battleground-brand-reputation>. [Accessed: July 19 2020].

[28] 2020 Food and beverage sustainable packaging trends, *Evergreen Packaging*, Available: <https://evergreenpackaging.com/wp-content/uploads/19-EVP-0127-2020-Trend-Whitepaper-1-24.pdf>, [Accessed: July 19, 2020].

[29] NOA Packaging Industry Report, "Strategic European Corrugated Report - 2018 to 2028", *NOA Limited*, Oxfordshire, UK, 2018.

Bekir KESKİN

Bekir Keskin worked both full time and part-time as a lecturer in private and public universities. He completed his research on paper and printing science at Western Michigan University, in the Department of Chemistry and Paper Engineering as a visiting scholar, during his doctoral studies between the years 2017-2019. Currently, he works at Ankara Hacı Bayram Veli University as a lecturer in Ankara, Turkey. His research interests include paper, packaging, printing technologies, color management, and graphic-visual design.

Bilge Nazlı ALTAY

Bilge Nazlı Altay completed her PhD in the field of Paper and Printing Science in the Department of Chemical and Paper Engineering at Western Michigan University in 2018. Currently, she continues her post-doctoral research studies on printed electronics and related topics at École de Technologie Supérieure University and MiQro Innovation Collaborative Center (C2MI) in Montreal, Canada. Her research interests include flexible and printed electronics, paper and printing science, color management and analysis of interactions between inks and coating formulations and substrates.


Abdullah KURT

Abdullah Kurt is an Associate Professor at Gazi University and teaches Static, Dynamic, and Mechanics of Materials in the Department of Manufacturing Engineering. He completed his MS and Ph.D. in the field of Mechanical Education. He published more than 50 scholarly papers and he got scientific promotion awards and projects. His research interests are metal cutting, machinability, mechanics of metal cutting, analysis of cutting tool stresses, finite element method on metal cutting, simulation of machining, and mathematical modeling of cutting parameters.

Paul D. FLEMING

Paul D. Fleming with more than 20 years of experience, has worked both in the private sector and in the universities. He completed his MS and Ph.D. at Harvard University in the field of chemical physics. Currently, he teaches graphic and printing science at Western Michigan University, in the Department of Chemistry and Paper Engineering. He has more than 400 scholarly papers and several patents in the USA.

Introducing a New Method to Increase Critical Clearing Time (CCT) and Improve Transient Stability of Synchronous Generator Using Brake Resistance

Ebadollah Amouzad Mahdiraji^{*a} 

^{a*} *Sari Branch, Islamic Azad University, Department of Engineering, Sari, IRAN*

ARTICLE INFO

Received: 08.04.2020
Accepted: 12.07.2020

Keywords:

Dynamic Brake
Resistance, Transient
Stability, Oscillation
Damping, Critical
Clearing Time

^{*}Corresponding

Authors

e-mail:
ebad.amouzad@gmail.
com

ABSTRACT

In general, the sustainability of power systems can be considered as a feature of the system that enables it to remain in equilibrium under normal conditions and regain a different acceptable state if it is affected by turbulence. Instability in a power system can take many forms, depending on the composition of the system and its operating conditions. In this study, a new method is applied to reduce transient fluctuations and network instability. Due to the aim of the study is transient stability, modelling of thermal resistance in transient stability it was introduced in some part of the article. After, In the other part of the brake resistance control, the brake resistance control was used by a switched Thyristor, the corresponding mathematical relations using the trapezoidal method. The obtained simulation results were presented with the presence of TCBR and its ability to embed in the desired network.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.06>

Senkron Jeneratörün Geçici Kararlılığını ve Kritik Temizleme Süresini (CCT) Artırmak için Fren Direnci Kullanımı ile Yeni Bir Yaklaşımın Sunumu

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 08.04.2020
Kabul: 12.07.2020

Anahtar Kelimeler:

Dinamik Fren Direnci,
Geçici Kararlılık,
Salınım Sönümlenme,
Kritik Temizleme
Süresi

^{*}Sorumlu Yazar:

e-posta:
ebad.amouzad@gmail.
com

ÖZ

Genel olarak güç sistemlerinin sürdürülebilirliği, sistemin normal şartlarda dengede kalmasını, türbülansdan etkilenmesi durumunda ise farklı bir duruma gelmesini sağlayan özellik olarak düşünülebilir. Güç sistemindeki kayıplar, sistemin yapısına ve çalışma koşullarına bağlı olarak birçok şekilde olabilir. Bu çalışmada, geçici dalgalanmaları ve ağ istikrarsızlığını azaltmak için yeni bir yöntem uygulanmıştır. Çalışmanın amacı geçici kararlılık olduğundan, geçici kararlılıkta termal direncin modellenmesi makalenin bir bölümünde tanıtılmıştır. Ardından, trapezoidal yöntem kullanılarak fren direnci kontrolüne karşılık gelen matematiksel eşitliğe sahip anahtarlı bir Tristör kullanılmıştır. Elde edilen simülasyon sonuçları, TCBR'nin varlığı ve istenen ağa gömülebilme yeteneği ile sunulmuştur.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.06>

Bu makaleye atıf yapmak için: E.A. Mahdiraji, "Introducing a New Method to Increase Critical Clearing Time (CCT) and Improve Transient Stability of Synchronous Generator Using Brake Resistance," *Gazi Journal of Engineering Sciences*, vol. 6, no. 2, pp. 138-144, August, 2020, doi: <https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.06>.

1. INTRODUCTION

In recent years, the use of FACTS as controllable components has increased the capacity of existing transmission lines, thus avoiding or at least delaying the need to install new lines that are often confined to economic and environmental reasons. In addition to increasing the capacity of the transmission system, the complementary controls added to these FACTS equipment attenuates inter-region fluctuations [1-4]. Although power system stabilizers have been widely used to provide additional attenuation in inter-region oscillations of the power system, the potential of complementary damping controllers in FACTS devices has been confirmed then the power system stabilizers [5].

Modern power systems are large and complex systems that are exploited under economic pressures in a restructured competitive environment. These pressures cause the power system to operate under conditions very close to the security limits. Limits that may not be well-identified. During normal operation of the power system, there is a balance between the mechanical power input to each power plant unit and the output electrical power plus loss. The problem arises when a sudden disturbance causes changes in the output of electrical power. These disorders can include events such as the occurrence of short circuits on lines or generator-connected chains. The magnitude of the disturbance is determined by the output power loss and sudden acceleration. Brake resistor is a high energy loss resistor in a short period that rapidly enters the circuit at the time of the fault such as a resistor load and absorbs accelerator energy generated by the fault and increases power consumption.

Reference [6] employs an approach based on the use of FACTS devices to improve the stability of power systems. For this purpose, using a conventional controller and a fuzzy logic controller based on braking resistance, the transient stability improvement of a synchronous generator in a single machine and then a multi-machine is investigated.

In reference [7], a two-layer control structure, designated as a Thyristor-controlled braking resistor (BR) control system, is proposed for the operation of a multi-machine power system in transient conditions. In this method, multiple local physical controllers are introduced in the network load settings and power transfer modes after a severe disturbance on the rotor angle and rotor speed of each generator and the firing angle of each Thyristor controls the time and amount of BR. For the introduced case, the damping is

increased and the stability margin is increased. The results obtained in this method show that the controller is capable of controlling the system when instability conditions are occurring.

In [8], two different new brake models are presented, one involving a Thyristor rectifier and the other involving a combination of a diode rectifier and a cutter whose performance is compared to the current Thyristor controlled brake resistor. In this comparison, an index of speed performance of the number of components used, heat loss and harmonics simulation for each model is presented and the final model is introduced. The effectiveness of the proposed method has been tested through Matlab/Simulink simulation concerning unbalanced and temporal errors in the power system.

Reference [9], using Thyristor-controlled braking resistor and fuzzy logic, has been used to increase transient stability in a multi-machine power system. In this method, the time derivative of total kinetic energy deviation is used as a fuzzy controlled input for braking resistance switching. It is noted in this paper that the time derivative function as a controller input, to reduce installation costs as well as the computational burden, reduces the use of brake resistor numbers in appropriate locations rather than installing any braking resistor. The bus terminal becomes each generator.

Reference [10-13], two brake resistor models, one consisting of a Thyristor rectifier and the other consisting of a combination of a diode rectifier and a system breaker, are presented. In this case, their performance is compared with the existing braking resistance.

Reference [14-18] has been used to model and adjust the hydro turbine governor and design of dynamic braking resistors to improve transient stability in the generator. In this reference, the dynamic braking resistance proposed by the combination of the existing governor regulator is used to improve the stability of the generator stability margin as a transient stability criterion. The simulation results show that the proposed method to avoid generator speeds exceeding the limit when a severe fault occurs in the power system can be avoided by removing all or part of the load.

2. INTRODUCE THE PROPOSED NETWORK WITH TCBR PRESENCE

Brake resistance is a resistor that can be cut and connected with a Thyristor and its effective amount in

the circuit can be changed. To investigate the presence of TCBR in the power grid, a typical grid is introduced as in Figure (1). The target network is an infinite single-machine network, which is intended to investigate the presence of TCBR in the network. In the presented network, it is assumed that the TCBR is mounted on the generator bus to aid in the attenuation of possible fluctuations. An overview of the network studied is shown in Figure (1).

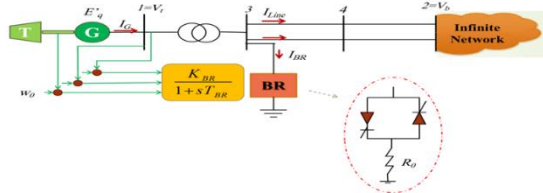


Figure 1. The studied network in the presence of TCBR

In order to evaluate the proposed method for mitigating transient fluctuations and network stability, a study is conducted on a specific network in this section. The proposed flowchart is presented in Figure (2).

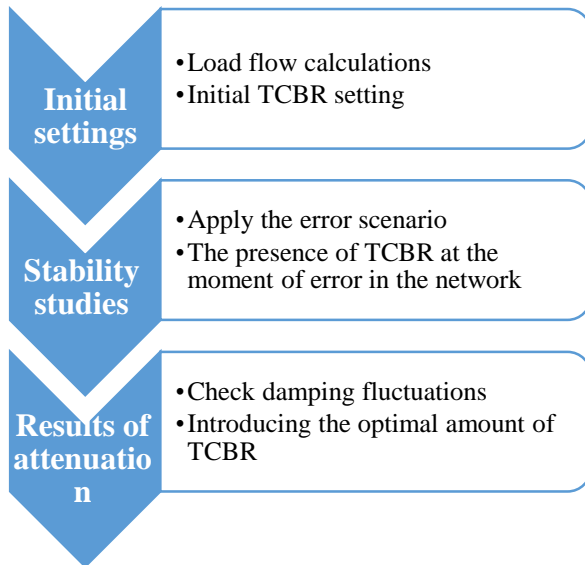


Figure 2. Flowchart of the proposed method

3. BRAKING RESISTANCE MODELLING IN TRANSIENT STABILITY

The braking resistance modelling process is introduced to investigate the transient stability of the introduced equations. Consider the network order shown in Figure 3. In TCBR we have a brake resistor whose current is cut off and connected according to

the angle of fire, in this section we want to find an equivalent braking resistor related to the angle of fire that has a continuous current. As mentioned, the flow form will be sinusoidal so that the maximum value of the new wave is less than the maximum of the previous discrete current.

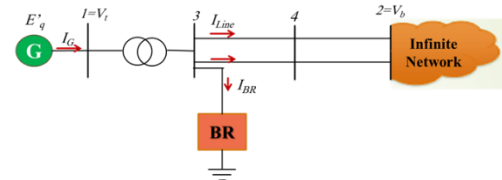


Figure 3. The target network with the presence of TCBR to study the transient stability

In accordance with figure (2) we have:

$$IL = Iline \tag{1}$$

$$IBR = IBreaking\ Rsisto \tag{2}$$

Network admittance matrix of the single machine connected to an infinite bus are:

$$I_{Bus} = Y_{Bus}V + G_{BR}U_kV \tag{3}$$

$$\begin{bmatrix} I_{Gb} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{tb} \\ V_{34} \end{bmatrix} + G_{BR} \begin{bmatrix} U_{k1} & 0 \\ 0 & U_{k2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{tb} \\ V_{34} \end{bmatrix} \tag{4}$$

Depending on the network we have:

$$U_{k1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad U_{k2} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{5}$$

Reduced network admissions matrix:

$$\begin{cases} I_{Gb} = Y_{11}V_{tb} + Y_{12}V_{34} + G_{BR}U_{k1}V_{tb} \\ 0 = Y_{21}V_{tb} + Y_{22}V_{34} + G_{BR}U_{k2}V_{34} \end{cases} \tag{6}$$

$$V_{34} = -[Y_{22} + G_{BR}U_{k2}]^{-1} \cdot Y_{21} \cdot V_{tb} \tag{7}$$

$$= (Y_{11} + G_{BR}U_{k1}) \cdot V_{tb} - Y_{12} \cdot [Y_{22} + G_{BR}U_{k2}]^{-1} \cdot Y_{21} \cdot V_{tb} \tag{8}$$

$$I_{Gb} = [Y_{11} + G_{BR}U_{k1}] \cdot V_{tb} - Y_{12} \cdot [Y_{22} + G_{BR}U_{k2}]^{-1} \cdot Y_{21} \cdot V_{tb} \tag{9}$$

$$I_{Gb} = [Y_{11} - Y_{12} \cdot [Y_{22} + G_{BR}U_{k2}]^{-1} \cdot Y_{21}] \cdot V_{tb} \tag{10}$$

$$I_{Gb} = Y_R \cdot V_{tb} \tag{11}$$

$$\begin{bmatrix} I_G \\ I_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{R1} & Y_{R2} \\ Y_{R3} & Y_{R4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_t \\ V_b \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$I_G = Y_{R1}V_t + Y_{R2}V_b \quad (13)$$

$$I_d + jI_q = (G_{R1} + jB_{R1})(V_d + jV_q) + (G_{R2} + jB_{R2})(V_{bd} + jV_{bq}) \quad (14)$$

$$\begin{cases} I_d = G_{R1}V_d - B_{R1}V_q + G_{R2}V_{bd} - B_{R2}V_{bq} \\ I_q = G_{R1}V_q + B_{R1}V_d + G_{R2}V_{bq} + B_{R2}V_{bd} \end{cases} \quad (15)$$

Finally, the matrix form of the equations is:

$$\begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} G_{R1} & -B_{R1} \\ B_{R1} & G_{R1} \end{bmatrix}}_{GBR1} \begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} G_{R2} & -B_{R2} \\ B_{R2} & G_{R2} \end{bmatrix}}_{GBR2} \begin{bmatrix} V_{bd} \\ V_{bq} \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$I_{dq} = GBR1.V_{dq} + GBR2.V_{bdq} \quad (17)$$

Generator equations:

$$\begin{cases} V_d = X_q I_q \\ V_q = E'_q - X'_d I_d \end{cases} \quad (18)$$

Matrix Form of Generator Equations:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix}}_{XDQ} = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & X_q \\ -X'_d & 0 \end{bmatrix}}_U \underbrace{\begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix}}_I + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}}_E E'_q \quad (19)$$

$$V_{dq} = XDQ.I_{dq} + U.E'_q \quad (20)$$

By pasting in the I_{dq} relation we have:

$$I_{dq} = [GBR1].(XDQ.I_{dq} + U.E'_q) + [GBR2].V_{bdq} \quad (21)$$

$$[I - GBR1.XDQ].I_{dq} = GBR1.U.E'_q + GBR2.V_{bdq} \quad (22)$$

$$I_{dq} = \underbrace{\left[I - GBR1.XDQ \right]^{-1} GBR1.U.E'_q}_{YE} + \underbrace{\left[I - GBR1.XDQ \right]^{-1} GBR2.V_{bdq}}_{YH} \quad (24)$$

$$V_{bdq} = \begin{bmatrix} V_b \sin \delta \\ V_b \cos \delta \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$I_{dq} = [YE].E'_q + [YH].V_{bdq} \quad (25)$$

$$V_{dq} = XDQ.I_{dq} + E'_q \quad (26)$$

By embedding the I_{dq} relationship we will have:

$$V_{dq} = U.E'_q + XDQ.[E.E'_q + H.V_{bdq}] \quad (27)$$

$$V_{dq} = U.E'_q + [XDQ.E].E'_q + [XDQ.H].V_{bdq} \quad (28)$$

$$V_{dq} = \underbrace{[U + XDQ.E].E'_q}_{YL} + \underbrace{[XDQ.H].V_{bdq}}_{YN} \quad (29)$$

$$V_{dq} = [YL].E'_q + [YN].V_{bdq} \quad (30)$$

4. SIMULATION OUTPUT ANALYSIS ON THE SAMPLE NETWORK

In this section, a short circuit fault scenario is applied to the desired grid under the presented relationships and the ability of TCBR to dampen the oscillations of the synchronous generator is investigated. The parameters of the generator and transmission lines are considered by Table (1) and (2). Also, the information obtained from system load propagation studies is provided in Table (3) to obtain the starting point of the system.

Table 1. Generator parameter values and AVR control coefficients

Generator's Parameters		
X_d	Steady state direct-axis reactance	1.2
X_q	Steady state quadrature reactance	0.8
X_{pd}	Transient direct-axis reactance	0.2
H	Inertia Constant	5
T_{pdo}	Direct-axis transient short-circuit time constant	7
KA	AVR gain	100
TA	AVR time constant	1
f_0	System frequency	50

Table 2. Reactance values of line and transformer parameters

Network and Transformer's Parameters		
X_{l1}	Line reactance	0.2
X_{l2}	Line reactance	0.2
X_{l3}	Line reactance	0.2
X_{l4}	Line reactance	0.2
X_t	Transformer reactance	0.1

Table 3. Quantities obtained from load flow studies

Load Flow Analysis		
V_t	Terminal voltage	1.05
P_o	Real power output of the machine	0.8
Q_{e0}	Reactive power output of the machine	0.6
W_0	Rated angular velocity	314.15927

As shown in Figure (3), it is assumed that a short circuit error on terminal 3 will somehow fluctuate for the generator fault. By the relationships introduced in this section, the TCBR control model is coded in the MATLAB software space. According to the program presented below, the generator angle and velocity fluctuations in the presence and absence of TCBR are presented. An overview of the generator angle and velocity fluctuations in exchange for the presence or absence of TCBR is given in Figures (4) to (7).

According to Figures (4) and (5), it is observed that in the absence of TCBR and with increasing time, angle and velocity both decrease and become unstable. Also in Figures (6) and (7), it is observed that in the presence of TCBR, as the time, angle and velocity decrease favourably. This section illustrates the ability of TCBR to dampen fluctuations. The results of the above simulations show that if the TCBR is used at the right time and optimally, the rotor angle fluctuations of the generators will be attenuated appropriately. It can be seen in this section that using a control element in the network can help attenuate the damping of the network.

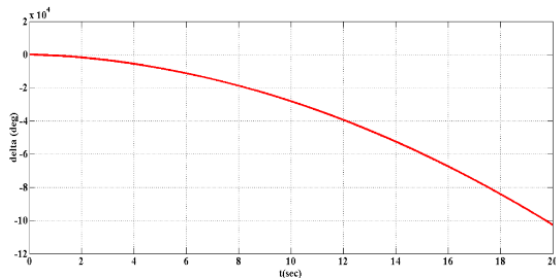


Figure 4. Generator angle oscillation without the presence of TCBR

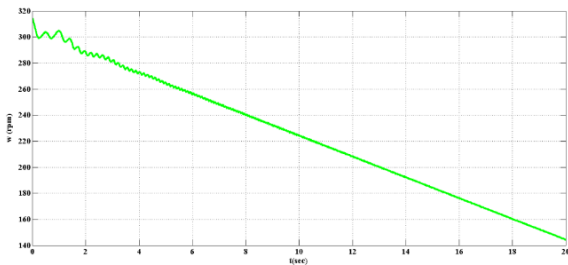


Figure 5. Generator speed oscillation without the presence of TCBR

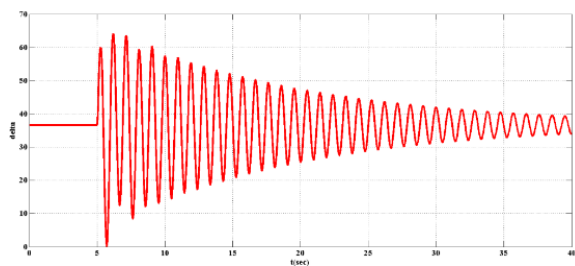


Figure 6. Generator angle oscillations in the presence of TCBR

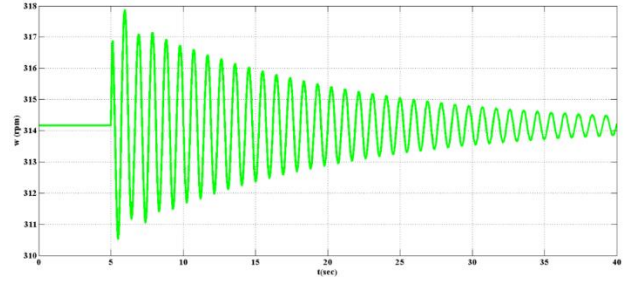


Figure 7. Generator speed oscillations in the presence of TCBR

5. CONCLUSION

In this paper, while introducing the different capabilities and applications of FACTS equipment in different areas, the proposed solution to reduce losses is to use FACTS controllers. Among these devices, one focuses on a power flow controller called Dynamic Brake Resistance (TCBR) and its purpose is to investigate its impact and adjustment for transient network stability. To investigate the impact of TCBR on transient stability studies, a suitable mathematical model has been described and an appropriate power injection model has been demonstrated to demonstrate its playability. The introduction of the TCBR model into the network under study to perform optimum broadcast computation by MATLAB software was done by adding a virtual bus to the network. This virtual bus, which we consider nb+1, was added to the Toolbox and the network equipped with this equipment was compared to TCBR-free. The analysis of the results shows that by adding a TCBR number to the studied network, the unstable fluctuations in the network have been desperately attenuated. In this regard, the most suitable location for IPC installation is to increase the attenuation of the system in the generator bus. The main advantages of the proposed method over the previous methods can be summarized in the simplicity of problem analysis and its formulation, satisfying all constraints of equality and inequality in achieving the optimal work point. Comparison of the proposed method with the work done in the field shows that, unlike previous methods, TCBR as a cheaper FACTS controller has increased network stability to a greater extent; At the same time, it offers other capabilities such as fault current limiting, independent control of active and reactive power, thereby increasing system flexibility.

CONFLICTS OF INTEREST

No conflict of interest was declared by the author.

REFERENCES

- [1] M. Saeedifard, M. Graovac, R.F. Dias, R. Iravani, DC power systems: Challenges and opportunities," in Power and Energy Society General Meeting, *IEEE* 1–7, 2010.
- [2] X. Yang, Z. Lin, Q. Zheng Trillion, "A Review of Modular Multilevel Converters," *Proceedings of the CSEE*, vol. 33, no. 6, pp. 1-14, 2013.
- [3] M. Klein, G.J. Rogers, P. Kundur, "A fundamental study of inter-area oscillations in power systems," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 6, no. 3, pp. 914–921, August, 1991, doi: 10.1109/59.119229.
- [4] X. Shiyun, W. Ping, B. Zhao, "Coordinated Control Strategy of Interconnected Grid Integrated With UHVDC Transmission Line From Hami to Zhengzhou," *Power Sys-tem Technology*, vol. 39, no. 7, pp. 1773-1778, 2015.
- [5] J. Dorn, H. Huang, D. Retzmann, "Novel Voltage-Sourced Converters for HVDC and FACTS Applications," in *Cigr'e Symposium Osaka, November, 2007, Osaka, Japan* [Online]. Available: Cinii, <https://ci.nii.ac.jp/naid/10021134894/>. [Accessed: 9 Sept. 2019].
- [6] S. Chatzivasileiadis, D. Ernst, G. Andersson, "The Global Grid," *Renewable Energy*, vol. 57, no. 1, pp. 372-383, 2013.
- [7] M.E. Aboul-Ela, A.A. Sallam, J.D. McCalley, A.A. Fouad, Damping controller design for power system oscillations using global signals," *Power Syst. IEEE Trans*, vol. 11, no. 2, pp. 767–773, May, 1996, doi: 10.1109/59.496152.
- [8] Y. Li, C. Rehtanz, S. Ruberg, L. Luo, Y. Cao, "Wide-area robust coordination approach of HVDC and FACTS controllers for damping multiple interarea oscillations," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 27, no. 1, pp. 1096–1105, July, 2012, doi: 10.1109/TPWRD.2012.2190830.
- [9] P. McNamara, R.R. Negenborn, B. De Schutter, G. Lightbody, "Optimal coordination of a multiple HVDC link system using centralized and distributed control," *Control Syst. Technol. IEEE Trans*, vol. 21, no. 2, pp. 302–314, March, 2012, doi: 10.1109/TCST.2011.2180906.
- [10] L. Papangelis, M.S. Debry, P. Panciatici, T. Van Cutsem, "Coordinated supervisory control of multi-terminal HVDC grids: a model predictive control approach", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 32, no. 6, pp. 4673-4683, November, 2017, doi: 10.1109/TPWRS.2017.2659781.
- [11] G. Hug-Glanzmann, "Coordinated power flow control to enhance steady-state security in power systems, Ph.D. dissertation", *Dept. Inf. Technol. Elect. Eng., ETH Zurich, Zurich, Switzerland*, Diss. ETH No. 17586.
- [12] Z. Wan, M.V. Kothare, "An efficient off-line formulation of robust model predictive control using linear matrix inequalities," *Automatica*, vol. 39, no. 5, pp. 837–846, February, 2003, doi: [https://doi.org/10.1016/S0005-1098\(02\)00174-7](https://doi.org/10.1016/S0005-1098(02)00174-7).
- [13] M.V. Kothare, V. Balakrishnan, M. Morari, "Robust constrained model predictive control using linear matrix inequalities," *Automatica*, vol. 32, no. 10, pp. 1361–1379, October, 1996, doi: [https://doi.org/10.1016/0005-1098\(96\)00063-5](https://doi.org/10.1016/0005-1098(96)00063-5).
- [14] J. Liu, D. Muñoz de la Peña, P.D. Christofides, J.F. Davis, Lyapunov-based model predictive control of nonlinear systems subject to time-varying measurement delays," *Int. J. Adapt. Control Signal Process*, vol. 23, no. 8, pp. 788–807, November, 2009, doi: <https://doi.org/10.1002/acs.1085>.
- [15] B. Boukhezzar, H. Siguerdidjane, "Nonlinear control with wind estimation of a dfig variable speed wind turbine for power capture optimization," *Energy Conversion and Management*, vol. 50, no. 4, pp. 885–892, April, 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.01.011>.
- [16] M. Mahmood, P. Mhaskar, "Lyapunov-based model predictive control of stochastic nonlinear systems," *Automatica*, vol. 48, no. 9, pp. 2271–2276, September, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2012.06.033>.
- [17] M. Li, W. Huang, N. Tai, M. Yu, "Lyapunov-Based Large Signal Stability Assessment for VSG Controlled Inverter-Interfaced Distributed," *Generators*, vol. 11, no 9, pp. 1-15, August, 2018, doi: <https://doi.org/10.3390/en11092273>.
- [18] M.P. Akter, S. Mekhilef, N.M.L. Tan, H. Akagi, "Modified model predictive control of a

bidirectional AC–DC converter based on Lyapunov function for energy storage systems," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 63, no. 2, pp. 704–715, February, 2016, doi: 10.1109/TIE.2015.2478752

Ebadollah Amouzad MAHDIRAJI

Ebadollah Amouzad Mahdiraji completed his bachelor's and master's degrees in power electrical engineering at Sari Branch of the Islamic Azad University in 2013 and 2015. Respectively, he is currently a researcher in the field of energy and power systems. His research areas of interest include transient's analysis in electrical equipment, optimization, and operation of smart grids.

Göçmen İşçilerin İSG Faktörlerinin İncelenmesi, Sonuçlar Üzerinde Tartışma ve Öneriler: Kapsam Belirleme Derlemesi

Cengiz AKYILDIZ^{a,*}, İsmail EKMEKÇİ^b, Hüseyin BAŞLIGİL^c

^{a*} İstanbul Ticaret Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, 34134, İSTANBUL, TÜRKİYE

^b İstanbul Ticaret Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34134, İSTANBUL, TÜRKİYE

^c İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34134, İSTANBUL, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 07.04.2020
Kabul: 11.07.2020

Anahtar Kelimeler:

Göçmen ve sığınmacı işçiler, İş Sağlığı ve Güvenliği, Meslek hastalıkları, İş kazaları, Çalışma şartları,

*Sorumlu Yazar:

e-posta:
cengiz9299@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmanın temel amacı, göçmen, mülteci ve sığınmacı işçilerin İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) faktörleri literatürünü özetlemektir. 2007-2019 yılları arasında yayınlanan çalışmalar için ResearchGate, Simon Fraser University, UK Audit Commission, ScienceDirect, SSRN, academia.edu, Hacettepe Üniversitesi, SAGE, SemanticScholar, Middlesex University London, Scopus, Scopus, ProQuest Dissertations & Theses GlobalPub, Web of Science veri tabanlarını araştırarak bir kapsam incelemesi gerçekleştirdik. Çalışma 5 nicel, 12 nitel ve 3 karma metodoloji ile yapılmıştır. Temel bulgular, yerlilere kıyasla, göçmen ve sığınmacı çalışanların daha düşük vasıflı işlerde çalıştığını, işyerinde algılanan ayrımcılığın yaygın olduğunu; daha uzun süreler çalışma talep edildiğini, daha kötü çevresel çalışma koşulları, daha fazla mesleki risklere maruz kaldığını (örneğin, fiziksel, kimyasal, ergonomik ve psikososyal tehlikeler); mesleki yaralanma riskinin daha yüksek olduğunu; daha kötü genel ve zihinsel sağlık durumları olduğunu; ücretlerini gereği üzere alamadıklarını, sağlık hizmetlerine gerektiği gibi erişemediklerini göstermektedir. Mevcut inceleme bulguları, göçmen ve sığınmacı çalışanların olumsuz İSG faktörlerinin iyileştirilmesini ve sağlık hizmetlerine adil erişimin garanti edilmesini sağlamak için bütüncül bir küresel uzlaşmaya ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Çözüm prosesi, işyerinde mesleki risk faktörlerini ve ilişkili olumsuz sonuçları önlemek ve izlemek için somut ve kanıt dayalı bir yaklaşım gerektirecektir.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.07>

Examination of OHS Factors of Migrant Workers, Discussion on Results and Suggestions: A Scoping Review

ARTICLE INFO

Received: 07.04.2020
Accepted: 11.07.2020

Keywords:

Migrant and refugee workers, Occupational Health and Safety, Occupational diseases, Occupational accidents, Working conditions, Review

*Corresponding Authors

ABSTRACT

The main purpose of this study is to summarize the existing literature on Occupational Health and Safety (OHS) of migrant, refugee and asylum-seeking workers. Simon Fraser University, UK Audit Commission, SSRN, Hacettepe University, SAGE, SemanticScholar, Middlesex University London, Scopus, Scopus, ProQuest Dissertations & Theses GlobalPub, Web of Science for studies published between 2007-2019 We conducted a scope review by researching databases. The study was carried out with 5 quantitative, 12 qualitative and 3 mixed methodologies The main findings are that immigrant and asylum-seekers work in lower-skilled jobs compared to the locals, and perceived discrimination in the workplace is widespread; longer work is demanded, poorer environmental working conditions are exposed to more occupational risks (eg physical, chemical, ergonomic and psychosocial hazards); the risk of occupational injury is higher; worse general and mental health conditions; It shows that they could not get their fees properly and access health services properly. The current review findings have shown that a holistic global consensus is needed to ensure that the negative OSH factors of immigrant and asylum-seeker workers are improved and that fair access to health services is guaranteed. The solution process will require a

Bu makaleye atıf yapmak için C. Akyıldız, İ. Ekmekçi ve H. Başlıgil, "Göçmen İşçilerin İSG Faktörlerinin İncelenmesi, Sonuçlar Üzerinde Tartışma ve Öneriler: Kapsam Belirleme Derlemesi," *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 6, sayı 2, s. 145-159, Ağustos, 2020, doi: <https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.07>.

e-mail:
cengiz9299@hotmail.com

concrete and evidence-based approach to prevent and monitor occupational risk factors and associated negative outcomes at the workplace.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.07>

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) 2017 son tahminlerine göre, dünya çapında yaklaşık 258 milyon uluslararası göçmen, 234 milyon çalışma çağındaki göçmen (15 yaş ve üstü), 164 milyon göçmen işçi var; bunların 95,7 milyonu erkek ve 68,1 milyonu kadındır. Genel olarak, çalışma çağındaki göçmenler 15 yaş ve üstü küresel nüfusun yüzde 4,2'sini, göçmen işçiler ise tüm çalışanların yüzde 4,7'sini oluşturmaktadır. Hedef ülkelerde, göçmen işçilerin küresel işgücü içinde, çalışma çağındaki küresel nüfustan daha yüksek payı, göçmen olmayanlara (yüzde 61,6) göre göçmenlerin işgücüne katılım oranının daha yüksek olmasından (yüzde 70,0) kaynaklanmaktadır [1]. Uluslararası göçmenlerin Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Avrupa Bölgesi'ndeki 53 ülkede nüfusun yaklaşık %10'unu (90,7 milyon) temsil ettiği ve bu Bölgedeki tüm çalışanların yaklaşık %12'sinin göçmen olduğu tahmin edilmektedir [2].

Dünya genelinde düzensiz göçmen sayısı giderek artmaktadır ve günümüzde toplam göçün yaklaşık %15'inin düzensiz koşullar altında gerçekleştiği tahmin edilmektedir [3]

Coğrafi ve ekonomik konumundan ötürü, Suriye başta olmak üzere, Afganistan, Irak, Gürcistan, İran ve Türk Cumhuriyetleri, Afrika, Doğu Avrupa ülkelerinden Türkiye'ye son dokuz yılda altı milyona yakın (İçişleri Bakanlığı Göç İdaresi kayıtlarına göre Türkiye'de bulunan yabancıların sayısı hakkında 08.11.2019 tarihli bakanlık açıklaması) göçmen, mülteci, sığınmacı ve düzensiz göçmen bulunmaktadır. Bakanlık açıklamasına göre 2019 yılı sonu resmi kayıtlarına göre Türkiye'de 5.074.908 yabancıların bulunduğu yönündedir. ILO ortalama hesaplamalarına [3] göre sayıları tespit edilemeyen kayıt dışı düzensiz göçmenleri eklersek toplam sayı yaklaşık 5.970.480 civarına gelmektedir. Dolayısıyla, ulusal nüfusun %7'si kadar, yaklaşık 6 milyon uluslararası göçmen bulunmaktadır. Türkiye'de bulunan sadece Suriyelilerin sayısı, resmi rakamlara göre 3.576.644 kişidir. Bunların 1.654.116 kişisi kadın, 1.922.228 kişisi erkektir. Bu nüfusun çalışma yaşında olanların sayısı (15-64 yaş) 936.346 kadın, 1.167.562 erkek olmak üzere toplam çalışabilir Suriyeli nüfusu 2.103.908 kişidir. Çalışabilir Suriyeli nüfusunun toplam Suriyeli nüfusuna oranı %58'dir (14.02.2020 tarihi itibarıyla, Göç İdaresi Genel Müdürlüğü istatistik verisi). Türkiye'de bulunan toplam yabancıların sayısı üzerinden hesapladığımızda çalışma yaşındaki toplam

yabancı sayısının yaklaşık 3.462.878 kişi olduğu görülür [4].

Türkiye'deki istihdam oranlarına bakarsak; toplam nüfus Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi 2019 Sonuçlarına göre 83 milyon 154 bin 997 kişiye ulaştı. Türkiye'de 15-64 yaş aralığındaki toplam nüfus 56.391.925 kişi ve bunun 28.524.329 kişisi erkek, 27.867.596 kişisi kadınlardan oluşmaktadır. İstidama katılım oranının %67 olması mümkün iken, reel katılım oranı 15-64 yaş aralığı nüfusun sadece %53'üdür [5]. Yukarıdaki bilgiler ışığında görüyoruz ki göçmen, mülteci, sığınmacı, uluslararası koruma altındakiler ve düzensiz göçmenlerin istihdama katılım oranı yerli çalışanlardan %5 daha yüksek. Bu durum menşei ülkenin dışındakilerin yaşamlarını sürdürme kaygılarını açıklamaktadır.

Yabancı çalışanlar, içinde buldukları zor koşullar nedeniyle, genellikle yerli halkın yapmak istemediği fiziksel güce dayalı, niteliksiz, güvencesiz ve düşük ücretli işler yapmaktadırlar. Ayrıca yerel çalışanlardan daha uzun saatler ve daha kötü koşullarda çalışmaktadırlar. Uluslararası literatürde "3D işler" denen tehlikeli, kirli ve aşağılayıcı (*dangerous, dirty, demeaning*) olarak adlandırılırlar. Bu sebeple, hem mesleki yaralanma ve hastalık riski daha yüksektir hem de yerlilerden daha fazla olumsuz mesleki maruziyet oranlarına sahiptirler [6, 10, 11].

Göçmen ve mülteci işçilerin çoğu, ağır fiziksel iş yükü, yaralanma riski, toksik maddelere maruziyet veya ağır psikososyal risk etmenlerine (örn. yüksek zihinsel iş yükü, olumsuz sosyal etkileşimler, ücret sorunları, mobbing) maruz kalan işlerde çalışmaktadır. Bu nedenle, göçmen ve mülteci işçilerin iş sağlığı ve güvenliği sorunları tüm dünyada halk sağlığının çok önemli bir parçasıdır.

Daha önceki çalışmalar göstermektedir ki yerlilere kıyasla göçmen işçiler:

1. Güvencesiz ve sözleşmesiz koşullarda işe alınmakta, düşük vasıflı işlerde çalıştırılmaktadır.
2. Çalışma alanları tehlikeli işlerde yoğunlaşmıştır.
3. Mesleki yaralanma ve hastalık riski daha yüksektir.
4. Gelirleri açlık sınırının çok altındadır.

Diğer ülkelerde de olduğu gibi, özel ve kayıt dışı ev işçilerine ve bakıcılara yönelik talebin artmasıyla, sosyal koruma ve haklara tam erişimi olmayan bir yabancı çalışan kadın varlığı bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı;

1. Kapsam ve gözden geçirme yoluyla mevcut literatürü özetlemek
2. Geçmişteki ve mevcut durumu analiz etmek ve
3. Göçmen mülteci işçiler arasında iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili gelecekteki araştırmalara yönelik önerilerde bulunmaktır.

Aşağıdaki nedenlerle göçmen çalışanlara odaklanmaya karar verdik:

1. Göçmen işçilerin İş Sağlığı ve Güvenliği konusundaki eski sistematik ve kapsam belirleme incelemeleri yeterince ele alınmamıştır [7,9,11-13]; ve
2. Ekonomik olumsuzluklar, iklim değişikliği ve savaşlar gibi nedenlerden dolayı ekonomisi ve güvenliği yüksek ülkeler üzerinde öngörülemez bir göç baskısı yaratmıştır, sosyal sorunlara neden olmuş, olumlu ve olumsuz ekonomik etkiler getirmiştir [3,4,14].

2. YÖNTEMLER (METHODS)

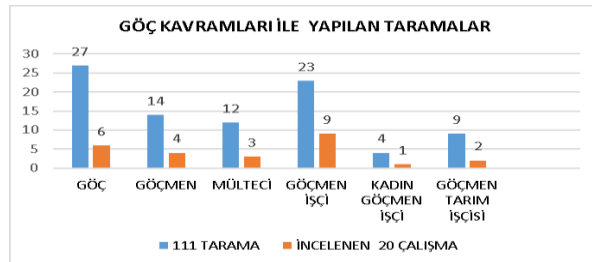
Literatürdeki yöntemleri kullanarak bir kapsam incelemesi yaptık ve Tablo 2’de gruplandırdık [7,9,15-17].

2.1. Arama Stratejisi (Search Strategy)

2007-2019 yılları arasında yayınlanan çalışmalar için Simon Fraser University, UK Audit Commission, SSRN, academia.edu, Hacettepe Üniversitesi, Ebsco, SAGE, SemanticScholar, Middlesex University London, Scopus, Scopus, ProQuest Dissertations & Theses GlobalPub, Web of Science veri tabanlarını araştırarak bir kapsam incelemesi gerçekleştirdik.

Veri tabanlarında göçle ilgili terimleri, sonra iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili terimleri taradık:

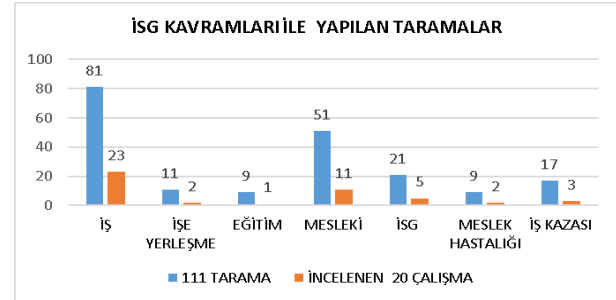
Arama 1: (Göç tanımları) anahtar kelimeler: Göç (Migration) OR Göçmen (Immigrant) OR Mülteci (Refugee) OR Göçmen işçi (Migrant worker) OR Kadın Göçmen İşçi (Female Migrant Worker) OR Göçmen Tarım İşçisi (migrant agricultural worker)



Şekil 1. Göç tanımları ile yapılan taramalar (Scans with migration definitions)

Arama 2: (İş sağlığı ve güvenliği tanımları) anahtar kelimeler: İş (Work) OR İstihdam (Employment) OR

Eğitim (Training) OR Mesleki (Occupational) OR İş Sağlığı (Occupational Health and Safety) OR Mesleki Hastalıklar (Occupational Diseases) OR İş kazası (Occupational accident),



Şekil 2. İSG tanımları ile yapılan taramalar (Scans with OHS definitions)

2.2. Seçim / Hariç Tutma Kriterleri Ve Değerlendirme (Inclusion/Exclusion Criteria And Assessment)

Başlıklar ve özetler, esas olarak, aşağıdaki inceleme kriterlerini karşılamayanları hariç tutmak için tarandı: hakemli bilimsel dergilerde İngilizce veya Türkçe olarak yayınlanan göçmenler ve İş Sağlığı ve Güvenliği konularına odaklanmış ve göçmenlere odaklanan orijinal makaleler, raporlar ve tezler saptanmıştır.

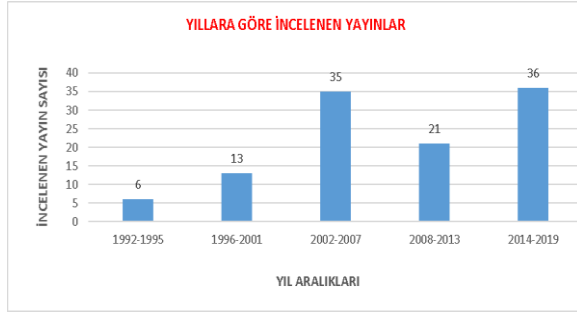
Daha sonra, ilgili tüm makaleler tam olarak okundu ve aşağıdaki kriterler uygulanarak ikinci bir seçim yapıldı: taranan nitel, nicel ve karma çalışmalar;

- (a) göç, iş ve sağlık arasındaki ilişki,
- (b) göçmen işçiler arasında iş sağlığı ve güvenliği,
- (c) göçmen işçilerin sağlık durumu,
- (d) istihdam edilen göçmenler arasında gerçekleştirilen önleyici programlar / faaliyetler,
- (e) göçmen işçiler arasında sağlık ve güvenliğin sosyal, mesleki, kültürel ve / veya ekonomik belirleyicileri,
- (f) göçmen işçiler arasında sağlık hizmetlerine erişim ve bu hizmetlerin kullanımı.

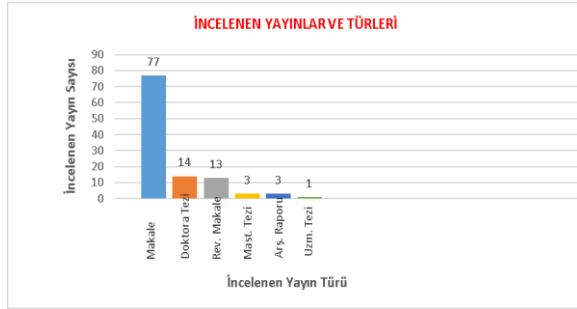
Son olarak, dâhil edilen çalışmaların her biri, çalışmanın ana özellikleri (yazarlar, yıl ve dergi) dahil olmak üzere bir dizi parametre kullanılarak değerlendirildi; çalışmanın ülkesi, amacı, tasarımı ve dönemi; bilgi toplama tekniği, katılımcıların özellikleri (örneklem büyüklüğü, cinsiyet, yaş, dahil etme / hariç tutma kriterleri, varsa karşılaştırma grubu), ana sonuçlar, sınırlamalar (varsa); ve sonuçlar.

3. SONUÇLAR (RESULTS)

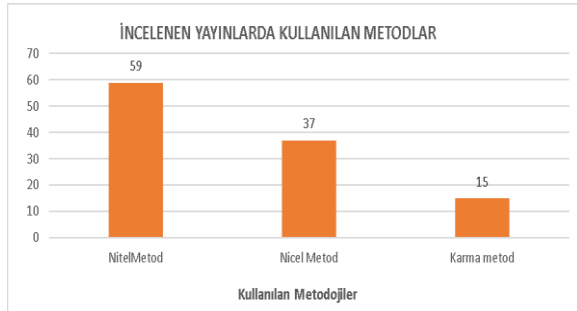
Sonuç çıktıları raporlanmayanlar ve kopya çalışmalar kaldırdıktan sonra, toplam 111 kayıt belirledik.



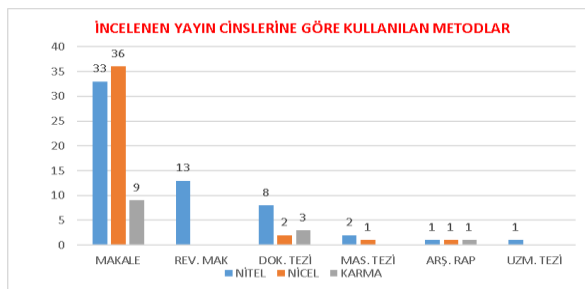
Şekil 3. Yıllara göre incelenen yayınlar (Publications examined by years)



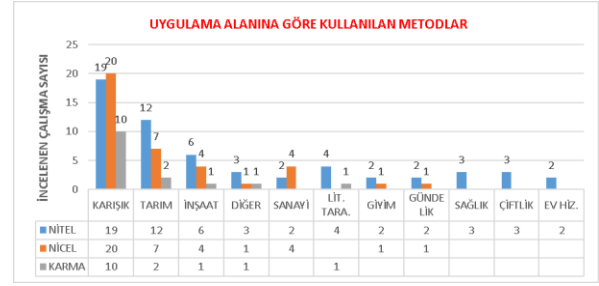
Şekil 4. İncelenen yayınlar ve türleri (Publications reviewed and their types)



Şekil 5. İncelenen yayınlarda kullanılan metotlar (Methods used in the publications)

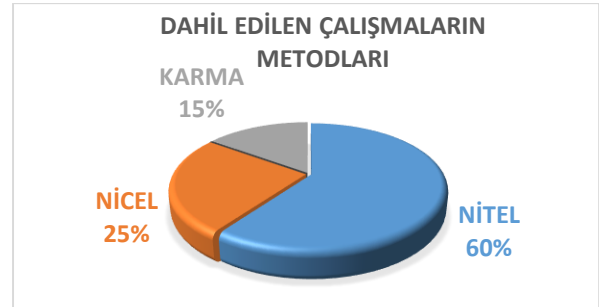


Şekil 6. İncelenen yayın cinslerine göre kullanılan metotlar (Methods used by publication types)



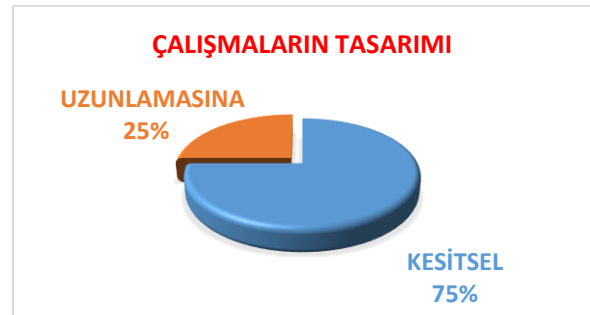
Şekil 7. Uygulama alanına göre kullanılan metotlar (Methods used by application area)

Daha sonra, bu potansiyel olarak alakalı çalışmaların 91 tanesi taramada başlıklara ve özetlere dayanarak elendi ve 20 çalışma dâhil edildi. İncelenen 20 çalışmanın on iki tanesi nitel [2, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 16-20], beş tanesi nicel [5, 8, 10, 13, 14], üç tanesi karma [1, 3, 15] çalışmalardır.



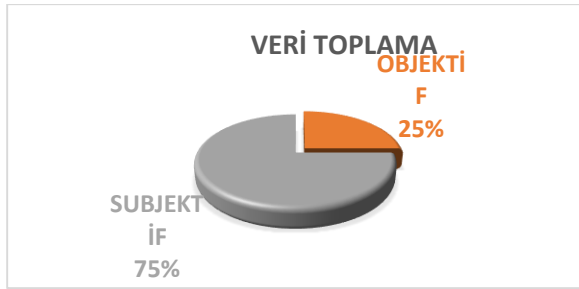
Şekil 8. Dahil edilen çalışmaların metotları (Methods of the included studies)

Çalışmaların %75'i [1-3, 5, 6, 8-13, 15, 17, 18, 20] kesitsel, %25'i [4, 7, 14, 16, 19] uzunlamasına çalışma idi.



Şekil 9. Çalışmaların tasarımı (Design of studies)

Çalışmaların %25'i [3,7, 14, 16, 20] nesnel verilere, %75'i [1, 2, 4-6, 8-13, 15, 17-19] subjektif (anket, görüşme vs.) verilere dayanmaktadır.



Şekil 10. Veri toplama nitelikleri (Data collection features)

İncelenen çalışmalar, nitel, nicel ve karma metodolojilerin tümünü kapsamaktadır. Nitel çalışmalar, gözlem, görüşmeler ve belge analizi gibi nitel veri toplama yöntemlerinin kullanıldığı, genellikle algılara dayalı ve olayların doğal ortamda işleyişi çerçevesinde ortaya konmasına yönelik süreçlerin izlendiği araştırma türüdür (Arslan, 2012). Nicel çalışmalar, olayları nesnelleştirerek gözlemlenebilir, ölçülebilir ve sayısal olarak ifade edilebilir bir şekilde ortaya koyan, gözlem ve ölçmelerin tekrarlanabildiği ve objektif yapıldığı araştırma türüdür (Arslan, 2012). Karma araştırma yöntemleri, araştırmacının bir çalışma veya birbirini izleyen çalışmalar içerisinde nitel ve nicel yöntem ile yaklaşım ve kavramları birleştirmesi olarak tanımlanır. Kesitsel çalışmalar belirli kısa zamanda, zaman faktörünün verilere etki edemediği süreli çalışmalardır. Uzunlamasına çalışmalar ise, geriye ve ileriye yönelik, uzun zaman diliminde, verilerin üzerinde zaman etkisinin var olduğu çalışmalardır.

Tablo 1. Göçmen işçilerin iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili kapsam incelemesinde yer alan 20 çalışmanın temel özelliklerinin özeti (2007-2019) (Summary of the key features of the 20 studies included in the scope review of migrant workers on occupational health and safety (2007-2019))

DEĞİŞKEN	%
ÇALIŞMANIN TÜRÜ	
NİTEL	12 (%60)
NİCEL	5 (%25)
KARMA	3 (%15)
ÇALIŞMANIN TASARIMI	
KESİTSEL	15 (%75)
UZUNLAMASINA	5 (%25)
ÇALIŞMALARIN TARİHLERİ	
2007	3 (%15)
2011	1 (%5)
2012	1 (%5)
2013	3 (%15)
2014	2 (%10)
2015	2 (%10)
2017	4 (%20)
2018	1 (%5)
2019	3 (%15)
VERİ TOPLAMA YÖNTEMLERİ	
Anket, yüz yüze görüşme, grup görüşme	15 (%75)
Nesnel veriler (istatistik veriler, kaza kayıtları, vaka listeleri)	5 (%15)

3.1. Nitel Çalışmalar (Qualitative Studies)

Tablo 2'de 12 nitel çalışmanın [2, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 16-20] temel özellikleri, sekiz kesitsel [2, 6, 9, 11, 12, 17, 18, 20] ve dört uzunlamasına çalışma çerçevesinde [4, 7, 16, 19] gösterilmektedir.

Araştırma sorusuna dayanarak, nitel çalışmaları aşağıdaki beş ana grup altında toplayabiliriz:

1. İSG kavramı, yasal gereklilik ve uygulamalar,
2. Devlet düzenlemeleri, tarafların karşılıklı hak ve sorumlulukları, global uygulamalar ve sorunları [2, 4, 6, 7, 9, 12, 16-20]:

Göçmen çalışanların İSG düzenlemelerinin yerine getirilmesinin önündeki engelleri daha karmaşık ve maliyetli bir hale gelmeden izlemek ve üstesinden gelmek önemlidir, göçmenlerin konut ihtiyaçlarını iyileştirmek için, düşük faizli kredilerin sağlanması gerekir [2]. İşyeri kazalarını ve hastalıklarını önlemek için göçmen işçiler adına yasal korumanın daha da güçlendirilmesi gerekmektedir, her hükümetin, göçmen işçiler de dahil olmak üzere, her işçinin belirli hak ve korumalara sahip olacağını açıkça veya dolaylı olarak ifade ettiği var olan İSG ile ilgili yasaları vardır ve uygulanmalıdır, göçmen işçilere de anlaşmazlık yaşandığında işverenini değiştirme hakkı verilmelidir [4]. Göçmen işçi ve işverenlerinin sağlık ve güvenlik konusundaki inançları tanımlanmalıdır, İş sağlığı ve Güvenliği politikasının ne kadar etkili olduğunun kapsamlı bir incelemesi yapılmalıdır [6]. Göçmen tarım işçilerinin karşılaştığı sorunların çok boyutlu olduğu ve göçmen işçi sorunlarının ele alınması için hem politika geliştirmeye hem de daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu saptandı [7]. Göç ve ev işçiliğine ilişkin problemlerin çözüm yolları için göçmen ev işçisi kadınlar tarafından biçimlendirilen ulus ötesi ağların, ulusal ve uluslararası formel destek mekanizmalarına gereksinim vardır, mülteciler ve insan ticareti kurbanları ile ilişkili olarak devletlerin ve uluslararası örgütlerin, uluslararası insan hakları yasalarını temel alarak sürdürülebilir çözümler üretmek için birleşmelerinin gerekliliği belirtilmelidir [9]. Bazı işverenler, ev işçilerinin kırılabilirliklerinden yararlanmaktadır, çünkü yasalar buna izin vermektedir, ayrıca, iş kanunu, işverenlerin ev işçilerine sürekli olarak asgari ücrete göre ödeme yapmalarına izin veriyor. [12]. Çok sınırlı pazarlık gücü nedeniyle, göçmen işçiler İSG haklarını etkin bir şekilde savunamamaktadırlar, özellikle yazılı sözleşmelerin yokluğunda, bir iş ilişkisinin varlığını kanıtlamada göçmen işçilerin karşılaştıkları engelleri ortadan kaldırmak için yenilikçi yollar aranmalıdır, ortak İSG komitelerinin kurumsallaştırılması ve sendikalarda reform yapma yoluyla toplu pazarlık mekanizmalarının güçlendirilmesi sağlanabilir [16]. Göçmen işçilerin

çoğu birden fazla güvenlik açığı yaşamaktadır, göçmen işçiler için; İSG ile ilgili yeterli politika ve prosedür oluşturulmaması, işyerinin kötü çalışma koşulları ve güvenli olmayan durumlar içermesi, İSG ve işyerindeki hakları konusunda sınırlı bilgiye sahip olmaları ve çalışma koşulları ile tehlikelerin bildirilmemesi ve İSG sorunlarına yanıt verilmemesi, bu güvenlik açıklarını oluşturur. [17]. İşverene bağımlılık, güvenlik açığını artırır ve çalışanın gücünü azaltır, İşçilerin işverenlerine bağımlı olmalarının, göçmenlik sürecindeki rolü nedeniyle, işçi sesinin susturulması etkisine sahip olduğunu ve bunun iyi mekanizmalarla ele alınması gerektiği anlaşılmıştır, kayıt dışı göçmen işçilerin tamamı kayıt altına alınmalıdır [18]. İş dünyası, yeni teknolojilerin dönüştürücü etkisiyle, demografik ve iklim değişikliği ile yeşil ekonomiye geçiş gibi derin değişimler geçiriyor, bu değişiklikler, dünya çalışanlarının güvenliği ve sağlığı için yeni zorluklar ve yeni fırsatlar getirecektir [19]. Küresel güçlerin ekvatorun altındaki ülkelerde yarattığı karışıklıkların sonucunda göçmenler için hedef ülkelerde de global güçler göçmen işçiler için sorun oluşturmaya devam ederler, sürekli bir kaos ve tedirginlik ortamı sürer gider, bu baskılar işçilerin sağlık hizmetlerine erişimini de baskılar, bu olumsuzluk işçilerin sağlıklı ve tehlikesiz bir işyerinde çalışma hakkını sınırlandıran ve zayıflatan politik ve ekonomik düzenleyiciler tarafından hesaba katılmalıdır [20].

3. İSG eğitimi, mesleki eğitim, dil, iletişim, sağlık desteği [2,4,6,11,17]:

Yaralanmaları azaltmak için eğitimcilerin tam zamanlı olarak işe alınmasını gerekir, eğitimin etkisiz olmasının en önemli nedeni zayıf dil becerisidir [2]. İş kazalarını ve hastalıklarını önlemek için hem göçmenlere hem de işverenlerine pratik destek sağlanmalıdır. Göçmen işçilere, özellikle iş kazaları ve meslek hastalıkları ile ilgili olarak, ücretsiz ya da oldukça sübvans edilen tıbbi hizmetlere erişim sağlanmalı [4]. Çalışanların örgün eğitim düzeyi ve temel dil bilgisi, sağlık ve güvenlik eğitimi için de önemlidir, çalışanların sağlık hizmetlerinin dokümantasyonu tutulmalıdır [6]. Sağlık hizmetlerinin göçmen nüfusa erişimini arttırmaya yönelik çabalar, göçmen işçilerin refahını da arttıracaktır, ortak dilin rolü asla inkâr edilemez, göçmen nüfusun dil becerileri ile donatılması bilgiye ulaşmalarını kolaylaştırır ve İSG hizmetlerine erişilebilirliği artırır [11]. Güvenli çalışma entegrasyonunun başarısı, iş bulmadan önce hakları hususunda bilgi sağlamaya, uygun iş eğitimi sağlamaya ve yaralanmaların önlenmesine ilişkin eğitim toplantılarına katılmaya teşvik edilmesine bağlıdır [17].

4. Gözetim sistemi, belgelendirme ve İSG'ne erişim zorlukları [6, 11]:

Mesleki yaralanmalar ve hastalıklar için gözetim sistemi kurulmalıdır, Çalışanların sağlık hizmetlerinin dokümantasyonu tutulmalıdır [6]. Göçmen işçilerin İş Sağlığı ve Güvenliği hizmetlerine erişiminde karşılaştıkları zorluklar baş edilmez ve çok yönlüdür [11].

5. Psikososyal riskler, cinsel taciz, düşük ücret, tazminat, sömürü, iş sözleşmeleri sorunu, baskı [4, 7, 9, 12, 16, 18]:

Göçmen işçiler de dahil olmak üzere tüm işçilerin toplu olarak örgütlenmesine izin verilmeli, göçmen işçilerin, yerli çalışanlar gibi, eşit ücret, izin ve tazminat haklarından yararlanmaları sağlanmalı, göçmen işçilerin de anlaşmazlık yaşandığında işverenini değiştirme hakkı verilmelidir [4]. Göçmen çiftçilerin işgücü, sağlık, psikososyal ve ücret koşulları ile ilgili araştırma eksikliğine dikkat çekilmelidir [7]. Mülteciler ve insan ticareti kurbanları ile ilişkili olarak devletlerin ve uluslararası örgütlerin, uluslararası insan hakları yasalarını temel alarak sürdürülebilir çözümler üretmek için birleşmelerinin gerekliliği belirtilmelidir [9]. Bazı işverenler, ev işçilerinin kırılabilirliklerinden yararlanmaktadır, çünkü yasalar buna izin vermektedir. İşverenler, ev işçilerinin sağlık ve güvenliği ile ilgilenmek zorunda değildir, çünkü hane halkları sağlık ve güvenlik yasasından muaftır. Ayrıca, iş kanunu, işverenlerin ev işçilerine sürekli olarak asgari ücrete göre ödeme yapmalarına izin veriyor [12]. Çok sınırlı pazarlık gücü nedeniyle, göçmen işçiler İSG haklarını etkin bir şekilde savunamamaktadırlar, özellikle yazılı sözleşmelerin yokluğunda, bir iş ilişkisinin varlığını kanıtlamada göçmen işçilerin karşılaştıkları engelleri ortadan kaldırmak için yenilikçi yollar aranmalıdır, ortak İSG komitelerinin kurumsallaştırılması ve sendikalarda reform yapmak yoluyla toplu pazarlık mekanizmalarının güçlendirilmesi sağlanabilir [16]. İşverene bağımlılık, güvenlik açığını artırır ve çalışanın gücünü azaltır, İSG uygulamalarını ve düzenleyici etkinliği zayıflatan önemli faktörler, göç programlarını yöneten devlet kurumları ile istihdam standartlarını düzenleyen yasalar ve işçi tazminatı ve iş sağlığı ve güvenliği de dahil olmak üzere, iş mevzuatına uymaktan sorumlu taşra kurumları arasındaki iletişim yetersizlikleridir [18].

3.2. Nicel Çalışmalar (Quantitative Studies)

Tablo 2'de 5 nicel çalışmanın [5, 8,10,13, 14] temel özellikleri, dört kesitsel nitel çalışma [5, 8, 10, 13] ve bir uzunlamasına çalışma çerçevesinde [14] gösterilmektedir.

Araştırma sorusuna dayanarak, nicel çalışmaları aşağıdaki üç ana grup altında toplayabiliriz:

1. İSG kavramı, yasal gereklilik ve uygulamalar, devlet düzenlemeleri, tarafların karşılıklı hak ve sorumlulukları, global uygulamalar ve sorunları [5, 8, 10, 13]:

30 yaşın altındaki işçilere odaklanarak, mesleki eğitime erişim sağlamak için göçmen işçi çalıştıran işletmeler üzerinde denetimlerin tavsiye edilir [5]. Göçmen kadın işçiler temel haklardan yoksundurlar. Yazılı kadın hakları uygulamaları kendilerine ulaşmıyor, göçmen kadın işçilerin sorunlarının çözümü için acil bir çalışmaya ihtiyaç vardır. Hükümete ve STK'lara göçmen kadın işçilerin haklarını korumak ve iyileştirici önlemler almalarında yardımcı olacak tespitler yapıldı [8]. Tüm işyerlerinde asgari uygun ve adil bir yaşam koşulu sağlanmalıdır, yasal düzenlemelere ve mevzuatın uygun şekilde uygulanmasına, göçün itici faktörlerinin kontrol altına alınmasına acil ihtiyaç vardır [10]. Çalışma sözleşmeleri sırasında tüm göçmen işçilere sağlık hizmetleri sigortası sağlanmalıdır [13].

2. İSG eğitimi, mesleki eğitim, dil, iletişim, sağlık desteği [5, 10, 13, 14]:

Mesleki eğitim, göçmen işçiler arasındaki mesleki yaralanmaların azaltılmasında birinci sıradadır, uzun süre çalışanların mesleki yaralanma olasılığı daha fazladır [5]. Sağlık hizmetleri, eğitim ve diğer tüm sosyal güvenlik önlemleri, yalnızca göçmen işçiler için değil, aile üyeleri için de hesaplı ve erişilebilir olmalıdır [10]. Katar'daki göçmen işçiler sırt ağrısı, baş ağrısı, kalp ve solunum yolu hastalıkları gibi kardiyopulmoner, GI abdominal, ishal, peptik ülser, yorgunluk, depresyon, anksiyete, stres ve diyabet, hipertansiyon ve astım ve alerjik hastalıklar gibi sağlık sorunları yaşamaktadırlar, en yaygın iş kazası, düşme, kayma ve cisim çarpmasıdır, göçmen işçilerin neredeyse %80'inde sağlık sigortası yoktur [13]. Çalışmaların çoğunun işçilerin özelliklerini tanımladığını ve bazılarının da işyeri özellikleri ve göçmenlerin genel sağlık durumu ile ilgili olduğunu göstermektedir [14].

3. Psikososyal riskler, cinsel taciz, düşük ücret, tazminat, sömürü, iş sözleşmeleri sorunu, baskı [5, 8]:

İş sözleşmesinin mesleki yaralanma üzerinde de önemli etkisi vardır, cinsiyet, mesleki yaralanmalarda önemli bir etkiye sahiptir [5]. Göçmen kadın işçiler temel haklarından mahrumdurlar ve işverenleri tarafından sömürülmektedirler [8].

3.3. Karma Çalışmalar (Mixed Studies)

3 karma çalışmanın [1, 3, 15] temel özellikleri, Tablo 2'de gösterilmektedir.

1. İSG eğitimi, mesleki eğitim, dil, iletişim, sağlık desteği [1]: Eğitimlere katılım için küçük teşvikler sunulmalı, seyahat / eğitim sürelerinde ödeme yapılması, toplantılardaki yemekler katılımcıları cezbeder ve grup bağını güçlendirir, eğitim toplantılarının ardından sosyal medyayı kullanarak sürekli iletişim sağlanmalı [1]

2. İSG kavramı, yasal gereklilik ve uygulamalar, devlet düzenlemeleri, tarafların karşılıklı hak ve sorumlulukları, global uygulamalar ve sorunları [3]: Bölgesel ve ulusal ortak çalışma yapılmalı, veri ve istihbarat paylaşımı, iyileştirilme çalışmaları, istihdam ve konut standartlarının kolay ve sürekli olması, sosyal hizmetlerin aksamaması, yerel gerilimleri en aza indirme, sosyal uyumu geliştirme gibi çalışmalara önem verilmeli [3].

3. Psikososyal riskler, cinsel taciz, düşük ücret, tazminat, sömürü, iş sözleşmeleri sorunu, baskı [15]: Asya ekonomik bölgesinde kadın göçmen işçiler ciddi zorluklar yaşamakta, iyi ve eşit çalışma koşullarından yararlanamamaktadırlar, kadın göçmen işçilerin karşılaştıkları zorlukları, taciz ve güvensizlikleri azaltmak için cinsiyete özgü eylemlere ve çözümlere ihtiyaç vardır; sağlık, eğitim ve adalet erişimi güvence altına alınırken, ekonomik ve sürdürülebilir büyümeden yararlanma becerilerini geliştirmek gerekir [15].

4. TARTIŞMA (DISCUSSION)

Araştırma kapsamı çerçevesinde incelenen ve Tablo 2'de sunulan yirmi adet çalışmanın inceleme sırasına göre bulguları ve çözüm önerileri şunlardır:

1. Mesleki yaralanma riskini azaltmak için gerekli eğitimlerin verilmesi, durum değerlendirmesi yapılması ve süreklilik sağlanması [6].

2. Mevsimlik Meksikalı tarım işçileri çalıştıran İngiliz Kolombiyalı çiftçilerin İş Sağlığı ve Güvenliği ve barınma uygulama sorunları [7].

3. İngiltere'deki göçmen işçilerin İSG koşullarının 2007 yılı takibi [8].

4. Beş Asya ve Pasifik ülkesinde (Avustralya, Kore Cumhuriyeti, Malezya, Singapur ve Tayland) göçmen işçilere İş Sağlığı ve Güvenliği uygulamaları konusunda artan endişeye yanıt olarak İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) koşullarını incelenmesi [9].

5. Bireysel faktörlerin, mesleki eğitimin ve çalışmanın göçmen işçilerin mesleki yaralanmaları üzerindeki etkisinin belirlenmesi [10].

6. Tarım, ormancılık ve balıkçılık sektörlerinde mesleki maruziyetleri, veri kısıtlarını, göçmen işçilerin özelliklerini, göçmen işçilere yönelik endişe nedenlerinin, incelenmesi [11],

7. Kapsamlı bir literatür taraması yaparak tarımdaki göçmen işçiler hakkında mevcut bilgilerin derlenmesi ve sınıflandırılması [12],

8. Thamil Karur bölgesinde Thogamalai maden ocaklarında çalışan göçmen kadın işçilerin İş Sağlığı ve Güvenliği sorunları [13],

9. Türkiye'ye Eski Sovyet Bloğu ülkelerinden ev işçiliği iş kolunda çalışmak için göç etmiş kadınların içerisinde yer aldıkları sosyal, siyasal, kültürel ve ekonomik koşulların ortaya çıkarılması, göçmen ev işçilerinin yaşadıkları süreçlerinin incelenmesi [14],

10. Göçmen inşaat işçilerinin yaşam ve çalışma alanların keşfedilmesi, yaralanmaları ve hastalıkları etkileyen sebeplerin incelenmesi, tedavi ve sağlık hizmeti modelinin bulunması, ekonomik yük ve tüm politika sonuçlarının ele alınması [15],

11. Göçmen işçilerin Finlandiya'daki İş Sağlığı ve Güvenliği hizmetleri beklenti ve deneyimlerinin ortaya konması [16],

12. Sosyoekonomik ve politik boyutları ile, işçilerin işgücü piyasasında kırılganlıklarına neden olan kişisel faktörleri göz ardı etmeden, hukukun ve yasal kurumların göçmen işçilerin sorunlarına odaklanmasının amaçlanması [17],

13. Katar'da yaşayan Hint göçmen işçilerin sağlık durumlarını, yaşam koşullarını, çalışma ile ilgili sorunları, kazaları ve sağlık tesislerine erişimlerinin incelenmesi [18],

14. Göçmen işgücüne genel bir bakış, göçmenlerin çalışma koşullarını ve İSG risklerini belgeleyen anketlerden elde edilen veri tabanları endeksi geliştirilmesi [19],

15. Asya ekonomik entegrasyonu kapsamında kadın göçmen işçilerin durumunun, kapsayıcı ve kalkınma vizyonuyla daha iyi anlamının amaçlanması [20],

16. Çin'de, gelişen İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) rejimleri altında göçmen işçilerin korunması konusundaki araştırmaların raporlanması [21],

17. Göçmen işçilerin, tehlikelere maruz kalma ve işyerinde güvenli çalışmaya erişim, İSG, işçi hakları bilinci, mültecilerin İSG kırılganlığına neden olan faktörlerin araştırılması [22],

18. Göçmen çalışanların İSG ile ilgili deneyimlerinin

anlaşılmasına katkıda bulunmak ve üç ana kısıtlamanın önemini vurgulamak: işverenlerine bağımlılık ile ilişkili zorluklar, iş sözleşmelerinin gerçek çalışma koşulları ile arasındaki farklar ve bu sözleşmeleri uygulamak ve Kanada'daki göçmen işçilerin entegrasyon seviyelerinin yükseltilmesi [23],

19. Göçmen işçiler dahil olmak üzere, kuruluşundan bugüne ILO'nun (Uluslararası Çalışma Örgütü) İş Sağlığı ve Güvenliği uygulamalarına yüz yıllık bakış [24],

20. Göçmen tarım işçilerinin İş Sağlığı ve Güvenliği konusundaki öznel deneyimlerinin açığa çıkarılması ve genel idari sorunların saptanması [25].

Yukarıda açıklanan çalışmalar, kesitsel ve uzunlamasına nitel, nicel ve karma metodolojiler kullanılarak yapılmışlardır. Örneklem olarak kolay ulaşılabilir, basit tesadüfi, kartopu, küme ve amaçlı örneklem metotları kullanılmıştır. Veri toplamada anket, yarı yapılandırılmış bireysel, grup ve odak grup görüşmeler, etnografik gözlem ve literatür tarama yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan analiz yöntemleri, karşılaştırma, istatistiksel regresyon, ampirik veri, sosyal ağ, tematik içerik, cinsiyet, naratif analiz yöntemleridir. Yapılan analizlerde, Haddon Matrisi, Stata, SPSS, Excel, Nvivo gibi bilgisayar programları kullanılmıştır. İncelenen 20 çalışma göstermiştir ki;

1. Gelişmemiş, gelişmekte olan ve gelişmiş tüm ülkelerde, ölümlü ve yaralanmalı iş kazaları ile meslek hastalıkları benzer İş Sağlığı ve Güvenliği endişeleri ve risk modelleri göstermektedir; veriler kabul edilebilir sınırların çok üzerindedir ve müdahale gerektirmektedir;

2. Belirli bölgelerdeki savaşlar ve dünyadaki gelir dağılımı dengesizliğinin yol açtığı düzensiz göçler, kargaşaya neden olmakta ve en sorunlu göçmen türü olan, kontrol edilemeyen, veri toplamada zorlanılan kayıt dışı göçmenlerin artmasına sebep olmaktadır;

3. Yerlilerle karşılaştırıldığında, göçmen işçiler, bedenen çalışma veya düşük vasıflı iş kollarında yoğunlaşmışlardır, geçici veya kayıt dışı istihdam ve düşük ücretler ile istihdam edilmektedirler, işte ayrımcılık; daha yüksek fiziksel talepler, uzun süreli çalışmalar, daha kötü çevresel çalışma koşulları ve özellikle ergonomik ve psikososyal tehlikeler gibi mesleki risklere daha fazla maruz kalma; cinsel ve etnik tacizlere maruziyetleri kabul edilemez boyutlardadır.

4. Bulgularımız, uluslararası göçmen işçiler arasında çalışma koşullarını ve İş Sağlığı ve Güvenliği sonuçlarını araştıran önceki incelemelerle uyumludur.

Çalışmaların içeriklerinde bazı eksikler tespit edilmiştir. Örneğin;

1. Birçok sorun vurgulanmış, ancak ya çözüm önerilmemiş ya da yetersiz çözümler önerilmiştir. İşyerindeki göçmen işçiler arasında işle ilgili yaralanmaların ve hastalıkların kanıta dayalı olarak önlenmesinin yanı sıra, sağlık politikası yapıcılarını daha iyi bilgilendirmek için çok yararlı olabilecek hiçbir müdahale ve öneri çalışması mevcut değildir.

2. Göçmen çalışan, işveren, kanun yapıcı ve uygulayıcıların ilişkilerini ve gelişmeleri uzun soluklu inceleyen, sonuçlarını karşılaştıran yararlı olabilecek hiçbir müdahale ve öneri çalışması mevcut değildir.

3. Göçmen işçiler arasında, İş Sağlığı ve Güvenliği çıktılarının bu denli olumsuz bir tablo oluşturmasında göç yolları ve göçmenlerin oynadığı potansiyel rol daha fazla çalışılmalıdır (belgelenip belgelenmemiş olması, sığınmacılar, geçici koruma altındakiler, uluslararası koruma altındakiler).

Çalışmamıza makalelerin yanı sıra, gri literatürü (örneğin konferans özetleri veya bildirimleri, tezler, kitaplar veya kitap bölümleri) de dahil ettik. Ancak, yayınlanan bazı belgeleri gözden kaçırmış olabiliriz. Çalışmalar arasında örneklem büyüklüğü ve farklılıkları, veri toplama yöntemleri ve hem çalışma koşullarını hem de İSG sonuçlarını değerlendirme yöntemleri açısından farklılıklar gözlenmiştir. Bu heterojeni, bulguları karşılaştırma ve birleştirme yeteneğimizi kısıtladı. Bu nedenle, sunulan sonuçlar sadeleştirme, özet ve mevcut bilgilerin seçimidir. Önceki incelemelerle ilgili olarak, bu makale aşağıdaki güçlü yönleri sahiptir:

- Gerçekleştirilmiş nicel, nitel ve karma çalışmaların güncel ve kapsamlı sonuçlarını sunar;
- Mülteciler ve sığınmacılar da dahil tüm göçmen işçilerle ilgilenir;
- Seçilen çalışmalar, kalkınmışlık ölçeğinde gelişmemiş, gelişmekte olan ve gelişmiş ulusları kapsar ve sanıldığı aksine, gelişmiş ülkelerin de ciddi İSG uygulama sorunları olduğunu gösterir.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu kapsam belirleme incelemesinin bulguları, göçmen işçiler arasındaki olumsuz İş Sağlığı ve Güvenliği sonuçlarının, müdahaleci yaklaşımla ele alındığından emin olmak için küresel iş birliğine güçlü bir şekilde ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Ayrıca, göçmen çalışanların sağlık hizmetlerine adil erişimi

için güçlü ve çok disiplinli bir çalışmanın yapılması gerektiğine inanıyoruz. Göç, daha fazla dikkat gerektiren, artan küresel sorunlar zincirinin önemli bir bölümünü temsil etmektedir. Bu nedenle, İş Sağlığı ve Güvenliği risklerini önlemeye yönelik tedbirler almak ve gelişmeleri izleyebilmek için somut ve kanıta dayalı bir uygulama yaklaşımı gerekecektir. İş sağlığı ve güvenliği açısından aşağıdaki kilit eylemlere ihtiyaç vardır:

1. Odaklanmış ve çok disiplinli risk değerlendirmeleri yoluyla, göçmen işçilerin refahının sağlanması ve işyerlerinde sağlık sorunlarının önlenmesi,

2. Mümkün olan azami ölçüde erişilebilir sağlık gözetimi, işe uygunluk, vaka yönetimi ve deneyimli, hesap verebilir ve motivasyonu yüksek bir işyeri hekimi tarafından gerçekleştirilen iş sağlığı teşviki ve geliştirilmesi yoluyla göçmen işçilerin sağlık ihtiyaçlarına somut ve zamanında çözümler getirilmesi,

3. Pratisyen hekimlerle daha işbirlikçi diyalog,

4. Genel olarak göçmen işçilerde ve özellikle kadın ev işçileri ve bakıcılar için işle ilgili olumsuz uygulamalar ve cinsel taciz için daha fazla sosyal koruma ve tazminat hakları,

5. Göçmen işçilerin İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili mevcut koruyucu önlemlere ilişkin mevzuat, işyerlerinde düzenli ve proaktif uygulanmalı, izlenmelidir,

6. Göçmen işçilere, özellikle düzensiz göçmen işçilere kamu iş sağlığı hizmetlerine ücretsiz erişim sağlanmalıdır.

7. Eşit işe eşit ücret ve angarya sorunları yakından takip edilmeli, uzun süreli çalışmalara karşı göçmen işçiler korunmalıdır.

Yukarıda önerilen en iyi uygulamaların, kurumsal sosyal sorumluluk ilkelerine göre ve göçmen nüfus için daha genel bir sosyal koruma ve sağlık sistemleri tasarımı çerçevesinde benimsenmesi; göçmen işçilerin etkili entegrasyonu, işçiler, işletmeler ve genel olarak toplum için faydaları vardır. Son olarak, gelecekteki araştırmalar; işgücü piyasası kurumları, cinsiyet, dil, göçmen akımları ve göçmen işçiler arasında İş Sağlığı ve Güvenliği çıktıları oluşturacak kurumlar olarak daha derin analizler yapılmasını amaçlamalıdır.

Tablo 2. Göçmen işçilerin iş sağlığı ve güvenliği kapsam incelemesinde yer alan çalışmaların temel özellikleri ve sonuçları (2007-2019) (The main features and results of the studies in the scope of occupational health and safety of immigrant workers (2007-2019))

NO	YAZAR	ÜLKE	TARİH	AMAÇ/HEDEF	YÖNTEM, ÖRNEK	ANAHTAR KELİMELER	GENEL SONUÇLAR-ÖNERİLER
1	Wyckoff ve ark	A.B.D.	2007	Mesleki yaralanma riskini azaltmak için gerekli eğitimlerin verilmesi, durum değerlendirilmesi ve süreklilik sağlanması.	Karma metot, Camp survey, Yarı Yapılandırılmış Görüşme, Anket, Haddon Matrisi. Odak Gruplar 5, Anket 29, Görüşme 45 kişi ile yapıldı.	Göçmen işçiler, katılımcı araştırma, müşterek araştırma, iş güvenliği, sağlık, topluluk değerlendirmesi	Yedi katılımcıdan beşi (%71) işe alım sürecinden çok memnun kaldı. Ölümlü iş kazası oranı yılda 100.000 işçi başına 22,7 ile tarım ABD'nin en tehlikeli endüstrileri arasındadır. Kuzey Carolina, Ohio ve Güney Carolina'daki tarım işçilerinin iş sağlığı ile ilgili araştırmalar, kamp anket yöntemlerine göre ortalama %8,4 yaralanma oranları tespit etti. Mevsimlik işgücü kabaca %45 İspanyol, %45 Yerli Amerikalı ve %10 Anglo veya beyazdır.
2	Shaghayegh Yousefi	Kanada	2007	Mevsimlik Meksikalı tarım işçileri çalıştırarak İngiliz Kolombiyalı çiftçilerin İş Sağlığı ve Güvenliği ve barınma sorunları.	Nitel kesitsel metot, Vaka çalışması 358 Anket 53 yarı yapılandırılmış görüşme, Karşılaştırmalı Analiz.	Geçici mevsimlik tarım işçileri, iş sağlığı ve güvenliği düzenlemeleri, barınma yönergeleri, British Columbia	Meksikalı tarım işçilerinin %80 konuta erişim sorunu var. Eğitimlerde %37,5 çalışan dil sorunu yaşıyor. Çalışanların %80'i hasat dönemi İSG uygulamalarının yapılmadığını söylüyor. Tarımda çalışan yabancı işçiler toplam işçilerin %77'si, bunların %75'i de Meksikalıdır. Yabancı tarım işçilerinin %53'ü yasal statü kazanamamıştır.
3	İngiltere izleme komisyonu	İngiltere	2007	İngiltere'deki göçmen işçilerin İSG koşullarının 2007 yılı için takibi.	Karma metot, Literatür Taraması, Odak grup görüşme, istatistiksel analiz	Göçmen işçiler, izleme, eğitim, iletişim, barınma, entegrasyon	Londra'da göçmenlerce kiralanılan konutların yüzde 10'u aşırı kalabalık ve bu hızla artıyor. Cornwall'da karavanlarda yaklaşık 3.000-4.000 yabancı işçi yaşıyor. Bu azınlık grubu konut, okul ve sağlık için 174 milyon sterlin bakiye toplanmıştır.
4	K. Lee ve ark.	Avustralya, Kore, Malezya, Singapur, Tayland	2011	Beş Asya ve Pasifik ülkesindeki (Avustralya, Kore Cumhuriyeti, Malezya, Singapur ve Tayland) göçmen işçiler için iş güvenliğinin iyileştirilmesi konusundaki artan endişeye yanıt olarak İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) koşullarını incelemektedir	Nitel meto7, literatür taraması.	Göçmen işçiler, iş sağlığı ve güvenliği, Asya	Göçmen işçiler arasındaki mesleki yaralanmalar; makine kaynaklı kazalar %29, düşen nesnelere %24, göze batma %22, vücuda bir şey batması ve kesik %15 ve yükseklikten düşmek %7'den kaynaklanmıştır. 2018 yılına kadar mesleki ölüm oranını 100.000 işçi başına 1,8'e düşürme hedeflenmiştir. Ölüm oranı 2009 yılında 0,1 artarak istihdam edilen 100.000 kişi başına 2,9 iş kazası ölümüne ulaşmıştır ancak 2010 yılında 2,2'ye çekilmiştir.
5	Qiujie Zhang	Çin	2012	Bireysel faktörlerin, mesleki eğitim ve çalışmanın göçmen işçilerin mesleki yaralanmaları üzerindeki etkisini belirlemek	Nitel Kesitsel metot, Kolay ulaşılabilir örneklem, Anket, Lojistik Regresyon analizi, Stata 10 560 anket Guangzhou'dan 241, Pekin'den 194, Wuxi'den 125.	İş kazası, Göçmen işçiler, Mesleki eğitim, İş sözleşmesi	Göçmen işçilerin iş sağlığı kaçınılmaz bir sosyal sorun haline gelmiştir, çalışmalar göçmen işçiler arasında iş sağlığı durumunun kötü olduğunu ortaya koymuştur. Kömür madenlerinde her yıl 6.000'den fazla insan ölmektedir. Katılımcıların %53,7'si zehirli toz, gürültü veya nemli ortamlarda çalışmaktadır, %11,3'ü eğilme, yürüme ve merdiven çıkmada zorluk çekiyorlar. Göçmen işçilerin %36,5'inin haftada bir günden az dinlendiği, %45,2'si günde 8 saatten fazla çalıştığı görüldü. Katılımcıların %41,7'sinin iş sözleşmesi imzalamadığını ve iş sözleşmesi imzalama ihtiyacının farkında olmadığı anlaşıldı. Göçmen işçilerin %12,5'i iş sözleşmesi imzaladı.

Tablo 2. Devam (Continue)

6	Arcury ve ark.	A.B.D.	2013	Tarım, ormancılık ve balıkçılık sektörlerinde mesleki maruziyetleri, veri sınırlamalarını, göçmen işçilerin özelliklerini, göçmen işçilere yönelik endişe nedenlerini, incelemek	Nitel Kesitsel metot, çalışma konferansı, literatür tarama	Göçmen işçiler, tarım, ormancılık, balıkçılık, sağlık sorunları, azınlık sağlığı	ABD'nin güneydoğusundaki 123.122 çiftlikten 14.195 çiftlik sözleşmeli göçmen işçi istihdam ettiğini bildirdi. Göçmen işçilerin %35'i hiç İngilizce bilmemektedir. Çiftlik işçilerinin dörtte birinin aile gelirleri yoksulluk sınırının altında. Çocuk işçiliği, özellikle tarım için önemli bir husustur. Mevcut düzenlemeler 12 yaşından küçük çocukların (ebeveynlik izni ile 10 yaş) resmi olarak tarımda istihdam edilmesine izin vermektedir. Yaralanma ve hastalık insidans oranı 4,9'dur. Tarım, balıkçılık ve ormancılık Sektörü yıllık istihdamın %1'inden daha azını oluştursa da mesleki ölümlerin %13'ü bu Sektörlerde yaşanmaktadır.
7	Svensson ve ark	Genel	2013	Kapsamlı bir literatür taraması yaparak tarımdaki göçmen işçilere ilişkin mevcut bilgileri derlemeyi amaçlamaktadır	Nitel Uzunlamasına metot, Literatür Tarama, Hakemli Dergiler İnceleme, 390 çalışma	Göç, tarım, göçmen işçi sağlığı, insan hakları ve göç, Tarım ilacı, mesleki yaralanmalar, göçmen Tarım işçileri.	Göçmen çiftçilerin işgücü, sağlık, psikososyal ve ücret koşulları ile ilgili araştırma eksikliğine dikkat çekildi. Göçmen tarım işçilerinin karşılaştığı sorunların çok boyutlu olduğu ve göçmen işçi sorunlarının ele alınması için hem politika geliştirmeye hem de daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu saptandı.
8	Srinivasan S. ve Ilango P.	Hindistan, Tamil Nadu	2013	Tamil Karur bölgesinde Thogamalai maden ocaklarında çalışan göçmen kadın işçilerin İş Sağlığı ve Güvenliği sorunları.	Nitel Kesitsel metot, Vaka çalışması, Basit tesadüfi Örneklem, 200 kadın göçmen işçi ile Yarı yapılandırılmış görüşme, literatür taraması, SPSS	Meslek, Sağlık, Göç, Kadın göçmen çalışan, Taciz.	Katılımcıların çoğunluğu (%56) her türlü cilt hastalığından etkilenmiş gibi görünmektedir. Ankete katılanların yüzde otuz dördü güneş çarpmasından etkilenmiş ve yüzde 10'unun ağrıları vardı. Taşocaklarında katılımcıların çoğu ısı stresi (%99), gürültü (%99) ve tozla ilgili sorunlar (%96), stres (%87), titreşim (%86), havalandırma problemi (63 %) ve solunum problemi (%62) yaşıyordu. Katılımcıların (%69) çoğu işyerlerinde fiziksel taciz olduğunu söylüyor. (%66) titreşim sorunu, (%15) stres ve (%19) uykusuzluk sorunu yaşıyor.
9	A. E. Akalın	Türkiye	2014	Türkiye'ye Eski Sovyet Bloğu ülkelerinden ev işçiliği iş kolunda çalışmak için göç etmiş kadınların içerisinde yer aldıkları sosyal, siyasal, kültürel ve ekonomik koşulların ortaya çıkarılması, göçmen ev işçilerinin yaşadıkları süreçleri incelemek.	Nitel Kesitsel metot, Kartopu örnekleme, 48 çalışan ile Yarı yapılandırılmış görüşme, 10 işveren ile yapılandırılmış görüşme, sosyal ağ analizi, Excel	Uluslararası Göç, Göçün Kadınlaşması, Ev İşçiliği, Göçmen Ev İşçiliği, Ulus-Ötesi Sosyal Ağlar	Göç ve ev işçiliğine ilişkin problemlerin çözüm yolları için göçmen ev işçisi kadınlar tarafından biçimlendirilen ulus ötesi ağların ulusal ve uluslararası formel destek mekanizmalarına gereksinim vardır. Bu mekanizmaların oluşturulabilmesi için göç veren ve alan ülke ve bölgeler arasında göçmenlerin ve göçmen işçilerin haklarını korumaya yönelik ikili antlaşmaların yapılması ve bu antlaşmaların insan hakları temelindeki içeriklerinin ulusal düzenlemeler aracılığıyla uygulanması gereklidir. Mülteciler ve insan ticareti kurbanları ile ilişkili olarak devletlerin ve uluslararası örgütlerin, uluslararası insan hakları yasalarını temel alarak sürdürülebilir çözümler üretmek için birleşmelerinin gerekliliği belirtilmelidir.
10	M. Akram	Hindistan, Western Uttar Pradesh	2014	Göçmen inşaat işçilerinin yaşam ve çalışma alanlarını keşfetmek, yaralanmaları ve hastalıkları etkileyen sebepleri incelemek, tedavi ve sağlık hizmeti modelini bulmak, ekonomik yükü ve tüm politika sonuçlarını ele almak.	Nitel kesitsel metot, Küme Örnekleme, 149 erkek, 151 kadın ile yapılan Yarı Yapılandırılmış görüşme, Etnografik Gözlem	Göçmen inşaat işçileri, meslek hastalığı, halk sağlığı, sağlıksızlık	Çalışanların %84'ü bambu kulübelerde yaşıyor, yarıdan fazlası katı besin alamıyor, %80'i kuyu suyu içiyor, çalışanların %35'i son bir yılda en az bir kaza geçirmiştir, kazalarda el, kol kırılma oranı%5. kadınların %85'i, erkeklerin %55'i öksürük, mide ağrısı, solunum zorluğu gibi hastalıklar yaşamaktadırlar. 300 kişiden yedisi (yüzde 2,3) tüberküloz geçirmiştir.

Tablo 2. Devam (Continue)

11	L. O. Apondi	Finlandiya	2015	Göçmen işçilerin Finlandiya'daki iş sağlığı hizmetleri beklentilerini ve deneyimlerini ortaya koymak	Nitel kesitsel metot, Kartopu örnekleme, Amaçlı Örneklem, 12 Yarı yapılandırılmış Yüz Yüze Görüşme, Tematik İçerik Analizi	Sağlık sektörü, göçmen işçi, mülteci, sağlık, sağlık hizmetleri,	Göçmen işçilerin İş Sağlığı ve Güvenliği hizmetlerine erişiminde karşılaştıkları zorluklar baş edilmeye ve çok yönlüdür. Sağlık hizmetlerinin göçmen nüfusa erişimini arttırmaya yönelik çabalar, göçmen işçilerin refahını da artıracaktır, bu hedefe ulaşmak için, mevcut entegrasyon programlarının geliştirilmesi gereklidir. Ortak dilin rolü asla inkâr edilemez. Göçmen nüfusun dil becerileri ile donatılması bilgiye ulaşmalarını kolaylaştırır ve İSG hizmetlerine erişilebilirliği artırır.
12	İ. İ. Salih	İngiltere	2015	Sosyoekonomik ve politik boyutu ile işçilerin işgücü piyasasında kırılganlıklarına neden olan kişisel faktörleri göz ardı etmeden, hukukun ve yasal kurumların göçmen işçilerin sorunlarına bakışı ve tutumuna odaklanmayı amaçlamaktadır	Nitel kesitsel metot, Etnografik Fenomenoloji, Kartopu örnekleme, 30 işveren, 7 ev çalışanı kadın ve 1 erkek çalışanla Yarı Yapılandırılmış Görüşme, içerik analizi yöntemi, Nvivo 10	Göçmen ev işçileri, mülteci, İSG, kırılgan gruplar, iş hukuku,	Bazı işverenler, ev işçilerinin kırılganlıklarından yararlanmaktadır, çünkü yasalar buna izin vermektedir. İşverenler, ev işçilerinin sağlık ve güvenliği konusunda endişelenmek zorunda değildir, çünkü hane halkları sağlık ve güvenlik yasasından muafıdır. Ayrıca, iş kanunu, işverenlerin ev işçilerine sürekli olarak asgari ücrete göre ödeme yapmalarına izin veriyor.
13	A. Bener	Katar	2017	Katar'da yaşayan Hint göçmen işçilerin sağlık durumlarını, yaşam koşullarını, çalışma ile ilgili sorunları, kazaları ve sağlık tesislerine erişimini tespit etmektedir.	Nicel kesitsel metot, basit tesadüfi örnekleme, 1186 Anket, SPSS, Çoklu Regresyon Analizi	Sağlık hizmetlerine erişim; sağlık durumu, yaşam tarzı, göçmen işçiler, güvenlik	Katar'daki tüm göçmen işçilerin %80'inden fazlası göçmendir, Güney Asya ülkelerinden 1,5 milyondan fazla göçmen işçi mevcuttur. 45 C° üstü sıcakta 10-12 saat çalışmaktalar. Sırt ağrısı (%28), bulanık görme (%23), baş ağrısı (%25), kalp hastalığı (%23) ve solunum yolu (%12), yorgunluk (%17), depresyon (%17), hipertansiyon (%17), gibi sağlık sorunları yaşamaktadırlar. En yaygın iş kazası, düşme (%19), kayma (%9) ve makine kazalarıdır (%7). Yaklaşık %80'inin sağlık sigortası yoktur.
14	M. A. Busque ve ark.	Kanada	2017	Göçmen işgücüne genel bir bakış sunmak, göçmenlerin çalışma koşullarını ve İSG risklerini belgeleyen anketlerden elde edilen veri tabanları endeksi geliştirmek.	Nicel Uzunlamasına metot, Literatür tarama	İş Göçmen, Sağlık	Literatürün gözden geçirilmesi, 2000-2003 yılları arasında yapılan çalışmaların çoğunun, işçilerin özelliklerini tanımladığını ve bazılarının da işyeri özellikleri ve göçmenlerin genel sağlık durumu ile ilgili olduğunu göstermektedir. Literatür analizi, işyerlerinde önleme faaliyetlerini yönlendirmeye yardımcı olabilecek belirli anahtar değişkenlerin (İkamet süresi, göçmen statüsü, meslek, ekonomik faaliyet sektörü, eğitim ile ilgili faktörler ve işgücüne entegrasyon) belirlenmesini sağlamıştır.
15	A. R. Torre ve ark.	Endonezya	2017	Asya ekonomik entegrasyonu kapsamında kadın göçmen işçilerin durumunu, kapsayıcı ve kalkınma vizyonuyla daha iyi anlamayı amaçlamaktadır.	Karma metot, Vaka Çalışması, Amaçlı örnekleme, 85 derinlemesine görüşme. 640 Anket. Cinsiyet Analizi, STATA	Kadın göçmen işçi, Asya, istihdam, eşit ücret, İSG	Göçmen kadın işçiler, bölgedeki 14 milyonluk toplam göçmen işçinin (%48)'ini oluşturmaktadır, %35'ine cinsel taciz uygulanmıştır, maaşları aynı işi yapan yerli kadınların yarısı kadardır
16	Mankui Li	Çin	2017	Çin'de gelişen iş sağlığı ve güvenliği (İSG) rejimleri altında göçmen işçilerin korunması konusundaki araştırmaları raporlamak.	Nitel Uzunlamasına metot, Literatür taraması	Göçmen işçiler, korunma, İSG rejimleri, katılım hakları, sosyal haklar.	Göçmen işçilerin %38'i yazılı iş sözleşmesi yapmıştır, %46'sı kömür madenciliği sektöründe meydana gelen 12.554 ölüm oranı var, kırsal ve yabancı göçmen işçi sayısı 274 milyondur, kirli, tehlikeli ve alçaltıcı işlerde çalışmaktadırlar.

Tablo 2. Devam (Continue)

17	B. Yanar ve ark.	Kanada	2018	Göçmen işçilerin, tehlikelere maruz kalma ve işyerinde güvenli çalışmaya erişim, İSG, işçi hakları bilinci, mültecilerin İSG kırılma neden olan faktörler araştırılmıştır.	Nitel kesitsel metot, Basit tesadüfi örnekleme, 18 Odak grubu, 110 görüşme, tematik içerik analizi, NVivo	İş sağlığı ve güvenliği kırılma, göçmen, iş, nitel	Göçmen işçilerin %25'i ekonomik, %35'i mülteci statüsündedir. Güvenlik risklerinin farkında olmadan çalışmaya başladılar, çoğunun birden fazla güvenlik açığı biçimi yaşadığı görülmektedir
18	L. Cedillo ve ark.	Kanada	2019	Göçmen çalışanların İSG ile ilgili deneyimlerinin anlaşılmasına katkıda bulunmakta ve üç ana kısıtlamanın önemini vurgulamaktadır: işverenlere bağımlılık ile ilişkili zorluklar; iş sözleşmelerinin gerçek çalışma koşulları ile arasındaki farklar ve bu sözleşmeleri uygulamak ve Kanada'daki göçmen işçilerin entegrasyon seviyelerini yükseltmek.	Nitel kesitsel metot, Saha çalışması, Basit tesadüfi örnekleme, 99 yarı yapılandırılmış görüşme, NVivo	İş sağlığı ve güvenliği, geçici yabancı işçiler, düzenlenmesi, Kanada, göç	Geçici işgücü göçü, küresel olarak tüm göç hareketlerinin yaklaşık %65'ini oluşturmaktadır. Otel işçilerinin hizmet sektöründeki diğer mesleklerden %40 daha fazla yaralanmalı kaza geçirdikleri görülmektedir. İnşaat sektörü, dünyadaki en büyük ve en tehlikeli sanayi sektörlerinden biridir. İşverene bağımlılık, güvenlik açığını artırır ve çalışanın gücünü azaltır.
19	E. Wadsworth ve David Walters	Genel	2019	Göçmen işçiler dahil olmak üzere, kuruluşundan bugüne ILO'nun (Uluslararası Çalışma Örgütü) İş Sağlığı ve Güvenliği uygulamalarına yüz yıllık bakış.	Nitel uzunlamasına metot, Literatür Taraması, yorum analizi	İSG, ILO, iş kazaları, meslek hastalıkları, afetler, katstrofik iş kazaları.	Dünya genelinde her gün işçilerin %5-7'si (1.000 kişi iş kazalarında, 6500 kişi meslek hastalıklarından) güvensiz ve sağlıksız çalışma koşulları nedeniyle ölüyor. Tahminler, dolaşım sistemi hastalıklarının (yüzde 31), işle ilgili kanserlerin (yüzde 26) ve solunum hastalıklarının (yüzde 17) toplam işle ilgili mortalitenin neredeyse dörtte üçüne katkıda bulunduğunu göstermektedir. Hastalıklar, ölümlerle sonuçlanan iş kazalarına kıyasla (ölümlerin yüzde 13,7'sini oluşturan) işle ilgili ölümlerin (2,4 milyon ölüm %86,3) büyük çoğunluğunun nedenidir.
20	C. S. Caxaj ve A. Cohen	Kanada	2019	Göçmen tarım işçilerinin iş sağlığı ve güvenliği konusundaki öznel deneyimlerini açığa çıkarma ve genel idari sorunlarını saptama.	Nitel kesitsel metot, anlatı yaklaşımı, 127 odak grup görüşmesi, naratif analiz	Geçici göçmen tarım işçileri; mülteci, mevsimlik tarımsal işçi programı; iş sağlığı ve güvenliği, geçici yabancı işçi programı, baskı, Kanada	İşçilerin %44'ü işini kaybetmemek için hasta iken de çalışıyor, çalışanların büyük bir kesimi zengin olmak ve ölmeden ülkelerine dönmek istiyor. İşçilerin sağlıklı, tehlikesiz bir işyerinde çalışma hakkı, bunu sınırlayan ve zayıflatan politik ve ekonomik düzenleyiciler tarafından hesaba katılmalıdır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BİLDİRİMİ (CONFLICT OF INTEREST)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] International Labour Organization (ILO), “Global Estimates on International Migrant Workers—Results and Methodology,” *ilo.org* 05 December 2018. [online]. Available: https://www.ilo.org/global/publications/books/WCM_S_652001/lang--en/index.htm [Accessed: 08 Jan. 2020].
- [2] WHO Regional Office for Europe, “Report on the Health of Refugees and Migrants in the WHO European Region: no public health without refugee and migrant health,” 2018, [online]. Available: https://www.inmp.it/pubblicazioni/WHO-INMP_Health_Refugees_Summary.pdf [Accessed: 28 December 2019].
- [3] International Labour Organization (ILO), “In search of decent work. Migrant workers’ rights: A manual for trade unionists,” *ilo.org*, 01 Jan 2008, [online]. Available: https://www.ilo.org/actrav/info/pubs/WCMS_115035/lang--en/index.htm [Accessed: 08.Jan. 2020].
- [4] İçişleri Bakanlığı, Göç İdaresi Genel Müdürlüğü. “İstatistikler”. Erişim:14.02.2020. <https://www.goc.gov.tr/>.
- [5] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). “Konularına göre istatistikler, nüfus ve demografi, istatistiksel tablolar ve dinamik sorgulama”. Erişim: 14.02.2020. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do>.
- [6] L. A Wyckoff, G. E. Richardson, B.I. Santiago, “Identifying the Occupational Health Needs of Migrant Workers,” *Journal of Community Practice*, vol. 15, no.3, pp. 57-76, October, 2007, doi: 10.1300/J125v15n03_04.
- [7] S. Yousefi, “Improving health, safety and housing conditions of Mexican workers in BC: A farmer’s perspective,” Master Thesis, Simon Fraser University, British Columbia, Canada, 2007.
- [8] Audit Commission U.K, “ Crossing borders: Responding to the local challenges of migrant workers,” www.auditcommission.gov.uk, January 2007. Available: https://dera.ioe.ac.uk/6380/7/CrossingBorders_Redacted.pdf. [Accessed: February 9, 2020].
- [9] K. Lee, C. Mc Guinness, T. Kawakami, “Research on occupational safety and health for migrant workers in five Asia and the Pacific countries: Australia, Republic of Korea, Malaysia, Singapore and Thailand” U.S.A., ILO, 2011.
- [10] Q. Zhang, “Occupational Injury Occurrence and Related Risk Factors among Chinese Migrant Workers,” *Procedia Engineering*, vol. 43, pp.76-81, December, 2012, doi:10.1016/j.proeng.2012.08.014.
- [11] T. A. Arcury, J. G. Grzywacz, J. Sidebottom, M. F. Wiggins, “Overview of Immigrant Worker Occupational Health and Safety for the Agriculture, Forestry, and Fishing (AgFF) Sector in the South Eastern United States,” *American Journal of Industrial Medicine*, vol. 56, no. 8, pp. 911-24, August, 2013, doi: 10.1002/ajim.22173.
- [12] M. Svensson, R. UrinbojevSvensson, A. Svensson, P. Lundqvist, “Migrant Agricultural Workers and Their Socio-Economic, Occupational and Health Conditions,” A Literature Review. *SSRN Electronic Journal*, July, 2013, doi: 10.2139/ssrn.2297559.
- [13] S. Vasani, I. Ponnuswami, A. Sahay, “Occupational Health Problems of Women Migrant Workers In Thogamalai, Karur District, Tamil Nadu, India,” *SSRN Electronic Journal*, vol.2, no.2, pp. 1-7, February, 2013, doi: 10.2139/ssrn.2389346.
- [14] A. E. Akalın, “Türkiye’de Ev Hizmetlerinde Çalışan Göçmen Kadınların Toplumsal ve İktisadi Varoluş Stratejileri Üzerine Sosyolojik Bir Analiz.” Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2014.
- [15] M. Akram, “Occupational Disease and Public Health Concerns of Migrant Construction Workers: A Social Epidemiological Study in Western Uttar Pradesh,” *Social Change*, vol. 44, no. 1, pp. 97-117, February 2014, doi: <https://doi.org/10.1177/0049085713514828>.
- [16] L. Apondi, “Migrant Workers’ Perceptions, Expectations and Experiences of Occupational Health Services In Finland,” Master Thesis, Tampere University Tampere, Finland, 2015.
- [17] I. I. Salih, “The plights of migrant domestic workers in the UK: a legal perspective,” PhD Thesis, Middlesex University. London, U. K., 2016
- [18] A. Bener, “Health Status and Working Condition of Migrant Workers: Major Public Health Problems,” *International Journal of Preventive Medicine*, vol. 8,

September, 2017, doi:
10.4103/ijpvm.IJPVM_396_16.

[19] P. Prud'homme, M. A. Busque, P. Duguay, D. Côté, "Immigrant Workers and OHS in Québec: State of Knowledge from Published Statistical Surveys and Available Data Sources," *Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail*, January 2017, ISSN : 0820-8395.

[20] The ASEAN Secretariat Jakarta, "Women Migrant Workers in the Asian Economic Community," Thailand, U.N. Women, April 2017

[21] M. Li, "Protection for Migrant Workers under Evolving Occupational Health and Safety Regimes in China," *Industrial Relations*, vol. 72, no. 1, pp.56-75, April, 2017, doi:10.7202/1039590ar.

[22] B. Yanar, A. Kosny, P. M. Smith, "Occupational Health and Safety Vulnerability of Recent Immigrants and Refugees," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 15, issue:9, September 2018, Doi: 10.3390/ijerph15092004.

[23] Codillo, Leonor; Lippel, Katherine; Nakache, Delphine. "Factors Influencing the Health and Safety of Temporary Foreign Workers in Skilled and Low-Skilled Occupations in Canada," *New Solutions: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, vol. 29, no. 3, pp. 422-458, August, 2019, doi:10.1177/1048291119867757.

[24] ILO, "Safety and Health at the heart of the Future of Work: Building on 100 years of experience," *ilo.org*. April 15 2019. [Online]. Available: https://www.ilo.org/safework/events/safeday/WCMS_686645/lang--en/index.htm. [Accessed: Feb. 04, 2020]

[25] C.S. Caxaj, A. Cohen, "I Will Not Leave My Body Here": Migrant Farmworkers' Health and Safety Amidst a Climate of Coercion," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 16, no. 15, pp. 1-14, July, 2019, doi: 10.3390/ijerph16152643.

Cengiz AKYILDIZ

1982-1983 dönemi Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü, 2015 Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans bölümünü bitirmiş, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü Doktora öğrencisidir.

İsmail EKMEKÇİ

1980 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi (İDMMA) Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2003-2006 yılları arasında Sakarya Üniversitesi'nde Profesör olarak; 2006-2011 yılları arasında Marmara Üniversitesinde Prof. Dr. olarak görev yapmıştır. 2011 yılından bu yana da İstanbul Ticaret Üniversitesinde Prof. olarak çalışmaktadır. 2009-2010 yılları arasında Kırklareli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde Dekanlık görevi; 2010-2011 tarihleri arasında Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Müdürlüğü; 2013-2014 yılları arasında İstanbul Ticaret Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dekanlık, 2017-2018 yıllarında İstanbul Ticaret Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanlık görevinde bulunmuştur. İş Güvenliği, Isı Tekniği, Enerji, Optimizasyon ve Sayısal Metotlar konularında çalışmaktadır.

Hüseyin BAŞLIGİL

İstanbul Üniversitesi Fizik Lisans (1970), İTÜ Kimya Mühendisliği (1978) mezunu. Doktorasını İstanbul Üniversitesinde yaptı. 1974- 2016 arasında Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde çalıştı. Yöneylem Araştırması Anabilim Dalı Başkanlığı ve Bölüm Başkanlığı yaptı. 2017'den beri Esenyurt Üniversitesi Endüstri Bölümünde çalışıyor.

Investigation of Soil Dynamic Behavior by Using Equivalental Linear Analysis Method: Example of Aksaray Doğantarla

Atila DEMİRÖZ^{*a}, Raziye BOZKURT^b

^{a,*} Konya Technical University Civil Engineering Department, 42000, KONYA, TURKEY

^b Konya Technical University Civil Engineering, Department, 42000, KONYA, TURKEY

ARTICLE INFO

Received: 15.04.2020
Accepted: 17.07.2020

Keywords:

Aksaray, Earthquake,
Soil Dynamic
Behavior Analysis,
Equivalent Analysis

*Corresponding

Authors

e-mail:

ademiroz@ktun.edu.tr

ABSTRACT

Earthquake is a natural disaster type that deeply affects life. Although it differs according to the geotechnical properties of the ground, it can cause serious loss of life and property in some cases depending on the intensity of the earthquake. The vibration waves that occur with sudden breaks in the earth's crust create an earthquake. The fact that the earthquake time and severity are not known in advance, the stratified and unknown structure of the ground makes the situation more complicated. For this reason, it is necessary to determine the earthquake properties correctly and take necessary measures in advance. Therefore, it is deemed appropriate to determine the dynamic behavior of the soil in case of an earthquake, by determining it with field and laboratory studies and making the necessary analyzes. For this purpose, many software programs have been developed. In the developed software programs, the required data can be entered into the system and the dynamic behavior of the ground can be analyzed seismically. In the light of this information, for the study of Aksaray Doğantarla, Turkey Building Seismic Code also suggested the equivalent dynamic behavior of the soil using linear analysis methods were investigated. Using the soundings and seismic studies in the region, the possible behavior of the soil at the time of the earthquake was interpreted.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.08>

Eşdeğer Doğrusal Analiz Yöntemi Kullanılarak Zemin Dinamik Davranışının İncelenmesi: Aksaray Doğantarla Örneği

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 15.04.2020
Kabul: 17.07.2020

Anahtar Kelimeler:

Aksaray, Deprem,
Zeminin Dinamik
Davranışı, Eşdeğer
Doğrusal Analiz

*Sorumlu Yazar:

e-posta:

ademiroz@ktun.edu.tr

ÖZ

Deprem canlı yaşamını derinden etkileyen doğal bir afet türüdür. Zeminin geoteknik özelliklerine göre farklılık göstermekle birlikte, bazı durumlarda deprem şiddetine bağlı olarak, ciddi can ve mal kayıplarına neden olabilmektedir. Yer kabuğunda oluşan ani kırılmalar ile ortaya çıkan titreşim dalgaları depremi meydana getirmektedir. Deprem zamanının ve şiddetinin önceden bilinmemesi, zeminin tabakalı ve bilinmez yapısı, durumu daha karmaşık bir hale getirmektedir. Bu nedenle de zemin deprem özelliklerinin doğru tayin edilmesi ve gerekli tedbirlerin önceden alınması gerekir. Dolayısı ile ilgili zeminin herhangi bir deprem anında nasıl bir dinamik davranış sergileyeceği, arazi ve laboratuvar çalışmaları ile tahmin edilerek, gerekli analizlerin yapılması gerekmektedir. Bu amaçla birçok bilgisayar programı da geliştirilmiştir. Geliştirilen bilgisayar programlarında gerekli veriler programa girilerek zeminin dinamik davranışı sismik olarak irdelenebilmektedir. Bu bilgiler ışığında, bu çalışma da Aksaray ili Doğantarla bölgesi için, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde önerilen, eşdeğer doğrusal analiz yöntemi kullanılarak bölge zemininin dinamik davranışı incelenmiştir. Bölgede yapılan sondajlar ve sismik çalışmalar kullanılarak, zeminin deprem anındaki olası davranışı yorumlanmıştır.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2020.02.08>

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

The behavior of the earth under earthquake effect is of great importance in terms of life and property safety. For this reason, the ground should be subjected to necessary field and laboratory experiments and an idea should be obtained about behavior. Otherwise, loss of life and property may occur. Turkey Earthquake Building Regulations [1] based on dynamic analysis should be done on the ground against the effects of earthquakes. Shear wave velocity (V_s) is the most important parameter for dynamic analysis.

Earthquake effect is evaluated by using the data obtained from the analysis. Therefore, in this study, the parameters obtained using Doğantarla region, drilling data and seismic study results within Aksaray province boundaries were analyzed by equivalent linear analysis method. Seismicity of the region was interpreted with results. DeepSoil program was used to make equivalent linear analysis. Acceleration-time plots obtained in the analyzed were evaluated.



Figure 1. Satellite view of the investigation area (İnceleme alanının uydu görünümü)

2. GENERAL FEATURES OF THE EXAMINATION AREA (İNCELEME ALANININ GENEL ÖZELLİKLERİ)

It is located in the Middle Kızılırmak section of the Central Anatolia region of Aksaray province, southeast of Tuz Lake. It consists of the volcanic mountains and plateaus and plains formed by lava coming from the mountains. Aksaray province and Doğantarla region covers an area of approximately 530.18 hectares. The region was established on a rocky and hill terrain. The region is surrounded by agricultural land and the area has a sloping structure towards the east.



Figure 2. Location map of the study area and representation of sounding locations (İnceleme alanının yer bulduru haritası ve sondaj yerlerinin gösterimi)

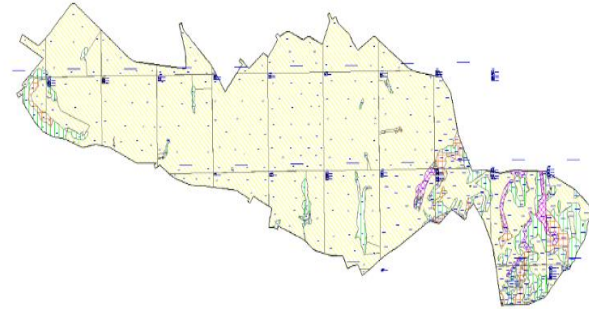


Figure 3. Investigation area scaled map (İnceleme alanı ölçeksiz haritası)

2.1. General Geology of The Investigation Area (İnceleme Alanının Genel Jeolojisi)

Many studies have been carried out in Aksaray province in order to determine the geological features. The ground profile maps were prepared by interpreting the data obtained from the studies.

The units on the maps are from old to young, light gray and white colored Bozçaldağ Formation (Pb), Mezas Formation (Tm) containing Mamasın Ophiolitic (Ko), conglomerate, red sandstone and fine claystone, green volcanic origin. Uzun kaya Formation consisting of sandstone and claystone, Melendiz Volcanites (Tmv), Selime Tuffs (Ts), gray-colored

Kızılkaya Ignimbrite (Tk), Demonstrated Volcanics, hard and homogeneous Sarımadentepe Member (Tmüsa), İnsuyu Formation (Tmi) seen around Tuz Lake, Travertine (Qtr) can be listed as Alluvium (Qal). The fault structure in the region is in NW-SE and NE-SW direction.

Geotechnical Field Studies (*Geoteknik Arazi Çalışmaları*)

A total of 30 basic wells were drilled in the study area at depths of 7.5 m, 10 m and [2]. As a result of the studies, it was aimed to determine the geology, engineering properties, groundwater condition and geotechnical parameters of the study area. In addition, 10 Seismic Refractions were carried out in the study area, which gave the dynamic-elastic engineering parameters of the ground, layer thicknesses, ground classes, ground vibration periods and ground magnifications. There is no landslide danger in the region.

Laboratory Experiments for Geotechnical Purposes (*Geoteknik Amaçlı Laboratuvar Deneyleri*)

Physical Properties of the Ground (*Zeminin Fiziksel Özellikleri*)

A large part of the study area consists of rocky ground. There is silty sandy ground on a rocky ground only in one part of the study area. UD sample was taken from this ground. However, it does not have a significant effect since it is a very thin layer during construction.

Mechanical Properties of Soil (*Zeminin Mekanik Özellikleri*)

Since most of the ground consists of rock layers, no study has been done to determine mechanical properties of the soils.

Permeability (*Permeabilite*)

Depending on the nature of the ground, the condition of holding groundwater differs. The ability of a fluid to pass through a void environment is called permeability. The movement of the fluid in the soil depends on the pore structure of the soil. Since the basic unit of the study area consists of tuff-borne rocks, permeability has been investigated.

Rock Mechanics Experiments (*Kaya Mekaniği Deneyleri*)

The point loading strength index (I_s) was determined from the results of the point loading test performed on 49 core samples of 30 drillings performed in the study area in order to classify according to the rock resistance.

There is a correlation between I_s and point loading compression strength as $\sigma_c = C \cdot I_s$. As a result of the studies the I_s values of rock soils representing tuffs vary between 2.09 kg/cm² and 38.5 kg/cm². TCR and RQD values of core samples were calculated.

TCR= (Total length of core pieces in the federate)×100/Feed length

RQD= (Core length of 10 cm and larger in advance)×100/Feed length

TCR: Total Core Yield

RQD: Rock Quality Indicator

In the relevant region, rock soil; The RQD value ranges from 0 to 23.33% and TCR values range from 12.12 to 94.00%.

Geophysical Studies (*Jeofizik Çalışmalar*)

In the scope of Geological-Geophysical-Geotechnical studies in the Doğanlarla region, seismic refraction studies were carried out in order to determine the dynamic-elastic engineering parameters of the soil, layer thicknesses and ground classes according to earthquake regulations. 10 seismic refraction results were obtained. In seismic refraction, the aim is to naturally define the elastic parameters of the ground between the layer by artificially shaking the ground. The longitudinal (P) waves transmitted through the layers are small amplitude and high frequency and fast propagating waves. Transverse (S) waves are large amplitude and low frequency waves propagating at low speeds. Parameters such as the density of the environment, water content and the degree of cementing are factors affecting the wave velocity. As a result of seismic studies, stratification, dynamic-elastic engineering properties, ground classes, vibration periods, shear wave velocities, ground magnifications and discontinuities can be determined. P and S wave velocities were measured in 10 profiles. Approximate inspection depth is 20 m. The figure below is an image of profiles.



Figure 4. Satellite image of seismic studies (*Yapılan sismik çalışmaların uydru görüntüsü*)

Table 1. V_p , V_s and $V_{s,30}$ values of the study area (*İnceleme alanının V_p , V_s ve $V_{s,30}$ hız değerleri*)

Size Number	Layer Number	V_p	V_s	$V_{s,30}$
Sis K-1	1	383	193	748
	2	1614	1080	
Sis K-2	1	378	259	657
	2	1607	832	
Sis K-3	1	341	202	701
	2	1899	979	
Sis K-4	1	322	197	708
	2	1705	1042	
Sis K-5	1	524	268	900
	2	2228	1220	
Sis K-6	1	537	251	587
	2	1154	728	
Sis K-7	1	318	157	631
	2	1660	915	
Sis K-8	1	342	256	725
	2	1775	901	
Sis K-9	1	520	250	860
	2	1865	1269	
Sis K-10	1	445	259	833
	2	1772	1119	

Classification of Soil Types (*Zemin Türlerinin Sınıflandırılması*)

As a result of the studies carried out in the study area, the units located across the ground are SC and GC group silty sands and silty pebbles. The soil group B for the ground units located is the local soil class Z2. Separated tuffs with fractured cracks were observed in the study area. It has a massive appearance and is decomposed near the surface. The tuffs found constitute the engineering zones and ground profile.

Dynamic-Elastic Parameters of Soil (*Zeminin Dinamik-Elastik Parametreleri*)

The parameters that control the volume and unit change of the soil are called dynamic-elastic parameters. Dynamic-elastic parameters are the parameters that most affect the deformations of rocks and soils. These parameters controlling the elastic properties of the medium can be listed as follows; density (ρ), maximum shear modulus (G_{max}), dynamic elasticity modulus (E_d), bulk modulus (K) and poisson ratio (ν) [3].

$$G_{max} = 325N_{60}^{0.68} \quad (1)$$

G_{max} : Maximum shear modulus
 N_{60} : SPT N value

E_d value is found by knowing P and S wave velocities and intensity values. It is a sign of the hardness and robustness of geotechnical sciences.

$$E_d = \left[(3V_p - 4V_s) / (V_p - V_s) \right] V_s \quad (2)$$

E_d : Dynamic elasticity modulus
 V_s : S wave velocity
 V_p : P wave velocity

K is a measure of the resistance of a material to compressibility. The results obtained are given in the table below.

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)} \quad (3)$$

K : Bulk modulus, E : Elasticity modulus, ν : Poisson ratio

Table 2. Dynamic-elastic engineering parameters of the study area (*İnceleme alanının dinamik-elastik mühendislik parametreleri*)

Size Number	Layer Number	G_{max}	E_d	K
Sis-1	1	510	1357	1329
	2	22883	50096	20596
Sis-2	1	916	1936	729
	2	13566	35730	32522
Sis-3	1	543	1335	823
	2	19584	51662	47573
Sis-4	1	509	1222	681
	2	21595	51912	29026
Sis-5	1	1064	2814	2648
	2	31652	81400	63359
Sis-6	1	939	2554	3045
	2	9561	22363	11277
Sis-7	1	322	863	892
	2	16541	42404	32388
Sis-8	1	872	1505	394

	2	16310	43268	41552
Sis-9	1	924	2494	2765
	2	32756	70027	27075
Sis-10	1	954	2372	1544
	2	25146	58760	29530

Sis-9	860	B	A
Sis-10	833	B	A

As a result of the studies carried out in the relevant region, the general soil class has been accepted as B. Local soil class has been determined as Z2.

$V_{s,30}$ Speed ($V_{s,30}$ Hızı)

In addition to the general physical properties of the soil, shear wave velocities should be determined in order to know its seismic behavior during earthquake. The complex structure of the soil affects its properties [4]. $V_{s,30}$ shear wave velocity of the soil at a depth of 30 m has been accepted as the main parameter properties [5]. Soil classification can be made by using $V_{s,30}$ shear wave velocity [6].

Table 3. Soil classification according to NEHRP (NEHRP'ye göre zemin sınıflandırılması)

Ground Class	Definition	Specifications
A	Hard Rock	$V_s > 1500$
B	Rock	$760 < V_s < 1500$
C	Very Firm/Hard Ground or Soft Rock	$360 < V_s < 760$
D	Hard/Firm Ground	$180 < V_s < 360$
E	Weak Ground	$V_s < 180$
V_s : 30 m Average shear wave velocity in depth – $V_{s,30}$ (m/sn)		

Table 4. Soil classification according to TS EN 1998-1 (Eurocode 8) (TS EN 1998-1'e (Eurocode 8) göre zemin sınıflandırması) [7]

Ground Class	Definition	Specifications
A	Rock or other rock-like formations	$V_s > 800$
B	Too Tight Sand Gravel or Too Hard Clays	$360 < V_s < 800$
C	Tight or Medium Tight Sand, Gravel or Hard Clay	$180 < V_s < 360$
D	Cohesionless Floor from Loose to Medium Tight or Cohesive Ground from Soft to Hard	$V_s < 180$
V_s : 30 m Average shear wave velocity in depth – $V_{s,30}$ (m/sn)		

Table 5. Soil group according to NEHRP-UBC and TS EN 1998-1 design codes (NEHRP-UBC ve TS EN 1998-1 tasarım kodlarına göre zemin sınıflandırması)

Size Number	$V_{s,30}$ (m/sn)	NEHRP-UBC	TS EN 1998-1
Sis-1	748	C	B
Sis-2	657	C	B
Sis-3	701	C	B
Sis-4	708	C	B
Sis-5	900	B	A
Sis-6	587	C	B
Sis-7	631	C	B
Sis-8	725	C	B

Groundwater Status (Yeraltı Suyu Durumu)

Groundwater was determined that the groundwater level started at 50 meters.

3. ANALYSIS of SOIL DYNAMIC BEHAVIOR of THE EXAMINATION AREA (İNCELEME ALANININ ZEMİN DİNAMİK DAVRANIŞININ ANALİZİ)

The region is located in the 5th degree earthquake zone. As it is known, building safety is extremely important under the effect of earthquake. Seismicity of the region was investigated by using the results of the field and laboratory studies conducted within the scope of this study. DeepSoil is under development at the University of Illinois at Urbana-Champaign [8]. Using the DeepSoil program, Doğantarla region was analyzed using the equivalent linear analysis method, the spectral acceleration and soil magnification values of the soil were calculated, graphically defined and the soil dynamic behavior was interpreted.

3.1. DeepSoil Program and Equivalent Linear Analysis (DeepSoil Programı ve Eşdeğer Doğrusal Analiz)

DeepSoil program, which can perform linear and nonlinear ground behavior analyzes in the time domain, together with one-dimensional linear and equivalent linear analysis in the frequency domain, gives the spectral acceleration-time values of the ground using parameters [9]. It is also a program that enables liquefaction analysis. DeepSoil program is a multi-stage and one-dimensional ground response analysis program. In the analysis part, earthquake records, which were observed in previous years and caused great damage, are used.

In this study, using the sounding data of Doğantarla region, thicknesses of the layers, soil class, unit volume weight of the soil and shear wave velocity of the soil were recorded in the program. Then, taking into consideration the material properties of the soil, a selection was made from the empirical formulas registered. In addition, the damping ratio must be entered in order to calculate the response spectrum in the frequency domain.

The damping ratio value was chosen as 5%. In the study, it was analyzed at the bedrock level using 1999 Kocaeli earthquake record data.

3.1.1. Equivalent Linear Analysis Results and Discussion (*Eşdeğer Doğrusal Analiz Sonuçları ve Tartışma*)

In many studies, equivalent linear analysis method is recommended to investigate the seismicity of the region. [10]. The force acting on the ground must be damped by the ground to prevent deformations after the earthquake. However, this situation is complicated to understand. Because ground behavior cannot be determined exactly. The ground can absorb the effect of the earthquake force that it affects, but it cannot meet and transmit it to different layer by enlarging the effect.

This situation has an increasing effect on earthquake intensity. Using the shear wave velocity (V_s) values obtained as a result of seismic studies, analyzes were made in the DeepSoil program and as a result, the ground magnification values were examined. Acceleration-time graphs, amplification-period, spectrum-period graphs were obtained with equivalent linear analysis using the previously mentioned 10 seismic study data and ground general properties. The graphics reflect ground dynamic behavior.

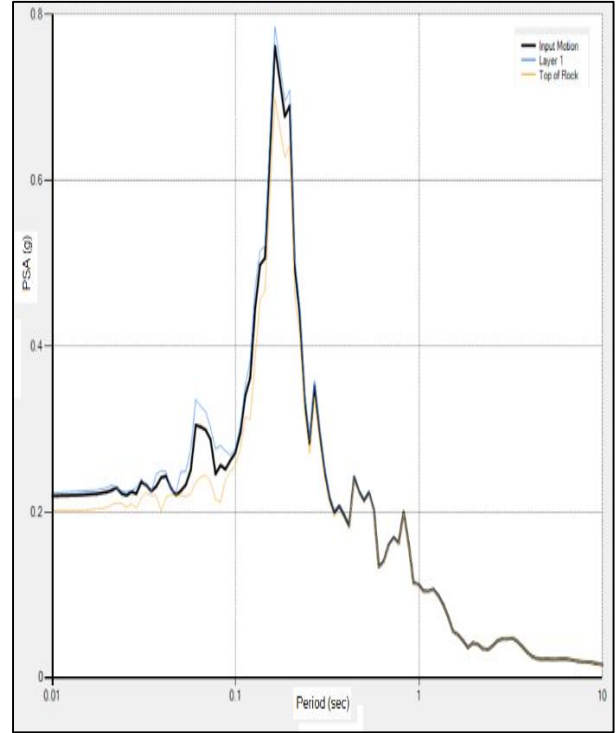
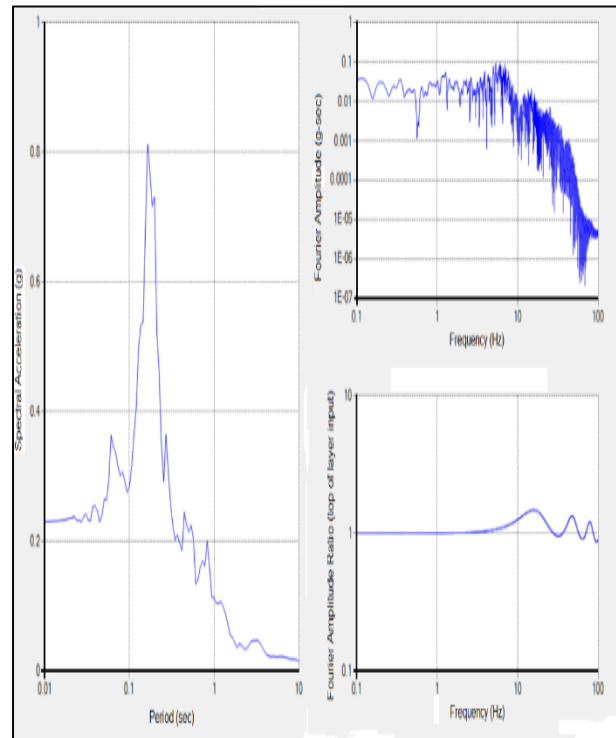
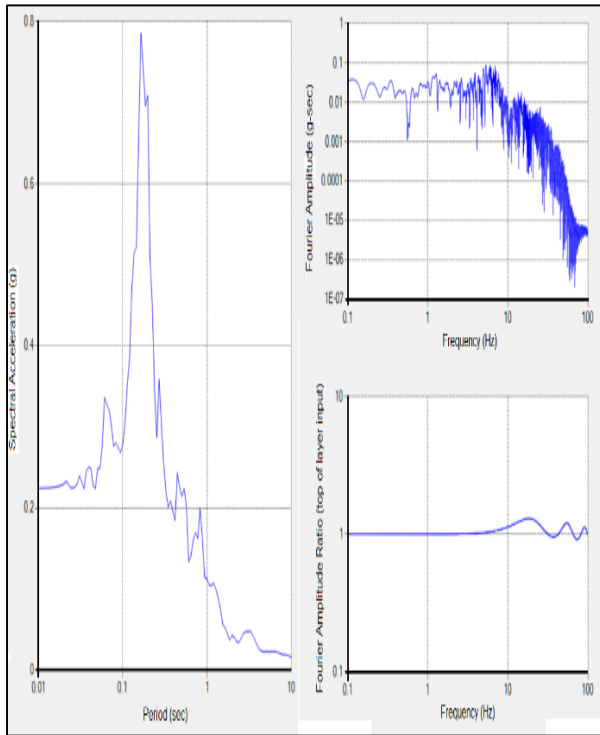


Figure 5. Spectrum-Period, Amplification-Period and PSA-Period plots of Doğantarla region Sis-1 data using Kocaeli earthquake records (*Doğantarla bölgesi Sis-1'e ait verilerin, Kocaeli deprem kayıtları kullanılarak elde edilen Spektrum-Periyot, Amplifikasyon-Periyot ve PSA-Periyot grafikleri*)



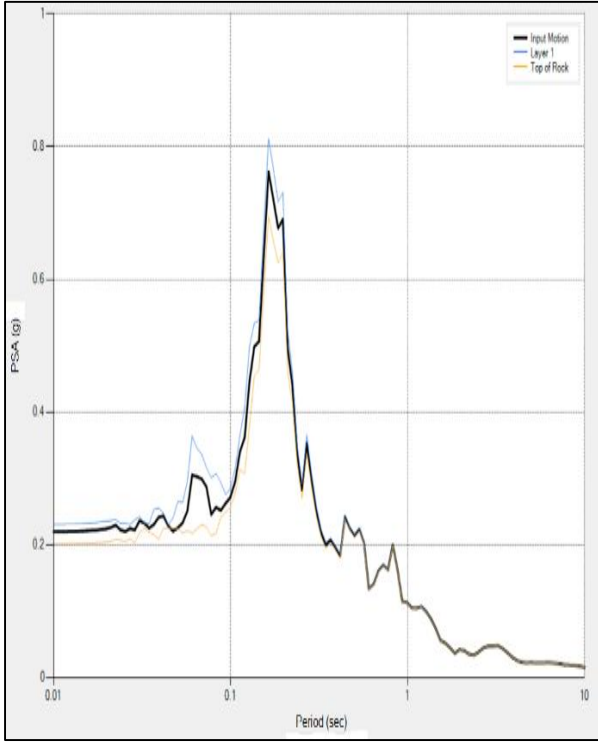


Figure 6. Spectrum-Period, Amplification-Period and PSA-Period plots of Doğantarla region Sis-2 data using Kocaeli earthquake records (*Doğantarla bölgesi Sis-2'ye ait verilerin, Kocaeli deprem kayıtları kullanılarak elde edilen Spektrum-Periyot, Amplifikasyon-Periyot ve PSA-Periyot grafikleri*)

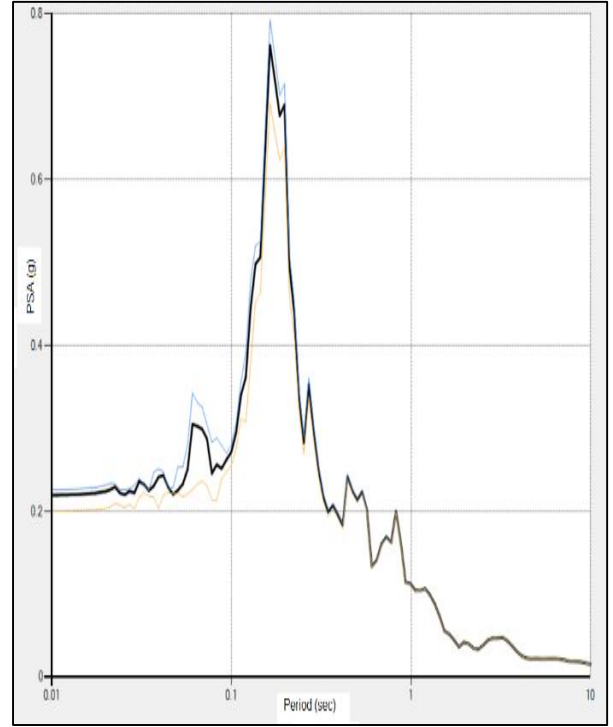
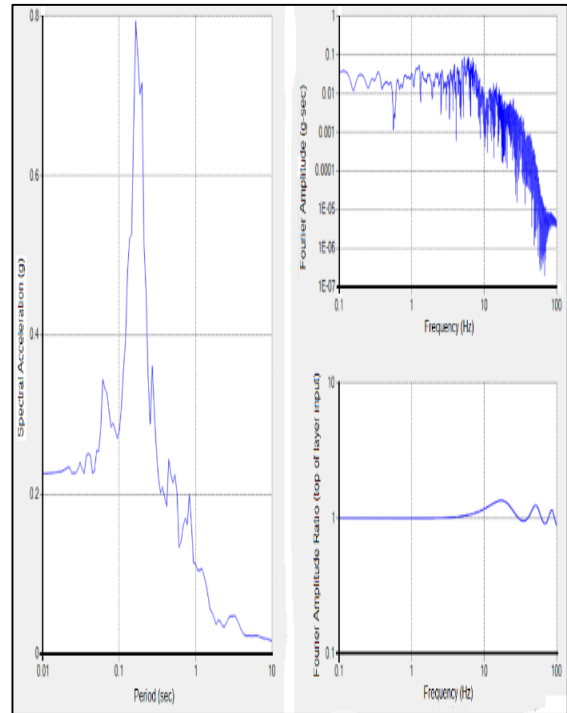
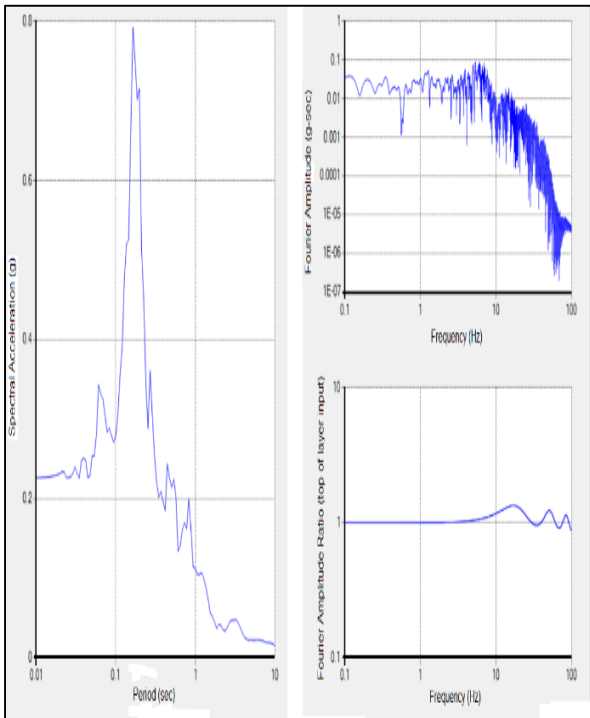


Figure 7. Spectrum-Period, Amplification-Period and PSA-Period plots of Doğantarla region Sis-3 data using Kocaeli earthquake records (*Doğantarla bölgesi Sis-3'e ait verilerin, Kocaeli deprem kayıtları kullanılarak elde edilen Spektrum-Periyot, Amplifikasyon-Periyot ve PSA-Periyot grafikleri*)



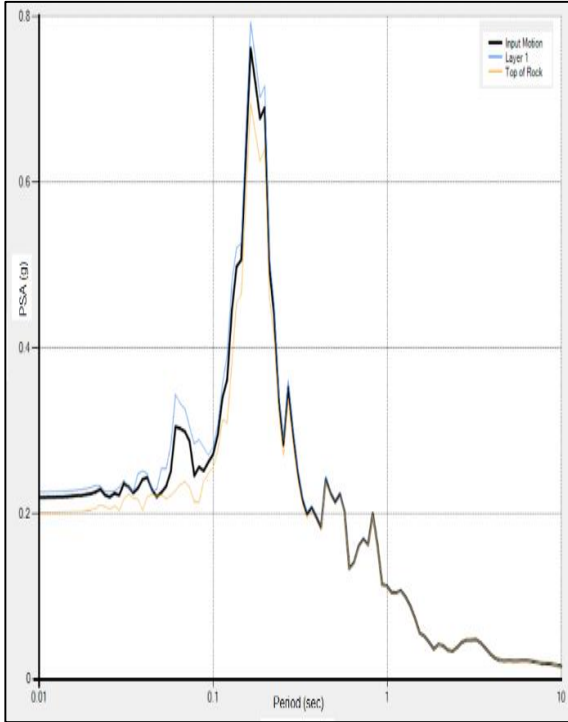


Figure 8. pectrum-Period, Amplification-Period and PSA-Period plots of Doğantarla region Sis-4 data using Kocaeli earthquake records (*Doğantarla bölgesi Sis-4'e ait verilerin, Kocaeli deprem kayıtları kullanılarak elde edilen Spektrum-Periyot, Amplifikasyon-Periyot ve PSA-Periyot grafikleri*)

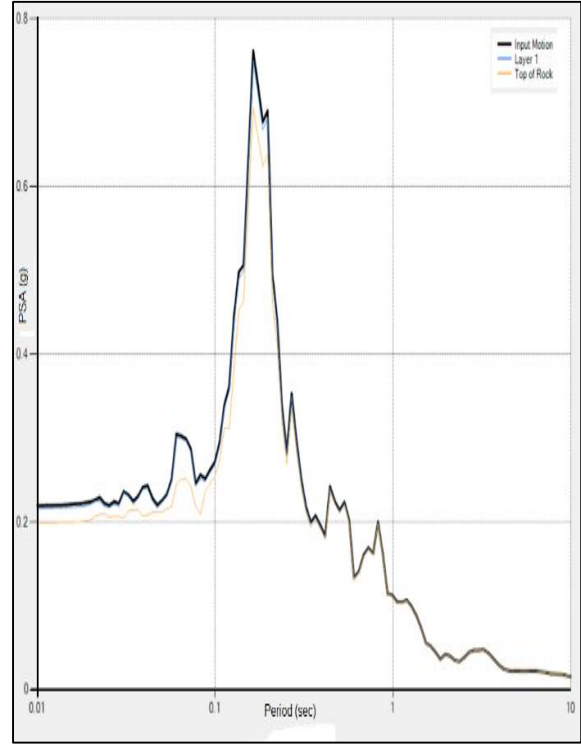
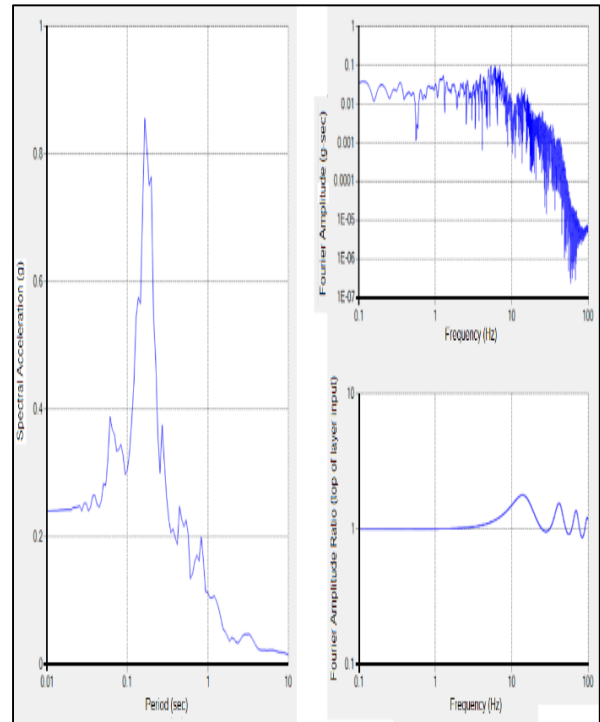
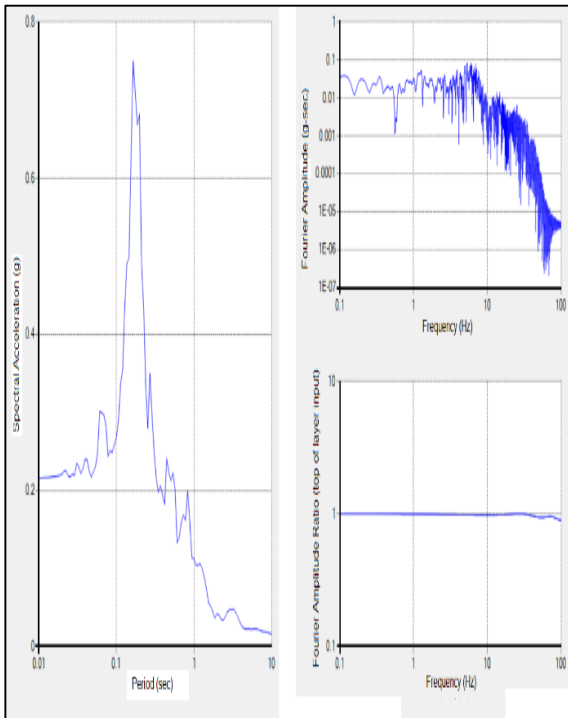


Figure 9. Spectrum-Period, Amplification-Period and PSA-Period plots of Doğantarla region Sis-5 data using Kocaeli earthquake records (*Doğantarla bölgesi Sis-5'e ait verilerin, Kocaeli deprem kayıtları kullanılarak elde edilen Spektrum-Periyot, Amplifikasyon-Periyot ve PSA-Periyot grafikleri*)



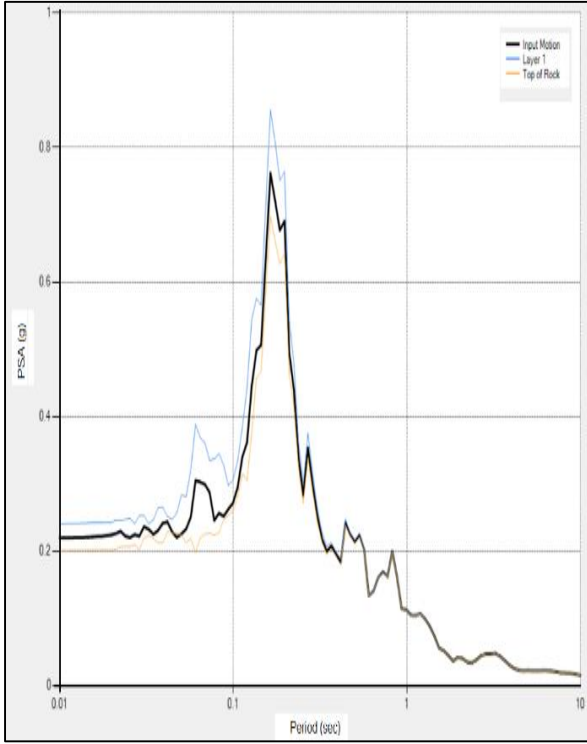


Figure 10. Spectrum-Period, Amplification-Period and PSA-Period plots of Doğantarla region Sis-6 data using Kocaeli earthquake records (*Doğantarla bölgesi Sis 6'ya ait verilerin, Kocaeli deprem kayıtları kullanılarak elde edilen Spektrum-Periyot, Amplifikasyon-Periyot ve PSA-Periyot grafikleri*)

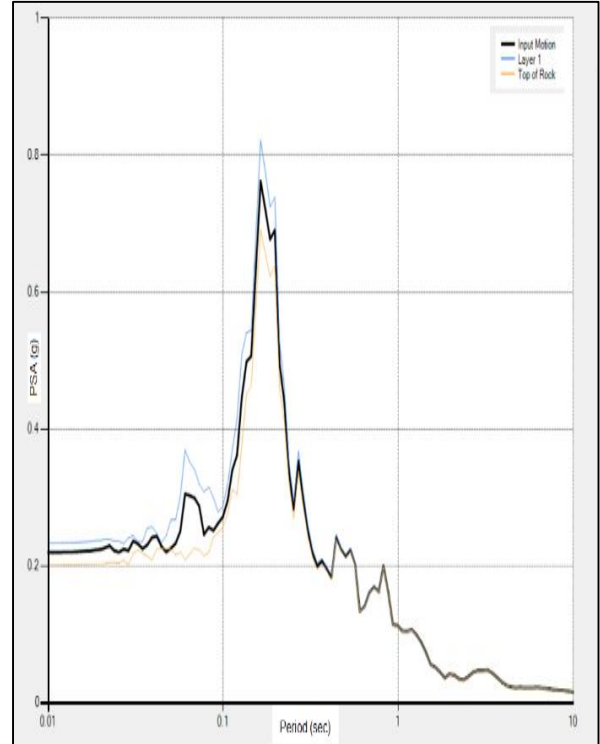
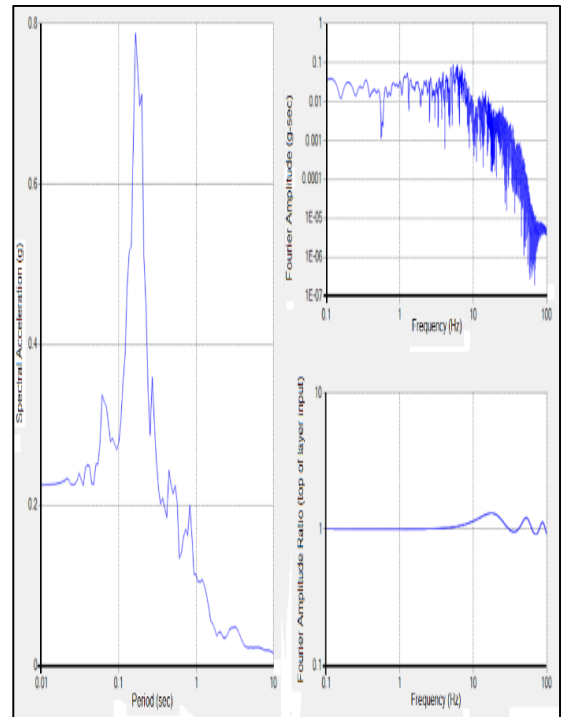
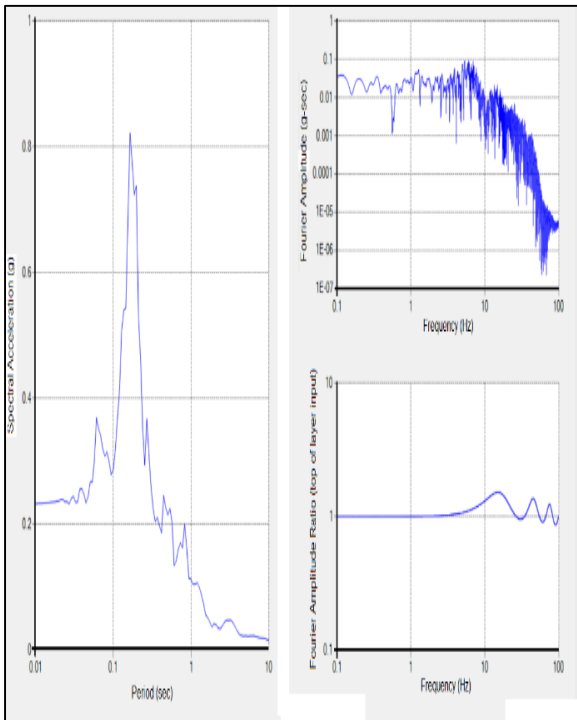


Figure 11. Spectrum-Period, Amplification-Period and PSA-Period plots of Doğantarla region Sis-7 data using Kocaeli earthquake records (*Doğantarla bölgesi Sis-7'ye ait verilerin, Kocaeli deprem kayıtları kullanılarak elde edilen Spektrum-Periyot, Amplifikasyon-Periyot ve PSA-Periyot grafikleri*)



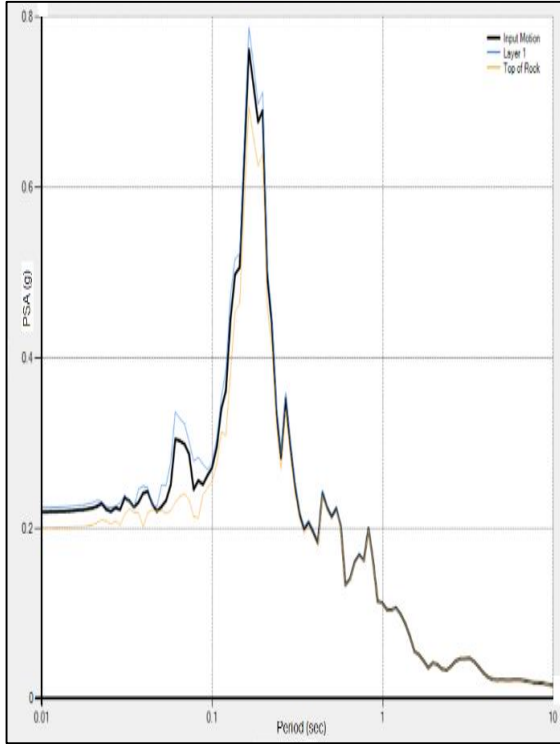


Figure 12. Spectrum-Period, Amplification-Period and PSA-Period plots of Doğantarla region Sis-8 data using Kocaeli earthquake records (*Doğantarla bölgesi Sis-8'e ait verilerin, Kocaeli deprem kayıtları kullanılarak elde edilen Spektrum-Periyot, Amplifikasyon-Periyot ve PSA-Periyot grafikleri*)

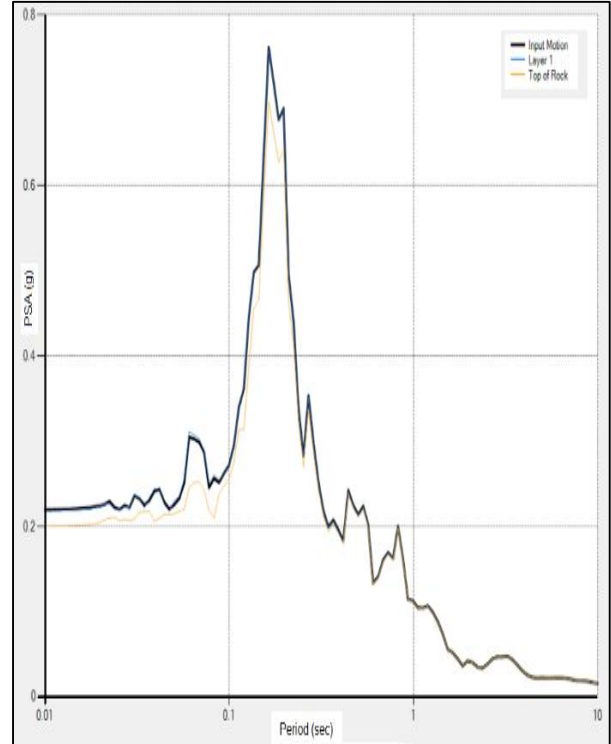
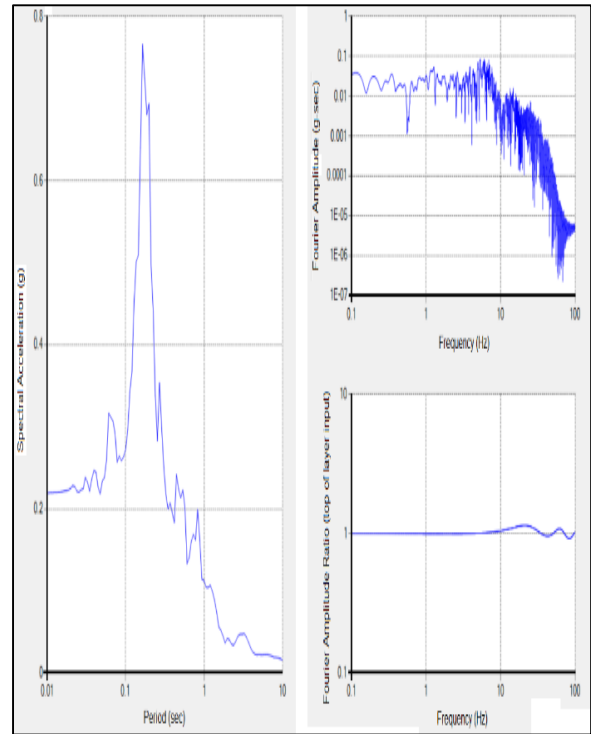
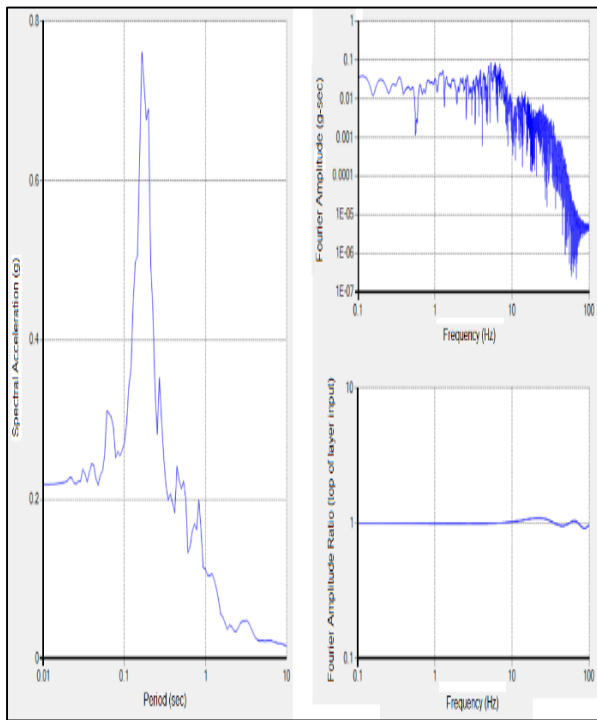


Figure 13. Spectrum-Period, Amplification-Period and PSA-Period plots of Doğantarla region Sis-9 data using Kocaeli earthquake records (*Doğantarla bölgesi Sis-9'a ait verilerin, Kocaeli deprem kayıtları kullanılarak elde edilen Spektrum-Periyot, Amplifikasyon-Periyot ve PSA-Periyot grafikleri*)



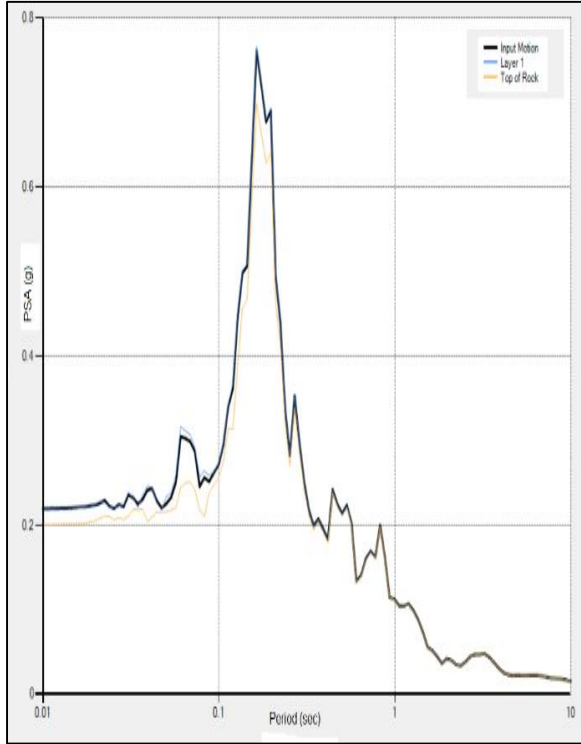


Figure 14. Spectrum-Period, Amplification-Period and PSA-Period plots of Doğantarla region Sis-10 data using Kocaeli earthquake records (*Doğantarla bölgesi Sis-10'a ait verilerin, Kocaeli deprem kayıtları kullanılarak elde edilen Spektrum-Periyot, Amplifikasyon-Periyot ve PSA-Periyot grafikleri*)

The soundings and seismic study data made in the Doğantarla region of Aksaray province were used and earthquake behavior analyzes were carried out using the DeepSoil program. As a result of these analyzes, it was learned about the possible behavior of the region.

The results obtained in seismic studies were similar throughout the region, causing the results of the analysis to be close. This can be shown as evidence of the correctness of the analysis. As can be seen in the graphics, PSA value is one of the main parameters representing soil dynamic properties in earthquake resistant building design.

PSA is the highest response corresponding to the earthquake acceleration acting. If soil magnification values are evaluated according to the graphics; 0.2 seconds of Sis-1, 0.3 seconds in Sis-2, Sis-3, Sis-4, Sis-6, Sis-7, Sis-8, Sis-9 and Sis-10 and Sis-5 it was observed that PSA reached maximum peak values in 0.4 second. The results of the analysis vary between 0.25 g with 0.7 g in Sis-1, 0.2 g with 0.82 g in Sis-2, 0.2 g with 0.76 g in Sis-3, 0.2 g with 0.76 g in Sis-4, 0.2 g with 0.7 in Sis-5, 0.2 g with 0.82 g in Sis-6, 0.2

g with 0.81 in Sis-7, 0.2 g with 0.8 g in Sis-8, 0.2 g with 0.72 g with Sis-9 and 0.2 g with 0.75 g in Sis-10. According to the results of the analysis, soil enlargement rates vary between 0.5 g and 0.6 g according to the seismic study results. When the analyzes are examined, sounding and seismic study data belonging to the same region gave similar results close to each other. This situation is in parallel with the similarity of shear wave velocities and reflects the reliability of the analyzes.

4. CONCLUSIONS (SONUÇLAR)

Land and laboratory studies have been carried out on an area of approximately 530.18 hectares in the Doğantarla region of Aksaray province. In this study, the results obtained were analyzed and the seismicity of the region was investigated in the event of a possible earthquake. Within the scope of the study, the engineering properties of the soil, groundwater condition, geotechnical parameters were evaluated using 30 drilling data and 10 seismic working data.

According to the NEHRP-UBC definition, the ground class of the relevant region is “B-C; Rock / Very Firm Hard Ground or Soft Rock” class, according to TS EN 1998-1 (Eurocode 8), “A-B; Rock / Very Tight Sand Gravel / Very Hard Clays”.

Due to the rock floors consisting of tuffs in the study area, there are no problems with swelling and seating engineering. Seismicity of the region was investigated by taking into account V_s shear wave velocities, depth and unit volume weight values obtained in the studies.

The earthquake effect can be absorbed by the ground layers, and on the contrary, the magnitude of the earthquake can be increased by increasing the amplitude. Ground magnification values should be determined in order to detect this situation. For this purpose, in the DeepSoil program, as suggested in TB DY (2018), the “Equivalent Linear Analysis” method was chosen based on the earthquake records occurred in 1999 by selecting a 5% damping ratio and the results were interpreted.

Similar results were found between the analysis results. The analysis results obtained confirm that the region is a 5th degree earthquake zone. As a result of the study, it was seen that the DeepSoil program gave reliable results.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT (ÇIKAR ÇATIŞMASI BİLDİRİMİ)

The authors reported no potential conflict of interest.

REFERENCES (KAYNAKLAR)

[1] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. TBDY, 2018 Ankara: T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazete, 2018.

[2] N. Ö. Aşçı and A. Alkaya, *Doğantarla Köyü Jeolojik ve Jeoteknik İnceleme Raporu*, Aksaray: TMMOB-Jeoloji Mühendisleri Odası. 2017.

[3] T. Imai and K. Tonouchi, "Correlation of N-value with s-wave velocity and shear modulus", *2nd European Symposium. of Penetration Testing 2/1982-05-24/Amsterdam; NLD; Rotterdam: A.A. Balkema; DA.*, 1982. pp. 57-72.

[4] D. M., Boore, W. B., Joyner and T.E. Fumal, "Equations for estimating horizontal response spectra and peak acceleration from western north American earthquakes: a summary of recent work," *Seismological Research Letters*, vol. 68, no. 1, pp. 128-153, January, 1997, doi: <https://doi.org/10.1785/gssrl.68.1.128>

[5] C. Thornton ((National Earthquake Hazards Reduction Program), *Regulations for New Buildings and Other Structures*. Washington, D.C.: Building Seismic Safety Council National Institute of Building Sciences, 2003.

[6] TS EN 1998-1, *Eurocode 8: Depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesi*. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü, 2005.

[7] A. Y. Elghazouli, *Seismic Design of Buildings to Eurocode 8*. Boca Raton: CRC Press, 2017.

[8] Y.M.A. Hashash, M.I. Musgrove, J.A. Harmon, O. İlhan, D.R. Groholski, C.A. Philips and D., Park, "DEEPSOIL 6.1, User Manual" <http://deepsoil.cee.illinois.edu/> [Online]. Available: http://deepsoil.cee.illinois.edu/Files/DEEPSOIL_User_Manual_v6.pdf. [Accessed: June. 12, 2020].

[9] A. Keçeli, "Sismik Yöntemlerle Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması," *Jeofizik*, cilt 4, sayı 2, s. 83-92, 1990.

[10] W.M. Telford, L.P. Geldart and R.E. Sheriff, *Applied Geophysics*. 2nd Edition Cambridge: Cambridge University Press, 770. 1990.

Atila DEMİRÖZ

Atila Demiröz was born in 1965 in Konya. After graduating from Konya Gazi High School, he went to Konya Selçuk University and completed Civil Engineering at this university in 1988 as Civil Engineer. He joined the master's program in Selçuk University Civil Engineering Department in 2004 and graduated in 1992. He continues his PhD education in 2004-2008, Selçuk University, Institute of Science, Civil Engineering Department, Konya Selçuk University, PhD education in the field of Geotechnical Engineering. Work areas include geotechnical engineering, foundation engineering and environmental geotechnics.

Raziye BOZKURT

Raziye Bozkurt was born in Aksaray, 1991. After she graduated from high school in Aksaray, she went to Aksaray University in Aksaray and she completed Civil Engineering Department in this university, in 2012. In 2012, she attended the MSc programme at the Civil Engineering Department in Aksaray University and graduated in 2015. Konya Technical University is continuing her PhD education in Geotechnical Engineering. Her current fields of research are pile raft foundations, optimization, geotechnical analyzes, earthquake analyzes.