ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİYEL ATIK KULLANARAK POLİMERİK KOMPOZİT ELDESİ VE UZMAN SİSTEM MODELLEMESİ

Mustafa BAYRAM

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2020

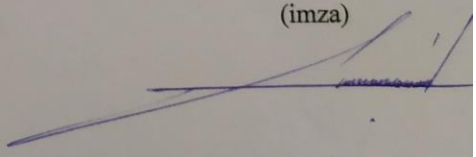
Her hakkı saklıdır

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "Endüstriyel Atık Kullanarak Polimerik Kompozit Eldesi ve Uzman Sistem Modellemesi" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim. (4/2/2020).

Öğrencinin Adı Soyadı: Mustafa BAYRAM

(imza)



TEZ ONAYI

Mustafa BAYRAM tarafından hazırlanan **"Endüstriyel Atık Kullanarak Polimerik Kompozit Eldesi ve Uzman Sistem Modellemesi"** adlı tez çalışması (4/2/2020) tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğretim Üyesi Zehra Gülten YALÇIN

Jüri Üyeleri :

Başkan: Dr. Öğretim Üyesi Zehra Gülten YALÇIN

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Zehra ÖZBAŞ

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Burcu ÇORBACIOĞLU

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENDÜSTRİYEL ATIK KULLANARAK POLİMERİK KOMPOZİT ELDESİ VE UZMAN SİSTEM MODELLEMESİ

Mustafa BAYRAM

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman Öğretim Üyesi: Zehra GÜLTEN YALÇIN

Bu tez çalışmasında; ticari poliol, başlatıcı olarak metilen difenil diizosiyanat(MDI) , katkı malzemesi olarak Çankırı'da bulunan tuz fabrikası kil, kül atığı ve dolgu malzemesi olarak Eti Maden'den temin edilen kırka, üleksit, kolemanit, tinkal gibi cevherler ve bu cevherlerin sulu atıkları olan kolemanit (%70 sulu), Üleksit (%70 sulu) atıkları kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada, deneysel parametreler; polimer miktarı, sıcaklık 25ºC, basınç 1 atm, karıştırma hızı 500 rpm, reaksiyon süresi 30 s-15dk olarak belirlenmiştir.Bu çalışmada, katkı oranlarının değiştiği yaklaşık 50 deneme ile kompozit malzeme elde edilmiştir. İ ve M kodlandırılması yapılmıştır. M kodu ile polimer 50g, katkılar 25g, İ kodlamasıyla polimer 25 g, katkılar 50 g olarak alınmıştır.Karışımın homojen olması için ilave edilen katkı maddelerinin boyutu (75 μm' nin altı) olarak belirlenmiştir. Elde edilen kompozit ürünlere FTIR, ısıl iletkenlik, sertlik tayini, mekanik dayanım, morfolojik analiz olan SEM analizleri yapılmıştır. Basınçdayanım analizlerine bakıldığında, atık tinkal ile kömür atığı uçucu kül karışımının kullanıldığı kompozit karışımının basınç dayanımının en yüksek olduğu sonucu görülmüştür. Sertliği en iyi çıkan katkının üleksit kullanılarak elde edilen kompozit malzemede olduğu görülmektedir. Ayrıca atık tinkal ile uçucu külün karışımından oluşan ve atık üleksit, atık kolemanit, atık katı kil atığı kompozit malzemelerinin en iyi sertlik dayanımı verdiği görülmüştür. Uzman sistem ile modelleme çalışması ile katkı oranlarının basınç dayanımına etki faktörü değerleri 0 ve 10/10 arasında değerler almaktadır. Bu etki faktörleri sistem her çalıştırıldığında uzman sistem kuralları ile eşleşip optimum bir olasılık değeri üreterek baskı dayanım değerini üretir, böylece baskı dayanımının kullanılan malzeme ile ilişkisi test edilmiş olur.

2020, 84 sayfa
ANAHTAR KELİMELER: Endüstriyel Atık, Polimer Kompozit, Uzman Sistem Modellemesi

ABSTRACT

Master Thesis

PREPARATİON OF POLYMERİC COMPOSİTES USE İN İNDUSTRİAL WASTE AND EXPERT SYSTEM MODELLİNG

Mustafa BAYRAM

Çankırı Karatekin University Sciences Institute

Department Of Chemical Engineering

Assistant Professor Dr. Zehra Gülten YALÇIN

In this thesis, a commercial polyol, methylene diphenyl diisocyanate (MDI) initiator was used additive clay as a material in Çankırı salt factory, mine waste and ash as a filler material obtained from the Eti maden ulexite, colemanite, tinkal and colemanite ore waste ore, aqueous (70% aqueous), ulexite (70% aqueous) waste. In this study, experimental parameters were determined polymer quantity, temperature 25ºC, pressure 1 atm, mixing speed 500 rpm, reaction time 30 s-15min. In this study, composite material was obtained by approximately 50 trials in which contribution rates varied. I and M are coded. Polymer 50 g with M code, additives 25g, polymer 25 g with I coding, additives 50 g were taken as. The size of the additives added to the mixture to be homogeneous (below 75 μm) was determined. FTIR, thermal conductivity, determination of hardness, mechanical strength, morpholological analysis were performed on the obtained composite products. When the pressure resistance analysis was examined, it was observed that the composite mixture with the waste tinkal and coal waste fly ash mixture had the highest pressure resistance. It is observed that the best contribution to hardness is in the composite material obtained by using ulexite. In addition, the composite materials consisting of waste tinkal and fly ash and waste ulexite, waste colemanite, waste solid clay waste have been shown to provide the best hardness resistance.The effect factor values on the pressure strength of the additive ratios are between 0 and 10/10 with expert system modeling work. These effect factors match the expert system rules and produce an optimum probability value each time the system is run, thus producing the probability value of printing strength, so that the relationship of printing strength with the material used is tested.

2020, 84 pages

KEY WORDS: İndustrial waste, Polymer Composite, Expert System Modelling.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“Endüstriyel Atık Kullanarak Polimerik Kompozit Eldesi ve Uzman Sistem Modellemesi’’ adlı bu çalışma 2019-2020 yılları arasında hazırlanarak Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne “Yüksek Lisans Tezi” olarak sunulmuştur.

Çalışmanın her aşamasında eşsiz bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendiren, yardımlarını esirgemeyen, Tez Danışmanım, kıymetli hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Zehra Gülten YALÇIN hocama,

Kompozit örneklerinin mukavemet çalışmalarını yaptığımız Gürmak Demiryolu A.Ş’ de Üretim Sorumlusu olarak çalışan Kim. Yük. Müh. Recep Berk ALP’e,

Atıkları temin ettiğim Med-Mar Tuz fabrikası Müdürü Hasan AKGÜÇ’ e ayrıca teşekkür ediyorum.

Yüksek lisans eğitimim süresince benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen başta anneanneme ve aileme, ev arkadaşım Behlül’e, bu aşamaya gelmemde üzerimde emeği geçen tüm hocalarıma, ayrıca şükranlarımı sunarım.

Mustafa BAYRAM

Çankırı, Ocak 2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET....iv
ABSTRACT....v
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR....vi
SİMGELER DİZİNİ....i
ŞEKİLLER DİZİNİ....ii
ÇİZELGELER DİZİNİ....iv
1. GİRİŞ....5
1.1. Çevre Kirliliği ve Tanımlandırılması....5
1.2. Çevre....5
1.2.1. Çevre Kirliliği....5
1.2.2. Çevre Kirliliği Sebepleri....6
1.3.Atıklar....6
1.3.1. Atıkların Sınıflandırılması....7
1.3.1.1. Katı Atıklar....7
1.3.1.2. Sıvı Atıklar....7
1.3.1.3. Gaz Atıklar....7
1.3.1.4. Evsel Atıkları....8
1.3.1.5. Endüstriyel Atıklar....8
1.3.1.6. Tarımsal ve Bahçe Atıkları....8
1.3.1.7. Tıbbi Atıklar....8
1.3.1.8. İnşaat ve Moloz Atıkları....8
1.3.1.9. Tehlikeli Atıklar....9
1.3.2. Atık Yönetimi....14
1.3.2.1. Entegre Atık Yönetimi....17
1.3.2.2. Türkiye' de Atık Yönetimi....18
1.3.2.3. Türkiye' de Atık Yönetimiyle ilgili Mevzuat ve Uygulamalar....20
1.3.2.4. Dünyada Atık Yönetimi....21
1.4. Kompozit Malzemeler....23
1.4.1. Kompozit Malzemelerin Yapısı....24
1.4.2. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması....26
1.4.3. Kompozit Malzemelerin Avantajları ve Dezavantajları....28
1.4.4. Kompozit Malzemelerin Avantajları....29
1.4.5. Kompozit Malzemelerin Dezavantajları....30
1.4.6. Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları....31
1.5. Kompozit Yapımında Kullanılan Endüstriyel Atık Maddeler....33
1.5.1.1.Bor ve Bor Atığı....33
1.5.1.2.Borun Tanımı....34
1.5.1.3Önemli Bor Mineralleri ve Bileşikleri....35
1.5.1.4Ülkemizdeve Dünya'da Bor....36
1.5.1.5. Bor Atıkları ve Bor Atıklarının Değerlendirilmesi....37
1.5.2.Uçucu Kül....37
1.5.2.1. Uçucu Küllerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri....38
1.5.2.2. Uçucu Küllerin Puzolanik Özellikleri....39
1.5.2.3.Uçucu Küllerin Kullanım Alanları....39
1.5.3.Kil Atığı....40

1.6. POLİÜRETANLAR 41
1.6.1 Poliüretanın Tarihçesi 41
1.6.2. Poliüretan Çeşitleri 42
1.6.2.2. Bitkisel Yağ Bazlı Polioller(Oleokimyasal Polioller) 43
1.6.2.3.Bitkisel Yağ Bazlı Poliollerin Eldesi 44
1.6.3. Bor atıkları 49
1.7.Yapay Zekâ ve Uzman Sistemler 49
1.7.1. Yapay Zekâ 49
1.7.2. Uzman Sistemler 50
1.7.2.1. Uzman Sistemlerin Avantajları 51
1.8.2.2. Önerilen Uzman Sistemin Uygulanması 52
1.7.2.3. Değişkenlerin Tanımlanması 52
1.7.2.4. Mantık Bloğunun Oluşturulması 54
1.7.2.5. Kullanılan Uzman Sistemin Beklenilen Geri Dönüşleri 55
2. KURAMSAL TEMELLER 56
2.1. Kompozit Malzemelerle İlgili Literatür 56
2.2.Modellemeyle ilgili literatür 57
3. MATERYAL VE YÖNTEM 58
3.1. Sert Poliüretan Köpüklerin Elde Edilişi 58
3.2. Basma Dayanımı 62
3.3. Malzeme Morfolojisi 64
3.4. FT-IR 68
3.5. Sertlik 70
3.6. Isı İletim Katsayısı 70
3.7. Kullanılan Kimyasal ve Atık Malzemeler 71
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA 76
5. KAYNAKLAR 78

SİMGELER DİZİNİ

PCB	Poli klorlu Bifenil
PCT	Poli klorlu Terfenil
EAY	Entegre Atık Yönetimi
AB	Avrupa Birliği
TDI	Toluen Diizosiyanat
MDI	Metilen Diizosiyanat
PMPI	Poli Metilen Difenil İzosiyanat
PTMG	Poli Tetra Metilen Eter Glikol
%	Yüzde
ppm	Milyonda Bir
W	Watt
K	Kelvin
º	Derece
C	Santigrat
GPa	Giga pascal
mPa	Mega Pascal
m	Metre
cm	Santimetre
g	Gram
mg	Miligram
nm	Nanometre
PU	Poliüretan
mL	Mililitre
µ	Mikro
µm	Mikrometre
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
FT-IR	Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi
TGA	Termo Gravimetrik Analiz
SPK	Sert Poliüretan Köpük
EPK	Esnek Poliüretan Köpük
rpm	Dakikada Dönüş Hızı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Ülkemizdeki tehlikeli atık oluşumu (Karasu 2013) 11

Şekil 1.2 2009-2010 Yılları tehlikeli atık dağılımı (Karasu 2013) 11

Şekil 1.3 Atık Yönetim Hiyerarşisi (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) 15

Şekil 1.4 Atık Yönetim Sistemi (Kemirtlek 2005) 16

Şekil 1.5 Entegre Atık Yönetim Sistemi Akış Şeması(Kemirtlek 2005) 17

Şekil 1.6 Kompozit malzemeyi oluşturan ana malzeme gruplarının sınıflandırılması (Bulut 2014). 24

Şeki l.7 Kompozit malzemelerin yapısı (Kaya 2016) 25

Şekil 1.8 Kompozit malzemelerin matris ve takviye edicisine göre sınıflandırılması ... 28

Şekil 1.9 Borun kristal yapısı 34

Şekil 1.10 Dünya' da bulunan bor rezervleri (Emigm 2012). 36

Şekil 1.11 Linyit ve Taş kömür uçucu külleri 38

Şekil 1.12 Tuz fabrikası kil atığı blok şeması 40

Şekil 1.13 Asitler ile epoksillenmiş yağ reaksiyonu(Karel 2010). 46

Şekil 1.14 Epoksillenmiş soya yağı hidroliz reaksiyonu (Karel 2010). 46

Şekil 1.15 Epoksillenmiş Bitkisel Yağ ve Alkol Reaksiyonu (Karel 2010). 47

Şekil 1.16 Epoksidik Grup Reaksiyonu (Karel 2010). 48

Şekil 1.17 Hidrojenleştirme Reaksiyonu (Karel 2010). 48

Şekil 1.18 Uzman sistemlerin genel yapısı (İçen and Günay 2014). 51

Şekil 1.19 EXSYS Corvid uygulamasına genel bir bakış (Yeşiltepe 2015). 54

Şekil 1.20 Değişkenlerin Tanımlanması 54

Şekil 1.21 Mantık Bloğunda Kuralların Oluşturulması 55

Şekil 3.1 Elde edilen bazı polimerik kompozit malzemeler 58

Şekil 3.2 Basma dayanımı öncesi kompozit malzemeler 62

Şekil 3.3 Basma işleminde kullanılan BZ 001/60-OT-XC test cihazı 63

Şekil 3.4 Basma dayanımı sonrası kompozit malzemeler 63

Şekil 3.5 Kolemanit katkılı (% 50) polimer kompozitin SEM görüntüsü 65

Şekil 3.6 Kil atığı katkılı (% 50) polimer kompozitin SEM görüntüsü 66

Şekil 3.7 Üleksit katkılı (% 50) polimer kompozitin SEM görüntüsü 67

Şekil 3.8 Saf polimer kompozitin FT-IR spektrumu 68

Şekil 3.9 Kolemanit katkılı kompozitin FT-IR görüntüsü 69

Şekil 3.10 Shore A cihazı ve sertlik ölçümü 70

Şekil 3.11 Elde edilen polimerik kompozit malzemenin ısıl iletkenliğinin belirlenmesi 71

Şekil 3.12 Basma uygulanan‘i1’ kodlu Polimerik kompozit malzemenin basma grafiği 75

Şekil 3.13 Basma uygulanan‘m1’kodlu polimerik kompozit malzemenin basma grafiği 75

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Atık Bertaraf Sistemlerinin Karşılaştırılması (Tezel 2019). 12

Çizelge 1.2 Polimer kompozit malzemeler ile farklı malzeme gruplarının mekanik özelliklerinin karşılaştırılması (Bulut 2014) 30

Çizelge 1.3 Ekonomik değere sahip bor mineralleri (Emigm 2012). 37

Çizelge 1.4 Yaygın olarak kullanılan polyollerin işlevsel özellikleri (Jones 2004). 43

Çizelge 3.1: i koduyla kodlanmış polimerik kompozit malzemelerin içeriği 60

Çizelge 3.2: m koduyla kodlanmış polimerik kompozit malzemelerin içeriği 61

Çizelge 3.3 i (50 g polimer, 25 g katkı) kodlanmış kompozit malzemelerin basma dayanımı, sertlik ve ısıl iletim katsayısı değerleri 72

Çizelge 3.4 m (25g polimer, 50 g katkı) koduyla kodlanmış polimerik kompozit malzemelerin basma dayanımı ve sertlik analiz değerleri 74

1. GİRİŞ

1.1. Çevre Kirliliği ve Tanımlandırılması

Küreselleşen dünyada ekonomik güç kazanma mücadelesiyle birlikte üretim ve teknolojideki rekabet kaçınılmaz olmuştur. Üretimdeki artış doğal kaynakların yok oluşuna doğrudan doğruya etki ederek yaratmış olduğu kirlilik ise dolaylı bir etki oluşturmuştur. Kirliliğin ve atıkların ortaya çıkardığı sonuçların farkına varan bilim insanları atıklarla mücadele etmenin, azaltmanın ve geri kazanımının veya enerji olarak araştırılmasını sağlamak için çalışmalar başlatmışlardır. Ancak bu çalışmaların sonucunda geri kazanım için uygulanan süreçlerinde çevre kirliliği oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu süreci dikkate alarak yapılan bu çalışmanın önemi; atıklar, nedenleri, geri dönüşümünün araştırılması olmuştur (Artan, Hayaloğlu, and Seyhan 2015).

1.2. Çevre

İnsanların, hayvan ve bitkilerin hayatları süresince ikili ilişkilerini sürdürdükleri, karşılıklı olarak iletişim içinde oldukları fiziksel, biyolojik, sosyal ve kültürel ortamların tümüne çevre denir. Çevre, insanı etkileyen her şeydir. Çevre, insanı etkilemekte olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik tüm sistemleri içine almaktadır (Yiğit and Bayrakdar 2016).

1.2.1. Çevre Kirliliği

Sanayi devriminin gerçekleşmesinden sonra hızlıca yükselen üretim, enerji girdisi olarak büyük oranda fosil yakıtların kullanımı sebebiyle çevresel sorunların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ülkelerin asıl amaçlarının ekonomik açıdan büyümesi olduğu için ilk etapta çevre sorunları, iklim ve çevresel değişiklikler arka plana atılsa da 1960’ lı yıllardan sonra küresel ısınmanın ve bununla birlikte ortaya çıkan iklim ve çevre değişiklikleri sorun haline gelmiştir (Artan et al. 2015).

1.2.2. Çevre Kirliliği Sebepleri

1- Nüfus artış hızı

2- Plansız kentleşme

3- Endüstrileşme

4- Kaynakların hoyratça kullanımı

5- Bilinçsiz üretim ve tüketim

6- Yangınlar ve erozyon

7- Doğal bitki örtüsünün tahribi

8- Hava Kirliliği

9- Gübre ve zirai amaçlı kullanılan ilaçlar

10- Doğal afetler

11- Atıklar ve çöp birikintileri

12- Kuraklık vb. etmenler çevre kirliliğinin artmasına sebebiyet vermektedir (Karasu 2013).

1.3.Atıklar

Atık, ülkemiz mevzuatına 1983 tarihli 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 'Herhangi bir faaliyet sonucunda çevreye atılan veya bırakılan zararlı maddeler' olarak adlandırılmıştır (Gündüzalp and Güven 2016).

En genel anlamıyla atık, yaşantımızın bir gereği olan tüketim ve üretim çalışmalarının sonucunda ortaya çıkan, gerek doğal gerekse insan eliyle doğayı ve çevreyi olumsuz yönde etkileyen her türlü madde olarak nitelendirilir (Karasu 2013).

1.3.1. Atıkların Sınıflandırılması

1.3.1.1. Katı Atıklar

Akışkan özellik göstermeyen, canlıların sağlıklarına herhangi bir şekilde zarar vermeyecek bir şekilde bertaraf edilmesi gereken, herhangi bir işe yaramayacak maddeler olarak tanımlanır (Bayram 2017).

1.3.1.2. Sıvı Atıklar

Sağlıkla ilgili kamu kurum ve kuruluşlarından elde edilen kan, çeşitli solüsyonlar, cihaz temizlik suları ve atık sular oluşturmaktadırlar. Bu sular şu şekilde örneklendirilebilir; evsel su atıkları, endüstriyel su atıkları, zirai su atıkları vb. kullanımların sonucunda kirlenmiş sular, maden ocakları gibi tesislerden meydana gelen sularla, kentsel bölgelerden gelen kanalizasyon su atıklarıdır (Karasu 2013).

Sıvı atıkların çevreye verdiği kirlilik ve etkilerini inceleyecek olursak;

a) Fiziksel etkiler

Suların tat, koku ve kimyasal özelliklerinin değişime uğramasıdır (Karasu 2013).

b) Kimyasal etkiler

Fabrika arttıkları, imalat arttıkları gibi üretim çalışmalarının sonucunda açığa çıkan ve ortamın kimyasal yapısında tamamen ya da kısmen değişime sebebiyet veren organik veya inorganik maddelerin sularda birikmesiyle oluşan kirlenmelerdir (Karasu 2013).

c) Biyolojik etkiler

Organik atıklarında etkisiyle sıvı kaynaklarda çeşitli mikroorganizmalar ve küfler oluşmaktadır. Bu mikroorganizmalar sulardaki oksijeni tüketerek göllerdeki nehirlerdeki canlı türlerinin yok olmasını hızlandırmaktadır (Karasu 2013).

1.3.1.3. Gaz Atıklar

Enerji santrallerinden, endüstriyel tesis bacalarından, yakma tesislerinden, fosil yakıtların kullanılmasından ve çöp depolama alanlarından ortaya çıkan gaz atıklarıdır

Gaz atıklarının çevreye verdiği zararları genel olarak sıralandıracak olursak;

a) Patlamalar ve yangın

b) İklim değişikliği, sera etkisi, buna bağlı küresel ısınma

c) Yeryüzü sularında kirlilik (Karasu 2013).

1.3.1.4. Evsel Atıkları

Belediye hizmetleriyle toplatılıp çöp atıkları depolama alanlarında bertaraf edilen, ayrıştırma işlemleriyle geri kazanılan, komposto haline getirilebilen ve ya yakılan evsel ve endüstri kökenli atıklardır. Mutfak ve ofis çöpleri atıklardır (Gündüzalp and Güven 2016).

1.3.1.5. Endüstriyel Atıklar

Endüstriyel faaliyetlerin sonucunda oluşan atıklar olarak adlandırılır. Bu tür faaliyetler sırasında endüstriyel faaliyetler sonucunda oluşan tüm atıkları kapsamaktadır (Gündüzalp and Güven 2016).

1.3.1.6. Tarımsal ve Bahçe Atıkları

Bitkisel veya hayvansal ürünlerin elde edilmesinde ya da işlenmesinden dolayı ortaya çıkan atıklar olarak nitelendirilir. Açığa çıkan atık miktarından toplumların beslenme alışkanlıkları, gelenek, coğrafik özellikler ve iklimlerin değişik olmasından dolayı etkilenmektedir (Palabıyık and Altunbaş 2004).

1.3.1.7. Tıbbi Atıklar

Dünya sağlık örgütü' nün 'Sağlık kuruluşları, araştırma kuruluşları ve tıbbi bakımlar esnasında tekrar değerlendirilmesi mümkün olmayan, küçük ve dağınık halde bulunan atıklar tanımladığı atıklar bütünü olarak adlandırılmaktadır (Güvez, Dege, and Eren 2012).

1.3.1.8. İnşaat ve Moloz Atıkları

Herhangi bir inşaat da yapım veya yıkım sonucu ortaya çıkan atıkların tümüne denir (Gündüzalp and Güven 2016).

1.3.1.9. Tehlikeli Atıklar

Parlayıcı, patlayıcı ve kendiliğinden yanma özelliğine sahip, suyla teması halinde parlayıcı gazlar çıkartan, toksit ve ekotoksit özellikler taşıyan atıkların geneline tehlikeli atık denir. Tehlikeli atıkların önemli bir bölümünü kimyasal madde üretimi yapan ve bunlarla ilişiği olan endüstrilerin oluşturduğu gözlemlenmektedir. Özel atıklar kapmasına giren ve tekrardan değerlendirilmesi özel şartlar gerektiren bu atıklar PCB, PCT'li atıklar gibi bu gruba girmektedirler (Doğru and Endüstri 2012).

Tehlikeli Atık Türleri

Ülkemizdeki başlıca tehlikeli sınıfına giren atıklar şu şekildedir;

- Tehlikeli madde ile etkileşim halinde olan ambalaj atıkları

- Atık Yağlar

- Yağlı araç parçaları

- Boya ve vernik maddelerinin kalıntıları

- Pil ve akülerin tümü

- Organik çözücüler

- Filtre tozları

- Asbest içermekte olan maddeler

- Siyanür içermekte olan sertleştirme tuzları

- Metal içermekte olan boya ve fosfat çamuru vb. (Karasu 2013).

Dolaysıyla bu gruplandırma, bu atıkların toplanması sırasında faydalı olabilir, aynı atık kategorisinde olan atıklar aynı şekilde bertaraf edilebilir ve birlikte toplanıldıkları zaman kimyasal tepkimelerinde önüne geçilmiş olur. Tüm bunlar göz önüne alındığında kirliliği en aza indirgemiş oluruz.

Tehlikeli Kabul Edilen Atıkların Özellikleri

- H1 ‘Patlayıcı özellik gösteren atıklar’

- H2 ‘Oksitleyici özellik gösteren atıklar’

- H3/A ‘Yüksek oranda tutuşabilme özellik gösteren atıklar’

- H3/B ‘Tutuşabilme özelliği gösteren atıklar’

- H4 ‘Tahriş edici özellik gösteren atıklar’

- H5 ‘Zararlı özellik gösteren atıklar’

- H6 ‘Toksit özellik gösteren atıklar’

- H7 ‘Kanserojen özellik gösteren atıklar’

- H8 ‘Korozif özellik gösteren atıklar’

- H9 ‘Enfeksiyon Yapıcı özellik gösteren atıklar’

- H10 ‘Terajonik özellik gösteren atıklar’

- H11 ‘Mutajenik özellik gösteren atıklar’

- H12 ‘Hava, su ya da bir asitle teması halinde zehirli gazları serbest bırakma özelliğine sahip olan maddeler veya preparat.’

- H13 ‘Yukarıda belirtilen özelliklerden herhangi birine sahip olan atıkların bertarafı sırasında açığa çıkabilecek madde veya preparat.

- H14 ‘Ekotoksit’(Karasu 2013).

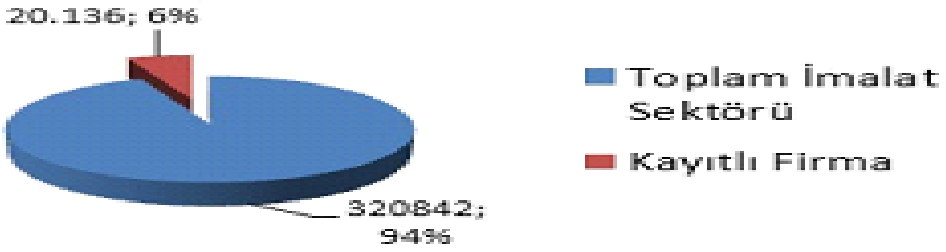
Ülkemizdeki Tehlikeli Atık Miktarı

Ülkemizdeki yıllık tehlikeli atık miktarının yaklaşık 1-3 milyon ton/yıl dolaylarında olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye’ de ise toplam üretilmekte olan atık miktarını tahmin etmek oldukça zordur. Ancak araştırmalar, istatistiksel veriler sonucu TUİK tarafından yayınlanan 5.10.2011 tarihli 2009 yılı Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri araştırması raporlarına göre 2009 yılı içerisinde 2.483.300 adet araştırma faaliyetleri göstermiştir.

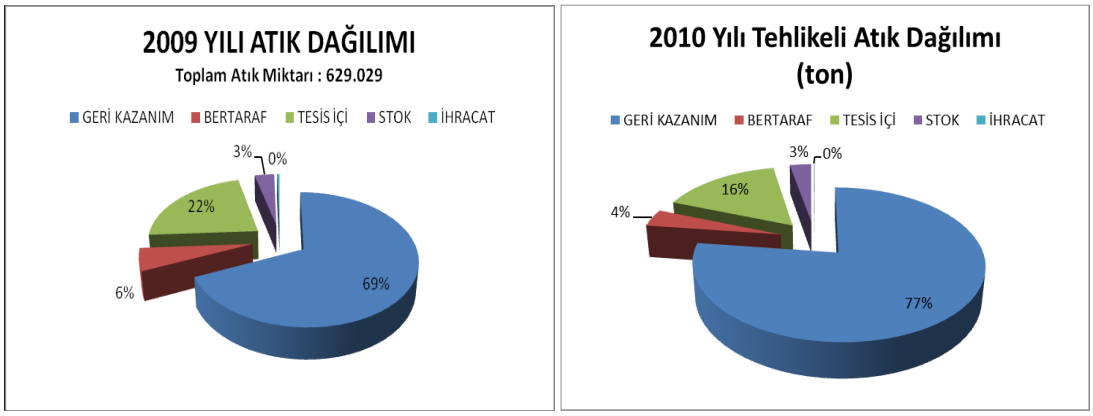
Tehlikeli atık üretimi olabilecek sektörlerden biri olan imalat sektörü dikkate alındığında %12,92 ila Türkiye' de 2009 yılında 320.842 imalat sektörü girişimleri faaliyet gösterdiği görülmüştür (Karasu 2013).

Bu sektördeki firmaların hepsinin tehlikeli atık ürettiği kabul edilemeyebilir. Ancak %10' luk bir oran bile dikkate aldığımızda %4' e tekabül eden atık sisteminde kayıtsız firmanın üreteceği atık miktarının basit bir orantı ile 419.353 ton olacağını kabul edersek çevremizin büyük tehlike altında olduğunu kolaylıkla anlayabiliriz (Karasu 2013).

Bu veriler şekil 1.1 ve şekil 1.2'de gösterilmektedir.



Şekil 1.1 Ülkemizdeki tehlikeli atık oluşumu (Karasu 2013)



Şekil 1.2 2009-2010 Yılları tehlikeli atık dağılımı (Karasu 2013)

2010 yılı geri kazanılan atık miktarı oranında artış yaşanırken, bertaraf edilen atık madde miktarında ise azalma yaşanmıştır. Bu durum geri kazanım konusunda ivme kazandığımızı göstermektedir.

Atıkların Bertarafı

Atıkların geri kazanımı ya da tekrar kullanılmasının mümkün olmayacağı durumlarda canlı ve doğa sağlığına zarar verilmeden çeşitli yöntemler aracılığıyla bertaraf edilmesidir (Uzunoğlu 2014).

a) Düzenli depolama

b) Yakma

c) Kompostlaştırma

Atıkların Bertaraf şekillerine göre sınıflandırılmaları Çizelge 1,1 de gösterilmiştir.

	Düzeli Depolama	Termal Sistemler	Biyoloji Sistemler
Maliyet	Düşük	Yüksek	Orta
Hacimsel Azalma	Düşük	Yüksek	Yüksek
Çevresel Riskler	Yüksek	Orta	Düşük
İşletme Hassasiyeti	Kolay	Zor	Zor

Çizelge 1.1 Atık Bertaraf Sistemlerinin Karşılaştırılması (Tezel 2019).

Düzenli depolama

Atıkların yetkili birimlerce depolanıp sistematik olarak yayıldıktan sonra üzerlerinin toprakla örtülmesi ya da toprağa gömülmesi işlemidir. Bu uygulama çevreye zarar verebilmektedir (Karasu 2013).

Yakma

Küreselleşmekte olan dünya nüfusunun artmasıyla üretim ve tüketim oranlarının artışı atık miktarını kaçınılmaz olarak arttırmıştır. Bundan dolayı atık depolama alanlarının yetersiz kalmasından ötürü atıkların yakılması alternatifini kaçınılmaz kılmıştır. Bu işlem yüksek sıcaklıklardaki fırınlarda gerçekleştirilmekte olup, yanma sonucu tehlikeli gazlar, kül, koku vb. olumsuz etkileri meydana getirebilmektedir (Karasu 2013).

Kompostolaştırma

Tanım olarak kompost, biyokimyasal açıdan ayrışabilen çeşitli organik maddelerin mikroorganizmalar yardımıyla sterilize edilmiş, mineralize hale getirilmesidir.

Kompostlama ise, mikroorganizmaların ortamdaki oksijeni kullanarak atık bünyesinde ki organik maddeleri kimyasal faaliyetlerle ayrıştırmasıdır. Kompostlama olayının gerçekleşmesi için atık kütlesindeki suyun %45-60 dolayların da olması gerekmektedir

Kompostlama işlemi biyolojik olaylar ile kızışmaya zorlanan atıkların bünyelerindeki organik maddelerin uygun sıcaklık şartlarında biyolojik olarak bozunmasını ve stabilizasyonunu gerçekleştiren bir atık bertaraf yöntemi olarak nitelendirilir.

Ayrıca bu işlemin sonucunda elde edilen kompost maddenin tarım alanlarında farklı amaçlar için kullanılarak madde döngüsüne katkı sağlamaktadır (Erdin 2016).

Atık Bertaraf Tesislerinin Meydana Getirdiği Olumsuz Sonuçlar

Bu tesisler için kullanılan alanlar, yakma tesisleri ve kompostlaştırma için toprak yapısında ve kalitesinde, yer altı yüzey sularında, hava emisyonlarında, flora ve fauna ortamında olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Bu Sonuçlar;

a) Hava ve Gürültü Kirliliği

Depolama alanlarında biyodegrasyon sonucu oluşan zehirli ve toksit gazlar sera etkisi gibi olumsuz sonuçlar doğurarak havanın kalitesini etkilemektedir. Yine bu alanların hazırlanışında meydana gelen zemin çalışmaları gürültü ve toz oluşumuna neden olmaktadır (Karasu 2013).

b) Yeraltı ve Yüzey Suyu Kirliliği

Depolama alanlarına getirilen atıklar kimyasal oksidasyon sonucu parçalanarak sızıntı sularını oluşturur ve bu sular yüzey sularına, toprağa, topraktan yeraltında bulunan sulara karışarak çeşitli kirlenmeleri meydana getirir(Karasu 2013).

c) Toprak Kirliliği

Bertaraf tesisleri için oluşturulmuş alanların kaybı, sonrasında kullanılması mümkün olmayan alanlara dönüşebilir. Bu alanlardaki toprağın kirlenmesi, yapısında bulunan patojenik organizmalara, tuzlara, ağır metallere ve toprağın kalitesinin düşmesi gibi etkilere neden olur (Karasu 2013).

d) Flora ve Fauna

Depolama alanlarındaki yapılan çalışmalar esnasında toprak kaybı olması muhtemel bir durumdur. Kaybedilen bu toprak da flora ve fauna türlerinin bu kayıptan etkilenmemesi söz konusu değildir.

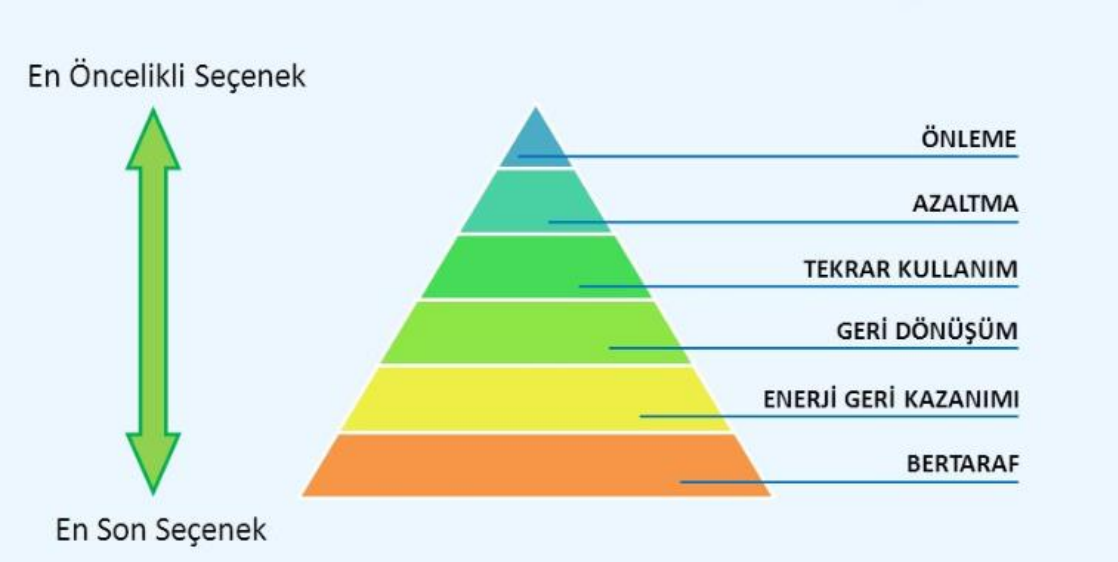
Düzenli depolama alanlarındaki bu problemlerin yanı sıra atığın türüyle orantılı olarak şiddetli kokular, kuşlar, haşere ve başkaca olumsuz etmenlerin artması da olasıdır (Karasu 2013).

1.3.2. Atık Yönetimi

Atıkların toplanılarak, transferi ve çeşitli yöntemler ile geri kazanımını, bertaraf edilmesini işleyen bir süreç, atığı en başından azaltmayı amaç edinen bir yönetim sistemidir (Çoban and Kılıç 2009).

Atıkların oluştuğu anda azaltılması, fiziksel özelliklerine göre ayrılması, toplatılması, transferi, geçici depolanması, doğaya kazandırılması, bertaraf edilmesi ve bertaraf işlemlerinin sonrasında kontrolleri ve benzer işlemleri içeren yönetim biçimine verilen addır (Karasu 2013).

Atık yönetim hiyerarşisi Şekil 1,3 de gösterilmiştir.



Şekil 1.3 Atık Yönetim Hiyerarşisi (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı)

Atık yönetimindeki asıl amaç, atıkların kaynağında azaltıp, azaltılamayan atıkların mümkün mertebe en yüksek oranda geri kazanımı ve yeniden kullanılmasını sağlamaktır.

Atık Yönetimi Yapılırken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar;

a) Yetkililerin belirlenmesi

b) Atığın tanımlanması

c) Kaynağında toplama

d) Personellerin Eğitimi

e) Depolama sahalarının kurulması

f) Ön işlemler

g) Bertaraf/Geri kazanım

h) Kayıtların tutulması (Karasu 2013).

Dünyada hızlıca artmakta olan atık türleri için ayrı ayrı sistemler geliştirmek yerine, bu atıkların tümünü kapsayan entegre bir yaklaşımının gerekli olduğu savunulmaktadır. Bundan dolayı dünya genelinde kabul gören ‘Entegre Atık Yönetimi’ benimsenmiştir.

Entegre atık yönetimi, geri kazanım, bertaraf için gerekli teknolojik ve yönetim sistemlerinin seçimi veya faaliyete geçirilmesi olarak tanımlanır. Atık önleme, atık azaltma, yeniden kullanım, geri dönüşüm bertarafı sırasına dayalı atık yönetimini oluşturur (Uzunoğlu 2014).

Entegre atık yönetimi aynı zamanda yasal mevzuatlarda da ön görülen hususların sağlanmasını da sağlamaktadır. Günümüz entegre atık yönetiminin hiyerarşisini özetleyecek olursak;

a) Atığı önleme faaliyetleri

b) Atığı azaltma faaliyetleri

c) Atığın yeniden kullanım faaliyetleri

d) Atığın geri dönüştürme faaliyetleri

e) Atıkların geri kazanım faaliyetleri

f) Atıkların bertarafı faaliyetleri

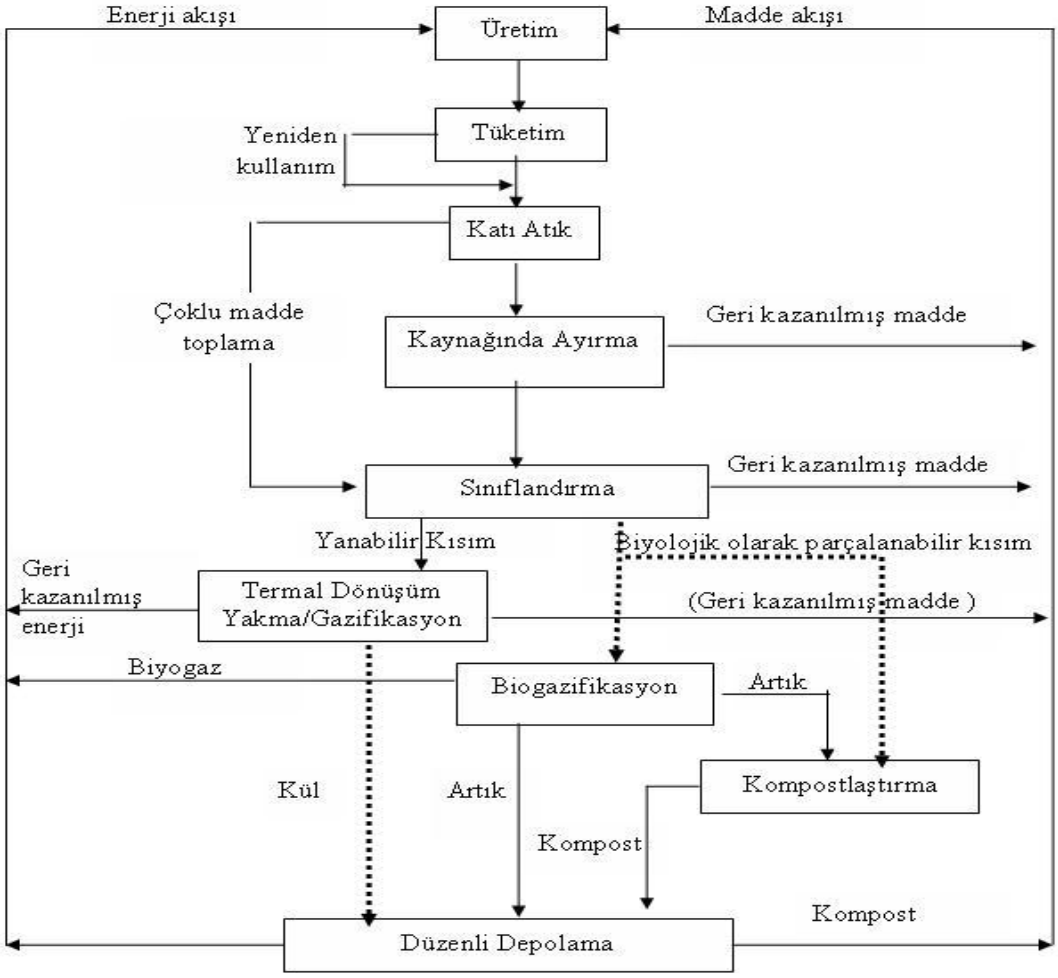
Adımlarından meydana geldiği görülmektedir. Bu adımlar Şekil 1,4 de belirtilmiştir.



Şekil 1.4 Atık Yönetim Sistemi (Kemirtlek 2005)

1.3.2.1. Entegre Atık Yönetimi

Bu yönetim sistemi atık yönetimi konularını bir bütün olarak değerlendirmektedir. Atık yönetiminin her elemanı verimlilik ve faaliyet açısından incelenir. Yönetim sisteminin amacı ve hedefleri açıkla tanımlanır. Entegre atık yönetiminin amacı, sistemde oluşan atıkların bertarafı sırasında ekolojik ve ekonomik alanda meydana gelebilecek olumsuz etmenleri en aza indirmektir (Bozkurt 2012).Entegre atık yönetimi akış şeması Şekil 1.5' de belirtilmiştir.



Şekil 1.5 Entegre Atık Yönetim Sistemi Akış Şeması (Kemirtlek 2005)

Yönetim Özellikleri

Entegre olmuş bir yönetim sisteminin başlıca sahip olduğu özellikler şu özellikler de olmalıdır.

a) Bütüncül bir sistem olmalı

Atık yönetimi, yerleşik hayatta açığa çıkan atığın bileşenlerini meydana getiren maddeleri ve üretim kaynaklarını ihtiva edecek şekilde oluşturulmalıdır.

b) Ekonomik değer oluşturması

Bu sistemden sağlanan ekonomik değer oluşturan geri kazanılabilir malzeme, kompostlaştırmadan ve elde edilecek çeşitli gazlardan olan girdiler. Temin edilecek maddi kaynak, piyasa şartları ve yapılması düşünülen yatırımların maliyeti ile doğrudan ilişkilidir. Bu ekonomik değerlendirmenin çok iyi planlanması gerekmektedir.

c) Esnek olmalı

Atık yönetim sisteminin, çevrenin ve atık özelliklerinin zamanla değişebilirliğine belirli oranda uyum sağlayabilmelidir.

d) Bölgesel planlama

Toplanılması düşünülen atıkların miktarı, planlamanın aynı oranda verimli olmasını sağlamaktadır. Atık öncelik olarak nüfusla ilişkilidir.

Bazı araştırmalar entegre bir yönetim sistemine bağlı nüfusun 500.000 kişiden daha az olmamasının gerektiğini göstermektedir.

Entegre atık yönetiminin genel olarak; bütüncül bir sistem, ekonomik değer, esnetilebilir olmakla birlikte bölgesel planlama ve ulusal çevre sektörü oluşturabilmesi beklenir (Kemirtlek 2005).

1.3.2.2. Türkiye' de Atık Yönetimi

Teknoloji ve sanayi alanlarındaki gelişmelerle doğru orantılı olarak artan hızlı kentleşmeyle birlikte gerçekleşen nüfus artışı, dünya genelinde olduğu gibi ülkemiz sınırları içerisinde de insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkisini arttırmaktadır.

Bitmek bilmeyen insan ihtiyaçlarının teknolojinin de yardımıyla giderek artan düzeylere gelmesi, doğal kaynakların daha fazla tahribata uğraması, üretilen ürünlerin nihai atığa dönüşmesinden dolayı, canlı ve çevre sağlığının önemli tehditlerle karşı karşıya kalması kaçınılmazdır.

Üretim ve pazarlama süreçlerinde atık üretimini minimuma indirerek, doğal kaynaklara daha fazla yüklenmenin önüne geçilebilmesi adına, tüketim aşamasında atık oluşumunun en aza indirilmesi ve açığa çıkan atıklarında mümkün mertebe en üst düzeyde geri kazanımları sağlanılarak atıkların ekonomik bir girdiye dönüştürülmesi sağlanmalıdır.

Atık Yönetimi, ülkemizde 1930'lu yılların başından itibaren yasal düzenlemelere girmiş ve gerçekleştirici kuruluş bakımından belediyeler görevlendirilmiştir. Başlarda Sağlık Bakanlığının sorumluluk sahibi olduğu uluslar arası düzeyde politikanın belirlenme ve uygulama yönlendirme görevi, Çevre ve Orman bakanlığının bünyesine verilmiştir.

Atık yönetiminde ki yetkilerin ve sorumlulukların çok sayıda kuruluşlar arasında pay edildiği, bunun da çevre standartları, ilke ve politikaların izlenilmesi ve cezalandırılması gibi yetki ve görev örtüşmelerine yol açtığı gözlemlenmiştir (Sayıştay Raporu 2007).

TÜİK 2018 yılı verilerine göre ülkemizde hizmet veren 1399 belediyenin 1395'inde atık hizmetinin verildiği tespit edilmiştir. Atık hizmetinin verildiği belediyelerin 32,2 milyon ton atık toplandığı da ifade edilmiştir (Tüik 2018).

2017 yılında belediyelerde toplanılmak da olan kişi başı günlük ortalama atık miktarı 1,16 kg olarak hesaplanırken, 3 büyük şehirde toplatılmak da olan kişi başı günlük ortalama atık miktarı İstanbul için 1,28 kg, Ankara için 1,18 kg, İzmir için 1,36 kg olmuştur (Tüik 2018).

Atık toplama ve taşıma hizmeti verilmekte olan belediyelerde toplatılan 32,2 milyon ton atığın %67,2' si düzenli depolama tesislerinde, %20' si belediyelere ait çöplüklerde, %12,3'ü geri kazanım tesislerinde değerlendirilirken %0,2'si yakarak, gömerek ya da dere yataklarına dökülerek bertaraf edilmiştir (Karasu 2013).

1.3.2.3. Türkiye' de Atık Yönetimiyle ilgili Mevzuat ve Uygulamalar

Mevzuatlar;

2872 Sayılı Çevre Kanunu'nun 8.maddesinde: Her türlü atık ve artığı doğrudan ve dolaylı biçimde alıcı ortama vermek, depolamak ve benzeri faaliyetlerde bulunmak yasaktır.

5491 sayılı Çevre Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanunun 11.maddesindeki değişikliğe göre; "Büyükşehir belediyeleri ve belediyeler evsel katı atık bertaraf tesislerini kurmak, kurdurmak, işletmek veya işlettirmekle yükümlüdürler.

5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu'nun 7.maddesine göre: "...katı atık yönetim planını yapmak, yaptırmak; katı atıkların kaynakta toplanması ve aktarma istasyonuna kadar taşınması hariç katı atıkların ve hafriyatın yeniden değerlendirilmesi, depolanması ve bertaraf edilmesine ilişkin hizmetleri yerine getirmek bu amaçla tesisler kurmak kurdurmak..."

5393 sayılı Belediye Kanunu'nun 14.ve 15.maddelerine göre: "...katı atıkların toplanması, taşınması, ayrıştırılması, geri kazanımı, ortadan kaldırılması ve depolanması ile ilgili bütün hizmetleri yapmak, yaptırmak..."

2464 sayılı Belediye Gelirleri Kanunu, Çevre ve Temizlik Vergisi (ÇTV)'nin 97.maddesine göre: "Kirleten öder prensibiyle atık üreticilerinin atık yönetimi hizmetlerine katılımı sağlanmaktadır."

5237 sayılı Türk Ceza Kanunu'nun 181.ve 182.maddelerine göre: çevrenin kasten ve taksirle kirlenmesine ilişkin cezalar düzenlenmiş olup, sorumlulara hapis cezasına varacak şekilde cezai yaptırım öngörülmüştür (Gündüzalp and Güven 2016).

Atık Yönetimi genel esaslarını barındıran yönetmelik, katı atıkların kontrolü yönetmeliği, Tehlikeli atıkların kontrolü yönetmeliği, Tıbbi atıkların kontrolü yönetmeliği, Endüstriyel atıkların kontrolü yönetmeliği gibi çıkarılan çeşitlik yönetmeliklerle atıklarla ilgili tanımlamalar, uygulamalar ve yaptırımları içermektedir.

Çevre ve Orman bakanlığınca hazırlanış olan ‘Atık yönetimi eylem planın da (2008)’ ; katı atık eylem planı ve ambalaj atıkları gibi atıklar başta olmak üzere farklı diğer atıklarla ilgili yapılması gereken şeyler liste haline getirilmiştir.

Buna göre; katı atık eylem planında mevcut durum söz konusu olduğunda birbirine yakın bölgede çok sayıda yerel yönetimin bulunuyor olması diğer hizmetlerde olduğu gibi katı atık hizmetlerinin de işbirliğinin ve belediyelerin ortaklaşa hareket edip ortaya çıkardığı birliklerin uygulamaları, zamanlama ve finansman kaynaklarının daha verimli kullanılması açısından önemli olduğu görülmektedir

Türkiye’ de genel olarak kullanılmakta olan atık toplama yönteminin, kaldırım kenarlarına bırakılmakta olan poşetler ve binalarda yaşamakta nüfusa hizmet veren taşımalıklardan oluştuğundan da bahsedilir.

1.3.2.4. Dünyada Atık Yönetimi

Bitmek tükenmek bilmeyen insan ihtiyaçlarının artmasından tabi kaynakların çok fazla tahribata uğraması ve üretilen ürünlerin kaçınılmaz olarak atık maddeye dönüşmesinden dolayı, atıkların değerlendirilip tekrar kullanıma kazanılması, geri dönüşüm süreçlerinin iyileştirilmesi gibi konularda AB öncü topluluklardan birisi olmuştur.

AB Çevre Mevzuatı çevresel risklerin önüne geçilebilmesi ve sürdürülebilir bir çevre yönetiminin sağlanılması adına Çevre Mevzuatı adı altında 8 alt kategoride ele alınmıştır.

- Havanın Kalitesi
- Atıkların Yönetimi
- Suyun kalitesi
- Endüstriyel Kirlenmeler ve Risk Yönetimi
- Kimyasal maddeler
- Gürültü Kirlilikleri
- Yatay Mevzuatlar
- Doğa Koruma’ dır.

AB bu başlıklardan birisi olan Atık yönetimi, tıbbi, evsel, tehlikeli ve tehlikesiz atıkların en aza indirilmesi kaynağında toplanılması, depolanması, gerekli görülen durumlarda atık için taşınım istasyonlarının oluşturulması, geri kazanımı, izleme ve kontrol süreçlerini içeren en önemli yönetim biçimi olarak benimsemiştir.

Atık yönetimini minimize ederek, doğal kaynaklara gerektiğinden fazla ihtiyaç duyulmasının önüne geçerek, açığa çıkan atık maddelerin mümkün mertebe en üst düzeyde geri kazanımını sağlanarak, atık maddelerin ekonomik bir girdi olarak değerlendirilmesi, sürdürülebilir bir atık yönetim uygulaması tüm dünyada öncelikli bir politika olarak benimsenmiştir.

Bu amaçla benimsenmekte olan politika ve hedefler Ulusal veya Uluslararası mercilerce yayımlanan kanun, direktif ve yönetmeliklerle kontrol altına alınmıştır.

AB atık yönetim politikası, önleme, geri dönüşüm, bertaraf etme ilkelerine dayanmakta olup bu konuda yayınlanmış olan yönetmelikler aşağıda verilmiştir.

- Atık çerçeve direktifi 15.07.1975 tarih ve 75/442/ EEC sayılı Konsey Direktifi
- Atık Yağlar konusunda 16.06.1975 tarih ve 75/439/EEC sayılı Konsey Direktifi
- Akümülatör ve piller konusunda 18.03.1991 tarih ve 91/157/EEC sayılı Konsey Direktifi
- Ambalaj atıkları konusunda 20.12.1994 tarih ve 94/62/EEC sayılı Konsey Direktifi
- Arıtma çamurları konusunda 12.06.1996 tarih ve 86/278/EEC sayılı Konsey Direktifi
- Tehlikeli atıklar konusunda 12.12.1991 tarih ve 91/689/EEC sayılı Konsey Direktifi
- Düzenli Depolama konusunda 26.04.1999 tarih ve 99/31/EEC sayılı Konsey Direktifi
- Hurda araçlar konusunda 18.09.2000 tarih ve 2000/53/EEC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi

➢Atık Elektronik ve Elektrikli Ekipmanlar konusunda 27.01.2003 tarih ve 2002/96/EEC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi

➢Atık Yakma Direktifi 04.12.2000 tarih ve 2000/76/EEC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi (Kemirtlek 2005).

1.4. Kompozit Malzemeler

Kompozit kelime anlamı olarak, iki veya birden çok daha fazladan meydana gelen malzemelerin geneline verilen addır. Kompozit malzemeler makro düzeyde birbirinden farklı iki ya da ikiden fazla bileşenin bir ara yüzey boyunca bir araya gelmesiyle oluşan malzemeler olarak tanımlanmaktadır. Kompozit malzemeleri oluşturan bileşenlerin genellikle özelliklerini koruduğu söylenebilir (Wang, Zulifqar, and Hu 2016).

Tarihsel zaman içinde, kompozit malzemeler henüz ortaya çıkmadan binlerce yıl önce, ev inşaların da kullanılan saman esaslı kerpiç katmanlar şeklinde yararlanılmıştır. Günümüzde ise kompozit

malzemelerden geleneksel malzemeler yetersiz kaldığından ve özelliklerinin gelişmesi gerektiği durumlarda kullanılmaktadır.

Avrupa'da 1930'lu yılların başlarında cam elyaf malzemenin bulunmasıyla günümüz modern kompozit malzemelerin üretimleri başlamış ve dünya pazarlarında yerini almıştır.

Bu malzemeler malzeme bilimleri açısından değerlendirilirse modern ve ileri teknoloji malzemeler olarak nitelendirilebilir. Kompozit malzemelerin en önemli özelliklerinden biriside mikro düzey yapıda homojen olmasıdır (Kaya 2016).

Bir malzemenin kompozit malzeme olarak kabul görmesi için;

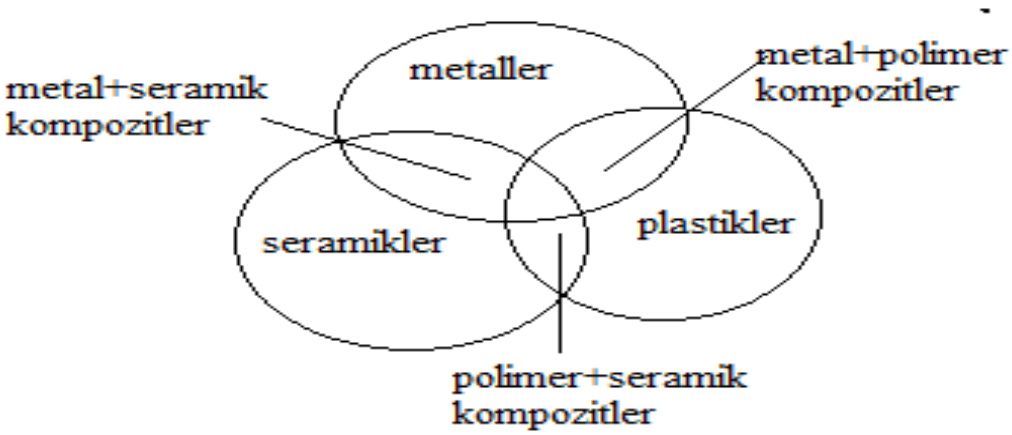
- Beşeri olmalıdır.

➢Farklı bileşenler içermeli ve içerdiği bileşenler iki farklı malzeme kombinasyonundan oluşmalıdır.

➢Kompoziti meydana getiren malzemeler üç boyutlu birleşmelidirler.

➢Kompozit malzemeler, kendini oluşturan bileşenlerden daha iyi özellikte olmalı, yani tek başlarına sahip olmadıkları özelliği göstermelidir (Akbulut 2013).

Aşağıda Şekil 1.6' da kompozit malzemeyi oluşturan ana malzeme gruplarının sınıflandırılması görülmektedir.



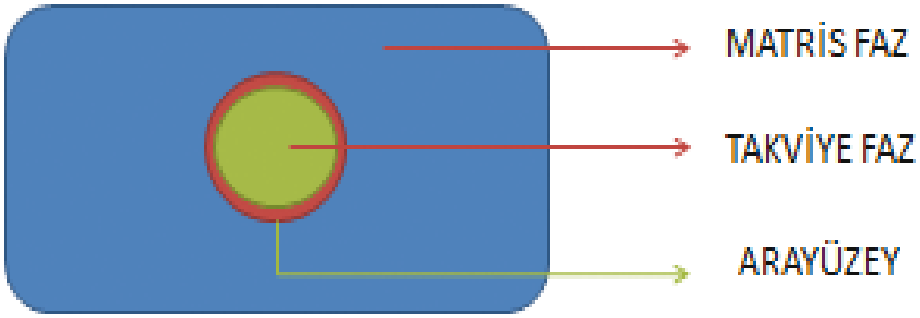
Şekil 1.6 Kompozit malzemeyi oluşturan ana malzeme gruplarının sınıflandırılması (Bulut 2014).

1.4.1. Kompozit Malzemelerin Yapısı

Kompozit malzemeleri oluşturabilmek için en az bir ana malzemeden ve yine en az bir takviye elemanından faydalanılmaktadır.

Kompoziti oluşturan takviye elemanı ve ana malzeme, kompozitin üretilişi esnasında kullanılan yönteme ve tasarlanmış olan şekille bağlantılı olarak fiziki bir oluşum sergilemektedir.

Çeşitli yöntemlerle oluşturulmuş olan malzeme ve takviye elemanı, özelliklerini kaybetmeden sergilemek üzere, aralarında ara yüzey olarak isimlendirilen bir bağlantı noktası oluşturarak, tasarlanmış olan formlarını korumaktadır (Vatangül 2008). Şekil 1.7' de Kompozit malzemelerin genel yapısı gösterilmiştir.



Şekil l.7 Kompozit malzemelerin yapısı (Kaya 2016)

Kompozit malzemelerin üretiliş amacı geçmişte kullanılan bazı geleneksel malzemelerin belli başlı özelliklerinin iyileştirilmesini amaçlamaktadır.

Bunlar;

- Malzemenin mukavemeti
- Korozyon dayanımının arttırılması
- Termal dayanımın arttırılması
- Elektrik iletkenliğinin düşürülmesi/arttırılması
- Akustik iletkenlik
- Ağırlığın giderilmesi
- Estetik görünüm
- Fiyat

Olarak sınıflandırılabildikleri gibi farklı başlıklar altında da sınıflandırılabilirler (Kaya 2016).

1.4.2. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Kompozit malzemeler mekanik dayanımı gerçekleştiren, çeşitli geometrik parçalardan ve bu parçaları bir arada tutmakta olan polimerik, seramik veya metal malzemelerden oluşmaktadır.

İçerisinde pek çok malzeme bulunduran kompozitlerin sınıflandırılması da çok geniş şekillerde yapılmaktadır. Ancak en yaygın olarak kullanılan sınıflandırma şekli içerisinde bulunan matris ve takviye malzemelerine göre yapılmaktadır.

a) Matris malzemeye göre kompozit malzemelerin sınıflandırılması

Matris malzemeler, malzemelerin kullanım amacına ve üretim şekline göre metal, seramik ya da polimerden oluşmaktadır.

- Metal matrisli kompozitler, ana malzemelerinin metal ve metal karışımı içeren kompozitlerdir.

Bu kompozitler metal esaslı yapı içerisine gömülen ikincil faz (takviye), değişik geometrik şekillerde olabilmektedir.

Metal esaslı kompozitler bünyesinde bulundurdukları takviyelere göre üstün özelliklere sahip olabilirler. Seramiklerde bulunan yüksek elastik modülüyle metallerde bulunan plastik şekil değiştirme özellikleri harmanlandığında aşınmalara ve gerilme kuvvetlerine karşı mukavameti yüksek malzemeler üretilebilir.

- Seramik matrisli kompozitler, yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı ve hafif olmalarından dolayı (d=1,5- 3,0 gr/cm^3) oldukça kullanışlıdır. Bu kompozitler fiziksel özelliklerinden dolayı yüksek sıcaklıklara karşı kullanılırlar. Sert ve kırılgan yapılarından dolayı düşük sünekliğe ve tokluğa sahip olmalarının yanı sıra ani ısı değişikliklerine karşı zayıftırlar. Bundan dolayı liflerle takviye edilirler.

Seramik kompozitler, aynı zamanda rijit ve gevrek bir yapıya sahiptirler ve çok iyi derecede yalıtkan olma özelliğine sahiptirler (Kaya 2016).

- Polimer matrisli kompozit malzemeler, çoğunluklu olarak petrokimya içeren malzemeler olmakla birlikte, günümüzde en yaygın olarak kullanım alanı olan

kompozitlerdir. Bu kompozit malzemeler korozyona oldukça dirençli, dayanıklı işlenmesi basit, kolay şekillendirilebilen yük kapasitesi oldukça yüksek malzemelerdir (Vasiliev and Morozov 2001).

Polimer matrisli kompozitler termoset ve termo plastik matrisli kompozitler olarak 2'ye ayrılır.

1) Termoset matrisler; lif takviyeli kompozitlerin yapımlarında kullanılır ve genellikle sıvı halde bulunurlar. Lif takviyeli kompozitler yapılırken düşük viskozitede olmaları tercih edilir (Itoh et al. 2002).

2)Termoplastik matrisler; çoğunlukla ısı ile eritilir ve soğutma ile katı hale getirilirler. Bu da matrislere tekrar şekil verdirebilme özelliği kazandırır. Matrisler amorf veya yarı kristal yapıda bulunabilirler (Kaya 2016).

b) Takviye edici malzemeye göre kompozitlerin sınıflandırılması

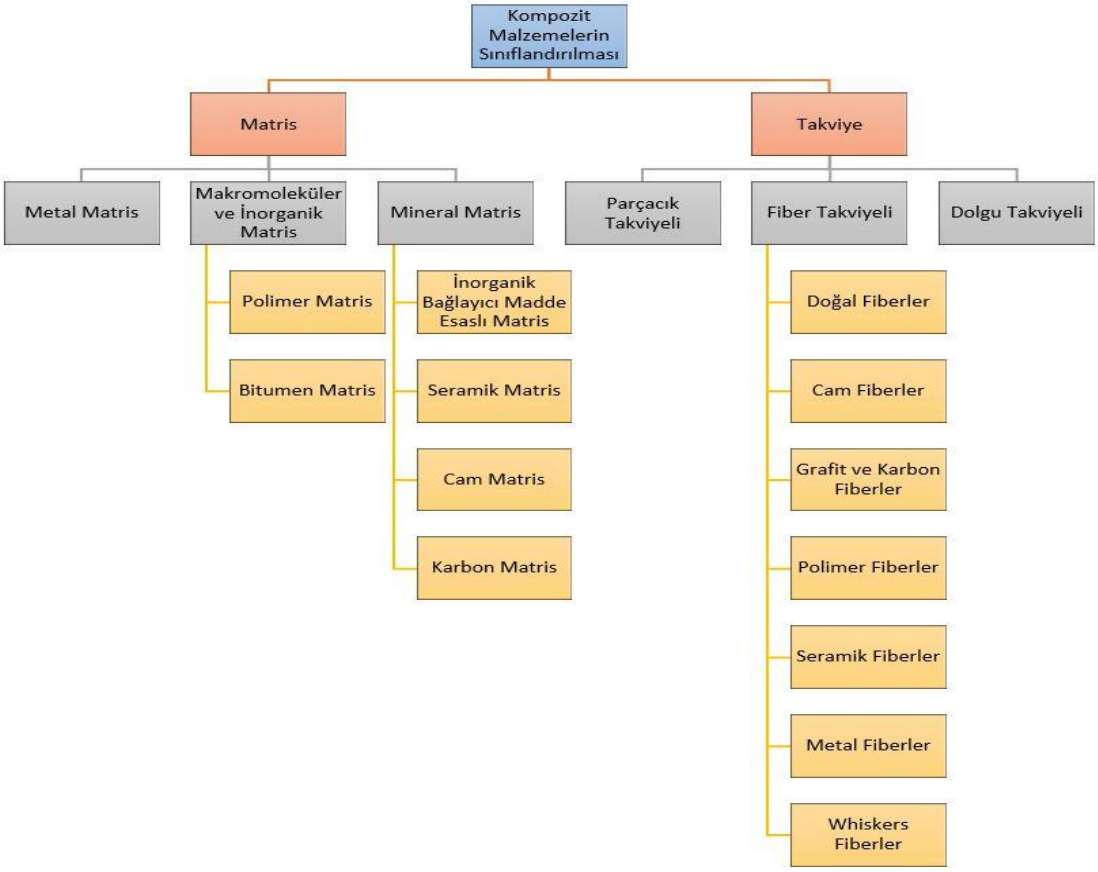
- Elyaf takviyeli kompozitler, kompozitler arasında en yaygın tür olan bu kompozitler, takviye malzemesi olarak ilk sırayı cam almaktadır. Bu kompozitler yaygın kullanılmasındaki diğer sebep ise ucuz olmasıdır. Kompozit malzemenin özelliği içerisindeki liflerin kompozit içerisindeki uzantılarıyla bağlantılıdır (Vasiliev and Morozov 2001).

- Parçacık takviyeli kompozitler, takviye malzemesinin boyutlarını, takviye malzeme özelliklerinin, kompozit malzemeye olan artılarını da belirlemektedir. Parçacıklar, kompozit malzemenin sertliğini artırmaktan çok dayanımını arttırmaya meyillidir.

- Tabakalı kompozitler, bu kompozitler eski ve yaygın kullanım alanına sahip kompozitler olarak tanımlanabilirler. Metallere nazaran daha hafif aynı zamanda yüksek mukavemet değerlerine sahiptirler. Katman sayıları fazla olmakla birlikte yüksek dayanım, aşınma direnci yüksek ve çok iyi ısıl genleşme özelliklerini içerisinde bulundurur.

➢ Karma kompozitler, benzer kompozit yapıda birden fazla takviye elemanının bulunduğu kompozitlere denir (Vasiliev and Morozov 2001).

Kompozitlerin takviye edicilerine göre sınıflandırılmaları Şekil 1.8' de gösterilmiştir.



Şekil 1.8 Kompozit malzemelerin matris ve takviye edicisine göre sınıflandırılması

1.4.3. Kompozit Malzemelerin Avantajları ve Dezavantajları

Kompozitlerin birçok özellik bakımından metallere nazaran çeşitlilik göstermesinden dolayı değerlenmişlerdir. Kompozit malzemelerin özgül ağırlıklarının düşük olmasından dolayı konstrüksiyonlar da kullanım açısından avantaj sağlamaktadırlar. Bununla birlikte fiber takviyeli kompozitlerin korozyon dayanımı, ısı, ses ve elektriksel yalıtım sağlamaları kullanılacak sektörler açısından üstünlük sağlamaktadır (Vatangül 2008).

1.4.4. Kompozit Malzemelerin Avantajları

- Yüksek Mukavemet: Bu kompozitler yüksek mukavemet değerlerine sahip olmakla birlikte, çekme, eğilme, darbe ve basınca dayanım konusunda birçok malzemeye nazaran daha iyi değerlerde ve yüksektir (Vatangül 2008).

- Hafiflik: Kompozit malzemeler birim alandaki ağırlığında, takviyesiz plastik malzemelere ve metallere nazaran daha yüksek mukavemet değerleri sunmaktadır (Vatangül 2008).

- Tasarım esnekliği: Kompozit malzemeler tasarımcısının isteklerine bağlı olarak karmaşık, basit, geniş, dekoratif ya da fonksiyonel şekillere sokulabilirler (Vatangül 2008).

- Kolay şekillendirilmesi: Büyük ve kompleks parçaların tek bir işlemle, tek bir parça haline kalıplanabilmesiyle birlikte malzeme ve işçilikten kazanç sağlamak mümkündür.

- Elektriksel özellik: Doğru malzemelerin kullanılmasıyla elde edilen kompozit malzemeler üstün elektriksel özelliklere sahip birer malzeme haline getirilebilmektedir.

Buda kompozit malzemelerin iyi birer iletken ya da iyi birer yalıtkan malzeme haline getirebileceği anlamını taşımaktadır (Vatangül 2008).

- Boyutsal stabilize: Mekanik baskılar esnasında termoset kompozit malzemeler biçimlerini ve işlevlerini koruyabilmektedirler (Vatangül 2008).

- Korozyona ve kimyasal etkilere karşı mukavemet: Kompozitler hava şartlarından, korozyon ve kimyasal etmenlerden kolaylıkla zarar görmemektedirler. Bu özelliklerinden dolayı endüstride birçok alanda faydalanılmıştır (Bulut 2014).

- Kalıcı renklendirme: Kompozit malzemelere renkleri genellikle kalıplama esnasında kazandırılmaktadır. Ve kazandırılan bu renk uzun süre bakım gerekmeksizin kullanılmaktadır(Bulut 2014).

- Isı ve ateşe dayanaklık: Isıl iletim katsayısı düşük kompozitlerin, yüksek ısı çalışması gerektiren yerlerde kullanılması oldukça yaygın bir durumdur.

➢ Titreşim sönümleme: Kompozitlerin yapısı gereği doğal olarak titreşim sönümleme ve şok yutabilme özelliklerine sahiptirler (Bulut 2014).

➢ Düşük maliyet: Kompozitlerin üretim maliyetleri, çelik, alüminyum ve metal karışımlı geleneksel malzemelere nazaran oldukça ekonomiktir. İlaveten kompozitlerin birim maliyetlerinin düşürülmesi adına çalışmalarda yürütülmektedir. Geçmiş yıllara bakıldığında kompozit endüstrisinin yaratıcıları kompozitlerin kabul görmesi için çalışmalar yürütürken, günümüz mühendis ve tasarımcıları, son kullanım ve uygulamalarında kompozitlerin maliyet ve performans değerlerini kanıtlamışlardır (Bulut 2014).

Polimer kompozit malzemelerle farklı malzeme gruplarının fiziksel analiz değer karşılaştırmaları Çizelge 1.2 de verilmiştir.

Malzeme Cinsi	Özgül Ağırlığı (ρ, gr/cm3)	Çekme Dayanımı (σ,MPa)	Elastik Modül (E, GPa)	Özgül Çekme Dayanımı (σ/ ρ)	Özgül Modül (E/ ρ)	Uzama (%)
Alüminyum	2.8	84	71	30	25	---
Al-2024	2.8	247	89	98	25	20
Al alaşımı	2.8	600	71	210	25	---
Titanyum	4.51	700	117	192	25.1	20
Ni Alaşımı	8.18	450-1200	204	147	24,90	26-45
Alaşımsız Çelik	7.86	460	210	60	27	20
Düşük Alaşımlı Çelik	7.8	600	207	80-250	26.5	20
Pirinç %30Zn	8.5	550	100	60	12	---
Karbon/epoxy %60	1.62	1400	220	865	135	0.8
Kevlar/epoxy	1,38	1310	83	950	60	---
Cam/epoxy %60	1.66	1510	165	910	99	---
Cam/polyester %50	1.9	750	38	390	19,8	1,8

Çizelge 1.2 Polimer kompozit malzemeler ile farklı malzeme gruplarının mekanik özelliklerinin karşılaştırılması (Bulut 2014)

1.4.5. Kompozit Malzemelerin Dezavantajları

➢ Polimer esaslı kompozitlerde bulunan hava boşluklarının malzemeyi yormasından dolayı olumsuz yönde etkilemektedir.

- Malzemelerin değişik doğrultularda mekanik özelliklerinin farklılık göstermesidir
- Kompozitlerin, seramik malzemeler dışında süneklik ve tokluğunun düşük olması.
- Mekanik özelliklerinin hala öngörülememiş olması.
- Delme, kesme gibi işlemlerde liflerin açılmasından dolayı hassas imalatının yapılamıyor olması vb. nedenler kompozit malzemelerin dezavantajları arasında gösterilebilirler (Arıcasoy 2006).

1.4.6. Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları

Kompozitlerin kullanım alanları oldukça geniş boyutlarda olmakla birlikte, başlıca kullanım alanları ve bu alanlarda sağlanmış olan avantajları da şu şekilde sıralandırılabilir:

- Şehircilik: Kompozitlerin bu alandaki kullanım alanları konut yapımında ve çevre estetiği alanlarında kullanılmaktadır.
- Ev Aletleri: Kompozit malzemeler kompleks parçaların üretimi, montaj kolaylıkları ve elektriksel etkilerden korunum gibi özelliklerinden ötürü getiriler sağlamaktadırlar.

Bazı uygulama alanları şu şekilde sıralandırılabilir.

- Mikrodalga fırınları, depolama tankları, mutfak tezgâhları, servis tepsileri vb. (Arıcasoy 2006).
- Elektrik/Elektronik Sanayi: Yalıtım konusunda iyi olan kompozitler bu sanayide oldukça yaygın olarak kullanılmaktadırlar. İzolatörler, anten, panel kutuları, aydınlatma, devre kesiciler vb.
- Havacılık Sanayi: Kompozitlerin en önemli kullanım alanlarından birisi havacılık sanayisidir. Günden güne daha geniş çapta uygulama alanlarına sahip olan kompozitler, planörlerin gövdesi, uçak gövdesi, uçağın iç dekorasyonu, helikopter ekipmanları ve uzay araçlarında oldukça yaygın kullanılmaktadırlar. Havacılık sanayinde kompozitlerin en önemli kullanım amaçlarından birisi hafif malzemeyle atmosfer şartlarına dayanımın ve mukavemetin arttırılmasını amaçlamaktadır. Hava araçlarının yapımında alüminyum

alaşımları gibi konvansiyonel malzemelerin yerini alan kompozitler, ağırlıklarının düşük, mukavemetlerinin yüksek olması sebebiyle tercih sebebidir (Arıcasoy 2006).

- Otomotiv Sanayi: Otomotiv sanayisinde kompozitlerin en çok kullanıldığı yerler başlıca; kaporta, iç aksam, lastikler, makaslar, şaftlar, fren ve debriyaj balataları olarak örneklendirilebilir. Kullanımdaki en büyük amaç otomobildeki toplam ağırlığın minimuma indirilerek maksimum düzeyde yakıt tasarrufu elde etmektir.

- İş Makineleri: Makine kapakları ve kabin yapımında kullanılan kompozit malzemeler, parça sayısının azaltılmasında ve elektriksel yalıtımlarının sağlanmasında kullanılmaktadır.

- İnşaat Sektörü: Bu sektörde kompozitlerden, bina cephe korumalarından, soğuk hava depolarına, inşaat kalıplarının oluşturulmasından otobüs duraklarına varıncaya kadar yararlanılmaktadır. Kompozitler tasarımı ve esnekliği kolaylaştırmak da nakliye ve montaj aşamasında büyük kolaylıklar sağlamaktadırlar.

- Yenilenebilir Enerji: Doğal kaynakların günden güne doğaya ve yaşayan ciğer canlılara karşı acımasızlığı sebebiyle tükeniyor olması, bununla paralel olarak süregelen alternatif enerji kaynağı arayışları, ülkelerin enerji potansiyellerinin yüksek olması sebebiyle her geçen gün sayıları artmakta olan rüzgâr türbinleri kanatlarında içerdiği 40-50m'ye varan uzunluklarında cam elyaf kullanırken, daha uzun kanatlara sahip olan rüzgâr türbinlerinin kanatlarında ise cam elyaf kullanılmaktadır (Karabağ 2011).

- Spor Ekipmanları: İnsanlar günümüzde işlerinde arda kalan vakitlerini spor yapmakla geçirme eğilimindedirler ve bu sporları yaparken profesyonel sporcuların kullandığı ekipmanlardan yararlanmak isterler. Kompozitler bu alanda farklı spor ekipmanlarının yapımında kullanılmakta olup bunlardan bazıları şu şekildedir:

-Su kayağı, kar kayağı, Sörf tahtaları, spor ayakkabılar, golf sopası vb. gibi örneklendirilebilir (Bulut 2014).

- Tarım Sektörü: Kompozit malzemelerin tarım sektöründe kullanımı, su borularının imalatı ve sulama kanallarının yapımında büyük öneme sahiptir. İstenildiği takdirde

kompozitlerden yapılmış olan bu malzemelere, ışık geçirgenliği, korozyona dayanıklılık, kolay montaj edilebilme özellikleri kazandırılabilir (Bulut 2014).

1.5. Kompozit Yapımında Kullanılan Endüstriyel Atık Maddeler

1.5.1.1.Bor ve Bor Atığı

Bor tuzlarının kullanımı 4000 yıl öncesine kadar dayanmakla birlikte ilk kez Tibet' de kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bor mineralleri Mısırlılar tarafından mumyalama işlemlerinde kullanılırken, Romalılar cam yapımında, antik çağlarda Babil' ler altın ve gümüş yapımında lehim olarak, yunanlar ise arena temizliği için kullanılmıştır. Mineralin Avrupa'yla tanışması ise Marco Polo tarafından Tibet'ten getirilmesiyle olmuştur. 875 yılında ise Araplar ilk kez Bor mineralini ilaçların yapımında kullanmışlardır (Özorak 2013).

1700'lü yılların başında ise Borik asit ilk kez kimya öğretmeni olan William Homberg tarafından Demir sülfat ile boraksın ısıtılmasıyla keşfedilmiştir. Element olan bor ise Fransız kimyager olan Gay-Lussac ve Baron Louis Thenard tarafından 1808 yılında keşfedilmiştir. Bor madeninin 13.yy'da Marco Polo tarafından Avrupa'ya getirilmesiyle modern bor endüstrisinin temelleri atılmıştır. Borik asit'in üretimi ise ortaya çıkarılmasından yaklaşık 150 yıl sonra İtalya' da başlamıştır (Yılmaz 2002).

Ülkemizde ise kurulan ilk işletme 1861 yılından oluşturulan Maadin Nizannamesi'yle 1865 yılında Fransız menşeili şirkete 20 senelik işletme hakkı verilmesiyle başlamıştır (Yılmaz 2002).

1968 yılında kurulan Etibank, borik asit ve boraks fabrikalarından günümüze kadar bor üretimi konusunda bilgi ve birikime sahip olmuştur. Günümüzde Etibank çalışanları ve üniversite işbirlikleri ile borun üretiminde kullanılan uygun prosesler ve mühendislik hizmetleriyle Kırka' da faaliyete geçirilen Boraks Pentahidrat tesisi 1996 yılından bugüne üretime devam etmektedir (Özorak 2013).

1.5.1.2.Borun Tanımı

Arapça da Buraq/Baurach, Farsça da Buran kelimelerinden gelmekte olan atom numarası 5, (B) simgesine sahip, yoğunluğu değeri 2,84 gr/cm^3, atom ağırlığı 10,81, erime noktası 2300 ºC, kaynama noktası 4000 ºC ve periyodik tablo da ise 3A grubunda yer almaktadır. Bor mineralinin miktarı kayalar, toprakta ve suda da bulunabilen kristal ya da amorf şeklinde 10 ppm civarlarındadır (Özorak 2013).

Bor mineralleri genellikle bileşikler halinde bulunmaktadır ve doğada yaklaşık olarak 230 farklı mineral bulunmaktadır. Bor'un oksijenle bağ yapma isteğinin fazla olmasından dolayı değişik bor oksijen bileşikleri bulunmaktadır ve bu bileşiklere borat adı verilir (Ölçen and Kılıç 2001).

Borun kristal yapısı Şekil 1.9' da görülmektedir.



Şekil 1.9 Borun kristal yapısı

Bor oksit içermekte olan mineral sayısı oldukça fazladır. Fakat ticari değeri en yüksek olanlar boraks (tinkal), üleksit ve kolemanittir ve bu bileşikler belli başlı ülkelerde belirli izinlerle üretilir.

Türkiye ve Amerika Birleşik Devlet'leri bor üretiminin %90' lık kısmını karşılamaktadır (Özorak 2013).

1.5.1.3 Önemli Bor Mineralleri ve Bileşikleri

● **Borasit (Mg_3Cl/B_7O_{13})**

Ortam sıcaklığında (25 ºC) ortorombik kafes yapısına sahiptir. 268 ºC ve üzeri sıcaklıklarda hekzagonal kafes yapısında kristallenmektedir(Devlet planlama teşkilatı 2000).

● **Üleksit ($NaCaB_5O_6(OH_6).5\ H_2O$**

Triklinik kafes yapısında kristalleşmektedirler. İğnemsi, kılcal lif ve yuvarlak kümeler halinde bulunmaktadır. Isı verilince erimekte ve beyaz renk almaktadırlar. Daha sonra saydamlaşır ve gözenekli cama dönüşmektedirler. En önemli Üleksit yatakları Türkiye, A.B.D. ve Şili' de bulunmaktadır (Devlet planlama teşkilatı 2000).

● **Boraks (Tinkal) ($Na_2B_4O_710H_2O$)**

Monoklinik kafes yapısında kritsallenmektedirler. Sarı renk hâkimiyeti olmakla birlikte renksiz oldukları da gözlemlenmiştir. İçlerinde yabancı maddelerde barındırabilmektedirler. Tıp alanında koruyucu ve antiseptik hammaddesi olarak, temizlik ve yıkamada, oksitlenme önleyici ve metal dış alaşımları yapımında kullanılmaktadır. En önemli uygulaması ise atomik reaktörlerin nötron yakalayıcı olarak ve roketlerin yakıtında kullanılmasıdır (Devlet planlama teşkilatı 2000).

● **Kernit ($Na_2B_4O_74H_2O$)**

Mono klinik kafes yapısında kristallenmektedir. Genellikle saf ve renksizdirler. Büyük ve yapraksı kristalleri gözlemlenmiştir (Devlet planlama teşkilatı 2000).

● **Kolemanit ($CaB_3O_4(OH)_3.H_2O$)**

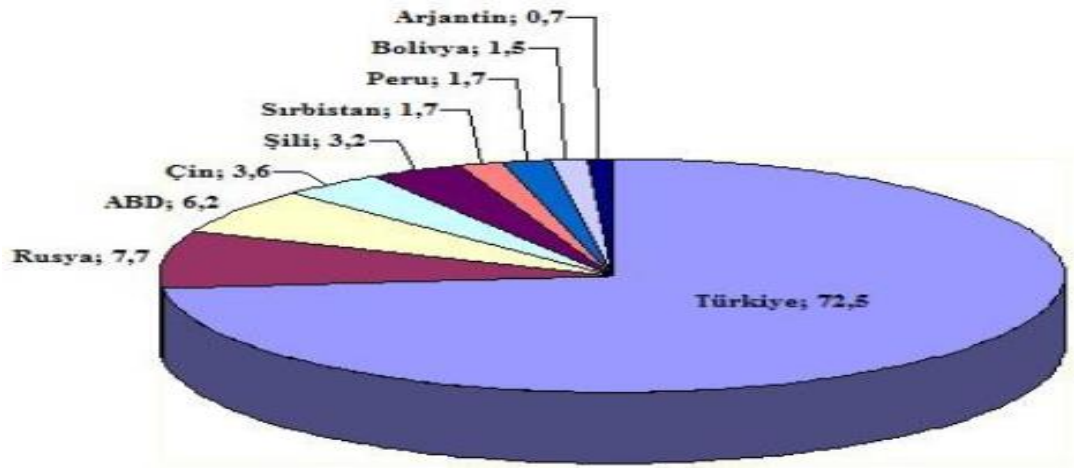
Mono klinik kafes yapısında kristalleşirler. Elmas parlaklığında olmakla birlikte camsı, saydam ya da yarı saydam olabilirler. Balıkesir- Bidagiç, Susurluk, Kütahya-Emet, Eskişehir-Kırka' da en fazla ve aygın yatakları bulunmaktadır(Devlet planlama teş. 2000).

● **Pandermit ($Ca_5B_{12}O_{23}OH)_8$**

Triklinik kafes yapısında kristalleşmektedirler. Ufak taneli kümeler halinde gözlemlenmektedir. Balıkesir-Sultançayırı mevkiinde yatakları bulunmaktadır (Devlet planlama teşkilatı 2000).

1.5.1.4 Ülkemizdeve Dünya'da Bor

Dünya' da en önemli bor yataklarına sırasıyla Türkiye, A.B.D. ve Rusya sahiptir. Ülkemiz ise dünya bor rezervinin %73'lük kısmıyla en stratejik konumdadır. Dünya da bor üretiminin %70' lik bölümünü gerçekleştiren Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü (Türkiye) ve Rio Tinto (A.B.D.) en önemli iki kuruluştur (Emigm 2012).



Şekil 1.10 Dünya' da bulunan bor rezervleri (Emigm 2012).

Mineral	Formül	$\%B_2O_3$	Bulunduğu Yer
Boraks(Tinkal)	$Na_2B_4O_710H_2O$	36,6	Kırka, Emet, A.B.D.
Kernit	$Na_2B_4O_74H_2O$	51,0	Kırka, A.B.D, Arjantin
Pandermit	$Ca_4B_{10}O_{19}.7H_2O$	49,8	Sultançayırı, Bidagiç
Üleksit	$NaCaB_5O_6(OH_6).5\ H_2O$	43,0	Bidagiç, Kırka, Arjantin
Properit	$NaCaB_5O_9.5H_2O$	49,6	Kestelek, Emet, A.B.D.

Kolemanit	$CaB_3O_4(OH)_3.H_2O$	50,8	Emet, Bidagiç
Hidroborasit	$CaMgBO_{11}.6H_2O$	50,5	Emet

Çizelge 1.3 Ekonomik değere sahip bor mineralleri (Emigm 2012).

Türkiye' de rezerv açısından en önemli cevherler Tinkal ve Kolemanitdir. Bu cevher yatakları ise Emet ve Bigadiç civarlarıdır (Emigm 2012).

1.5.1.5. Bor Atıkları ve Bor Atıklarının Değerlendirilmesi

Eti-Maden, Eti Holding Etibor A.Ş.' ne ait dünya piyasalarının %30'luk üretim payına sahip işletmelerinde bor konsantresi üretimi yapılmaktadır. Yıllık ortalama 600000 ton/bor atığı'nın bu tesislerden oluştuğu tespit edilmiş ve atıkların geri kazanımıyla ilgili çalışmalar yapılmıştır (Özorak 2013).

Bor atıklarına uygulanan suda bekletme, mekanik dağıtma, gravite yöntemleri, manyetik ayırma, soda liçi, çözeltme, flokülasyon gibi çeşitli yöntem uygulanarak zenginleştirilmesi esnasında atığa kaçırılan borun geri dönüşümü amaçlanmaktadır.

Çeşitli faaliyetler sonucunda ortaya çıkan çevre problemleri, atıkların gün geçtikçe artması, depolama alanlarının yetersiz oluşu, atıkların stabilize edilmesi ve emniyeti, çeşitli kirliliklerin oluşması canlıların yaşam sağlıklarına karşı başlıca sorunlardandır.

1.5.2.Uçucu Kül

Öğütülmüş kömürün yakıldığı termik santrallerde açığa çıkan atık uçucu kül olarak adlandırılmaktadır. Ülkemizde bulunan termik santrallerde yıllık ortalama olarak 55 milyon ton linyit kömürü kullanılmakta olup yanma sonucunda ise yaklaşık 16 milyon ton uçucu kül atık olarak çevreye atılmaktadır. Avrupa ülkelerinde açığa çıkan uçucu kül atığının %80'i yapı, inşaat sektöründe kullanılırken, bu oran ülkemizde %2-3 dolaylarındadır. Uçucu küller, gerek fiziksel, gerekse kimyasal özelliklerinden dolayı yapı sektöründe geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Uçucu külün depolanması sonucunda toplumun ve çevrenin üzerinde büyük olumsuzluklarla karşılaşılmıştır. Ülkemizde de uçucu kül atığının Avrupa ülkelerinde olduğu gibi değerlendirilmesi, yeni kullanım alanlarının keşfedilmesi, çevre sağlığı ve ülke ekonomisine oldukça katkı

sağlayacaktır. Kömür tüketim tesislerinin yakınlarına inşa edinilecek geri dönüşüm tesislerinde uçucu kül mali değer kazanacak ve depolama sorununun ortaya çıkardığı olumsuzluklar giderilecektir (Kaplan and Gültekin 2010).

Uçucu külün içerik ve özellikleri yakılan kömürün cinsi, yakma biçimi, santral tipi vb. faktörler etkilese de genel itibariyle elektrik enerjisi üreten işletmeler de taş kömürün %10-15'i, linyit kömürünün ise %20-50' si kül atığı olarak ortaya çıkmaktadır (Morrison 1970).

Şekil 1.11 de Farklı uçucu küllere ait görüntüler verilmiştir.



a) Linyit kömürü uçucu külü b) Taş kömür uçucu külü

Şekil 1.11 Linyit ve Taş kömür uçucu külleri

1.5.2.1. Uçucu Küllerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Uçucu küller, genellikle koyu gri renginde, ufak taneli yapıdadırlar. Renginin farklılık göstermesindeki ana neden olarak kömürün özellikleri ve yanış özellikleri gösterilebilmektedir. Eksik yanmanın olduğu durumlarda açığa çıkan küle rengini veren yanmamış karbondan başka bir şey değildir. Tam yanma sonucunda açığa çıkan uçucu kül daha açık renkte olmaktadır.

Uçucu külün tane boyutu kazana yönlendirilen kömürün öğütülmesiyle ilgilidir. Tane boyutundaki diğer bir parametre ise küllerin bacadan dışarı kaçmadan yakalanmasıdır.

Bacadan kaçırılan kül arttıkça, incelik artmaktadır. Tane boyutları genellikle 0,5-200 ɱ boyutlarında, camsı ve küresel parçacıklardır. Yoğunlukları ise ortalama 2,2 –2,7 gr/cm^3 arasındadır (Güler et al. 2005).

Kimyasal olarak bakıldığında ise uçucu küllerin SiO_2, $Fe2O_3$ ve MgO bileşiklerinden oluştuğu gözlemlenmektedir. Uçucu külün içerdiği karbon miktarı ise kömürün tipine göre farklılık gösterir. Ayrıca, bazı kömürler de önemli miktarda CaO bulunmakta olup, ülkemizde buna benzer bir sınıflandırma olmamasıyla birlikte, farklı ülke standartlarında içeriğinde %10' dan fazla miktarda CaO içeren küller 'yüksek kireçli uçucu kül' olarak adlandırılmaktadır (Güler et al. 2005).

1.5.2.2. Uçucu Küllerin Puzolanik Özellikleri

Puzolan, hidrolik bağlayıcı özellikleri olmamalarına karşın ufak tane boyutuna getirildiklerinde nemli ortam ve normal sıcaklıklarda CaHO ile reaksiyona girerek bağlayıcı özelliğe sahip bileşikler meydana getiren doğal ya da yapay malzemelerdir.

Puzolanlar, yapı malzemeleri yapımında değişik oranlarda kullanılarak malzemelere bağlayıcı özellik kazandırmaktadır.

Uçucu küller de bu özelliklerinden dolayı puzolan olarak kullanılabilmektedir. Ancak puzolan olarak kullanılması düşünülen uçucu küllerin belli başlı özelliklere sahip olması gerekmektedir (Kefeli oğlu 1998).

1.5.2.3.Uçucu Küllerin Kullanım Alanları

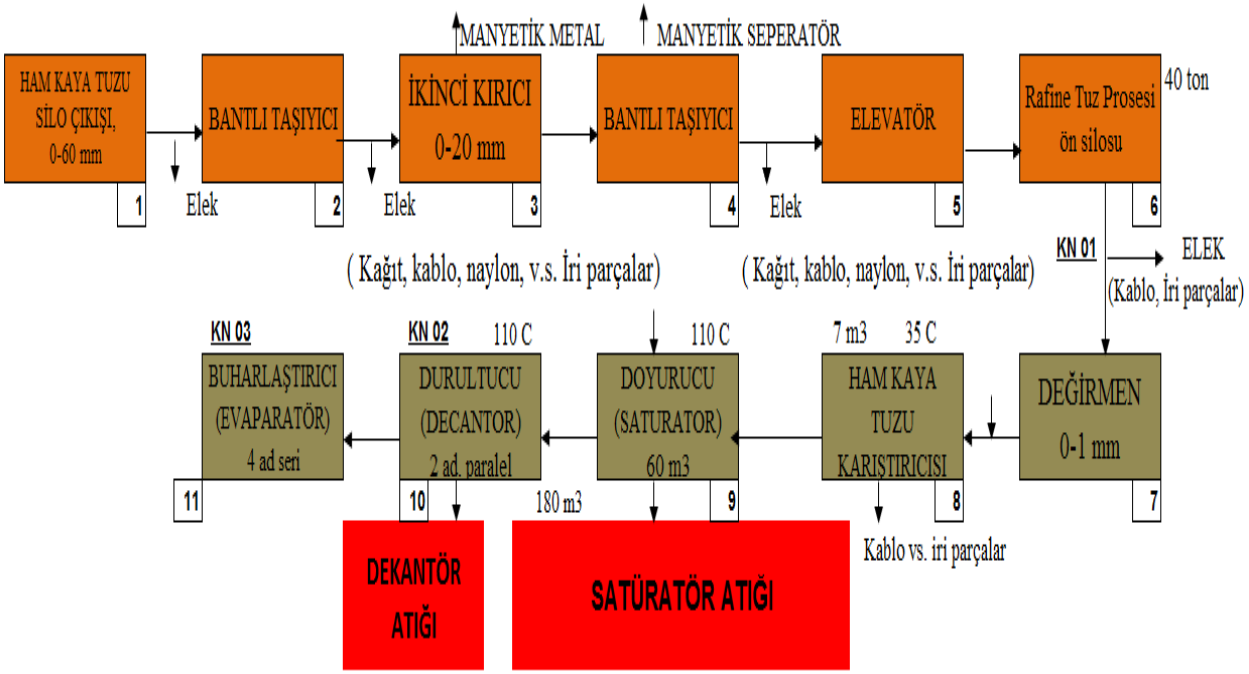
Uçucu külün, son yıllarda artan çalışmalar neticesinde kullanım alanlarına yönelik, laboratuar ve sahada gerçekleştirilen analizlerle geliştirilmiş ve termik santrallerde büyük miktarlara ulaşan bu atığın uzaklaştırılarak inşaat sektöründe kullanılması öngörülmüştür.

Dünya genelinde uçucu küller, çimento, beton, baraj duvarları, maden ve çeşitli yapıların dolgu enjeksiyonlarında, köprü ayaklarında ve pek çok sektörel faaliyetlerde kullanılmaktadır (Güler et al. 2005).

1.5.3.Kil Atığı

Deney çalışmalarında kullanılmış olan kil atığı, Çankırı'nın Tuz madenlerinden elde edilmiş olan kaya tuzunun rafine hale getirildikten sonra açığa çıkan killerinden oluşmaktadır. Rafine kaya tuzu prosesine ortalama günlük (800 ton/Gün), ham kaya tuzu girmekte olup, yaklaşık 600 ton'luk kısmı rafine edilip piyasaya sürülmektedir.

Bu da günlük ortalama açığa çıkan kil miktarının 200 ton' a yaklaşık olduğu anlamına gelmektedir. Deney çalışmalarında kullanılmış olan kil atığının açığa çıkarıldığı proses blok şeması Şekil 1.12 de belirtilmiştir.



Şekil 1.12 Tuz fabrikası kil atığı blok şeması

Bu çalışmada, tuz fabrikası atığı olarak satüratör ve dekantör olarak isimlendirilen proses ekipmanların elde edilen kil numuneleri kullanılmıştır.

Şekil 1.12'de Kil atığının hangi üretim prosesinden alındığı görülmektedir.

1.6. POLİÜRETANLAR

1.6.1 Poliüretanın Tarihçesi

Poliüretan kavramı ilk kez 1937 yılında Otto Bayer ve arkadaşlarının çalışmalarıyla Almanya'nın Leverkusen şehrinde bulunan Farben laboratuarında keşfedilmiştir (Frisch 1999).

II. Dünya savaşında kısıtlanan çalışmalar, savaşın bitimiyle hızlanarak 1952 yılında toluen diizosiyanat (TDI) ve polyester poliolleri birleştirme çalışmalarına kazayla karıştırdığı suyla başlamıştır. Bu süreçleri devamı olan yıllarda Bayer tarafından farklı polyester poliizosiyanatlar da geliştirilmiştir. Bu çalışmaların sonucunda geliştirilen ilk ticari polieter poliol, poli tetrametilen eter glikol (PTMG), 1956 yılında tetra hidrofuar' ın polimerleştirilmesiyle Dupont tarafından Spandex elyafı ortaya koymuştur.

Yıllarında geçmesiyle artan tecrübelerin meyvesi olarak çalışmalar, PMDI ile esnek poliüretan köpükler(1960), sert poliüretan köpükler(1967), çeşitli üfleme ajanları ve polieter poliollerin üretimi konusunda yoğunlaşmıştır.

1967' yılında düşük yoğunluğa sahip yalıtım ürünlerine yüksek seviyede termal stabilite ve yanıcılık direnci kazandıran sert poliüretan süngerler ticari sahada görünmeye başlandı. Gene bu yıllarda kapı panelleri ve otomotiv iç aksamları, yarı sert poliüretan termoplastik kaplamaların arkadan doldurmasıyla üretilmiştir. Buna en iyi örnek ise 1969 yılında Bayer, Almanya'da tamamı bu malzemelerden oluşan bir binek araç üretmiştir.

Bitkisel yağ bazlı poliollerden poliüretan temelli malzemeler üretmek, petrokimya endüstrisinde artan hammadde ihtiyacı ve buna bağlı olarak artan maliyetlerin en aza indirilmesi, hem de çevre dostu ürünler için artan kamusal isteklerinden ötürü, 2004' ün başından beri dikkatlerin üzerine çekinilmesi çalışılmıştır. 2004 yılından itibaren bitkisel yağ bazlı poliüretan sektöründeki çalışmalar oldukça hız kazanmıştır (Sharmin and Zafar 2012).

1.6.2. Poliüretan Çeşitleri

Poliüretanların üretimiyle ilgili belli başlı reçineler mevcuttur. İstenilen özelliklere sebep farklı silikon, katalizör ve şişirici maddeler hatta izosiyanat ve poliol miktarları değiştirilerek farklı özelliklere sahip poliüretanlar elde edilebilir (Akindoyo et al. 2016).

Poliüretanların içerik, sentezlenebilirlik ve geniş çaplı spesifik uygulamalarına göre gruplandırılması mümkündür.

Sahip olması istenilen özelliklere göre; sert, esnek, su bazlı, bitkisel yağ bazlı, yapıştırıcı, bağlayıcı, kaplayıcı, sızdırmazlık özelliğine ve elastomerler olarak farklı sınıflara ayrılmıştır.

Bazı poliüretan çeşitleri şu şekildedir:

- Sert (Rijit) poliüretan süngerler
- Esnek poliüretan süngerler
- Termoplastik poliüretanlar
- Kaplamalar, yapıştırıcılar, sızmazlık maddeleri ve elastomerler.

1.6.2.1. Poliol

Poliüretan süngerlerin yapımı için kullanılan polyoller, sıvı fazdaki oligomerler veya iki ya da daha fazla hidroksil grubuna sahip polimerik bileşikler olarak adlandırılırlar. Bu gibi polioller arasında polieter polioller, polyester polioller, hidroksil uçlu poliolefinler ve hidroksil içeren bitkisel yağların içeriğinde bulunmaktadır (Ashida 2007).

Polieter ve poliester poliol grupları, esnek ve bir o kadar sert süngerlerde kullanılmakta olan bileşiklerdir. Sert poliüretan süngerlerin gelişim dönemlerinde poliester polioller ciddi derecede kullanılmıştır. Sonralarda ise düşük işlevsellik, viskozitenin yüksekliği, ortaya çıkan süngerlerin boyutsal kararlılıklarının düşük olmasıyla birleştirilmiş yüksek maliyet gibi nedenlerinden dolayı özel çalışma alanlarının dışında kullanılmamaktadır.

Bunun yanı sıra tutuşma sıcaklıklarının yüksek ve yangın geciktirme özelliklerine sahip olmalarından dolayı polyester polioller inşaat endüstrisi için sert PU süngerlerin üretiminde oldukça yaygın kullanılmaktadır. Polieter polioller, bir başlatıcı ve katalizör varlığında alkilen oksitlerin anyonik polimerizasyonu sonucunda üretilir.

Poliollerin işlevliği ve eşdeğer ağırlıkları çok geniş sınırlar içerisinde kontrol edilmekte olup, istenilen sertlikte ve esneklikte poliüretan süngerler için kullanılmaktadır.

Başlatıcılar, işlevsellik işlevselliği sonucundaki poliolün belirleyicisini belirleyen düşük moleküller ağırlıklı hidroksillenmiş bileşiklerden oluşmaktadır. Sert PU süngerleri için polieter polioller, gliserol, sorbitol ve sukroz gibi yüksek işlevli başlatıcılar kullanılarak üretilmektedir (Jones 2004).

Bileşen	İşlevsellik
Etilen Glikol	2
Gliserol	3
Trimetilol Propan	3
1.2.6 – Hegzan Triol	3
Trietanol âmin	4
Sorbitol	6
	8

Çizelge 1.4 Yaygın olarak kullanılan polyollerin işlevsel özellikleri (Jones 2004).

1.6.2.2. Bitkisel Yağ Bazlı Polioller(Oleokimyasal Polioller)

Hayvansal ve bitkisel yağlar polyoller için önemli kaynakların başında gelmektedir. Bitkisel yağlar, örneğin soyayağı, hint yağı, ayçiçek yağı, palmiye yağı ve bunlara benzer yağlar 110 milyon ton/yıl dolaylarında dünya çapında ki üretim miktarının

%76'sı insanların besin uygulamalarında kullanılmaktadır. Bunun %19,5' u teknik uygulamalarda kullanılırken, %7,5'i sabunda, %10,5'i yağ kimyasallarında kullanılmaktadır. %1,5 'i ise diğer uygulamalarda kullanılmaktadır. Soya yağı dünya genelinde en çok üretilen bitkisel yağ olmakla birlikte toplam yağ ve hayvansal yağların %25'ini oluşturmaktadır. Soya yağını %18 oranla palmiye yağı izlemektedir (Otey, Zagoren, and Mehltretter 1963).

Poliüretan endüstrisinde kullanılmakta olan bitkisel yağ bazlı polyollerde, en yüksek doymamışlık oranı olan yağlar daha çok tercih edilmektedir. Doymamışlığın göstergesi olan çift bağlar, birbirinden farklı kimyasal reaksiyonlar kullanılarak, hidroksil gruplara dönüştürülmektedir. Doymamışlığa sahip bitkisel yağlar sınıfında, soya yağı, ayçiçeği yağı, mısır yağı, zeytinyağı, pamuk yağı bulunurken, hayvansal yağlardan ise balık yağı bulunmaktadır (Reed 1997).

Hint yağı ise, poliüretan endüstrisinde ilk dönemlerde (sentetik polyollerin ortaya çıkarılmadan önce) önemli ölçüde rol oynamıştır. Dünya çapında 1200000-1800000 ton/yıl dolaylarında üretilmeyle birlikte Hindistan %64 oranla ilk sırayı almaktadır.

Hindistan'ı %23 oranla Çin, %7 oranla Brezilya izlemektedir (Reed 1997).

1.6.2.3. Bitkisel Yağ Bazlı Poliollerin Eldesi

A) Ester guplar içeren reaksiyonlar kullanarak bitkisel yağ bazlı poliollerin sentezi

Bitkisel yağlardan poliole üretimi için kullanılan en önemli yöntem trans esterleştirme ve transmitleme reaksiyonları gibi ester gruplarını kapsayan reaksiyonlar kullanılmaktadır (Janik, Sienkiewicz, and Kucinska-Lipka 2014).

B) Doymamış Trigliseritlerin içerdiği çift bağların reaksiyonları ile bitkisel yağ bazlı poliollerin sentezi

Doymamış durumda olan trikliseritlerin poliole dönüşmesi, çift bağların farklı reaksiyonlar kullanılarak hidroksil grupların oluşturulmasıyla meydana gelmektedir. En önemli yol, epoksi bileşiklerin oluşturulmasının ardından bu bileşiğin hidroksil gruba dönüştürülmesidir (Janik et al. 2014).

Swerm ve Greeanspan, perasitleri kullanarak bitkisel yağları epoksilleyen ilk bilim adamlarıdır. Günümüzde epoksillenmiş yağ üretiminde ki en yaygın üretim süreçleri hala eski ilkelere dayanır. Doymamış karbon bağlarının açılıp, tek bir oksijen atomuna her iki karbon atomunun bağlanması epoksilleme reaksiyonu olarak isimlendirilir. Epoksilleme reaksiyonu ile oluşan tüm ürünlere epoksi ya da oxirane olarak adlandırılmaktadır.

Epoksil grupla reaktiviterlerinden ötürü ekonomik bir öneme sahiptirler. Epoksiler doğal ürünlerin içlerinde çok gözlemlenememelerine rağmen doymamış kuru yağlar ve yağ asitlerinin oksidasyonu ile de üretilebilirler. Organik sentezlerde epoksiler birçok kimyasal, aktif ajanlar, plastikleştiriciler, kozmetik, reçine, çimento ve yapıştırıcı üretimlerinde reaktif olarak kullanılmaktadırlar (Xia et al. 2012).

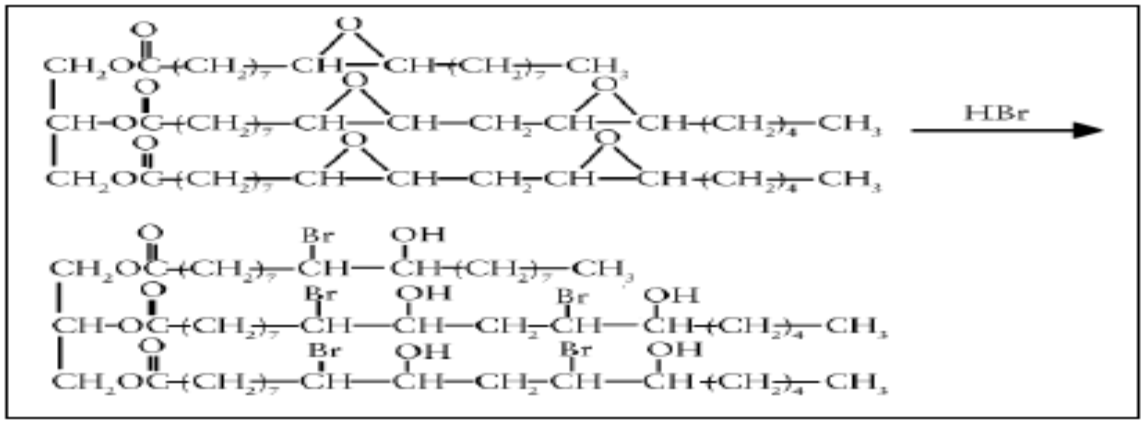
Epoksillenmiş olan bitkisel yağlar, farklı reaktifler kullanılarak sahip oldukları epoksi gruplar bitkisel yağ polyolleri olarak adlandırılan hidroksil gruplara dönüştürülebilirler.

Epoksi zincirlerinin açılmasında önemli etkide etkileyen reaksiyonlar;

- Asitler ile reaksiyon
- Hidroliz
- Alkoliz
- Hidrojenleştirme

C) Asitler ile reaksiyon

Epoksitlenmiş bitkisel yağlar, HCL ve HBr veya çeşitli organik asitlerle reaksiyonu ile klorohidrin, bromohidrin ya da hisroksialkil ester yapılarına sahip polioller oluşması için epoksi zincirler açılmaktadır (Petrovic, Guo, and Javni 2000).

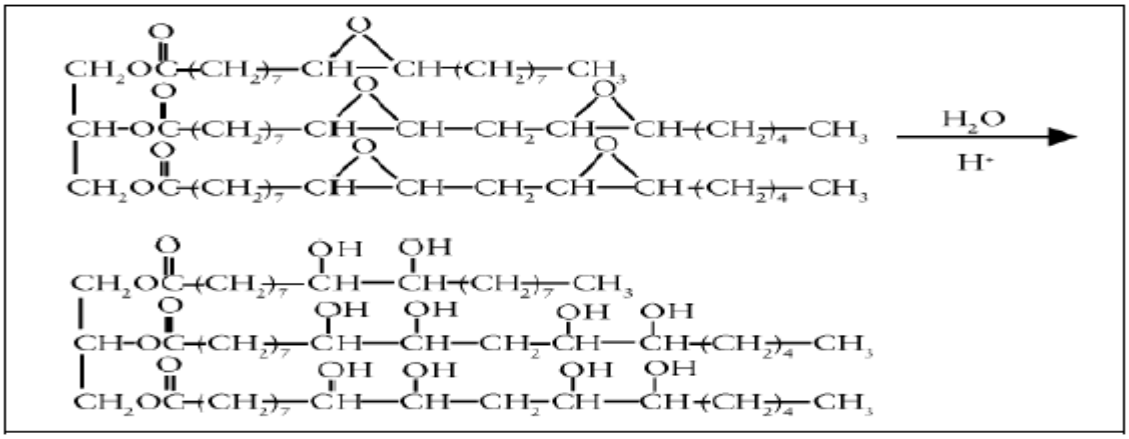


Şekil 1.13 Asitler ile epoksillenmiş yağ reaksiyonu(Karel 2010).

Ortaya çıkarılan bitkisel polioller, 180-220 mg KOH/g hidroksil sayısına ve 3,8-4,1 OH Grup ve mol fonksiyoneliteye sahiptirler. Bu rxn'lar genellikle yüksek verimlerde (%94 ve üzeri), ve (40-50 ºC) sıcaklıklarda gerçekleşir.

D) Hidroliz

Epoksillenmiş soya yağının hidrolizi, asit katalizörlerinin varlığında incelenmektedir, bundaki amaç ise ester bağlarının minumum hidroliziyle maksimum hidroksil sayısı Elde etmektir (Karel 2010).

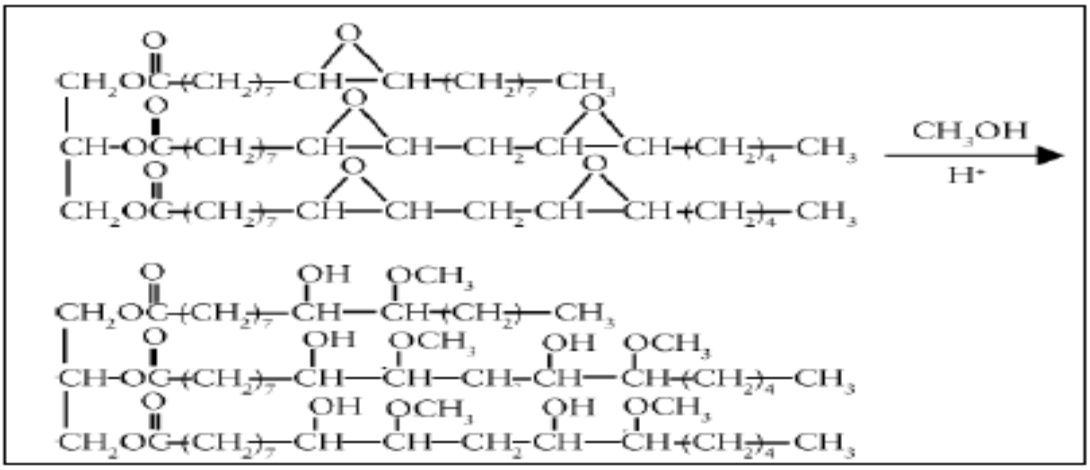


Şekil 1.14 Epoksillenmiş soya yağı hidroliz reaksiyonu (Karel 2010).

Epoksillenmiş soya yağının hidrolizinden elde edilen polioller teorik olarak hidroksil sayıları 440 ile 450 mg KOH/g aralıklarındadır. Epoksillenmiş soya yağı, 1 molünde 4 epoksi grup içermekteyse hidroliz ile elde edilen polyolün fonksiyonelliği 1 molünde 8 hidroksil grup olacaktır.

E) Alkoliz (Hidroksilleme)

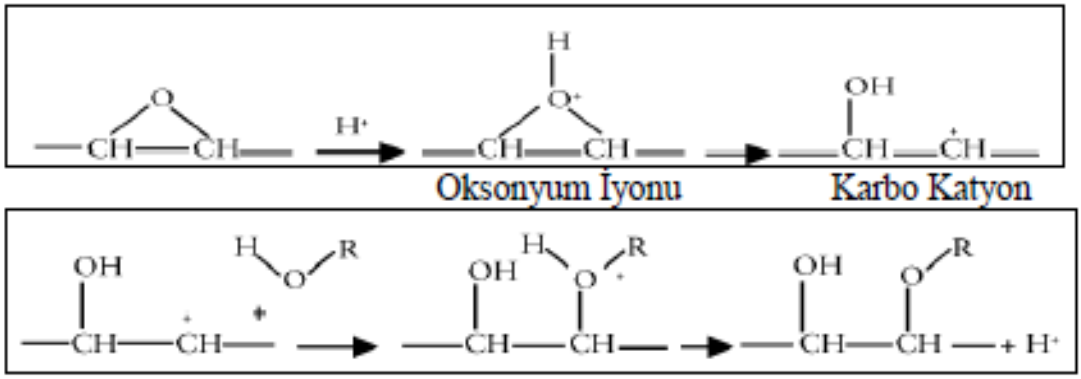
Asitlerin varlığında, epoksillenmiş bitkisel yağlar ile alkollerin reaksiyonuyla sıvı polyoller oluşmaktadır.



Şekil 1.15 Epoksillenmiş Bitkisel Yağ ve Alkol Reaksiyonu (Karel 2010).

Epoksillenmiş olan bitkisel yağların hidrolizi ile elde edilmekte olan hidroksil sayısı teorikten her daim düşüktür. Bunun sebebi ise oluşan hidroksil gruplar ve reaksiyona girmemiş olan epoksidik zincirler arasındaki moleküller ve molekül içi reaksiyonlardır. Bu tür reaksiyonlarda, hidroksil grupların sayısı korunur ve yeni hidroksil gruplar oluşturulmaz.

Alkolizin geliştirilmesi ile hidroksil sayısının attırılması mümkündür, hidroliz reaksiyonu.

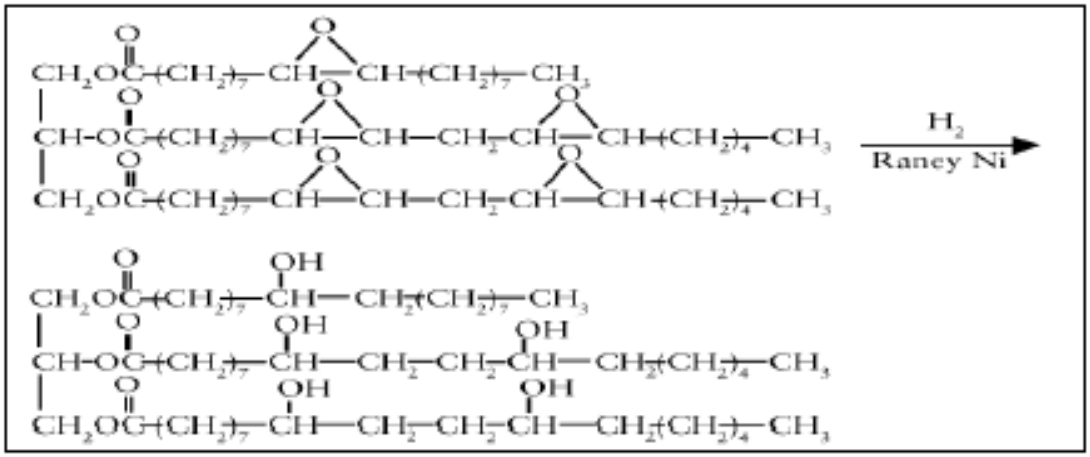


Şekil 1.16 Epoksidik Grup Reaksiyonu (Karel 2010).

F) Hidrojenleştirme

Hidrojenleştirme olayı katalizör varlığında ve belirli basınçlar altında gaz hidrojenle epoksillenmiş bitkisel yağın hidrojenleştirilmesiyle katı polyoller elde edilmektedir. Polyoller ise vaks katılığındadır. Erime sıcaklıkları düşük olmakla birlikte, hidroksil sayıları 200 ile 215, fonksiyonaliteleri 3,5 OH grup/mol civarlarındadırlar (Petrovic et al. 2000).

Hidrojenleştirilmiş ve epoksillenmiş soya yağının viskozitesi 38ºC ‘de 200 mPa. s’ dır.



Şekil 1.17 Hidrojenleştirme Reaksiyonu (Karel 2010).

Günümüzde çift bağların hidroksil gruplara dönüşümleri için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlar bu noktada ikincil önemlidirler fakat sentetik potansiyele sahiptirler.

1.6.3. Bor atıkları

Günden güne artmakta olan çevre bilinci madencilik alanında da kendini hissettirmiş, madencilik faaliyetlerinin sonucunda açığa çıkmakta olan atıkların çevreyi kirletmeden bertaraf edilmesi konusundaki hassasiyet artmıştır. Bor atıklarının çeşitli yöntemler aracılığıyla uygun sektörlerde değerlendirilmesinin sonucunda;

● Atıkların stoklanmasından dolayı ortaya çıkan sorunların giderimi kolaylaşacak ve stoklama maliyetleri düşürülecektir.

● Çevreyi olumsuz etkileyen unsurlar en aza indirilecektir.

● Bor atıklarının değerlendirilmesinin sonucunda üretilen yeni ürünler ülke ekonomisine ek girdi olmasını sağlayacaktır.

Ülkemizde ekonomik bir öneme sahip olan bor minerallerinden olan Kırka tinkal minerali, birbirine yakın miktarlarda montmorillonit ve dolomit içeren gri killerle dolomonitçe zengin beyaz killerden ve kalsitten oluşmaktadır (Sabah and Yeşilkaya 2000).

Bor atıklarının içeriklerinde bulundurdukları kil açısından zengin oluşu, atıkların değerlendirilmesiyle ilgili çalışmaları, seramik başta olmak üzere, tuğla yapımına ve çimento sektörüne yönlendirmektedir (Oruç, Sabah, and Erkan 2004).

1.7.Yapay Zekâ ve Uzman Sistemler

1.7.1. Yapay Zekâ

Yapay zekâ, kompleks problemlerin çözümünü, insanların düşünsel yapısını baz alarak gerçekleştiren, bilgisayar teknolojisinin bir alt dalı olarak adlandırılır. Diğer bir tanımlamaya göre yapay zekâ, problemlerin çözümleme için anlama, kavrama, yorumlama özelliklerin çeşitli programlama dilleriyle taklit edilmesidir. Yani canlıların düşünme ve harekete geçebilme özelliklerinin teknolojik ekipmanlar tarafından yapılmasını sağlamak ve yeni yöntemlerin geliştirilmesini sağlamaktadır (Giarratano and Riley 1989).

Bu çalışmalarla, günlük hayatlarımızdaki zorlukları kolaylaştırılmış, yeni yaklaşım ve tekniklerin sayısı günden güne artmıştır. Bu çalışmaları faaliyete dökmek için ise çeşitli bilgisayar programlarına gereksinim duyulmuştur. Çünkü yapay zekâda bulunan standart faaliyetler bilgisayar programlarındaki modeller için gerçekçi ve anlaşılır düzeyde olmaktadır.

Yapay zekâyı oluşturabilmek için gerçekleştirilen çalışmalar sırasında geliştirilen bazı programlar, gerçek problemlerle karşılaştığında başarısız olmuştur, dolayısıyla tüm bu problemleri çözecek kapsamlı programlar türetmek yerine belli bir alanda uzman yardımıyla geliştirilmiş programlar kullanma fikri yapay zekâ alanında bir alt dal olan uzman sistemlerin geliştirilmesine neden olmuştur (Koçyiğit 2008).

1.7.2. Uzman Sistemler

Belirli bir alanda var olan problemleri konuyla ilgili uzmanların çözdüğü şekilde çözme yetisine sahip olan bilgisayar programlarına uzman sistemler denir. Kökeni ise, insan zekâsının problemleri kavrayıp çözüm yoluna gidişinin makineler tarafından gerçekleştirilebilmesi amacıyla sürdürülen çalışmalardır.

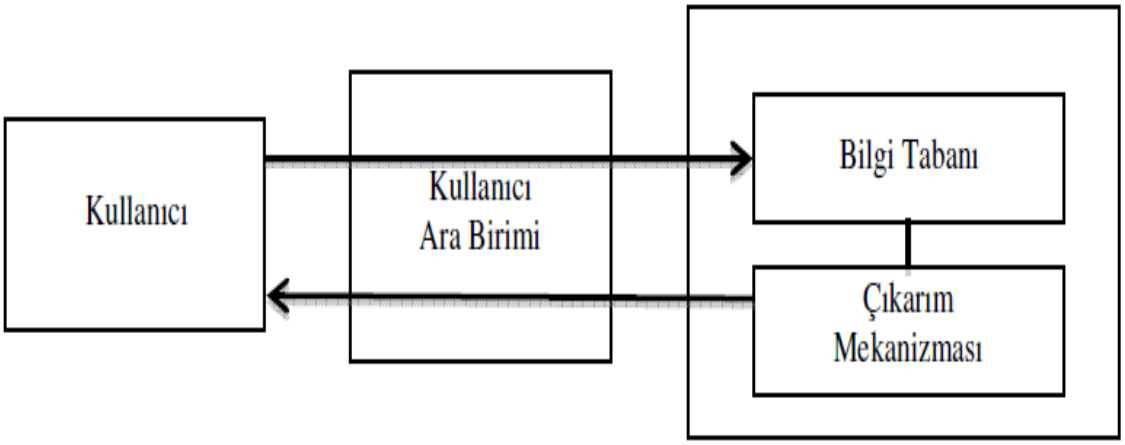
Problemlerin giderimi için uzman kişilerin sahip olduğu bilgi ve becerilerin bilgisayar ortamına aktarılabilmesi ve yine bilgisayarlar tarafından saklanılması gerekir.

Uzman sistemler, bilgisayar ortamında saklanan bilgileri kullanarak insanların karar verme süreçlerine benzer bir yapıyla ele alınan problemlere çözümler üretmektedir.

Uzman sistemler karşılaştıkları problemlere çözüm üretirken elde edilen sonuçlara da nasıl ve neden vardığı bilgisini de vermektedirler (Waterman 1986).

Karmaşık sorunları ortadan kaldırmak veya en aza indirmek amaçlı kullanılan uzman sistemler ilk olarak tıp alanında hastalıkların tanısında kullanılmak amaçlı 1960'lı yılların başında yapay zekânın alt dalı olarak geliştirilmiştir (Giarratano and Riley 1989).

Uzman sistemi oluşturan parametreler; bilgi tabanı, kullanıcı ara birimi ve çıkarım mekanizması olarak belirtilebilir. Bir uzman sistemin genel yapısı Şekil 1.18' de belirtilmiştir.



Şekil 1.18 Uzman sistemlerin genel yapısı (İçen and Günay 2014).

Bu sistemlerin bilgiyi istenilen formlarda gerçekleştirdiği, muhafaza ettiği görülmektedir. Yapısında bulunan bilgi tabanı, doğruluğu önceden bilinmekte olan bilgiyi içermektedir. Uzman sistemlerin bünyesinde olması gereken uzmanlık bilgisini bilgisayar ortamına aktarması için bilginin istenilen format da yazılması gerekmektedir (İçen and Günay 2014).

1.7.2.1. Uzman Sistemlerin Avantajları

● Verimlilik: İnsanlardan daha hızlı çalışan uzman sistemler, daha az iş gücü, maliyetin düşürülmesi ve verimlilikte artış sağlamaktadır.

● Kalite: Uzman sistemler tutarlı ve mantıklı sonuçlar türeterek kalitede artışa sebep olur.

● Tutarlılık: Uzmanlar değerlendirmedeki konular hakkında hatalı sonuçlar üretebilir ve önemli detayları gözden kaçırabilir. Lakin uzman sistemler doğru programlanırsa konular hakkındaki tüm detayları gözden geçirebilir ve böylelikle sonuca ulaşabilirler.

● Esneklik: Uzman sistemlerin esnek yapıda olmalarından dolayı bilgi tabanları istenilen sıklıkla güncellenebilmektedir.

● Kapsamlık: Aynı konu hakkında uzman kişilerin aynı fikirde olması imkânsız olarak nitelendirilebilir. Fakat uzman sistemlerin yardımıyla farklı uzmanlardan alınan bilgiler birleştirilerek en doğru sonuca ulaşmak için kolaylık sağlanabilir.

● Zaman: Bu sistemlerin karar alma süreleri, uzmanların karar alma mekanizmalarından daha hızlıdır.

● Güvenilirlik: Uzman sistemlerin çalışma mekanizmaları oldukça hızlıdır.

Süre içerisinde bilgi tabanlarını kullandıkları için sonuçlar oldukça güvenilirdir (İçen and Günay 2014).

1.8.2.2. Önerilen Uzman Sistemin Uygulanması

Kullanılan polimer miktarları, atık maddeleri vb. gibi parametrelerle gerçekleştirilecek olan kural çıkarımı mantıksal ve EXSYS Corvid programı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılıp aktivitelerinin denenmesiyle devam edecektir.

1.7.2.3. Değişkenlerin Tanımlanması

Kullanılan Uzman Sistem'in EXSYS Corvid[1] programı ile oluşturulmasında takip edilmesi gereken adımlar belirlenmiştir.

Bu uzman sistemin kullanıcılarına karar verme aşamalarında yardımcı olacağı göz önüne alındığında, sistemin tasarlanması ve kuralların oluşturulmasında sade ve mümkün olabildiğince basit bir yapı geliştirilmiştir.

Uzman sistemin gerçekleştirileceği programa girilecek kuralları oluşturma işlemi şu şekilde belirtilmiştir;

Kural 1

If Nn= 1i And KA= 1 And PM= 50g And Atık Madde=25g…Then BD=0,3

Kural 2

If Nn= 8i And KA= 8 And PM= 50g And Atık Madde=25g…Then BD=0,3

Kural 3

If Nn= 10i And KA= 3-4 And PM= 50g And Atık Madde=12,5g…Then BD=0,2

Kural 4

If Nn= 3m And KA= 3 And PM= 25g And Atık Madde=50g…Then BD=0,9

Kural 5

If Nn= 7m And KA= 7 And PM= 25g And Atık Madde=50g…Then BD=0,9

Kural 6

If Nn= 25m And KA= 5-6-7 And PM= 25g And Atık Madde=16,5g…Then BD=0,7

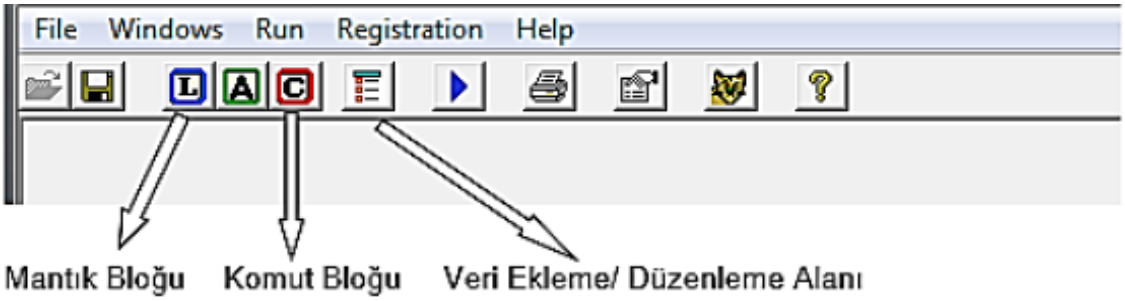
NN ile gösterilmiş kısaltma ‘Numune Numarası’ nı,

KA ile gösterilmiş kısaltma ‘Kullanılan Atık Türü’ nü

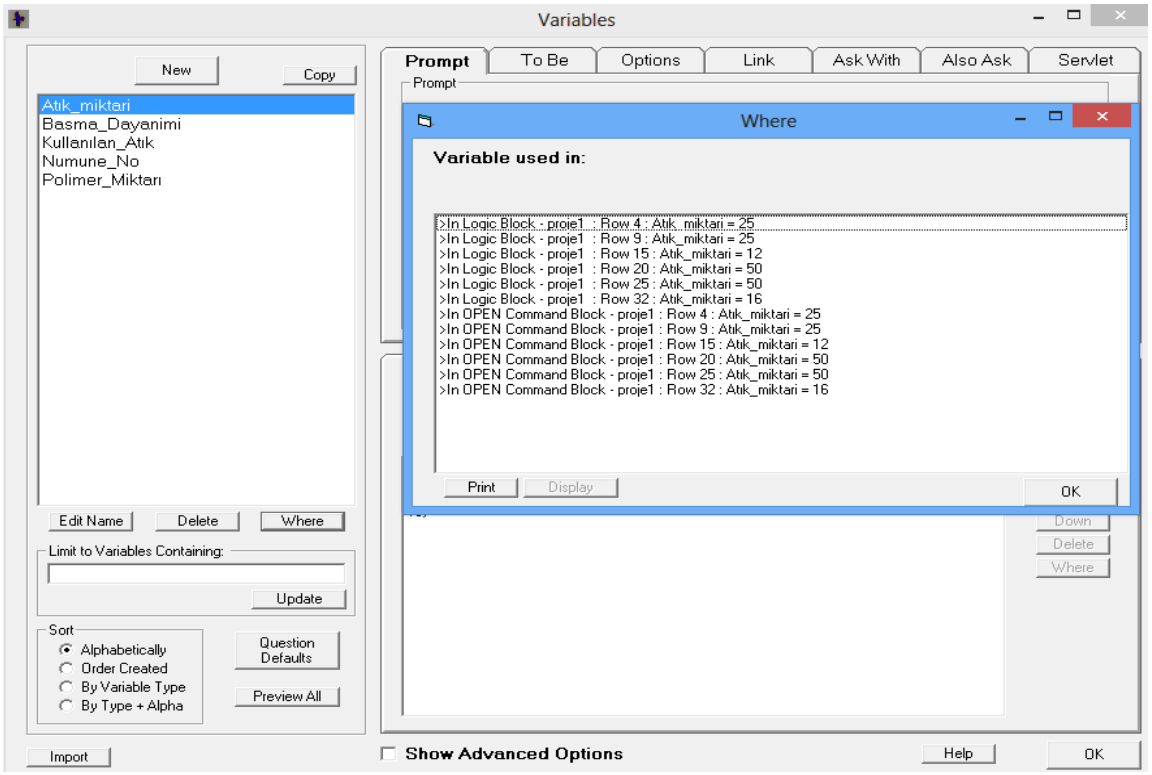
PM ile gösterilmiş kısaltma ‘Polimer Miktarı’ nı,

BD ile gösterilmiş kısaltma ‘Basma Dayanımı’ nı temsil etmektedir.

Bu oluşturma işlemini gerçekleştirebilmemiz için öncelikli olarak EXSYS Corvid programında bulunan ve Şekil 1.20’ de gösterilen Mantık bloğu, Komut bloğu ve Veri ekleme alanları aracılığıyla değişkenlerimiz tanımlandırılmıştır.



Şekil 1.19 EXSYS Corvid uygulamasına genel bir bakış (Yeşiltepe 2015).

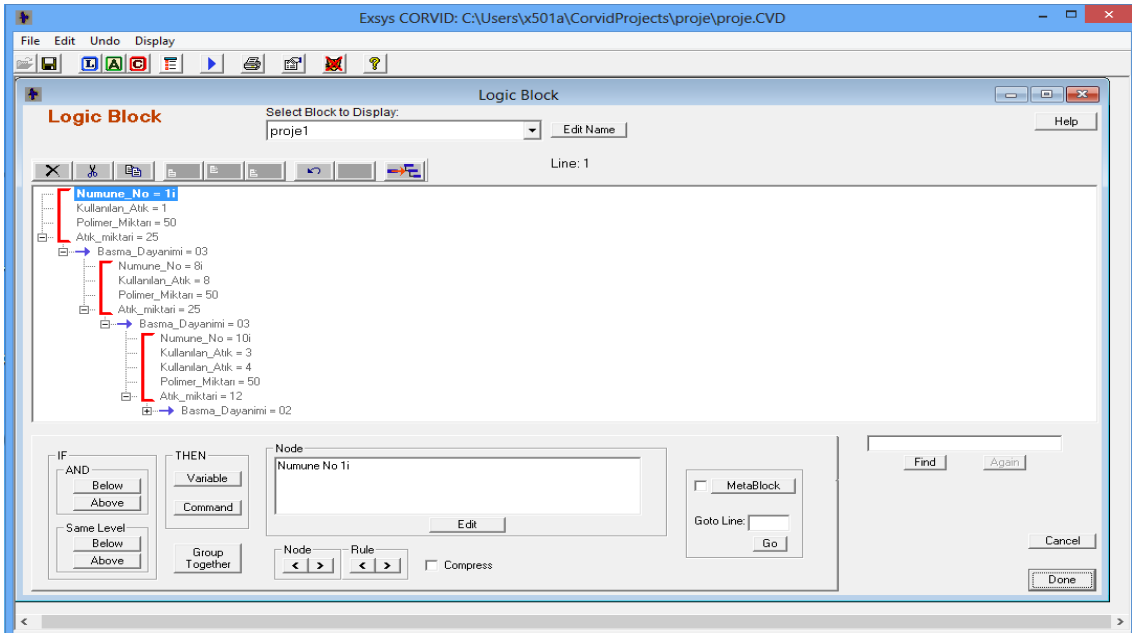


Şekil 1.20 Değişkenlerin Tanımlanması

Değişkenlerin tanımlandırılması gerçekleştikten sonra, değişkenlerin sistemin en önemli özelliklerinden biri olan Mantık bloğuyla kurallara dönüştürülmesidir.

1.7.2.4. Mantık Bloğunun Oluşturulması

Mantık bloğunun oluşturulmasında dikkat edilmesi gereken en önemli özelliklerden bir tanesi de oluşturulacak kurallar için Çizelge 1.5' de belirtilen If… Then kurallarının sıraya uygun olarak mantık bloğuna işlenilmesidir.



Şekil 1.21 Mantık Bloğunda Kuralların Oluşturulması

Şekil 1.21' de Mantık Bloğunda belirtilmiş olan kurallar kümesinden kullanıcıların tercih ettiği tüm kurallar görüntülenebilmektedir.

1.7.2.5. Kullanılan Uzman Sistemin Beklenilen Geri Dönüşleri

A. Hızlı Cevap: Tasarlanan uzman istemin sorulan sorulara, uzmanmışçasına hızlı cevap verebilirliği.

B. Yüksek Performans: Uzman sistemin kullanılan hangi atık madde ve polimerlerin mukavemet özelliklerinin olumlu ya da olumsuz etkilediği belirlenmesi.

C. Anlaşılabilirlik: Tasarlanan uzman sistem elde ettiği sonuçları, kullanılan kurallar çerçevesinde açıklayabilmelidir.

D. Güven: Uzman sistem mümkün olduğunca en az hatayı verecek şekilde tasarlanmalıdır (Yeşiltepe 2015).

Bu tez çalışması kapsamında deneysel parametrelerin tasarımı ve kullanım alanı içerisinde mukavemeti kullanarak uzman sistem modellemesi çalışması yapılmıştır. Bu uzman sistemde İ' koduyla kodlanmış polimerik kompozit malzemelerin içeriği ve M' koduyla kodlanmış polimerik kompozit malzemelerin içeriğine etki eden kullanılan atık, polimer miktarı ve atık miktarı parametreleri kullanılarak en uygun baskı dayanımının tespit edilmesi sağlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Kompozit Malzemelerle İlgili Literatür

A) Bor atıklarıyla literatür bilgileri

Literatür araştırmaları sonucunda atıkların kompozit malzeme yapımında kullanılmasıyla ilgili çalışmalarla karşılaşılmasına karşın, kompozitlerde kullanılmak üzere ham kaya tuzu' nun rafine edilmesinden dolayı açığa çıkan kil ile ilgili herhangi bir bilimsel çalışmayla karşılaşılmamıştır.

(Özorak 2013) çalışmalarında çeşitli bor atık maddelerini çeşitli ağırlık yüzdelerince kullanarak hazırlamış olduğu kompozit malzemelerinde, bor atıkların kompozit malzemelere sertlik kazandırdığını ve bor atıkları eklenerek hazırlanan kompozit malzemelerin kullanılan polimerlerle karıştırıldığında polimer reçinesinin üzerinde kolayca dağıldığını, reaksiyon gerçekleştirme isteğini görmüştür. Bor atıklarından yararlanılarak gerçekleştirilen farklı bir çalışmada da (Şeker 2010) kompozit malzemede ki kil yüzdesiyle, sertlik değerlerinin doğru orantılı olarak artışı gözlenmiştir.

SEM görüntülerinde de görüldüğü üzere bor atığı katkısıyla hazırlanan kompozit malzemelerin mikro yapısı incelendiğinde diğer katkı maddelerine nazaran yüzeylerin daha pürüzsüz olduğunu da gözlemlemiştir.

Bor atığı ve tuğla kil'i atığının değerlendirilmesi amacıyla yapılan bir çalışma da (Murathan, Abdurrahman, and Abdulkarem 2013) kil yüzdesi fazla olan malzemede ki basınç dayanımının arttığı, bor atığı karışımındaki malzemelerin ise kütle kaybının azaldığı gözlemlenirken, birim hacim ağırlında ise artış gözlemlenmiştir.

B) Uçucu kül ile ilgili literatür bilgileri

Kompozit eldesinde atık olarak kullanılan uçucu kül, tanecik boyutu ve bazı kimyasal özelliklerinden dolayı farklı sektörlerde kullanılmaktadır. (Yurtseven 2014).

(Gu, Wu, and Zhang 2007) uçucu külleri belirli oranlarla kullanarak elde ettikleri kompozit malzemelerin, sönümleme kabiliyetlerinin arttığını gözlemlemişler ve ayrıca

uçucu külün kompozitlerin ısıl iletkenlik değerlerinin düşürdüğünü, kompozitin sıcaklık performansının da arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Bir başka çalışmada ise (Soyama, Inoue, and Iji 2007)poli karbonat malzeme içerisine 10 μm'den de küçük uçucu kül atıklarını belirli yüzdeler arasında eklemişlerdir. Yanma özelliklerine ise TGA, eğme, darbe gibi fiziksel özelliklerini karşılaştırmışlardır ve uçucu küllerin kompozit üretimi düşünüldüğünde enerji tüketim miktarının azaldığına da vurgu yapmışlarıdır. Analizler sonucunda ise kompozit malzemenin, alev geciktirme özeliğinin %25 iyileştiğini, lakin katkı oranının arttırılmasıyla fiziksel ve mekanik özelliklerinde düşüş yaşandığını gözlemlemişlerdir.

Poliüretan köpük bünyesine değişik oranlarda kül katarak kompozitleri 1 yıl boyunca bekleten (Chow ve diğ. 2008) hazırlanan kompozitleri ekonomik açıdan kullanılabilirliğini öğrenmek için mekanik özelliklerine ve ağır metal oranlarına bakmışlardır. Ayrıca SEM ile de görüntüleme yapmışlardır. Sonuç olarak vardıkları nokta ise bu karışımları değerlendirebileceklerinin, en sağlıklı ve en ekonomik karışımın %18 oranında uçucu kül içeren karışım olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

2.2. Modellemeyle ilgili literatür

Atık maddelerden elde elden kompozitlerin sonuçlarının iyileştirilmesi ve yorumlanması adına yapay sinir ağlarının ve ya uzman sistem modellemelerinin kullanılması, sonuçların daha sağlıklı ve doğru yorumlanabilmesi adına oldukça önem taşımayla birlikte kolaylıklarda sağlamaktadır.

(Islak ve diğ. 2017) toz metalürjisi yöntemlerinden olan sıcak presleme yöntemiyle elde ettikleri Cu-Tic kompozit malzemelerin fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin değişimini yapay sinir ağları ile tahmin etmeyi amaçlamıştır.

Yüzdece %2, 4, 6, 8, 12, 14 oranlarında TiC eklenen Cu-TiC kompozitlerin yoğunluk, sertlik vb. fiziksel özelliklerinin değişim oranları deneysel olarak yapay sinir ağlarıyla araştırmıştır. Kullanılan programa girilen verilerin yapay sinir ağlarında gerçekçi sonuçlar ortaya çıkarılmakla birlikte, zamandan ve malzemeden de tasarruf sağlanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Sert Poliüretan Köpüklerin Elde Edilişi

Bu çalışmada polimer matrisi olarak Metilen Difenil Diizosiyanat ve poliol kullanılmıştır. Ayrıca katalizör olarak kobalt kullanılmıştır, dolgu ve katkı malzemesi olarak Kırka kil atığı, Üleksit kili (%70 Sulu), Kolemanit kili (%70 Sulu), Tuz kil atığı, tinkal, uçucu kül atığı kullanılmıştır.

Polimerik kompozit köpük, hidroksil (OH^-) sonlu poliol ile NCO sonlu izosiyanatsın karıştırılması ile ortaya çıkan reaksiyon sonucu oluşmaktadır.

Deneysel çalışmalarda, katkı maddesi olarak belirli oranlarda eklendikten sonra homojen hale getirilerek süspansiyon oluşturulmuştur. Deneysel çalışmada elde edilen bazı SPK kompozit malzemeler Şekil 3.1 de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Elde edilen bazı polimerik kompozit malzemeler

Yapılan bu çalışmada kullanılmış olan deneysel parametreler; polimer miktarı, sıcaklık 25 ºC, basınç 1 atm, karıştırma hızı 500 rpm, reaksiyon süresidir 30 s-15dk, değişken deneysel parametreler ise atıkların karışım oranları ve polimer miktarıdır. Elde edilen kompozit ürünlere.

FT-IR, ısıl iletkenlik, mekanik dayanım, morfololojik analiz olan SEM analizleri yapılmıştır. Kompozit malzemelerin yapı malzemesi ve hafif sanayi hammaddesi olarak kullanılması hedeflenmektedir.

Elde edilen polimerik kompozit malzemeler ‘i’ ve ‘m’ kodlarıyla kodlanmış olup, kompozitlerin elde edilişinde kullanılan saf polimer ve atık maddeler aşağıda ki çizelge: 3.1. ve 3.2.’ de belirtilmiştir

Saf Polimer Kompozit olan poliol (25g) ve MDI (25g) karışımının Isıl iletkenliği 0,026 – 0,028 w/m.K aralığındadır.

Çizelge 3.1. ve 3.2.’ de kullanılan atıkların gösterilimi aşağıdaki şekilde belirtilmiştir:

>1 No’lu atık Tuz Kil Atığı

>2 No’lu atık Üleksit

>3 No’lu atık Kolemanit

>4 No’lu atık Katı Kil Atığı

>5 No’lu atık Tinkal

>6 No’lu atık Kömür Atığı (Uçucu Kül)

>7 No’lu Atık Üleksitli Kil

>8 No’lu Atık Kolemanitli Kil.

Numune No	Kullanılan Atık	Polimer Miktarı (g)	Atık Miktarı (g)
1i	1	50	25
2i	2	50	25
3i	3	50	25
4i	4	50	25
5i	5	50	25
6i	6	50	25
7i	7	50	25
8i	8	50	25
9i	1-2	50	12,5-12,5
10i	3-4	50	12,5-12,5
11i	5-6	50	12,5-12,5
12i	7-8	50	12,5-12,5
13i	1-2-3	50	8,25-8,25-8,25
14i	4-5-6	50	8,25-8,25-8,25
15i	1-2-3-4	50	6,25-6,25-6,25-6,25
16i	1-2-3-4-5	50	5-5-5-5-5
17i	1…6	50	4,12-4,12-4,12-4,12-4,12-4,12
18i	1…7	50	3,5-3,5-3,5-3,5-3,5-3,5-3,5
19i	1…8	50	3,1-3,1-3,1-3,1-3,1-3,1-3,1-3,1
20i	5-6-7-8	50	6,25-6,25-6,25-6,25
21i	6-7-8	50	8,25-8,25-8,25
22i	2-3-4	50	8,25-8,25-8,25
23i	3-4-5	50	8,25-8,25-8,25
24i	4-5-6	50	8,25-8,25-8,25
25i	5-6-7	50	8,25-8,25-8,25

Çizelge 3.1: ‘i’ koduyla kodlanmış polimerik kompozit malzemelerin içeriği

Numune No	Kullanılan Atık	Polimer Miktarı (g)	Atık Miktarı (g)
1m	1	25	50
2m	2	25	50
3m	3	25	50
4m	4	25	50
5m	5	25	50
6m	6	25	50
7m	7	25	50
8m	8	25	50
9m	1-2	25	25-25
10m	3-4	25	25-25
11m	5-6	25	25-25
12m	7-8	25	25-25
13m	1-2-3	25	16,5-16,5-16,5
14m	4-5-6	25	16,5-16,5-16,5
15m	1-2-3-4	25	12,5-12,5-12,5-12,5
16m	1-2-3-4-5	25	10-10-10-10-10
17m	1…6	25	8,25-8,25-8,25-8,25-8,25-8,25
18m	1…7	25	7-7-7-7-7-7-7
19m	1…8	25	6,2-6,2-6,2-6,2-6,2-6,2-6,2-6,2
20m	5-6-7-8	25	12,5-12,5-12,5-12,5
21m	6-7-8	25	16,5-16,5-16,5
22m	2-3-4	25	16,5-16,5-16,5
23m	3-4-5	25	16,5-16,5-16,5
24m	4-5-6	25	16,5-16,5-16,5
25m	5-6-7	25	16,5-16,5-16,5

Çizelge 3.2: ‘m’ koduyla kodlanmış polimerik kompozit malzemelerin içeriği

Fiziksel Mukavemet Testleri

3.2. Basma Dayanımı

Basma dayanım testleri, SPK kompozit malzemelerin en önemli fiziksel parametrelerinden birisidir. Bu testler bilgisayar kontrollü 600 kN kapasiteye sahip BZ 001/60-OT-XC ekipmanında gerçekleştirilmiştir. Testler ilgili ASTM standartlarına uygundur (ASTM 2010).

Testlerde kullanılan numuneler ortalama alan değerleri bilgisayar ortamına girilerek numunelerin bozunma noktaları mPa ve kN değerleri üzerinden belirlenmiştir.

Analizlerde basma işlemi, kompozit malzemelerin kabarma yönüne dik olarak 0,2 kN/s hızında gerçekleştirilmiştir.

Basma işlemi, bozunma noktasının tespiti grafikte belirtilmiş olan yük düşüşü ve deformasyon oluşana kadar ki sürece kadar devam etmiştir.



Şekil 3.2 Basma dayanımı öncesi kompozit malzemeler



Şekil 3.3 Basma işleminde kullanılan BZ 001/60-OT-XC test cihazı



Şekil 3.4 Basma dayanımı sonrası kompozit malzemeler

3.3. Malzeme Morfolojisi

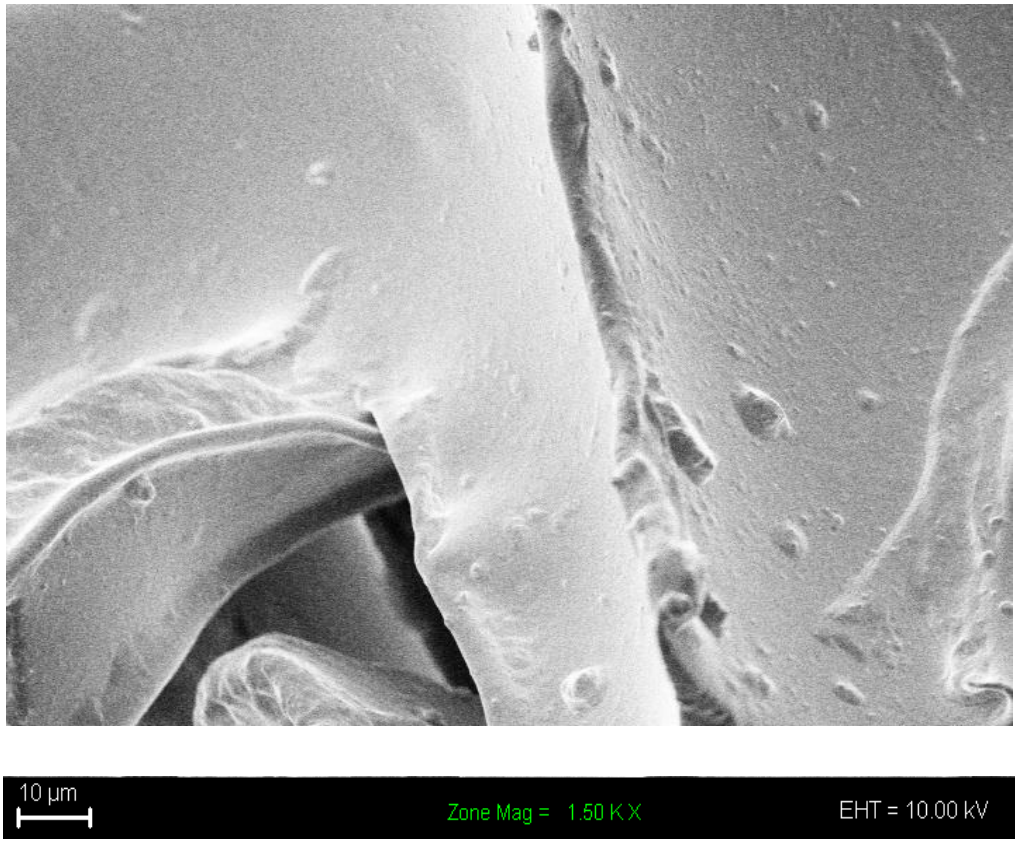
Elde edilen poliüretan köpük ve termoplastik poliüretan esaslı kompozitlerin morfolojik yapıları, SEM cihazı ile görüntülenebilmektedir.

SEM teknolojisi resimleri büyük oranlarda büyütmelerle yüksek çözünürlüklü görüntü alma tekniğidir. Bu teknolojik imkan sayesinde düşük ölçekli büyütmelerden çok yüksek ölçekli büyütmelere (x300.000 veya daha fazla) kadar morfolojik, yapısal ve elemental bilgiler alınabilmektedir.

Bununla birlikte SEM ile incelenen numunelerin mikro düzeyde yer alan bileşenlerin ortaya çıkarılması amacıyla EDS analizleri gerçekleştirilir. Bununla birlikte bileşenlerin incelenen kısım içindeki miktarsal yüzdelikleri de tespit edilebilmektedir.

SEM, yüzey görüntüleme esnasında katı bir cisme elektron ışını göndermektedir. Yüksek enerjiye sahip elektronlar incelenen örneğe çarpınca X-ışınları üretir. Üretilen bu X-ışınları beyaz radyasyon olarak adlandırılan sürekli bir enerji spektrumu oluşturur.

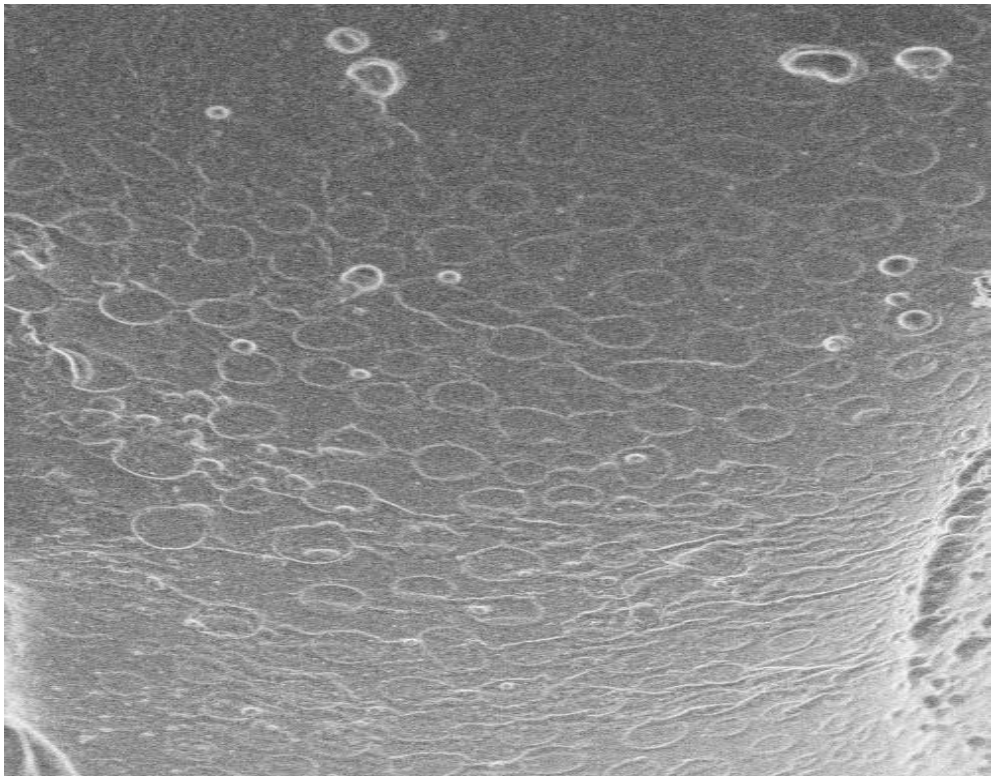
Elementler karakteristik bir emisyona sahiptirler, bundan dolayı enerji spektrumunda yüzeydeki elementlerin karakteristik enerji seviyelerini belirlenip X-ışınları numaraları ölçülerek görüntülenen yüzeyin içerdiği elementlerin nitel ve miktarsal analizi yapılabilmektedir (Turhal, Düğüncü, and Dener 2015).



Şekil 3.5 Kolemanit katkılı (% 50) polimer kompozitin SEM görüntüsü

Kütlece %50 kolemanit katkılı ticari poliol ile üretilen kompozitin SEM yüzey görüntüsü Şekil 3.5 ’de görülmektedir. Katkı maddesinin ortalama gözenek çapı 75 µm’nin altı olup ticari poliol ile homojen bir şekilde karıştırılmıştır.

Elde edilen kompozit malzemenin ısıl iletkenlik katsayısı 0.033 W/m·K olarak ölçülmüştür. %50 olarak kullanılan kolemanit tüm yüzeyleri kaplamıştır. Gözenekli yapılar kaybolmuştur. Sert bir yapı olması sebebiyle bu beklenen sonuç olarak görülmektedir.



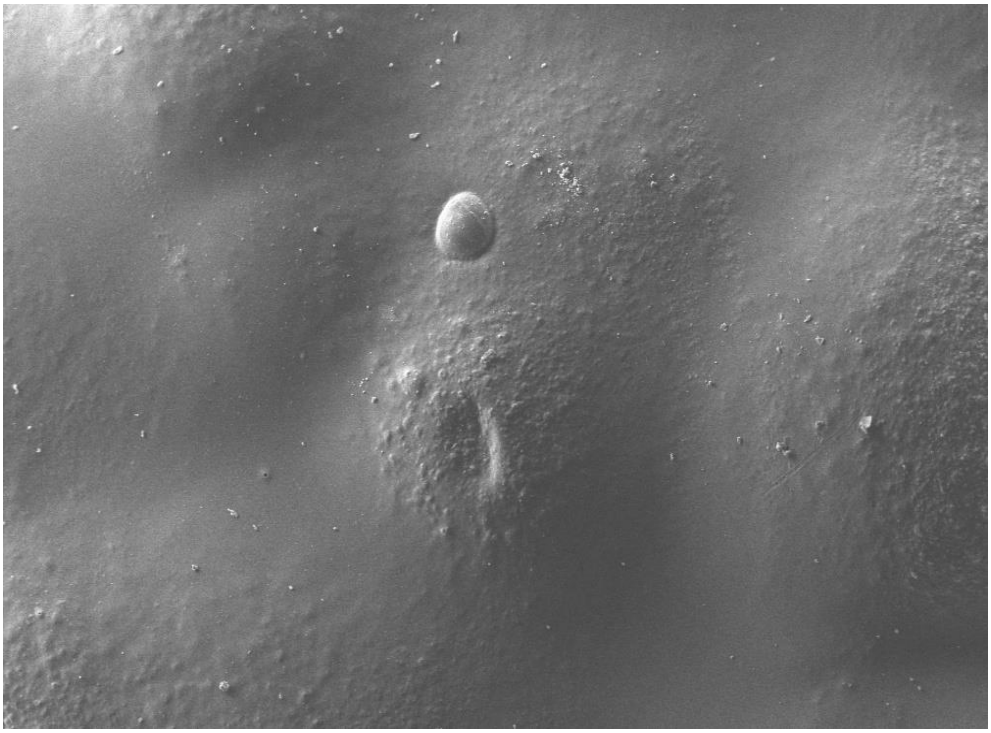
Şekil 3.6 Kil atığı katkılı (% 50) polimer kompozitin SEM görüntüsü

Kütlece % 50 kil katkılı ticari poliol ile üretilen kompozitin SEM yüzey görüntüsü Şekil 3.6' da görülmektedir.

Katkı maddesinin ortalama gözenek çapı 75 μm'nin altı olup ticari poliol ile homojen bir şekilde karıştırılmıştır.

Elde edilen kompozit malzemenin ısıl iletkenlik katsayısı 0.036 W/m•K olarak ölçülmüştür. %50 olarak kullanılan kil tüm yüzeyleri kaplamıştır.

Ama üleksit ve kolemanit de görülen sert yapı bulunmamaktadır. Bu da kilin kimyasal yapısı sebebiyle inorganik bir dolgu maddesi olarak çalışmada yer almıştır.



Şekil 3.7 Üleksit katkılı (% 50) polimer kompozitin SEM görüntüsü

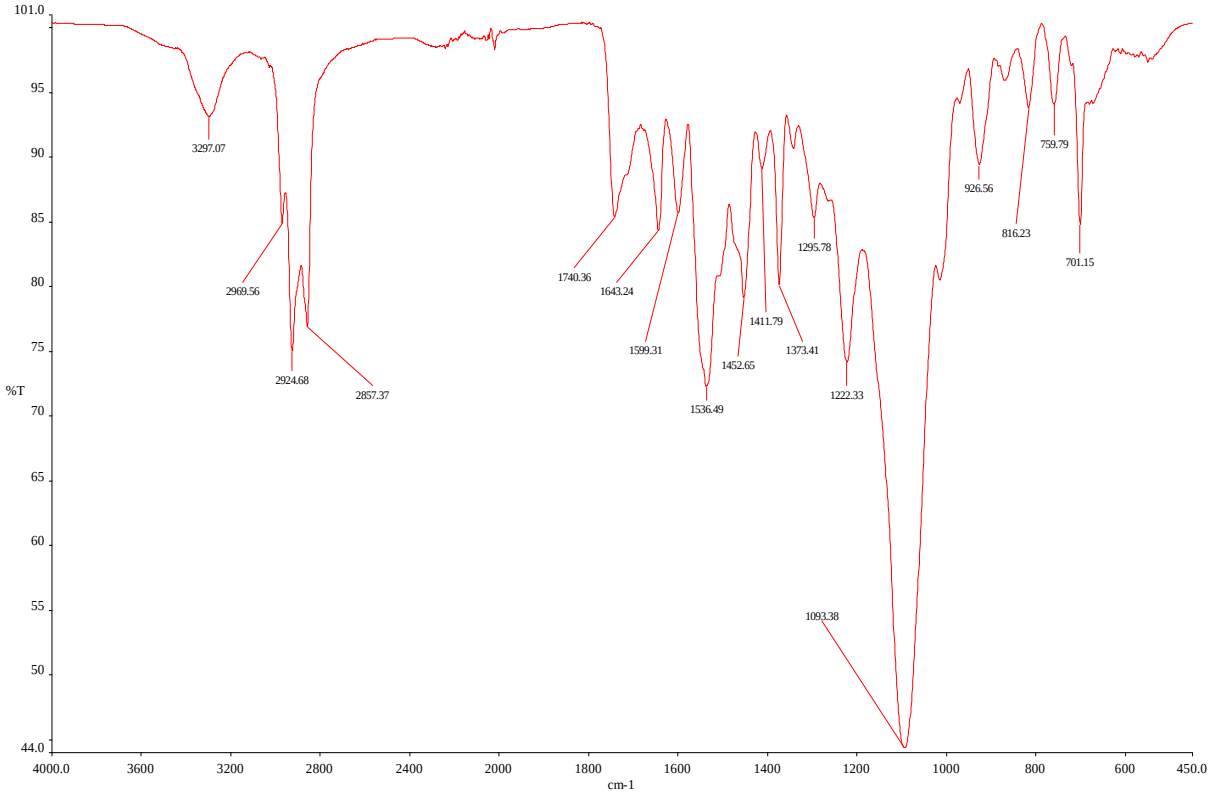
Kütlece % 50 üleksit katkılı ticari poliol ile üretilen kompozitin SEM yüzey görüntüsü Şekil 3.7' de görülmektedir. Katkı maddesinin ortalama gözenek çapı 75 μm'nin altı olup ticari poliol ile homojen bir şekilde karıştırılmıştır.

Elde edilen kompozit malzemenin ısıl iletkenlik katsayısı 0.035 W/m•Kolarak ölçülmüştür. %50 olarak kullanılan üleksit tüm yüzeyleri kaplamıştır.

Üleksit ve kolemanit de sert yapı görülmektedir. Üleksitsin tüm gözenekleri doldurduğu kimyasal yapısı sebebiyle inorganik bir dolgu maddesi olarak çalışmada yer almıştır.

3.4. FT-IR

Bu çalışmada moleküler etkileşimlerin incelenmesi ve kimyasal karakterizasyonları gerçekleştirmek için FT-IR analiz cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.8 Saf polimer kompozitin FT-IR spektrumu

Şekil 3.8' e göre 3297 cm-1: N-H gerilme titreşimlerini,

2969 cm-1: C-H asimetrik gerilme titreşimlerini,

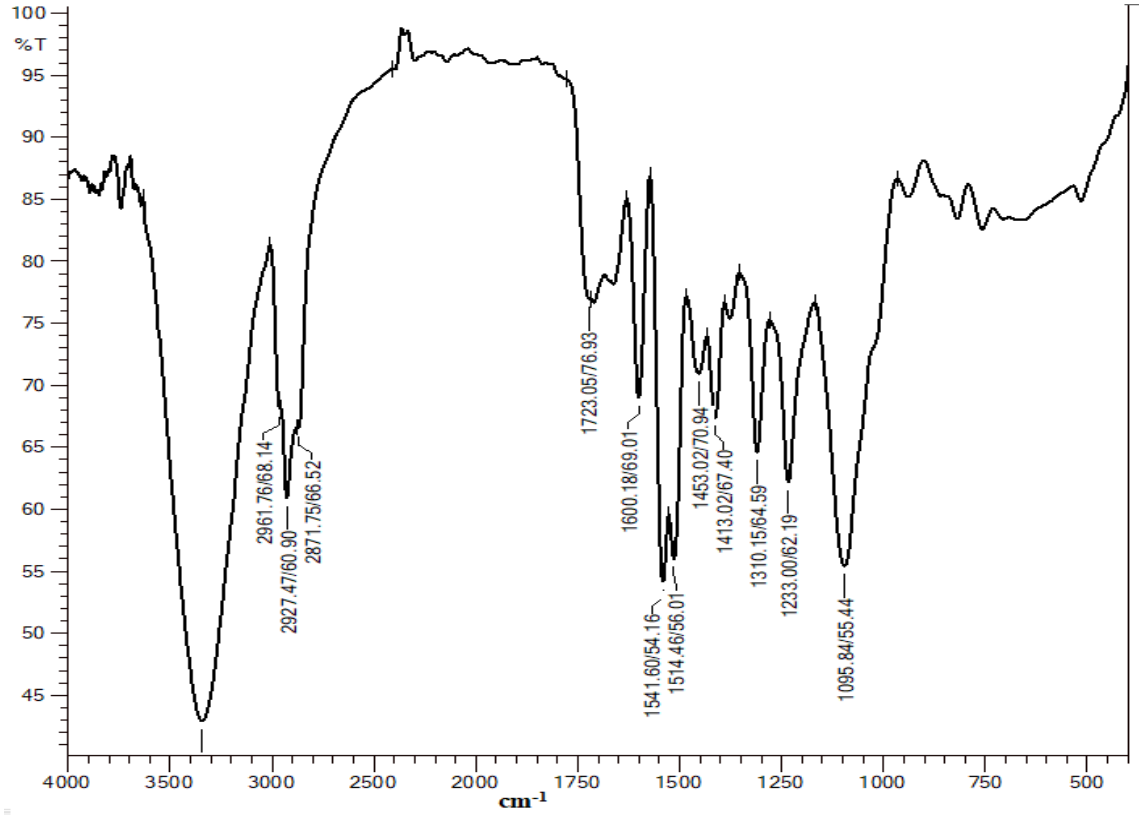
2857 cm-1: C-H simetrik gerilme titreşimlerini,

1740 cm-1: C=O gerilme titreşimlerini,

1536 cm-1: N-H eğilme titreşimlerini,

1453 cm-1: C-H kesme titreşimlerini, 1222 cm-1: C-N gerilme titreşimlerini

ve 1093 cm-1: C-O gerilme titreşimlerini göstermektedir.



Şekil 3.9 Kolemanit katkılı kompozitin FT-IR görüntüsü

Şekil 3.9' da Kolemanit atık kili katkılı kompozit malzemenin FT-IR spektrumu görülmektedir.

Spektrum incelendiğinde, kompozite eklenen kolemanit atık kilinin, kompozit malzemenin içerisinde bağ yapmamasından dolayı spektrumlarda gözle görülür bir farklılık olmamıştır.

3.5. Sertlik

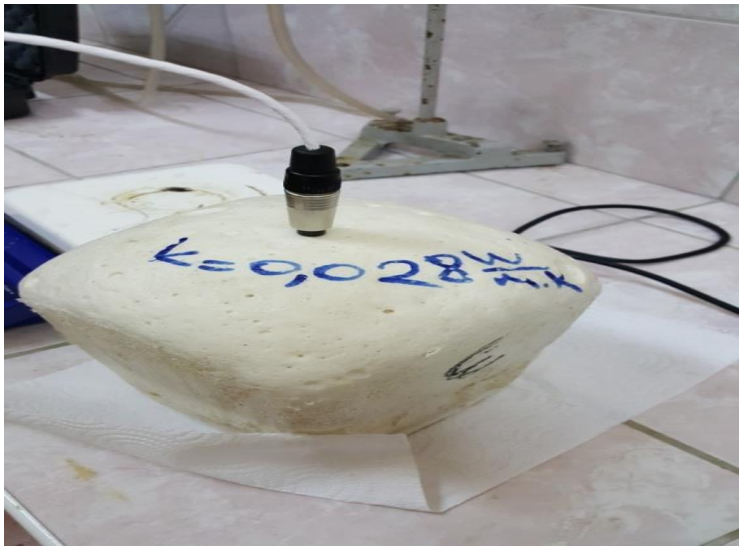
Elde edilen kompozit malzemeler için önem taşıyan bir diğer parametre ise kompozit malzemelerin sertlikleridir. Kompozit malzemenin sertlik ölçümleri Shore A cihazında belirlenmiştir. Kabul edilen sertlik değerleri numunenin farklı noktalarından alınan ölçümlerin ortalamaları alınarak elde edilmiştir.



Şekil 3.10 Shore A cihazı ve sertlik ölçümü

3.6. Isı İletim Katsayısı

Elde edilen sert poliüretan köpük kompozitlerin kullanım alanlarından birisi olan yalıtım sektöründe kullanılmasından dolayı malzemelerde aranmakta olan başlıca özelliklerden biriside ısı iletim katsayıdır. Köpük malzemelerde ısı iletim katsayısı köpüğün yoğunluğundan, hücre boyutu, hücrede bulunan gaz ile polimer ve dolgu maddelerinin özelliklerinde bağlıdır. Isı iletim katsayısı ölçümleri ASTM C1113 standartlarına uygun olan TLS-100 ölçüm cihazıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.11 Elde edilen polimerik kompozit malzemenin ısıl iletkenliğinin belirlenmesi

3.7. Kullanılan Kimyasal ve Atık Malzemeler

> Metilen Difenil Diizosiyanat

> Poliol (Deney çalışmalarında kullanılan poliol dışarıdan hazır halde alınmıştır.)

> Kırka kil atığı

> Üleksit

> Kolemanit

> Tinkal

> Üleksit kili (%70 Sulu)

>Kolemanit kili (%70 Sulu)' dir.

Kullanılan ham maddenin poliol'un molekül ağırlığı (250 – 3000), fonksiyonel grupları yoğunluğu, viskozitesi ve sıcaklığı gibi parametrelerin önemli olduğu görülmüştür.

Çalışmalar da kullanılan poliol 25 °C sıcaklıkta stokiyometrik oranlar tespit edildikten sonra, 100 gram poliol temel alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Kullanılan diğer reaksiyon bileşenleri ise sırasıyla; metilen difenil diizosiyanat, katkı, dolgu maddeleri (endüstriyel atıklar) miktarları hesaplandıktan sonra polimerik kompoziteldesi üretimi yapılmıştır.

Numune No	Basma Dayanımı		Sertlik (ShoreA)	Isıl İletkenlik Katsayısı w/m.K
	Max. kN	Max. mPa		
1i	6,248	0,982	90	0,032
2i	6,326	0,994	94	0,040
3i	6,125	1,652	87	0,048
4i	15,448	2,428	93	0,036
5i	1,538	0,242	65	0,038
6i	9,870	0,897	73	0,036
7i	38,669	2,203	93	0,040
8i	4,643	0,265	83	0,032
9i	6,228	0,956	88	0,039
10i	43,426	2,474	89	0,032
11i	17,332	2,605	94	0,033
12i	4,5	0,719	87	0,035
13i	8,286	0,753	82	0,041
14i	3,365	0,308	86	0,036
15i	19,108	1,662	87	0,044
16i	4,000	0,333	90	0,037
17i	3,839	0,351	78	0,038
18i	4,595	0,400	87	0,052
19i	6,704	0,583	83	0,029
20i	12,117	1,054	85	0,029
21i	14,391	1,832	83	0,030
22i	5,573	0,586	94	0,034
23i	2,800	0,440	90	0,040
24i	10,112	0,576	84	0,043
25i	58,073	3,309	86	0,027

Çizelge 3.3 i (50 g polimer, 25 g katkı) kodlanmış kompozit malzemelerin basma dayanımı, sertlik ve ısıl iletim katsayısı değerleri

i kodlarıyla kodlanmış numunelerin ısıl iletkenlik kat sayılarının 0,030-0,050 Aralığında değerlere sahip olduğu görülmektedir. Buda Çizelge 3.3' de bulunan tüm numunelerin yalıtım malzemesi olarak kullanılabilecek değerlere sahip olduğu söylenebilir.

Basma mukavemetlerine bakıldığın da;

25i (Tinkal, uçucu kül ve Tuz Kil atığı): 3,309 mPa ve

4i (Kil atığı): 2,428 mPa, karışımlarının kullanıldığı kompozit numunenin basınç dayanımının en yüksek değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir.

En yüksek sertlik değerlerine sahip olan kompozit numuneler ise:

2i (Üleksit) : 94 Shore ve

22i (Üleksit, Kolemanit, Tuz Kil Atığı): 94 Shore

Ayrıca atık tinkal, üleksit ile, atık kolemanit, atık katı kil atığı kompozit malzemelerinin en iyi sertlik dayanımı verdiği görülmüştür.

Numune No	**Basma Dayanımı**		**Sertlik (Shore A)**	**Isıl İletim Katsayısı w/m.K**
	Max. kN	**Max. mPa**		
1m	8,621	1,355	92	0,035
2m	9,022	1,418	89	0,067
3m	23,326	3,667	93	0,035
4m	8,003	1,258	92	0,029
5m	6,221	0,978	89	0,031
6m	5,534	0,870	87	0,040
7m	6,884	1,115	90	0,042
8m	6,764	0,856	86	0,039
9m	5,765	0,906	90	0,034
10m	8,474	1,332	92	0,037
11m	4,564	1,335	92	0,038
12m	6,356	0,696	88	0,040

13m	5,800	0,504	94	0,038
14m	8,682	0,755	93	0,031
15m	15,908	1,383	95	0,029
16m	6,956	0,605	93	0,031
17m	4,165	0,381	90	0,031
18m	5,060	0,440	93	0,029
19m	6,400	0,556	82	0,034
20m	5,656	0,889	90	0,031
21m	8,325	0,995	90	0,034
22m	7,208	0,694	87	0,035
23m	3,934	2,342	73	0,040
24m	5,956	0,352	87	0,038
25m	5,352	1,214	89	0,041

Çizelge 3.4 ‘m’(25g polimer, 50 g katkı) koduyla kodlanmış polimerik kompozit malzemelerin basma dayanımı ve sertlik analiz değerleri

‘m’ kodlarıyla kodlanmış numunelerin ısıl iletkenlik kat sayılarının 0,030-0,050 Aralığında değerlere sahip olduğu görülmektedir. Buda Çizelge 3.4’ de bulunan tüm numunelerin yalıtım malzemesi olarak kullanılabilecek değerlere sahip olduğu söylenebilir.

Basma mukavemetlerine bakıldığın da;

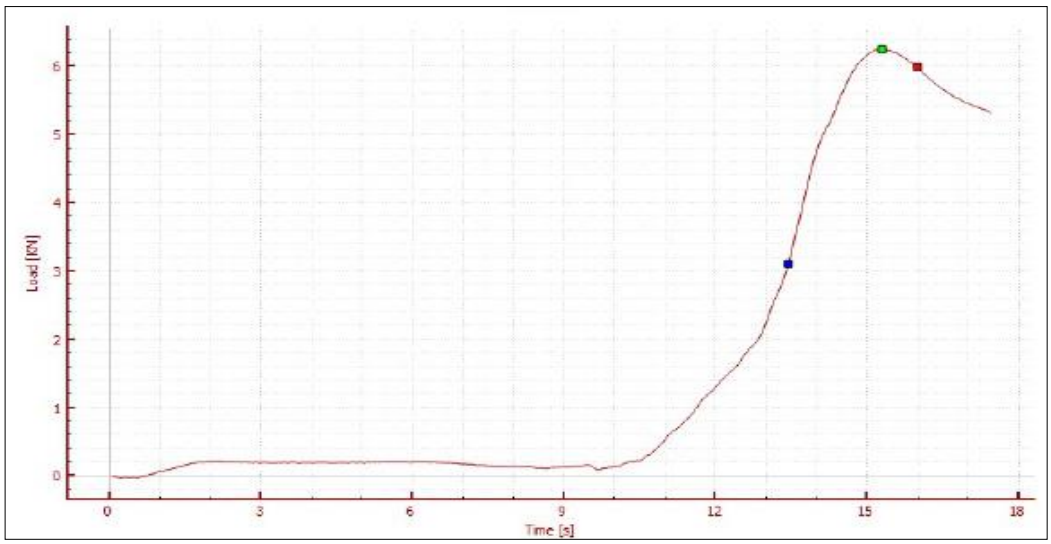
3m (Kolemanit): 3,667 mPa,

23m (Kolemanit, Tuz kil Atığı, Tinkal): 2,342 mPa karışımlarının kullanıldığı kompozit numunenin basınç dayanımının en yüksek değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir.

En yüksek sertlik değerlerine sahip olan kompozitler;

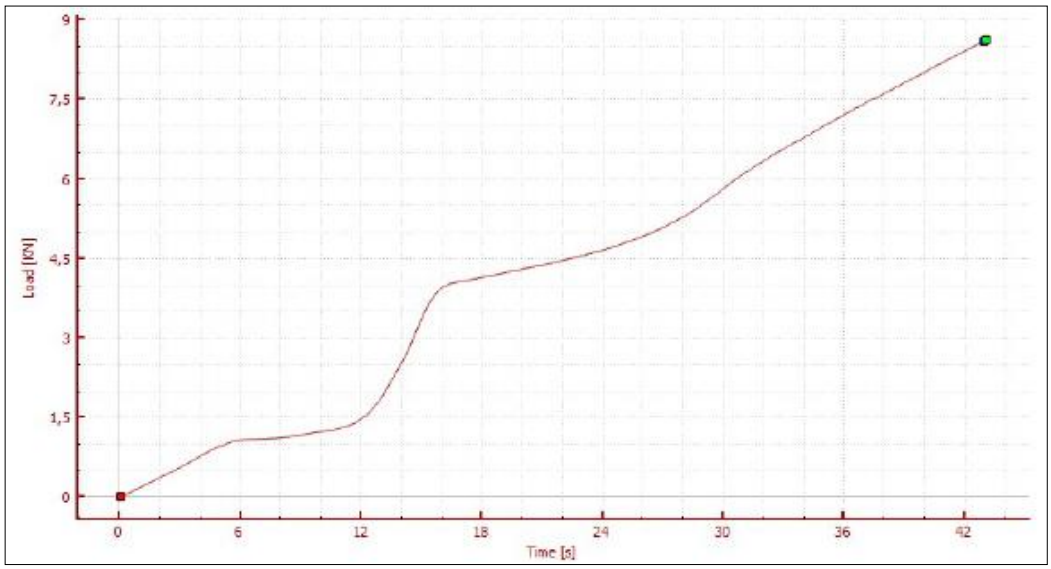
13m (Tuz Kil Atığı, atık Üleksit, Kolemanit): 94 Shore ve

15m (Tuz kil atığı, üleksit, kolemanit): 95 Shore olarak görülmüştür.



Şekil3.12 Basma uygulanan‘i1’ kodlu Polimerik kompozit malzemenin basma grafiği

Şekil 3.12’ de grafikte de görüldüğü üzere 0,00636 m^2’ lik alana sahip ‘i1’ kodlu polimerik kompozit numunesinin 6,248 kN ‘luk kuvvete ve 0,982 mPa’ lık basınca dayanımı görülmektedir.



Şekil 3.13 Basma uygulanan‘m1’kodlupolimerik kompozit malzemenin basma grafiği

Şekil 3.13’ de grafikte de görüldüğü üzere 0,00640 m^2’ lik alana sahip ‘m1’ kodlu polimerik kompozit numunesinin 8,621 kN ‘luk kuvvete ve 1,355 mPa’ lık basınca dayanımı görülmektedir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Ticari poliollerden poliüretan üretimi sırasında, ham madde, katkı maddeleri, başlatıcılar, karıştırma hızı, karıştırma süresi, basınç, sıcaklık, nem gibi parametrelerin oldukça önemli olduğu görülmüştür. Bu deneysel parametrelerden katkı oranlarının basınç dayanımına etkisi uzman sistem modellemesi desteklenmiştir.İlk olarak ticari yollarla temin edilen poliole, ortalama oda sıcaklığında homojen karışım sağlanarak katkı ve dolgu maddeleri ilave edilmiştir. Karışımın homojen olması için ilave edilen katkı maddelerinin boyutu (75 μm'nin altı) olarak belirlenmiştir.

Elde edilen polimerik kompozit malzemelerin, mekanik testleri yapılarak kuvvet karşısında deformasyonu incelenmiştir.

Yapılan analiz sonuçlarında hem sertlik hem de basma dayanımlarının önemli ölçüde artmasın da Kolemanit, üleksit, tinkal ve tuz fabrikasından temin edilen uçucu kül ve tuz kil atıklarının önemli ölçüde etkilediği görülmektedir.

Katkı maddesinin etkisini araştırmak için kütlece % 25, 50 oranlarında çalışılmıştır. Katkı maddesinin tanecik çapı arttıkça, elde edilen poliüretanın ısı iletim katsayısının da arttığı belirlenmiştir.

i kodlarıyla kodlanmış numunelerin ısıl iletkenlik kat sayılarının 0,030-0,050 w/m.K aralığında değerlere sahip olduğu görülmektedir

Basma mukavemetlerine bakıldığın da;

25i (Tinkal, uçucu kül ve Tuz Kil atığı): 3,309 mPa ve

4i (Kil atığı): 2,428 mPa, karışımlarının kullanıldığı kompozit numunenin basınç dayanımının en yüksek değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir.

En yüksek sertlik değerlerine sahip olan kompozit numuneler ise:

2i (Üleksit) : 94 Shore ve

22i (Üleksit, Kolemanit, Tuz Kil Atığı): 94 Shore

Ayrıca atık tinkal, üleksit ile, atık kolemanit, atık katı kil atığı kompozit malzemelerinin en iyi sertlik dayanımı verdiği görülmüştür.

‘m’ kodlarıyla kodlanmış numunelerin ısıl iletkenlik kat sayılarının 0,030-0,050 w/m.K aralığında değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Basma mukavemetlerine bakıldığın da;

3m (Kolemanit): 3,667 mPa ve

23m (Kolemanit, Tuz kil Atığı, Tinkal): 2,342 mPa karışımlarının kullanıldığı kompozit numunenin basınç dayanımının en yüksek değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir.

En yüksek sertlik değerlerine sahip olan kompozitler;

13m (Tuz Kil Atığı, atık Üleksit, Kolemanit): 94 Shore ve

15m (Tuz kil atığı, üleksit, kolemanit): 95 Shore, olarak görülmüştür.

Elde edilen sonuçların yorumlanabilmesi ve daha kısa sürede çözümlenebilmesi için uzman sistem modellemesi oluşturulmuştur.

Bu tez çalışması kapsamında basınç mukavemetine katkı oranlarının etkisi çalışması uzman sistem modellemesi ile desteklenmiştir. Bu sistem IF-THEN kural dizilerinden oluşmaktadır ve kural etki faktörü değerleri 0 ve 10/10 arasında değerler almaktadır. Bu etki faktörleri sistem her çalıştırıldığında uzman sistem kuralları ile eşleşip optimum bir olasılık değeri üreterek baskı dayanımı olasılık değerini üretir, böylece baskı dayanımının kullanılan malzeme ile ilişkisi test edilmiş olmaktadır.

5. KAYNAKLAR

[1] http://www.exsys.com/productCORVID.html

Akindoyo, John O., MdDH Beg, Suriati Ghazali, M. R. Islam, Nitthiyah Jeyaratnam, and A. R. Yuvaraj. 2016. "Polyurethane Types, Synthesis and Applications–a Review." Rsc Advances 6(115):114453–82.

Arıcasoy, O. 2006. "Kompozit Sektör Raporu." İstanbul Ticaret Odası 4–34.

Artan, Seyfettin, Pınar Hayaloğlu, and Burak Seyhan. 2015. "Türkiye'de çevre kirliliği, dışa açıklık ve ekonomik büyüme ilişkisi" Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi 13(1):308–25.

Ashida, K. 2007. "Historical Developments of Polyurethane and Polyisocyanurate Foams." Kaneyoshi Ashida, Polyurethane and Related Foams, Chemistry and Technology. Boca Raton: Taylor & Francis Group 5–10.

Astm, D. 2010. "1621, Standard Test Method for Compressive Properties Of Rigid Cellular Plastics." American Society for Testing and Materials, New York.

Bayram, Seda Erdoğan. 2017. "Katı Atıkların Geriye Kazanımı ve Tarımsal Kullanım Olanakları." Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 10(2):62–65.

Bozkurt, S. 2012. "Evsel Nitelikli Katı Atıkların Geri Dönüşüm Olasılıkları ve Bertaraf Yöntemlerinin Araştırılması."

Bulut, M. 2014. "Türkiyede Kompozit Malzeme Üretimi ve Kompozit Malzeme Sektörünün Genel Değerlendirilmesi." Yüksek Lisans Bitirme Projesi, Ankara 47–70.

Chow, Jing-Dong, Wan-Lan Chai, Chin-Ming Yeh, and Fu-Sheng Chuang. 2008. "Recycling and Application Characteristics of Fly Ash from Municipal Solid Waste Incinerator Blended with Polyurethane Foam." Environmental Engineering Science 25(4):461–74.

Çoban, Ayşe and Selim Kılıç. 2009. "Türkiye'de Yerel Yönetimlerin Çevreye Yönelik Politikaları: Konya Selçuklu Belediyesi Selkap Örneği." Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (22):117–30.

Dogru, Betül and Öz Endüstri. 2012. "Türkiye'de Tehlikeli Atıkların Yönetimi ve Yasal Düzenlemeler." Tehlikeli Atık Yönetimi Eğitimi.

Erdın, Ertuğrul. 2016. "Katı Atıkların Kompostlaştırılması."

Giarratano, Joseph C. and Gary Riley. 1989. Expert Systems: Principles and Programming. Brooks/Cole Publishing Co.

Gu, Jian, Gaohui Wu, and Qiang Zhang. 2007. "Preparation and Damping Properties of Fly Ash Filled Epoxy Composites." Materials Science and Engineering: A 452:614–18.

Güler, G., E. Güler, Ü. İpekoğlu, and H. Mordoğan. 2005. "Uçucu Küllerin Özellikleri ve Kullanım Alanları." Türkiye 19:419–23.

Gündüzalp, A. Anıl and Seval Güven. 2016. "Atık, Çeşitleri, Atık Yönetimi, Geri Dönüşüm ve Tüketici: Çankaya Belediyesi ve Semt Tüketicileri Örneği." Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi, ISSN 1304–2823.

Güvez, Hakan, Muhammet Dege, and Tamer Eren. 2012. "Kırıkkale'de Araç Rotalama Problemi Ile Tıbbi Atıkların Toplanması." International Journal of Engineering Research and Development 4(1):41–45.

İçen, Dugu and Süleyman Günay. n.d. "Uzman Sistemler ve Ðstatistik." İstatistikçiler Dergisi: İstatistik ve Aktüerya 7(2):37–45.

Islak, Sekan, Mehmet Akkaş, Ünal Kaya, and Hacı Güzel Güleç. 2017. "Cu-TiC Kompozitlerinin mekanik ve fiziksel özelliklerin yapay sinir ağları (ysa) modeli ile tahmini." Technological Applied Sciences 12(3):122–29.

Itoh, M., K. Inoue, N. Hirayama, M. Sugimoto, and T. Seguchi. 2002. "Fiber Reinforced Plastics Using a New Heat-Resistant Silicon Based Polymer." Journal of Materials Science 37(17):3795–3801.

Janik, Helena, Maciej Sienkiewicz, and Justyna Kucinska-Lipka. 2014. "Polyurethanes." Pp. 253–95 in Handbook of thermoset plastics. Elsevier.

Jones, David. 2004. Pharmaceutical Applications of Polymers for Drug Delivery. Vol. 15. iSmithers Rapra Publishing.

Kaplan, Gökhan and A. Burcu Gültekin. n.d. "Yapı sektöründe uçucu kül kullanımının çevresel ve toplumsal etkiler açısından incelenmesi the ınvestıgatıon of fly ash usage ın terms of envıronmental and socıal effect ın constructıon sector." Karabağ, S. 2011. "Rüzgar Türbini Kanadı İmalatı, Rüzgar Sempozyumu ve Sergisi."

Karasu, Azade. 2013. "Çevresel Atıklar, Nedenleri, Çevresel Atıkların Geri Dönüştürülmesi ve Yenilenebilir Enerji Olanaklarının Araştırılması."

Karel, Yasemin. 2010. "Bitkisel Yağ Bazlı Üretimi ve Esnek Poliüretan Sünger Üretiminde Kullanılması."

Kaya, Ali İhsan. 2016. "Kompozit Malzemeler ve Özellikleri." Putech & Composite Poliüretan Ve Kompozit Sanayi Dergisi 29:38–45.

Kemirtlek, Aynur. 2005. "Entegre Katı Atık Yönetimi." İstaç AŞ, İstanbul.

Koçyiğit, N. 2008. "Merkezi Klima Sistemlerinde Arıza Giderme ve Işletim Için Bilgi Tabanlı Uzman Sistem Geliştirilmesi."

Morrison, Ronald E. 1970. "A Review of Ash Specifications."

Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü. 2012. "Bor Sektör Raporu."

Murathan, Ayşe, ASAN Abdurrahman, and Taha A. Abdulkarem. 2013. “Çevresel Atıkların Yapı Malzemesinde Değerlendirilmesi.” Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 28(2).

Ölçen, Nuri Enes and Muhsin Kılıç. 2001. “Bor madeni'nin enerji alanındaki önemi.”

Oruç, F., E. Sabah, and Z. E. Erkan. 2004. “Türkiye’de Bor Atıklarını Sektörel Bazda Değerlendirme Stratejileri.” II. Uluslararası Bor Sempozyumu 23–25.

Otey, F. H., B. L. Zagoren, and C. L. Mehltretter. 1963. “Rigid Urethane Foams from Glycoside Polyethers.” Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development 2(4):256–59.

Özorak, Cihan. 2013. “Bor Atığı Katkılı Polimer Kompozitlerin Aşınma ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi.”

Palabıyık, Hamit and Derya Altunbaş. 2004. “Kentsel Katı Atıklar ve Yönetimi.” MC Marın, ve U. Yıldırım (Der.), Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar: Ekolojik, Ekonomik, Politik ve Yönetsel Perspektifler 103–24.

Petrovic, Zoran, Andrew Guo, and Ivan Javni. 2000. “Process for the Preparation of Vegetable Oil-Based Polyols and Electroninsulating Casting Compounds Created from Vegetable Oil-Based Polyols.”

Raporu, Performans Denetimi. 2007. “Türkiye’de Atık Yönetimi.” Sayıştay Başkanlığı Performans Denetim Raporu 64:131–43.

Reed, David. 1997. “Renewable Raw Materials--an Important Basis for Urethane Chemistry.” Urethanes Technology(UK) 14(2):20–21.

Sabah, E. and L. Yeşilkaya. 2000. “Farklı Tipte Polimerlerle Kırka Boraks Işletmesi Tınkal Konsantratörü Atıklannın Çökelme Davranışlarının Incelenmesi.” Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme Derneği Yayını (3):1–12.

Şeker, Aslı. 2010. “Epoksi Reçine/Sepiyolit Kompozitlerinin Hazırlanması ve Karakterizasyonu.”

Sharmin, Eram and Fahmina Zafar. 2012. “Polyurethane. An Introduction.” Polyurethane 3–16.

Soyama, Makoto, Kazuhiko Inoue, and Masatoshi Iji. 2007. “Flame Retardancy of Polycarbonate Enhanced by Adding Fly Ash.” Polymers for Advanced Technologies 18(5):386–91.

Teşkilatı, Devlet Planlama and Makina İmalat Sanayii Özel İhtisas Komisyonu. 2000. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Makina İmalat Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu. DPT.

Tezel, Özgür. 2019. “Sürdürülebilir Kalkınmada Atık Yönetimi ve Işletmelerde Yarattığı Dışsallıklar.”

Turhal, Ümit Çiğdem, Sezgi Düğüncü, and Gökhan Dener. 2015. “Mermer Plakalarında Görüntü Işleme Teknikleri Ile Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi.” Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2(1):9–18.

Uzunoğlu, Hande. 2014. “Çevremizi Kirleten Atıklar ve Atık Yönetiminin Önemi, Ar&Ge Bülten-Sektörel, 2014 25-31.”

Vasiliev, Valery V and Evgeny V Morozov. 2001. Mechanics and Analysis of Composite Materials. Elsevier.

Vatangül, E. 2008. “Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Ansys 10 Programı Ile Isıl Gerilme Analizi, Dokuz Eylül Üni.” Bitirme Tezi.

Wang, Z., Adeel Zulifqar, and Hong Hu. 2016. “Auxetic Composites in Aerospace Engineering.” Pp. 213–40 in Advanced composite materials for aerospace engineering. Elsevier.

Waterman, Donald. 1986. “A Guide to Expert Systems.”

Xia, Ying, Jack E. Houston, Cesar L. Escalante, and James E. Epperson. 2012. “Oilseed Trade Flows: A Gravity Model Approach to Transportation Impacts.” Journal of Food Distribution Research 43(856-2016–58043):35–42.

Yeşiltepe, Müyesser Beste. 2015. “Hitit Çiviyazılı Metinlerin Okunmasında Uzman Sistem Uygulama Örnekleri.”

Yiğit, Birol and Mehmet Bayrakdar. 2016. “Okul-Çevre Ilişkileri.” Pegem Atıf İndeksi 2016(1):1–162.

Yılmaz, A. 2002. “Her Derde Deva Hazinemiz Bor.” Bilim ve Teknik 414:38–48.

Yurtseven, Recep. 2014. “Uçucu Kül İçeren Poliüretan Esaslı Kompozit Malzemelerin Mekanik ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi.”

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Atık Yönetimi Eylem Planı 2008-2012. (2008). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı.

Frisch, K.C. 1999. Historical developments of polyurethanes. In 60 Years of.

Polyurethanes; Kresta, J.E.Eldred, E.W.Eds. Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster, PA, 1–21