

DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

Journal of Science and Technology of Dumlupınar University

Sahibi (Owner): Prof. Dr. Ahmet KARAASLAN

Editör (Editor): Prof. Dr. Hasan GÖÇMEZ

Yayın Kurulu (Editorial Board):

Prof. Dr. Ahmet ALTUNCU

Doç. Dr. Erhan ATA

Doç. Dr. Cengiz KARAGÜZEL

Doç. Dr. Cemal PARLAK

Yrd. Doç. Dr. Levent URTEKİN

DANIŞMAN KURULU / ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Mustafa ALTINOK

Prof. Dr. Uğur ARİFOĞLU

Prof. Dr. Ülfet ATAV

Prof. Dr. Ahmet AYDIN

Prof. Dr. Metin BALCI

Prof. Dr. Mustafa BAYRAKTAR

Prof. Dr. Mustafa BAYRAM

Prof. Dr. Osman BEYAZOĞLU

Prof. Dr. Rahmi BİLALOĞLU

Prof. Dr. Ahmet ÇAKIR

Prof. Dr. Selahattin ÇELEBİ

Prof. Dr. Erdal ÇELİK

Doç. Dr. Mustafa ÇINAR

Prof. Dr. Hayri DAYIOĞLU

Prof. Dr. Yunus ERDOĞAN

Doç. Dr. İsmail EKİNCİOĞLU

Prof. Dr. Remzi GÖREN

Prof. Dr. Asım KADIOĞLU

Prof. Dr. Yaşar KİBİCİ

Prof. Dr. Hamdi Şükür KILIÇ

Prof. Dr. Muhsin KONUK

Prof. Dr. Mustafa KURU

Prof. Dr. Ö. İrfan KÜFREYOĞLU

Doç. Dr. Refail KASIMBEYLİ

Prof. Dr. Asım KADIOĞLU

Prof. Dr. İsmail KOCAÇALIŞKAN

Prof. Dr. Şeref MİRASYEDİOĞLU

Prof. Dr. Halim MUTLU

Prof. Dr. Selahattin SALMAN

Prof. Dr. Ekrem SAVAŞ

Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT

Prof. Dr. Hasan Basri ŞENTÜRK

Prof. Dr. Mustafa TAN

Prof. Dr. Süleyman TAŞGETİREN

Doç. Dr. Özlem TOKUŞOĞLU

Prof. Dr. Necati YALÇIN

Prof. Dr. Yusuf YAYLI

Prof. Dr. Nurettin YAYLI

Prof. Dr. H. Serdar YÜCESU

Doç. Dr. Elçin YUSUFOĞLU

Prof. Dr. Mehmet ZEYREK

Gazi Üniversitesi

Sakarya Üniversitesi

Selçuk Üniversitesi

Dumlupınar Üniversitesi

Ortaoğu Teknik Üniversitesi

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

Fatih Üniversitesi

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Uludağ Üniversitesi

Arel Üniversitesi

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Dokuz Eylül Üniversitesi

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Dumlupınar Üniversitesi

Dumlupınar Üniversitesi

Dumlupınar Üniversitesi

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Dumlupınar Üniversitesi

Selçuk Üniversitesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Başkent Üniversitesi

Atatürk Üniversitesi

Anadolu Üniversitesi

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Yıldız Teknik Üniversitesi

Başkent Üniversitesi

Ankara Üniversitesi

Gazi Üniversitesi

İstanbul Ticaret Üniversitesi

Dumlupınar Üniversitesi

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Gazi Üniversitesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Celal Bayar Üniversitesi

Gazi Üniversitesi

Ankara Üniversitesi

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Gazi Üniversitesi

Dumlupınar Üniversitesi

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Yazışma Adresi: DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Evliya Çelebi Yerleşkesi Mühendislik Fakültesi Ek Binası
Kat:3 43270 Kütahya
Tel&Fax : 02742652031-4357-64-66 & 02742652060 , <http://fbe.dumlupinar.edu.tr> ,
e-posta : fbe@dumlupinar.edu.tr

Her hakkı saklıdır. DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Nisan, Ağustos ve Aralık aylarında olmak üzere yılda 3 kez yayınlanan ulusal hakemli bir dergidir. Dergide yayınlanan yazıların her türlü sorumluluğu yazar(lar)ına aittir. Dergi, Fen ve Mühendislik bilimlerinde ulusal ve uluslar arası düzeyde yapılan bilimsel çalışmaları bilim insanları ve kamuoyu ile paylaşmayı amaçlar. DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisine, Fen ve Mühendislik bilim dallarında yapılan özgün Araştırma Makaleleri, Derleme Makaleleri ve Kısa Notlar kabul edilir. Derginin yazım dili Türkçe ve İngilizcedir. Özgün araştırma makalelerinin başka dergilerde yayınlanmamış olması, teorik ve deneysel sonuçlar içermesi beklenir. Derleme makalelerinde ise belirli bir konu üzerinde bilimsel, teknolojik ve güncel gelişmelerin geniş bir kaynakça kullanılarak yansıtılması ve bunların doyurucu bir değerlendirilmesinin yapılması aranır. Kısa Notlar, özgün bir çalışmanın ilk bulgularının duyurulması amacıyla yönelik hazırlanan kısa yazılar olmalıdır.

Basım Yeri: Ekspres Matbaası, Ekspres Gazetecilik ve Mad. Ltd. Şti. Kütahya

DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ
Journal of Science and Technology of Dumlupınar University

AĞUSTOS– 2013

SAYI - 31

ISSN: 1302 – 3055

BU SAYIDA YAYINLANAN MAKALELERİN HAKEM KURULU

Prof. Dr. M. Nurullah KUMRU	Ege Üniversitesi
Prof. Dr. İsmail KOCAÇALIŞKAN	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Tahsin BABACAN	Celal Bayar Üniversitesi
Prof. Dr. Ümit DİVRİKLİ	Pamukkale Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa SOYLAĞ	Erciyes Üniversitesi
Prof. Dr. Zekeriya ARVASI	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Prof. Dr. Can ÇOĞUN	Çankaya Üniversitesi
Prof. Dr. Bedri TUÇ	Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Şenol YILMAZ	Sakarya Üniversitesi
Doç. Dr. Tufan S. KUZPINARI	Aksaray Üniversitesi
Doç. Dr. Güler ÇOLAK	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Doç. Dr. Mustafa DURAN	Pamukkale Üniversitesi
Doç. Dr. Şükran YALÇIN ÖZDİLEK	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Metin ÖZGÜL	Afyon Kocatepe Üniversitesi

DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

AĞUSTOS– 2013

SAYI - 31

ISSN: 1302 – 3055

İÇİNDEKİLER

1961 Yılında Günümüze Simav Gölü (Kütahya) <i>Nüket Akanlı BİNGÖL, Mehmet KORKMAZ</i>	1-12
Porsuk, Kocasu ve Emet Çaylarına (Kütahya) Ait Suların Lahana (<i>Brassicaoleracea</i> var. <i>Capitata</i> L.) Bitkisinin Bazı Çimlenme Parametreleri ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi <i>Betül AKIN, Sema LEBLEBİCİ, Nüket Akanlı BİNGÖL</i>	13-26
Quadratic Behavior of Ft Values of Superalloyed Fermi Beta Decays <i>Abdullah Engin ÇALIK</i>	27-38
Eti Maden Kırka Bor İşletmesi Atıklarının Yapı Analizi <i>Yunus ERDOĞAN, Ayşegül TÜRK BAYINDIR</i>	38-46
Lie Cebirleri İçin (Ön)Çaprazlanmış Modüller Üzerine <i>Ahmet Faruk ASLAN</i>	47-52
Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları <i>İsmet ÇELİK, Feridun KARAKOÇ, M. Cemal Çakır, Alpaslan DUYSAK</i>	53-70
Geleneksel Mullit/Zirkonya Kompozit Sentezine Kolemanit ve Tinkal'in Etkisi <i>Hediye AYDIN, Remzi GÖREN</i>	71-80

1961 YILINDAN GÜNÜMÜZE SİMAV GÖLÜ (KÜTAHYA)

Nüket Akanıl BİNGÖL¹, Mehmet KORKMAZ²

¹Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kütahya, akanil@dumlupinar.edu.tr

²Dumlupınar Üniversitesi, Simav Meslek Yüksekokulu, Organik Tarım Bölümü, Kütahya

Geliş Tarihi:03.12.2012

Kabul Tarihi:23.07.2013

ÖZET

Dünya üzerindeki en önemli ekosistemlerden biri olan sulak alanlar, günümüzde başta tarım amaçlı olmak üzere birçok nedenlerden dolayı kayba uğramıştır. Ülkemizde kurutulan sulak alanlara bir örnek de Kütahya il sınırları içinde bulunan Simav Gölü'dür. Bu çalışmada, 1961 yılında kurutulmaya başlanan Simav Gölü'nün günümüzdeki durumu incelenmiş ve bölge ile ilgili problemler ve çözüm yolları ortaya konulmuştur. Simav Gölü'nün tamamen kuruması yaklaşık 20 yıl sürmüş ve 1980'li yıllarda kuruyan göl arazisinde tarım yapılmaya başlanmıştır. 2012 yılı itibarıyla 17.606 dekarlık göl arazisi, 14.289 nüfuslu çiftçi aileleri tarafından kullanılmaktadır. Simav Gölü'nün kurutulmasına paralel olarak bölgenin iklim özellikleri değerlendirildiğinde, 1975-1981 yılları arasında 1015,2 mm olan ortalama toplam yıllık yağış miktarı, Göl'ün tamamen kurduğu 1982-2009 yılları arasında 709,1 mm'e kadar düşerken, bölgenin ortalama sıcaklığında 1-3°C artış gözlenmiştir. Ayrıca, Göl arazisinde yöre halkının "göz" adını verdiği küçük su birikintileri incelenmiş ve bir sulak alan özelliği gösteren bu alanlarda göl suyu yüzeyde bulunurken, *Lemna sp.*, *Typha sp.* ve *Phragmites sp.* gibi bazı sulak alan bitki türlerinin bu alanlarda yayılmış gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tatlı su bataklığı, sulak alanların kaybı, tarım, Simav

SİMAV LAKE (KÜTAHYA) FROM 1961 TO THE PRESENT

ABSTRACT

Wetlands, one of the most important ecosystems in the world, have been lost due to human activities such as agriculture. One of the example for wetland loss in Turkey is Simav Lake in Kütahya. In this study, current status of Simav Lake, drained in 1961, was investigated and also the problems of the region and their solutions were determined. Simav Lake was completely drained in 20 years and drained lake was converted into farmlands in 1980's. As of 2012, 17,606 decares of drained lake land were used by 14,289 farm families. When the climatic data of the area was evaluated, it was found that while the mean total annual precipitation between 1975-1981 was 1015.2 mm, it decreased between 1982-2009, 709.1 mm, and the mean temperature of the area increased around 1-3 °C. Also small pools in the lake area, called "eyes" by the local farmers, were searched, and some wetland plant species such as *Lemna sp.*, *Typha sp.*, and *Phragmites sp.* were identified by the pools.

Keywords: Marsh, wetland losses, agriculture, Simav

1. GİRİŞ

Önemli ekosistemlerden biri olan sulak alanlar, doğal veya yapay, devamlı veya geçici, suları durgun veya akıntılı, tatlı, acı veya tuzlu, denizlerin gelgit hareketinin çekilme devresinde altı metreyi geçmeyen derinlikleri kapsayan bütün sular, bataklık, sazlık ve turbiyerler olarak tanımlanmaktadır [1]. Bu alanlar dünya üzerinde yaklaşık 7 milyon kilometre karelik alanı kaplamakta olup, önemli bir kısmı Kuzey Amerika ve Eski Rusya'nın kuzey bölümünde bulunmaktadır. Sulak alanların 2,6 milyon km²'si tropikal, 2,1 milyon km²'si subtropikal, 1 milyon km²'si ılıman ve 0,2 milyon km²'si kutuplar bölgesinde yer almaktadır. Dünya üzerinde yayılış gösteren sulak alanların, coğrafik, hidrolojik, iklimsel, ekolojik ve biyolojik zenginliklerine, ekonomik, sosyal ve rekreasyonel değerlerine rağmen yaklaşık %50'si kayba uğramıştır. Bu kayıp Amerika'da %53, Avustralya'da %50, Çin'de %60 ve Avrupa kıtasında %90 gibi yüksek oranlara ulaşmıştır [2 ve 3].

Sulak alanlara verilen zararlar ve hızlı kayıplar son yıllarda bilim insanlarının dikkatini çekmiş ve bu ekosistemlerin korunmasına ve iyileştirilmesine yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu araştırmaların bir kısmı başarılı olup sulak alanlar geri kazanılırken, bazı alanlarda tahribin fazla olmasından dolayı iyileştirme çalışmalarında başarı sağlanamamıştır [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ve 11].

Sulak alanlar bir kez tahribe uğradıktan sonra bir sulak alan gibi fonksiyonlarını devam ettirememekte ve bulunduğu bölgenin iklim elemanları, toprak yapısı, vejetasyon yapısı ve taban suyu gibi bir çok ekolojik özeliğini de etkilemektedir [2]. Ülkemizde de sulak alanlar, hastalıklarla mücadele, tarım alanları açma, kentleşme, taşkın kontrolü ve sulama gibi nedenlerle yok edilmiştir. Bu alanların başında; Amik Gölü, Hatay; Emen Gölü, Kahramanmaraş; Suğla Gölü ve Hotamış Sazlığı, Konya; Hamam Gölü, Afyon; Karagöl, Antalya ve Simav Gölü, Kütahya gelmektedir [3].

Kütahya ilinin tek doğal gölü olan Simav Gölü, Simav ilçesinin 5 km kuzeybatısında yer alıp yaklaşık 18.500 dekarlık bir alanı kaplamaktadır. Sığ bir göl olan Simav Gölünün suyu, özellikle bölgede yağışlı periyot olan Ekim-Nisan aylarında artmakta olup, kurak mevsimde suları çekilmekte ve bataklık yapısı kazanmaktadır. Göl arazisinin kışın sularla kaplı, yazın ise suyun çekilmesi nedeniyle oluşan bataklık yüzünden sivrisinek ve sıtma yöre halkının sağlığını tehdit etmiş, bunun üzerine Simav Gölü 1961 yılında Devlet Su İşleri tarafından açılan bir kanalla kurutulmaya başlanmıştır (Şekil 1). Göl kurutulana kadar gölün etrafında yer alan 8 belde ve 3 köyün halkı göldeki balıkları avlayarak balıkçılık ve göl etrafındaki sazlıkları kullanarak semer ve hasır dokumacılığı ile geçimlerini sağlamışlardır (Şekil 2). 1982 yılında göl tamamıyla kurutulmuş, açılan arazi tarım arazisi olarak kullanılmak üzere Başbakanlık Toprak ve Tarım Reformu Başkanlığı tarafından göl çevresinde bulunan 11 yerleşim biriminde yaşayan çiftçilere kiralanmıştır (Şekil 3). 1985-2005 yılları arasında kira sözleşmeleri 1 yıllık olarak yapılmış fakat 2006 yılı itibariyle çiftçiden kira bedeli alınmamıştır [12].

Bu ön çalışmada, Kütahya il sınırları içinde bulunan ve 1961 yılında kurutulan Simav Gölü'nün geçmişteki ve günümüzdeki durumu incelenmiş ve bölge ile ilgili sorunlar ortaya konulmuştur.



Şekil 1. Simav Gölü'nü kurutmak için DSİ tarafından açılan kanal



Şekil 2. Kurutulmadan önce Simav Gölü (1931) [13]



Şekil 3. Kurutulduktan sonra Simav Gölü (2009)

2. MATERYAL VE METOT

2. 1. Simav Gölü

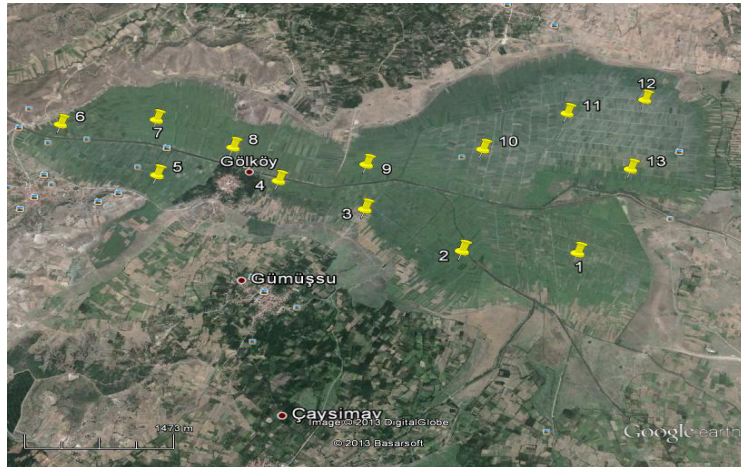
Kütahya il sınırları içinde bulunan Simav Gölü, tektonik göller grubunda yer almaktadır. Simav Ovasının güneyinde yer alan Simav Dağı, Kuzey doğusunda yer alan Gölcük, Kuzey batısında yer alan Akdağ ve doğusunda yer alan Şaphane Dağlarından inen dereler ve yağmur suları Simav Çayı'nın ve dolayısıyla Simav Gölü'nün önemli su potansiyellerini oluşturmaktadır [12]. Göl tamamen kurumuş olmakla birlikte özellikle yağışlı mevsimde, suyunda yüzeye çıkmasıyla, eski görünümünü kazanmaktadır (Şekil 4) [Bingöl kişisel gözlemler, 2010].



Şekil 4. Kış aylarında Simav Göl arazisi [13]

2. 2. Arazi Gözlemleri ve Literatür Taraması

Bu çalışma için arazi gözlemleri, 2009-2010 yılları arasında her ay, 2011-2012 yılları arasında ise mevsimsel olarak daha önce belirlenmiş olan 13 lokalitede gerçekleştirilmiştir (Şekil 5). Ayrıca bölge basının ve Simav Kaymakamlığının da yardımıyla konuyla ilgili haberler ve bilgilere ulaşılmıştır [12 ve 13].



Şekil 5. Simav Gölü [14]

2. 3. Bölgenin İklim Özellikleri

Bölgenin iklimsel özelliklerini belirlemek üzere Simav ilçesi 34 yıllık iklim verileri incelenmiş ve bölgenin yıllık toplam yağışı ve ortalama sıcaklıktaki düşüş ve yükselişler ortaya konulmuştur [15 ve 16].

3. BULGULAR

3. 1. Simav Gölü'nün Kurutulması İle İlgili Uygulamalar

1961 yılında kurutulmaya başlanan Simav Gölü'nün tamamen kuruması yaklaşık 20 yıl sürmüş ve 1980'li yıllarda kuruyan göl arazisinde tarım yapılmaya başlanmıştır. Göl arazisi ile ilgili idari problemler 1970'li yıllarda baş göstermiştir. Öncelikle, 27.10.1977 tarih ve 16607 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan 23.09.1977 tarih ve 77/13966 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla, 1757 sayılı Toprak ve Tarım Reformu Kanununa göre Simav Toprak ve Tarım Reformu Bölgesi ilan edilmiş ancak daha sonra bu kanun iptal edilmiştir [17].

1980 yılında 1617 sayılı Ön Tedbirler Kanunu ve Bakanlar Kurulu Kararı ile, bölgedeki hazine arazileri mevcut 284 sayılı Kiralama Genelgesine göre, gölün kurutulması sonucu açılan 17.606 dekarlık alan tarım arazisi olarak kullanılmak üzere 11 yerleşim biriminde yaşayan topraksız ve az topraklı çiftçi ailelerine kiralanmıştır. 1985-2005 yılları arasında kira sözleşmeleri 1 yıllık olarak yapılmış fakat 2006 yılı itibariyle çiftçiden kira bedeli alınmamıştır. Bu uygulama ile yaklaşık 4200 çiftçi ailesine 1-11,5 dekar arasında göl arazisi kiraya verilmiştir [17].

1996 yılında, göl arazisinin çevresindeki hak sahibi olmuş çiftçi ailelere dağıtmak amacıyla, 3083 sayılı yasa gereği ve 29.06.1996 tarih ve 22681 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan 96/8154 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile, Simav Gölü uygulama alanı seçilmiştir. Fakat mevcut kullanım sınırları ile kadastro sınırlarının farklı olması ve arazinin az talep eden çiftçi sayısının fazla olması gibi nedenlerden dolayı 3083 sayılı kanun Simav Göl arazisinde uygulanamamıştır [17].

Tarım Reformu Simav Bölge Müdürlüğü 2002 yılında kapatılınca, göl arazisinin kiralama çalışmaları 2005 yılına kadar Aydın Bölge Müdürlüğüne yürütülmüştür. 2005 yılında 14.02.2005 tarih ve 2005/8481 sayılı Kararnamenin yürürlüğe girmesiyle Simav Göl arazisi Maliye Bakanlığı Milli Emlak Genel Müdürlüğü'ne devredilmiş ve bu tarih itibariyle tüm takipler Simav Mal Müdürlüğü Milli Emlak Şefliği'nin kontrolüne verilmiştir. 2012 yılı itibariyle 17.606 dekarlık göl arazisi 14.289 nüfuslu çiftçi aileleri tarafından kullanılmaktadır (Çizelge 1) [18].

Çizelge 1: Tarım amaçlı kiralanan göl arazisindeki yerleşim birimleri, nüfusları ve kişi başına düşen arazi miktarları.

YERŞEŞİM BİRİMİ	NÜFUSU Eylül 2012	YARARLANILAN ARAZİ (Dekar)	KİŞİ BAŞINA DÜŞEN ARAZİ MİKTARI (m ²)
Kınık (Akdağ Kasabası)	2152	673,5	925
Savcılar (Akdağ Kasabası)		1317,5	
Güney Kasabası	2003	3915	1954,5
Naşa Kasabası	1906	2981,5	1564,3
Çitgöl Kasabası	3629	2312	637
Demirci Kasabası	1530	583,5	381,4
Öreyler	833	542,5	651,25
Çay Simav	564	712,5	126,33
Kelem Yenice (Gümüşsu)	1310	1560,5	2352
Boğazköy (Gümüşsu)		1520,5	
Göl Köy	362	1487	4107,7
	14.289	17.606	1232

3. 2. Simav Göl Arazisinde Tarım

Simav Göl arazisinin en önemli özelliği, bu arazide her hangi bir sulama ve gübre kullanmadan yapılan tarımdır. Bu nedenle göl arazi toprağının bölge halkı için önemi büyüktür. Kiralanan göl arazisinde ekimi en çok yapılan bitki fasulyedir. 1960-1990 yılları arasında verim bakımından bölgenin en verimli arazisi olan göl arazisinde 2005 yılından itibaren, özellikle bu alana evsel ve kimyasal atıkların karışması, kiralamadan kaynaklanan problemler ve yanlış tarım uygulamaları yüzünden, bir verim düşüşü gözlenmiştir. 1970-1980 yılları arasında 750-800 kg kuru fasulye dekar başına alınırken, son yıllarda bu değer 100 kg/dekar'ın altına düşmüştür. Verimdeki bu düşüşe bağlı olarak bölgede en çok yetiştirilen ürün olan fasulye yerini mısır, ayçiçeği, buğday, şeker pancarı ve haşhaşa bırakmıştır. Göl arazisinde yetiştirilen fasulyenin büyük kısmını çiftçiler kendileri için üretmektedir [12 ve 17].

Göl arazisindeki bu verim düşüşüne paralel olarak bölge halkı arasında göl arazisi ile ilgili tartışmalar baş göstermiştir. Bir grup bölge halkı, göl arazisinin bugünkü haliyle kullanılmasını isterken, diğer grup gölün restorasyon çalışmaları ile "gölün tekrar geri kazanılmasını" istemektedir [Bölge halkıyla yapılan görüşmeler, 2010].

3. 3. Arazi Gözlemleri

Göl arazisinde yöre halkının "göz" adını verdiği küçük su birikintileri incelenmiştir (Şekil 6). Bir sulak alan ekosistemi özelliği gösteren bu alanlarda, göl suyu yüzeyde bulunmakta ve *Lemna sp.*, *Typha sp.* ve *Phragmites sp.* gibi bazı sulak alan bitki türlerinin bu su birikintilerinde yayılış gösterdiği tespit edilmiştir. Gözlerden uzaklaştıkça yüzey suyu toprağın derinliklerine inmekle birlikte, özellikle göl arazisinin hareketli zemini suyun çokta derinlerde olmadığını göstermektedir (arazide faaliyet gösteren traktörlerin hareketi ile göl tabanı sallanmaktadır) [Kişisel gözlemler Bingöl, 2010].



Şekil 6. Göl arazisinde bulunan gözlerin genel görünüşü.

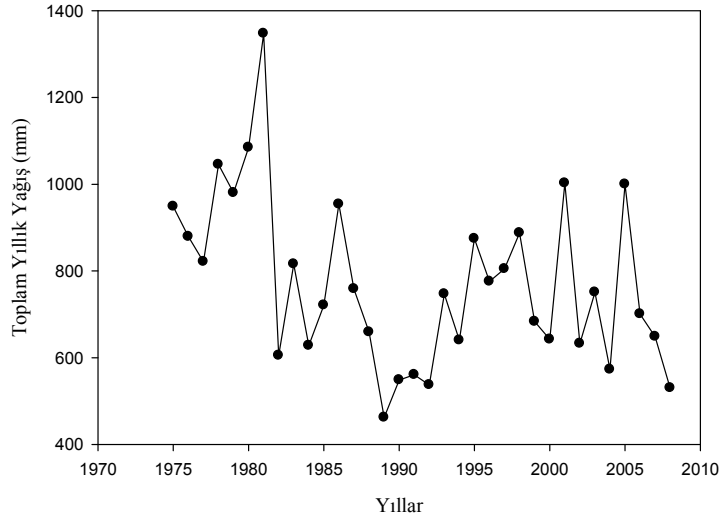
Ayrıca, bölge basını ve Simav Kaymakamlığı'ndan elde edilen bilgilere göre, gölün su ile dolu olduğu mevsimlerde gölde nilüferlerin geniş yayılış gösterdiği, göl kenarında ise kamışların bulunduğu ve bölge halkının geçimlerini sağladıkları belirlenmiştir. Gölde ayrıca ördek, kaz, turna, sazan, karabatak ve balıkçıl kuşların bulunduğu kaydedilmiştir [12].

3. 4. Bölgenin İklim Değişimi

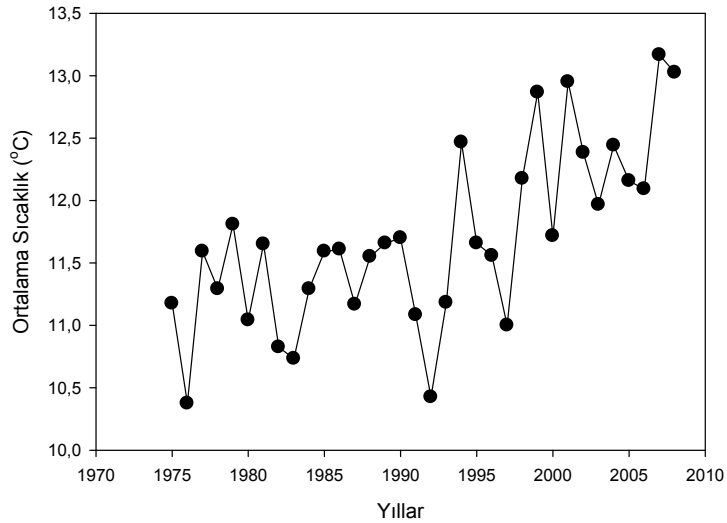
İlçede yıllık ortalama sıcaklık 11,7°C'dir. Ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu ay Temmuz (21,9°C) ve ortalama sıcaklığın en düşük olduğu ay Ocak ayıdır (2,3°C). Simav 772,1 mm yıllık toplam yağış miktarına sahiptir. En fazla yağış miktarı 139,8 mm ile Aralık ayına aittir. En az yağış miktarı ise 9,6 mm ile Ağustos ayındadır. Çalışma alanı Akdeniz ikliminin etkisi altındadır (S=2,15). Simav ilçesi yağış-sıcaklık emsali değerlendirildiğinde Az Yağışlı Akdeniz Biyoiklim katına girmektedir (Q=86,93).

İlçenin 1975 ile 2008 yılları arası toplam yağış miktarları incelendiğinde, gölün tamamen kurduğu 1982 yılından itibaren yağış miktarında bir düş tespit edilmiştir. 1975-1981 yılları arasında 1015,2 mm'ye kadar yükselen ortalama toplam yıllık yağış miktarının, 1982-2008 yılları arasında 709,1 mm'e kadar düştüğü hesaplanmıştır (Şekil 7).

Bölgenin yıllık ortalama sıcaklık miktarı incelendiğinde, gölün tamamen kurutulduğu 1980 yılı ile 1992 yılları arasında ortalama sıcaklıklarda çok büyük değişiklikler görülmemekle birlikte, 1992 yılı itibariyle ortalama sıcaklıklarda 1-3 °C'lik bir artış gözlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 7. Simav ilçesi 1975-2008 yılları arası toplam yağış miktarı (mm)



Şekil 8. Simav ilçesi 1975-2008 yılları arası ortalama sıcaklık (°C)

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Göl arazide yapılan ön çalışmalar değerlendirildiğinde, gölün kurutulmadan önceki sulak alan özelliğinin kurutulduktan sonra da devam ettiği tespit edilmiştir. Günümüzde de, kurutulmadan önce olduğu gibi yağışlı mevsim olan kış-bahar aylarında göl arazisinde su seviyesi yükselmektedir. Fakat yükselen su seviyesi tarım alanlarını tehdit edecek seviyeye ulaştığında kanalın kapakları DSİ tarafından açılmakta ve arazinin suyu boşaltılmaktadır. Bu da göstermektedir ki, eğer kanalın kapakları yağışlı mevsimde açılmaz ise (Şekil 1) gölde ciddi miktarda su birikecektir (Şekil 4). Yaz aylarında göl suyu çekilmekle birlikte, özellikle gölün belli bölgelerinde suyun yüzeye çok yakın olduğu tespit edilmiştir. 2012 yılında yapılan gözlemler (Şekil 6), gölün kurutulmasının üzerinden yaklaşık 50 yıl geçmiş olmasına rağmen hala sulak alan özelliğini koruduğunu göstermektedir.

Simav Göl'ü ile ilgili bilgiler bir araya getirilip değerlendirildiğinde sığ bir göl olarak tanımlanan Simav Gölü'nün suyundaki çekilmeler-baskınlar ve bölgede yayılış gösteren bitki türleriyle sulak alan tiplerinden "tatlı su bataklığı" olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır. Tatlı su bataklıkları yer altı suları veya akarsular tarafından beslenen sığ su birikintileri olarak tanımlanır ve yağışın fazla olduğu kış aylarında taşkın yatakları oluştururlar. Bu tip sulak alanlarda Poaceae familyası bitkileri baskın olmakla birlikte halk arasında sazlık olarak bilinen ve tatlı su bataklığı karakteristik bitkileri olan *Phragmites australis* (Cav). Trin. ex Steudel, *Typha latifolia* L. ve *Typha angustifolia* L. yayılış göstermektedir ki, Simav Göl arazisinde de tarımın yapılmadığı ve yeraltı suyunun yüzeye yakın olduğu yerlerde bu bitki türlerine rastlanmıştır [2 ve 3].

Birincil üretim ve çürüme sulak alanlardaki organik madde döngüsünün en önemli basamaklarından. Simav göl arazisinde yaklaşık 30 yıldır gübre ve kimyasal madde kullanılmadan tarım yapılmakta ve sürekli kaldırılan ürün sonucu toprağa organik madde girişi azalmaktadır [19]. Ayrıca, tarım alanlarına zarar verdiğinden, göl arazisinde biriken su açılan kanalla boşaltılmakta ve bölgede su baskınlarına da izin verilmemektedir. Bölge üzerindeki bu antropojenik etkiler bir araya geldiğinde göl arazisine besin maddesi girişinin azaldığı ve bunun da toprak verimini olumsuz etkilediği düşünülmektedir [20].

Simav Ovası aynı zamanda ülkenin en önemli jeotermal kaynak alanlarından birisidir. Jeotermal kaynakların sürdürülebilirliğinin korunması açısından su kaynaklarının büyük önemi bulunmaktadır. Bölgenin yer altı su potansiyeli ve su bilançosunun dengede bulundurulması, gerek yer altı su kaynaklarının gerekse yer altı sularıyla beslenen jeotermal kaynakların korunması açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle arazinin su ve toprak kullanım planları tüm riskler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır [12].

Göl arazisinin geri kazanımı ile ilgili tartışmalar halen devam etmektedir. Fakat sonuç ne olursa olsun, ister gölün tekrar geri kazanılması için araştırmalar başlasın yada tarımdaki verimi arttırmak için alınacak tedbirler belirlensin, göl arazisi ile ilgili detaylı ekolojik çalışmalar yapılmalı ve göl kurutulduktan sonraki arazinin durumu ortaya konulmalıdır. Öncelikle gölü besleyen Simav Çayı ve gözlerin durumu değerlendirmeli, göl arazisi toprağı ve toprak çürüme hızı ile ilgili detaylı çalışmalar başlatılmalıdır.

Temennimiz, Simav Göl'ünün tatlı su bataklığı olarak fonksiyon göstermesi ve biyolojik çeşitliliği ile bu sulak alanın korunmasıdır. Sulak alanların geri kazanılması ve korunmasına yönelik çalışmalar zaman, emek ve yatırım gerektiren çalışmalardır. Bölge halkının da ekonomik kazançları dikkate alınarak göl arazisinde düzenlemelerin yapılması ve gölün geri kazanılmasına yönelik rehabilitasyon çalışmalarının hızlı bir şekilde başlatılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bizlere yardımcı Simav Efe'm gazetesi sahibi Mehmet Adil TURGUT'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Çevre ve Orman Bakanlığı, Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği, Resmi Gazete Sayı: 25818, (2005).
- [2] W. Mitsch and J. Gosselink, "Wetlands 3rd ed.", John Wiley & Sons Inc., New York, 920 (2000).
- [3] A. Tırlı, "Sulak Alanlar", Peyzaj Mimarları Odası Yayınları, Ankara, 193 (2006).
- [4] B. Middleton, "Wetland restoration: Flood pulsing and disturbance Dynamics", John Wiley & Sons, Inc, 388 (1999).
- [5] L. Hinkle and J. Mitsch, "Salt marsh vegetation recovery at salt hay farm wetland restoration sites on Delaware Bay", Ecological Engineering, 25, 240-251 (2005).
- [6] G. Liu, J. Zhou, W. Li, Y. Cheng, "The seed bank in a subtropical freshwater marsh: implications for wetland restoration", Aquatic Botany, 81,4-11 (2005).
- [7] B. Cui, Q. Yang, Z. Yang, K. Zhang, "Evaluating the ecological performance of wetland restoration in the Yellow River Delta, China", Ecological Engineering, 35, 1090-1103 (2009).
- [8] M. Acreman, J. Fisher, C. Stratford, D. Mould and J, "Mountford, Hydrological science and wetland restoration some case studies from Europe", Hydrology and Earth System Sciences, 11, 158-169 (2007).
- [9] R. Warren, P. Fell, R. Rozsa and A. Brawley, "Salt marsh restoration in Connecticut: 20 years of science and management", Restoration Ecology, 10, 497-513 (2002).
- [10] J. Teal and S. Peterson, "Introduction to the Delaware Bay salt marsh restoration", Ecological Engineering, 25, 199-203 (2005).
- [11] P. Vidon and A. Smith, "Assesing the Influence of Drainage Pipe Removal on Wetland Hydrology Restoration: A Case Study" Ecological Restoration, 26, 1573-1589 (2008).
- [12] C. Pala ve E. Erdoğan, "Doğası tarihi ve folkloruyla Simav", Simav Kaymakamlığı Köylere Hizmet Götürme Birliği Yayınları, 318 (2007).
- [13] Simav Efe'm Gazetesi, Simav-Kütahya (2009).
- [14] <http://www.google.com.tr/intl/tr/earth/>
- [15] DMİ, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara (2009).
- [16] Y. Akman, "İklim ve Biyoiklim", Kariyer Matbaacılık Limited Şirketi, Ankara, 350 (1999).

- [17] Simav İlçe Tarım Müdürlüğü Simav Gölü Bilgilendirme Dosyası (2009)
- [18] Simav İlçe Nüfus Müdürlüğü “Simav İlçesi Nüfus Bilgileri” (2009-2012)
- [19] N. Akanil and B. Middleton, “Leaf litter decomposition along the Porsuk River, Eskisehir, Turkey”, *Canadian Journal of Botany*, 75, 1394-1397 (1997).
- [20] P. B. Bayley, “Understanding large river-floodplain ecosystems”, *Bioscience*, 45 (3), 153-157 (1995).

PORSUK, KOCASU VE EMET ÇAYLARI'NA (KÜTAHYA) AİT SULARIN LAHANA (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) BİTKİSİNİN BAZI ÇİMLENME PARAMETRELERİ VE FİDE GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Betül AKIN¹, Sema LEBLEBİCİ², Nüket Akanlı BİNGÖL¹

¹Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Evliya Çelebi Yerleşkesi, 43270, Kütahya, hortaca@yahoo.com
²Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Gülümbe Kampüsü, Bilecik.

Geliş Tarihi:01.04.2013 Kabul Tarihi:01.08.2013

ÖZET

Bu çalışmada, farklı bor konsantrasyonlarına sahip olan Porsuk, Kocasu ve Emet Çayları (Kütahya) ile sulanan lahanaya (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) bitkisinin çimlenme hızı, çimlenme yüzdesi (%), kök-gövde uzunluğu (cm) kök-gövde yaş ağırlığı (g) ve kök-gövde kuru ağırlığı ile çayların içerdiği bor konsantrasyonu arasındaki ilişki araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, çalışma alanları içinde en yüksek bor konsantrasyonuna sahip akarsu Emet Çayı olarak tespit edilmiştir (32,02 mg/L). Borun lahanaya bitkisinin kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı üzerinde negatif etkisi olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, lahanaya bitkisinin gövde gelişimi üzerine bor konsantrasyonu pozitif bir etki göstermiştir. Ayrıca Emet çayındaki bor miktarının bitki yetiştirmede sakıncalı boyutta olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Brassica oleracea* var. *capitata*, bor, çimlenme parametreleri, fide gelişimi

EFFECTS OF PORSUK, KOCASU AND EMET STREAM WATERS (KÜTAHYA) ON SOME GERMINATION AND SEEDLING GROWTH PARAMETERS OF CABBAGE (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) PLANT

ABSTRACT

Effects of Porsuk, Kocasu and Emet stream's irrigation water (Kütahya), which have different boron concentrations, on germination rate, % germination, root-stem length (cm), root-stem fresh weight (g) and root-stem dry weight of cabbage plants (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) were investigated in this study. According to the results, it was found that Emet stream had the highest boron concentration (32,02 mg/L). There were negative relation between boron concentration and root length, root fresh weight and root dry weight of cabbage. On the other hand, boron concentration had a positive impact on stem growth of cabbage plant. In addition, it has been determined that boron content of Emet stream is in dangerous dimension for plant cultivation.

Keywords: *Brassica oleracea* var. *capitata*, boron, germination parameters, seedling growth

1. GİRİŞ

Bitki gelişimi için ihtiyaç duyulan mikro elementlerden biri olan bor, doğada tek başına bulunmaz. Oksijenle bağ kurmaya yatkın olan borun, bor-oksijen bileşiklerine "borat" denilmektedir ve doğada yaklaşık olarak

230 farklı bor minerali bulunmaktadır [1, 2]. Topraktaki borun en yaygın kaynakları arasında, bor maden ocaklarının ve çeşitli sanayi kuruluşlarının atıkları gelmektedir [2]. Borun bitkiler tarafından kolaylıkla alınabilen formları, borik asit ve boraktır. Bunun yanısıra sulu bor suda çok daha hızlı çözünebildiğinden dolayı bitki yapraklarına direkt uygulanabilen formudur [3].

Bor, sağlıklı bitki büyüme ve gelişimi için gerekli olan bir mikroelementtir. Keren ve Bingham (1985) tarafından, sulama suyundaki güvenli bor miktarı duyarlı türler için, avokado (*Persea americana* Mill. cv. Fuerte), elma (*Malus domestica* Borkh.) ve fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), 0,3 mg L⁻¹bor, yarı toleranslı bitkiler için, yulaf (*Avena sativa* L.), mısır (*Zea mays*L.), patates (*Solanum tuberosum*L.), 1-2 mg L⁻¹bor ve toleranslı bitkiler için, havuç (*Daucus carota*L.), yonca (*Medicago sativa*L.) ve şeker pancarı (*Beta vulgaris*L.), ise 2-4 mg L⁻¹ bor olarak belirlenmiştir [4]. Bitkisel üretimde bor içeren sulama suları ile sürekli yapılan sulama, toprağın adsorpsiyon kapasitesini artırarak ürün veriminde azalmaya neden olmaktadır. Toprakta normal büyüme ve gelişim için gerekli olan bor miktarının hemen üzerindeki değerler, birçok bitki türü için toksik olabilmektedir [5].

Bitkiler tarafından borun alım mekanizmaları üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, borun pasif veya aktif olarak alınabildiği ortaya çıkmıştır. Borun toprakta yeterli veya fazla bulunduğu koşullar altında bitki tarafından bor alımını borik asitin pasif taşınımı ile olur [6-9]. Bu pasif alım da borun hücre membranından difüzyon ve akuaporin adı verilen taşıyıcı proteinler aracılığıyla geçtiği bildirilmiştir [10, 11]. Borun ortamda yeterli miktarda bulunmadığı koşullarda bitkiler tarafından aktif olarak alındığını gösteren bazı çalışmalar da vardır [6].

Transpirasyona bağlı olarak bor ksilem iletim boruları içerisinde bitkide tepe noktalarına değin taşınır. Borun alınması ve iletim borularında taşınması bitkinin su alımı ile yakından ilgilidir. Bu nedenle bor alımı yönünden bitkiler arasında önemli farklılıklar vardır. Bu durum aynı toprakta ve benzer koşullarda yetiştirilen bitkilerin bor alım kapasitelerindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Bitkilerin bor ihtiyacı molar konsantrasyon temel alındığında diğer mikroelementlerden en fazla olanıdır [12]. Bitkiler arasında bor isteği açısından oldukça büyük farklılıklar vardır. Genelde tek çenekli bitkilerin bor alım kapasiteleri çift çenekli bitkilere göre daha azdır. Bunun yanı sıra tahıl bitkilerinin bor gereksinimleri göreceli olarak azdır. Yonca gibi baklagil bitkileri ile pancar, lahana ve benzeri bitkilerin bor gereksinimleri ise göreceli olarak fazladır. Pamuk, tütün, marul, domates gibi bitkilerin bor gereksinimleri ise orta düzeydedir. Bitkinin değişik organları içerisinde bor en fazla yapraklarında, en az da kök, meyve ve tohumlarında bulunur. Bitkilerde immobil olması nedeniyle bor miktarı genç yapraklara göre yaşlı yapraklarda daha fazladır [9, 13, 14]. Kolza bitkisinde bor miktarı en fazla yaprak ayası, sonra tohum kapsülü ve en az tohumda olacak şekilde dağılım göstermektedir. Transpirasyona bağlı olarak yukarı doğru taşınan bor bitki yapraklarında birikir. Yapraklarda biriken bor miktarı ise yaprak ucu > yaprak ayası > yaprak sapı şeklinde sıralanmaktadır. Yaprakta bu şekilde biriken bor, yaprak uçlarında zaman zaman toksik belirtilerin ortaya çıkmasına neden olur [9].

Borun vejetatif büyümeye olan etkilerinden bir tanesi kök büyümesi üzerinedir. Bitki kökleri normal bir gelişim için sürekli olarak bor elementine ihtiyaç duyar. Bor eksikliğinde kök büyümesinin engellenmesi, hücre bölünme oranının düşmesi ve uzunluğuna büyümenin inhibe edilmesinden kaynaklanır. Kök uzunluğunun azalmasını takiben köklerde kahverengileşme, birçok kısa-kahverengi yan köklerin oluşumu ve köklerde anormal genişleme olduğu tespit edilmiştir [15-17]. Bor eksikliğine benzer şekilde bortoksikliğinin de köklerde deformasyona sebep olduğu bulunmuştur [5, 18]. Diğer taraftan bor eksikliğinde gövde büyümesinin de apikal bölgedeki meristematik aktivitenin azalmasından dolayı inhibe edildiği bildirilmiştir. Internodların kısa olması, petiol ve gövde çapında meydana gelen artış da bor eksikliğinde görülen diğer

semptomlardır [19, 20]. Bor eksikliğinde olduğu gibi bor toksikliğinde de gövde büyümesinin azaldığı bulunmuştur [21].

Vejetatif büyümede bor eksikliğinin gözle görülebilen semptomları öncelikle genç yapraklarda ortaya çıkar. Yapraklar küçük olup, klorotik lekeler içerir. Petioller kırılmalıdır, bazen çatlayabilir ve bunun sonucunda genç yapraklar düşerek ölür. Bazı bitkilerde bor eksikliğinde yaprak kıvrılması görülebilir [16]. Bor eksikliği semptomları genç yapraklarda görülürken, bor toksikliği semptomları ise yaşlı yapraklarda görülür. Çeşitli bitki türleri arasında, bor toksikliğinin görülebilir tipik semptomu, yaşlı yaprakların uç ve kenarlarında yanıklar, nekrotik-klorotik beneklerdir [13, 22, 23]. Ayrıca bor toksikliğinin bitki başına düşen yaprak sayısı, yaprak alanı ve kuru ağırlığını azalttığı fıstık bitkisinde gösterilmiştir. Bu morfolojik değişikliklerin yanı sıra yaprakta bazı anatomik değişiklikler de görülür [21]. İki buğday türüyle ilgili yapılan çalışmada, bor toksisitesi altındaki bitkilerde fide boyu ve % kuru madde miktarının azaldığı, kök uzamasının ise engellendiği ortaya konulmuştur [24].

Bor ayrıca bitkilerde reproduktif büyüme için de gereklidir. Borun reproduktif büyümedeki ilk etkisi anter gelişimi, polen çimlenmesi ve polen tüpü büyümesi üzerinedir [15, 25]. Bor, bu nedenle bitkilerde vejetatif gelişmeye göre generatif gelişme yönünden daha büyük önem taşımaktadır [9]. Bor eksikliğinin bir sonucu olarak meyvelerde de bazı semptomlar görülebilir. Meyveler klorotik lekeler içerir, çatlamalar görülür ve meyveler olgunlaşmadan düşebilir. Etlı meyvelerde ise bor eksikliği şekil bozukluğuyla meyvenin kalitesini de etkileyebilir. Bor toksikliğinde de yine eksikliğinde olduğu gibi, buğdayda dane veriminin azaldığı bulunmuştur [26, 27].

Borun bitkilerdeki metabolik ve fizyolojik işlevlerine ilişkin bilgiler, bor noksanlığında bitkiye bor uygulanması durumundaki değişimlere bakılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bor bitkilerde, şekerlerin taşınmasında, hücre duvarı sentezinde, lignifikasyon olgusunda, hücre duvarı strüktürünün oluşumunda, karbonhidrat metabolizmasında, RNA metabolizmasında, solunumda, IAA metabolizmasında, fenol metabolizmasında ve biyolojik membranların yapısal ve fonksiyonel özellikleri üzerinde önemli ve belirgin işlevlere sahiptir [9, 28].

Bu araştırmada, ilimizde mineral bor kaynaklarının en yoğun şekilde yer aldığı ve farklı bor konsantrasyonuna sahip olan Porsuk, Kocasu ve Emet çayları çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu bölgede en fazla tarımı yapılan sebze bitkilerinden olan lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) tohumları bu çaylara ait sularla sulanarak, bor elementinin çimlenme parametreleri ve fide gelişimi üzerine etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL ve METOD

2.1. Çalışma Alanlarının Tanımı

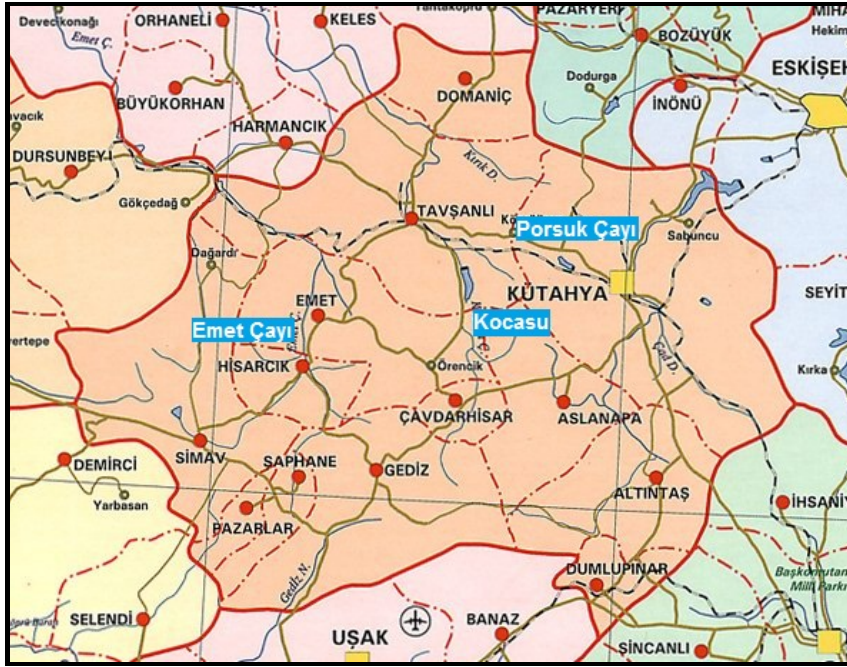
Kütahya il sınırları içerisinde bulunan ve çeşitli sanayi kuruluşlarının etrafında toplandığı akarsular araştırmanın çalışma alanlarını kapsamaktadır. Bu çalışma alanları üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su örnekleri ile deneyler gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).

Birinci çalışma alanı olarak belirlenen Porsuk Çayı, Porsuk ovasının en önemli akarsuyudur. Havza dışından doğan ve Çat Tepe'nin güneyinde havzaya giren Porsuk çayı, havza dahilinde Güvez dere, Çaydere ve

Değirmen dereyi alarak Kütahya il sınırları içerisinde bulunan Porsuk Baraj gölü sahasına ulaşmaktadır. Porsuk Barajı'ndan çıktıktan sonra Karkın deresi, Uludere ve Musaözü deresini alarak havzayı terk etmektedir.

Diğer çalışma alanı olan Emet Çayı, Saruhanlar ve Aşıkpasha köyleri yakınındaki kaynaklardan oluşup Kocadere adını alan akarsu ile Doğan yakası Deresinin Kayaköy altında birleşmesiyle meydana gelmiştir. Emet Çayı, Hisarcık ve Emet ilçelerinden geçerek Uluçam Köyü yakınlarından il topraklarını terketmektedir. Çayın uzunluğu 90 km., ortalama debisi 130 m³/s'dir.

Son çalışma alanı ise, Tavşanlı ilçe sınırları içerisinde bulunan ve Köprüören Köyü içerisinde geçen Kocasu'dur. Akarsu Felent çayına karışmakta ve köyde bulunan tarlaların sulanmasında aktif olarak kullanılmaktadır [29].



Şekil 1. Su örneklerinin alındığı akarsuları gösteren harita

2.2. Çalışma Alanlarının Biyoiklim Özellikleri

Su örneklerini temin etmek üzere belirlenen istasyonların bulunduğu lokalitelerin iklimsel karakterleri, düzenli periyotlarla ölçüm yapılan Kütahya Meteoroloji İstasyonu'nun son 10 yıla ait verilerine göre incelenmiştir [30].

2. 2. 1. Sıcaklık Değerleri (°C)

Kütahya'da yıllık ortalama sıcaklık 10,9 °C'dir ve sıcaklığın en yüksek olduğu ay 22,1°C ile Temmuz ayıdır. Yıllık ortalama yüksek sıcaklık Kütahya'da 25,5°C'dir ve ortalama yüksek sıcaklığın en yüksek olduğu ay Temmuz ayı olup, 36,1°C olarak tespit edilmiştir. Ortalama yüksek sıcaklığın en düşük olduğu ay ise 13,9°C ile Ocak ayıdır. Yıllık ortalama düşük sıcaklık il sınırları içerisinde -1,2°C olarak belirlenmiştir. Ortalama düşük sıcaklığın en yüksek olduğu ay 10,4°C ile Temmuz ayındadır. Ortalama düşük sıcaklığın en düşük olduğu ay ise Ocak ayı olup, -12,4°C'dir [31].

2. 2. 2. Yağış Miktarı (mm)

Kütahya 532,4 mm yıllık toplam yağış miktarına sahiptir. En fazla yağış miktarı 73,5 mm ile Aralık ayındadır. En az yağış miktarı ise 15,2 mm ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Araştırmada su örneklerinin alındığı il olan Kütahya, yağış rejimi bakımından incelenen meteoroloji verilerine göre KİSY yağış rejiminde yer almaktadır (Çizelge 1) [31].

Çizelge 1. Çalışma alanlarındaki meteoroloji istasyonunun verilerine göre yıllık yağış miktarının mevsimlere göre dağılışı ve yağış rejimi tipi

Çalışma Alanı	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Toplam Yağış	Yağış Rejimi
Kütahya	161,0 mm	52,8 mm	129,2 mm	189,4 mm	532,4 mm	KİSY

2. 3. Su Örneklerinin Toplanması ve Element Analizi

Porsuk Çayı'nda iki, Emet Çayı ve Kocasu'da üç adet olmak üzere örneklerin alınacağı istasyonlar akarsuların çevresinde bulunan sanayi kurum ve kuruluşlarının durumu göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Her istasyondan yaklaşık 1000 ml su örneği alınmış ve atomik absorpsiyon cihazında Ag, Cr, Cd, Pb, B ve Zn elementlerinin analizleri yapılmıştır [32].

2. 4. Çimlenme Deneyleri

Kütahya ilinde en fazla tarımı yapılan sebze bitkilerinden *Brassica oleracea* var. *capitata* L. (lahana, Yalova-1) çalışmanın materyali olarak belirlenmiş ve bu bitkiye ait tohumlar Kütahya Ziraat Odası'ndan temin edilmiştir.

Çimlenme deneyleri iklimlendirme odasında gerçekleştirilmiştir. Lahana tohumları her bir akarsudan alınan su örnekleri ve saf su (kontrol grubu) ile deney sonlanana kadar rutin olarak sulanmıştır [33]. Deneyler süresince sıcaklık 20°C'de sabit tutulmuş ve beyaz ışık kaynağı kullanılarak tohumlara 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık günlük fotoperiyot uygulanmıştır. Deneyler 9 cm çapındaki petri kabı içinde, filtre kâğıdından oluşturulan çimlenme yatağı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çimlenme deneyleri 3 tekrarlı olarak uygulanmıştır. Deneylere 21 gün boyunca devam edilmiş, çimlenmenin tüm serilerde tamamen durduğu gün deney sonlandırılmıştır. Radikulanın çimlenme yatağına değmesi, tohumun çimlenmiş olması için yeterli olarak kabul edilmiştir.

Deney sonunda saf su (kontrol grubu) ve üç farklı akarsuda belirlenmiş olan toplam 8 istasyondan alınan su örnekleri ile sulanan tekrar gruplarında, her petride çimlenmiş olan bireylerin çimlenme yüzdesi, kök-gövde uzunlukları, kök-gövde yaş ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Lahana tohumlarına ait çimlenme hızı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır [34].

$$\text{Çimlenme Hızı} = \frac{\sum \left(\frac{\text{Günlük çimlenen tohum sayısı}}{\text{Tekerrür}} \right) \times 100}{\sum (\text{Sayımın yapıldığı gün} \times \text{günlük ortalama çimlenme})}$$

Uzunlukları ölçülen bireylerin kök ve gövdeleri birbirinden ayrılmış, her bir bireye ait kök-gövde yaş ve kuru ağırlıkları teker teker ölçülemeyecek kadar hafif olduğundan her bir petride bulunan bireylerin kök ve gövdelerinin yaş ağırlıkları toplu olarak hassas terazi kullanılarak tartılmıştır. Yaş ağırlıkları alınan kök ve gövdeler 70°C'de 48 saat süre ile kurutulmuş, daha sonra kuru ağırlıkları tartılarak kaydedilmiştir.

2. 5. Verilerin İstatistiksel Analizleri

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, JMP SAS (1995) programı kullanılarak istatistiki olarak değerlendirilmiştir [35]. Elde edilen sonuçlar, su örnekleri ana etken olmak üzere, tohum çimlenme hızı, çimlenme yüzdesi, fide kök-gövde uzunluğu ile kök-gövde yaş ve kuru ağırlıkları ANOVA testi ($p < 0,05$) kullanılarak karşılaştırılmıştır. İstatistiksel olarak önemli bulunan parametreler için Tukey-HSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır [36].

3. BULGULAR

3. 1. Su Analizleri

Lahana bitkisinin çimlenme ve fide gelişimi deneylerinde kullanılmak üzere Porsuk Çayı, Kocasu ve Emet Çayı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su örneklerine ait element analizlerinin sonuçlarına göre; her üç akarsuda da Ag, Pb, Cd ve Cr elementlerine rastlanmazken, ppm düzeyinde B elementi tespit edilmiştir (Çizelge 2). En yüksek bor miktarı Emet Çayı 2. istasyonunda 32,02 mg/L iken, en düşük bor miktarı 0,26 mg/L ile Kocasu 3. istasyonunda tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Porsuk, Kocasu ve Emet Çayları'ndan alınan su örneklerinin Bor (B) analiz sonuçları

Su Örnekleri	Bor (mg/L)
Porsuk Çayı 1	0,39
Porsuk Çayı 2	0,55
Kocasu 1	0,75
Kocasu 2	0,44
Kocasu 3	0,26
Emet Çayı 1	4,13
Emet Çayı 2	32,02
Emet Çayı 3	26,94

3. 2. Çimlenme Hızı

Her üç akarsuya ait su örnekleri ile sulanan lahana tohumlarına ait çimlenme hızları karşılaştırıldığında, Kocasu 2. istasyonu su örneği ile çimlendirilen tohumlarda çimlenme hızı en yüksek iken (45,61), Porsuk Çayı 2. istasyonu su örneği ile çimlendirilen tohumların çimlenme hızının en düşük (34,17) olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı su örnekleri ile sulanan lahana tohumlarına ait çimlenme hızı

Su Örnekleri	Çimlenme Hızı
Kontrol	40,63
Porsuk Çayı 1	44,06
Porsuk Çayı 2	34,17
Kocasu 1	40,00
Kocasu 2	45,61
Kocasu 3	41,18
Emet Çayı 1	37,68
Emet Çayı 2	34,38
Emet Çayı 3	41,66

3. 3. Çimlenme Yüzdesi

Porsuk Çayı, Kocasu ve Emet Çayı'ndan alınan su örnekleri ile sulanan lahana bitkisine ait tohumların çimlenme yüzdeleri karşılaştırıldığında, su örneklerinin % çimlenme üzerine etkisi olmadığı istatistiksel olarak tespit edilmiştir ($F=0,53$; $p>0,05$).

3. 4. Kök - Gövdeye Ait Uzunluk ve Ağırlık Değerleri

Lahana fidelerinin kök-gövde uzunlukları karşılaştırıldığında Porsuk Çayı, Kocasu ve Emet Çayı'ndan alınan su örneklerinin kök ($F=0,75$; $p<0,05$) ve gövde ($F=3,68$; $p<0,05$) uzunluğu üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubu ile diğer su örneklerinde yetişen fideler karşılaştırıldığında, en iyi kök gelişiminin kontrol grubunda olduğu gözlenirken ($6,73 \text{ cm} \pm 0,37$), en zayıf kök gelişimi ise bor konsantrasyonunun en yüksek olduğu Emet Çayı 2. istasyonuna ($2,80 \text{ cm} \pm 0,41$) ait su ile sulanan fidelerde görülmüştür. Emet Çayı 3. istasyonuna ait su örneği lahana fidelerinin gövde gelişimini pozitif yönde etkilerken ($4,70 \text{ cm} \pm 0,27$), Kocasu 2. istasyonuna ait su örneği gövde gelişimini olumsuz yönde etkilemiştir ($2,99 \text{ cm} \pm 0,29$) (Çizelge 4).

Üç farklı akarsu örneklerinin lahana bitkisine ait kök yaş ($F=3,96$; $p<0,05$) ve kök kuru ($F=3,55$; $p<0,05$) ağırlıklarına olan etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu hesaplanmıştır. En yüksek kök yaş ağırlığına kontrol grubunda rastlanırken ($0,080 \text{ g} \pm 0,01$), en düşük kök yaş ağırlığı ($0,027 \text{ g} \pm 0,01$) bor konsantrasyonunun en yüksek olduğu Emet Çayı 2. istasyonuna ait su ile sulanan fidelerde görülmüştür. Kök kuru ağırlıkları incelendiğinde ise sonuçların kök yaş ağırlığı ile paralellik gösterdiği bulunmuştur. En yüksek kök kuru ağırlığı kontrol grubunda ($0,0040 \text{ g} \pm 0,001$) görülürken, en düşük kök kuru ağırlığı Emet Çayı 2. istasyonu ($0,0019 \text{ g} \pm 0,001$) ve Kocasu 2. istasyonundan ($0,0019 \text{ g} \pm 0,001$) alınan su örneği ile sulanan fidelerde tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 4. Farklı su örnekleri ile sulanan lahana fidelerine ait kök-gövde ortalama uzunlukları ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Su Örnekleri	Kök Uzunluğu (cm±SE)		Gövde Uzunluğu (cm±SE)	
Kontrol	6,73±0,37	A	3,61±0,24	ABC
Emet Çayı 1	3,39±0,38	B	3,45±0,25	BC
Emet Çayı 2	2,80±0,41	B	3,55±0,27	ABC
Emet Çayı 3	3,89±0,41	B	4,70±0,27	A
Kocasu 1	3,68±0,38	B	4,11±0,25	ABC
Kocasu 2	2,97±0,44	B	2,99±0,29	C
Kocasu 3	4,42±0,35	B	3,79±0,23	ABC
Porsuk Çayı 1	2,84±0,44	B	3,69±0,29	ABC
Porsuk Çayı 2	3,95±0,39	B	4,38±0,25	AB

Çizelge 5. Farklı su örnekleri ile sulanan lahana fidelerine ait kök yaş-kuru ortalama ağırlıkları ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Su Örnekleri	Kök Yaş Ağırlığı (g)		Kök Kuru Ağırlığı (g)	
Kontrol	0,080±0,01	A	0,0040±0,001	A
Emet Çayı 1	0,038±0,01	AB	0,0028±0,001	AB
Emet Çayı 2	0,027±0,01	B	0,0019±0,001	B
Emet Çayı 3	0,039±0,01	AB	0,0028±0,001	AB
Kocasu 1	0,051±0,01	AB	0,0029±0,001	AB
Kocasu 2	0,029±0,01	B	0,0019±0,001	B
Kocasu 3	0,070±0,01	AB	0,0036±0,001	AB
Porsuk Çayı 1	0,028±0,01	B	0,0020±0,001	B
Porsuk Çayı 2	0,052±0,01	AB	0,0029±0,001	AB

Porsuk Çayı, Kocasu ve Emet Çayı su örneklerinin gövde yaş ağırlık ($F=3,33$; $p<0,005$) üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli iken, gövde kuru ağırlığı üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı ortaya konmuştur ($F=2,12$; $p>0,005$). Gövde örneklerine ait yaş ve kuru ağırlıklar incelendiğinde Kocasu 3. istasyonu su örneği ile sulanan fide gövdelerinin yaş ağırlıkları en yüksek iken ($0,370g \pm 0,035$), Kocasu 2. istasyonu su örneği ile sulanan fide gövdelerinin yaş ağırlıklarının ($0,166g \pm 0,035$) en düşük olduğu bulunmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. Farklı su örnekleri ile sulanan lahana fidelerine ait gövde yaş-kuru ortalama ağırlıkları ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Su Örnekleri	Gövde Yaş Ağırlığı (g)		Gövde Kuru Ağırlığı (g)	
Kontrol	0,276±0,035	AB	0,0149±0,0019	A
Emet Çayı 1	0,275±0,043	AB	0,0165±0,0023	A
Emet Çayı 2	0,225±0,035	AB	0,0140±0,0020	A
Emet Çayı 3	0,227±0,035	AB	0,0150±0,0020	A
Kocasu 1	0,173±0,035	B	0,0150±0,0020	A
Kocasu 2	0,166±0,035	B	0,0094±0,0020	A
Kocasu 3	0,370±0,035	A	0,0180±0,0020	A
Porsuk Çayı 1	0,198±0,035	AB	0,0100±0,0020	A
Porsuk Çayı 2	0,279±0,035	AB	0,0160±0,0020	A

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Tarım ve çevre açısından önemli bir mikro element olan bor, bitkiler için genellikle düşük derişimlerde gerekli olmakla birlikte, yüksek derişimler detoksik etki göstererek bitkiye zarar vermektedir [37]. Bu durum, bor mineralinin eksiklik ve bor toksisite düzeyleri arasında küçük bir aralık olduğunu göstermektedir [38]. Bor (B) bitkilerde hücre duvarının gelişiminde, hücre bölünmesinde ve polen tüpü oluşumunda görevli bir elementtir [39].

Bor bileşikleri yaygın olarak yerüstü ve yer altı sularında mevcuttur. Yer altı sularında bor konsantrasyonu bütün dünyada >0,3 mg/L ve <100mg/L arasında değişmektedir. Deniz suyunda 0,5-9,6 ppm, tatlı sularda ise 0,01-1,5 ppm aralığındadır [37].

Kirletici maddelerin son durak olarak özellikle sucul ortamlara verilmesi ve bu ortamlarda insanoğlunun yaşantısını olumsuz yönde etkileyen biyolojik değişmelere neden olması, dünya üzerinde bu konuya karşı ilgi ve endişenin her geçen gün hızla artmasına neden olmuştur [40].

Emet Çayı, Uluabat Gölü'nü besleyen, ülkemizin en önemli akarsu sistemlerinden birisidir. Tarımsal ve evsel atıksuların yanı sıra çok sayıda sanayi tesisi ve maden işletmelerinden kaynaklanan kirlilik yükü, Emet Çayı Havzası'nın su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir [41]. Özellikle havza etrafında önemli bor yatakları bulunmaktadır [42, 43]. Türkiye'de bor yatakları bulunan dört bölgeden birini oluşturan Emet bölgesinde, açık ve kapalı olarak çalışan işletmelerde başlıca atık su kaynağı, cevherin yıkanması sonucunda ortaya çıkmakta ve Emet Çayına verilmektedir [44]. Emet Çayı, taşıdığı bu denli yüksek kirlilik nedeniyle, geçtiği bölgelerde sulama suyu olarak kullanılmasından dolayı yöre halkı sağlığı açısından da oldukça büyük bir risk ve tehdit oluşturmaktadır. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Eskişehir 15. Bölge Müdürlüğü'nce hazırlanan 30.06.1978 tarih ve 20 nolu raporda, Emet Çayı'ndan alınan numunelerde yüksek miktarda bor madenine rastlandığı, bunun bitkiler için tehlike arz ettiği belirtilerek, "zirai sulamada kullanılamaz" raporu verilmesine rağmen başka alternatifi olmadığı için hala bölgeye yakın tarım arazilerinde Emet Çayı'nı sulama suyu olarak kullanılmaktadır[45].Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen (2004) kıta içi su kaynaklarının bor miktarının I.,II. ve III. kalite sularda 1mg/L, IV. kalite sularda ise 1 mg/L'den fazla olduğu belirtilmiştir [46]. Buna göre, çalışma alanlarımızdan olan Porsuk Çayı 1 ve 2, Kocasu 1, 2 ve 3 istasyonlarının içerdiği bor miktarına göre su kaliteleri I. sınıf olarak belirlenmiştir. Emet Çayının her üç istasyonuna ait su örneklerinin

bor içeriğinin ise yönetmelikte belirtilen değerlerden çok daha yüksek olduğu ve IV.sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Oruç (2004) yaptığı çalışmada, Kütahya’da Emet ve Hisarcık’ta içme suyu kaynağı olarak kullanılan kaynak ve yeraltı sularında maksimum kirletici seviyesinden daha yüksek seviyede arsenik bulunduğunu ve bu durumun bor oluşumundaki bazı minerallerin çözünmesinden kaynaklandığını belirtmiştir [47]. Dolayısıyla içme, sulama ve kullanma suyu olarak bu suyun kullanılmasının uygun olmadığı belirtilmektedir [48]. Atakuru (2009), Emet ve Hisarcık Bölgesi sularının arsenik ve bor konsantrasyonlarını belirlemiştir. Belirledikleri istasyonların çoğundan alınan su örneklerinin bor ve arsenik konsantrasyonlarının Dünya Sağlık Örgütü (WHO)’nün belirlemiş olduğu limit değerinden yüksek olduğunu tespit etmiştir [49]. Nitekim bitkiler için gerekli olan ancak 1 mg/L’den fazla bor içeriğine sahip suların sulamada kullanılması bitkilerde ve toprakta sorun meydana getirebilmektedir [50].

Porsuk, Kocasu ve Emet çaylarının suları bor konsantrasyonuna göre sınıflandırıldığında [38]; Porsuk Çayı 1, Porsuk Çayı 2, Kocasu 2 ve Kocasu 3, 1. kategoride (çok iyi) yer alırken; Kocasu 1’in 2. kategoride (iyi) olduğu bulunmuştur. Emet Çayı’na ait örneklerin ise 5. kategoride yer aldığı yani sulama suyu olarak kullanımının uygun olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Sulama sularının bor konsantrasyonuna göre sınıflandırılması [38]

Suyun Sınıfı	Bor Konsantrasyonu (mg/L)		
	Duyarlı Bitkiler	Yarı Duyarlı Bitkiler	Dayanıklı Bitkiler
1. Çok iyi	< 0,33	<0,67	< 0,1
2. İyi	0,33-0,67	0,67-1,33	1,0-2,0
3. Kullanılabilir	0,67-1,0	1,33-2,0	2,0-3,0
4. Şüpheli	1,0-1,25	2,0-2,5	3,0-3,75
5. Uygun değil	> 1,25	>2,5	> 3,75

Bu çalışmada farklı bor konsantrasyonuna sahip sulama suları ile sulanan lahana bitkisinin kök-gövde uzunlukları ile kök yaş ve kuru ağırlıkları kontrole göre farklılık göstermiş olup farklı düzeylerde bor içeren sulama suları sulanan lahana bitkisinin kök gelişimi engellenmiştir. Dannel ve ark., (1998) ile Jame ve ark., (1982)’nin yapmış olduğu çalışmalar bu araştırmada elde ettiğimiz sonuçlarla paralellik göstermektedir[5, 18]. Ayrıca Alam (2007) yaptığı çalışmada, 3-4 kg B/ha’nın lahana gelişimi için ideal olduğunu bu değerler üzerine çıkıldığında bitki boy uzunluğunun azaldığını tespit etmiştir [51]. Jolivette ark, 1943 yılında yapmış oldukları araştırmada ise, özellikle bor eksikliği ile ilgili anatomik çalışmalar için en uygun bitkilerin pancar ve lahana olduğunu ortaya koymuştur [39].

Sulama sularının ve bu sularla sulanan tarım alanlarının çeşitli toksik elementlerce kirlenmesi tarımsal üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir. Emet Çayı Havzası etrafındaki yöresel ve ulusal öneme sahip birçok tarım arazisinin abiyotik ve biyotik bileşenleri çay etrafında bulunan yerleşim yerleri, karayolu ve sanayi kuruluşlarının baskısı altında olup, başta bitkiler olmakla birlikte tüm yöre halkının sağlığını tehdit etmektedir. Bor konsantrasyonun çok yüksek olduğu Emet Çayı’nın ziraa sulama amaçlı kullanımı uygun değildir. Bu bağlamda, sanayi kuruluşlarının atık sularını Emet Çayı’na bırakırken Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine uygun şartları sağlamasına özen gösterilip, halk ve çevre sağlığını tehdit eden bu tip akarsuların iyileştirilmesi yönünde tedbirlerin en kısa zamanda alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] N. Ediz ve H. Özdağ , “Bor mineralleri ve ekonomisi”, DPU Fen Bilimleri Dergisi, Sayı: 2, 133 (2002).
- [2] A. Yılmaz, “Her derde deva hazinemiz bor”, Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı:414, 38 (2002).
- [3] S. Perica, P. H. Brown, J. H. Connell, A. M. S. Nyomora, C. Dordas, and H. Hu, “Foliar boron application improves flower fertility and fruit set of olive”, Hort Science., 36(4), 714 (2001).
- [4] R. Keren and F. T. Bingham, “Boron in waters, soils, and plants”, Adv. Soil Science 1, 230 (1985).
- [5] Y. W. Jame, W. Nicholaichuk, A. J. Leyshon and C. A. Cambell, “Boron concentration in the soil solution under irrigation: A theoretical analysis”, Can. J. Soil Science 62, 461 (1982).
- [6] P. H. Brown, N. Bellaloui, M. A. Wimmer, E. S.Bassil, J.Ruiz, H. Hu, H.Pfeffer, F. Dannel, and V. Römheld, “Boron in plantbiology”, Plant Biol.4, 205(2002).
- [7] P. H. Brown, and H. Hu, “Boron uptake by sunflower, squash and cultured tobacco cells”, Physiologia Plantarum, 91,435 (1994).
- [8] H. Pfeffer, F. Dannel, and V. Römheld, “Are there two mechanism for boron uptake in sunflower ?”, Journal of Plant Physiology, 155, 34 (1999).
- [9] B. Kacar ve V. Katkat, Bitki Besleme, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 595(2006).
- [10] C. Dordas, M. J. Chrispeelsand P. H. Brown, “Permeability and channel-mediated transport of boric acid across membrane vesicles isolated from squash roots”, Plant Physiology, 124,1349 (2000).
- [11] J. M. Ruiz, “Aquaporin and its function in boron uptake”, Trends in Plant Science, 6, 95 (2001).
- [12] P. H. Brown, N. Bellaloi, H. Hu, andA. Dandekar, “Transgenically enhanced sorbitol synthesis facilitates phloem boron transport and increases tolerance of tobacco to boron deficiency”, Plant Physiology, 119, 17 (1999).
- [13] I. E. Papadakis, K. N. Dimassi, andI. N. Therios, “Response of two citrus genotypes to six boron concentrations: concentration and distribution of nutrients, total absorption, and nutrient use efficiency”, Australian Journal of Agricultural Research, 54, 571 (2003).
- [14] D. Zhaoand D. M. Oosterhuis, “Cotton carbon exchange, non structural carbonhydrates, and boron distribution in tissues during development of boron deficiency”, Field Crops Research, 78, 75 (2002).
- [15] R. O.Nable, G. S. Bañuelos, J. G. Paull, “Boron toxicity”, Plant and Soil, Kluwer Academic Publishers, Chapter 12,193, 181 (1997).
- [16] D. M. Yeh, L. Lin, C. J. Wright, “Effects of mineral nutrient deficiencies on leaf development, visual symptoms and shoot-root ratio of *Spathiphyllum*”, Scientia Horticulturae, 86,223 (2000).

- [17] A. Demirtaş, “Bitkide bor ve etkileri”, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 36, 217 (2005).
- [18] F. Dannel, H. Pfefferand V. Römheld, “Compartmentation of boron in roots and leaves of sunflower as affected by boron supply”, Journal of PlantPhysiology, 153,615 (1998).
- [19] A. Asad, F. P. C. Blamey, and D. G. Edwards, “Effects of boron foliar applications on vegetative and reproductive growth of sunflower”, Annals of Botany, 92, 565 (2003).
- [20] F. El-Shintinawy, “Structural and functional damage caused by boron deficiency in sunflower leaves, Photosynthetica”, 36, 565 (1999).
- [21] G. A. PicchioniandS. Miyamoto, “Boron uptake and effects on growth and carbohydrate partitioning of pistachio seedlings”, Journal of American Society Horticulture Science, 116, 706 (1991).
- [22] S. Taban, ve İ. Erdal, “Bor uygulamasının değişik buğday çeşitlerinde gelişme ve toprak üstü aksamda bor dağılımı üzerine etkisi”, Turk Journal of Agricultural Forestry, 24, 255 (2000).
- [23] M. Alpaslan ve A. Gunes, “Interactive effects of boron and salinity stress on the growth, membrane permeability and mineral composition of tomato and cucumber plants”, Plant and Soil, 236,123 (2001).
- [24] Ş. A. Baykal ve I. Öncel, “Buğday fidelerinin bor toksisitesine toleransında çözünür fenolik ve çözünür protein miktarındaki değişmeler”, C. Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi, 27, 13 (2006).
- [25] L. Huang, J. Pant, B. Dell, andR. W. Bell, “Effects of boron deficiency on anther development and floret fertility in wheat (*Triticumaestivum* L. ‘Wilgoyne’), Annals of Botany, 85, 493 (2000).
- [26] K. D. Subedi, P. J. Gregory, R. J. Summerfield and M. J.Gooding, “Cold temperatures and boron deficiency caused grain set failure in spring wheat (*Triticumaestivum*L.)”,Field Crops Research, 57, 277 (1998).
- [27] S. K. Yau, and M. C. Saxena, “Variation in growth, development and yield of durum wheat in response to high soil boron. I. Average effects”, Australian Journal of Agricultural Research, 48, 945 (1997).
- [28] M. M. Shaaban, “Role of boron in plant nutrition and human health”,American Journal of Plant Physiology, 5, 224 (2010).
- [29] İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, “Kütahya İl Çevre Durum Raporu”, Kütahya, 354(2006).
- [30] DMİ, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara (2012).
- [31] Y. Akman, İklim ve Biyoiklim, Kariyer Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara, 350(1999).
- [32] N. Kurucu, İ. Gedikoğlu, F. Eyüpoğlu, M. Börekçi, B. Sönmez ve A. Ağar, “Toprak ve Su Analizleri Laboratuvarları El Kitabı”, Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 375(1990).

- [33] N. Yüksel, Y. Erdem, “Sulama ve Gübreleme”, HASAD Yayıncılık Reklamcılık Tarım San. Ve Tic. Ltd., İstanbul (2002).
- [34] E. Yücel, “Ebe karaçamın (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*) Biyolojik ve Ekolojik Özellikleri”, Eskişehir, 119 (2000).
- [35] JMP SAS, “JMP SAS”, SAS InstituteInc., NC, USA, 593(1995).
- [36] T. M. Little, F. J. Hills, “Agricultural Experimentation”, John Wiley and Sons, Inc.,Canada, 350(1978).
- [37] O. Minareci ve M. Öztürk, “Manisa ili baraj göllerinde bor kirliliğinin araştırılması”, BİBAD 5 (1), 25 (2012).
- [38] L. E. Allison, J. W. Bown, H. E Hayward , L. A. Richards, L. Bernstein, M. Fireman,. G. A.Pearson, L. v. Wilcox, C. A. Bower, J. T. Hatcher, R. C. Reeve, “Diagnosis and improvement of saline and alkali soils”, L. A. Richards(Editor), Washington D.C, USA, 166 (1954).
- [39] P. Jolivetand J. C. Walker, “Effect of boron deficiency on the histology of Garden beet and cabbage”, Journal of Agricultural Research, 66 (14), 166 (1943).
- [40] M. Türkoğlu, “Van Gölü’nden alınan su, sediment ve inci kefalı (*Chalcalburnustarichi*, PALLAS 1811) örneklerinde bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 59 (2008).
- [41] K. Onur ve S. P. Celtemen, “Susurluk Havzasında su kalitesinin korunmasına ilişkin temel sorunlar, darboğazlar, çözüm önerileri”, Su Çalıştay, Ankara, 33(2004).
- [42] Önel, “The Boron Pollution of Simav Stream, M. Kemalpaşa stream, lake apolyont and agricultural sites around this irrigation sources (in Turkish)”. Doğa Bilim Dergisi Atatürk Özel Sayısı, 51 (1981).
- [43] M. Çöl, C. Çöl, “Environmental boron concentration in waters of Hisarcık area in the Kütahya Province of Turkey”, Food Chem. Toxicology, 41, 1417 (2003).
- [44] M. T. Bebek, “Uluabat Gölü ve gölü besleyen su kaynaklarında ağır metal kirliliğinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 76(2001).
- [45] <http://hurarsiv.hurriyet.com.tr/goster/ShowNew.aspx?id=136053>
- [46] Çevre ve Orman Bakanlığı, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, Tarih: 31 Aralık Cuma, Sayı 25687 (2004).
- [47] N. Oruç, “Emet-Kütahya içme sularında arsenik düzeyi, önemi ve bor yatakları ile ilişkisi”, II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, 469(2004).
- [48] M. İ. Ünlü, M. Bilen, M. Gürü, Kütahya-Emet bölgesi yeraltı sularında bor ve arsenik kirliliğinin araştırılması, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 26, No 4, 753(2011).

- [49] İ. Atakuru, “Emet ve Hisarcık bölgesi sularında arsenik ve bor tayini”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 58 (2009).
- [50] D. Uygan, Ö. Çetin, “Bor’un tarımsal ve çevresel etkileri; Seydisuyu su toplama havzası”, II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, 527 (2004).
- [51] M. N. Alam, “Effect of boron levels on growth and yield of cabbage in calcareous soils of Bangladesh”, Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3, 858 (2007).

QUADRATIC BEHAVIOR OF Ft VALUES OF SUPERALLOWED FERMİ BETA DECAYS

Abdullah Engin ÇALIK

Dumlupınar University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Physics, 43270, Kütahya, aengin.calik@dpu.edu.tr

Geliş Tarihi:27.02.2013 Kabul Tarihi:31.07.2013

ABSTRACT

In the present work, quadratic behavior of Ft values of the superallowed $0^+ \rightarrow 0^+$ Fermi beta transitions have been investigated by on the eleven well known superallowed Fermi Beta decays; the parent nuclei are ^{10}C , ^{14}O , ^{26}Al , ^{34}Cl , ^{38}K , ^{42}Sc , ^{46}V , ^{50}Mn , ^{54}Co , ^{62}Ga , ^{74}Rb . Broken isospin symmetry of shell model Hamiltonian has been restored by Pyatov method. Within the Random Phase Approximation (RPA), calculations have been performed considering without and with pairing interactions.

Keywords: *Superallowed Fermi beta decays, Ft values, isospin breaking.*

SÜPERİZİNLİ FERMİ BETA GEÇİŞLERİNİN Ft DEĞERLERİNİN KUADRATİK DAVRANIŞI

ÖZET

Bu çalışmada çok iyi bilinen ve ana çekirdekleri ^{10}C , ^{14}O , ^{26}Al , ^{34}Cl , ^{38}K , ^{42}Sc , ^{46}V , ^{50}Mn , ^{54}Co , ^{62}Ga , ^{74}Rb olan onbir süperizinli $0^+ \rightarrow 0^+$ Fermi beta geçişinin Ft değerlerinin kuadratik davranışı incelenmiştir. Kabuk model Hamiltoniyen'in kırılan izospin simetrisi Pyatov metodu kullanılarak düzeltilmiştir. Hesaplamalar rastgele faz yaklaşımı (RPA) çerçevesinde çift etkileşmeyi dikkate alarak ve almayarak yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Süperizinli Fermi beta geçişleri, Ft değerleri, izospin kırılması.*

1. INTRODUCTION

Superallowed beta decays are pure Fermi type transitions. Superallowed $J^\pi 0^+ \rightarrow 0^+$ Fermi beta decay in nuclei is a good tool in order to test results and predictions of the electroweak standard model. Transition occurs between two components of the same isospin multiplet *i.e.* between isobar analogue states and, the transition is the subject of various studies [1-14].

The Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM) matrix [15, 16] connects quark eigenstates of weak interaction with quark mass eigenstates,

$$\begin{pmatrix} d' \\ s' \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}, \quad (1)$$

which is unitary.

The superaligned Fermi beta decay is one of the few process to calculate the up and down quark mixtures amplitude (V_{ud}) of (CKM) matrix. Because of unitarity, the elements in the first row should verify condition [15, 16]:

$$V_{ud}^2 + V_{us}^2 + V_{ub}^2 = 1. \quad (2)$$

Decays depend only on Fermi matrix element M_V , *i.e.* because the superaligned beta decays depend uniquely on vector part of the weak interaction, the Gammow-Teller matrix elements are defined as $M_A = 0$ [1, 17], and the ft value of Fermi beta transition is;

$$ft = \frac{K}{G_V^2 |M_V|^2}, \quad (3)$$

where $K / (\hbar c)^6 = 2\pi^3 \hbar \ln 2 / (m_e c^2)^5 = (8120.271 \pm 0.012) \times 10^{-10} \text{ GeV}^{-4} \text{ s}$, G_V is vector constant.

It is well known, for the Fermi beta transitions between $T = 1$ states, M_V 's ideal value is $\sqrt{2}$. Isospin symmetry is not exact in nuclei and, there is a discrepancy for the Fermi matrix element value. This discrepancy is defined as follows;

$$|M_V|^2 = 2(1 - \delta_C), \quad (4)$$

where δ_C is isospin symmetry breaking correction.

Nucleus dependent corrections should be obtained from experimental ft value. Introducing the correction terms, the experimental ft value can be expressed as follows;

$$Ft \equiv ft(1 + \delta_R)(1 - \delta_C) = \frac{K}{2G_V^2(1 + \Delta_R^V)}, \quad (5)$$

where f is statistical rate function, t is partial half-life for transition. Ft is named as ‘‘corrected Ft ’’. δ_R and Δ_R^V is nucleus-dependent part and nucleus-independent part of radiative correction, respectively. Radiative correction is separated into two terms:

$$\delta_R = \delta'_R + \delta_{NS}. \quad (6)$$

The former is independent of nuclear structure while the latter depends on nuclear structure. Due to this separation, left side of the Eq. (3) becomes [17]

$$Ft \equiv ft(1 + \delta'_R)(1 + \delta_{NS} - \delta_C), \quad (7)$$

where the first correction term is independent of nuclear structure and the second term is related with structure.

Furthermore, the isospin symmetry breaking correction (δ_C) has been split in two terms,

$$\delta_C = \delta_{C1} + \delta_{C2}. \quad (8)$$

Here, δ_{C1} represents effect of the Coulomb and other charge dependent nuclear forces that cause configuration mixing among the 0^+ state wave functions in the parent and also daughter nuclei. δ_{C2} includes other effect of the Coulomb interaction.

In the electroweak theory, relationship between the Fermi and vector coupling constant is $G_V = G_F V_{ud}$. From the equations (5) and (7), the matrix element V_{ud} is given as [11]:

$$V_{ud}^2 = \frac{2984.38(6)}{Ft}, \quad (9)$$

and the Fermi coupling G_F is obtained from muon beta decay.

There are a few active groups focused on the investigation of isospin breaking correction of the superallowed beta decays and the CKM matrix unitarity. Towner and Hardy made many calculations for the value of isospin breaking correction terms using the shell model [2, 4, 5, 14]. Ormand and Brown also used the shell model and, Hartree-Fock (HF) calculations for the breaking terms [6,10]. Another method based on the formalism of R-matrix theory [7, 8]. The other work in which RPA correlations added to a HF calculation putting together charge symmetry and charge independence was conducted by Sagawa et al. [11]. A large shell model calculation was performed for the A=10 case by Navratil et al. [12].

Wilkinson also investigated to determine and eliminate the isospin breaking by appropriate extrapolation to $Z \approx 0$ looking to experimental data [9, 13] and, using the different particle data to search on the unitarity of the CKM matrix, successively [18-22].

In the mentioned studies above, the residual interaction was not related to the shell model potential in the self-consistent way; in fact such a relation is necessary since the meanfield potential includes isovector term.

In the present study, different from our previous works, quadratic behaviour of Ft values of the superallowed beta decays have been investigated both without and with pairing correlations based on Pyatov's method [23, 24] self-consistently. Pyatov method has been used several studies [24-33]. In our previous studies, the CKM matrix unitarity and Ft values of superallowed beta transitions were investigated both without and with

pairing interactions in [34] and [35], respectively. Isospin admixtures and isospin structure of isobar analog resonance states of the superallowed beta decays calculations were also performed in Ref. [36].

The paper is organized as follows. In Section 2, the details of Pyatov method are given first. The calculated results and conclusions are then presented in Sections 3 and 4, respectively.

2. METHOD

As is well known, the single particle shell model potential is given by

$$U(r) = -U_0 f_0(r) + U_1 f_1(r) t_z + V_c(r). \quad (10)$$

In Eq. (10), $f_0(r)$ and $f_1(r)$ are the radial functions of the isoscalar and isovector potentials, respectively, U_0 and U_1 are parameters and, $V_c(r)$ is Coulomb potential. Form of the Coulomb potential is

$$V_C = \sum_{k=1}^A v_c(k) \left(\frac{1}{2} - t_z(k) \right) \quad (11)$$

where

$$t_z = \begin{cases} \frac{1}{2} & \text{for neutrons,} \\ -\frac{1}{2} & \text{for protons.} \end{cases}$$

It is clear that the isovector and Coulomb terms violate the isospin symmetry of the potential in Eq. (10),

$$\left[\hat{H}_{sp} - V_C, \hat{T}_\mu \right] \neq 0. \quad (12)$$

Here, in the second quantisation representation single-particle Hamiltonian is

$$\hat{H}_{sp} = \sum_{\tau, j, m} \varepsilon_{jm}(\tau) a_{jm}^+(\tau) a_{jm}(\tau) \quad (\tau = n, p). \quad (13)$$

Where $\varepsilon_{jm}(\tau)$ is single-particle energy of nucleons with angular momentum j , and $a_{jm}^+(\tau), a_{jm}(\tau)$ is single particle creation (annihilation) operator.

Isospin operators, \hat{T}_μ are defined as,

$$\hat{T}_\mu = \begin{cases} \hat{T}_z & \mu = 0 \\ (\hat{T}_x + i\mu\hat{T}_y) & \mu = \pm 1. \end{cases} \quad (14)$$

Additionally,

$$T_- = \sum_{i=1}^A t_-^i \quad , \quad T_+ = \sum_{i=1}^A t_+^i .$$

Eq. (12) explains that there is a residual interaction, which breaks the isospin symmetry because of the isovector term in the shell model Hamiltonian. The breaking effect of this interaction should be eliminated using a method and Pyatov's restoration method is used for the situation [23, 24]. According to the related method, the breaking symmetry of the model Hamiltonian is restored by adding a proper residual force to the Hamiltonian. Residual interaction \hat{h} should satisfy following condition:

$$\left[\hat{H}_{sp} - V_c(r) + \hat{h}, \hat{T}_\mu \right] = 0 . \quad (15)$$

Pyatov showed that \hat{h} has to be form given as,

$$\hat{h} = \frac{1}{2\gamma} \left[\hat{H}_{sp} - V_c(r), \hat{T}_\mu \right]^+ \left[\hat{H}_{sp} - V_c(r), \hat{T}_\mu \right] . \quad (16)$$

The γ is an average of double commutator in the ground state,

$$\gamma \equiv C = \langle 0 \left[\left[\hat{H}_{sp} - V_c, \hat{T}_{-\mu} \right], \hat{T}_\mu \right] 0 \rangle . \quad (17)$$

Such a form of the residual interaction allows us to simply treat the Coulomb mixing effects of the isospin. Thus, restoration of isotopic invariance for nuclear part of the Hamiltonian is satisfied and, the total Hamiltonian operator can be written in the form as,

$$\hat{H} = \hat{H}_{sp} + \hat{h} . \quad (18)$$

The Fermi transition matrix elements between the isobaric 0^+ states of neighbor nuclei are defined as;

a) for the transitions $(N, Z) \rightarrow (N-1, Z+1)$;

$$M_{\beta^-}^i = \langle 0 \left[\hat{Q}_i, \hat{T}_- \right] 0 \rangle = \sum_j \psi_j(p, n) \langle j, p \| j, n \rangle (N_j(n) - N_j(p)) , \quad (19)$$

b) for the transitions $(N, Z) \rightarrow (N+1, Z-1)$;

$$M_{\beta^+}^i = \langle 0 \left[\hat{Q}_i, \hat{T}_+ \right] 0 \rangle = - \sum_j \psi_j(p, n) \langle j, p \| j, n \rangle (N_j(n) - N_j(p)) . \quad (20)$$

It is possible to show that the transitions in question obey the Fermi's sum rule,

$$\sum_i \left\{ \left| M_{\beta^-}^i \right|^2 - \left| M_{\beta^+}^i \right|^2 \right\} = \sum_j \left| \langle j, p \| j, n \rangle \right|^2 (N_j(n) - N_j(p)) = 2T_0 = N - Z. \quad (21)$$

Here, $N_j(n)$ and $N_j(p)$ are occupation numbers of the corresponding neutron and proton states, respectively. The related method is expressed in Ref. [23-26], in detail.

3. CALCULATIONS AND RESULTS

In this section, behaviour of Ft values of the superallowed transitions are performed by considering the pairing correlations between nucleons and, including the effective interaction term in a self-consistent way. Without pairing and with pairing interaction values have been calculated within the framework of RPA and QRPA, respectively.

In the calculations, the Woods-Saxon potential with the Chepurnov parameterization [37] was used and the pairing correlation function was chosen as $C_n = C_p \approx 12/\sqrt{A}$ for the open shell nuclei.

In Table 1, the first column represents the superallowed Fermi beta transitions parent nucleus. The values for ft , $\delta'_R(\%)$, $\delta_{NS}(\%)$, $\delta_{C2}(\%)$ and $\Delta_R^v = (2.361 \mp 0.038)\%$ are adopted from Ref.[38]. In the fifth and sixth columns, the isospin symmetry breaking correction term $\delta_{C1}(\%)$ calculations based on the Pyatov method have been tabulated without and with pairing interactions, respectively. It is not possible to calculate the pairing effect of the ^{10}C and ^{14}O because of the poor nucleon number so results are same for these nuclei both without and with pairing results. In the eighth and ninth columns, the Ft values calculated from Eq. (7) have been given. The $\delta_{C1}(\%)$ and Ft values have been taken from our previous works [34, 35].

Table 1. Ft values of the eleven superallowed beta transitions.

Parent Nucleus	ft (sec)	δ'_R (%)	δ_{NS} (%)	δ_{C1} (%) [34]	δ_{C1} (%) [35]	δ_{C2} (%)	Ft (sec) [34]	Ft (sec) [35]
^{10}C	3039.5(47)	1.679(4)	-0.345(35)	1.399	1.399	0.165(15)	3103.0(51)	3103.0(51)
^{14}O	3042.5(27)	1.543(8)	-0.245(50)	0.578	0.578	0.275(15)	3127.7(34)	3127.7(34)
^{26m}Al	3037.0(11)	1.478(20)	0.005(20)	0.168	0.410	0.280(15)	3140.7(19)	3133.0(19)
^{34}Cl	3050.0(11)	1.443(32)	-0.085(15)	0.017	0.510	0.550(45)	3146.4(24)	3130.8(24)
^{38m}K	3051.1(10)	1.440(39)	-0.100(15)	-0.150	0.750	0.550(55)	3152.3(27)	3123.8(27)
^{42}Sc	3046.4(14)	1.453(47)	0.035(20)	-0.142	0.755	0.645(55)	3148.8(30)	3120.5(30)
^{46}V	3049.6(16)	1.445(54)	-0.035(10)	-0.219	1.070	0.545(55)	3155.3(32)	3114.5(31)
^{50}Mn	3044.4(12)	1.445(62)	-0.040(10)	-0.449	1.370	0.610(50)	3155.0(30)	3097.5(30)
^{54}Co	3047.6(15)	1.443(71)	-0.035(10)	-0.245	2.110	0.720(60)	3148.4(35)	3073.9(35)
^{62}Ga	3075.5(14)	1.459(87)	-0.045(20)	0.716	5.570	1.20(20)	3131.4(72)	2976.4(71)
^{74}Rb	3084.3(80)	1.50(12)	-0.075(30)	0.516	7.250	1.50(25)	3137.5(132)	2921.7(128)

The conserved vector current (CVC) hypothesis indicates that the Ft values should be constant for the superallowed Fermi beta decays. The studies in literature have been conducted in this respect, except for Wilkinson. Wilkinson suggested that the variation of Ft values according to Z should be quadratically after performing the isospin breaking correction [9, 13]. A lot of his works on this subject are available [9, 13, 18-22]. The Ft values for $Z=0$ has been found to extrapolate quadratic variable. Thus, all effects depending on the charge have been removed to the calculations. However, Wilkinson did not use the δ_C values obtained for each nucleus for this quadratic behaviour [13]. Firstly the average value and, secondly the fluctuation value have been used for the isospin symmetry breaking correction.

The Ft values of both without and with pairing interactions versus Z have been seen in Figure 1 and 2, respectively. As seen in Figures, the behavior of $Ft - Z$ changing is quadratic as Wilkinson's. As a result of the graphics extrapolation to $Z=0$, from Figure 1, the Ft value of without pairing is 3080.17 sec. while the data with pairing from Figure 2 is 3048.31 sec. As can be seen in Table 1 and Figures, the Ft values with pairing are smaller than without pairing values.

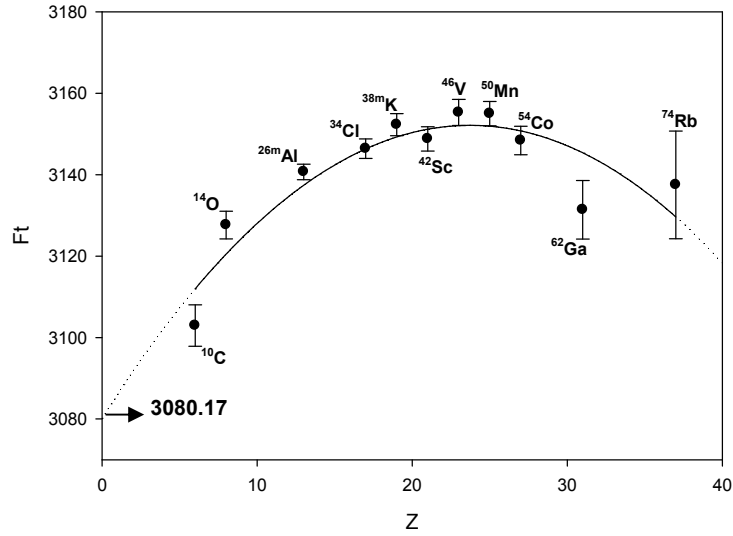


Figure 1. Calculated Ft values versus Z (without pairing).

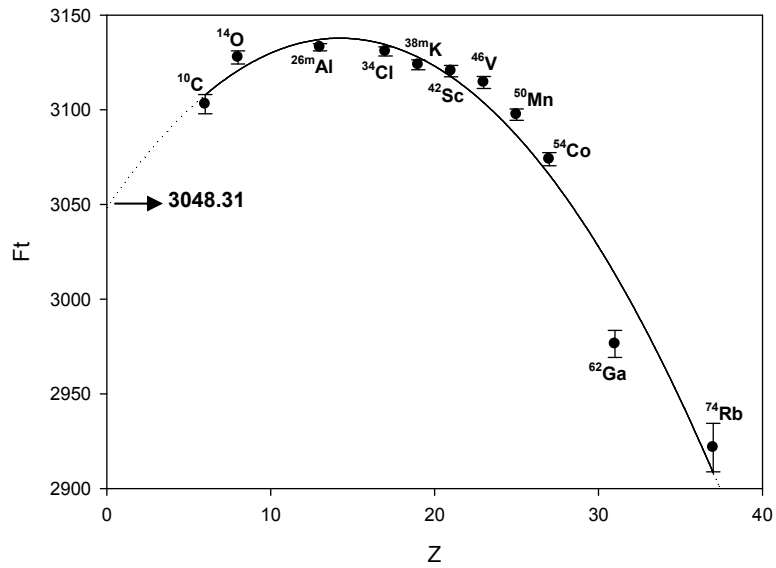


Figure 2. Calculated Ft values versus Z (with pairing).

This result can be explained as; when the pairing is considered density of final states of the transition are increasing and, due to the strength of the transition re-distribution between these new states the Ft values are decrease.

From the Eq. (9), V_{ud}^2 values have been found for without and with pairing calculations as 0.9689(8) and 0.9790(8), in turn. In Table 2, the first column represents the calculated V_{ud} values found in the present study. V_{us} and V_{ub} values, which are the other elements of first row of CKM matrix and, taken from Ref. [39] have been given in second and third columns. The obtained unitarity has been tabulated in the last column. In both cases the unitarity of CKM matrix is the order of one. In without pairing calculations, the deviation from the unity is % 1.171 and, taking into account of pairing between nucleons the deviation is about % 2.72. The present results are essentially in good agreement with the literature.

Table2. The unitarity ($V_{ud}^2 + V_{us}^2 + V_{ub}^2$) of the CKM matrix.

(V_{ud}) Present Work	(V_{us}) [39]	(V_{ub}) [39]	Obtained Unitarity ($V_{ud}^2 + V_{us}^2 + V_{ub}^2$)
0.9843(4) (without pairing)	0.2196(23)	0.0036(10)	1.0171(13)
0.9894(4) (with pairing)			1.0272(13)

4. CONCLUSION

In the present study, the Ft values of the superalloyed $0^+ \rightarrow 0^+$ Fermi beta transitions changing according to Z have been found quadratically as Wilkinson's. In the calculations the broken isotopic symmetry of the Hamiltonian has been restored by Pyatov method. Wilkinson did not use the δ_C values obtained for each nucleus for the quadratic behaviour. If Wilkinson used his own calculated results for the isospin breaking correction each nucleus, the $Ft-Z$ changing would not be obtained as quadratic. In the present work, the obtained δ_C values has been used for each nucleus. This situation increases reliability of the method used here.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank Prof. Dr. Cevat Selam from Muş Alparslan University and Prof. Dr. Murat Gerçeklioğlu from Ege University for their contributions. Also, the author is grateful to Doç.Dr. Cemal Parlak from Dumlupınar University for his help in editing.

REFERENCES

- [1] Blin-Stoyle R J., “Isospin In Nuclear Physics”, edited by Wilkinson D H., Amsterdam: North-Holland, 115-172 (1969).
- [2] I.S. Towner and J.C. Hardy, “Superallowed $0^+ \rightarrow 0^+$ nuclear β -decays”, Nucl. Phys. A, 205, 33 (1973).
- [3] D.H. Wilkinson, “The mismatch problem in super-allowed Fermi β -decay”, Phys. Lett., 65 B, 9 (1976).
- [4] J.C. Hardy and I.S. Towner, “Superallowed $0^+ \rightarrow 0^+$ nuclear β -decays and Cabibbo universality”, Nucl. Phys. A, 254, 221 (1975).
- [5] I.S. Towner, J.C. Hardy, and M. Harvey, “Analogue symmetry breaking in superallowed fermi β -decay”, Nucl. Phys. A, 284, 269 (1977).
- [6] W.E. Ormand and B.A. Brown, “Corrections to the Fermi Matrix Element for Superallowed β Decay”, Phys. Rev. Lett., 62, 866 (1989).
- [7] F.C. Barker, “On the nuclear-mismatch correction for superallowed $0^+ \rightarrow 0^+$ beta decays”, Nucl. Phys. A, 537, 134 (1992).
- [8] F.C. Barker, “Calculated values of the nuclear-mismatch correction for superallowed $0^+ \rightarrow 0^+$ beta decays”, Nucl. Phys. A, 579, 62 (1994).
- [9] D.H. Wilkinson, “Methodology for superallowed Fermi beta-decay Part III”, Nucl. Instr. and Meth. A, 335, 201 (1993).
- [10] W.E. Ormand and B.A. Brown, “Isospin-mixing corrections for fp -shell Fermi transitions”, Phys. Rev. C, 52, 2455 (1995).
- [11] H. Sagawa, N. Van Giai, and T. Suzuki, “Effect of isospin mixing on superallowed Fermi β decay”, Phys. Rev. C, 53, 2163 (1996).
- [12] P. Navrátil, B.R. Barrett, and W.E. Ormand, “Large-basis shell-model calculation of the $^{10}\text{C} \rightarrow ^{10}\text{B}$ Fermi matrix element”, Phys. Rev. C, 56, 2542 (1997).
- [13] D.H. Wilkinson, “Super-allowed Fermi beta-decay revisited”, Nucl. Instr. and Meth. A, 488, 654 (2002).
- [14] I.S. Towner and J.C. Hardy, “Calculated corrections to superallowed Fermi β decay: New evaluation of the nuclear-structure-dependent terms”, Phys. Rev. C, 66, 035501 (2002).
- [15] N. Cabibbo, “Unitary Symmetry and Leptonic Decays”, Phys. Rev. Lett., 10, 531 (1963).

- [16] M. Kobayashi and T. Maskawa, “CP-Violation in the Renormalizable Theory of Weak Interaction”, *Prog. Theor. Phys.*, 49, 652 (1973).
- [17] J. C. Hardy and I. S. Towner, “Superaligned $0^+ \rightarrow 0^+$ nuclear β decays: A critical survey with tests of the conserved vector current hypothesis and the standard model”, *Phys. Rev. C*, 71, 055501 (2005).
- [18] D.H. Wilkinson, “Evaluation of G_V and G_A ; CKM unitarity”, *Nucl. Instr. and Meth. A*, 495, 65 (2002).
- [19] D.H. Wilkinson, “Super-allowed Fermi beta-decay: CKM unitarity”, *J. Phys. G*, 29, 189 (2003).
- [20] D.H. Wilkinson, “Super-allowed Fermi beta-decay: a further visit”, *Nucl. Instr. and Meth. A*, 526, 386 (2004).
- [21] D.H. Wilkinson, “Super-allowed Fermi beta-decay”, *Nucl. Instr. and Meth. A*, 543, 497 (2005).
- [22] D.H. Wilkinson, “Super-allowed Fermi beta-decay: Unitarity of the CKM matrix”, *Nucl. Instr. and Meth. A*, 555, 457 (2005).
- [23] N. I. Pyatov and D. I. Salamov, “Conservation laws and collective excitations in nuclei”, *Nukleonika*, 22, 127 (1977).
- [24] N. I. Pyatov et al, “Self-consistent theory of Coulomb isospin mixing in nuclei”, *Sov. J. Nucl. Phys.*, 29, 10 (1979).
- [25] T. Babacan et al, “The effect of the pairing interaction on the energies of isobar analogue resonances in $^{112-124}\text{Sb}$ and isospin admixture in $^{100-124}\text{Sn}$ isotopes”, *J. Phys. G*, 30, 759 (2004).
- [26] A. Küçükburşa, D. I. Salamov, T. Babacan and H.A. Aygör, “An investigation of the influence of the pairing correlations on the properties of the isobar analog resonances in $A=208$ nuclei”, *Pramana*, 63, 947 (2004).
- [27] T. Babacan, D. I. Salamov, and A. Küçük burşa, “Gamow-Teller 1^+ states ^{208}Bi .”, *Phys. Rev. C*, 71, 037303 (2005).
- [28] D. I. Salamov et al, “The isospin admixture of the ground state and the properties of the isobar resonances in medium and heavy nuclei”, *Pramana*, 66, 1105 (2006).
- [29] D. I. Salamov, S. Ünlü, and N. Çakmak, “Beta-transition properties for neutron-rich Sn and Te isotopes by Pyatov method”, *Pramana*, 69, 369 (2007).
- [30] T. Babacan, D. I. Salamov, and A. Küçük burşa, “Self-consistent calculations of isospin admixtures in the ground states of the $N=Z$ nuclei in the mass region of 50–100” *Nucl. Phys. A*, 788, 279 (2007).
- [31] N. Çakmak, S. Ünlü, and C. Selam, “Low-lying Gamow-Teller transitions in spherical nuclei”, *Phys. Atom. Nucl.*, 75, 8 (2012) [*Yad. Fiz.*, 75, 10 (2012)].
- [32] N. Çakmak, S. Ünlü, and C. Selam, “Gamow-Teller 1^+ states in $^{112-124}\text{Sb}$ isotopes”, *Pramana*, 75, 649 (2010).

- [33] N. Çakmak, S. Ünlü, K. Manisa and C. Selam, “The investigation of $0^{+} \leftrightarrow 0^{-}$ beta decay in some spherical nuclei”, *Pramana*, 74, 541 (2010).
- [34] A. E. Çalık, M. Gerçeklioğlu, and D. I. Salamov, “Superalloyed Fermi beta decay and the unitarity of the Cabibbo-Kobayashi-Maskawa Matrix”, *Z. Naturforsch.*, 64 a, 865 (2009).
- [35] A. E. Çalık, M. Gerçeklioğlu, and C. Selam, “The influence of pairing correlations on the isospin symmetry breaking corrections of superalloyed fermi beta decays”, *Phys. Atom. Nucl.*, 76, (2013) [*Yad. Fiz.*, 76, (2013)]. DOI: 10.7868/S004400271304003X
- [36] A. E. Çalık, M. Gerçeklioğlu, and D. I. Salamov, “The isospin mixing and the superalloyed Fermi beta decay”, *Pramana*, 79, 417 (2012).
- [37] V. G. Soloviev, “Theory of Complex Nuclei”, New York: Pergamon, (1976).
- [38] I.S. Towner and J.C. Hardy, “Improved calculation of the isospin-symmetry-breaking corrections to superalloyed Fermi β decay”, *Phys. Rev. C*, 77, 025501 (2008).
- [39] I.S. Towner and J.C. Hardy, “The evaluation of V_{ud} , experiment and theory”, *J. Phys.G*, 29, 197 (2003).

ETİ MADEN KIRKA BOR İŞLETMESİ ATIKLARININ YAPI ANALİZİ

Yunus ERDOĞAN¹, Ayşegül TÜRK BAYDIR²

¹Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Kütahya, yerdogan@dumlupinar.edu.tr
²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, aturkbaydir@aku.edu.tr

ÖZET

Bor endüstri atıklarının en iyi şekilde değerlendirilmesi bu atıkların yapısının aydınlatılmasıyla mümkün olacaktır. Bu amaçla Eti Maden Kırka Bor İşletme Müdürlüğü açık ocak işletmesi ve konsantratör tesisleri atıklarını temsil edecek şekilde numuneler alınmıştır. Bu numuneler Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik Bölümünde bulunan Rigaku Miniflex marka XRD cihazı ile analiz edilmiştir. Emet Eti Bor işletmelerinde bulunan Rigaku ZSX Primus markalı XRF cihazı ile yarı kantitatif analizi yapılmıştır. Tam kantitatif analiz PED-XRF cihazı Ankara Üniversitesinde yapılmıştır. Analiz sonuçları değerlendirilerek uygun irdelemeler yapılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde KK8 numunesinin önemli miktarda rubidyum ve sezyum içerdiği tespit edilmiştir. Rubidyum ve sezyum elementinin ticari olarak az bulunan elementler olması ve önemli kullanım alanları bulunması nedeniyle bu tespit oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: *Bor, Boratığı, Dolomit, Tinkalkonit, Boraks, Potasyum Feldspat*

THE STRUCTURE ANALYSIS OF ETI MINE KIRKA BORON WORK WASTES

ABSTRACT

The best evaluation of Boron industrial wastes is possible by clarifying the structure of these wastes. For this purpose waste samples were taken to represent wastes of Eti Mine Kırka Boron Management open pit mine and concentrator institution. These samples were analyzed by Rigaku Miniflex brand XRD device which in Dumlupınar University Faculty of Engineering, Department of Ceramics. The semi-quantitative analysis was performed by Rigaku ZSX Primus brand XRF device which is in the Emet Eti Boron Works. Full quantitative analysis was performed by PED-XRF device at Ankara University. The proper examinations were made by the results of the analysis being evaluated. It is determined that KK8 sample contains significant amounts of Rubidium and Cesium when the results of the analysis were examined. This determination is very important due to that Rubidium and Cesium are commercially rare elements and they have got important areas of usage.

Keywords: *Boron, Boronwaste, Dolomite, Tinkalkonit, Borax, Potassium Feldspar*

1. GİRİŞ.

Uslu ve Arol, bor atığını kırmızı tuğla yapımında kullanmışlardır ve tuğla ağırlığının % 30'una kadar yapılan eklemede tuğlanın kalitesinin arttığı gözlenmiştir [1]. Boncukcuoğlu ve arkadaşları ise bor atıklarını portland çimentosu yapımında kullanarak çimentonun prizini hızlandırdığı ve binaları sağlamlaştırdığını görmüşlerdir [2]. Kurama ve arkadaşları kiremit yapımında boraks atığını kullanmışlar ve kiremitin özelliklerinin belirtilen parametrelerde iyileştirdiğini belirtmişlerdir[3]. Olgun ve arkadaşları uçucu kül ve boraks atığının duvar karosu özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Yanma büzülmesi yanma gücü su absorpsiyonu ve mikroyapı bu çalışmada incelenen özelliklerdir. Potasyum feldspatın yerine % 2-10 oranında kömür külü ve boraks atığı katılmıştır. Standart koşullara göre yanma gücünün arttığı gözlenmiştir[4]. Batar ve arkadaşları yaptığı çalışmada, katkı malzemesi olarak % 0-5 perlit, % 0-2,5 atık kâğıt, % 0-5 kalsinetinkal (boraks) ve % 3,5-17,7 atık kalsinetinkal kullanarak sıva malzemesi üretmiştir. Optimal karışım oranları % 3 perlit, % 1,5 atık kâğıt, % 7,1 atık kalsinetinkal olarak bulunmuştur. Üretilen malzemelerin mukavemet ve ısı geçirgenlik direnç deneyleri TS 825 ve TS 12808-3 standartlarına göre yapılmış ve mevcut sıva malzemeleri ile karşılaştırılmıştır. En iyi sonuçları veren karışım oranında üretilen malzemenin ısı iletkenlik değeri 0,17 W/m²K ve mukavemet değeri 61,44 kg/cm²'dir. Buna karşılık bu değerler sırasıyla TSE 825'te 0,13 W/m²K ve 24 kg/cm²'dir. Katkılı ürün, kontrol grubu (piyasadaki sıva malzemesi) ile karşılaştırıldığında ise ısı geçirgenlik direnci % 26, mukavemet değeri % 31 oranında artmıştır. Bu çalışma ile çevre dostu yeni sıva malzemesi geliştirilmiştir[5].Demir ve Orhan'ın yaptıkları çalışmada Kırka Boraks işletmesi bor atıkları pomza kumu ile belli oranlarda karıştırılarak plastik şekillendirme esaslarına uygun örnekler hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan kil hammaddesinin mineralojik ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Ön deneyler için örnekler üzerinde şekillendirme, kurutma ve pişirme testleri uygulanarak en uygun karışım oranı ve pişirme sıcaklığı belirlenmiştir. Deney örnekleri üzerinde kuruma küçülmesi, toplam küçülme, plastisite, ateş kaybı vb. fiziksel testler uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Pişmiş örnekler üzerinde basınç mukavemeti, su emme, birim hacim ağırlığı, porozite vb. deneyler uygulanmıştır. Sonuçta ağırlıkça belli oranlarda pomza kumu ile karışım yapılarak 900 °C'de pişirilmesi ile hafif ve gözenekli yapı blokları üretilebileceği belirlenmiştir[6].Targan ve arkadaşları yaptıkları çalışmada doğal puzolan olan Kula cürufu, bentonit ve bor minerallerinden kolemanit konsantratör atığının birlikte değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Çalışmada söz konusu doğal puzolanlar ve atıklar çimento üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Bu sayede çimento üretiminde enerji tasarrufu sağlanması ve atık maddelerin çevreye verebilecekleri olumsuz etkilerin giderilmesi de amaçlanmıştır. Kula cürufu-kolemanit konsantratör atığı ve bentonit-kolemanit konsantratör atığı varyasyonları (Kula cürufu ve bentonit'in kütlece % 5, 10, 15, 20, 25, 30'luk oranları) katkı maddesi olarak denenmiştir. Katkıların, çimento priz süresi, hacim genleşmesi, eğme dayanımı, basınç dayanımı gibi özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çimento karışımlarının fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Türk standartlarıyla uyum halindedir. Buna göre, bu çalışmada kullanılan katkılar çimento üretiminde kullanılabilir [7]. Karasu ve arkadaşları Etibor Kırka Boraks Tesislerinden alınan bor atıklarının belirli oranlarda duvar karosu bünye reçetesinde alternatif akışkanlaştırıcı olarak kullanımının son ürünün çeşitli özelliklerini nasıl etkileyeceğini araştırmış ve sonuçta da endüstriyel koşullarda ilgili reçetede herhangi bir probleme yol açmaksızın % 10'a kadar değerlendirilebileceğini belirtmişlerdir [8].

Bor endüstri atıklarının iyi şekilde değerlendirilmesiyle hem atık durumunda bulunan bu potansiyel kaynaklar ülke ekonomisine kazandırılmış olacak hem de çevre kirliliği önlenmiş olacaktır. Bunun için bor atıklarının yapısının tanınması gerekmektedir. Bu çalışmada Eti Maden Kırka Bor İşletme Müdürlüğü açık ocak işletmesi ve konsantratör tesisleri atıklarını temsil edecek şekilde alınan numunelerin yapısını tespit etmek amacıyla analizleri yapılmıştır. Böylece atıkların yapısı daha iyi tanınacak ve atıkların kullanılmasında kolaylık sağlayacaktır. Bu amaçla alınan numunelerin XRD, TG/DTA ve XRF analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları birbirleriyle kıyaslanarak irdelemeler yapılmıştır.

1.2. Rubidyum

Rb metali gramla satılmakta ve birim fiyatları metalin saflığına göre değişir. 2001 yılında ABD’de yerel bir şirket 1 g % 99,8 saflıkta metal için 52 \$, 2011 yılında 1 g % 99,75 saflıkta metal için 72,1 \$ önermiştir [9]. Rubidyumun kullanım alanları:

1. ^{82}Rb ’den radyasyonla ayrışma ürünü ^{82}Sr pozitron emisyon tomografisinde kullanılabilir en uygun maddedir. Özellikle kalp içinde bölgesel kan akışının değerlendirilmesinde koroner arter hastalığı ve kalp (miyokard perfüzyon) tespitinde kullanılır. [10,11].
 2. Rb pazarını oluşturan özel camlar fiber optic telekomünikasyon sistemlerinde ve gece görüş aletlerinde kullanılır [11–13]. Bu tip camlara Rb_2CO_3 katkı maddesi olarak kullanılır, elektrik iletkenliğini düşürerek kararlılığı ve sürekliliği sağlar.
 3. Rb’un fotoemisyon özelliği, elektromagnetik radyasyonla etkilendiği zaman serbest electron yayan yüzeyi, rubidyumun 4-5-6’da verilen kullanım alanlarına imkan tanır.
 4. Rb-tellur fotoemissi ve yüzeyi içinde bulunduğu fotoelektrik hücrelerin çeşitli elektronik dedektör ve aktivasyon aletlerinin birleşiminde kullanılır.
 5. Bir Rb-Cs-Sb kaplaması radyasyon dedektör aletlerinde, medical araçlarda ve gece görüş aletlerinde kullanılan fotomultipler tüplerin fotokatotlarına yaygın bir şekilde uygulanır.
 6. Rb, ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren dönüştürücü elektrotların üzerinde kaplama olarak kullanılır. Rb iyonları elektrotlar arasındaki yükleri nötralleştirir ve böylece dönüştürücüye doğru electron akışını artırır. Aslında dönüştürücünün güç üretimini artırır. Tıp alanında Rb’un kullanım alanları aşağıda verilmiştir.
 7. Rb tuzları epilepsy tedavisi için sakinleştirici ve uyku ilacı olarak kullanılır.
 8. RbI bazen KI’un yerine kullanılarak tiroid bezi genişlemesinin tedavisinde kullanılır.
 9. Rb tuzları arsenikli ilaçların control edilmesinde antişok ajan olarak kullanılır.
 10. Radyoaktif Rb kan akışını izleyici olarak kullanılır.
- Rb’un diğer bazı uygulamaları aşağıda verilmiştir..
11. Rb vakum electron tüpleri içinde artık oksijenin tutucusu olarak kullanılır.
 12. Rb_2CO_3 sentetik fiber üretiminde kullanılır.
 13. Rb bazı organic reaksiyonlar için kokotalist olarak kullanılır.
 14. Radyoaktif ^{87}Rb ’nin ^{86}Sr ’ye ayrışması kayaların ve minerallerin yaşlarını hesaplamak için büyük ölçüde kullanılır.
 15. Bazen sezyumla birlikte birbirinin yerine kullanılabilen Rb yeni tip atomic saatlerin yapımında kullanılır [11, 14].
- Maksimum Rb içeren bazı potasyum minerallerinin Rb içerikleri microklin (feldspat) % 3; muskovit (mika) % 2,1; biyotit(mika) % 4,1 ve karnalit ve silvit% 0,2’dir [15].

Rb’un kimyasal ve fiziksel özellikleri sezyumla oldukça benzerdir ve bu iki element çoğunlukla birlikte kullanılır veya bazı uygulamalarda birbirinin yerine kullanılabilir. Çoğu kullanım alanlarında sezyum Rb’un yerine kolaylıkla kullanılabilir ve aynı zamanda ucuz olması nedeniyle Rb’a tercih edilir. Fakat Rubidyumun eşsiz olduğu ve sezyuma göre daha uygun olduğu kullanım alanları da vardır [16–18].

Dünyanın Rb kaynaklarıyla ilgili anlamlı tahminler yapılmamıştır fakat Kuzey Amerika yatakları birkaç yüzyıldır Rb üretimiyle dünya ihtiyaçları için buluşmuştur. 1985’de Kanada’da Bernic Lake yataklarındaki lepidolit ve polusit rezervlerinin tahminleri kullanılarak Kuzey Amerika’nın Rb rezervlerinin 2000 t olduğu tahmin edilmektedir. Bununla birlikte Pakeogama Lake pegmatiti Ontario potasyum feldspatının içinde %

0,97-1,2 aralığında değişen Rb değerlerine sahiptir. Elde edilebilir Rb'un çok küçük miktarlarının Afrika'da Namibiya ve Zambiya'da var olduğu bilinmektedir [11].

Şu iyi bilinmektedir ki Rubidyum ve sezyum kaynakları tüm dünyada sınırlıdır ve ihtiyaç arttıkça bu metallerin fiyatları da artmaktadır. Bu nedenle Rubidyum ve sezyum metali üzerine yapılan çalışmalar daha dikkat çekici olmaktadır[19]. Buda çalışmamızın sonuçlarını oldukça önemli kılmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Eti Maden Kırka Bor İşletme Müdürlüğü Açık Ocak İşletmesinden dokuz farklı bölgeden ve her bölgeden yaklaşık 15-20 kg temsili numuneler alınmıştır. Bu numuneler kil numuneleri, cevher, konsantretinkal ve fabrika atığıdır. Bu çalışmada kil numuneleri atık olarak değerlendirilmiştir. Numuneler tam olarak ifade edilen bölgeleri temsil edebilmesi için çok sayıda noktadan alınıp harmanlanarak oluşturulmuştur. Alınan her numuneden temsili 1 kg alınarak Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik ve Maden Mühendisliğinde bulunan Fritsch (100W-240W) ve Mortar Grinder Pulverisette2 (180W) halkalı değirmenler kullanılarak toz haline getirilmiştir. Islak olan numuneler ise etüvde kurutulduktan sonra halkalı değirmenlerde öğütülmüştür. Alınan numunelere kod verilerek analiz için hazır hale getirilmiştir. Numuneler üzerinde yapılan sınıflandırmalar sonucu (Tablo 1) oluşturulmuştur.

Analize hazır hale gelen numunelerin XRD analizleri Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik Bölümünde bulunan RİGAKU MİNİFLEX marka XRD cihazı ile yapılmıştır. Emet Eti Bor işletmelerinde bulunan RİGAKU ZSX PRİMUS markalı XRF cihazı ile yarı kantitatif analizi yapılmıştır. Tam kantitatif PED-XR Fanalizi Ankara Üniversitesi'nde yapılmıştır.

Tablo1. Numunelerin kodları ve isimleri.

Kod	Numunelerin ismi	Kod	Numunelerin ismi
KK1	Montmorillonit (Kil Numunesi)	KK6	Az miktarda eser camsı cevher(Cevher)
KK2	Konsantre Tinkal(Cevher)	KK7	Tabakalı cevher (Cevher)
KK3	Bor türevleri ve çözme oluşu atığı (Fabrika Atığı)	KK8	Montmorillonit (Kil Numunesi)
KK4	Marn (Kil Numunesi)	KK9	KalsineTinkal Ürünü
KK5	Bileşik cevher(Cevher)		

3. BULGULAR

XRD analiz sonuçlarına göre ise numunelerin 4 farklı sınıfta olduğu görülmektedir. Numuneler XRD sonuçlarına göre sınıflandırılmış ve bu sınıflandırma (Tablo 2)'de verilmiştir.

Tablo2. XRD analiz sonuçlarına göre atıkların sınıflandırılması.

Numune kodu	Numune kimyasal formülü	Numune adı
KK1, KK3 ve KK4	CaMg (CO ₃)	Dolomit
KK2 ve KK9	Na ₂ B ₄ O ₇ .5H ₂ O	Tinkalkonit
KK5, KK6 ve KK7	Na ₂ B ₄ O ₅ (OH) ₄ .8H ₂ O	Boraks
KK8	KAlSi ₃ O ₈	Potasyum feldspat

Tablo 3. Ankara üniversitesi XRF sonuçları (µg/g)

Element µg/g	NUMUNELER								
	KK1	KK2	KK3	KK4	KK5	KK6	KK7	KK8	KK9
Rb	88,8	36,1	134,2	77,8	13,9	0,2	16,3	1148,0	14,0
Co	45,5	14,8	55,5	< 5,1	< 2,1	1,5	< 1,9	110,2	0,8
Ni	50,2	16,3	61,5	36,5	-1,8	1,7	1,2	128,1	0,4
Cu	54,9	17,8	67,5	41,2	-4,8	1,8	0,9	145,9	0,0
Zn	59,5	19,3	73,5	45,8	< 0,6	< 0,3	0,6	163,7	< 0,5
Mo	< 3,0	< 1,7	< 2,9	2,6	< 1,3	1,7	< 1,5	12,3	< 1,8
Ag	< 1,0	< 0,7	< 0,9	< 0,9	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 1,0	< 0,7
Cd	< 0,9	< 0,6	< 0,8	< 0,8	< 0,5	< 0,5	< 0,6	1,3	0,5
In	< 0,9	< 0,7	< 0,9	< 0,8	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,8	< 0,8
Sn	< 1,0	< 0,7	1,0	< 0,9	< 0,7	< 0,7	< 0,7	6,5	< 0,9
Sb	< 1,0	< 0,8	0,4	< 1,0	< 0,7	1,7	< 0,8	< 0,9	0,6
Te	< 1,4	< 1,2	< 1,4	< 1,3	< 1,0	< 1,0	3,2	< 1,3	1,7
I	4,3	2,6	< 2,4	2,6	2,0	4,7	< 1,9	< 2,4	< 2,5
Cs	425,4	113,6	372,2	283,4	54,5	10,8	57,1	625,1	52,3
Ba	47,3	22,2	53,5	33,4	11,9	12,6	15,5	110,7	9,4
La	< 7,7	< 7,3	10,4	9,1	9,9	20,9	12,2	9,6	20,0

Ankara üniversitesi XRF sonuçları incelendiğinde KK1, KK3 ve KK4'ün Mg içeriklerinin yüksek olduğu görülmektedir. KK2, KK5, KK6, KK7 ve KK9 numunelerinin ise Na içeriği yüksektir. KK8 numunesi incelendiğinde bu numunenin Al, Si ve K içeriklerinin yüksek olduğu görülmektedir (Tablo3). Ayrıca Tablo3'ten KK8 numunesinin rubidyum ve sezyum içeriklerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Buda önemli bir bulgudur.

Tablo4. Emet Eti bor XRF cihazı ile alınan sonuçlar.

	KK1	KK2	KK3	KK4	KK5	KK6	KK7	KK8	KK9
% B ₂ O ₃	3,34	38,8	10,8	0,77	45,7	56,2	45	8,75	54,1
% CaO	32,5	12	28,5	47,1	7,08	0,218	8,21	0,207	2,63
% MgO	28,1	9,41	20,5	27,5	9,7	0,54	4,36	2,58	1,8
% Na ₂ O	1,96	30,3	9,56	1,28	26,1	42,3	35,1	5,13	38,8
% K ₂ O	0,361	0,21	1,09	0,446	0,14	0,0109	0,0883	12,6	0,116
% Al ₂ O ₃	0,757	0,364	1,74	0,612	0,334	0,114	0,196	13,9	0,198
% SiO ₂	27,1	6,73	21,2	17,3	7,91	0,562	5,36	50	1,77
%Rb ₂ O	0,0214	0,0109	0,0312	0,0209	0,0041	-	0,0061	0,185	0,0020
%Cs ₂ O	0,100	-	0,145	0,0893	-	-	-	0,0838	-

Emet Eti bor XRF cihazı ile alınan analiz sonuçları incelendiğinde KK1, KK3 ve KK4'ün Ca ve Mg içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir. KK2 ve KK9'un XRF sonuçlarında Na ve B₂O₃ içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir. KK5, KK6 ve KK7 incelendiğinde bu maddelerin Na ve B₂O₃ içeriklerinin yüksek olduğu görülmektedir. KK8'in XRF sonuçları incelendiğinde bu maddenin K, Si ve Al içeriğinin yüksek olduğu gözlemlenmektedir (Tablo4). KK8 numunesinde göze çarpan diğer sonuç ise rubidyum ve sezyum elementlerinin yüksek oluşudur.

Tablo5. XRF cihazı ile yapılan analiz sonuçlarının rubidyum ve sezyum elementi için karşılaştırılması.

Kod	Numunelerin ismi	Emet Eti Bor XRF cihazı		Ankara üniversitesi XRF cihazı	
		Rb (µg/g)	Cs (µg/g)	Rb (µg/g)	Cs (µg/g)
KK1	Montmorillonit	195	943	88,8	425,4
KK2	Konsantre Tinkal	99,6	-	36,1	113,6
KK3	Bor türevleri ve çözme oluşu atığı	285,6	1370	134,2	372,2
KK4	Marn	191	842	77,8	283,4
KK5	Bileşik cevher	37,474	-	13,9	54,5
KK6	Az miktarda eser camsı cevher	68,55	-	0,2	10,8
KK7	Tabakalı cevher	55,75	-	16,3	57,1
KK8	Montmorillonit atığı	1690	790	1148	625,1
KK9	KalsinedTinkal	18,28	-	14	52,3

XRF sonuçları detaylı bir şekilde incelendiğinde KK8 numunesi önemli miktarda rubidyum ve sezyum içermekte ve buda çalışılmaya değer bir konu olarak görülmektedir. Analiz sonuçları da birbirine yakın olup buda analiz sonuçlarını doğrular niteliktedir.

4. SONUÇLAR

Eti Maden Kırka Bor İşletmesi'nden temin edilen numunelerin XRF analiz sonuçları incelendiğinde B₂O₃,MgO, Na₂O, CaO, K₂O, Al₂O₃ ve SiO₂ içeriklerinin yüksek olduğu görülmektedir. Eti Maden Kırka Bor İşletme Müdürlüğü Açık Ocak İşletmesinden temin edilen numuneler Dolomit, Tinkalkonit, Boraks ve

Potasyum Feldspat olarak sınıflandırılabilir. XRF analiz sonuçları ve XRD analiz sonuçları birbirleriyle uyum içindedir ve buda analiz sonuçlarının doğruluğunu gösterir niteliktedir.

Emet Eti Bor işletmelerinde bulunan XRF cihazı ile yapılan yarı kantitatif analiz sonuçları incelendiğinde KK8 numunesinde 1690($\mu\text{g/g}$) rubidyum, 790($\mu\text{g/g}$) sezyum elementi gözlenmektedir. KK1 numunesinin 943, KK3 numunesinin ise 1370($\mu\text{g/g}$) sezyum içerikleri dikkat çekmektedir.

Ankara üniversitesi XRF sonuçları incelendiğinde KK8 numunesinde 1148($\mu\text{g/g}$) rubidyum, 625,1($\mu\text{g/g}$) sezyum elementi gözlenmektedir. Yine bu sonuçlara göre KK1 ve KK3 numuneleri önemli miktarda sezyum içermektedir. Buna göre ilgili numuneler rubidyum ve sezyum kaynağı olarak kullanılabilir.

Potasyum feldspatın en büyük kullanım alanı seramik sanayiidir. Bunu porselen, vitrifiye, izolatör sır imalatı ve az da olsa emaye ve kaynak elektrotları izlemektedir [20]. Dolomit, fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak endüstride bir çok alanda kullanılır. Bunların en önemlileri cam ve soda, refrakter ve demir-çelik'tir [21]. Tinkalkonit ve boraks ise ticari öneme sahip bor mineralleridir.

Sonuç olarak bu numunelerin değerlendirilme alanları Dolomit, Tinkalkonit, Boraks ve Potasyum Feldspatın kullanıldığı alanlar olabilir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde bor atıklarının bu alanlarda kullanılması ile ilgili bir kısım çalışmaların yapıldığı bu çalışmalardan olumlu sonuçlar alındığı gözlenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] T. Uslu and A. I. Arol, "Use of boron waste as an additive in red bricks," *Waste Management*, vol. 24, no. 2, pp. 217–220, (2004).
- [2] R. Boncukcuoğlu, M. M. Kocakerim, V. Tosunoğlu, and M. T. Yılmaz, "Utilization of trommelsieve waste as an additive in Portlandcement production," *Cementand Concrete Research*, vol. 32, no. 1, pp. 35–39, (2002).
- [3] S. Kurama, A. Kara, and H. Kurama, "Investigation of borax waste behaviour in tile production" *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 27, no. 2–3, pp. 1715–1720, (2007).
- [4] A. Olgun, Y. Erdogan, Y. Ayhan, and B. Zeybek, "Development of ceramic tiles from coal fly ash and tincal ore waste," *Ceramics International*, vol. 31, no. 1, pp. 153–158, (2005).
- [5] T. Batar, N. S. Köksal, and Ş. E. Yersel, "Atık Bor, Atık Kâğıt ve Perlit Katkılı Sıva Malzemesinin Üretimi ve Karakterizasyonu," *Ekoloji*, pp. 45–53, (2009).
- [6] İ. Demir and M. Orhan, "Bor Atıklarının Yapı Malzemesi Üretiminde Değerlendirilmesi," *I. Uluslararası Bor Sempozyumu*, pp. 235–239, (2002).
- [7] Ş. Targan, Y. Erdoğan, A. Olgun, B. Zeybek, and V. Sevinç, "Kula Cürufu, Bentonit ve Kolemanit Atıklarının Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi," *I. Uluslararası Bor Sempozyumu*, pp. 259–266, 2002.

- [8] B. Karasu, G. Kaya, and H. Yurdakul, "Etibor Kırka Boraks İşletmesi konsantre ve türev atıklarının duvar karosu bünye özelliklerine etkisi," I. Uluslararası Bor Sempozyumu, pp. 224–228, (2002).
- [9] Reese, R. G. J., Rubidium, in Metal prices in the United States through 1998, U.S. Geological Survey, pp. 129-130, (1999).
- [10] K. Yoshinaga, B. J. W. Chow, K. Williams, L. Chen, R. A. De Kemp, L. Garrard, A. Lok-Tin Szeto, M. Aung, R. A. Davies, T. D. Ruddy, and R. S. B. Beanlands, "What is the Prognostic Value of Myocardial Perfusion Imaging Using Rubidium-82 Positron Emission Tomography?," Journal of the American College of Cardiology, vol. 48, no. 5, pp. 1029–1039, (2006).
- [11] W. C. Butterman and R. G. Reese, "Mineral Commodity Profiles Rubidium," U.S. Geological Survey Open-File Report 03-045, pp. 1–11, (2003).
- [12] J. J. Kennedy, "The alkali metal cesium and some of its salts," Chemical Reviews, vol. 23, no. 1, pp. 157–163, (1938).
- [13] V. Anan'ev, M. Miklin, N. Nelyubina, and M. Poroshina, "Optical spectra of UV-irradiated rubidium and caesium nitrate crystals," Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, vol. 162, no. 1, pp. 67–72, (2004).
- [14] F. Vecchio, V. Venkatraman, H. Shea, T. Maeder, and P. Ryser, "Dispensing and hermetic sealing Rb in a miniature reference cell for integrated atomic clocks," Procedia Engineering, vol. 5, no. 1, pp. 367–370, (2010).
- [15] J. J. Norton, "Lithium, cesium, and rubidium—The rare alkali metals," United States mineral resources: U.S. Geological Survey Professional Paper, vol. 820, pp. 365–378, (1973).
- [16] www.houstonlakemining.com, Rare metals and their applications," (2003).
- [17] L. C. Carrico and J. B. Hedrick, "Rubidium, in Mineral facts and problems: U.S. Bureau of Mines Bulletin," vol. 675, pp. 673–678, (1985).
- [18] F. S. Wagner, "Rubidium and rubidium compounds," Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, pp. 1–11, (2011).
- [19] R.-F. Cui, M.-C. Hu, L.-H. Jin, S.-N. Li, Y.-C. Jiang, and S.-P. Xia, "Activity coefficients of rubidium chloride and cesium chloride in methanol–water mixtures and a comparative study of Pitzer and Pitzer–Simonson–Clegg models (298.15K)," Fluid Phase Equilibria, vol. 251, no. 2, pp. 137–144, (2007).
- [20] M. Hızal, "Potasyum Feldspatların Dünü, Bugünü ve Yarını," 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, pp. 31–39, (1997).
- [21] II. Endüstriyel hammaddeler alt komisyonu, "(Refrakter Killer ve Şiferton-Manyezit-Dolomit-Olivin-Zirkon-Disten, Sillimanit, Andaluzit) Çalışma Grubu Raporu," Sekizinci beş yıllık Kalkınma Planı-Madencilik özel ihtisas komisyonu raporu, (2001).

Lie Cebirleri İçin (Ön)Çaprazlanmış Modüller Üzerine

Ahmet Faruk ASLAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik-Bilgisayar Bölümü, Eskişehir,
afaslan@ogu.edu.tr

ÖZET

Lie cebirleri üzerinde önçaprazlanmış modüller kategorisinde eşçarpımların inşası ve epimorfizmalar ve örten fonksiyonlar arasındaki ilişki verilmiştir.

On (Pre)crossed Modules Over Lie Algebras

ABSTRACT

The construction of the coproduct of precrossed modules over Lie Algebras and the relation between epimorphisms and surjections are given.

1.GİRİŞ

Homotopi tipleri ve geometrinin en temel kısımlarından biridir. Cebirsel modeller de konu içinde önemli bir yer teşkil etmektedir. Top; topolojik uzaylar kategorisini ele alalım. X ve Y iki topolojik uzay, $f: X \rightarrow Y$ ve $g: Y \rightarrow X$ sürekli dönüşümler olmak üzere $H: f \circ g \simeq 1_Y$ ve $K: g \circ f \simeq 1_X$ ise X ve Y uzayları aynı homotopi tipindedir. (veya X ve Y uzaylarına homotopi denir) denir. Bu durumda Top/\simeq homotopi kategorisi (yani Topdan elde edilen bölüm kategorisi) tanımlanabilir. Bu kategorinin objeleri Top kategorisinin objeleriyle aynı, morfizmler kümesi, homotopi sınıflarının kümesi yani

$$[X, Y] = \text{Mor}_{\text{Top}/\simeq}(X, Y) = \{[f]_{\simeq} : f \in \text{Mor}_{\text{Top}}(X, Y)\}$$

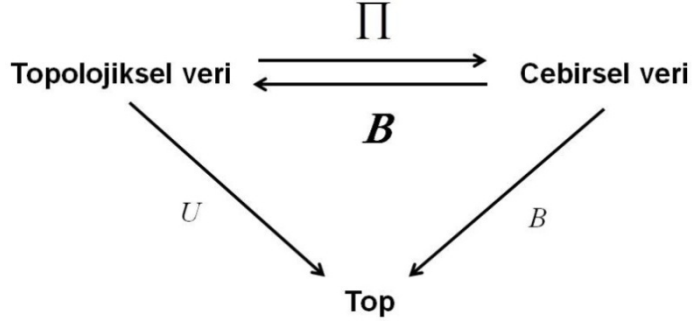
dir. Homotopi denk uzayların oluşturduğu bir sınıfa bir *homotopi tipi* denir. X bir topolojik uzay, $x_0 \in X$ ve (X, x_0) bir noktalanmış topolojik uzay olsun.

$$(X, x_0) = [(S^n, 1), (X, x_0)]$$

Homotopi grubu, $(S^n, 1)$ den (X, x_0) a giden noktalanmış dönüşümlerin homotopi sınıflarının kümesi olarak tanımlanır ve $n \geq 1$ için $\pi_n(X, x_0)$ grup yapısına sahiptir ve $n \geq 2$ için bu yapı Abelyendir.

20 inci yüzyılın başlarında, Abelyen olmayan bir boyutlu $\pi_1(X, x_0)$ temel grubunun; geometri, topoloji ve analizdeki uygulamaları, $n \geq 0$ için Abelyen n -boyutlu $H_n(X)$ homoloji grubu ve bağımlı bir X uzayı için $H_1(X) = \pi_1(X, x_0)^{Ab}$ olduğu biliniyordu. Son eşitlikten de görülebileceği üzere Abelyen olmayan $\pi_1(X, x_0)$ temel grubu, incelenen X uzayı hakkında birinci homoloji grubundan daha fazla bilgi içeriyordu ve

bu nedenle Temel grubun yüksek mertebeden değişmeli olmayan versiyonlarının tanımlanması doğrultusunda önemli bir ihtiyaç doğmuştur. Bu problem daha genel olarak Homotopi tiplerin cebirsel modellerinin tanımlanması şeklinde ele alınmıştır. Bu genel problem diyagramatik olarak şu şekilde resmedilebilir;



Bu diyagramda U , forgetful fonktor olmak üzere $B = UoB$ dir. Π fonktoru homotopiksel olarak tanımlanmıştır. (Π, B) adjointiklidir. Bu X Top. Data ve Acebirsel data olmak üzere $(X \rightarrow B(A)) \leftrightarrow (\Pi(X) \rightarrow A)$ olduğu anlamına gelir. Yine $\Pi o B \cong 1_{Ceb.Dat}$ olup bu, Cebirsel datanın geometriyi modellediği ve $B o \Pi \cong 1_{Top.Dat}$ olduğundan homotopiksel bilgi içerdiği anlamına gelir.

Örnek olarak, taban noktalı uzaylar ve taban oktalarından oluşan kümeli uzaylar gibi topolojik datalara karşılık gelen cebirsel data sırasıyla gruplar ve gruboidlerdir.

Bu bağlamda Tabanlı Çiftler (Based Pairs) olarak bilinen topolojik dataya karşılık gelen cebirsel data nedir? (veya buna denk olarak 2inci Mertebeden Abelyen olmayan temel grup nedir?) sorusu akla gelmektedir. Bu sorunun cevabı, 1939-50 de J.H. Whitehead [7] tarafından verilmiş ve 2-tiplere karşılık Çaprazlanmış modül olarak adlandırılan cebirsel yapıyı tanımlamışlardır. Şöyleki; X bir topoljik uzay ve $A \subset X, x_0 \in A$ için I^n, n -küp olmak üzere $\pi_n(X, A, x_0) = [I^n, X]$ kümesi, (X, A) ikilisinin n inci göreceli (relative) homotopi grubu olup

$$\partial: \pi_n(X, A, x_0) \rightarrow \pi_{n-1}(A, x_0)$$

Bir homomorfizmdir. $X^n, i \leq n$ için i -hücrelerin birleşimi olmak üzere $n = 2$ için J.H.Whitehead

$$\partial: \pi_2(X, X^1, x_0) \rightarrow \pi_1(X^1, x_0)$$

Dönüşümünün cebirsel yapısının, 2-tipden X uzayını modellediğini göstermiştir ve bu yapı çaprazlanmış modül olarak adlandırılmıştır. Bu yapı tanımlandıktan sonar matematiğin ve fiziğin çeşitli alt disiplinlerinde geniş uygulama sahası bulmuştur. Özellikle çaprazlanmış modül genişlemelerinin, üçüncü kohomoloji gruplarının temsiliyle ilgisi kavranı temel cebirsel yapılardan biri haline gelmiştir. Sonraki zaman diliminde, çaprazlanmış modüller assosyatif cebirler, değişmeli cebirler ve Lie cebirleri gibi değişik cebirsel yapılar üzerinde tanımlanmıştır [1,2,4,5,6].

Bu çalışmada Lie cebirleri üzerinde (ön)çaprazlanmış modüller kategorisi tanımlanacak ve muhtelif örnekler verilecektir. Daha sonrasında, (ön)çaprazlanmış modül morfizmaları ile ilgili olarak her epimorfizmanın bir örten dönüşüm olduğu ispatlanıp çalışma, tanımlanan bu kategorinin bir özel alt kategorisinde herhangi iki objenin eşçarpımı inşaaası ile nihayet bulacaktır. Burada özellikle neden önçaprazlanmış modüller kategorisi

üzerinde çalıştığımızı şu şekilde açıklayabiliriz; her $LLie$ cebirine karşılık $L \rightarrow 0$ önçaprazlanmış modülü vardır. Bu bağlamda

$$Lie \subseteq PXLie$$

olup, önçaprazlanmış modüller kategorisi olan $PXLie$ kategorisi, Lie Lie cebirleri kategorisinin genellemesidir. Böylelikle daha genel bir kategoride elde edeceğimiz sonuçlar, özel olarak Lie cebirleri kategorisinde de geçerli olacaktır. Ayrıca önçaprazlanmış modüller kategorisi bir interest kategorisine izomorf olmadığından, actor obje gibi belli bazı genel tanımlar direct olarak bu kategoriye uygulanamamaktadır. Dolayısıyla gruplar kategorisi (ön)çaprazlanmış modüller kategorisinden farklılık arz etmektedir.

2. Lie Cebirleri Üzerinde Önçaprazlanmış Modüller

Tanım 1. L_0 ve L_1 birer Lie cebiri olsun. L_0 in L_1 üzerine ($l_0 \in L_0, l_1 \in L_1$ için $l_0 \cdot l_1$ şeklinde gösterilen) etkisi ile birlikte $d: L_1 \rightarrow L_0$ dönüşümü her $l_0 \in L_0, l_1 \in L_1$ için

$$d(l_0 \cdot l_1) = [l_0, d(l_1)]$$

Şartını sağlıyorsa $L: L_1 \xrightarrow{d} L_0$ yapısına Lie cebirleri üzerinde bir önçaprazlanmış modül denir. Buna ek olarak, her $l_1, l_1' \in L_1$ için

$$d(l_1) \cdot l_1' = [l_1, l_1']$$

Şartını sağlıyorsa L ye bir çaprazlanmış modül denir. Bu son eşitliğe Peiffer özdeşliği denir.

Örnek 1. L bir Lie cebirive N , L nin bir ideali olsun. Bu durumda $N \xrightarrow{inc.} L$ bir önçaprazlanmış modüldür. Burada etki, adjoint representation ile tanımlanır. Özel olarak, $L \xrightarrow{id} Lve0 \xrightarrow{i} L$ yapıları da birer önçaprazlanmış modüldür.

Örnek 2. M bir non-abelian L -Lie cebiri olsun. Bu durumda $M \xrightarrow{0} L$ bir önçaprazlanmış modüldür. Özel olarak, eğer L bir non-abelian Lie cebiri ise, $(L, L, 0)$ ve $(L, 0, 0)$ da birer önçaprazlanmış modüldür ve bu üç örnek de çaprazlanmış modül değildir.

Örnek 3. L bir Lie cebiri olsun. $\pi_1(x_1, x_2) = x_1$, $x_1, x_2 \in L$ şeklinde tanımlanan $\pi_1: L \times L \rightarrow L$ dönüşümünü ve L nin $L \times L$ üzerine $x \cdot (x_1, x_2) = ([x, x_1], 0)$, $x, x_1, x_2 \in L$ şeklinde tanımlı etkisini düşünelim. Bu durumda $L \times L \xrightarrow{\pi_1} L$ bir önçaprazlanmış modül olup çaprazlanmış modül değildir.

Örnek 4. M bir non-abelian Lie cebiri olsun. $M_{ab} = M/[M, M]$ olsun. M_{ab} nin M üzerine aşikar etkisi ile birlikte $\pi: M \rightarrow M_{ab}$ bir önçaprazlanmış modül olup çaprazlanmış modül değildir.

Örnek 5. M ve L birer Lie cebiri ve L nin M üzerine etkisi olsun. $\pi_1: L \ltimes M \rightarrow L$, $\pi_1(l, m) = l$, kanonik izdüşümünü ve L nin $L \ltimes M$ üzerine $l \cdot (l', m) = ([l, l'], l \cdot m)$ şeklinde tanımlı etkisini düşünelim. Bu

durumda $L \times M \xrightarrow{\pi_1} L$ bir önçaprazlanmış modül olup çaprazlanmış modül değildir.

Tanım 2. $L: L_1 \xrightarrow{d} L_0$ ve $M: M_1 \xrightarrow{d'} M_0$ önçaprazlanmış modüller, $f: L_1 \rightarrow M_1$ ile $g: L_0 \rightarrow M_0$ birer Lie cebir homomorfizması olma üzere

$$d' \cdot f = g d$$

ve her $l_0 \in L_0, l_1 \in L_1$ için

$$f(l_0 \cdot l_1) = g(l_0) \cdot f(l_1)$$

oluyorsa (f, g) ikilisine L ve M arasında bir önçaprazlanmış modül morfizması denir.

Böylelikle Lie cebirleri üzerinde önçaprazlanmış modüller kategorisi tanımlanabilir. Bu kategoriyi PXLie ile göstereceğiz. Bu kategori bir semi-abelian kategoridir. Tanım için [3] numaralı makaleye bakılabilir.

Tanım 3. Eğer L_1', L_0' sırasıyla L_1 ve L_0 in alt cebirleri, $d' = d|_{L_1'}$ ve L_0' in L_1' üzerine etkisi L_0 in L_1 üzerine etkisinden indirgeniyor ise $L': L_1' \xrightarrow{d'} L_0'$ önçaprazlanmış modülüne $L: L_1 \xrightarrow{d} L_0$ in bir önçaprazlanmış alt modülü denir.

Tanım 4. $L': L_1' \xrightarrow{d'} L_0'$, $L: L_1 \xrightarrow{d} L_0$ in önçaprazlanmış alt modülü olsun. L_1' ile L_0' sırasıyla L_1 ve L_0 in idealleri, her $l_0 \in L_0, l_1' \in L_1'$ için $l_0 \cdot l_1' \in L_1'$ ve her $l_0' \in L_0', l_1 \in L_1$ için $l_0' \cdot l_1 \in L_0'$ ise L' ne L nin bir çaprazlanmış ideali denir ve bu durum $L' \trianglelefteq L$ şeklinde gösterilir.

Bunun bir sonucu olarak $L/L': L_1/L_1' \rightarrow L_0/L_0'$ bölüm önçaprazlanmış modülü elde edilir. Çaprazlanmış ideal tanımı bölüm objesindeki etkinin iyi tanımlılığını garanti eder.

$(f, g): L \rightarrow M$ bir önçaprazlanmış modül morfizması olsun. Bu durumda $(Ker f, Ker g, d|)$ ye (f, g) nin çekirdeği denir ve bu önçaprazlanmış modül L nin bir çaprazlanmış idealidir. Benzer şekilde $(Im f, Im g, d'|)$ ye (f, g) nin görüntüsü denir ve bu önçaprazlanmış modül M nin bir çaprazlanmış alt modülüdür.

3.Eşçarpımlar ve Epimorfizmler

L bir sabit Lie cebiri olsun. Değer kümesi L olan tüm önçaprazlanmış modüller, PXLie nin bir dolu alt kategorisidir. Bu kategoriyi PXLie/ L ile gösterelim.

Teorem 1. PXLie/ L_0 da eşçarpımlar mevcuttur.

İspat $L \xrightarrow{d} L_0$ ve $K \xrightarrow{d'} L_0$ birer önçaprazlanmış modül olsun. K nın L üzerine her $k \in K, l \in L$ için $k \cdot l = [d'(k), l]$ şeklinde tanımlanan bir etkisi mevcuttur. Bu etkiyi* ile gösterelim. Buradan hareketle

$K' \ltimes L$ semi direct çarpımını tanımlayabiliriz. $\sigma: K \ltimes L \rightarrow L_0$ homomorfizmini $\sigma(k, l) = d'(k) + d(l)$ şeklinde tanımlayalım. Her $(k, l), (k', l') \in K \ltimes L$ için

$$\begin{aligned} \sigma[(k, l), (k', l')] &= \sigma([k, k'], k \cdot l' - k' \cdot l + [l, l']) \\ &= d'[k, k'] + d(k \cdot l') - d(k' \cdot l) + d[l, l'] \quad , \\ [d'k + dl, d'k' + dl'] &= [d'k + dl, d'k'] + [d'k + dl, dl'] \\ &= [d'k, d'k'] + [dl, d'k'] + [d'k, dl'] + [dl, dl'] \\ &= d'[k, k'] - d(k' \cdot l) + d(k \cdot l') + d[l, l'] \end{aligned}$$

Olduğundan $\sigma: K \ltimes L \rightarrow L_0$ bir Lie cebir homomorfizmasıdır. L_0 ın $K \ltimes L$ üzerine, her $l_0 \in L_0, l \in L, k \in K$ için $l_0 \cdot (k, l) = (l \cdot k, l_0 \cdot l)$ şeklinde tanımlanan etkisini düşünelim.

$$\begin{aligned} \sigma(l_0 \cdot (k, l)) &\stackrel{z}{=} [l_0, \sigma(k, l)] \\ &= \sigma(l_0 \cdot k, l_0 \cdot l) \\ &= d'(l_0 \cdot k) + d(l_0 \cdot l) \\ &= [l_0, dk] + [l_0, dl] \\ &= [l_0, dk + dl] \\ [l_0, \sigma(k, l)] &= [l_0, d'k + d(l)] \end{aligned}$$

Olduğundan tanımlanan bu etki ile birlikte $\sigma: K \ltimes L \rightarrow L_0$ bir önçaprazlanmış modüldür (fakat bir çaprazlanmış modül değildir). Rutin hesaplamalar sonucunda bu yapı, verilen $L \xrightarrow{d} L_0$ ve $K \xrightarrow{d'} L_0$ önçaprazlanmış modüllerinin $PXLie/L_0$ de bir eşçarpımıdır.

Not 1. $C \rightarrow L_0, K \rightarrow L_0, L \rightarrow L_0$ birer önçaprazlanmış modül olsun. $(f, id): (C \rightarrow L_0) \rightarrow (K \rightarrow L_0)$ ve $(g, id): (C \rightarrow L_0) \rightarrow (L \rightarrow L_0)$ birer önçaprazlanmış modül homomorfizması olsun. Bu durumda I , her $x \in C$ için $(g(x), 0)(0 - f(x)) = (g(x), f(x))$ formundaki elemanlar tarafından üretilen çaprazlanmış ideal olmak üzere $\frac{K \ltimes L}{I} \rightarrow L_0$ önçaprazlanmış modülü, $(K \rightarrow L_0)$ ve $(L \rightarrow L_0)$ önçaprazlanmış modüllerinin bir ileri itmesi (push out) dir.

Teorem 2. $L: L_1 \xrightarrow{d} L_0, L': L_1' \xrightarrow{d'} L_0'$ birer önçaprazlanmış modül olsun. $(\alpha, \beta): L \rightarrow L'$ bir epimorfizm ise $\alpha\beta$ birer örten Lie cebir homomorfizmasıdır.

İspat $L: L_1 \xrightarrow{d} L_0, L': L_1' \xrightarrow{d'} L_0'$ birer önçaprazlanmış modül ve $(\alpha, \beta): L \rightarrow L'$ bir epimorfizm olsun. Direk hesaplama sonucu β bir epimorfizmdir ki Lie cebirleri kategorisinde her epimorfizm bir örten homomorfizm olduğundan β örtendir. $\alpha(L_1) \xrightarrow{d'} L_0$ bir önçaprazlanmış modüldür ve $inc.: \alpha(L_1) \rightarrow L_1'$ homomorfizmi vardır. $I, K \ltimes L$ nin $\{(a, a) \mid a \in \alpha(L_1)\}$ tarafından üretilen ideali olmak üzere, yukarıdaki notta ifade edilen ileri itmelerin inşasında $C = \alpha(L_1), L_0 = P_2, K = L = L_1', f = g = inc.$ alırsak, $(J_1, id) \circ (\alpha, \beta) = (J_2, id) \circ (\alpha, \beta)$ bulunur ve (α, β) bir epimorfizm olduğundan $J_1 = J_2$ dir. $\alpha(L_1) \neq L_1'$ olduğunu Kabul edelim. Bu durumda en az bir $x \in L_1' - \alpha(L_1)$ vardır. Dolayısıyla $J_1(x) \neq J_2(x)$ bulunur ki bu bir çelişkidir. Böylece $\alpha(L_1) = L_1'$ olup bir örten Lie homomorfizmidir.

KAYNAKLAR

- [1] J.M. Casas, M. Ladra, T. Pirashvili, Crossed modules for Lie-Reinhart algebras, *Journal of Algebra*, 274, 192-201, (2004).
- [2] G. J. Ellis, Homotopical aspects of Lie algebras, *J. Austral. Math. Soc. (Series A)*, 54, 393-419, (1993).
- [3] G. Janelidze, L. Márki, W. Tholen, Semi-abelian categories, *J. Pure Appl. Algebra*, 168, (2002), 367-386.
- [4] C. Kassel, J.L. Loday, Extensions centrales d'algèbres de Lie, *Ann. Inst. Fourier (Grenoble)*, 33, 119-142, (1982).
- [5] Y. Sheng, D. Chen, Hom-Lie 2-algebras, *Journal of Algebra*, 376, 174-195, (2013).
- [6] T. Porter, Homology of commutative algebras and an invariant of Simis and Vas-conceles, *Journal of Algebra*, 2, 99, (1987).
- [7] J.H.C. Whitehead, Combinatorial Group Theory II, *American Math. Soc.*, (1949).

HIZLI PROTOTİPLEME TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMA ALANLARI

İsmet ÇELİK¹, Feridun KARAKOÇ¹, M. Cemal ÇAKIR², Alpaslan DUYSAK³

¹Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya

²Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa

³Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kütahya

Geliş Tarihi:10.05.2013 Kabul Tarihi:02.08.2013

ÖZET

Endüstride yaygın olarak kullanılan geleneksel imalat yöntemleri talaşlı imalat yöntemleri olarak tornalama, frezeleme, delme, vargelleme, taşlama vb, talaşsız imalat yöntemleri olarak da döküm, plastik şekil verme ve kaynak olarak genelleştirilebilir. Bunların dışında elektroerozyon, lazer, ultrasonik, basınçlı su jeti ve plazma ile işleme gibi alışılmamış ileri imalat yöntemleri de kullanılmaktadır. Son yıllarda imalat sektörüne giren ve hızla gelişen sıra dışı bir imalat yöntemi de hızlı prototiplemedir. Bu çalışmada, dünyada ve ülkemizde kullanılmakta olan 10 adet hızlı prototipleme teknolojisi ve uygulama alanları açıklanmış, imal edilen parçaların mukavemeti, pürüzlülüğü ve çözünürlük gibi özellikleri karşılaştırılmış ve proses boyunca uygulanan ön ve son işlemler açıklanmıştır.

Anahtar kelimeler: *Hızlı prototipleme, eklemeli katmanlı imalat, katı modelleme.*

RAPID PROTOTYPING TECHNOLOGIES AND APPLICATION AREAS

ABSTRACT

Machining methods, widely used in industry, can be generalized into traditional manufacturing methods such as turning, milling, drilling, shaping, grinding and into chipless manufacturing methods including casting, plastic forming and welding. In addition, electrical discharge machining, laser, ultrasonic, high pressure water jet and plasma processing are known as untraditional advanced manufacturing methods. In recent years, an unusual method named as rapid prototyping manufacturing has been developed rapidly and has become the center of attention in the manufacturing sector. This paper studies ten different rapid prototyping techniques with their application areas. These techniques are compared in terms of strength, roughness and resolution. The paper also explains pre and post processing operations applied throughout the process.

Keywords: *Rapid prototyping, additive layer manufacturing, solid modeling.*

1.GİRİŞ

Tasarımcılar, CAD yazılımlarından yararlanarak 3D tasarım yapabilirler. Genelde çok karmaşık olmayan modellerin tasarım sürecinde, tasarım esnasında tasarım hataları görülebilir ve gerekli düzenlemeler yapıp tasarım tamamlanır. Fakat karmaşık yapıya sahip 3D modellerin veya çok parçalı montaj gruplarında, montajın yapılabilirliği ve sistemin çalışabilirliği açısından 3D modellerin prototiplerini yapmak gerekir.

Hızlı prototipleme, bu alanda tasarımcıların ihtiyacına cevap vermektedir. Prototip üretiminin amacı imalat öncesi, tasarımın doğruluğunun, estetikliğinin ve işlevsel yönden yeterliliğinin değerlendirilmesi, tasarlanan modelin üretilebilirliği, montaj edilebilme ve sökülebileme olanaklarının değerlendirilebilmesidir[1].Kısa sürede üretim sayesinde otomotiv, havacılık, tıp ve ilaç sanayi gibi çok geniş bir kullanım alanına hizmet etmektedir. Son yıllarda prototip ürünler, özellikle medikal, elektronik ve otomasyon sistemlerinde direkt parça olarak kullanılmaktadır. Bu durumda bu yöntem, az sayıda üretim için, seri üretime göre daha ekonomik olduğundan tercih edilebilmektedir. Tasarımcılar3D modellerin kısa bir süre içinde prototiplerini imal edebilmek için hızlı prototip cihazlarını kullanırlar. Bu cihazlar alışılmış imalat yöntemlerinde olduğu gibi dolu malzemeden talaş kaldırarak değil, sıfırdan katman oluşturarak ve katmanları üst üste ekleyerek prototip üretirler.

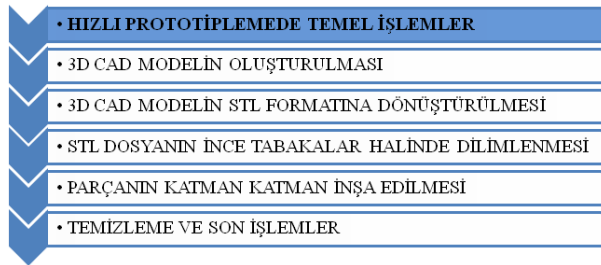
Prototip üretiminde kullanılan katmanlı imalat yöntemi, yaklaşık 50 yıl önce başlamıştır. Ancak topografya ve foto-heykelcilik alanında kullanımı 100 yıl öncesine kadar gider. Hızlı prototipleme, 3DCAD verisinden, plastik veya metal malzemeden modeller üreten cihazların teknolojisine verilen genel bir isimdir. Topoğrafya alanında 1890'larda kullanılmaya başlanan bu teknoloji [2], endüstriyel alanda 1951'de Munz'un önerdiği stereolitografi teknolojisiyle başlar [3]. Yine bu alanda 1968'de Swainson iki lazer ışınının kesişme bölgesinde elde edilen polimerizasyon yöntemini önerdi [4]. Ciraud, 1971'de modern eklemeli imalat teknolojisinin bütün özelliklerine sahip bir toz birleştirme yöntemi geliştirdi [5]. 1979'da R.F. Housholder, lazer ile toz sinterlemenin ilk tanımlamasını yaptı ve düzlemsel tabakaların sırayla biriktirilmesini ve her tabakanın katılmasını inceledi [6].

1980'lerin sonu ve 1990'ların başında, katmanlı imalat teknolojilerinin araştırma ve uygulama süreçlerinde artış olduğu görülür. Sonraki yirmi yıl içinde, birçok teknik alanda bu süreçleri ele alan araştırma toplulukları oluşmuştur. Katmanlı imalatın etkisi, hem ticari hem de bilimsel faaliyetler açısından büyüyerek devam etmiştir. Katmanlı imalat alanında, Dünya Teknoloji Değerlendirme Merkezi(WTEC) tarafından 1996yılındaAvrupaveJaponya'da iki çalışma yapıldı. Katmanlı imalatla ilgili teknolojilerin endüstriyel uygulamalarını vurgulayan yol haritası 2 yıl sonra tamamlandı. 2003 yılında, Avrupada'ki ekleme/çıkarma teknolojilerindeki faaliyet düzeyini belirlemek için WTEC tarafından bir çalışma daha yapıldı. Bu çalışmalardan çıkan raporlar önemli veriler sağladı ve 2009 yılındaki yeni araştırmalarla ilgili yol haritası için temel teşkil etti [7]. Türkiye'de ilk medikal kafatasıyüz implant tasarımı, imalatı ve cerrahisi uygulaması, 2003 yılında Cadem AŞ ve Amerikan Hastanesi'nden Opr.Dr.Sacit Karademir işbirliği ile yapıldı[8].Kafatasına ait CT veriler kullanılarak dokunsal duyulu 3D modelleme sistemi ile implant tasarımı yapıldı ve 3D yazıcı kullanılarak model elde edildi. Titanyum hassas dökümden sonra implant, Dr.Karademir tarafından yerleştirildi. Slovenya'daki Maribor Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü ve Üniversite Klinik merkezi ile Ljubljana Üniversitesi Tıp Fakültesi öğretim üyeleri işbirliği ilekemik yapılarında kullanılabilecek implantların tasarımı ve hızlı prototipleme teknolojileriyle üretimi konusunda araştırma ve uygulama çalışmaları yapılmıştır[9]. Dünyada, 2008 yılı için katmanlı imalat teknolojileri ve servisleri için ayrılan bütçe toplam olarak yaklaşık 1.2 Milyar \$' dir. Katmanlı imalat teknolojileri için ayrılan bütçe son beş yılda her yıl yaklaşık %10 artmıştır [10].

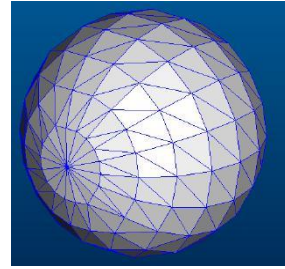
Bu çalışmada, katmanlı imalat teknolojisinin günümüzde ulaştığı 10 adet hızlı prototipleme teknolojisi ve uygulama alanları açıklanmış, imal edilen parçaların mukavemeti, pürüzlülüğü ve çözünürlük gibi özellikleri karşılaştırılmış ve proses boyunca uygulanan ön ve son işlemler açıklanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Hızlı prototipleme teknolojisi, imalat uygulamalarında, medikal/dentalimplant yapımında, kavramsal modellemede, doğrudan döküm kalıbı ve parça üretiminde, hassas döküm tekniği ile metal parça ve prototip üretiminde, mimari uygulamalarda, uzay/otomotiv sanayinde, hızlı kalıp imalatında, eğitim amaçlı her türlü donanımın yapımında vetakı sektörü gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Bir hızlı prototip üretiminde ilk adım, herhangi bir CAD yazılımı ile veya bir lazer ya da optik bir tarayıcı yardımı ile tersine mühendislik yaparak parçanın3D CAD modelinin oluşturulmasıdır. CAD yazılımları ile hızlı prototipleme makineleri arasında veri transferini sağlamak için bir veri ara yüzüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veri ara yüzü STL (STereoLithography) formatıdır.



Şekil 1. Hızlı Prototiplemede temel işlem basamakları



Şekil 2. STL verideki üçgen yüzeyler

CAD yazılımları tarafından oluşturulabilen, hızlı prototiplemede yaygın olarak kullanılan STL dosyaları, renk, doku veya diğer özniteliklerini temsil etmeyen 3D nesnenin yalnızca yüzey geometrisini üçgen yüzeyler kullanarak tanımlar. Düz yüzeyler az sayıda üçgen yüzeyle tanımlanırken, radyuslu yüzeyler çok sayıda küçük üçgen yüzeylerden oluşur. STL dosya formatına çevrilen dosya, hızlı prototip sistemlerinin yazılımlarına aktarılır. STL dosya formatına çevrilirken modelde oluşabilecek hatalar kontrol edilir. Üçüncü adımda model, makinenin özelliğine ve parça hassasiyetine bağlı olarak dilimlere bölünür. Her dilim, modelin ilgili kesit alanını temsil etmektedir. Dolayısıyla bir dilim kalınlığı iki kesit arası mesafe kadardır. Bu kesit alanları birbirlerinden bağımsız olarak fakat ardışık bir şekilde ele alınarak çeşitli tarama yöntemleri kullanılarak tarama yolları hesaplanır. Çok çeşitli şekillerde tarama yöntemleri mevcuttur. Belirli bir eksene veya modelin herhangi bir kenarına paralel veya açılı bir şekilde birbirine paralel hatlardan oluşan veya modelin dış konturları referans alınarak merkez noktasına doğru spiral bir şekil takip eden hatlardan oluşan tarama şekilleri vardır. Fakat genelde hepsinin ortak noktası, dış konturu takip eden bir hatla çevrelendikten sonra arada kalan boşluğun istenilen tarama metoduyla taranmasıdır. Dış konturların taranma şekli yüzey pürüzlülüğünü ve ölçüsel tamlığı birebir etkiler. Çünkü imalat aşamasında dilimler ele alınmaktadır. Sadece, başka bir dilim tarafından üzeri kapatılmamış dilimlerde dış konturların yanı sıra dilimin tüm alanının taranma şekli ve hassasiyeti parametreleri etkileyen önemli kriterlerdir [11].

Dördüncü adım ise parçanın inşa edilmesidir. Birçok teknikten birini kullanarak, hızlı prototipleme makineleri katman katman modeli inşa eder. Kullanılan malzemeler ilk başlangıçta, sıvı, katı veya toz

halindedir. Son ve beşinci adım ise parçanın makineden uzaklaştırılması, varsa destek malzemelerinin ayrılması, yüzey temizleme ve işleme, boyama vs. gibi işlemleri kapsar.

Hızlı prototipleme sistemlerinde çok sayıda sınıflandırma yapılabilirken, bunlardan en iyisi, prototip üretiminde kullanılan malzemenin başlangıçtaki durumuna göre yapılan sınıflandırmadır. Buna göre hızlı prototipleme sistemleri (1)sıvı esaslı (2)katı esaslı ve (3)toz esaslı olmak üzere 3 gruba ayrılabilir.

Sıvı esaslı hızlı prototipleme sistemlerinde malzeme başlangıçta sıvı durumdadır. Işık, lazer ya da ısıyla yaygın olarak bilinen bir kütleme/sertleşme süreci sayesinde sıvı, katı hale dönüşür. Bu kategoriye giren sistemlerinden bazıları şunlardır: (1)3D Systems Stereolitograficihazı(SLA), (2) Objet GeometriesLtdPolyjet, (3)D-MEC Ltd Solid creationsystem(SCS), (4) Envision TEC Perfactory, (5)Autostrade E-Darts, (6)CMET Katı nesne ultraviyole lazer yazıcı, (7) Envision TEC Bioyazıcı, (8)Hızlı Dondurarak Prototipleme (RFP),(9) Microfabrica EFAB, (10)D-MEC Ltd ACCULAS,(11)Cubital Katı Tabaka Kütleme(SGC).

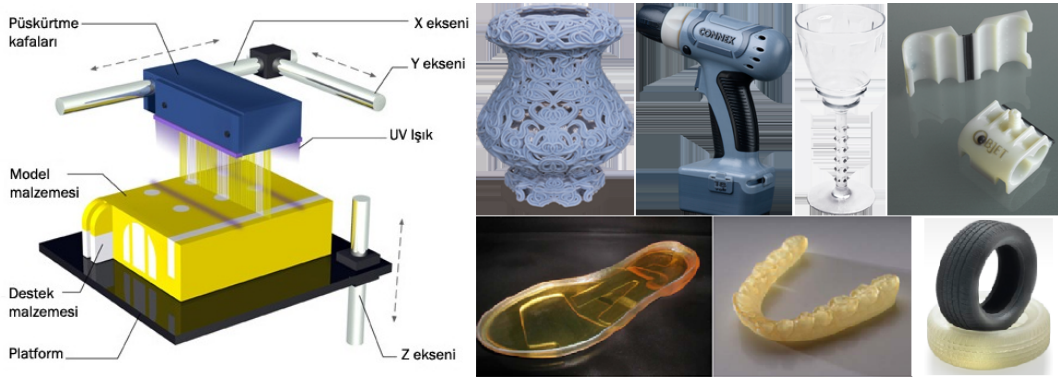
Bu teknolojiler fotokütleme yöntemini kullanır ve bu yöntemde 3 metot vardır. Tek lazer ışın metodu yaygın olarak kullanılan metottur ve (1),(3),(5) ve (6)nolu teknolojiler bu metodu kullanır. Cubital'ın SGC metodu(11), UV maskeli lamba kullanırken, Objet'in Polyjet'i(2), sıvıyı püskürtme kafalarıyla yerleştirdikten sonra UV lamba ile kütleme yapar.D-MEC'in ACCULAS'ı (10)dijital ayna aygıtı denilen farklı bir sistem kullanırken, Envision Tec'in Perfactory metodu(4) dijital ışık işleme denilen bir görüntüleme sistemi (DLP) kullanır. EnvisionTEC'in Bioyazıcısı (7) sıvı ortamda ekstrüzyon metodu kullanır. Hızlı dondurma(8) metodu su damlalarının, FDM'e benzer bir şekilde biriktirilmesi esasına dayanır. Microfabrica'nın EFAB teknolojisi(9) sıvı bir ortamda elektro-biriktirme metodunu kullanır.

Katı esaslı hızlı prototipleme sistemlerindetoz hariç katı haldeki malzemenin tüm formlarını kapsar. Bu bağlamda katı, tel(filament), rulo, tabaka ve granül şekilli olabilir. Bu kategoriye giren sistemler şunlardır: (1) Stratasys Ergiyik Biriktirme Modelleme Tekniği(FDM), (2)Solidscape Benchtop sistemi, (3) CubicTech. Tabakalı Parça imalatı(LOM), (4)3D Systems Çok Jetli Modelleme Sistemi(MJM), (5)Solidimension Plastik Levha Tabakalama(PSL), (6) Kira Ltd.Kâğıt Tabakalama Teknolojisi(PLT), (7)EnnexCo. offset fabbers, (8)Şekil Biriktirme İmalat Prosesi(SDM). Bu sistemlerde 2 metot mevcuttur. (1),(2),(4) ve (8) ergime ve katılaşma ya da eriyerek yapışma(fusing) şeklinde olup, (3),(5),(6) ve (7) kesme ve yapıştırma ya da birleştirme şeklinde kullanılan metotlardır.

Toz esaslı hızlı prototipleme sistemlerinde toz genellikle katı haldedir. Bununla birlikte, tozun tane yapılı formundan dolayı katı esaslı prototipleme sistemlerinden farklı bir kategoride incelenmiştir. Bu sistemlerde toz tanelerinin birbirine bağlanması ara yüzeydeki tanelerin temas alanlarının eritilmesiyle ya da bir bağlayıcı veya yapıştırıcının eklenmesiyle elde edilir. Bu kategoriye giren sistemlerden bazıları şunlardır: (1)3D Systems Seçici Lazer Sinterleme (SLS),(2) Z Corp3D Yazıcı(3DP), (3)EOS EOSINT,(4) Optomec Lazerle Net Şekillendirme (LENS),(5) Arcam Elektron Işınli Ergitme(EBM), (6) Concept Laser Lazer Cusing, (7) MCP-HEK Tooling RealizerII Seçici Lazer Eritme(SLM), (8) Phenix Systems PM serisi (LS), (9)3D

2.2. PolyJet Teknolojisi

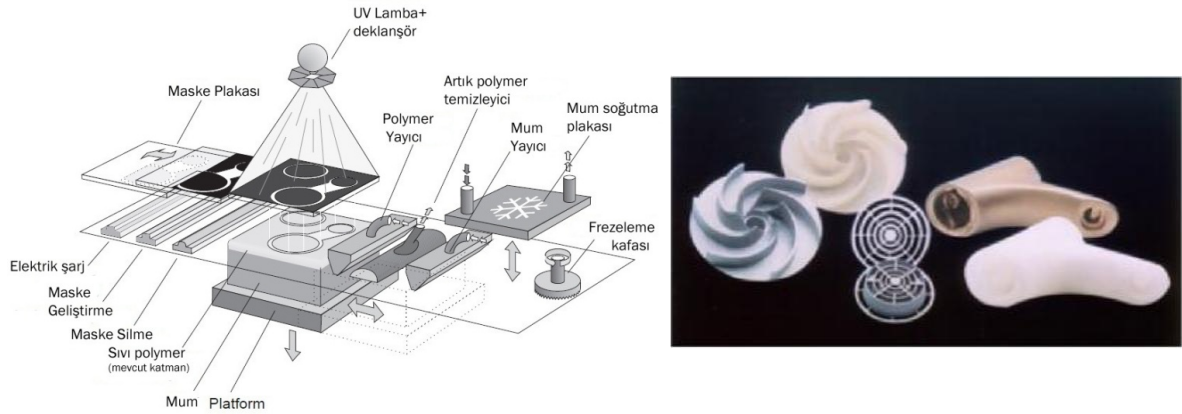
Polyjet tekniği, mürekkep püskürtme ve Stereolitografi tekniklerini bir arada kullanan bir prodestir. Bu prodesteher bir katmanı oluşturmak için püskürtme kafaları kullanılır. Proses süresince, model ve destek malzemeleri bu kafalardan püskürtülür. Bu malzemeler, hemen püskürtme kafasında bulunan UV ışıkla sertleştirilir. Malzemelerin bitmek üzere olduğu bir zamanda, malzeme kartuşları kolayca üretim süreci kesintiye uğramadan değiştirilebilir. 2D kesit alanı püskürtme kafasındaki UV ışıkla kürlendikten sonra platform, katman kalınlığı kadar 16 µm aşağı iner. Püskürtme kafasının bu prosesi parça bitene kadar devam eder. Prototip bittikten sonra destek malzemeleri özel bir kabin içinde su jeti ile kolayca parçadan uzaklaştırılabilir. Polyjet teknolojisinde 100'ün üzerinde malzeme çeşidi ile hassas ve gerçeğe yakın prototipler yapılabilmektedir. Kauçuk ve sert malzeme, mat ve şeffaf malzeme, yüksek mukavemetli ve sıcaklığa dayanıklı plastik malzeme, dental ve medikal uygulamalar gibi malzeme seçenekleri bulunmaktadır. Cihazın kullanımı oldukça kolaydır [15].



Şekil 4. Polyjet sisteminin çalışma prensibi ve bu yöntem ile üretilmiş parçalar [21]

2.3. Katı Tabaka Kurutma Teknolojisi (SGC, Solid GroundCuring)

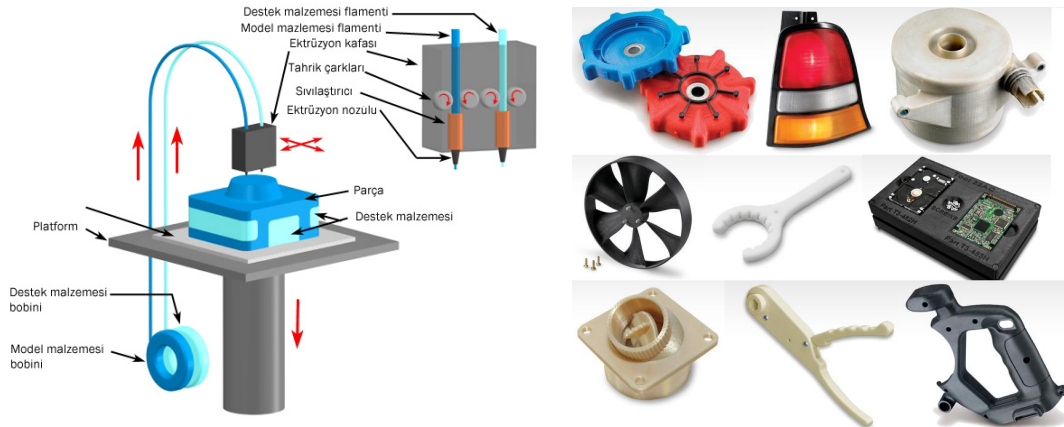
SGC yönteminde, parça eksenlerinin tanımlanmasından sonra tabaka kalınlığı belirlenir. Sıvı haldeki maske fotopolimer malzemenin üzerine yerleştirilir ve sonra yoğun bir UV ışını katmanın üzerinden geçerek tabakayı katılaştırır. Katılaşmamış fotopolimer vakum sistemiyle alınarak düşük ergime noktasına sahip, suda eriyebilen bir mumla yer değiştirir (Şekil 5). Parça, tabaka kalınlığını daha önceden tanımlanan değere indiren bir freze takımı ile işlenerek düzeltilir. Bu işlem model tamamlanıncaya kadar devam eder. Model oluşunca mum mikrodalga fırınında eritilir. İnşa malzemesi olarak akrilik,mum kullanılır. Parçalarda iç gerilmeler çok azdır. Modelin kütle merkezi ağırlıklar yerleştirilerek ayarlanabilir. Aynı anda birden çok parça üretilebilir. Destek gerektirmez. Malzeme seçeneği azdır. Bakım maliyeti yüksektir. Gürültülü çalışır. Makinenin boyutları büyüktür.



Şekil 5. SGC sisteminin çalışma prensibi ve bu yöntemle üretilmiş parçalar [18]

2.4. Ergiyik Biriktirme Modelleme Tekniği (FDM, Fused Deposition Modeling)

Bu proseste bir plastik veya mum malzeme parçanın kesit geometrisini izleyen bir nozul içinden ekstrüzyon edilir. Model malzemesi ince plastik tel (filament) şeklindedir. Bazen filament yerine hazneden beslenen plastik granül de kullanılmaktadır. Nozul, termoplastiği ergime noktasının hemen üzerindeki bir sıcaklıkta tutmaya yarayan bir ısıtıcı eleman içerir ve böylece plastik kolayca nozul üzerinden akar ve bir katman oluşur. Plastik nozuldan aktıktan sonra aniden sertleşir ve aşağıdaki katmana yapışır. Bir katmanın yapımı tamamlandıktan sonra platform aşağıya iner ve ekstrüzyon nozulu diğer katmanı inşa eder. Katman kalınlığı ve düşey boyut hassasiyeti ekstrüzyon nozulunun çapına bağlıdır. Bu çap 0.178 mm ile 0.356 mm arasında değişir. XY düzleminde 0.025 mm çözünürlüğe ulaşılabilir.



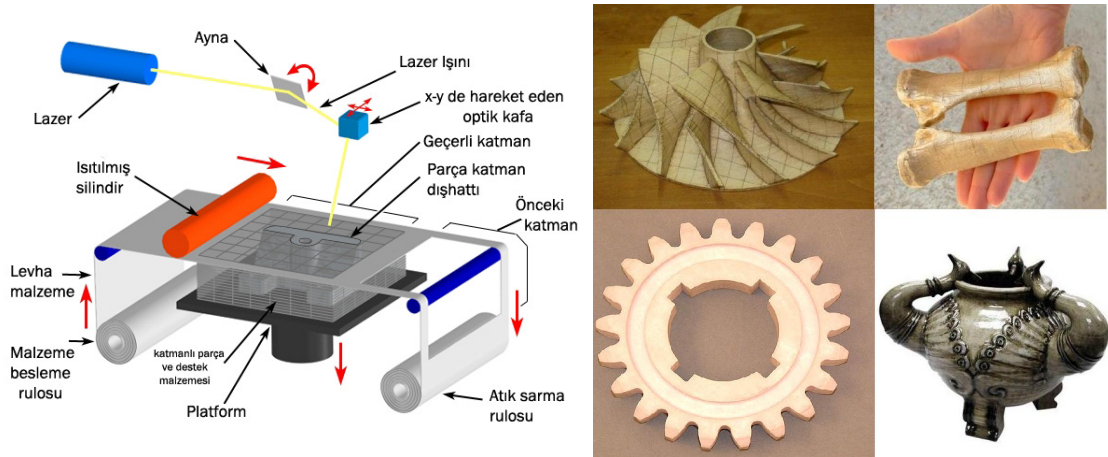
Şekil 6. FDM Sisteminin çalışma prensibi ve bu yöntemle üretilmiş parçalar [18,21]

Bu teknik ile çok parçalı, hareketli mekanizmaların ve karmaşık parçaların imalatı mümkündür. ABS, poliamid, polikarbonat, polietilen, polipropilen ve hassas döküm mumumodel malzemesi olarak kullanılabilir. Bu yöntemde model üretilirken destek malzemesi kullanılır ve farklı bir destek malzemesi kullanabilmek amacıyla sisteme ikinci bir nozulula ve edilmiştir. Üretilen parçaların esnemeye, bükülmeye, kırılmaya ve uzamaya karşı yüksek dayanımı, suya ve neme karşı yüksek dirençleri, uygun maliyeti en belirgin özellikleridir. Fonksiyonel parçaların üretimi için uygundur.

2.5. Tabakalı Yapıştırırmalı Parça İmalatı (LOM, Laminated Object Manufacturing)

Sistemin ana bileşenleri, platform üzerindeki ince levhayı ileri süren bir besleme mekanizması, ince levhayı alt katmana basınç ve ısıyla bağlamak için ısıtılmış bir silindir ve her katmanda parçanın dış hatlarını kesen bir lazerdir. Parça, lazerle kesilmiş yapışkan kaplanmış ince levhanın bir önceki katmanın üstüne yapıştırılması ile üretilir. Bir lazer, her katmanda, parçanın dış hatlarını keser. Her kesim işlemi tamamlandıktan sonra platform ince levha kalınlığı kadar genellikle 0.05-0.5 mm kadar aşağıya iner ve başka bir ince levha, besleme mekanizması yardımıyla daha önceki katman üstüne ilerletilir. Platform daha sonra hafifçe yükselir ve ısıtılmış silindir yeni katmanı yapıştırmak için basınç uygular. Lazer parça dış hattını keser. Bu işlem parça tamamlanana kadar devam eder (Şekil 7). Katman kesildikten sonra kalan ekstra malzemeler, parçayı üretim boyunca desteklemesi için yerinde kalır. Bu yöntem ile üretilen parçalar Şekil 7'de görülmektedir.

LOM'da malzeme olarak kaplanmış kağıt, plastik köpük kullanılabileceği gibi seramik veya metal tozu emdirilmiş malzemeler de kullanılabilir. Malzemenin kolay ve ucuz temin edilebilirliği yöntemi avantajlı kılmaktadır. Tasarım ve parametrelerin doğru seçilmesiyle, her boyutta yüksek hassasiyete sahip prototip dışında yapısal ve işlevsel modeller de elde edilebilir. Büyük hacimli parçalar yüksek hızla işlenebilmektedir. Çevre dostu bir teknolojidir.



Şekil 7. LOM sisteminin çalışma prensibi ve bu yöntemle üretilmiş parçalar [18]

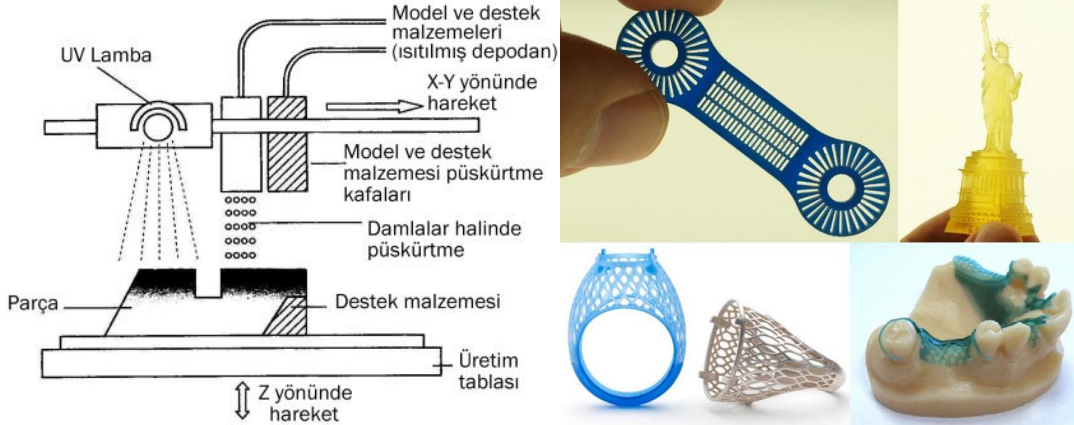
2.6. Çok Jetli Modelleme(MJM, Multi-Jet Modelling)

MJM tekniği, mürekkep püskürtmeli yazıcılardaki mürekkep püskürtmeye benzer bir teknikle yüzlerce nozula sahip baskı kafası kullanarak CAD verilerinden 3D plastik modeller üreten bir hızlı prototipleme tekniğidir. Bu teknikte mum benzeri termoplastik 300 dpi ve daha yüksek bir çözünürlükte ısıtılmış bir baskı kafası ile ince damla olarak püskürtülür ve hemen UV ışığı ile kürlenene malzeme sıcaklıkla katılır. Çıkıntılar için, düşük erime noktalı balmumundan yapılan, sonradan elle veya sıcak havayla uzaklaştırılabilen destek yapısı inşa edilir.

İlk katman tamamlandıktan sonra platform Z ekseninde aşağıya iner ve diğer katman inşa edilir. Bu proses model bitene kadar tekrarlanır. Yazıcı kafası X-Y ekseninde hareket ederken üretim tablası Z-ekseninde hareket eder(Şekil 8).

Biten modeller çok kolay bir şekilde makineyle işlenebilir, yapıştırılabilir veya kaplanabilir. Bu metotla telkari gibi yüksek detaylı parçalar, konsept modeller ve tasarım prototipi üretmek mümkündür. Gerekirse bu modelden örneğin bir vakum döküm yöntemi kullanılarak kalıp üretilebilir.

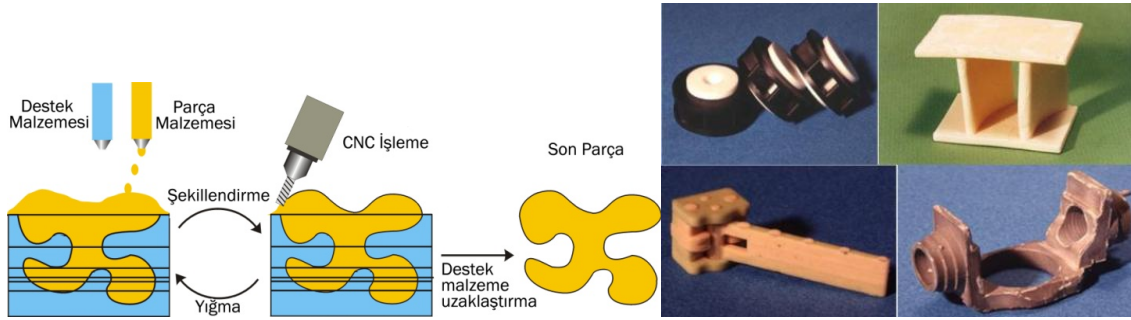
Bu teknoloji ile sert, esnek, siyah, şeffaf, yüksek sıcaklığa dayanıklı plastik parçalar üretilebilir.



Şekil 8. MJM sisteminin çalışma prensibi ve bu yöntemle üretilmiş parçalar[18,22]

2.7. Şekil Biriktirme İmalatı (SDM, Shape Deposition Manufacturing)

SDM, hassas malzeme işleme prosesinin avantajları ile katmanlı imalatın avantajlarını birleştiren hızlı prototipleme prosesidir. Proses Şekil 9 de görülmektedir. Malzeme, yığma istasyonunda platform destek yüzeyleri arasına yığılır. Yığma proseslerinden biri mikrodöküm denilen kaynak tabanlı yığma prosesidir ve son yüzey nete yakın görünümündedir. Daha sonra şekillendirme istasyonuna alınır ve burada genellikle 5 eksenli bir CNC işleme merkezinde son şekil vermek üzere işlenir. Buradan parça, malzeme yığma ve işleme esnasında oluşan gerilmeleri almak üzere bilyalı dövme (shot-peening) gibi işlemleri uygulamak üzere gerilme giderme istasyonuna transfer edilir. Proses parça tamamlanana kadar tekrarlanır. Geçici destek malzemelerinin uzaklaştırılmasından sonra parça son şeklini alır. Destek malzemeleri eritme ya da aşındırma işlemi ile modelden ayrılır.



Şekil 9. SDM sisteminin çalışma prensibi ve bu yöntemle üretilmiş parçalar [19]

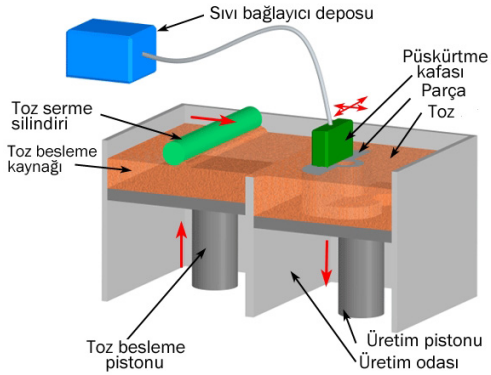
SDM teknolojisinde metal, plastik ve seramik tozlardan, doğrudan kullanılacak fonksiyonel parçalar üretilebilir. SDM de mikro döküm yığıma prosesi dışında, farklı malzemeleri kullanmaya olanak sağlayan bir çok alternatif proses mevcuttur(Çizelge 1).

Çizelge 1. SDM'de yığıma prosesleri, parça ve destek malzemeleri [18]

Yığıma Prosesi	Parça Malzemesi	Destek Malzemesi
Mikro döküm	Paslanmaz çelik	Bakır
Ekstrüzyon	Termoplastik, seramik	Suda çözünebilir termoplastik
İki parçalı reçine sistemi	Poliüretan,epoksi reçine	Mum
Sıcak mum	Mum	Mum
Fotokürlenilebilir reçine	Fotoreçine	Suda çözünebilir reçine
MIG kaynağı	Çelik alaşımları	Bakır
Termal spreyleme	Metal,Plastik ve seramikler	Bakır

2.8. Seçici Lazer Sinterleme (SLS, Selective Laser Sintering)

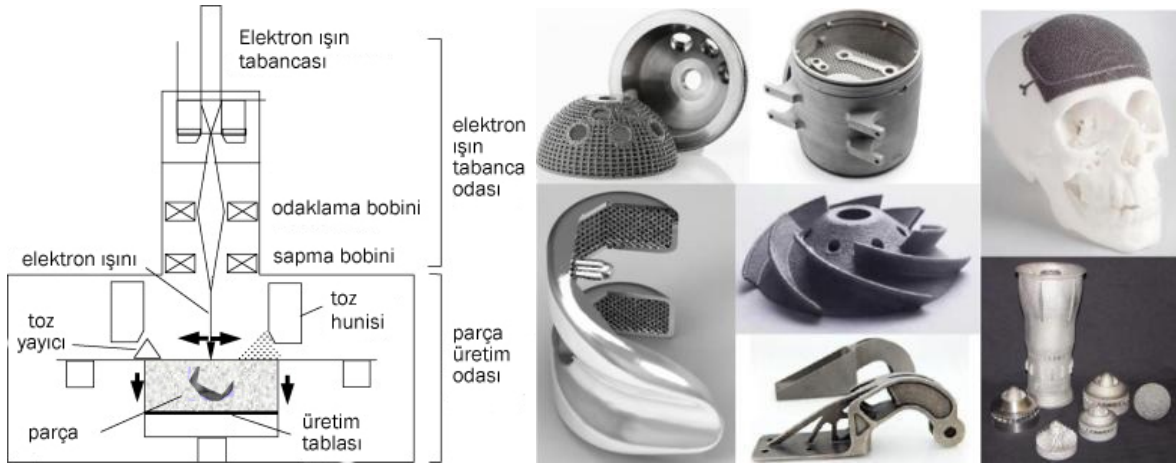
SLS prosesi, toz malzeme kullanarak, ısı oluşumunu sağlayan CO₂ lazer ile katman katman CAD verisinden 3D parçalar oluşturur. Isıtıldığında bir biri ile birleşebilen toz halindeki inşa malzemesi ince ve düz bir tabaka şeklinde katman kalınlığı kadar üretim tablası üzerine yayılır.CO₂ lazer,tarayıcı sistem aracılığı ile tabaka şeklindeki tozlar üzerinde seçilen bölgeleri tarar ve ilk katman inşası biter. Sonra diğer katman inşası için tezgah tablası altındaki platform, katman kalınlığı kadar aşağı iner. Toz yayıcı mekanizma aracılığıyla bir önce taranmış katmanın üzerine yeni katman kalınlığı kadar toz serilir ve lazer ile taranır. Bu işlem model oluşuncaya kadar devam eder. Sinterleme işleminin tamamlanmasından sonra sinterleme istasyonunun soğuması için bir süre beklenir. Sonra parça, tezgâh üretim tablası üzerinden alınır ve doğal destek görevi üstlenmiş tozlar, fırça veya vakumlu süpürge ile temizlenir(Şekil 10). SLS parçaları kumlama, isteğe bağlı boyama gibi son işlemlere ihtiyaç duyar. SLS sistemi, sinterleme istasyonunun dışında, kullanılmış tozun belirli oranda yeniden kullanılmasını sağlayan geri dönüşüm sistemini içerir.



Şekil 11. 3DP sisteminin çalışma prensibi ve bu yöntem ile üretilmiş parçalar [20,22]

2.10 Elektron Işınlı Ergitme (EBM, Electron Beam Melting)

EBM teknolojisi, tamamen yoğun metal tozlarını güçlü bir elektron ışını ile eriterek katman katman inşa eden bir prosesdir. Her bir katman, bir CAD modeli ile tanımlanan geometriye göre eritilmektedir. Bu teknolojide, yüksek erime kapasitesi ve yüksek verimliliğin gerekli olan enerjiyi üreten yüksek güçlü bir elektron ışını kullanılmaktadır. Elektronlar $> 2500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar ısıtılan bir filamandan yayılır. Elektronlar toza vurduğunda kinetik enerji ısıya dönüşür. Bu ısı metal tozunu eritir. (Şekil 12). Elektronlar ışık hızının yarısı kadar hızla anota doğru hızlandırılmaktadır. Elektron ışını son derece hızlı ve doğru ışın kontrolü sağlar. Elektromanyetik bobinler tarafından yönetilmektedir. Ergitme bittikten sonra tabla dikey yönde aşağı iner ve yeni metal toz katmanı serilir. Bu işlemler model tamamlanıncaya kadar devam eder. Döküm ve dövmeden daha iyi malzeme özelliklerine sahip ve üzerindeki gerilmeler giderilmiş şekilde parçalar üreten EBM teknolojisi, vakum ve yüksek sıcaklıkta gerçekleşir. Vakum sistemi tüm üretim boyunca 10^{-5} mbar ve daha iyi basınç sağlar. Bu yöntemde metal (kobalt krom ve titanyum alaşımları) ve seramik malzemeler kullanılabilir. Yüksek mukavemeti, düşük yoğunluk ve üstün korozyon direnci ile titanyum ve alaşımları da, cerrahi ve tıpta, havacılık, otomotiv, kimya tesisi, enerji üretimi, spor ve diğer büyük endüstrilerde kullanılmaktadır. Bu yöntemle üretilen parçalar direkt kullanılabilir. Bu teknoloji, EBM makinelerine ek olarak kolay ve güvenli kullanım için yardımcı donanımlara ihtiyaç duyar. Bunlar patlamaya karşı korumalı elektrikli süpürge, toz taşıma arabaları ve toz geri kazanım sistemidir.



Şekil 12. EBM sisteminin çalışma prensibi ve bu yöntem ile üretilmiş parçalar [18,24]

3. HIZLI PROTOTİP SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Hızlı prototipleme teknolojileri günümüzde aşağıdaki alanlarda kullanılmaktadır. Bunlar;

1. **Mühendislik:** Doğru ve görsel karar verme mekanizması sağlamak için gerçek modelleme, prototip yapımı, kalıp tasarımı, analiz, tasarım döngüsündeki zamanı azaltmak, ürün geliştirmek, üretim maliyetini azaltmak, yeni ürünleri tanıtmak, mevcut ürün özelliklerini değiştirmek, kompleks parçaları üretebilmek, tasarım ve imalatın entegrasyonunu sağlamak.
2. **Medikal:** Vücut içinde teşhise yardımcı olan katı görüntüleme modelleri yapmak, tomografi verilerinden model ve protez yapımı.
3. **Dental:** Protez ve implant yapımı.
4. **Kuyumculuk:** Zahmetli el işçiliği gerektiren veya el ile yapımı mümkün olmayan karmaşık geometriye sahip mücevherlerin yapımı.
5. **Mimarlık:** Topoğrafik modelleme.
6. **Sanat:** El ile imalatı mümkün olmayan ya da zor olan sanat eserlerinin yapılması.
7. **Arkeoloji:** Arkeolojik buluntuların modellerinin yapılarak sergilenmesi.
8. **Matematik, Fizik, Kimya:** 3D katı nesnelerin yapılması, karmaşık molekül yapılarının yapılması.
9. **Eğitim:** Görsel eğitim araç gereçlerinin yapılması.

Mevcut prototip teknolojilerinin kullanılmasında hangi yönetimin seçileceği çok önemlidir. Çünkü cihazların ilk yatırım maliyeti önemlidir. Ayrıca CO₂ gazı, metal tozları, plastik tozları gibi kullanılacak sarf malzemelerinin maliyetleri de önemlidir.

Çizelge 2, endüstride kullanılan ve yukarıda açıklanan hızlı prototipleme sistemlerinin durumlarını karşılaştırmalı olarak özetlemektedir. Çizelgede temel çalışma esasları, kullandıkları yapı malzemeleri, ön ve son işlemler, üretilen parçaların bazı özellikleri, veri transfer dosyaları ve diğer temel özellikleri verilmiştir. Çizelge 2 hızlı prototipleme teknolojilerinin karşılaştırılmasına imkân vermektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada hızlı prototipleme teknolojileri genel olarak karşılaştırılmış ve aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- Uygulamada en yaygın kullanılan teknolojinin SLA olduğu görülmektedir. Bu yöntem yüksek doğrulukta, renkli parçalar üretebilmektedir. Ancak parçalarda çarpılma ve büzülme olabilmektedir. Metal model yapılamamaktadır.
- Mukavemetli parçalar yapılacağında SLS, FDM, EBM ve SDM teknolojileri tercih edilebilir. Özellikle SLS, EBM ve SDM teknolojileri metal model üretimini mümkün kılmaktadır.
- Büyük boyutlu modeller üretileceğinde LOM tercih edilir. Ancak modellerin mekanik özellikleri iyi değildir. MJM ve 3DP yöntemleri basit ve kolay kullanılabilen sistemler olup üretim hızları yüksektir.
- MJM sistemlerinde üretilen modellerin yüzeyleri daha düzgündür. 3DP sistemleri ile renklendirme yapılabilir.
- FDM, 3DP ve Polyjet sistemleri ofis ortamında rahatlıkla kullanılabilir. SGC sistemleri ise kütleli olarak ağır, büyük boyutlu olup ve bakım maliyetleri yüksektir.
- Fonksiyonel model üretiminde SLS, SLA, FDM, EBM ve SDM sistemleri avantaj sağlamaktadır. Hareket edebilen ve çok parçadan oluşan modellerin üretiminde FDM ve SGC yöntemleri ön plana çıkmaktadır.

Çizelge 2. Hızlı prototipleme yöntemlerinin karşılaştırılması

Yöntem	Çalışma Esası	Kullandığı Malzeme	Ön işlemler	Son işlemler	Çözünürlük	Mukavemet	Pürüzlülük	Transfer dosyaları	AÇIKLAMA
SLS	TozunCO ₂ lazer ile sinterlenmesi	Poliamid, polistren, karbon fiber ve alüminyum katkılı poliamid, polikarbonat, paslanmaz çelik,kobalt krom,nikel krom,titanyum,seramik		Tozun uzaklaştırılması ve soğuma için bekleme süresi	Zayıf	İyi	Zayıf	STL	Geniş bir ürün yelpazesine hitap eden verimli ve hızlı bir imalat yöntemidir, Prototip kalıp üretim maliye-ti düşüktür ve çok miktarda parça üretebilir, malzeme değişimi zor.
SLA	Fotopolimer malzemenin UV ışını ile katılaştırma	Reçine bazlı malzemeler,akrilik,epoksi, polipropilen	Tabaka, destek oluşturma	Desteğin uzaklaştırılması	İyi	Orta	İyi	STL	Yüksek doğrulukta parça üretimi için tercih edilir, renklendirme yapılabilir, Yaygın kullanılır, parçalarda çarpılma ve bütülmeye olabilir.
FDM	Ekrüzüyonla Yığıma Tekniği	ABS, poliamid, polikarbonat,polietilen,polipropilen ve hassas döküm mumu.	Tabaka, destek oluşturma	Desteğin uzaklaştırılması	Orta	İyi	Orta	STL	Ofis ortamında kullanılabilir. Çok parçadan oluşan, hareketli fonksiyonel, elastik modeller üretmek için uygundur. Parçalar suya ve neme dayanıklı, üretim maliyeti düşük, hızlı.Küçük parçalarda, detay bölgelerde ve ince kesitlerde çok iyi değıl.
LOM	Tabakaların Lazerle Kesilip Yapıştırılması	Kâğıt, plastik köpük, metal ve seramik tozu emdirilmiş malzemeler			Orta	Orta	Orta	STL	Büyük hacimli parçalar yüksek hızda üretilebilir, parçaların mekanik özellikleri iyi değıldir.
SGC	Foto maskeleme ve UV ışını ile katılaştırma	Fotopolimer, akrilik, mum		Mumun uzaklaştırılması	İyi	Zayıf	İyi	STL	Makineler büyük ve ağırdır, hareketli montaj halindeki parçaların üretimi için uygundur, küçük parçaların üretiminde ekonomiktir, doğruluk kalite ve malzeme çeşitliliği yetersizdir.
MJM	Çok jetli püskürtme ve UV ışını ile katılaştırma	Parafin, mum, termopolimerler	Tabaka, destek oluşturma	Desteğin uzaklaştırılması	İyi	Zayıf	İyi	STL	Temiz, basit ve verimli olup birçok alanda uygulanabilir.
3DP	Bağlayıcı ile Toz Bağlama ve Kurutma	Yüksek performanslı kompozit			Zayıf	Zayıf	Zayıf	STL	Hızlı, ucuz, ofis ortamında kullanılabilir, kullanımı kolay, karmaşık modeller üretilebilir, renklendirme mümkün, parçalar kırılmalıdır.
Polyjet	Fotopolimer püskürtme ve UV ile katılaştırma	Akrilik gibi termoplastikler, (elastomerler)	Tabaka, destek oluşturma	Desteğin uzaklaştırılması	İyi	Zayıf	İyi	STL	Kullanımı kolay, hızlı yük- sek, kalite yüksek, ofis ortamına uygun.
EBM	Elektron ışınılertirme	Kobalt krom ve titanyum alaşımları, seramik		Tozun uzaklaştırılması	Zayıf	İyi	İyi	STL	Medikal, havacılık, uzay ve otomotiv sektörlerinde fonksiyonel parça üretimine uygun
SDM	Malzemenin yığılması ve CNC işleme merkezi ile işlenmesi	Metal, plastik, seramik tozları	Ön tabakalama var	Desteğin uzaklaştırılması	İyi	İyi	İyi	STL	Karmaşık fonksiyonel parça üretimi mümkün, üretim hızı ve boyut doğruluğu yüksek

KAYNAKLAR

- [1] B. Ozugur, “Hızlı prototipleme teknikleri ile kompleks yapıdaki parçaların üretilebilirliklerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2006).
- [2] J.E. Blanthier, “Manufacture of contour relief maps”, US Patent, #473,901 (1892).
- [3] O.J. Munz, “Photo-Glyph recording”, US Patent, #2,775,758, (1956).
- [4] W.K. Swainson, “Method, medium and apparatus for producing three-dimensional figure product”, US Patent #4.041.476 (1977).
- [5] P.A.Ciraud, “Process and device for the manufacture of any objects desired from any meltable material”, FRG Disclosure Publication, (1972).
- [6] R.F.Housholder, “Molding process”, US Patent #4,247,508, (1981).
- [7] L.B. David, J.B.J. Joseph, C.L. Ming and W.R. David, “A brief history of additive manufacturing and the 2009 roadmap for additive manufacturing: looking back and looking ahead”, US-TURKEY Workshop On Rapid Technologies, September 24, 5-1, (2009).
- [8] E. Negis, “A short history and applications of 3D printing technologies in Turkey”, US-TURKEY Workshop On Rapid Technologies, September 24, 23-30, (2009).
- [9] I. Drstvensek, B.Valentan, T.Brajlih, T.Strojnik, H.N. Ihan, “Direct digital manufacturing as communication and implantation tool in medicine”, US-TURKEY Workshop On Rapid Technologies, September 24, 75-81, (2009).
- [10] T.Wohlers, “Wohler’s report 2009”, Wohlers Associates, Inc., (2009).
- [11] G. Dogan, “Mikro ve nano hızlı prototipleme”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007).
- [12] S.O.Onuh, Y.Y.Yusuf, “Rapid prototyping technology: applications and benefits for rapid product development”, Journal of Intelligent Manufacturing, 10, 301, (1999).
- [13] S.O.Onuh, K.K.B. Hon, “Integration of rapid prototyping technology into FMS for agile manufacturing”, Journal of Integrated Manufacturing Systems, 12, 179-86, (2001).
- [14] İnternet: E. Negis, “İmalatta mükemmele doğru; Oto-inşa teknolojileri”, <http://www.turkcadcam.net>, (2005).
- [15] M. Ermurat, “Hızlı prototip ve üretim teknolojilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, (2002).
- [16] R.Merz, F.B.Prinz, L.E.Weiss, “Shape deposition manufacturing”, Proceedings of the Solid Freeform Fabrication Symposium, The University of Texas at Austin, 1-7, (1994).

- [17] M.D.Aaron, R.W.Christopher and D.H. Robert, “Embedded sensors for biomimetic robotics via shape deposition manufacturing”, Division of Engineering and Applied Sciences Harvard University, Pisa, Italy,1-6, (2006).
- [18] C.K.Chua, K.F.Leong, C.S.Lim, “Rapid Prototyping. Principles and Applications”, Third Edition, World Scientific, (2010).
- [19] F. B. Prinz, Lee E. Weiss, “Novel Applications and Implementations of Shape Deposition Manufacturing”, Naval Research Reviews, Office of Naval Research, pp. 19-26, Vol. L,(1998).
- [20] İnternet: <http://www.custompart.net>, (2013).
- [21] İnternet: <http://www.stratasys.com>, (2013).
- [22] İnternet: <http://www.3dsystems.com>, (2013).
- [23] İnternet: <http://www.eos.info>, (2013).
- [24] İnternet: <http://www.arcam.com>, (2013).

GELENEKSEL MULLİT/ZİRKONYA KOMPOZİT SENTEZİNE KOLEMANİT VE TİNKAL'İN ETKİSİ

Hediye AYDIN & Remzi GÖREN

Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Kütahya, hediyeaydin@dumlupinar.edu.tr,
rgoren@dumlupinar.edu.tr

Geliş Tarihi:02.05.2013 Kabul Tarihi:24.07.2013

ÖZET

Yapılan çalışmada, mullit/ ZrO_2 kompozit zirkon, kaolinit ve alümina kullanılarak hazırlanan karışıma ağırlıkça sırasıyla % 7 kolemanit ve %7 tinkal ile ve edilerek reaksiyon sinterlemesi yoluyla elde edilmiştir. 1450, 1500 ve 1550⁰C sıcaklıklarda 5 saat sinterlenen mullit/ ZrO_2 kompozitlerine faz, yoğunluk ve mikroyapı analizleri yapılmıştır. Kolemanit ilavesinin hem sentez sıcaklığını düşürdüğü, hem yoğun ürün elde etmede katkısı olduğu görülmüştür. Ancak tinkal ilavesi kolemanitin sağladığı etkiyi gösterememiştir. XRD analizlerine göre, kolemanit içermeyen karışımda zirkon 1550⁰C sıcaklığa kadar varlığını korurken, kolemanit içeren kompozisyonda 1450⁰C sıcaklıkta zirkonun tamamen parçalanıp reaksiyona girdiği görülmüştür. Mikroyapı görüntülerinde genel olarak zirkonya partiküllerin mullit matrisi içinde homojen dağıldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Mullit/Zirkonya Kompozit, Kolemanit, Tinkal, Reaksiyon Sinterleme

EFFECT OF COLEMANITE AND TINCAL IN TRADITIONAL MULLITE/ZIRCONIA COMPOSITE SYNTHESIS

Hediye AYDIN & Remzi GÖREN

Dumlupınar University, Engineering Faculty, Department of Material Science and Engineering, Kütahya, hediyeaydin@dumlupinar.edu.tr,
rgoren@dumlupinar.edu.tr

ABSTRACT

In this study, mullite/zirconia composites were obtained by reaction sintering from zircon, clay and alumina mixtures having colemanite and tinkal additions with several ratios (wt. %). The phase evolution, densification behavior and microstructural investigations of composites synthesized at 1450, 1500 and 1550⁰C for 5hrs were examined. The addition of colemanite leads to both decrease synthesis temperature and microstructural evolutions. However the addition of tinkal doesn't show similar effect provided by colemanite. According the XRD analysis showed that zircon completely dissociated at for all mixtures having colemanite, however minor amount of retained zircon and corundum in undoped samples processed at 1550⁰C. According to the SEM images, microstructures consisted of a mullite matrix with homogeneously is seen to be distributed zirconia grains.

KeyWords: Zirconia/Mullite Composite, Colemanite, Tincal, Reaction Sintering.

1.GİRİŞ

Mullit/zirkonya kompozit, yüksek sıcaklıklardaki üstün dayanımını, yüksek ısıl şok direnci, çok iyi mekanik, kimyasal direncinden dolayı cam ve alaşımları için kontakt malzemesi olarak, fırınlarda kromsuz astar malzemesi olarak, çelik ergitmede direk temas nozüllerinde, çimento ocakları ve akışkan yatak sistemlerinde, döküm filtrelerinde ve sürtünme astarlarında kullanılmaktadır (Neşet, 2008).Kaolinit ve alümina karışımından zirkonya/mullit kompozit sentezine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Schneider, 2008, Caligariis, et.al., 1999, Chen, et al., 2004, Schneider, et.al., 1990, Conville, et.al., 1998). Zirkonun ZrO_2 ve SiO_2 şeklinde parçalanması ve in – situmullit/zirkonya sentezine ilişkin kimyasal reaksiyon aşağıdaki gibidir. Reaksiyon 3/2 Mullit esasına göre yazılmıştır.



Mullit - zirkonya karışımlarına göre, zirkon - alüminaveya zirkon – kaolen – alümina karışımlarından mullit/zirkonya kompozit sentezinin çeşitli avantajları vardır. Bu avantajlardan bazıları daha ucuz olması, endüstriyel/seri üretime uygun olması, oluşan sıvı fazlar nedeniyle daha yüksek yoğunluklara ulaşılabilmesi ve homojen ZrO_2 tane dağılımının elde edilmesi şeklinde sayılabilir. Bununla beraber, geleneksel hammaddelerden mullit/zirkonya kompozit sentezinde en önemli sorun, başlangıç hammaddelerden kaynaklanan safsızlıkların özellikle tane sınırlarında birikip yüksek sıcaklık (sünme) mukavemetine olumsuz etkilerdir. Olumsuz etkileri en aza indirmek için, başlangıç hammaddeleri olabildiğince az safsızlık içerenlerden seçilmektedir (Colm, 1983, Carter et al., 2007).

Bu çalışmada, zirkon, kaolinit ve alüminadan oluşan başlangıç karışımına belirli oranlarda kolemanit ve tinkal ilave edilerek Mullit/zirkonya kompozit üretimi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL METOD

Başlangıç hammaddeleri olarak kullanılan zirkon ($ZrSiO_4$, Johnsen Matthey, Sereltaş, İstanbul), kaolen ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$, Imerys, Kütahya Porselen), alümina (Al_2O_3 , BDH Limited Poole, Almanya), kolemanit ($Ca_2B_6O_{11}5H_2O$, Eti Maden, Türkiye) ve tinkal ($Na_2B_4O_7.10H_2O$, Eti Maden, Türkiye) firmalarından temin edilmiştir. Kompozit sentezinde kullanılan bu hammaddelerin (Spectro X-lab 2000 marka) XRF cihazıyla belirlenen kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmiştir. Tabloda %1'in altındaki safsızlıklar gösterilmemiştir.

Çizelge 1. Başlangıç hammaddelerin kimyasal kompozisyonu (ağırlıkça %)

Bileşenler	Zirkon	Kaolen	Alümina	Kolemanit ^(*)	Tinkal ^(*)
SiO_2	29.96	53.01	0.02	5.54	2.01
ZrO_2	64.08	-	-	-	-
Al_2O_3	0.02	32.56	95.86	0.10	0.13
CaO	0.11	0.12	0.49	28.96	1.7
Na_2O	0.11	0.09	0.04	0.05	22.96
B_2O_3	-	-	-	35.69	55.29
A.Z (%)	0.35	11.63	2.90	24.52	15.73
Toplam	100	100	100	100	100

^(*) Eti Madenden alınmıştır.

Zirkon, kaolen, alümina, tinkal ve kolemanitten oluşan başlangıç malzemelerinden mullit/ zirkonya kompozit sentezi için üç farklı karışım hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlar Tablo 2'de verilmiştir. Toz boyutunu küçültmek ve homojen karışım sağlamak amacıyla kompozisyonlar Retsch PM 200 marka/model gezegenel değirmende dakikada 300 dönme hızıyla (1mm çaplı ZrO₂bilya ve ZrO₂ kap kullanılarak) 6 saat etil alkol ortamında öğütüldükten sonra etüvde (100°C) kurutulmuştur. Öğütme ortamı toz/alkol/bilye oranı 1/1,5/2,5 şeklinde belirlenmiştir.

Çizelge 2. Karışımlar (ağırlıkça %)

Hammadde	I	II	III
Zirkon	30	40	40
Kaolen	25	10	10
Alumina	45	43	43
Kolemanit	-	7	-
Tinkal	-	-	7

Etüvden alınan karışımlar 125 µm elekten geçirilmiştir. Kuru karışım tozlar içinde ağırlıkça %3 PVA çözüldürülmüş su ile yaklaşık % 4 – 5 nemlendirilmiştir. Nemlendirilen karışımlar 500 µm elekten geçirilerek granül boyutlara irileştirilmiş ve 20 mm çapında peletler halinde basılmıştır. Presleme işlemi 2 ton basınçta 15 saniye tutularak gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan peletler 5°C/dakika ısıtma hızıyla 1450, 1500 ve 1550°C sıcaklıklara çıkılmış ve bu sıcaklıklarda 5 saat sinterlenmiştir. Sinterlenmiş ürünlerin yoğunlukları için Arşimet yöntemi, faz analizleri için Cu K_α radyasyon ve Ni filtre kullanılan X-ray difraktometre cihazı (Rigaku, MiniFlex) ve mikroyapı analizleri için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM, Jeol JSM 50-CF) kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Yoğunluk

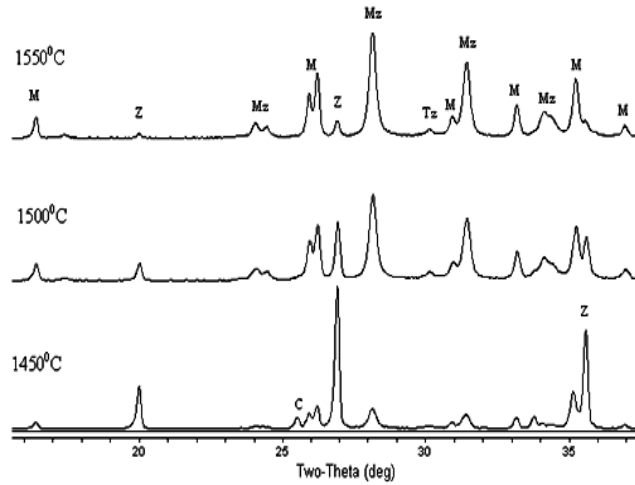
I,II ve III ile simgelenen karışımların 1450, 1500 ve 1550°C sıcaklıklarda sinterlenmiş örneklerinden elde edilen yığınsal/bulkyoğunluklar Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 3'ten de görüleceği gibi, katkısız (I), kolemanit katkılı (II) ve tinkal katkılı (III) kompozisyonlarda, artan sıcaklıkla beraber yoğunluk değerleri artmıştır. Katkısız örnekte 1550°C sıcaklıkta ulaşılan yoğunluk değerine, kolemanit katkılı örnekte 1450°C sıcaklıkta ulaşılmıştır. Yoğunluk değerine kolemanit katkısının etkisi oldukça belirgin ve etkin olmuştur. Tinkal(III) içeren kompozisyonda yoğunluk değerlerindeki artış kolemanit katkılı (II) örnekle karşılaştırıldığında oldukça düşüktür.

Çizelge 3. Sinterlenen örneklerin Arşimet yoğunlukları (ρ , g/cm³)

	I	II	III
1450°C	2,17	3.13	2,07
1500°C	2,26	3.26	2,25
1550°C	3,11	3.39	2,77

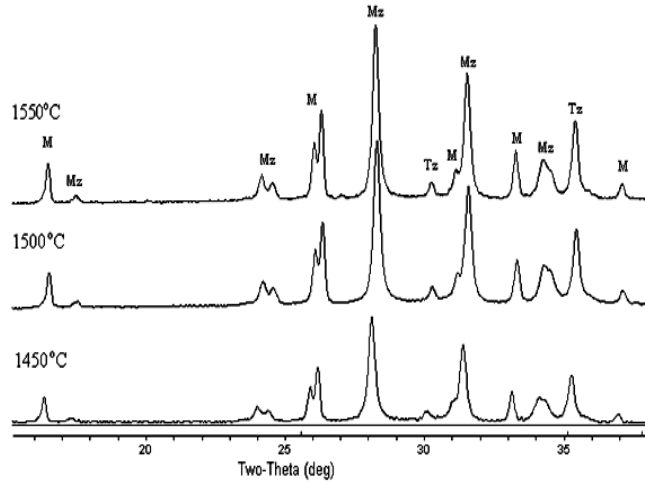
3.2. X-Işınları Analizi

Şekil 1, 2 ve 3 sırasıyla katkısız (I), kolemanit katkılı (II) ve tinkal katkılı örneklere (III) ait XRD analizlerini göstermektedir. Şekil 1'de görüldüğü gibi, 1450°C sıcaklıkta sinterlenen katkısız karışımın XRD paternleri zirkon (pdf #06-0266), korundum (pdf #46-1212), monoklinik zirkonya (pdf #37-1484) ve mullit (pdf #15-0776) toplamından oluşmaktadır. 1450°C sıcaklıkta sinterlenen bünyede hala mullit oluşumuna katılmamış alümina (korundum) ve parçalanmadan kalan önemli miktarda zirkon görülmektedir. Bu sıcaklık tetragonal zirkonyanın kararlı olduğu sıcaklık olmasına karşın, XRD paterninde tetragonal zirkonya fazına rastlanmamıştır. Muhtemelen sinterleme sıcaklığında parçalanma ürünü olarak açığa çıkan tetragonal zirkonya, oda sıcaklığında monoklinik faza dönüşmüştür. 1500°C sıcaklıkta korundum tamamen kaybolmuş, zirkon bir miktar daha parçalanmış, tetragonal ve monoklinik zirkonya oluşmuştur. 1550°C sıcaklıkta ise, zirkon büyük oranda parçalanmış olmakla beraber, hala mevcuttur.

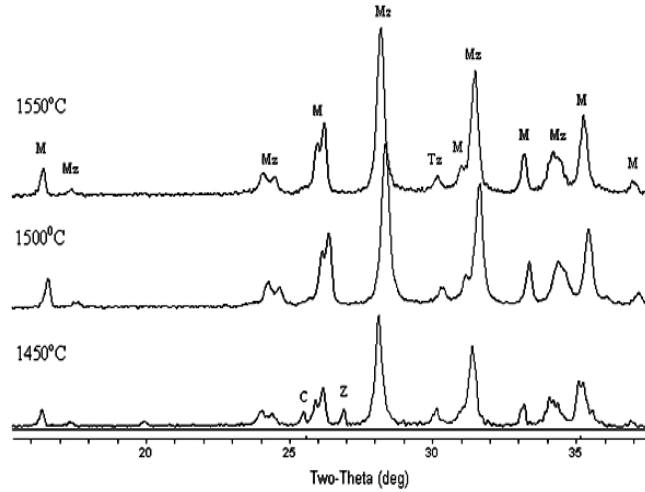


M: Mullit, Z: Zirkon, Mz: Badeleyit, C: Korundum, Tz: Tetragonal Zirkonya
Şekil 1. Katkı içermeyen karışım (I) için XRD paternleri

Şekil 2'de görülen XRD paternlerin hiçbirinde zirkon ve alümina fazları bulunmamaktadır. XRD analizleri, kolemanit katkısının zirkonun parçalanması ve mullit/zirkonya sentezine etkisini açıkça göstermektedir. Her üç paternde mullit (pdf #15-0776) ve zirkonyadan başka faz bulunmamaktadır. Tinkal içeren karışımın 1450°C sıcaklıkta sinterlenen örneğin XRD paterninde (Şekil 3) iz miktarda zirkon ve az miktarda korundum fazları görülmektedir. Bununla beraber 1500 ve 1550°C sıcaklıklarda korundum ve zirkon fazları kaybolmakta ve ürünler tamamen mullit/zirkonya fazlarından oluşmaktadır.



M: Mullit, Mz: Badeleyit, Tz: Tetragonal Zirkonya
Şekil 2. % 7 kolemanit içeren karışım (II) için XRD paternleri

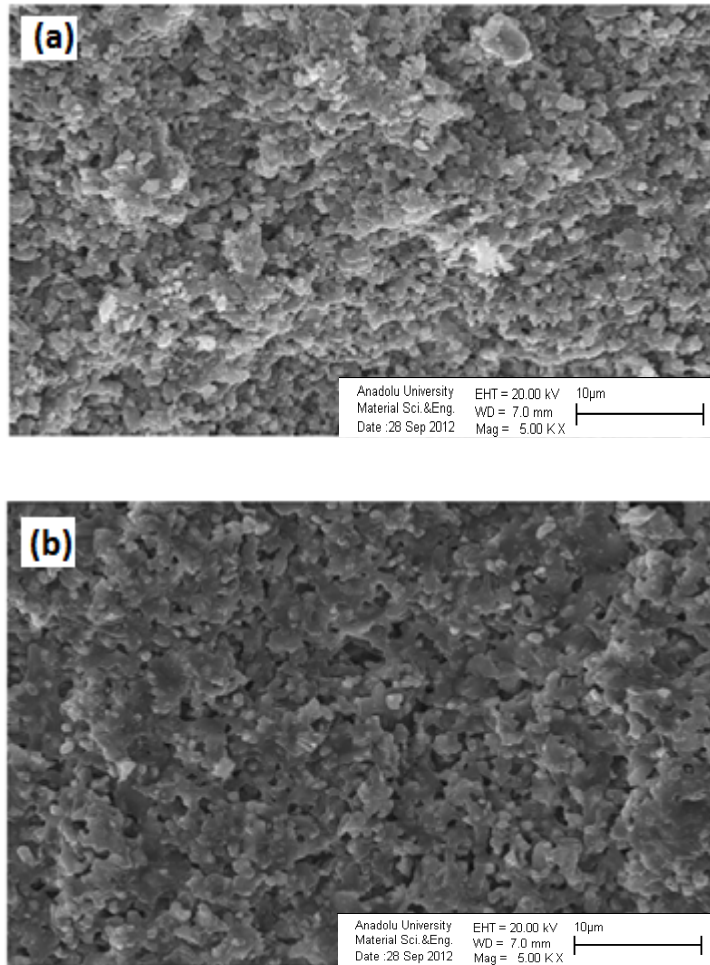


M: Mullit, Mz: Badeleyit, Tz: Tetragonal Zirkonya
Şekil 3. % 7 tinkal içeren karışım (III) için XRD paternleri

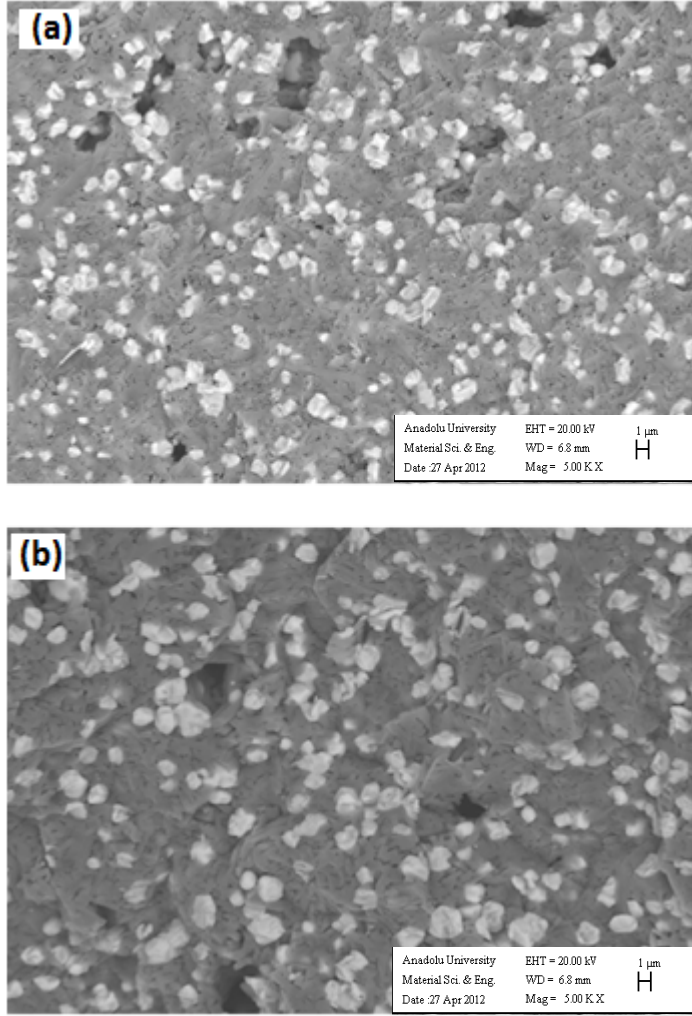
3.3. Mikroyapı Analizi

Şekil 4, 5 ve 6 sırasıyla 1500 ve 1550°C sıcaklıklarda sinterlenen I, II ve III karışımlara ait kırılma yüzeylerinden alınan mikroyapı görüntülerini vermektedir. Mikroyapı görüntülerinde beyaz taneler zirkonya,

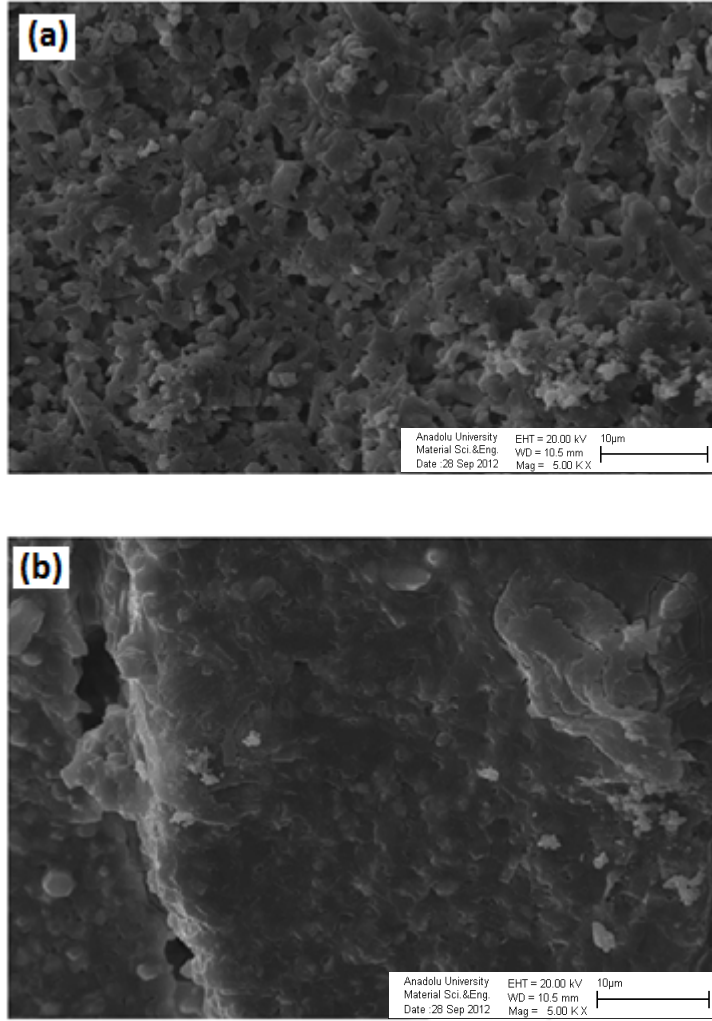
gri taneler mullit fazlarıdır. Şekil 4 ve 5'te görüldüğü gibi, 1500°C sıcaklıklarda sinterlenen örneklerde mullit ve zirkonya taneleri arasındaki etkileşim 1550°C sıcaklıkta sinterlenen örneklere nazaran daha azdır. 1500°C sıcaklıktaki mikroyapı görüntüleri incelendiğinde mullit matris gibi durmaktadır. ZrO_2 matris içerisinde dağılmış fazlar şeklindedir. ZrO_2 yoğun bir dağılım göstermektedir. Mullit taneleri ince, uzun, birbiriyle tamamen etkileşim halinde, gelişigüzel yönelmiş, fakat sürekli bir ağ şeklinde yer almaktadır. Bununla beraber, III numaralı (tinkal içeren) karışımın 1550°C sıcaklıktaki SEM görüntüsü, I ve II numaralı karışımların 1550°C sıcaklıktaki görüntülerinden oldukça farklıdır. Tinkal içeren örneklerin 1550°C sıcaklıkta sinterlenen örneğinde camsı faz belirgindir ve camsı faz nedeniyle malzeme oldukça yoğun bir kütle görüntüsü vermektedir. Bununla beraber, homojen dağılmamış, fakat oldukça iri (bölgesel) poroziteler mevcuttur.



Şekil 4. Katkı içermeyen (I) karışımın (a) 1500 ve (b) 1550°C sıcaklıkta sinterlenen örneklerine ait mikroyapı görüntüleri



Şekil 5. Kolemanit katkılı(II) karışımın (a)1500 ve (b)1550⁰C sıcaklıkta sinterlenen örneklerine ait mikroyapı görüntüleri



Şekil 6. Tinkal katkılı(II) karışımın (a)1500 ve (b)1550⁰C sıcaklıkta sinterlenen örneklerine ait mikroyapı görüntüleri

4. SONUÇLAR

Gerek yoğunluk gerek XRD ve SEM analizlerine göre, zirkon, kaolen ve alümina karışıma kolemanit ve tinkal ilave ederek, ilavesiz karışıma göredaha düşük sıcaklıkta hem yüksek yoğunluğa hem sadece mullit ve zirkonya fazlardan oluşan kompozit malzeme sentezlemek mümkündür. Yapılan çalışmaya dayalı olarak, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Zirkon, kaolen ve alümina karışıma kolemanit ve tinkal ilave ederek düşük sıcaklıklarda mullit/zirkonya sentezlemek mümkündür. Fakat tinkalsinterleme sırasında açığa çıkan ve kalıcı özelliğe sahip sıvı fazlar nedeniyle hem yoğunluk hem mikro yapı bakımından olumsuzluklara sahiptir.
2. Kolemanit katkısı, 1450°C sıcaklıkta zirkonun tamamen parçalanmasını sağlamaktadır. Kolemanitin etkisi sadece zirkonun parçalanmasıyla sınırlı değildir.
3. Kolemanit, aynı zamanda mullit oluşumunu, yani alüminanın silikayla erken reaksiyonunu da sağlamaktadır.
4. Yapılan teorik hesaplara göre, çalışmada ulaşılan 3,39 g/cm³ yoğunluk değeri, kompozitin yaklaşık % 97 teorik yoğunlukta sentezlendiğini göstermektedir (Aydın H, 2013).
5. XRD analizlerinde monoklinikzirkonya fazın baskın olması, parçalanma ürünü tetragonal zirkonya tanelerin iri boyutlu olması ve/veya CaO, B₂O₃, Al₂O₃, Na₂O gibi safsızlıkların zirkonya bünye yerine muhtemelen mullit bünyede çözünmüş olmasından kaynaklanmaktadır. Safsızlıkların tetragonal fazda çözünmüş miktarı çok düşüktür ve bu düşük miktar kompozit bünyedeki tüm zirkon yayı tetragonal fazda kararlı kılmaya yetmemektedir.
6. Genel olarak tüm mikroyapı görüntülerinde, özellikle de kolemanit içeren karışımda zirkonya partikülleri mullit matris boyunca homojen olarak dağılmıştır. Bu başlangıç karışımın homojen olduğunu, reaksiyonların tüm sistem içinde homojen ve eş zamanlı gerçekleştiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] H .Aydın, “Bor Mineralleri Katkılı Mullit/Zirkonya Kompozit Üretimi”, Doktora tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2013).
- [2] H.,Schneider, J. Schreuer, B. Hildmann, “Structureandproperties of mullite-A review”, Journal of the European Ceramic Society 28, 329–344 (2008).
- [3] M.Caligariis, N. Quaranta ve R. Caligaris,“Mullitesynthesisfromalkoxide-derivedaluminosilicatepowders”, Interceram, 48, 301-304 (1999).
- [4] Y.F. Chen, M.C. Wang ve M.H. Hon,“Kinetics of secondary mullite formation in kaolin-Al₂O₃ceramics”, Scripta Materialia, 51, 231-235 (2004).
- [5] H. Schneider, K. Okada ve J.A.Pask, “Mullite and mulliteceramics”, John Wileyand Sons, New York, USA (1990).
- [6] C.J. Conville, W.E. Lee ve J.H. Sharp, “Microstructuralevolution in fired kaolinite”, British Ceramic Transactions, 97, 162-168 (1998).
- [7] C. Neşet, “Cam Fırınlara Yönelik Zirkonya Mullit Esaslı Dökülebilir Refrakter Betonların İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2008).

[8] Colm, Mc. I.J., "Ceramic Science for materials technologists", Leonard Hill, NY, (1983).

[9] C.B.Carter, ve M. G. Norton, "Ceramic Materials Science and Engineering", Springer, (2007).

