

Academic Research in Science and Engineering

Editör

Doç.Dr. Mehmet Dalkılıç

Academic Research in Science and Engineering



Editör
Doç.Dr. Mehmet Dalkılıç

Ankara, 2019

Kitap Adı : Academic Research in Science and Engineering
İmtiyaz Sahibi : Gece Kitaplığı
Genel Yayın Yönetmeni : Doç. Dr. Atilla ATİK
Kapak&İç Tasarım : Melek ZORLUSOY
Sosyal Medya : Arzu ÇUHACIOĞLU
Yayına Hazırlama : Gece Akademi  Dizgi Birimi
Yayıncı Sertifika No : 15476
Matbaa Sertifika No : 34559
ISBN : 978-605-7852-58-8

Editör: Doç.Dr. Mehmet Dalkılıç

The right to publish this book belongs to Gece Kitaplığı. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission. Gece Akademi is a subsidiary of Gece Kitaplığı.

Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz. Gece Akademi, Gece Kitaplığı'nın yan kuruluşudur.

Birinci Basım/First Edition ©Mart 2019/Ankara/TURKEY ©copyright



Gece Publishing

ABD Adres/ USA Address: 387 Park Avenue South, 5th Floor, New York, 10016, USA

Telefon/Phone: +1 347 355 10 70

Gece Akademi

Türkiye Adres/Turkey Address: Kocatepe Mah. Mithatpaşa Cad. 44/C Çankaya, Ankara, TR

Telefon/Phone: +90 312 431 34 84 - +90 555 888 24 26

web: www.gecekitapligi.com — www.gecekitap.com

e-mail: geceakademi@gmail.com

Academic Research in Science and Engineering

Editör

Mehmet Dalkılıç

Yazarlar

Chapter 1:Betül Coşkun Önal, Zeynep Özdemir,

Chapter 2:Enver Cenani İnce, Hüseyin Murat Çelik,

Chapter 3:Aydan Yaman,

Chapter 4:Hilal Surat, Mustafa Aybar,

Chapter 5:Özdoğan Karaçalı,

Chapter 6:Özdoğan Karaçalı,

Chapter 7:Serkan Kemeç, Luqman Hamad Abdalla,

Chapter 8:Sinan Temel, Fatma Özge Gökmen, Elif Yaman,

Chapter 9:İpek Müge Özgüç Erdönmez, Nilüfer Kart Aktaş,

Chapter 10:Kemal Furkan Sökmen, Osman Bedrettin Karataş,

Chapter 11: Ahmet Haşim Keskin,

Chapter 12: Özlem Abacı Günyar, Bahar Midilli,

Chapter 13: Mehmet Faruk Eskibalcı

Editörün Notu

Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluğu yazarlara aittir.

Contents

Chapter 1	1
Burdur Salda Gölü Güney Bölgesindeki Kaynak Sularının Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi (Betül Coşkun Önal, Zeynep Özdemir)	1
1. Giriş.....	2
2. Jeoloji.....	3
3. Materyal Ve Yöntemler	4
4. Bulgular Ve Tartışmalar	5
5. Sonuçlar.....	13
6. Kaynaklar.....	13
Chapter 2	15
Measuring the Induced Travel Demand: Evidence from a Path Analysis of Generalized Simultaneous Equations Model for the Case of Istanbul (Enver Cenani İnce, Hüseyin Murat Çelik)	15
1. Introduction.....	16
2. Review Of Approaches In Measuring Induced Travel Demand	18
3. Data & Methods	22
4. Model Results.....	30
5. Discussion	32
6. Concluding Remarks.....	34
7. References	35
Chapter 3	43
Investigation of the Effect of Object Surface Colors That Different Tones on Terrestrial Laser Scanners (Aydan Yaman)	43
1. Introduction.....	44
2. Material and Method	45
2.1. The Test Area	45
2.2. Topcon GLS-1000 Terrestrial Laser Scanner.....	46
2.3. The Method	47
3. Results.....	57
4. Conclusion.....	59
5. References	59
Chapter 4	61
Ağır Metaller İle Kirlenmiş Alanların Onarılmasında Kullanılabilecek Bitki Türleri (Hilal Surat, Mustafa Aybar)	61
1. Giriş.....	62
1.1. Fitoremediasyon Yöntemi.....	64
1.2. Hiperakümülatör bitki türleri.....	66
2. Materyal ve Yöntem	67
2.1. Çalışma Alanı	67
2.2. Yöntem	68
2.2.1. Toprak ve Sediment Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması	68
2.2.2. Bitki örneklerinin Teşhisi.....	69
3. Bulgular.....	69

4. Tartışma ve Sonuç	76
5. Referanslar	77
Chapter 5	81
Investigation of Computational Physical Strain/Stress Analysis of Centrifugal Compressor Blade AISI 403 Design for Gas-Turbine Engine in Generating Energy Power (Özdoğan Karaçalı)	81
1. Introduction to The Centrifugal Compressors Research.....	82
2. Materials and Methods for the Centrifugal Compressors	84
3. Results and Discussion	87
4. Conclusion	87
5. Acknowledgments.....	87
6. References.....	88
Chapter 6	89
Sensitivity Analysis Research of Stainless Steel 304L Material of Bulk Milk Cooling Tank (bMCT) by Finite Element Method-ANSYS (Özdoğan Karaçalı)	89
1. Introduction.....	90
1.1.Bulk Milk Cooling Tank	90
2. Materials and Methods for Stainless Steel 304L bMCT	91
3. Results and Discussion	92
4. Conclusion.....	93
5. Acknowledgments.....	93
6. References	93
Chapter 7	95
Katı Atık Miktarının Kestirimi ve CBS Destekli Çok Ölçütlü Karar Verme Analizi ile Depolama Alanı Yer Seçimi; Süleymaniye / Irak Örneği (Serkan Kemeç, Luqman Hamad Abdalla).....	95
1. Giriş.....	96
2. Kaynak Bildirileri.....	97
3. Materyal Ve Yöntem	98
4. Bulgular Ve Tartışma	100
5. Sonuç.....	103
6. Referanslar.....	103
Chapter 8	105
Yarıiletken Metal Oksit İnce Filmlerin Sol-Gel Manyetik Döndürerek Kaplama Tekniği ile Üretimi ve Bazı Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi (Sinan Temel, Fatma Özge Gökmen, Elif Yaman)	105
1. Giriş.....	106
2. Deneysel Bölüm	107
1.1.Sol-Gel Manyetik Döndürerek Kaplama Tekniği	107
1.2.Deneyin Yapılışı	108
3. Deneysel Sonuçlar	109
4. Sonuç ve Tartışma	113
5. Kaynaklar.....	114
Chapter 9	115
A Study of Landscape Restoration of Historical Islamic Religious Buildings (İpek Müge Özgüç Erdönmez, Nilüfer Kart Aktaş)	115

1. Introduction.....	116
2. Materials and Methods.....	118
2.1.Materials	118
2.2.Method.....	118
3. Findings	119
3.1.Introduction of Yavuz Sultan Selim Complex and its surroundings.....	119
3.2. Preparation of the landscape restoration plan of The Yavuz Sultan Selim Complex	121
4. Conclusion.....	126
5. References	128
Chapter 10	131
Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile Elektronik Soğutma (Kemal Furkan Sökmen, Osman Bedrettin Karataş)	131
1. Giriş.....	132
1.1.Elektronik Devre Elemanlarının Yapısı	132
1.2.LED Yapısı ve Literatür Çalışmaları.....	133
2. Materyal ve Metot.....	134
2.1.Geometri	134
2.2.Matematiksel Formülasyon.....	135
3. Termal Analizler	138
3.1.Analiz-1.....	139
3.2.Analiz-2.....	140
3.3.Analiz-3.....	140
3.4.Analiz-4.....	141
4. Sonuçlar.....	142
5. Referanslar.....	142
Chapter 11	145
Tam ve Yarı Bodur Elma Budaması Yayımında; On Altın Kural (Ahmet Haşim Keskin)	145
1. Giriş.....	146
1.1. Yetiştiricilik Deneyimi	146
1.2. Dikim Planlama	147
1.3. Budama	147
2. Tam Ve Yarı Bodur Elma Budaması Yayımında; On Altın Kural	148
2.1. Lider Kesilmez.....	148
2.2. Kestiğim Dal Sürer, Kopardığım Dal Sürmez	148
2.3. Yan Dallar Yatık, Lider İse Dik Gidecek Şekilde Yönlendirilir	149
2.4. Dik Giden Dal Sürgün, Yan Giden Dal Meyve Verir	150
2.5. Bir Meyveyi 40-80 Yaprak Besler.....	150
2.6. İdeal Meyve Konumu ve İriliği	151
2.7. Güneş Giren Yerde Meyve Gözü Oluşur	151
2.8. Gövdenin 1/3'ünden, Yarısından Daha Kalın Olan Dallar Kesilir	152
2.9. Meyve Gözlerinden Kesim Yapılmaz	153
3. Kaynaklar.....	154
Chapter 12	155
Fungal Ribotoksinler (Özlem Abacı Günyar, Bahar Midilli)	155

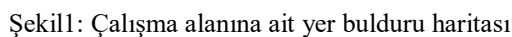
1. Giriş.....	156
1.1. Fungal Sekonder Metabolitler	156
1.2. Fungal Ribotoksinler	157
1.3. Fungal Ribotoksin Çeşitleri	157
1.4. Fungal Ribotoksinlerin Yapısı	159
1.5. Ribotoksinlerin Etki Mekanizması	159
1.6. Ribotoksin Üreticisi Funguslar	162
1.7. Fungal Ribotoksinlerin Kullanım Alanlarıyla İlgili Yaklaşımlar	162
1.7.1. Ribozomla İlişkili Hastalıklardaki Roller	162
1.7.2. İmmünotoksin Çalışmaları	162
1.7.3. Virüslere Karşı Antiviral Etkileri	163
1.7.4. Zararlılarla Mücadelede Kontrol Ajanı Olarak Kullanılma Potansiyelleri	163
1.7.5. <i>Aspergillus</i> Alerjilerindeki Roller	164
1.7.6. Antifungal Aktiviteleri	164
1.8. Fungal Ribotoksinlerin Sitotoksik Etkileri	165
2. Kaynaklar.....	165
Chapter 13	169
Kolemanit Mineralinin Çözünürlüğünde Ortam pH'sının Etkisinin İncelenmesi (Mehmet Faruk Eskıbalcı).....	169
1. Giriş.....	170
2. Genel Bilgiler	170
2.1. Borun Tanımı ve Tarihçesi	170
2.2. Bor Elementi	171
2.3. Bor Elementinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	171
2.4. Bor Mineralleri	172
2.5. Kolemanit.....	174
3. Malzeme ve Yöntem	175
3.1. Malzeme	175
3.2. Kullanılan Cihazlar	176
3.3. Metod	176
4. Bulgular.....	178
5. Tartışma ve Sonuçlar	181
6. Kaynaklar.....	182

CHAPTER 1

**Burdur Salda Gölü Güney Bölgesindeki Kaynak Sularının
Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi (Betül Coşkun
Önal, Zeynep Özdemir)**

Betül Coşkun Önal¹, Zeynep Özdemir²
^{1,2}Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Yenişehir/Mersin
 (cbetul86@gmail.com)

Bu çalışma ile de Salda Gölü (Burdur) güney bölgesinde içme suyu olarak tüketilen kaynak sularının element içeriklerinin incelenerek içilebilirlik özellikleri araştırılmış ve tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmiştir (Şekill).



2. Jeoloji

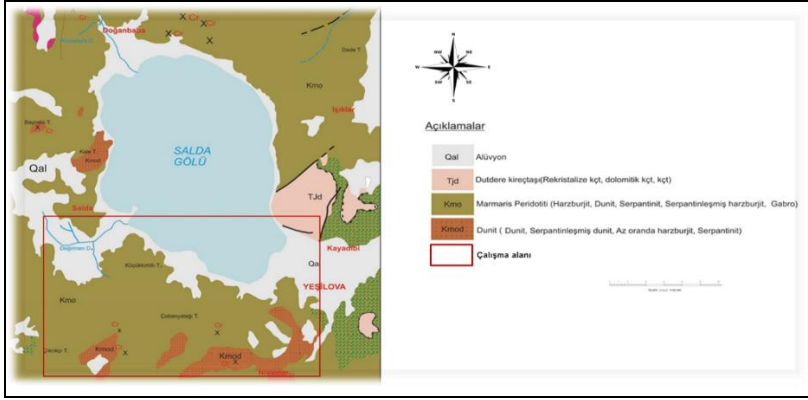
Salda Gölü bütün olarak değerlendirildiğinde doğu, kuzeydoğu ve batıdan Neojen öncesi kayalar;, güney, az da olsa güneydoğu ve güneybatı, ayrıca kuzey batıdan Kuvaterner birimler içindedir. Bölgenin jeolojisini yaşlıdan gence doğru Neojen öncesi oluşan Marmaris Peridotiti (gabro, harzburgit, piroksenit, dünit, serpantin, diyabaz ve dolerit kompleksi), Kızılcaadağ Melanj ve Olistostromu (ofiyolitik, volkanik kayalar, kireçtaşları ve çört blokları), Orta Triyas-Liyas yaşlı Dutdere kireçtaşları, Kuvaterner yaşlı yamaç molozları ve alüvyonlar oluşturmaktadır (Şekil 2).

2.1. Marmaris Peridotiti (Kmo): Bölge Sarp [3] tarafından ayrıntılı olarak incelenmiş, Çapan [4] tarafından adlandırılmıştır. Marmaris peridotiti ara ara serpantinleşmiş ultramafik kayalardan oluşmaktadır. Daha yaygın olarak bulunan harzburgitlerin aşınma yüzeyleri genellikle kızılımsı, kızılımsı kahve, yeşilimsi gri, kırılma yüzeyleri ise siyahımsı yeşil, grimsi yeşil, koyu gri, koyu yeşil renge sahiptir. Genellikle orta taneli bu kayalar bulundukları birimlerde parlak yeşil renge sahip olivin kristalleri ile gümüş renge sahip piroksen kristalleri oldukça belirgindir. Bazı kesimlerde serpantinleşme sonucu matlaşmış olivinler ağısı bir doku kazanmışlardır.

2.2. Dunitler (Kmod): Dunitler Marmaris peridotiti içinde çoğu alanda haritalanmamıştır, göl civarında birkaç küçük mostra olarak haritalanabilmiştir. Açık yeşilimsi gri, açık yeşil ve kahverengimsi renklidir. Yaygın olarak serpantinleşmişlerdir. Bol olivin, seyrek piroksen kristalleri içerir. Marmaris peridotinin alt ve üst ilişkisi tektonik olup kalınlığı 0-1000 metre arasında değişir. Thuizat vd. [5] yaptığı çalışmada (K-Ar yaş tayinlerinin sonucunda yaklaşık 114 milyon yıl) birim ApsiyenAlbiyen yaşlı oluşmuştur. Birimin kıtasal kabuk üzerine bindirmesi Geç Senoniyen'de gerçekleşmiştir. Tavandan eksikli ofiyolit istifini temsil eden Marmaris peridotiti Neotetisin kuzey kolundan kaynaklanmıştır.

2.3. Dutdere Kireçtaşı (TRJd): Yersel megalodontlu, rekrystalize kireçtaşlarından oluşan formasyon Ersoy [6] tarafından adlandırılmıştır. Birim orta-kalın katmanlı, kısmen masif, aşınmış yüzeyi açık gri ve gri, kırılma yüzeyi ise beyaz, krem, bej, açık gri, grimsi, bazı kesimler megalodontlu ya da algli rekrystalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birimin üst düzeyinde seviyesinde korta kalınlığa sahip tabakalı, gri ve acık gri renkli kireçtaşları bulunmaktadır. Bu birimin üzerinde de pembe-açık kırmızı renkli, yersel çört, ammonit ve yumru içerikli kireçtaşları yer alır. Dutdere kireçtaşı bazı alanlarda mermer olarak işletilmektedir. Dutdere kireçtaşı yaklaşık 700 metre kalınlığında olup alt ilişkisi tektonik, üst ilişkisi ise araştırma alanında izlenmez. Sıkça Megalodon sp. içeren formasyon, Involutina sinuosa (Weynschenk), Involutina oberhauseri (Salaj), Trocholina permodiscoides (Oberhauser), Aulotortus friedli (Kristan ve Tollmann), Involutina liassica (Jones), Ophthalmidium martana (Farinacci) vb. [7] formlara göre Orta Triyas/Liyas yaşlıdır. Birimin çökeltme sunduğu ortamı sığ karbonattır.

2.4. Alüvyon (Qal): Salda gölü çevresinde geniş yayılım gösteren alüvyonlar, dere yataklarında veya çökeltme alanlarında gelişmiş kısımları dolduran çamur, kum, çakıl ve blok birikintilerinden oluşmuştur.



Şekil 2: Çalışma alanı jeoloji haritası [8]

3. Materyal Ve Yöntemler

3.1. Su Örneklerinin Kimyasal Analiz Yöntemleri

Bu çalışmada; Salda Gölü (Burdur) güney bölgesinden sistematik olarak toplam 25 adet kaynak suyu örneği alınmış (Şekil 3), su örneklerinin alımı sırasında 500 mililitrelik temiz ped şişeler birkaç kez örnek su alınarak çalkalanmış, sonra biriside yedek örnek olmak üzere 2 adet numune alımı gerçekleştirilmiştir. İnceleme alanından alınan su örnekleri 250 ml'lik polietilen şişelere konulmuş ve pH değeri 2 ve altına düşürülene kadar suya %1 oranında HNO₃ ilave (suda bulunan organizmaların kimyasal reaksiyonunu önlemek amacıyla) edilmiştir [9]. Alınan 25 adet su örneğinin; pH ve elektrik iletkenliği değerleri arazide örnek alımı sırasında ölçülmüştür (YSI Professional Plus). Element içerikleri ise ACME Analitik Laboratuvarında ICP-MS cihazı ile (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Ca, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, En, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pd, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr) belirlenmiştir.



Şekil 3: Çalışma alanı örnekleme haritası

4. Bulgular Ve Tartışmalar

Bu çalışmada, Salda Gölü (Burdur) güney bölgesinde içme suyu olarak tüketilen toplam 25 adet su örneğinin element içerikleri için minimum, maksimum ve ortanca değerler ile *TSE 266* [10], *WHO (Dünya Sağlık Örgütü)* [11], *EPA (ABD Çevre Koruma Ajansı)* [12] standartları (B:0.001, Al: 0.2, Cr: 0.05-1.0, Mn: 0.05-0.1, Fe: 0.2-0.3, Ni: 0.02, Cu: 2 Zn: 5, As: 0.01, Se: 0.01, Cd: 0.005, Ba: 0.3-1, Pb: 0.01, Na: 200, Mg: 50, K: 12, Ca:200, Cl:250, Br: 0.01, pH: 6.5-9.5, *Eİ*: 2500) Tablo 1' de ppm olarak verilmiştir.

Elde edilen sonuçlar Tablo 1' de verilen standartlar ile karşılaştırıldığında;

- B (0.005-0.02 ppm), Al (0.005-0.262 ppm), Fe (0.011-0.683 ppm), Ni (0.0004-0.0272 ppm), Mg (36.6-174.8 ppm), K (0.11-28.7 ppm), Cl (2-1124 ppm) ve Br (0.01-0.05 ppm) içeriklerinin bazı örneklerde müsaade edilen sınır değerlerin üzerinde,
- Ag, As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Li, Mn, Na, Pb, Sb, Si, Zn içerikleri ile pH ve E.C (elektriksel iletkenlik) değerlerinin müsaade edilen sınır değerler içerisinde,
- Au, Be, Bi, Cd, Ce, Cs, Dy, En, Eu, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, La, Lu, Mo, Nb, Nd, P, Pd, Pr, Pt, Re, Rh, Ru, Sc, Se, Sm, Sn, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, W, Y, Yb, Zr içerikleri dedeksiyon limiti altında,
- Rb, S, Sr ve V içeriklerine ait standart değerler bulunmadığı için elde edilen sonuçlar yorumlanamamıştır.

Anomali gösteren bu elementlerin içme suyu olarak tüketilmesinin insan sağlığı açısından bazı toksik etkilere neden olması ve bu toksik etkilerin kaynağının belirlenerek gerekli önlemlerin alınması insan sağlığı açısından önemli olduğu için anomali gösteren B, Al, Fe, Ni, Mg, K, Cl ve Br elementlerinin insan sağlığı açısından olumsuz etkileri ve bu olumsuz etkilerin özellikle jeolojik formasyon kaynaklı (Şekil 4) olma olasılığı şu şekilde özetlenebilir;

Bor (B): İçme suyu olarak tüketilen sularda B değeri standartlara göre 0.001 ppm olması istenmektedir. İncelenen kaynak sularının B değeri 0.005-0.02 ppm arasında değişiklik göstermektedir. Yüksek konsantrasyonda gözlenen borun kaynağı çevrenin jeolojik formasyonlarına bağlıdır. Yapılan araştırmalara göre insan vücuduna alınan borun, büyük bir oranı bir gün boyunca direk idrar ile atılırken, kalan kısmı vücutta birikme göstermektedir. Bu birikme de zamanla yetişkin kişilerde baş ağrısı, kusma, ishal, depresyon; havale, kanama, beyin zarı tahribi gibi etkiler ise çocuklarda görülmektedir. Bor ile zehirlenmeyi gösteren en önemli etken parmak uçlarında pembe rengin gözlenmesi [13], ayrıca karaciğerde büyümeye ve sinir sisteminin bozulmasından dolayı ortaya çıkan sorunlara da neden olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir [14].

Alüminyum (Al): Al değeri içme suyu olarak tüketilen sularda standartlara göre 0.2 ppm düzeyinde olması kabul görmektedir. Elde edilen Al konsantrasyonu ise 0.002-0.262 ppm arasında değişiklik göstermekte olup sadece bir örnek de yüksek konsantrasyon görülmüştür. Bunun nedeni ise su

arıtımında aşırı alüminyum sülfat kullanılması ya da toprağın yapısı olarak düşünülmektedir. Ancak yüksek konsantrasyon gösteren bu suyun sürekli tüketimi insan sağlığı açısından böbreklerde tahribata, akciğer ve sinir sisteminin bozulmasına, Alzheimer hastalığına neden olduğu, alzheimer hastalarının beyinlerindeki alüminyum oranının arttığı yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir [15, 16, 17].

Demir (Fe): Jeolojik birimlerden veya demir katkılı suni gübrelerden kaynaklı kirlenmeye neden olduğu düşünülen Fe elementi standartlara göre 0.2-0.3 ppm aralığında olması gerekmektedir. İncelenen içme suyu örneklerinde ise Fe elementi 0.011-0.683 ppm arasında değişmektedir. Ancak içme suyu olarak tüketilen sulara Fe seviyesinin 2 ppm seviyesine çıkması bile sağlığı olumsuz etkilememekte, sadece suyun tadını bozar ve bulanık bir görüntü sunar [11]. Ancak, vücuda fazla miktarda alınana demir elementinin zamanla karaciğer yetersizliği, bayılma ve mide kramplarına sebep olduğuna dair çalışmalarda vardır [18, 19].

Nikel (Ni): Ni değerinin içme sularında bulunma konsantrasyonu 0.02-0.07 ppm aralığında olması istenmektedir. Genellikle ultrabazik ve bazik kayacın minerali olması, çalışma bölgesinin de temel birimin ofiyolitlerden oluşması bölgede içme suyu olarak tüketilen kaynak sularında nikel konsantrasyonunun standartlara göre. 0.0002-0.0272 ppm arasında görülmekte, yüksek konsantrasyon gösteren suların bu jeolojik birimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca nikel içme suyuyla temas halinde olan boru ve tesisattan metallerin sızması sonucu da suya karışabilmektedir. Yapılan çalışmalarda nikel elementinin insan sağlığını doğrudan etkileyen bir fonksiyonu olmamakla birlikte orta seviyede zehirleyici özelliği tespit edilmiştir. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyici özelliğe sahiptir [20].

Magnezyum (Mg): İçme suyu standartlarına göre içme suyu olarak tüketilen sulara olması istenilen Mg değeri 50 ppm olup analiz edilen kaynak sularında ise 37.96-174.82 ppm aralığında ölçülmüştür. Bazı örneklerde yüksek konsantrasyonlarda gözlenen Mg elementinin kaynağı olarak yeraltı sularına magnezyum içeren birimlerdeki (magnezyum içerikli kalker, dolomit ve serpantizasyon) $MgCO_3$ erimesiyle karıştığı düşünülmektedir. Suyun tadına acılık verir ve sertliğe neden olan unsurlardandır. Su sertliğinin düşük oranlarda gözleendiği yerlerde kalp ve damar rahatsızlıklarının daha da fazlaştığı yapılan bazı çalışmalarla belirlenmiş [19, 21], ancak bazı çalışmalarda ise su sertliğinin kalp-damar hastalıklara karşı koruyucu etkisinin olmadığı tespit edilmiştir [22]. Su sertliğinin sağlığa olumlu etkisiyle ilgili literatüre girmiş herhangi bir çalışma ise bulunmamaktadır [11, 23]. İnsan vücuduna fazla miktarda alınan magnezyum konsantrasyonu ise olumsuz etkileri arasında mide bulantısı, kusma, iştahsızlık, kaslarda güçsüzlük, nefes almada zorluk, kan basıncında düşme, gözlerde tahribat ve narkotik etki yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir.

Potasyum (K): İçme suyunda potasyum konsantrasyonu standartlara göre 12 ppm kadar müsaade edilirken, incelenen su örneklerinde bu değere 0.11-28.73 ppm arasında değişmektedir. Özellikle bazı örneklerde yüksek konsantrasyonunun nedeni olarak potasyum minerallerin (potasyumlu

feldispatlar) bozunumu, illit mineralinin oluşması, iyon değişimi ve gözenek sularının yeraltı sularını beslemesi düşünülebilir [18]. İçme suyundaki potasyum konsantrasyonunun insan sağlığına doğrudan bir etkisinin bulunmadığı düşünülse de bazı çalışmalarda potasyum konsantrasyonunun eksikliğinin vücutta yorgunluğa, kramplara, kabızlığa, kalpte ritim bozukluklarına neden olduğu belirlenmiştir [21].

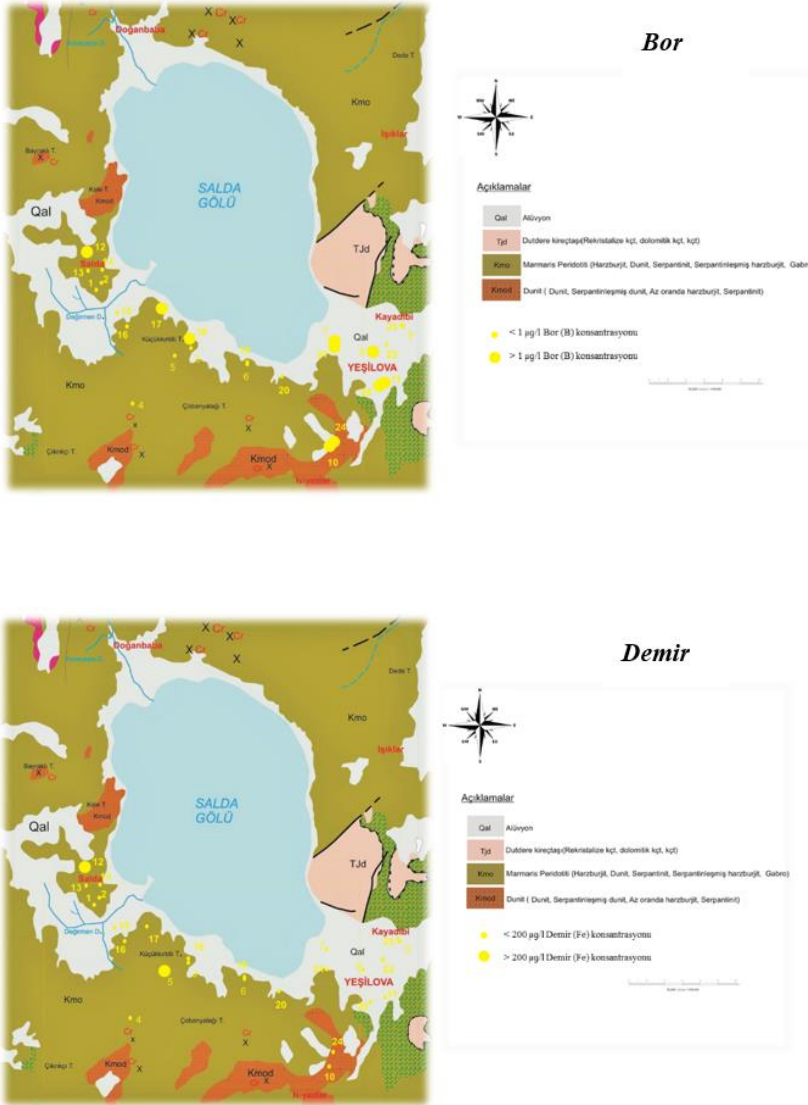
Klor (Cl): İçme suyu olarak tüketilen sulara klor konsantrasyonu için müsaade edilen sınır değer 250 ppm'dir. Analizi edilen kaynak sularında ise 2-1124 ppm arasında değişen değerler gözlenmiştir. Çoğu örnekler de yüksek konsantrasyon gözlenmesi olarak çoğunlukla deniz/göl katkısı kaynaklı olabileceği düşünülmekte, Salda Gölü güney bölgesinde çoğu örneğin anomali göstermesi de bu düşüncüyü desteklemektedir. Yüksek klor konsantrasyonuna sahip suların sürekli tüketimi zamanla böbrek ve yüksek tansiyon problemlerine neden olduğu, kanın bileşiminde sodyum ile beraber bulunduğu ve kanın osmotik basıncını dengelediği belirlenmiştir [21]. Ayrıca içme sularında fazla bulunması da suyun tadını (tuzluluk) bozmaktadır [18, 23].

Bromür (Br): İçme sularının kaynağında genellikle bromat bulunmazken bromür bulunabilmektedir. Bromür ise insan sağlığı açısından tehlikeli ya da zararlı bir etken değildir. Ancak içme suyu olarak kullanılan suların kaynağında bromür varsa ve bu suların dezenfeksiyonunda ayrıca bazı organik maddelerin oksidasyonunda ozon kullanıldığında ozonlanma esnasında bromür bromata okside olmaktadır. Yani içme suyunda bromürün oksidasyonu sonucu bromat kirleticisi oluşturmaktadır. İçme suyu standartlarına göre bromür konsantrasyonu 0.01-0.02 ppm aralığında istenmekte, analiz edilen bu suların bromür konsantrasyonu ise 0.01-0.05 ppm aralığındadır. Yüksek konsantrasyon gösteren suların sürekli tüketiminin mide bulantısı, kusma, ishal ve karın ağrısı gibi rahatsızlıklara neden olduğu, sinir sistemini, böbrekleri ve işitme sistemini ise olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır. Uzun süreli maruz kalındığında ise kanser olma riskinin arttığı belirtilmiştir [21].

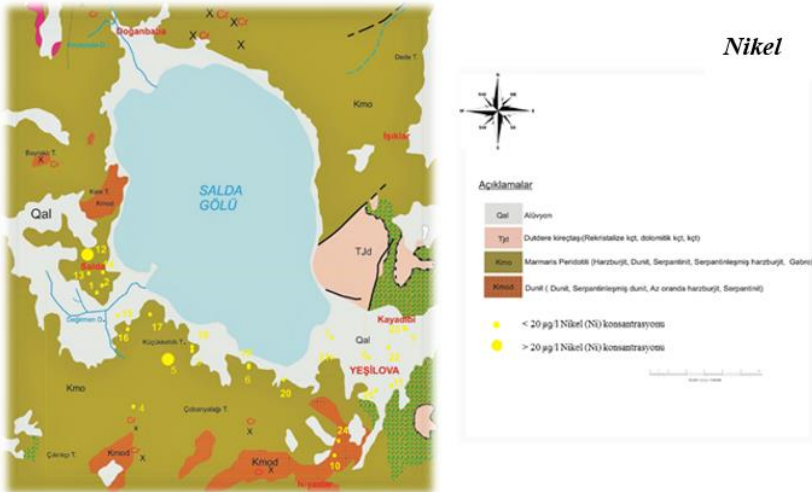
Tablo 1. Elementler için TSE 266, WHO, EPA içme suyu standartları, maksimum, minimum ve ortanca değerler

Elementler	TSE 266 [10]	WHO [11]	EPA [12]	Kaynak Suları		
				Min.	Max.	Ortanc a
				ppm		
B	0.001	-	-	0.005	<u>0.02</u>	0.006
Al	0.2	0.2	0.2	0.005	<u>0.262</u>	0.01
Cr	0.05	0.05	0.05	0.0006	0.0147	0.0064
Mn	0.05	0.05	0.1	0.0001	0.0371	0.0013
Fe	0.2	0.2	0.3	0.011	<u>0.683</u>	0.031
Ni	0.02	0.02	0.02	0.0004	<u>0.0272</u>	0.0013
Cu	2	2	2	0.0007	0.0148	0.0026
Zn	5	5	5	0.0028	0.421	0.0142
As	0.01	0.01	0.01	0.0047	0.0076	0.0064
Se	0.01	0.01	0.01	DL>	DL>	DL>
Cd	0.005	0.005	0.005	DL>	DL>	DL>
Ba	0.3	-	1	0.0006	0.0147	0.0018
Pb	0.01	0.01	0.01	0.0002	0.0044	0.0005
Na	200	200	200	1.17	19.46	2.11
Mg	50	50	50	36.59	<u>174.82</u>	76.75
K	12	-	-	0.11	<u>28.73</u>	0.61
Ca	200	-	-	1.82	59.66	4.86
Cl	250	250	250	2	<u>1124</u>	836
Br	0.01	0.01	0.01	0.01	<u>0.05</u>	0.02
pH	6.5-9.5	6.5-9.5	6.5-8.5	7.67	9.5	8.72
EC	2500	-	-	213	980	390

*DL: Dedeksiyon Limiti



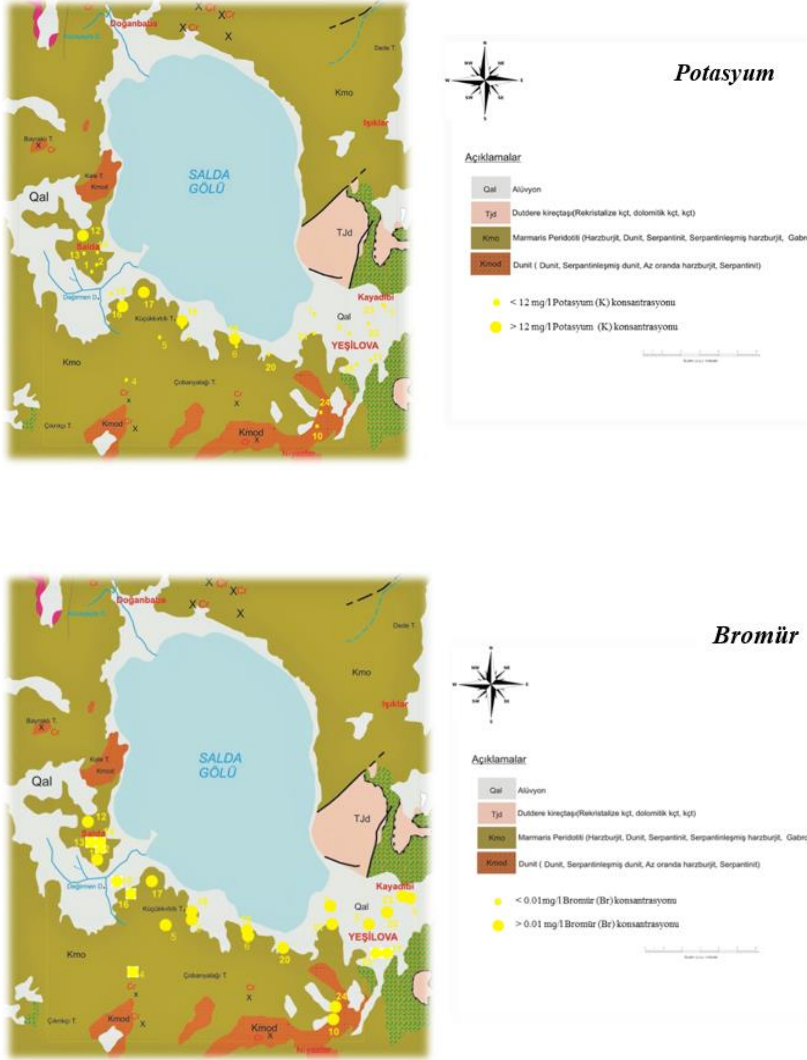
Şekil 4: Çalışma alanında anomali gösteren elementlerin jeolojik formasyonlarda dağılım haritaları-1 [8]



formasyonlarda dağılım haritaları-2 [8]



Şekil 4: Çalışma alanında anomali gösteren elementlerin jeolojik formasyonlarda dağılım haritaları-3 [8]



Şekil 4: Çalışma alanında anomali gösteren elementlerin jeolojik formasyonlarda dağılım haritaları-4 [8]

5. Sonuçlar

Çalışma alanı olarak Salda Gölü (Burdur) güney bölgesi seçilmiş ve bu bölgede içme suyu olarak tüketilen kaynak sularının içilebilirlik özelliklerini araştırmak amacıyla toplam 25 adet su örneği alınmıştır. Alınan bu örneklerin element içerikleri ICP-MS (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Ca, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, En, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pd, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr) ile analiz edilmiştir. Bu kimyasal analiz sonuçlarına göre minimum ve maksimum değerler hesaplanmış ve içme suyu olarak tüketilme standartlarına göre değerlendirilmiştir. Yapılan bu değerlendirmeler sonucu B, Al, Fe, Ni, Mg, K, Cl ve Br element içeriklerinin bazı örneklerde müsaade edilen sınır değerlerin üzerinde olduğu saptanmıştır. İnsan vücuduna çeşitli yollarla alınan su (özellikle içme suyu), içerdiği elementler açısından oldukça önemlidir. Özellikle içme suyu olarak tüketilen suların kalitesindeki bozulmalar zamanla çeşitli hastalıklara yol açmaktadır (beyin zarı iltihabı, kusma, ishal, Alzheimer, tansiyon, cilt hastalıkları gibi). Bu kirliliğin nedenleri olarak evsel atıklar, deniz/göl suyu kirliliği, endüstriyel kirlenmeler, tarımcılıkta kullanılan suni gübreler ve jeolojik formasyonlar düşünülebilir. kaynaklı vb.) hastalıkların kaynakları arasında jeolojik birimlerde bulunmaktadır. İncelenen su örneklerinde özellikle bazı elementlerin anomali göstermesi, örneklerin alım yerlerindeki jeolojik formasyonlardan (ofiyolit, serpantin, dünit) ya da aktif olarak çalışan maden ocaklarından etkilendiği düşündürmektedir. Bu nedenle içme suyu olarak tüketilen bu suların kirlenmesine neden olan etkenlerin çok iyi araştırılma ve gerekli önlemlerin alınması (anomali gösteren elementler açısından mümkünse daha düşük düzeyde olanların tüketilmesinin tercih edilmesi) gerekmektedir. Ayrıca bu suların belirli periyotlarda izlenmesi özellikle bölgede bulunan madencilik faaliyetlerinin zamanla su kalitesini nasıl etkilendiğini ortaya koyabilmek açısından oldukça önemlidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın mali desteğini 2018-2-TP3-2965 nolu Proje kapsamında Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (MEÜBAP) desteklenmiştir. Yazarlar desteklerinden dolayı teşekkürlerini sunarlar.

6. Kaynaklar

1. Varol S., Davraz, A. ve Varol E., 'Yeraltısu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi', Türk Silahlı Kuvvetleri Korumaya Hekimlik Dergisi (TAF Prev Med Bull), 7(4): 351- 356, 2008.
2. Lax K. and Selinus O., 'Geochemical mapping at the Geological Survey of Sweden. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis's, vol.5, s. 337-346, 2005.
3. Sarp H., 'Etude Geologique Et Mine'ralogie Du Corteg'e Ophiolitique De l'a Re'gion Situee Au NW de Yeşilova (Burdur, Turquie)', The'se Univ. Gene've, 373p., 1976.
4. Çapan U., 'Toros Kuşağı ofiyolit masiflerinin iç yapıları, petrolojisi ve petrokimyasal yaklaşımlar', H.Ü. Yer Bil. Enst. Doktora Tezi, 400s., 1980.
5. Thuizat R., Whitechurch H., Montigny R. and Jeteau T., 'K-Ar Dating of Some Infra-Ophiolitic Metamorphic Soles From The Eastern Mediterranean: New Evidence For Oceanic Thrusting Before Obduction', Earth Planetary Science Letters 52, 302-10, 1981.

6. Ersoy Ş., 'Fethiye (Muğla)-Göhlisar (Burdur) arasında Güney Dağı ile Kelebekli Dağ ve dolaylarının jeolojisi', Doktora Tezi (Yayınlanmamış), İ.Ü. Fen Bilimi Ens., 246 s., 1989.
7. Şenel M., Selçuk H., Bilgin Z.R., Şen A.M., Karaman T., Dinçer M.A., Durukan E., Arbaş A., Örcen S. ve Bilgin C., 'Çameli (Denizli)-Yeşilova (Burdur)- Elmalı (Antalya) dolayının jeolojisi', MTA raporu, no.9761, 1989.
8. MTA Genel Müdürlüğü, 'Türkiye Jeoloji Haritası', Ankara, 2008.
9. Sağdıç A., Su Örneği Alma Tekniği, TTB Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi, 12 (8), 310-312, 2003.
10. TSE 266, 'İnsani tüketim amaçlı sular Türk İçme Suyu Standartları', TS 266 sayılı Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2005.
11. WHO, 'World Health Organization, Guidelines for drinking-water quality, third edition', Geneva, 221-459, 2006.
12. USEPA, 'National Primary Drinking Water Regulations', 1999.
13. Demirtaş A., 'Bor'un İnsan Beslenmesi ve Sağlığı Açısından Önemi', Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41 (1), 75-80, 2010.
14. Cantürk M., 'Borun Etkileri', TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 2002.
15. Nordberg M. and Cherian M.G., 'Biological responses of elements, Essentials of Medical Geology', Elsevier, Amsterdam, 179-200, 2005.
16. Akpınar K., 'Dünyada ve Türkiye'de Suyun Kullanımı ve Geleceğimiz için Önemi', Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Hizmet içi Eğitimi, Yalova, s.6, 2005.
17. Dissanayake C.B. and Chandrajith R., 'Medical geochemistry of tropical environments', Earth Science Reviews, 47, 219-258, 1999.
18. Atabey E., 'Tıbbi Jeoloji', TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 134, 2005.
19. Finkelman R.B., Skinner H.C.W., Plumlee G.S. and Bunnell JE., 'Medical geology', Geotimes, 20-23, 2001.
20. Şahinci, A., 'Doğal Suların Jeokimyası', Reform Matbaası, 151-246, İzmir, 1991.
21. Selinus O., Alloway B., Centeno J.A., Finkelman R.B., Fuge R., Lindh U. and Smedley P., 'Medical Geology', Elsevier, 115-594, 2005.
22. Morris R.W., Walker M., Lennon L.T., Shaper A.G., Whincup P.H., Hard drinking water does not protect against cardiovascular disease: new evidence from the British Regional Heart Study, Eur J Cardiovasc Prev Rehabil, 15(2), 185-189, 2008.
23. Erguvanlı K., Yüzer E., Yeraltı suları Jeolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 234-268, 1987.

CHAPTER 2

Measuring the Induced Travel Demand: Evidence from a Path Analysis of Generalized Simultaneous Equations Model for the Case of Istanbul (Enver Cenan İnce, Hüseyin Murat Çelik)

Measuring the Induced Travel Demand and Integrating It into the Formulation of Travel Demand Management Policies: The Case of Istanbul.

Enver Cenan İnce I¹, Hüseyin Murat Çelik²

¹Research Aistant, Istanbul Technical University, Department of City and Regional Planning, Phd candidate. Email: inceen@itu.edu.tr

²Prof. Dr., Istanbul Technical University, Department of City and Regional Planning, Email: celikhus@itu.edu.tr

ABSTRACT

In this paper, firstly, a type of comprehensive and systematic literature review has been carried out so as to discuss the methodological shortages in measuring induced travel demand. In that manner, the research questions and the related methodologies of such studies have been criticized. According to the preliminary indications, in almost all these researches, the research question, which asserts the marginal effect of travel time on vehicle miles traveled, has been adopted. Furthermore, it has been asserted that such types of researches have not been able to isolate the generative part and redistributive part of the induced travel demand measurements up to now. With follows to these indications, unlike any previous researches, this study firstly proposes a focus specifically on the interrelation between the “travel times of the individuals” and “the number of trips” they exhibit in a day. For such a research question, the newly developed econometric model; namely, “Generalized Simultaneous Equations Model (GSEM path analysis)” has been proposed as the most convenient model structure, which refers to another methodological contribution of this study for such similar future studies. The findings of the study would be referring to the guidelines in setting any travel demand management policy framework, in the developing countries, such as Turkey. Lastly, these measures of induced travel demand is able to be integrated into a trip generation model, and is also able to be used iteratively so as to estimate the generative impacts of different investment scenarios from the trip assignment phase of travel demand modeling. By the way, it will be possible to highlight the performance indicators of any travel demand management policy implications for such developing countries as Turkey.

Keywords: travel demand management policies; induced travel demand; disaggregated travel demand models; generalized simultaneous equations models; modeling travel demand; travel demand behavior in Istanbul.

1. Introduction

For decades, it has been realized that the efforts of satisfying all the requirements with regards to the unendingly increasing travel demand of the individuals is constituting such a kind of vicious circle. In that sense, the new policy concept; namely, travel demand management policies have been

adopted, which have been able to be defined such a paradigm shift in transportation planning. On the other hand, in the developing countries, the operational sides of such considerations have begun to be falling short for years. In an other words, it has been required further empirical studies that would be able to highlight the practical sides of the monitoring & implementing such ‘travel demand management policies’. Via that sense, the notion called ‘induced travel demand’ comes into considerations. Herein, via exploring the leading factors with respect to the ‘measurements of induced travel demand’ would be able to be constituting the operational baselines of ‘travel demand management policies’.

The related studies in the literature have proved enough so far that people are willing to make more vehicle miles in their car trips as travel time decreases. This increase can come from either making longer trips for their existing trips by shifting the origin/destination of the trip, or making additional trips not needed or suppressed previously. That part of the research has not make a clear measurement on this issue yet.

The supply of new transportation infrastructure, with respect to travel demand of the individuals, constitutes a type of strategy, which is not sustainable. So the considerations of “travel demand management policies”, asserting a kind of control mechanism to the travel demand of the individuals, have been widely taken into consideration. In that manner, most of the studies have diverted their empirical efforts in exploring the marginal effect of travel time on Vehicle Miles Traveled (VMT) so as to discuss the minimization of the VMTs as much as possible. On the other hand, such measurements have not been able to isolate the “generative part” and “redistributive part” of the induced travel demand considerations. In other words, there exists an explicit requirement of explaining specifically the inter-relationship between “the number of daily trips” and “daily travel time”, that has not been carried out up to now in literature.

Unlike any other researches, this study firstly proposes a research, focusing on the interrelationship between the “daily motorized travel time of the individuals” and “the number of daily motorized trips of the related individuals”. In that sense, a new research question with a new methodological proposal, measuring the marginal effect of the motorized daily travel time of an individual on her number of daily trips, has been developed and explained in this paper. Herein, Generalized Simultaneous Equations Model (GSEM) structure has been proposed as the most convenient model.

In addition, with follows to the methodological proposal, it is expected to construct a methodological baseline for monitoring and assessing the performance of any transportation project with regards to the ongoing discussions for “travel demand management policies”. Herein, via capturing the marginal elasticity of “number of daily trips” with respect to the “daily travel time spent by the individuals”, it will be possible to highlight the empirical basis for “travel demand management policies”. At that point, the “Total System Travel Time (TSTT)”, which is an outcome of the fourth stage of travel demand models (network assignment stage), refers to the “daily travel

time of individuals”, while the “daily number of trips” intuitively refers to the “trip generation stage (first stage)” of travel demand models. Such a kind of iterative process indicates that an amount of decrease in the “daily travel time of individuals” induces an amount of increase in the “number of daily trips”, which in turn does effect the “daily travel time”. Such an iteration, firstly, makes the conventional four stage travel demand modeling processes much more dynamic and realistic. Secondly, it proposes a kind of individuals based disaggregated modeling environment for transportation planners. Thirdly, such that iterative mechanism offers us to compare alternative transportation investments with regards to their related outcomes referring to different marginal elasticity coefficients of “number of daily trips” with respect to the “daily travel time” of the individuals. Herein, according to these different marginal elasticity coefficients, any potential new transportation investment would be referring to an amount of “time loss/gain” when compared to others, which in turn re-affect the first stage (trip generation stage) of conventional travel demand modeling process, all of which are able to empirically highlight the backgrounding mechanism of the “cost & benefit analysis” of such investments with regards especially to the “travel demand management policies”. In other words, such these estimated marginal elasticity coefficients would be proposing policy makers a kind of control mechanism with regards to any transportation investment via their related effects on “daily induced travel demand” so as to minimize the number of daily trips as much as possible.

On the lights of that motivation, this study involves six sections. After the introduction part, review of approaches in measuring induced travel demand in literature has been covered. Third section is devoted to data and methods of the study. Fourth section asserts the model results, while the fifth part of the paper exhibits discussions on the findings. Lastly, the concluding remarks with refers to preliminary highlights of the study has been exhibited.

2. Review Of Approaches In Measurig Induced Travel Demand

The notion of induced travel demand refers mainly to two frameworks: ‘diversion of the existing demand’ and ‘newly generated traffic’. In addition, the concept of ‘newly generated traffic’ refers to two sub-forms; namely, ‘release of the suppressed demand’ and ‘newly generated traffic with regards to the urban development effects’. That is to say, while the diversion of the existing demand and release of the suppressed demand refer to the short-run effects, newly generated traffic with regards to the urban development effects refers to the long-run effects within the considerations of induced travel demand in literature.

The literature, with regards to the measurements of the induced travel demand, refers mostly to the interrelationship between the Vehicle Miles Traveled (VMT) as the main dependent variable and the ‘total travel time’ as the main independent variable. In other words, the most of the empirical studies of induced travel demand have focused on measuring the marginal effect of travel time on VMT. On the other hand, such these researches exhibit some deficiencies.

The first deficiency would be due to the different approaches in defining the spatial resolutions of the study area within the related studies. Herein, the ones, conducting the facility based (a neighbourhood unit with its surrounding) or corridor based (along a highway route) analysis, produce partial urban equilibrium marginal elasticities instead of system-wide urban equilibriums. Secondly, even though some other studies in literature, referring to the urban space as a spatial unity in their related analysis, have been able to carry out the related system-wide marginal elasticities, these coefficients would be referring to the biased results due to the aggregated data structures of their models. That is to say, the travel survey data, disregarding the behavioral units (individuals or households level), may produce biased results that are far away from the reality.

The examples for the facility or corridor based studies were the ones, conducted by Pells (1989), Hansen et al. (1993), Kroes et al. (1996), Luk & Chung (1997), and Mokhtarian et al. (2000), while the area-wide studies involve the ones of Hansen & Huang (1997), Noland & Cowart (2000), Fulton et al. (2000), Cervero & Hansen (2002), Cervero (2003), Silva & Costa (2007), Ozuysal & Tanyel (2008), Holcombe & Williams (2010), Hymel, Small & Dender (2010), Melo, Graham, & Canavan (2012), and Vos & Witlox (2013). The facility or corridor based studies mostly have mostly adopted the methodological frameworks; namely, “growth comparison analysis” and “matched pair analysis” so as to grasp the related marginal elasticities in the percent form. On the other hand, the area-wide studies mostly involve the econometric models, such as Ordinary Least Squares (OLS) regression models, auto-regressive models, and travel demand models so as to get the marginal elasticity coefficient of “travel time” with regards to the related measures of VMT.

According to the findings, firstly, the facility or corridor based studies reveal that it has been possible to separate the middle-run and long-run effects of travel time changes on the related VMT measures. The related marginal elasticity coefficients change between 0,15 and 0,30 for the four years time horizon; 0,30 and 0,40 for the ten years time horizon; 0,40 and 0,60 for the sixteen years time horizon (Pells, 1989; Hansen et al., 1993; Kroes et al., 1996; Luk & Chung, 1997; Mokhtarian et al., 2000). On the other hand, according to the findings of the area-wide studies, the related short-run marginal elasticity coefficient varies from 0,30 to 0,50 for the county level, while it falls between 0,54 and 0,61 for the metropolitan region scale (Cervero, 2002:4).

In addition to the differences in spatial resolution of the related studies, as it has previously been stated, the related models of these studies are able to be grouped into two: “aggregated models” and “disaggregated models”. In that manner, the level of aggregation refers both to data gathering structure (whether conducting household/individual scale field surveys or not) and to the related model structures. In almost all these studies, the VMT has been defined as the main dependent variable. On the other hand, within the studies involving aggregated time-series econometric models, the related independent variables are defined as the lane-miles additions with several time lagged

variables and geographical variables, while within the disaggregated ones, the independent variables mostly refer to the “total travel time” and “average travel speed” in addition to the individuals based socio-economic variables. Moreover, the functional form of log-linear model specification has mostly been selected in such studies so as to grasp the related marginal elasticity coefficients. Within almost all the related studies, referring to both aggregated data and aggregated models, the findings would be exhibiting enormously increasing aggregated estimation errors due to both the data gathering processes and generalized functional forms with refers to the single equation models. In addition, such estimation errors would be increasing as the study area is spatially expanded. In that manner, so as to minimize the related estimation errors, the behavioral units (individuals or households scale) based data gathering and modeling approaches are required. In that manner, the study of Barr (2000) is attracting the cares as an interesting example. In that study, the households based field survey data has been gathered for the United States, within the national scale. The models of this study, carried out via the methodological framework of cross-sectional data analysis, refer to the “logarithm of the VMT per household” as the main dependent variable, while the households based socio-economic variables have been defined as the independent variables (Barr, 2000). Furthermore, the related models have been stratified according to the spatial sizes of the related metropolitan regions, located in the United States. On the other hand, the related results of the study indicate that there has not existed any statistically significant differences in the related marginal elasticity coefficient estimations with regards to these spatial size based stratifications (Barr, 2000).

In addition to the aggregated estimation errors of data & model structures, there exists another source of error in measuring the induced travel demand. This source of error is able to be defined as the disregarding the “simultaneity” effects between the dependent and main independent variables. In this sense, the main dependent variable, called Vehicle Miles Traveled (VMT) may be exhibiting a kind of simultaneous relationship with one of the preliminary independent variables, called “lane miles additions”. That is to say, an increase in the total length of lanes via the lane mile additions would be enhancing the measure of VMT, indeed that increase in VMT would also be inducing the demand for the new lane miles additions. Disregarding such a relationship while designating the related models, would be enhancing the level of estimation errors. To illustrate, such studies, asserting such a related simultaneity effect, involve the one of Noland & Cowart (2000) and the one of Cervero & Hansen (2002). In the first example, the related simultaneity effect is handled via the addition of “instrumental variables”, that theoretically justify the interrelationship between VMT and lane miles additions, while in the second example, the problem of simultaneity has been coped with via the two-stages least squares (2SLS) simultaneous equations model structure (Noland & Cowart, 2000; Cervero & Hansen, 2002).

There are also further axamples in literature tackling with the problems of endogeneity and simultaneity within a deeper manner. To illustrate, the study

of Cervero (2003) asserted four simultaneous equations in the models with regards to the dependent variables; namely, “urban development”, “lane miles growth”, “VMT”, and “travel speed” (Cervero, 2003). In other words, Cervero developed four different equations with respect to these dependent variables, all of which refer to the “simultaneous relationship” between each other. According to the findings of this study, the related marginal elasticity coefficients of the related dependent variables exhibit higher amounts, when the related dependent variables are modeled without regarding the cases of simultaneity (Cervero, 2002:15; Cervero, 2003). That is to say, according to the results, the simultaneous relationship between the related dependent variables makes the related marginal elasticity coefficients decrease when compared to the ones of independently modeled dependent variables due to the iterative and recursive relationships of these variables.

Lastly, in some other studies, taking the measurement of induced travel demand into account, it has been investigated that whether the level of traffic congestion constitutes a statistically significant variance on the estimated marginal elasticity coefficients with regards to the measures of induced travel demand or not. Via that sense, according to the findings of the study of Hymel, Small & Dender (2010), the level of traffic congestion creates a statistically significant variance on the induced travel demand estimations in a negative direction (as theoretically it is expected), which is increasing as the level of income of the passengers increase (Hymel, Small & Dender, 2010). On the other hand, according to the empirical findings of the study, carried out by Noland & Cowart (2000), the variance on induced travel demand estimations, that has been created by the level of traffic congestion, does not exhibit statistically significant measures, which is theoretically unlike situation (Noland & Cowart, 2000).

According to all these views, the literature of induced travel demand measurements are able to be separated into three main methodological categories: “aggregated data collection procedure versus disaggregated data collection procedure”, “facility or corridor based studies versus area-wide studies”, and “single index model structures versus simultaneous equations model structures”. These methodologies based categories are also able to be stated via the headings; respectively, “data structure approach”, “spatial resolution approach”, and “model structure approach”.

On the lights of these categorizations derived from the literature review, it is explicitly able to be concluded that, the requirements for further researches on the measurement of induced travel demand may be exhibited as in the followings:

- Instead of the classical investigations on the marginal effect of change in travel time on VMT, the new researches, taking the marginal effect of travel time on specifically the number of trips into account, are welcome. Via the findings of such these new studies, the travel demand management policies & strategies would be able to be assessed, according to their performance measures, within a much clearer manner. The vast majority of the studies, taking the

measurement of the induced travel demand into account, have asserted the VMT as the main dependent variable that have made them contribute to the urban sprawl considerations, instead of the induced travel demand considerations, all of which make such a new research framework vital.

- With regards to the potential research question of such future studies, taking the “number daily motorized trips” and “daily motorized travel time” in the core as the main dependent variables, a type of convenient simultaneous equations model structure is to be developed.
- With regards to the data collection procedures, the disaggregated type of approaches are to be adopted, in that the related field travel survey studies are to be conducted with regards to the behavioral units; namely household and individuals. Such kind of data collection approach is expected to make the aggregated estimation errors dramatically decrease.
- So as to grasp system-wide marginal elasticity coefficients, according to the asserted research designs, the spatial resolutions of the related studies should be referring to “area-wide” approach, instead of the ones with refers to the facility or corridor based approaches. Otherwise, the related estimated marginal elasticity coefficients would be referring to the concept of “partial urban equilibrium” , which would explicitly be falling short so as to highlight the practical sides of urban scale travel demand management policies & strategies.

3. Data & Methods

Data used in this study comes from the 2006 Household Origin-Destination (O/D) Survey of Istanbul Metropolitan Area. The survey was conducted by the Department of Transportation of the Metropolitan Municipality of the Istanbul. The sample size in this survey was 90.000 households, and sampling rate was 3 %. Samples were chosen by two-stage random cluster sampling. At the first stage, approximately 4000 Primary Sampling Units (PSU) were randomly drawn from the latest building list of the Metropolitan Municipality. In the second stage, 30 households out of the 90 recorded households around the PSU were surveyed systematically as the secondary sampling units in 450 traffic analysis zones. Once the samples were selected, no sample replacement was allowed to avoid non-sampling errors. In this way, 80 % unit response rate was achieved. In 72.000 households, a total of 264.000 persons were interviewed face to face, and a total of 356.000 daily trips were recorded between 451 Origin-Destination pairs defining 203.401 distinct movements. The Zone system of Istanbul is given in Figure A.1.

Furthermore, all people older than 16 are included in this study and the sample size included 194.000 people. The means and the standard deviations of all variables used in the models are presented in Table A.1. Total number of daily motorized trips made by an individual (motor_y), and total travel time as minutes taken in total motorized daily trips of an individual (motor_s) are the

main dependent variables in the models. The frequency distributions of motorized trips are given in Figure A.2. Two daily trips dominate in total trips while zero trips have the highest frequency in motorized trips. Number of the trips was obtained from the 2006 household survey while trip distances are the system produced shortest paths between the O/D pairs.

3.1. Model Variables

Set of explanatory variables included the negative of total motorized travel times ($motor_s$) spent by an individual in motorized trips, and personal and family characteristics. Travel time variables are the key variables, and their elasticities with respect to total number of trips are assumed to reflect the willingness to travel more depending on a reduction in daily travel times. Other exploratory variables are dummy variable specifying sex ($male_d$), dummy variable specifying if the individual is household head (h_head_d), household disposable income in thousand Turkish liras (hh_inc). In addition, number of the private cars in the family (oto_s), size of the household ($hhsz$), age of individual (age), dummy variables if individual is working (hbw_d) or student (hbs_d) respectively, and year of schooling the individual attended ($tahsil_y$) are other exploratory variables. Furthermore, the variable $motor_di$ measures the total length of the motorized daily trips in addition to the number of trips. In addition to these, $motorfft$ & mot_y_s are two technical variables that have been included in the related models. Herein, the variable mot_y_s is used so as to eliminate intuitively the excess zero observations in the number of daily motorized trips. That is to say, if the related individual selects to travel at least once in a given day¹, then the variable of “ $motor_y$ ” takes the value of at least 1. On the other hand, the variable “ $motorfft$ (see Table 1 for explanation)” has been asserted in the list of variables, because within the disaggregated data level, any individual selects psychologically to travel between any pair of origin (O) & destination (D) if the free flow time of that individual (between the related O/D) refers to a value that is less than or equal to the his/her psychological threshold level. On the other hand, the variable “ $motor_s$ ” is the daily sum of the motorized travel times which is an outcome of the transportation network, that is why instead “ $motor_s$ ”, generally the disaggregated of “ $motorfft$ ” is used in the classical travel demand forecasting models. Lastly, the “ $estimated_motor_y$ ” has been used as another variable for the explanation of “ $motor_s$ ”, since then it is feasible to obtain the fitted values for the endogeneous regressor called “ $motor_s$ ”, which is discussed methodologically in detail within the following part of the paper.

¹ This means dummy variable $mot_y_s = 1$ (See Table 1).

Table 1. Model Variables.

VARIABLE	VARIABLE DEFINITION	MEASUREMENT UNIT
motor_y	total number of motorized trips carried out by an individual traveller, in a randomly given day (within 24 hours) .	trip numbers.
motor_s	total amount of time (mn.) spent by an individual traveller, through motorized trips in any given day (within 24 hours) .	minutes.
motor_di	total amount of distance (km.) spent by an individual traveller, through motorized trips in any given day (within 24 hours) .	Kilometer (km).
male_d	dummy variable. "1" if traveler is male, "0" , otherwise.	0 or 1.
h_head_d	dummy variable. "1" , if the traveler is the household head. "0" , otherwise.	0 or 1.
hh_inc	household disposable income per month (TL)	TL (turkish lira).
oto_s	number of the private cars in the family	number of cars.
hhsiz	number of people belonging to the related h.h.	number of people in household.
age	age of the individual	number of years.
hbw_d	dummy variable."1" ,If the individual traveler is working, "0" , otherwise.	0 or 1.
hbs_d	dummy variable."1" ,If the individual traveler is student, "0" , otherwise.	0 or 1.
tahsil_y	number of years of schooling that the individual has attended.	number of years.
motorfft	is the traffic volume parameter, indicating that, if there were only one travelling unit, the hypothetic time of the travel (referring to that of between the related origin and destination) , experienced by the traveller, with regards to the related free flow speed. This parameter is another "instrumental variable for modelling the travel time (motor_s) " , that has been defined exogeneously.	minutes.
mot_y_s	dummy variable whether the individual traveler selects motorized travel (1) or not (0).	0 or 1.
estimated_motor_y	is the estimated value for the number of motorized daily trips, exhibited by individuals, that has been estimated via the designated model.	estimated trip numbers.

3.2. Methodological Discussions

According to the research question asserted in this paper, the interrelation between the “number of daily trips of an individual” and “the daily motorized travel time” of the related individual are required to be modeled. Such an investigation requires a modeling framework, that is able to be coping with respectively the followings;

- i. Non-linear nature of “number of daily trips of an individual” ².
- ii. Excess-zero observations³ in “number of daily trips of an individual (motor_y)”.
- iii. Endogeneity ⁴ of the “daily motorized travel time” of the related individual.
- iv. Simultaneity ⁵ between “number of daily trips of an individual (motor_y)” and “daily motorized travel time (motor_s)”.

To begin with, according to the first requirement (i), non-linear model structures come into agenda. In other words, so as to model the count variable; namely, “number of daily trips of an individual (motor_y)”, the convenient count models, that have non-linear nature in themselves, come into considerations. Within that categorization, Poisson Regression Model (PRM) and Negative Binomial Regression Model (NBRM) are the leading model structures (Green, 2007; A.Colin Cameron & Pravin K. Trivedi, 2005). On the other hand, the basic assumption of PRM is the equidispersion, meaning that conditional mean and conditional variance of the main dependent variable are equal, which is to be tested. Even with the correct specification of the mean structure, estimates from the PRM, when there is overdispersion, is inefficient with standard errors that are biased downwards (Long, 1997, p.236). Several tests are suggested for overdispersion (Green, 2003; 2007). Since the PRM and the NBRM are nested, the log-likelihood of the NBRM needs to be improved

² Because, it (“motor_y”) refers to a kind of count variable.

³ For justifying this Notion, 120722 observations for the variable “motor_y” are equal to zero. In other words, these zero observations are comprising approximately for 62.5 % of total number of observations (120722/193253= 0. 6246837) ,which justifies the indication of the term “excess zero observations” in this study.

⁴ Here, it is referred to the situation, asserting that, “daily motorized travel time (motor_s)” is one of the dependent variables in modeling the main dependent variable, called “daily number of trips of the individual (motor_y)”. Meanwhile, “motor_s” is another dependent variable, that is waiting to be modeled separately .

⁵ Via that notion, it is meant that, “motor_s” , as one of the independent variables in modeling “motor_y” , is also another dependent variable, that (motor_s) is waiting to be modeled separately, via “motor_y” , as one of the independent variables at the same time. Naturally, that situation requires such a kind of simultaneous equations model (SEM) structure by itself.

over the PRM in case overdispersion is present, and this is able to be checked by a log-likelihood ratio (LR) test:

$$LR = 2(\ln L_{NBRM} - \ln L_{PRM}) \quad (1)$$

LR shows a chi-square distribution, and any value larger than critical threshold with two degrees of freedom favors the NBRM.

It is needless to say that there are many variations of such models to improve the estimation efficiency (please refer to Green, 2007; Long, 1997; Cameron & Trivedi, 2005; and Winkelmann, 2008 for details). Application of these models takes place in many diversified areas: crime analysis, disease occurrence, doctor visits, occupational injuries, software faults, accident analysis and prevention, manufacturing defects to name the few. On the other hand, these models are only capable of dealing with “non-linear nature of the main dependent variable (motor_y)”. In other words, such these models are not able to cope with the second (ii), third (iii), and fourth (iv) requirements, that are asserted above, which are respectively referring to “excess-zero observations”, “endogeneity”, and “simultaneity”.

On behalf of the second requirement (ii), the dependent variable, called, “number of motorized trips per traveler per day (motor_y)”, includes so many zeros as observations, which is referring to the problem of “excess zero”. In other words, it has been required further modeling approaches, with regards to the problem of “preponderance of excess zero observations” in the variable of “motor_y”. The related models, dealing with also “excess zero observations”, are namely, “Zero Truncated Models” (A.Colin Cameron & Pravin K. Trivedi, 2005). Via this regard, the related data are assumed to be observed only over the range of the response variable (A.Colin Cameron & Pravin K. Trivedi, 2005). In other words, zero counts are not taken into consideration, in that they are intuitively eliminated from the models, that is why such these models are called “Zero Truncated (or Left Truncated) Models” (A.Colin Cameron & Pravin K. Trivedi, 2005). On the other hand, that scope (zero-truncated models) is only able to deal with the first and the second requirements ((i) and (ii)), asserted above, referring to the “non-linearity” and “the problem of excess zero observations” in the variable of “motor_y”. Herein, the problems of endogeneity of “motor_s” and simultaneity between “motor_y” and “motor_s” are still waiting to be tackled with immediately.

Since, our model may have another important specification problem probably causing *endogeneity bias*⁶: the dependent variable and the key independent variable (i.e. total of reported travel times in minutes spent in these motorized travels) may have causal relationship. The dependent variable is determined by an explanatory variable in a way as the explanatory variable is also determined by the dependent variable in turn. In such situations, since the error term is correlated with the dependent variable(s), the conventional methods produce biased parameter estimates and standard errors, leading to invalidation of the core results.

⁶ It refers to the third requirement (iii), stated above.

In principle, endogeneity bias is a form of omitted variables bias, and Mokhtarian and Cao (2008) summarizes seven different techniques to deal with endogeneity problems: (a) *direct questioning*, (b) *statistical control*, (c) *instrumental variables model*, (d) *sample selection model*, (e) *joint discrete choice model* (f) *cross-sectional structural equations*, and (g) *longitudinal models*. Concerning our model, only three of them, namely, instrumental variables, sample selection model, and structural equation models seem meaningful for dealing with the endogeneity problem in our case. On the other hand, “non-linear nature of daily number of trips”, “excess zero observations in daily trips”, and “simultaneity between daily trips and daily travel times” are still have been waiting to be coped with, all of which indicate that it is required further newest modeling approaches, which have not been highlighted yet by the study of Mokhtarian and Cao (2008). In that manner, the Simultaneous Equations Model (SEM) structure come into agenda that is be able to overcome both “endogeneity” and “simultaneity” between our main variables, called “motor_y” & “motor_s”. On the other hand, classical SEM structure still falls short for the research asserted in this paper. If both main dependent variables of our model were the types of gaussian distributed continious variables, it would be able to be asserted the classical types of SEM with refers to Two Stages Least Squares (2SLS) or Three Stages Least Squares (3SLS) regression model structures, via including the theoretically justifiable instrumental variables between the main dependent variables, so as to cope with the “endogeneity” & “simultaneity” between “motor_y” and “motor_s”. But, for the case of the research, asserted in this paper, the one (motor_y) is non-linear count variable, while the other (motor_s) is gaussian distributed continious variable that makes the classical SEM structure fail (please refer to Green, 2007; Cameron & Trivedi, 2005 for details). In that manner, a new methodological framework that is able to cope with all four technical requirements⁷ asserted above. So, the newest methodological approach, called “path analysis” with refers to the concept of “Generalized Simultaneous Equations Model (GSEM)” structure makes it possible to involve both linear and non-linear equations together within the same system.

3.3. Design of Model Structure

In the proposed modeling framework, called generalized simultaneous equations model, the dependent variable is the total number of motorized trips done by an individual within 24 hours. The main explanatory variable is the negative of total motorized travel time spent in minutes for these daily trips, since travel time defines a disutility. The remaining explanatory variables are the personal and family characteristics, as it is explained in the data section. Furthermore, there is also one more dependent variable, coded as “mot_y_s”⁸. At this point, since the term “mot_y_s” refers to the binary variable, in that, it has been defined whether the related individual selects to carry out at least one

⁷ See the requirements above coded as (i), (ii), (iii), and (iv).

⁸ Please see Table 1.

trip in a given day or not. So, it refers to a probability structure as a dependent variable. Lastly, the “estimated_motor_y” has been used as another variable for the explanation of “motor_s”, since it is feasible to obtain the fitted values for the endogeneous regressor by convenient nonlinear regression model such as count regression model on all the instruments. On the lights of these views, the related GSEM model structure seems to be in the form that is asserted in the Table 2.

Table 2. Designation of GSEM structure⁹.

Dependent Variable	Function of Exploratory Variables	Function Family	Function Link
motor_y	$f(\text{motor_s}, X_i)$	negative binomial mean distribution ¹⁰	logarithm
motor_s	$g(\text{estimated_motor_y})$	normal distribution (Gaussian Family)	identity link
mot_y_s	$\Phi(X_i)$	probit function family	
motorfft	$h(\text{motor_di}, \text{motor_s}, \text{mot_y_s}, X_i)$	negative binomial mean distribution	logarithm

Within the GSEM structure, asserted above, the variable, called “motor_s”, is the sum of the daily travel time of the related individual¹¹, in that there may have occurred a kind of aggregation error, hence would misleadingly affect the probability of the individual to travel in a given day (and also affect the number of daily trips of her) positively. Hence, it has been existed the requirement to define a purely disaggregated intermediate variable, such as “motorfft (free flow time of the motorized trip)” so as to apprehend the inter-relationship between “daily number of trips (motor_y)” and “daily travel time (motor_s)” of the individual”. Herein, the “total daily motorized travel time of the individual (motor_s)” directly affects the “free flow time (motorfft)”, and this “motorfft” affects “daily number of motorized trips (motor_y)” of this individual, and hence, this “motor_y” also affects the “daily travel time (motor_s)” in turn¹². In an other words, it has been used an intermediate variable, called “motorfft” in explaining the inter-relationship between “daily

⁹ Where, f is the negative binomial distribution function with the conditional mean function: $\exp(X_e\beta_e)$, g is the gaussian distributed linear function with the conditional mean function: $g(X_L\beta_L)$, Φ is the probit function with the conditional mean function: $\Phi(X_p\beta_p)$, h is the gaussian distributed linear function with the conditional mean function: $h(X_L\beta_L)$, and X_i is vector of covariates, defining individual based socio-economic variables in the GSEM system, in that; $X_i : c(\text{male_d}, \text{h_head_d}, \text{hh_inc}, \text{oto_s}, \text{hhsz}, \text{age}, \text{tahsil_y}, \text{hbw_d}, \text{hbs_d})$, where c is the vector notation, and the abbreviations of e , L , and p refer respectively to exponential, linear and probit functional forms.

¹⁰ For the reason to select NBRM structure, instead of PRM, See footnotes 14 & 15 in the ‘Model Results’ part of this paper with the related results asserted in the Table A.2.

¹¹ Please refer to Table 1.

¹² Please see Figure 1.

number of trips of the individual (motor_y)” and “daily total motorized travel time, beared by the individual (motor_s)”. This cycle of the relationships makes us perceive the inter-relationship between the variables, called “motor_y” and “motor_s” deeper, that is compatible with also the “induced demand theory”.

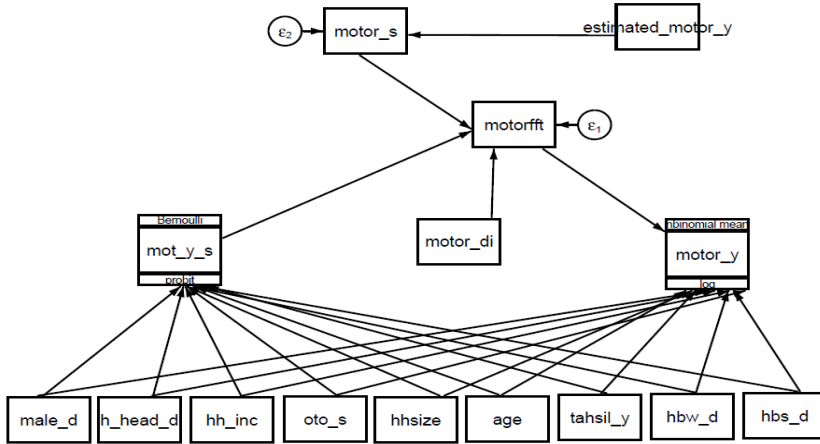


Figure 1. GSEM Path Structure.

Furthermore, following the model structure design, the calculation of the related marginal elasticity coefficients ¹³ come into our agenda, with regards to our research question. Via that regard, there have been able to be defined three main methodological frameworks in calculating the marginal elasticities after the related non-linear models:

- a) Estimating averages of Marginal Elasticity (ME) per each individuals.
- b) Calculating ME at $\mathbf{X} = \bar{\mathbf{x}}$ (at means) , that computer programs generally carry out this.
- c) Marginal Elasticity estimation at $\mathbf{X} = \mathbf{X}^*$, where $\mathbf{X}^*$ is a specific value that is theoretically meaningful.

(Cameron & Trivedi, 2005).

With helps of our model, which has been involving a type of “stochastic model nature”, via especially the logic of calculating marginal elasticities at average values asserted above (b), the estimations of the related marginal elasticity coefficients intuitively gets the form of:

¹³ The ones, involving mainly the marginal elasticity of “motor_y” , with respect to the one unit change in “motor_s”.

$$\begin{aligned}
 & \left(\frac{\frac{\partial(\text{motor_y}|\text{Xi,motorfft})}{\partial(\text{motorfft}|\text{motor_di motor_s})} * \frac{\partial(\text{motorfft}|\text{motor_di,motor_s,mot_y_s})}{\partial(\text{mot_y_s}|\text{Xi})} * \frac{\partial(\text{mot_y_s}|\text{Xi})}{\partial(\text{Xi})}}{\frac{\partial(\text{motor_s}|\text{estimated_motor_y})}{\partial(\text{estimated_motor_y})} *} \right. \\
 & \left. \frac{\frac{\partial(\text{motor_y}|\text{Xi,motorfft})}{\partial(\text{motorfft}|\text{motor_di motor_s mot_y_s})} * \frac{\partial(\text{motorfft}|\text{motor_di,motor_s,mot_y_s})}{\partial(\text{mot_y_s}|\text{Xi})}}{\frac{\partial(\text{mot_y_s}|\text{Xi})}{\partial(\text{Xi})}} \right) \\
 & = \partial(\text{motor_y}) / \partial(\text{motor_s}) \quad (2)
 \end{aligned}$$

On the lights of all these views, the GSEM model is able to cope with all the technical requirements; namely, “non-linearity of motor_y”, “excess zero problem in motor_y”, “endogeneity of motor_s in explaining the motor_y”, and “simultaneity between motor_y and motor_s”. Furthermore, the GSEM is able to be producing unbiased marginal elasticity estimations of “motor_y” with respect to “motor_s”, which is consistent with the “induced demand theory”, asserting that the related marginal elasticity coefficient is expected to be negative, the results of which have been exhibited and discussed in the following parts of this paper.

4. Model Results

To begin with, according to the results of PRM & NBRM, the assumption of “equidispersion” of the mean and variance of the variable; namely, “motor_y”, have been failed due to the related calculation:

$$LR = 2 * (Ln L_{NBRM} - Ln L_{PRM})^{14} \quad (3).$$

Here, “LR (likelihood ratio)” exhibits a type of “chi-square distribution” with two degrees of freedom (d.f.) and any calculated value, that is greater than the critiquial value for the related chi-square distribution, favors NBRM¹⁵. This asserts that the assumption of “equidispersion” of the variable “motor_y” has been failed. Moreover, all the related model coefficients are statistically valid according to the calculated z values, and these models (PRM & NBRM) have been asserted due to the justification for the selection of NBRM form for the variable “motor_y” within the GSEM Path Analysis model structure. Furthermore, these two single equation models (PRM & NBRM) are only able to cope with the non-linearity of the count variable, called “motor_y”. On the

¹⁴ $2 * [\log(173215.72, \text{base} = \exp(1)) - (\log(182318.45, \text{base} = \exp(1)))] = \mathbf{0.1024343}$ which is greater than the critiquial chi-square value for 2 d.f. that is equal to **0.10** for 95 % confidence level. ($L_{NBRM}=173215.72$ and $Ln L_{PRM} = 182318.45$ according to the related model results (please see Table A.2.)).

¹⁵ That is why for the final model specification asserted in GSEM path structure, the mathematical form of the variable “motor_y” has been indicated as in the functional form of “negative binomial mean distribution, with the link “log”

other hand, the other respective conditions; namely, “excess zero problem”, “the problem of endogeneity”, and “the nature of simultaneity between ‘motor_y’ & ‘motor_s’” have not able to be satisfied via the PRM & NBRM models. In this manner, the further model; namely, “GSEM Path Analysis” has been developed and exhibited in our study.

According to the results of GSEM, all the calculated coefficients of the explanatory variables are statistically significant in explaining the dependent variables; namely, “mot_y_s”, “motor_s”, “motorfft”, and “motor_y”. To begin with, the coefficients of “hhsz” is negative in explaining the dependent variable of “mot_y_s”, the result of which is similar with the previous model. On the other hand, the coefficient of “age” is positive in explaining the dependent variable “mot_y_s” in GSEM. In other words, as the individual gets older, interestingly, his/her probability to travel in any given day increases according to the results of GSEM. Secondly, within the equation of “motor_y”, coefficients of both “hhsz” and “age” are negative, the results of which are similar as in the previous model. Thirdly, as it is expected, the coefficient of “motor_s” is negative within the model of the dependent variable, called “motorfft”. This result is not surprising, since the term “motorfft” refers to “free flow time of an individual traveling unit” in the case that he/she is the only traveler with his/her related free flow speed, which is, inversely related with the actual daily travel time of the individual.

Lastly, according to the marginal elasticity of “motor_y” with respect to “motor_s”, the calculated coefficients, which are negative, vary from 0.00016 to 0.0025¹⁶. In other words, one unit decrease in daily travel time of an individual, induces an average amount of 0.000953 more trips (see Table A.8). To illustrate, specifically, if the individual is male (male_d=1), is household head (h_head_d=1), is carrying out a type of home-based work trip (hbw_d=1) or home-based school trip (hbs_d=1), and selects to travel at least once in a given day (mot_y_s=1); then one unit¹⁷ decrease in travel time induces an amount of 0.0025 more trips for the individual per day. At that point, the “mot_y_s” is fixed to be equal to one¹⁸, asserting that, the number of daily trips (motor_y) is observed if the related individuals select to exhibit at least one trip in a day. The remaining dummy variables; namely, “male_d”, “h_head_d”, “hbw_d”, and “hbs_d” take the binary values of 0 or 1, which makes sixteen¹⁹ possible combinations for the marginal elasticity calculations for each factor. Among these combinations of these related dummy variables, the highest marginal elasticity coefficients, for the related factors, affecting “motor_y”, are observed, when all these dummy variables are equal to one. In other words, in the case of the passenger is “male”, “household head”, and the

¹⁶ See Table A.4.

¹⁷ One unit refers to one minute for travel time.

¹⁸ This has also been indicated so as to cope with the “excess zero problem” for the main dependent variable, called “motor_y”.

¹⁹ $2*2*2*2 = 2^4 = 16$ different combinations. Here, the number “2” refers to the possible outcomes for each dummy variable, respectively, 0 or 1.

related trips are the obligatory ones ²⁰, there exist highest amounts of marginal elasticity coefficients, with regards to the factors, affecting “daily number of the motorized trips of an individual (motor_y)”. According to the results of marginal elasticity calculations, via the stated case of the dummy variables ²¹, the leading factors, affecting “motor_y”, are “male_d”, “h_head_d”, and “oto_s”, with the marginal elasticity coefficients, respectively, 0.1597, 0.256, and 0.1884. In other words, if the individual is being male and household head, then the number of daily trips of him/her increase respectively by 0.1597 and 0.256 more trips in a day. Similarly, as it is expected, a one unit increase in the number of automobiles owned by the household (oto_s), 0.1884 more trips is able to be exhibited in any given day by the individual in Istanbul. Furthermore, the negatively signed marginal elasticity coefficients, with refers to the factors; namely, “hhszize” and “age”, are equal to -0.028 and -0.0017. In this manner, one unit increase in the “household size” and the one unit increase in “age of the individual” make the daily number of trips decrease, respectively, by 0.028 trips and by 0.0017 trips. Lastly, the household disposable income (hh_inc) is able to be stated as the weakest factor, according to the marginal elasticity coefficient, which is equal to 0.000025, with relates to its effect on “motor_y”.

5. Discussion

Our findings have confirmed the existence of induced demand in terms of traveling more. It is the first time in the literature that the measurement of induced demand is incorporated within a trip generation model via a series of regression models, each eliminating a different level of bias in the parameter estimates. This variation in the core parameter estimate proves that selection of correct model with correct speciation and estimator make such biases dramatically decrease. In that sense, the path analysis, specified as the “Generalized Simultaneous Equations Model (GSEM)”, seems a good candidate so as to measure the induced demand. Herein, the asserted measurement of the elasticities with GSEM, which refers to a complex structure, has also constituted another contribution of this study that may give a baseline for a future research direction in this area.

Non-linear structure of elasticity estimate of GSEM may further allow us to estimate the spatial variation of generative impact of induced demand within the trip generation models, since it is possible to account for the individual characteristics in the estimation of elasticities as long as we have disaggregate spatial data. The proposed methodology is able to be used iteratively to estimate the generative impacts of different investment scenarios from the trip assignment phase of travel demand modeling.

The vital point, for the investigation of the interrelationship between the “daily travel time (motor_s)” and “number of daily trips (motor_y)”, is to perceive the backgrounding mechanism of the “individuals’ travel behavior”,

²⁰ such as home-based work (hbw) trips and/or home based school (hbs) trips.

²¹ that all these dummy variables are equal to 1.

via excluding any exogeneous effects as much as possible. In other words, the marginal willingness of an individual to travel, with regards to the “motorized daily travel time of an individual”, requires a kind of “disaggregated level intermediate variable”. Since, it is explicitly able to be asserted that, the marginal willingness of an individual requires an intermediate level investigation between the related variables, called “motor_s” and “motor_y”. In this sense, even though the variables; namely, “motor_y” and “motor_s” exhibit the types of “individual level disaggregated observations” (see Table 1), an amount of daily aggregation have been still asserted²². Since, so as to minimize such an aggregation errors, the addition of such a pure disaggregated intermediate variable; namely, “free flow travel time (motorfft)” is vital.

According to the results of our robust model, called GSEM, it would also be interesting to note that the coefficients of the variables, called “hhsz” exhibit negative signs for both the dependent variables; namely, “mot_y_s” and “motor_y”. On the other hand, the related coefficient of “age” for the dependent variable, called “mot_y_s” is positive, while it is negative for “motor_y”. In other words, as the size of the household of the related individual increase, then both the marginal propensity of this individual to travel at least once in a day²³ and “number of daily motorized trips” tend to decrease. On the other hand, as age of the individual increases, then the number of daily trips of this individual (motor_y) decreases, while the marginal propensity of this individual to travel (mot_y_s) increases for the same case (as “age” increases) interestingly. Even though, at first glance, these two findings (signs of the coefficients of “age”) seem to be conflicting to each other, it would most probably due to the fact that the “number of daily motorized trips of the individual” as the main dependent variable involves “excess zero observations”. In other words, the “household size that the individual belongs to (hhsz)” and “age of the individual (age)” induces an amount of increase in the probability of this individual to travel at least once in a day. Meanwhile, this the number of the daily motorized trips of this person decrease, which would be above zero.

Furthermore, with regards to the results of marginal elasticity coefficients of GSEM model, the leading factors, affecting “daily motorized number of trips”, are “h_head_d”, “oto_s”, and “male_d” with the marginal elasticity coefficients of 0.256, 0.1884, and 0.1597, respectively. In other words, one unit increase in the number of “household head” and one unit increase in the “number of males” induce the amounts of 0.256 and 0.1597 more daily trips in Istanbul, which would be signaling the “patriarchal structure of the Turkish families” and “overweighting number of males in employment & in schools” in the daily trip flows with regards mostly to the obligatory trips, such as “home-based work trips” and “home-based school trips”. Lastly, one unit

²² “**motor_y**”: sum of the numbers of daily trips & “**motor_s**”: sum of the daily travel times of an individual. According to the related definitions, an amount of low degree of daily aggregation is still exhibited due to summations.

²³ That refers to “**mot_y_s = 1**”.

increase in the number of private automobiles owned by the household (oto_s)” induces an amount of 0.1884 more trips in a day with refers to the automobile dependency in transportation flows, as it is the case in most of the developing countries.

6. Concluding Remarks

It is the first time in the literature that the measurement of induced demand is carried out so as to strengthen the baseline of a trip generation model via a series of models, each coping with a different level of bias in the parameter estimates. The proposed methodology (GSEM) seems as one of the most convenient model structures so as to measure the induced travel demand, and it is able to be integrated into a trip generation model. Moreover, it is also able to be used iteratively so as to estimate the generative impacts of different investment scenarios from the trip assignment phase of travel demand modeling.

According to the findings of this study, any new transportation investment that makes “Total System Travel Time (TSTT)” decrease by ten minutes, would be inducing 261.250 thousand more motorized trips in a day, which, in turn, should be re-integrated into the “trip generation stage” of the conventional four-step travel demand modeling process. That kind of iterative process is able to be run till the optimization between the “numbers of daily motorized trips” and “daily travel time” is reached. Such a kind of optimization process would explicitly constitute empirical inputs for the travel demand management policies and “cost & benefit” analysis of the related transportation investments.

Another important finding of this study is that even though induced demand is well and alive, it is not the only and leading evil among other trip generating factors. Herein, high elasticity of being household head, being a male or the more number of owned automobile might easily generate more trips than a transportation network improvement. Obviously more measuring is needed. In that manner, for the related future studies, the measurement of the generative impact of induced demand needs to be tested in different urban settings with our proposed model, via system-wide measurements in urban scales with disaggregated data, in addition to the redistributive effects of induced demand measurements with the considerations of capacity improvements.

Acknowledgement

Data used in this study comes from the 2006 Household Origin-Destination (O/D) Survey of Istanbul Metropolitan Area. The survey, which was coordinated by the co-author of this paper (Prof. Dr. Hüseyin Murat Çelik), was conducted by the Department of Transportation of the Metropolitan Municipality of the Istanbul. The indicated costs of the “Field Research” was 3.2 million Turkish Lira (tl), and that is why the publication of the related data maynot be permitted.

7. References

- Barr, L. (2000).** Testing for the significance of induced highway travel demand in metropolitan areas. *Transportation Research Record: Transportation Planning, Public Participation, and Telecommuting*(1706), 1-8.
- Cameron, C., & Trivedi, P. (2005).** *Microeconometrics:Methods and Applications*. New York: Cambridge University Press.
- Cervero, R. (2002).** Induced travel demand: Research design, empirical evidence, and normative policies. *Journal of Planning Literature*, 17(1), 3-20.
- Cervero, R. (2003).** Road expansion, urban growth, and induced travel: A path analysis. *Journal of the American Planning Association*, 69(2), 145-163.
- Cervero, R., & Hansen, M. (2002).** Induced travel demand an induced road investment: A simultaneous-equation analysis. *Journal of Transport Economics and Policy*, 36, 469-490.
- Fulton, L., Meszler, D., Noland, R., & Thomas, J. (2000).** A statistical analysis of induced travel effects in the U.S. mid- Atlantic region. *Journal of Transportation and Statistics*, 3(1), 1-14.
- Green, W. (2003).** *Econometric Analysis* (5th ed.). New Jersey: Pearson.
- Green, W. (2007).** Limdep version 9.0. *Econometric modeling guide* , v.2. New York: Plainview.
- Hansen, M., & Huang, Y. (1997).** Road supply and traffic in California urban areas. *Transportation Research Part A* , 31, 205-218.
- Hansen, M., Gillen, D., Dobbins, A., Huang, Y., & Puvathingal, M. (1993).** *The air quality impacts of urban highway capacity expansion: Traffic Generation and land use change*. Berkley: University of California, Institute of Transportation Studies.
- Holcombe, R., & Williams, D. (2010).** Urban Sprawl and Transportation Externalities. *The Review of Regional Studies*, 3(40), 257-273.
- Hymel, K., Small, K., & Dender, K. (2010, February 5).** Induced Demand and Rebound Effects in Road Transport .
- Kennedy, P. (1998).** *A guide to econometrics*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Kroes, E., Daily, A., Gunn, H., & Van der Hoorn, T. (1996).** The opening of the Amsterdam ring road: A case study of short term impacts on removing bottleneck. *Transportation*, 23, 71-82.
- Long, J. (1997).** *Regression models for categorical and limited dependent variables* . London, New Delhi, Thousand Oaks: Sage Publications.
- Luk, J., & Chung, E. (1997).** *Induced demand and road investment: An initial appraisal*. ARR 299. Vermont South, Australia: ARRB Transportation Research .
- Melo, P., Graham, D., & Canavan, S. (2012).** The Effects of Road Investments on Economic Output and Induced Travel Demand: Evidence for Urbanized Areas in the US. *Transportation Research Board: Journal of the Transportation Research Board*.
- Mokhtarian, P., & Cao, X. (2008).** Examining the impacts of residential self-selection on travel behavior: A focus on methodologies. *Transportation Research Part B*, 42, 204-228.
- Mokhtarian, P., Samaniego, F., Shumway, R., Willits, N., & Azari, R. (2000).** Analyzing induced traffic from capacity enhancements used matched pairs: A California Study. Davis: University of California, Institute of Transport Studies .
- Noland, R., & Cowart, W. (2000).** Analysis of metropolitan highway capacity and the growth in vehicle miles of travel. *Transportation*, 27(4), 363-390.
- Noland, R., & Lem, L. (2002).** A review of the evidence for induced travel and changes in transportation and environment policy in the US and the UK. *Transportation Research Part D*, 7, 1-26.
- Ozuyal, M., & Tanyel, S. (2008).** Induced travel demand in developing countries : Study on state highways in Turkey. *Journal of Urban Planning and Development -ASCE*, 134(2), 78-87.
- Pells, S. (1989).** User response to new road capacity: A review of published evidence. *University of Leeds, Institute of Transport Studies, Workin Paper* 283.

Silva, A., & Costa, G. (2007, September). Urban sprawl and energy use for transportation in the largest Brazilian cities. *Energy for Sustainable Development* , 3(6), 44-50.

Vos, J., & Witlox, F. (2013). Transportation policy as spatial planning tool; reducing urban sprawl by increasing travel costs and clustering infrastructure and public transportation. *Journal of Transport Geography*, 33, 117-125.

Winkelmann, R. (2008). *Econometric analysis of count data* (Cilt 5). Verlag, Berlin, Heidelberg: Springer.

APPENDICES



Figure A.1. Traffic Analysis Zones and Highway Network of Istanbul Metropolitan Area.

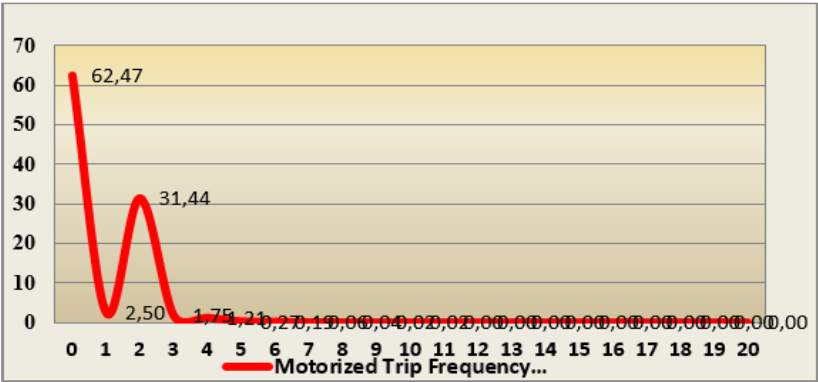


Figure A.2. Motorized Trip Frequencies.

Table A.1. Descriptive Statistics of Variables.

	mean	st. dv.
motor_y	0,79	1,12
motor_s	37,85	66,53
motor_di	8,48	16,96
male_d	0,5	0,5
h_head_d	0,36	0,48
hh_inc	1,057	1,28
oto_s	0,39	0,58
hhsz	3,92	1,08
age	37,83	15,45
worked (hbw_d)	0,34	0,47
Student (hbs_d)	0,05	0,23
tahsil_y	7,35	3,87

Table A.2. PRM & NBRM Results.

PRM	Coef.	Std. Err.	z	NBRM	Coef.	Std. Err.	z
male_d	.0817799	.0083001	9.85	male_d	.029871	.0071096	4.20
h_head_d	.1405562	.009524	14.76	h_head_d	.1075885	.0076744	14.02
hh_inc	6.79e-06	1.58e-06	4.30	hh_inc	7.80e-06	1.93e-06	4.05
oto_s	.1617351	.0053751	30.09	oto_s	.1146227	.0049238	23.28
hhsz	-.0137819	.0020895	-6.60	hhsz	-.0138107	.0017256	-8.00
age	-.0020655	.0003179	-6.50	age	-.0020207	.0002602	-7.77
tahsil_y	.0311067	.001005	30.95	tahsil_y	.0240298	.0007979	30.12
motor_s	.0054185	.0000725	74.77	motor_s	.0085438	.0000896	95.37
hbw_d	.9484354	.0098287	96.50	hbw_d	.7390091	.0087332	84.62
hbs_d	.8404261	.0147617	56.93	hbs_d	.6927652	.0117506	58.96
motorfft	.1482236	.0206504	7.18	motorfft	1.516752	.0416975	36.38
_cons	-1.473417	.0201662	-73.06	_cons	-1.712916	.0163486	-104.77
				/lnalpha	-1.368784	.0397883	
				alpha	.2544163	.0101228	

Table A.3. GSEM Results.

GSEM RESULTS			
Variable	Coef.	Std. Err.	z
mot_y_s			
male_d	.0876364	.008781	9.98
h_head_d	.1824174	.0098624	18.50
hh_inc	.0000381	5.01e-06	7.60
oto_s	.2149051	.0060338	35.62
hhszize	-.0340989	.0020449	-16.68
age	.000905	.0002754	3.29
tahsil_y	.0537412	.0010146	52.97
hbw_d	1.448814	.0078503	184.55
hbs_d	1.230701	.0139649	88.13
_cons	-1.498341	.0181383	-82.61
motor_y			
male_d	.094116	.0078328	12.02
h_head_d	.1502352	.0086166	17.44
hh_inc	.0000143	2.67e-06	5.35
oto_s	.1087255	.0053448	20.34
hhszize	-.0162595	.0019109	-8.51
age	-.0010601	.0002899	-3.66
tahsil_y	.0430605	.0008928	48.23
hbw_d	1.052222	.0101024	104.16
hbs_d	1.042079	.0122483	85.08
motorfft	2.269169	.0490115	46.30
_cons	-1.65532	.0177808	-93.10
motorfft			
motor_s	-.0023983	.0000523	-45.89
motor_di	.0102411	.000213	48.07
mot_y_s	.2824551	.0030349	93.07
_cons	-7.54e-18	1.28e-19	-58.70
motor_s			
estimated_motor_y	7.415484	.4303755	17.23
_cons	30.81517	.3910488	78.80
/motor_y			
lnalpha	-.8130799	.030545	
var(e.motorfft)	.0407052	.0113116	
var(e.motor_s)	3392.502	41.8371	
Log pseudolikelihood = -1314459.5			

Table A.4. Marginal Elasticity Calculation Results for GSEM.

(m a l e d h_ he ad_ d h b w_ d h bs_ d m ot_ y_ s)	AL L TH E RE MA INI NG CO VA RI AT ES AR E AT TH EIR ME AN VA	dyd x(m oto r_s)	dyd x ²⁴ (mal e_d)	dyd x(h _he ad_ d)	dy dx(hh _in c)	dy dx (ot o_ s)	dy dx(hh siz e)	dy dx (a ge)	dyd x(t ahs il_y)	dy dx(hb w_ d)	dy dx(hb s_ d)
(0 0 0 0 1)	LU ES(see the expl ana tion below)	- .00 016 16	.01 156 71	.019 187	2.1 8e- 06	.01 52 94 2	- .00 23 20 5	- .0 00 09 81	.00 552 41	.13 729 12	.13 24 98 8
(0 0 0 1 1)		- .00 058 74	.04 305 42	.071 847	8.3 6e- 06	.05 80 78 4	- .00 88 29 3	- .0 00 34 61	.02 069 97	.51 576 69	.49 58 14 4
(0 0 1 0 1)		- .00 061 66	.04 427 75	.073 509 2	8.3 8e- 06	.05 87 15	- .00 89 11 1	- .0 00 37 28	.02 116 62	.52 623 88	.50 75 80 2

²⁴ **dydx**(response variable) gives marginal elasticity of the response variable on motor_y . Here, there have been calculated sixteen marginal elasticities for each, because there are four dummy variables, taking values “0” or “1” (only mot_y_s =1 constant due to the nature of the zero truncation for the daily trip number(s)) in total that derives sixteen (2⁴ = 16) different combinations.

(0 0 1 1 1) 1)	- .00 195 41	.12 570 64	.202 537 2	.00 002 02	.15 02 31 3	- .02 25 53	- .0 01 33 24	.05 811 55	1.4 26. 084	1.4 03
(0 1 0 0 1) 1)	- .00 019 38	.01 413 93	.023 568 2	2.7 3e- 06	.01 90 01 5	- .00 28 87 6	- .0 00 11 49	.00 678 93	.16 908 49	.16 26 64 4
(0 1 0 1 1) 1)	- .00 070 51	.05 081 95	.084 447 3	9.6 6e- 06	.06 75 96 2	- .01 02 62 1	- .0 00 42 44	.02 431 82	.60 484 09	.58 30 47 2
(0 1 1 0 1) 1)	- .00 073 66	.05 188 62	.085 716 4	9.5 7e- 06	.06 76 69 4	- .01 02 53	- .0 00 45 58	.02 466 71	.61 198 36	.59 22 02 7
(0 1 1 1 1) 1)	- .00 228 3	.14 558 93	.233 974 3	.00 002 31	.17 23 94 7	- .02 58 53 5	- .0 01 56 98	.06 711 57	164 .50 5	1.6 22
(1 0 0 0 1) 1)	- .00 018 02	.01 301 92	.021 648 8	2.4 8e- 06	.01 73 56 2	- .00 26 35 5	- .0 00 10 81	.00 623 47	.15 511 27	.14 94 57 8
(1 0 0 1 1) 1)	- .00 065 58	.04 769 89	.079 444 3	9.1 7e- 06	.06 39 33 4	- .00 97 13 3	- .0 00 39 03	.02 288 35	.56 971 38	.54 83 62 6
(1 0 1 0 1) 1)	- .00 068 68	.04 887 49	.080 953 1	9.1 4e- 06	.06 43 07 2	- .00 97	- .0 00 41 99	.02 330 34	.57 879 8	.55 91 27 6

							52 2				
(1 0 1 1 1)		- .00 215 29	.13 788 1	.221 864 3	.00 002 2	.16 40 1	- .02 46 08 6	- .0 01 47 43	.06 365 14	1.5 61. 018	1.5 37
(1 1 0 0 1)		- .00 021 64	.01 591 83	.026 585 7	3.1 0e- 06	.02 15 31 6	- .00 32 74 2	- .0 00 12 7	.00 766 03	.19 093 43	.18 34 50 1
(1 1 0 1 1)		- .00 078 58	.05 612 66	.093 053 8	.00 001 05	.07 40 87 6	- .01 12 39 1	- .0 00 47 82	.02 678 96	.66 566 21	.64 26 34 6
(1 1 1 1 0 1)		- .00 081 88	.05 713 66	.094 157 5	.00 001 04	.07 38 95 2	- .01 11 86 8	- .0 00 51 22	.02 708 86	.67 134 51	.65 07 04
(1 1 1 1 1 1)		- .00 251 32	.15 971 93	.256 419 8	.00 002 51	.18 84 24 1	- .02 82 45 6	- .0 01 73 39	.07 354 53	1.8 02	1.7 77

CHAPTER 3

**Investigation of the Effect of Object Surface Colors That
Different Tones on Terrestrial Laser Scanners (Aydan
Yaman)**

Investigation of the Effect of Object Surface Colors That Different Tones on Terrestrial Laser Scanners

Aydan Yaman¹

¹Aksaray University, Engineering Faculty, Department of Geomatic Engineering, Aksaray,
Turkey Email: aydan.ketenci@hotmail.com

Abstract:

Terrestrial laser scanning technology is a highly preferred method in many engineering applications. These systems allow the users to survey structural surfaces and 3D bodies with 3D point clouds datas. This technology provides the users with direct 3D position information and performs measurements fast and accurately. But, all measurement with terrestrial laser scanners, different factors for example the characteristics of the reflecting surface, roughness, wetness, distance from the scanner, the material components of scanned object effect the strength of the signal and change the accuracy of study. In addition to this factors, the surface color of the objects also effect the results of scans performed with terrestrial laser scanners. Therefore, the determination of the error sources is extremely important and necessary to maintain the quality of data. In this study, the test area surface was covered by glossy foil paper of different colors in different tones (white, light red, dark red, light blue, dark blue, light green and dark green) and scanned using a Topcon GLS-1000 terrestrial laser scanner from a distance of 35 meters. Then, the effects of the object surface colors in different tones on the accuracy of the scanner were investigated.

Keywords: Object color, Position accuracy, Terrestrial laser scanning technology, Volume

1. Introduction

Terrestrial laser scanning technology has significant advantages in terms of cost, time, and convenience in a wide variety of applications. Therefore, it is a highly preferred method in many engineering applications.

These systems allow the users to survey structural surfaces and 3D bodies with 3D point clouds datas. With these datas, the 3D shape of every object or environment we live can be determined and analysed [1]. Using this technology, 3D and high-resolution data can be obtained with high precision.

Today, terrestrial laser scanning technology is used more than classical measuring methods. This technology provides the users with direct 3D position information and performs measurements faster and more accurately compared to the conventional methods. Therefore, particularly studies that would be time consuming and cost intensive using classical measuring techniques can be easily performed with laser scanning techniques to overcome these disadvantages.

Terrestrial laser scanners yield maximum information and have unsurpassed accuracy within a few millimeters and allow hazardous sites to be easily documented. They allow acquiring a huge amount of 3D data in a fast manner and can be often profitably combined with colored high resolution digital images to provide an accurate 3D representation of the environment [2].

Very large and complex objects can also be scanned from different positions [1].

In most study, the “shadow” areas of surveys appearance. And this shadows can be complemented with scans where the previously hidden areas can be “seen” by the laser beam [1].

Today, most terrestrial laser scanners measure ranges to objects up to several hundred metres, with a single point accuracy of 1.4–15 mm at 50 m [3;4].

The achievable accuracy of a TLS measurement depends on the technical capabilities of the device. If the point cloud density is high with high resolution laser measurements, more detailed information of the scanned surface is obtained. Furthermore, the achievable accuracy and the reachable resolution of a laser measurement are influenced by the beam width of the laser beam [4].

As with all measurement techniques, the results of laser scanning can be misleading due to different factors. In studies with terrestrial laser scanners, the characteristics of the reflecting surface, roughness, wetness, distance from the scanner, the material components of scanned object effect the strength of the signal and change the accuracy of study [5].

In addition to this factors, the surface color of the objects also effect the results of scans performed with terrestrial laser scanners.

Therefore, the determination of the error sources is extremely important and necessary to maintain the quality of data. It is also crucial to know the accuracy of the measurements made with this type of equipment [6].

In this study, the test area surface was covered by glossy foil paper of different colors in different tones (white, light red, dark red, light blue, dark blue, light green and dark green) and scanned using a Topcon GLS-1000 terrestrial laser scanner from a distance of 35 meters. Then, the effects of the object surface colors in different tones on the accuracy of the scanner were investigated.

2. Material and Method

2.1. The Test Area

For this study, a test area of 2.10 meters × 2.80 meters was constructed and placed in a vertical position. The inside of this test area was covered with steel and the outer surface was covered with hardboard. Figure 1 shows that the test area is mounted on special metal feet and is fixed.



Figure 1 The test area.

To ensure that the test area was exactly vertical, level screws were placed on the feet and on the back. The hardboard surface was white because this color reflects the most light [7].

2.2. Topcon GLS-1000 Terrestrial Laser Scanner

In this study, a Topcon GLS-1000 terrestrial laser scanner was used as shown in Figure 2.



Figure 2 Topcon GLS-1000 terrestrial laser scanner

The Topcon terrestrial laser scanner has the ability to quickly collect and store data. It has precise scanning technology, a 2 megapixel digital camera,

3000 dots per second scan rate, 90% reflection up to a range of 330 meters, 4 mm accuracy from 1 meter to 150 meters, 6" angle accuracy horizontally and vertically and horizontal and vertical movement. There is less noise in the point clouds in the scans made with the Topcon terrestrial laser scanner, and even at distances above 100 meters, it possesses sufficient accuracy [7].

2.3. The Method

In this study, glossy foil papers in different colors of white, light red, dark red, light blue, dark blue, light green and dark green were pasted on the test area surface. Then, by scanning the test area with a Topcon GLS-1000 terrestrial laser scanner at a distance of 35 meters, the effects of object surface colors in different tones on the terrestrial laser scanner were investigated.

To achieve this aim, the test area was scanned with different surface colors and after the test area was placed in a horizontal position with the help of the obtained point clouds, the volumes that were obtained were calculated. It is necessary to determine the most appropriate scanning color by comparing the calculated volumes with known volumes. Verticality was provided using the levels at the feet and behind the test area. The verticality was checked again using a square grid network of 10 cm created in an area of 2.70×2.00 meters using the Total Station in local system. The coordinates of the 588 points obtained were recorded as shown in figure 3 [7].

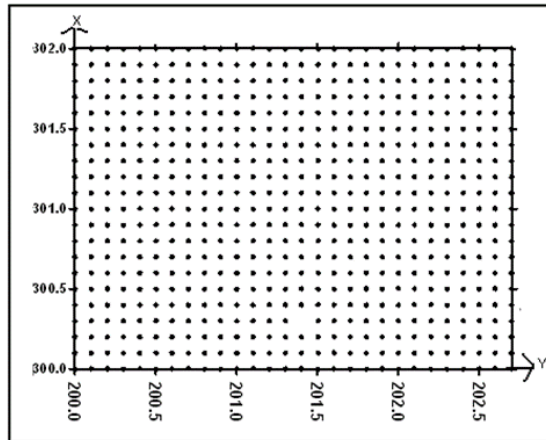


Figure 3 The grid network created on the test area [7].

The Y and Z coordinates were displaced to obtain a 3D image of the test area as shown in Figure 4.

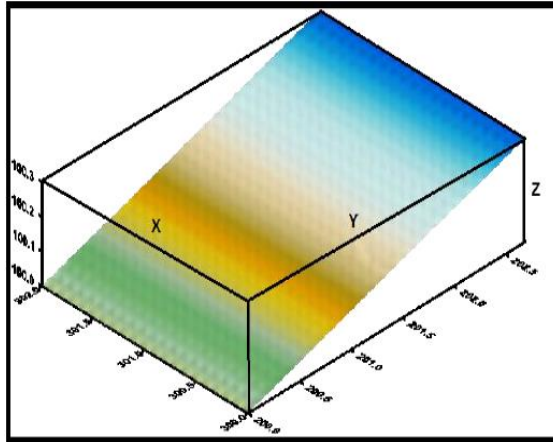


Figure 4 A 3D image of the grid network on the test area [7].

Since the system that coordinates the grid network was not perpendicular to the test area, a surface that was a half a rectangular prism was obtained. This surface should have a volume of 0.8154 m³ and it was calculated by the obtained coordinates as 0.8165 m³ according to the volume calculation method of the rectangular prism. This very close result is numerical proof of the verticality of the test area [7].

Each scan was performed at a fixed point 35 meters from the test area. The test area was first scanned in white color as shown in Figure 8.



Figure 8 Scanning of the test area in white color.

Then, the test area was scanned in light red, dark red, light blue, dark blue, light green and dark green as shown in Figures 9 to 14, respectively.



Figure 9 Scanning of the test area covered with light red foil.



Figure 10 Scanning of the test area covered with dark red foil.



Figure 11 Scanning of the test area covered with light blue foil.



Figure 12 Scanning of the test area covered with dark blue foil.



Figure 13 Scanning of the test area covered with light green foil.



Figure 14 Scanning of the test area covered with dark green foil.

The color values of each glossy foil paper were measured and recorded as shown in Table 1. A Datacolor SF600+CT device was used for color measurement. The parameters were chosen as follows: eye size 30 mm, enlightening CIE-D65 and the observation angle 100.

Table 1. Results of color measurement (CIE color parameters)

Color Parameters	Color Name						
	White	Light Red	Dark Red	Light Green	Dark Green	Light Blue	Dark Blue
CIE L*	91.05	37.81	27.27	42.49	57.06	33.15	23.96
CIE a*	-2.36	58.84	37.43	-59.45	-50.37	21.52	10.17
CIE b*	-3.42	38.85	20.19	21.36	-5.42	-60.57	-41.93
CIE Y	78.60	9.98	3.32	12.82	24.99	7.61	4.09
CIE x	0.3040	0.6066	0.5690	0.2172	0.2022	0.1652	0.1710
CIE y	0.3260	0.3250	0.3202	0.5134	0.3600	0.1302	0.1516

Scans were made in the indoor place to reduce the effects of the external environment. After the scanning was finished, the data was installed to “scanmaster software”. In scanmaster software unnecessary point clouds were cleared and the coordinates of the remaining point clouds were recorded in Microsoft excel. The expected volume values for each scan were calculated in Microsoft excel.

For light red, light green and dark blue colors, the raw data and the images that cleaned from unnecessary point clouds are shown in Figures 15 to 20.

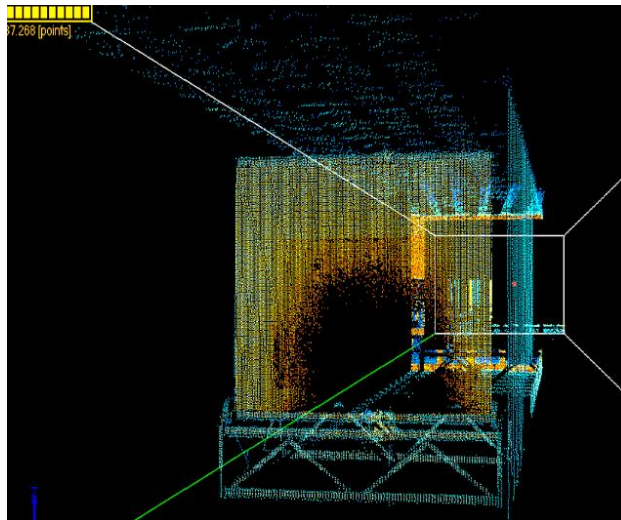


Figure 15 A Scanmaster image of the test area based on raw data from the scan of the light red foil.

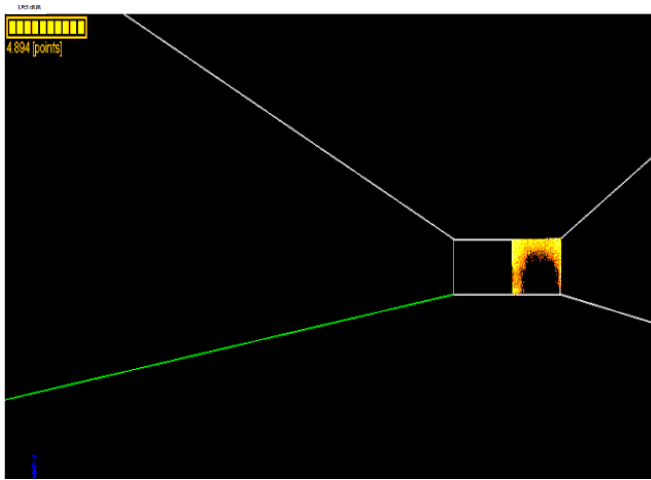


Figure 16 A Scanmaster image of the test area based on the processed data from the scan of the light red foil.

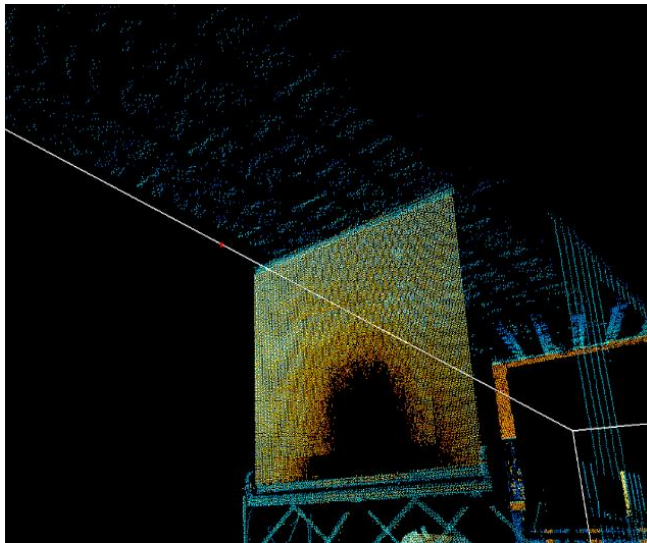


Figure 17 A Scanmaster image of the test area based on raw data from the scan of the light green foil.

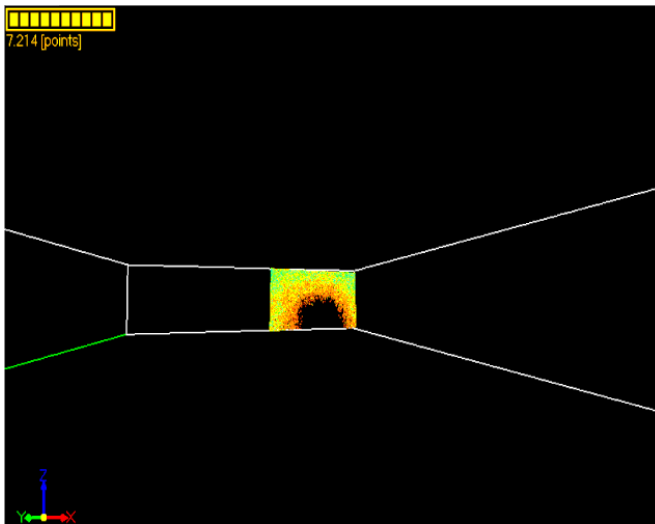


Figure 18 A Scanmaster image of the test area based on the processed data from the scan of the light green foil.

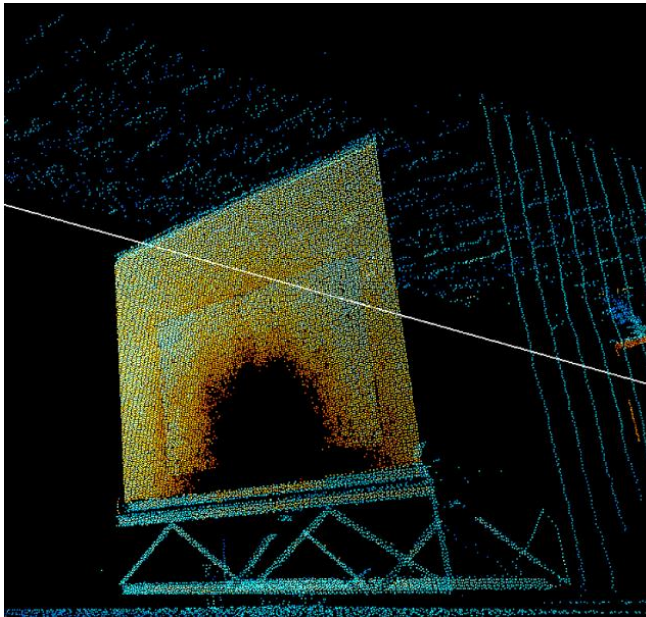


Figure 19 A Scanmaster image of the test area based on raw data from the scan of the dark blue foil.

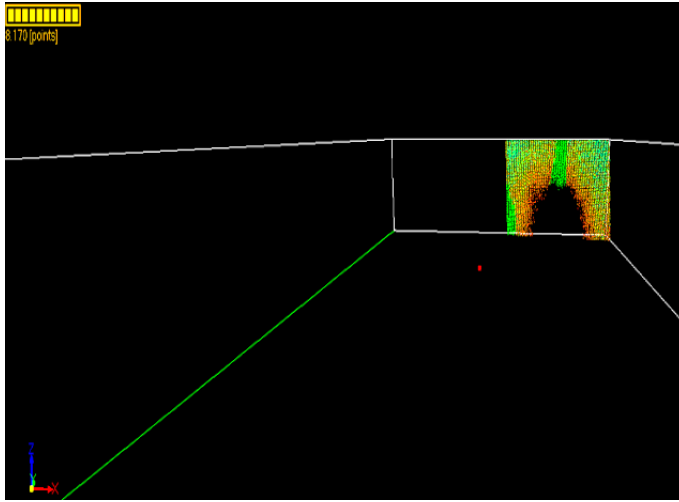
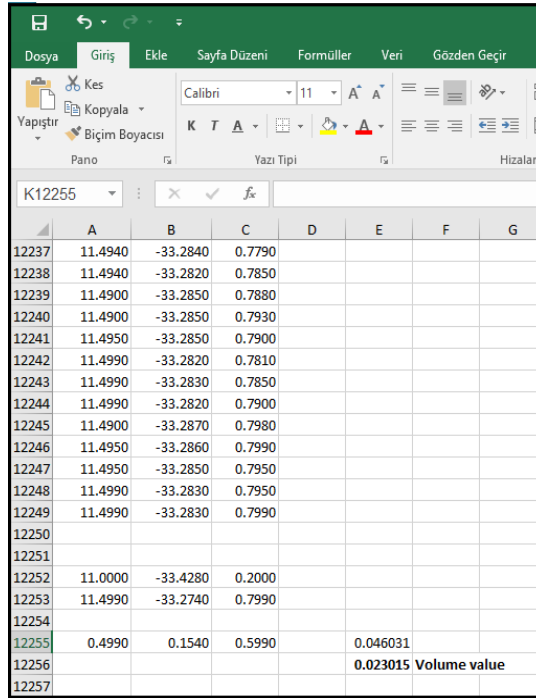


Figure 20 A Scanmaster image of the test area based on the processed data from the scan of the dark blue foil.

The minimum and maximum values of the coordinates of the required point clouds were calculated in Microsoft excel. In order to avoid a possible conversion error, the local coordinates obtained from the scanner were used directly. From the obtained coordinates, the values of “Y” and “Z” were replaced and the test area was made horizontal. If the scans had been made exactly perpendicular to the test area, the volume of the rectangular prism would have been zero. Since the scanner was not completely perpendicular to the object and was not leveled, this is not possible. In this case a half rectangular prism will be formed whose base is the difference between the minimum and maximum X coordinates and the difference between the minimum and maximum Y coordinates and the height of the rectangular prism is the difference between the minimum and maximum Z coordinates. The calculated difference values were multiplied (base area $\times$ height) and divided into two (half rectangular prism) and the expected volume values were calculated for each color [7].

Calculation of volume value that obtained by scanning the test area in white color is shown in Figure 21.

After calculating the difference between the minimum and maximum values of the coordinate values of the seven scanning stations, the coordinate values were transferred to the “Surfer” software and the volume values for each station were calculated. Figure 22 shows the volume value calculated from point clouds obtained by scanning the test area in white color.



	A	B	C	D	E	F	G
12237	11.4940	-33.2840	0.7790				
12238	11.4940	-33.2820	0.7850				
12239	11.4900	-33.2850	0.7880				
12240	11.4900	-33.2850	0.7930				
12241	11.4950	-33.2850	0.7900				
12242	11.4990	-33.2820	0.7810				
12243	11.4990	-33.2830	0.7850				
12244	11.4990	-33.2820	0.7900				
12245	11.4900	-33.2870	0.7980				
12246	11.4950	-33.2860	0.7990				
12247	11.4950	-33.2850	0.7950				
12248	11.4990	-33.2830	0.7950				
12249	11.4990	-33.2830	0.7990				
12250							
12251							
12252	11.0000	-33.4280	0.2000				
12253	11.4990	-33.2740	0.7990				
12254							
12255	0.4990	0.1540	0.5990		0.046031		
12256					0.023015	Volume value	
12257							

Figure 21 The expected volume obtained by scanning the test area in white color [7].

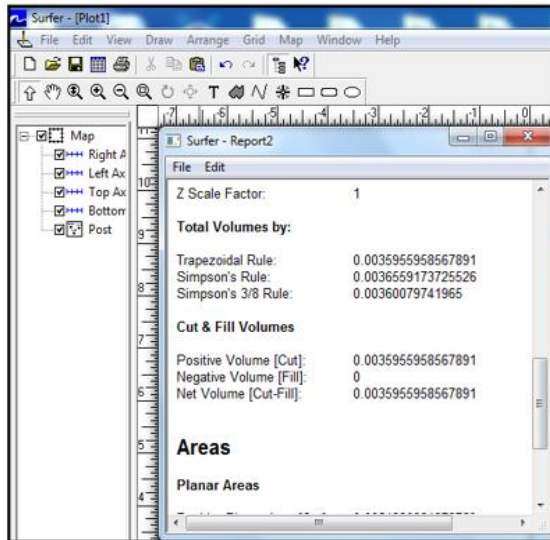


Figure 17 Volume calculated from point clouds obtained by scanning the test area in white color [7].

As the surface of the object is flat, linear interpolation method which gives the best result on the flat surfaces is used in volume calculations [8]. Also the volume values obtained from the coordinates for each color were calculated. Thus, the differences between the volumes were obtained.

3. Results

Table 2 presents all the calculated volumes and the differences between the values by scanning color.

Table 2 A comparison of the calculated volumes between the scanning colors.

Object Surface Color	Volumes Calculated From Point Clouds (m ³)	Expected Volumes (m ³)	Differences (m ³)
White	0.0036	0.0230	0.0194
Light Red	0.0033	0.0440	0.0407
Light Blue	0.0027	0.0312	0.0285
Light Green	0.0033	0.0451	0.0418
Dark Red	0.0033	0.0443	0.0410
Dark Blue	0.0027	0.0324	0.0297
Dark Green	0.0033	0.0470	0.0437

A 1.0 meters × 2.0 meters portion of the test area was assessed in the study. The laser scanner was not completely perpendicular to the test area and there was a 30 cm slip on the Y axis. This resulted in a half rectangular prism of 2.7×2.0×0.3 meters in dimensions for each scan. The volume of this half rectangular prism was calculated as 0.810 m³. The volumes were recalculated by increasing each edge of the prism from 1 mm to 15 mm and the values obtained are shown in Table 3 [7].

Table3 The volume values obtained by increasing each edge of the prism from 1 mm to 15 mm [7].

Y (m)	X (m)	Z (m)	Error (mm)	Calculated Volume (m ³)	Known Volume (m ³)	Differences (m ³)
0.301	2.701	2.001	1	0.81341	0.81000	0.00341
0.302	2.702	2.002	2	0.81682		0.00682
0.303	2.703	2.003	3	0.82024		0.01024
0.304	2.704	2.004	4	0.82366		0.01366
0.305	2.705	2.005	5	0.82709		0.01709
0.306	2.706	2.006	6	0.83052		0.02052
0.307	2.707	2.007	7	0.83396		0.02396
0.308	2.708	2.008	8	0.83740		0.02740
0.309	2.709	2.009	9	0.84085		0.03085
0.310	2.710	2.010	10	0.84430		0.03430
0.311	2.711	2.011	11	0.84776		0.03776
0.312	2.712	2.012	12	0.85122		0.04122
0.313	2.713	2.013	13	0.85469		0.04469
0.314	2.714	2.014	14	0.85816		0.04816
0.315	2.715	2.015	15	0.86164		0.05164

The differences in the volume values shown in Table 2 and 3 were compared. According to the data in Table 3, if the volume difference was 0.02740 m³, it was assumed that scans had been performed with an error of 8 mm [7].

Then, the difference values given in Table 2 were compared to those in Table 3 to obtain the scanning precision of the seven applications (Table 4).

Table 4 Scanning precisions by object surface color.

Object Surface Color	Scanning Precision (mm)
White	5.7
Light Red	11.8
Light Blue	8.3
Light Green	12.2
Dark Red	11.9
Dark Blue	8.7
Dark Green	12.7

4. Conclusion

Terrestrial laser scanning technology is a highly preferred method and laser scanners have been successfully applied in many engineering applications. The accuracy of the obtained results in the studies with terrestrial laser scanners is quite important. As with all measurement techniques, the results of laser scanning can be misleading due to different factors. In studies with terrestrial laser scanners, the characteristics of the reflecting surface, roughness, wetness, distance from the scanner, the material components of scanned object and the surface colors of objects effect laser signals and scans performed and change the accuracy of study.

Therefore, the determination of the error sources is extremely important and necessary to maintain the quality of data. It is also crucial to know the accuracy of the measurements made with this type of equipment.

In this study, the test area surface was covered by glossy foil paper of different colors in different tones (white, light red, dark red, light blue, dark blue, light green and dark green) and scanned using a Topcon GLS-1000 terrestrial laser scanner from a distance of 35 meters. Then, the effects of the object surface colors in different tones on the accuracy of the scanner were investigated. There was much reflection on the test area. This situation caused the lack of data in this region.

Based on the results, it can be concluded that the Topcon terrestrial laser scanner has a scanning sensitivity of 5.7 mm to 12.7 mm for the given colors at a 35 m distance and scans with minimum errors when the object has a white color.

5. References

1. Ingensand, H., 2006. Methodological aspects in terrestrial laser-scanning technology. Proceedings of the 3rd IAG Symposium of Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering and 12th FIG Symposium on Deformation Measurements. May 22–24, Baden, Austria.
2. Karşıdağ, G. and Alkan, R.M., 2012. Analysis of the accuracy of terrestrial laser scanning measurements, Electronic Journal of Map Technologies, 4 (2), 1-10.
3. Lim, M., Petley, D.N., Rosser, N.J., Allison, R.J., Long, A.J. and Pybus, D. 2005. Combined digital photogrammetry and time of flight laser scanning for monitoring cliff evolution, The Photogrammetric Record 20(110): 109-129.

4. Prokop, A., 2008. Assessing the applicability of terrestrial laser scanning for spatial snow depth measurements, *Cold Regions Science and Technology*, 54, 3, 155-163.
5. Slob, S. and Hack, R. 2004. 3D terrestrial laser scanning as a new field measurement and monitoring technique, *Engineering geology for infrastructure planning in Europe; A European perspective*. Lecture notes in earth sciences. Springer, Berlin, New York, 179-189.
6. Yaman, A. and Yilmaz, H.M., 2017. The effect of object surface colors on terrestrial laser scanners, *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2, 2, 68-74.
7. Yılmaz, H.M., 2007. The effect of interpolation methods in surface definition: an experimental study, *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, 1346-1361.
8. Yılmaz, H.M., Yakar, M., Yıldız, F., Karabörk, H., Kavurmacı, M.M., Mutluoğlu, Ö. and Göktepe, A., 2009. Monitoring of corrosion in fairy chimney by terrestrial laser scanning, *JIEAS Journal of International Environmental Application and Science*, 4 (1), 86-91.

CHAPTER 4

**Ağır Metaller İle Kirlenmiş Alanların Onarılmasında
Kullanılabilecek Bitki Türleri (Hilal Surat, Mustafa Aybar)**

Ağır Metaller İle Kirlenmiş Alanların Onarılmasında Kullanılabilecek Bitki Türleri

Hilal SURAT¹, Mustafa AYBAR²

¹ Artvin Çoruh Üniversitesi Sanat ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü,
E-mail: hilal881@artvin.edu.tr

² Artvin Çoruh Üniversitesi Artvin Meslek Yüksekokulu,
E-mail: mustafaaybar@artvin.edu.tr

1. Giriş

Teknolojik gelişmeler sonucu, çevreye, yönelik artan antropojenik etkiler, doğal ekosistemlerde olumsuz değişimlere neden olmakta, yüksek miktarlarda olan endüstri, sanayi ve kentsel atıklar bulundukları alanlarda yaşayan canlı hayatını tehdit etmektedir. Özellikle ekosistem içerisindeki biyoçeşitliliğin azalmasına, ekosistemin yapısının bozulmasına ve verimliliğin düşmesine neden olmaktadır (Shparyk ve Parpan, 2004). Özellikle bu alanlarda bulunan kirlenmenin en önemli kaynağını ağır metaller oluşturmaktadır. Doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler nedeniyle ağır metallerin ekolojik sistemde içerisinde hızlı ve yüksek miktarlarda yayılımı görülmektedir. Bu antropojenik etkilerin en çok görüldüğü, çevreye toksik etkisi olabilen ağır metallerin yayılmasını sağlayan kaynakların ve faaliyetlerin başında maden sahaları, terk edilmiş maden sahaları ve atık birikintilerinin bulunduğu alanlar gelmektedir (Adriano, 1986; Özay ve Mammadov, 2013).

Maden cevherlerinden metallerin kazanılması sırasında meydana gelen atıklar, tabi tutuldukları işlemlerle aktifleşip, organizmalarda birikerek zararlı seviyelere ulaşmakta ve canlı hayatını tehdit eden birer kirlilik kaynağı haline gelmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2003; Kır ve ark., 2007)

Çevre kirliliğine neden olan, toprak, su ve havada değişik konsantrasyonlarda var olan ağır metaller (Pb, Zn, Cu, Cr, Co, Cd, V vb.) belirli konsantrasyonun üzerine çıktıklarında tüm canlılar için önemli bir tehlike oluşturmaktadır (Gaur ve Adholeya 2004; Tangahu et al., 2011).

Ağır metaller, çevrelerindeki toksisiteleri ve kalıcılığı nedeniyle en tehlikeli antropojenik çevre kirleticisi grupları olarak sınıflandırılmaktadır (Gaur ve Adholeya 2004; Tangahu et al., 2011; Vanlı ve Yazgan 2008; Özay ve Mammadov, 2013). Terk edilmiş maden sahalarında, atık depolarının olduğu bölgelerde, hatta uzun süre işletilmekte olan maden sahaları, çevreye toksik etki yapabilecek ağır metallerin yayılımını sağlamaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın hazırladığı öncelikli çevre kirleticiler arasında yer alan ağır metaller, en önemli çevre kirleticisi gruplarından birini oluşturmaktadır. Topraklara karışan ve buralarda birikme yapan ağır metaller, mikrobiyal aktiviteye, toprak verimliliğine, biyolojik çeşitlilik ve ürünlerdeki verim kayıplarına, hatta besin zinciri yoluyla sıcakkanlılarda zehirlenmelere kadar birçok çevre ve insan sağlığı problemlerinin ortaya çıkmasına ve ekosistemlerin kirlenmesi neden olabilmektedir (Gaur ve Adholeya 2004; Shanker et al, 2005; Vanlı ve Yazgan 2008; Tangahu et al., 2011; Özay ve Mammadov, 2013).

Çevre ve doğal kaynakların kirlenmeye karşı korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi açısından son derece önemli olmakla birlikte kirlenmiş alanların temizlenmesi de mevcut çevre kirliliklerinin çözümünde büyük önem arz etmektedir (Özay ve Mammadov, 2013). Ancak, tahrip edilmiş bir alan kendi haline bırakıldığında ekolojik dengesine ulaşması, kendi kendini onarması çok uzun yıllar alabilir. Bunun için maden sahaları gibi alanlarda faaliyet esnasında ve faaliyet bittikten sonra alan kullanım planlaması doğrultusunda tahrip edilmiş alanın biyolojik verimliliğin yeniden kazandırılması, toprağın değerlendirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla onarım çalışmaları yapılmaktadır.

Özellikle madencilik faaliyetlerinin üretim ve tüketim aşamalarında, doğal peyzajda bozulmalar meydana gelmektedir. Madencilik nedeniyle kısmen veya tamamen bozulmuş alanların iyileştirilmesinde ve bu alanların faaliyet bittikten sonra farklı amaçlar için kullanılması, kaynakların korunması ve sürdürülebilir kullanımı için yapılacak onarım çalışmaları hayati önem taşımakta, aynı zamanda doğal kaynakları gelecek nesillere aktarmak ve yaşanabilir temiz bir çevreye sahip olmak için gereklidir. İnsanoğlunun çok uzun yıllar beklemeden hasar görmüş alanların yeniden doğaya kazandırmak ya da onarmak için doğal bitki türlerinden faydalandıkları birçok çalışma yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmalarda tahrip olmuş, kirlenmiş alanların tekrardan sosyo-ekonomik ve kültürel yapısına, doğal ve kültürel peyzaj özelliklerine, doğal yaşam alanlarına uygun yeni bir yaşam alanı olarak kazandırabilmek için doğru materyal ve tekniğin dikkatli seçilmesi gereklidir. Buna bağlı olarak alanın ekolojik, ekonomik ve estetik değerlerinin yeniden oluşturulması ve geri kazanılmasının mümkün olacaktır (Akpınar 2005; Yazıcı vd., 2014).

Madencilik alanında faaliyet sonrası, doğal yapının mevcut haline en yakın şekilde yeniden kazanılması genel olarak ekosistem restorasyonu kapsamında değerlendirilmekte, doğal bitki örtüsünün yeniden oluşmasını sağlayacak çalışmalar ise ekosistem restorasyonunun en önemli aşamalarından birisini meydana getirmektedir. Ekosistem restorasyonlarında doğal bitki örtüsü kullanılarak yaşam ortamı yeniden düzenlenir, böylelikle bozuk ya da hasar görmüş ekosistemlerin önceki sağlıklı sürecine geri dönmesi sağlanır

Kirli ortamların temizlenmesinde bitkilerin kullanılması yeni bir kavram değildir. Günümüzde çevremizdeki kirliliğinin artmasıyla birlikte, çevreyi güzelleştirmesinin yanı sıra iyileştirilmesinde de görev alabilen bitkilerinin ağır metaller ile kirlenmiş olan ekosistemlerin temizlenmesi çalışmalarında kullanılmaları günümüzde artarak önem kazanmaktadır (Özay ve Mammadov 2013). Ağır metaller ile kirlenen toprakların temizlenmesinde bitkilerin kullanılması ve bu özelliğe sahip bitkilerin tespit edilmesi önem kazanmaktadır.

Bitkilerin veya bitki ürünlerinin kirlenmiş alanları restore veya stabilize etmek için kullanımı, kirliliğin bitki tarafından seçilerek çıkarılması, ayrılması ve arındırılması yeşil ıslah (fitoremediasyon) olarak bilinmekte ve bitkilerin organik veya inorganik maddeleri giderimi, akümüle etmesi, depolaması veya parçalaması gibi doğal yetenekleri avantaj olarak kullanılmaktadır (Meagher, 2000; McIntyre, 2003).

Toprak üstü organlarında topraktaki metal konsantrasyonundan 50 ila 500 kat daha fazla metal biriktirebilen bitkiler hiperakümülatör olarak adlandırılmaktadır. Diğer bir ifadeyle, hiperakümülatör bitkiler ağır metalleri herhangi bir toksisite semptomu göstermeksizin toprak üstü organlarında diğer bitki türlerine göre 100 ila 1000 kat daha fazla biriktirebilmektedir. Söz konusu miktar bu denli yüksek ağır metal içeren topraklarda yaşamaya adapte olamamış birçok benzer tür için toksiktir. Hiperakümülatör olmayan türlerle kıyaslandığında hiperakümülatör bitkilere ait kökler topraktan ağır metalleri çok yüksek bir oranda alır, gövdeye daha yüksek bir hızda iletir ve gövde ve yapraklarda yüksek miktarlarda depolarlar. (Clemens, 2006; Rascio ve ark. 2011)

Madencilik alanında faaliyet sonrası, doğal yapının mevcut haline en yakın şekilde yeniden kazanılması genel olarak ekosistem restorasyonu kapsamında değerlendirilmekte, doğal bitki örtüsünün yeniden oluşmasını sağlayacak çalışmalar ise ekosistem restorasyonunun en önemli aşamalarından birisini meydana getirmektedir. Ağır metal ile kirlenmiş alanlardaki bozulmuş ekosistem yapısı, yerel bitkiler kullanılarak yeniden düzenlenir, böylelikle bozuk ya da hasar görmüş ekosistem yapısının önceki sağlıklı sürecine geri dönmesi sağlanır. Üretim yapan ve ekonomiye katkısı olan halen işletilen Murgul bakır maden yatağı ve yakın çevresi hem ağır metaller tarafından hem de görsel olarak oldukça fazla kirlenmiştir. Murgul bakır maden işletme sahası cevherin tüketilmesi ile birlikte kullanılmayacak, kirlilik etkisi devam eden atıl bir alan olacaktır. Böyle alanların kirlilik kaynağı olmaktan çıkartılıp, doğal ekosistem yapısının yeniden tesis edildiği ve yeniden kullanılabilir olacak bir alan haline getirmek amacıyla, örnek alanda yapılan çalışma kapsamında alınan toprak örneklerinde ağır metal kirlilik düzeyleri incelenmiştir. Aynı zamanda örnek alandan bitki türleri de toplanarak, teşhisleri yapıldıktan sonra, tespit edilen bitki türlerinin onarım çalışmalarında kullanılabilirlikleri ve bitki türlerinin farklı metaller için indikatör bitki olabileceği düşüncesiyle hiperakümülatör olarak kullanılabilirlikleri araştırılmıştır.

1.1. Fitoremediasyon Yöntemi

Ağır metallerle kirlenmiş alanların iyileştirilmesinde kullanılan pahalı ve daha fazla uğraş gerektiren geleneksel mühendislik yöntemleri olan remediasyon teknikleri (Salt vd. 1995; Glass 2000) yerine son yıllarda maliyeti daha düşük teknik, çevre dostu olan yeşil ıslah (fitoremediasyon) teknolojisi kullanılmaktadır (Arshad vd. 2008; Shi vd. 2009; Terzi ve Yıldız, 2011).

Fitoremediasyon tekniği, birçok ülkede kullanımı yaygınlaşan ağır metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde kullanılan pasif bir teknoloji olup, diğer ıslah yöntemlerine göre oldukça düşük masraflı, uygulama kolaylığı ve uygulama süresinin kısıllığı gibi birçok avantaja sahip ıslah yöntemi olarak kabul edilmektedir. Ağır metalleri absorbe eden, dokularında yüksek seviyelerde biriktirip çeşitli süreçlerden sonra etkisiz hale getirebilen hiperakümülatör bitkiler kullanılmaktadır (Raskin vd. 1997; Glass 1999). Kadmiyum, bakır, kurşun, nikel ve çinko gibi ağır metaller *Thlapsi*, *Urtica*, *Taraxacumofficinale*, *Chenopodium*, *Polygonum sachalase* ve *Allyssim* gibi

bazı hiperakümülatör bitkiler tarafından absorbe edilerek ya toprakta birikerek sabit hale geçerler ya da topraktan uzaklaştırılırlar. Bu yüzden, söz konusu bitkilerin yetiştirilmesi kirlenmiş toprakların arıtılmasında dolaylı bir metot olarak kabul edilmektedir (EPA 1995).

Fitoremediasyon teknolojileri metal içerikli kirleticiler çeşitlerine göre fitoekstraksiyon, fitostabilizasyon ve rizofiltrasyon olarak sınıflandırılmıştır (Aybar vd., 2015).

Fitoekstraksiyon (Bitkisel Özümleme): Fitoekstraksiyon, toprakta kirliliğe yol açan metal kirleticilerin bitki kökleri yardımı ile alınması yöntemidir. Bu yöntemde yüksek kirlilik seviyesine ulaşmış alanlarda kirliliği istenilen seviyelere indirmek için absorpsiyon oranını yüksek olan ve yüksek oranda kirliliğe dayanıklılık gösteren hiperakümülatör bitkiler tercih edilir. Bu bitkiler zararlı metalleri kökleri yardımı ile topraktan alırlar ve diğer vejetatif organlara dağıtımında görev alırlar. Bu nedenle, uygulamada metalleri bünyesinde barındırabilen hiperakümülatör bitkiler kullanılmaktadır (EPA 1995). Fitoekstraksiyon yönteminin başarısı bitkilerin biyokütle üretme hızına ve alınan metalleri gövde dokularında yüksek miktarlarda absorbe edebilme yeteneğine bağlıdır (Blaylock ve Huang 2000; Kalkan vd., 2011; Aybar vd., 2015; Ertürk ve Özdoğan, 2017).

Rizofiltrasyon (Köklerle Süzme): Rizofiltrasyon yönteminde ise kullanılacak bitkilerde filtre görevi yapan iyi gelişmiş bir kök sistemine sahip olması gerekmektedir. Bu yöntem daha çok toprağın ıslahından çok kirlenmiş sudaki ağır metallerin alandan uzaklaştırmasında uygulanmaktadır. Kirleticiler ya bitkilerin kök yüzeylerinde absorbe edilir ya da kökler aracılığı ile emilerek bitkinin diğer organlarına taşınır. Bu yöntem alanda uygulanmadan önce kullanılacak hiperakümülatör bitkiler alana ekilmeden önce farklı bir ortamda kirleticilere adaptasyonu sağlanması gerekmektedir. Bitkilerin kökleri istenilen düzeyde gelişene kadar toprak yerine temiz suda bekletilmelidir. Daha sonra uyum sorununu ortadan kaldırmak için bitkiler kirlenmiş su kaynağına aktarılır. Son olarak uygulama yapılacak kirlenmiş alana dikim işlemi gerçekleştirilir. Kökler doygun hale geldikten sonra hasat işlemine başlanılır ve güvenli bir şekilde imhası gerçekleştirilir (EPA 1995; Kalkan vd., 2011; Aybar vd., 2015).

Fitostabilizasyon (Köklerle Sabitleme): bu yöntem daha çok toprak, sediment ve çamurların ıslah edilmesinde, çoğunlukla erozyonun meydana geldiği sahalarda erozyonu önlemek amacıyla, kirleticilerin yer altı sularına sızmasını engellemek ve toprakla doğrudan temasını engellemek için kullanılır. Bu yöntemde toprak yüzeyini örtmek amacıyla kökleri vasıtası ile kirleticileri fiziksel ve kimyasal olarak sabitleme yeteneğine sahip ağır metallerle kirlenmiş topraklarda büyüyüp gelişebilen ve toksik metalleri daha az toksik formlarına dönüştürebilmek için toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirebilen hiperakümülatör bitkiler kullanılmaktadır (Berti ve Cunningham 2000; Rizzi vd. 2004; Bert vd. 2005, Kalkan vd., 2011; Aybar vd., 2015).

Ancak fitoremediasyon teknolojisini kullanabilmek için öncelikli olarak ekolojik şartların optimal düzeyde ve diğer edafik ve biyotik faktörlerin de

uygun olması gerekmektedir. Ağır metalleri alma gücü yüksek olan bitkilerin, genellikle lokal olarak yayılış gösterdikleri ve kendilerine has bir yaşam şartlarının olduğu belirlenmiştir. Ancak çok geniş alanlarda yayılış gösterebilen *Taraxacum officinale* (Karahindiba) gibi özelliklere sahip bitkilerin bir kısmı topraktan aldıkları ağır metalleri bünyelerindeki enzimler aracılığı ile kimyasal formlarını değiştirmekte, bir kısmı topraktan aldığı kirleticileri transpirasyon yardımı ile atmosfere salınmakta ve diğer kısmı ise herhangi bir bozunuma uğramayıp bitkinin vejetatif organlarında birikerek, bitkinin hasadıyla ortamdan uzaklaştırılmaktadır (Aybar vd., 2015).

1.2. Hiperakümülatör bitki türleri

Hiperakümülatör bir bitki çok yüksek konsantrasyonlarda ağır metal içeren topraklarda yaşayabilen ve bu ağır metalleri kökleri yolu ile alarak diğer dokularında biriktirebilen bitki olarak tanımlanmaktadır (Rascio ve ark. 2011). Bunlar, normal bitkilerde ölçülenden 100 kat daha fazla metal biriktirme kabiliyetine sahip bitkiler olarak bilinmektedirler. Bünyesinde metal biriktiren yaklaşık olarak 400 bitki türünün varlığı bildirilmektedir. Bu özelliğe sahip bitkiler çoğunlukla *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Cyperaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Poaceae*, *Violaceae* ve *Euphobiaceae*'dir. Familyalarına ait türlerdir. Hiperakümülatör bir bitki 10 ppm' den fazla Hg, 100 ppm'den fazla Cd, 1000 ppm'den fazla Co, Cr, Cu, ve Pb ve 10.000 ppm'den fazla Ni ve Zn' yu bünyesine alabilmektedir (Thompson, 1997; Brooks, 1998; Reeves, 2006; Özay ve Mammadov, 2013). Örneğin, doğada bulunan bitkilerin çoğu yaklaşık 100 ppm'lik bir çinko (Zn) birikimi yaptıkları halde, en yaygın hiperakümülatör bitki olarak bilinen *Thlaspi caeruledcens*'in 26000 ppm'in üzerinde bir birikim sağladığı farklı kaynaklarda ifade edilmektedir (Lasat 2000; Aybar vd., 2015).

Yaklaşık 300 yıl önce bitkilerin atık suların işlenmesinde kullanılması üzerine çalışmalar vardır. Örneğin Bradshaw (1952) *Festuca rubra* L.ve *Agrostis capillaris* L. gibi maden yataklarında yaygın olarak gelişen bitki popülasyonlarının metal dayanımlarını ispat eden ilk araştırmacıdır. Daha sonra bulaşık topraklardan metallerin çıkarılmasında bitkilerin kullanımı fikri Chaney (1983) tarafından yeniden ortaya konmuş ve geliştirilmiştir. Del Rio ve ark. (2002), ağır metaller ve arsenikle kirlenmiş Donana Milli Parkı'nda bazı bitki türlerini araştırmışlar, içlerinde *C. dactylon* bulunduğu 10 bitki türünün ağır metallerle kirlenmiş alanların rehabilitasyonunda kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Erdoğan ve Uzun (2007), *Althea rosea*, *Cynodon dactylon*, *Melilotus officinalis*'in çöp depo alanı üzerinde yetişmelerinin mümkün olduğu ve bu tür alanların iyileştirilmesi için kullanılabileceklerini ortaya koymuşlardır (Özbek, 2015).

Hiperakümülatör bitkilerde kendi içerisinde iki ana grupta toplanmaktadır. Birinci grupta, birden fazla ağır metali aşırı miktarda bünyesinde biriktirebilen fakat az miktarda biyokütle oluşturan *Thlaspi*, *Urtica*, *Chenopodium*, *Polygonum sachalase* ve *Alyssum* gibi hiperakümülatör bitkiler yer alırken, ikinci grupta ise orta seviyede ağır metal biriktirebilen fakat yüksek miktarda biyokütle oluşturan *Helianthus annuus* L., *Nicotiana tabacum* L. *Brassica*

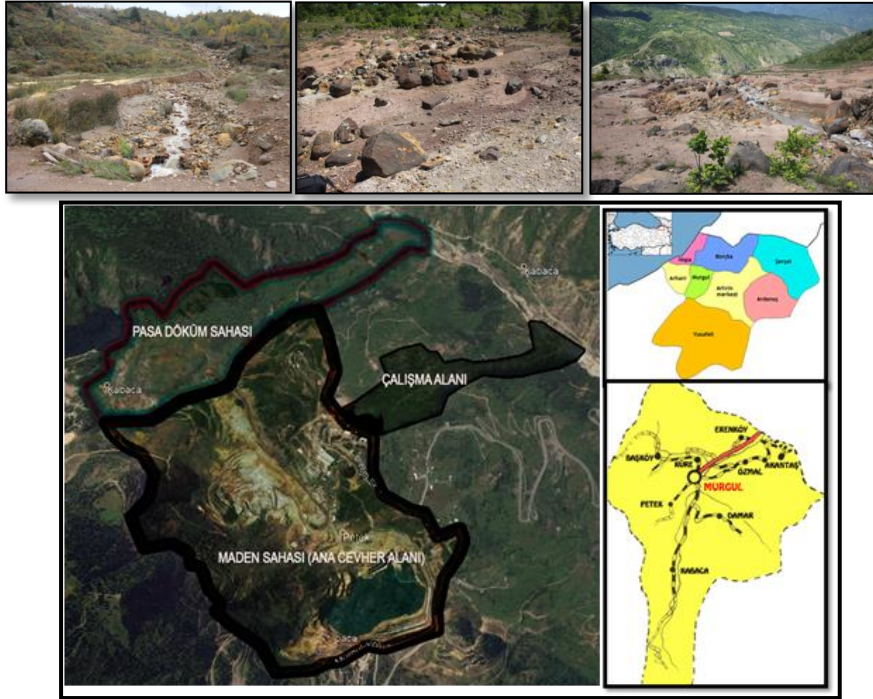
juncea L. ve Zea mays L. gibi bitki türleri yer almaktadır (Özay ve Mammadov, 2013)).

Portekiz’de Cr, Mn ve Zn ile kontamine olmuş topraklarda *Cistus ladanifer*, *Lavandula stoechas*, *Plantago subulata* ve *Thymus mastichina* bitkileri kullanılarak fitoekstraksiyon yöntemi ile toprakların temizlenme olanakları araştırılmış ve sonuçta P. subulata hariç diğer üç bitki sahip oldukları yüksek tolerans kabiliyeti sayesinde hayatta kalmış ve artırım için iyi bir performans sergilemişlerdir. Ayrıca bu çalışmada tanımlanan 3 bitki türünün hoş kokulu olmaları ve uçucu yağları sayesinde ekonomik fayda sağlayabilecek bir biyokütleyle sahip oldukları da ortaya konulmuştur (Özay ve Mammadov, 2013).

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Çalışmanın ana materyalini Murgul bakır madeni sahasının hemen alt kısmında bulunan dere yatağı çevresinden (Şekil 1) alınan toprak ve bitki örnekleri oluşturmaktadır. Araştırma alanı; Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü, Gökteş Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan, başlangıç noktası bakır işletmesi kabul edilerek atık suyun tahliye edildiği dere güzergâhını kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: Çalışma alanından görüntüler ve çalışma alanı sınırları

2.2. Yöntem

Maden sahasının faaliyeti bittikten sonra alanın onarılmasına ve yeniden kullanılmasına yönelik önerileri geliştirebilmek için öncelikle örnek alan üzerinden topraktaki kirlilik seviyesi belirlenmesi, bu toprak üzerinde doğal olarak yetişen bitki türlerinin belirlenmesi ve hiperakümülatör olabilirliklerini belirlemeye yönelik aşağıda verilen çalışma prosedürü uygulanmıştır.

2.2.1. Toprak ve Sediment Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması

Çalışma kapsamında, çalışma alanındaki her noktanın 2 farklı yerinden toprak reaksiyonu ve ağır metal kirliliği tespiti için 0-10, 10-20 cm derinlik kademelerinden toprak numuneleri alınmıştır. Toprak örnekleri, esaslara uygun olarak örnekleme yapılan alanı temsil edilecek şekilde alınmıştır. 0-10 cm ve 10-20 cm derinlik kademesi belirlenip, her kademededen yaklaşık olarak 1-1,5 kg toprak örneği alınmıştır (Jockson, 1967). Alınan bu örnekler iç içe geçirilmiş polietilen torbalara konulmuştur. Toprak ve sediment örnek numarası ve katmanlara ilişkin tanıtım kartı bu iki torbanın arasına yazılar dışa gelecek şekilde yerleştirilmiştir.

Araziden getirilen toprak örneklerini analizlere hazır hale getirmek için öncelikle laboratuvarında uygun bir yer seçilerek gazete kâğıtlarının üzerine serilmiştir. Her bir örneğe ilişkin etiketler toplu iğne ile ilgili gazete kâğıdına tespit edilmiştir. Bu şekilde serilen örnekler, hava kurusu haline gelince, havanda usulüne uygun olarak öğütülerek 2 mm'lik elekten geçirilip ince kısım kavanozlara, taş ve çakıl kısmı ise polietilen torbalara konulmuştur (Chapman vd. 1961). Toprak örnekleri Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekolojisi Laboratuvarında yapılmıştır. Hava kurusu hale getirildikten sonra Chapman vd. (1961) bildirdiği esaslara uygun olarak analize hazır hale getirilmiş ve analiz edilmiştir. Toprak örneklerinin analizinde kullanılan metotlar aşağıda verilmiştir.

Toprak Reaksiyonunun (pH) Belirlenmesi

Elementlerinin bitkiler tarafından alınabilmesi için toprak pH değeri önemlidir. Genellikle nemli iklimlerde topraklar asitli, kuru iklimlerde ise alkali olma eğilimindedirler. Bu nedenle Türkiye genelinde toprağın pH'ı ve kireç miktarı yüksektir. Besin elementlerinin en rahat alınabileceği toprak pH'sı 6.5-7 arasındadır. Her bir elementin toprak çözeltisinin pH değerine bağımlılığı farklı derecelerdedir.

Toprak örneklerinin tepkimesi cam elektrot metodu ile ölçülmüştür. Aktüel asitlik için kütlece 1/2.5 toprak-su karışımı bir gece bekletildikten sonra ölçülerek bulunmuştur (Gülçur, 1974). Ağır metallerin toprak asitliğine etkisini araştırma amacı ile pH ölçümü Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği, Orman Entomolojisi ve Koruma Laboratuvarında pH – metre ile yapılmıştır.

Toprak ve Sediment Örneklerinin Ağır Metal Analizi

Öğütülen 1.0 gr'lık toprak örnekleri üzerine 10 ml HNO₃ ilave edildi. Örnekler ilk aşamada 5 dakika 180°C'ye kadar ısıtıldı, ikinci aşamada ise 10 dakika 180 °C'de sabit kalması beklendi. Son aşamada ise 15 dakika içinde örneklerin sıcaklıkları ortam sıcaklığına getirildi. Böylece silikatlar hariç bütün bileşenlerin çözünürleştirilmesi sağlanmıştır. Toprak ve sediment

örneklerinde mikrodalga asit parçalama (EPA 5031) metodu kullanılarak çözündürülmüş ve metal konsantrasyonları da ICP-OES cihazı kullanılarak Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb elementlerinin ppm ve ppb seviyesinde analizleri yapılmıştır. Analiz çalışmaları Artvin Çoruh Üniversitesi Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü Labortuvarında yapılmıştır.

2.2.2. Bitki örneklerinin Teşhisi

Çalışma kapsamında alınan bitki örnekleri, çalışma alanından toplanmıştır. Bu bitkilerin bir kısmı çok yıllık ağaç, bir kısmı ise yıllık ve çok yıllık otsu bitkilerdir. Toplanan bitki tür tespitinde Artvin Çoruh Üniversitesi Herbarium Koordinatörlüğünün uzmanlarından destek alınmıştır. Bitkilerin tür tespitini yapılabilmesine yardımcı olabilmesi amacıyla bitki örneklerinin araziden toplanması genellikle çiçek dönemine karşılık gelen Nisan-Haziran ve tohum dönemlerine karşılık gelen Temmuz-Eylül aylarında gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular

Çalışma alanı ve çevresindeki ağır metal birikimini ve kirlilik durumunu ortaya koymak amacıyla Mayıs (2017) - Ekim (2017) ayları arasında, 6 ayrı noktadan toplam 12 adet toprak örneği alınmış ve örneklerin Bakır (Cu), Kurşun (Pb), Çinko (Zn), Nikel (Ni), Mangan (Mn), Demir (Fe), Krom (Cr) ve Kadmiyum (Cd) gibi ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Toprak örneklerinde belirlenen pH değerleri ve ağır metal konsantrasyon değerleri Tablo 1’de verilmiştir. örnekleme yerlerinden gelen toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyon değerleri Tablo 1’de ve Şekil 2’de grafiksel olarak gösterilmiştir. Aynı zamanda Tablo’1de örnek alınan toprak örneklerinin pH değerleri verilmiştir. Tablo 1’de görüldüğü üzere pH değerleri 4 ile 5 arasında değişmektedir. Tablo 1’e bakıldığında ağır metallerin maden yatağı ve çevresinde ortalama birikim düzeyleri $Cu > Zn > Mn > Pb > Cr > Ni > Cd$ şeklindedir. Ayrıca pH değerlerine göre topraktaki ağır metal sınır değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2’de görüldüğü üzere topraktaki ağır metal sınır değerleri toprağın pH değerine göre değişmektedir.

Çalışma alanının pH değerlerine göre Tablo 2’ deki $pH < 5-6$ sınır değerlerine göre bakıldığında Mn, Cu ve Zn ağır metal konsantrasyonunun sınır değerleri üzerinde olduğu görülmektedir.

Çalışma alanındaki tüm noktaların ortalama Cu içeriği 380 ppm’dir (Tablo 1). Cu’nın ortalama en yüksek konsantrasyonu 2. ve 6. noktalarda yer almaktadır ve en yüksek Cu içeriği 2. noktada ortalama 488 ppm, 6. noktada 443 ppm’dir. Kirlenmiş alanlardaki toprakların Cu konsantrasyonları Avustralya’da 210 ppm, Polonya’da 240 ppm, İngiltere’de 415-733 ppm, Japonya’da 456-2020 ppm, Zambia’da 0.2-58 ppm arasında değişmektedir (Şaşmaz ve Yaman, 2008). Bu oran çalışma alanındaki topraklarda Cu’dan kaynaklı bir kirliliğin olduğunu göstermektedir. En düşük Cu konsantrasyonu ise 5. noktadır ve ortalama 205 ppm’dir (Şekil 2). Tablo 2’ye bakıldığında ortalama Cu konsantrasyon değerlerinin sınır değerlerinin çok üzerinde olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Örnek alanlardan alınan farklı derinliklerdeki toprak örneklerindeki pH ve ağır metal konsantrasyon değerleri (mg kg⁻¹ kuru maddede)

Örnek No	Toprak Derinliği (cm)	pH	Cu [ppm]	Zn [ppm]	Mn [ppm]	Pb [ppm]	Cr [ppm]	Ni [ppm]	Cd [ppm]
1.Nokta	0-10	4,35	<u>252,4</u>	102	<u>57,26</u>	9,966	6,600	1,421	0,354
	10-20	4,36	<u>355,2</u>	132,9	46,90	13,11	8,430	1,440	<u>1,203</u>
2.Nokta	0-10	4,67	<u>562,4</u>	137,2	<u>60,11</u>	5,825	6,711	2,584	0,423
	10-20	4,96	<u>414,4</u>	127,3	<u>72,59</u>	6,175	13,29	8,728	0,861
3. Nokta	0-10	5,07	<u>590</u>	127,7	48,32	7,333	8,491	2,421	0,781
	10-20	5,17	<u>315,3</u>	<u>161,3</u>	41,86	6,239	7,549	2,178	0,910
4.Nokta	0-10	4,49	<u>349,3</u>	144	43,74	8,453	9,781	3,010	0,921
	10-20	4,4	<u>426,4</u>	<u>197,8</u>	49,08	7,698	6,461	1,637	0,851
5.Nokta	0-10	4,7	<u>400,8</u>	<u>309,1</u>	49,10	13,92	10,55	2,581	<u>1,009</u>
	10-20	4,8	9,525	<u>239,7</u>	<u>69,51</u>	<u>77,64</u>	4,664	1,877	<u>1,340</u>
6.Nokta	0-10	4,75	3,237	<u>260</u>	<u>112,1</u>	35,78	1,890	5,313	<u>1,386</u>
	10-20	4,89	<u>884,5</u>	<u>209,2</u>	46,74	8,637	8,469	<u>44,11</u>	<u>1,190</u>
Genel Ortalama			<u>380,2</u> <u>9</u>	<u>179,0</u> <u>2</u>	<u>58,11</u>	16,73	7,741	6,442	0,94

Tablo 2: pH değerlerine göre topraktaki ağır metal sınır değerleri (ppm) [39 (Anonim 2001 Adriano 2001).]

Topraktaki Ağır metal sınır değerleri (ppm)				
	pH < 5- 6	pH>6	6≤pH<7	pH≥7
Ağır Metal (Toplam)	mg/kg Fırın Kuru Toprak	mg/kg Fırın Kuru Toprak	mg/kg Fırın Kuru Toprak	mg/kg Fırın Kuru Toprak
Pb	50	300	70	100
Cd	1	3	1	1,5
Cr	100	100	60	100
Cu	50	140	50	100
Ni	30	75	50	70
Zn	150	300	150	200
Mn	50	50		

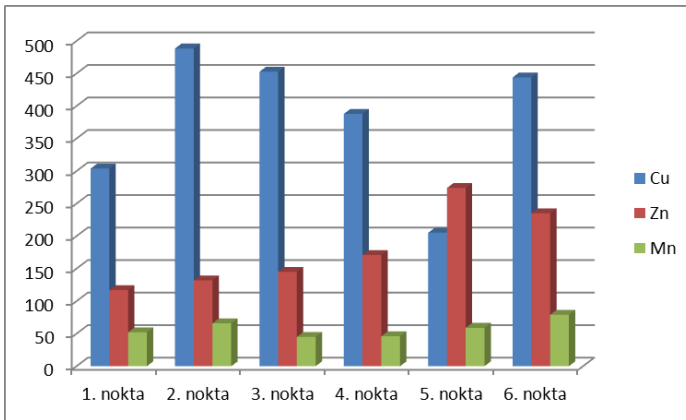
Cu topraklarda hareketsizdir. PH'a bağlı olarak hem organik hem de inorganik maddelerle kolaylıkla etkileşime girebilir (Şaşmaz ve Yaman, 2008). Cu daha çok bazik kayaların ayrışmasıyla oluşmuş topraklar içerisinde gözlemlenmektedir (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). Düşük pH'larda Cu bileşiklerinin çözünürlüğünün yüksek olması nedeniyle asitli topraklarda Cu yayılabilirliği yüksek olup toksik etki yapmaktadır. (Deveci 2012). Toprakta 100 mg/kg, bitki kuru maddesinde ise 15-30 mg/kg'dan fazla bakır toksik etkilidir. Bakır toksisitesi genellikle bitki kök sistemlerinde açığa çıkar ve bitki bünyesinde protein sentezi, fotosentez, solunum, iyon alımı ve hücre membran stabilitesi gibi bazı fizyolojik olayların bozulmasına neden olur (Sossé ve ark., 2004; Asri ve Sönmez, 2006; Sönmez ve ark., 2006b), yapmış oldukları

çalışmada, toprakta yüksek düzeylerde Cu miktarının toprak pH'sı ve bitki besin maddesi alımı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Artan Cu miktarı toprak pH'sını, değişebilir magnezyum ve bitkiye yararışlı demirin azalmasına, toplam N, alınabilir P, değişebilir K, bitkiye yararışlı Zn ve Cu içeriklerinin artmasına neden olduğu belirtmişlerdir.

Çalışma alanında yüksek oranlarda bulunan Mn ve Zn' de düşük pH'larda çözünürlüğünün yüksek olması nedeniyle asitli topraklarda toksik etki göstermektedirler. Tüm noktaların ortalama Zn içeriği 179,02 ppm'dir (Tablo 1). Zn'nin ortalama en yüksek konsantrasyonu 6.noktalarda yer almaktadır ve en yüksek Zn içeriği 5 noktada ortalama 274,4 ppm, 6. noktada 234,6 ppm'dir. En düşük Zn konsantrasyonu ise 1. noktadır ve ortalama 1. nokta 117,45 ppm'dir (Şekil 2). Tablo 2'ye bakıldığında ortalama Zn konsantrasyon değerlerinin 4. 5. ve 6. noktalarda sınır değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir.

Topraklardaki toplam Zn konsantrasyonu 10-300 ppm, bitkiler tarafından alınabilir Zn konsantrasyonu 3.6-5.5 ppm arasında değişmektedir. Bitkilerdeki Zn konsantrasyonları normal bitkilerde 5-100 ppm arasında değişmektedir. Topraktaki yüksek miktarlardaki Zn'nin klorofil sentezini etkilediği bilinmektedir. Bu da bitkilerde kök ve sürgün büyümesinin azalmasına, köklerin incelmesine, genç yapraklar kıvrılmasına ve klorozun görülmesine, hücre büyümesi ve uzamasının engellenmesine, hücre organellerinin parçalanmasına sebep vermektedir. (Özbek ve ark., 1995; Rout ve Das, 2003; Asri ve Sönmez, 2006).

Diğer element olan Mn konsantrasyonu tüm noktalarda ortalama 58,1 ppm'dir (Tablo 1). Mn'nin ortalama en yüksek konsantrasyonu 6. noktada yer almaktadır ve en yüksek Mn içeriği 6. noktada ortalama 79,42 ppm'dir. En düşük Mn konsantrasyonu ise 3. noktadır ve ortalama 3. nokta 45,09 ppm'dir (Şekil 2). Tablo 2'ye bakıldığında ortalama Mn konsantrasyon değerlerinin 1. 2. 5.ve 6. noktalarda sınır değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Çalışma alanındaki Cu, Zn ve Mn elementlerinin ortalama ağır metal konsantrasyon değerleri

Araştırmalar ağır metal kirliliğinin olduğu alanlarda doğal olarak yetişebilen türlerin, bu ortamlarda yetiştirilebilme potansiyeli olduğunu ve aynı zamanda bu ortamların yeniden doğaya kazandırılması, biyolojik verimliliğin yeniden kazandırılması, toprağın değerlendirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla kullanımlarının önemli olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde yaygın olarak ağır metal kirliliğine dayanıklı olan türlerin bulunduğu familyaların, *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Poacea*, *Brassicaceae*, *Salicaceae* familyalarına ait bitki türlerinin olduğu görülmektedir. Yine aynı çalışmalarda bu familyalara ait *Silene*, *Salix*, *Trifolium*, *Plantago*, *Thlaspi*, *Urtica*, *Chenopodium*, *Polygonum* ve *Alyssum* gibi bitki türlerinin kadmiyum, bakır, kurşun, nikel ve çinkoyu bünyelerinde biriktirme yeteneklerinin olduğu ve söz konusu bitkilerin kirlenmiş topraklarda yetiştirilmesi ile bu alanların temizlenmesinde bir yöntem olarak kullanılmasının önemi vurgulanmıştır (Thompson 1997; Mulligan et. al, 2001; Özay ve Mammadov, 2013; Özbek, 2015).

Çalışma alanında yapılan arazi çalışmaları sonucu toprak örnekleri alınan noktalarda ve yakın çevrelerinde doğal olarak yetişen bitki türlerinden örnekler toplanmış ve tür tespiti yapılmıştır. Yapılan tespitler sonucu çalışma alanında 15 familyaya ait 28 bitki türü tespit edilmiştir. Çalışma alanında tespit edilen bitki türleri ve bitkilerin bulundukları noktalardaki alınan toprak örneklerinin sınır değerlerini aşan ağır metaller ve ortalama konsantrasyon değeri Tablo 3’ de verilmiştir.

Tablo 1’deki değerlere bakıldığında Cu, Zn ve Mn konsantrasyon değerlerinin çalışma alanı içerisinde sınır değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu sınır değerlerinin üzerinde birikim olan alanlarda doğal olarak Tablo 3’de verilen 28 bitki türünün topraktaki ağır metal birikimine karşı olumsuz yönde bir hassasiyet göstermeyip, doğal olarak yayılış gösterdikleri görülmüştür. Wang ve ark (2003), Çin’ de ağır metallerle kirlenmiş bölgelerdeki çeşitli bitki türlerinin bu metallere karşı tepkilerini incelemişlerdir. Ağır metal ocağına yakın yerde yetişen *Rumex acetosa L.*’ nın köklerinde ve sürgünlerinde 900 mg kg^{-1} Zn biriktirdiğini saptamışlardır. Tıbbi bitki olan *Hypericum perforatum* yüksek konsantrasyonlarda Cd birikiminin aynı şartlarda yetiştirilen birçok bitkiye kıyasla daha fazla olduğu ortaya konmuştur (Malko 2002; Schneider and Marquard 1996).

Madencilik faaliyetleri sonucu ortaya çıkan olumsuz çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve bozulan peyzajın doğaya yeniden kazandırılması, doğal kaynakların sürdürülebilirliği bakımından büyük önem taşımaktadır. Madencilik faaliyetleri nedeniyle tahrip edilmiş bir alanı çevresel açıdan duyarlı bir duruma getirmek, temiz bir çevrenin ve doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılması için zorunludur. Ancak, tahrip edilmiş bir alan kendi haline bırakıldığında ekolojik dengeye ulaşması, kendi kendini onarması çok uzun yıllar alabilir. Böyle bir zaman sürecinde bu alanların yeniden doğaya kazandırılması ya da onarılması için teknik müdahaleye gereksinim vardır. Bu amaçla; madencilik faaliyetleri sonrası doğaya yeniden kazandırma, tahrip edilmiş bir alanın verimliliğinin, ekolojik, ekonomik ve estetik değerlerinin yeniden kazandırılmasını hedefleyen çalışmalar yapılmaktadır (Akpınar,

2005). Bu çalışmaları yaparken kullanılan materyalin başında bitkisel materyal gelmektedir.

Tablo 3: Çalışma alanında tespit edilen bitki türleri

Nok tala	Familya	Tür	Ağır metal türü ve ortalama konsantrasyon değeri		
			Cu	Zn	Mn
1. nokta	Salicaceae	<u><i>Salix caprea</i> L.</u>	303,8	117,5	52,08
	Caryophyllaceae	<u><i>Silene armeria</i> L.</u>			
2. nokta	Pinaceae	<i>Picea orientalis</i> (L.) Peterm.	488,4	132,3	66,35
	Ericaceae	<i>Rhododendron ponticum</i> L. subsp. <i>ponticum</i>			
3. nokta	Ericaceae	<i>Rhododendron luteum</i> Sweet	452,6	144,5	45,09
	Polygonaceae	<u><i>Rumex acetosella</i> L.</u>			
4. nokta	Fabaceae	<i>Dorycnium graecum</i> (L.) Ser.	387,85	170,9	46,41
	Asteraceae	<i>Pilosella officinarum</i> C.H. & F.W. Schultz subsp. <i>micradenia</i> (NP.) Sell & West			
5. nokta	Fabaceae	<i>Lotus alpinus</i> (DC.) Ramond.	205,16	274,4	59,305
	Hypericaceae	<u><i>Hypericum orientale</i> L.</u>			
6. nokta	Caryophyllaceae	<u><i>Silene armeria</i> L.</u>	443,87	234,6	79,42
	Fagaceae	<u><i>Quercus petraea</i> (Mattuschka) Liebl. subsp. <i>iberica</i> (Steven ex Bieb.) Krassiln.</u>			
7. nokta	Caryophyllaceae	<i>Scleranthus perennis</i> L. subsp. <i>perennis</i>	443,87	234,6	79,42
	Ericaceae	<i>Rhododendron smirnovii</i> Trautv.			
8. nokta	Plantaginaceae	<u><i>Plantago lanceolata</i> L.</u>	443,87	234,6	79,42
	Rosaceae	<i>Rubus</i> sp.			
9. nokta	Fabaceae	<u><i>Trifolium alpestre</i> L.</u>	443,87	234,6	79,42
	Smilacaceae	<i>Smilax excelsa</i> L.			
10. nokta	Ranunculaceae	<i>Ranunculus dissectus</i> Bieb. Davis	443,87	234,6	79,42
	Asteraceae	<i>Bellis perennis</i> L.			
11. nokta	Scrophulariaceae	<i>Scrophularia lucida</i> L.	443,87	234,6	79,42
	Asteraceae	<i>Cirsium echinus</i> (M.Bieb.) Hand.-Mazz.			
12. nokta	Caryophyllaceae	<i>Cerastium gnaphalodes</i> Fenzl	443,87	234,6	79,42
	Betulaceae	<u><i>Betula pendula</i> Roth.</u>			
13. nokta	Plantaginaceae	<u><i>Plantago lanceolata</i> L.</u>	443,87	234,6	79,42
	Plantaginaceae	<i>Veronica officinalis</i> L.			
14. nokta	Ericaceae	<i>Rhododendron ponticum</i> L. subsp. <i>ponticum</i>	443,87	234,6	79,42
	Betulaceae	<u><i>Betula pendula</i> Roth.</u>			

Tablo 1'deki değerlere bakıldığında Cu, Zn ve Mn konsantrasyon değerlerinin çalışma alanı içerisinde sınır değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu sınır değerlerinin üzerinde birikim olan alanlarda doğal olarak Tablo 3'de verilen 28 bitki türünün topraktaki ağır metal birikimine karşı olumsuz yönde bir hassasiyet göstermeyip, doğal olarak yayılış gösterdikleri görülmüştür. Wang ve ark (2003), Çin' de ağır metallerle

kirlenmiş bölgelerdeki çeşitli bitki türlerinin bu metallere karşı tepkilerini incelemişlerdir. Ağır metal ocağına yakın yerde yetişen *Rumex acetosa L.*'nin köklerinde ve sürgünlerinde 900 mg kg⁻¹ Zn biriktirdiğini saptamışlardır. Tıbbi bitki olan *Hypericum perforatum* yüksek konsantrasyonlarda Cd birikiminin aynı şartlarda yetiştirilen birçok bitkiye kıyasla daha fazla olduğu ortaya konmuştur (Malko 2002; Schneider and Marquard 1996).

Madencilik faaliyetleri sonucu ortaya çıkan olumsuz çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve bozulan peyzajın doğaya yeniden kazandırılması, doğal kaynakların sürdürülebilirliği bakımından büyük önem taşımaktadır. Madencilik faaliyetleri nedeniyle tahrip edilmiş bir alanı çevresel açıdan duyarlı bir duruma getirmek, temiz bir çevrenin ve doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılması için zorunludur. Ancak, tahrip edilmiş bir alan kendi haline bırakıldığında ekolojik dengeye ulaşması, kendi kendini onarması çok uzun yıllar alabilir. Böyle bir zaman sürecinde bu alanların yeniden doğaya kazandırılması ya da onarılması için teknik müdahaleye gereksinim vardır. Bu amaçla; madencilik faaliyetleri sonrası doğaya yeniden kazandırma, tahrip edilmiş bir alanın verimliliğinin, ekolojik, ekonomik ve estetik değerlerinin yeniden kazandırılmasını hedefleyen çalışmalar yapılmaktadır (Akpınar, 2005). Bu çalışmaları yaparken kullanılan materyalin başında bitkisel materyal gelmektedir.

Maden sahaları gibi ağır metal birikiminin olduğu alanlarda yapılan onarım çalışmalarının istenilen başarıya ulaşılabilmesi için bitkilendirme aşamasında kullanılan bitkinin ağır metal birikimine toleransının yüksek olması yanı sıra türü, çapı ve boyu, rengi, formu gibi özellikleri de önemli yer tutmaktadır. Bitkilendirme çalışmaları için erozyona dayanıklı derin ve güçlü kök sistemi geliştirmiş, su tutma kapasitesi yüksek bitkiler seçilmelidir. Bitkinin rüzgâr erozyonunu önleyici özelliklerinin yanı sıra gürültü ve toz emisyonunu önleyici özellikleri de göz ardı edilmemelidir. Bitkinin iklimsel koşullarına uyum sağlaması esas alınmalıdır. Ağır metal kirliliği olan çalışma alanında tespit edilen 28 türün peyzaj değerleri ve kullanım alanları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4: Çalışma alanında tespit edilen bitki türlerinin peyzaj değerleri ve kullanım alanları

Familya	Tür	Peyzaj Değeri	Kullanım alanları	Kullanım aşaması
Salicaceae	<i>Salix caprea</i> L.	Formu	Peyzaj onarım ve koruma çalışmalarında	Kalıcı bitkilendirme aşamasında
Caryophyllaceae	<i>Silene armeria</i> L.	Çiçeği	Erozyon önleme, peyzaj onarım ve peyzaj korumada	Ön bitkilendirme aşamasında
Pinaceae	<i>Picea orientalis</i> (L.) Peterm.	Formu	Görsel amaçlı odak oluşturmada	Kalıcı bitkilendirme aşamasında
Ericaceae	<i>Rhododendron ponticum</i> L. subsp. <i>ponticum</i>	Çiçeği, formu	Toprak yüzeyini örtme, görsel amaçlı	Kalıcı bitkilendirme aşamasında
Ericaceae	<i>Rhododendron luteum</i>	Çiçeği, formu	Toprak yüzeyini örtme, görsel amaçlı	Kalıcı bitkilendirme aşamasında
Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i> L.	-	Toprak yüzeyini örtme	Ön bitkilendirme aşamasında
Fabaceae	<i>Dorycnium graecum</i> (L.) Ser.	Çiçeği	Toprak yüzeyini örtme	Ön bitkilendirme aşamasında
Asteraceae	<i>Pilosella officinarum</i> C.H. & F.W. Schultz subsp. <i>micradenia</i> (NP.) Sell & West	Çiçeği	Erozyon önleme ve toprak stabilizasyonu çalışmalarında	Ön bitkilendirme aşamasında
Fabaceae	<i>Lotus alpinus</i>	Çiçeği	Toprak yüzeyini örtme, Erozyon önleme ve toprak stabilizasyonu çalışmalarında	Ön bitkilendirme aşamasında
Hypericaceae	<i>Hypericum orientale</i> L.	Çiçeği	Erozyon önleme ve toprak stabilizasyonu çalışmalarında	Ön bitkilendirme aşamasında
Fagaceae	<i>Quercus petraea</i> (Mattuschka) Liebl. subsp. <i>iberica</i> (Steven ex Bieb.) Krassiln.	Formu, sonbahar yaprak rengi	Kazık kökleri ile toprak tutmada, kazı ve dolgu şevlerinin onarılmasında, rüzgar koruyucu olarak	Kalıcı bitkilendirme aşamasında
Caryophyllaceae	<i>Scleranthus perennis</i> L. subsp. <i>perennis</i>	Formu	Erozyon önleme ve toprak stabilizasyonu çalışmalarında	Ön bitkilendirme aşamasında
Ericaceae	<i>Rhododendron smirnovii</i> Trautv.	Çiçeği, formu	Toprak yüzeyini örtme, görsel amaçlı	Kalıcı bitkilendirme aşamasında
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	-	Toprak yüzeyini örtme	Ön bitkilendirme aşamasında
Rosaceae	<i>Rubus</i> sp.	Çiçeği, meyvesi	Erozyon önleme ve toprak stabilizasyonu çalışmalarında	Kalıcı bitkilendirme aşamasında
Fabaceae	<i>Trifolium alpestre</i> L.		Toprak yüzeyini örtme	Ön bitkilendirme aşamasında
Smilacaceae	<i>Smilax excelsa</i> L.	Meyvesi, sarmaşık özelliği	Peyzaj onarımı çalışmalarında, tırmanıcı özelliğinden dolayı duvar kenarlarında ve yapay çitlerin bitkilendirilmesinde	Ön bitkilendirme aşamasında
Ranunculaceae	<i>Ranunculus dissectus</i>	Çiçeği	Toprak yüzeyini örtme	Ön bitkilendirme aşamasında

Asteraceae	<i>Bellis perennis</i> L.	Çiçeği	Toprak yüzeyini örtme, görsel etki oluşturmada kullanma	Ön bitkilendirme aşamasında
Scrophulariaceae	<i>Scrophularia lucida</i> L.	-	Toprak stabilizasyonu çalışmaları	Ön bitkilendirme aşamasında
Asteraceae	<i>Cirsium echinus</i>	Çiçeği	Toprak stabilizasyonu çalışmaları	Ön bitkilendirme aşamasında
Caryophyllaceae	<i>Cerastium gnaphalodes</i>	Çiçeği, formu	Toprak yüzeyini örtme, görsel etki oluşturma, toprak stabilizasyonu çalışmaları	Ön bitkilendirme aşamasında
Betulaceae	<i>Betula pendula</i> Roth.	Formu, Gövde-sürgün rengi	Görsel amaçlı, gölge oluşturma, yönlendirme	Kalıcı bitkilendirme aşamasında
Plantaginaceae	<i>Veronica officinalis</i> L.	Çiçeği	Toprak yüzeyini örtme	Ön bitkilendirme aşamasında

4. Tartışma ve Sonuç

Doğal bitki örtüsünde yaygın olarak bulunan bazı bitki türlerinin, ağır metaller ile kirletilmiş olan ekosistemlerin temizlenmesi çalışmalarında kullanılmaları günümüzde artarak önem kazanmaktadır. Ekosistem restorasyonu ile yerel bitkiler kullanılarak yaşam ortamı yeniden düzenlenir, böylelikle bozuk ya da hasar görmüş ekosistemlerin önceki sağlıklı sürecine geri dönmesi sağlanır (Özbek, 2015).

Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde çalışma alanında doğal olarak yetişen ağır metal kirliliğine dayanıklı olan türlerin bulunduğu familyalardan olan *Caryophyllaceae*, *Fabaceae*, *Polygonaceae*, *Betulaceae* familyalarına ait *Rumex acetosella* L., *Hypericum orientale* L., *Betula pendula* Roth., *Plantago lanceolata* L., *Trifolium alpestre* L., *Silene armeria* L. türleri kullanarak madencilik alanında faaliyet sonrası, doğal yapının mevcut haline en yakın şekilde yeniden kazandırılması, ekosistem restorasyonu kapsamında doğal bitki örtüsünün yeniden oluşabilmesi sağlanabilir. Smith ve Bradshaw (1979) yaptıkları çalışmada da İngiltere’de metal kirliliğini gidermek için metal dayanımlı yerel bitki türlerini kullanmışlardır. Metal dayanımlı bitki yetiştiriciliğinde uzun dönemde gübrelemenin mükemmel vejetatif aksam ve toprakta stabilizasyonu sağladığını bildirmişlerdir.

Maden ocaklarında doğal bitki örtüsünün oluşumu 70-80 yıl ve hatta daha uzun yıllar alabilir (Özalp ve ark. 2008). Bu yüzden maden sahalarının onarılması aşamalarından olan "ön bitkilendirme" çalışmalarında yüzeyin örtülmesi sağlanarak daha sonraki asli türlerle "kalıcı bitkilendirme" çalışmalarının yapılması önemlidir. Bu sebeptendir ki çalışma alanında yapılacak onarım çalışmalarında çayırlandırma aşamasında kullanılabilecek azot bağlayıcı olan bitkilerden, *Trifolium alpestre* L., *Dorycnium graecum* (L.) Ser., *Lotus alpinus*, *Hypericum orientale* L., *Scleranthus perennis* L. subsp. *perennis*, *Cerastium gnaphalodes*, gibi türlerin kullanılması, bir yandan doğal çayır otlarının, bir yandan da odunsu bitkilerin büyümesine katkıda bulunacaktır. Sonraki aşama olan çalılendirme çalışmalarında ise;

Rhododendrom ponticum, *Quercus petraea*, *Rubus sp.*, gibi bitkiler kullanılabilir. Köklerinin azotu bağlaması ve dökülen yapraklarındaki C/N oranını uygunluğu sayesinde çalışma alanında bulunana *Robinia pseudoacacia*, *Quercus petraea*, *Picea orientalis*, *Betula pendula* ve *Salix sp.* gibi türler biyolojik toprak ıslahı çalışmalarında kullanılabilir. Böylelikle doğal ekosistem yeniden oluşturularak alanın faaliyet bittikten sonra yeni kullanımlara kazandırılması mümkün olabilecektir.

5. Referanslar

Adriano, D.C. (1986) Trace Elements İn The Terrestrial Environment. Springer-Verlag, New York, Pp 156–180.

Akpınar, N. (2005). Madencilik Faaliyetleri Sonrası Onarım Çalışmalarında Bitkilendirme Süreci. Madencilik Ve Çevre Sempozyumu, 5-6 Mayıs 2005, Ankara

Arshad M., Silvestre J., Pinelli E., Kallerhoff J., Kaemmerer M., Tarigo A., (2008), A Field Study Of Lead Phytoextraction By Various, Scented Pelargonium Cultivars, Chemosphere, 71, 2187-2192

Asri, F. Ö., & Sönmez, S. (2006). Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. *Derim*, 23(2), 36-45.

Aybar, M., Bilgin, A., & Sağlam, B. (2015). Fitoremediasyon Yöntemi İle Topraktaki Ağır Metallerin Giderimi. Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama Ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler Ve Çevre Dergisi, Cilt:1 · Sayı:1-2 · Sayfa:59-65

Berti W.R, Cunningham S.D., (2000), Phytostabilization Of Metals, Phytoremediation Of Toxic Metals: Using Plants To Clean-Up The Environment'ın İçinde, (Raskin I., Ensley B.D., Ed.), New York, Wiley, Ss.71-88.

Bert V., Girondelot B., Quatannens V., Laboudigue A., (2005), A Phytostabilisation Of A Metal Polluted Dredged Sediment Deposit— Mesocosm Experiment And Field Trial, Proceedings Of The 9th International FZK/TNO Conference On Soil–Water Systems Remediation Concepts And Technologies'in İçinde, (Uhlmann O., Annokée G.J., Arendt F. Eds), Bordeaux, Ss.1544-50

Blaylock M.J., Huang J.W., (2000), Phytoextraction Of Metals, Phytoremediation Of Toxic Metals: Using Plants To Clean-Up The Environment'ın İçinde, (Raskin I., Ensley B.D., Ed.), New York, Wiley, Ss.53-70

Bradshaw AD, 1952. Population Of *Agrostis* Tennis Resistant To Lead And Zinc Poisoning. *Nature* 169:1098

Brooks R.R., (Ed.), (1998), Plants That Hyperaccumulate Heavy Metals: Their Role İn Phytoremediation, Microbiology, Archaeology, Mineral Exploration And Phytomining, CAB International, New York, 380ss Chapman, N.D., Pratt, P.F. And Parker, F. 1961. Methods Of Analysis For Soils, Plants And Waters. Univ. Of Calif. Div. Agr. Sci., Riverside.

Clemens, S. (2006). Toxic Metal Accumulation, Responses To Exposure And Mechanisms Of Tolerance İn Plants. *Biochimie*, 88(11), 1707-1719.

EPA (Environmental Protection Agency), 1995. Contaminants And Remedial Options At Select Metals – Contaminated Sites, EPA/540/R-95/512.

Erdoğan, R., & Uzun, G. Katı Atık Depolama Alanlarının Bitkisel Islahına Bir Örnek: Adana-Sofulu Çöp Depolama Alanı. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 71-82.

Ertürk, H. B., & Özdoğan, N. (2017). Removing Heavy Metals From The Soil With Phytoremediation. *Journal Of Young Scientist*, 5.

Gaur, A., Adholeya, A. (2004). Prospects Of Arbuscular Mycorrhizal Fungi In Phytoremediation Of Heavy Metal Contaminated Soils. Curr. Sci., 86 Pp. 528-534

Glass D.J., (2000), The 2000 Phytoremediation Industr, Glass Associates, Needham, MA

Gülçur, F., Toprağın Fiziksel Ve Kimyasal Analiz Metodları, İ.Ü. Yayınları Yayın No:1970, Orman Fakültesi Yayın No:201, Kurtuluş Matbaası, İstanbul, 1974.Kalkan, H., Orman, Ş., & KAPLAN, M. (2011). Kirlenmiş Arazilerin Islah Edilmesinde Fitoremediasyon Tekniği. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 25(4), 103-108

Jackson, W. A. (1967). Physiological Effects Of Soil Acidity. Soil Acidity And Liming, 12, 43-124.

Kabata-Pendias, A., And H. Pendias. 2001. Trace Elements İn Soils And Plants. Washington, D.C.: Crc Press.

Kır, İ., Tekin-Özan, S., & Tuncay, Y. (2007). Kovada Gölü'nün Su Ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 24(1-2), 155-158.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., & Timur, S. (2003). Metallerin Çevresel Etkileri-I. Metalurji Dergisi, 136, 47-53.

Lasat M.M., (2000), Phytoextraction Of Metals From Contaminated Soil: A Review Of Plant/Soil/Metal Interaction And Assessment Of Pertinent Agronomic Issues, Journal Of Hazardous Substance Research, 2(5), 1-25.

Malko A (2002) Untersuchungen Zum Wirkstoffgehalt, Zur Cadmiumaufnahme Und Rotwelkeanfälligkeit Von *Hypericum Perforatum* L. Shaker, Aachen, Germany

Mulligan, C. N., Yong, R. N., & Gibbs, B. F. (2001). Remediation Technologies For Metal-Contaminated Soils And Groundwater: An Evaluation. *Engineering Geology*, 60(1-4), 193-207.

Özalp, G., Dirik, H., Kuvan, Y., Güneş, Y., Orhan S. (2008). Kazdağları' Ndaki Madencilik Girişimlerinin Koruma-Kullanma Dengesi Açısından Değerlendirilmesi, İ.Ü. Orman Fakültesince Hazırlanan Rapor.

Özay, C., Mammadov, R., 2013. Ağır Metaller Ve Süs Bitkilerinin Fitoremediasyonda Kullanılabilirliği. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi C, 15(1): 67-76.

Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M Ve Kaptan, H., 1995. Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73 Ders Kitapları Yayın No:16, Adana

Özbek, K. (2015). Hiperakümülayon Ve Türkiye Florasındaki Hiperakümülatör Türler Kürşad Özbek. *Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Dergisi*, 3(1), 37-43.

Meagher, R. B. (2000). Phytoremediation Of Toxic Elemental And Organic Pollutants. *Current Opinion İn Plant Biology*, 3(2), 153-162.

Mcintyre, T. (2003). Phytoremediation Of Heavy Metals From Soils. In *Phytoremediation* (Pp. 97-123). Springer, Berlin, Heidelberg.

Rascio N, Navari-Izzo F, 2011. Heavy Metal Hyperaccumulating Plants: How And Why Do They Do It? And What Makes Them So Interesting?. *Plant Science* 180 (2): 169–181

Reeves R.D., (2006), Hyperaccumulation Of Trace Elements By Plants, Phytoremediation Of Metal-Contaminated Soils, NATO Science Series: IV: Earth And Environmental Sciences, (Morel J.L., Echevarria G., Goncharova N. Ed.), Springer, NY, Ss.1-25.

Rizzi L., Petruzzelli G., Poggio G., Vigna Guidi G., (2004), Soil Physical Changes And Plant Vailability Of Zn And Pb İn A Treatability Test Of Phytostabilization, *Chemosphere*, 57, 1039-46

Rout, G.R. And Das, P., 2003.Effect Of Metal Toxicity On Plant Growth And Metabolism: I.Zinc. *Agronomie* 23:3-11

Salt D.E., Rauser W.E., (1995), Mgatp-Dependent Transport Of Phytochelatins Across The Tonoplast Of Oat Roots, *Plant Physiology*, 107, 1293-1301.

Sasmaz, A., & Yaman, M. (2008). Determination Of Uranium And Thorium In Soil And Plant Parts Around Abandoned Lead-Zinc-Copper Mining Area. *Communications In Soil Science And Plant Analysis*, 39(17-18), 2568-2583.

Schneider M, Marquard R (1996) *Z Arznei Gewürzpflanzen* 1:111–116

Shanker, A. K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., & Avudainayagam, S. (2005). Chromium Toxicity In Plants. *Environment International*, 31(5), 739-753.

Shi, W.Y., Shao, H.B., Li, H., Shao, M.A. Ve Du, S., 2009. Co-Remediation Of The Lead Polluted Garden Soil By Exogenous Natural Zeolite And Humic Acids. *Journal Of Hazardous Materials*, 167, 136-140.

Shparyk, Y. S., & Parpan, V. I. (2004). Heavy Metal Pollution And Forest Health In The Ukrainian Carpathians. *Environmental Pollution*, 130(1), 55-63.

Smith Rah, Bradshaw Ad (1979). The Use Of Metal Tolerant Plant Populations For The Reclamation Of Metalliferous Wastes. *J Applied Ecol* 16: 595-612

Sossé, B.A., Genet, P., Dunand-Vinit, F., Toussaint, L.M., Epron, D And Badot, P.M., 2004. Effect Of Copper On Growth In Cucumber Plants (*Cucumis Sativus*) And Its Relationships With Carbohydrate Accumulation And Changes In Ion Contents. *Plant Science* (166):1213-1218

Sönmez, S., Kaplan, M., Sönmez, N.K Ve Kaya, H., 2006 B. Toprakta Yapılan Bakır Uygulamalarının Toprak Ph'sı Ve Bitki Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1);151-158

Tangahu, B.V., Sheikh Abdullah, S.R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., Mukhlisin, M. (2011). **A Review On Heavy Metals (As, Pb, And Hg) Uptake By Plants Through Phytoremediation.** *Int. J. Chem. Eng.*, 2011

Terzi, H., & Yıldız, M. (2011). Ağır Metaller Ve Fitoremediasyon: Fizyolojik Ve Moleküler Mekanizmalar. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(1), 1-22.

Thompson L, 1997. Exciting Environmental Technologies

Vanlı, Ö., Yazgan, M. 2008. Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği.

Yazıcı, N., Şahin K.C., Dönmez, Ş. (2014). Taş Ocakları Bitkilendirme Çalışmalarının Isparta Kent Merkezi Örneğinde İncelenmesi. *Ulusal Mermer Ve Taş Ocakları Ve Taş Ocakları Onarım Teknikleri Sempozyumu*, 18-20 Eylül, Isparta

Wang, Y. F., Huang, K. L., Li, C. T., Mi, H. H., Luo, J. H., & Tsai, P. J. (2003). Emissions Of Fuel Metals Content From A Diesel Vehicle Engine. *Atmospheric Environment*, 37(33), 4637-4643.

CHAPTER 5

**Investigation of Computational Physical Strain/Stress
Analysis of Centrifugal Compressor Blade AISI 403 Design
for Gas-Turbine Engine in Generating Energy Power
(Özdoğan Karaçalı)**

Investigation of Computational Physical Strain/Stress Analysis of Centrifugal Compressor Blade AISI 403 Design for Gas-Turbine Engine in Generating Energy Power

Özdoğan Karaçalı

*Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Istanbul University-Cerrahpaşa, Avcılar, Istanbul, 34320 Turkey, Tel: +90 212 383 2807,
Fax: +90 212 383 3024, ozdogank@istanbul.edu.tr*

1. Introduction to The Centrifugal Compressors Research

Centrifugal compressors (CP) with high speed are dynamic compressors in which a rotating impeller or blade transfers kinetic or potential energy to air. Because of the rigorous design circumstances of the gas turbine sections and the great rotational speed they operate, a component failure can cause serious destruction to the complete unit [1]. In the meantime, the rotating and immobile parts of the turbine unit, such as discs and blades, tend to operate in a harsh situation under an excessive heat gas stream with a higher-pressure increase. A gas turbine for CP used to generate electrical power is a multifaceted system with a large number of rotating and stationary components operating under fully controlled operating conditions [2]. The incoming rotating air in a gas turbine section is compressed a few steps ahead of the fixed and rotating blades. This air will later be reused in the chamber of combustion and cooling. Compressed air entering the combustion chamber in the centrifugal compressor, high pressure and high heat gas flow and high pressure, which may operate shaft of the turbine at high momentums, are assorted with ignited fuel. This high pressure causes distortion von Mises stresses and displacements on the blades and discs. This activates the static strain energy of the blade and disk. The fatigue caused by these alternative impacts creates metal in the fatigue. [3-6]. The effects of liquid and air pressure require an increase in compression and redesigning geometry of blade. Azevedo et al. various scientific studies performed on CrNiMoV fault analysis of turbine blades. Carter [2] conducted typical errors analysis in the steel parts of various stages of modern aircraft gas turbine engines.

This research article focuses on the computational physical strain-stress and deformation analysis of the steel alloys of the centrifugal compressor wheel of AISI 403 martensitic stainless steel material used for the gas turbine. A new approach to flow in the CP was examined by considering the various performance parameters of the effect of mechanic stress, strain, fluid pressure and velocity on the surface of the material, and the creation of three-dimensional flow by the CFD. The results show that unbalanced simulations significantly improve the accuracy of centrifugal compressor blade performance evaluations.

The results achieved was presented that instable simulations remarkably increase the correctness of the centrifugal compressor blade performance evaluations explained in later section of this chapter. This research is to study gas pressure and velocity effect on the surface of CP blade as shown in Figure 1 and Figure 2. Table 1 presents the material properties of AISI 403 steel. Next section explains the material and method related to CFD and structural modeling to display new research subject for the CP blade.

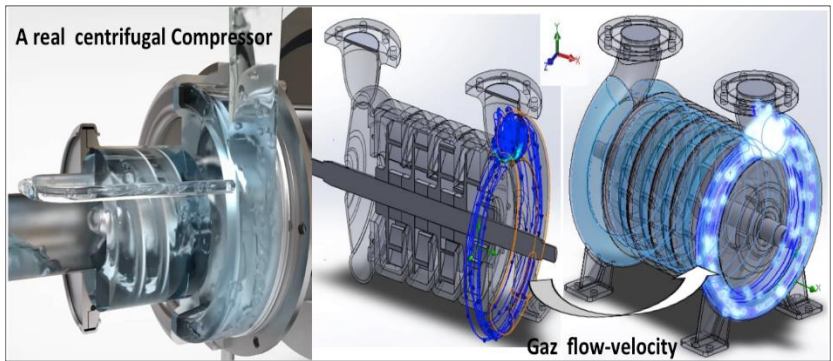


Figure 1: Gas pressure and velocity in CP

Table 2: Gas turbine engine blade material properties

Properties	
Name:	Alloy Steel
Model type:	Linear Elastic Isotropic
Default failure criterion:	Max von Mises Stress
Yield strength:	6.20422e+008 N/m^2
Tensile strength:	7.23826e+008 N/m^2
Elastic modulus:	2.1e+011 N/m^2
Poisson's ratio:	0.28
Mass density:	7700 kg/m^3
Shear modulus:	7.9e+010 N/m^2
Thermal expansion coefficient:	1.3e-005 /Kelvin

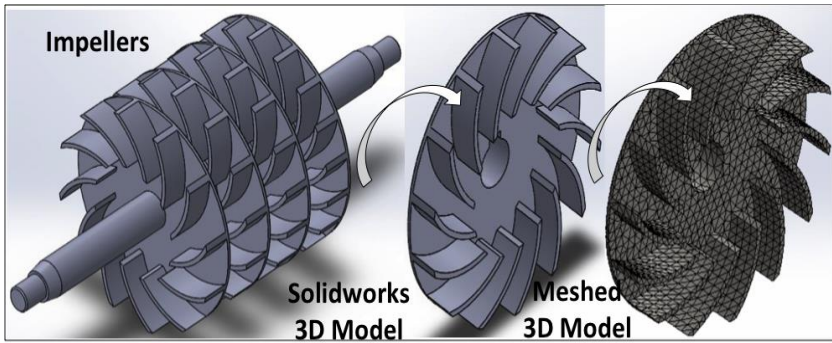


Figure 2: Blade model by Ansys

2. Materials and Methods for the Centrifugal Compressors

CFD-Computational Fluid Dynamics models have the interaction between fluid analysis and geometrical environment in working environment. These interactions are predominantly dependent on understanding the design code to correctly predict energy loss models [7-8]. CFD determines how severely reduced energy loss on performance due to improper geometric constraints. The surface friction was caused by energy losses. The overpressure recovery, flow recirculation; vortex incidence and blade tip leakage also was result of energy escapes.

The centrifugal compressor has a fixed case with a rotating impeller, which gives the air a high speed. The impeller is sucked in the air and rotated at high speed by the blades on the centripetal disc. The first measured performance was static pressure amount. The static pressure ratio was at the outlet to the total pressure in the inlet. Figure 3 displays the static pressure ratio as a inlet utility corrected and exit improved mass flow.

From this study for the physics of the turbine blade, the CFD analysis may be affected and found an improved resolution. The pressure ratio plots versus exit improved mass flow rate presented in Figure 4 were found as a useful tool in off-design operation for CP. The corrected mass flow exit graph in Figure 4 is valuable as for jet or CP engines. The new compressor design is to provide a steady airflow into the combustion chamber.

The contribution of this paper to scientific research was to determine the design and better performance of a centrifugal compressor that could be computer-generated virtually simulation correctly using CFD software. The design analysis was developed by ANSYS-CFD to produce high quality results.

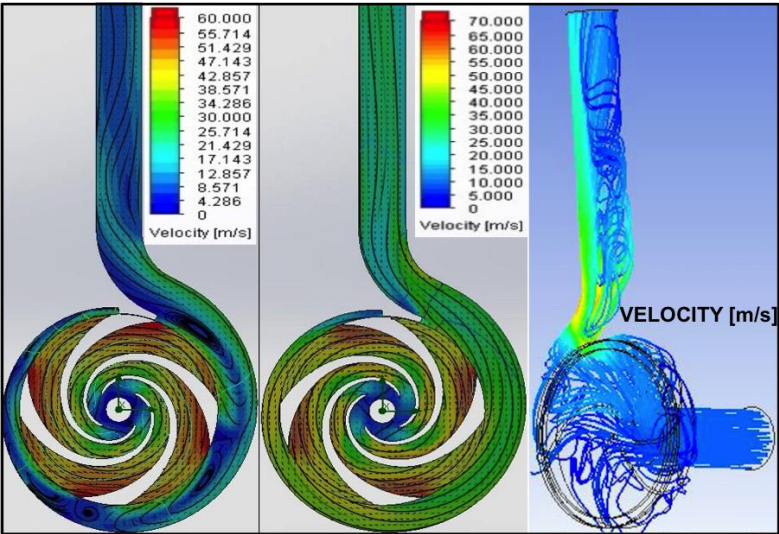


Figure 3: Velocity analysis of gas turbine engine blade

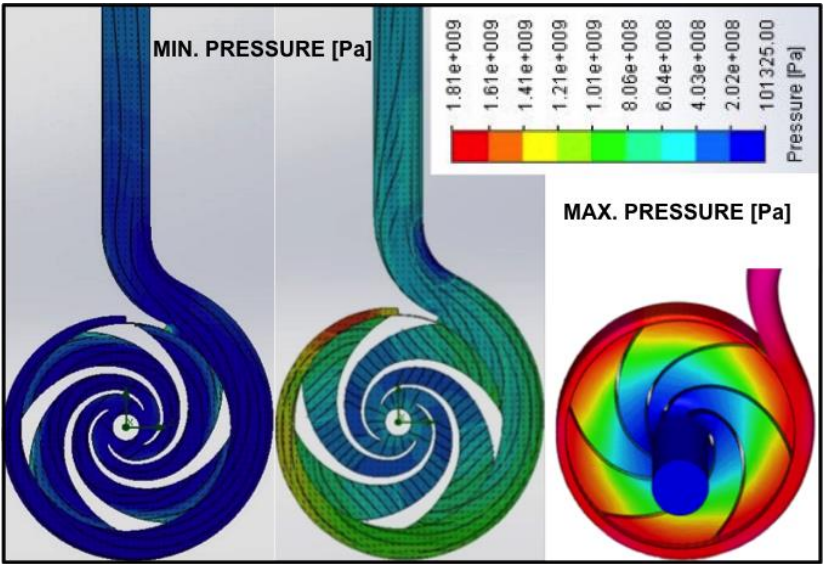


Figure 4: Pressure analysis of gas turbine engine blade

A new approach for CP blade stress-strain was applied to evaluate by the finite element method. The aerodynamic and power supplies were analyzed by computing the strength and strain and the life of the blade at the beginning of the design process in this research. The variety of dynamic loads is mainly due

to the centrifugal force, vibration and aerodynamic forces on the blade. This CP blade modeling was carried out for static strain (ESTRN) analysis as shown in Figure 5. Finally, 3D blade disc was demonstrated with equivalent von Mises analysis of gas turbine engine at the measured time on the surface of blade and disc, as shown in Figure 6.

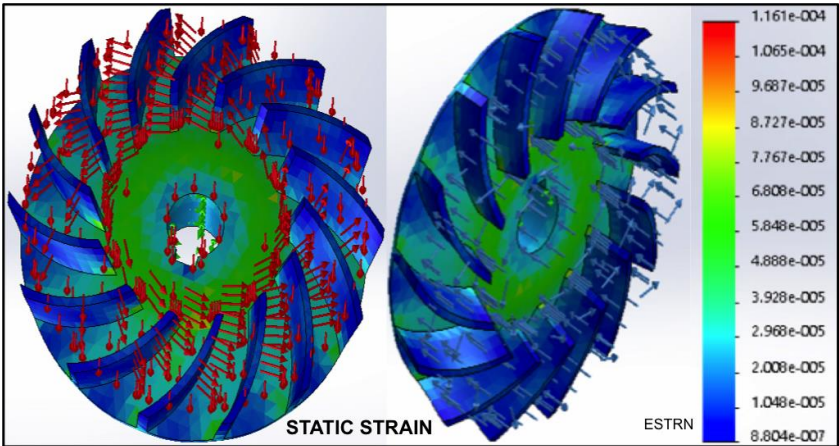


Figure 5: Static strain analysis (ESTRN) of gas turbine engine blade

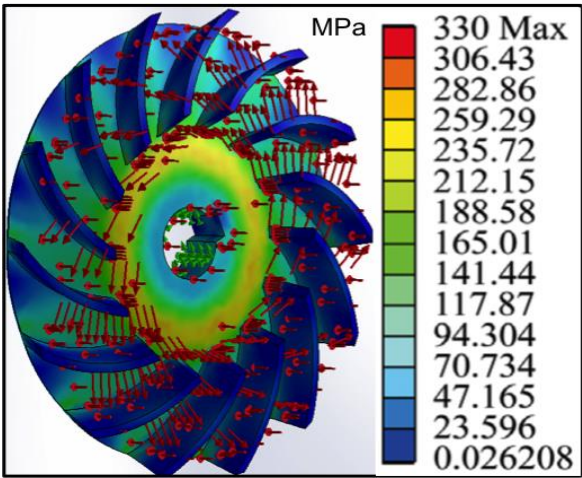


Figure 6: Equivalent von-Mises analysis of gas turbine engine blade

The σ_v as von Mises stress, pointed in axis direction in x,y,z. In the design process, the purpose of the von Mises stress analysis that meets the aerodynamic criteria is to calculate and model the real stress as given in Figure 6. So, it is achievable to predict the possible destruction. In von Mises stress

calculation, 24% of the stress was more on the blade than on the blade disc. Figure 6 displays the stress distribution of the CP with high rotational speed. Maximum stresses occur at the base of the blade of the compressor disc. 235.72 MPa, which is below the yield stress of AISI 403 steel of 310 MPa. Therefore, the compressor design is safe.

To simulate the internal flow of liquid correctly in a CP, the Navier-Stokes equations were resolved by commercial software–ANSYS/CFD. Centrifugal compressor surface model was generated using commercial software SOLIDWORKS. In addition, existing network production and computer aided engineering ANSYS CFD were employed to identify the geometry and behavior of the blade and disc material.

3. Results and Discussion

A step-by-step approach for CP blade research was applied. Initially, the propeller part was simulated, and then an inclusive fluid flow analysis and a turbulence model revision were accomplished to identify the magnitude of possible errors from mathematical models. After the entire CP working phase, the design was virtually realized. Various simulation parameters were chosen to perform the test setup accurately and to increase the speed of digital convergence. Finally, a number of studies were performed, ranging from 70 to 123% of the design speed to non-design work. The results were analyzed for better understanding of flow physics under suitable working conditions after comparison with experimental measurements.

4. Conclusion

CFD analysis software for the estimate of complicated off-design CP performance was employed to analyze velocity and pressure on the surface of gas turbine blade. The AISI 403 martensitic stainless steel material was used for blades.

This research presents a new approach of the von Mises computational modeling for CP bladed disc. Significant results of difficult and unstable CP calculations suggest that completely unstable flow analyzes can give better performance prediction, especially for high rotational speeds and pressure impact. The CP computational analysis results indicate that fully unsteady fluid flow phenomena can generate better implementation calculations especially at high rotating velocities. Validating commercial ANSYS/CFD software for the prediction of complex off-design CP functioning was successful to comprehend a better CP physics.

5. Acknowledgments

Istanbul University - Cerrahpaşa financially sponsored this research, BAP (Scientific Research Projects) project no: 29286, Avcılar, İstanbul, Turkey.

6. References

- [1] C.R.F., Azevedo, A. Sinátori, “Erosion-fatigue of steam turbine blades”, *Eng. Fail. Anal.* 16, pp. 2290–2303., (2009)
- [2] T.J. Carter, “Common failures in gas turbine blades”, *Eng. Fail. Anal.*, 12 pp. 237–247., (2005)
- [3] E. I. G. R. V. Squez, “Determination of a suitable set of loss models for centrifugal compressor performance prediction” *Chinese Journal of Aeronautics*, 30(5), pp. 1644–1650, DOI:10.1016/j.cja.2017.08.002, (2017),
- [4] D. Barsi, A. Perrone, L. Ratto, G. Ricci, P. Zunino, “Compressor and Turbine multidisciplinary design for highly efficient micro-gas turbine for energy cogeneration” *Recent Advances in Energy, Environment and Financial Science*, pp 122-134 ISBN: 978-1-61804-361-0 (2018)
- [5] D. Barsi, A. Bottino, A. Perrone, L. Ratto, P. Zunino, “Design of a Centrifugal Compressor for Micro Gas Turbine: Investigation of Scaling and Tip Clearance Effects” *Open Journal of Fluid Dynamics*, 9, pp 49-62, ISSN Online: 2165-3860 ISSN Print: 2165-3852 DOI: 10.4236/ojfd.2019.91003 (2019)
- [6] L. Zhang, D. Mi, C. Yan, F. Tang, “Multidisciplinary Design Optimization for a Centrifugal Compressor Based on Proper Orthogonal Decomposition and an Adaptive Sampling Method” *Appl. Sci.*, 8, 2608; doi:10.3390/app8122608 (2018)
- [7] E. Benini, “Optimal Navier–Stokes Design of Compressor Impellers Using Evolutionary” *Computation International Journal of Computational Fluid Dynamics* ISSN 1061-8562 print/ISSN 1029-0257 pp 357-369 DOI: 10.1080/1061856031000099821 (2015)
- [8] M. Zhang, X. Zheng, “Criteria for the matching of inlet and outlet distortions in centrifugal compressors” *Applied Thermal Engineering*, 131, pp. 933–946, DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2017.11.140, (2018)

CHAPTER 6

**Sensitivity Analysis Research of Stainless Steel 304L
Material of Bulk Milk Cooling Tank (bMCT) by Finite
Element Method-ANSYS (Özdoğan Karaçalı)**

Sensitivity Analysis Research of Stainless Steel 304L Material of Bulk Milk Cooling Tank (bMCT) by Finite Element Method-ANSYS

Özdoğan Karaçalı

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Istanbul University-Cerrahpaşa, Avcılar, Istanbul, 34320 Turkey, Tel: +90 212 383 2807, Fax:
+90 212 383 3024, ozdogank@istanbul.edu.tr

1. Introduction

This paper relates to the 304L steel computational analysis for material safety and reliability for bulk milk cooling storage-welded tank. The research aim is to explain the experimental measuring of material (X2Crni18-9) 304L data used for computational FEM in the bulk milk-cooling tank (bMCT). Sensitivity analysis (SA) modeling of the tank was done in the ANSYS program. The focus is on the compression and tensile strain behavior of the 304L stainless steel materials sensitivity analysis by input random quantities from data von Mises stress model. A nonlinear contact FEM was simulated to analyze the interaction between the bottom plate and the base. The results of this analysis can be a useful tool for bMCT designers to improve the designs safety.

1.1.Bulk Milk Cooling Tank

The bMCT material Young's modulus of 304L and thickness of bottom plate on stress along the height of the tank is the important part of the SA [1]. The stiffness effect of bMC on stress adjacent to the thickness of the metal plate [2], Young's modulus, material and geometric properties were examined by random quantities for SA. Meshed milk tank, stresses in welded area was shown in Figure 1.

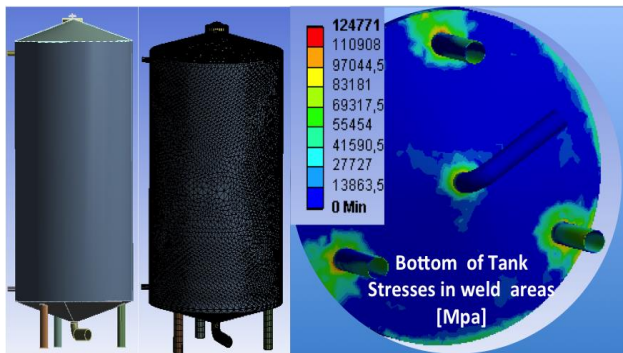


Figure 3: Meshed milk tank, stresses in welded bottom area

Sensitivity analysis was accomplished to determine the material parameters to know the process parameters that cause the most impact on the milk tank geometry and the parameters to be carefully controlled [3]. Studies have shown that a change in process parameters affects tank width, sloshing area and internal shape coefficient more strongly than it affects the outer shape [4-5].

Sensitivity analysis method was used in conjunction with a computational model for material characteristics of milk tank in stainless steel to investigate the relationship between loading parameters and the potential mechanical stress distributions. The finite element method was used to calculate sensitivities. The next section explains a new method SA developed for bMCT 304L material stress analysis.

2. Materials and Methods for Stainless Steel 304L bMCT

The structural analysis of cylindrical steel bMCT is carried out by parametric SA approach. The strain and deformation of a fully filled tank shown in Figure 1 were analyzed involving the welded zone of bottom bMCT area stresses. The major load of a vertical and cylindrical storage tank is the milk filling of the internal shell with the hydrostatic compression. The tank is 3 m long x $\varnothing$ 2m in diameter, which was made of steel 304L and carries 3 tons milk. SA is carried out using the design velocity fields and sloshing movement effect defined in Figure 2. Then, the sensitivity distribution of minimum principles stress versus middle and maximum stress is characterized by mechanical stresses in the material of bulk vertical milk tank.

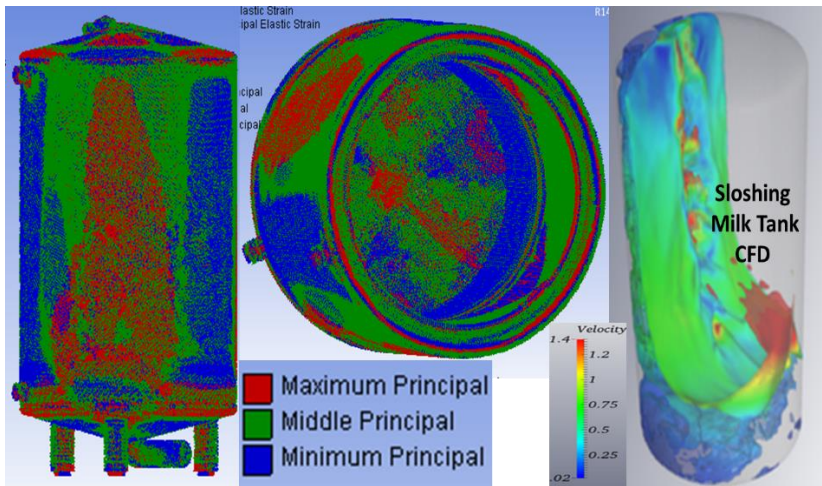


Figure 4: Principle stress of BMCT

Since the hydrostatic compression pressure is uppermost level here, the lower shield at the bottom has the highest metal plate thickness. And the von

Mises stress of 304L bMCT was presented in Figure 3. SA was finalized with Maximum von Mises stress as 124771 MPa under the hydrostatic loading.

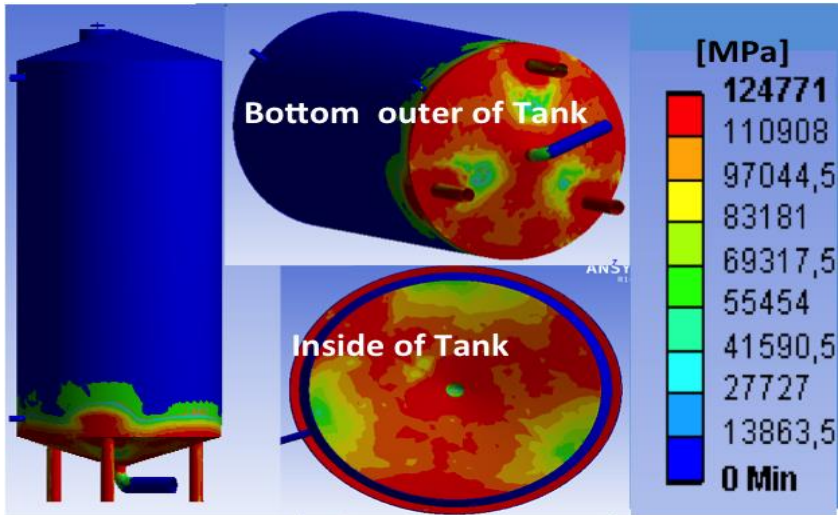


Figure 5: The von Mises stress of 304L BMCT

Parametric SA analysis for bMCT was done according to ISO-5708-2A II standards and ASTM 276-986 304 for Hysteresis (strain life) of 304L steel as shown in Figure 4.

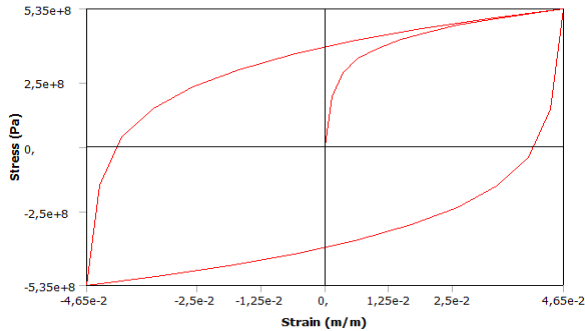


Figure 6: The von Mises stress of 304L BMCT

3. Results and Discussion

The maximum principal stress [2] was induced circumferential stresses (σ_1) as 628.881 in 123 mm and the induced minimum stress or circumferential stresses, as shown in Figure 2. Acquired results by SA are demonstrated on the problem of stress and strain test of the milk tank as shown in Figure 3. The static loads are applied to the material properties and boundary conditions in

order to estimate the fatigue life of the bMCT. The most critical data analyzed [3], in terms of stress concentration, found in the welded region. Similarly, the results of the deformation sensitivity analysis in this research are within the normal range compare to work of Ramesh [6].

4. Conclusion

The principal purpose of this research is to predict stress/strain resulting from the hydrostatic pressure of the liquid in bMCT by SA. In parametric SA research, finite element method was used to investigate the displacements, deflections and Von-Mises stresses in a cylindrical bMCT with respect to plate thickness at compressions and working conditions. The results of this study demonstrated how the selected assumptions and material properties have a great impact on modeling outcomes by sensitivity analysis in finite element analysis-ANSYS.

Calibration and validation of a complex thermo mechanical model remain a difficult and important issue in numerical welding simulation. Modeling uncertainty on input variables can help to better understand the model behavior, conditionally to a good probabilistic model. The sensitivity analysis allows selecting most influential variables on the variability of the interest results. Mechanical stress-strain, displacement and von Mises sensitivity analysis can afterwards be concentrated only on parameters. The use and the choice of these methodologies require ANSYS tools and specific care for visualization of the results, which is a crucial point for an easier interpretation.

5. Acknowledgments

This research was financially sponsored by Istanbul University-Cerrahpaşa, BAP-(Scientific Research Projects) project no: 44311, Avcılar, İstanbul, Turkey.

6. References

- [1] A. M. Bonanos, E.V.Votyakov “Sensitivity analysis for thermocline thermal storage tank design” *Renewable Energy* 99, pp 764-771 (2016). DOI: 10.1016/j.renene.2016.07.052
- [2] H. Wang, A. Dyskin, E. Pasternak, P. Dight, M. Sarmadivaleh, “Effect of the intermediate principal stress on 3-D crack growth” *Engineering Fracture Mechanics* 204, pp 404-420 (2018). DOI:10.1016/j.engfractmech.2018.10.024
- [3] MATEC Web of Conferences 80, pp 1-6, 10005 (2016) DOI: 10.1051/mateconf/20168010005, NUMIFORM 2016
- [4] X. Zhou, P. Jiang, Y. Wang “Sensitivity analysis-based dynamic process capability evaluation for small batch production runs” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 230 (10), pp1855-1869, (2016) DOI: 10.1177/0954405416645999
- [5] R. Hormozi, F. Biglari, K. Nikbin “Taguchi sensitivity analysis of damage parameters for predicting the damage Mechanism of 9Cr steel under low-cycle fatigue test” *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures* 37 (11) pp 1211-1222 (2014) DOI: 10.1111/ffe.12200
- [6] B. T. Ramesh, A. R. Banagar, R. P. Swamy “Modeling, Stress and Welding Strength Analysis of Pressure Vessel” *International Journal of Analytical, Experimental and Finite Element Analysis (IJAEFEA)*, 1 (2), e-ISSN: 2394-5141, p-ISSN: 2394-5133, pp 17-23. (2015)

CHAPTER 7

**Katı Atık Miktarının Kestirimi ve CBS Destekli Çok Ölçütlü
Karar Verme Analizi ile Depolama Alanı Yer Seçimi;
Süleymaniye / Irak Örneği (Serkan Kemeç, Luqman Hamad
Abdalla)**

Katı Atık Miktarının Kestirimi ve CBS Destekli Çok Ölçütlü Karar Verme Analizi ile Depolama Alanı Yer Seçimi; Süleymaniye / Irak Örneği

Serkan KEMEÇ¹, Luqman Hamad ABDALLA²

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü,
E-mail:serkankemec@yyu.edu.tr

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
E-mail: luqmangeotechnic@gmail.com

1. Giriş

Katı atıklar, kentlerdeki insan faaliyetleri sonucu oluşan, gaz ve sıvı formda olmayan atıklar olarak tanımlanabilir. Bu atıkların kaynağı esas olarak hane halkı, inşaat ve diğer kentsel faaliyetler sonucunda oluşmaktadır. Kentsel katı atıklarının bertaraf ve yönetimi, hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerin karşılaştığı sorunlardır. Kentsel katı atıklarının bertaraf edilmesi artan bir halk sağlığı ve çevre sorunudur. Depolama sahası, kentsel katı atık yönetim sistemleri ile ilgili karmaşık bir süreçtir çünkü yerel ve merkezi yönetim fonlarına, artan çevresel farkındalığa, halk sağlığı kaygılarına ve nüfus yoğunluğuna bağlıdır. 2016 yılında 702.882 kişi ile Süleymaniye şehrinde kentsel katı atık üretimi günlük kişi başı ortalama 0,86 kg dan 220.635 ton katı atık üretmiştir.

Bu araştırma, depolama sahası yer seçiminde CBS ve bir ÇÖKVA yöntemi olan AHP kullanılmıştır, çünkü bu yöntemler düzenli depolama sahası seçimi sorununun çözümü için güçlü ve bütünleşik araçlar sunmaktadır. Uygun depolama sahası seçimi, sağlam atık bertaraf ve çevrenin korunması, halk sağlığı ve yaşam kalitesinin temel adımıdır. Doğru bir şekilde uygulandığında, depolama sürecindeki ve sonraki adımların çoğunu belirler. Rahatsızlıklara ve olumsuz uzun vadeli etkilere karşı önlem alınmalıdır. Örneğin, iyi seçilmiş bir depolama sahası, genellikle karmaşık olmayan, tasarımı kolaylaştıracak ve geniş bir kaplama malzemesi sağlayacaktır. Çevresel ve kamuya açık bir işlemi makul bir maliyetle kolaylaştıracak.

Depolama sahasında çok sayıda ölçüt dikkate alınmalı ve her birine ayrı ağırlık verilmelidir. Bu ölçütler, doğal fiziksel özelliklerin yanı sıra sosyoekonomik, çevresel, sosyo-politik ve arazi kullanım faktörlerini içerir.

Bu çalışmanın ayrıntılı hedefleri şunlardır:

1. Süleymaniye Şehrinde katı atık yönetiminin durumu ve şehrinde mevcut atık bertaraf tesislerinin kapsamlı bir değerlendirmesi.
2. Çalışma alanında üretilen katı atıkların kümülatif miktarlarının ve gelecekteki beklentilerinin kestirilmesi.
3. Beklenen gelecek katı atık miktarının iki farklı yöntemle hesaplanması.
4. Süleymaniye Şehrinde düzenli depolama sahası için gerekli alan büyüklüğünün tahmini.

5. Süleymaniye Şehrinde uluslararası ölçütlere uygun depolama sahası yer seçini için değerlendirme ölçütlerinin ve ağırlıklarının belirlenmesi. Gelecekte bu ölçütler, planlamacıların ve karar vericilerin yeni bir çöp depolama alanı seçerken yakın çevredeki diğer benzer alanlarda uygulamalarını sağlamak için bir referans oluşturacaktır.
6. Seçilen ölçütlere göre CBS ve AHP yöntemi ile Süleymaniye şehri örneğinde kullanılarak düzenli depolama alanı için uygun bir alanın belirlenmesi.

2. Kaynak Bildirileri

Tüm evsel atıklar ve ticari ve kurumsal atıklar, sokak süpürme ve inşaat enkazı gibi tehlikeli olmayan atıklar Kentsel Katı Atık olarak tanımlanır; (Shekdar, 2009). Kentsel Katı Atık, ABD EPA tarafından konut, ticari ve kurumsal (örneğin okullar, devlet daireleri) kaynaklarından gelen atıkları içerecek şekilde tanımlanmaktadır. Bu tanım, yanma külü, su ve atık su arıtma artıkları, inşaat ve yıkım atıkları ve tehlikeli olmayan endüstriyel atıkları dâhil olmak üzere sıkça atılan birçok materyali katı atık tanımı dışında tutar (Staley ve Barlaz, 2009). Ogwueleka (2009) ise hanelerden atılma, endüstriyel, ticari ve kurumsal kuruluşlardan (hastaneler dâhil) gelen tehlikeli olmayan katı atıklar, pazar atığı, bahçe atığı ve sokak süpürme işlemlerini içerecek şekilde kentsel katı atık tanımı yapmıştır.

Kentsel Katı Atık, bu nedenle üretim, depolama, toplama, aktarma ve taşıma, işleme ve geri kazanımın kontrolü ile ilgili disiplin olarak tanımlanabilir. Bunlara ek olarak, katı atıkların en iyi şekilde halk sağlığı, ekonomi, mühendislik, kentsel ve bölgesel planlama, koruma, estetik ve ayrıca halkın tutumlarına cevap veren diğer çevresel hususlara uygun şekilde bertaraf edilmesini de kapsayan bir olgudur (Jaya, 2004).

Kentsel Katı Atık Yönetimi, kentsel alanlarda üretilen katı atıkların toplanması, aktarılması, arıtılması, geri dönüştürülmesi, kaynakların geri kazanımı ve bertarafı anlamına gelir. Kentsel Katı Atık Yönetimi, yerel yönetimlerin büyük bir sorumluluğudur ve hem özel hem de kamu sektörlerinde çok sayıda paydaş arasında uygun organizasyonel, teknik ve yönetsel kapasite ve işbirliğini içeren karmaşık bir hizmettir (Bernstein, 2004).

Katı Atık Sahasının Seçimi: Uygun atık depolama sahası seçimi, atıkların bertaraf edilmesinde ve çevrenin, halk sağlığının ve yaşam kalitesinin korunmasında temel adımdır. Doğru şekilde uygulanırsa, sıkıntılara ve uzun vadeli olumsuz etkilere karşı önlem alması gereken düzenli depolama sürecinde izleyen adımların çoğunu belirler. Örneğin, iyi seçilmiş bir depolama sahası genellikle karmaşık olmayan bir tasarımı kolaylaştıracak ve makul bir maliyetle çevresel ve halka açık olarak kabul edilebilir bir işlemi kolaylaştıracak yeterli kaplama malzemesi sağlayacaktır (Ball, 2005). Depolama sahasında çok sayıda kriter göz önünde bulundurulmalı ve her birine ağırlıklar verilmelidir. Bu kriterler, sosyoekonomik, ekolojik, çevresel, sosyo-politik ve arazi kullanım faktörlerinin yanı sıra doğal fiziksel özellikleri de

içermektedir (Ball, 2005; Luthbom ve Lagerkvist, 2003; Rahman ve diğerleri, 2008).

CBS ortamında Depolama sahası seçimi uygulamaları: Gelişmiş ülkelerde katı atık bertaraf sahalarının seçimi için farklı araçlar ve teknikler geliştirilmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), saha parametrelerini popülasyon ve diğer ilgili verilerle veya diğer ilgili özelliklerle, uygun bertaraf sahalarının seçiminde yardımcı olacak şekilde entegre etmek için fırsatlar sunmaktadır (Rahman ve dig., 2008).

Vatalis ve Manoliadis (2002), saha seçim prosedürlerinin uygulanmasında CBS'den faydalanabileceğini savundu. CBS'nin ortak yararları şu şekilde listelenebilir: (i) mekansal verilerin toplanması, saklanması ve yönetimi, (ii) büyük mekansal verinin sağlama ve analizi, (iii) duyarlılığı ve optimizasyon analizlerinin kolayca gerçekleştirilebilmesi, ve (iv) model sonuçlarının sunumu.

Katı atık depolama sahası seçim süreci çeşitli yasalara, düzenlemelere ve faktörlere bağlı olduğundan, geniş hacimli mekansal veriler değerlendirilmeli ve işlenmelidir. Bu zorluğun üstesinden gelmek için, CBS yaygın olarak katı atık depolama sahalarının seçilmesinde kullanılır (Baban ve Flannagan, 1998; Allen ve diğ., 2002).

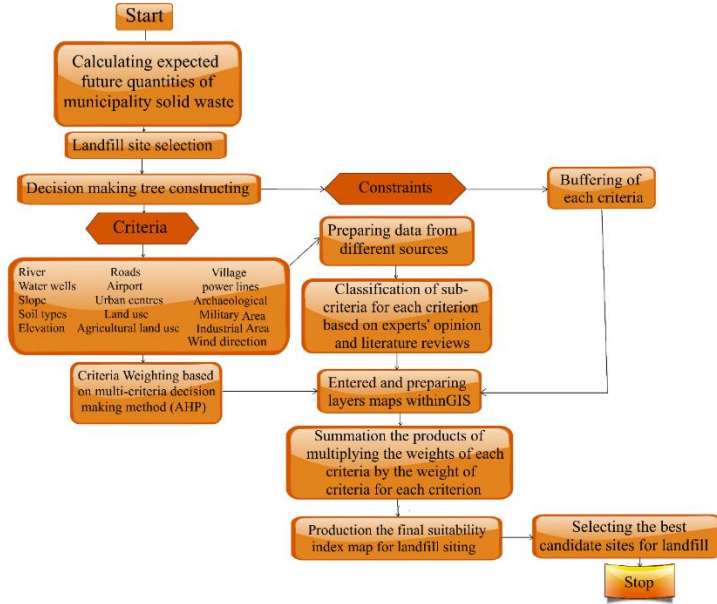
Konu ile ilgili kullanılabilecek birkaç CBS yazılımı vardır, ancak en popüler yazılımlardan biri ArcGIS Desktop'tır. ArcGIS bir CBS yazılım paketidir, geniş bir coğrafi veri yönetimi, mekansal düzenleme ve kartografik görselleştirme işlevselliği ile CBS uzmanlarına hizmet vermektedir. ArcGIS uygulamaları kullanım kolaylığı ve güçlü coğrafi görüntüleme, sorgulama ve analiz için tasarlanmıştır. Tasarımı gereği geneldir ve geniş bir kullanıcı kitlesine hizmet eder (Daneshvar ve diğ. 2003). Çalışma kapsamında yürütülen mekansal veri operasyonları ArcGIS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Materyal Ve Yöntem

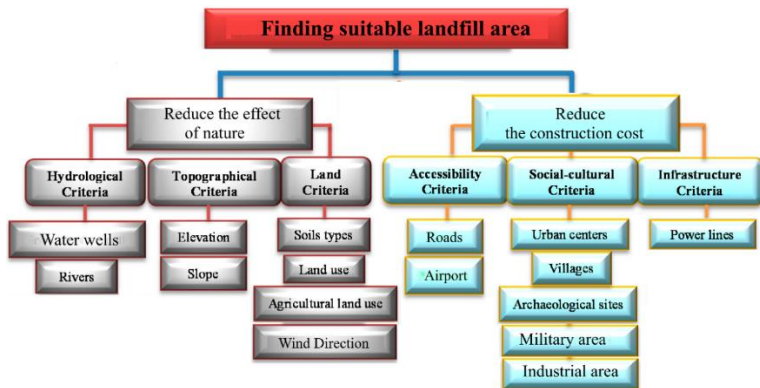
Uygun bir depolama sahası seçimi için, AHP ile CBS ortamında, on altı ölçüt için haritalar oluşturulmuştur. Bu yöntemin başlıca avantajları, niteliksel ve niceliksel ölçütlerin kullanılabilmesi olanağıdır. Kentsel katı atık depolama sahası seçim süreci aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır (Şekil 1).

- Gelecekte beklenen katı atık miktarları ve depolama alanı gereksinimi.
- Depolama sahası seçiminde karar verme ağacının oluşturulması.
- Mevcut çalışma için uygun ölçütlerin seçimi.
- Her bir ölçüt için uygun alan değerlendirmesinin yapılması.
- CBS ile tüm ölçütlerin ayrı ayrı değerlendirildiği coğrafi veri tabanının hazırlanması.
- Ölçüt ağırlıklarının, uzmanların, literatürün, çevresel ve bilimsel gereksinimlerin görüşlerine dayanarak ve AHP yöntemi ile belirlenmesi.
- Aday katı atık depolama sahalarının haritalanması.

Karar ağacının birincil amacı, bir depolama sahası için uygun bir yer seçimidir. Şekil 2. üç seviyeli karar probleminin hiyerarşik yapısını göstermektedir. İlk aşamada değerlendirme ölçütleri iki hedef altında gruplanmıştır - doğal çevresel faktörler ve yapay faktörler. İkinci seviyede, hidroloji, arazi, topoğrafya, altyapı, erişilebilirlik ve sosyal-kültürel ölçütler olmak üzere altı kategori vardır. Üçüncü seviye, bu çalışmada kullanılan on altı ölçütten oluşan altı ölçütleri içermektedir.



Şekil 1. Katı Atık Depolama Sahası seçimi için model akış şeması.



Şekil 2. Uygun katı atık depolama sahasının seçimi için geliştirilen karar sürecinin ağaç diyagramı.

4. Bulgular Ve Tartışma

Her bir ölçütün ağırlıklarının belirlenmesinde AHP tekniği uygulanmış ve her bir alt grubun ağırlıklarının belirlenmesinde uzmanların önerileri, bu konuyla ilgili önceki araştırmalar ve mevcut araştırmaya bağlı farklı temel ve edinilebilir veriler kullanılmıştır. Her ölçüt araştırmada Süleymaniye Şehrinde katı atık depolama sahası seçimi amacı ile ele alınmak için CBS ortamındaki aday sahaların analizi amacı ile on altı ölçütün her biri bir katman olarak değerlendirilerek, Harita Cebiri (Map Algebra) fonksiyonu uygun depolama sahasının belirlenmesi için kullanılmıştır. Aday depolama sahasının seçilen sahalarının uygunluğuna göre, nihai harita beş sınıflı şekilde görsellenmiştir. Bu sınıflar, "hariç tutulan yerler", "uygun olmayan yerler", "nispeten uygun yerler", "uygun yerler" ve "en uygun yerler" şeklindedir. "Hariç tutulan yerler" sınıfında Süleymaniye Şehrinde bulunan kent merkezleri, köy yerleşmeleri, havalimanlarını, nehirleri, tarihi alanları, rüzgâr yönünü yükseköğrenim kurumlarını ve sanayi bölgelerini kapsamaktadır. Bu yerler değerlendirmede sıfır (0) değerini almıştır. Tablo 1 tekrar sınıflama sonrası her sınıf tipinin alanını ve çalışma alanına oranını göstermektedir.

Tablo 1. Süleymaniye Şehrinin katı atık depolama arazi uygunluk sınıflarının alansal büyüklükleri ve % cinsinden büyüklükleri.

	Sınıflar	Alan Km ²	(%) Büyüklüğü
1	Hariç tutulan yerler	1553.5613	82.462
2	Uygun olmayan yerler	127.6491	6.775
3	Nispeten uygun yerler	95.9670	5.093
4	Uygun yerler	72.3672	3.841
5	En uygun yerler	34.4192	1.827

Süleymaniye Şehrinde, 2032 yılı üretilmesi beklenen katı atık miktarlarının hesaplanması için iki farklı yöntem kullanılmıştır (Tablo 2) ve (Tablo 3).

Tablo 2. Süleymaniye Şehrinde 2020-2032 yıllarında katı atık ortalama ve kümülatif miktarlarını hesaplamak için kullanılan birinci yöntem.

Ortalama nüfus 2009-2016	Ortalama kentsel katı atık miktarı 2009-2016 (ton)	(GRWA) kg / (kişi * Gün)	Kentsel katı atık miktarı $Q_{s(c)}$ (ton) 2032	Kümülatif kentsel katı atık miktarı Q_s (ton) 2020-2032 için
35,254	187,016	0.8065	331,513	3,633,366

Tablo 3. Süleymaniye Şehrinde 2020-2032 yıllarında katı atık ortalama ve kümülatif miktarlarını hesaplamak için kullanılan ikinci yöntem.

Mevcut nüfus P_o (2016)	Gelecek nüfus $P_o(2032)$	2016'de kentsel katı atık miktarı (ton)	Kentsel katı atık oluşumu Generation oranı (GRW) kg / (kişi başı * gün) 2016	2032'de katı atık miktarı Q_s (ton)	Kentsel katı atığı Kümülatif Miktar $Q_{(s)c}$ (ton) 2020-2032
702,882	1126168	220635	0.86	434656	4437189

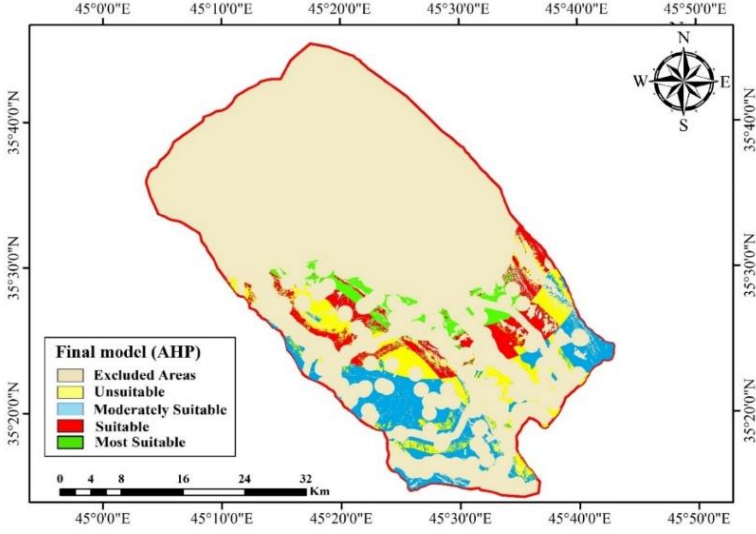
Süleymaniye şehrinde kentsel katı atık yoğunluğu 455 kg m³'tür. Bu değerler, Tablo 4'de gösterildiği gibi katı atık yoğunluğu ile bölünerek elde edilmektedir.

Mümkün olan Depolama Yüksekliği = 4m. 2020 - 2032 yılları arasında katı atık miktarının kümülatif olarak toplanması için gerekli olan aday depolama sahası alanı birinci yöntemle göre 1.996 km²'dir. İkinci yöntemle göre ise aday çöp sahası alanı 2.438 km² olarak hesaplanmaktadır.

Aday depolama alanları arasından uygun yer seçimi için Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon (ADK) yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, aday alanların tamamının benimsenen bilimsel ve çevresel kriterleri depolama sahası için yerine getirme durumlarına göre yapılan değerlendirme sonucunda Süleymaniye kenti için iki uygun aday alan tespit edilmiştir. Seçilen alanların ikisi de Süleymaniye şehrinin güneyinde yer almakta ve bu alanlardan bir tanesi 4.4829 km² diğeri ise 5.4943 km² alansal büyüklüğe sahiptir. 1. Aday alanın konumu Enlem 35 ° 27 '10 " N, Boylam 45 ° 31' 35" E, 2. Aday alanın konumu Enlem 35 ° 28 '48 " N ve Boylam 45 ° 18' 56" E dir. Şekil 3 seçilen noktaların her ikisinin de alansal büyüklükleri Süleymaniye şehrinde 2020 yılından 2032 yılına kadar katı atıkların depolaması için yeterlidir.

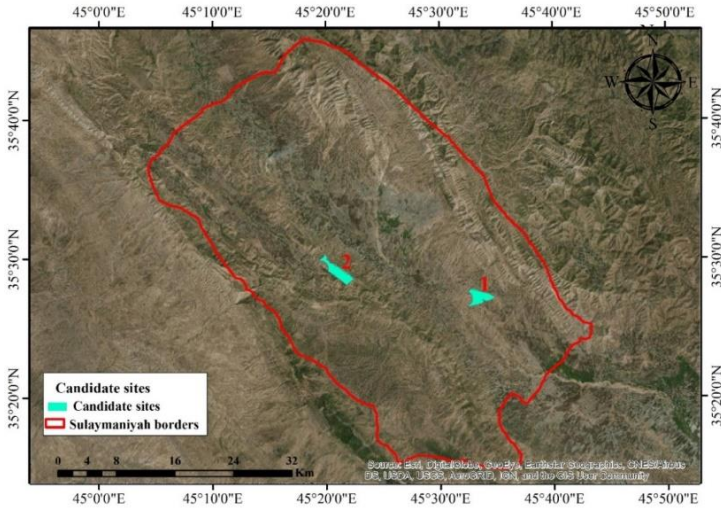
Tablo 4. Süleymaniye şehrinde 2032 yılında katı atık miktarını ve 2020 ile 2032 yılları arasında katı atık hacmini göstermektedir.

Atık hacmi 2032'de (m ³)	2020 - 2032 arası kümülatif atık hacmi (m ³)
Yöntem 1	Yöntem 1
728600	7985419
Yöntem 2	Yöntem 2
955288	9752063



Şekil 3. Sentez Süleymaniye şehri katı atık depolama sahası uygunluk haritası.

Seçilen bu katı atık depolama sahalarının Süleymaniye şehri için uygunluğu Bing ve Google Earth görüntüleri kullanılarak görsel olarak kontrol edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Süleymaniye şehri için aday depolama sahaları.

5. Sonuç

Çalışmada tespit edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

2016 yılındaki kümülatif atık üretim oranı 0.86 kg / (kişi / gün) değeri, Süleymaniye şehrinin tahmini üretim oranı 1.3 kg / (kişi / gün) büyüme oranına dayanarak verilmiştir.

Süleymaniye şehrinde 2017 yılında 723.898 nüfuslu iken, nüfus artış hızı (% 2,99) ile Süleymaniye’de 2032 yılında 1.126.168 kişi yaşayacaktır. 2020 - 2032 yılları arasında kente ait katı atık miktarı kümülatif olarak 1. ve 2. Yönteme göre sırası ile 3.633.366 ve 4.437.189 tondur.

2032 yılında kentsel katı atıkların depolanması için Süleymaniye şehri için gerekli depolama alanı 2.438 km²'dir.

Bu araştırmada, Süleymaniye şehrinde en uygun depolama sahasını bulmak için CBS ortamında uygulanan metotla on altı kriter haritası kullanılmıştır. Bu harita katmanları; su kuyuları, eğim, nehirler, yükseklik, toprak tipi, arazi kullanımı, tarımsal arazi kullanımı, askeri alan, yollar, elektrik hatları, sanayi bölgesi, havaalanı, kentsel merkezler, arkeolojik alanlar, rüzgâr yönü ve köylerdir. Bu çalışmada kullanılan kriterler, sahadan sahaya farklı olabileceğinden ve bu kriterlerin uygunluk analizi farklı olabileceğinden, kararlı faktörler değildir.

Her kriterin ağırlıkları AHP tekniği kullanılarak belirlenmiş ve bundan sonra tüm kriterlerin alt kriterleri ağırlıkları uzman görüşlerine göre hesaplanmış ve literatür ile desteklenmiştir. Uygun alanların belirlenmesinde, CBS ortamındaki harita cebiri fonksiyonu kullanılarak tüm kriter haritalarının toplu değerlendirmesi mümkün olmuştur. Birçok saha arasında düzenli depolama için iki uygun alan seçilmiş ve Google Earth ortamında seçilen depolama alanları görsellenmiştir.

Yürütülen çalışma kapsamında belirlenen amaç doğrultusunda elde edilen sonuçlar ve çıktılar öncelikle uygulama alanı olan IRAK / Süleymaniye Şehri için doğrudan katkıya sahiptir. Kentte yaşanan güncel bir sorunun bilimsel yöntemler ışığında değerlendirilmesi ve bu değerlendirme sonrası geliştirilen çözüm alanları kentin gelecekte katı atık depolama konusunda önemli çözüm önerileri getirmektedir. Konu ve uygulama aynı zamanda benzer büyüklüklerdeki bölge şehirleri içinde örnek teşkil edebilecek, önerilen yöntem katı atık depolama alanı yanı sıra benzer mekânsal yer seçim problemlerinin çözümünde alternatif araç niteliğinde olacaktır.

6. Referanslar

- Allen, A., Brito, G., Caetano, P., Costa, C., Cummins, V., Donnelly, J., Fernandes, C., Koukoulas, S., O'Donnell, V., Robalo, C., Vendas, D., 2002. Procedure for the location of landfill sites using a GIS model. *Uluslararası Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Derneği 9. Kongresi, Durban, Güney Afrika, 16-20 Eylül 2002, 2704-2713.*
- Baban, S.M.J., Flannagan, J., 1998. Developing and Implementing GIS-assisted Constraints Criteria for Planning Landfill Sites in the UK. *Planning Practice and Research, 13:* 139–151
- Ball, J., 2005. Landfill Site Selection. Proceeding Tenth International Waste Management and Landfill Symposium (pp. 1-8). Cagliari, Italy: CISA, *Environmental Sanitary Engineering Centre.*

- Bernstein J., 2004. Social Assessment and Public Participation in Municipal Solid Waste Management, *Toolkit. ECSSD-Urban Environment Thematic Group*, 210 sayfa.
- Daneshvar, R., Fernandes, L., Warith, M., Daneshfar, B., 2003. Customizing ArcMap Interface to Generate a User-Friendly Landfill Site Selection GIS Tool. *Environmental Informatics Archives*, 1: 428-437
- Jaya, D., 2004. *Developing a Framework of Best Practices for Sustainable Solid Waste Management in Small Tourist Islands* (University of Cincinnati, Doktora tezi).
- Luthbom, K., Lagerkvist, A., 2003. Tools for Landfill Siting. *Dokuzuncu Uluslararası Atık Yönetimi ve Düzenli Depolama Sempozyumu* (sayfa 1-8). Cagliari, Italy: CISA, Environmental Sanitary Engineering Centre.
- Rahman, M., Sultana, K., Hoque, M., 2008. SuiTable Sites for Urban Solid Waste Disposal Using GIS Approach in Khulna City, Bangladesh. . *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences (Pakistan)*, 45(1): 11-22.
- Shekdar, A. V., 2009. Sustainable Solid Waste Management: An Integrated Approach for Asian Countries. *Waste Management*, 29: 1438–1448.
- Staley, B., Barlaz, M., 2009. Composition of Municipal Solid Waste in the United States and Implications for Carbon Sequestration and Methane Yield. *Journal of Environmental Engineering*, 135 (10): 901-909.
- Ogwueleka, T. Ch., 2009. Municipal Solid Waste Characteristics and Management in Nigeria. Iran. *J. Environ. Health. Sci. Eng.* 6 (3): 173-180.

CHAPTER 8

**Yarıiletken Metal Oksit İnce Filmlerin Sol-Gel Manyetik
Döndürerek Kaplama Tekniğı ile Üretimi ve Bazı Fiziksel
Özelliklerinin İncelenmesi (Sinan Temel, Fatma Özge
Gökmen, Elif Yaman)**

Yarıiletken Metal Oksit İnce Filmlerin Sol-Gel Manyetik Döndürerek Kaplama Tekniği ile Üretimi ve Bazı Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi

Sinan Temel¹, Fatma Özge Gökmen², Elif Yaman³

¹Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı,
E-mail: sinan.temel@bilecik.edu.tr

²Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı,
E-mail: fatmaozge.gokmen@bilecik.edu.tr

³Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı,
E-mail: elif.yaman@bilecik.edu.tr

1. Giriş

Metal oksit ince filmler; elektronik ve optik teknolojisinde, fotovoltaik malzemelerde, gaz sensörleri gibi geniş uygulama alanlarında sıklıkla kullanılan malzemelerdir. Çinko oksit (ZnO) de sıklıkla çalışılan metal oksitlerdendir. ZnO, çinkonun zehirsiz olması ve doğada bolca bulunabilmesi sebebiyle metal oksitler içinde en çok tercih edilen yapıdır (Addonizio, 2014). ZnO direkt bant yapısına sahiptir ve 3,3 eV gibi geniş bir yasak enerji aralığı değerinde bir yarıiletkendir. Bu özelliklerinden dolayı mavi ve morötesi bölgede çalışan LED'lerin yapımı için uygundur (Salam, 2013).

ZnO yarıiletkeni ayrıca, fotoelektrik cihazlarda, gaz sensörlerinde, UV dedektörlerde, ince film transistörlerde, güneş pili hücrelerinde, optoelektronik cihazlarda, piezoelektrik güç çeviricilerde, termoelektrik aygıtlarda, yüzey akustik devrelerinde, biosensör ve pH sensörleri gibi uygulamalarda sıklıkla tercih edilmektedir (Tsay, 2010). Ayrıca ZnO, UV ışını absorbe ederek bant geçişlerini gerçekleştirir. Bu özelliğinden dolayı saydam iletken oksit ince film olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Ashour, 2005).

ZnO'nun yarıiletkeninin bazı özellikleri katkılama yapılarak rahatlıkla değiştirilebilmektedir. ZnO yapısına; In, Al, Cu, Li, Sn ve Mg atomlarının katkılандığı birçok uygulama vardır. Al ve In gibi atomların katkılanması ile ZnO yarıiletkeninin iletkenliği artırılabilir (Lee, 2014). Sn katkılı ZnO ince filmlerin geçirgenliklerinde artış, özdirençlerinde azalma gözlenmiştir ki, bu son zamanlarda üzerinde pek çok araştırma çalışmaları yapılan güneş pilleri yapımı için çok avantajlı bir durumdur (Pan, 2013). Ayrıca Mg katkısı ile yasak enerji aralığı değeri kolayca değiştirilebilmektedir (Peker, 2015).

ZnO yarıiletken ince filmler farklı ince film üretim teknikleri ile üretilmektedir. Bunlardan bazıları; RF Magnetron Saçırma (Minemoto, 2000), ultrasonik sprey püskürtme (Zhang, 2005), pulslu lazer depolama (Cho, 2011), elektron demetli buharlaştırma (Ashraf, 2012) ve sol-gel (Sengupta, 2012) teknikleridir.

Sol-gel tekniklerinden olan döndürerek kaplama tekniği, literatürde ZnO yarıiletken ince filmlerin üretiminde sıklıkla kullanılan bir tekniktir. Bu teknikte, döndürme işlemini yapabilmek için pahalı ve yurt dışından ithal

edilen sistemler kullanılmaktadır. **Bu çalışmada ise döndürme işlemi, literatürde ilk defa kullanılan, çok daha basit ve ucuz bir yöntem olan manyetik döndürücü ile gerçekleştirilmiştir ve "Sol-Gel Manyetik Döndürerek Kaplama Tekniği" ile ZnO esaslı metal oksit yarıiletken ince filmler üretilmiştir.**

Elde edilen metal oksit yarıiletken ince filmlerin bazı fiziksel özellikleri, X-Işını Kırınımı (XRD) Cihazı, Alan Emisyonu Taramalı Elektron Mikroskopu (FESEM) ve UV-Vis. Spektrofotometresi kullanılarak incelenmiştir. Bu sayede yeni geliştirilen ince film kaplama tekniğimizin metal oksit ince film üretiminde kullanılabileceğini göstermek amaçlanmaktadır. Bu yeni ince film üretim tekniğinin literatüre kazandırılması bu çalışmanın en büyük hedefidir.

2. Deneysel Bölüm

Sol-Gel tekniği, çok katlı filmlerin homojen şekilde oluşturulabilmesi ve geniş alanların kolayca kaplanabilmesi bakımından ince film üretim teknikleri arasında yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Sol-Gel yöntemi neredeyse her türlü tek bileşenli ya da çok bileşenli oksit filmlerin üretiminde kullanılabilmektedir (Uhlmann, 1997). Bu teknik, başlangıç malzemesi olarak bir çözelti (solüsyon) içerdiği ve bu çözelti çeşitli işlemlerden sonra jel haline getirildiği için Sol-Gel tekniği adını almıştır. Sol-Gel çözeltisi hazırlandıktan sonra ince film üretim işlemi döndürme, daldırma ve püskürtme gibi teknikler ile gerçekleştirilmektedir.

Sol-Gel Döndürerek Kaplama Tekniği, hızlı üretime olanak sağladığı için sol-gel teknikleri içerisinde yaygın olarak kullanılan tekniklerdendir (Wang, 2008). Bu tekniğin temeli, üretilcek ince filmler için oluşturulan sol-gel çözeltisinin bir altlık üzerine damlatılması ve bu tabanın çeşitli hızlarda ve sürelerde döndürerek çözeltinin bu taban üzerine yayılmasının sağlanmasıdır. Döndürerek kaplama tekniğinde; döndürme hızı, döndürme zamanı, kaplama katman sayısı gibi parametreler değiştirilerek üretilmek istenen filmler kolayca çeşitlendirilebilir (Huang, 2012).

Yapılan bu çalışmada metal oksit ince filmler, literatürde ilk defa kullanılacak olan "Sol-Gel Manyetik Döndürerek Kaplama Tekniği" ile elde edilmiştir. Geliştirilen bu sistemde döndürme işlemi, diğer pahalı sistemlerden farklı şekilde manyetik olarak gerçekleştirilmektedir.

1.1.Sol-Gel Manyetik Döndürerek Kaplama Tekniği

Manyetik döndürerek kaplama tekniği döndürme işleminin manyetik olarak yapıldığı yeni bir tekniktir. Manyetik döndürerek kaplama olayı temelde beş aşamadan meydana gelmektedir. Bu aşamalar;

- 1- Hazırlanan çözeltinin altlık üzerine damlatılması,
- 2- Altlığın farklı hızlarda ve sürelerde manyetik olarak döndürülmesi,
- 3- Döndürülerek elde edilen ince filmin kurutulması,
- 4- Çok katlı yapı hazırlamak için sürecin tekrarlanması,
- 5- Elde edilen çok katlı filmde yapının kristalleşmesi için farklı sıcaklıklarda tavlama işleminin gerçekleştirilmesi.

İlk aşamada filmi kaplayabilecek kadar çözelti altlık üzerine mikropipet ile damlatılır ve altlık yüksek devirlerde (1000-3000 rpm) manyetik olarak döndürülür. Çözeltinin fazlası altlığı damlalar halinde terk eder. Geriye kalan ıslak film, altlık üzerine homojen olarak dağılır. Döndürme işlemi bittikten sonra filmlerin kurutulması işlemine geçilir. Kurutma aşamasından sonra kaplama işlemi tamamlanır ve film oluşumu gerçekleşir. Bu adımlar sırasıyla aynı filmler için tekrarlanarak çok katlı filmler elde edilebilir. Bu teknik oda sıcaklığında gerçekleştiğinden dolayı, elde edilen çok katlı filmlerde yapının yüksek sıcaklıklarda kristalleşmesi için farklı sıcaklıklarda tavlama işlemi yapılması gerekir. Tekniğin şematik gösterimi şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 7: Sol-gel manyetik döndürerek kaplama tekniği şematik gösterimi.

1.2.Deneyin Yapılışı

Bu çalışmada üretilen ince filmler için altlık malzeme olarak ISOLAB marka mikroskop lamı kullanılmıştır. ZnO ince filmleri üretmek için kullanılacak sol-gel çözeltisi 0,5 M olarak hazırlanmıştır. Bu sol-gel çözeltisi için $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (çinko asetat dihidrat), 2-metoksietanol ve monoetanolamin (MEA) kullanılmıştır. Çözelti 30 ml olarak hazırlanmış ve 15 dk. 65°C’de karıştırılmıştır. En son olarak çözeltiye birkaç damla MEA eklenmiştir. Oluşan çözelti 2 saat 65°C’de karıştırılmış ve son olarak 2 gün beklemeye bırakılmıştır.

ZnO ince filmler 9 katman olarak, döndürme hızı ve tavlama sıcaklıkları değiştirilerek üretilmiş olup bu seriler Tablo 1’deki gibi adlandırılmıştır.

Tablo 3: ZnO serisi için filmlerin kaplama parametreleri.

Döndürme Hızı (rpm)	Tavlama Sıcaklığı (°C)	Seri Adı	
1000	300	A1	A
	400	A2	
	500	A3	
2000	300	B1	B
	400	B2	
	500	B3	
3000	300	C1	C
	400	C2	
	500	C3	

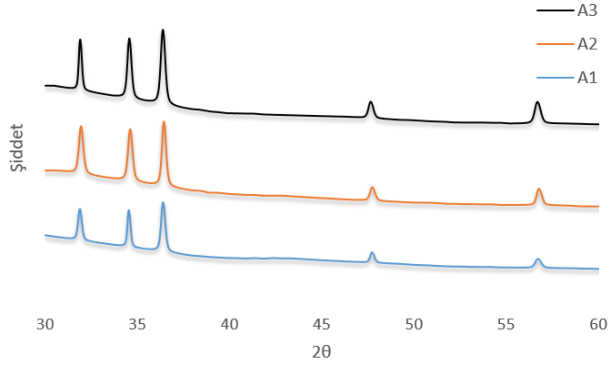
Deney parametreleri belirlenen ince filmleri üretmek için, cam altlıklar yüksek hızlarda dönebilen manyetik platform üzerine uygun bir şekilde yerleştirildi. Belirlenen miktarda çözelti mikro pipet yardımıyla cam tabanın her yerine eşit dağılmasını sağlamak için tam merkeze gelecek şekilde damlatıldı ve manyetik olarak döndürme işlemi başlatıldı. Dönüş süresi tamamlanınca cam altlıklar alındı ve kurumaları için fırının içerisinde 100°C’de 10 dakika boyunca ısıtma işlemi tabi tutuldu. Kurutma işlemi yüzeyde tutunan çözeltiyi buharlaştırmak ve içerisindeki organik bileşiklerin yüzeyden uzaklaşmasını sağlamak için gerekli bir işlemdir. Bir kat kaplama için yapılan bu işlemler tekrarlanarak, 9 katlı filmler elde edildi. Daha sonra filmler, belirlenen sıcaklıklarda 2 saat süreyle tavlandı. Tavlama sonrası oluşan filmler oda sıcaklığına kadar soğutulularak karakterizasyonlarının yapılabilmesi için hazır hale getirildi.

Elde edilen ince filmlerin yapısal, yüzeysel ve optik karakterizasyonları sırasıyla X-ışını kırınımı (XRD) Cihazı, Alan Emisyon Taramalı Elektron Mikroskopu (FESEM) ve UV-Vis. Spektrofotometresi kullanılarak yapılmış ve çıkan sonuçlar incelenmiştir.

3. Deneysel Sonuçlar

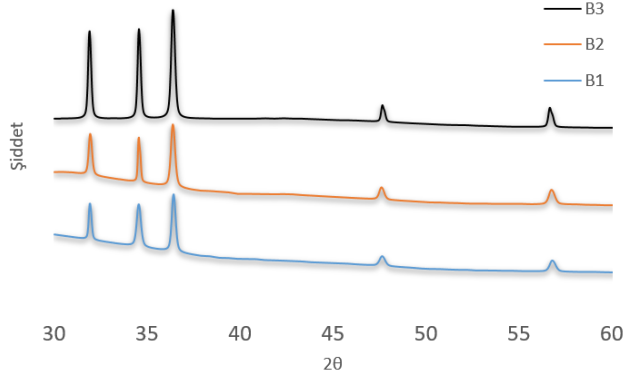
Elde edilen filmlerin yapısal özelliklerinin incelenmesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı’nda bulunan PANALYTICAL Empryan XRD cihazı kullanılarak yapılmıştır.

$30^{\circ} \leq 2\theta \leq 60^{\circ}$ sınır değerlerinde incelenen numunelerde elde edilen XRD spektrumları; hegzagonal yapıda ZnO için ICDD (International Centre for Diffraction Data): 98-003-1052 ile karşılaştırılmıştır. Şekil 2’de A serisi, Şekil 3’de B serisi, Şekil 4’de C serisi ZnO ince filmlerin XRD analiz spektrumları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



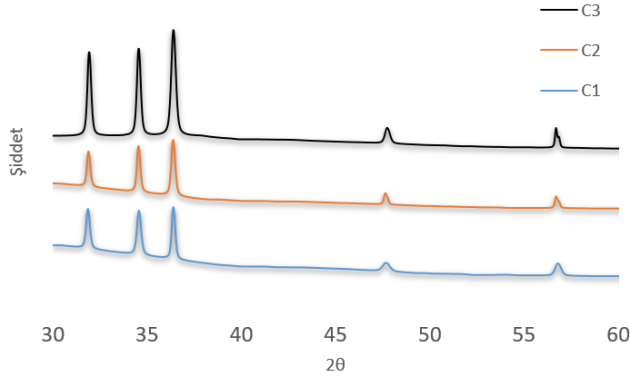
Şekil 2: A serisi ince filmlerin karşılaştırmalı XRD analiz spektrumu.

XRD spektrumlarından da görüldüğü gibi, tüm filmler polikristal yapıdadır. Ayrıca A3 serisi ZnO ince filmlerin pik şiddetleri A1 ve A2 serisi ince filmlerin pik şiddetlerinden daha büyüktür. Tüm serilerde en şiddetli pik hekzagonal ZnO yapısına ait (011) pikidir. Ayrıca bu filmlerde sırasıyla (010), (002), (011), (012) ve (110) olmak üzere 5 adet pik gözlenmektedir.



Şekil 3: B serisi ince filmlerin karşılaştırmalı XRD analiz spektrumu.

B3 serisi ZnO ince filmlerin pik şiddetleri, B1 ve B2 serisi ince filmlerin pik şiddetlerinden daha büyüktür. Ayrıca B serisinde de en şiddetli pik hekzagonal ZnO yapısına ait (011) pikidir.



Şekil 4: C serisi ince filmlerin karşılaştırmalı XRD analiz spektrumu.

C3 serisi ZnO ince filmlerin pik şiddetleri, C1 ve C2 serisi ince filmlerin pik şiddetlerinden daha büyüktür. Pik şiddetinin yüksek ve yarı pik genişliği (FWHM) değerinin düşük olması kristalleşmenin iyi olduğu anlamına gelir (Cullity, 2001). Ayrıca tane boyutu değerleri arttıkça kristalleşme iyileşir. Tane boyutu (D) değeri Scherrer Formülü ile hesaplanır;

$$D = \frac{0,9\lambda}{\beta \cos \theta_B} \quad (1)$$

Bu formülde β ; yarı pik genişliği, λ ise x-ışınlarının dalga boyudur. Tablo 2’de ZnO ince filmlerin XRD spektrumundan elde edilen yarı pik genişlikleri (FWHM) ve (1) denklemi ile hesaplanan tane boyutu (D) değerleri verilmiştir.

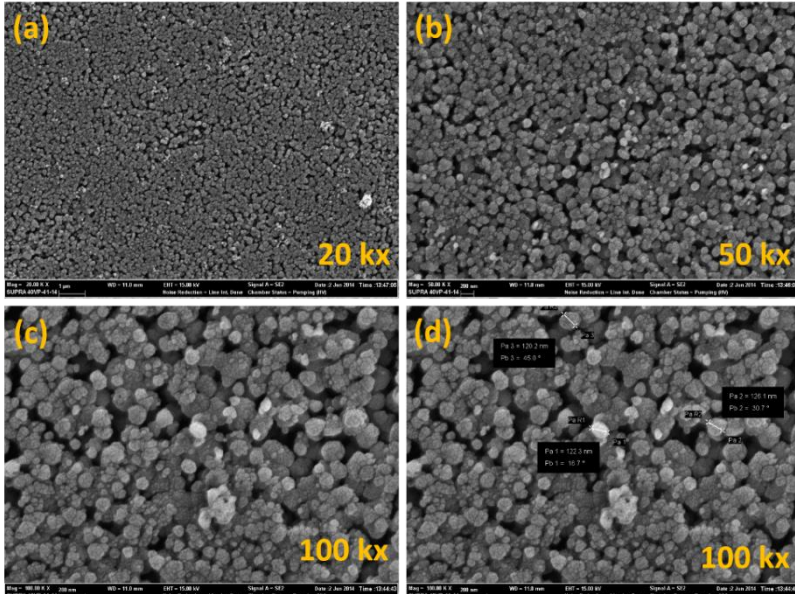
Tablo 2: ZnO ince filmlerin XRD spektrumundan elde edilen bilgiler.

Seri	FWHM	D (nm)
A1	0,29	68
A2	0,28	70
A3	0,23	88
B1	0,25	84
B2	0,23	86
B3	0,18	108
C1	0,25	82
C2	0,20	90
C3	0,17	112

A, B ve C serileri XRD spektrumları ve çizelge incelendiğinde her seride en iyi kristalleşmeyi gösteren filmlerin 500°C’de tavlanan A3, B3 ve C3 serileri olduğu görülmüştür. Tavlama sıcaklığı arttıkça kristalleşme iyileşmektedir. Ayrıca döndürme hızı arttıkça kristalleşmenin iyileştiği

görülmektedir. Bu sonuçlara göre, 3000 rpm’de döndürülüp 9 katman hazırlanan ve 500°C’de tavlanan C3 serisi tüm seriler içinde en iyi kristalleşmeyi gösteren ince film olarak öne çıkmıştır.

XRD sonuçlarına göre en iyi kristalleşmeyi gösteren C3 serisi ZnO ince filmlerin morfolojik incelemesi Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı’nda bulunan ZEISS Supra 40VP Alan Emisyonu Taramalı Elektron Mikroskobu (FESEM) ile yapılmıştır. Şekil 5’de, C3 serisi ZnO ince filmlere ait 20kx, 50kx ve 100kx büyütmeli FESEM görüntüleri verilmektedir.



Şekil 5: C3 serisi ZnO ince filmlerin (a) 20kx (b) 50kx (c) 100kx büyütmeli FESEM görüntüleri ve (d) C3 serisi ZnO ince filmlerin tane boyutu değerleri.

FESEM görüntüleri incelendiğinde, filmin tüm yüzeyine hemen hemen homojen dağılmış nanoboyutta taneciklerden meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca yüzeyde boşluklar olmadığı, yığın şeklinde oluşumların bulunmadığı görülmektedir. Şekil 5 (d)’de ise 100kx büyütülmüş FESEM görüntüsü üzerinde belirlenen tane boyutu değerleri verilmektedir. Görüntülerden belirlenen tane boyutu değerleri yaklaşık 120 nm’dir. Bu tane FESEM görüntülerinden belirlenen tane boyutu değerleri XRD spektrumundan hesaplanan tane boyutu değerleri ile çok yakındır ve birbirini destekler niteliktedir. Yüzey özellikleri incelenen ince filmlerin aynı zamanda taramalı elektron mikroskobuna bağlı BRUKER marka Enerji Dağılımlı X-Işını Spektrometresi (EDX) dedektörü kullanılarak kimyasal bileşimleri de elde edilmiş ve yapının ZnO olduğu görülmüştür.

Bu elde edilen yarıiletken metal oksit ince filmlerin optik özelliklerinin incelenmesi için UV-Vis Spektroskopisi ölçümleri, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan PERKIN ELMER LAMBDA 25 cihazında gerçekleştirilmiştir. UV-Vis Spektroskopisi ölçümlerinden elde edilen temel absorpsiyon spektrumu verilerinden yararlanarak ince filmlerin yasak enerji değerleri Tauc Metodu (Tauc, 1974) ile hesaplanmıştır. Hesaplanan yasak enerji aralığı değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: ZnO ince filmlerin yasak enerji aralığı değerleri.

Seri	Yasak Enerji Aralığı (eV)	Seri	Yasak Enerji Aralığı (eV)	Seri	Yasak Enerji Aralığı (eV)
A1	3,23	B1	3,26	C1	3,26
A2	3,27	B2	3,27	C2	3,28
A3	3,28	B3	3,29	C3	3,29

Literatürde ZnO ince filmler üzerine yapılan çalışmalarda, yasak enerji aralığının yaklaşık 3,3 eV olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada, tablodan da görüleceği gibi üretilen tüm ince filmlerin yasak enerji aralıkları 3,3 eV'a yakın bir değerdedir. Buradan da anlaşılabileceği gibi literatürde ilk defa kullanılan "Sol-Gel Manyetik Döndürerek Kaplama Tekniği"ni kullanarak elde ettiğimiz metal oksit ince filmler yarıiletken özelliği göstermektedir ve literatür ile uyum içerisinde.

4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, yarıiletken metal oksit ince filmlerden olan ve optoelektronik teknolojisinde sıklıkla kullanılan ZnO ince filmler literatürde ilk defa kullanılan, diğer ince film üretim tekniklerinden çok daha basit ve ucuz bir teknik olan "Sol-Gel Manyetik Döndürerek Kaplama Tekniği" üretilmiştir. Elde edilen yarıiletken metal oksit ince filmlerin bazı fiziksel özellikleri, X-Işını Kırınımı (XRD) cihazı, Alan Emisyonu Taramalı Elektron Mikroskobu (FESEM) ve UV-Visible Spektrofotometresi kullanılarak karakterize edilmiştir. Bu sayede yeni geliştirilen ince film kaplama tekniğimizin yarıiletken metal oksit ince film üretiminde kullanılabileceğini göstermek amaçlanmıştır. Yapılan XRD analizlerinde elde edilen tüm ince filmlerin polikristal yapıda olduğu, hekzagonal ZnO yapısı ile birebir örtüştüğü görülmüştür. Ayrıca deney parametrelerinden tavlama sıcaklığını ve döndürme hızını arttırdıkça yapıdaki kristalleşmenin iyileştiği belirlenmiştir. FESEM görüntüleri incelendiğinde ise, filmin tüm yüzeyine hemen hemen homojen dağılmış nanoboyutta taneciklerden meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca yüzeyde boşluklar olmadığı ve yığın şeklinde oluşumların bulunmadığı görülmektedir. Ayrıca yapılan EDX analizinde ince filmlerin kimyasal bileşimleri de elde edilmiş ve yapının ZnO olduğu ispatlanmıştır. UV-Vis Spektroskopisi ölçümleri ile elde edilen yasak enerji aralığı değerleri yaklaşık

3,3 eV olarak hesaplanmıştır ve bu değer literatürde daha önce ZnO ince filmler için bulunan değer ile uyum içerisinde dir.

Bu sonuçlardan da anlaşılacağı gibi literatürde ilk defa kullanılan, "Sol-Gel Manyetik Döndürerek Kaplama Tekniği" ile yarıiletken ZnO ince filmler daha basit ve ekonomik bir şekilde rahatlıkla üretilenmiştir.

5. Kaynaklar

Addonizio, M.L., 2014. "Sol--gel synthesis of ZnO transparent conductive films: the role of pH", *Applied Surface Science*, 305, 194--202.

Ashour, M.A., Kaid, N.Z., El-Sayed, Ibrahim, A.A., 2005. "Physical properties of ZnO thin films deposited by spray pyrolysis technique", *Applied Surface Science*. 252, 7844--7848.

Ashraf, S.M.J. Akhtar, A. Qayyum, 2012. "Characterization of ternary $Mg_xZn_{1-x}O$ thin films deposited by electron beam evaporation", *Mater. Sci. Semicond. Process*, 15, 251--257.

Cho, S.W. Shin, Y. Bin Kwon, H.-K. Lee, K.U. Sim, H.S. Kim, J.-H. Moon, J.H. Kim, 2011. "The effect of $Mg_{0.1}Zn_{0.9}O$ layer thickness on optical band gap of ZnO/ $Mg_{0.1}Zn_{0.9}O$ nano-scale multilayer thin films prepared by pulsed laser deposition method", *Thin Solid Films*, 519, 4282--4285.

Cullity, B.D., Stock S.R., 2001, *Elements of x-ray diffraction*, Pearson Prentice Hall, New Jersey, USA.

Huang K., 2012. "Preparation and characterization of Mg-doped ZnO thin films by sol--gel method", *Applied Surface Science*, 258, 3710-- 3713.

Lee M., 2014. "Structure and characterization of Sn, Al co-doped zinc oxide thin films prepared by sol--gel dip-coating process", *Thin Solid Films*, Volume 570, Part B, 516-526.

Minemoto T, T. Negami, S. Nishiwaki, H. Takakura, Y. Hamakawa, 2000. "Preparation of $Zn_{1-x}Mg_xO$ films by radio frequency magnetron sputtering", *Thin Solid Films*, 372, 173--176.

Pan Z., 2013. "Highly transparent and conductive Sn/F and Al co-doped ZnO thin films prepared by sol--gel method", *Journal of Alloys and Compounds*, Volume 583, 32-38.

Peker, D., Temel, S., Nebi, M., 2015. "Mg-doped ZnO films by sol-gel spin coating method", *International Journal of Scientific and Technological Research* 1 (1), 263-269.

Salam S., 2013. "Sol--gel synthesis of intrinsic and aluminum-doped zinc oxide thin films as transparent conducting oxides for thin film solar cells", *thin Solid Films*, 529, 242-247.

Sengupta, R.K. Sahoo, C.D. Mukherjee, 2012. "Effect of annealing on the structural, topographical and optical properties of sol-gel derived ZnO and AZO thin films", *Mater. Lett.*, 83, 84--87.

Tauc J., 1976, "Amorphous and liquid semiconductors", Plenum, New York.

Tsay, C., Fan, K., Chen, S., Tsai, C., 2010. "Preparation and characterization of ZnO transparent semiconductor thin films by sol--gel method", *Journal of Alloys and Compounds*, 495, 126--130.

Uhlmann, D.R., Suratwala, T., Davidson, K., Boulton, J.M., Teowee, G., 1997. "Sol-gel derived coatings on glass", *Journal of Non- Crystalline Solids*, 218, 113-122.

Wang M., 2008. "Optical and structural properties of sol-gel prepared $MgZnO$ alloy thin films", *Thin Solid Films*, 516,1124--1129.

Zhang, X.M. Li, T.L. Chen, J.M. Bian, C.Y. Zhang, 2005. "Structural and optical properties of $Zn_{1-x}Mg_xO$ thin films deposited by ultrasonic spray pyrolysis, *Thin Solid Films*", 492, 248-252.

CHAPTER 9

**A Study of Landscape Restoration of Historical Islamic
Religious Buildings (İpek Müge Özgüç Erdönmez, Nilüfer
Kart Aktaş)**

A Study of Landscape Restoration of Historical Islamic Religious Buildings

Assist Prof. Dr. İpek Müge Özgüç Erdönmez¹ Assist Prof. Dr. Nilüfer Kart Aktaş²

Istanbul University Cerrahpasa Faculty of Forestry Department of Landscape Planning and Design 34473 Bahçekoy-Sarıyer ISTANBUL/ TURKEY

¹e-mail: imozguc@istanbul.edu.tr, ² niluferk@istanbul.edu.tr

Keywords: *Religious structures, historical structures, landscape restoration, urban landscape, Yavuz Sultan Selim Complex*

1. Introduction

Restoration was defined as “artistic repair” by the famous art historian Celal Esad Arseven,¹ and it represents so much more meaning than renewal.² It is important to distinguish between restoration and normal repair work. Thus, as stated in the Venice Charter, clause 9; Restoration, which is very different from a normal repair work is a great job of knowledge and expertise.^{3,4} The aim of regulations for restoration of historical buildings and their gardens is to provide permanency by preserving historical identity of these buildings as well as improving standards of the environment.

Garden restorations must be analyzed and evaluated before they are carried out such that they last into the future without losing their specific values. For that purpose, existing cultural values should be identified and any renovations and interventions that have taken place in the past should be discussed and regulation-based suggestions devoted to preservation and permanency of these values should be offered.

Complexes that formed within a civil and social understanding instead of being constructed for function and purpose are the most important works of art and of world architecture for Turkish people. The concept of forming complexes including a mosque, madrasah, hospital, and the other units has been a traditional feature of Muslim Turkish society. Complexes were seen often in the time of the Ottoman Empire, and they contained a collection of buildings combining several activities, like university campuses of today. The multi-purpose buildings are often funded by private foundations. They contributed to fulfill the education, health and social service needs that today's modern states are obliged to provide. At the same time, these complexes indicate the developments in education, health, and social fields of the Ottoman Empire. During the period when the Ottoman Empire had a classical identity especially, it can be seen that each of the sultans built complexes to show the majesty of both the empire and himself.^{5,6}

Mosques are historical religious buildings but they are not only places for prayer, they are also a part of social life. Therefore, in ancient Islamic cities

the houses around the central mosque and the other functions played an important role in the formation of districts.

According to Sancar (2004),⁷ as well as being the most important and the most distinct building of Islamic cities, mosques were placed at the center of settlements. One of the major reasons for that may be that the users wanted these places to be as convenient as possible. Also, according to Arseven (1970),¹ mosques were centers where people were living their religious and social lives. Mosques were surrounded by various buildings such as; public fountains, public soup-kitchens, schools, madrasahs, libraries, and buildings that were used to determine prayer times relevant to the position of the sun. The gardens of the mosques were just as essential as the construction of the mosques themselves.

In every era, mosques were the places where Muslims went to prepare for the afterlife, as described in the Kuran, in “Allah’s own house,” as well as reading and thinking about the Kuran; therefore, gardens played a role in the design and decoration of some mosques.⁸

Open areas that Christians called forums, substituted for Islamic-social complexes’ open areas in Muslim societies. These open areas were assembly areas for Muslims⁹. According to Kart (2008); in Islamic societies where privacy is important, women usually satisfied their recreation needs in their gardens, which were large yards that were well-concealed by long walls, while men used mosques’ gardens as a part of their social life⁹.

In Ottoman architectural style, the design of mosque gardens was influenced by house gardens, palace gardens, recreation grounds, graveyards, and orchards.¹⁰

The concept of the garden started to come into existence with the formation of mosques and prayer rooms’ gardens in its traditional value, especially with the analysis of wooden-minaret-district prayer rooms’ yards and gardens, with the starting concept of flowers and grass¹⁰

In eighteenth century culture these areas were commonly used as the last meeting places for the congregation or summer-time prayer places. The gardens of mosques featured flowers, water wells and water tanks with fountains, pools, and taps in the gardens or on the walls.

The outer yards of large mosques were surrounded by windowed and barred walls, which generally consisted of an atrium. Adjacent to the mosques and the outer yards were small graveyards, where the founders of the mosques and their families and other important people were buried ¹.

In Istanbul, there was no previous outer yard burial tradition.. The gardens had not been intended as a place of burial, the dead had begun to be buried in the yards of mosques later ¹¹.

The aim of this study is to suggest criteria for the landscaping of mosque gardens at the Yavuz Sultan Selim’s Islamic social complex.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

Yavuz Sultan Selim Complex is exemplified to analyze landscaping and restoration at historical and religious buildings (Figure 1). The complex is within the borders of Fatih in Istanbul. It is one of the seven Selatin mosques, which are at the top of the seven hills of Istanbul. It is constructed on the hill that is the closest to Halic.¹²

Selatin mosques are the names that are given to the mosques founded by Ottoman sultans during the Ottoman Empire. In court traditions, there were some conditions to build a Selatin mosques. First of all, to build a Selatin Mosque, the padishah must win a victory in the military and capture the spoils of the victory. During the foundation of the selatin mosques, money was not taken from the public treasury, money was only used from the padishah's own treasury. Some important examples of selatin mosques are Süleymaniye Mosque, Selimiye Mosque, Sultanahmet Mosque, Şehzade Mosque, Nuruosmaniye Mosque, Fatih Mosque, Eyüp Mosque, New Mosque and Beyazıt Mosque. Mosques are situated in the center of large Selatin mosque complexes. There are smaller mosque social-complexes, which were founded by court officers and viziers, and ordinary prayer houses, which were called Islamic social complexes.¹⁴



Figure 1. Yavuz Sultan Selim Mosque ¹³

2.2. Method

In the study, after making a detailed literature research, visiting the Islamic social complex, all the necessary analysis, measurement, observations, and evaluations were made on-site.

In the light of this information, a detailed inventory was made. Within this scope, this study has been handled in two aspects as structural and herbal. Sequence numbers were given to the trees and the positions of these were specified on the 1/100 scaled status plan. Shrubs were not sequenced. After

that, handling tree-shaped plants one by one, determination of their species, approximate ages, d1.3 diameters, heights, circular width in four directions (N, S, E, W), whether they have monumental value and if they are protectable or not, their health condition. Other biological qualities/specifications for the trees were determined and are shown in study report which was prepared by Bozkuş and friends¹⁵.

For the structural investigation; structural elements (roads, yards, floor tools, etc.) around the building have been addressed. Among these studies; the aim is that the historical Islamic social complex will reach its befitting landscaping project.

All the investigations, measurements, determinations and observations, which were practiced on-site, were subjected to precise evaluation in the office. First of all, a tree relieve plan was made, which showed the position of the existing tree-shaped plants and the hill projection. After that, a table of 218 tree-shaped plants was created, which clearly showed whether their types, approximate ages, d1.3 diameters, heights, circular width in four directions (N, S, E, W), if they have monumental value and protectable or not, their health conditions, and whether or not they would take a place in the landscaping project and some of the other biological qualities.¹⁵

Next, the landscaping project of the Islamic social complex was prepared considering tree shaped trees and bushes that were anticipated to stay on the site, and the hard floor to be created and the equipment required. This project determined the type of newly decorative plants that would be introduced, their location sites and numbers, and the suggested hard floors (sitting areas, floors, roads and pergolas, etc.) (Plan 1) ¹⁵.

In choosing plants that would later be brought to the place, it was important to understand the types that had been used in the gardens of the mosques in the past and present for the design concept, thus a broad literature research was made and the publications of Seçkin Ç., 2003 ¹⁶, Evyapan, G.A.,1972 ¹⁷, 1974 ¹⁸, 1990 ¹⁹, Pamay, B. 1985 ²⁰, Çınar ve ark.2010 ²¹, Atasoy, N., 1971 ²², 2002 ²³, 2005 ²⁴, Ayvazoğlu, B, 1995 ²⁵, Baytop T., 2002 ²⁶, Cansever, T., 1997 ²⁷, Çaçur, I., 1999 ²⁸ were analyzed.

3. Findings

3.1.Introduction of Yavuz Sultan Selim Complex and its surroundings

Yavuz Sultan Selim Mosque and its Islamic social complex were built by Kanuni Sultan Suleyman under the name of his father Yavuz Sultan Selim, on the 5th hill of Istanbul overlooking Halic. It is suggested that the architecture of this complex, which was started in 1522 and finished in 1529, was by the architect Sinan according to some resources, while others cite Acem Ali.¹⁴

The history of one quarter of the sixteenth century when the mosque was built on the terrace the 5th hill has not been clarified yet. According to its epitaph, it was founded during the period of Sultan Selim I

This complex comprises a mosque that was finished in 1522, madrasah, school, public-soup house, latterly founded sepulchers, Turkish bath and a public house that is mentioned in a source but its location is unknown. The

mosque consists of a square outer yard that is covered with a dome; two iwan schema shaped resting houses, and a large arcaded yard. Selim I brought Iranian and Egyptian construction workers to Istanbul for the construction of the mosque from his excursions between 1514 and 1527. According to some resources, the architecture of the mosque was designed by the architect Acem Ali, who was brought to Istanbul in the same way.¹⁴

Next to the sepulcher of the Sultan, which was made in 1523, Kanuni Sultan Suleyman had architect Sinan build the Hatuniye Sepulcher for his mother, Hafsa Sultan, and the Sehzadeler Sepulcher his three son (Murad, Mahmud, Abdullah).¹⁴

In seventeenth and eighteenth centuries, the sultan's gathering place was founded (between 1640 and 1648) by Sultan Ibrahim (destroyed in 1938). The extent of the damage sustained from fires in 1633, 1640, 1721, and 1729, which affected the surroundings of the mosque, is unknown.¹⁴

In the nineteenth century, in 1861, the sepulcher for Sultan Abdulmecit was founded at the rear of the mosque. Due to an earthquake in 1894, the Abdulmecit sepulcher was damaged and the Hatuniye sepulcher was destroyed.¹⁴

In the twentieth century, Shaykhy al-islam Ürgüplü Mustafa Hayri Effendi (1914-1916) destroyed the public-soup kitchen, which was across from the mosque. At that location, a girls' school was built by the architect Kemalettin that still stands today. When the school was damaged by the city fire in 1918, the mosque was repaired requiring destruction of some parts of the building in 1938. In 1962, it was repaired again.¹⁴

The restoration of Yavuz Sultan Selim Mosque and its Islamic social complex, which was damaged in the earthquake August 17th 1999, became a current issue. The restoration works of the mosque and the Islamic social complex started in 2006. In addition to the restorations that were made in 2007, preparation of a tree relieve and a landscaping project report by the Istanbul University Faculty of Forestry, landscaping works were also made.¹⁵ After the completion of restoration in 2008, the building was reopened for prayer.

The mosque is positioned at the center of the outer yard surrounding the Islamic-social complex. There are two rooms for the imam and muezzin on both sides of the mosque. The door leafs are some of the finest examples of wood carving and nacre carving.³⁰

In front of the mosque, there is an arcaded yard, which is covered by a small dome, like the Beyazid Mosque. There are three entrances to the yard, one of them is the main door and the other two are side doors. The shape of the doors is similar to the ones in Beyazid Mosque. The yard is surrounded by 18 marble pillars that are set on a marble setting, and these pillars support pointed coves. There are some pointed coved windows at the back of the pillars. Their buttresses are decorated with tiles.¹

At the center of the yard there is a water tank with a fountain that is covered by wooden roof. It stands on marble pillars that have diamond shaped pillar capitals. Cypress and other trees, which are planted around, provide an aesthetic scene (Figure 2). At the head of the main door, which is decorated

with very beautiful stalactites, there is an epitaph written with carved and shiny letters. It reads: “This sacred building was founded by Sultan Selim, who is Sultan of sultans of Persian and Arabs and the ruler of the seas, and the servant of Mecca and Medina, and the son of Fatih Sultan Mehmed’s son Sultan Bayezid. God save the throne and the treasury of this Sultan and this sacred building that is founded on 929 (Muslim Calendar) Muharrem”¹.

The plan of the mosque is square. The dome is based on the four coves constituted by side walls. There are decorated windows on both sides, whose pointed buttresses are decorated with tiles. Like mihrab and mimbar, the doors are also carved with incredible workmanship.¹

The mosque can be entered through the main door and side doors. There are two long corridors in front of these doors covered with cupolas, and along the corridors there are many rooms for courtiers and mosque officers. The corridors have cupolas, windows, small pulleys and diamond shaped decorations. Octangular shaped sepulchers have been built next to the mosque on the side of mihrab. The domes of these sepulchers are covered with cuspidate shaped lead plates.¹



Figure 2. The yard containing a water tank with fountain ³¹

3.2. Preparation of the landscape restoration plan of The Yavuz Sultan Selim Complex

Yavuz Sultan Selim Islamic Social Complex’s landscaping restoration started along with the restoration works in 2006 and has continued in parallel with this restoration.

Within this scope, work has continued with the approach of protectionism. With that purpose, Bozkus et al (2007), created a tree relief plan and the landscaping project report and the works have been maintained in the light of this report. Also, as a result of this study a landscaping restoration plan has been made (Figure 3).

The studies within this scope are briefly described below:

On-site; 218 established tree shaped plants have been confirmed in the Yavuz Sultan Selim Complex. Seventy-four of them are *Cupressus sempervirens*, 38 are *Cedrus* sp, 14 are *Laurus nobilis*, 14 are *Pinus nigra*, 9 are *Pinus pinea*, 11 are *Platanus* sp, 9 are *Pinus brutia*, 7 are *Robinia pseudoacacia*, 6 are *Acer* sp, 5 are *Tilia* sp, 6 are *Pinus pinaster*, 3 are *Aesculus hippocastaneum* and 2 each of *Celtis siliquastrum*, *Juglans nigra*, *Morus alba*, *Prunus avium*, *Pinus sylvestris*, *Prunus domestica*, *Prunus persica*, *Abies* sp and each one of *Prunus laurocerasus*, *Prunus armeniaca*, *Pyrus communis*, *Pinus strobus*, *Diospyros kaki* and *Cydonia vulgaris*.

Other than these, it is intended that only self-seeded plants or the positioning of new plants in the form of sapling and bush, not yet in the form of a tree, be allowed such as; *Rosa* sp, *Lonicera nitida*, *Pyracantha coccinea*, *Cercis siliquastrum*, *Vitis vinifera*, *Cupressus sempervirens*, *Acer* sp, *Thuja orientalis*, *Platanus* sp, *Prunus domestica*, *Morus alba*, *Ailanthus altissima*, *Elaeagnus angustifolia*, *Celtis australis*, *Juglans nigra*, *Nerium oleander*, *Malus communis*, *Diospyros kaki*, *Cydonia vulgaris*, *Ligustrum vulgaris*, *Euonymus japonica*, *Pittosporum tobira*, *Ficus carica*, *Buxus sempervirens*, *Hibiscus syriacus*.

None of these 218 tree-shaped plants have monumental value. There is no valuable tree that is "worthy of protection" because of the green core of the environment. However, it is foreseen and suggested that all of the tree-shaped plants, which are healthy, not dangerous, decorative and do not give any harm to the historical buildings should stay in their places and be protected.

It is determined that the 218 trees are common in the environment and easy to grow.

It has been confirmed that while bringing different tree species to Yavuz Sultan Selim Complex, the biologic qualities of these trees, their mutual growing relations, and their future heights was disregarded and random plantings were made; therefore, they have damaged each other during with the reduction of light and some of them have become dry.

It is suggested that some of the coniferous or deciduous plants, whose chest height diameter is not more than (d1.3 m) 20-25 cm should be transferred. This consists of a total of 15 trees; 2 of them *Aesculus hippocastaneum*, 3 are *Cupressus* sp., 1 is *Acer* sp., 1 is *Cedrus* sp., 5 are *Platanus* sp. 2 are *Prunus persica* and 1 is *Cydonia vulgaris*.

Because some of the trees are unhealthy, dead, pose a danger, and give harm to the other trees and the historical complex, it was suggested that they should be removed. These total 53 trees; 14 *Cupressus sempervirens*, 15 *Pinus* sp, 1 *Celtis australis*, 2 *Juglans nigra*, 2 *Morus alba*, 5 *Cedrus* sp., 1 *Laurocerasus officinalis*, 4 *Laurus nobilis*, 1 *Prunus avium*, 2 *Platanus* sp., 2 *Prunus*

domestica, 1 *Diospyros kaki*, 3 *Robinia pseudoacacia*. Besides these, due to the dried out condition of each of the *Robinia pseudoacacia* and the *Pinus pinea*, it was suggested that they should also be removed.

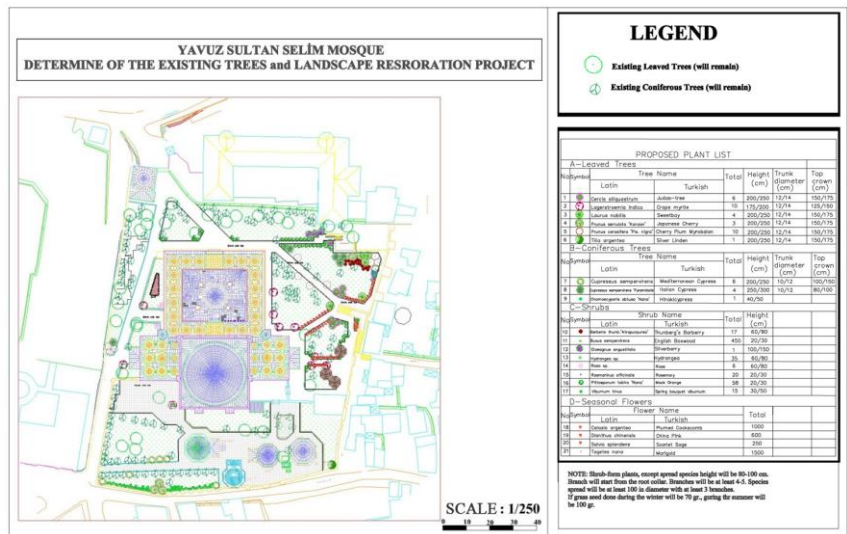


Figure 3. Landscape Restoration Plan of Yavuz Sultan Selim Mosque

Because some of the trees need emergency care and trimming, it was suggested that they should be trimmed and maintained and works have been carried out in this regard. (Figure 4)



Figure 4. A view of the Islamic social complex landscaping restoration work

After showing the positions of the tree-shaped plants that were still in the Yavuz Sultan Selim complex on a 1/100 scaled project, a second scaled project was later prepared marked with only the plants that would stay on the site.

After that, in regard to the historical identity of the site, and under the condition of staying faithful to the existing hard floor as much as possible, new hard floors (resting area, roads, etc.) were laid. (Figure 5, Figure 6).

While choosing floor materials, a hard stone floor was preferred to allow air into the ground of the historical Islamic social complex. The original flooring was preserved in the arcaded yard.



Figures 5 and 6. Hard floor implementations around the complex

On the side of Yavuz Sultan Selim Islamic Social complex that overlooks Halic, due to the scenery, seating and resting areas were founded and 5 pergolas were installed. (Figure 7).

Following these, additional planting was suggested and implemented. During this work, because there were too many existing trees, few tree-shaped plants were used, instead, seasonal flowers and bush shaped trees were used in preference. (Figure 8, Figure 9)

Figure 3 shows the plants that will be used on the site. Their numbers and requested qualities are attached to the list and they are also shown as a legend on the project in Figure 3.

All the grass areas displayed deterioration and wildness; therefore, the grass areas were removed and replaced.



Figure 7. Seating and resting areas founded on the scenic side of the complex.



Figures 8 and 9. The view after the planting restoration of the garden of the complex

4. Conclusion

In addition to being a place of prayer for people in the past and in the present day, Islamic social complexes are also places for people to come together and live their social life. Within this scope, besides places of prayer, they are also resting areas, and places for preparation before worship, etc.

Like other historical buildings, mosques are also cultural monuments that reflect history. As well as improving the living standards of the environment, the aim of landscaping and restorations of mosques, which mirror our history, is to assure lastingness thus preserving historical identity.

Despite the huge effort and great deal of money that is put into the preservation of historical buildings, their surroundings are rarely afforded the same attention. The court yards and gardens, which form a whole with the buildings, are often given up to inexperienced hands, and the results are unsuccessful. It is evident that the famous architects and builders did not create their projects separately, without any consideration to their environment. On the contrary, they created their buildings in harmony with the best landscaping and this approach was the most important element of their success³².

In the example of the Yavuz Sultan Selim complex, to preserve and restore the garden of the mosque, the following issues had to be taken into consideration;

- First of all, preservation should start with the surrounding of the building and continue through its street, district, city and the surrounding area, because the building is a whole with its surrounding³³.
- As Yegin (2008)¹⁰ said, in the restoration of mosques, the surroundings without staying limited to the building itself, should be made healthy keeping its originality as much as possible, and the structural and visual threats, which will give harm to the environment and the building should be vanished.
- In the restorations of the gardens of the mosques, keep to the functional areas, which firstly should take place in the mosque garden Use either herbal or structural restorations that reflect the period of the mosque.
- During the landscaping of historical religious buildings, one of the important elements that should be taken into consideration is the detailed investigation of these buildings' history and trying to keep the regulations of those times alive in the present. For example; Ayvazoglu²⁵ referring to 1995 Celal Esad¹ said that the areas beneath large trees were always left empty to make seating areas. Sometimes there was a pool or public fountain at one side of these trees and at one corner there was an elegant fountain to perform ablution and become cool in these under-tree areas, which were surrounded by the shrubs such as *Laurus nobilis*, *Buxus* sp., etc.
- Garden walls are the elements that limit the garden area and set the border between the road and the garden. These elements should be

regulated according to the characteristic of their own mosque and taking the existing physical conditions (socialization, topography, zoning status etc.) into consideration during the restoration period ¹⁰.

- Structural elements at the garden such as sitting, flooring, lighting, etc. should be handled taking the structure of the mosque into consideration within the frame of restoration elements.

- In the restoration works, plants are as important as the structural elements. Especially in the restoration area, the existing plants should be observed in detail and their types, health condition, and whether they have monumental value or not should be determined.

- While choosing the plants that will be brought to the area later, the types that have been used in the mosques from past to present (*Cupressus* sp, *Platanus* sp, *Celtis* sp, etc.) should be focused on, therefore the identity of the mosque garden will be preserved. According to Ayvazoglu 1995,²⁵ the great solitary sycamores in front of mosques that were used were irreplaceable in the original landscaping of old Turkish cities. It is possible to build a bridge between the past and the present provided that the same style of the past is used in the present.

- As well as paying special attention to the plant species that will be planted in the area, attention should be given to their distance from buildings. The roots of plants that are planted too close to buildings can damage drainage pipes, etc. In the study of Seçkin (2011),³⁴ in such historical places, the problems caused by live landscape materials presented as direct (physical, structural problems with drainage) and indirect (land subsidence and heave) losses.

- If plants do not have monumental character, they should be removed from the area if necessary.

- In historical places, in the use of both hard and soft landscape elements, care must be taken to sustain the perception of historical sites and the plants that will be introduced to the area should not overshadow the character of the building.

- While doing all these works, besides the history of the restoration area, the legal regulations will also be a guide in this matter. According to Çelik and Yazgan, 2007,³³ in historical buildings, protection should be handled as a whole with the environment and the experts, who will work at these protected areas, should work with each other in harmony.

5. References

- 1 Arseven,C.,E., 1970. Türk Sanatı, Cem Yayınevi, İstanbul.
- 2 TDK.http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&sarama=gts&guid=TDK.GTS.51da6e94ccb535.25936176. (Date accessed 08/07/2013).
- 3 Gültekin, E., 2013. Ülkemizdeki Taşınmaz Kültür Varlıklarının Restorasyonuna İlişkin Sorunlar. <http://www.restoraturk.com/restorasyon-incelemeleri-mimari-inceleme/256-restorasyon-sorunlari.html>. (Date accessed 08/07/2013).
- 4 Arel, A. 1990. Eski Eser Tahribatı ve Korumasıyla İlgili Bazı Gözlemler, A.Ü. Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Dergisi, C.XXXIV, Sayı:1-2, Ankara, s.319.
- 5 Yılmaz, Y., 2008. Kanuni Vakfiyesi, Süleymaniye Külliyesi, Vakıflar Genel Müdürlüğü Yayınları, ISBN: 978-975-7386-38-4, Ankara
- 6 Akozan, F., 1988. Süleymaniye-Fatih Külliyesi. Mimar Sinan Dönemi Türk Mimarlığı ve Sanatı (yay. Haz. Zeki Sönmez), Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, nr: 288, s. 15, İstanbul.
- 7 Sancar, C. 2004. Kentsel Donatılar-Kültür ve Eğlence. Kentsel Alanların Planlanması ve Tasarlanması, Trabzon. ISBN 975-95396-7-5.
- 8 Leisten, T., 1995. İslam Dünyasının Bahçeleri, Sanat Dünyamız, Bahçe Kültürü, Yıl:20, Sayı 58, Yapı Kredi Yayınları, İstanbul. ISSN: 1300-2740
- 9 Kart, N., 2008. İstanbul Tarihi Yarımada Yeşil Alanlarının Tarihsel Süreç İçerisindeki Değişiminin İrdelenmesi. PhD. Thesis. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 10 Yeğin, M., 2008. Divriği’de Camii Bahçeleri, http://www.yesildivrigi.net/modules.php?name=Kose_Yazilari&op=viewarticle&artid=75 (Date accessed: 01 Ağustos 2009)
- 11 Ünver, S., 1946. İstanbul Üniversitesi Tarihine Başlangıç, Fatih Külliyesi ve Zamanı İlim Hayatı, İ.Ü. Yayını sayı: 278, sayfa: 64, İstanbul
- 12 Anonymous, 2010. Yavuz Selim Camii, Vikipedi, Özgür Ansiklopedi, http://tr.wikipedia.org/wiki/Yavuz_Selim_Camii (Date accessed July 2010).
- 13 <http://www.visit2istanbul.com/wpcontent/uploads/2011/07/YAVUZSELIM-CAMI.jpg>
- 14 Müller-Wiener, W., 2001. İstanbul’un Tarihsel Topoğrafyası, Translator: Ülker Sayın, Yapı Kredi Yayınları, Yayın No: 1419, İstanbul.
- 15 Bozkuş, F., Özgüç Erdönmez, İ.M., Kart, N., 2007. Yavuz Sultan Selim Külliyesi Ağaç Rölöve Planı ve Peyzaj Projesi Raporu, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.
- 16 Seçkin, Ç., 2003. Gardens of the nineteenth-century imperial palaces in Istanbul Studies in the History of Gardens & Designed Landscapes Volume 23 Issue 1 Spring 2003 p.72-85.
- 17 Evyapan, G.A.,1972. Eski Türk bahçeleri ve Özellikle Eski İstanbul Bahçeleri, O.D.T.Ü. Ankara.
- 18 Evyapan, G.A.,1974. Tarih İçinde Formel Bahçenin Gelişimi ve Türk Bahçesine Etkileri, p 47, O.D.T.Ü. Ankara.
- 19 Evyapan, G.A.,1990. Türk bahçesinde Batı etkileri, Yapı Dergisi, sayı 98, pp 46
- 20 Pamay, B. 1985. Tarihi Bahçelerin Restorasyonu ve Yıldız Sarayı Hasbahçesi, Turing Belleten, 73/352, pp 55.

- 21 Çınar and friends., 2010. Characteristic Plants of Turkish garden Art: Example of Topkapı Palace, Emirgan Grove and Fehime-Hatice Sultan Mansions. First International Turkey and Japan Environment and Forestry Symposium, 04-06 November, Karadeniz Technical University Trabzon, Turkey.
- 22 Atasoy N., 1971. Türklerde Çiçek Sevgisi ve Sanatı. Türkiye'miz. 2(3): 14-24.
- 23 Atasoy N., 2002. Hasbahçe: Osmanlı Kültüründe Bahçe ve Çiçek. Aygaz A.Ş. İstanbul.
- 24 Atasoy, N., 2005. 15. Yüzyıldan 20. Yüzyıla Osmanlı Bahçeleri ve Hasbahçeler. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları. İstanbul.
- 25 Ayvazoğlu, B, 1995. Nerde o Eski Bahçeler. O Eski İstanbul. Bahçe Kültürü Dergisi. 85-102, İstanbul.
- 26 Baytop, T., 2002. İstanbul Florası Araştırmaları. Eren Yayıncılık İstanbul.
- 27 Cansever, T., 1997. İstanbul'da Bahçe Kültürü. İstanbul Armağanı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kültür İşleri Daire Başkanlığı Yayınları. 3:55-58.
- 28 Çaçur, I. 1999. İslam Sarayları ve Çevrelerinin Peyzaj Analizi Topkapı Sarayı Üzerine Bir İnceleme. Master Thesis, İTÜ Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- 29 <http://www.yeniansiklopedi.com/yavuz-sultan-selim/>
- 30 Anonymous, 2003. www.arkitera.com/haberler/2003/01/21/sultanselim.htm.
- 31 <http://www.mustafacambaz.com/data/media/85/sadirvan-avlusu-3.jpg>
- 32 Sözen, N., 1988. Bahçe tasarım Anlayışının Gelişimi ve Hacı Bektaş Veli Külliyesi Çevre Düzenlemesi Üzerine Bir Araştırma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler, No: 571, Ankara.
- 33 Çelik, D., Yazgan, M., E., 2007. Kentsel Peyzaj Tasarımı Kapsamında Tarihi Çevre Korumaya Yönelik Yasa ve Yönetmeliklerin İrdelenmesi, ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 9, sayı 11.
- 34 Seçkin, Ç., 2011. Tarihi Yapılarda Peyzaj Sorunları. Kargir yapılarda Koruma ve Onarım Semineri III, 13-14 Aralık 2011, İstanbul.

CHAPTER 10

**Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile Elektronik Soğutma
(Kemal Furkan Sökmen, Osman Bedrettin Karataş)**

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile Elektronik Soğutma

Kemal Furkan Sökmen¹, Osman Bedrettin Karataş¹

¹Makine Mühendisliği/Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi/Bursa Teknik Üniversitesi

E-mail: furkan.sokmen@btu.edu.tr

osman.karatas@btu.edu.tr

1. Giriş

Elektronik sahada çok hızlı gelişmeler olmaktadır. Bilgisayar destekli iş, sağlık, savunma sistemleri ve haberleşme gözlem uydularına kadar birçok alanda gelişmeler olmuş ve elektronik ekipman ve değişimleri hayatın vazgeçilmezi haline gelmiştir. Aynı zamanda da uygulamaların artmasıyla güvenilirlik ciddi bir sorun haline gelmeye başlamıştır. Savunma sistemlerinde, sağlık sistemlerinde ve uydur sistemlerinde kullanılan elektronik elemanlarda ortaya çıkacak sorunlar, bu servisleri aksatmanın yanı sıra insan hayatını da önemli derece etkileyecektir. Bu sebeple elektronik ekipmanların performansının ve dahi güvenilirliklerinin artırılmasına ihtiyaç duyulur [1].

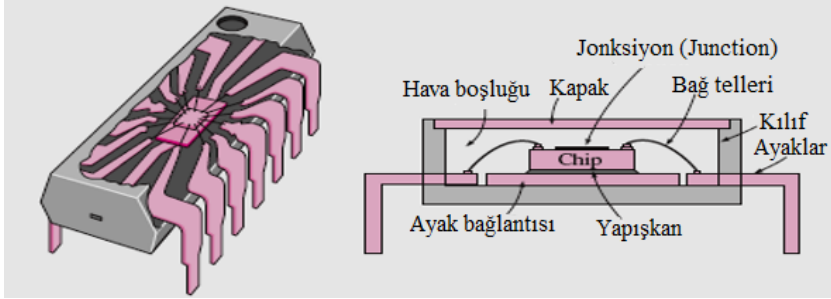
Elektronik ekipmanların ve sistemlerin uygun tasarımının yapılabilmesi ve güvenli çalışmasının sağlanabilmesi için ısı transferi büyük önem arz etmektedir. Çalışma esnasındaki açma ve kapama ile bilgisayarın iki çevrim kartının (board) arasındaki ısı geçişi ortaya çıkar. Bu da çalışma durumlarındaki değişimlerden oluşur. Bu kararsız durum, ısı performansın azalması, mekanik arızaların ortaya çıkması ve ısıl gerilmelerin artması gibi istenmeyen birçok sonuç ortaya çıkarabilir. Bilgisayar çevrim kartları, zaman içerisinde düzenli olarak çalışan ve bu nedenden dolayı hiçbir zaman kararlı duruma geçemeyen cihazlar için bu bilgi çok büyük bir öneme sahiptir [1].

Elektronik kart üzerine çalışan birçok firma soğutmanın nasıl daha iyi olabileceği konusunda ileri ısı analiz uygulamaları yaparak, doğru tasarım ile ısı kontrol teknikleri geliştirilmesi üzerine yönelmişlerdir. Zamanla yapılan gelişmeleri ile birlikte elektronik ekipmanların hacmi küçülmekte, daha hızlı devreler ve yüksek kapasite ihtiyacına yönelik talep artmaktadır. Her devre için artan devre sayısı, güç dağılımının artmasını da doğurmaktadır. Bu eğilim yonga (chip), modül ve sistem sayesinde artan güç yoğunluğunu sağlar. Bu nedenle elektronik kartlar üzerindeki ısı transferinde ya da başka bir deyişle soğutma sistemlerinde bir gelişme olmazsa, bugünkü elektronik ekipmanlarda var olan güç yoğunluğundan dolayı elektriksel performans azalmaya ve ekipmanlarda fiziksel hasarlar ortaya çıkmaya başlar [1].

1.1. Elektronik Devre Elemanlarının Yapısı

Değişik özelliklerdeki diyot, transistör, direnç ve kapasitör gibi elektronik elemanlardan meydana gelen parçalar elektronik kartları oluşturur. Isıl analizlerde bu devre elemanları üzerinden elektronlar aktığı için parçaların birleşim noktalarında (jonksiyon) ısı açığa çıkar. Bu birleşim noktaları jonksiyon (junction) noktaları yani ısı üretim noktalarıdır ve parçanın sıcaklığı en yüksek kısımlarıdır [1].

Elektronik devrelerdeki elemanların jonksiyon sıcaklıkları parçanın sağlıklı çalışması için hesaplanmalı ve sınır sıcaklık şartının altına düşürülmesi gerekmektedir. Silikon bazlı bir yarı iletken elektronik parçada, jonksiyon sıcaklığı güvenlik amacıyla 125°C seviyesini aşmamalıdır. Bu sebeple uzun ömürlü çalışma ve düşük bakım maliyetinin sağlanabilmesi açısından jonksiyon sıcaklığının düşük olması istenir [1].



Şekil 1:Yonga (Chip) taşıyıcı [1]

Şekil 1’de bir yonga (chip) taşıyıcı verilmiştir. Taşıyıcı sayesinde yonga, plastik, seramikten yapılmış katman ile muhafaza edilmektedir. Yonga taşıyıcıya alt yüzeyden yapıştırılır. Yongada oluşan ısıyı taşıyıcıya atmak gerekir ve bu ısı kondüksiyon (iletim), konveksiyon (taşıma), radyasyonla atılabilir. Ancak taşıyıcılar tasarım aşamasında elektriksel yön göz önüne alındığından, taşıyıcının boşlukları ısı iletimi son derece kötü olan gazla doldurulur. Bu sebeple taşıyıcı ile yonga (chip) arasında büyük bir ısı direnç oluşur ve bu direnç junction-case direnci olarak adlandırılır. Bu direnç yapıştırıcı türü veya parçaların cinsinin değiştirilmesiyle düşürülmelidir [1].

1.2.LED Yapısı ve Literatür Çalışmaları

LED (ışık yayan diyet), bir p-n bağlantısına sahip katı hal yarı iletken cihazlardır. LED çip, pozitif (p-tip) ve negatif (n-tip) yüklü iyonları taşıyan yarı iletken katmanlardan oluşmaktadır. LED’lerde elektronlar eksi yönden artı yöne doğru akacağından bu esnada elektrik akımı geçişi olmaktadır. Daha sonra foton oluşumu sağlanması adına elektronlar, pozitif yüke sahip iyonlarla birleşirler. LED’lerden yayılan ışık dalga boyu, negatif ve pozitif yüklerin birleşimiyle oluşan enerjiye karşılık dar bir aralıktadır. Bu enerji yaklaşık yeniden birleşmenin olduğu yarı iletkenin bant aralığı enerjisine denk olmaktadır [2].

Birleşme sıcaklığı yani jonksiyon sıcaklığı (T_j) tayini ile ilgili yapılan bazı çalışmalar [3], [4], LED’lerin ısı iletkenlik dirençlerinin hem optik özelliklerini hem de hizmet ömrünü tanımlamaya yönelik olmuştur. Başka bir çalışmada çevre sıcaklığının LED’ler ve LED’in ömrü üzerindeki etkisi Bider tarafından araştırılmıştır [5]. Bielecki ve arkadaşlarının otomotiv endüstrisinde LED kullanımı üzerine yaptıkları çalışmaları, T_j değerinin hesaplanması ve kanatçık kullanımının LED’in soğutulmasına etkilerin araştırılması üzerine

olmuştur [6]. Vora ve Vijaykumar'ın LED üzerinden yaptığı bir başka çalışmada, baskılı devre üzerinde oluşturulan bakır tabakaları artırarak ısı iletkenliğinin artacağı ve T_j 'de 20°C 'ye kadar sıcaklık düşüşü olacağı ifade edilmektedir [7]. Sheu ve diğ. [8], T_j sıcaklıklarını belirlemek için termal iletkenlik ve termal direnç temelli bir çalışma yapmışlardır. LED'lerin sıcaklık problemleri ile ilgili alternatif soğutma sistemleri üzerine yapılan çalışmalardan biri de Jang ve Shin tarafından incelenmiştir [9]. Bu çalışma LED sistemlerinin sıcaklık problemini çözmek için sıvı ile soğutmaya dayandırıldı. LED'lerin ve kanat tasarımının soğutulması üzerine Bing, Bielecki ve ark. [6], [10] tarafından yapılan bir çalışmada, ortam sıcaklığına bağlı olarak serbest doğal konveksiyon incelenmiş ve ortama ve basılı devreye bağlı olarak gerekli soğutma hesaplanmıştır.

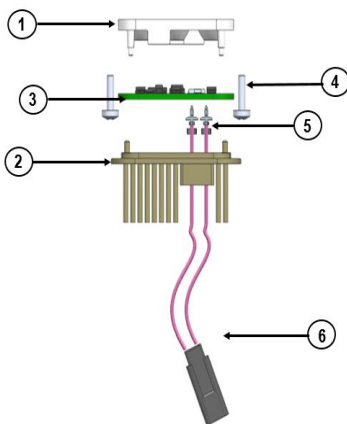
LED'lerdeki sıcaklığı düşürmek için, yüksek ısı iletkenlik katsayısına sahip plakalar kullanılarak uygun sıcaklıklar elde edilemiyorsa, kanatçıkların eklenmesi gerekir. Bu nedenle kanatçık tasarımları önemli bir rol oynamaktadır [11]. LED'ler ve T_j sıcaklığını farklı potansiyel ve ısı iletim katsayıları altında inceleyen Cheng ve ark. tarafından bir çalışma yapılmıştır [12]. Cheng ve arkadaşlarının çalışmalarında, doğal konveksiyon çözümleri yapılmakta ve doğal konveksiyonda belirlenen ısı transfer katsayısının zorlanmış konveksiyonla $20 \text{ W/m}^2\text{K}$, $15 \text{ W/m}^2\text{K}$, $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'e yükselmesi göz önüne alınarak yeni T_j değerleri belirlenmiştir.

Bundan sonraki kısımda seçilen bir LED (Light Emitting Diode) tipi üzerinde FloEFD 17.4 programı kullanılarak hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yöntemiyle yapılan analizler üzerinden değişen parametrelerin etkileri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Termal analiz sonuçlarına girmeden önce kullanılan LED modülün tasarım aşaması ve parçaların malzemesi bu kısım altında verilmiştir.

2.1.Geometri



Numara	Parça tanımı	Malzeme
1	LENS	PC Lexan LS2 Şeffaf
2	Soğutucu	AL-6063 malzeme
3	PCB	FR4 PCB, İletken bant
4	VİDA	EJOT DELTA PT Schraube
5	Çakma CRIMP	CuZn33
6	Kablo Grubu/ Konnektör	FLY-R kablo
7	Etiket	10x30 mm

Şekil 2: LED Modül tasarımı ve parçaların malzeme bilgisi

Kullanılan LED modülün tasarımı ve bileşenlerin malzeme bilgisi Şekil 2’de verilmiştir. Bu tasarımda ilgili bileşenlerin soğutulması için vialar kullanılmış, bileşenler arasındaki ısı etkileşimin mümkün olduğunca az olmasına çaba sarf edilmiştir. Tüm komponentlerin ve viaların yerleşimi, üretilebilirlik koşulları göz önüne alınarak yapılmıştır.

2.2. Matematiksel Formülasyon

2.2.1. İletimle Isı Transferi

Isı transferi sıcaklık farkından dolayı oluşur. İletim; bir maddenin partikülleri arasındaki ilişki boyutunda bakıldığında fazla enerjiye sahip olan partikülden daha az enerjili partiküllere olan enerji transferidir. Temel denklem Fourier ısı iletimi kanunu olarak ifade edilmektedir ve denklem 2.1 ile verilmiştir [13].

$$Q_x = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \quad [W] \quad 2.1$$

‘k’ burada ısı iletim katsayısıdır ve x-yönünde şu şekilde tanımlanır [13].

$$k_x = - \frac{Q_x}{A \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)} \quad [W / mK] \quad 2.2$$

Isı iletim katsayısı buradan da anlaşılacağı gibi, malzemenin özelliğine göre değişmesinin yanı sıra yöne ve sıcaklığa da bağlıdır. Ayrıca ısı iletim katsayısının değeri mesafe ile de bağlantılıdır. Bu yüzden akışkanlarda moleküller arası mesafe katılara göre daha fazla olduğundan, ısı transfer etkisi daha azdır ve iletim katsayıları daha düşüktür [13].

2.2.1.1. Isıl direnç

Bir elektrik direnci ile iletilen elektrik arasındaki ilişki, ısı dirençe iletilen ısı arasındaki ilişkiye benzerdir. Isı iletim direnci denklem 2.3 ile verilmiştir [13].

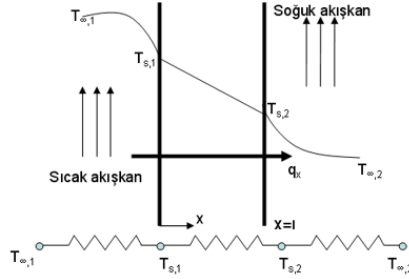
$$R_{t,iletim} = \frac{T_{s,1} - T_{s,2}}{q_x} = \frac{L}{kA} \quad 2.3$$

Burada $q_x = Q_x / A$ olmakta ve ısı akısı olarak adlandırılmaktadır.

Isıl direnç yüzeyde taşınım ile ilişkili ise, ısı taşınım direnci Newton soğuma yasasından düzenlenerek denklem 2.4 olarak yazılabilir [13].

$$R_{t,iletim} = \frac{T_s - T_\infty}{q} = \frac{1}{hA} \quad 2.4$$

Elektronik devre kartları da düşünüldüğünde, devre benzetimi ısı geçişi problemlerini çözmede kolaylık sağlar. Şekil 3’te belirli bir kalınlıktaki yapının her iki yüzeyinde taşınım gerçekleşmesi durumu ele alınmış ve devresi çizilmiştir [13].



Şekil 3: Isıl direnç örnek şeması [13]

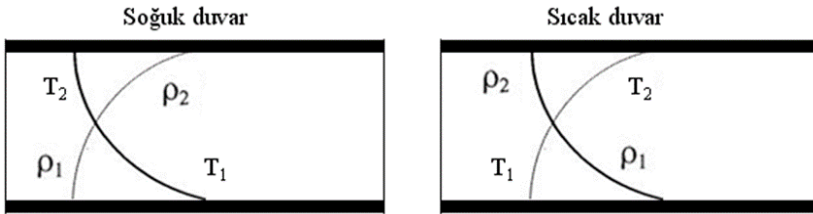
Bu direnç şeması kullanılarak çözüm denklem 2.5 ile yapılabilir [13].

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{R_{Toplam}} = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{h_2 A}} \quad 2.5$$

2.2.2. Doğal Taşınım

Akışkanın herhangi bir dış etkiye maruz kalmadan doğal hareketiyle gerçekleşen ısı transferi türüdür. Hareketli bir akışkanın katı yüzeyi üzerinden akmasıyla sıcaklık farkından dolayı gerçekleşir.

Doğal taşınım olayı basit bir şekilde Şekil 4'te verildiği gibi anlatılabilir. Şekildeki ilk durumda alt levha sıcak ve üst levha soğuktur. Bu yüzden alt yüzeyle temasa geçen hava ısınır ve yukarı doğru hareketine başlar. Yukarıya çıktıkça soğumaya başlayan hava üst levha ile temasının hemen ardından yoğunluğu artar ve aşağı doğru hareket etmeye başlar. Bu şekilde sürekli ve kararsız bir hava hareketi söz konusudur. İkinci durumda ise hava, alt levha ile temasının ardından soğumaya ve alçalma eğilimi göstermeye çalışacaktır ancak yapamayacaktır. Üst levha ile temas eden hava ise ısınarak yükselmek isteyecek ama yapamayacaktır. Bu şekilde de kararlı ve hareketsiz söz konusudur [14].



Şekil 4: Kapalı hacimde doğal taşınım [14]

Analizler için kullanılan FloEFD 17.4 hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı alt yapısında akışkan akışları için kütle, momentum ve enerji korunumu yasalarının formülasyonu olan Navier-Stokes denklemlerini çözer. Denklemler, akışkanın yapısını tanımlayan akışkan durumu denklemleriyle ve akışkan yoğunluğunun, viskozitenin ve sıcaklığa bağlı ısı iletkenliğinin ampirik bağımlılıkları ile desteklenir. Bu eşitlikler denklem 2.6-2,11 ile verilmiştir [13].

Süreklilik (Kütlenin korunumu) denklemi:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0 \quad 2.6$$

Momentum denklemleri:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x}(\rho uu) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho vu) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho wu) \\ = -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \end{aligned} \quad 2.7$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x}(\rho uv) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho vv) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho wv) \\ = -\frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \end{aligned} \quad 2.8$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x}(\rho uw) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho vw) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho ww) \\ = -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \end{aligned} \quad 2.9$$

Akışkanlar için termal enerji korunumu denklemi:

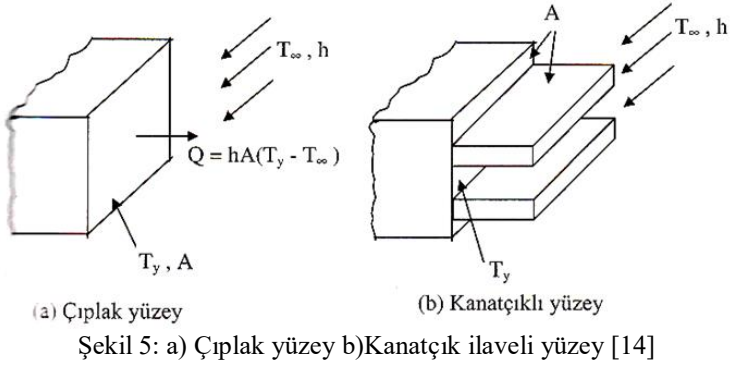
$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho uT) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho vT) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho wT) = \frac{k}{c_p} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + S_e \quad 2.10$$

Katılar için

$$\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) = 0 \quad 2.11$$

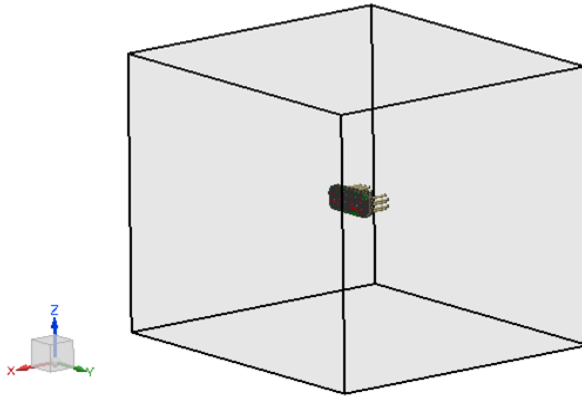
2.2.3. Arttırılmış Yüzeylerden Isı Transferi

Yüzeyden gerçekleşen ısı transferini arttırmak için parça yüzeyine ilave edilen ve kanatçık diye adlandırılan terime arttırılmış yüzey ifadesi denir. Bu konu Şekil 5 üzerinden daha iyi anlatılabilir. Eğer T_y sabit ise, yüzey ile akışkan arasındaki ısı transferini arttırmak için akışkanın hızı arttırılarak ısı taşınım katsayısının değeri arttırılabilir veya akışkan sıcaklığı düşürülerek bu işlem gerçekleştirilebilir. Fakat birçok durumda ısı taşınım katsayısını en yüksek değere yükseltmek ısı transferini sağlamakla yetersiz kalmakta ya da bunu gerçekleştirmek maliyet sınırlamasına takılacaktır. Diğer taraftan sıcaklığını düşürme yöntemi birçok durumda uygulanabilir değildir. Şekil 5'te görüldüğü gibi üçüncü bir seçenek yüzeyin ısı transferine maruz alanını arttırmak ve bu sebeple de ısı transferi miktarını arttırmış olmaktadır. Isı iletim katsayısı ve kanatçık malzemesi, kanatçık üzerindeki ısı transfer miktarını çokça etkiler. Optimum olarak kanatçık malzemesinin ısı iletim katsayısı büyük olan seçilmelidir ve böylece kanatçık tabanı ve ucu arasındaki sıcaklık değişimi en aza indirilebilir [14].



3. Termal Analizler

Bu çalışma FloEFD 17.4 hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı kullanılarak yapılmıştır. İlk olarak Şekil 6’da verilen kontrol hacmi oluşturulmuştur. Discrete Ordinates radyasyon modeli kullanılmıştır. Yerçekimi $9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}$ olarak alınmıştır.



Şekil 6: Kontrol Hacmi

Öncelikle 23°C ortam şartlarında var olan soğutucu ile analizler yapılmıştır. Elektronik bileşenlerin ve diğer parçaların termal açıdan dayanımını kontrol etmek için analiz sınır şartlarının belirlenmiştir. Daha sonra ortam sıcaklığı 40°C ve radyasyon uygulanarak analizler tekrar edilmiştir. Solar radyasyon değeri 1009 W/m^2 ’dir. Soğuma yalnızca doğal taşınımıla olmaktadır. Hacim içindeki hava akışı laminar ve sürekli rejimde kabul edilmiştir.

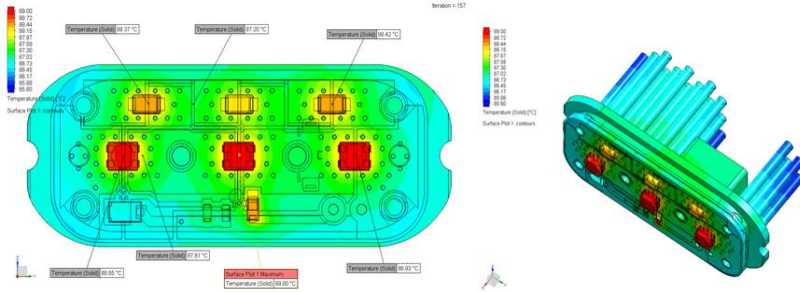
Elektronik bileşenlerin, soğutucunun ve diğer parçaların malzemeleri tanımlanmıştır. Bu malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları, yoğunlukları, ısı sığaları programa girilmiştir.

3.2.Analiz-2

Analiz ortam sıcaklığı 40°C'dir. Solar radyasyon uygulanmıştır. İlgili elektronik komponentlerin üzerinden geçen akım değeri 0.14 A, LED sürüm gerilim değeri maksimum 2.5 V dur.

Analiz sonucunda elde edilen her parça için maksimum sıcaklık değerleri Şekil 9'da verilmiştir. LED üzerindeki maksimum sıcaklık değeri 89 °C dir. LED jonksiyon sıcaklığı aşağıdaki denklemde 114,55° C olarak hesaplanmıştır.

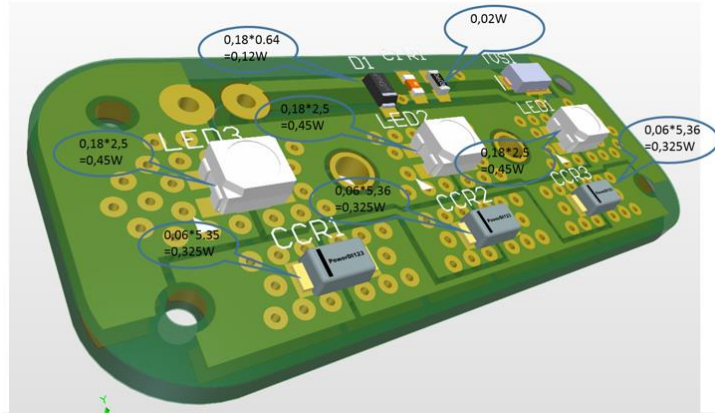
$$T_j = 89^{\circ}\text{C} + 73 \frac{\text{K}}{\text{W}} \times 2,5 \times 0,14 = 114,55^{\circ}\text{C}$$



Şekil 9: Elektronik komponentlerin sıcaklık değerleri

3.3.Analiz-3

Samsung PLCC4 LED için analiz LED üzerinden geçen akım artırılarak tekrarlanmıştır. Analiz ortam sıcaklığı 23°C'dir. Solar radyasyon uygulanmıştır. İlgili elektronik komponentlerin üzerinden geçen akım değeri 0.18A, LED sürüm gerilim değeri maksimum 2.5 V dur. Komponentlerin güç değerleri Şekil 10'da verilmiştir.

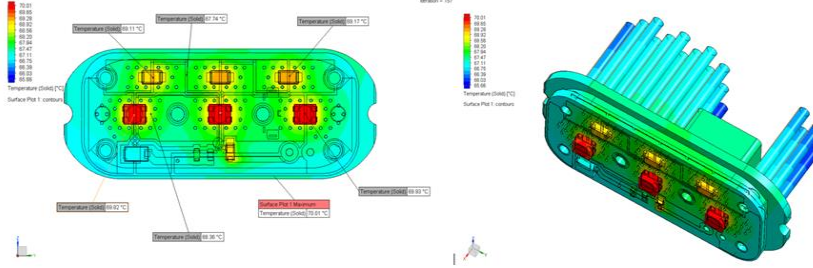


Şekil 10: Elektronik komponentlerin güç değerleri (0.18A)

Analiz sonucunda elde edilen her parça için maksimum sıcaklık değerleri Şekil 11'de verilmiştir. LED üzerindeki maksimum sıcaklık değeri 70,01 °C

dir. LED jonksiyon sıcaklığı aşağıdaki denklemde 102,86° C olarak hesaplanmıştır.

$$T_j = 70,01^{\circ}\text{C} + 73 \frac{\text{K}}{\text{W}} \times 2,5 \times 0,18 = 102,86^{\circ}\text{C}$$



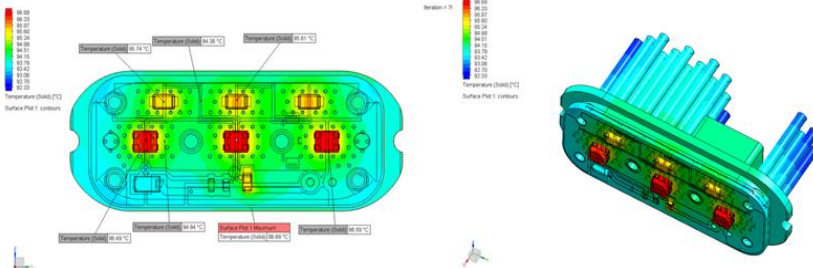
Şekil 11: Elektronik komponentlerin sıcaklık değerleri

3.4.Analiz-4

LED 0.18A deki güç değerleri için analiz tekrarlanmıştır. Analiz ortam sıcaklığı 40°C'dir. Solar radyasyon uygulanmıştır. İlgili elektronik komponentlerin üzerinden geçen akım değeri 0.18 A, LED sürüm gerilim değeri maksimum 2.5 V dur.

Analiz sonucunda elde edilen her parça için maksimum sıcaklık değerleri Şekil 12'de verilmiştir. LED üzerindeki maksimum sıcaklık değeri 96,69 °C dir. LED jonksiyon sıcaklığı aşağıdaki denklemde 129,54° C olarak hesaplanmıştır.

$$T_j = 96,69^{\circ}\text{C} + 73 \frac{\text{K}}{\text{W}} \times 2,5 \times 0,18 = 129,54^{\circ}\text{C}$$



Şekil 12: Elektronik komponentlerin sıcaklık değerleri

4. Sonuçlar

Yapılan analizler sonucu ortaya çıkan veriler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Termal analiz sonuçları

Samsung PLCC4-125°C	ANALİZ-1	ANALİZ-2	ANALİZ-3	ANALİZ-4
Ortam sıcaklığı	23°C	40°C+rad	23°C	40°C+rad
Akım	0,14A	0,14A	0,18A	0,18A
Gerilim	2,5V	2,5V	2,5V	2,5V
Jonksiyon Sıcaklığı	87,1°C	114,55°C	102,86°C	129,54°C

Tablo 1 de Samsung PLCC4 LED için yapılmış termal analiz sonuçları ve analiz sınır şartları verilmiştir. Samsung PLCC4 LED maksimum jonksiyon sıcaklığı 125°C dir. LED için 0,14 A deki güç değerlerine göre yapılan analizler termal açıdan uygundur. Aynı LED’in 0,18A deki güç değerleri için yapılan analizlerinde 23°C deki sonuçları termal açıdan uygundur. Ancak yapılan dördüncü analiz sonuçlarına bakıldığında, LED’in maksimum jonksiyon sıcaklığından fazla bir sıcaklık değeri çıktığından dolayı, Analiz-4 sınır şartları termal açıdan uygun değildir.

Analiz-1 ve Analiz-2 kıyaslandığında, devre üzerinde akan akımın değerinin artması jonksiyon sıcaklığını da yükseltmiştir. Aynı akım değerlerinde fakat farklı ortam sıcaklıklarının olması ve dahi radyasyonun devreye girmesiyle, yüksek sıcaklıklarda ve radyasyon etkisinde jonksiyon sıcaklığının önemli derecede arttığı gözlemlenmiştir.

Akım değerinin yaklaşık %29 artışıyla, jonksiyon sıcaklığında yaklaşık 15°C’lik bir artış gözlemlenirken, ortam sıcaklığının yaklaşık %74 artışıyla ve radyasyonun açılmasıyla, jonksiyon sıcaklığında yaklaşık 27°C’lik bir artış gözlemlenmiştir. Buradan yola çıkarak devre üzerinden geçen akımın, jonksiyon sıcaklığını yüzdelik oranda değiştirme etkisinin daha fazla olduğu söylenebilir.

5. Referanslar

[1] Cengel, A.Y., (2003). *Heat Transfer a Practical Approach*, second ed., chapter 15, McGraw Hill. ISBN:0-07-115150-8, 2003.

[2] Yeh, N. G., Wu, C. H., Cheng, T. C., (2010). *Light-emitting diodes—Their potential in biomedical applications*. Renewable and Sustainable Energy Reviews.14(8), 2161- 2166.

[3] Vora, K., Vijaykumar, P., (2009). *Basic thermal guidelines for using PowerPSoC*, Cypress perform, CA, 2009.

[4] Sheu, G.J., Hwu, F.S., Tu, S.H., Chen, W.T., Chang, J.Y., Chen, J.C., (2005). *The heat dissipation performance of LED applied a MHP*, Fifth International Conference on Solid State Lighting, San Diego, California, USA, 5941-36 (2):1-8.

- [5] Hamm, M., (2005). *LED revolution in headlamp optics, mechanics, thermomanagement and styling*, ISAL Symposium.
- [6] Zhao, X.-J., Cai, Y.-Z., Wang, J., Li, X.-H., Zhang, C., (2015). *Thermal model design and analysis of the high-power LED automotive headlight cooling device*, Appl. Therm. Eng. 75, 248-258.
- [7] Lee, S., (1995). *How to select a heat sink*. <<http://www.electronics-cooling.com/1995/06/how-to-select-a-heat-sink/>>.
- [8] Arika, M., Becker, C., Weaver, S., Petroski, J. (2004). *Thermal management of LEDs: package to system*, Third International Conference on Solid State Lighting, San Diego, California, USA.
- [9] Christensen, A., Graham, S., (2009). *Thermal effects in packaging high power light emitting diode arrays*, Appl. Therm. Eng. 29 (2-3), 364-371.
- [10] Cheng, H.H., Huang, D.S., Lin, M.T., (2012). *Heat dissipation design and analysis of high power LED array using the finite element method*, Microelect. Reliab. 52 (5), 905-911.
- [11] Lighting, G.E., (2009). *Thermal management via*, AppNotes-Thermal. ILUM006, USA.
- [12] Carter, L.L., Cashwell, E.D., (1975). *Particle-Transport Simulation with the Monte Carlo Method*, Los Alamos Scientific Lab., N. Mexico.
- [13] Incropera, F. P., DeWitt, D. P., (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, seventh ed., John Wiley & Sons.
- [14] M. Kılıç, A. Yiğit, *Isı transferi*, Alfa Aktüel Yayın, 2010.

CHAPTER 11

**Tam ve Yarı Bodur Elma Budaması Yayımında; On Altın
Kural (Ahmet Haşim Keskin)**

Tam ve Yarı Bodur Elma Budaması Yayımında; On Altın Kural

Dr. Ahmet Haşim KESKİN

*Konya Toprak Su ve Çölleşme İle Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
E-mail:ahasimkeskin@hotmail.com*

1. Giriş

Son yıllarda ülkemizde bodur ve yarı bodur elma yetiştiriciliği hızla artmaktadır. Yüksek maliyetli bodur elma bahçesi tesisi yatırımının geri dönüşümü ve kara geçmesi ekonomik sürdürülebilirlik için ilk şarttır. Yüksek girdileri olan bu girişimde; kalite ve verim dengeli, birlikte ve entegre yönetilmelidir. Üretimde amaç; kalite yanında kantitedir. Elma; sulama, gübreleme, bitki sağlığı, seyreltme, hasat gibi bakım işleri yapılarak yetiştirilir. Elma yetiştiricisi bakım işlerinden budamada bilgi ve tecrübeye gereksinim duyar. Daha çok verim hedefleyen üreticiler budama işlemini kurulumdan itibaren bütün verim evrelerinde doğru yönetmelidir. Genç ağaçların budaması çok fazla büyümeye neden olur ve bu durum meyve vermeyi geciktirir. Budama ne kadar şiddetli olursa, ağaç o kadar fazla sürgün üretir. Bir ağaç zayıfsa bu arzu edilebilir (Perry,2019).Tarımsal yayımın budamadaki amacı; budamacının temel ağaç yetiştiriciliği ve budama bilgilerini benimsemesi ve ağacını en rantabl esaslarda budama becerisini kazanmasıdır. Budama kesme, koparma, eğme, bağlama yöntemleri ile ağacın büyümesini teşvik etme işidir. Güneşin girişini yönetirken, mekanizasyonu, bitki korumayı, hasadı en az iş gücü, enerji ile yapabilecek ağaç şekli formu tasarlanması terbiye işidir. Bir ağacın budanmasında sanat yatar, böylece büyüme ve verimlilik dengesi oluşur ve estetik olarak sizi tatmin eder (WSU,2019).Training and pruning olarak İngilizce tanımlanan bu kavramlar ayrılmaz bir bütündür. Tarımsal yayımda çarpıcı, dikkat çeken ifadelerle farkındalık oluşması istenen kavramlar belirtilir. Her çeşit elma için değişik öncelikler bulunmaktadır. Her yörenin elma çeşitleri üzerinde farklılaşan etkileri olabilir. Budama çok karmaşık geniş kapsamlı bir konudur. Uzun yıllar klasik ve klonal anaçlı elma yetiştiren Karaman ve Konya bölgesinde Tarım elma da yayım konusunda deneyimlendim. Öne çıkan ve yaygın sorulara pratik çözüm olabilecek budama yeniliklerini paylaşmak amacıyla bu çalışmayı hazırladım. Budama da ilk akla gelen işlem elma ağaçlarının bir yerlerinin (dal, gövde) kesilmesidir. Makas ve testerenin kesme işlevleriyle budama özdeşleşmiştir. Bu çalışma da eğme, bağlama ve koparma kavramlarını bakım işlerine terbiye adıyla ekleyeceğiz.

1.1. Yetiştiricilik Deneyimi

Uzun yıllardır klasik ve klonal anaçlı elma yetiştiren Karaman ve Konya bölgesinde; budama konusunda bölgeye özgün deneyim ve bilgi birikimi oluşmuştur. Öne çıkan ve yaygın sorulara pratik çözüm olabilecek budama yeniliklerini paylaşmak amacıyla bu çalışma hazırlanmıştır. Budama da ilk akla gelen işlem elma ağaçlarının bir yerlerinin (dal, gövde) kesilmesidir. Makas ve testerenin kesme işlevleriyle budama özdeşleşmiştir. Meyve üreten gözlerinin yenilenmesini, taç içindeki ışık ve ilaç dağılımını iyileştirmek için

bitki büyümesini etkilemeyi içerir (Schupp,2019). Bu çalışma da eğme, bağlama ve koparma kavramlarını bakım işlerine terbiye adıyla ekleyeceğiz. Ağacın dikimiyle şekil verilme işlemi başlamaktadır. Tacın (ağacın toprak üstü kısmı) yönetilmesinde; verim ve gelişmeyi dengelemede en doğru birleşimi terbiye destekli budama sağlar. Meyve alınamayan ağaç sürgün gelişimini kontrolsüz devam ettirmektedir. Budama ve terbiyede amaç; kaliteli meyveyi sürekli olarak almaktır. Yatırımın geri dönüşünün erken başlaması avantajlıdır. Erken verim ve kalitede; tam ve yarı bodur elmalar ülkemizde önceden yaygın kullanılan çöğür anaçlardan daha üstündürler. Bodur meyveler odunun az olduğu ağaç yaparlar. Meyveleri standart ve kalitelidir. Daha hassas, geniş bilgi gerektiren budama ve terbiye istemektedirler. Yüksek kuruluş maliyetiyle yatırımcısını daha uzman ve titiz çalışmaya yönlendirmektedir. Dikey alandan faydalanma arayışı ön plandadır. Ülkemiz doğru teknik ve stratejiyle; tam ve yarı bodur elma yetiştiriciliğiyle istenen kalite ve miktarda ihracatlık elmayı üretebilir.

1.2. Dikim Planlama

Günümüzde bitkisel üretimde verim ve kalite kavramları temel ölçüttür. Elma çeşitleri kaliteli meyve için doğru anaçla kurulmalıdır. Doğru anaç ve çeşit uzmanından öğrenilmelidir. Meyvecilik yatırımı doğru kararlar alarak uzun vadeli sürdürülebilir. özellikle Bahçe toprağında dikim öncesi mutlaka dip patlatma yapılmalıdır. Toprak tahliline göre; makro, mikro element eksiklikleri dikim öncesi kök bölgesine organik madde takviyesiyle birlikte karıştırılmalıdır. Leonardit ve toz kükürt içine demir veya çinko sülfat karıştırılması İçanadolu bölgesinde en geçerli uygulamadır. Ahır gübresi atılması özellikle de gübrenin arazi içine topaklı saçılması manas zararına sebep olarak olumsuzluk oluşturabilmektedir. Dip patlatma dikimden önceki yıl tercihen ağustosta tek soklu aletlerle, bir metre derinliğe kadar güçlü traktörlerle araziye uygulanmalıdır.

1.3. Budama

Dikim fidanın aşu yeri toprak üstünde kalacak ve hâkim rüzgara ters olacak yönde hareketli şekilde yapılmalıdır. Fidanda tepe kesiminin toprak yüzeyinden 70-90 cm'den yapılması uygundur. Budama ve terbiye yaz kış bütün yıl devam etmektedir. Yetiştiricilerimiz yaygın olarak kışın yapılan kesime dayalı budama işlemini yeterli kabul etmektedir. Bodur elma yetiştiriciliğinde tek bu zamanda ağacın tacına yapılan müdahale eksik kalacaktır. Dikimle birlikte İlk yıldan başlayan doğru uygulamalar bu on altın kural esaslıdır. Kurallar genellemez. Nietzsche'nin bir sözünde dediği gibi ***“Bu da dahil bütün genellemeler yanlıştır”***. Bilimin mantığında sürekli şüphe zaten vardır. Değişim ve gelişim mukadderdir. Tecrübeler ve bilgiler paylaşıldıkça yayılmakta ve artmaktadır. Mevlana'nın bir sözünde de; ***“Dünyanın en güç işi bir şeyin nasıl yapılacağını bilirken, başka birinin nasıl yapamadığını ses çıkarmadan seyretmektir.”*** demektedir. Tam doğruya giden yolda bilinen en olumlu ve istenen neticeyi veren uygulamalar bu yazıda sırayla vurgulanmıştır.

2. Tam Ve Yarı Bodur Elma Budaması Yayımında; On Altın Kural

2.1. Lider Kesilmez

İç Anadolu ve elma üretilen bütün bölgelerde liderli budamalar tercih edilmelidir (Resim 1). Son yıllarda Avrupa’da özellikle Almanya’da yüksek boylu budama ve terbiye sistemleri önem kazanmaktadır. Dünya pazarında talep gören kırmızı elmalar (Red delicious ve mutantları, Fuji, Gala, Pink lady,...) güneş etkisiyle kızarabilir. Lideri bodur ağaçlarda 4 m’ye kadar uzatılan ağaçlarda renklenme ve kalite yükselmektedir. Böylece hiçbir zaman bodur ve yarı bodurlarda lider kesilmez. Birçok elma üreticimiz hobi olarak diktiği bodur elma ağaçlarında çöğür ağaçlardaki mantıkla goble (çanak) şekline benzer lideri yanlış alışkanlıkla kesmektedir (Resim 2). Bu açıklamaların altın kuralına göre lider kesilmez.



Resim 1. Yarı bodur liderli formda elma ağacı



Resim 2. Lideri ilk yıllarda oluşturulmamış ağaç

2.2. Kestiğim Dal Sürer, Kopardığım Dal Sürmez

Büyümekte olan bir dalı sürgünü durdurmak için kış budamasında hemen kesim yapılır. Bu kesinlikle yeni ve güçlü bir yeni sürgün demektir. Kestiğiniz kısmın altındaki ağaç tarafından kalınlaştırılmakta ve yeni sürgün vererek tepki oluşmaktadır (Resim 3). Yani kış budamasında yaprak gözünden kesim büyümeyi durdurmaz. O dalı sürgünü tamamen istemiyorsak doğrusu elle koparmaktır (Resim 4). Böylece o bölgedeki yeni sürgünü yapacak uyuyan gözde koparılır ve sürme hiç olmaz. Hassas nokta; iki ucu keskin bıçak etkisi

yapan bu kesme kavramına ağacın verdiği bu tepkileri doğru ve zamanında kullanma ustalığıdır. Sürgün olarak boyunu yeterli gördüğünüz dalı yaz döneminde yeşil aksamı ağustos ayında keserek muhtemelen sürmez. Yani çözüm çok sürgün üreten dalı ilk tespit edildiği ilkbahar sürgünü sonrası keserek durdurmaaktır. Ya da eğilerek meyveye yatırılmalıdır. Ağaç genellikle ilkbaharda güçlü sonbaharda daha zayıf sürgünler verir. Kesim ve koparma konusunda zamanı seçerek; *kestiğim dal sürer, kopardığım dal sürmez.*



Resim 3. Sürgün gözünden kesim



Resim 4. Koparma

2.3. Yan Dallar Yatık, Lider İse Dik Gidecek Şekilde Yönlendirilir

Dikim yılı tepe kesimi sonrası ilk sürgünlerini veren bir fidanda haziran başında bir veya iki göz en uçtaki sürgünlerden lider adayı bırakılır. Altındaki avuç kadar bölgedeki sürgün veren gözler (ikinci altın kurala göre) koparılır (Resim 7). Altında kalan gözlerden 3-8 ideali 5 yan dal adayı seçilir. Dallar her yönde olmalıdır üstten bakıldığında yıldız gibi aralarında 72 derecelik açıyla dağılmalıdır. Gövdede dikey aralıkları 5-15 cm oluşacak öngöründe dizilmelidir (Resim 5). Normal (160-175 cm) boyda bir kişinin fidanın dibine bastığında diz kapağı seviyesine kadar olan bölgenin altında dal istenmediğinden koparılır (Resim 6). Mandallama, eğme, bağlama, herekleme ve yanına direk dikme ile; *yan dallar yatık, lider ise dik gidecek şekilde yönlendirilir.*



Resim 5. Lider ve yan dallar



Resim 6. İlk taçlandırma seviyesi



Resim 7. Lider ve yan dal seçimleri

2.4. Dik Giden Dal Sürgün, Yan Giden Dal Meyve Verir

Azot karbon oranıyla açıklanan ve meyve gözü oluşumunu etkileyen yan ve dik giden dallarla (Resim 10) ilgili en pratik uygulama; yan dal açısı gövdeye ortalama 60 derece olmalıdır (Resim 11). Uygun sürgün açısı yatay konumda yaklaşık 30° olduğunda 60 ° 'lik bir çatal açısı oluşturur (Roper, 2019). Yani gövdeyi, lideri saatin yelkovanını 12 yönünde dik olarak düşünerek yan dal saat 2 (veya 10 yönünde) açısında eğimli olmalıdır (Resim 11) . *Dik giden dal sürgün gözü (Resim 8) , Yan giden dal meyve gözü (Resim 9) , verir.*



Resim 8. Yaprak sürgün gözleri



Resim 9. Çiçek meyve gözleri



Resim 10. Eğilmesi gereken yan dal



Resim 11. Saat 2 veya 10 yönünde yan dal

2.5. Bir Meyveyi 40-80 Yaprak Besler

Bitkilerin üretim yaptıkları fotosentezin gerçekleştiği yer yapraklardır. Meyveleri besleyen, oluşturan karbonhidratların yapım yeridir. Yatık dallarda yeterince meyve gözü oluşur ve burada şu altın kuralımız işlemektedir (Resim 12) . *Bir meyveyi ortalama 40-80 yaprak besler.*



Resim 12. Bir meyveyi 40-80 yaprak besler

2.6. İdeal Meyve Konumu ve İriliği

Dal üzerinde dik-yukarı çıkan, aşağıya-alta ve yana dönük meyve gözleri olur. Bunlardan alttaki gözdeki meyve güneşi az alınca renksiz, küçük olur. Yukarı doğru olan gözdeki meyvede iri kaba ve güneş yanığına yatkın olur. Seyreltme beşinci ve altıncı altın kural çerçevesinde yapılmalıdır. En ideal meyveyi yan meyve gözleri yapar (Resim 15). İdeal ve ticari değeri olan meyve 200 gr civarındadır. Yazlık Gala gibi çeşitlerde olgun meyve 140-160 gram civarında (Resim 13) iken genellikle bütün güzlük ve kışlık elmalarda (Granny smith, Fuji, Red ve Golden delicious) en ideal meyve 200 gr civarındadır (Resim 14). Daha irisi de pazarda istenmemektedir. Haziran meyve dökümü sonrasında 5. altın kurala göre meyve bu ideal ağırlığı hedefleyerek seyreltilmelidir. Bir aradaki meyvelerden kral meyve denen düzgün şekilli ve en iri olanı beşinci altın kuralımıza göre belirlenmelidir. Seyreltme de amaç; **200 gr meyve almaya yönelik olmalıdır.**



Resim 13. Yazlık Elma çeşidinde 140 gr elmalar



Resim 14. Kışlık Elma çeşidinde 200gr elmalar



Resim. 15. Meyve gözü seyreltmesinde dik ve alta gidenler alınmalıdır

2.7. Güneş Giren Yerde Meyve Gözü Oluşur

Güneş yaşamın temel enerji kaynağıdır. Bitkilerin ürettiği besinler hayatın sürdürülebilirliğini sağlar. Atasözümüzde “Güneş girmeyen eve doktor girer” diyerek güneşin verdiği şifa belirtilmektedir. Yapraklar fotosentez için güneşe ihtiyaç duyar. Günde ortalama 6 saat direk güneş ışığı gören yere bitki konumlandırmamız önerilir. Güneşten en iyi faydayı güneşe maruz bitki yüzeyini artırarak yakalayabiliriz. Ağaçlarımızı ilk altın kuralımızda olduğu gibi yüksek taçlandırıp şekillendirerek kaliteli meyve hedeflemekteyiz. Meyve gözlerinin güneşi iyi gören ağaç dış yüzeyi, çeperinde yanı dal uçlarında

oluşumu gözlemlenir. Budama güneşi ağacın iç bölgelerine ulaştıracak biçimde yönlendirilir. Böylece tacın iç kısımlar meyve gözü oluşumu tetiklenir. Konik ve pramitimsi ağaç şekli tasarlanarak güneşin iç kısımlara etkili ulaşabilmesi sağlanır. **Güneş giren yerde meyve gözü oluşur (resim 16).**



Resim 16. Güneş ışığının taca dengeli biçimde girmesi hedeflenir

2.8. Gövdenin 1/3'ünden, Yarısından Daha Kalın Olan Dallar Kesilir

Bodur ağaçlarda dalların yatıklığı ve aralarında güneşin dağılımı altın kurallarla ölçülendirildi. Liderin rakipleri yatırılarak kontrol edilmelidir. Yenilerini teşvik etmek için daha az üretmeye başlayan daha yaşlı dalları budamak isteyeceksiniz. Bu uygulama, yıllar boyunca az çok sabit bir ürün elde etmenize yardımcı olacaktır (Patterson,2019). Gelişmede gövdenin 1/3'ünden kalın, yani neredeyse gövdenin liderin yarısı kalınlığında gelişen dallar ileriki yıllarda oluşabilecek olumsuzluklar düşünülerek mutlaka kesilmelidir (Resim 17). Aynı yönden ve yerden dal elde etmek isteniyorsa; dalın gövdeye bağlandığı yerde çıkıntılı-ökçeli kesilmelidir. Kesim noktasının alt kısmında kalan göz uyandırılmalıdır (Resim 18). Zayıf dalların meyveye yatma eğilimi yaklaşımı benimsenmelidir. Bu kesim, kesilen kalın dalın altındaki gizli tomurcukların geniş çatallanma açılırları ile yan dal olarak büyümelerine yol açar.(Parker,2008). Güçlü yan dallar öngörülmeyp yeni uygun eğimde yan dalların oluşumu planlanarak budama işlemleri yapılır. Lidere rakip olma olumsuzluğu ve ağacın dengeli meyve yaprak dağılımı bütünlüğü yönünden çok kalın yan dal yenisi yerinden çıkacak uygulamayla yenilenir. Hollanda da uzun yıllar üretim yapılan klonal anaçlı bahçelerde birçok kez bu yaşlı dalların çıkarılarak yeni dal alınması ile oluşmuş yumrumsu yapılar gözlemlenir. Sonuçta; **gövdenin 1/3'ün den daha kalın olan dallar kesilir .**



Resim 17. Gövdenin 3/1 den kalın dal kesilir



Resim 18. Ökçeli kesimle yeni dal oluşumu.

2.9. Meyve Gözlerinden Kesim Yapılmaz

Sürgün gelişimi kısıtlamasında kesimin yeri ve amacı ilk üç altın kuralımızda vurgulanmıştır. İlk diktiğimiz kamçı fidandaki tepe kesimi yeniden sürgünü ve altındaki gövdede gelişmeyi-kalınlaşmayı teşvik edici etki oluşturur. Bütün kesimler sürgün gözünden tırnak bırakılmadan yapılır. Meyve gözü kesiminde sürgün oluşumu olmaz. Özel amaçlar hariç **meyve gözünden kesim yapılmaz (resim 19).**



Resim 19. Meyve gözünden kesim

Budama çok farklı bitkilerde fizyoloji ve ekolojik özelliklerine göre üstüne kitaplar yazılacak kadar geniş ve karmaşık bir konudur. Burada ki altın kurallar da pratik uygulamalar da akıla ilk gelmesi gereken esasları düzenleyecek

bilgiler, tecrübeler verilmeye çalışılmıştır. İtalya’da elma bahçesi ziyaretinde tecrübeli bir bahçıvan bize şöyle demişti **“Ne kadar budamacı varsa o kadar budama tarzı vardır.** Bahçe dikmek isteyen bir arkadaşımız yazılı olarak fidan dikimine ilişkin bilgi sormuştu; çok kısaltarak en gerekli gördüklerimi yazarak 13 sayfa da tamamlayabilmişim. Budama çok daha kapsamlı bir konu; gözlem ve deneyimle ustalaşabilecek bir sanattır. Meyvecilikte gelişmiş ülkeler klon anaçlarının kitlesel üretimini gerçekleştirmeleri yanında yeni klonal, bodur ve yarı bodur elma anaçları da elde etmeye başlamışlardır. Bu bakımdan elma yetiştiriciliğinde yeni çeşitler, yeni dikim sistemleri ve budama teknikleri ve bunların pratikte yaygınlaştırılması üzerinde durmakta yarar vardır(Küden.2007). Bu yeni sistemler bahçenin kuruluşunda planlanmalıdır. Budama ile anılan terbiye kavramı eski budama şekillerine çok köklü değişiklikler getirmektedir. Her çeşit ve anaç için değişebilecek sistemler geliştirilmelidir (Keskin, 2011). Tarımsal yayımda bölgedeki ihtiyaçlara uygun tekniklerin benimsetilmesi ve yaygınlaşması hedeflenir. Budama aranan kalitede meyveyi elde edebilecek amaç güdülerek profesyonelce yönetilmesi gereken bir süreçtir. Tecrübeli işgücü ile bütün yıl gelecek odaklı olarak yürütülmelidir.

3. Kaynaklar

- Keskin, A.H. 2011. Klonal Elma Yetiştiriciliğinde Tarımsal Yayımda Konya İli Çumra İlçesi Örneği, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, s.60
- Küden, A. 2007. Elma Yetiştiriciliği. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Adana s.3
- Parker, M., L., 2008. Training and Pruning Fruit Trees. North Carolina Cooperative Extension Service North Carolina State University. https://content.ces.ncsu.edu/static/publication/js/pdf_js/web/viewer.html?slug=training-and-pruning-fruit-trees-in-north-carolina (Erişim tarihi 29.03.2019)
- Patterson, P., 2019. Oregon State University Extension Center. Apple trees benefit from proper pruning, spring and summer. <https://extension.oregonstate.edu/news/apple-trees-benefit-proper-pruning-spring-summer> (Erişim tarihi 29.03.2019)
- Perry, L., 2019. Pruning Apple Trees, University of Vermont Department of Plant and Soil Science, <https://pss.uvm.edu/ppp/articles/appleprune.html> (Erişim tarihi 29.03.2019)
- Roper, T.R. 2019. Training And Pruning Apple Trees. University Of Wisconsin- Madison Cooperative Extension <https://polk.extension.wisc.edu/files/2014/02/Training-Pruning-Apples-A1959.pdf> (Erişim tarihi 27.03.2019)
- Schupp, J., 2019. Fruit Tree Pruning - Mature Semi-Dwarf Apple Orchard, PennState University Extension <https://extension.psu.edu/fruit-tree-pruning-mature-semi-dwarf-apple-orchards> (Erişim tarihi 27.03.2019)
- WSU. Washington State University Extension. 2019 Pruning Fruit Trees-Basics. <https://extension.wsu.edu/maritimefruit/pruning-tree-fruit-the-basics/> (Erişim tarihi 29.03.2019)

CHAPTER 12

Fungal Ribotoksinler (Özlem Abacı Günyar, Bahar Midilli)

Fungal Ribotoksinler

Özlem ABACI GÜNYAR¹, Bahar MİDİLLİ²

¹Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji ABD, Bornova-İzmir, ozlemabaci@yahoo.com, ozlem.abaci.gunyar@ege.edu.tr

²Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji ABD, Bornova-İzmir, bhrmdll@gmail.com

1. Giriş

Funguslar, biyolojik olarak ilginç küçük molekülleri üretebilen biyosentetik açıdan yetenekli organizmalardır (Williams et al., 2008). Sekonder metabolitler açısından çok zengin bir kaynak oluşturmaktadırlar. Günümüze kadar binlerce fungal sekonder metabolit izole edilmiştir. Ribotoksinler de bazı fungusların ürettiği sekonder metabolitler arasında yer almaktadır. Ribotoksinler, protein sentezi inhibisyonuna ve apoptozis ile hücre ölümüne yol açan, 28S rRNA' nın büyük ölçüde korunmuş sarcin/ricin domainindeki fosfodiester bağı üzerinde oldukça spesifik bir nükleolitik aktivite sergileyen ribozom inaktive edici proteinler ailesindendir (Olombrada et al., 2017). Ribozomu inhibe etme yeteneklerinden dolayı gelecek vadede birçok biyoteknolojik çalışma gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra bu toksinlerin ribozomal preparatlarda protein biyosentezini 0,1 nM kadar düşük konsantrasyonlarda bile inhibe ettiği gösterilmiştir (Lacadena et al., 2007).

1.1. Fungal Sekonder Metabolitler

Canlıların metabolik faaliyetleri sonucu oluşturdukları ürünlerine metabolit adı verilir. Primer metabolitler büyüme, gelişme ve çoğalma için gerekli olan maddelerdir. Ekspansiyonel fazın sonunda oluşturulan, düşük molekül ağırlıklı olan doğal bileşiklere ise sekonder metabolitler denilmektedir. (Cantürk, 2015). Sekonder metabolitler, uçucu alarm feromonları, birçok böcek için cinsel çekim, yırtıcılara karşı savunma olarak kullanılma gibi salgılayan organizmaya göre değişiklik gösteren çeşitli fonksiyonlar sergilemektedir. Ancak sekonder metabolitlerin büyük bir çoğunluğunun biyolojik fonksiyonu tam anlamıyla belirlenmemiştir (Hansson, 2013).

Fungal gelişimde genellikle sporulasyon süreçleriyle ilişkili olan sekonder metabolitler, fungusa niş özelleşmesi için gerekli olan kimyasal silahların bir parçası olarak düşünülür. Biyoteknolojik ve farmasötik uygulamalarından ötürü ilgi görmektedir. Sekonder metabolitler yararlı olan antibiyotik, antiviral, antitümör ve immünoşüpresan gibi aktiviteler sergileyebilirken fito ve mikotoksik aktiviteler de sergileyebilmektedir (Bok and Keller, 2004).

Fungal sekonder metabolitlerden biri de fungal ribotoksinlerdir ve *Aspergillus*, *Penicillium* gibi filamentöz fungusların bazı türlerinin ve birkaç

fungall türün daha ribotoksin üreticisi olduğu tespit edilmiştir (Lin et al., 1995; Hwu et al., 2001; Olombrada et al., 2016,2017; Landi et al., 2017)

1.2. Fungal Ribotoksinler

Ribotoksinler ribozom inaktif  edici proteinler (RIP) ailesindendir ve 28S ribozomal RNA'nın büyük ölçüde korunmuş olan sarcin/ricin (SRL) domainindeki tek bir fosfodiester bağına karşı oldukça spesifik bir ribonükleolitik aktivite gösterirler. Ribotoksinler yaklaşık 150 amino asitlik ve genel olarak bazik olan küçük proteinlerdir (Olombrada et al., 2017).

Ribotoksinler, 1960'lı yıllarda antibiyotik ve antitümör ajanlar arayan bir çalışmada keşfedilmiştir. Bu  alışmada *Aspergillus giganteus*' un, α -sarcin olarak adlandırılan ve farelerde sarkom ve karsinomay  inhibe edebilen bir protein ürettiği bulunmuştur (Olson and Goerner, 1965; Olombrada et al., 2017). İlerleyen araştırmalarda *Aspergillus restrictus*' ta da benzer aktivite sergileyen restrictocin ve mitogillin ismi verilen 2 ribotoksin keşfedilmiştir. Bir başka ribotoksin olan ve *A. fumigatus* tarafından üretilen Aspfl, *Aspergillus* ile ilişkili hastalıklarda temel alerjen olarak keşfedilmiştir (Varga and Samson, 2008). Sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda da çeşitli fungal ribotoksinler keşfedilmeye devam edilmiştir. Bunlar hirsutellin A (HtA), gigantın, c-sarcin/clavin, ageritin ve anisoplin'dir. α -sarcin, restrictocin, hirsutellin A ve Aspfl en yaygın şekilde karakterize edilen ribotoksinler olarak bilinmektedir. (Varga and Samson, 2008; Landi et al., 2017; Olombrada et al., 2017).

1.3. Fungal Ribotoksin  eşitleri

α -sarcin: *Aspergillus giganteus* MDH 18894 suşu tarafından salgılanan, 3 boyutlu bir yapı gösteren, ribozom inaktif  edici proteinlerin tip I grubuna ait g    bir polipeptid toksindir (Olson and Goerner, 1965; Olmo et al., 2001). α -sarcin ribotoksinler içerisinde ilk keşfedilen protein olduğu için önem arz etmektedir. α -sarcinin insan rabdomiyosarkom hücrelerine giriş mekanizması ve hücre ölümüne neden olan hücresel olayları araştırılmıştır ancak α -sarcin için spesifik olan herhangi bir hücre yüzeyi reseptörü bulunamamıştır (Olmo et al., 2001).

Restrictocin: *A. restrictus*' un bir suşundan elde edilmiş olan restrictocin 149 amino asitten oluşmaktadır. α -sarcin ve mitogillin gibi ribotoksin ailesinin tanınmış  yeleri arasındadır. Restrictocin ile mitogillin arasında sadece bir rezidü fark bulunmaktadır. Ayrıca α -sarcin ile %86 sekans benzerliği taşımaktadır (Rodriguez et al., 1982; Yang and Moffat, 1996).

Hirsutellin A: 1995 yılında *Hirsutella thompsonii* tarafından üretilen etkili toksik maddeler aranırken, insektisidal bir ribotoksin olan HtA keşfedilmiştir. HtA' nın keşfi, böcek öldürücü aktivite sergilemesi sebebiyle ribotoksinlere yeni bir bakış açısı kazandırmıştır (Liu et al., 1995; Olombrada et al., 2014,2017).

Mitogillin: Aynı restrictocin gibi *Aspergillus restrictus* tarafından üretilen, ökaryotik ve prokaryotik hücrelerde protein sentezini inhibe eden toksik proteinlerden biridir (Fernandez-Luna et al., 1985). Mitogillinin ikincil ve üçüncül yapıları, restrictocin ve α -sarcininkiler ile yüksek benzerlik göstermektedir (Gavilanes et al., 1983; Fernandez-Luna et al., 1985). Mitogillin ile restrictocin arasında yalnızca bir amino asit fark bulunmaktadır. Mitogillin ile α -sarcin arasında ise % 86' lık bir amino asit homolojisi vardır. Mitogillin, protein sentezinin güçlü inhibisyonu ve nispeten küçük boyutundan ötürü, monoklonal antikorlarla bağlanma için iyi bir adaydır (Better et al, 1992).

Aspf1: *A. fumigatus* tarafından üretilmekte olan bu 149 amino asitlik protein ribotoksin ailesine aittir. *Aspergillus fumigatus* için temel alerjen olarak tanımlanmıştır. Aspf1 ile α -sarcin arasında 19 (%87 sekans benzerliği) ve restrictocin arasında 1 (%99 sekans benzerliği) rezidü farklılık bulunmaktadır (Garcia-Ortega et al., 2005).

Gigantin: Gigantin de α -sarcin gibi *Aspergillus giganteus* türünden elde edilmiştir. İlk olarak tespit edildiği suş *Aspergillus giganteus* IFO 5818'dir. Biyokimyasal veriler, gigantinin heksoz birimleri içermeyen, tekli bir polipeptit zincir proteini olduğunu göstermektedir (Salvarelli et al., 1994). Aynı türün farklı suşlarından elde edilen restrictocin ve mitogillin arasında tek bir amino asitlik bir fark olduğu gibi gigantın ile α -sarcin arasındaki dizi farklılıklarının da düşük olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, gigantın immünolojik olarak α -sarcinden farklı bir şekilde substrat özgüllüğü göstermektedir. Tüm bu veriler gigantın ile α -sarcinin birbirinden farklı iki ribotoksin olarak sınıflandırılmalarına sebep olmuştur (Wirth et al., 1997).

Ageritin: Diğer tüm ribotoksinler Ascomycetic funguslar tarafından sentezlenirken, ageritin Basidiomycetic bir fungus tarafından sentezlendiği görülen ilk ribotoksindir. Bu toksin *Agrocybe aegerita* tarafından üretilmektedir. Ageritin, farklı amino asit bileşimine rağmen maya lizatlarındaki ökaryotik ribozomlardan spesifik α -fragmentini serbest bırakma yeteneğindedir. Biyokimyasal karakterizasyon çalışmalarında, ageritinin Ascomycetic funguslardan elde edilen ribotoksinlerin yapısal özelliklerinden farklı olduğunu gözlemlenmiştir. Ayrıca merkezi sinir sistemi hücre hatlarına karşı da toksisite göstermektedir. Ageritinin izolasyonu, Basidiomycetic funguslardan yeni biyoaktif ribotoksinler keşfetmeyi amaçlayan araştırmaların da önünü açmıştır (Landi et al., 2017; Ruggiero et al., 2018).

Anisoplin: *Metarhizium anisopliae* kültürlerinde yeni bir ribotoksin olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda anisoplin rekombinant bir protein olarak elde edilmiştir. Yapısal olarak HtA' ya benzemektedir. Anisoplin ribotoksine özgü ribonükleolitik aktiviteyi sergilemektedir. Ayrıca böcek hücrelerine karşı sitotoksikite sergilediği de belirtilmektedir. Bu toksinle ilgili çalışmalar devam etmektedir (Olombrada et al., 2016).

C-sarcin/clavin: *Aspergillus clavatus* kültüründen izole edilmiş bir ribotoksindir. C-sarcin/clavin kodlayan bir genomik DNA (c-sar) bölgesi klonlanmış ve amino asit dizisi tespit edilmiştir. Amino asit dizisi, restrictocin ve α -sarcin ile yüksek bir benzerlik göstermektedir. c-sarcinin hem monomerleri hem de dimerlerinin yoğun RNA' yı in situ olarak inhibe ettiği görülmüştür. C-sarcin' in intron dizisinin α -sarcin ile benzer restrictocin ile farklı olduğu bulunmuştur. C-sarcin intronu ile α -sarcin arasında % 34 benzerlik bulunmaktadır ve bu benzerlik, poliadenin gerilmesi atlanırsa % 83'e çıkmaktadır. C-sarcin ile α -sarcin ve restrictocin arasındaki amino asit sekanslarının benzerlikleri sırasıyla % 84.7 ve % 80 olarak bulunmuştur (Huang et al., 1997).

1.4. Fungal Ribotoksinlerin Yapısı

Keşfedildiklerinden bu yana yapılan çalışmalar ribotoksinlerin *Aspergillus* genusuyla sınırlı olmadığını ve çok çeşitli fungal türlerde bulunabildiğini doğrulamıştır. Birkaç ribotoksinin üç boyutlu yapısı bilinmektedir ve yapılan mutasyonel analizler farklı rezidülerin spesifik rollerinin olabileceğinin tespit edilmesini sağlamıştır (Yang and Moffat, 1996; Perez Canadillas et al., 2000; Viegas et al., 2009; Olombrada et al., 2017).

Ribotoksinler çok geniş olan fungal hücre dışı RNaz grubunun bir parçasıdır. Ribotoksinler, toksik olmayan fungal RNaz' lardan daha büyüktür. Yaklaşık 150 amino asitlik ve genel olarak bazik olan proteinlerdir. Ribotoksinler ile RNaz T1 ya da U2 gibi toksik olmayan RNazlar arasındaki temel yapısal farklılığın, bu bileşiklerin daha uzun ve pozitif yüklü halkalar içermesi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu uzun ve pozitif yüklü halkaların da ribotoksinlerin toksisitesinin yapısal temeli olduğu öne sürülmektedir (Martinez del Pozo et al., 1988; Olombrada et al., 2017).

Ribotoksinlerin T1 ailesinin toksik olmayan fungal RNaz' ları ile yapısal olarak benzer olması ve yüksek derecedeki sekans benzerlikleri bu iki ailenin ortak bir ataya sahip olabileceği düşüncesini ortaya çıkarmıştır (Lamy et al., 1992 ; Kao and Davies, 1995; Olombrada et al, 2017).

1.5. Ribotoksinlerin Etki Mekanizması

Hem ribozom inaktive edici proteinler hem de ribotoksinler aynı evrensel olarak korunmuş rRNA dizisini hedeflemektedir. Ancak bu toksinler tarafından hedeflerine ulaşmak için kullanılan mekanizmalar oldukça farklıdır. Ribotoksinlerin biyolojik fonksiyonları henüz tamamen netleştirilmemiştir. Ancak yapılan çalışmalar, ribotoksinlerden en az iki tanesinin böcek öldürücü özellikte olduğunu göstermiştir. Bu bulgular da ribotoksinlerin savunma ve parazitlik konusundaki rollerini destekleyici niteliktedir (Olombrada et al., 2017).

Ribotoksinlerin ribonükleolitik aktivitesi son derece spesifiktir. Tüm ribozomlarda yüksek derecede korunmuş olan rRNA' nın SRL dizisini hedef alır. SRL, translayon sırasında uL11 bağlanma bölgesi, ribozomal proteinler olan uL6 ve uL4 ve L7 / L12 sapı ile birlikte, ribozomun işlevini doğru

yapması amacıyla gereken uzatma faktörü (elongation factor) bağlanma bölgesini meydana getirirler (Olombrada et al., 2017). SRL yapısına bakıldığında çarpık bir saç tokasından oluştuğu ve en önemli yapısal özelliklerinin GAGA tetraloop ve şişkin G (bulge G motif) motifi olduğu görülmektedir. Ribotoksinler, SRL'deki bu GAGA tetraloopun tek bir fosfodiester bağına parçalayarak RNA'nın 300-400 nükleotidlik küçük bir fragmenti olan ve α fragmenti adı verilen bir fragment üretirler (Lacadena et al., 1998,2007; Olombrada et al., 2017). Bu fosfodiester bağının bölünmesi protein biyosentezini inhibe eder ve apoptozisle hücre ölümünü gerçekleştirir (Olmo et al., 2001; Olombrada et al., 2017).

Keşfedilen ilk ribotoksin olması sebebiyle α -sarcin karakterizasyonu en iyi yapılan ribotoksinlerden biridir. Bu nedenle de ribotoksinlerin etki mekanizmaları ile ilgili yapılan araştırmalarda çokça çalışılmıştır. α -sarcin katalitik kısımlarının His 50, Glu 96 ve His 137 olduğu tespit edilmiştir. Ribozomların spesifik inaktivasyonu için bu üç rezidünün gerekli olduğu görülmüştür. Yapılan ek mutasyonel çalışmalar, Tyr 48, Arg 121 ve Leu 145 kısımlarının gerekli olmadığını ancak α -sarcin ribotoksin aktivitesine katkıda bulunacağını ortaya koymuştur (Masip et al., 2001,2003; Alvarez-Garcia et al., 2006; Olombrada et al., 2017).

Ribotoksinlerin toksisitesi, oldukça spesifik olan RNaz etkinlikleri ile birlikte zarları geçme yeteneklerinin kombinasyonundan kaynaklanmaktadır. Henüz ribotoksinler için herhangi bir protein reseptörü bulunamamıştır. Bu yüzden, ribotoksinler herhangi bir ribozomu inaktive edebiliyor olsa da, hücre membranının lipid yapısının ribotoksinlerin sitotoksik aktivitesinde önemli olduğu anlaşılmaktadır. Ribotoksinlerin transforme ya da virüsle enfekte olmuş hücreler üzerinde daha etkili oldukları düşünülmüş, bunun sebebinin de yüksek olasılıkla değiştirilmiş permeabilite ya da hücre zarının bileşimi olduğu tahmin edilmiştir (Turnay et al., 1993; Olmo et al., 2001). Böceklerle diğer ökaryotlar kıyaslandığında böceklerdeki lipid zar daha ince ve daha akışkandır. Bu yüzden de ribotoksinler için daha erişilebilir ve duyarlı olduğu görülmüştür (Olombrada et al., 2013,2017).

Lipid model sistemlerinin kullanılmasıyla, α -sarcin, asidik fosfolipitlerle zenginleştirilmiş olan lipid veziküllerle etkileşime girdiği kanıtlanmıştır. Bu etkileşim, vezikül yığılması ardından fosfolipidlerin füzyonu ve birbirine karışması ve sonucunda sulu içeriğinin sızdırılmasına neden olmaktadır (Gasset et al., 1989,1990; Olombrada et al., 2017). Ancak ribotoksinler arasında, bu mekanizmanın korunmamış olduğu düşünülmektedir. Yapılan sızma deneyleri sonucunda HtA' nın α -sarcine oranla daha yüksek membran geçirgenlik özelliğine sahip olmasına rağmen, vezikül kümeleşmesini teşvik etmediği bulunmuştur (Herrero-Galan et al., 2008; Olombrada et al., 2013, 2017).

α -sarcin'deki 116-139 rezidülerini içeren kısmın, zarlarla hidrofobik etkileşime katıldığı düşünülmektedir. Ayrıca loop 3' teki 111 ve 114 Lys rezidülerinin, vezikülleri etkileşime sokmak için gerekli olan elektrostatik etkileşimlere katıldığı ileri sürülmüştür (Mancheno et al., 1995,1998; Castano-Rodriguez et al., 2015; Olombrada et al., 2017). HtA' da ise, Trp71 ve Trp78'

in membran-permeabilize edici rol üstlendiği ileri sürülmektedir (Olombrada et al., 2017). Lipid membranlarla olan etkileşim kabiliyeti ribotoksinlerin N-terminalindeki β -hairpini ile de ilişkilendirilmiştir. α -sarcinin içindeki pozitif yüklü olan bu bölgenin çıkarılması, zar etkileşim özelliklerine sahip, toksik olmayan ama aktif bir ribonükleaz üretmektedir (Garcia-Ortega et al, 2002). HtA ve restrictocin' in α -sarcin ile karşılaştırıldığında daha fazla değişkenlik gösterdiği kısım da N-terminali β -hairpin bölgesidir. Pozitif yüklenen ribotoksin yüzeyi, ribozom ile olumlu elektrostatik etkileşimler kurulmasına imkan vermektedir. Bununla birlikte ribotoksinlerin yüksek spesifitesinin, SRL' yi tanımak amacıyla ribozom ile etkileşime girebilen aktif bölgenin haricinde ek elementler gerektirdiği tahmin edilmektedir. Şuana kadar, SRL' nin ve diğer ribozomal elementlerin tanımlanması sürecine katılmak amacıyla birkaç bölge önerilmiştir. Ancak bunlar henüz kesinlik kazanmamıştır (Yang et al., 2201Garcia Mayoral et al., 2005; Korennykh et al., 2006; Alvarez-Garcia et al., 2009; Olombrada et al., 2017)

Ribotoksinlerin, ricin gibi bitki RIP' leri tarafından kullanılandan farklı bir ribozom tanıma mekanizması kullandığını düşünülmektedir. Ribozomal sap proteinleri ile ricin, trichosantin gibi RIP 'lerde translasyon esnasında uzama faktörlerinin toplanmasıyla ilişkili olan diğer ribozomal bölgeler toksinler ile etkileşim kurabilmektedir. Ribozomal sap, ribozomun, uzatma faktörleri için bir tutunma alanı görevi gören çıkıntılı bir yapıya sahiptir ve SRL' yi daha iyi tanımak amacıyla çeşitli ribozom inaktive edici proteinler ile birlikte iş görür. Ribotoksinlerde ise ökaryotik ribozomal sapın, ribozomun α -sarcin tarafından gerçekleşen inaktivasyonuna katılmadığı tespit edilmiştir. (Ayub et al., 2008; Tumer and Li, 2012; Olombrada et al., 2014, 2017).

Ribotoksinlerin bilinen her ribozomu inaktive etme yeteneğinde olması fungusların kendi ribozomlarını nasıl koruduğu sorusunu akla getirmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda çeşitli fikirler ortaya çıkmıştır. Fungal ribotoksinler, hücrel membran kısımlarında işlenen öncüler olarak sentezlenir. Proteini üreten hücrelerin korunmasının, sinyal dizilerinin çok iyi bir şekilde tanınmasına dayandığı düşünülmektedir. *A. nidulans*' daki restrictocin ile ilgili yapılan çalışmalarda lider dizi bozulduğu ya da başka bir tane ile değiştirildiği zaman *A. nidulans*' daki restrictocinin heterolog ekspresyonu azalan transkript seviyeleri ile arttırılmış hücrel lizis göstermiştir. Ribotoksinin fungusun konidyoforlarında her zaman lokalize olmadığı, restrictocindeki lider sınırlayıcı dizisinin sekresyon sırasında fungusu korumada etkili olduğu ileri sürülmüştür. *A. restrictus*' daki restrictocin geni başında bir introna sahiptir. Yapılan bir çalışma, intronların toksisitesini hafifletmek için kullanılabileceğini kanıtlamıştır. Bu nedenle restrictocin içerisindeki bir intronun varlığı da bu fungusların toksin sentezi sırasında kendi hücre ribozomlarına karşı toksisitesini azaltmak için kullandıkları stratejilerin bir örneği olabileceği tahmin edilmektedir (Brandhorst and Kenealy, 1995; Olombrada et al., 2017).

1.6. Ribotoksin Üreticisi Funguslar

Yapılan çalışmalarda ribotoksin üreticisi funguslar arasında *Aspergillus* genusuna mensup türlerin yoğunlukta olduğu görülmektedir. Bu genus içerisinde *A. giganteus*, *A. restrictus*, *A. fumigatus* türlerinin ve *Clavati* grubuna mensup tüm *Aspergillus* türlerinin ribotoksin gen bölgesini bulundurduğu tespit edilmiştir. Ama bu türlerden yalnızca *A. giganteus*, *A. restrictus* ve *A. fumigatus* türlerinin toksini salgıladığı bildirilmiştir. (Varga and Samson, 2008).

Penicillium genusunda *P. resedanum*, *P. spinulosum*, *P. daleae*, *P. digitatum*, *P. aculeatum* ve *P. chermesinum* türlerinin ribotoksin gen bölgesini taşıdığı tespit edilmiş ancak bunlardan yalnızca *P. resedanum*, *P. spinulosum* *P. aculeatum* ve *P. chermesinum* türlerinin toksini salgıladığı bildirilmiştir (Hwu et al., 2001). Ayrıca *Hirsutella thompsonii* ve *Metarhizium anisopliae* entamopatojen türleri ile ilgili yapılan çalışmalarda bu fungusların ribotoksin gen bölgesini taşıdığı ve proteini salgıladığı tespit edilmiştir (Olombrada et al., 2014, 2016). Son yıllarda, Basidiomycetic bir fungus olan *Agrocybe aegerita* fungusunda ribotoksin keşfi yapılmıştır. Bu keşif ile ilk defa basidiomycetes sınıfına ait bir fungusta ribotoksin gen bölgesinin varlığı saptanmıştır. Ayrıca bu fungusun yenilebilir bir fungus olması sebebiyle bu keşif büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışma diğer Basidiomycetes üyelerinde ribotoksin varlığının araştırılmasının da önünü açmıştır (Landi et al., 2017; Ruggiero et al., 2018).

1.7. Fungal Ribotoksinlerin Kullanım Alanlarıyla İlgili Yaklaşımlar

Ribozomu inhibe etme yeteneklerinden dolayı ribotoksinlerin biyoteknolojik kullanım olanaklarının zenginliği dikkati çekmektedir. Bu sebeple de keşfedilmeye başlandıkları yıllardan bu yana çeşitli kullanım potansiyelleri üzerine odaklanılmış ve aşağıda belirtilen alanlarda çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Olombrada et al., 2017).

1.7.1. Ribozomla İlişkili Hastalıklardaki Roller

Ribozomlar hücre büyümesi için gerekli olan tüm proteinleri üreten yaşam için gerekli yapılardır. Özellikle spesifik kusurlar, insanlarda ribozomopatiler adı verilen bir dizi hastalığa neden olur. Ribozomopatilerin daha iyi anlaşılması ribozom biyogenezi çalışmalarında ribotoksinlerin kullanımı yoluyla sağlanabilecektir. Ribotoksinler ribozom biyogenezinde, özellikle de sitoplazmada 60S öncesi parçacıkların olgunlaşma yol izini keşfetmek için uygun araçlar olabilir. Çünkü ribotoksinlerin hedefi olan SRL, bu süreçte gerekli olan bir bölgede lokalizedir (Narla and Ebert, 2010; Olombrada et al., 2017).

1.7.2. İmmünotoksin Çalışmaları

Fungal ribotoksinleri immünotoksin yapımı için uygun kılan çeşitli özellikleri bulunmaktadır. Bunlar arasında en başta ribozomu inaktive etmedeki yüksek verimlilikleri gelmekle birlikte, küçük boyutlarda olmaları, immünojenitelerinin zayıf olması, yüksek termostabiliteleri ve proteazlara

karşı dirençleri de onları immünotoksin yapımı için uygun hale getirmektedir (Olombrada et al., 2017). Bu olumlu özelliklerin haricinde, ribotoksinlerin sitotoksik etkilerinin olması, bu toksinleri kanserli olan hücrelerin yanı sıra sağlıklı hücrelere de zarar verebilecek hale getirdiği için terapötik ajanlar olarak kullanımlarını engelleyen bir durum haline gelmektedir. Fakat artık günümüz teknolojisinde artmış kararlılık ve afiniteye sahip genetiği değiştirilmiş immünotoksinler tasarlanabilmektedir. Ayrıca, fungal ribotoksinlerle ilgili yapılacak her yeni çalışmayla birlikte yeni tipte ribotoksinlerin keşfedilme olasılığı bulunmakta ve bu toksinlerin de tümörojenik proselere karşı ajan olarak kullanılmalarına olanak sağlayabileceği de yüksek bir ihtimal olarak göz önünde bulundurulmaktadır (Varga and Samson 2008).

Son yıllarda ribotoksinlerle ilgili yapılan araştırmalarda özellikle α -sarcin ve Aspfl ribotoksinlerinin β -hairpin kusurlu mutantlarının üzerinde çalışılmaktadır. Yapılan çalışmalarda mutantların toksisitesinde oldukça yüksek miktarda azalma tespit edilmiş ama aynı zamanda ribozomu inhibe etme yeteneklerinin aynı spesifiklikte kaldığı görülmüştür (Alvarez-Garcia et al., 2010). α -sarcin ve hirsutellin A ribotoksinleri ile kolon kanseri hücrelerini hedef alacak immünotoksin çalışmaları yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Tome-Amat et al., 2015; Jones et al., 2016).

Ayrıca başka çalışmalarda Ageritin, agresif ve malign merkezi sinir sistemi ile ilgili olan kanserlere karşı anti-tümör potansiyelini ölçmeye yönelik ön sitotoksik analizler yapılmıştır. Test edilen üç hücre hattında, redoks mitokondriyal aktiviteyi kuvvetli bir şekilde etkileyerek hücre proliferasyonunu inhibe ettiği saptanmıştır (Landi et al., 2017).

1.7.3. Virüslere Karşı Antiviral Etkileri

Yapılan çeşitli çalışmalar sonucunda ribotoksinlerin transforme ya da virüsle enfekte olmuş hücreler üzerinde daha etkili oldukları düşünülmüş, bunun sebebinin de yüksek olasılıkla değiştirilmiş permeabilite ya da hücre zarının bileşimi olduğu tahmin edilmiştir (Turnay et al., 1993; Olmo et al., 2001; Olombrada et al., 2017).

Restrictocin ile ilgili 2015 yılında yapılan bir çalışmada restrictocininin HIV-1 genomu içindeki bölge(ler)i hedef olarak tanıyabildiği tespit edilmiş, ayrıca restrictocinin konukçu hücrelerdeki HIV-1' in çoğalmasını engellediği saptanmıştır. Ayrıca, restrictocinin anti-HIV etkisinin, spesifik ribonükleolitik aktiviteye bağlı olduğu gösterilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar restrictocinin HIV-1' e karşı terapötik antiviral ajan potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Yadav and Batra, 2015).

1.7.4. Zararlılarla Mücadelede Kontrol Ajanı Olarak Kullanılma Potansiyelleri

Hirsutellin A' nın üretimi ve üzerinde yapılan çalışmalar ribotoksinlere potansiyel böcek öldürücü olmaları yönünden yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. *H. thompsonii* kültürünün fermentasyon sıvısı ile yapılan bir çalışma, bu fermentasyon sıvısının hedef böceklerle karşı çok yavaş olsa da

yüksek derecede öldürücü etkiye sahip olduğu göstermiştir (Olombrada et al., 2014). Ayrıca HtA preparatlarının yetişkin narenciye pas maytları için in vivo koşullarda oldukça toksik olduğu tespit edilmiş ve *Galleria mellonella* larvaları için de ölümcül olduğu görülmüştür. Ayrıca in vitro sistemde tavşan retikülositinde ve buğday tohumunda Brome mozaği virüsünün protein sentezini inhibe ettiği tespit edilmiştir (Herrero-Galan et al., 2013).

HtA ve α -sarcin böcek öldürücü aktivitelerinin bir karşılaştırması yapılmış ve araştırma sonucunda α -sarcinin böcek hücre kültürlerine, ribozomlarına ve larvalarına karşı HtA kadar toksik olduğu kanıtlanmıştır (Olombrada et al., 2013). HtA ve α -sarcin dışında böcek öldürücü aktivitesi bakımından restrictocin de çalışılmıştır. Restrictocin *Helicoverpa zea*, *C. freemani* ve *Spodoptera frugiperda*' ya karşı test edilmiş ve yüksek oranda olmasa da önemli derecede toksik etki gösterdiği saptanmıştır (Brandhorst et al., 1996). Ayrıca Anisoplin' in de aynı HtA' da olduğu gibi böcek hücrelerine karşı sitotoksikite sergilediği bildirilmiştir (Olombrada et al., 2016).

1.7.5. *Aspergillus* Alerjilerindeki Roller

Mitogillinin insan idrarında saptanabilen en önemli *A. fumigatus* antijenlerinden biri olarak bulunmuştur. Mitogillin, aspergilloma hastalarının serumlarında saptandığı için *A. fumigatus* ile ilişkili olan hastalıklarda spesifik tanısal belirteç olarak kullanılabileceğini üzerinde durulmuştur. Rekombinant mitogillinin varlığının özel antikor tespiti için *A. fumigatus* ile ilişkili hastalıkların teşhisinde yeni bir serolojik araç sağlayabileceği düşünülmektedir (Weig et al., 2001).

Ribotoksinler arasında Aspfl, alerjen olarak en ayrıntılı incelenen toksindir. Yapılan çalışmalarda Aspfl' in, alerjik solunum hastalıklarından alerjik bronkopulmoner aspergillozisin (ABPA) patojenitesi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Aspfl 1 ayrıca in vivo olarak test edilen ilk rekombinant alerjendir ve serolojik tayinlerle de tam uyumlu olduğu tespit edilmiştir (Herrero-Galan et al., 2009).

Aspfl ve α -sarcin' in sitotoksik özellik göstermeyen hipoalerjenik mutant varyantları, *Aspergillus* hipersensitivitesi ve teşhisine karşı immün modüle edici tedavilerde kullanılmak amacıyla uygun olabileceği düşünülmüştür. Bunlar bir aşı aracı olarak Aspfl' e bağlı hastalıklarda immünoterapötik protokollerde kullanılabilen ve genellikle güvenli olarak kabul edilen bir mikroorganizma olan *Lactococcus lactis*' in vektör olarak kullanılmasıyla rekombinant olarak üretilmiştir (Alvarez-Garcia et al., 2008, 2010).

1.7.6. Antifungal Aktiviteleri

Lucia Citores ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada α -sarcinin, *Penicillium digitatum*'a karşı güçlü bir antifungal aktivite gösterdiğini tespit edilmiştir. Bu çalışmada α -sarcinin ribozomları inaktive ettiği, böylece hücreleri öldürdüğü ve fungusun büyümesini durdurarak sitozole girebildiği rapor edilmiştir. Bu çalışmada ilk kez bir ribotoksinin antifungal etkisi olduğu saptanmıştır. α -sarcinin antifungal etkisinin de olduğunun tespit edilmesi bu

alanda diğer ribotoksinlerle yapılacak çalışmaların da önünü açmıştır (Citores et al., 2018).

1.8. Fungal Ribotoksinlerin Sitotoksik Etkileri

SRL dizisinin ve yapısının tüm ribozomlarda evrensel oluşu bütün alemlerdeki ribozomları ribotoksinlerin aktivitesine karşı duyarlı kılmaktadır. Ribotoksinlerle ilgili yapılan çalışmalar, bu toksinlerin büyük rRNA gen fragmentindeki tek bir fosfodiester bağına spesifik olarak parçalama özelliği ile ribozomal preparatlarda 0,1 nM kadar düşük olan konsantrasyonlarda bile protein biyosentezini inhibe ettiğini göstermiştir. Ve α -sarcinin tek bir molekülünün bir hücrenin öldürülmesi için yeterli olacağı tespit edilmiştir. Bu veriler ribotoksinlerin bu özel aktivitesinin son derecede spesifik ve etkili olduğunu gözler önüne sermektedir (Lacadena et al., 2017).

Yapılan birkaç epidemiyolojik çalışma, ribotoksin zehirlenmesi ile akut mukozal inflamatuvar hastalık, epitelyal malignite gibi çeşitli insan mukozal epitel hastalıkları arasında bağlantı olduğunu ileri sürmektedir. Kimyasal ribotoksik stres, transepitelyal direnç, epitel farklılaşması ve beslenme absorpsiyonuna müdahalede bulunarak bağırsak mukozasının bütünlüğünü değiştirmektedir. Ve bu durumların da anoreksi ve kilo kaybıyla ilişkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca, ribotoksik ajanların bağırsak ve sistemik inflamasyonu tetiklediği ve epitel hücrelerinde ve diğer bağışıklık ile ilgili hücrelerde pro-inflamatuvar mediatörlerin üretilmesine yol açtığı belirtilmiştir (Moon, 2012). Son zamanlarda bir ribotoksin olarak kabul edilen deoksinivalenolün (DON) de sistemik ve barsak bağışıklığını değiştirdiği bilinmektedir (Graziani et al., 2015).

Ribotoksinler gerek ribozomu inaktive etme yetenekleri gerekse sitotoksik etkileri ve bunlara bağlı olarak bahsedilen birçok alanda çalışma konusu olmaları nedeniyle önemli bir fungalsekonder metabolittir. Dünya genelinde keşfedildikleri yıllardan bu yana birçok çalışmaya konu olmuşlardır. Biyoteknolojik çalışmaların günümüzde önem kazanmasıyla bu toksinlerin de önemi artmaktadır. Bu derlemenin ülkemizde de ribotoksinlerin tanınması ve çalışılmasının önünü açması bakımından önemli olduğunu düşünmekteyiz.

2. Kaynaklar

Álvarez-García, E., García -Ortega, L., Verdún , Y., et al. (2006). Tyr-48, a conserved residue in ribotoxins, is involved in the RNA degrading activity of α -sarcin. *Biol. Chem.* 387(5): 535–541.

Álvarez- García, E., Alegre-Cebollada, J., Batanero, E., et al. (2008). *Lactococcus lactis* as a vehicle for the heterologous expression of fungal ribotoxin variants with reduced IgE binding affinity. *Journal of Biotechnology*. 134(1-2): 1-8.

Álvarez-García, E., Martínez-del-Pozo, A., Gavilanes, J.G. (2009) Role of the basic character of

α -sarcin's NH2-terminal -hairpin in ribosome recognition and phospholipid interaction. *Arch. Biochem. Biophys.* 481: 37–44.

Álvarez- García, E., Batanero, E., García-Fernández , R., et al. (2010). A Deletion Variant of the *Aspergillus fumigatus* Ribotoxin Asp f 1 Induces an Attenuated Airway Inflammatory Response in a Mouse Model of Sensitization. *J. Investig. Allergol. Clin. Immunol.* 20(1): 69-75.

- Ayub, M.J., Smulski, C.R., Ma, K.W., et al. (2008). The Cterminal end of P proteins mediates ribosome inactivation by trichosanthin but does not affect the pokeweed antiviral protein activity. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 369: 314–319.
- Brandhorst, T., Kenealy, W.R. (1995). Effects of leader sequences upon the heterologous expression of restrictocin in *Aspergillus nidulans* and *Aspergillus niger*. *Can. J. Microbiol.* 41: 601–611.
- Brandhorst, T., Dowd, P.F., Kenealy, W.R. (1996). The ribosome-inactivating protein restrictocin deters insect feeding on *Aspergillus restrictus*. *Microbiology.* 142: 1551-1556.
- Better, M., Bernhard, S.L., Lei, S.P., et al. (1992). Activity of Recombinant Mitogillin and Mitogillin Immunoconjugates, *The Journal of Biological Chemistry*, 267(23): 16712-16718.
- Bok, J.W., Keller, N.P. (2004). LaeA, a Regulator of Secondary Metabolism in *Aspergillus* spp. *Eukaryotic Cell*, Apr. 3(2): 527-537.
- Cantürk, Z.(2015) *Aspergillus* ve *Penicillium* Cinslerine Ait Sekonder Metabolitler ve Sınıflandırılması. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi* T. 13(2): 1-8.
- Castano-Rodríguez, C., Olombrada, M., Partida-Hanon, A., et al. (2015). Involvement of loops 2 and 3 of α -sarcin on its ribotoxic activity. *Toxicon.* 96: 1–9.
- Citores, A., Iglesias, R., Ragucci, S. et al. (2018). Antifungal Activity of α -Sarcin against *Penicillium digitatum*: Proposal of a New Role for Fungal Ribotoxins. *ACS Chem. Biol.* 13: 1978-1982.
- Fernandez-Luna, J.L., López-Otin, C., Soriano, F., et al. (1985). Complete Amino Acid Sequence of the *Aspergillus* Cytotoxin Mitogillin. *Biochemistry.* 24: 861-867.
- García -Mayoral, F., García -Ortega, L., Álvarez- García, E., et al. (2005). A. Modeling the highly specific ribotoxin recognition of ribosomes. *FEBS Lett.* 579: 6859–6864.
- García -Ortega, L., Masip, M., Mancheno, J.M., et al. (2002). Deletion of the NH₂-terminal β -hairpin of the ribotoxin α -sarcin produces a nontoxic but active ribonuclease. *J. Biol. Chem.* 277: 18632–18639.
- García -Ortega, L., Lacadena, J., Villalba, M., et al. (2005). Production and characterization of a noncytotoxic deletion variant of the *Aspergillus fumigatus* allergen Asp f1 displaying reduced IgE binding. *FEBS J.* 272: 2536–2544.
- Gavilanes, J.G., Vazquez, D., Soriano, F., et al. (1983). Chemical and spectroscopic evidence on the homology of three antitumor proteins: α -sarcin, mitogillin and restrictocin. *Journal of Protein Chemistry.* 2(3):251-261.
- Graziani, F., Pujol, A., Nicoletti, C., et al. (2015). The Food-Associated Ribotoxin Deoxynivalenol Modulates Inducible NO Synthase in Human Intestinal Cell Model. *Toxicological Sciences.* 145(2): 372-382.
- Gasset, M., Martínez-del-Pozo, A., Oñaderra, M., et al. (1989). Study of the interaction between the antitumor protein α -sarcin and phospholipid vesicles. *Biochem. J.* 258: 569–575.
- Gasset, M., Oñaderra, M., Thomas, P.G., et al. (1990). Fusion of phospholipid vesicles produced by the anti-tumor protein α -sarcin. *Biochem. J.* 265: 815–822.
- Hansson, D.(2013). Structure and biosynthesis of fungal secondary metabolites, Uppsala: Sveriges lantbruksuniv. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae.* 1652-6880(63): 73.
- Herrero-Galán, E., Lacadena, J., Martínez del Pozo, A., et al. (2008). The insecticidal protein hirsutellin A from the mite fungal pathogen *Hirsutella thompsonii* is a ribotoxin. *Proteins. Wiley-Liss, Inc.* 72: 217–228.
- Herrero-Galán, E., Álvarez- García, E., Carreras-Sangrà, N., et al. (2009). Fungal Ribotoxins: Structure, Function and Evolution, *Microbial Toxins: Current Research and Future Trends.* 167-182.
- Herrero-Galán, E., García-Ortega, L., Olombrada, M., et al. (2013). Hirsutellin A: A Paradigmatic Example of the Insecticidal Function of Fungal Ribotoxins. *Insects.* 4:339-356.

- Huang, K.C., Hwang, Y.Y., Hwu, L., et al. (1997). Characterization of A New Ribotoxin Gene (c-sar) from *Aspergillus Clavatus*. *Toxicon*. 35(3): 383-392.
- Hwu, L., Cho, C., Tzeanz, S.S., et al. (2001). Nucleotide sequence and the action of ribotoxin gene (sar gene) of *Penicillium* isolates from Taiwan. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 42: 101-107.
- Jones, T.D., Hearn, A.R., Holgate, R.G.E., et al. (2016). A deimmunised form of the ribotoxin, α -sarcin, lacking CD4+ T cell epitopes and its use as an immunotoxin warhead, *Protein Engineering. Design&Selection*. 29(11):531-540.
- Kao, R., Davies, J. (1995). Fungal ribotoxins: a family of naturally engineered targeted toxins?. *Biochemistry and Cell Biology*. 73(11-12): 1151-1159.
- Korennykh, A.V., Piccirilli, J.A., Correll, C.C. (2006). The electrostatic character of the ribosomal surface enables extraordinarily rapid target location by ribotoxins. *Nat. Struct. Mol. Biol.* 13: 436-443
- Lacadena, J., Martínez-del-Pozo, A., Lacadena, V., et al. (1998). The cytotoxic α -sarcin behaves as a cyclizing ribonuclease. *FEBS Lett.* 424: 46-48.
- Lacadena, J., Álvarez-García, E., Carreras-Sangrà, N., et al. (2007). A. Fungal ribotoxins: Molecular dissection of a family of natural killers. *FEMS Microbiology Reviews*. 31(2): 212-237.
- Lamy, B., Davies, J.(1992). The *Aspergillus* Ribonucleolytic Toxins (Ribotoxins), Genetically Engineered Toxins. Marcel Dekker Inc. 237-257.
- Landi, N., Pacifico, S., Ragucci, S., et al. (2017). Purification, characterization and cytotoxicity assessment of Ageritin: The first ribotoxin from the basidiomycete mushroom *Agrocybe aegerita*. *Biophysica et Biophysica Acta*. 1861(5): 1113-1121.
- Lin, A., Huang, K.C., Hwu, L., et al. (1995). Production of Type II Ribotoxins by *Aspergillus* Species and Related Fungi in Taiwan. *Toxicon*. 33(1): 105-110.
- Liu, W.Z, Boucias, D.G, McCoy, C.W. (1995). Extraction and characterization of the insecticidal toxin hirsutellin A produced by *Hirsutella thompsonii* var. *thompsonii*. *Exp. Mycol.* 19: 254-262.
- Mancheño, J.M., Gasset, M., Albar, J.P., et al. (1995). Membrane interaction of a beta-structure-forming synthetic peptide comprising the 116-139th sequence region of the cytotoxic protein α -sarcin. *Biophys J*. 68: 2387-2395.
- Mancheño, J.M., Martínez-del-Pozo, A., Albar, J.P., et al. (1998). A peptide of nine amino acid residues from α -sarcin cytotoxin is a membrane-perturbing structure. *J. Pept. Res.* 51: 142-148.
- Martínez-del-Pozo, A., Gasset, M., Oñaderra, M., et al. (1988). Conformational study of the antitumor protein α -sarcin. *Biochim. Biophys. Acta*. 953: 280-288.
- Masip, M., Lacadena, J., Mancheño, J.M., et al. (2001). Arginine 121 is a crucial residue for the specific cytotoxic activity of the ribotoxin α -sarcin. *Eur. J. Biochem.* 268: 6190-6196.
- Masip, M., García-Ortega, L., Olmo, N., et al. (2003). Leucine 145 of the ribotoxin α -sarcin plays a key role for determining the specificity of the ribosome-inactivating activity of the protein. *Protein Sci.* 12: 161-169.
- Moon, Y.(2012). Cellular alterations of mucosal integrity by ribotoxins: Mechanistic implications of environmentally-linked epithelial inflammatory diseases. *Toxicon*. 59: 192-204.
- Narla, A., Ebert, B.L.(2010). Ribosomopathies: human disorders of ribosome dysfunction. *Blood*. 115: 3196-3205.
- Olmo, N., Turnay, J., González de Buitrago, G., et al. (2001). Cytotoxic mechanism of the ribotoxin α -sarcin. Induction of cell death via apoptosis. *Eur. J. Biochem.* 268:2113-2123.
- Olombrada, M., Herrero- Galán, E., Tello, D., et al. (2013). Fungal extracellular ribotoxins as insecticidal agents. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 43: 39-46.

Olombrada, M., Martínez-del-Pozo, A., Medina, P., et al. (2014). Fungal ribotoxins: Natural protein-based weapons against insects. *Toxicon*. 83: 69–74.

Olombrada, M., Medina, P., Budia, F., et al. (2016). Characterization of a new toxin from the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*: The ribotoxin anisoplin. *Biological Chemistry*. 398(1): 135-142.

Olombrada, M., Lázaro-Gorines, R., López-Rodríguez, J.C., et al. (2017). Fungal Ribotoxins: A Review of Potential Biotechnological Applications. *Toxins*. 9(2): 71.

Olson, B.H., Goerner, G.L. (1965). α -sarcin, a new antitumor agent I. Isolation, purification, chemical composition, and the identity of a new amino acid. *Appl. Microbiol.* 13: 314–321.

Pérez-Cañadillas, J.M., Santoro, J., Campos-Olivas, R., et al. (2000). The highly refined solution structure of the cytotoxic ribonuclease α -sarcin reveals the structural requirements for substrate recognition and ribonucleolytic activity. *J. Mol. Biol.* 299:1061–1073.

Rodriguez, R., Lopez-Otin, C., Barber, D., et al. (1982). Amino acid sequence homologies in α -sarcin, restrictocin and mitogillin. *Biochim. Biophys. Res. Commun.* 108: 315–321.

Ruggiero, A., García-Ortega, L., Ragucci, S. et al. (2018). Structural and enzymatic properties of Ageritin, a novel metal-dependent ribotoxin-like protein with antitumor activity. *BBA - General Subjects*. 1862:2888–2894.

Salvarelli, S., Muñoz, S., Conde, F.P. (1994). Purification and characterization of a ribonuclease from *Aspergillus giganteus* IF0 5818, the gigantint Immunological and enzymic comparison with α -sarcin. *Eur. J. Biochem.* 225: 243-251.

Tomé-Amat, J., Herrero- Galán, E., Oñaderra, M., et al. (2015). Preparation of an engineered safer immunotoxin against colon carcinoma based on the ribotoxin hirsutellin A. *FEBS Journal*. 282: 2131–2141.

Tumer, N.E., Li, X.P. (2012). Interaction of ricin and Shiga toxins with ribosomes. *Curr. Top. Microbiol. Immunol.* 357: 1–18.

Turnay, J., Olmo, N., Jiménez, A., et al. (1993). Kinetic study of the cytotoxic effect of α -sarcin, a ribosome inactivating protein from *Aspergillus giganteus*, on tumour cell lines: Protein biosynthesis inhibition and cell binding. *Mol. Cell. Biochem.* 122: 39–47.

Varga, J., Samson, R.A. (2008). Ribotoxin genes in isolates of *Aspergillus section Clavati*. *Antonie van Leeuwenhoek*. 94: 481–485.

Viegas, A., Herrero- Galán, E., Oñaderra, M., et al. (2009). Solution structure of hirsutellin A, New insights into the active site and interacting interfaces of ribotoxins. *FEBS J.* 276: 2381–2390.

Weig, M., Frosch, M., Tintelnot, K., et al. (2001). Use of Recombinant Mitogillin for Improved Serodiagnosis of *Aspergillus fumigatus* Associated Diseases. *Journal of Clinical Microbiology*. 1721-1730.

Williams, R.B., Henrikson, J.C., Hoover, A.R., et al. (2008). Epigenetic remodeling of the fungal secondary metabolome. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 6: 1895-1897.

Wirth, J., Martínez-del-Pozo, A., Mañcheno, J.M., et al. (1997). Sequence Determination and Molecular Characterization of Gigantin, a Cytotoxic Protein Produced by the Mould *Aspergillus giganteus* IFO 5818. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 343(2): 188-193.

Yadav, S., Batra, J.K. (2015). Ribotoxin restrictocin manifests anti-HIV-1 activity through its specific ribonuclease activity. *International Journal of Biological Macromolecules*. 76:58-62.

Yang, X., Moffat, K. (1996). Insights into specificity of cleavage and mechanism of cell entry from the crystal structure of the highly specific *Aspergillus* ribotoxin, restrictocin. *Current Biology Ltd.* 4: 837–852.

Yang, X., Gérczei, T., Glover, L., et al. (2001). Crystal structures of restrictocin-inhibitor complexes with implications for RNA recognition and base flipping. *Nat. Struct. Biol.* 8: 968–973.

CHAPTER 13

**Kolemanit Mineralinin Çözünürlüğünde Ortam pH'sının
Etkisinin İncelenmesi (Mehmet Faruk Eskibalci)**

Kolemanit Mineralinin Çözünürlüğünde Ortam pH'sının Etkisinin İncelenmesi

Mehmet Faruk ESKİBALCI

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Müh.Fak. Maden Müh. Böl m., eskibal@istanbul.edu.tr

1. Giriş

Maden kaynakları bakımından dünyanın zengin ülkeleri arasında yer alan ülkemiz birçok madende dünyanın en büyük rezervlerine sahiptir. Bugün ülkemiz madencilik sektöründe, 53 farklı maden ve minerallerin üretimi yapılmaktadır ve bunların çoğu yurt dışına ihraç edilmektedir(TOBB,2008).

Bor, üstün özellikleri nedeniyle dünyada en çok kullanılan elementlerden birisidir. Bor mineralleri ve ürünlerinin çok geniş bir kullanım alanı bulunmakta ve bu alanlar giderek artmaktadır. Çok geniş ve çeşitli alanlarda ticari olarak kullanılan bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım alanları giderek artmaktadır. Üretilen bor minerallerinin %10'a yakın bir bölümü doğrudan mineral olarak tüketilirken geriye kalan kısmı bor ürünleri elde etmek için kullanılır. Bor mineralleri ve ürünleri; cam, seramik, temizleme ve beyazlatma, yanmayı önleyici madde, tarım, nükleer uygulamalar, tekstil ve metalurji gibi pek çok sanayi kolunda kullanılmaktadır(Ediz vd., 2001; Sarıhan 2006; Ertuğrul 2004).

Dünyanın en büyük bor mineralleri rezervine sahip olan Türkiye; bor cevherlerinin çevre kirliliği yaratmayacak şekilde değerlendirilmesiyle ilgili çalışmaları desteklemek, canlı sağlığını korumaya yönelik araştırma ve uygulamalara önderlik etmek sorumluluğuna sahiptir (Sertkaya, 2007).

Bu çalışmada kolemanitin çözünürlüğünde ortam pH'sının etkisi incelenmiştir. pH'ya bağlı deneylere geçmeden önce çözünürlüğe etki eden diğer parametreler (katı oranı, karıştırma süresi, sıcaklık ve tane boyutu) ile bir dizi deney gerçekleştirilerek sonuçları gözlenmiştir.

2. Genel Bilgiler

2.1. Borun Tanımı ve Tarihçesi

Bor ve türevleri uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Tarihçesine bakılınca, bor tuzlarının 4 bin yıl önce ilk kez Tibet'te kullanıldığı, Babiller tarafından değerli eşyaların ergitilmesinde, Mısırlılarca mumyalamada, Eski Yunan ve Romalılarca da zemine serpilerek arena temizliği için kullanıldığı saptanmıştır. 875 yılında ise, Araplar ilk kez bor tuzlarından ilaç yapmışlardır. Modern Bor Endüstrisi, 13. yy' da Marco Polo tarafından Tibet' ten Avrupa'ya getirilmesiyle başlamıştır. 1771 yılında, İtalya'nın Tuscani bölgesindeki sıcak su kaynaklarında Sassolit bulunduğu anlaşılmıştır. 1830 yılında İtalya'da borik asit üretimi başlamıştır. Aynı zaman diliminde 1852' de Şili' de endüstriyel anlamda ilk boraks madenciliği başlamıştır.

Daha sonra, Nevada, California, Caliko Moutain ve Kramer yöresindeki yatakların bulunarak işletilmeye alınmasıyla ABD dünya bor gereksinimini karşılayan birinci ülke haline gelmiştir. Yurdumuzda ise ilk işletmenin 1861 yılında çıkartılan Maadin Nizannamesi uyarınca 1865 yılında bir Fransız

şirketine 20 senelik işletme imtiyazı verilmesiyle başladığı bilinmektedir(<https://www.boren.gov.tr/Sayfa/tarihce/21>).

2.2. Bor Elementi

Elementel bor 1808 yılında Fransız kimyacı Gay-Lussac ile Baron Louis Thenard ve bağımsız olarak İngiliz kimyacı Sir Humphry Davy tarafından bulunmuştur(Sertkaya, 2007). Bor, ametal (metal olmayan) sınıfında “B” harfi ile gösterilen bir kimyasal elementtir. Aslında metal ile ametal arasındaki bir sınırdadır. Periyodik cetvelin 3A grubunun ilk ve en hafif üyesidir. Atom numarası 5’tir (Greenwood, 1975; Gmelin, 1981).

Yeryüzünün 51. yaygın elementi olan bor; yeryüzünde toprak, kayalar ve suda yaygın olarak bulunan bir elementtir. Toprağın bor içeriği genelde ortalama 10-20 mg/L, deniz suyu 0,5-9,6 mg/L, tatlı sularda ise 0,001-1,5 mg/L aralığındadır. Yüksek konsantrasyonda ve ekonomik boyutlardaki bor yatakları, borun oksijenle bağlanmış bileşikler olarak daha çok Türkiye ve Amerika’nın kurak volkanik ve hidrotermal aktivitesinin yüksek olduğu bölgelerinde bulunmaktadır (Ediz ve Özday, 2001).

2.3. Bor Elementinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kristal bor, önemli ölçüde hafiftir, serttir, çizilmeye başladığı mukavemetlidir ve ısıya karşı kararlıdır. Bor kırmızı ötesi ışığın bazı dalga boylarına karşı saydamdır ve oda sıcaklığında zayıf elektrik iletkenliğine sahiptir. Yüksek sıcaklıkta iyi bir iletendir. Bor hidroklorik ve hidroflorik asitlerle kaynatıldığında bozulmaz. Sadece çok ince öğütülmüş bor, konsantre nitrat asidi ile yavaş oksitlenir. Saf olarak bor elde etmek zordur. %95-98 safsızlıkta bor, borik asidin magnezyum ile indirgenmesinden amorf halde elde edilir ve safsızlığı baz ve asit ile yıkanarak filtre edilir. Elde edilen bor, oksit ve bor bulunduran bileşikler içerir ve küçük kristaller halinde koyu kahve renge sahiptir. Ayrıca bor, tungsten yüzeyinde bor oksidin hidrolizi ile elde edilir. Tablo 1’de bor elementinin fiziksel özellikleri verilmiştir (Sertkaya, 2007).

Tablo 1: Bor Elementinin Fiziksel Özellikleri (Sertkaya, 2007).

Atom Ağırlığı	:10,811 ± 0,005 g/mol
Kaynama Noktası	:2500 °C
Yoğunluğu	:2,34 gr/cm ³
Oksidasyon sayısı	:3
Elektronegatifliği	:2
İyonlaşma Enerjisi	:191 k cal/g atom
Sertliği	:9,3 Mohs
Atom Yarıçapı	:85pm
Erime Isısı	:5,3 k cal/g atom

2.4. Bor Mineralleri

Bor elementinin oksijene karşı aktivitesi oldukça yüksektir ve uygun şartlarda bor oksitleri meydana getirmektedir. Bor oksitler alkali ve toprak alkali metalleriyle kolaylıkla birleşerek bor bileşiklerini meydana getirirler. Bor bileşiklerini başlıca yedi ana grup altında toplamamız mümkündür. Tablo 2’de bor minerallerinin sınıflandırılması verilmiştir (Sertkaya, 2007).

Tablo 2: Bor Mineralleri

Kristal Suyu İçeren Boratlar	
Kernit (razorit)	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Tinkalkonit	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Boraks (Tinkal)	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Sborgit	$\text{NaB}_5\text{O}_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Probertit	$\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Üleksit	$\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Nobleit	$\text{CaB}_6\text{O}_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Gowerit	$\text{CaB}_6\text{O}_{10} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Florovit	$\text{CaB}_2\text{O}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Kolemanit	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Meyerhofferit	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
İnyoit	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 13\text{H}_2\text{O}$
Pandermit	$\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Tercit	$\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Pinnoit	$\text{MgB}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Kaliborit	$\text{HKMg}_2\text{B}_{12}\text{O}_{21} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
Kurnakavit	$\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$
İnderit	$\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$
Predorazhenskit	$\text{Mg}_3\text{B}_{10}\text{O}_{18} \cdot 4 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$
Hidroborasit	$\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
İnderborit	$\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 11\text{H}_2\text{O}$
Ammonioborit	$(\text{NH}_4)_3\text{B}_{15}\text{O}_{20} \cdot (\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Veatçit	$\text{SrB}_6\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Bileşik Boratlar (Hidroksil ve/veya Diğer Tuzlar)	
Teepelit	$\text{Na}_2\text{B}(\text{OH})_4\text{Cl}$
Bandilit	$\text{CuB}(\text{OH})_4\text{Cl}$
Hilgardit	$\text{Ca}_2\text{BO}_8(\text{OH})_4\text{Cl}$
Borasit	$\text{Mg}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$
Fluoborit	$\text{Mg}_3(\text{BO}_3)$
Hambergit	$\text{Be}_2(\text{OH}, \text{F})\text{BO}_3$
Suseksit	MnBO_3H
Szaybelit	$(\text{Mg}, \text{Mn})\text{BO}_3\text{H}$
Roveit	$\text{Ca}_2\text{Mn}_{22}^{+}((\text{OH})_4(\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_2))$
Seamanit	$\text{Mn}_{32}^{+}(\text{OH})(\text{B}(\text{OH})_4(\text{PO}_4))$
Viserit	$\text{Mn}_4\text{B}_2\text{O}_5(\text{OH}, \text{Cl})_4$
Lüneburgit	$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Kahnit	Ca_2BAs
Sulfoborit	$\text{Mg}_3\text{SO}_4\text{B}_2\text{O}_4(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Borik Asit	
Sassolit (doğal borik asit)	$\text{B}(\text{OH})_3$
Susuz Boratlar	
Jenemejevit	$\text{Al}_6\text{BO}_{15}(\text{OH})_3$
Kotoit	$\text{Mg}_3\text{B}_2\text{O}_8$
Nordenskiöldine	CaSnB_2O_6
Rodozoit	$\text{CsB}_{12}\text{Be}_4\text{Al}_4\text{O}_{28}$
Varvikit	$(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{TiB}_2\text{O}_8$
Ludvigite	$(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Fe}^{2+}\text{BO}_5$
Paygeit	$(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_2\text{Fe}^{3+}\text{BO}_5$
Pinakiolit	$\text{Mg}_3\text{Mn}^{2+}\text{Mn}_2^{3+}\text{B}_2\text{O}_{10}$
Hulsit	$(\text{Fe}^{2+}\text{Mg}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Sn}^{4+})_3\text{BO}_3\text{O}_2$

Borofluoritler	
Avagadrit	(K, Cs)BF ₄
Ferruksit	NaBF ₄
Borosilikat Mineralleri	
Akzinitgrubu	(Ca, Mn, Fe, Mg) 3Al ₂ BSi ₄ O ₁₅ (OH)
Bakerit	Ca ₄ B ₄ (BO ₄) (SiO ₄) ₃ (OH) 3H ₂ O
Kapelenit	(Ba,Ca,Ce,Na) ₃ (V,Ce,La) ₆ (BO ₃) ₆ Si ₃ O ₉
Karyoserit	Melanoseritin toryumca zengin türüdür.
Datolit	CaBSiO ₄ OH
Dumortiyerit	Al ₇ O ₃ (BO ₃) (SiO ₄) ₃
Grandidiyerit	(Mg, Fe) Al ₃ BSiO ₉
Homilit	(Ca, Fe) ₃ B ₂ Si ₂ O ₁₀
Hovlit	Ca ₂ B ₅ SiO ₉ (OH) ₅
Hyalotekit	(Pb, Ca, Ba) 4 BSi ₆ O ₁₇ (OH, F)
Kornerupin	Mg ₃ Al ₆ (Sr, Al, B) 5O ₂₁ (OH)
Manondonit	LiAl ₄ (AlBSi ₂ O ₁₀) (OH) ₈
Melanoserit	Ce ₄ CaBSiO ₁₂ (OH)
Safirin	Mg ₃ , 5Al ₉ Si, 5O ₂
Searlesit	NaBSi ₂ O ₆ H ₂ O
Serendibit	Ca ₄ (Mg, Fe,Al) ₆ (Al, Fe) ₉ (Si,Al) ₆ 3O ₄
Turmalin Grubu Mineraller	
Tritom	(Ce, La, YTh ₅ (Si, B) ₃ (O, OH, F) ₁₃
İdokreyz (Vezüvyanit)	Ca ₁₀ Mg ₂ Al ₄ (Si ₄) ₅ (Si ₂ O ₇) ₂ (OH) ₄

2.5. Kolemanit

Kimyasal bileşimi Ca₂B₆O₁₁.5H₂O olan kolemanit monoklinal sistemde kristallenir. Sertliği 4-4,5, özgül ağırlığı 2,42'dir. Bor içeriği %15,7, B₂O₃ içeriği %50,8'dir. Başka bor minerallerinin egemen olduğu yataklarda olduğu kadar, kolemanit yataklarında da killer içinde ve cevher boşluklarında iri, parlak ve saydam kristal kümeleri şeklinde bulunur. Suda çok yavaş, fakat sıcak HCl içinde oldukça hızlı çözülür, soğuyan çözeltide bor, borik asit

(H_3BO_3) olarak ayrılır. Kolemanit ısıtıldığında suyunu kaybederek toz şekline dönüşür. Bu da kolemanitin, ısıtılıp elenmesi ile içindeki ısıdan etkilenmeyen yabancı maddelerden (özellikle killerden) temizlenmesine yardımcı olur. Ekonomik bakımından kısmen önemli olan yatağı Kaliforniya'da Death Valley, Iryoeo idi, bugün ise Anadolu'da Balıkesir, Kütahya, Eskişehir ve Bursa illerinde birçok yerde bulunmaktadır. Burada neojen yaşlı kalker, marn, kil ve tuf tabakaları içerisinde çoğunlukla 2-3 m kalınlığındaki damarlar şeklinde killerle karışık olarak bulunur (Korçak, 2014; Kılıç, 2005).

Kolemanitin içinde bulunması muhtemel en önemli safsızlıklardan biri olan arsenik, daha çok orpiment ve realgar şeklinde bulunmaktadır (Çakaloğlu, 1971; Çakaloğlu, 1973). Cevherde bulunan açık kırmızı-kahve renkli realgarın oksidasyon sonucu açık sarı-kırmızı renkli orpimente dönüşürken bir miktar As_2O_3 de oluşturabileceği belirtilmektedir (Kayadeniz vd., 1979). Kolemanitin fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Kolemanitin dekrepitasyon işlemi için genellikle 450-500°C'lik sıcaklıklar kullanılmakta, kristal suyu mineralden ayırışan ve toz haline gelen malzeme belli tane boyutunda elenerek kalsine ürün elde edilmektedir. Bu ürünün sülfürik asitle çözündürülmesi sonrası çözeltiden borik asit üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak geleneksel olan H_2SO_4 liçi prosesi esnasında yan ürün olarak jips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) elde edilmektedir. Bu ürün prosesinin süzme kademelerinde, jips ve artıklarını stoklama aşamasında birçok çevre sorunları oluşmaktadır. Asitlerdeki çözünürlüğün yanı sıra, kolemanitin sudaki çözünürlüğü de bir çok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Alkan ve Doğan 2004; Korucu, 2010; Bilal, 2003).

Tablo 3: Kolemanitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Korçak, 2014).

Kimyasal Formülü	$Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$
Kristal Biçimi	Çoğunlukla eşboyutlu ve kısa prizmatik kristalli; masif, kompakt
Kimyasal Bileşimi	% 27,28 CaO , %50,81 B_2O_3 , % 21,91 H_2O
Sertlik	4,5 Mohs.
Özgül Ağırlık	2,42 gr/cm ³
Renk ve Şeffaflık	Renksiz, beyaz, şeffaf, yarı şeffaf

3. Malzeme ve Yöntem

3.1. Malzeme

Deneyisel çalışmalara esas olan kolemanit örnekleri; Eti Maden İşleri Genel Müdürlüğü Bigadiç Bor İşletme Müessesesi'nden temin edilmiştir. Çalışmalarda ocaktan toplanan iri ve temiz kolemanit mineralleri kullanılmıştır. Deneylere başlamadan önce numuneler üzerlerindeki safsızlıkların giderilmesi için su ile bir temizleme işlemi yapılmıştır. Temizlenen numuneler çeneli ve merdaneli kırıcılar yardımıyla boyut

küçültme işlemine tabi tutulmuş ve deneylerde kullanılmak üzere -2+1 mm; -1+0,5 mm ve -0,5 mm boyut gruplarına ayrılmıştır.

3.2. Kullanılan Cihazlar

Deneylerde 6'lı karıştırma ünitesine sahip VELP Scientifica marka mekanik karıştırıcı, pH deneylerinde ise MTOPS MS3020 serisi mekanik karıştırıcı, pH ölçümlerinde HANNA marka pH metre cihazı, ürünlerin tartımında 0,01 gr hassasiyetinde RADWAG marka tartı aleti, ürünlerin kurutulmasında Memmert marka laboratuvar tipi fırın ve tekil karıştırma işlemlerinde Heidolph marka ısıtıcı manyetik karıştırıcı cihazı kullanılmıştır. Cihazların resimleri Şekil 1'de verilmiştir.



a) Mekanik Karıştırıcı



b) Mekanik Karıştırıcı



c) pH metre



d) Hassas Terazı



e) Etüv



f) Isıtıcı-Manyetik Karıştırıcı

Şekil 1: Deneylerde Kullanılan Cihazların Resimleri

3.3. Metod

Numunenin özelliklerinin belirlenmesi için alınan temsili örnek üzerinde kimyasal ve mineralojik analizler yapılmıştır. Kimyasal analizler Eti Maden A.Ş. Bigadiç Bor İşletmesi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. B₂O₃ ve H₂O analizleri volumetrik (titrimetrik), diğer analizler X-Ray Floresans cihazında yapılmıştır.

Mineralojik yapının belirlenmesi için yapılan XRD (X-Ray Difraksion) analizleri İstanbul Üniversitesi bünyesinde faaliyet gösteren İleri Analizler Laboratuvarı'nda bulunan Rigaku D/Max-2200/PC XRD cihazında gerçekleştirilmiştir.

Kolemanitin çözünürlüğünde pH'nın etkisini araştırmadan önce çözünürlüğe etki eden diğer parametreler (katı oranı, karıştırma süresi, sıcaklık ve tane boyutu) ile bir dizi deney yapılarak bu parametrelerin kolemanitin çözünürlüğü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Her bir deney 20 gr olarak tartılmış numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerden sonra yapılan her bir filtrasyon işleminden önce filtre kağıtlarının ağırlıkları ölçülüp not edilmiş sonra filtrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Süzme işlemi sonrası numuneyi filtre kağıdından ayırmadan etüvde 50°C'de kurutma işlemi yapılarak yüzey nemi uzaklaştırılmıştır. Daha sonra ise tekrar hassas terazide ölçüm yapıp ağırlık kayıpları hesaplamıştır. Çözünürlük değerleride bu ağırlık kayıplarından yola çıkılarak hesaplanmıştır. Hesaplamada kullanılan formül aşağıda verilmiştir. Tüm deneyde karıştırma hızı 150 dev/dak olarak sabit tutulmuştur.

$$\%Ağırl. Kaybı = \frac{İlkAğırlık - SonAğırlık}{İlkAğırlık} \times 100$$

İncelenen ilk iki parametre katı oranı ve karıştırma süresidir. Katı oranları %5-%10-%15 ve %20, karıştırma süreleri ise 15-30-45-60-75 ve 90 dk olarak belirlenmiştir. Bu deneylerde karıştırma hızı: 150 dev/dak, sıcaklık: oda sıcaklığı, tane boyutu: -2+1 mm ve pH:9,05 olarak sabit tutulmuştur.

Sıcaklığın incelendiği deneylerde ise oda sıcaklığı (23°C), 30-40-50 ve 60°C sıcaklıklar test edilmiştir. Bu deneylerde ise karıştırma hızı: 150 dev/dak, tane boyutu -2+1 mm, pH:9,05 ve bir önceki deneylerden elde edilen katı oranı ve karıştırma süresi (çözünürlüğün en yüksek olarak gerçekleştiği değerler) sabit olarak alınmıştır.

Tane boyutunun incelendiği deneylerde -2,+1mm ; -1+0,5 mm ve -0,5 mm tane boyut gruplarına ayrılmış örnekler kullanılmıştır. Bu deneylerde ise karıştırma hızı: 150 dev/dak, pH:9,05 ve bir önceki deneylerden elde edilen katı oranı ve karıştırma süresi ve sıcaklık (çözünürlüğün en yüksek olarak gerçekleştiği değerler) sabit olarak alınmıştır.

En son aşamada pH deneylerine geçilmiştir. Bu deneylerde çözeltinin pH'sını ayarlamak için 0,1 M HCl ve 0,1 M NaOH kullanılmıştır. Kolemanitin suyla birlikte asit veya baz eklemeden önceki doğal pH'sı 9,05 olarak ölçülmüştür. pH deneylerini önceki yapılan deneylerde belirlenen parametreler doğrultusunda devam ettirirken, pH düzenli aralıklarla kontrol edilmiş ve duruma göre asit veya baz eklenmiştir.

4. Bulgular

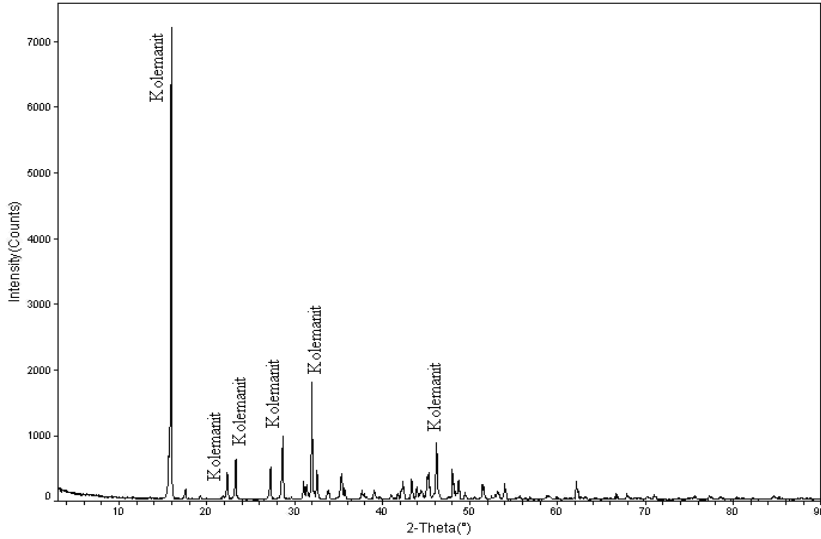
Numune üzerinde yapılan kimyasal inceleme sonucunda elde edilen analiz sonuçları Tablo4’de verilmiştir.

Tablo 4: Numunenin Kimyasal Analizi

Bileşen	%	Bileşen	%	Bileşen	%
B ₂ O ₃	49,17	SO ₄	0,26	SiO ₂	2,95
CaO	26,71	SrO	0,09	As (ppm)	3,030
Na ₂ O	0,25	Al ₂ O ₃	0,08		
MgO	1,27	Fe ₂ O ₃	0,012		

Sonuçlar incelendiğinde kolemanit mineralinin %49,17 B₂O₃ içerdiği görülmektedir.

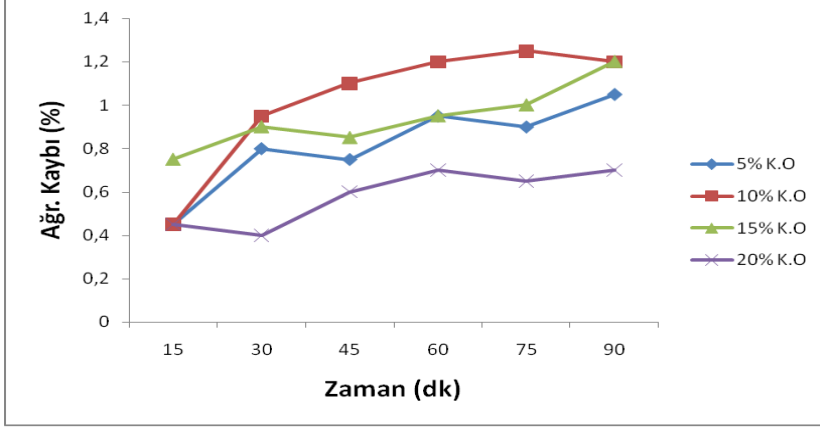
Numunenin mineralojik yapısının belirlenmesi için yapılan XRD (X-Ray Difraksiyon) analiz sonuçları Şekil 2’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde numunelerin saflık derecelerini teyit eder nitelikte kolemanit pikleri tespit edilmiştir.



Şekil 2: Numunenin XRD Analizi

Katı oranı ve karıştırma süresinin belirlenmesi için yapılan ilk aşama deneylerden olan katı oranı (%5, %10, %15 ve %20) ve farklı karıştırma

sürelerinin (15-30-45-60-75 ve 90 dk) incelendiği deney sonuçları Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3: Farklı Katı Oranları ve Farklı Karıştırma Sürelerindeki Çözünürlük Değerleri

Şekil 3’deki grafik incelendiğinde %10 Katı Oranında en yüksek çözünme gerçekleşmiştir. Karıştırma süresi değerlendirildiğinde ise 60 dk çözünme süresinden sonra çözünürlük değerlerinde fazla değişiklik olmadığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda optimum koşul olarak %10 Katı oranı ve 60 dk karıştırma süresi ile deneylere devam edilmiştir.

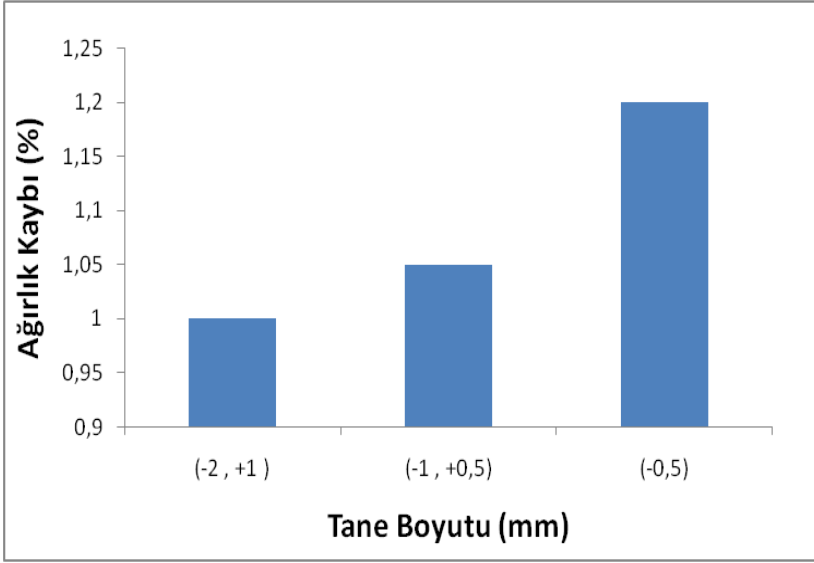
Katı oranı ve karıştırma süresinin tespit edilmesinden sonra sıcaklığın çözünürlüğüne olan etkisini belirlemek için yapılan deneylerde 30-40-50 ve 60°C sıcaklıklar uygulanmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4: Sıcaklık – Ağırlık Kaybı Deney Sonuçları

Şekil 4’deki grafik incelendiğinde sıcaklık artışına bağlı olarak çözünürlük değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Bundan sonraki deneylere 50 °C ile devam edilmesine karar verilmiştir.

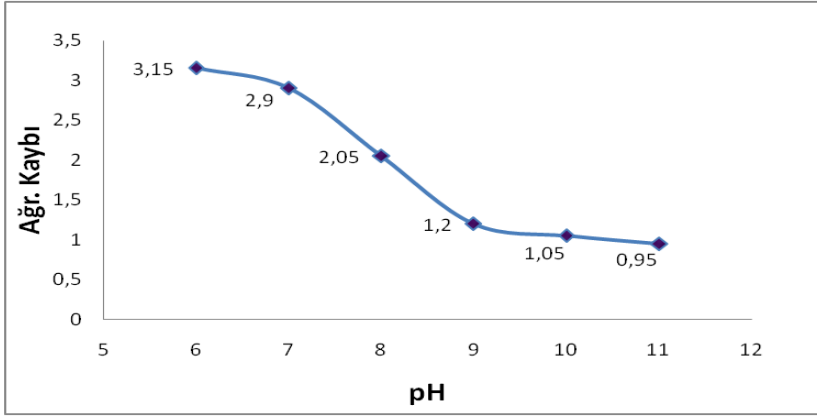
Katı oranı, karıştırma süresi ve sıcaklık değerlerinin tespit edilmesinden sonra tane boyutunun çözünürlüğüne olan etkisini belirlemek için yapılan deneylerde -2+1 mm, -1+0,5 mm ve -0,5 mm tane boyutlarındaki numuneler kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5: Tane Boyutu – Ağırlık Kaybı Deney Sonuçları

Şekil 5 incelendiğinde tane boyutu küçüldükçe çözünürlüğün arttığı görülmektedir. Bu durum ise tane boyutu küçüldükçe numunenin yüzey alanının artmış olmasıyla açıklanabilmektedir. Bu sonuçlar ışığında son olarak gerçekleştirilen pH deneylerine -0,5 mm boyutundaki numune ile devam edilmesine karar verilmiştir.

Ortam pH’sının kolemanitin çözünürlüğüne olan etkisini belirlemek için yapılan testlerde doğal pH (yaklaşık 9), pH 10-pH 11 ve doğal pH’nın altındaki pH’lardan pH 8-pH 7- ve pH 6 da bir dizi deney gerçekleştirilmiştir. Bu Deneylerde; tane boyutu: -0,5 mm, karıştırma hızı: 150 dev/dak, katı oranı: %10, karıştırma süresi 60 dk ve sıcaklık 50 °C olarak sabit tutulmuştur. Deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6: pH – Ağırlık Kaybı Deney Sonuçları

Şekil 6'daki grafik incelendiğinde doğal pH'nın üzerindeki pH'larda kolemanitin çözünürlüğünün kısmende olsa azaldığı, doğal pH'nın altındaki değerlerde ise pH düşüşüne paralel olarak çözünürlüğün arttığı gözlenmiştir.

5. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada kolemanitin çözünürlüğünde ortam pH'sının etkisi incelenmiştir. pH'ya bağlı deneylere geçmeden önce ise çözünürlüğe etki eden diğer parametreler ile (katı oranı, karıştırma süresi, sıcaklık ve tane boyutu) bir dizi deney gerçekleştirilerek sonuçları gözlenmiştir.

Katı oranını ve karıştırma süresini belirlemek için yapılan ilk deneylerde %10 katı oranı ve 60 dk'lık karıştırma süresinde en yüksek çözünmeye ulaştığı görülmüştür.

Sıcaklığın çözünürlüğe olan etkisini araştırmak için yapılan deneylerde 30-40-50 ve 60°C test edilmiş ve sıcaklık artışına bağlı olarak çözünürlük değerlerinde bir miktar artış olduğu tespit edilmiştir.

Tane boyutunun çözünürlüğe olan etkisini belirlemek amacıyla -2,+1 mm, - 1,+0,5 mm ve -0,5 mm boyut gruplarına ayrılmış numuneler üzerinde bir dizi deney yapılmış ve tane boyu küçüldükçe çözünürlük değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

pH deneylerinde ortam pH'sı sürekli değişkenlik gösterdi. Duruma göre pH'yı sabit tutabilmek için 0,1 M HCl eklemeye devam edilmek zorunda kalındı.

Son olarak ortam pH'sının kolemanitin çözünürlüğüne olan etkisini araştırmak için bir dizi deney yapılmış ve bu deneylerde doğal pH (yaklaşık 9) üzerindeki pH'larda kolemanitin çözünürlüğünün azaldığı, doğal pH'nın altındaki değerlerde ise pH düştükçe çözünürlük değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. pH=11'de çözünme %0,95 ve pH=6'da çözünme %3,15 olarak hesaplanmıştır.

6. Kaynaklar

- Alkan, M., Doğan, M., (2004), Dissolution Kinetics of Colemanite in Oxalic Acid Solutions Chem. Eng. Proc., Volume 43, Issue 7, July 2004, Pages 867-872.
- Bilal C., (2003), Kolemanitin Sülfürik Asit İle Reaksiyon Kinetiğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çakaloz T., (1971), İndirgen Atmosferde Kalsinasyon Metoduyla Kolemanitlerden Arsenik Giderilmesi, TÜBİTAK, Proje No. MAG-158, Ankara.
- Çakaloz T., (1973), Kolemanit Cevherinden Arsenik Ayrılması Pilot Tesiste Çalışmalar, TÜBİTAK, Proje No. MAG-1/158, Ankara.
- Ediz, N. ve Özday, H., (2001), Bor Mineralleri ve Ekonomisi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı 2, Kütahya, Türkiye
- Ertuğrul E., (2004), Bor ve Toryum Madenler Sektörü, Türkiye Kalkınma Bankası A.S. Araştırma Müdürlüğü.
- Gmelin, (1981), Handbook of Inorganic Chemistry, Boron Supplement, Vol.2, Elemental Boron, Boron Carbides, p. 242.
- Greenwood, N.N., (1975), Boron, Pergamon Press, Oxford, p.327 ; also as Chap.11 in Comprehensive Inorganic Chemistry, Vol.1Pergamon Pres.
- <https://tr.wikipedia.org/wiki/Bor>
- <https://www.boren.gov.tr/Sayfa/tarihce/21>
- Kayadeniz İ., Gülensoy H., Yusufoglu İ., (1979), Arsenikli Kolemanit Cevherlerindeki Arseniğin Vakum Kalsinasyon Yöntemi ile Giderilmesi, TÜBİTAK, Mühendislik Araştırma Grubu, Proje No. 198, İstanbul, 1979.
- Kılıç B., (2005), Borik Asit Üretimi Bitirme Ödevi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Korçak, Ö., (2014), Kolemanit Atıklarının Çimento Üretiminde Kullanılması ve Çimentonun Performans Özelliklerinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Korucu, H., (2010), Kükürt Dioksit ile Doyurulmuş Sularda Kolemanitin Çözünürlüğünün Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Sarıhan E., (2006), Bor Sektör Profili, İstanbul Ticaret Odası. İstanbul.
- Sertkaya G., (2007), Kolemanit Atıklardan Biyoliç Yöntemi İle Borik Asit Eldesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- TOBB, (2008), Türkiye Madencilik Sektör Raporu-2007, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) Madencilik Sektör Meclisi.