

**T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKÜMÜLATÖR İMALAT TESİSİ ENDÜSTRİYEL ARITMA  
ÇAMURUNA ÇİMENTO ESASLI  
KATILAŞTIRMA/KARARLILAŞTIRMA YÖNTEMİNİN  
UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**KAMİL BAHAÜDDİN VARINCA**

**DOKTORA TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
PROF. DR. MUSTAFA TALHA GÖNÜLLÜ**

**İSTANBUL, 2015**

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKÜMÜLATÖR İMALAT TESİSİ ENDÜSTRİYEL ARITMA**  
**ÇAMURUNA ÇİMENTO ESASLI**  
**KATILAŞTIRMA/KARARLILAŞTIRMA YÖNTEMİNİN**  
**UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Kamil Bahaüddin VARINCA tarafından hazırlanan tez çalışması 16/10/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Mustafa Talha GÖNÜLLÜ  
Adıyaman Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

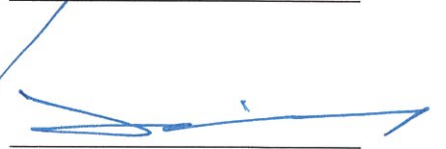
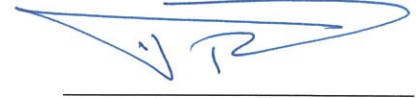
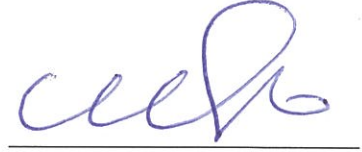
Prof. Dr. Mustafa Talha GÖNÜLLÜ  
Adıyaman Üniversitesi

Prof. Dr. İsmail TORÖZ  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Yaşar AVŞAR  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Güleda ENGİN  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Atilla AKKOYUNLU  
Boğaziçi Üniversitesi



Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün 29-05-02-01, 29-05-02-DOP01 ve 2010-05-02-KAP02 numaralı projeleri ile desteklenmiştir.

## ÖN SÖZ

---

Doktora çalışması bilimsel çalışma hayatının en önemli basamaklarından birisini teşkil etmektedir. Bu tür bir çalışma uzun soluklu, meşakkatli ve yorucudur. Böylesine uzun ve kapsamlı çalışmalarda elbette başkalarının da katkı ve yardımının bulunması kaçınılmazdır. Bu doktora tez çalışmasında da katkısı bulunan ve yardımı dokunan herkesi burada zikretmek tezi hazırlayan için bir borç, bir vazifedir.

Her şeyden evvel, bu tezin ortaya çıkmasında herkesten daha fazla katkısı olan, beni bu çalışmayı yapmaya teşvik eden, yol açan, yol gösteren, öğrencisini bir kalıba sokmak yerine yeteneklerini ortaya çıkarmasına yardımcı olan, kısıtlı vaktine rağmen her zaman ve şartta maddi-manevi destek ve yardımıyla daima yanımda yer alan, bana güvenen, beni cesaretlendiren ve son doktora öğrencisi olmaktan gurur duyduğum danışmanım, kıymetli hocam ADYÜ Rektörü Sn. Prof. Dr. Mustafa Talha GÖNÜLLÜ'ye sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı arz ediyorum.

Benim tez izleme jüri üyem iken Hakk'ın rahmetine kavuşarak aramızdan ayrılan YTÜ Çevre Mühendisliği Bölümünün kıymetli Bölüm Başkanı, hocamız, rahmetli Sn. Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK'ü de burada yâd ediyorum. Kendisine Allah'tan rahmet diliyorum.

Tez izleme jüri üyelerim İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı hocam Sn. Prof. Dr. İsmail TORÖZ ve YTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi hocam Sn. Doç. Dr. Yaşar AVŞAR'a ve diğer tez savunma sınav jüri üyelerim YTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı hocam Sn. Prof. Dr. Güleda ENGİN ve Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi hocam Sn. Prof. Dr. Atilla AKKOYUNLU'ya da yardımları ve yol göstericiliklerinden dolayı teşekkürlerimi arz ediyorum.

Tez çalışmasının deneysel kısmının çeşitli bölümlerini yaptığım YTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümüne, değerli hocalarım ve arkadaşlarıma; YTÜ İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemesi Ana Bilim Dalına, değerli hocaları ve laboratuvar çalışanlarına; SOYAK Holding çimento grubu şirketlerine, yöneticileri ve Beton Laboratuvarı çalışanlarına; Mutlu Akü ve Malzemeleri San. A.Ş.'ne, yöneticileri ile Kimya ve Çevre Laboratuvarı çalışanlarına; doktora tezi ile alakalı olarak yapmış olduğum projeleri maddi olarak destekleyen YTÜ ve YTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAPK)'ne ve doktoramın başından itibaren bana maddi ve manevi destek veren tüm kişi ve kuruluşlara, ayrıca araştırma kaynaklarından faydalandığım ADYÜ, YTÜ ve İTÜ ile kütüphanelerine de en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak tüm eğitim hayatımda olduğu gibi doktora çalışması esnasında da bana destek olan aileme, anlayışı ve sabrı için eşime her daim borçlu kalacağım. Bu eseri başta eşim ve çocuklarım olmak üzere tüm aileme ithaf ediyorum.

Kamil Bahaüddin VARINCA

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ .....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xvii
ÖZET .....	xx
ABSTRACT.....	xxii
<b>BÖLÜM 1</b>	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amaç ve Kapsamı.....	1
1.3 Hipotez ve Bulgular .....	2
<b>BÖLÜM 2</b>	
KATILAŞTIRMA/KARARLILAŞTIRMA (K/K).....	4
2.1 Giriş .....	4
2.1.1 Atık ve Kirleticiler .....	4
2.1.2 Atık ve Kirleticilerin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri.....	13
2.1.3 Atık Yönetimi ve Katılaştırma/Kararlılaştırma (K/K) Yöntemi.....	15
2.2 Katılaştırma/Kararlılaştırma (K/K).....	18
2.3 Teknolojiler.....	21
2.3.1 Çimento Esaslı Teknoloji.....	26
2.4 Tasarım ve Uygulama .....	49
2.4.1 Nihai Depolama .....	49
2.4.2 Malzeme Olarak Geri Kazanım .....	49
2.5 Testler .....	58
2.5.1 Fiziksel Testler.....	59
2.5.2 Kimyasal Testler .....	63
2.5.3 Diğer Testler .....	70
2.6 Mevzuat .....	71
2.6.1 Ulusal Mevzuat .....	72

2.6.2 Bölgesel Mevzuat .....	91
2.6.3 Uluslararası Mevzuat .....	95
2.7 Standartlar .....	97
2.7.1 Ulusal Standartlar .....	98
2.7.2 Bölgesel Standartlar .....	100
2.7.3 Uluslararası Standartlar .....	101
2.8 Patentler .....	103
2.8.1 Ulusal Patentler .....	104
2.8.2 Bölgesel Patentler .....	106
2.8.3 Uluslararası Patentler .....	107
2.9 İstatistikler .....	108
2.9.1 Ulusal İstatistikler .....	108
2.9.2 Bölgesel İstatistikler .....	112
2.9.3 Uluslararası İstatistikler .....	115
<b>BÖLÜM 3</b>	
<b>YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>118</b>
3.1 Kuruluş ve Topluluklar .....	118
3.2 Çalışma ve Yayınlar .....	130
<b>BÖLÜM 4</b>	
<b>MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>168</b>
4.1 Yöntem.....	168
4.1.1 Katılaştırma.....	168
4.1.2 Mukavemet (TS EN 12390-3) .....	169
4.1.3 Özütleme (USEPA SW-846 1311) .....	170
4.2 Araç, Gereç ve Malzemeler .....	171
4.2.1 Araç ve Gereçler .....	172
4.2.2 Malzemeler .....	177
<b>BÖLÜM 5</b>	
<b>DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ .....</b>	<b>179</b>
5.1 Deney Sonuçları.....	179
5.1.1 Basınç Dayanımı Deney Sonuçları .....	179
5.1.2 TCLP Deney Sonuçları .....	197
5.2 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	248
5.2.1 Basınç Dayanımı Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	248
5.2.2 TCLP Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	252
<b>BÖLÜM 6</b>	
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>260</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>265</b>
<b>ÖZ GEÇMİŞ .....</b>	<b>283</b>

## SİMGE LİSTESİ

---

$\emptyset$	Çap
$f_{ck,küp}$	Betonun küp numune kullanılarak tayin edilen karakteristik basınç dayanımı
$f_{ck,sil}$	Betonun silindir numune kullanılarak tayin edilen karakteristik basınç dayanımı

## KISALTMA LİSTESİ

---

AAS	Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi ( <i>eng</i> : Atomic Absorption Spectroscopy)
AB	Avrupa Birliği ( <i>eng</i> : European Union, EU)
ABD	Amerika Birleşik Devletleri ( <i>eng</i> : United States, US [United State of America, USA])
ACI	<i>eng</i> : American Concrete Institute ( <i>tur</i> : Amerika Beton Enstitüsü)
AÇA	Avrupa Çevre Ajansı ( <i>eng</i> : European Environment Agency, EEA)
ANC	<i>eng</i> : Acid Neutralization Capacity ( <i>tur</i> : Asit Nötralizasyon Kapasitesi)
ANS	<i>eng</i> : American Nuclear Society ( <i>tur</i> : Amerikan Nükleer Cemiyeti)
ANSI	<i>eng</i> : American National Standards Institute ( <i>tur</i> : Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü)
ASK	Avrupa Standartlar Komitesi ( <i>fra</i> : Comité Européen de Normalisation-CEN, <i>eng</i> : European Committee for Standardization, <i>deu</i> : Europäisches Komitee für Normung)
ASTM	<i>eng</i> : ASTM International, formerly, American Society for Testing and Materials ( <i>tur</i> : ASTM Uluslararası, önceki adıyla, Amerika Deney ve Malzeme Cemiyeti)
BCA	<i>eng</i> : British Cement Association ( <i>tur</i> : İngiliz Çimento Birliği)
BDAT	<i>eng</i> : Best Demonstrated Available Technology ( <i>tur</i> : Mevcut En İyi Teknoloji)
<i>bk.</i>	Bakınız
BM	Birleşmiş Milletler ( <i>eng</i> : United Nations, UN)
BNA	<i>eng</i> : Base, Neutral and Acid ( <i>tur</i> : Baz, Nötral ve Asit)
CEMBUREAU	<i>eng</i> : European Cement Association ( <i>tur</i> : Avrupa Çimento Birliği)
CEN	<i>fra</i> : Comité Européen de Normalisation ( <i>eng</i> : European Committee for Standardization, <i>deu</i> : Europäisches Komitee für Normung, <i>tur</i> : Avrupa Standartlar Komitesi, ASK)
CENELEC	<i>fra</i> : Comité Européen de Normalisation Electrotechnique ( <i>eng</i> : European Committee for Electrotechnical Standardization, <i>tur</i> : Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi)
CERCLA	<i>eng</i> : Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act ( <i>tur</i> : Kapsamlı Çevresel Müdahale, Tazminat ve Yükümlülük Kanunu)
CFR	<i>eng</i> : Code of Federal Regulations ( <i>tur</i> : Federal Düzenlemeler Kanunu)
CL:AIRE	<i>eng</i> : Contaminated Land: Applications in Real Environments ( <i>tur</i> : Kirlenmiş Alan: Gerçek Ortam Uygulamaları)
CWA	<i>eng</i> : Clean Water Act ( <i>tur</i> : Temiz Su Kanunu)
ÇOK	Çözünmüş Organik Karbon ( <i>eng</i> : Dissolved Organic Carbon, DOC)



DIN	<i>deu</i> : Deutsches Institut für Normung ( <i>eng</i> : German Institute for Standardization, <i>tur</i> : Alman Standardizasyon Enstitüsü)
DLT	<i>eng</i> : Dinamic Leach Test ( <i>tur</i> : Dinamik Sızdırma Deneyi)
ECOS	<i>eng</i> : Environmental Council of the States ( <i>tur</i> : Eyaletler Çevre Kurulu)
EDS	<i>eng</i> : Energy Dispersive Spectroscopy ( <i>tur</i> : Enerji Dağılım Spektroskopisi)
EEA	<i>eng</i> : European Environment Agency ( <i>tur</i> : Avrupa Çevre Ajansı, AÇA)
EIONET	<i>eng</i> : European Environment Information and Observation Network ( <i>tur</i> : Avrupa Çevre Bilgi ve Gözlem Ağı)
ELT	<i>eng</i> : Equilibrium Leach Test ( <i>tur</i> : Dengesel Sızdırma Deneyi)
EN	<i>deu</i> : Europäische Norm ( <i>eng</i> : European Standard, <i>fra</i> : Norme Européenne, <i>tur</i> : Avrupa Standardı)
EPO	<i>eng</i> : European Patent Organisation ( <i>tur</i> : Avrupa Patent Teşkilatı)
EPSRC	<i>eng</i> : Engineering and Physical Sciences Research Council ( <i>tur</i> : Mühendislik ve Fizik Bilimleri Araştırma Kurulu)
ESO(s)	<i>eng</i> : European Standards Organization(s), CEN-CENELEC-ETSI ( <i>tur</i> : Avrupa Standartları Kuruluş(u/ları), CEN-CENELEC-ETSI)
ETDS	<i>eng</i> : Environmental Terminology and Discovery Service ( <i>tur</i> : Çevre Terminolojisi ve Keşif Servisi)
ETSI	<i>eng</i> : European Telecommunications Standards Institute ( <i>tur</i> : Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü)
EU	<i>eng</i> : European Union ( <i>tur</i> : Avrupa Birliği, AB)
EUROSTAT	<i>eng</i> : Statistical Office of the European Commission ( <i>tur</i> : Avrupa Komisyonu İstatistik Ofisi)
EWC-Stat	<i>eng</i> : European Waste Classification for Statistics ( <i>tur</i> : İstatistikler için Avrupa Atık Sınıflaması)
FTIR	<i>eng</i> : Fourier Transform InfraRed ( <i>tur</i> : Fourier Dönüşümlü Kızılötesi)
GC/MS	<i>eng</i> : Gas Chromatography/Mass Spectrometry ( <i>tur</i> : Gaz Kromatografisi / Kütle Spektrometresi)
GEMET	<i>eng</i> : GEneral Multilingual Environmental Thesaurus ( <i>tur</i> : Genel Çokdilli Çevre Sözlüğü)
GNAT	Grand National Assembly of Turkey ( <i>eng</i> : Türkiye Büyük Millet Meclisi, TBMM)
HCB	<i>eng</i> : Hexachlorobenzene ( <i>tur</i> : Hekzaklorobenzen)
ICP	<i>eng</i> : Inductively Coupled Plasma ( <i>tur</i> : İndüktif Eşleşmiş Plazma)
ICP-AES	<i>eng</i> : Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy ( <i>tur</i> : İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi)
ICS	<i>eng</i> : International Classification for Standards ( <i>tur</i> : Uluslararası Standart Sınıflaması)
IEC	<i>eng</i> : International Electrotechnical Commission ( <i>tur</i> : Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)
IPC	<i>eng</i> : International Patent Classification ( <i>tur</i> : Uluslararası Patent Sınıflaması)
ISIC	<i>eng</i> : International Standard Industrial Classification of All Economic Activities ( <i>tur</i> : Tüm Ekonomik Faaliyetlerin Uluslararası Standart Sanayi Sınıflaması)
ISO	<i>eng</i> : International Organization for Standardization ( <i>tur</i> : Uluslararası Standartlar Teşkilâtı)
ITRC	<i>eng</i> : Interstate Technology & Regulatory Council ( <i>tur</i> : Eyaletler arası Teknoloji ve Düzenleme Kurulu)

K/K	Katılaştırma/Kararlılaştırma ( <i>eng</i> : Solidification/Stabilization, S/S)
LRT	<i>eng</i> : Liquid Release Test ( <i>tur</i> : Sıvı Yayılım Deneyi)
MCC	<i>eng</i> : Materials Characterization Center ( <i>tur</i> : Malzeme Karakterizasyonu Merkezi)
MEP	<i>eng</i> : Multiple Extraction Procedure ( <i>tur</i> : Çoklu Özütleme İşlemi)
MSW	<i>eng</i> : Municipal Solid Waste ( <i>tur</i> : Evsel Katı Atık)
MSWI	<i>eng</i> : Municipal Solid Waste Incinerator ( <i>tur</i> : Evsel Katı Atık Yakma Tesisi)
MWEP	<i>eng</i> : Monofilled Waste Extraction Procedure ( <i>tur</i> : Tekdolgulu Atık Özütleme İşlemi)
MPA	<i>eng</i> : Mineral Products Association ( <i>tur</i> : Mineral Ürünler Birliği)
NACE	<i>fra</i> : Nomenclature générale des Activités économiques dans les Communautés Européennes ( <i>eng</i> : Statistical Classification of Economic Activities in the European Community, <i>tur</i> : Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiksel Sınıflaması)
NEN	<i>nld</i> : Normalisatie En Normen ( <i>eng</i> : Standards and Norms, <i>tur</i> : Standartlar ve Normlar)
NMR	<i>eng</i> : Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy ( <i>tur</i> : Nükleer Manyetik Rezonans Spektroskopisi)
OPC	<i>eng</i> : Ordinary Portland Cement ( <i>tur</i> : Sıradan Portland Çimentosu)
ORNL	<i>eng</i> : Oak Ridge National Laboratory ( <i>tur</i> : Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı)
PAH	<i>eng</i> : Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ( <i>tur</i> : Polisiklik Aromatik Hidrokarbon)
PC	<i>eng</i> : Portland Cement ( <i>tur</i> : Portland Çimentosu, PÇ)
PCA	<i>eng</i> : Portland Cement Association ( <i>tur</i> : Portland Çimento Birliği)
PCB	<i>eng</i> : PolyChlorinated Biphenyl ( <i>tur</i> : Poliklorlu Bifenil)
PÇ	Portland Çimentosu ( <i>eng</i> : Portland Cement, PC)
PFT	<i>eng</i> : Paint Filter Test ( <i>tur</i> : Boya Filtre Deneyi)
ppb	<i>eng</i> : part per billion ( <i>tur</i> : milyarda bir)
RCRA	<i>eng</i> : Resource Conservation and Recovery Act ( <i>tur</i> : Kaynak Koruma ve Kurtarma Kanunu)
RG	Resmî Gazete ( <i>eng</i> : Official Journal)
S/S	<i>eng</i> : Solidification/Stabilization ( <i>tur</i> : Katılaştırma/Kararlılaştırma, K/K)
SCET	<i>eng</i> : Sequential Chemical Extraction Test ( <i>tur</i> : Ardışık Kimyasal Özütleme Deneyi)
SEM	<i>eng</i> : Scanning Electron Microscopy ( <i>tur</i> : Taramalı Elektron Mikroskobu)
SET	<i>eng</i> : Sequential Extraction Test ( <i>tur</i> : Ardışık Özütleme Deneyi)
SI	<i>fra</i> : Système International d'unités ( <i>eng</i> : International System of Units, <i>tur</i> : Uluslararası Birimler Sistemi)
SPLP	<i>eng</i> : Synthetic Precipitation Leaching Procedure ( <i>tur</i> : Sentetik Yağış Sızdırma Deneyi)
STARNET	<i>eng</i> : Stabilization/Solidification Treatment and Remediation Network ( <i>tur</i> : Katılaştırma/Kararlılaştırma Arıtma ve İyileştirme Ağı)
SW	<i>eng</i> : Solid Waste ( <i>tur</i> : Katı Atık)
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti ( <i>eng</i> : Republic of Turkey, TR, TUR)
TBMM	Türkiye Büyük Millet Meclisi ( <i>eng</i> : Grand National Assembly of Turkey, GNAT)
TCE	<i>eng</i> : TriChloroEthylene ( <i>tur</i> : Trikloroetilen)

TCLP	<i>eng:</i> Toxicity Characteristic Leaching Procedure ( <i>tur:</i> Zehirlilik Karakteristik Sızma Testi)
TÇK	Toplam Çözünmüş Katı ( <i>eng:</i> Total Dissolved Solids, TDS)
TÇMB	Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği ( <i>eng:</i> Turkish Cement Manufacturers' Association)
TDK	Türk Dil Kurumu ( <i>eng:</i> Turkish Language Association)
TDS	<i>eng:</i> Total Dissolved Solids ( <i>tur:</i> Toplam Çözünmüş Katı, TÇK)
THBB	Türkiye Hazır Beton Birliği ( <i>eng:</i> Turkish Ready Mixed Concrete Association)
TOC	<i>eng:</i> Total Organic Carbon ( <i>tur:</i> Toplam Organik Karbon, TOK)
TOK	Toplam Organik Karbon ( <i>eng:</i> Total Organic Carbon, TOC)
TPE	Türk Patent Enstitüsü ( <i>eng:</i> Turkish Patent Institute, TPI)
TPI	<i>eng:</i> Turkish Patent Institute ( <i>tur:</i> Türk Patent Enstitüsü, TPE)
TS	Türk Standardı ( <i>eng:</i> Turkish Standards)
TSE	Türk Standardları Enstitüsü ( <i>eng:</i> Turkish Standards Institution, TSI)
TSI	<i>eng:</i> Turkish Standards Institution ( <i>tur:</i> Türk Standardları Enstitüsü, TSE)
TURKSTAT	<i>eng:</i> Turkish Statistical Institute ( <i>tur:</i> Türkiye İstatistik Kurumu, TÜİK)
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu ( <i>eng:</i> Scientific and Technological Research Council of Turkey)
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu ( <i>eng:</i> Turkish Statistical Institute, TURKSTAT)
UCS	<i>eng:</i> Unconfined Compressive Strength ( <i>tur:</i> Serbest Basınç Dayanımı)
UK	<i>eng:</i> United Kingdom (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, GB, GBR) ( <i>tur:</i> İngiltere, Birleşik Krallık, [Büyük Britanya Birleşik Krallığı ve Kuzey İrlanda])
UKEA	<i>eng:</i> United Kingdom Environmental Agency ( <i>tur:</i> İngiltere Çevre Ajansı)
UN	<i>eng:</i> United Nations ( <i>tur:</i> Birleşmiş Milletler, BM)
UNSD	<i>eng:</i> United Nations Statistics Division ( <i>tur:</i> Birleşmiş Milletler İstatistik Bölümü)
US	<i>eng:</i> United States (United States of America, USA) ( <i>tur:</i> Birleşik Devletler [Amerika Birleşik Devletleri, ABD])
USA	<i>eng:</i> United States of America (United States, US) ( <i>tur:</i> Amerika Birleşik Devletleri, ABD [Birleşik Devletler, US])
USACE	<i>eng:</i> United States Army Corps of Engineers ( <i>tur:</i> Amerika Birleşik Devletleri Mühendisler Askerî Birliği)
USC	<i>eng:</i> United States Code ( <i>tur:</i> Amerika Birleşik Devletleri Kanunu)
USEPA	<i>eng:</i> United States Environmental Protection Agency ( <i>tur:</i> Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)
USFDSys	<i>eng:</i> United States Federal Dijital System ( <i>tur:</i> Amerika Birleşik Devletleri Federal Dijital Sistem)
USFR	<i>eng:</i> United States Federal Register ( <i>tur:</i> Amerika Birleşik Devletleri Federal Kayıt)
USGPO	<i>eng:</i> United States Government Printing Office ( <i>tur:</i> Amerika Birleşik Devletleri Hükûmet Basımevi)
USNIST	<i>eng:</i> United States National Institute of Standards and Technology ( <i>tur:</i> Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü)
USPTO	<i>eng:</i> United States Patent and Trademark Office ( <i>tur:</i> Amerika Birleşik Devletleri Patent ve Marka Ofisi)

<i>vb.</i>	ve benzeri ( <i>eng:</i> etc)
<i>vd.</i>	ve diğerleri ( <i>eng:</i> et al)
VOC	<i>eng:</i> Volatile Organic Compound ( <i>tur:</i> Uçucu Organik Bileşik)
<i>vs.</i>	ve saire ( <i>eng:</i> etc)
WET	<i>eng:</i> Waste Extraction Test ( <i>tur:</i> Atık Özütleme Deneyi)
WIPO	<i>eng:</i> World Intellectual Property Organization ( <i>tur:</i> Dünya Fikrî Mülkiyet Hakları Teşkilatı)
WTC	<i>eng:</i> Wastewater Technology Centre ( <i>tur:</i> Atıksu Teknoloji Merkezi)
XRD	<i>eng:</i> X-Ray Diffraction ( <i>tur:</i> X-ışını Kırınımı)
XRF	<i>eng:</i> X-Ray Fluorescence ( <i>tur:</i> X-ışını Floresansı)

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Topraktaki ağır metal konsantrasyon aralıkları [23]..... 10
Şekil 2.2	Bazı metal ( $Fe^{3+}$ , Cu, Ni, $Fe^{2+}$ , Cd, Zn, Ag, Pb) hidroksitlerin çözünürlüklerinin pH'ya göre değişimi [24–27]..... 11
Şekil 2.3	Bazı metal (Cr, Cu, Ni, Cd, Ag, Pb) hidroksitlerin çözünürlüklerinin pH'ya göre değişimi [28–30] ..... 12
Şekil 2.4	Bazı metal (Cd, Pb, Zn, Cu) sülfidlerin çözünürlüklerinin pH'ya göre değişimi [28] ..... 12
Şekil 2.5	Bazı metal (Cu, Zn, Pb, Cd, Ag) hidroksit ve sülfidlerin çözünürlüklerinin pH'ya göre değişiminin mukayesesi [29, 31] ..... 12
Şekil 2.6	pH'nın bir fonksiyonu olarak katyonik metallerin (hidroksitler) ve oksianyonların (kalsiyum tuzları) çözünürlüğü [32]..... 13
Şekil 2.7	Su çevrimi [33]..... 13
Şekil 2.8	Dünyadaki suyun dağılımı [33]..... 14
Şekil 2.9	Atık yönetim piramidi [4, 37, 38] ..... 17
Şekil 2.10	Katı atık yönetiminin tipik akış şeması [39] ..... 17
Şekil 2.11	Çimento esaslı K/K uygulama örneği [26]..... 26
Şekil 2.12	Çimento ana bileşenlerinin şekilsel gösterimi [61] ..... 31
Şekil 2.13	Çimento ana bileşenlerinin basınç dayanımlarının zamansal değişimi [58] ..... 32
Şekil 2.14	Çimento hamurundaki CH kristalleri, C-S-H jelleri ve etrenjitlerin SEM görüntüsü (10 000 kat büyütülmüş) [58] ..... 34
Şekil 2.15	Hidratasyon ürünlerinin miktarlarının zamansal değişimi [57] ..... 35
Şekil 2.16	Hidratasyon süreçleri boyunca çimento hamurundaki zamansal değişim [61] ..... 36
Şekil 2.17	Hidratasyon süreçleri boyunca ısı çıkışının zamansal değişimi [58, 60, 61] ..... 36
Şekil 2.18	Çimento danecikleri etrafında jel oluşumu [58, 61]..... 37
Şekil 2.19	Uyku sürecinde ortamın iyonlara doymuş hâle gelişi [61] ..... 37
Şekil 2.20	Çimento hamurunun sertleşme sürecindeki hâli [61]..... 38
Şekil 2.21	Çimento hamurunun soğuma sürecindeki hâli [61] ..... 39
Şekil 2.22	Çimento hamurunun yoğunlaşma sürecindeki hâli [61] ..... 39
Şekil 2.23	TS 802 Türk Standardına göre su/çimento (s/ç) oranının basınç dayanımına etkisi [65]..... 41
Şekil 2.24	Portland ve katkılı çimentolu beton arasındaki bağlanma farkları [67].. 45
Şekil 2.25	Endüstriyel puzolanlardan örnekler [57]..... 47
Şekil 2.26	Mineral katkıların kimyasal muhteva değişimi [67] ..... 47

Şekil 2.27	Beton ve bileşen malzemeler ile deney standartları arasındaki ilişki [68].....	51
Şekil 2.28	Örnek bir yapının maruz kalabileceği çevresel etki sınıfları [70].....	53
Şekil 4.1	Kalıplardan çıkarılmış katılaştırılmış malzemeler .....	169
Şekil 4.2	Çalışmalarda kullanılan arıtma çamurunun ham ve kurutulmuş hâli....	177
Şekil 5.1	1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	180
Şekil 5.2	3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	182
Şekil 5.3	7 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	183
Şekil 5.4	14 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	184
Şekil 5.5	28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	184
Şekil 5.6	56 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	185
Şekil 5.7	90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	185
Şekil 5.8	Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	187
Şekil 5.9	%0 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	189
Şekil 5.10	%5 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	190
Şekil 5.11	%10 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	192
Şekil 5.12	%25 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	192
Şekil 5.13	%50 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	193
Şekil 5.14	%75 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	193
Şekil 5.15	Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	195
Şekil 5.16	1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	198
Şekil 5.17	3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	199
Şekil 5.18	7 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	201
Şekil 5.19	14 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	201
Şekil 5.20	28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	202
Şekil 5.21	56 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	202
Şekil 5.22	90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	203

Şekil 5.23	Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	204
Şekil 5.24	%5 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	206
Şekil 5.25	%10 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	208
Şekil 5.26	%25 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	209
Şekil 5.27	%50 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	210
Şekil 5.28	%75 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	210
Şekil 5.29	Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	212
Şekil 5.30	1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	215
Şekil 5.31	3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	216
Şekil 5.32	7 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	218
Şekil 5.33	14 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	218
Şekil 5.34	28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	219
Şekil 5.35	56 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	219
Şekil 5.36	90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	220
Şekil 5.37	Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	221
Şekil 5.38	%5 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	223
Şekil 5.39	%10 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	225
Şekil 5.40	%25 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	226
Şekil 5.41	%50 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	227
Şekil 5.42	%75 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	227
Şekil 5.43	Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	229
Şekil 5.44	1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	232
Şekil 5.45	3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	233
Şekil 5.46	7 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	235
Şekil 5.47	14 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	235

Şekil 5.48	28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi.....	236
Şekil 5.49	56 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi.....	236
Şekil 5.50	90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi.....	237
Şekil 5.51	Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi .....	238
Şekil 5.52	%5 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	240
Şekil 5.53	%10 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi.....	242
Şekil 5.54	%25 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi.....	243
Şekil 5.55	%50 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi.....	244
Şekil 5.56	%75 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi.....	244
Şekil 5.57	Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi .....	246
Şekil 5.58	28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde karışım oranlarına göre ölçülen basınç dayanımı ortalama değerlerinin beton sınıfları ile mukayesesi .....	251
Şekil 5.59	Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde karışım oranlarına göre ölçülen Pb sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi .....	254
Şekil 5.60	Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde numune yaşlarına göre ölçülen Pb sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi.....	255
Şekil 5.61	Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde karışım oranlarına göre ölçülen Cr sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi .....	256
Şekil 5.62	Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde numune yaşlarına göre ölçülen Cd sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi.....	256
Şekil 5.63	Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde karışım oranlarına göre ölçülen Cd sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi .....	258
Şekil 5.64	Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde numune yaşlarına göre ölçülen Cd sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi.....	259



## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	Atık sınıflandırmaları [5, 16] ..... 6
Çizelge 2.2	Bazı ağır metallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri [23] ..... 9
Çizelge 2.3	Topraktaki ağır metal kirliliğinin kaynakları [23]..... 11
Çizelge 2.4	K/K yöntemindeki yaygın mekanizmalar ve tarifleri [40]..... 21
Çizelge 2.5	K/K yönteminde kullanılan işlem tipleri ve teknikler [28, 50, 51] ..... 22
Çizelge 2.6	K/K yönteminde kullanılan bağlayıcılar [29] ..... 22
Çizelge 2.7	K/K yönteminde kullanılan katkılar [28, 50] ..... 22
Çizelge 2.8	K/K uygulamalarında ana atık kaynakları [28, 50]..... 23
Çizelge 2.9	Atık türüne göre uygulanabilecek muhtemel K/K işlemleri [52]..... 23
Çizelge 2.10	Belirli kirleticiler için K/K işlemlerinin uygulanabilirliği [26]..... 23
Çizelge 2.11	Atık stabilizasyonu için reaktif uygulanabilirliği [31, 40, 53] ..... 24
Çizelge 2.12	Genel çimento ailesindeki 27 ürün ve bileşenleri [54]..... 28
Çizelge 2.13	Çimentolar için karakteristik değerler olarak verilen mekanik ve fiziksel gerekler [54] ..... 29
Çizelge 2.14	TS EN 197-1 Türk Standardında çimentoların işaretlenmesi [54]..... 29
Çizelge 2.15	Çimento ile alakalı bazı Türk Standartları ..... 30
Çizelge 2.16	Çimento kimyasında kullanılan kısaltmalar [57–59] ..... 30
Çizelge 2.17	Çimento ana bileşenleri [55, 57–61] ..... 31
Çizelge 2.18	Alçı taşının biçimleri ve özellikleri [57, 58, 61] ..... 31
Çizelge 2.19	Çimento ana bileşenlerinin özellikleri [55, 58]..... 32
Çizelge 2.20	Çimento ana bileşenlerinin etkileri [61, 62]..... 32
Çizelge 2.21	Hidratasyon tepkimeleri [57, 60, 62] ..... 33
Çizelge 2.22	Hidratasyon ürünleri ve özellikleri [58]..... 34
Çizelge 2.23	Hidratasyon süreçleri ve özellikleri [58, 61]..... 35
Çizelge 2.24	Karma suyu miktarının optimum su miktarına kıyasla mukavemete etkisi [55] ..... 41
Çizelge 2.25	Agregalar ile alakalı bazı Türk Standartları ..... 42
Çizelge 2.26	TS EN 934-2 Türk Standardında kimyasal katkı tipleri [66]..... 46
Çizelge 2.27	Uçucu külün beton özelliklerine etkisi [55] ..... 48
Çizelge 2.28	Karakteristik basınç dayanımına göre beton sınıfları [69]..... 52
Çizelge 2.29	Normal ve ağır beton için basınç dayanımı sınıfları [44] ..... 52
Çizelge 2.30	Hafif beton için basınç dayanımı sınıfları [44] ..... 53
Çizelge 2.31	Çevresel etki sınıfları [44, 68]..... 54
Çizelge 2.32	Çevresel etki sınıflarının açıklamaları [44, 68]..... 55
Çizelge 2.33	Doğal zeminler ve yer altı sularından kaynaklanan kimyasal etkiler için etki sınıflarının sınır değerleri [44, 68] ..... 58
Çizelge 2.34	Malzemeler için genel özellik ve başarımlar test grupları [42]..... 59

Çizelge 2.35	Malzemeler için genel fiziksel özellik ve başarımlar testleri [29, 31, 42, 52, 53, 62] .....	59
Çizelge 2.36	Malzemeler için genel kimyasal özellik ve başarımlar testleri [29, 31, 42, 52, 53, 62] .....	63
Çizelge 2.37	Özütleme testleri [29, 31, 42, 52, 53, 62].....	66
Çizelge 2.38	Özütleme test şartları [27, 29, 31, 42].....	68
Çizelge 2.39	Genel çevre şartlarına dayanıklılık testleri.....	70
Çizelge 2.40	Atık konusu ile alakalı yürürlükteki belli başlı T.C. mevzuatı [81, 82]..	73
Çizelge 2.41	Bertaraf yöntemleri [4].....	81
Çizelge 2.42	Geri kazanım işlemleri [4] .....	82
Çizelge 2.43	Tehlikeli kabul edilen atıkların özellikleri [4] .....	82
Çizelge 2.44	Atık listesindeki stabilize edilmiş/katılaştırılmış atıkların kodları [4]....	84
Çizelge 2.45	Atıkların kirleticilere göre depo tesislerinde depolanabilme sınır değerleri [48].....	85
Çizelge 2.46	USC konu başlıklarından bazıları[86].....	89
Çizelge 2.47	CFR konu başlıklarından bazıları [90].....	90
Çizelge 2.48	AB mevzuatında atık yönetimi ile alakalı yürürlükteki mevzuat [94–96] .....	92
Çizelge 2.49	LoW’da yer alan katılaştırılmış/kararlılaştırılmış atıklar ve alt sınıf kodları [84].....	95
Çizelge 2.50	ICS’de atıklar ile alakalı sınıflama kodları [100, 101].....	97
Çizelge 2.51	Atık ve K/K konusunun yer aldığı/alabileceği TSE ihtisas kurulları [102].....	99
Çizelge 2.52	K/K konusunun yer aldığı Türk Standartları [102].....	99
Çizelge 2.53	K/K konusunun yer aldığı Amerikan Standartları [105].....	100
Çizelge 2.54	Atık ve K/K konusunun yer aldığı/alabileceği CEN teknik kurulları [107] .....	101
Çizelge 2.55	Atık ve K/K konusunun yer aldığı ASTM International standartlarından örnekler [106] .....	102
Çizelge 2.56	Çevre ve atık konusundaki ISO teknik kurulları [99] .....	103
Çizelge 2.57	K/K konusunun yer aldığı ISO standartları [99].....	103
Çizelge 2.58	IPC’de atıklar ile alakalı sınıflama kodları [111, 112].....	104
Çizelge 2.59	K/K konusunda ABD’de alınmış patentlerden örnekler [116].....	106
Çizelge 2.60	K/K konusunda AB genelindeki patentlerden örnekler [118].....	107
Çizelge 2.61	K/K konusunda dünya genelindeki patentlerden örnekler [118, 120, 121] .....	108
Çizelge 2.62	Türkiye’de çevre istatistiklerinin kapsamı [124] .....	109
Çizelge 2.63	Türkiye’de istatistikler için kullanılan EWC-Stat/Version 3’e göre K/K atık kodları [126].....	111
Çizelge 2.64	Su temini, kanalizasyon, atık yönetimi ve iyileştirme faaliyetlerinin NACE Rev 2 kodları [130–132] .....	114
Çizelge 2.65	AB’de istatistikler için kullanılan EWC-Stat/Version 4’e göre K/K atık kodları [125].....	115
Çizelge 2.66	Çevre ve atık konularında istatistiksel çalışmaları bulunan önemli uluslararası kuruluşlar .....	116
Çizelge 2.67	Su temini, kanalizasyon, atık yönetimi ve iyileştirme faaliyetlerinin ISIC Rev.4 kodları [135, 136].....	117
Çizelge 3.1	Adı geçen çalışmalara ait özet bilgileri .....	138
Çizelge 4.1	Çalışmalarda kullanılan numune kalıpları ve teknik bilgileri .....	172
Çizelge 4.2	Çalışmalarda kullanılan kırıcı ve teknik bilgileri.....	173

Çizelge 4.3	Çalışmalarda kullanılan öğütücü ve teknik bilgileri .....	173
Çizelge 4.4	Çalışmalarda kullanılan harç karma makinesi ve teknik bilgileri .....	173
Çizelge 4.5	Çalışmalarda kullanılan titreşim masası ve teknik bilgileri .....	174
Çizelge 4.6	Çalışmalarda kullanılan basınç deney makinesi ve teknik bilgileri .....	175
Çizelge 4.7	Çalışmalarda kullanılan döner karıştırıcı ve teknik bilgileri .....	175
Çizelge 4.8	Çalışmalarda kullanılan süzme düzeneği ve teknik bilgileri .....	176
Çizelge 4.9	Çalışmalarda kullanılan tüm araç ve gereçler listesi .....	176
Çizelge 4.10	Çalışmalarda kullanılan arıtma çamurunun muhtevası .....	178
Çizelge 4.11	Çalışmalarda kullanılan çimentonun muhtevası .....	178
Çizelge 5.1	Ölçülen basınç dayanımlarına ait şekilleri gösterir çizelge .....	180
Çizelge 5.2	Şekil 5.8'deki eğim çizgilerinin denklemleri .....	188
Çizelge 5.3	Şekil 5.15'deki eğim çizgilerinin denklemleri .....	196
Çizelge 5.4	Ölçülen kurşun (Pb) sızma miktarlarına ait şekilleri gösterir çizelge ...	197
Çizelge 5.5	Şekil 5.23'deki eğim çizgilerinin denklemleri .....	206
Çizelge 5.6	Şekil 5.29'daki eğim çizgilerinin denklemleri .....	213
Çizelge 5.7	Ölçülen krom (Cr) sızma miktarlarına ait şekilleri gösterir çizelge .....	214
Çizelge 5.8	Şekil 5.37'deki eğim çizgilerinin denklemleri .....	223
Çizelge 5.9	Şekil 5.43'deki eğim çizgilerinin denklemleri .....	230
Çizelge 5.10	Ölçülen kadmiyum (Cd) sızma miktarlarına ait şekilleri gösterir çizelge .....	231
Çizelge 5.11	Şekil 5.51'deki eğim çizgilerinin denklemleri .....	240
Çizelge 5.12	Şekil 5.57'deki eğim çizgilerinin denklemleri .....	247
Çizelge 5.13	Karakteristik basınç dayanımına göre beton sınıfları [69] .....	250
Çizelge 5.14	Atıkların düzenli depo tesislerine depolanabilmesi için Pb, Cr, ve Cd üst sınırları [48] .....	253

**AKÜMÜLATÖR İMALAT TESİSİ ENDÜSTRİYEL ARITMA  
ÇAMURUNA ÇİMENTO ESASLI  
KATILAŞTIRMA/KARARLILAŞTIRMA YÖNTEMİNİN  
UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Kamil Bahaüddin VARINCA

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa Talha GÖNÜLLÜ

Katılaştırma/Kararlılaştırma (K/K); sıvı, katı veya çamur hâlindeki atıktan homojen bir katı kütle oluşturmak üzere atığın yapısını ve fiziksel özelliklerini geliştiren çeşitli materyallerin ilave edildiği, atığın kimyasal olarak daha kararlı bir hâle dönüştürüldüğü işlemlerin genel ismidir. K/K yöntemi Türkiye’de olmasa bile yurt dışında denenmiş ve uygulanmakta olan bir kirlenmiş saha ıslah, atık geri kazanım ve bertaraf yöntemidir.

Bu tez çalışması kapsamındaki deneysel çalışmalarda, bir akümülatör imalat tesisi endüstriyel atıksu arıtma tesisinden çıkan kurşun, krom ve kadmiyum gibi ağır metal içeriğine sahip arıtma çamuruna çimento esaslı K/K yönteminin uygulanması ile elde edilen katılaştırılmış malzemenin basınç dayanımı ve sızma özelliklerinin zamansal değişimi incelenmiştir.

Deneysel çalışmalarda %0, %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranları denenmiştir. Katılaştırılmış malzemeler 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90. günlerde basınç dayanımı ve özütme testine tabi tutulmuştur. Basınç dayanımı deneyi olarak TS EN 12390-3 Türk Standardı, özütme testi olarak da USEPA SW-846 Method 1311 TCLP kullanılmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda; katılaştırılmış malzeme numunelerindeki atık-çimento karışım oranı azaldıkça malzemenin basınç dayanımının, buna bağlı olarak da beton sınıfının (C2,5-C5 ve C7,5) da arttığı; farklı atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde bulunan Pb, Cr ve Cd’un farklı oranlarda da olsa tutulduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak; katılaştırılmış malzeme numuneleri uygulamada hesaplanacak basınç dayanım gereklerine göre kullanılabilir durumda olup %50 ve altındaki atık-imento karışım oranlı katılaştırılmış malzemenin tamamı 7. gün itibariyle tehlikesiz atık depolama tesisi olan II. sınıf depo tesislerinde depolanabilirler.

**Anahtar Kelimeler:** Katılaştırma, Kararlılaştırma, Arıtma amuru, Kurşun, Serbest basınç dayanımı, Sızma testi

**INVESTIGATION OF APPLICABILITY OF CEMENT BASED  
SOLIDIFICATION/STABILIZATION METHOD  
ON INDUSTRIAL TREATMENT SLUDGE OF ACCUMULATOR  
MANUFACTURING FACILITY**

Kamil Bahaüddin VARINCA

Department of Environmental Engineering  
PhD. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Mustafa Talha GÖNÜLLÜ

Solidification/Stabilization (S/S) is described as a process to form a homogeneous solid mass of waste (solid, liquid or sludge) employing additives by which the physical nature of the waste and transform chemically more stable of waste. S/S method is a land reclamation, waste recovery and disposal method which tested and used in abroad even though in Turkey.

In experimental studies included in this thesis, it was applied cement based S/S method on an accumulator manufacturing facility industrial wastewater sludge including heavy metals such as lead (Pb), chromium (Cr) and cadmium (Cd). Temporal changes of solidified material's compressive strength and leachability have been investigated.

In experimental studies, 0%, 5%, 10%, 25%, 50% and 75% waste-cement mixture ratios were tested. The solidified materials were subjected to compressive strength and leaching test at 1, 3, 7, 14, 28, 56 and 90 days. TS EN 12390-3 Turkish Standard was used as a compressive strength test and USEPA SW-846 Method 1311 TCLP was used as a leaching test.

As a result of the experiments; the waste-cement mixture ratio of sample of solidified material is decreased, the compressive strength of the material is increased. Consequently also concrete class (C2,5-C5 and C7,5) is increased. Pb, Cr, and Cd in all samples of solidified materials which different waste-cement mixture ratio kept in different ratios.

As a result; application of solidified material samples is suitable as a building material if it is supply calculated compressive strength. All samples of solidified material that %50 and below waste-cement mixture ratio can be land in non-hazardous waste disposal landfill (Class II) after 7 days.

**Keywords:** Solidification, Stabilization, Treatment sludge, Lead, Unconfined compressive strength, Leaching test

#### 1.1 Literatür Özeti

Modern hayat insanoğlunun sınırsız ihtiyaçlarına karşılık gün geçtikçe artan sayı ve çeşitte ürün sunmaktadır. Bu denli çok sayı ve çeşitteki ürünlerin atık hâline geldiğinde ne yapılacağı sorusu modern hayatın kendi içerisinde oluşturduğu bir sorunsaldır.

Bugün artık bertaraf teknolojileri geniş yelpazedeki atık türlerinin hepsi için geçerli olacak şekil ve özellikte geliştirilmektedir. Çalışmalar çoğunlukla bu konular üzerine yoğunlaşmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında incelenmiş olan tüm çalışmaların özet bilgileri *Bölüm 3 Yapılmış Çalışmalar* başlığı altında yer almaktadır.

#### 1.2 Tezin Amaç ve Kapsamı

Tezin amacı; atık geri kazanımı, bertarafı ve saha ıslahı konusunda Türkiye dışında uzun yıllardır bilinen ve güvenle uygulanan bir yöntem olan katılaştırma/kararlılaştırma (K/K) yönteminin Türkiye’de de uygulanabilmesi için gerekli bilgi ve tecrübe alt yapısı ile uygulamanın hayata geçirilmesine katkıda bulunmaktır.

Bu amaca yönelik olarak tez çalışması; K/K konusunun çevresel, kuramsal, bilimsel, hukuki ve uygulamalı bakış açılarını kapsamakta, ancak konunun sosyal ve ekonomik yönlerini ise içermemektedir.

Bu bakımdan tez;

- ‘yöntem’ bazında bakıldığında, ‘bilgi birikimi’nde genel olarak atık katılaştırma/kararlılaştırma (K/K) işlemlerini, özel olarak ise inorganik K/K sistemlerini, ‘uygulama’da ise çimento esaslı K/K yöntemini;



- ‘atıklar’ bazında bakıldığında ise ‘bilgi birikimi’nde genel olarak katı ve tehlikeli atıkları, özel olarak da endüstriyel arıtma çamurlarını, ‘uygulama’da ise kurşun, krom ve kadmiyum gibi ağır metal içerikli akümülatör imalat tesisi endüstriyel arıtma çamurlarını

kapsamaktadır.

Bu sebeple uygulama, sadece bahsi geçen akümülatör imalat tesisi endüstriyel arıtma çamuru atık türü için çimento esaslı katılaştırma işlemini kapsamakta, diğer atık türleri ve K/K işlemlerini içermemektedir.

Bu tez çalışmasında, atık konusunda yapılmış olan tüm araştırma, inceleme ve değerlendirmeler önce genelde katı ve tehlikeli atıklar sonra özeldir ise arıtma çamurları için, K/K konusundakiler ise önce genelde inorganik K/K teknolojileri sonra özeldir ise çimento esaslı teknoloji için yapılmıştır.

Bu amaç ve kapsam dâhilinde tez çalışması, 6 Bölüm’den oluşmaktadır.

Buna göre;

- Bölüm 1’de giriş mahiyetinde olarak kısa bir literatür özetine, tezin amaç ve kapsamı ile hipotez ve bulgulara,
- Bölüm 2’de katılaştırma/kararlılaştırma yöntemine,
- Bölüm 3’de konuyla alakalı daha evvel yapılmış olan çalışmalara,
- Bölüm 4’de materyal ve metoda,
- Bölüm 5’de deneysel çalışma sonuçları ile değerlendirmelerine,
- Bölüm 6’da sonuç ve önerilere,

yer verilmiştir.

### **1.3 Hipotez ve Bulgular**

Tez çalışmasının başlangıcında varsayım (hipotez) olarak;

*“Atık katılaştırma/kararlılaştırma (K/K) işlemleri; çevre ve insan sağlığını koruyucu, yeterli bilgi birikimine sahip, hukuki alt yapısı mevcut, teknolojik olarak uygulanabilir bir atık bertaraf yöntemi olarak Türkiye’de de kullanılabilir.”*

önermesi sunulmuştur.

Sonuçta K/K işlemlerinin;

- birçok kirlenmiş saha ve atık türü için olduğu gibi tehlikeli atıklar sınıfına giren kurşun, kadmiyum ve krom ihtiva eden arıtma çamurları özelinde de çevre ve insan sağlığını koruyucu olduğu, hakkında yeterli bilgi birikiminin bulunduğu, Türkiye’de de hukuki alt yapısının mevcut olduğu, teknolojik olarak basit uygulama örneklerinin bulunduğu ve uygulamasının kolay olduğu,

bulgulanmıştır.

Buna göre başlangıçta önerilen varsayım, tez sonunda şu şekilde değiştirilmiştir:

*“Atık katılaştırma/kararlılaştırma (K/K) işlemleri; birçok kirlenmiş saha ve atık türü için olduğu gibi tehlikeli atıklar sınıfına giren kurşun, kadmiyum ve krom ihtiva eden arıtma çamurları özelinde de çevre ve insan sağlığını koruyucu, yeterli bilimsel bilgi birikimine sahip, Türkiye’de de hukuki alt yapısı mevcut, teknolojik olarak uygulama örnekleri bulunan ve kolayca uygulanabilir bir kirlenmiş saha ıslah, atık geri kazanım ve bertaraf yöntemi olarak Türkiye’de de güvenle kullanılabilir.”*

### KATILAŞTIRMA/KARARLILAŞTIRMA (K/K)

Bu bölümde, bu tezin konusunu oluşturan atıkların geri kazanım ve bertarafı için önerilen K/K yöntemi konusunda teorik, pratik ve teknolojik bilgiler verilmeye çalışılmıştır.

#### 2.1 Giriş

##### 2.1.1 Atık ve Kirleticiler

İnsanoğlunun varoluşuyla başlamış bir kelimedir “*atık*”. Tarih öncesinde belki çok sık kullanılmasa da günümüz dünyasında çok sık kullanılan ve bilinen bir kelimedir. Atık kelimesi terim olarak kullanıldığı yere ve tanımladıklarına göre çok çeşitli manalarda kullanılabilir. Mesela Türkçe sözlükte **atık** (eng: waste), “*üretimden tüketime kadar olan tüm aşamalarda ortaya çıkan ve kullanıcının artık işine yaramayan maddelerin tamamı, atılmış, atılan*” [1] manalarına gelmekteyken ıstılahi manada da en basit tarifıyla “*ihtiyaçlarımızı karşılamak için kullandığımız maddelerin, o an için kullanılmayan veya kullanıldıktan sonra atılan kısmı*” [2] olarak kullanılabilir. Bununla birlikte farklı kaynakların farklı atık tarifleri de mevcuttur.

- **Atık**; herhangi bir faaliyet sonucunda oluşan, çevreye atılan veya bırakılan her türlü madde [3]; üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyallerdir [4].
- **Atık**; her türlü üretim ve tüketim faaliyetleri sonucu oluşan, buldukları ortamda herhangi bir ekonomik değeri olmayan, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleriyle karıştıkları alıcı ortamda doğal bileşim ve özelliklerin değişmesine yol açan, alıcı ortama doğrudan veya dolaylı yoldan zarar verebilen katı, sıvı ve

gaz hâldeki madde [5]; uzaklaştırılması veya bertaraf edilmesi gereken madde veya nesnelere [6].

- **Atık;** her türlü üretim ve tüketim etkinliği sonunda, fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleriyle karıştırdıkları ortamların doğal bileşim ve özelliklerinin değişmesine, böylece dolaylı ya da doğrudan zararlara yol açabilen ve ortamın kullanım potansiyelini etkileyen katı, sıvı ya da gaz durumundaki madde [7]; bir fiziksel ya da kimyasal süreçte işlenen maddelerin arta kalan, işe yaramayan ya da kullanıcısı tarafından istenmeyen malzeme [7]; çevrede başkalaşmaya yol açacak miktarda çevreye boşaltılan sıvı, katı, gaz ya da radyoaktif istenmeyen her tür maddelerdir [8].
- **Atık;** kendi üretim, dönüşüm veya tüketim alanında daha fazla kullanımı olmayan ve sahibi tarafından da istenmeyen malzeme [9, 10]; üretim, endüstriyel, tarımsal ve diğer insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan genellikle kullanılamaz olan malzeme [11]; bir üretim işleminden arta kalan istenmeyen malzeme [12, 13]; değersizliğinden veya istenmediğinden reddedilen ve kullanılmayan herhangi bir malzeme [14]; sahibinin istemediği ve toplumun menfaati gereği toplanıp fen ve san'at kaidelerine, bilimsel esaslara, mühendislik prensiplerine göre bertaraf edilmesi gereken katı şeylerdir [15].

Görüldüğü gibi terimin farklı kaynaklardaki tarifi ifade açısından farklı olsa da anlam açısından aşağı yukarı aynıdır. Tariflerden de anlaşılacağı üzere atığın en temel iki karakteristik özelliği; sahibi tarafından artık kullanılmaması ve istenmemesidir. Buna göre tüm atık tarifleri birleştirilmek suretiyle sonuçta atık; *canlıların her türlü fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik üretim, uygulama ve/veya tüketim faaliyetleri sırası ve/veya sonrasında ortaya çıkan sahibinin istemediği ve kullanmadığı her türlü katı, sıvı ve/veya gaz hâldeki malzemeler* olarak tarif edilebilir. Bu tarif çok genel olmakla birlikte, atıklar; sahip oldukları özellikler, nitelikler ve kaynaklarına göre de çeşitli şekillerde adlandırılabilirler. Örnek olarak; katı atık, atık su, atık gaz, evsel atık, endüstriyel atık, tehlikeli atık, zararlı atık, tıbbi atık, inert atık, organik atık, geri dönüştürülebilir atık vb. gibi. Bu sebeple atıklar hem tanımlama hem de yönetilebilme kolaylığı açısından çeşitli şekillerde tasnif edilmekte, sınıflandırılmaktadırlar. Atıklarla alakalı bazı standartlarda yer alan atık sınıflandırmaları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Atık sınıflandırmaları [5, 16]

Ana	Ara	Alt Sınıflar	
Gaz Atıklar	İnorganik Gaz Atıklar	Organik Gaz Atıklar	
		Aerosol Atıklar	
		Sıvı Atıklar	
	Atıksular	Kentsel Atıksular	
		Tarımsal Atıksular	
		Endüstriyel Atıksular	
	Su İçermeyen Sıvı Atıklar		
	Katı Atıklar	Kentsel Katı Atıklar	Kamu hizmet yerleri katı atıkları
			Evsel katı atıklar
			Büro ve ticarethane katı atıkları
Sağlık hizmetleri katı atıkları			
İnşaat hizmetleri katı atıkları			
Tarımsal Katı Atıklar			
Endüstriyel Katı Atıklar			
Radyoaktif Atıklar		Radyoaktif Gaz Atıklar	
		Radyoaktif Atıksular	
		Radyoaktif Katı Atıklar	

Ayrıca bu tezin konusu içerisine giren katı atık, tehlikeli atık ve arıtma çamuru terimlerinin tarifleri de şu şekilde verilebilir.

- **Katı atık** (eng: solid waste); üretimden tüketime kadar olan tüm aşamalarda ortaya çıkan ve kullanıcının artık işine yaramayan katı maddelerin tamamı [1]; üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı atık maddeler ve arıtma çamuru [3]; ağırlıklı olarak katı özelliğinde olan atıklar [6]; sıvı olmayan, tehlikeli maddeler içerebilen evsel çöp, arıtma çamuru, tıbbi, tarım ve sanayi atıklarının tümü [7]; katı özellikleri taşıyan her türlü atık madde [8]; düşük sıvı içerikli kullanışsız ve bazen de tehlikeli malzeme [9]; atılmış katı malzeme [10, 11]; evsel atıklardan endüstriyel atıklara kadar kompleks ve bazen de tehlikeli madde içerebilen sıvı olmayan, çözünmeyen malzeme [12, 13]; serbestçe akabilir bir hâl için yeterli sıvı içeriği bulunmayan yararsız, istenmeyen veya atılmış malzeme [17]; toplumsal faaliyetler veya ticari ve endüstriyel işlemler sonucu ortaya çıkan istenmeyen katı malzeme [14, 18];

sahibinin istemediği ve toplumun menfaati gereği toplanıp fen ve sanat kaidelerine, bilimsel esaslara, mühendislik prensiplerine göre bertaraf edilmesi gereken katı şey [15]; her türlü üretim ve tüketim faaliyetleri sonucu oluşan, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleriyle karıştıkları alıcı ortamda doğal bileşim ve özelliklerin değişmesine yol açan, alıcı ortama doğrudan veya dolaylı zarar verebilen katı hâldeki atıklardır [16].

- **Tehlikeli atık (zararlı atık)** (eng: hazardous waste); fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik yönden olumsuz etki yaparak ekolojik denge ile insan ve diğer canlıların doğal yapılarının bozulmasına neden olan atıklar ve bu atıklarla kirlenmiş madde [3]; patlayıcı, oksitleyici, yüksek oranda alevlenir, alevlenir, tahriş edici, zararlı, toksik, kanserojen, aşındırıcı (korozif), enfeksiyon yapıcı, üreme sistemine toksik, mutajenik, havayla, suyla veya bir asitle temas etmesi sonucu zehirli veya çok zehirli gazları serbest bırakan, hassaslaştırıcı ve ekotoksik özellik taşıyan ve Bakanlıkça tehlikeli ve zararlı atık olduğu onaylanan atık [4]; uygun biçimde yok edilmediğinde çevredeki canlıların sağlığına zarar verebilecek yanıcı, parlayıcı, radyoaktif, zehirli, kanserojen, mutajen, teratojen ve patojen özelliklerden herhangi birini taşıyan katı, sıvı veya gaz atık [7]; gereğince yönetilmediği takdirde insan sağlığı ve çevre için tehlike oluşturan, hastalığa ya da ölüme yol açabilen maddeler içeren atık [8]; zehirli, bulaşıcı, radyoaktif veya yanıcı özelliklerine bağlı olarak insan ve yaşıyan organizmaların sağlığı ile çevre üzerinde mevcut etkileri veya zarar ihtimali bulunan atık [9]; insan sağlığı, yaşıyan organizmalar veya çevreye zarar ihtimali bulunan herhangi bir atık veya atık grubu [10, 11]; uygun yönetilmediğinde çevre ve insan sağlığı üzerinde ciddi zararlar doğuran veya doğurabilecek malzeme [12, 13]; reaktif, toksik, korozif veya insan sağlığına zarar teşkil eden başka bir özelliği olan atık malzeme [14]; genel anlamda insan sağlığına ve çevreye zararlı etkisi veya zararlılık potansiyeli olan atık [15]; birikme, parçalanmama, doğada dayanıklı olma gibi ve diğer özelliklerinden dolayı insan sağlığı ve yaşıyan organizmalar üzerine ciddi bir tehlike doğuran veya doğurma ihtimali olan herhangi bir atık veya atık grubudur [18].
- **Arıtma çamuru** (eng: sludge, treatment sludge); su ve atıksu arıtma işlemleri sonrasında oluşan, organik ve inorganik maddeler ile büyük oranda su içeren, kaynağına göre farklı özelliklerde kirleticilerin (ağır metaller, toksik bileşenler,

*patojenler, mikro kirleticiler gibi) bir arada bulunduğu, nihai bertaraf öncesi arıtılması gereken materyal [7]; atıksuyun arıtılması sırasında süzme, çökeltme ya da biyolojik arıtma sonucu oluşan yoğunlaşmış katı [8]; atıksuyun arıtılmasından sonra arta kalan yarı-katı çamur [9]; su, kanalizasyon ve/veya diğer atıkların arıtılması sonucu ortaya çıkan yarı sıvı çökelti kütlesi [10]; su, kanalizasyon veya endüstriyel ve maden atıklarının arıtımı sonucu ortaya çıkan yarı sıvı, sulu, bulanık çökelti kütlesi [11]; hava veya su arıtma işlemlerinden arta kalan tehlikeli atık olabilen yarı katı kalıntı [12]; arıtma tesislerinden çıkan katı içerikli kalıntı [13]; yarı sıvı tortu [17]; su veya atıksu arıtımında giderilen katı malzeme [14]; evsel ve evsel nitelikte endüstriyel atıksuların fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemlerle arıtılmaları sonunda ortaya çıkan, suyu azaltılmış veya kurutulmuş çamur [15]; atıksu arıtma sürecinde oluşan, stabilizasyon sürecine girmemiş biriktirilmiş ve yoğunlaştırılmış su muhtevalı yarı katı atık [18]; doğal, mekanik, kimyasal ve biyolojik arıtma işlemleri sonucu su ve atıksudan ayrılmış katuların karışımı [19]; arıtma işleminden sonra yine de arıtılması gereken kirleticiler içeren akışkan yarı katı veya sıvı atıklardır [20].*

Katı atıklar kaynaklarına göre evsel veya endüstriyel atık olarak adlandırılırlar. Endüstriyel atıklar içerisinde endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurları da bulunmaktadır ki bu atıklar içerdikleri ağır metal vb. gibi kirleticilerden dolayı çoğunlukla tehlikeli atık sınıfına da girmektedirler. Bu tez çalışması kapsamında incelenen arıtma çamuru da içerdiği kurşun, krom ve kadmiyum gibi ağır metal kirleticilerinden dolayı tehlikeli atık sınıfına girmekte olan bir endüstriyel arıtma çamurudur. Bu sebeple aşağıda ağır metaller hakkında bilgi verilmiştir.

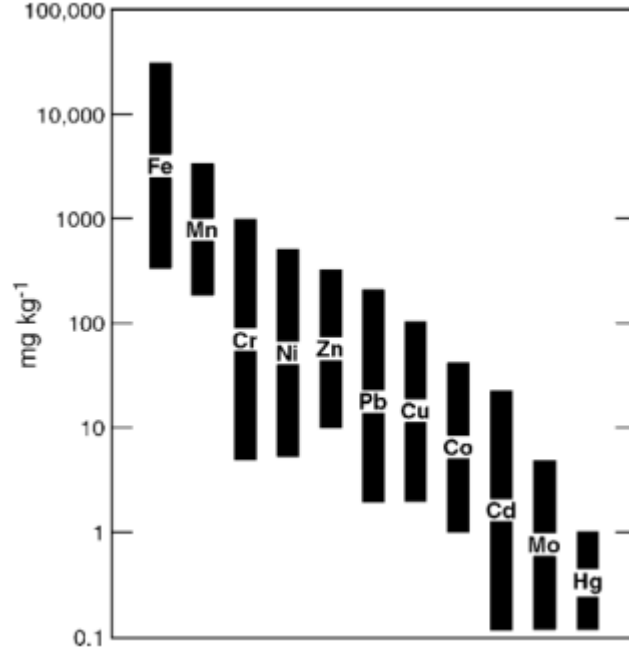
### **2.1.1.1 Ağır Metaller**

Metaller; ısı ve elektrik iletimi iyi olan, genelde katı hâldeki bir grup elementtir [21, 22]. Ağır metaller ise genellikle bağıl yoğunluğu 5 ve üzeri [11] veya birim ağırlığı 5 mg/m<sup>3</sup> ve daha büyük [23] olan metaller olarak tanımlanmaktadırlar. Bu elementler arasında Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn vardır. Ağır metaller aslında tabii olarak var olan maddeler olduklarından toprakta da belli miktarlarda bulunmaktadır. Bazı ağır metallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.2’de, bu ağır metallerin normal şartlar altında toprakta bulunabilecekleri konsantrasyon aralıkları ise Şekil 2.1’de verilmiştir.

Element	Sembol	Atom nu.	Molekül ağırlığı	Değerlik	Doğal izotoplar	Yoğunluk (Mg/m <sup>3</sup> )	Erime noktası (°C)	Birinci iyonlaşma potansiyeli (eV)	Topraktaki baskın türler	Toprak çözeltisindeki baskın türler	
										pH 3,5-6,0	pH 6,0-8,5
Bakır	<i>Cu</i>	29	63,54	1, 2	2	8,94	1083	7,73	Cu <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup> , Cu-org.	CuCO <sub>3</sub> , Cu-org., Cu-hidroksi türler
Cıva	<i>Hg</i>	80	200,61	1, 2	7	13,54	-39	10,44	Hg <sup>2+</sup> , (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Hg	---	---
Çinko	<i>Zn</i>	30	65,37	2	5	7,14	420	9,39	Zn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup> , ZnSO <sub>4</sub> <sup>0</sup> , Zn-org.	Zn <sup>2+</sup> , Zn-hidroksi ve karbonatları, Zn-org.
Demir	<i>Fe</i>	26	55,85	2, 3	4	7,87	1536	7,87	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	Fe-hidroksi türler, Fe-org.	Fe-hidroksi türler, Fe-org.
Kadmiyum	<i>Cd</i>	48	112,41	2	8	8,65	321	8,96	Cd <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup> , CdCl <sup>+</sup> , CdSO <sub>4</sub> <sup>0</sup>	Cd <sup>2+</sup> , CdCl <sup>+</sup> , CdSO <sub>4</sub> <sup>0</sup>
Krom	<i>Cr</i>	24	52,01	2, 3, 6	4	7,19	1875	6,76	Cr <sup>3+</sup> , CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cr <sup>3+</sup> , CrOH <sup>2+</sup>	Cr(OH) <sub>4</sub> <sup>-</sup>
Kobalt	<i>Co</i>	27	58,94	2, 3	1	8,90	1493	7,86	Co <sup>2+</sup>	---	---
Kurşun	<i>Pb</i>	82	207,19	2, 4	4	11,35	327	7,42	Pb <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup> , PbSO <sub>4</sub> <sup>0</sup> , Pb-org.	Pb-hidroksi ve karbonatları, Pb-org.
Manganez	<i>Mn</i>	25	54,94	2, 3, 4, 7	1	7,44	1244	7,44	Mn <sup>2+</sup> , Mn <sup>4+</sup>	Mn <sup>2+</sup> , MnSO <sub>4</sub> <sup>0</sup> , Mn-org.	Mn <sup>2+</sup> , MnSO <sub>4</sub> <sup>0</sup> , MnCO <sub>3</sub> <sup>0</sup>
Molibden	<i>Mo</i>	42	95,94	6	7	10,22	2610	7,10	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	---	---
Nikel	<i>Ni</i>	28	58,71	2, 3	5	8,91	1453	7,64	Ni <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup> , NiSO <sub>4</sub> <sup>0</sup> , Ni-org.	Ni <sup>2+</sup> , NiHCO <sub>3</sub> <sup>+</sup> , NiCO <sub>3</sub>

Çizelge 2.2 Bazı ağır metallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri [23]





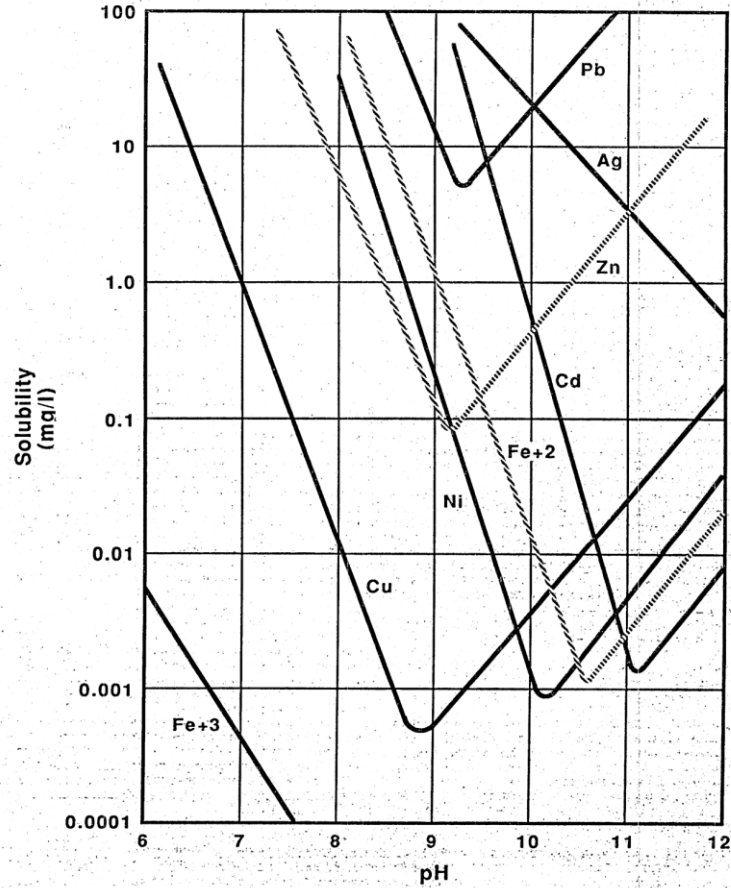
Şekil 2.1 Topraktaki ağır metal konsantrasyon aralıkları [23]

Ağır metaller bazen iz elementler ile karıştırılabilmektedirler. İz elementler, topraktaki konsantrasyonunun 100 mg/kg'dan daha az olan elementleri ifade eder. Cr, Fe, Mn ve As gibi ağır metaller, iz elementler arasında yer almaktadırlar. Bazı ağır metaller (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn) bitki ve hayvan yaşamı için gerekli iken diğerleri (Cd, Hg, Pb) ise gereklilik bir yana düşük konsantrasyonlarda bile zehirli etki göstermektedirler. Tabii şartlar altında toprakta ağır metal bulunmakla birlikte insan faaliyetleri sonucunda topraktaki ağır metal konsantrasyonları önemli derecede artış göstermiş ve ağır metal kirliliğine sebep olmuştur. Birçok ülke bu konsantrasyon artışının önüne geçebilmek için hukuki düzenlemeler yapmışlardır [23]. Topraktaki ağır metal kirliliğinin kaynakları *Çizelge 2.3*'de verilmiştir.

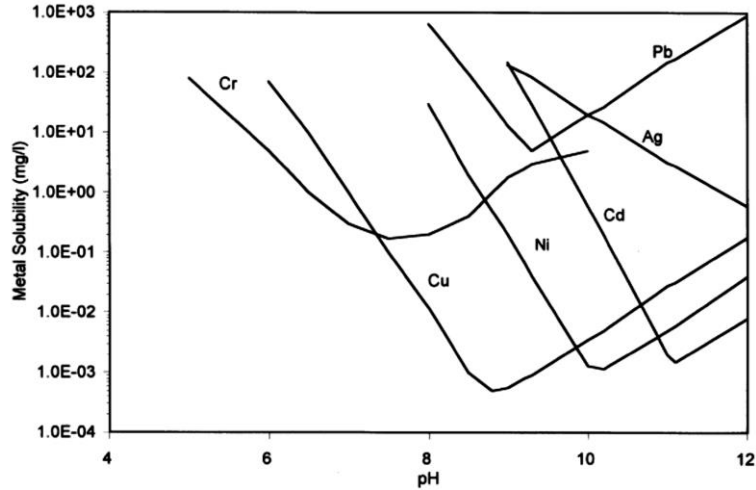
Metaller çözünebildikleri için çevrede dağılarak yayılabilmekte ve taşınabilmektedirler. Bazı metal hidroksitlerin çözünürlüklerinin pH'ya göre değişimi *Şekil 2.2* ve *Şekil 2.3*'de, bazı metal sülfidlerin çözünürlüklerinin pH'ya göre değişimi *Şekil 2.4*'de, bazı metal hidroksit ve sülfidlerin çözünürlüklerinin pH'ya göre değişiminin mukayesesi ise *Şekil 2.5*'de verilmiştir. Bununla birlikte pH'nın bir fonksiyonu olarak katyonik metallerin (hidroksitler) ve oksianyonların (kalsiyum tuzları) çözünürlüğü ise *Şekil 2.6*'da verilmiştir.

Çizelge 2.3 Topraktaki ağır metal kirliliğinin kaynakları [23]

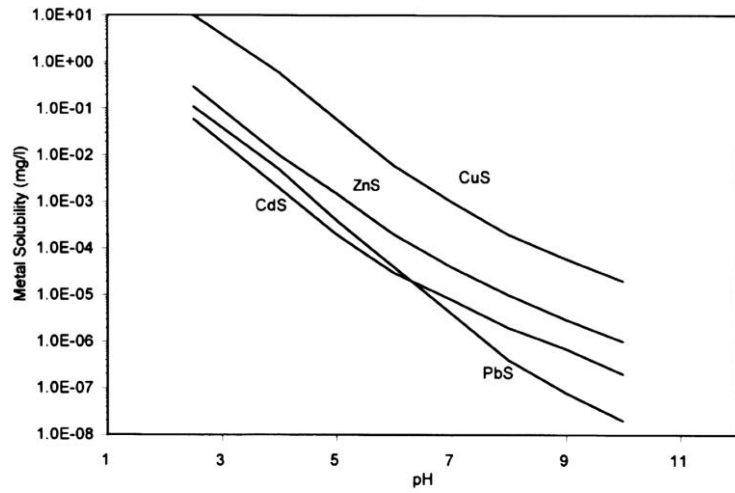
Kaynak	Başlıca ağır metaller
<i>Birincil kaynaklar</i>	
Gübreler	Cd, Cu, Mo, Pb, Zn
Sulama suyu	Cd, Fe
Besi yemi ve kompost	Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn
Pestisitler	Cu, Hg, Pb, Zn
Kanalizasyon biyokatılları (çamurlar)	Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn
Toprak ilaveleri (kireç, alçı vb.)	Cu, Mn, Pb, Zn
<i>İkincil kaynaklar</i>	
Otomobil aerosolleri	Pb
Kömür yakma	Pb
Maden atık ve çıkış suları	Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn
Demirdışı haddehane atığı	Cd, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn
Boya dağılması	Cd, Pb
Lastik aşınması	Cd, Zn
Atık yakma	Cd, Pb



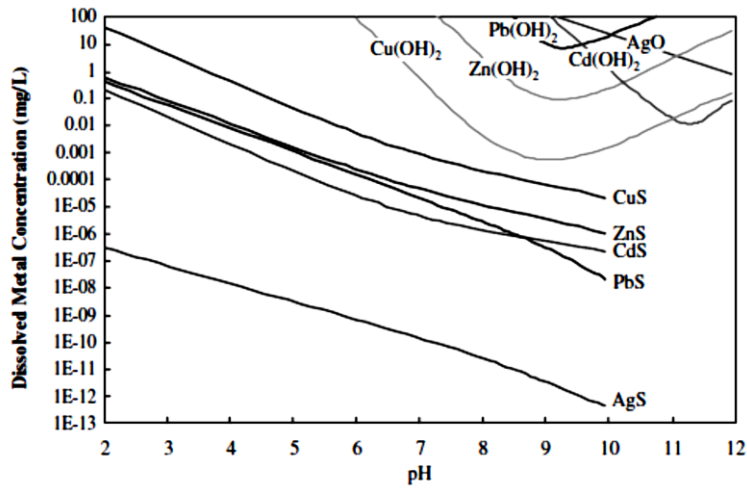
Şekil 2.2 Bazı metal ( $Fe^{3+}$ , Cu, Ni,  $Fe^{2+}$ , Cd, Zn, Ag, Pb) hidroksitlerinin çözünürlüklerinin pH'ya göre değişimi [24–27]



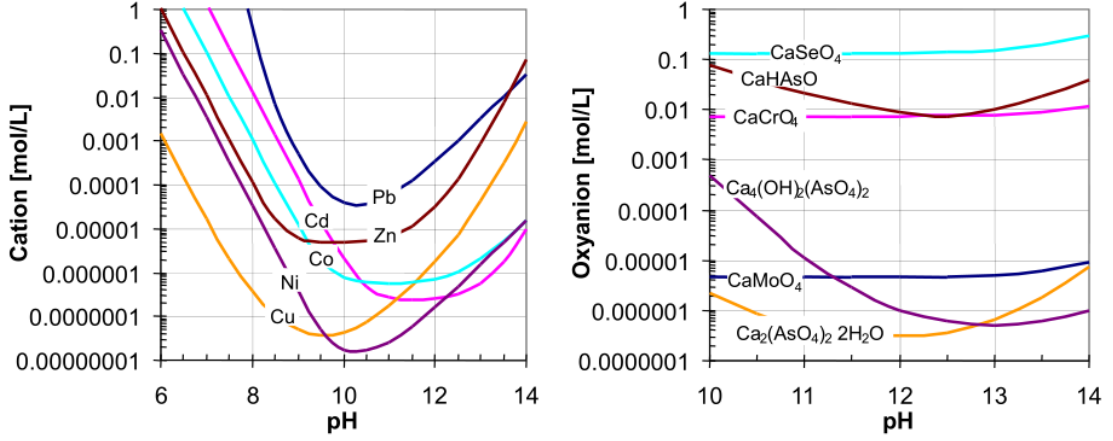
Şekil 2.3 Bazı metal (Cr, Cu, Ni, Cd, Ag, Pb) hidroksitlerinin çözünürlüklerinin pH'ya göre değişimi [28–30]



Şekil 2.4 Bazı metal (Cd, Pb, Zn, Cu) sülfitlerinin çözünürlüklerinin pH'ya göre değişimi [28]



Şekil 2.5 Bazı metal (Cu, Zn, Pb, Cd, Ag) hidroksit ve sülfitlerinin çözünürlüklerinin pH'ya göre değişiminin mukayesesi [29, 31]



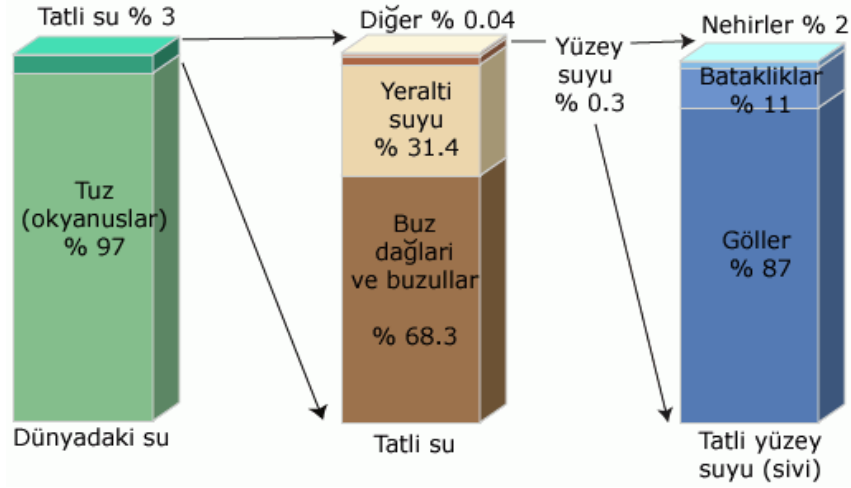
Şekil 2.6 pH'nın bir fonksiyonu olarak katyonik metallerin (hidroksitler) ve oksiyanyonların (kalsiyum tuzları) çözünürlüğü [32]

### 2.1.2 Atık ve Kirleticilerin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Çevre ve insan sağlığı açısından en önemli sorunlardan biri kirleticilerin taşınımıdır. Kirleticilerin zararlı etkileri taşınım ve dağılım ile daha büyük alanlara yayılmakta ve etkileri çoğalmaktadır. Bu taşınım ve yayılım çoğunlukla su ile gerçekleşmektedir. Su, iyi bir çözücü olmasının yanında su çevrimi ve besin zinciri vasıtasıyla da kirleticilerin taşınmasına yol açar. Su çevrimi Şekil 2.7'de, dünyadaki suyun dağılımı ise Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.7 Su çevrimi [33]



Şekil 2.8 Dünyadaki suyun dağılımı [33]

Şekil 2.8'den görüldüğü üzere, Dünyadaki tatlı su kaynaklarının azlığı dikkate alındığında bu az miktardaki suyun da kirlenmesi istenmeyen bir durumdur.

Atık ve kirleticiler kontrolsüz bir şekilde çevreye atıldıklarında zamanla suya ve o suyu kullanan canlılara geçebilirler. Bu yolla kirleticiler su çevrimi ve besin zincirine dâhil olmuş olurlar. Bazı elementler canlı vücudunda birikebilmekte ve zehirlilik etkisi göstermektedirler. Birikim miktarı belli bir konsantrasyonun üzerine çıktığı zaman ise öldürücü etki gösterebilmektedirler. Bu sebeple bu tür elementlerin su çevrimi ve besin zincirine katılmaları büyük bir risktir ve engellenmesi gerekir.

Atık ve kirleticiler genel olarak canlı vücudunda metabolizmaya zarar verici etki gösterirler; akut zehirlenmeler, hastalanmalar ve hatta ölüme sebebiyet verebilirler. Her bir kirleticinin farklı etkileri ve belirtileri bulunmaktadır.

Aşağıda, bu tez çalışması kapsamındaki kirleticilerden kurşun, krom ve kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri özetlenmiştir.

### 2.1.2.1 Kurşun (Pb)

Kurşun, en bilindik ağır metallere olup kurşunlu benzin kullanan otomobillerden, kurşunlu boyalardan, su şebeke sistemlerindeki kurşunlu lehimlerden, kurşunlu borulardan ve endüstriyel kaynaklı kurşun emisyonlarından çevreye yayılmaktadır. Kurşun; solunum, ağız yolu, deri teması veya plasentayla geçiş ile vücuda girer. Vücuda girdikten sonra büyük miktarda böbrek ve karaciğerde, ardından kemiklerde birikir. Kurşunun yaklaşık biyolojik yarılanma ömrü; kanda 16-40 gün, kemiklerde ise 17-27 yıldır. Kurşun, kan dolaşımı ile tüm organlara ulaşır beyin ve diğer organlara zarar

verebilir. Özellikle hassas gruplar (bebek, çocuk, hasta ve yaşlı vb.) için tehlikelidir. Kurşunun çevre ve insan sağlığı üzerine etkilerini inceleyen çok sayıda çalışma mevcuttur [34–36]. İnsan vücudunda doğal olarak 1700 ppb (ağırlıkça) oranında bulunabilmektedir [36].

### **2.1.2.2 Krom (Cr)**

Krom (VI); krom üretim, kaplama ve kaynak ile çimentolu yapı endüstrisinden kaynaklanmaktadır. Kromun çevre ve insan sağlığı üzerine etkilerini inceleyen çok sayıda çalışma mevcuttur. Zehirli ve kanserojen olduğu, vücutta birikim yaptığı bilinmektedir. İlk belirtiler, kusma ve sürekli ishaldir. Maden atıklarının depolandıkları alanlar ile krom endüstrisi yakınlarında yaşayanlar risk altındadırlar [34–36]. İnsan vücudunda doğal olarak 30 ppb (ağırlıkça) oranında bulunabilmektedir [36].

### **2.1.2.3 Kadmiyum (Cd)**

Kadmiyum; yer kabuğunda ortalama olarak 0,1 mg/kg'dan daha fazla miktarlarda bulunduğu hesaplanan bir element olup saf olarak değil farklı bileşikler şeklinde bulunmaktadır. Birçok ürünün üretilmesinde kullanılmaktadır. Kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerine etkilerini inceleyen çok sayıda çalışma mevcuttur. Vücutta birikim yaptığı, akut ve kronik etkileri olduğu bilinmektedir. Kısa vadede zehirlenme ve uzun vadede ölüme yol açabilir. Mide bulantısı, kusma ve karın ağrısı ilk akut etkilerdir. Öncelikli olarak böbrek korteksi ve karaciğerde birikmektedir. Pankreas, tiroitler ve safra kesesinde de yüksek konsantrasyonlarda birikir. Hastalık belirtileri, çok çocuklu yaşlı hanımlarda sıklıkla görülen kemik yumuşaması ile benzerdir [34–36]. İnsan vücudunda doğal olarak 700 ppb (ağırlıkça) oranında bulunabilmektedir [36].

### **2.1.3 Atık Yönetimi ve Katılaştırma/Kararlılaştırma (K/K) Yöntemi**

Tanımlanan atık türüne göre manalar değişse de atığın en temel özellikleri kullanıcı tarafından artık kullanılmaması ve istenmemesidir. Atık, kullanıcı tarafından istenmediği için de bir şekilde uzaklaştırılması gerekir. Evin bodrumuna atma, evin dışına atma, bahçeye dökme, uzaktaki bir yere götürüp atma gibi en basit uzaklaştırma yöntemleri uygulanmış yöntemlerdir. Bu basit uzaklaştırma işlemleri yapılırken atığın özelliklerinin hiç bir önemi bulunmamaktadır. Vahşi depolama da bu ilkel uzaklaştırma yöntemlerinden biridir.

Ne var ki her bir atık türünün kendine has bir özelliği bulunmaktadır. Mesela, mutfak atıkları organik maddelerden oluştuğu için biyolojik bozunmaya uğrayacak, plastik ve cam atıklar ise uzun yıllar bozunmadan kalabilecek türde atıklardır.

Hâlbuki tüm atık türleri birbirlerine karıştırılmaksızın ayrı olarak toplanabilse her bir atık türü kendine has yöntemlerle bertaraf edilebilirler. Öyle ki geri dönüştürülebilir atıklar (kâğıt, cam, alüminyum, metal, plastik vb.) geri dönüştürülebilir, organik atıklar kompostlaştırılabilir, kalorifik değeri olan atıklardan enerji elde edilebilir. Sonuçta atık olarak nitelendirilen maddeler bir şekilde ham madde olarak tekrar yaşam döngüsüne katılabilirler.

Atıklar uzaklaştırılmalarının hemen ardından çevre ve insan sağlığı üzerine potansiyel olumsuz etki göstermeye başlayabilirler. Bu sebeple atıkların kontrollü bir şekilde uzaklaştırılması, tekrar kullanılması, geri dönüştürülmesi, geri kazanılması, düzenli depolanması vb. şekilde bertaraf edilmeleri gerekmektedir ki buna *atık yönetimi* (eng: waste management) denir.

Atık yönetiminde asıl amaç atık oluşumunu önlemektir. Bu mümkün değilse atık miktarını en aza indirmek, atıkların geri dönüşümünü sağlamak, enerji eldesi dâhil geri kazanma ve en sonunda da depolama gibi bertaraf seçenekleri uygulanmaktadır. Buna *atık yönetim hiyerarşisi* denir ki bu hiyerarşiyi Amerika Birleşik Devletleri (ABD) (eng: United States of America, USA)<sup>1</sup> dâhil olmak üzere Avrupa Birliği (AB) (eng: European Union, EU)<sup>2</sup> ile buna bağlı olarak Türkiye ve daha birçok ülke de yasal olarak kabul etmektedir [4, 37–39]. Atık yönetim hiyerarşisini anlatan atık yönetim piramidi *Şekil 2.9*'da verilmiştir.

*Şekil 2.9*'da piramidin ters olması, hiyerarşik olarak yukarıdan aşağıya doğru işlemler yapılırken işlemin büyüklüğü hem işleme girecek atık miktarını hem de bu işlemin önceliğini temsil etmektedir. Bu sebeple atık yönetiminde en fazla öncelikli konu aslında atık önleme safhasıdır. Bir atık yönetim planının gerçek etkinlik ve çevreselliği bu piramitteki basamaklardan hangisine en fazla önem verdiği ile doğru orantılıdır. Yani işleme verilen öncelik, önem ve emek yukarı basamaklara çıktıkça uygulanan atık yönetiminin daha etkin, daha işlevsel, daha insancıl ve daha çevreci olmasının bir göstergesidir.

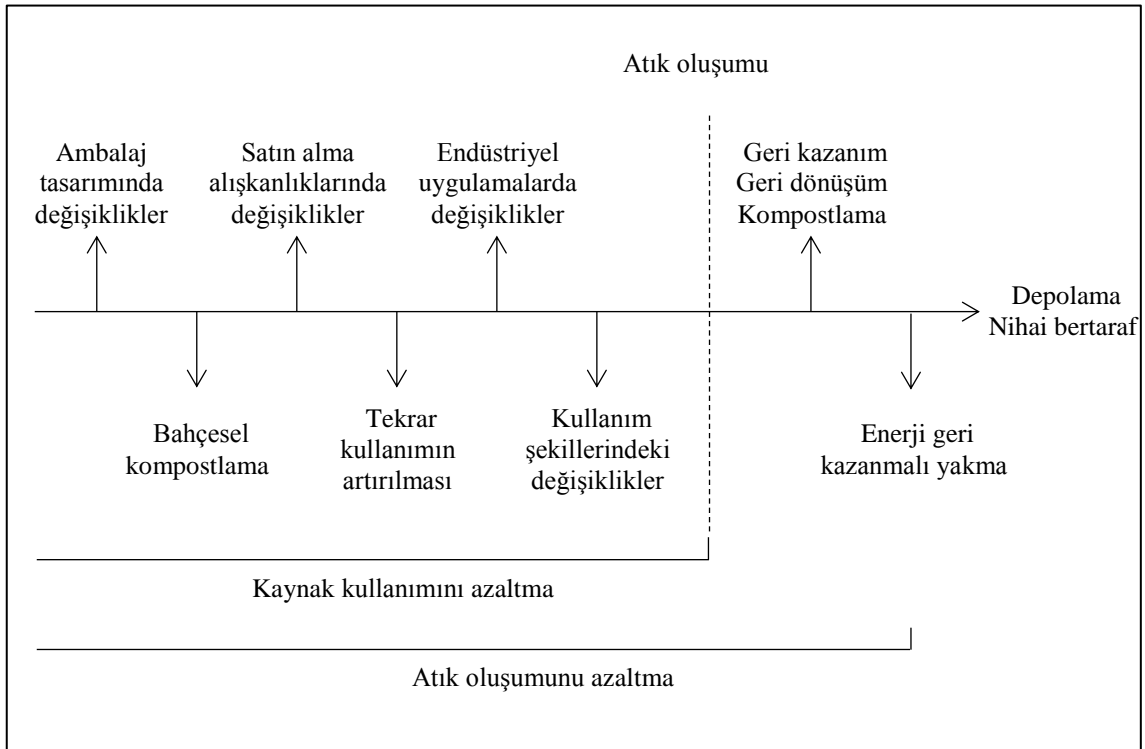
Katı atık yönetiminin tipik bir akış şeması *Şekil 2.10*'da verilmiştir.

<sup>1</sup> United States of America (USA), <http://www.usa.gov/>

<sup>2</sup> European Union (EU), <http://europa.eu/>



Şekil 2.9 Atık yönetim piramidi [4, 37, 38]



Şekil 2.10 Katı atık yönetiminin tipik akış şeması [39]



Oluşan atıkların giderilmesinde de asıl amaç çevre ve insan sağlığını korumaktır. Bu amaca yönelik olarak daha etkin, daha ucuz, daha kolay vb. yöntemler her zaman tercih edilmektedirler. Atık katılaştırma/kararlılaştırma (K/K) işlemleri de hem bir atık bertaraf yöntemi hem de oluşan ürünün kullanıldığı durumlarda da bir atık geri kazanım yöntemi olarak kullanılmaktadır.

K/K işlemlerindeki asıl amaç da atık ve kirleticinin çevresel ortamlara taşınımı ve yayılımının engellenmesidir. Böylece atık ve kirleticinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki var olan veya muhtemel olumsuz etkileri daha oluşmadan önlenmiş olmaktadır. Bu sebeple K/K işlemleri çevre ve insan sağlığının korunması açısından yerine göre uygun birer geri kazanım, arazi ıslahı ve atık bertaraf yöntemidir.

## **2.2 Katılaştırma/Kararlılaştırma (K/K)**

Atıklar, bir sistem ile yönetilmesi gereken maddelerdir. Zararlı atıklar ise sahip oldukları tehlikelilik özelliklerinden dolayı ayrı bir yönetim sistemine ihtiyaç duyan atık türüdür. K/K yöntemi ise zararlı atıkların yönetiminde uzun bir zamandır ABD’de kullanılmakta olan bir atık bertaraf ve arazi ıslah teknolojisidir. K/K yöntemi ile zararlı atıkların içerisinde tehlike oluşturan kirleticilerin en az seviyeye indirilmesi, depo sahası veya kirlenmiş sahalarda kirleticilerin sızıntı suyuna geçişinin önlenmesi sağlanabilmektedir [40].

K/K yöntemi çimento benzeri bağlayıcılar ve bağlayıcı özelliğe sahip katkı maddeleri kullanılarak atıkları daha çok kararlı, daha az zehirli hâle getiren teknik ve teknolojileri içerir. K/K yöntemi özellikle zararlı atıklar için oldukça uygundur, çünkü atık bünyesindeki kirleticiler katılaştırma ile katılan malzemenin içerisinde sabitlenir ve sızması önlenir, böylece kirleticilerin dağılım ve yayılımından kaynaklanacak çevre ve insan sağlığı üzerindeki muhtemel zararlı etkiler de önleniş olur. Ayrıca işlem esnasında çamur hâlindeki atıkların içerisindeki su da kullanıldığından görece bir hacim azalması da meydana gelmektedir [40].

Katılaştırma ile atığın fiziksel ve mekanik özellikleri iyileştirilir, dayanım ve dayanıklılığı artar, geçirimsizliği azaltılır; kararlılaştırma ile de kimyasal özellikleri iyileştirilir, dayanıklılığı ve kararlılığı artar, sızabilirliği azaltılır. Oluşan malzeme düzenli depo tesisinde depolanabileceği gibi düzenli depolama sahalarında örtü, yol inşaatlarında dolgu malzemesi, malzemenin dayanımına bağlı olarak da yapı malzemesi

olarak kullanılabilir [40]. Böylece atığın çevreye zararlı olmaktan öte yararlı olabilecek yönde kullanımı da sağlanmış olacaktır.

K/K tekniklerini daha iyi kavrayabilmek için kullanılan terimleri bilmekte fayda vardır. Çokça kullanılan terimlerin tarifleri aşağıda verilmiştir.

**Katılaştırma** veya **solidifikasyon** (*eng: solidification*), sıvı, katı veya çamur hâlindeki atıktan homojen bir katı kütle oluşturmak üzere atığın yapısını ve fiziksel özelliklerini geliştiren çeşitli materyallerin ilave edildiği işlemler [14, 20, 40]; **kararlılaştırma** veya **stabilizasyon** (*eng: stabilization*), bir atığın kimyasal olarak daha kararlı bir hâle dönüştürülme süreci [20] veya atığın yapısındaki tehlikeli özellikleri azaltmak ve daha az zehirli ve tehlikeli formlara dönüşümünün sağlanması için çeşitli katkıların eklenmesi işlemi [14, 40, 41]; **sabitleme** (*eng: fixation*) ise genellikle kararlılaştırma ile aynı anlamda kullanılmakta olup kirleticilerin yayılımının engellenmesi [40]; **hareketsizleştirme** veya **immobilizasyon** (*eng: immobilization*), kirleticilerin katılaştırılmış malzemeden ayrılma yeteneğinin azaltılması [42]; **camlaşma**, **camlaştırma** veya **vitrifikasyon** (*eng: vitrification*), yapıda kalıcı fiziksel ve kimyasal değişikliklere sebep olan yüksek sıcaklıklarda çoğu zaman cama dönüştüren bir işlem [17] olarak tanımlanmaktadır.

**Katılaştırılmış atık** (*eng: solidified waste*), mekanik özellikleri, bir katının mekanik özelliklerine dönüştürülmüş atık [6]; **yekpare** veya **monolitik** (*eng: monolithic*), yüksek yapısal bütünlüklü katı matris [32] olarak tanımlanmaktadır.

**Saha içi (uygulama)** (*eng: in situ, in-situ*), kirlenmiş alan veya malzemenin asıl bulunduğu yerinde işleme tabi tutulması [32, 43]; **saha dışı (uygulama)** (*eng: ex situ, ex-situ*), kirlenmiş alan veya malzemenin asıl yerinden alınıp başka bir yerde işleme tabi tutulması [32, 43] olarak tanımlanmaktadır.

**Zehirlilik** veya **toksosite** (*eng: toxicity*), bir maddenin içerdiği zehir oranı [7]; **detoksifikasyon** (*eng: detoxification*), kimyasal bir bileşiği daha az zehirli veya zehirli olmayan diğer bir bileşiğe dönüştüren herhangi bir mekanizma [40] olarak tanımlanmaktadır.

**Bağlayıcı** (*eng: binder*), parçacıkları (kirletici vb. gibi) birlikte tutmakta kullanılan reçine, çimento veya çimento benzeri malzeme [42]; **hidrolik bağlayıcı** (*eng: hydraulic binder*), su ile karıştırıldığında, hidrasyon tepkimeleri ve işlemleriyle priz alarak sertleşebilen hamur meydana getiren ve sertleştikten sonra dayanım ve kararlılığını su

içerisinde bile sürdürebilen öğütülmüş inorganik malzeme [44]; **puzolan** veya **puzolanik malzeme** (eng: pozzolan), yalnız başına bağlayıcılık özelliği sergilemeyen ancak, kireç ya da çimento ile karıştırıldığında suyla yaptığı tepkime sonucu bağlayıcı karakteri kazanan silisyum ve alüminyum kökenli madde [7]; **katkı (maddesi)** (eng: additive), malzemenin bir veya birden fazla özelliğini değiştirmek veya geliştirmek için malzemeye eklenen az miktardaki madde(ler) [14, 20, 32] olarak tanımlanmaktadır.

**İzole etme** veya **enkapsülasyon** (eng: encapsulation), kirletici içeren bir malzemenin yayılımını önlemek için koruyucu bir malzeme ile yüzeyinin kaplanması veya yapışkan bir matriks içerisine gömülmesi işlemi [12]; **mikroenkapsülasyon** (eng: microencapsulation), küçük boyuttaki (<60 mm) atık partiküllerinin yekpare bir nihai atık formuna katılaştırılması amacıyla bir bağlayıcı ile tam ve homojen karışımı [45]; **makroenkapsülasyon** (eng: macroencapsulation), mikroenkapsülasyon işlemine uygun olmayan büyüklükteki (>60 mm) atık parçalarının bir bağlayıcı malzeme ile çevrelenip paketlenmesi olayı [45] olarak tanımlanmaktadır.

**Termoplastik** (eng: thermoplastic), ısıtılınca yumuşayıp eriyen ve şekil verilebilen, soğutulunca yeniden katılaştıran polimerler [7]; **termoset** (eng: thermoset, thermosetting), epoksi ve melamin gibi basınç altında ilk ısıtıldığında katılaştıran ve asıl karakteristiği bozulmadan da erimeyen organik polimerler [20, 45] olarak tanımlanmaktadır.

**Geçirgenlik, geçirimsizlik** veya **permeabilite** (eng: permeability), cisimlerin, içlerinden gaz, sıvı, akım vb. geçirme özelliği [1, 46]; **sızma** (eng: leaching), bir sızdırma suyu ile temas hâlinde bulunan malzemedeki kirleticilerin salınması işlemi [20]; **sızabilirlik** (eng: leachability), atık veya malzemedeki bileşenlerin serbest kalmasının bir ölçüsü [20, 42]; **sızdırma suyu** (eng: leachant), bir atık veya malzeme ile temas hâlinde olan sıvı [20, 42]; **sızıntı suyu** (eng: leachate), katı atık veya başka bir ortamdan süzülen ve ondan çözünmüş veya askıda madde özütleyen sıvı [17]; **özütme, çıkartım** veya **ekstraksiyon** (eng: extraction), bir karışımdaki öğelerden birini uygun bir sıvıda seçimli olarak çözüp diğerlerinden ayırma işlemi [46, 47]; **elüat** veya **eluat** (eng: eluate), laboratuvarında özütme testiyle elde edilen çözelti [48] olarak tanımlanmaktadır.

**Dayanıklılık** veya **durabilite** (eng: durability), malzemenin hava şartları, zararlı kimyevi etkiler, aşınma vb. tesirlere karşı koyabilme gücü [20, 49]; **dayanım** (eng: strength), malzemelerin çeşitli dış etkenlere karşı koyarak biçim ve başka özelliklerini koruyabilme niteliği, dış etkilere karşı direnme özelliği, direnç [1, 46]; **basınç dayanımı**

veya **basınç mukavemeti** (eng: compressive strength), birim yüzey alanının taşıyabileceği en büyük gerilme [20, 49] olarak tanımlanmaktadır.

Katılaştırma ve kararlılaştırma işlemleri genelde birlikte yapıldığı için katılaştırma/kararlılaştırma (K/K, eng: S/S) şeklinde birlikte kullanılırlar. K/K işlemlerinde atığa;

- atığın fiziksel özelliklerini geliştiren,
- kirletici transferi veya kaybının meydana geldiği yüzey alanını azaltan,
- atık içerisindeki herhangi bir kirleticinin çözünürlüğünü kısıtlayan,
- kirleticinin zehirliliğini azaltan

kimyasal maddeler ilave edilir [40].

K/K işlemleri esnasında çeşitli mekanizmalar söz konusudur. Başarılı bir K/K uygulamasında meydana gelebilecek mekanizmalar *Çizelge 2.4*'de verilmiştir.

Çizelge 2.4 K/K yöntemindeki yaygın mekanizmalar ve tarifleri [40]

Mekanizma	English	Tarif
Makroenkapsülasyon	macroencapsulation	tehlikeli atığın fiziksel olarak büyük bir yapısal matriks içerisinde hapsedilmesidir
Mikroenkapsülasyon	microencapsulation	tehlikeli atığın mikroskobik seviyede kristal yapının içerisinde hapsedilmesidir
Absorpsiyon	absorption	kirleticinin bir tutucunun içerisinde tutulmasıdır
Adsorpsiyon	adsorption	kirleticinin bir tutucunun üzerinde tutulmasıdır
Çökelme	precipitation	atık içerisindeki kirleticilerin çöktürülmesi ile katı kütlenin daha kararlı hâle geçmesini sağlayan bir mekanizmadır
Detoksifikasyon	detoxification	kimyasal bir bileşiği daha az zehirli veya zehirli olmayan diğer bir bileşiğe dönüştüren herhangi bir mekanizma olarak tanımlanır

### 2.3 Teknolojiler

K/K yönteminde kullanılan işlemler kimyasal, fiziksel ve ısı işlem olmak üzere 3 ana grupta incelenebilir [28, 50]. K/K yönteminde kullanılan işlem tipleri ve teknikler *Çizelge 2.5*'de, kullanılan bağlayıcılar *Çizelge 2.6*'da, kullanılan katkıları ise *Çizelge 2.7*'de verilmiştir.

Çizelge 2.5 K/K yönteminde kullanılan işlem tipleri ve teknikler [28, 50, 51]

<b>Kimyasal İşlemler</b>	<b>Fiziksel İşlemler</b>
Çimento esaslı	Makroenkapsülasyon/Konteynirleştirme
Portland çimento	Kimyasal ve ısı olmayan mikroenkapsülasyon
Çimento/çözülebilir silikatlar	Organik Polimer Mikroenkapsülasyon İşlemleri
Puzolan esaslı	Üre-formaldehit sistemler
Çimento/uçucu kül	Organik polimerizasyon sistemleri
Kireç/uçucu kül	<b>Isıl İşlemler</b>
Fırın tozu	Termoplastik polimer enkapsülasyonu
Kireç esaslı	Polyolefin
Fosfat esaslı	Asfalt
Katkı yoğunlu	Kükürt çimentosu
Metal stabilizasyonu	Vitrifikasyon (Camlaştırma)
Organik stabilizasyonu	Elektriksel direnç
İşleme ve inhibisyonu önleme	Dış ısıtma
Muhtelif	Plazma vitrifikasyonu
Alçı taşı esaslı işlemler	
Cürüflu işlemler	
Emülsiyon asfalt	
Tutulma ve yüzey aktif esaslı işlemler	

Çizelge 2.6 K/K yönteminde kullanılan bağlayıcılar [29]

<b>İnorganik Bağlayıcı Sistemler</b>	<b>Organik Bağlayıcı Sistemler</b>
Çimento Esaslı	Termosetler
Portland çimento	Üre-formaldehit
Portland cüruf çimento	Polibutadin
Portland puzolan çimento	Polyester
Portland çimento-silika sistem	Epoksi
Polimer modifiye çimento	Termoplastikler
Kâgir çimento	Bitüm
Kireç-puzolan çimento	Polietilen
Kalsiyum alüminat çimento	
Alkali aktif cüruf çimento	
Fosfatlar	
Alçı	
Kükürt polimer çimento	
Alkali silikat mineraller	

Çizelge 2.7 K/K yönteminde kullanılan katkıları [28, 50]

Aktif karbon	İndirgeyiciler	Çözünür silikatlar
Karbonatlar	Organik killer	Sorbentler
Beton katkıları	Fosfatlar	Uçucu küller
Demir ve alüminyum bileşimleri	Kauçuk-lastik parçacıkları	Killer, Mineraller
Nötralize edenler	Silis dumanı	Sülfidler
Yükseltgeyiciler	Cüruf	Yüzey aktif maddeler

K/K uygulamalarının ana atık kaynakları *Çizelge 2.8*'de, atık türüne göre uygulanabilecek muhtemel K/K işlemleri *Çizelge 2.9*'da; belirli kirleticiler için K/K işlemlerinin uygulanabilirliği *Çizelge 2.10*'da, atık stabilizasyonu için reaktif uygulanabilirliği ise *Çizelge 2.11*'de verilmiştir.

Çizelge 2.8 K/K uygulamalarında ana atık kaynakları [28, 50]

Atık kaynakları
Metal kaplama çamurları
Metal rafinasyon çamurları ve emisyon kontrolü tozları
Maden atıkları
Petrokimya endüstrisi çamuru
İnorganik kimya sanayi çamur ve tozları
Tehlikeli atık yakma külü
Belediye atık külü
Çeşitli çözücüler, çamurlar ve kuru tehlikeli katılar
Kirlenmiş toprak ve çamurlar
Belediye kanalizasyon çamurları dahil tehlikesiz çamurlar

Çizelge 2.9 Atık türüne göre uygulanabilecek muhtemel K/K işlemleri [52]

K/K işlemi	Atık Türü
Sorbent ve yüzey aktif maddeler	Yağlı atıklar, endüstriyel çamurlar, inorganik ve düşük seviyede organiklerle kirlenmiş toprak
Emülsiyon asfalt	Petrol ile kirlenmiş topraklar, boya sökücülerden gelen atıklar, metal kaplama atıkları
Bitüminizasyon	Düşük seviyeli radyoaktif atık çözeltileri, metal kaplama çamurları
Camlaştırma	Yüksek seviyeli radyoaktif atıklar, kontamine olmuş toprak ve çamurlar
Değişik kükürt çimento	Partikül atıklar, kontamine olmuş toprak, çamur ve metaller
Çimentolu malzemeler	Kontamine olmuş topraklar, düşük seviyeli radyoaktif atıklar, çamurlar, yağlı atıklar, petrol rafinerisi çamurları, metal içeren atıklar

Çizelge 2.10 Belirli kirleticiler için K/K işlemlerinin uygulanabilirliği [26]

İşlem	Ağır metaller	Organik çözücüler	Katı organikler	Asidik atıklar	Oksidanlar	Sülfatlar
Mikroenkapsülasyon						
asfalt esaslı	✓	✓	✓	✓ (*)	×	×
polimer esaslı	✓	✓	✓	✓	×	✓
Makroenkapsülasyon						
polietilenli	✓	✓	✓	✓ (*)	×	✓
Stabilizasyon						
çimento esaslı	✓	✓	✓	✓ (*)	✓	✓
puzolanik	✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓: uygulanabilir	×: uygulanabilir değil			(*) ilk önce nötralizasyon		

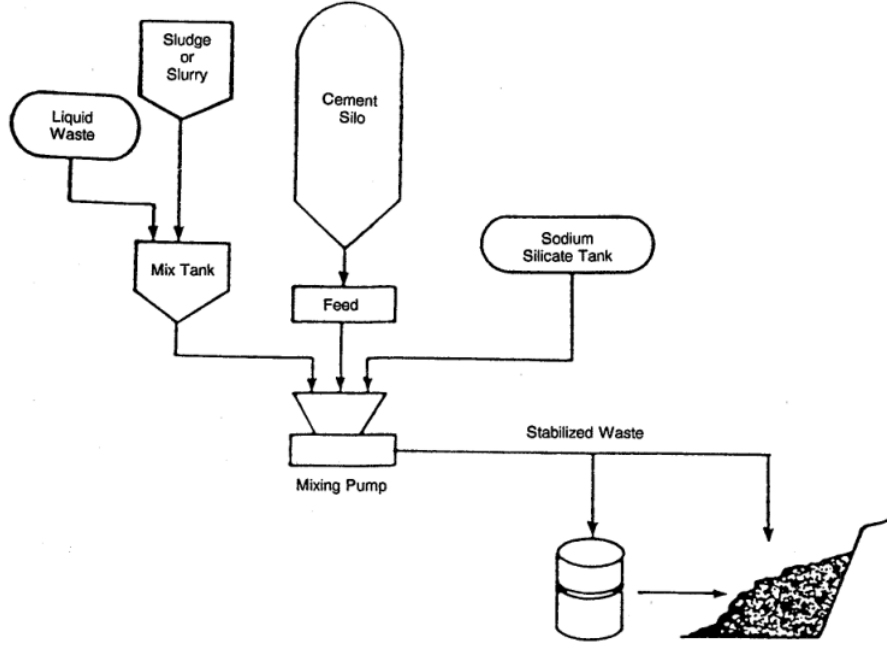
<b>Kirletici</b>	<b>Çimento esası</b>	<b>Kireç esası</b>	<b>Termoplastik</b>	<b>Organik polimer</b>
Polar olmayan organikler; Sıvı ve katı yağlar gibi aromatik hidrokarbonlar, halojenik hidrokarbonlar, PCB'ler	Katılaşmayı engelleyebilir. Uzun vadede dayanıklılığı azalabilir. Uçucu maddeler karışımdan ayrılabilir. Sunulan özellikleri sadece belli koşullar için geçerlidir.	Katılaşmayı engelleyebilir. Uzun vadede dayanıklılığı azalabilir. Uçucu maddeler karışımdan ayrılabilir. Sunulan özellikleri sadece belli koşullar için geçerlidir.	Organikler ısınma sonucu buharlaşabilir. Etkinliği belli koşullar için bilinmektedir.	Katılaşmayı engelleyebilir. Etkinliği belli koşullar için bilinmektedir.
Polar organikler: Alkol. Fenol. Organik asit ve glikol gibi	Fenoller oturmaya yavaşlatır ve kısa bir zaman için dayanıklılığı azaltır.	Fenoller oturmaya yavaşlatır ve kısa bir zaman için dayanıklılığı azaltır. Alkoller katılaşmayı geciktirir. Uzun vadede sağlamlığı azaltabilir.	Organikler ısınma sonucu buharlaşabilir.	Katılaşma üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır.
Katı organikler: Plastikler, reçineler ve katran gibi	Uyumludur. Dayanıklılığı artırabilir.	Uyumludur. Dayanıklılığı artırabilir.	Genel kullanımı bağlayıcı türdür.	
Radyoaktif maddeler	Uyumludur.	Uyumludur.	Uyumludur.	Uyumludur.
Asitler, HCl, HF gibi	Oturma üzerine önemli bir etkisi yoktur. Çimento asitleri nötrleştirir. Tip II ve IV nolu Portland çimento Tip I'e göre daha iyi dayanıklılık özelliği göstermektedir. Etkinliği bilinmektedir.	Uyumludur. Asitleri nötrleştirir. Etkinliği bilinmektedir.	Birleşme öncesi nötrleştirilebilir.	Birleşme öncesi nötrleştirilebilir. Ureaformaaldehitin etkili olduğu gösterilmiştir.

<b>Kirletici</b>	<b>Çimento esaslı</b>	<b>Kireç esaslı</b>	<b>Termoplastik</b>	<b>Organik polimer</b>
Oksitleyiciler, Sodyumhipoklorit, potasyum permanganat, nitrik asit ve potasyumdikromat	Uyumludur.	Uyumludur.	Şekil bozukluğuna sebep olabilir. Yanıcıdır.	Şekil bozukluğuna sebep olabilir. Yanıcıdır.
Tuzlar: Sülfatlar, halürler, nitrat, siyanad ve florid	Klor tuzları (Halürler) çimentodan kolayca sızabilir ve oturmaya yavaşlatır. Sülfat tuzları oturmaya yavaşlatır ve özel bir çimento kullanılmadıkça parçalanmaya sebep olabilir. Sülfat tuzları diğer tepkimeleri hızlandırır. Florid oturmaya etki eder ve dayanıklılığı artırır.	Halürler oturmaya engelleyebilirler. Ve çoğu kolayca sızabilirler.	Sülfat ve halürler dehidrasyon ve hidrasyon olabilirler, buda parçalanmalara sebep olabilir.	Uyumludur.
Organik bileşikler	Oturmaya engelleyebilir, dayanıklılığı artırabilir.	Oturmaya engelleyebilir, dayanıklılığı artırabilir.	Bağlayıcıyı çözebilir.	
Alüminyum metali	Hidrojeni açığa çıkararak köpürmeye sebep olabilir.			
Ağır metaller: Kurşun, krom, cıva kadmiyum ve arsenik	Uyumludur. Katılaştırma süresini artırabilir. Belli şartlar altında etkinliği gösterilmiştir.	Uyumludur. Belli türler (Pb, Cd, Cr) üzerindeki etkinliği gösterilmiştir.	Uyumludur. Bazı özel türler için (Bakır, arsenik ve krom) etkisi ortaya koyulmuştur.	Uyumludur. Arsenik ile etkinliği ortaya koyulmuştur.



### 2.3.1 Çimento Esaslı Teknoloji

K/K yönteminde basitliği, kolay uygulanabilirliği ve erişilebilirliği ile çoğunlukla çimento esaslı K/K yöntemi tercih edilmektedir. Bir çimento esaslı K/K uygulaması örneği Şekil 2.11’de verilmiştir.



Şekil 2.11 Çimento esaslı K/K uygulama örneği [26]

K/K yönteminde işlemin türüne göre malzemeler de değişebilmektedir. Bu tez çalışmasında K/K yönteminin çimento esaslı işlemleri incelenip uygulandığı için bu bölümde sadece çimento esaslı K/K işlemlerinde kullanılan malzemeler (çimento, karma suyu, agrega ve katkı maddeleri) ele alınmıştır.

#### 2.3.1.1 Çimento

**Çimento** (eng: cement), su ile karıştırıldığında meydana gelen tepkime (hidratasyon) ile sertleşerek mukavemet kazanan (priz alan) ve sertleşme sonrası suyun altında dahi dayanımını ve kararlılığını koruyan ince öğütülmüş inorganik hidrolik bir bağlayıcıdır [54]. Karışım oranları ve şartları değişse de çimento, genel olarak kireç taşı (kalker) (~%70) ve kil (~%30) karışımının yüksek sıcaklıkta (~1500 °C) pişirilmesi ve erken priz yapmasını önlemek için de alçı taşı (~%2-6 ) ilave edilmesi ile elde edilmektedir [55].

Çimento ham maddeleri yüksek sıcaklıkta pişirilme esnasında 20'ye yakın eriyik oluşur ki bunların en önemlileri kalkerin ayrışması sonucu kireç (CaO), kilin ayrışması sonucu kil mineraline bağlı olarak silis (SiO<sub>2</sub>), alümin (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ve demiroksit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)'tir. Ortaya çıkan bu öğeler asit ve bazik durumlarına göre birbirleri ile birleşerek portland çimentosunun ana bileşenlerini oluştururlar ki bu ana bileşenler çimentonun büyük bir kısmını (~%95) oluşturmaktadır. Bileşiminde mineral katkıları bulunan çimentoların özgül ağırlıkları 2,95-3,05 g/cm<sup>3</sup>, Portland çimentolarının ise 3,05-3,15 g/cm<sup>3</sup> civarındadır [55].

Hâlihazırda günümüzde kullanım alanlarına göre genel ve özel çimentolar üretilmektedir. Farklı çimentoların farklı özelliklere ve performansa sahip olduğu kabul edilmektedir. Çimentolar ve özellikleri *TS EN 197-1* [54] Türk Standardında belirlenmiş olup bu standartta 27 farklı genel çimento, 7 farklı sülfata dayanıklı genel çimento ve 3 farklı düşük erken dayanımlı yüksek fırın cürüflü çimento ile 2 farklı sülfata dayanıklı düşük erken dayanımlı yüksek fırın cürüflü çimento ve bileşenlerinin tarifi ve özellikleri belirtilmiştir.

Standartın kapsamındaki genel çimento ailesindeki 27 ürün 5 ana tipte olmak üzere gruplandırılmış, olması gereken bileşenleri ve işaretleri *Çizelge 2.12'* de verilmiştir.

Çimentolar için karakteristik değerler basınç dayanımı, priz başlama süresi ve genleşmedir. Üretilen çimentoların standartlarda yer alan gerekleri karşılıyor olması gerekmektedir. Çimentoların sağlaması gereken mekanik ve fiziksel gerekler *Çizelge 2.13'* de verilmiştir.

Çimentonun standart dayanımı *TS EN 196-1* [56] Türk Standardına göre tayin edilen 28 günlük basınç dayanımı olup üç standart dayanım sınıfı belirlenmiştir: 32,5 sınıfı, 42,5 sınıfı ve 52,5 sınıfı. Çimentonun erken dayanımı ise yine *TS EN 196-1* [56] Türk Standardına göre tayin edilen 2 veya 7 günlük basınç dayanımıdır. Bu dayanımlar *Çizelge 2.13'* de verilen gereklere uygun olmalıdırlar.

*Çizelge 2.13'* de N ile belirtilen normal erken dayanım sınıfı, R ile belirtilen yüksek erken dayanım sınıfı ve L ile belirtilen düşük erken dayanım sınıfı olmak üzere her bir standart dayanım sınıfı için üç erken dayanım sınıfı tanımlanmaktadır. L sınıfı sadece CEM III çimentolarına uygulanmakta olup bunlar farklı düşük erken dayanımlı yüksek fırın cürüflü çimentolardır.

Çizelge 2.12 Genel çimento ailesindeki 27 ürün ve bileşenleri [54]

Ana Tipler	27 ürüne ait işaret (Genel Çimento Tipleri)	Bileşim (kütlece % olarak)											Minör ilave bileşen
		Klinker	Yüksek fırın cürufu	Silis dumanı	Puzolan		Uçucu Kül		Pişmiş Şist	Kalker		Minör ilave bileşen	
					Doğal	Doğal kalsine edilmiş	Silissi	Kalkersi		L	LL		
		K	S	D <sup>b)</sup>	P	Q	V	W	T	L	LL		
CEM I	Portland çimento	CEM I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Portland cürufu çimento	CEM II/A-S	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland silis dumanlı çimento	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland puzolanlı çimento	CEM II/A-Q	80-94	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
	CEM II	Portland uçucu küllü çimento	CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
CEM II/B-W			65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5	
Portland pişmiş şisli çimento		CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5	
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5	
Portland kalkerli çimento		CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5	
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5	
CEM III	Portland kompoze çimento <sup>c)</sup>	CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5	
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5	
	CEM III/A-M	80-88	-	-	-	-	-	12-20	-	-	-	0-5	
	CEM III/B-M	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5	
CEM IV	Yüksek fırın cürufu çimento	CEM III/A	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/B	20-34	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	CEM III/C	5-19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM V	Puzolanlı çimento <sup>c)</sup>	CEM IV/A	65-89	-	-	-	-	11-35	-	-	-	0-5	
		CEM IV/B	45-64	-	-	-	-	36-55	-	-	-	0-5	
CEM V	Kompoze çimento <sup>c)</sup>	CEM V/A	40-64	-	-	-	-	18-30	-	-	-	0-5	
		CEM V/B	20-38	-	-	-	-	31-49	-	-	-	0-5	

<sup>a</sup> Çizelgedeki değerler ana ve minör ilave bileşenlerin toplamı ile ilgilidir.

<sup>b</sup> Silis dumannın oranı % 10'la sınırlanmıştır.

<sup>c</sup> Portland kompoze çimento CEM II/A-M ve CEM II/B-M'de, Puzolanlı çimento CEM IV/A ve CEM IV/B'de, Kompoze çimento CEM V/A ve CEM V/B'de klinkerin dışındaki diğer ana bileşenler çimentoya ait işaretlerle beyan edilmelidir (Orneğin, Madde 8'e bakılmaktadır).

Çizelge 2.13 Çimentolar için karakteristik değerler olarak verilen mekanik ve fiziksel gerekler [54]

Dayanım Sınıfı	Basınç dayanımı (MPa)				Priz başlama süresi (dakika)	Genleşme (mm)
	Erken dayanım		Standart dayanım			
	2 günlük	7 günlük	28 günlük			
32,5 L <sup>a</sup>	-	≥ 12,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10,0
32,5 N	-	≥ 16,0				
32,5 R	≥ 10,0	-				
42,5 L <sup>a</sup>	-	≥ 16,0	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5 N	≥ 10,0	-				
42,5 R	≥ 20,0	-				
52,5 L <sup>a</sup>	≥ 10,0	-	≥ 52,5	-	≥ 45	
52,5 N	≥ 20,0	-				
52,5 R	≥ 30,0	-				

<sup>a</sup> Dayanım sınıfı sadece CEM III çimentoları için tanımlanmıştır.

CEM çimentoları *TS EN 197-1* [54] Türk Standardına göre işaretlenirler. Buna göre çimentolar en azından CEM tipi ismi (CEM I-II-III-IV-V) ve dayanım sınıfının (32,5-42,5-52,5) ardından erken dayanım sınıfının (N, R, L) da yazılması ile tanımlanırlar. Örneğin; Portland çimentosu, *TS EN 197-1 - CEM I 42,5 R* veya Portland kompoze çimentosu, *TS EN 197-1 - CEM II/A-M (S-V-L) 32,5 R* gibi. Çimento işaretlerinin açıklamaları *Çizelge 2.14'* de verilmiştir.

Çizelge 2.14 TS EN 197-1 Türk Standardında çimentoların işaretlenmesi [54]

CEM	II	/ A	- M (S-V-L)	32,5	R
Çimento (CEMent)	Ana çimento tipi	Portland çimentosu klinkerinin oranı	Alt tip (ikincil ana bileşen)	Standart basınç dayanım sınıfı (MPa)	Alt sınıf
	<b>I:</b> Portland Çimento	<b>A:</b> Yüksek	<b>S:</b> Yüksek fırın cürufu	32,5	<b>N:</b> Dayanım kazanımı hızı normal
	<b>II:</b> Portland-Kompoze Çimento	<b>B:</b> Orta	<b>D:</b> Silis dumanı	42,5	<b>R:</b> İlk dayanımı yüksek
	<b>III:</b> Yüksek Fırın Cürufu Çimento	<b>C:</b> Düşük	<b>P:</b> Doğal puzolan	52,5	
	<b>IV:</b> Puzolanlı Çimento		<b>Q:</b> Kalsine puzolan		
	<b>V:</b> Kompoze Çimento		<b>V:</b> Silissi uçucu kül		
			<b>W:</b> Kalkersi uçucu kül		
			<b>T:</b> Pişmiş şist		
			<b>L - LL:</b> Kalker		
			<b>M:</b> Üsttekilerden ikisi veya daha fazlası		

Çimentolar ile alakalı olarak birçok standart bulunmaktadır. Çimento ile alakalı bazı Türk Standartları *Çizelge 2.15'* de verilmiştir.

Çizelge 2.15 Çimento ile alakalı bazı Türk Standartları

Standart No	Standart İsmi
TS 21	Çimento - Beyaz portland çimentosu - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri
TS EN 196-1	Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini
TS EN 196-2	Çimento deney yöntemleri - Bölüm 2: Çimentonun kimyasal analizi
TS EN 196-3	Çimento deney yöntemleri - Bölüm 3: Priz süreleri ve genleşme tayini
TSE CEN/TR 196-4	Çimento Deney Metotları - Bölüm 4 :Bileşen Miktarının Tayini
TS EN 196-5	Çimento deney yöntemleri - Bölüm 5: Puzolanik çimentolarda puzolanik özellik deneyi
TS EN 196-6	Çimento deney yöntemleri - Bölüm 6: İncelik tayini
TS EN 196-7	Çimento deney yöntemleri - Bölüm 7: Çimentodan numune alma ve numune hazırlama yöntemleri
TS EN 196-8	Çimento deney yöntemleri - Bölüm 8: Hidratasyon ısısı - Çözelti yöntemi
TS EN 196-9	Çimento deney yöntemleri - Bölüm 9: Hidratasyon ısısı - Yarı adyabatik yöntem
TS EN 196-10	Çimento deney yöntemleri - Bölüm 10: Çimentonun suda çözünebilir krom (VI) muhtevasının tayini
TS EN 197-1	Çimento - Bölüm 1: Genel çimentolar - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri
TS EN 197-2	Çimento- Bölüm 2: Uygunluk Değerlendirmesi
TS EN 413-1	Harç çimentosu- Bölüm 1: Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri
TS EN 413-2	Çimento - Harç çimentosu - Bölüm 2: Deney yöntemleri
TS EN 14216	Çimento - Özel çimentolar - Çok düşük ısısı - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri
TS EN 14647	Kalsiyum alüminat çimentosu - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri

### Çimento Kimyası

Çimento esaslı K/K işlemini anlayabilmek için çimento kimyasını da bilmek gerekir. Çimento kimyasında bileşenler ve bileşikler kısaltmalarla temsil edilmektedirler. Kullanılan kısaltmalar *Çizelge 2.16*'da, bu kısaltmalar ışığında çimentonun ana bileşenleri ise *Çizelge 2.17*'de verilmiştir.

Çizelge 2.16 Çimento kimyasında kullanılan kısaltmalar [57–59]

Kısaltma	Temsil ettiği kimyasal bileşen	Kısa ismi	Temsil ettiği kimyasal bileşenin formülü
C	Kalsiyum oksit	Kireç	CaO
S	Silikon dioksit	Silis	SiO <sub>2</sub>
A	Alüminyum oksit	Alümin	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
F	Ferrik oksit	Demiroksit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
H	Dihidrojen monoksit	Su	H <sub>2</sub> O
Ş	Sülfit (iyon)	---	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
K	Potasyum oksit	---	K <sub>2</sub> O
M	Magnezyum oksit	---	MgO
N	Sodyum oksit	---	Na <sub>2</sub> O
P	Fosfor pentoksit	---	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
T	Titanyum dioksit	---	TiO <sub>2</sub>
Ç	Karbondioksit	---	CO <sub>2</sub>

Çizelge 2.17 Çimento ana bileşenleri [55, 57–61]

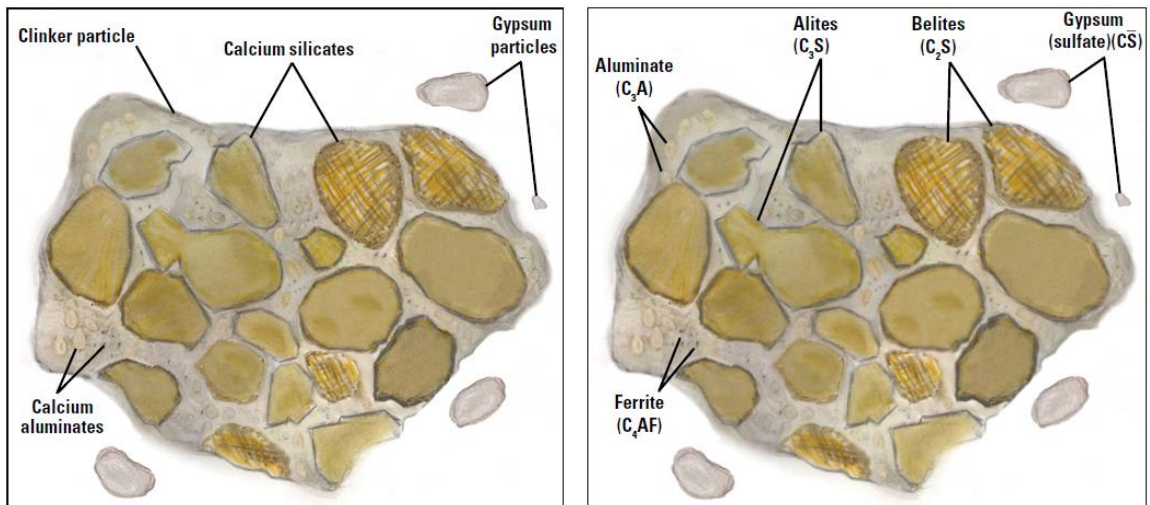
Kategori	İsmi	Kısa ismi	Kimyasal ismi	Kimyasal formülü	Miktarı	
Silikatlar	Alit	C <sub>3</sub> S	Trikalsiyum silikat	3CaO·SiO <sub>2</sub>	%50-70 (%25-60)	Klinker
	Belit	C <sub>2</sub> S	Dikalsiyum silikat	2CaO·SiO <sub>2</sub>	%15-30 (%15-40)	
Alüminatlar	Selit	C <sub>3</sub> A	Trikalsiyum alüminat	3CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%5-10 (%2-15)	
	Ferrit	C <sub>4</sub> AF	Tetrakalsiyum alüminoferrit	4CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%5-15	
Sülfatlar	Alçı	CŞ	Kalsiyum sülfat	CaO·SO <sub>3</sub> (CaSO <sub>4</sub> )	%3-5	Alçı

Çizelge 2.17’de sülfatlar kategorisinde verilmiş olan alçı taşının birden fazla biçimi bulunmaktadır. Bu biçimler ve özellikleri Çizelge 2.18’de verilmiştir.

Çizelge 2.18 Alçı taşının biçimleri ve özellikleri [57, 58, 61]

İsmi	Kısa ismi	Kimyasal ismi	Kimyasal formülü	Kristalizasyon suları	Açıklama
Alçı (anhidrit)	CŞ	Kalsiyum sülfat (susuz)	CaO·SO <sub>3</sub> (CaSO <sub>4</sub> )	yok	çözünme hızı değişken
Alçı taşı (jips)	CŞH <sub>2</sub> (CŞ·2H, CŞH)	Kalsiyum sülfat dihidrat	CaO·SO <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O (CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	2	hızlı çözünür
Alçı (basanit)	CŞH <sub>½</sub> (CŞ·½H, CŞH <sub>0,5</sub> )	Kalsiyum sülfat hemihidrat	CaO·SO <sub>3</sub> ·½H <sub>2</sub> O (CaSO <sub>4</sub> ·½H <sub>2</sub> O)	½	yavaş çözünür

Çizelge 2.17’de verilmiş olan çimento ana bileşenlerinin şekilsel gösterimleri Şekil 2.12’de, özellikleri Çizelge 2.19’da, etkileri Çizelge 2.20’de, basınç dayanımlarının zamansal değişimi ise Şekil 2.13’de verilmiştir.



Şekil 2.12 Çimento ana bileşenlerinin şekilsel gösterimi [61]

Çizelge 2.19 Çimento ana bileşenlerinin özellikleri [55, 58]

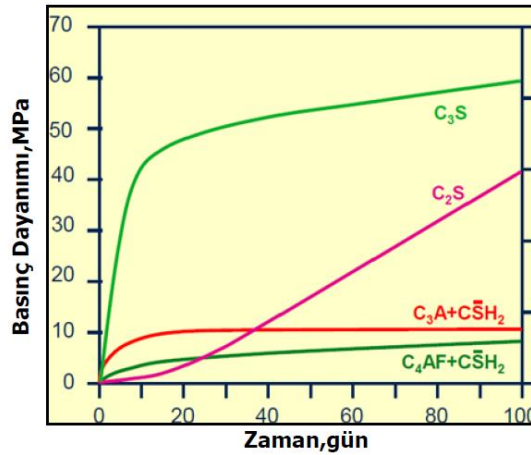
Bileşen → Özellik ↓	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
Tepkime hızı	orta	yavaş	hızlı	orta
Hidratasyon ısı	orta	az	çok	orta
- ilk 48 saatte	100 cal/g	10 cal/g	150 cal/g	40 cal/g
- toplamda	120 cal/g	62 cal/g	207 cal/g	100 cal/g
Bağlayıcılık değeri				
- ilk zamanlarda	yüksek	düşük	düşük	düşük
- son zamanlarda	yüksek	yüksek	düşük	düşük

\* Bileşen özellikleri göreceli olarak verilmiştir. C<sub>3</sub>A ve C<sub>4</sub>AF'nin özellikleri yukarıdaki bilgilere yansıtılırken bu ana bileşenlerin hidrasyonda alçı taşının etkisi de göz önünde tutulmuştur.

\* İlk zamanlarda (ilk birkaç saat veya bir gün alındığında) C<sub>3</sub>A'nın katkısı yüksektir. Daha sonraki zamanlar göz önüne alınacak olursa bu katkı düşüktür.

Çizelge 2.20 Çimento ana bileşenlerinin etkileri [61, 62]

Bileşen	Etkisi
Alit C <sub>3</sub> S	Hızlı hidrate olur ve sertleşir. Erken dayanım kazanımını sağlar.
Belit C <sub>2</sub> S	Yavaş hidrate olur. Geç dayanımı sağlar. Beton geçirimsizliğine olumlu katkısı vardır. Kimyasal etkilere dayanıklılığı artırır.
Selit C <sub>3</sub> A	Yüksek miktarda ısı açığa çıkar. Sülfat etkisine karşı zayıftır. Ani ve yalancı prize sebep olabilir. Başlangıç sertleşmesinin ve dayanım artışının oldukça hızlı olmasını sağlar.
Ferrit C <sub>4</sub> AF	Çimentoya gri renk verir, sertleşmeyi yavaşlatır, dayanıma etkisi yok denecek kadar azdır.
Alçı C <sub>S</sub>	C <sub>3</sub> A hidrasyonunu kontrol eder. İçeriğe bağlı olarak ani ve yalancı prize sebep olabilir.



Şekil 2.13 Çimento ana bileşenlerinin basınç dayanımlarının zamansal değişimi [58]

Çimento esaslı K/K işlemlerinde kirleticilerin katı yekpare blok içerisinde tutulması çimentonun hidrasyonu ile mümkün olmaktadır. Bu sebeple çimento hidrasyonu K/K işlemi için oldukça önemli bir adımdır. Hidrasyon sürecinin ve bu sürece etki eden faktörlerin bilinmesi K/K işleminin etkinliğinin artırılması ve kontrol altında tutulabilmesi için de önemli ve bilinmesi gereken bir süreçtir.

## Çimentonun Hidratasyonu

Çimentodaki ana bileşenler su ile karşılaştıklarında tepkimeye girer ve sonuçta sertleşen bir yapı oluştururlar. Hidratasyon süreci çimento ve suyun bir araya gelmesiyle başlar ve çok uzun bir süre de devam eder. Çimento tanecikleri kısmi olarak su içerisinde çözünürler. Çözünen bileşenler değişik hızlarda ve oranlarda tepkimeye girerler. Tepkimeler sırasında ısı açığa çıkar ve yeni ürünler meydana gelir. Oluşan yeni ürünler çimento hamurunun sertleşmesine ve agregaların çimento hamuru ile bağlanmasına sebep olurlar. Çimento bileşenleri ile su arasında meydana gelen bu tepkimeye **hidratasyon** (eng: hydration), hidratasyon esnasında açığa çıkan ısıya ise **hidratasyon ısı** (eng: heat of hydration) denilmektedir.

Hidratasyon sürecinde birçok tepkime ve bu tepkimeler sonucu da birçok yarı ürün ve ürün oluşmaktadır. Çimento ana bileşenlerinin hidratasyon sürecindeki önemli tepkimeleri Çizelge 2.21’de, hidratasyon sonucunda oluşan önemli ürünler ve özellikleri ise Çizelge 2.22’de verilmiştir.

Çizelge 2.21 Hidratasyon tepkimeleri [57, 60, 62]

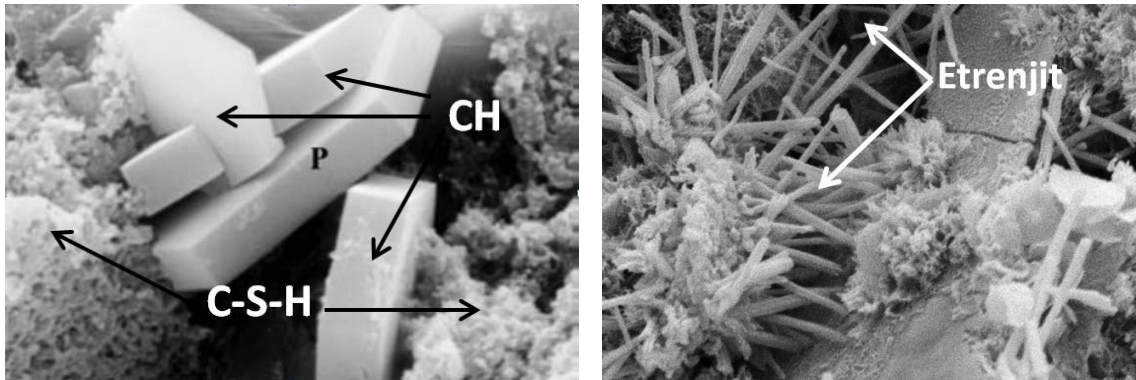
Girenler		Çıkanlar	
2(3CaO·SiO <sub>2</sub> ) + 11H <sub>2</sub> O (Alit-C <sub>3</sub> S)	(H)	→ 3CaO·2SiO <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O + 3(CaO·H <sub>2</sub> O) (C-S-H)	(CH)
2(2CaO·SiO <sub>2</sub> ) + 9H <sub>2</sub> O (Belit-C <sub>2</sub> S)	(H)	→ 3CaO·2SiO <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O + CaO·H <sub>2</sub> O (C-S-H)	(CH)
3CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 3(CaO·SO <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O) + 26H <sub>2</sub> O (Selit-C <sub>3</sub> A) (Jips-CŠH <sub>2</sub> )	(H)	→ 6CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·3SO <sub>3</sub> ·32H <sub>2</sub> O (Etrenjit-C <sub>6</sub> AŠ <sub>3</sub> H <sub>32</sub> )	
2(3CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) + 6CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·3SO <sub>3</sub> ·32H <sub>2</sub> O + 4H <sub>2</sub> O (Selit-C <sub>3</sub> A) (Etrenjit-C <sub>6</sub> AŠ <sub>3</sub> H <sub>32</sub> )	(H)	→ 3(4CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·SO <sub>3</sub> ·12H <sub>2</sub> O) (Monosülfat-C <sub>4</sub> AŠH <sub>12</sub> )	
3CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + CaO·H <sub>2</sub> O + 12H <sub>2</sub> O (Selit-C <sub>3</sub> A) (CH)	(H)	→ 4CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·13H <sub>2</sub> O (Tetrakalsiyum alüminat hidrat)	
4CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 2(CaO·H <sub>2</sub> O) + 10H <sub>2</sub> O (Ferrit-C <sub>4</sub> AF) (CH)	(H)	→ 6CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·12H <sub>2</sub> O (Kalsiyum alüminoferrit hidrat)	
4CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·SO <sub>3</sub> ·12H <sub>2</sub> O + 2(CaO·SO <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O) + 16H <sub>2</sub> O (Monosülfat-C <sub>4</sub> AŠH <sub>12</sub> ) (Jips-CŠH <sub>2</sub> )	(H)	→ 6CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·3SO <sub>3</sub> ·32H <sub>2</sub> O (Etrenjit-C <sub>6</sub> AŠ <sub>3</sub> H <sub>32</sub> )	
3CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 21H <sub>2</sub> O (Selit-C <sub>3</sub> A)	(H)	→ 4CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·13H <sub>2</sub> O + 2CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·8H <sub>2</sub> O (C <sub>4</sub> AH <sub>13</sub> ) (C <sub>2</sub> AH <sub>8</sub> )	
4CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·13H <sub>2</sub> O + 2CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·8H <sub>2</sub> O (C <sub>4</sub> AH <sub>13</sub> ) (C <sub>2</sub> AH <sub>8</sub> )	(H)	→ 2(3CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O) + 9H <sub>2</sub> O (Hidrogarnet-C <sub>3</sub> AH <sub>6</sub> ) (H)	



Çizelge 2.22 Hidratasyon ürünleri ve özellikleri [58]

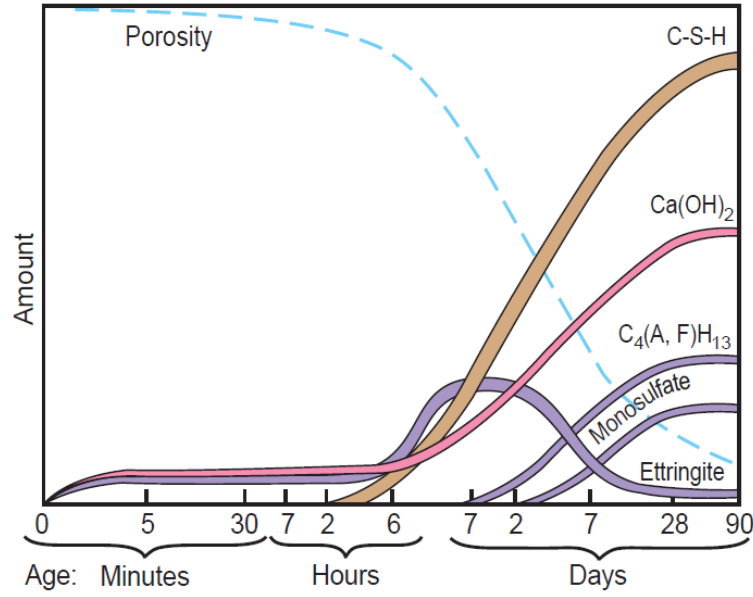
Ürün	Kısaltması	Özelliği
Kalsiyum silikat hidrat	C-S-H	- çimentoya bağlayıcılık özelliğini kazandıran ve dayanım kazanmasını sağlayan ürün - moleküler büyüklüğü yaklaşık çimento tanesinden 1000 kat daha küçük - hidrate olan ürünlerin yaklaşık %60'ını oluşturuyor
Kalsiyum hidroksit	CH	- dayanıma etkisi yoktur - beton içindeki bazik yapıyı sağlar - zayıf yapısı ve aderansı zayıflatıcı etkisi sebebiyle gerekenden fazlası istenmez - hidrate olan ürünlerin yaklaşık %20'sini oluşturur - düzgün altıgen şeklinde tabakalı bir yapıdadır - C-S-H'e oranla oldukça büyük boyuttadır - genelde boşluklarda ve çimento hamuru-agrega arayüzeylerinde birikir.
Kalsiyum trisülfoalüminat hidrat (Etrenjit)	C-A-Ş-H (AFt)	beton özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir. Ancak durabilite açısından önemlidir.
Kalsiyum monosülfoalüminat hidrat (Monosülfat)	C-A-Ş-H (AFm)	

Çizelge 2.22'de verilen hidratasyon ürünleri betonun dayanım ve dayanıklılık özelliklerini etkileyen ana unsurlardır. Çimento hamuru içerisinde hidratasyon ürünlerinden kalsiyum hidroksit (CH) kristalleri, kalsiyum silikat hidrat (C-S-H) jelleri ve etrenjitlerin SEM görüntüsü Şekil 2.14'de verilmiştir.



Şekil 2.14 Çimento hamurundaki CH kristalleri, C-S-H jelleri ve etrenjitlerin SEM görüntüsü (10 000 kat büyütülmüş) [58]

Hidratasyon ürünlerinin miktarı süreç boyunca sürekli artmakta, buna bağlı olarak da sertleşen çimento hamurundaki boşluklar da azalmaktadır. Çimento hamurundaki boşluklar ile hidratasyon ürünlerinin miktarlarının zamansal değişimi Şekil 2.15'de verilmiştir.



Şekil 2.15 Hidratasyon ürünlerinin miktarlarının zamansal değişimi [57]

### Hidratasyon Süreçleri

Hidratasyon sürecinde aslında birden fazla faz bulunmaktadır ki bu fazlara hidratasyon süreçleri denilmektedir. Hidratasyon süreçleri 1) Karıştırma süreci, 2) Uyku süreci, 3) Sertleşme (priz) süreci, 4) Soğuma süreci ve 5) Yoğunlaşma sürecidir.

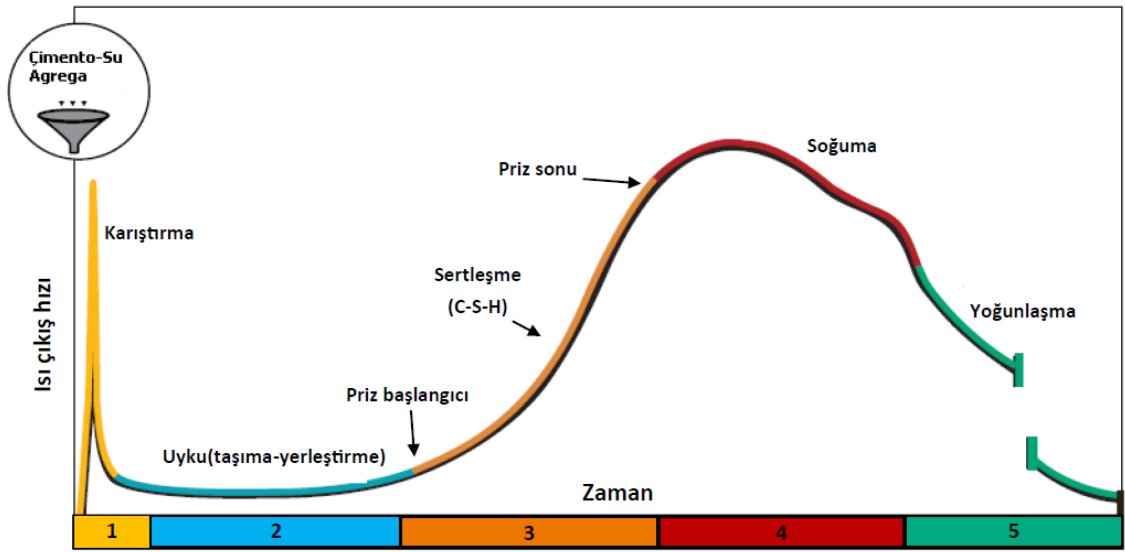
Bu hidratasyon süreçleri ve özellikleri Çizelge 2.23’de, bu süreçler boyunca çimento hamurundaki değişim Şekil 2.16’da, süreçler boyunca meydana gelen ısı çıkışının zamansal değişimi ise Şekil 2.17’de verilmiştir.

Çizelge 2.23 Hidratasyon süreçleri ve özellikleri [58, 61]

Hidratasyon Süreci	Süre	Özellik	Uyarılar
Karıştırma	10-15 dk	Yüksek ısı çıkışı aniden gerçekleşir ve aniden düşüş gösterir.	Karışım tasarımı önemlidir.
Uyku	2-4 saat	Karışım plastik ve işlenebilirdir. Isı çıkışı çok düşük seviyededir.	Beton kolayca taşınabilir, yerleştirilebilir ve bitirme işlemi yapılabilir.
Sertleşme	2-4 saat	Yüksek ısı çıkışı olur. Priz ve betonda sertleşme başlar. Beton dayanım kazanmaya başlar.	Çok geçmeden küre ve korumaya başlanmalıdır.
Soğuma	-	Büzülme ve sürtünme sonucu oluşan iç gerilme dayanım kazanımını geçmemelidir. Bu, çatlamalara sebep olur.	Gerilmeleri azaltmak için derz kesimine başlar.
Yoğunlaşma	yıllarca	Beton dayanım ve dayanıklılık kazanmaya devam eder.	Erken yaşta beton ani sıcaklık değişimlerinden üzerine yalıtkan örtüler serilerek korunmalıdır.



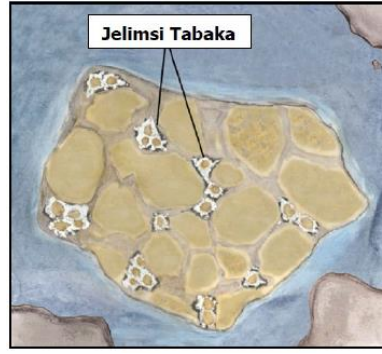
Şekil 2.16 Hidratasyon süreçleri boyunca çimento hamurundaki zamansal değişim [61]



Şekil 2.17 Hidratasyon süreçleri boyunca ısı çıkışının zamansal değişimi [58, 60, 61]

## 1. Karıştırma Süreci

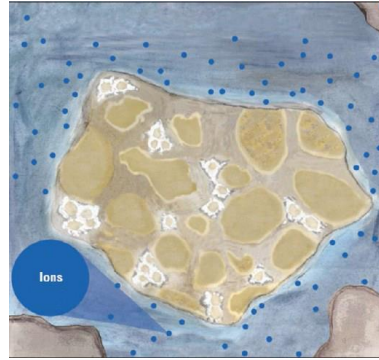
Bu süreç çimento ve suyun karıştırıldığı süreçtir. Bu süreçte alüminatlar ve alçı suda çok hızlı bir şekilde çözünerek birkaç dakika içerisinde tepkimeye başlarlar. Hızlı tepkime sonucu oluşan bileşikler ise yüksek ısı çıkışına sebep olurlar. Bu durum kontrol edilemediği takdirde ani veya yalancı priz meydana gelir ki bu da istenmeyen bir durumdur. Klinkere eklenen alçının çok hızlı çözünmesi sonucu çözülmüş alüminatlar ve su ile tepkimeye girerek Şekil 2.18’de gösterildiği şekilde çimento taneciklerinin etrafında jelimsi bir tabaka (C-A-Ş-H) oluşturur. Bu jelimsi tabaka aralardaki kanalları doldurur ve suyun geçişini kontrol ederek alüminatların çok hızlı bir şekilde tepkimesini engeller ve sıcaklığı büyük ölçüde düşürür, böylece ani priz olayı engellenir. Silikatlar ise suda çok yavaş çözünürler ve ani bir etkileri yoktur. Bu sebeple bu süreçte alüminatlar kadar baskın değildirler [58, 61]. Çimento danecikleri etrafında jel oluşumu Şekil 2.18’de şematize edilmiştir.



Şekil 2.18 Çimento danecikleri etrafında jel oluşumu [58, 61]

## 2. Uyku Süreci

C-A-Ş-H jelinin alüminatların tepkimelerini 2 ilâ 4 saat arasında kontrol edilebildiği süreçtir. Bu sürecin sağladığı en önemli fayda karışımın plastik hâlde taşınabilmesi, yerleştirilebilmesi ve işlenebilmesidir. Ayrıca sürecin süresi kimyasal katkılarla değiştirilebilmektedir. Bu süreçte çok az ısı ve fiziksel değişim meydana gelmekte, ısı çıkış hızı hemen hemen sabit kalmaktadır. Karışım plastik kıvamdadır. Çimento bileşenleri özellikle silikatlar yavaş bir hızda çözünmeye devam etmekte ve ortam (karma suyu) kalsiyum ( $Ca^{2+}$ ) ve hidroksil ( $OH^-$ ) iyonları ile doymun hâle gelmektedir [58, 61]. Bu durum Şekil 2.19’da şematize edilmiştir.



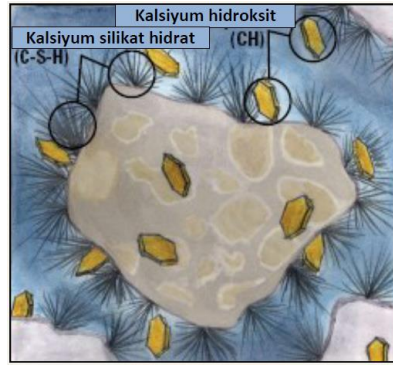
Şekil 2.19 Uyku sürecinde ortamın iyonlara doymun hâle gelişi [61]

## 3. Sertleşme Süreci

Karışımın sertleşmeye başladığı (priz) süreçtir. Priz başlangıcı ve priz sonu bu süreçte meydana gelir. Çevresel etkilere göre bu aralık değişebilir. Ancak genelde 3. ve 5. saat arasındadır. Karma suyu, çözünen kalsiyum iyonları ile aşırı doymun hâle ulaştınca, yeni hidrasyon ürünleri oluşmaya başlar ve bunun sonucunda ısı çıkışında yükselme meydana gelir. Bu süreçte baskın olan bileşen alittir ( $C_3S$ ) ve tepkime sonucu fiber yapıdaki kalsiyum silikat hidrat (C-S-H) ve kristal yapıdaki kalsiyum hidroksit (CH) kristalleri oluşmaktadır. Tepkimenin hızlandığı bu süreçte ayrıca alüminat ( $C_3A$ ) ve

sülfat tepkimeleri devam eder ve iğnemi yapıda etrenjit kristalleri (C-A-Ş-H) de oluşur. C-S-H diğer bileşiklerle beraber bir ağ meydana getirir, bu da karışımın katılaşp sertleşmesini sağlar. Çimento hamurunun sertleşme sürecindeki hâli Şekil 2.20’de şematize edilmiştir [58, 61].

Sertleşme sürecinde oluşan yeni ürünlerin miktarı devamlı artar. Buna paralel olarak ısı oluşumu da artar. Bu ürünler birbirleri ile bağlanıp agregaların etrafında toplanır ve agregaları sararlar. Sonuçta beton sertleşir ve katılaşmaya başlar. Priz sonu en azından betonun üzerinde yürünebileceği ve hidrasyon ısısının pik noktaya yaklaştığı bir zamandır. Isı çıkışı C<sub>3</sub>S tepkimesinin yavaşlaması ile azalmaya başlar. Prizin başlaması ile betonda vibratör uygulaması veya yüzey bitirme işlemi gibi uygulamalar artık yapılamaz. Betona yapılacak müdahaleler kalıcı ayrışmaya sebep olur. Bu süreçte beton yüzeyinde sulama, kür katkısı uygulaması ve yüzeyin membranla örtülmesi gibi kür (bakım) işlemleri yapılmaya başlanır [58, 61].

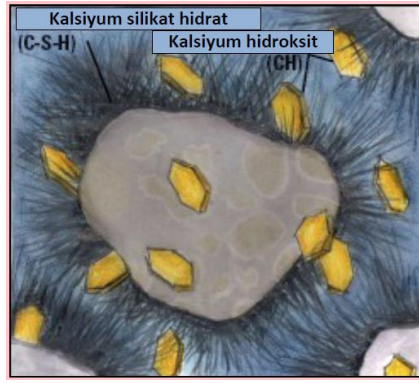


Şekil 2.20 Çimento hamurunun sertleşme sürecindeki hâli [61]

#### 4. Soğuma Süreci

Karışımın dayanım kazanmaya başladığı süreçtir. Bu süreçte C<sub>3</sub>S tepkimesi yavaşlamaya başlar ve zirveye ulaşan ısı çıkışı düşmeye başlar. Bunun sebebi, oluşan C-S-H ve CH ürünlerinin su ve çözünmemiş çimento danelerinin temasını engellemesidir. Çimento hamuru bileşenler açısından doymuş hâle gelmiştir. Çimento taneciklerinin (C<sub>3</sub>S) yüzeyinde hidrasyon başlar ve yüzeyde hidrasyon ürünleri (C-S-H ve CH) oluşur. C-S-H ve CH oluşumu arttıkça betonun dayanım kazanması artar. Ancak yine de beton hâlâ geçirimlidir. Hafif yükleri taşıyabilmektedir. Bazen hidrasyon ısısının pik noktaya ulaşmasının ardından, alüminatla tepkimeye giren sülfat tükenebilir. Kalan alüminat bu sefer etrenjitlerle tepkimeye girip monosülfat oluşturur. Bu durum da bir miktar ısı artışına sebep olur [58, 61]. Çimento hamurunun soğuma sürecindeki hâli Şekil 2.21’de şematize edilmiştir.

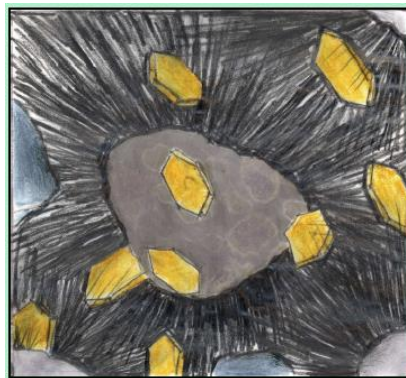




Şekil 2.21 Çimento hamurunun soğuma sürecindeki hâli [61]

### 5. Yoğunlaşma Süreci

Bu süreç, betonun dayanım kazanmasının devam ettiği ve geçirimsizliğinin azaldığı süreçtir. Bu süreçte tepkimeler yavaşlamaya başlar ve ısı çıkışı önemli ölçüde azalır. Ancak  $C_3S$  ve su oldukça tepkimeler devam eder ve hidrasyon ürünleri artmaya ve gelişmeye devam eder.  $C_2S$ ,  $C_3S$ 'e oranla daha yavaş tepkimeye girer. Birkaç gün içerisinde  $C_3S$ 'in büyük bir miktarı tepkimeye girmiş olur. Bu dönemde  $C_2S$  tepkimesi daha da önem kazanır. Bu sürede betonda yeteri miktarda su olması önemlidir. Aksi takdirde hidrate olmayan ürünler oluşur. Oluşan ürünlerin hacmi (miktarı) arttıkça beton dayanım kazanmaya devam eder ve geçirimsizlik azalır. Beton gittikçe daha sert ve sağlam bir yapıya kavuşur. Betonun geçirimsizliğinin azalması sonucu su ve suda çözülmüş tuz betona rahatça giremez. Bu süreç hidrate olmamış çimento tanecikleri ile suyun bulunması durumunda çok uzun bir süre devam eder. Kısaca, betonun yıllar sürebilecek bir zaman diliminde dayanımı ve dayanıklılığı artar [58, 61]. Çimento hamurunun yoğunlaşma sürecindeki hâli Şekil 2.22'de şematize edilmiştir.



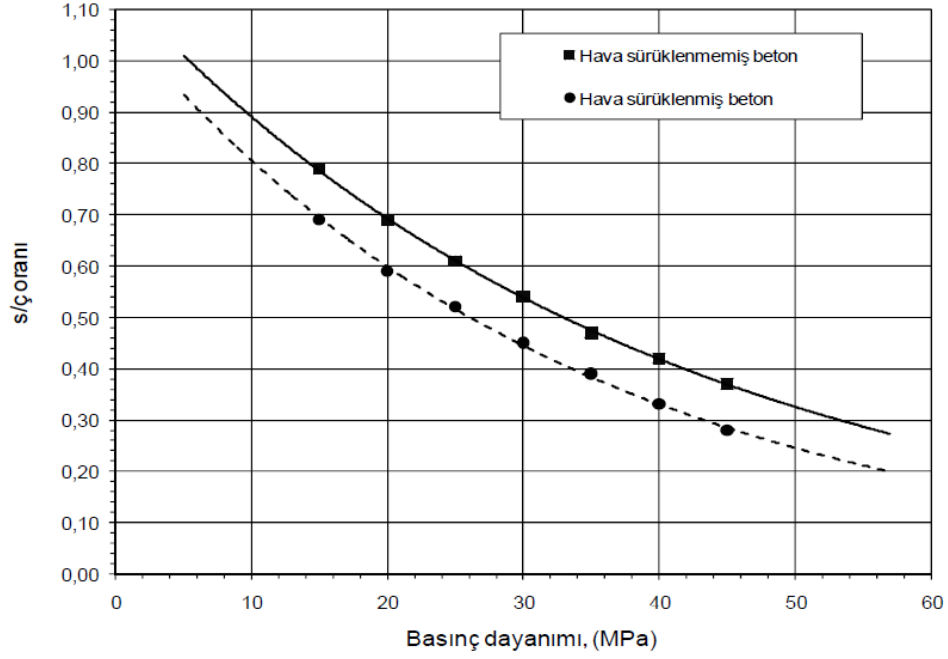
Şekil 2.22 Çimento hamurunun yoğunlaşma sürecindeki hâli [61]

### 2.3.1.2 Karma Suyu

**Karma suyu** (eng: mixing water), aslında beton oluşumu için çimento, agrega ve gerektiğinde bazı katkı maddeleri ile bir araya getirilen su [63] manasında kullanılmaktadır. Çimento esaslı K/K işlemlerinde de atığın çimento ile katılaştırılmış malzeme hâline getirilmesi için gerekli olan sudur. Karma suyunun özellikleri “*TS EN 1008 Beton-Karma Suyu-Numune Alma, Deneyler ve Beton Endüstrisindeki İşlemlerden Geri Kazanılan Su Dahil, Suyun, Beton Karma Suyu Olarak Uygunluğunun Tayini Kuralları*” [64] Türk Standardına göre tayin edilir.

Karma suyu, çimentonun hidrasyonu ve katılaştırılmış malzemenin dayanım kazanmasında önemli rol oynamaktadır. Beton imalinde kullanılan karma suyunun kalitesi, betonun priz süresini, dayanım kazanma hızını ve donatının korozyona karşı korunmasını etkileyebilir [64]. Fazla kirli olmayan herhangi bir su karma suyu olarak kullanılabilir. Çimentonun bileşiminde önemli miktarda kireç bulunduğundan karma suyunun kalsiyum iyonuna bağlı sertliği ehemmiyetsizdir. Ayrıca aşırı miktarda karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ihtiva eden sular da emniyetle kullanılabilir. Ancak betonarme yapılarda CO<sub>2</sub>'li sular çeliğin korozyonuna sebep olur. Karma suyunda en tehlikeli faktör sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) iyonlarının bulunmasıdır [55].

Betonun basınç dayanımını (mukavemetini) en çok etkileyen faktörlerin başında su/çimento (eng: water/cement, w/c) oranıdır. Karma suyu çimentonun hidrasyonunu sağlar, agregayı ıslatır, karışımın işlenebilirliğini artırır. Ancak agrega yüzeylerini ıslatacak ve çimentonun hidrasyonunu sağlayacak miktardan fazla su kullanılması hâlinde kompasitenin ve mukavemetin azaldığı görülmektedir. Suyun bu gerekli miktardan az olmasının da mukavemeti düşüreceği tabiidir. Bunun için en büyük mukavemeti veren su miktarına “*optimum su miktarı*” denir. Karma suyu miktarının bu optimum su miktarından az veya çok kullanılmasının mukavemete etkileri yapılan deneyler ile tespit edilmiştir. Su/çimento oranının basınç dayanımına etkisi *Şekil 2.23*'de, karma suyu miktarının optimum su miktarına kıyasla mukavemete etkisi ise *Çizelge 2.24*'de verilmiştir.



Şekil 2.23 TS 802 Türk Standardına göre su/çimento (s/ç) oranının basınç dayanımına etkisi [65]

Çizelge 2.24 Karma suyu miktarının optimum su miktarına kıyasla mukavemete etkisi [55]

Optimum değere göre su miktarı	Mukavemetteki azalma
%10 eksik olması	%10
%20 eksik olması	%60
%20 fazla olması	%30
%30 fazla olması	%50
%100 fazla olması	%80

### 2.3.1.3 Agrega

Betonda kullanıma uygun taneli doğal, yapay veya daha önce yapıda kullanılmış malzemelerden tekrar kazanım yoluyla elde edilmiş kırma taş, kum, çakıl gibi mineral malzemelere genel olarak **agrega** (eng: aggregate) ismi verilmektedir [44].

Kum, çakıl, kırmataş, cüruf gibi çeşitli büyüklükteki dane malzemelere agrega denir. Agregalar bağlayıcılar yardımıyla beton yapımında kullanılırlar ve betonun yaklaşık %70-75'ini oluştururlar. Agregaların özellikleri kendisinden yapılan betonun özelliklerine de aynen yansır. Yani kendi özellikleri iyi olan agrega ile yapılan betonun özellikleri de iyi olur. Agregalar doğada, doğal olarak bulunabildikleri gibi iri taş parçalarının konkasör ismi verilen taş kırma makinelerinde kırılması sonucunda da elde edilebilirler. Konkasörde elde edilen agreganın irisine kırma taş, incesine kırma kum



ismi verilir. Kırma taş ve kırma kum'a birlikte mıcır ismi verilmektedir. Agregalar ile alakalı bazı Türk Standartları *Çizelge 2.25*'de verilmiştir.

### Çizelge 2.25 Agregalar ile alakalı bazı Türk Standartları

Standart No	Standart İsmi
TS 2517	Agregaların potansiyel alkali silis reaktifliğinin tayini - Kimyasal yöntem
TS 3523	Beton Agregalarının Yüzey Nemi Oranının Tayini
TS 3528	Agrega - Betonda kullanılan - Hafif madde tayini
TS 3529	Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini
TS 3820	Beton Agregaları - Organik Maddelerin Harç Dayanımına Etkisinin Tayini Metodu
TS EN 932-1	Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler - Kısım 1: Numune Alma Metotları
TS EN 932-2	Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 2: Laboratuvar Numunelerin Azaltılması Metodu
TS 10088 EN 932-3	Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Kısım 3: Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama İçin İşlem ve Terminoloji
TS EN 932-5	Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 5: Genel Cihazlar ve Kalibrasyon
TS EN 932-6	Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 6: Tekrarlanabilirlik Ve Uyarlık Tarifleri
TS EN 933-1	Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu
TS EN 933-2	Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Kısım 2: Tane Boyutu Dağılımı Tayini - Deney Elekleri, Elek Göz Açıklıklarını Anma Büyüklükleri
TS EN 933-3	Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 3: Tane Şekli Tayini - Yassılık Endeksi
TS EN 933-4	Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 1: Tane şeklinin tayini - Şekil indisi
TS EN 933-5	Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Kısım 5: İri Agregalarda Ezilmiş ve Kırılmış Yüzeylerin Yüzdesinin Tayini
TS EN 933-6	Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 6: Yüzey Özelliklerinin Değerlendirilmesi - Agregaların Akış Katsayısı
TS EN 933-7	Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Kısım 7: İri Agregalarda Kavkı İçeriğinin Tayini - Kavkı Yüzdesi
TS EN 933-8	Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 8: İnce Tanelerin Tayini- Kum Eşdeğeri Tayini
TS EN 933-9	Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 9: İnce malzeme tayini - Metilen mavisi deneyi
TS EN 933-10	Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 10: İnce malzeme tayini - İnce dolgu malzemelerinin tane büyüklüğüne göre sınıflandırılması (hava jetiyle eleme)
TS EN 933-11	Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 11: Geri kazanılmış iri agrega bileşenleri için sınıflandırma deneyleri
TS EN 1097-1	Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 1: Aşınmaya Karşı Direncin Tayini (Mikro- Deval)
TS EN 1097-2	Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar
TS EN 1097-3	Agregaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 3: Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini
TS EN 1097-4	Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 4: Kuru sıkılaştırılmış dolgu (filler) malzemesinin boşluklarının tayini

Çizelge 2.25 Agregalar ile alakalı bazı Türk Standartları (devam)

Standart No	Standart İsmi
TS EN 1097-5	Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 5: Hava dolaşımli etüvde kurutma ile su muhtevasının tayini
TS EN 1097-6	Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler bölüm 6: Tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini
TS EN 1097-7	Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 7: Dolgu (filler) tane yoğunluğunun tayini - Piknometre yöntemi
TS EN 1097-8	Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 8: Taş parlatma değerinin tayini
TS EN 1097-9	Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 9: Çivili Lastiklerden Kaynaklanan Aşınmaya Karşı Direncin Tayini - Nordik Deney
TS EN 1097-10	Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 10: Su Emme Yüksekliğinin Tayini
TS EN 1097-11	Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 11: Hafif agregaların sıkıştırılabilirliğinin ve sınırlı sıkıştırma dayanımının tayini
TS EN 1367-1	Agregaların ısl ve bozunma özelliklerini tayin için deneyler - Bölüm 1: Donmaya ve çözülmeye karşı direncin tayini
TS EN 1367-2	Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler - Bölüm 2: Magnezyum sülfat deneyi
TS EN 1367-3	Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 3: "Sonnenbrand Bazalt" İçin Kaynatma Deneyi
TS EN 1367-4	Agregaların ısl ve yıpranma özellikleri için deneyler - Bölüm 4: Kuruma büzülmesinin tayini
TS EN 1367-5	Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler - Bölüm 5: Termal şoka direncin tayini
TS EN 1367-6	Agregaların ısl ve yıpranma özellikleri için deneyler - Bölüm 6: Tuzun (NaCl) da bulunduğu ortamda donma ve çözülmeye direncin tayini
TS EN 1744-1	Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler - Bölüm 1: Kimyasal analiz
TS EN 1744-3	Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler - Bölüm 3: Agregaların özütlenmesi suretiyle eluatların hazırlanması
TS EN 1744-4	Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler - Bölüm 4: Bitümlü karışımlarda kullanılan dolgu agregalarının suya karşı duyarlılığının tayini
TS EN 1744-5	Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler - Bölüm 5: Asitte çözünebilen klorür tuzlarının tayini
TS EN 1744-6	Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler - Bölüm 6: Geri kazanılmış agrega özütünün çimentonun priz başlangıç süresi üzerindeki etkisinin tayini
TS EN 1744-7	Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler -Bölüm 7: Atık Yakma Külü Agregalarının Kızdırma kaybı Belirlenmesi (MIBA Agregası)
TS EN 1744-8	Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler - Bölüm 8: Belediye çöp yakma kazanının alt külündeki agregaların metal içeriğinin tespiti için sıralama deneyi (MIBA)
TS 706 EN 12620	Beton agregaları
TS EN 13043	Yollar, havaalanları ve trafiğe açık diğer alanlardaki bitümlü karışımlar ve yüzey uygulamalarında kullanılan agregalar
TS 1114 EN 13055-1	Hafif agregalar - Bölüm 1: Beton, harç ve şerbette kullanım için
TS EN 13055-2	Hafif agregalar - Bölüm 2: Bitümlü karışımlar ve yüzey işlemleri ile bağlayıcısız ve bağlayıcı uygulamalarda kullanım için
TS 2717 EN 13139	Agregalar - Harç yapımı için
TS EN 13242	İnşaat mühendisliği işleri ve yol yapımında kullanılan bağlayıcısız ve hidrolik bağlayıcı malzemeler için agregalar
TS 7043 EN 13450	Demiryolu balastları için agregalar

#### **2.3.1.4 Katkı Maddeleri**

Malzemenin bir veya birden fazla özelliğini değiştirmek veya geliştirmek için malzemeye eklenen az miktardaki madde(ler)e *katkı maddesi* (eng: additive) [14, 20] ismi verilmektedir. Katkılar, mineral ve kimyasal olarak ikiye ayrılır. Mineral katkıları da inert ve puzolanik olarak ikiye ayrılmaktadır [44].

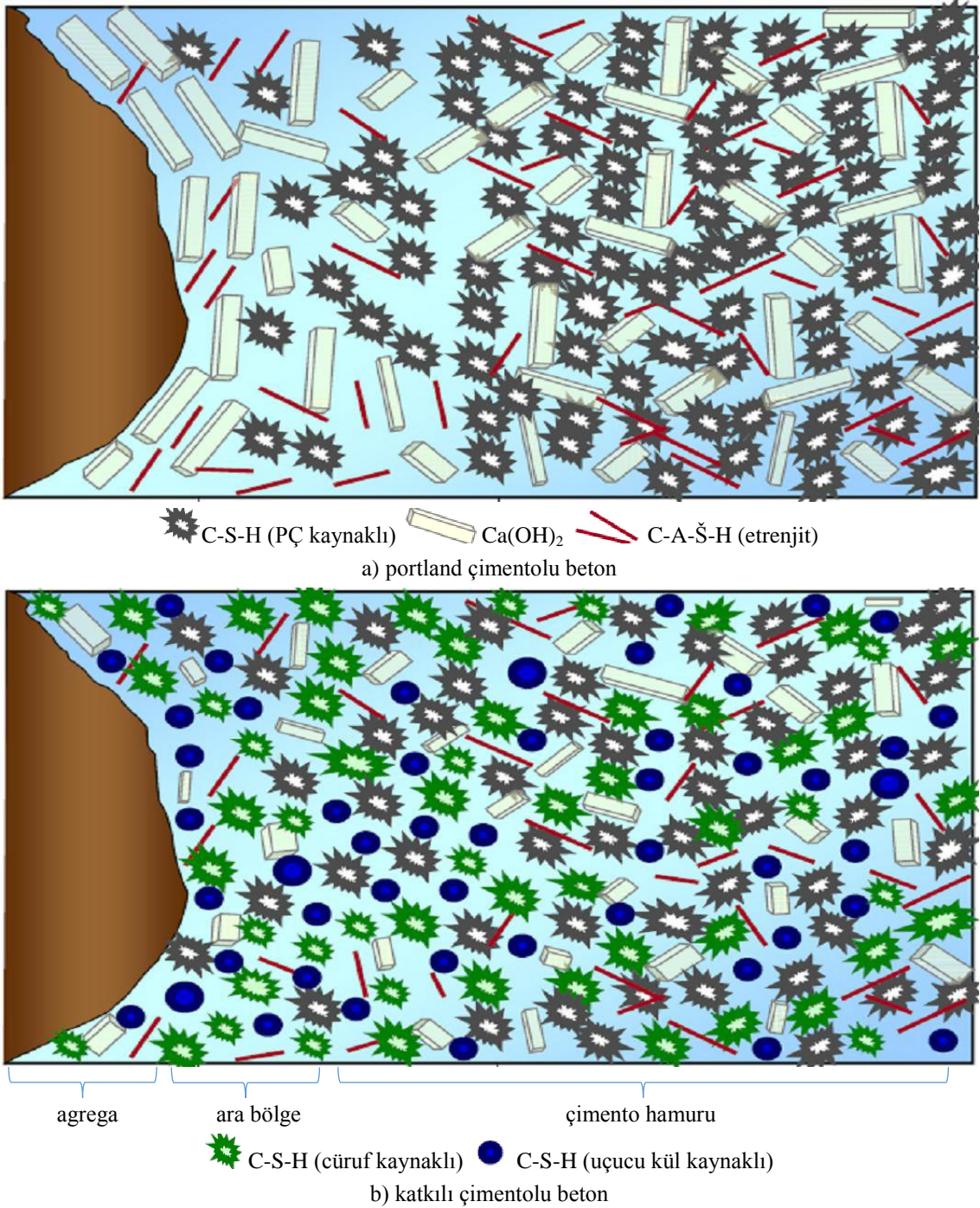
Katkı maddeleri betonun taze hâldeki ve/veya sertleşmiş hâldeki özelliklerini belirli bir amaca uygun olarak değiştirirler. Beton bileşimine çok az miktarlarda katılan bu maddeler çimento hamurunun yapısını, hidrasyon özelliklerini değiştirerek etkili olur. Katkı maddeleri kullanılarak soğuk veya sıcak havada beton dökülebilir. Daha az su kullanılarak beton dayanımı artırılabilir. Erken veya geç priz yapması sağlanabilir. Dış tesirlere dayanıklı beton vb. uygulamalar yapılabilir. Katkı maddeleri betonun bazı özelliklerini olumlu yönde etkilerden bazılarını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu sebepten kullanılan katkıların beton özelliklerini nasıl değiştirdiği katkılı ve katkısız deneme üretimi yapılarak deney sonunda elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak buna göre hareket edilebilir [55]. Portland ve katkılı çimentolu beton arasındaki bağlanma farkları *Çizelge 2.20'* de verilmiştir.

#### **Kimyasal Katkılar**

Kimyasal katkıları, betonun taze ve/veya sertleşmiş hâldeki özelliklerini geliştirmek için karıştırma işlemi sırasında betona, çimento kütlelerinin %5'ini geçmemek üzere, eklenen malzeme [66] olarak tanımlanmaktadır. Kimyasal katkı tipleri *Çizelge 2.26'* da verilmiştir.

#### **Mineral Katkılar**

Mineral katkıları sertleşmiş betonun özelliklerini değiştirmek için karışıma ilave edilen mineral kaynaklı katkılarıdır. Uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve silis dumanı aslında bir çeşit atık olmasının yanında endüstriyel yan ürünlerdir. Yapılan araştırmalar sonucu bu malzemelerin çimento ve betonda kullanımının mümkün olduğu görülmüş ve ekonomik değer kazanmışlardır [67]. Bu endüstriyel puzolanlar *Şekil 2.25'* de, mineral katkıların kimyasal muhteva değişimi ise *Şekil 2.26'* da verilmiştir.



Şekil 2.24 Portland ve katkıli çimentolu beton arasındaki bağlanma farkları [67]

### Uçucu Kül

Yanma işlemi sonrasında oluşan ve havaya karışma eğilimi gösteren, çimento ve beton endüstrisinde mineral katkı maddesi olarak da kullanılabilen is, toz ya da ince kül taneciklerine **uçucu kül** (eng: fly ash) [7] denilmektedir. Baca çıkışında elektrostatik veya mekanik yöntemlerle toplanır [67]. Türkiye’de termik santrallerden atık madde olarak uçucu kül elde edilmektedir. Uçucu külün bir bağlayıcı ile birlikte katkı maddesi

olarak kullanılması neticesinde puzolanik özelliğinden dolayı mukavemeti artırdığı ve maliyeti önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir [55]. Bu sebeple uçucu küller uzun süredir çimento üretiminde de kullanılmaktadır.

Çizelge 2.26 TS EN 934-2 Türk Standardında kimyasal katkı tipleri [66]

Tipi	Etkisi
Su azaltıcı / akışkanlaştırıcı kimyasal katkılar	Belirli bir beton bileşiminde kıvamı değiştirmeden su miktarının azalmasını sağlayan veya su miktarı değişmeden çökmeyi/yayılmayı artıran veya her iki etkiyi birlikte oluşturan kimyasal katkı
Yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkılar	Belirli bir beton bileşiminde kıvamı değiştirmeden su miktarının yüksek oranda azalmasını sağlayan veya su miktarı değişmeden çökmeyi/yayılmayı yüksek oranda artıran veya her iki etkiyi birlikte oluşturan kimyasal katkı
Su tutucu kimyasal katkılar	Terlemeyi azaltarak su kaybını düşüren kimyasal katkı
Hava sürükleyici kimyasal katkı	Karıştırma sırasında taze betona kontrollü miktarda küçük, düzgün dağılmış ve sertleşme sonrasında da kalıcı olan hava kabarcığı sürükleyen kimyasal katkı
Priz hızlandırıcı kimyasal katkılar	Karışımın, plastik hâlden katı hâle geçiş (prizin başlangıç süresi) süresini kısaltan kimyasal katkı
Sertleşmeyi hızlandırıcı kimyasal katkılar	Priz süresini etkileyerek veya etkilemeksizin betonun erken dayanım kazanma hızını artıran kimyasal katkı
Priz geciktirici kimyasal katkılar	Karışımın, plastik hâlden katı hâle geçiş (prizin başlangıç süresi) süresini uzatan kimyasal katkı
Su geçirimsizlik kimyasal katkısı	Sertleşmiş betonun kılcal su emmesini azaltan kimyasal katkı
Priz geciktirici / su azaltıcı / akışkanlaştırıcı kimyasal katkı	Su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkının etkisini (asıl işlev) ve priz geciktirici katkının etkisini (tali işlev) birlikte oluşturan kimyasal katkı
Priz geciktirici / yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı	Yüksek oranda su azaltıcı / süper akışkanlaştırıcı katkının etkisini (asıl işlev) ve priz geciktirici katkının etkisini (tali işlev) birlikte oluşturan kimyasal katkı
Priz hızlandırıcı / su azaltıcı / akışkanlaştırıcı kimyasal katkı	Su azaltıcı / akışkanlaştırıcı katkının etkisini (asıl işlev) ve priz hızlandırıcı katkının etkisini (tali işlev) birlikte oluşturan kimyasal katkı

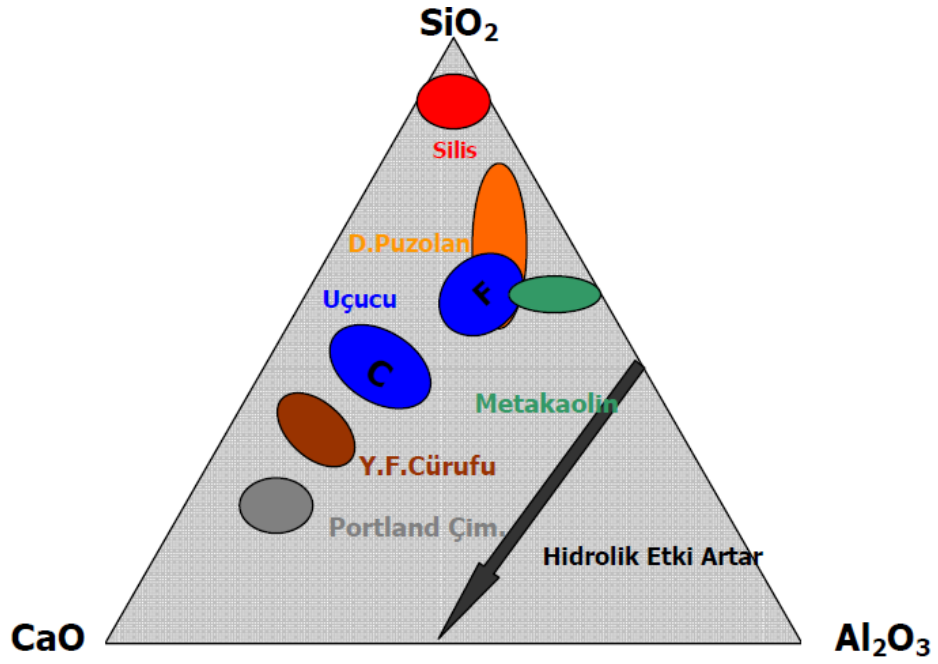
Çizelge 2.12'den görüleceği üzere kimyasal muhtevası *TS EN 197-1* [54] Türk Standardında belirtilmiş 4 tip (CEM II/A-V, CEM II/B-V, CEM II/A-W, CEM II/B-W) portland uçucu küllü çimento bulunmaktadır.

Uçucu küllün beton özelliklerine etkisi, *Çizelge 2.27*'de verilmiştir.





Şekil 2.25 Endüstriyel puzolanlardan örnekler [57]



Şekil 2.26 Mineral katkıların kimyasal muhteva değişimi [67]

Çizelge 2.27 Uçucu külün beton özelliklerine etkisi [55]

Betonun Özelliği	Etkisi
Taze betonun su ihtiyacını	azaltır
Taze betonda tane ayrışmasını	azaltır
Taze betonun işlenebilirliği	artırır
Taze betonun priz süresini	uzatır
Taze betonda kuma veya terlemeyi	azaltır
Taze betonun hidratasyon ısısını	azaltır
Sertleşmiş betonun ilk günkü dayanımını	azaltır
Betonun 90 gün ve daha sonraki dayanımını	artırır
Sertleşmiş betonun su geçirgenliğini	azaltır
Sertleşmiş betonun donma-çözülme direncini	azaltır
Alkali agrega tepkimesini	azaltır
Sülfat direncini	artırır
Sıcak havada beton dökümünü	kolaylaştırır

### Yüksek Fırın Cürufu

Yüksek fırınlarda demir elde edilmesi sürecinde ergimiş metalin üzerinde yüzen puzolanik özellikli atığa/yan ürüne **yüksek fırın cürufu** (eng: blast furnace slag) denilmektedir. Öğütülmemiş hâli yollarda alt, temelde dolgu malzemesi olarak kullanılır [67].

Çizelge 2.12'den görüleceği üzere kimyasal muhtevası *TS EN 197-1* [54] Türk Standardında belirtilmiş 3 tip (CEM III/A, CEM III/B, CEM III/C) yüksek fırın cürufu çimento bulunmaktadır.

### Silis Dumanı

Silisyum metali veya ferrosilisyum (FeSi) alaşımlarının üretimi sırasında kullanılan elektrik ark fırınlarında yüksek saflıktaki kuvarsitin kömür ve odun parçacıklarıyla indirgenmesi sonucu elde edilen çok ince taneli toz malzemeye **silis dumanı** (eng: silica fume) denilmektedir. Fırınların düşük sıcaklıktaki üst bölümlerinde silikon monoksit (SiO) gazı hava ile temas ederek hızlı bir biçimde okside olur ve amorf (camsı) silisyum dioksit (SiO<sub>2</sub>) oluşur. Alaşımdaki silisyum içeriğine bağlı olarak silis dumanındaki SiO<sub>2</sub> miktarı artar [67].

Çizelge 2.12'den görüleceği üzere kimyasal muhtevası *TS EN 197-1* [54] Türk Standardında belirtilmiş 1 tip (CEM II/A-D) portland silis dumanlı çimento bulunmaktadır.

## 2.4 Tasarım ve Uygulama

K/K işlemleri için öncelikle analitik yöntemlerle atığın karakterize edilmesi gerekir. Atığın özelliklerine uygun K/K yöntemi ve özel katkı maddelerinin seçilmesi, atığın bünyesindeki tehlikeli maddelerin/kirleticilerin ön işlemlerle yeterince kararlı hâle getirilmesi ve seçilen yöntemle göre K/K işleminin yapılması izlenmesi gereken yol olmalıdır.

### 2.4.1 Nihai Depolama

Atık, K/K işlemlerinin ardından nihai depolama için düzenli depo sahalarına gönderilebilir. Bu amaçla yapılan bir K/K çalışmasında ana gaye, tehlikeli atığın tehlikelilik özelliklerinin giderilip tehlikesiz atık olarak sınıflanmasının sağlanması olabilir. Her türlü durumda depolama için kanuni şart ve kriterlerin yerine getirilmesi gerekir. Tehlikeli atıkların K/K işlemleri sonucu tehlikesiz hâle gelmesi ile depolanması tehlikeli olarak depolanmaları veya başka bertaraf seçenekleri ile bertaraf edilmelerinden daha ekonomiktir. Bu sebeple atık sadece depolanacak bile olsa K/K işlemlerine tabi tutulması hem çevre ve insan sağlığı açısından daha güvenli hem de maliyet açısından daha ekonomik bir yol olmaktadır. K/K ürünlerinin de karşılanması gereken kanuni depolama kriterleri 2.6 *Mevzuat* başlığı altında verilmiştir.

### 2.4.2 Malzeme Olarak Geri Kazanım

Atığın daha az tehlikeli ve kararlı (stabil) hâle getirilmesinin yanında bir üst seviye çalışma bu atığın K/K işlemleri ile geri dönüşümü yani bir başka işlem için ham madde girdisi olarak kullanılmasıdır. Katılaştırılmış malzemenin özelliklerinin tam manasıyla belirlenerek *Atık Geri Dönüşüm Borsası* [2] gibi seçenekler ile atığın K/K işlemi sonrası geri dönüşümü sağlanabilir.

Bununla beraber K/K ürünleri özelliklerini taşıdıkları takdirde yapılarda yapı malzemesi olarak da kullanılabilir. Kendi başına kullanılabilen, insanların oturma, çalışma, dinlenme, ulaşım, eğlenme ve ibadet etmelerine yarayan, hayvanların ve eşyaların korunmasını sağlayan, karada ve suda, daimi veya geçici, yer altı ve yerüstü inşaatı ile bunların tamirlerini içine alan tesislere *yapı* (eng: building), yapıların inşasında kullanılan malzemelere de *yapı malzemesi* (eng: building material) ismi verilmektedir [55]. Bu bağlamda çimento esaslı K/K işlemlerinde ortaya çıkan katılaştırılmış malzeme



yapı malzemelerinden betona benzediği için beton ve özelliklerinin de bilinmesinde fayda vardır. Aşağıda beton ve özellikleri hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

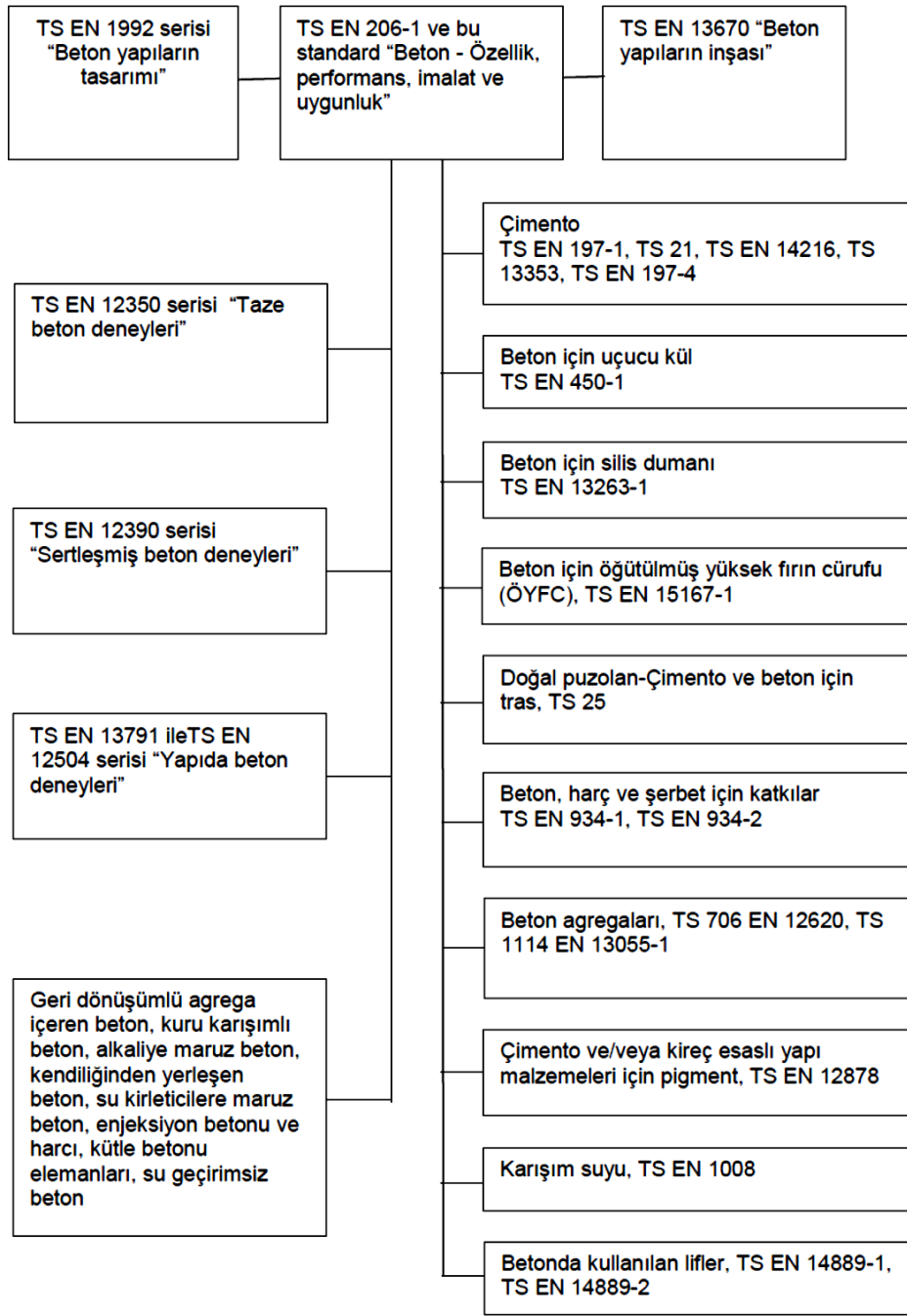
#### 2.4.2.1 Beton ve Özellikleri

Çimento, agrega (kum, çakıl), su ve gerektiğinde katkı maddeleri karıştırılarak elde edilen yapı malzemesine **beton** denir. Agregalar betonun %70-75'ini oluşturmakla beraber bir bağlayıcılık özellikleri yoktur. Sadece doldurma malzemesi olarak kullanılırlar. Beton hazırlanırken agregayı bir arada tutabilmek için çimento, çimentonun hidrasyonunu sağlayabilmesi ve agregaların ıslatılması için de su katılır. Normal beton 160-250 kg/cm<sup>2</sup> veya 16-25 N/mm<sup>2</sup> şeklinde üretilirken özellikleri geliştirilerek 2000 kg/cm<sup>2</sup> yük taşıyabilen hatta daha kaliteli betonlara doğru araştırma geliştirme çalışmaları devam etmektedir [55].

Beton bileşenlerinden çimento *TS EN 197-1*'de [54], agregalardan normal ve ağır agregalar *TS 706 EN 12620+A1*'de, hafif agregalar *TS 1114 EN 13055-1e*, karma suyu *TS EN 1008*'de, kimyasal katkıları *TS EN 934-1* ve *TS EN 934-2*'de tanımlanmıştır.

Sertleşmiş betonda aranan temel husus basınç dayanımıdır. Bunun sebebi kolay ölçülebilmesidir. Basınç dayanımı deneyi sonucu elde edilen rakam dayanımdan ziyade beton kalitesinin bir ölçüsüdür. Aynı zamanda betonun birçok özelliği de basınç dayanımı ile doğrudan alakalıdır. Bunlar; [55]

- Dayanım
- Geçirimsizlik
- Aşınma dayanımı
- Yoğunluk
- Çarpma dayanımı
- Çekme dayanımı
- Sülfatlı sulara karşı dayanıklılık



Şekil 2.27 Beton ve bileşen malzemeler ile deney standartları arasındaki ilişki [68]

### Beton sınıfları

Betonlar da özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. En önemli sınıflandırma özelliklerinden birisi basınç dayanımıdır. Bu sınıflandırma 28 günlük karakteristik basınç dayanımına göre yapılmaktadır. Karakteristik basınç dayanımına göre beton sınıfları *Çizelge 2.28*'de, normal ve ağır beton için basınç dayanımı sınıfları *Çizelge 2.29*'da, hafif beton için basınç dayanımı sınıfları ise *Çizelge 2.30*'da verilmiştir.

Çizelge 2.28 Karakteristik basınç dayanımına göre beton sınıfları [69]

Beton Sınıfı	28 günlük basınç dayanımı MPa (N/mm <sup>2</sup> )	
	Ø:150 mm x h:300 mm ebatlarında silindir dayanımı	150 mm x 150 mm ebatlarında küp dayanımı
C 2/2,5	2,0	2,5
C 4/5	4,0	5,0
C 6/7,5	6,0	7,5
C 8/10	8,0	10,0
C 10/12,5	10,0	12,5
C 12/15	12,0	15,0
C 16/20	16,0	20,0
C 20/25	20,0	25,0
C 25/30	25,0	30,0
C 30/35	30,0	35,0
C 35/40	35,0	40,0
C 40/45	40,0	45,0
C 45/50	45,0	50,0
C 50/55	50,0	55,0

Çizelge 2.29 Normal ve ağır beton için basınç dayanımı sınıfları [44]

Basınç dayanım sınıfı	En düşük karakteristik silindir dayanımı	En düşük karakteristik küp dayanımı
	$f_{ck,sil}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{ck,küp}$ N/mm <sup>2</sup>
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

### Betonun dayanıklılığı

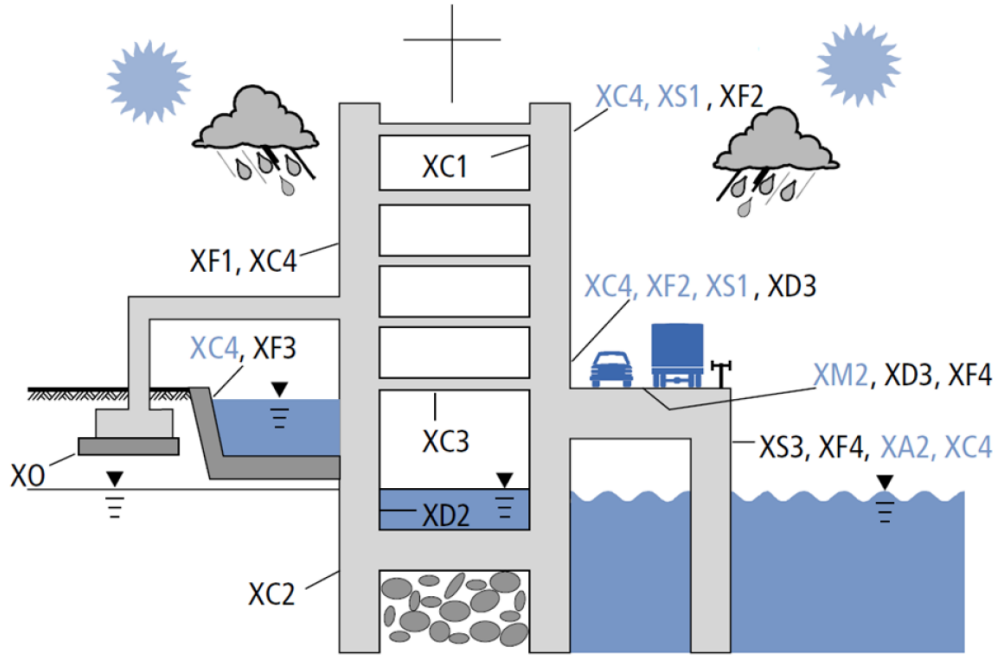
Dayanıklılık betonun özelliklerini dış ve iç etkiler sonucunda zamanla kaybetmemesidir. Dış etkiler; donma etkisi, atmosfer etkisi, zararlı suların etkisi, kullanımdan doğan aşınma ve darbe etkileri olabilir. İç etkiler ise daha çok beton

bileşenlerinden kaynaklanan hacim artışı, ısıl genişleme, rötre, çiçeklenme, nemlenme gibi etkilerdir. Dayanıklılık beton bileşimine ve özellikle çimento miktarına bağlı bir özelliktir [55].

Çizelge 2.30 Hafif beton için basınç dayanımı sınıfları [44]

Basınç dayanım sınıfı	En düşük karakteristik silindir dayanımı	En düşük karakteristik küp dayanımı <sup>a)</sup>
	$f_{ck,sil}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{ck,küp}$ N/mm <sup>2</sup>
LC 8/9	8	9
LC 12/13	12	13
LC 16/18	16	18
LC 20/22	20	22
LC 25/28	25	28
LC 30/33	30	33
LC 35/38	35	38
LC 40/44	40	44
LC 45/50	45	50
LC 50/55	50	55
LC 55/60	55	60
LC 60/66	60	66
LC 70/77	70	77
LC 80/88	80	88

a) Küp ve silindir numune basınç dayanımları arasında yeterli kesinliğe sahip ilişki kurulması ve bu ilişkinin belgelendirilmesi şartıyla, verilen bu dayanımlardan başka değerler de kullanılabilir.



Şekil 2.28 Örnek bir yapının maruz kalabileceği çevresel etki sınıfları [70]

Çizelge 2.31 Çevresel etki sınıfları [44, 68]

<b>Etki sınıfı</b>	<b>Çevrenin tanımı</b>	
<b>1-Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok</b>		
X0	-	Donatı veya gömülü metal bulunmayan beton: Donma-çözülme, aşınma ve kimyasal etkiler haricindeki bütün çevresel etkiler.
<b>2-Karbonatlaşmanın sebep olduğu korozyon</b>		
XC	1	Kuru veya sürekli ıslak
	2	Islak, ara sıra kuru
	3	Orta derecede nemli
	4	Döngülü ıslak ve kuru
<b>3-Deniz suyu haricindeki klorürlerin sebep olduğu korozyon</b>		
XD	1	Orta derecede nemli
	2	Islak, ara sıra kuru
	3	Döngülü ıslak ve kuru
<b>4-Deniz suyundan kaynaklanan klorürlerin sebep olduğu korozyon</b>		
XS	1	Hava ile taşınan tuzlara maruz, ancak deniz suyu ile doğrudan temas etmeyen
	2	Sürekli olarak su içerisinde
	3	Gelgit, dalga ve serpinti bölgeleri
<b>5-Buz çözücü maddenin de bulunduğu veya bulunmadığı donma/çözülme etkisi</b>		
XF	1	Buz çözücü madde içermeyen suyla orta derecede doygun
	2	Buz çözücü madde içeren suyla orta derecede doygun
	3	Buz çözücü madde içermeyen suyla yüksek derecede doygun
	4	Buz çözücü madde içeren su veya deniz suyu ile yüksek derecede doygun
<b>6-Betonun kimyasal etkilere maruz kalması</b>		
XA	1	Az zararlı kimyasal ortam
	2	Orta zararlı kimyasal ortam
	3	Çok zararlı kimyasal ortam
<b>7-Mekanik aşınma etkisi</b>		
XM	1	Orta derecede aşınma
	2	Önemli derecede aşınma
	3	Çok yüksek derecede aşınma
<b>8-Alkali silika reaksiyonu etkisiyle donatının korozyonu</b>		
XW	O	Normal kür işleminin ardından çok kısa süreyle rutubetli kalma dışında, kullanımı boyunca büyük ölçüde kuru kalan beton
	F	Sık sık veya daha uzun süreyle rutubetli ortamlara maruz beton
	A	XWF sınıfındaki şartlara ilave olarak betonun, aynı şartlara alkalilerin de bulunduğu şekilde maruz kalması
	S	Yüksek dinamik yüklerin olduğu ve alkalilerin doğrudan etki ettiği ortamdaki beton

Betona çevreden kaynaklanan etkiler Çizelge 2.32'de verilen etki sınıfları şeklinde tasnif edilebilir. Verilen örnekler bilgi içindir. Beton, Çizelge 2.32'de tarif edilen etkilerin birden daha fazlasına maruz kalabilir ve bu sebeple betonun maruz kaldığı çevre şartlarının, etki sınıflarının birleşimi olarak ifade edilmesi gerekli olabilir.

Çizelge 2.32 Çevresel etki sınıflarının açıklamaları [44, 68]

Sınıf gösterimi	Çevrenin tanımı	Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler
<b>1) Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok</b> Etki sınıfı X0 donatı veya gömülü metal içermeyen bileşenler için hiçbir zararlı etkinin olmadığı çevrelerde kullanılabilir.		
X0	Donatı veya gömülü metal bulunmayan beton: Donma-çözülme, aşınma ve kimyasal etkiler haricindeki bütün çevresel etkiler.	Donatısız ve donma-çözülme etkilerine maruz kalmayan temel betonları; donatısız içyapı elemanları.
<b>2) Karbonatlaşmanın sebep olduğu korozyon</b> Donatı veya diğer gömülü metal ihtiva eden betonun hava ve nem etkisine maruz kaldığı etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır. <b>Not</b> - Burada bahse konu olan nem şartları, donatı veya diğer gömülü metali saran beton örtü tabakası içerisindeki şartlardır. Ancak çoğu durumda beton örtü tabakası şartlarının betonun içerisinde bulunduğu çevre şartlarını yansıttığı kabul edilir. Bu durumda çevre şartlarının sınıflandırılması yeterli olabilir. Beton ve içerisinde bulunduğu çevre arasında bariyer tabaka varsa bu şartlar geçerli olmayabilir.		
XC1	Kuru veya sürekli ıslak	Çok düşük rutubetli havaya sahip ortamdaki donatılı beton. Sürekli olarak, zararlı etkisi olmayan su içerisindeki beton.
XC2	Islak, ara sıra kuru	Su ile uzun süreli temas eden beton bileşenler Su depoları, çoğu temeller (Zararlı etkisi olmayan toprak içerisine tamamen gömülmüş donatılı ve öngerilmeli beton)
XC3	Orta derecede nemli	Orta derecede veya yüksek rutubetli havaya sahip binaların iç kısımlarındaki betonlar Yağmurdan korunmuş, açıkta bulunan betonlar (sundurma tipi binalar, ticari mutfaklar, banyolar, çamaşır odaları, içerdeki yüzme havuzlarının rutubetli odaları, zeminler)
XC4	Döngülü ıslak ve kuru	Yağmura maruz kalan tüm harici beton elemanları.
<b>3) Deniz suyu haricindeki klorürlerin sebep olduğu korozyon <sup>a)</sup></b> Donatı veya diğer gömülü metal ihtiva eden betonun, buz çözücü tuzları da ihtiva eden, deniz suyu haricindeki kaynaklardan gelen klorürleri ihtiva etmesi hâlinde etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.		
XD1	Orta derecede nemli	Trafik alanları nedeniyle hava ile taşınan klorürlere maruz kalan beton yüzeyler; özel garajlar. Buz çözücü maddeler içeren doğrudan serpintilerden uzak olan kemer bölümlerinde donatılı ve ön-gerilmeli beton yüzeyler. Çok az buz çözücü etkisine maruz kalan yapıların bölümleri.
XD2	Islak, ara sıra kuru	Tuzlu su; Klorür içeren suya tamamen batırılmış donatılı ve ön-gerilmeli beton yüzeyler <sup>b)</sup> Yüzme havuzları, klorür içeren endüstriyel sulara maruz betonlar.
XD3	Döngülü ıslak ve kuru	Buz çözücüler veya buz çözücüler içeren serpintilerinden doğrudan etkilenen donatılı ve öngerilmeli yüzeyler (örneğin duvarlar, köprü ayakları, taşıt yolundan 10 m içerdeki kolonlar, korkuluk kemerleri ve taşıt yolu seviyesinden 1 m aşağıda gömülü yapılar, döşemeler ve otopark döşemeleri) <sup>a)</sup>

Çizelge 2.32 Çevresel etki sınıflarının açıklamaları [44, 68] (devam)

Sınıf gösterimi	Çevrenin tanımı	Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler
<b>4) Deniz suyundan kaynaklanan klorürlerin sebep olduğu korozyon</b> Donatı veya diğer gömülü metal ihtiva eden betonun deniz suyunda bulunan klorürlere veya deniz suyundan kaynaklanan tuz taşıyan hava ile temas etmesi hâlinde etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.		
XS1	Hava ile taşınan tuzlara maruz, ancak deniz suyu ile doğrudan temas etmeyen	Sahilde veya sahile yakın yerde bulunan beton yapılar.
XS2	Sürekli olarak su içerisinde	Tamamen daldırılmış ve doymuş kalan donatılı ve öngerilmeli beton; örneğin deniz suyunun altında kalan beton
XS3	Gelgit, dalga ve serpinti bölgeleri	Yüksek gelgit bölgelerinde çamurlu ve püskürtme bölgelerinde iskele duvarları gibi donatılı ve öngerilmeli beton bileşenler
<b>5) Buz çözücü maddenin de bulunduğu veya bulunmadığı donma/çözülme etkisi</b> Betonun, etkili donma/çözülme döngülerine, ıslak durumda maruz kalması hâlinde etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.		
XF1	Buz çözücü madde içermeyen suyla orta derecede doymuş	Tüm dış yapı elemanları.
XF2	Buz çözücü madde içeren suyla orta derecede doymuş	Trafiğin olduğu alanlarda serpinti ve sıçrama yolu ile temas eden XF4 sınıfından farklı olarak buz çözücü maddeler içeren sulara maruz beton bileşenler. Deniz suyunun serpintilerine maruz beton yapılar.
XF3	Buz çözücü madde içermeyen suyla yüksek derecede doymuş	Açık su depoları; gelgit etkisi altındaki tuz içermeyen suya maruz beton bileşenler.
XF4	Buz çözücü madde içeren su veya deniz suyu ile yüksek derecede doymuş	Buz çözücü maddelere maruz yol ve köprü kaplamaları; Buz çözücü tuz ihtiva eden su serpintisine doğrudan ve donma etkisine maruz beton yüzeyler. Deniz yapılarının dalga etkisi altındaki donmaya maruz bölgeleri.
<b>6) Betonun kimyasal etkilere maruz kalması</b> Betonun, Çizelge 2.33'de verilen tabii zeminler ve yer altı sularından kaynaklanan zararlı kimyasal etkilere maruz kalması durumunda etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır. Deniz suyu, coğrafik bölgeye göre sınıflandırılır, bu nedenle betonun kullanılacağı yerde geçerli sınıflandırma uygulanır. Not - XA3 etki sınıfında veya Çizelge 2.33, geçerli etki sınıfının tayini için özel çalışma yapılmasına gerek duyulabilir: Çizelge 2.33'de verilenler dışındaki sınır değerler, diğer zararlı kimyasal maddeler, kimyasal maddelerle kirlenmiş zemin veya su, Çizelge 2.33'de verilen kimyasallarla birlikte yüksek hızda akan su bulunması.		
XA1	Çizelge 2.33'e göre az zararlı kimyasal ortam	Atık su arıtma tesislerinde bulunan depolar; sıvı gübre konteynerleri.
XA2	Çizelge 2.33'e göre orta zararlı kimyasal ortam	Deniz suyu ile temas hâlindeki beton bileşenler; zararlı zeminler üzerindeki beton bileşenler.
XA3	Çizelge 2.33'e göre çok zararlı kimyasal ortam	Endüstriyel atık su arıtma tesisleri; hayvan besleme yemlikleri; baca gazı arıtma ile soğutma kuleleri.
<b>7) Mekanik aşınma etkisi</b> Beton, kullanım esnasında önemli derecede mekanik aşınmaya maruz kalacaksa etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.		
XM1	Orta derecede aşınma	Üzerinde, şişme lastikli araçların hareket ettiği taşıyıcı zeminler veya yüzeyi sertleştirilmiş sanayi tesisine ait zeminler.
XM2	Önemli derecede aşınma	Üzerinde, şişme lastikli veya içi dolu lastikli çatallı yükleyicilerin hareket ettiği taşıyıcı zeminler veya yüzeyi sertleştirilmiş sanayi tesisine ait zeminler.

Çizelge 2.32 Çevresel etki sınıflarının açıklamaları [44, 68] (devam)

Sınıf gösterimi	Çevrenin tanımı	Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler
XM3	Çok yüksek derecede aşınma	Üzerinde, içi dolu lastik veya çelik tekerli çatallı yükleyicilerin hareket ettiği taşıyıcı zeminler veya yüzeyi sertleştirilmiş sanayi tesisine ait zeminler; üzerinde, sık sık paletli araçların hareket ettiği zeminler; hızlı ve türbülanslı akan sulardaki beton su yapıları (enerji kırıcı havuzlar vb.)
<b>8) Alkali silika reaksiyonu etkisiyle donatının korozyonu<sup>c)</sup></b> Betonda alkali silika reaksiyonunun oluşabileceği ortamlarda etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.		
XWO	Normal kür işleminin ardından çok kısa süreyle rutubetli kalma dışında, kullanımı boyunca büyük ölçüde kuru kalan beton	Bina içinde kullanılan yapı bileşenleri; yağmur, yüzey suyu, zemin rutubeti vb. ile temas hâlinde olmayan ve/veya bağıl nemi %80'den daha fazla olan ortam şartlarına sürekli olmayan şekilde maruz kalan bina dışında kullanılan yapı bileşenleri.
XWF	Sık sık veya daha uzun süreyle rutubetli ortamlara maruz beton	Yağmur, yüzey suyu, zemin rutubeti vb.'ye maruz kalan korumasız dış yapı bileşenleri; endüstriyel veya ticari binalarda bulunan ıslak mekânlar, iç mekân yüzme havuzları, çamaşır odaları ve ıslak odalar gibi %80'den daha fazla rutubete sahip ortamlarda kullanılan yapı bileşenleri; sık sık çiğlenme noktasının altındaki sıcaklıklara maruz yapı elemanları (baca delikleri, ısı aktarım merkezleri, hayvan ahırları vb.), en küçük boyutu 0,8 m olan kütle betonu elemanları (herhangi bir rutubeti dikkate almadan)
XWA	XWF sınıfındaki şartlara ilave olarak betonun, aynı şartlara alkalilerin de bulunduğu şekilde maruz kalması	Deniz suyu ile temas hâlindeki yapı bileşenleri; herhangi ilave dinamik yüke maruz olmayan, ancak buz çözücü tuzlarla temas eden yapı bileşenleri (deniz suyunun çarptığı bölgeler; otopark zeminleri ve park için ayrılmış özel alan); alkalilerle temas hâlindeki endüstriyel veya tarımsal yapılarda kullanılan yapı bileşenleri (sıvı gübre konteyneri gibi)
XWS	Yüksek dinamik yüklerin olduğu ve alkalilerin doğrudan etki ettiği ortamdaki beton	Deniz suyu ile temas hâlinde ve yüksek dinamik yüklere maruz beton bileşenler (beton yol yüzeyleri veya döşemeleri gibi)

<sup>a)</sup> Nem koşulu, demir veya diğer gömülü metal bulunan betonun paspayındaki nemle ilişkilidir, fakat birçok durumda, beton paspayındaki koşullar çevreden kaynaklı koşul olarak değerlendirilebilir. Eğer beton ile çevresi arasında bir bariyer varsa, böyle bir etki söz konusu olmaz.

<sup>b)</sup> Bir yüzeyi klorür içeren suya batırılmış, diğer yüzeyi ise havaya maruz kalan donatılı ve öngerilmeli beton elemanları potansiyel olarak daha ciddi koşul altındadır. Özellikle de kuru tarafın yüksek ortam ısısına maruz kaldığı durumlarda söz konusu koşul daha da şiddetlidir. Karşılaşılabilecek muhtemel koşullara uygun bir şartname geliştirmek için, gerekli görüldüğünde, uzman tavsiyesine başvurulmalıdır.

<sup>c)</sup> Alkali silika reaksiyonu riskini önlemek ve zararlı etkisini azaltmak için alınacak önlemler TS 13515 Ek M'de verilmektedir.

Doğal zeminler ve yer altı sularından kaynaklanan kimyasal etkiler için etki sınıflarının sınır değerleri Çizelge 2.33'de verilmiştir. Zararlı kimyasal ortamların Çizelge 2.33'de verilen sınıflaması, doğal zemin ve yer altı suyunun 5-25 °C arasında sıcaklığa sahip olması ve su akış hızının durguna yakın derecede yavaş olması esas alınarak yapılmıştır. Kimyasal özelliğe ait en baskın herhangi tek değer, sınıfı belirler. İki veya daha fazla zararlı kimyasal özelliğin aynı sınıfı belirtmesi durumunda çevre, bir sonraki daha



yüksek sınıfa dâhil olarak alınmalıdır. Ancak bu özel durum için yapılan çalışmanın bir üst sınıf seçmenin gerekli olmadığını göstermesi durumunda bu işlem uygulanmaz.

Çizelge 2.33 Doğal zeminler ve yer altı sularından kaynaklanan kimyasal etkiler için etki sınıflarının sınır değerleri [44, 68]

Kimyasal Özellik	Referans Deney Yöntemi	XA1	XA2	XA3
<b>Yer altı suyu</b>				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	TS EN 196-2	≥ 200 ≤ 600	> 600 ≤ 3000	> 3000 ≤ 6000
pH	TS ISO 4316	≥ 5,5 ≤ 6,5	≥ 4,5 < 5,5	≥ 4,0 < 4,5
CO mg/L (zararlı etkiye sahip)	TS EN 13577	≥ 15 ≤ 40	> 40 ≤ 100	> 100 den doymuş hâle gelinceye kadar
(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) <sup>d</sup> mg/L	ISO 7150-1 veya TS ISO 7150-2	≥ 15 ≤ 30	> 30 ≤ 60	> 60 ≤ 100
Mg <sup>2+</sup> mg/L	TS 6228 EN ISO 7980	≥ 300 ≤ 1000	> 1000 ≤ 3000	> 3000 den doymuş hâle gelinceye kadar
<b>Zemin</b>				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/kg <sup>a</sup> (toplam)	TS EN 196-2 <sup>b</sup>	≥ 2000 ≤ 3000 <sup>c</sup>	> 3000 <sup>c</sup> ≤ 12000	> 12000 ≤ 24000
Asitlik mL/kg	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	Uygulamada dikkate alınmaz	

<sup>a</sup> Geçirgenliği (permeabilitesi) 10<sup>-5</sup> m/s'den daha düşük olan kil zeminler bir aşağı sınıfa geçirilebilirler.

<sup>b</sup> Deney yönteminde, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>'ün hidroklorik asitle ekstraksiyonu tarif edilmiştir; Alternatif olarak, betonun kullanılacağı yerde yapılıyorsa, su ile açığa çıkarma yöntemi de kullanılabilir.

<sup>c</sup> İslanma kuruma döngüleri veya kapiler emme nedeniyle, betonda sülfat iyonu birikimi tehlikesi olan yerlerde 3000 mg/kg olan sınır 2000 mg/kg'a indirilir.

<sup>d</sup> NH<sub>4</sub><sup>+</sup>'ün içeriğine bakılmadan, sıvı gübre XA1 çevre etki sınıfı olarak sınıflandırılabilir.

## 2.5 Testler

Herhangi bir madde veya malzemenin tanımlanması (karakterizasyonu) için yapılan deneylere özellik testleri, madde veya malzemeye uygulanan işlemin ne derece başarılı olduğunun sınanması gayesiyle yapılan deneylere de başarımlar (performans) testleri denir. Katılaştırılmış malzeme de dâhil olmak üzere bir malzeme hakkında bilgi sahibi olabilmek için fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bilinmesinde fayda vardır. K/K işlemlerinde de atığın karakterizasyonu ve işlemin performansının belirlenmesi gayesiyle bu testlerden uygun olanları uygulanabilmektedir.

Herhangi bir madde veya malzemeye uygulanabilecek genel özellik ve başarımlar test grupları Çizelge 2.34'de verilmiştir.

Çizelge 2.34 Malzemeler için genel özellik ve başarımlar test grupları [42]

Özellik/Test Ana Grubu	Özellik/Test Grubu
Fiziksel	Genel Özellik Deneyleri Yığın Yoğunluk Deneyleri Sıkıştırma Deneyleri Geçirgenlik Deneyleri Gözeneklilik Deneyleri Mukavemet Testleri Genel Beton/Toprak Çimento Deneyleri Dayanıklılık Deneyleri Özütleme Deneyleri Mikroözellik Deneyleri
Kimyasal	Analitik Deneyler İnorganik Deneyler Organik Deneyler
Biyolojik	Biyobozunma Testleri Biyodenyeler
Karışık	Çevre Şartlarına Dayanıklılık Deneyleri

### 2.5.1 Fiziksel Testler

Malzemelere uygulanabilecek birçok fiziksel özellik ve başarımlar testi mevcut olup bunlardan en çok kullanılanları hakkındaki bilgiler Çizelge 2.35’de verilmiştir.

Çizelge 2.35 Malzemeler için genel fiziksel özellik ve başarımlar testleri [29, 31, 42, 52, 53, 62]

Test	Yöntem <sup>(a)</sup>	Malzeme Uygulama <sup>(b)</sup>			Amaç	Test Uygulama <sup>(c)</sup>		
		U	S	L		R	I	E
<i>Genel Özellik Deneyleri</i>								
Nem muhtevası	ASTM D2216	X	X		Bir malzemedeki serbest su yüzdesini belirlemek için			X
Dane boyut analizi	ASTM D422	X	X		Malzemenin parçacık boyut dağılımını belirlemek için			X
Bağıl yoğunluk	ASTM D854	X	X	X	Ham veya K/K işlemi görmüş atığın bağıl yoğunluğunun belirlenmesi için			X
Askıda katılar	SM-2540D			X	Sıvılarda çözünmemiş katıların miktarını belirlemek için			X
Boya filtre deneyi (Paint Filter Test PFT)	USEPA SW-846 9095B		X		Serbest sıvıların mevcudiyetini belirlemek için	X		X
Sıvı yayılım deneyi (Liquid Release Test LRT)	USFR <sup>(c)</sup> ; USEPA SW-846 9096		X		Basınç altındaki serbest sıvıların mevcudiyetini belirlemek için	X		X
Atterberg limitleri	ASTM D4318	X	X		Bir malzemenin su içeriğinin bir fonksiyonu olarak kritik eğim ve taşıma kapasitesini tanımlamak için			X
Görsel gözlem	USEPA <sup>(d)</sup>		X		K/K işlemi görmüş atığın genel görünümünü tanımlamak için			X

Çizelge 2.35 Malzemeler için genel fiziksel özellik ve başarımlar testleri [29, 31, 42, 52, 53, 62] (devam)

Test	Yöntem <sup>(a)</sup>	Malzeme Uygulama <sup>(b)</sup>			Amaç	Test Uygulama <sup>(c)</sup>		
		U	S	L		R	I	E
<i>Yığın Yoğunluk Deneyleri</i>								
Yığın yoğunluğu (drive-cylinder method)	ASTM D2937	X			Yoğunluk ve nem muhtevasını yerinde belirlemek için			X
Yığın yoğunluğu (sand cone method)	ASTM D1556	X			Yığın yoğunluğu belirlemek için			X
Yığın yoğunluğu (nuclear method)	ASTM D6938	X			Yerinde nemli toplam yoğunluğu belirlemek için			X
<i>Sıkıştırma Deneyleri</i>								
Yoğunluk-su muhtevası (Proctor test)	ASTM D698; ASTM D558; ASTM D1557	X			Malzemenin yoğunluğu ile nem muhtevası arasındaki ilişkiyi belirlemek için			X
<i>Geçirgenlik Deneyleri</i>								
Geçirgenlik	USEPA SW-846 9100	X	X		Malzeme gibi toprak içinden su geçiş hızını ölçmek için			X
Hidrolik iletkenlik	ASTM D5084; USEPA SW-846 9100				Bir sıvının K/K işlemi görmüş atığın içinden geçiş hızını ölçmek için			
<i>Gözeneklilik Deneyleri</i>								
Cıva sızması	TS 4379 EN 993-17; EN 993-17; ASTM C493 <sup>(e)</sup>	X	X		Toplam gözeneklilik ve gözenek dağılımını ölçmek için			X
Su veya mineral yer değiştirmesi	TS 4852; ASTM C830	X	X		Gözeneklilik ve bağlı yoğunluk ölçmek için			X
Helyum yer değiştirmesi	Hannak <sup>(f)</sup>	X	X		Gözeneklilik ölçmek için			X
<i>Mukavemet Testleri</i>								
Kohezyonlu zeminlerin serbest basınç dayanımı	TS 1900-2; ASTM D2166/D2166M	X	X		Toprağın ne kadar sıkı olduğunu değerlendirmek için (tıpkı baskı altındaki malzemelerin davranışı gibi)	X	X	
Daldırma tip basınç dayanımı testi	Kasten <sup>(g)</sup>	X	X		Bir malzemenin ıslakken ki mukavemetini değerlendirmek için		X	X
Serbest basınç dayanımı (silindirik)	ASTM D1633		X		Çimentonun malzemeler gibi basınç altındaki davranışını değerlendirmek için	X	X	
Hidrolik çimento harçlarının basınç dayanımı	ASTM C109/C109M		X		Hidrolik çimento harçlarının basınç dayanımını ölçmek için	X	X	
Üç eksenli basınç dayanımı	TS 1900-2; ASTM D2850	X	X		Malzemenin konsolide olmayan yanal gücünü ölçmek için		X	
Eğilme dayanımı	ASTM D1635/D1635M		X		Bir malzemenin stres altındaki elastik deformasyonunu değerlendirmek için		X	X
Koni indeksi	ASTM D3441 <sup>(e)</sup>	X	X		Bir malzemenin sertliğini değerlendirmek için		X	
Basınç dayanımı	TS EN 12390-3		X		Bir malzemenin bütünlüğünü bozulmadan koruyabildiği en büyük basıncın bulunması için		X	X

Çizelge 2.35 Malzemeler için genel fiziksel özellik ve başarımlar testleri [29, 31, 42, 52, 53, 62] (devam)

Test	Yöntem <sup>(a)</sup>	Malzeme Uygulama <sup>(b)</sup>			Amaç	Test Uygulama <sup>(c)</sup>		
		U	S	L		R	I	E
<i>Genel Beton/Toprak Çimento Deneyleri</i>								
Hidratasyon ısı	ASTM C186	X			VOC emisyonlarını tahmin etmek amacıyla karıştırma esnasında sıcaklık değişimlerini ölçmek için			X
Sahada beton numunelerinin yapılması ve kürlenmesi	TS EN 12350-1; EN 12350-1; ASTM C31/C31M	X			Saha şartlarında K/K işlemi görmüş atık hazırlamak		X	X
Laboratuvarda beton numunelerinin yapılması ve kürlenmesi	TS EN 12390-2; EN 12390-2; ASTM C192/C192M	X			Laboratuvar şartlarında K/K işlemi görmüş atık hazırlamak		X	X
K/K işlemi görmüş atığın yığın yoğunluğu	WTC-BD	X			K/K işlemi görmüş yekpare bir atığın yığın yoğunluğunu belirlemek için		X	X
<i>Dayanıklılık Deneyleri</i>								
Islak / kuru ayrışma (WDW)	ASTM D4843	X			Tekrarlanan ıslak-kuru çevrimlerinin ardından malzemelerin nasıl davranacağını belirlemek için		X	X
Toprak-çimento karışımlarının donma ve çözülmesi	ASTM D4842 <sup>(d)</sup>	X			Tekrarlanan donma-çözünme çevrimlerinin ardından malzemelerin nasıl davranacağını belirlemek için		X	X
Isıl çevrim	ASTM B553 <sup>(e)</sup>	X			Termal çevrimin etkisini belirlemek için		X	X

<sup>(a)</sup> Yöntemler hakkında bilgi için ilgili kuruluşun internet sayfasına bakınız.

<sup>(b)</sup> U: İşlenmemiş örnek, S: K/K uygulanmış örnek, L: Sulu örnek

<sup>(c)</sup> R: Yasal gereklilik, I: K/K işlemi için bilgi, E: Deney programı

<sup>(d)</sup> USFR, 51 FR 46828, December 24, 1986. [www.epa.gov/epawaste/hazard/tsd/permit/tsd-regs/frns/51fr46824.pdf](http://www.epa.gov/epawaste/hazard/tsd/permit/tsd-regs/frns/51fr46824.pdf)

<sup>(e)</sup> USEPA, 1990, Technology Evaluation Report, Vol. I, EPA/540/5-89/005a, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001NRZ.txt>

<sup>(f)</sup> Yürürlükte olmayan iptal standart olup bilimsel çalışmalar için kullanılabilir.

<sup>(g)</sup> Hannak P., Liem A.J., 1986, "Development of New Methods for Solid Waste Characterization", International Seminar on the Solidification and Stabilization of Hazardous Wastes, Baton Rouge, Louisiana, April, USA.

<sup>(h)</sup> Kasten J.L., Godbee H.W., Gilliam T.M., Osborne S.C., 1989, "Round I Phase I Waste Immobilization Technology Evaluation", ORNL/TM (Draft), Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, USA.

Bununla birlikte malzemelerin başlıca fiziksel özellikleri arasında birim ağırlık, özgül ağırlık, porozite, kompasite, su emme, doyma derecesi, geçirimsizlik, rötre ve şişme, kılcal su emme gibi özellikler, başlıca teknolojik özellikleri arasında aşınma, şekil değişimi, kırılma, çarpma, sertlik, yorulma ve sünme gibi özellikler [55] ve iç yapı incelemesi için mikroözellikler de bulunmaktadır.

Bir K/K işleminin en önemli fiziksel başarımların göstergesi testlerinden biri basınç dayanımı deneyidir. Bu tez çalışması kapsamında yapılan katılaştırma işleminin başarımlarının ölçülmesi için basınç dayanımı deney yöntemi olarak *TS EN 12390-3* [71] standardı tercih edilmiş ve kullanılmıştır.

### **2.5.1.1 Basınç Dayanımı**

Basınç dayanımı, malzemelerin basınç altında gösterdikleri direnç ile malzemenin dayanıklılığı üzerine derecelendirme yapmak için kullanılır. Malzemeye göre ön işlemler farklı olsa da prensipte yöntem aynıdır. Uygun şekilde hazırlanmış malzeme basınç deney makinesinin çeneleri arasına yerleştirilir ve malzemeye kuvvet uygulanır. Basınç dayanımı; malzemenin uygulanan kuvvete dayanamayıp kırıldığı (fiziksel bütünlüğünün bozulduğu) andaki uygulanan kuvvetin, kuvvetin uygulandığı alana bölünmesi ile hesaplanarak bulunur. Çimentoların basınç dayanımı *TS EN 196-1* [56] standardına göre, betonların basınç dayanımı ise *TS EN 12390-3* [71] standardına göre tespit edilir.

*TS EN 196-1* [56] standardı, boyutları 40 mm x 40 mm x 160 mm olan prizma şekilli deney numunelerinin basınç dayanımlarının ve isteğe bağlı olarak eğilme dayanımlarının tayinini kapsar. Numuneler, kütlece 1 kısım çimento, 3 kısım CEN Standard Kumu<sup>3</sup> ile 0,5 kısım sudan (su/çimento oranı 0,50) oluşan taze harcın kalıplara yerleştirilmesi ile oluşturulur. Referans işlemlerde harç, mekanik karıştırma ile hazırlanır ve bir sarsma makinesi kullanılarak kalıp içinde sıkıştırılır. Numuneler, rutubetli bir ortamda 24 saat boyunca bekletilir ve kalıptan çıkarıldıktan sonra dayanım deneyine tabi tutuluncaya kadar su içinde tutulur. Numuneler, gerekli yaşa ulaşınca içerisinde tutuldukları sudan çıkartılır, gerekli hâllerde eğilme dayanımı da tayin edilmek suretiyle eğilme yoluyla kırılarak veya prizma şekilli numune parçalarında zararlı gerilmeler oluşturmayacak uygun bir başka işlemlle ikiye bölünür. Her bir parçaya basınç dayanımı tayini deneyi uygulanır.

*TS EN 12390-3* [71] standardı ise beton ve benzeri nitelikteki malzemelerin basınç dayanımlarının tayinini kapsar. Deney, numunelerin basınç deney makinesinin kuvvet uygulayan çeneleri arasına yerleştirilmesi ve malzeme kırılıncaya kadar kuvvetin (yükün) artırılması şeklinde uygulanır. Deney sonucunda basınç dayanımı ise, *Denklem 2.1'* de verilen bağıntı kullanılarak hesaplanır.

<sup>3</sup> CEN Standart Kumu, *TS EN 196-1* [56] standardında tarif edilen standart bir kumdur.

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad (2.1)$$

Burada;

$f_c$  : Basınç dayanımı, MPa (N/mm<sup>2</sup>)

F : Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, N

$A_c$  : Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, mm<sup>2</sup> dir.

Basınç dayanımı, en yakın 0,1 MPa'a (N/mm<sup>2</sup>) yuvarlatılarak gösterilir.

Deneyin standart uygulamasında; numunelerin hazırlanışında *TS EN 197-1* [54] standardında yer alan çimentolar kullanılmalı, numuneler *TS EN 12350-1* [72] standardına uygun olarak alınmalı ve *TS EN 12390-1* [73] standardında tarif edilen biçim ve boyutlarda *TS EN 12390-2* [74] standardına uygun olarak hazırlanmalı ve *TS EN 12390-4* [75] standardına uygun basınç deney makinesi kullanılarak deney gerçekleştirilmelidir.

## 2.5.2 Kimyasal Testler

Malzemelere uygulanabilecek birçok kimyasal özellik ve başarımlı testi mevcut olup bunlardan en çok kullanılanları hakkındaki bilgiler *Çizelge 2.36*'da verilmiştir.

Çizelge 2.36 Malzemeler için genel kimyasal özellik ve başarımlı testleri [29, 31, 42, 52, 53, 62]

Test	Yöntem <sup>(a)</sup>	Malzeme Uygulama <sup>(b)</sup>			Amaç	Test Uygulama <sup>(c)</sup>		
		U	S	L		R	I	E
pH (sıvı)	USEPA SW-846 9040C			X	pH değerinin belirlenmesi için	X	X	X
pH (katı ve atık)	USEPA SW-846 9045D	X	X		Tehlikeli bileşenlerin sızabilirlikleri pH'nın kontrolünde olduğundan pH değerinin belirlenmesi için	X	X	X
Yükseltgenme/İndirgenme potansiyeli (Eh)	ASTM D1498			X	Sızıntı suyu Eh'sı kimyasal bileşimlerin muhtemel kararlılıklarını gösterebilir			X
Ana oksit bileşenler	ASTM C114			X	K/K atığının mineralojisi sızma testi sonuçlarının yorumlanmasına yardımcı olabilir		X	X
Toplam Organik Karbon (TOC)	USEPA SW-846 9060A	X	X	X	Atık ve işlenmiş katılardaki organik karbonun yaklaşık olarak belirlenmesi için			X

Çizelge 2.36 Malzemeler için genel kimyasal özellik ve başarımlar testleri [29, 31, 42, 52, 53, 62] (devam)

Test	Yöntem <sup>(a)</sup>	Malzeme Uygulama <sup>(b)</sup>			Amaç	Test Uygulama <sup>(c)</sup>		
		U	S	L		R	I	E
Yağ ve gres - çamur - sıvılar	USEPA SW-846 9071B; USEPA CWA 1664B; ASTM D7575	X	X		Ham ve işlenmiş atıktan sızabilir yağ ve gresi karşılaştırmak için kullanılabilir		X	
Elektrik geçirgenliği	USEPA CWA 120.1; USEPA SW-846 9050A			X	Kullanılan su ile sızıntı suyundaki iyon konsantrasyonlarını karşılaştırmak için			X
Asit Nötralizasyon Kapasitesi (ANC)	WTC-ANC	X	X		K/K işlemi görmüş atıkların pH tamponlama kapasitesini belirlemek için			X
Genelleştirilmiş Asit Nötralizasyon Kapasitesi (devam) (GANC)	Isenburg <sup>(c)</sup>	X	X		K/K işlemi görmüş atıkların pH tamponlama kapasitesini belirlemek için			X
Alkalinite	USEPA CWA 310.2			X	Bir çözeltinin asidi nötralize etme yeteneğini göstermek için	X	X	
Toplam Çözünmüş Katı (TDS)	USEPA-NERL 106.1; SM-2540C			X	Sızıntı suyundaki çözünmüş katıların ölçmek için	X	X	
Reaktif Siyanit	USEPA SW-846 9014	X	X	X	Zararlı/tehlikeli dumanların oluşum ihtimalini belirlemek için	X	X	X
Reaktif sülfid	USEPA SW-846 9034	X	X	X	Zararlı/tehlikeli dumanların oluşum ihtimalini belirlemek için	X	X	X
Silika agregalarının reaktifliği	TS 2517; ASTM C289	X			Agregalardaki muhtemel alkali-silika tepkimelerini değerlendirmek için	X	X	
Metal analizleri	USEPA SW-846 3010A, 3020A, 3050B, 6010C, 7000B	X	X	X	Ham veya işlenmiş atıkta yahut TCLP sızıntı suyunda metal içeriğini tanımlamak için kullanılır	X	X	X
Uçucu Organik Bileşikler (VOCs)	USEPA SW-846 5021, 5030B, 5031, 5032, 5035, 8260B, 8261	X	X	X	Ham veya K/K işlemi görmüş atıklarda VOC konsantrasyonunu tanımlamak için kullanılır	X	X	X
Baz, nötr ve asit (BNA) organik bileşenler	USEPA SW-846 3510C, 3520C, 3540C, 8270D	X	X	X	Atık yahut ham veya işlem görmüş atıklardan elde edilen atık özütü veya sızıntı suyunun BNA konsantrasyonunu değerlendirmek için	X	X	X
Poliklorlu Bifeniller (PCBs)	USEPA SW-846 3520C, 3540C, 8082A; USEPA CWA 608	X	X	X	Ham veya işlem görmüş atıktaki PCB konsantrasyonunun tanımlanmasında kullanılır	X	X	X
Cıva	USEPA SW-846 7470A			X	Atık veya atık sızıntı suyundaki cıva miktarının belirlenmesi için	X	X	X

Çizelge 2.36 Malzemeler için genel kimyasal özellik ve başarımlar testleri [29, 31, 42, 52, 53, 62] (devam)

Test	Yöntem <sup>(a)</sup>	Malzeme Uygulama <sup>(b)</sup>			Amaç	Test Uygulama <sup>(c)</sup>		
		U	S	L		R	I	E
Pestisitler	USEPA SW-846 3510C, 8081B, 8082A			X	Atık veya atık sızıntı suyundaki pestisit miktarının belirlenmesi için	X	X	X
Herbisitler	USEPA SW-846 8151A			X	Atık veya atık sızıntı suyundaki herbisit miktarının belirlenmesi için	X	X	X
İyon ölçümleri	SM-4110			X	Sulu çözeltiler içinde anyonik türlerin konsantrasyonunu belirlemek için kullanılır			X
<u>Kirlenici varlığı</u>					K/K işlemi ve başarımlarını olumsuz etkileyebilecek içeriklerin varlığını göstermek için kullanılır		X	X
Yağ ve gres	USEPA SW-846 9071	X	X	X				
Potasyum	USEPA SW-846 3050B, 6010C	X	X	X				
Sodyum	USEPA SW-846 3050B, 6010C	X	X	X				
Florür	USEPA CWA 300.0	(d)	(d)	X				
Klor	USEPA CWA 300.0	(d)	(d)	X				
Ortafosfat	USEPA CWA 365.1	(d)	(d)	X				
Amonyak	USEPA CWA 350.1; USEPA CWA 350.2	(d)	(d)	X				
Nitrat	USEPA CWA 300.0	(d)	(d)	X				
Sülfat	USEPA CWA 300.0	(d)	(d)	X				

(a) Yöntemler hakkında bilgi için ilgili kuruluşun internet sayfasına bakınız.

(b) U: İşlenmemiş örnek, S: K/K uygulanmış örnek, L: Sulu örnek

(c) R: Yasal gereklilik, I: K/K işlemi için bilgi, E: Deney programı

(c) Isenburg J., Morre M., 1992, "Generalized Acid Neutralization Capacity Test" Proceedings of Second International Symposium on Stabilization/Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes, 29 May-1 June 1990, Williamsburg, Virginia, USA, ASTM STP1123. <https://dx.doi.org/10.1520/STP1123-EB>

(d) Özütleme veya sindirme gerekli

Kimyasal testler içerisinde bir grup test vardır ki malzemenin kimyasal dayanıklılığının bir ölçüsü olup K/K işlemleri için de ayrıca incelenmesi gereken önemli bir test grubudur. Bu testler özütleme testleri olup aşağıda açıklanmıştır.



### 2.5.2.1 Özütleme Testleri

**Özütleme**, **çıkartım** veya **ekstraksiyon** (*eng*: extraction), bir karışımdaki ögelerden birini uygun bir sıvıda seçimli olarak çözüp diğerlerinden ayırma işlemine verilen isimdir. Özütleme şartları farklılık arz ettiği için zaman içerisinde çok çeşitli test yöntemleri geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Kullanılmış olan bu özütleme testleri *Çizelge 2.37*'de, özütleme test şartları ise *Çizelge 2.38*'de verilmiştir.

Çizelge 2.37 Özütleme testleri [29, 31, 42, 52, 53, 62]

Test	Yöntem <sup>(a)</sup>	Malzeme Uygulama <sup>(b)</sup>			Amaç	Test Uygulama <sup>(c)</sup>		
		U	S	L		R	I	E
<i>Çalkalamalı Özütleme Testleri</i>								
Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) ( <i>tur</i> : Zehirlilik Özellikleri Sızma İşlemi)	USEPA SW-846 1311	X	X	X	Zehirlilik verilerini yasal değerler ile karşılaştırmak için (ABD'de RCRA gereksinimidir.)	X	X	
Extraction Procedure Toxicity (EP Tox) Test ( <i>tur</i> : Zehirlilik Özütleme İşlemi)	USEPA SW-846 1310B	X	X	X	Sızıntı suyu konsantrasyonlarını değerlendirmek için (ABD'de RCRA gereksinimidir.)	X	X	
TCLP "Cage" Modification ( <i>tur</i> : Değiştirilmiş TCLP Kafes)	USFR <sup>(c)</sup>		X		TCLP testinin değerlendirilmesine niteliksel katkı.		X	X
California Waste Extraction Test (Cal WET) ( <i>tur</i> : Kaliforniya Atık Özütleme Deneyi)	California Code <sup>(d)</sup>	X	X	X	Metaller için TCLP'den daha güçlü sızma testi sağlamak için (ABD Kaliforniya'da yasal gerekliliktir.)	X	X	
Synthetic Precipitation Leach Test (SPLP) ( <i>tur</i> : Sentetik Yağış Sızdırma Deneyi)	USEPA SW-846 1312	X	X		Asit yağmurlarına maruz atıklar için (ABD'de RCRA gereksinimidir.)		X	X
Agitated Powder Leach Test ( <i>tur</i> : Çalkalamalı Toz Sızdırma Deneyi)	MCC-3S	X	X		Çalkantılı akış içindeki bütün numunenin sızma direncini değerlendirmek için	X	X	
Shake Extraction Test ( <i>tur</i> : Sallamalı Özütleme Deneyi)	TS 9394; ASTM D3987	X	X		Hızlı bir şekilde bir sulu ekstrakt elde etmeyi sağlamak için	X	X	
Acid Neutralization Capacity (ANC) Test ( <i>tur</i> : Asit Nötralizasyon Kapasitesi Deneyi)	WTC-ANC	X	X	X	Bir malzemenin asidi nötralize edebilme yeteneğinin ölçülmesi için	X	X	
<i>Çalkamasız Özütleme Testleri</i>								
Static Leach Test ( <i>tur</i> : Durağan Sızdırma Deneyi)	ASTM C1220		X		Statik akış içindeki bütün numunenin sızma direncini değerlendirmek için	X	X	
Static Leach Test ( <i>tur</i> : Durağan Sızdırma Deneyi)	MCC-1P		X		Statik akış içindeki bütün numunenin sızma direncini değerlendirmek için	X	X	

Çizelge 2.37 Özütleme testleri [29, 31, 42, 52, 53, 62] (devam)

Test	Yöntem <sup>(a)</sup>	Malzeme Uygulama <sup>(b)</sup>			Amaç	Test Uygulama <sup>(c)</sup>		
		U	S	L		R	I	E
High Temperature Static Leach Test ( <i>tur</i> : Yüksek Sıcaklıklı Durağan Sızdırma Deneyi)	MCC-2P	X			Statik akış içindeki bütün numunenin sızma direncini değerlendirmek için	X	X	
Monofilled Waste Extraction Procedure (MWEPE) ( <i>tur</i> : Tekdolgulu Atık Özütleme İşlemi)	USEPA SW-924 <sup>(e)</sup>	X			Düşük hızlı doygun bölgede atık bertarafı için	X	X	
Equilibrium Leach Test (ELT) ( <i>tur</i> : Dengesel Sızdırma Deneyi)	WTC-ELT	X	X		En fazla sızıntı suyu sağlamak için	X	X	
<i>Ardışık Kimyasal Özütleme Testleri</i>								
Sequential Batch Extraction Test ( <i>tur</i> : Ardışık Özütleme Deneyi)	ASTM D5284	X	X		Özütleme kapasitesini değerlendirmek için	X	X	
Sequential Extraction Test (SET) ( <i>tur</i> : Ardışık Özütleme Deneyi)	Bishop <sup>(f)</sup>	X	X		Çoklu özütleme ile tamponlama kapasitesini değerlendirmek için	X	X	
Sequential Chemical Extraction Test (SCET) ( <i>tur</i> : Ardışık Kimyasal Özütleme Deneyi)	WTC-SCET	X	X		K/K işlemi görmüş atıklarda metal ve organiklerin tutunmasını değerlendirmek için	X	X	
<i>Dinamik Testler, Seri</i>								
Multiple Extraction Procedure (MEP) ( <i>tur</i> : Çoklu Özütleme İşlemi)	USEPA SW-846 1320	X	X	X	Asidik şartlar altında atık sızmasını değerlendirmek için	X	X	
Leaching Test ( <i>tur</i> : Sızma Deneyi)	EN 12457-(1-4); TS EN 12457-(1-4)	X	X		Özütleme kapasitesini değerlendirmek için	X	X	
Availability Test ( <i>tur</i> : Ulaşılabilirlik Testi)	NEN 7341 <sup>(g)</sup>		X			X	X	
<i>Dinamik Testler, Akış-etrafından</i>								
American Nuclear Society (ANS) Leach Test ( <i>tur</i> : Amerikan Nükleer Cemiyeti Sızdırma Deneyi)	ANSI/ANS/16.1		X		K/K işlemi görmüş atıkların mukayesesinde bir difüzyon katsayısı oluşturmak için	X	X	
Monolithic Diffusion Test ( <i>tur</i> : Yekpare Difüzyon Deneyi)	NEN 7345 <sup>(g)</sup>		X		Yekpare parçanın özütleme kapasitesinin belirlenmesi için		X	
Leach Test ( <i>tur</i> : Sızdırma Deneyi)	ISO 6961		X		Özütleme sınırının belirlenmesi için		X	
<i>Dinamik Testler, Akış-içinden</i>								
Dynamic Leach Test (DLT) ( <i>tur</i> : Dinamik Sızdırma Deneyi)	WTC-DLT		X		K/K işlemi görmüş bir atığa has difüzyon katsayısı tahmin etmek için	X	X	
Column Leach Test ( <i>tur</i> : Kolon Sızdırma Deneyi)	ASTM D4874		X		Kolon şeklinde sızdırma kapasitesinin belirlenmesi için		X	

Çizelge 2.37 Özütleme testleri [29, 31, 42, 52, 53, 62] (devam)

Test	Yöntem <sup>(a)</sup>	Malzeme Uygulama <sup>(b)</sup>			Amaç	Test Uygulama <sup>(c)</sup>		
		U	S	L		R	I	E
Column Test ( <i>tur</i> : Kolon Deneyi)	NEN 7374 <sup>(g)</sup>	X			Sızma kapasitesinin belirlenmesi için	X		
<i>Dinamik Testler, Soklet</i>								
Soxhlet Leach Test ( <i>tur</i> : Soklet Sızdırma Deneyi)	MCC-5S	X			Sürekli yenilenen saf sızdırma suyunda bütün numunenin sızma direncini değerlendirmek için	X	X	

<sup>(a)</sup> Yöntemler hakkında bilgi için ilgili kuruluşun internet sayfasına bakınız.

<sup>(b)</sup> U: İşlenmemiş örnek, S: K/K uygulanmış örnek, L: Sulu örnek

<sup>(c)</sup> R: Yasal gereklilik, I: K/K işlemi için bilgi, E: Deney programı

<sup>(d)</sup> USFR, 53 FR 18792, May 24, 1988. <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10003POJ.txt>

<sup>(e)</sup> California Code Title 22, Article 11, pp. 1800.75-1800.82.

<sup>(f)</sup> USEPA, SW-924, Solid Waste Leaching Procedure, 1984.

<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000OL4A.txt>

<sup>(f)</sup> Bishop, P.L., "Prediction of Heavy Metal Leaching Rates from Stabilization/Solidification Hazardous Wastes", Toxic and Hazardous Wastes: Proceedings of the Eighteenth Mid-Atlantic Industrial Waste Conference, Technomic Publishing, USA, 1986.

<sup>(g)</sup> Netherlands Standardization Institute (NEN) (*tur*: Hollanda Standartlar Enstitüsü), <http://www.nen.nl/>

NEN 7341:1995, <http://www.nen.nl/NEN-Shop/Norm/NEN-73411995-nl.htm>

NEN 7345:1995, <http://www.nen.nl/NEN-Shop/Norm/NEN-73451995-nl.htm>

NEN 7374:2004, <http://www.nen.nl/NEN-Shop/Norm/NEN-73742004-nl.htm>

Çizelge 2.38 Özütleme test şartları [27, 29, 31, 42]

Test Yöntemi	Sızma Ortamı	Sıvı:Katı Oranı	Parçacık Boyutu	Özütleme Sayısı	Özütleme Süresi
TCLP	Asetat tamponu <sup>(a)</sup>	20:1	< 9,5 mm	1	18±2 saat
EP Tox	0,04 M asetik asit (pH 5,0)	16:1-20:1	< 9,5 mm	1	24 saat
TCLP "cage"	Asetat tamponu <sup>(a)</sup>	20:1	<sup>(b)</sup>	1	18 saat
Cal WET	0,2 M sodyum sitrat (pH 5,0) veya Cr <sup>6+</sup> lı su	10:1	< 2,0 mm	1	48 saat
SPLP	<sup>(c)</sup>	20:1	< 9,5 mm	1	18 saat
MCC-3S	<sup>(c)</sup>	10:1	Yarısı <0,044 mm, yarısı 0,074-0,149 mm arası	1	Her bir numune için 28, 56, 91, 182, 273 ve 364 gün
ASTM D3987	Deiyonize su	20:1	Alındığı şekliyle parçacık veya bütün	1	18 saat
ANC Test	Artan güçte nitrik asit çözeltisi	3:1	< 150 µm	1	Özütleme başına 48 saat
MCC-1P, MCC-2P	<sup>(c)</sup>	<sup>(d)</sup>	Yekpare	1	Her bir numune için 28, 56, 91, 182, 273 ve 364 gün
MWEP	Deiyonize/distile su	10:1 (her özütleme için)	< 9,5 mm veya yekpare	4	Özütleme başına 18 saat

Çizelge 2.38 Özütleme test şartları [27, 29, 31, 42] (devam)

Test Yöntemi	Sızma Ortamı	Sıvı:Kati Oranı	Parçacık Boyutu	Özütleme Sayısı	Özütleme Süresi
ELT	Deiyonize su	4:1	< 150 µm	1	7 gün
SET	0,04 M asetik asit	50:1	< 9,5 mm	15	Özütleme başına 24 saat
SCET	Asiditesi artan 5 sızdırma suyu	16:1'den 40:1'e kadar çeşitli	< 45 µm < 150 µm	5	2'den 24 saate kadar çeşitli
MEP	EP Tox gibi, sonrasında ağırlıkça 60:40 oranında sülfirik asit:nitrik asit yağmuru (pH 3,0)	20:1	< 9,5 mm	9 (veya daha fazla)	Özütleme başına 24 saat
ANSI/ANS/16.1	Deiyonize su	(e)	Bütün uzunluk-çap oranı 0,2-5,0 arası	10-12	Sızdırma suyu 2,7 saatte yenilenir; 1, 2, 3, 4, 5, 14, 28, 43 ve 90 gün
DLT	Deiyonize su	(f)	Bütün uzunluk-çap oranı 0,2-5,0 arası	(f)	Sızdırma suyu 0, 1, 4, 7, 24, 31, 48, 72, 79 ve 100 saatte veya 0, 4, 24, 31, 72, 104, 168 ve 196 saatte yenilenir
MCC-5S	Deiyonize su	Yeniden damıtılmış suyun sürekli akışı	Yekpare	1	Her bir numune için 3, 7 ve 14 gün

(a) Asetat tampon çözeltisi (pH 5,0) veya asetik asit (pH 3,0)

(b) TCLP tipi özütleme esnasında tel kafes içinde yuvarlanan parça

(c) Ağırlıkça 60:40 sülfirik asit nitrik asit karışımı. pH deiyonize su ile 4,2 veya 5,0'a ayarlanır.

(d) Silikatlı su, deiyonize su veya tuzlu su

(e) Sızdırma suyunun hacmi numunenin ölçülen geometrik yüzey alanına bağlıdır. Hacmin yüzeye oranı 10 ilâ 200 cm arasında olmalıdır.

(f) Sızdırma suyu hacminin numune yüzey alanına oranı 10 cm

(f) Yenileme frekansları bilinen difüzyon katsayısına göre seçilir. Yüzey hacim oranı kirleticinin tespitini sağlamak üzere seçilmelidir. Yenileme frekansı dengesiz şartlara da hâkim olacak şekilde seçilmelidir.

K/K işlemi kirleticinin taşınımını engellemek ve çevreden izole edilmesini amaçladığı için özütleme testi, bir K/K işleminin başarımını ölçmek için en önemli testlerden biridir. Bu tez çalışması kapsamında yapılan katılaştırma işleminin başarımının ölçülmesi için de ABD'de kanunen uygulanması mecburi bir deney yöntemi olan TCLP deneyi [76] tercih edilmiş ve kullanılmıştır.

### USEPA SW-846 1311 Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)

TCLP deney yöntemi [76] USEPA'nın [77] geliştirmiş olduğu deney yöntemlerinden [78] biri olup ABD'de kanunen uygulanması mecburi bir deney yöntemidir. Deney, çözücü bir sıvı ortama maruz bırakılan malzemenin muhtevasının ne ölçüde sıvı ortama

geçtiğinin tespiti ile malzemenin sızabilirlik derecesinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Deney yöntemine göre, malzeme 9,5 mm'den daha küçük ebatlara getirildikten sonra çözücü içerisinde 18±2 saat çalkalanması sonucu elüatta izlenen kirletici miktarının tayini şeklinde uygulanmaktadır. Kullanılacak çözücünün özellikleri malzemeye göre değişmektedir.

Bu deney sayesinde bir malzemenin doğal şartlar altında uzun vadede maruz kalabileceği etkiler neticesinde içeriğindeki kirleticileri salıverme derecesi, yani bu etkilere direncinin, dayanıklılığının bir ölçüsü elde edilmektedir. Doğal ortamda kirleicinin sıvı ortamına, oradan da toprağa olmak üzere su çevrimi ve besin zincirine dâhil olmaması için izin verilebilecek en fazla sızma miktarının bulunması için de kullanılır.

### 2.5.3 Diğer Testler

Malzemelere uygulanabilecek birçok başka testler (biyolojik, çevre şartlarına dayanıklılık vb gibi) de mevcut olup bu testlerden uygun olanlar ihtiyaca göre seçilebilirler. Çevre şartlarına dayanıklılık konusu K/K ürünleri için de önem arz edebilir. Bu dayanıklılık, ürünün kullanım alanına göre değişiklik göstermekte olup nihai ürünün ne yapılacağı sorusunun cevabına göre ilk baştan K/K uygulaması ona göre tasarlanmalıdır. Doğal çevre şartlarına göre modellenmiş olan laboratuvar çevre şartlarına dayanıklılık testleri *Çizelge 2.39*'da verilmiştir.

Çizelge 2.39 Genel çevre şartlarına dayanıklılık testleri

Çevre Şartları / Deneyler	Yöntem
Soğuk	TS EN 60068-2-1
Kuru sıcaklık	TS EN 60068-2-2
Yeryüzündeki seviyesine benzeştirilen güneş ısınması	TS EN 60068-2-5
Titreşim (sinüs biçimli)	TS EN 60068-2-6
Küflenme	TS EN 60068-2-10
Tuzlu sis	TS 2093 EN 60068-2-11
Alçak hava basıncı	TS 2094 EN 60068-2-13
Sıcaklık değişimi	TS EN 60068-2-14
Sızdırmazlık	TS 2096 EN 60068-2-17
Mekanik darbe	TS EN 60068-2-27
Yaş sıcaklık, çevrimli (12 saat + 12 saat çevrimi)	TS EN 60068-2-30
Birleşik sıcaklık/nem çevrimi deneyi	TS EN 60068-2-38
Birleştirilmiş ardışık olarak uygulanan soğuk alçak hava basıncı ve yaş sıcaklık deneyi	TS 5422 EN 60068-2-39

Çizelge 2.39 Genel çevre şartlarına dayanıklılık testleri (devam)

Çevre Şartları / Deneyler	Yöntem
Birleştirilmiş soğuk/alçak hava basıncı deneyleri	TS EN 60068-2-40
Birleştirilmiş sıcaklık/alçak hava basıncı deneyi	TS 6329 EN 60068-2-41
Temizleme çözücülerine daldırma	TS 5575 EN 60068-2-45
Isı yayan ve ısı yaymayan numunelerin her ikisine de uygulanabilen birleştirilmiş soğuk/titreşim (sinüs biçimli) deneyi	TS 6326 EN 60068-2-50
Isı yayan ve ısı yaymayan numunelerin her ikisine de uygulanabilen birleştirilmiş kuru sıcaklık/titreşim (sinüs biçimli) deneyi	TS 6327 EN 60068-2-51
Tuzlu sis çevrimli (sodyum klorür çözeltisi)	TS 6328 EN 60068-2-52
Birleştirilmiş iklim (sıcaklık/nem) ve dinamik (titreşim/şok) deneyleri	TS EN 60068-2-53
Zıplama	TS 8944 EN 60068-2-55
Titreşim - Zaman geçmiş metot	TS EN 60068-2-57
Titreşim - Sinüs vuru metodu	TS EN 60068-2-59
Akan karışık gaz korozyon deneyi	TS EN 60068-2-60
İklim dizisi	TS EN 60068-2-61
Titreşim - geniş band rastgele	TS EN 60068-2-64
Titreşim - akustik olarak oluşan	TS EN 60068-2-65
Yaş sıcaklık, sürekli durum (basıncı doymamış buhar)	TS EN 60068-2-66
Yaş sıcaklık, kararlı durum öncelikle bileşenler için hızlandırılmış deney	TS EN 60068-2-67
Toz ve kum	TS EN 60068-2-68
Sıvı kirliliği	TS EN 60068-2-74
Çekiç deneyleri	TS EN 60068-2-75
Vurma, mekanik darbe	TS EN 60068-2-77
Yaş sıcaklık, kararlı durum	TS EN 60068-2-78
Vibrasyon - Karma mod	TS EN 60068-2-80

## 2.6 Mevzuat

Mevzuat; anayasa ve kanunların yetkili kıldığı otoriteler tarafından çıkarılan objektif, bağlayıcı ve yürürlükte bulunan yazılı kurallar bütünüdür. Anayasa, kanunlar, kanun hükmünde kararname (KHK), tüzükler, yönetmelikler, Bakanlar Kurulu kararları mevzuat kavramının kapsamı içinde kalmakta, hatta bir kanun veya KHK hükmünü iptal eden Anayasa Mahkemesi ve Danıştay Kararları da Mevzuatın bir parçası olmaktadır [79].

Çevre ve atık yönetimi konusunda da her bir ülkenin kendi yerel mevzuatı bulunmaktadır. *Birleşmiş Milletler (BM)*<sup>4</sup> (eng: United Nations, UN)<sup>5</sup> nezdinde 193 üye ülke bulunmaktadır [80] ve bu her bir ülkenin mevzuatını tarayıp incelemek bu tezin kapsamı dâhilinde olmadığından ulusal, bölgesel ve uluslararası ölçekte belli başlı mevzuat aşağıda incelenmiştir.

<sup>4</sup> Birleşmiş Milletler (BM), <http://www.un.org.tr/>

<sup>5</sup> United Nations (UN), <http://www.un.org/>

## 2.6.1 Ulusal Mevzuat

Atık yönetimi ve K/K konusundaki ulusal mevzuat çalışmaları kapsamında, iki ülke mevzuatı; Türkiye ve ABD mevzuatları incelenmiştir.

### 2.6.1.1 T.C. Mevzuatı

Türkiye Cumhuriyeti (T.C.) mevzuatı; anayasa dâhil hiyerarşik sırasıyla kanunlar, kanun hükmünde kararname (KHK), tüzükler, yönetmelikler, tebliğler, genelgeler şeklinde devam eden hukuki düzenlemelerin tamamını kapsamaktadır [79]. Türkiye’de mevzuat; Devlet eli ile *Resmî Gazete*<sup>6</sup> [81], *Düstur*<sup>7</sup> ve *Mevzuat Külliyatlarında*<sup>8</sup> yayımlanmaktadır. Günümüzde elektronik hizmetlerin yaygınlaşmasıyla birlikte T.C. Mevzuatı, *Mevzuat Bilgi Sistemi*<sup>9</sup> [82] ismi altında internet üzerinden erişime açık bir şekilde elektronik olarak da yayımlanmaktadır. Türkiye’de kanunlar TBMM tarafından, yönetmelikler ise ilgili Devlet Kurumları tarafından çıkarılmaktadır.

T.C. mevzuatında çevre ve atık konuları birçok yerde işlenmektedir. Atık konusu ile alakalı yürürlükteki belli başlı T.C. mevzuatı *Çizelge 2.40*’da verilmiştir.

Aşağıda, *Çizelge 2.40*’da verilen mevzuattan konu ile doğrudan alakalı olan bazıları hakkında özet bilgilere yer verilmiştir.

## T.C. Anayasası

Şu an yürürlükte bulunan *Türkiye Cumhuriyeti Anayasası*<sup>10</sup> [83], Kurucu Meclis tarafından 18/10/1982 tarihinde Halkoylamasına sunulmak üzere kabul edilmiş ve 20/10/1982 tarih ve 17844 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmış; 07/11/1982 tarihinde Halkoylamasına sunulup kabul edildikten sonra 09/11/1982 tarih ve 17863 mükerrer sayılı Resmî Gazete’de yeniden 2709 kanun numarası ile yayımlanarak yürürlüğe

<sup>6</sup> T.C. Resmî Gazete, <http://www.resmigazete.gov.tr/> [81]

<sup>7</sup> Düstur, yürürlükteki kanunların derlenip yayımlandığı kitaplar olup düsturlarda; kanunlar, tüzükler, Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe konulan yönetmelikler, Milletlerarası Andlaşmalar, Anayasa Mahkemesi Kararları, İçtihadı Birleştirme Kararları, İmtiyaz Sözleşmeleri bulunmaktadır [79].

<sup>8</sup> Başbakanlık Mevzuat Külliyatı; Yürürlükteki Kanunlar Külliyatı ve Fihristi, Yürürlükteki Bazı Kanunların Mülga Hükümleri Külliyatı ve Fihristi, Kanun Hükmünde Kararnameler Külliyatı ve Fihristi, Yürürlükteki Tüzükler Külliyatı ve Fihristi, Bakanlar Kurulu Kararı ile Yürürlüğe Konulan Yönetmelikler Külliyatı ve Fihristinden oluşmaktadır [79].

<sup>9</sup> T.C. Mevzuat Bilgi Sistemi, <http://www.mevzuat.gov.tr/> [82]

<sup>10</sup> 2709 sayılı *Türkiye Cumhuriyeti Anayasası*, Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 09/11/1982-17863 mükerrer [http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/17863\\_1.pdf](http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/17863_1.pdf) [83],

Değişiklikler sonrası güncel hâli:

<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Asp?MevzuatKod=1.5.2709&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch>

girmiştir. 1982 Anayasası olarak adlandırılan bu anayasa 7 kısımda 177 maddeden oluşmaktadır.

Çizelge 2.40 Atık konusu ile alakalı yürürlükteki belli başlı T.C. mevzuatı [81, 82]

Mevzuat Numarası	Mevzuat Başlığı	Yayımlandığı Resmî Gazetenin	
		Tarihi	Sayısı
2709	<a href="#">Türkiye Cumhuriyeti Anayasası</a>	09/11/1982	<a href="#">17863m1</a>
2872	<a href="#">Çevre Kanunu</a>	11/08/1983	<a href="#">18132</a>
	<a href="#">Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği</a>	18/03/2004	<a href="#">25406</a>
	<a href="#">Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği</a>	31/08/2004	<a href="#">25569</a>
	<a href="#">Radyoaktif Madde Kullanımından Oluşan Atıklara İlişkin Yönetmelik</a>	02/09/2004	<a href="#">25571</a>
	<a href="#">Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği</a>	26/12/2004	<a href="#">25682</a>
	<a href="#">Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği</a>	22/07/2005	<a href="#">25883</a>
	<a href="#">Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği</a>	25/11/2006	<a href="#">26357</a>
	<a href="#">Poliklorlu Bifenil ve Poliklorlu Terfenillerin Kontrolü Hakkında Yönetmelik</a>	27/12/2007	<a href="#">26739</a>
	<a href="#">Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği</a>	30/07/2008	<a href="#">26952</a>
	<a href="#">Ömrünü Tamamlamış Araçların Kontrolü Hakkında Yönetmelik</a>	30/12/2009	<a href="#">27448</a>
	<a href="#">Madencilik Faaliyetleri ile Bozulan Arazilerin Doğaya Yeniden Kazandırılması Yönetmeliği</a>	23/01/2010	<a href="#">27471</a>
	<a href="#">Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik</a>	26/03/2010	<a href="#">27533</a>
	<a href="#">Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik</a>	08/06/2010	<a href="#">27605</a>
	<a href="#">Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik</a>	03/08/2010	<a href="#">27661</a>
	<a href="#">Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik</a>	06/10/2010	<a href="#">27721</a>
	<a href="#">Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği</a>	24/08/2011	<a href="#">28035</a>
	<a href="#">Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği</a>	22/05/2012	<a href="#">28300</a>
	<a href="#">Radyoaktif Atık Yönetimi Yönetmeliği</a>	09/03/2013	<a href="#">28582</a>
	<a href="#">Atık Yönetimi Yönetmeliği</a>	02/04/2015	<a href="#">29314</a>
	<a href="#">Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği</a>	06/06/2015	<a href="#">29378</a>
	<a href="#">Maden Atıkları Yönetmeliği</a>	15/07/2015	<a href="#">29417</a>

Anayasanın Üçüncü Bölüm Sosyal ve Ekonomik Haklar ve Ödevler Bölümünde VIII. Sağlık, çevre ve konut A. Sağlık hizmetleri ve çevrenin korunması başlığı Madde 56'sı şöyledir;

*Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir.*

*Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek*

*Devletin ve vatandaşların ödevidir.*



*Devlet, herkesin hayatını, beden ve ruh sağlığı içinde sürdürmesini sağlamak; insan ve madde gücünde tasarruf ve verimi artırarak, işbirliğini gerçekleştirerek amacıyla sağlık kuruluşlarını tek elden planlayıp hizmet vermesini düzenler.*

*Devlet, bu görevini kamu ve özel kesimlerdeki sağlık ve sosyal kurumlarından yararlanarak, onları denetleyerek yerine getirir.*

*Sağlık hizmetlerinin yaygın bir şekilde yerine getirilmesi için kanunla genel sağlık sigortası kurulabilir.*

Anlaşıldığı üzere anayasada çevre ile alakalı bir maddenin bulunuyor olması, maddede de belirtildiği üzere Devlete ve vatandaşa çeşitli ödev ve sorumluluklar yüklemektedir. Kanun ve yönetmelik gibi sonradan yapılan tüm hukuki düzenlemeler ile bu maddenin gerekleri yerine getirilmeye çalışılmıştır. Türkiye’de bir süredir yeni anayasa çalışmaları<sup>11</sup> yürütülmektedir ve yeni anayasa da bu maddenin korunması beklenmektedir.

## **Kanunlar**

Türkiye’de atık yönetimi konusu henüz kanun düzeyinde düzenlenmemiştir. Atık yönetimi konusu çevre konusunun bir alt konusu olarak belirlendiği için çevre ile alakalı kanun olan *Çevre Kanunu*’nda düzenlenmiştir. Bunun yanında bazı kanunlarda da atık yönetimi hususunda düzenlemeler bulunmaktadır.

## **Çevre Kanunu**

*Çevre Kanunu*<sup>12</sup> [3], 11/08/1983 tarih ve 18132 sayılı Resmî Gazete’de 2872 kanun numarası ile yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Kanunun amacı; *bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamak* [3] olarak verilmektedir.

Kanun 34 maddeden müteşekkil olup Yüksek Çevre Kurulu ve Görevleri, Çevre Korunmasına İlişkin Önlemler ve Yasaklar, Kirletme yasağı, Çevrenin korunması,

---

<sup>11</sup> TBMM Yeni Anayasa Çalışmaları, <https://yenianayasa.tbmm.gov.tr/>

<sup>12</sup> 2872 sayılı *Çevre Kanunu*,

Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 11/08/1983-18132

<http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/18132.pdf> [3],

Değişiklikler sonrası güncel hâli:

<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=1.5.2872&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch>

Çevresel etki değerlendirilmesi, İzin alma, arıtma ve bertaraf etme yükümlülüğü, Denetim, bilgi verme ve bildirim yükümlülüğü, Tehlikeli kimyasallar ve atıklar, Gürültü, Faaliyetlerin durdurulması, Çevre Kirliliğini Önleme Fonu, Cezai hükümler, Kirletenin sorumluluğu gibi çeşitli hükümler içermektedir.

Kanunda; çevrenin korunmasına, iyileştirilmesine ve kirliliğinin önlenmesine ilişkin genel ilkeler ve öne çıkan maddelerden bazıları şu şekilde sıralanabilir:

- Her türlü faaliyet sırasında doğal kaynakların ve enerjinin verimli bir şekilde kullanılması amacıyla atık oluşumunu kaynağında azaltan ve atıkların geri kazanılmasını sağlayan çevre ile uyumlu teknolojilerin kullanılması esastır.
- Her türlü atık ve artığı, çevreye zarar verecek şekilde, ilgili yönetmeliklerde belirlenen standartlara ve yöntemlere aykırı olarak doğrudan ve dolaylı biçimde alıcı ortama vermek, depolamak, taşımak, uzaklaştırmak ve benzeri faaliyetlerde bulunmak yasaktır.
- Atık üreticileri uygun metot ve teknolojiler ile atıklarını en az düzeye düşürecek tedbirleri almak zorundadırlar.
- Atıkların üretiminin ve zararlarının önlenmesi veya azaltılması ile atıkların geri kazanılması ve geri kazanılabilen atıkların kaynağında ayrı toplanması esastır.
- Geri kazanım imkânı olmayan atıklar, yönetmeliklerle belirlenen uygun yöntemlerle bertaraf edilir.
- Tehlikeli atık üreticileri, yönetmelikle belirlenecek esaslara göre atıklarını bertaraf etmek veya ettirmekle yükümlüdürler.
- Atık geri kazanım, geri dönüşüm ve bertaraf tesislerini kurmak ve işletmek isteyen gerçek ve/veya tüzel kişiler, yönetmelikle belirlenen esaslar doğrultusunda, ürün standardı, ürünlerinin satışa uygunluğu ve piyasadaki denetimi ile ilgili izni, ilgili kurumlardan almak kaydı ile Bakanlıktan lisans almakla yükümlüdür.
- Tehlikeli atıkların ithalatı yasaktır.

Kanunda yer alan ilke ve hükümler kanunun çoğunlukla atık konusunda üreticiye sorumluluk yüklediğini ve kirlenme olduktan sonra da kirletene sorumluluk yükleyip tazmin etmekle yükümlü kıldığı görülmektedir. Atık yönetimi konusundaki birçok konu ise yönetmeliklere havale edilmiştir.

## İlgili Diğer Kanunlar

Çevre ve atık yönetimi haricinde K/K işlemi sonucu oluşacak malzemenin yapı malzemesi olarak kullanılması hâlinde dikkat edilmesi gereken başka kanunlar da bulunmaktadır. Bunların en önemlisi *Yapı Denetimi Hakkında Kanun*'dur.<sup>13</sup>

## Yönetmelikler

Türkiye'de atık yönetimi ve K/K konusu genelde *Çevre Kanunu* uyarınca çıkarılmış olan yönetmelikler bazında düzenlenmektedir. Genelde her bir atık türü için ayrı bir yönetmelik bulunmaktadır. Meselâ, 2015 yılına kadar katı atıklar için *Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği*<sup>14</sup>, tehlikeli atıklar için *Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği*<sup>15</sup>, atık yönetimi için de *Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik*<sup>16</sup> yürürlükte kalmıştır. Ancak AB mevzuatı ile uyum kapsamında örnek verilmiş olan bu yönetmelikler yürürlükten kaldırılmış ve tümü tek bir yönetmelikte toplanmıştır.

Burada kısaca incelenecek olan yönetmelikler ise şunlardır;

- Atık Yönetimi Yönetmeliği
- Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik
- Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik

---

<sup>13</sup> 4708 sayılı *Yapı Denetimi Hakkında Kanun*,  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 13/07/2001-24461  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2001/07/20010713.htm#2>,  
Değişiklikler sonrası güncel hâli:  
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=1.5.4708&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch>

<sup>14</sup> *Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği* (Yürürlükte değildir!),  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 14/03/1991-20814  
<http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/20814.pdf>

<sup>15</sup> *Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği* (02/04/2016 tarihi itibarıyla yürürlükten kalkacaktır!),  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 14/03/2005-25755  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/03/20050314-1.htm>  
Değişiklikler sonrası güncel hâli:  
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=1.5.4708&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch>

<sup>16</sup> *Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik* (Yürürlükte değildir!),  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 05/07/2008-26927  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/07/20080705-7.htm>

## **Atık Yönetimi Yönetmeliği**

*Atık Yönetimi Yönetmeliği*<sup>17</sup> [4], 02/04/2015 tarih ve 29314 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu Yönetmelik, 19/11/2008 tarih ve 2008/98/EC sayılı *Atıklar Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi*<sup>18</sup> [37], 03/05/2000 tarih ve 2000/532/EC sayılı *Atık Listesi Oluşturulması Hakkında Komisyon Kararı*<sup>19</sup> [84] dikkate alınarak Avrupa Birliği (AB) mevzuatına uyum çerçevesinde hazırlanmıştır.

Yönetmeliğin amacı; a) *Atıkların oluşumundan bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetiminin sağlanmasına*, b) *Atık oluşumunun azaltılması, atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşümü, geri kazanımı gibi yollar ile doğal kaynak kullanımının azaltılması ve atık yönetiminin sağlanmasına*, c) *Çevre ve insan sağlığı açısından belirli ölçütlere, temel şart ve özelliklere sahip, bu Yönetmeliğin kapsamındaki ürünlerin üretimi ile piyasa gözetimi ve denetimine, ilişkin genel usul ve esasların belirlenmesi* [4] olarak verilmektedir.

Yönetmelik 9 Bölümde 29 maddeden müteşekkil olup Birinci Bölümde Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar; İkinci Bölümde Genel İlkeler, Görev, Yetki ve Yükümlülükler; Üçüncü Bölümde Atık Listesi, Atığın Listede Tanımlanması ve Geçici Depolama; Dördüncü Bölümde Ulusal Atık Yönetim Planı, Bildirim ve Kayıt Tutma; Beşinci Bölümde Sigorta ve Maliyetlerin Karşılanması; Altıncı Bölümde Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu, Yan Ürün, Yeniden Kullanım; Yedinci Bölümde Yetkilendirilmiş Kuruluş; Sekizinci Bölümde Atıkların Sınırlar Ötesi Hareketi; Dokuzuncu Bölümde ise Çeşitli ve Son Hükümler yer almaktadır.

Yönetmelikte 4 adet ek bulunmakta olup bunlardan EK-1’de Atık Kodu Belirleme Hiyerarşisi ve Atık Kodu Açıklamaları, EK-2/A’da Bertaraf Yöntemleri, EK-2/B’de Geri Kazanım İşlemleri, EK-3/A’da Tehlikeli Kabul Edilen Atıkların Özellikleri, EK-3/B’de Tehlikeli Atık Eşik Konsantrasyonları, EK-4’de ise Atık Listesi yer almaktadır.

Yönetmelikte, atık yönetimine ilişkin genel ilkeler [4] şu şekilde sıralanmaktadır;

---

<sup>17</sup> *Atık Yönetimi Yönetmeliği*,  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 02/04/2015-29314  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm> [4],  
Değişiklikler sonrası güncel hâli:  
[http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.20644&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=&MevzuatAdi=Atik\\_Yonetimi\\_Yonetmeliği](http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.20644&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=&MevzuatAdi=Atik_Yonetimi_Yonetmeliği)

<sup>18</sup> bk. Dipnot 54 [37]

<sup>19</sup> bk. Dipnot 57 [84]

- a) Atık üretiminin ve atığın tehlikelilik özelliğinin; 1) Doğal kaynakların olabildiğince az kullanıldığı temiz teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanılması, 2) Üretim, kullanım, geri kazanım veya bertaraf aşamalarında çevre ve insan sağlığına en az zarar verecek şekilde ürünlerin tasarlanması, pazarlanması, 3) Daha dayanıklı, yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir ürünlere odaklanan teknolojiler ile atık üretimine ve atık içerisinde bulunan zararlı maddelere yönelik, ürün çevresel tasarım yaklaşımının oluşturulması, suretiyle önlenmesi ve azaltılması esastır.
- b) Atık üretiminin kaçınılmaz olduğu durumlarda atıkların; yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve ikincil hammadde elde etme amaçlı diğer işlemler ile geri kazanılması, enerji kaynağı olarak kullanılması veya bertaraf edilmesi esastır. Atıkların alternatif hammadde ve ek yakıt olarak kullanılmasına ilişkin esaslar Bakanlıkça belirlenir.
- c) Doğal kaynak ve enerji kullanımının azaltılmasına yönelik olarak geri kazanılmış ürünlerin kullanımının özendirilmesi esastır.
- ç) Atıkların kaynağında ayrı toplanması, geçici depolanması, taşınması ve işlenmesi sırasında su, hava, toprak, bitki, hayvan ve insanlar için risk yaratmayacak, gürültü, titreşim ve koku yoluyla rahatsızlığa neden olmayacak, doğal çevrenin olumsuz etkilenmesini önleyecek ve böylece çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek yöntem ve işlemlerin kullanılması esastır.
- d) Bakanlık, atık işleme tesislerine yönelik temiz üretim teknolojilerinin kullanımını sağlayacak mekanizmaları oluşturur.
- e) Farklı türdeki atıkların kaynağında/üretildikleri yerde diğer atıklarla karıştırılmaksızın, sınıflandırılarak ayrı toplanması esastır.
- f) Atıkların, Bakanlıkça belirlenen esaslar dışında farklı bir yöntemle toplanması ve ayrılması yasaktır.
- g) Atıklar, bu maddenin (Madde 5) birinci fıkrasının (ç) bendinde belirtilen şartlara uyulmak kaydıyla üretildikleri yerde geri kazanılabilir. Bakanlık, kendi atıklarını, üretildiği yerde, kendi prosesinde enerji geri kazanımı hariç geri kazanan tesisleri çevre lisansı uygulamasından muaf tutmaya yetkilidir. Çevre lisansı uygulamasından Bakanlıkça muaf tutulan tesislerin atık yönetim planında miktar ve türe ilişkin bilgileri vermesi ve atık geri kazanımı, atık yönetimi ile ilgili mevzuat hükümlerine uyması gerekmektedir.

- ğ) Atıkların, Bakanlık ve/veya il müdürlüğünden izin ve/veya çevre lisansı almış tesisler, üretici/yetkilendirilmiş kuruluşlar, atık taşımaya yetkili/lisanslı taşıyıcılar dışında üçüncü kişiler tarafından ticari amaçlar ile toplanması, satışı, geri kazanılması ve/veya bertaraf edilmesi, diğer maddelerle ve yakıtlara karıştırılarak yakılması yasaktır.
- h) Atıkların üretildikleri/buldukları yere en yakın ve en uygun tesise en hızlı şekilde ulaştırılarak, uygun yöntem ve teknolojiler kullanılarak işlenmesi esastır.
- i) Atıkların yakılarak bertaraf edilmesinde 06/10/2010 tarihli ve 27721 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan *Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik*<sup>20</sup> hükümleri uygulanır.
- i) Atıkların düzenli depolama yöntemi ile bertaraf edilmesinde, 26/03/2010 tarihli ve 27533 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren *Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik*<sup>21</sup> hükümleri uygulanır.
- j) Atıklar fiziksel, kimyasal ve biyolojik ön işlemler haricinde kesinlikle doğrudan başka bir madde veya atıkla karıştırılamaz ve/veya seyreltilemez.
- k) Atıkların geçici depolanması atığın üretildiği tesis/kuruluş sınırları içinde yapılır.
- l) Atıkların toprağa, denizlere, göllere, akarsulara ve benzeri alıcı ortamlara dökülmesi, doğrudan dolgu yapılması ve depolanması suretiyle çevrenin kirletilmesi yasaktır.
- m) Belediye atıklarının hacminin azaltılması, kısmen enerji veya maddesel geri kazanımının sağlanması ve nihai bertarafı amacıyla çevre ile uyumlu fiziksel, kimyasal, biyolojik veya termal teknolojilerin kullanılması esastır.
- n) Biyo-bozunur atıklar, geri kazanılabilir atıklarla karıştırılmadan ikili toplama sistemiyle kaynağında ayrı toplanır ve ikili toplama sistemi kurulur.
- o) Atıklar doğrudan kanalizasyon sistemine boşaltılmaz, doğrudan havaya verilmez, düşük sıcaklıklarda yakılmaz, diğer atıklar ile karıştırılmaz.
- ö) Bu Yönetmeliğin EK-4 atık listesinde tanımlanan atıkların yönetimi ile gemi geri dönüşümüne ilişkin esaslar Bakanlıkça belirlenir.

---

<sup>20</sup> bk. Dipnot 24 [85]

<sup>21</sup> bk. Dipnot 23 [48]

Yönetmeliğin İkinci Bölümünde yer alan Madde 6'da Bakanlık görev ve yetkileri, Madde 7'de İl müdürlüklerinin görev ve yetkileri, Madde 8'de Belediyelerin görev ve sorumlulukları, Madde 9'da Atık üreticisinin ve atık sahibinin yükümlülükleri, Madde 10'da ise Atık işleme tesislerinin yükümlülükleri verilmiştir.

Yönetmeliğin EK-2/A'sında yer alan bertaraf yöntemleri *Çizelge 2.41*'de, EK-2/B'sinde yer alan geri kazanım işlemleri *Çizelge 2.42*'de, EK-3/A'sında yer alan tehlikeli kabul edilen atıkların özellikleri ise *Çizelge 2.43*'de verilmiştir.

Yönetmeliğin kapsamında yer alan atıkların listesi Yönetmeliğin EK-4'ünde verilmektedir. Bu atık listesinde (\*) ile işaretlenmiş atıklar tehlikeli atık olup bu tehlikeli atıklar, Yönetmeliğin EK-3/A'sında (*Çizelge 2.43*) listelenen özelliklerden bir veya daha fazlasına sahip atıklardır. Atık listesinde (A) işaretli atıklar da, EK-3/B'de yer alan tehlikeli atık konsantrasyonuna bakılmaksızın tehlikeli atık sınıfına girer. (M) işaretli atıkların tehlikelilik özelliklerinin ise belirlenmesi gerekir. Bu amaçla yapılacak çalışmalarda, EK-3/A'da (*Çizelge 2.43*) listelenen özelliklerden H3-H8 ile H10 ve H11 ile ilgili değerlendirmeler, EK-3/B'de yer alan konsantrasyon değerleri esas alınarak yapılır.

Yönetmeliğin EK-4'ünde yer alan atık listesinde K/K işleme tabi tutulmuş atıklar için de kodlar bulunmaktadır. Bu kodlar *Çizelge 2.44*'de verilmiştir.

*Çizelge 2.44*'den görüldüğü üzere Türkiye'de K/K işlemlerine tabi tutulmuş atıklar da tanımlanmakta ve kodlanmaktadır. Dolayısıyla K/K işlemleri mevzuat tarafından kabul edilmekte ve tescillenmektedir.

Çizelge 2.41 Bertaraf yöntemleri [4]

Bertaraf Kodu	Bertaraf Yöntemi
D1	Toprağın altında veya üstünde düzenli depolama (örneğin, düzenli depolama ve benzeri)
D2	Arazi ıslahı (örneğin, sıvı veya çamur atıkların toprakta biyolojik bozulmaya uğraması ve benzeri)
D3	Derine enjeksiyon <sup>(1)</sup> (örneğin, pompalanabilir atıkların kuyulara, tuz kayalarına veya doğal olarak bulunan boşluklara enjeksiyonu ve benzeri)
D4	Yüzey doldurma (örneğin, sıvı ya da çamur atıkların kovuklara, havuzlara ve lagünlere doldurulması ve benzeri) <sup>(2)</sup>
D5	Özel mühendislik gerektiren düzenli depolama (çevreden ve her biri ayrı olarak izole edilmiş ve örtülmüş hücreli depolama ve benzeri)
D6	Deniz/okyanus hariç bir su kütesine boşaltım <sup>(3)</sup>
D7	Deniz yatakları dahil deniz/okyanuslara boşaltım <sup>(3)</sup>
D8	D1 ile D7 ve D9 ile D12 arasında verilen işlemlerden herhangi biri yoluyla atılan nihai bileşiklerin veya karışımların oluşmasına neden olan ve bu ekin başka bir yerinde ifade edilmeyen biyolojik işlemler
D9	D1 ile D8 ve D10 ile D12 arasında verilen işlemlerden herhangi biri yoluyla atılan nihai bileşiklerin veya karışımların oluşmasına neden olan fiziksel-kimyasal işlemler (örneğin, buharlaştırma, kurutma, kalsinasyon ve benzeri)
D10	Yakma (Karada)
D11	Yakma (Deniz üstünde) <sup>(4)</sup>
D12	Sürekli depolama <sup>(5)</sup> (bir madende konteynerlerin yerleştirilmesi ve benzeri)
D13	D1 ile D12 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce harmanlama veya karıştırma
D14	D1 ile D13 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutulmadan önce yeniden ambalajlama
D15	D1 ile D14 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutuluncaya kadar depolama (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç)

<sup>(1)</sup> D3 Derine enjeksiyon: Pompalanabilir nitelikteki sıvı atıklar jeolojik ve hidrojeolojik açıdan uygun olan kuyulara, tuz kayaçlarına veya doğal olarak bulunan boşluklara enjeksiyon işlemi ile bertaraf edilebilir. Bu yöntem ile atığı bertaraf etmek isteyen gerçek ve/veya tüzel kişiler alanın uygunluğunun belirlenmesi veya tespiti amacıyla Orman ve Su İşleri Bakanlığı, ve Sağlık Bakanlığının uygun görüşü ile birlikte Bakanlığa kurumsal akademik rapor sunulur, onay ve izin alınır.

<sup>(2)</sup> Bu yöntemin uygulanmasında Orman ve Su İşleri Bakanlığının uygun görüşü ile birlikte Bakanlığa kurumsal akademik rapor sunulur, onay ve izin alınır.

<sup>(3)</sup> Bu yöntemlerin uygulanmasında Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Sağlık Bakanlığının uygun görüşü ile birlikte Bakanlığa kurumsal akademik rapor sunulur, onay ve izin alınır.

<sup>(4)</sup> D11 Yakma (Deniz üstünde): Bu yöntem ülkemizin taraf olduğu uluslararası sözleşmeler çerçevesinde yasaklanmıştır.

<sup>(5)</sup> D12 Sürekli depolama: Kapalı maden ocaklarında atıkların konteynerler içinde depolanması mümkündür. Bu yöntem ile atığı bertaraf etmek isteyen gerçek ve/veya tüzel kişiler ocağın uygunluğunun belirlenmesi veya tespiti amacıyla Orman ve Su İşleri Bakanlığı ve Sağlık Bakanlığının uygun görüşü ile birlikte Bakanlığa kurumsal akademik rapor sunulur, onay ve izin alınır.



Çizelge 2.42 Geri kazanım işlemleri [4]

İşlem Kodu	Geri Kazanım İşlemi
R1	Enerji üretimi amacıyla başlıca yakıt olarak veya başka şekillerde kullanma
R2	Solvent (çözücü) ıslahı/yeniden üretimi
R3	Solvent olarak kullanılmayan organik maddelerin ıslahı/geri dönüşümü (kompost ve diğer biyolojik dönüşüm prosesleri dâhil)
R4	Metallerin ve metal bileşiklerinin ıslahı/geri dönüşümü
R5	Diğer anorganik malzemelerin ıslahı/geri dönüşümü
R6	Asitlerin veya bazların yeniden üretimi
R7	Kirliliğin azaltılması için kullanılan parçaların (bileşenlerin) geri kazanımı
R8	Katalizör parçalarının (bileşenlerinin) geri kazanımı
R9	Yağların yeniden rafine edilmesi veya diğer yeniden kullanımları
R10	Ekolojik iyileştirme veya tarımcılık yararına sonuç verecek arazi ıslahı
R11	R1 ila R10 arasındaki işlemlerden elde edilecek atıkların kullanımı
R12	Atıkların R1 ila R11 arasındaki işlemlerden herhangi birine tabi tutulmak üzere değişimi <sup>(1)</sup>
R13	R1 ila R12 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutuluncaya kadar atıkların ara depolanması (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç)

<sup>(1)</sup> R12: Uygun bir R kodu yoksa R1'den R11'e kadar numaralandırılmış işlemler öncesinde yapılacak söküm, tasnif etme, kırma, sıkıştırma, peletleme, kurutma, parçalama, şartlandırma, yeniden ambalajlama, ayırma, harmanlama ya da karıştırma gibi ön işlem faaliyetlerini kapsayan işlemleri içerebilir.

Çizelge 2.43 Tehlikeli kabul edilen atıkların özellikleri [4]

Kodu	Atık Özelliği	Açıklama
H1	Patlayıcı	Alev etkisi altında patlayabilen ya da dinitrobenzenden daha fazla şekilde şoklara ve sürtünmeye hassas olan maddeler ve preparatlar, kendi başına kimyasal reaksiyon yolu ile belli bir sıcaklık ve basınçta hızla gaz oluşmasına neden olabilecek madde veya atıklar
H2	Oksitleyici	Diğer maddelerle, özellikle de yanıcı maddelerle temas halinde iken yüksek oranda ekzotermik reaksiyonlar gösteren maddeler ve karışımlar
H3-A	Yüksek oranda Tutuşabilenler	a) 21 °C'nin altında parlama noktasına sahip sıvı maddeler ve karışımlar (aşırı tutuşabilen sıvılar dâhil), b) Herhangi bir enerji kaynağı uygulaması olmaksızın ortam sıcaklığındaki hava ile temas ettiğinde ısınabilen ve sonuç olarak tutuşabilen maddeler ve karışımlar, c) Bir ateşleme kaynağı ile kısa süre temas ettiğinde kolayca tutuşabilen ve ateşleme kaynağı uzaklaştırıldıktan sonra yanmaya ve tükenmeye devam eden katı maddeler ve karışımlar, ç) Normal basınçta, havada tutuşabilen gazlı maddeler ve karışımlar, d) Su veya nemli hava ile temas ettiğinde, tehlikeli miktarda yüksek oranda yanıcı gazlara dönüşen maddeler ve karışımlar
H3-B	Tutuşabilen	21 °C ye eşit veya daha yüksek ya da 55 °C'ye eşit ya da daha düşük parlama noktasına sahip olan sıvı maddeler ve karışımlar
H4	Tahriş edici	Deri ile ya da balgam membranı ile ani, uzun süreli ya da tekrar eden temaslar halinde yanığa sebebiyet verebilen, aşındırıcı olmayan maddeler ve karışımlar
H5	Zararlı	Solunduğu veya yenildiğinde ya da deriye nüfuz ettiğinde belirli bir sağlık riski içeren maddeler ve karışımlar

Çizelge 2.43 Tehlikeli kabul edilen atıkların özellikleri [4] (devam)

Kodu	Atık Özelliği	Açıklama
H6	Toksik	Solunduğunda veya yenildiğinde ya da deriye nüfuz ettiğinde, sağlık yönünden ciddi, akut veya kronik risk oluşturan ve hatta ölüme neden olan madde ve karışımlar
H7	Kanserojen	Solunduğunda veya yenildiğinde ya da deriye nüfuz ettiğinde, kansere yol açan veya etkisinin artmasına neden olan madde ve karışımlar
H8	Aşındırıcı (Korozif)	Temas halinde canlı dokuları tahrip eden madde ve karışımlar
H9	Enfeksiyon yapıcı	Varlığını sürdürebilen mikro organizmalar veya insan veya diğer canlı organizmalarda hastalığa neden olduğu bilinen veya inanılan toksinlerini içeren maddeler veya karışımlar
H10	Üreme yetisini azaltıcı	Solunduğunda, yenildiğinde veya deriye nüfuz ettiğinde, doğuştan gelen kalıtsal olmayan sakatlıklara yol açan veya yol açma riskini artıran madde ve karışımlar
H11	Mutajenik	Solunduğunda, yendiğinde veya deriye nüfuz ettiğinde, kalıtsal genetik bozukluklara yol açan veya yol açma riskini artıran madde ve karışımlar
H12		Havayla, suyla veya bir asitle temas etmesi sonucu zehirli veya çok zehirli gazları serbest bırakan atıklar
H13	Hassaslaştırıcı	Cilde nüfuz ettiğinde ya da solunduğunda hiper-hassaslaştırma reaksiyonu oluşturabilen ve uzun süre maruz kalınması halinde karakteristik olumsuz etkilere sebep olabilen maddeler ve karışımlar
H14	Ekotoksik	Çevrenin bir veya daha fazla kesimi üzerinde ani veya gecikmeli zararlı etkiler gösteren veya gösterme riski taşıyan atıklar
H15		Bertarafı sonrasında herhangi bir yolla, yukarıda listelenen karakterlerden herhangi birine sahip başka bir madde (sızıntı suyu gibi) ortaya çıkabilecek atık

<sup>(1)</sup> Tehlikeli özelliklere ilişkin etiketlemede kullanılacak işaretler için 26/12/2008 tarih ve 27092 mükerrer sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan *Tehlikeli Maddelerin ve Müstahzarların Sınıflandırılması, Ambalajlanması ve Etiketlenmesi Hakkında Yönetmelik*<sup>22</sup> (Ek-4) kullanılacaktır

<sup>22</sup> *Tehlikeli Maddelerin ve Müstahzarların Sınıflandırılması, Ambalajlanması ve Etiketlenmesi Hakkında Yönetmelik*,  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 26/12/2008-27092 mükerrer  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/12/20081226M1-4.htm>,  
Değişiklikler sonrası güncel hâli:  
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod=7.5.12696&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=>

Çizelge 2.44 Atık listesindeki stabilize edilmiş/katılaştırılmış atıkların kodları [4]

<b>ATIK YÖNETİM TESİSLERİNDEN, TESİS DIŞI ATIK SU ARITMA TESİSLERİNDEN VE İNSAN TÜKETİMİ VE ENDÜSTRİYEL KULLANIM İÇİN SU HAZIRLAMA TESİSLERİNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR</b>		
19		
19 03	Stabilize Edilmiş/Katılaştırılmış Atıklar <sup>(5)</sup>	
19 03 04*	Tehlikeli olarak işaretlenmiş kısmen <sup>(6)</sup> stabilize olmuş atıklar	A
19 03 05	19 03 04 dışındaki stabilize olmuş atıklar	
19 03 06*	Tehlikeli olarak sınıflandırılmış, katılaştırılmış atıklar	A
19 03 07	19 03 06 dışındaki katılaştırılmış atıklar	
19 04	Vitrifiye Edilmiş Atık ve Vitrifikasyon İşleminden Kaynaklanan Atıklar	
19 04 01	Vitrifiye edilmiş atıklar	
19 04 02*	Uçucu kül ve diğer baca gazı arıtma atıkları	A
19 04 03*	Vitrifiye olmamış katılar	A
19 04 04	Vitrifiye atık tavlamaından çıkan sulu sıvı	

<sup>(5)</sup> Stabilizasyon işlemi atığın içerdiği bileşenlerin tehlikeliliğini değiştirir ve dolayısıyla tehlikeli atığı tehlikesiz atık haline dönüştürür. Katılaştırma işlemleri ise katkı maddelerinin kullanımı ile atığın kimyasal özelliklerini değiştirmeden yalnızca atıkların fiziki yapısını değiştirir (örneğin sıvıyı katı hale dönüştürür).

<sup>(6)</sup> Stabilizasyon işlemi sonunda, tamamen tehlikesiz bileşenlere dönüşmeyen tehlikeli bileşenlerin kısa, orta ve uzun dönemde çevreye salınabileceği durumlarda atık “kısmen stabilize edilmiş” olarak kabul edilir.

### **Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik**

*Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik*<sup>23</sup> [48], 26/03/2010 tarih ve 27533 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin amacı; *atıkların düzenli depolama yöntemi ile bertarafı sürecine ilişkin teknik ve idari hususlar ile uyulması gereken genel kuralları belirlemek* [48] olarak verilmektedir.

Yönetmelik 7 Bölümde 35 maddeden müteşekkil olup Birinci Bölümde Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar; İkinci Bölümde Düzenli Depolama Tesisleriyle İlgili Genel Hükümler; Üçüncü Bölümde Lisans; Dördüncü Bölümde Düzenli Depolama Tesislerinin İnşaatı; Beşinci Bölümde Düzenli Depolama Tesislerinin İşletilmesi ve Atık Kabul Kriterleri; Altıncı Bölümde İşletme Sırasında ve Kapatma Sonrasında Kontrol ve İzleme Süreci; Yedinci Bölümde ise Çeşitli ve Son Hükümler yer almaktadır.

Yönetmelikte 5 adet ek bulunmakta olup bunlardan Ek-1’de Testler ve Numune Alma Metodları, Ek-2’de Atık Kabul Kriterleri (Çizelge 2.45), Ek-3’de Düzenli Depolama

<sup>23</sup> *Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik*, Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 26/03/2010-27533 <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100326-13.htm> [48], Değişiklikler sonrası güncel hâli: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Asp?MevzuatKod=7.5.13887&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=>

Tesislerinde Kullanılan Sızdırmaz Malzemeler İle İlgili Standartlar, Ek-4'de Meteorolojik Veriler ve Ek-5'de Depo Gazı ve Sızıntı Suyunun Kontrolü ve İzlenmesi hükümleri yer almaktadır. Ek-2 Atık Kabul Kriterlerinde yer alan atıkların kirleticilere göre depo tesislerinde depolanabilme sınır değerleri *Çizelge 2.45*'de verilmiştir.

Çizelge 2.45 Atıkların kirleticilere göre depo tesislerinde depolanabilme sınır değerleri [48]

Parametre	Sınır değerler		
	I. Sınıf mg/lt	II. Sınıf mg/lt	III. Sınıf mg/lt
As	2,50	0,20	0,050
Ba	30,00	10,00	2,000
Cd	0,50	0,10	0,004
Cr (toplam)	7,00	1,00	0,050
Cu	10,00	5,00	0,200
Hg	0,20	0,02	0,001
Mo	3,00	1,00	0,050
Ni	4,00	1,00	0,040
Pb	5,00	1,00	0,050
Sb	0,50	0,07	0,006
Se	0,70	0,05	0,010
Zn	20,00	5,00	0,400
Klorür	2.500,00	1.500,00	80,000
Florür	50,00	15,00	1,000
Sülfat	5.000,00	2.000,00	100,000
Fenol indeksi	---	---	0,100
ÇOK	100,00	80,00	50,000
TÇK	10.000,00	6.000,00	400,000

Yönetmelik düzenli depo tesislerini 3 sınıfa ayırmakta olup bu sınıflar;

- I. Sınıf düzenli depolama tesisi: Tehlikeli atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis.
- II. Sınıf düzenli depolama tesisi: Belediye atıkları ile tehlikesiz atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis.
- III. Sınıf düzenli depolama tesisi: İnert atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis

Yönetmeliğe göre Yönetmeliğin hedefleri doğrultusunda işlenmeleri sonucu pratik bir fayda sağlanmayan atıklar ile teknik olarak işlenmeleri ve değerlendirilmeleri mümkün olmayan inert atıklar hariç olmak üzere atıklar, ön işleme tabi tutulmadan düzenli depolama tesislerine kabul edilmezler. Düzenli depolama tesislerine atık kabulünde,

atığın hangi sınıf depolama tesisinde bertaraf edileceğinin belirlenmesi amacıyla Ek-1'de listelenen kriterler, numune alma ve analiz yöntemleri kullanılır.

### **Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik**

*Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik*<sup>24</sup> [85], 06/10/2010 tarih ve 27721 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin amacı; *atıkların yakılmasının çevre üzerine olabilecek olumsuz etkilerini, özellikle hava, toprak, yüzey suları ve yer altı sularında emisyonlar sonucu oluşan kirliliği ve insan sağlığı için ortaya çıkabilecek riskleri uygulanabilir yöntemlerle önlemek ve sınırlandırmak* [85] olarak verilmektedir.

Yönetmelik 7 Bölümde 20 maddeden müteşekkil olup Birinci Bölümde Amaç, Kapsam, Dayanak, Tanımlar ve Genel Kurallar; İkinci Bölümde Yakma ve Beraber Yakma Tesislerine İzin Verilmesi; Üçüncü Bölümde Yakma ve Beraber Yakma Tesislerinin İşletilmesi; Dördüncü Bölümde Atık Sular; Beşinci Bölümde Kalıntılar; Altıncı Bölümde Denetim ve İzleme; Yedinci Bölümde ise Çeşitli ve Son Hükümler yer almaktadır.

Yönetmelikte 9 adet ek bulunmakta olup Ek 1'de dibenzo-p-dioksinler ve dibenzofuranlar için eşdeğerlik faktörleri, Ek 2'de atıkların beraber yakılması için hava emisyon limit değerlerinin saptanması, Ek 3'de ölçüm teknikleri, Ek 4'de baca gazı emisyonlarının temizlenmesinden gelen atıksuların deşarjı için emisyon limit değerleri, Ek 5'de emisyon limit değerleri, Ek 6'da standart oksijen konsantrasyonu yüzdesinde emisyon konsantrasyonunu hesaplamak için formül, Ek 7'de beraber yakma tesisleri için deneme yakması plan formatı, Ek 8'de yakma tesisleri için deneme yakma planı formatı ve Ek 9'da lisans başvuru aşamasında ilave edilecek diğer bilgi ve belgeler yer almaktadır.

### **İlgili Diğer Yönetmelikler**

Çevre ve atık yönetimi haricinde K/K işlemi sonucu oluşacak malzemenin yapı malzemesi olarak kullanılması hâlinde dikkat edilmesi gereken başka yönetmelikler de

---

<sup>24</sup> *Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik*,  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 06/10/2010-27721  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/10/20101006-21.htm> [85],  
Değişiklikler sonrası güncel hâli:  
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.14344&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=>

bulunmaktadır. Bu yönetmelikler malzemenin yapı malzemesi olarak kullanımına ilişkin kriter ve kuralları içermekte, yapının sahip olması gerekli özellikleri belirtmektedirler. K/K işlemi sonucu oluşan malzemenin yapı malzemesi olarak kullanılması hâlinde dikkat edilmesi gereken yönetmeliklerden bazıları şunlardır;

- Yapı Malzemeleri Yönetmeliği<sup>25</sup> (AB müktesebatı uyum sürecinde EU 305/2011<sup>26</sup> tüzüğü ile uyumlu olarak çıkarılmış)
- Yapı Malzemelerinin Tabi Olacağı Kriterler Hakkında Yönetmelik<sup>27</sup>
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik<sup>28</sup>

## Diğer Mevzuat

Atık, K/K ve yapı malzemeleri konusunda ilgili kanun ve yönetmeliklere bağlı olarak genelge, tebliğ vb. mevzuat da bulunmaktadır. Ancak gerek bu mevzuatın sayısı ve ayrıntılı oluşu bu tezin kapsamı dâhilinde olmadığına bu mevzuat hakkındaki bilgiler buraya alınmamıştır.

### 2.6.1.2 ABD Mevzuatı

Yürürlüğe giren ABD mevzuatı, ABD'nin resmî gazetesi *United States Federal Register (USFR)*'da<sup>29</sup> yayımlanmakta, ayrıca *United States Regulations*<sup>30</sup> ismi altında

<sup>25</sup> *Yapı Malzemeleri Yönetmeliği* (EU 305/2011),  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 10/07/2013-28703  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130710-10.htm>,  
Değişiklikler sonrası güncel hâli:  
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.18568&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=&h=>

<sup>26</sup> EU 305/2011, *Yapı Malzemelerinin Pazarlama için Uyumlaştırılmış Şartları Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Tüzüğü*,  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 04/04/2011-L88  
<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2011:088:SOM:EN:HTML>,  
Değişiklikler sonrası güncel hâli:  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32011R0305:EN:NOT>

<sup>27</sup> *Yapı Malzemelerinin Tabi Olacağı Kriterler Hakkında Yönetmelik*,  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 26/06/2009-27270  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/06/20090626-12.htm>,  
Değişiklikler sonrası güncel hâli:  
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.13160&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=&h=>

<sup>28</sup> *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*,  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 06/03/2007-26454  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070306-3.htm>,  
Değişiklikler sonrası güncel hâli:  
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.13160&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=&h=>

<sup>29</sup> United States Federal Register (USFR), <https://www.federalregister.gov/>

internet üzerinden erişime açık bir şekilde elektronik ortamda da yayımlanmaktadır. Bununla birlikte mevzuat arşivine, *United States Government Printing Office (USGPO)*<sup>31</sup> tarafından hazırlanmış *United States Federal Dijital System (USFDSys)*<sup>32</sup> yayın koleksiyonlarından<sup>33</sup> ve yasalama sürecindeki mevzuatın taslak metinlerini de içeren *US Congress*<sup>34</sup> (tur: ABD Kongresi)'in internet sitesinden de erişilebilmektedir.

*United States Code (USC)* (tur: Amerika Birleşik Devletleri Kanunu), ABD'nin genel ve kalıcı federal yasalarının konu başlıklarına dayalı olarak düzenlenmiş bütünüdür. *Office of the Law Revision Counsel (OLRC) of the US House of Representatives* tarafından hazırlanmakta ve yayımlanmakta olan USC, 51 başlık ve 5 ekten oluşmaktadır [86]. USC, elektronik olarak resmî *USCode*<sup>35</sup> [86] sitesinde yayımlanmakta olup ayrıca 1994'den itibaren de değişikliklerin işlenmiş olduğu yıllık sürümlerine USFDSys'in *United States Code (USC) Koleksiyonu*'ndan<sup>36</sup> da erişilebilmektedir. USC konu başlıklarından bazıları *Çizelge 2.46*'da verilmiştir.

42 numaralı *Halk Sağlığı ve Refahı* konu başlığı 159 bölümden oluşmaktadır. Katı atık ve zararlı atıklar ile alakalı olarak, 39 numaralı başlıkta şu an yürürlükte olmayan *Katı Atık Bertarafı Kanunu* (eng: Solid Waste Disposal Act [87])<sup>37</sup> (42 USC 39 [3251-3259]), 82 numaralı başlıkta *Kaynak Koruma ve Kurtarma Kanunu* (eng: Resource Conservation and Recovery Act, RCRA [88])<sup>38</sup> olarak bilinen yürürlükteki Katı Atık Bertarafı Kanunu (42 USC 82 [6901-6996k]), 103 numaralı başlıkta ise *Kapsamlı Çevresel Müdahale, Tazminat ve Yükümlülük Kanunu* (eng: Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act, CERCLA, Superfund [89])<sup>39</sup> (42 USC 103 [9601-9675]) bulunmaktadır [86].

---

<sup>30</sup> United States (US) Regulations, <http://www.regulations.gov/>

<sup>31</sup> United States Government Printing Office (USGPO), <http://www.gpo.gov/>

<sup>32</sup> United States Federal Dijital System (USFDSys), <http://www.gpo.gov/fdsys/>

<sup>33</sup> United States Federal Dijital System (USFDSys) Koleksiyonu,

<http://www.gpo.gov/fdsys/browse/collectiontab.action>

<sup>34</sup> United States (US) Congress, <http://congress.gov/>

<sup>35</sup> United States Code (USC), <http://uscode.house.gov/> [86]

<sup>36</sup> United States Code (USC) Annual Edition,

<http://www.gpo.gov/fdsys/browse/collectionUSCode.action?collectionCode=USCODE>

<sup>37</sup> US Public Law 89-272-Oct. 20, 1965 – 79 Statute 997-1001,

<http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/STATUTE-79/pdf/STATUTE-79-Pg992-2.pdf> [87]

<http://uscode.house.gov/statutes/1965/1965-089-0272.pdf>

<sup>38</sup> US Public Law 94-580-Oct. 21, 1976 – 90 Statute 2795-2841,

<http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/STATUTE-90/pdf/STATUTE-90-Pg2795.pdf> [88]

<http://uscode.house.gov/statutes/1976/1976-094-0580.pdf>

<sup>39</sup> US Public Law 96-510-Dec. 11, 1980 – 94 Statute 2767-2811,

<http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/STATUTE-94/pdf/STATUTE-94-Pg2767.pdf> [89]

<http://uscode.house.gov/statutes/1980/1980-096-0510.pdf>

Çizelge 2.46 USC konu başlıklarından bazıları[86]

Başlık Numarası	Bölüm Başlık Numarası	Konu Başlığı
7		Tarım
16		Koruma
17		Telif Hakları
30		Mineral Alanlar ve Madencilik
35		Patentler
42		Halk Sağlığı ve Refahı
	15B	Hava Kirliliği Kontrolü
	39	Katı Atık Bertarafı
	65	Gürültü Kontrolü
	82	Katı Atık Bertarafı (RCRA)
	85	Hava Kirliliği Önleme ve Kontrolü
	103	Kapsamlı Çevresel Müdahale, Tazminat ve Yükümlülük (CERCLA)
	108	Nükleer Atık Politikası
	109	Su Kaynakları Araştırma
	133	Kirlilik Önleme

*Code of Federal Regulations (CFR)* (tur: Federal Düzenlemeler Kanunu), ABD Federal Hükûmetinin yürütme organları tarafından USFR’de yayımlanmış olan genel ve kalıcı kural ve düzenlemelerin konu başlıklarına dayalı olarak düzenlenmiş bütünüdür [90]. 50 konu başlığından oluşan CFR, elektronik olarak USGPO tarafından hazırlanan *Electronic Code of Federal Regulations (e-CFR)*<sup>40</sup> [90] sitesinde yayımlanmakta olup ayrıca 1996’dan itibaren de değişikliklerin işlenmiş olduğu yıllık sürümlerine USFDSys’in *Code of Federal Regulations (CFR) Koleksiyonu*’ndan<sup>41</sup> da erişilebilmektedir. CFR konu başlıklarından bazıları Çizelge 2.47’de verilmiştir.

40 numaralı *Çevrenin Korunması*<sup>42</sup> konu başlığı 34 cilt, 5 bölüm ve 1799 parçadan oluşmaktadır. Bölümler, kuralları yayımlayan yürütme organlarına göre ayrılmıştır. Bu konudaki en önemli yetkili organ USEPA’dır. USEPA, 15 farklı konudaki alt bölüm altında düzenlemelerini yayımlamaktadır. Katı atıklar, “I” alt başlık numaralı başlık altında olup bu konudaki tüm düzenlemeler burada (40 CFR I-I [239-282]) bulunmaktadır [90].

<sup>40</sup> US Electronic Code of Federal Regulations (e-CFR), <http://www.ecfr.gov/> [90]

<sup>41</sup> Code of Federal Regulations (CFR) Annual Edition, <http://www.gpo.gov/fdsys/browse/collectionCfr.action?collectionCode=CFR>

<sup>42</sup> CFR Title 40 - Protection of Environment, [http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-id.x?SID=96f950c2241c946994eddf8966d19dc0&tpl=/ecfrbrowse/Title40/40tab\\_02.tpl](http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-id.x?SID=96f950c2241c946994eddf8966d19dc0&tpl=/ecfrbrowse/Title40/40tab_02.tpl)



Çizelge 2.47 CFR konu başlıklarından bazıları [90]

Başlık Numarası	Bölüm Başlık Numarası	Alt Bölüm Başlık Numarası	Konu Başlığı	Parçalar
7			Tarım	
10			Enerji	
18			Güç ve Su Kaynaklarının Korunması	
30			Mineral Kaynaklar	
37			Patent, Marka ve Telif Hakları	
40			Çevrenin Korunması	
	I		Çevre Koruma Ajansı	
		A	Genel	1-29
		B	Teşvik ve Federal Yardımlar	30-49
		C	Hava Programları	50-99
		D	Su Programları	100-149
		E	Pestisit Programları	150-181
		F	Radyasyon Korunma Programları	190-197
		G	Gürültü Önleyici Programlar	201-211
		H	Deniz Deşarjı	222-238
		I	Katı Atıklar	239-282
		J	Superfund, Acil Durum Planlama, Toplum Bilgi Hakkı Programları	300-375
		N	Atık İlke ve Standartları	400-471
		O	Aritma Çamurları	501-503
		Q	Enerji Politikası	600-611
		R	Zehirli Maddeler Kontrol Kanunu	700-799
		U	Hava Kalitesi Kontrolleri	1027-1074
	IV		Çevre Koruma Ajansı ve Adalet Bakanlığı	
	V		Çevre Kalitesi Kurulu	
	VI		Kimyasal Güvenlik ve Tehlike Araştırma Kurulu	
	VII		Çevre Koruma Ajansı ve Savunma Bakanlığı	
42			Halk Sağlığı	

ABD’de atık yönetimi 1965 yılında yayımlanmış olan *Solid Waste Disposal Act* (tur: Katı Atık Bertaraf Kanunu) ile yasalaşmıştır. Ardından 1976 yılında bu kanun değiştirilerek *Resource Conservation and Recovery Act (RCRA)* (tur: Kaynak Koruma ve Kurtarma Kanunu) olarak bilinen yeni Katı Atık Bertaraf Kanunu yayımlanmıştır.

RCRA, ABD’nin katı ve tehlikeli atıkların bertarafına ilişkin yayımlandığı en önemli kanundur. Kanun; atık bertarafının muhtemel tehlikelerinden çevreyi ve insanların sağlığını korumayı, doğal kaynaklardan ve enerjiden tasarruf sağlamayı, oluşan atık miktarında azalma sağlamayı, atıkların çevresel bir şekilde yönetilmesini sağlamayı amaçlamaktadır [38]. RCRA kapsamındaki konular için USEPA yetkilendirilmiş olup kanun sadece aktif durumdaki ve gelecekteki tesisler için geçerlidir. Daha öncekiler ve

kirlenmiş alanlar için *Superfund* adıyla da bilinen *Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (CERCLA)* (tur: Kapsamlı Çevresel Müdahale, Tazminat ve Yükümlülük Kanunu) geçerlidir. CERCLA, ABD'nin kontrolsüz veya terkedilmiş atık saha/tesisleri ile kirlenmiş alanların ıslahı konusundaki kanunudur. Bu tesis ve yerlerin yönetimi konusunda da USEPA yetkilendirilmiştir [91].

RCRA, atık konusunda oluşumundan bertarafına kadar bir çerçeve yönetim planı çizmekte atık üreticilerine tek bir bertaraf yöntemi dayatmamaktadır. Öncelikle atığın oluşumunun azaltılmasını önermekte daha sonra diğer yollara başvurulması gerektiğini vurgulamaktadır. Atığın bertarafında öncelikle standart yöntemler ile tanımlanmasını istemekte, işlemler sonrası da uyulması gereken limit sınır değerlerini koymaktadır. Hangi yöntem ile geri dönüşüm, geri kazanım veya bertaraf yapılacağını eyaletlere ve USEPA'ya bırakmaktadır [38]. Önemli olan atıkların çevre ve insan sağlığına zarar vermeden bertaraf edilmelerinin sağlanmasıdır. Tüm ölçüm ve analizler için USEPA'nın geliştirmiş olduğu test yöntemleri<sup>43</sup> kullanılmaktadır [78].

USEPA enkapsülasyon, kararlılaştırma, camlaştırma, iyon değiştirme gibi daha birçok yöntemi tehlikeli atıklar için kullanılabilir yöntemler arasında vermektedir [92]. K/K teknolojilerinin de ABD'de yasal bir şekilde uygulandığı bilinmektedir. Ayrıca USEPA'nın RCRA verileri sayfasında<sup>44</sup> da yayımlanmış olduğu bilgilere göre K/K teknolojisi gerekli sınır değerleri sağladığı sürece uygulanabilir durumdadır [93].

## **2.6.2 Bölgesel Mevzuat**

Atık yönetimi ve K/K konusundaki bölgesel mevzuat çalışmaları kapsamında, mevzuat konusunda Türkiye'nin de uyum süreci içerisinde olduğu AB'nin mevzuatı incelenmiştir.

### **2.6.2.1 AB Mevzuatı**

Türkiye, AB ile birliğe katılım müzakereleri içerisinde olduğu için uyum süreci kapsamında açılan fasıllara göre Türk Mevzuatı AB mevzuatına uyumlu hâle getirilmektedir. Bu açıdan bakıldığında Türkiye ulusal mevzuatı nihai olarak AB mevzuatı ile uyumlu hâle geleceği için AB mevzuatı da incelenmesi gereken bir

---

<sup>43</sup> USEPA SW-846 On Line, Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, <http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/online/> [78]

<sup>44</sup> USEPA RCRA Online Database, <http://www.epa.gov/epawaste/inforesources/online/> [93]

mevzuat olup bu mevzuatı da takip etmek ulusal mevzuattaki muhtemel değişiklikleri önceden bilmek ve ona göre davranmak açısından doğru bir yaklaşım olacaktır.

AB mevzuatı, AB'nin resmî gazetesi *Official Journal of the European Union*'da<sup>45</sup> [94] yayımlanarak yürürlüğe girmekte, ayrıca *EUR-Lex*<sup>46</sup> [95] ismi altında internet üzerinden erişime açık bir şekilde elektronik olarak da yayımlanmaktadır.

AB müktesebatı oldukça büyük ve kapsamlı bir müktesebattır. Burada çevre mevzuatının içinde yer alan sadece atık yönetimi ile alakalı mevzuattan bahsetmek bile fazlaca yer kaplayacağı sebeple sadece isimlerine değinilecektir. AB müktesebatındaki atık yönetimi ile alakalı yürürlükteki mevzuatın listesi *Çizelge 2.48*'de verilmiştir.

Çizelge 2.48 AB mevzuatında atık yönetimi ile alakalı yürürlükteki mevzuat [94–96]

Mevzuat Numarası	Mevzuat Başlığı	Yayımlandığı Resmî Gazetenin	
		Tarihi	Sayısı
<a href="#">86/278/EEC</a>	Arıtma Çamurunun Tarımda Kullanılması Hâlinde Çevrenin ve Özellikle Toprağın Korunması Hakkında Konsey Direktifi	04/07/1986	<a href="#">L 181</a>
<a href="#">94/62/EC</a>	Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi	31/12/1994	<a href="#">L 365</a>
<a href="#">96/59/EC</a>	Poliklorobifenil ve Poliklorlu Terfenillerin (PCB/PCT) Bertarafı Hakkında Konsey Direktifi	24/09/1996	<a href="#">L 243</a>
<a href="#">1999/31/EC</a>	Atıkların Düzenli Depolanması Hakkında Konsey Direktifi	16/07/1999	<a href="#">L 182</a>
<a href="#">2000/532/EC</a>	94/3/EC ve 94/904/EC Kararlarının Değiştirilmesi Hakkında Komisyon Kararı (Atık Listesi (LoW))	06/09/2000	<a href="#">L 226</a>
<a href="#">2000/53/EC</a>	Ömrünü Tamamlamış Araçlar Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi	21/10/2000	<a href="#">L 269</a>
<a href="#">2006/21/EC</a>	Maden Çıkartma ve İşleme Endüstrisinden Kaynaklanan Atıkların Yönetimi Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi	11/04/2006	<a href="#">L 102</a>
<a href="#">EC 1013/2006</a>	Atıkların Taşınması Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Tüzüğü	12/07/2006	<a href="#">L 190</a>
<a href="#">2006/66/EC</a>	Pil ve Akümülatörler ile Atık Pil ve Akümülatörler Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi	26/09/2006	<a href="#">L 266</a>
<a href="#">2008/98/EC</a>	Atıklar Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi	22/11/2008	<a href="#">L 312</a>
<a href="#">2010/75/EU</a>	Endüstriyel Emisyonlar (Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol) Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi	17/12/2010	<a href="#">L 334</a>
<a href="#">2011/65/EU</a>	Elektrik ve Elektronik Cihazlarda (EEE) Bazı Tehlikeli Maddelerin Kullanımının Kısıtlanması Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi	01/07/2011	<a href="#">L 174</a>
<a href="#">2012/19/EU</a>	Atık Elektrikli ve Elektronik Teçhizatlar (WEEE) Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi	24/07/2012	<a href="#">L 197</a>

<sup>45</sup> Official Journal of the European Union (OJ EU), <http://eur-lex.europa.eu/JOIndex.do> [94]

<sup>46</sup> European Union Law (EUR-Lex), <http://eur-lex.europa.eu/>, <http://new.eur-lex.europa.eu/> [95]

AB'de çevre konusundaki mevzuat hazırlıklarını *European Environment Agency (EEA)*<sup>47</sup> (*tur*: Avrupa Çevre Ajansı, AÇA)<sup>48</sup> [97] yapmaktadır. EEA, AB ve üye ülkelere çevrenin iyileştirilmesi, çevresel hususların ekonomik politikalarla bütünleştirilmesi ve sürdürülebilirliğe geçiş hakkında bilgilendirilmiş kararlar almalarına yardımcı olmak ve *European Environment Information and Observation Network (EIONET)*<sup>49</sup> (*tur*: Avrupa Çevre Bilgi ve Gözlem Ağı)'ü koordine etmekle görevli olmak üzere ilk olarak 1990 yılında EEC 1210/90<sup>50</sup> numaralı Tüzük ile kurulmuş son olarak da EC 401/2009<sup>51</sup> numaralı Tüzük ile yeniden yapılandırılmış bir AB ajansıdır [97].

AB'de atık konusu ilk olarak 1975 yılında 75/442/EEC<sup>52</sup> sayılı Konsey Direktifi ile düzenlenmiştir. Bu direktif ile atığın tanımı yapılmış ve atık kategorileri, bertaraf işlemleri ile geri kazanım işlemleri tanımlanmıştır. Zararlı atık konusu ise ilk olarak 1991 yılında 91/689/EEC<sup>53</sup> sayılı Konsey Direktifi ile düzenlenmiştir. Her iki düzenleme de aradan geçen zaman ile benzer içeriklerinden ve güncel tanımlamalardan dolayı yürürlükten kaldırılmış ve her ikisini de kapsayan yeni ve tek bir direktif yayımlanmıştır.

Bugün atık konusunda yürürlükte olan temel mevzuat 2008/98/EC<sup>54</sup> sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifidir [37]. Bu direktif ile atık konusundaki tüm düzenlemeler yapılmış, atık yönetim hiyerarşisi belirlenmiş, atık listeleri tanımlanmış,

---

<sup>47</sup> European Environment Agency (EEA), <http://www.eea.europa.eu/> [97]

<sup>48</sup> Avrupa Çevre Ajansı (AÇA), <http://www.eea.europa.eu/tr/>

<sup>49</sup> European Environment Information and Observation Network (EIONET), <http://www.eionet.europa.eu/>

<sup>50</sup> EEC 1210/90, *Avrupa Çevre Ajansı ve Avrupa Çevre Bilgi ve Gözlem Ağı'nın Kurulması Tüzüğü* (Yürürlükte değildir! Yürürlükteki: EC 401/2009),  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 11/05/1990-L120  
<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:1990:120:SOM:EN:HTML>

<sup>51</sup> EC 401/2009, *Avrupa Çevre Ajansı ve Avrupa Çevre Bilgi ve Gözlem Ağı'na İlişkin Tüzük*,  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 21/05/2009-L126  
<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2009:126:SOM:EN:HTML>,

Değişiklikler sonrası güncel hâli:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009R0401:EN:NOT>

<sup>52</sup> 75/442/EEC, *Atıklar Hakkında Konsey Direktifi* (Yürürlükte değildir! Yürürlükteki: 2008/98/EC),  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 25/07/1975-L194  
<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:1975:194:SOM:EN:HTML>

<sup>53</sup> 91/689/EEC, *Zararlı Atıklar Hakkında Konsey Direktifi* (Yürürlükte değildir! Yürürlükteki: 2008/98/EC),  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 31/12/1991-L377  
<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:1991:377:SOM:EN:HTML>

<sup>54</sup> 2008/98/EC, *Atıklar Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi*,  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 22/11/2008-L312  
<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2008:312:SOM:EN:HTML> [37],  
Değişiklikler sonrası güncel hâli:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0098:EN:NOT>

bertaraf işlemleri, geri kazanım işlemleri ile atıkları zararlı yapan özellikleri tanımlanmıştır. Direktifin 5 eki bulunmaktadır. Bunlar;

- Ek 1: Bertaraf İşlemleri
- Ek 2: Geri Kazanım İşlemleri
- Ek 3: Tehlikeli Kabul Edilen Atıkların Özellikleri
- Ek 4: Atık Önleme Tedbirlerine Örnekler
- Ek 5: İlişki Tablosu'dur.

2008/98/EC direktifinin Ek 1'inde yer alan bertaraf işlemleri *Çizelge 2.41*'de, Ek 2'de yer alan geri kazanım işlemleri *Çizelge 2.42*'de, Ek 3'de yer alan tehlikeli kabul edilen atıkların özellikleri *Çizelge 2.43*'de verildiği şekliyledir.

Atıkların sınıflandırılması ve listelenmesi konusunda ise ilk olarak 1993'te atıkları sınıflandırmak ve listelemek için yasal dayanağı 75/442/EEC sayılı Konsey Direktifi olan 94/3/EC<sup>55</sup> sayılı Komisyon Kararı ile *European Waste Catalogue (EWC)* (tur: Avrupa Atık Kataloğu) oluşturulmuş ve yayımlanmıştır. Ardından 1994'te zararlı atıkları sınıflandırmak ve listelemek için yasal dayanağı 91/689/EEC sayılı Konsey Direktifi olan 94/904/EC<sup>56</sup> sayılı Konsey Kararı ile *Hazardous Waste List (HWL)* (tur: Zararlı Atık Listesi) oluşturulmuş ve yayımlanmıştır. EWC ve HWL'nin birbirini yer yer kapsamamasından dolayı 2000 yılında 2000/532/EC<sup>57</sup> sayılı Komisyon Kararı [84] ile 2002 yılından geçerli olmak üzere bu iki liste kaldırılmış ve yerine *List of Wastes (LoW)* (tur: Atık Listesi) ismiyle yeni ve tek bir liste oluşturularak yayımlanmıştır.

AB'de tüm atıklar LoW'a göre sınıflandırılmakta ve kodlanmaktadır. Bu listeye göre K/K atıklar 19 03 kod numarası ile sınıflandırılmaktadır. LoW'da yer alan katılaştırılmış/kararlılaştırılmış atıklar ve alt sınıfları *Çizelge 2.49*'da verilmiştir.

---

<sup>55</sup> 94/3/EC, *Atıkların Bir Listesinin Oluşturulması Hakkında Komisyon Kararı* (Yürürlükte değildir! Yürürlükteki: 2000/532/EC),

Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 07/01/1994-L5

<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:1994:005:SOM:EN:HTML>

<sup>56</sup> 94/904/EC, *Zararlı Atıkların Bir Listesinin Oluşturulması Hakkında Konsey Kararı* (Yürürlükte değildir! Yürürlükteki: 2000/532/EC),

Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 31/12/1994-L356

<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:1994:356:SOM:EN:HTML>

<sup>57</sup> 2000/532/EC, 94/3/EC ve 94/904/EC Kararlarının Değiştirilmesi Hakkında Komisyon Kararı (*Atık Listesi, LoW*),

Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 06/09/2000-L226

<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2000:226:SOM:EN:HTML> [84],

Değişiklikler sonrası güncel hâli:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000D0532:EN:NOT>

Çizelge 2.49 LoW’da yer alan katılaştırılmış/kararlılaştırılmış atıklar ve alt sınıf kodları  
[84]

19	ATIK YÖNETİM TESİSLERİNDEN, TESİS DIŞI ATIK SU ARITMA TESİSLERİNDEN VE İNSANİ TÜKETİM VE ENDÜSTRİYEL KULLANIM İÇİN SU HAZIRLAMA TESİSLERİNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR
19 01	Atık prolizi veya yakılmasından kaynaklı atıklar
19 02	Atıkların fizikokimyasal arıtılmasından kaynaklanan atıklar
19 03	Kararlılaştırılmış/katılaştırılmış atıklar <sup>(4)</sup>
19 03 04*	Tehlikeli olarak işaretlenmiş kısmen <sup>(5)</sup> kararlılaştırılmış atıklar
19 03 05	19 03 04 dışındaki kararlılaştırılmış atıklar
19 03 06*	Tehlikeli olarak işaretlenmiş katılaştırılmış atıklar
19 03 07	19 03 06 dışındaki katılaştırılmış atıklar
19 04	Vitrifiye olmuş atıklar ve vitrifikasyondan kaynaklı atıklar
19 05	Katı atıkların aerobik arıtımından kaynaklı atıklar
19 06	Atıkların anaerobik arıtımından kaynaklı atıklar
19 07	Depo sahası sızıntı suyu
19 08	Başka bir şekilde tanımlanmamış atık su arıtma tesislerinden kaynaklanan atıklar
19 09	İnsanî tüketim veya endüstriyel kullanım için su hazırlanmasından kaynaklı atıklar
19 10	Metal içeren atıklardan kaynaklı atıklar
19 11	Atık rejenerasyon kaynaklı atıklar
19 12	Atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan atıklar
19 13	Toprak ve yer altı suyu ıslahından kaynaklı atıklar

\* işareti ile işaretlenmiş atıklar tehlikeli atık olarak kabul edilmektedir.

<sup>(4)</sup> Kararlılaştırma süreçleri atık bileşenlerinin tehlikeliliği değiştirir, böylece tehlikeli atıklar tehlikesiz atıklara dönüşürler. Katılaştırma süreçleri ise atığın kimyasal özelliklerini değiştirmeden katkı maddeleri ile atığın sadece fiziksel durumunu (örneğin sıvıdan katıya dönüşümü) değiştirir.

<sup>(5)</sup> Kararlılaştırma işleminin ardından eğer tamamen tehlikesiz duruma dönüşmemiş tehlikeli bileşenler varsa bunların kısa, orta ve uzun dönemde çevreye yayılabilecekleri göz önünde tutularak işlem görmüş atık kısmen kararlılaştırılmış olarak kabul edilir.

Çizelge 2.49’den görüldüğü üzere AB’de K/K işlemlerine tabi tutulmuş atıklar da tanımlanmakta ve kodlanmaktadır. Aynı durum uyum sürecinden dolayı Türkiye için de geçerlidir. Türkiye’de de bu kodlama geçerli olduğundan atıkların K/K işlemlerine tabi tutulması yasaklanmış bir işlem olarak görülmemektedir.

### 2.6.3 Uluslararası Mevzuat

Atıklar ile alakalı en önemli uluslararası mevzuat *Basel Konvansiyonu* olarak da bilinen *Tehlikeli Atıkların Sınır Aşırı Taşınması ve Bertaraf Edilmesinin Kontrolüne İlişkin Basel Sözleşmesi*<sup>58</sup> (eng: Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal)’dir. 1989 yılında kabul edilen ve

<sup>58</sup> *Tehlikeli Atıkların Sınır Aşırı Taşınması ve Bertaraf Edilmesinin Kontrolüne İlişkin Basel Sözleşmesi* (Basel, 22/03/1989), Bakanlar Kurulu Kararı, Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 15/05/1994-21935 <http://www.resmigazete.gov.tr/main.aspx?home=http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/21935.pdf&mai n=http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/21935.pdf>

1992 yılında yürürlüğe giren Sözleşmenin amacı, tehlikeli ve diğer atıkların sınır aşırı taşınması, bertaraf edilmesi ve geri dönüşümünden doğabilecek tehlikeleri ortadan kaldırmaktır. Atıkların, sanayileşmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere doğru taşınması, Sözleşmenin üzerinde durduğu en önemli unsuru oluşturmaktadır [98].

Sözleşme'nin en temel hareket noktası, devletlerin ülkelerinde çevreyi koruyabilmelerine olanak tanımak ve tehlikeli atıkların sınır aşırı taşınması gibi çevreye zarar verebilecek birtakım eylemlere izin vermeme imkânına sahip olmalarını sağlamaktır. Bu bağlamda Sözleşme, atıkların Taraf ülkeler arasında hareketi gerçekleşmeden önce bir ön bildirim yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Sınır aşan bir hareketin *Basel Sözleşmesi*'ne göre hukuki bir şekilde gerçekleştirilmesi için ihracatçı devlet, ithalatçı devletin taşımaya ilişkin yazılı onayını almak zorundadır. Bu çerçevede, Sözleşme'ye Taraf olan her devlet, tehlikeli veya diğer atıkların ithalini ve ihracını yasaklama hakkına sahiptir [98].

Sözleşmede 1995 yılında *BAN Değişikliği*<sup>59</sup> (eng: Ban Amendment) olarak bilinen bir değişiklik yapılmıştır. Söz konusu değişiklik ile *Basel Sözleşmesi*'ne taraf olan ve aynı zamanda AB ve/veya OECD'ye üye olan ülkeler ile Liechtenstein'dan diğer Taraf ülkelere her türlü tehlikeli atık ticareti yasaklanmıştır [98]. Sözleşme ve ilgili tüm gelişmeler Basel Sözleşmesinin resmî internet sitesinden<sup>60</sup> takip edilebilir.

Türkiye, 1994 yılından bu yana *Basel Sözleşmesi*'ne taraftır ve *BAN Değişikliği*'ni 2003 yılında onaylamıştır.<sup>61</sup>

Taraf olduğu uluslararası sözleşmeler ve uluslararası mevzuat uyarınca Türkiye, atıklarını ihraç edememekte, atık ithalatı yapamamaktadır. Bu bakımdan Türkiye'de atıkların üretildikleri yerde bertaraf edilmeleri taşımanın hem çevresel riskleri hem de maliyetinden dolayı daha da önem kazanmaktadır.

---

<sup>59</sup> *Tehlikeli Atıkların Sınırötesi Taşınımının ve Bertaraf Edilmesinin Kontrolüne İlişkin Basel Sözleşmesine Getirilen Değişiklik* (Cenevre, 22/09/1995), Bakanlar Kurulu Kararı, Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 11/07/2003-25182 <http://www.resmigazete.gov.tr/main.aspx?home=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2003/07/20030728.htm&main=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2003/07/20030728.htm>

<sup>60</sup> Basel Sözleşmesi İnternet Sitesi, <http://www.basel.int/>

<sup>61</sup> Basel Sözleşmesi, 30/12/1993 tarih ve 21804 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 3957 sayılı Kanun ile onaylanması uygun bulunmuş, ardından 15/05/1994 tarih ve 21935 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 1994/5419 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile de onaylanarak yürürlüğe girmiştir. BAN Değişikliği ise 24/06/2003 tarih ve 25148 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 4899 sayılı Kanun ile onaylanması uygun bulunmuş, ardından 28/07/2003 tarih ve 25182 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 2003/5909 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile de onaylanarak yürürlüğe girmiştir.

## 2.7 Standartlar

Standart, örnek veya temel olarak alınabilen manasında kullanılmaktadır. Standardizasyon da iş ve işlemlerde standartlaşma işi olarak tarif edilebilir [1]. Her devlet kendi ülkesinde yapılacak iş ve işlemler için veya üretilecek ürünler için belli standartlar geliştirebilir. Bu standartlar, standart hazırlama ve yayımlama kuruluşları aracılığıyla yazılı hâle getirilip yayımlanmaktadır. Standartlar genellikle isteğe bağlı olmakla birlikte bazen piyasa şartları veya devlet standartları mecburi kılabilenmektedir. Standartlar ücreti mukabilinde satın alınmak suretiyle kullanılabilir<sup>62</sup>.

Standartlar çoğaldıkça sınıflandırma ihtiyacı doğmuştur. Bu bağlamda, *International Organization for Standardization (ISO)*<sup>63</sup> [99] (*tur*: Uluslararası Standartlar Teşkilâtı) tarafından uluslararası geçerliği olan *International Classification for Standards (ICS)*<sup>64</sup> [100] (*tur*: Uluslararası Standart Sınıflaması [101]) sınıflama sistemi geliştirilmiştir. Yani tüm uluslararası, bölgesel ve ulusal standart hazırlama ve yayımlara kuruluşları bu sınıflama sistemini kullanmakta olup hangi standart kuruluşun standartları taransın taransın aranan başlık hep aynı sınıf altında yer almaktadır.

ICS’de atıklar ile alakalı sınıflama kodları *Çizelge 2.50*’de verilmiştir.

Çizelge 2.50 ICS’de atıklar ile alakalı sınıflama kodları [100, 101]

Sınıf Kodu	Sınıf Tanımı
13	ÇEVRE SAĞLIK KORUMA GÜVENLİK
13.020	Çevre Koruma
13.030	Atıklar
13.030.01	Atıklar (Genel)
13.030.10	Katı Atıklar
13.030.20	Sıvı Atıklar, Çamur
13.030.30	Özel Atıklar
13.030.40	Atık Boşaltımı ve Arıtımı İçin Tesis ve Ekipmanlar
13.030.50	Geri Dönüşüm
13.030.99	Atıklarla İlgili Diğer Standardlar
13.040	Hava Kalitesi
13.060	Su Kalitesi
13.080	Toprak Kalitesi. Pedoloji

<sup>62</sup> Birçok yabancı standardın satın alınabileceği Global IHS: <http://global.ihs.com/>

<sup>63</sup> International Organization for Standardization (ISO), <http://www.iso.org/> [99]

<sup>64</sup> International Classification for Standards (ICS), 6. sürüm, <http://www.iso.org/iso/ics6-en.pdf>



Atıklar ile alakalı tüm standartlar bu sınıflar altında toplanmıştır. Ancak standardın ana konusuna göre başka sınıflar altında da atıklarla alakalı standartlar bulunabilir. Standart sınıflarında yer alan uyarılara dikkat edilmesi gerekmektedir.

Atık yönetimi ve K/K konusundaki standardizasyon çalışmaları ulusal, bölgesel ve uluslararası ölçekte aşağıda incelenmiştir.

## 2.7.1 Ulusal Standartlar

Atık yönetimi ve K/K konusundaki ulusal standardizasyon çalışmaları kapsamında, iki ülke standartları; *Türk Standartları* ve *Amerikan Standartları* incelenmiştir.

### 2.7.1.1 Türk Standartları

Türk Standartları, *Türk Standardları Enstitüsü (TSE)* tarafından hazırlanmakta ve yayımlanmaktadır.

*Türk Standardları Enstitüsü (TSE)*<sup>65</sup> (eng: Turkish Standards Institution, TSI)<sup>66</sup>, her türlü madde ve mamuller ile usul ve hizmet standartlarını yapmak amacıyla 132 sayılı *Türk Standardları Enstitüsü Kuruluş Kanunu*<sup>67</sup> ile 1960 yılında kurulmuş, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na bağlı bir kamu kuruluşudur [102]. Kanuna [103] göre yalnız Türk Standartları Enstitüsü tarafından kabul edilen standartlar “Türk Standardı” adını alırlar. Bu Standartlar ihtiyari olup; standardın ilgili olduğu Bakanlığın onayı ile mecburi kılınabilirler. Bir standardın mecburi kılınabilmesi için de “Türk Standardı” olması şarttır. Mecburi kılınan standartlar Resmî Gazetede yayımlanırlar. TSE, CEN ve CENELEC üyesi olduğu gibi 1955 yılından beri ISO, 1956 yılından beri de IEC üyesidir. AB müktesebat uyumu çerçevesinde CEN ve CENELEC standartları bir süre sonra Türkçe'ye çevrilmek suretiyle Türk Standardı olarak da TSE tarafından yayımlanmaktadır [102].

TSE'de her standart konusuna göre ilgili ihtisas kurullarından geçmektedir. Toplamda 22 adet olan ihtisas kurullardan atık ve K/K konusunun yer aldığı/alabileceği ihtisas kurulları *Çizelge 2.51*'de verilmiştir.

<sup>65</sup> Türk Standardları Enstitüsü (TSE), <http://www.tse.org.tr/> [102]

<sup>66</sup> Turkish Standards Institution (TSI), <http://global.tse.org.tr/>

<sup>67</sup> 132 sayılı *Türk Standardları Enstitüsü Kuruluş Kanunu*, Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 22/11/1960-10661 <http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/10661.pdf> [103],

Kanunun değişiklikler sonrası güncel hâli:

<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=1.4.132&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=>

Çizelge 2.51 Atık ve K/K konusunun yer aldığı/alabileceği TSE ihtisas kurulları [102]

İhtisas Kurulu	Çalışma Alanı
Çevre	Çevre ile alakalı tüm alanlar; atıklar, hava kirliliği, su kirliliği, su kalitesi, vb. gibi
İnşaat	İnşaat ile alakalı tüm alanlar; yapı malzemeleri, vb. gibi
Kimya	Kimya ile alakalı tüm alanlar; atık analizleri, vb. gibi

Atıklar ile alakalı birçok Türk Standardı bulunmaktadır. Bununla birlikte K/K konusunun yer aldığı standartlar da mevcuttur. K/K konusunun yer aldığı Türk Standartları Çizelge 2.52’de verilmiştir.

Çizelge 2.52 K/K konusunun yer aldığı Türk Standartları [102]

Standart No	Standartın Başlığı
TS 5934:1988 <sup>(a)</sup>	Katılaştırılmış Radyoaktif Artıkların Uzun Süreli Çözündürme Deneyleri
TS 5935: 1988 <sup>(b)</sup>	Katılaştırılmış Yüksek Seviyedeki Radyoaktif Artıkların, Uzun Süreli Alfa Işınlamasına Karşı Kararlılığının Deney Metodu

<sup>(a)</sup> TS 5934:1988’in yararlanıldığı kaynak olan uluslararası karşılığı ISO 6961:1982 standardı olup ISO 6961:1982 standardı 2003 yılında iptal edilmiştir. Ancak TS 5934:1988 Türkiye’de hâlâ yürürlüktedir.

<sup>(b)</sup> TS 5935:1988 standardının yararlanıldığı kaynak olan uluslararası karşılığı ISO 6962:1982 standardı olup ISO 6962:1982 standardı 2004 yılında güncellenmiş ve ISO 6962:2004 standardı yayımlanmıştır. Ancak ISO 6962:2004 standardının Türk Standartlarında karşılığı henüz yayımlanmamıştır.

### 2.7.1.2 Amerikan Standartları

Amerikan Standartları birden fazla standart hazırlama ve yayımlama yetkili kuruluşu tarafından hazırlanmakta ve yayımlanmaktadır.

*United States National Institute of Standards and Technology (USNIST)*<sup>68</sup> (tur: Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü), ABD’nin resmî standart enstitüsüdür. USNIST, endüstriyel standartlardan ziyade ölçüm yöntem ve standartları yayınlar, ağırlık ve zaman referanslarını da bünyesinde barındırır. ABD’nin standartlarla ilgili olarak USNIST bünyesinde ayrı bir internet sitesi<sup>69</sup> de bulunmaktadır [104].

*American National Standards Institute (ANSI)*<sup>70</sup> (tur: Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü) (eski adı: American Standards Association, tur: Amerikan Standartlar Birliği), ABD’de endüstriyel standartları hazırlayan ve yayımlayan teşkilattir. ANSI,

<sup>68</sup> United States National Institute of Standards and Technology (USNIST), <http://www.nist.gov/> [104]

<sup>69</sup> United States (US) Standards, <http://www.standards.gov/>

<sup>70</sup> American National Standards Institute (ANSI), <http://www.ansi.org/> [105]

ISO ve IEC üyelerindedir. *National Resource for Global Standards (NSSN)*<sup>71</sup>, ANSI'nin standart arama motorudur [105].

*ASTM International*<sup>72</sup>, geçmişi 1918'lere dayanan bugün uluslararası nitelikte, standart hazırlayan ve yayımlayan kuruluştur [106]. ASTM International uluslararası bir özelliğe de sahip olduğu için ayrıca 2.7.3 *Uluslararası Standartlar* başlığında incelenmiştir.

K/K konusunun yer aldığı Amerikan Standartları *Çizelge 2.53*'de verilmiştir.

Çizelge 2.53 K/K konusunun yer aldığı Amerikan Standartları [105]

Standart No	Standartın Başlığı
ANSI/ANS-16.1-2003:R2008	Measurement of the Leachability of Solidified Low-Level Radioactive Wastes by a Short-Term Test Procedure

## 2.7.2 Bölgesel Standartlar

Atık yönetimi ve K/K konusundaki bölgesel standardizasyon çalışmaları kapsamında, standardizasyon konusunda Türkiye'nin de üye olduğu en önemli bölgelerden biri olan AB bölgesi incelenmiştir.

### 2.7.2.1 AB Standartları

Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanmış olan 98/34/EC sayılı Konsey Direktifi<sup>73</sup> ile AB'de standart hazırlama ve yayımlama yetkisi ve görevi *European Standards Organization (ESO)*'lara (*tur*: Avrupa Standartları Kuruluşu) (CEN, CENELEC ve ETSI) verilmiştir.<sup>74</sup>

ESO'lardan biri olan *Comité Européen de Normalisation (CEN)*<sup>75</sup> (*eng*: European Committee for Standardization, *tur*: Avrupa Standartlar Komitesi, ASK), Avrupa Standartlarını hazırlama ve yayımlama yetkisine sahip 1975 yılında kurulmuş aynı zamanda uluslararası nitelikte bir birliktir [107]. Çevre ve atık konularında birçok standardı bulunmaktadır.

<sup>71</sup> National Resource for Global Standards (NSSN), <http://www.nssn.org/>

<sup>72</sup> ASTM International, <http://www.astm.org/> [106]

<sup>73</sup> 98/34/EC, *Teknik Standartlar ve Düzenlemeler Alanında Bilgi Temini İçin Bir Prosedür Ortaya Koyan Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi*, Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 21/07/1998-L204  
<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:1998:204:SOM:EN:HTML>,  
Direktifin değişiklikler sonrası güncel hâli:  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31998L0034:EN:NOT>

<sup>74</sup> ESO'lara verilen görevler Avrupa Komisyonunun Görevler Veri Tabanından [http://ec.europa.eu/enterprise/standards\\_policy/mandates/database/](http://ec.europa.eu/enterprise/standards_policy/mandates/database/) takip edilebilir.

<sup>75</sup> Comité Européen de Normalisation (CEN), <http://www.cen.eu/> [107]

CEN’de her standart konusuna göre ilgili teknik kurullardan geçmektedir. Bu teknik kurullardan atık ve K/K konusunun yer aldığı/alabileceği teknik kurullar Çizelge 2.54’de verilmiştir.

Çizelge 2.54 Atık ve K/K konusunun yer aldığı/alabileceği CEN teknik kurulları [107]

Teknik Kurul Kodu	Teknik Kurul
CEN/TC 51	Çimento
CEN/TC 104	Beton ve ilgili ürünler
CEN/TC 154	Agregalar
CEN/TC 183	Atık yönetimi
CEN/TC 292	Atıkların karakterizasyonu
CEN/TC 308	Çamurların karakterizasyonu
CEN/TC 351	Yapı Malzemeleri – Tehlikeli Maddelerin Değerlendirilmesi
CEN/SS S27	Atık - Karakterizasyon ve Arıtım

ESO’ların ikincisi olan *Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC)*<sup>76</sup> (eng: European Committee for Electrotechnical Standardization, tur: Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi), AB’de elektroteknik üzerine yoğunlaşmış standart hazırlama ve yayımlama kuruluşudur. Bu sebeple CENELEC’in atık veya K/K konularında bir standardı bulunmamaktadır [108].

ESO’ların üçüncü ve sonuncusu olan *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)*<sup>77</sup> (tur: Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü), AB’de bilgi ve iletişim teknolojileri üzerine yoğunlaşmış standart hazırlama ve yayımlama kuruluşudur. Bu sebeple ETSI’nin atık veya K/K konularında bir standardı bulunmamaktadır [109].

### 2.7.3 Uluslararası Standartlar

Atık yönetimi ve K/K konusundaki uluslararası standardizasyon çalışmaları kapsamında, iki önemli uluslararası kuruluş olan *ASTM International* ve *ISO/IEC* kuruluşlarının yayımlanmış olduğu uluslararası standartlar incelenmiştir.

<sup>76</sup> Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC), <http://www.cenelec.eu/> [108]

<sup>77</sup> European Telecommunications Standards Institute (ETSI), <http://www.etsi.org/> [109]

### 2.7.3.1 ASTM International Standartları

*ASTM International*<sup>78</sup>, 1898 yılında ABD’de kurulmuş ulusal bir birlik iken bugün yayımladığı 12.000 standart ile uluslararası nitelikte standart hazırlayan ve yayımlayan bir kuruluştur. İlk standardını 1901 yılında yayımlamıştır. Tüm ICS sınıflarında olduğu gibi çevre, atık ve K/K konularında da yayımladığı standartlar bulunmaktadır [106].

Atık ve K/K konusunun yer aldığı ASTM International Standartlarından örnekler *Çizelge 2.55*’de verilmiştir.

Çizelge 2.55 Atık ve K/K konusunun yer aldığı ASTM International standartlarından örnekler [106]

Standart No	Standartın Başlığı
ASTM C1109-10	Standard Practice for Analysis of Aqueous Leachates from Nuclear Waste Materials Using Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
ASTM C1571-03 (2012)	Standard Guide for Characterization of Radioactive and/or Hazardous Wastes for Thermal Treatment
ASTM D5232-13	Standard Test Method for Determining the Stability and Miscibility of a Solid, Semi-Solid, or Liquid Waste Material
ASTM D5681-13	Standard Terminology for Waste and Waste Management
ASTM D7209-06	Standard Guide for Waste Reduction, Resource Recovery, and Use of Recycled Polymeric Materials and Products
ASTM E2060-06	Standard Guide for Use of Coal Combustion Products for Solidification/Stabilization of Inorganic Wastes

### 2.7.3.2 ISO/IEC Standartları

*International Organization for Standardization (ISO)*<sup>79</sup> (tur: Uluslararası Standartlar Teşkilâtı), 1946 yılında kurulmuş bir uluslararası standart hazırlama ve yayımlama kuruluşudur. Bugün 163 üye devletin yer aldığı ISO, bugüne kadar 19.500 standart yayımlamıştır. Yayımlamış olduğu standartlar, standartlar kataloğu<sup>80</sup> vasıtasıyla incelenebilmekte ve satın alınabilmekte, ayrıca çevrimiçi tarama platformu<sup>81</sup> ile de içerikleri kısıtlı olarak görüntülenebilmektedir [99].

ISO, her bir standardı konusuna göre ilgili teknik kurullar vasıtasıyla yayımlamaktadır. Bu teknik kurullardan çevre ve atık ile ilgili olan teknik kurulları *Çizelge 2.56*’da verilmiştir.

<sup>78</sup> ASTM International, <http://www.astm.org/> [106]

<sup>79</sup> International Organization for Standardization (ISO), <http://www.iso.org/> [99]

<sup>80</sup> ISO Standards Catalogue, [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_ics.htm](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics.htm)

<sup>81</sup> ISO Online Browsing Platform (OBP), <https://www.iso.org/obp/>

Çizelge 2.56 Çevre ve atık konusundaki ISO teknik kurulları [99]

Teknik Kurul Kodu	Teknik Kurul
ISO/TC 71	Beton, Betonarme ve Öngerilmeli Beton
ISO/TC 74	Çimento ve Kireç
ISO/TC 146	Hava Kalitesi
ISO/TC 147	Su Kalitesi
ISO/TC 190	Toprak Kalitesi
ISO/TC 207	Çevre Yönetimi
ISO/TC 275	Çamur Geri Kazanma, Geri Dönüşüm, Arıtım ve Bertaraf
ISO/TC 282	Su Yeniden Kullanma

ISO'nun çevre ve atıklar konusunda olduğu gibi K/K konusunda ve K/K işlemlerinde kullanılan malzemeler ve deney yöntemleri üzerine de standartları bulunmaktadır. K/K konusunun yer aldığı ISO standartları Çizelge 2.57'de verilmiştir.

Çizelge 2.57 K/K konusunun yer aldığı ISO standartları [99]

Standart No	Standartın Başlığı
ISO 6961:1982 <sup>(a)</sup>	Long-Term Leach Testing of Solidified Radioactive Waste Forms
ISO 6962:2004	Nuclear Energy – Standard Method for Testing the Long-Term Alpha Irradiation Stability of Matrices for Solidification of High-Level Radioactive Waste

<sup>(a)</sup> ISO 6961:1982 standardı 2003 yılında iptal edilmiştir.

*International Electrotechnical Commission (IEC)*<sup>82</sup> (tur: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu), daha çok elektroteknik üzerine yoğunlaşmış, 1906'da kurulmuş bir uluslararası standart hazırlama ve yayımlama kuruluşudur. K/K konusundan ziyade çevre etkileri üzerine standartları bulunmaktadır [110].

## 2.8 Patentler

Fikrî ve sınai mülkiyet hakları arasında buluşlarla ilgili olanlarına patent adı verilmektedir. Bir patent başvurusunu yenilik ve buluş basamağı kriterlerine göre değerlendirmek ve yayınlanmış patent dokümanlarına ulaşmak amacıyla, patent ofisleri, potansiyel buluş sahipleri, araştırma ve geliştirme birimleri, teknolojinin gelişimi veya uygulanmasıyla ilgili birimler ve diğer kullanıcılar açısından ortak bir patent sınıflama sistemi kullanımı gerekmektedir. Farklı ulusal patent sınıflama sistemlerinin kullanımıyla oluşabilecek karışıklığı engellemek için patent dokümanlarının tek ve aynı

<sup>82</sup> International Electrotechnical Commission (IEC), <http://www.iec.ch/> [110]

şekilde sınıflanması amacıyla *International Patent Classification (IPC)*<sup>83</sup> [111] (*tur*: Uluslararası Patent Sınıflaması<sup>84</sup> [112]) sistemi oluşturulmuş ve kullanılmaktadır.

IPC’de atıklar ile alakalı sınıflama kodları *Çizelge 2.58*’de verilmiştir.

Çizelge 2.58 IPC’de atıklar ile alakalı sınıflama kodları [111, 112]

Sınıf Kodu	Sınıf Tanımı
BÖLÜM A	İNSAN İHTİYAÇLARI
BÖLÜM B	İŞLEMLERİN UYGULANMASI; TAŞIMA AYIRMA, KARIŞTIRMA
B09	KATI ATIK BERTARAFI; KİRLENMİŞ ALAN ISLAHI
B09B <sup>(a)</sup>	Katı Atık Bertarafı
B09C	Kirlenmiş Alan Islahı
BÖLÜM C	KİMYA; METALÜRJİ KİMYA
C02	SU, ATIKSU, KANALİZASYON VEYA ÇAMURLARIN ARITIMI
C02F <sup>(b)</sup>	Su, Atıksu, Kanalizasyon veya Çamurların Arıtımı
BÖLÜM D	TEKSTİL; KÂĞIT
BÖLÜM E	SABİT YAPILAR (İNŞAAT)
BÖLÜM F	MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ; AYDINLATMA; ISITMA; SİLAHLAR; TAHRİP MALZEMELERİ
BÖLÜM G	FİZİK
BÖLÜM H	ELEKTRİK

<sup>(a)</sup> B09B’nin alt sınıfları ve açıklamaları için *bk.*

[http://www.wipo.int/ipc/itos4ipc/ITSupport\\_and\\_download\\_area/20130101/pdf/scheme/full\\_ipc/en/b09b.pdf](http://www.wipo.int/ipc/itos4ipc/ITSupport_and_download_area/20130101/pdf/scheme/full_ipc/en/b09b.pdf)

<sup>(b)</sup> C02F’nin alt sınıfları ve açıklamaları için *bk.*

[http://www.wipo.int/ipc/itos4ipc/ITSupport\\_and\\_download\\_area/20130101/pdf/scheme/full\\_ipc/en/c02f.pdf](http://www.wipo.int/ipc/itos4ipc/ITSupport_and_download_area/20130101/pdf/scheme/full_ipc/en/c02f.pdf)

Atık yönetimi ve K/K konusundaki patentler ulusal, bölgesel ve uluslararası olmak üzere 3 ana grupta aşağıda incelenmiştir.

## 2.8.1 Ulusal Patentler

Atık yönetimi ve K/K konusundaki ulusal patent kapsamında, iki ülke; Türkiye ve ABD’deki patentler incelenmiştir.

### 2.8.1.1 Türk Patentleri

Türkiye’de sımai mülkiyet hakları 19/11/2003 tarih ve 25794 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmış olan 5000 sayılı *Türk Patent Enstitüsü Kuruluş ve Görevleri Hakkında*

<sup>83</sup> International Patent Classification (IPC), <http://web2.wipo.int/ipcpub/> [111]

<sup>84</sup> Uluslararası Patent Sınıflaması, <http://www.tpe.gov.tr/portal/default2.jsp?sayfa=170> [112]

*Kanun*<sup>85</sup> ile düzenlenmiştir [113]. Kanunla Türkiye’de sınai mülkiyet haklarının tesisi ve korunması amacıyla *Türk Patent Enstitüsü (TPE)*<sup>86</sup> (eng: Turkish Patent Institute, TPI)<sup>87</sup> yeniden yapılandırılmıştır. Türkiye’deki sınai mülkiyet düzenlemeleri çok eskilere dayanmakla birlikte kurumsallaşma TPE’nin kurulması ile olmuştur. TPE, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın ilişkili kuruluşudur [114].

Türkiye’de tescil edilmiş patentler ve bu patentlere ait bilgiler TPE tarafından tutulmakta ve erişimi sağlanmaktadır<sup>88</sup>. Ayrıca TPE kanalı ile AB ve diğer tüm ülkelerin patentleri de *AB Patent Arama Platformu (Espacenet)*<sup>89</sup> üzerinden Türkçe olarak sağlanmaktadır.

Türkiye’de K/K konusunda tescil edilmiş bir patent veya faydalı model bulunmamaktadır.

### 2.8.1.2 Amerikan Patentleri

*United States Patent and Trademark Office (USPTO)*<sup>90</sup> (tur: ABD Patent ve Marka Ofisi), ABD’de patent ve marka tescilini yapan ve yöneten, *US Department of Commerce*<sup>91</sup> (tur: ABD Ticaret Bakanlığı)’e bağlı bir federal ajanstır [115]. USPTO üzerinden hem ABD patentleri<sup>92</sup> hem de tüm dünya patentleri<sup>93</sup> taranabilmektedir.

ABD genelinde atık K/K konusunda alınmış onlarca patent bulunmaktadır. Bu patentlerden birkaç örnek *Çizelge 2.59*’da verilmiştir.

---

<sup>85</sup> 5000 sayılı *Türk Patent Enstitüsü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun*, Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 19/11/2003-25294:

<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2003/11/20031119.htm#1> [113],

Kanunun değişiklikler sonrası güncel hâli:

<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=1.5.5000&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch>

<sup>86</sup> Türk Patent Enstitüsü (TPE), <http://www.tpe.gov.tr/> [114]

<sup>87</sup> Turkish Patent Institute (TPI), [http://www.tpe.gov.tr/portal/default\\_en.jsp](http://www.tpe.gov.tr/portal/default_en.jsp)

<sup>88</sup> TPE Patent Araştırma, <http://online.tpe.gov.tr/EPATENT/servlet/PreSearchRequestManager>

<sup>89</sup> AB Patent Arama Platformu (Espacenet) - Türkçe, <http://tr.espacenet.com/>

<sup>90</sup> United States Patent and Trademark Office (USPTO), <http://www.uspto.gov/> [115]

<sup>91</sup> United States (US) Department of Commerce, <http://www.commerce.gov/>

<sup>92</sup> USPTO Patent Full-Text Databases, <http://patft.uspto.gov/> [116]

<sup>93</sup> USPTO Global Patent Search Network, <http://gpsn.uspto.gov/> [120]



Çizelge 2.59 K/K konusunda ABD’de alınmış patentlerden örnekler [116]

Patent Numarası	Patent Başlığı
5040900	Sludge Stabilizing Method and Apparatus
5043081	Method of Chemically Fixing Liquid Aqueous Sludge by Means of a Pozzolan Reaction
5200033	Method for Removing Organic Contaminants from Soils
5401452	Methods for Encapsulating Waste and Products Thereof
5505925	Process for Removing Heavy Metals from Soil
5601643	Fly Ash Cementitious Material and Method of Making a Product
5683344	Method for Solidification and Stabilization of Soils Contaminated with Heavy Metals and Organic Compounds Including Explosive Compounds
6911570	Method for Fixating Sludges and Soils Contaminated with Mercury and other Heavy Metals
7338429	Method for Direct Solidification and Stabilization of Liquid Hazardous Wastes Containing up to 100,000 mg/L of Arsenic
7812209	Method for Solidifying and Stabilizing a Concentrated Aqueous Sodium Hydroxide Solution

## 2.8.2 Bölgesel Patentler

Atık yönetimi ve K/K konusundaki patentler kapsamında, fikrî ve sınai mülkiyet konusunda Türkiye’nin de üye olduğu en önemli bölgelerden biri olan AB bölgesi incelenmiştir.

### 2.8.2.1 EPO Patentleri

*European Patent Organisation (EPO)*<sup>94</sup> (tur: Avrupa Patent Teşkilatı), 1973 yılında Münih’te imzalanan *Avrupa Patent Sözleşmesine* göre 1977’de kurulmuş olan hükümetler arası bir teşkilattir. Şu an 38 üyesi bulunan teşkilata Türkiye, 2000 yılında katılmıştır. EPO’nun bir hizmeti olan Espacenet<sup>95</sup> üzerinden hem tek tek ülke bazında hem AB bazında hem de tüm dünyada 1836 yılından bugüne kadarki 80 milyon patent taranabilmektedir [117].

AB genelinde atık K/K konusunda alınmış onlarca patent bulunmaktadır. Bu patentlerden birkaç örnek *Çizelge 2.60*’da verilmiştir.

<sup>94</sup> European Patent Organisation (EPO), <http://www.epo.org/> [117]

<sup>95</sup> EPO Espacenet (Patent Search), <http://worldwide.espacenet.com/> [118]

Çizelge 2.60 K/K konusunda AB genelindeki patentlerden örnekler [118]

Patent Numarası	Patent Başlığı
EP0305541	Process for Solidifying Industrial Waste and Solidified Waste
EP0547923	Process for Stabilising and Solidifying Incineration Products of Municipal Waste, Products Resulting from this Process and Products for Its Implementation
EP0563097	Processing Waste solidification
EP0709859	Solidifying Material for Radioactive Wastes, Process for Solidifying Radioactive Wastes and Solidified Product
EP0732945	Method and Composition for Disinfecting and Solidifying Liquid Waste
EP0825617	Method for Solidifying Waste Containing Radioactive Iodine
EP0845306	Wastes Disposing Material and Method for Disposing of Wastes
EP1020415	Process for Immobilising and Solidifying Dusty to Coarse-Grained Contaminated Noxious Waste
EP1914017	Method for Treatment of Contaminated Soils and Sediment
EP2043109	Method for Solidifying and Stabilizing Waste Acid

### 2.8.3 Uluslararası Patentler

Atık yönetimi ve K/K konusundaki uluslararası fikrî ve sınai mülkiyet çalışmaları kapsamında BM'nin bu konudaki en önemli kuruluşu olan *World Intellectual Property Organization (WIPO)* incelenmiştir.

#### 2.8.3.1 WIPO Patentleri

*World Intellectual Property Organization (WIPO)*<sup>96</sup> (tur: Dünya Fikrî Mülkiyet Hakları Teşkilatı), fikrî mülkiyet (patent, telif hakkı, ticari marka, tasarım vb.) kullanımına odaklanmış, 1967'de kurulmuş bir BM kuruluşudur. Şu an 186 üye devletin bulunduğu kuruluş Türkiye, 1976 yılında üye olmuştur. 148 ülkenin taraf olduğu *Patent Cooperation Treaty (PCT)* (tur: Patent İşbirliği Anlaşması) ile kurulmuş *International Patent System (IPS)* (tur: Uluslararası Patent Sistemi) ile tüm dünyadaki patentler organize edilebilmektedir. WIPO'nun bir hizmeti olan PATENTSCOPE<sup>97</sup> ile de tüm ulusal ve uluslararası (2,2 milyon) patentler taranabilmektedir [119].

Dünya genelinde atık K/K konusunda alınmış yüzlerce patent bulunmaktadır. Bu patentlerden birkaç örnek *Çizelge 2.61*'de verilmiştir.

*Çizelge 2.61*'den görüldüğü üzere dünya çapında K/K konusunda alınmış birçok patent bulunmaktadır. Bu da konunun nazariyattan pratiğe döndüğünün bir göstergesidir.

<sup>96</sup> World Intellectual Property Organization (WPO), <http://www.wipo.int/> [119]

<sup>97</sup> WIPO PATENTSCOPE, <http://patentscope.wipo.int/> [121]

Çizelge 2.61 K/K konusunda dünya genelindeki patentlerden örnekler [118, 120, 121]

Patent Numarası	Patent Başlığı
CN100425555	Pipeline Sludge Solidification Treatment Method
CN100488903	The Solidification Treatment Method for Urban Sewage Plant Sludge
CN101502840	Solid Dangerous Waste Innocent Treatment Process
CN101775868	A Method of Sintering Solidification Treatment of Industrial Waste Water
CN101891367	Solidification and Stabilization Method of Urban Sludge
CN101898861	Microorganism Detoxification, and Solidification and Hazard-free Treatment Method for Metal Substrate Sludge
CN202246370	Solid Additive Feeding Equipment for Solidification of Solid Waste
CN102350427	Solid Waste Material Environmental Protection, Solidification and Accumulation Processing Technology
CN102372406	Heavy-metal-polluted Substrate Sludge Ex-situ Repairing Method
CN102580979	Solidification/Stabilization Method for Mercury-Containing Hazardous Waste
CN202015730	Gelatinization, Solidification and Stabilization Treatment System for Waste Incineration Fly Ash
JP2005329400	Method for Stabilizing Slag Solidification Product
JP2011149803	System and Method for Solidification Treatment of Radioactive Waste
JP2012159418	Solidification Processing Method for Radioactive Waste
JP2012159419	Radioactive Organic Waste Solidification Processing Method
KR100314510	Solidification/Stabilization of Inorganic Waste Sludge and Method for Compacting Solidified Sludge
KR101154875	Polymer Solidification Method for Radioactive Waste
KR101197042	Solidification Equipment of Radioactive Waste
KR1020020006569	Cement Based Stabilization and Solidification for Disposal of Sludge/Ash Bearing Heavy Metals
KR1020020042906	Elution Preventing Composition of Hazardous Materials and Solidification/Stabilization Method of Hazardous Materials by Using the Same
KR20110122425	Solidification Method for Marine Waste
KR20130022064	Method for Waste Treatment in Cement Solidification System
US2011104792	Low-Temperature Solidification of Radioactive and Hazardous Wastes
US2012041249	Method for Solidifying and Stabilizing Waste Acid

## 2.9 İstatistikler

Atık yönetimi ve K/K konusundaki istatistik çalışmaları ulusal, bölgesel ve uluslararası ölçekte aşağıda incelenmiştir.

### 2.9.1 Ulusal İstatistikler

Atık yönetimi ve K/K konusundaki ulusal istatistik çalışmaları kapsamında, Türkiye ve ABD incelenmiştir.

### 2.9.1.1 Türk İstatistikleri

Türkiye’de resmî istatistik 18/11/2005 tarih ve 25997 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmış olan 5429 sayılı *Türkiye İstatistik Kanunu*<sup>98</sup> ile düzenlenmiştir. Kanuna göre resmî istatistik Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) kanalı ile yapılmaktadır [122]. *Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)*<sup>99</sup> (eng: Turkish Statistical Institute, TURKSTAT)<sup>100</sup>, ülkenin resmî istatistik programını hazırlamak ve uygulamakla görevli olarak Osmanlı zamanında kurulmuş, şu anki son hâlini ise *Türkiye İstatistik Kanunu* ile almış resmî bir kurumdur [123].

TÜİK, aralarında çevre istatistiklerinin de olduğu 16 farklı alanda istatistiksel çalışmalar yürütmektedir. Çevre istatistikleri başlığı altında Türkiye’de 15 farklı istatistik tutulmaktadır [123].

Türkiye’de çevre istatistiklerinin kapsamı *Çizelge 2.62*’de verilmiştir.

Çizelge 2.62 Türkiye’de çevre istatistiklerinin kapsamı [124]

---

#### Çevre istatistiklerinin alt istatistikleri

---

Kamu Sektörü Çevresel Harcama İstatistikleri  
İmalat Sanayi Atık İstatistikleri  
Seragazi Emisyonları  
Hava Kalitesi İstatistikleri  
Belediye Su İstatistikleri  
İmalat Sanayi Su İstatistikleri  
Belediye Atıksu İstatistikleri  
Belediye Atık İstatistikleri  
İş Sektörü Çevresel Harcama İstatistikleri  
Maden İşletmeleri Su, Atıksu ve Atık İstatistikleri  
Sağlık Kuruluşları Atık İstatistikleri  
Termik Santral Su, Atıksu ve Atık İstatistikleri  
İmalat Sanayi Atıksu İstatistikleri  
Organize Sanayi Bölgesi Su, Atıksu ve Atık İstatistikleri  
Sektörel Su ve Atıksu İstatistikleri

---

---

<sup>98</sup> 5429 sayılı *Türkiye İstatistik Kanunu*,  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 18/11/2005-25997  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/11/20051118-1.htm> [122],  
Kanunun değişiklikler ile birlikte son hâli:  
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Asp?MevzuatKod=1.5.5429&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch>

<sup>99</sup> Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <http://www.tuik.gov.tr/> [123]

<sup>100</sup> Turkish Statistical Institute (TURKSTAT), <http://www.turkstat.gov.tr/>

Türkiye, AB ile uyum sürecinde açılmış olan İstatistik faslı ile istatistik konusunda da Avrupa ile entegrasyona başlamıştır. Bu sebeple istatistik çalışmalarında AB'nin kabul ettiği kaynaklar kullanılmaktadır. Bu kapsamda Türkiye'de de, ekonomik faaliyetlerin istatistik sınıflamasında AB'nin kullandığı NACE (Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiksel Sınıflaması<sup>101</sup>) sınıflandırması (NACE Rev.2<sup>102</sup>), atık istatistiklerinde ise yine AB'nin kullandığı EWC-Stat (Avrupa Atık Sınıflaması<sup>103</sup>) sınıflandırması (EWC-Stat/Version 3<sup>104</sup>) kullanılmaktadır. Avrupa Atık Sınıflamasının son hâli ise EU 849/2010<sup>105</sup> sayılı Komisyon Tüzüğünde [125] yayımlanmış olan EWC-Stat/Version 4'tür.

EWC-Stat/Version 3 [126]'e göre *katılaştırılmış, stabilize edilmiş ya da camlaştırılmış atıklar* grubu 13 numaralı atık türü olup *atık arıtımından kaynaklanan mineral atıklar ve kararlaştırılmış atıklar* kategorisi altında toplanmıştır. K/K atıkların EWC-Stat/Version 3 sınıflamaları *Çizelge 2.63*'de verilmiştir.

Görüldüğü üzere AB'de olduğu gibi Türkiye'de de katılaştırılmış, kararlaştırılmış atıkların istatistikleri tutulması gerekmektedir ancak henüz K/K yöntemi yaygın olmadığından elde bununla ilgili de veri bulunmamaktadır.

---

<sup>101</sup> Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiksel Sınıflaması, NACE Rev.2, <https://biruni.tuik.gov.tr/DIESS/SiniflamaSurumDetayAction.do?surumId=191&turId=1&turAdi=%201.%20Faaliyet%20S%C4%B1n%C4%B1flamalar%C4%B1> [132]

<sup>102</sup> Statistical Classification of Economic Activities in the European Community, NACE Rev.2, [http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST\\_NOM\\_DTL&StrNom=NACE\\_REV2&StrLanguageCode=EN&IntPcKey=&StrLayoutCode=HIERARCHIC](http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST_NOM_DTL&StrNom=NACE_REV2&StrLanguageCode=EN&IntPcKey=&StrLayoutCode=HIERARCHIC) [131]

<sup>103</sup> Avrupa Atık Sınıflandırması, EWC-Stat/Version 3, <https://biruni.tuik.gov.tr/DIESS/SiniflamaSurumDetayAction.do?surumId=156&turId=38&turAdi=%206.%20C3%87evre%20S%C4%B1n%C4%B1flamalar%C4%B1> [126]

<sup>104</sup> European Waste Classification for Statistics, EWC-Stat/Version 3, [http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/other\\_documents/ewc\\_stat\\_3/index.cfm?TargetUrl=DSP\\_EWC\\_STAT\\_3](http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/other_documents/ewc_stat_3/index.cfm?TargetUrl=DSP_EWC_STAT_3)

<sup>105</sup> EU 849/2010, *EC 2150/2002 Tüzüğünde Değişiklik Yapan Komisyon Tüzüğü* (EWC-Stat/Version 4), Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 28/09/2010-L253 <http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2010:253:SOM:EN:HTML> [125], Değişiklikler sonrası güncel hâli: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32010R0849:EN:NOT>

Çizelge 2.63 Türkiye’de istatistikler için kullanılan EWC-Stat/Version 3’e göre K/K atık kodları [126]

Kod	Tanım
13	Katılaştırılmış, stabilize edilmiş ya da camlaştırılmış atıklar
13.1	Katılaştırılmış ya da stabilize edilmiş atıklar
13.11	Katılaştırılmış ya da stabilize edilmiş atıklar
13.11.0	Tehlikesiz
190305	19 03 04’de bahsedilmeyen stabilize edilmiş atıklar
190307	19 03 06’da bahsedilmeyen katılaştırılmış atıklar
13.11.1	Tehlikeli
190304	Tehlikeli olarak işaretlenmiş, kısmen stabilize edilmiş atıklar
190306	Tehlikeli olarak işaretlenmiş, katılaştırılmış atıklar
13.2	Camlaştırılmış atıklar
13.21	Camlaştırılmış atıklar
13.21.0	Tehlikesiz
190401	Camlaştırılmış atık

### 2.9.1.2 Amerikan İstatistikleri

ABD’de istatistik çalışmaları tek merkezden yapılmamaktadır. Bunun yerine her bir devlet kurumu kendi alanı ile alakalı istatistikleri tutmaktadır. Onlarca konu ve kurum olduğundan da bilgilere kolay ulaşım için FedStats<sup>106</sup> (Federal Statistics) projesi yapılmıştır. Kurulmuş olan internet sitesi aracılığı ile ABD’deki tüm resmî istatistiklere ulaşılabilir. Bunun için konulara veya kurumlara göre tarama imkânı sunulmaktadır. Bunun yanında ABD’de resmî verilerin çoğu açık erişim kapsamında Data.gov<sup>107</sup> internet sitesi aracılığıyla da derlenmektedir. Bu site aracılığıyla da birçok farklı kaynaktan gelen veriler erişime açık olarak sunulmaktadır.

ABD’de çevresel konularda çoğunlukla USEPA bilgi sunmaktadır. USEPA’nın çevre konularındaki bilgileri Envirofacts<sup>108</sup> isimli veritabanında bulunmaktadır. Bununla birlikte yine USEPA’nın DataFinder<sup>109</sup> hizmeti ile birçok bilgiye, USEPA NSCEP<sup>110</sup> ile de USEPA’nın tüm yayınlarına ulaşılabilir [77].

*United States Census Bureau*<sup>111</sup> (tur: ABD Sayım Bürosu), ABD’de nüfus sayımının yanında çevre konusu da dâhil olmak üzere tüm temel konulara ilişkin özet istatistikleri 1878’den beri *Statistical Abstract of the United States* (tur: ABD’nin İstatistik Özeti)

<sup>106</sup> United States (US) FedStats, <http://www.fedstats.gov/>

<sup>107</sup> United States (US) Data, <http://www.data.gov/>

<sup>108</sup> USEPA Envirofacts, <http://www.epa.gov/enviro/>

<sup>109</sup> USEPA DataFinder, <http://www.epa.gov/datafinder/>

<sup>110</sup> USEPA National Service Center for Environmental Publications (NSCEP), <http://www.epa.gov/nscep/>

<sup>111</sup> United States (US) Census Bureau, <http://www.census.gov/> [127]

adıla yayımlamaktadır. Son olarak 2012 yılına ait istatistik özetini<sup>112</sup> yayımlamıştır [127].

Yapılan istatistik çalışmalarına bakıldığında atık türlerine, endüstrilere, yönetim şekillerine göre birçok alanda istatistikler tutulmaktadır. Katılaştırılmış atık miktarına ilişkin istatistik çalışması ise bulunmamaktadır.

## 2.9.2 Bölgesel İstatistikler

Atık yönetimi ve K/K konusundaki bölgesel istatistik çalışmaları kapsamında, istatistik konusunda Türkiye'nin de üye olduğu en önemli bölgelerden biri olan AB bölgesi incelenmiştir.

### 2.9.2.1 AB İstatistikleri

AB'de resmî istatistik *EUROSTAT* (eng: Statistical Office of the European Commission, tur: Avrupa Komisyonu İstatistik Ofisi) kanalı ile yapılmaktadır. EUROSTAT<sup>113</sup>, 1953 yılında kurulmuş olup AB'nin resmî istatistik kuruluşudur. AB resmî istatistik sistemi ve EUROSTAT'ın kanuni dayanağını EC 223/2009<sup>114</sup> sayılı *Avrupa İstatistikleri Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Tüzüğü* oluşturmaktadır [128].

AB'de resmî istatistik, kurulmuş olan *European Statistical System (ESS)*<sup>115</sup> (tur: Avrupa İstatistik Sistemi) aracılığı ile yapılmaktadır. Bu sistemde her biri üye ve aday ülke istatistik kuruluşunun AB istatistik kurumu olan EUROSTAT ile ortak çalışması öngörülmüştür. EUROSTAT hem kendi yapmış olduğu istatistik çalışmalarını hem de üye ve aday ülkelere gelen istatistiksel bilgileri derlemekte ve yayımlamaktadır. Türkiye de AB ile katılım müzakereleri yaptığı için TÜİK ile bu sisteme dâhildir.

AB'de ekonomik faaliyetlerin istatistiksel sınıflaması NACE (*fra*: Nomenclature générale des Activités économiques dans les Communautés Européennes, *eng*: Statistical Classification of Economic Activities in the European Community, *tur*:

---

<sup>112</sup> Statistical Abstract of the United States (2012),  
<http://www.census.gov/compendia/statab/2012edition.html>

<sup>113</sup> EUROSTAT, <http://www.ec.europa.eu/eurostat/> [128]

<sup>114</sup> EC 223/2009, *Avrupa İstatistikleri Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Tüzüğü*,  
Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 31/03/2009-L87

<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2009:087:SOM:EN:HTML>,

Değişiklikler sonrası güncel hâli:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009R0223:EN:NOT>

<sup>115</sup> European Statistical System (ESS),

[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/pgp\\_ess/ess/ess\\_news](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/pgp_ess/ess/ess_news)

Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiksel Sınıflaması) olarak bilinen sınıflama sistemi ile yapılmaktadır. NACE'nin kanuni düzenlemesi 1990 yılında EEC 3037/90<sup>116</sup> sayılı *Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiksel Sınıflaması Hakkında Konsey Tüzüğü* ile yapılmıştır. Tüzük son olarak EC 1893/2006<sup>117</sup> sayılı tüzük ile güncellenmiş ve bugün ekonomik faaliyetlerin istatistiksel sınıflamasında bu tüzükte yer alan yenilenmiş NACE (NACE Rev 2) kullanılmaktadır.

NACE Rev 2'de ekonomik faaliyetler A'dan T'ye 20 ana grupta toplanmıştır. 5. Grup olan Bölüm E'de Su Temini, Kanalizasyon, Atık Yönetimi ve İyileştirme Faaliyetleri yer almaktadır. Bölüm E'nin içinde yer alan faaliyetler *Çizelge 2.64*'de verilmiştir.

AB'de atık istatistiklerinin tutulmasında *European Waste Classification for Statistics* (tur: İstatistikler için Avrupa Atık Sınıflaması) kısaca EWC-Stat kullanılmaktadır. EWC-Stat ile alakalı düzenleme ilk olarak 1999 yılında 1999/C 87/02<sup>118</sup> sayılı *Atık Yönetim İstatistiklerine İlişkin bir Konsey Tüzüğü (EC) Önerisi* ile yapılmış olup ardından 2002 yılında bunun yerine bugün de geçerli olan EC 2150/2002<sup>119</sup> sayılı *Atık İstatistikleri Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Tüzüğü* [129] ile yapılmıştır. Bu tüzükte atık istatistikleri ve atıklarla ilgili bilgiler ile 3 adet de ek bulunmaktadır. Bu ekler;

- Ek 1: Atık Üretimi/Oluşumu
- Ek 2: Atık Geri Kazanımı ve Bertarafı
- Ek 3: Atık İstatistik Terimler Dizini'dir

<sup>116</sup> EEC 3037/90, *Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiksel Sınıflaması Hakkında Konsey Tüzüğü*,

Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 24/10/1990-L293

<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:1990:293:SOM:EN:HTML>,

Değişiklikler sonrası güncel hâli:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31990R3037:EN:NOT>

<sup>117</sup> EC 1893/2006, *Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiksel Sınıflamasının (NACE Rev.2) Oluşturulması Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Tüzüğü*,

Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 30/12/2006-L393

<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2006:393:SOM:EN:HTML> [130],

Değişiklikler sonrası güncel hâli:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006R1893:EN:NOT>

<sup>118</sup> 1999/C 87/02, *Atık Yönetim İstatistiklerine İlişkin bir Konsey Tüzüğü (EC) Önerisi* (Yürürlükte değildir!),

Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 29/03/1999-C87

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:C:1999:087:TOC>

<sup>119</sup> EC 2150/2002, *Atık İstatistikleri Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konsey Tüzüğü* (EWC-Stat/Version 2),

Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 09/12/2002-L332

<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2002:332:SOM:EN:HTML> [129],

Değişiklikler sonrası güncel hâli:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002R2150:EN:NOT>



Çizelge 2.64 Su temini, kanalizasyon, atık yönetimi ve iyileştirme faaliyetlerinin NACE Rev 2 kodları [130–132]

Bölüm	Grup	Sınıf	Faaliyet	ISIC Rev 4 <sup>(a)</sup>
			BÖLÜM E – SU TEMİNİ, KANALİZASYON, ATIK YÖNETİMİ VE İYİLEŞTİRME FAALİYETLERİ	
36			Suyun toplanması, arıtılması ve dağıtılması	
	36.0		Su toplama, arıtma ve temini	
		36.00	Su toplama, arıtma ve temini	3600
37			Kanalizasyon	
	37.0		Kanalizasyon	
		37.00	Kanalizasyon	3700
38			Atığın toplanması, ıslahı ve bertarafı faaliyetleri; maddelerin geri kazanımı	
	38.1		Atıkların toplanması	
		38.11	Tehlikesiz atıkların toplanması	3811
		38.12	Tehlikeli atıkların toplanması	3812
	38.2		Atıkların ıslahı ve bertarafı	
		38.21	Tehlikesiz atıkların ıslahı ve bertarafı	3821
		38.22	Tehlikeli atıkların ıslahı ve bertarafı	3822
	38.3		Materyallerin geri kazanımı	
		38.31	Hurdaların parçalara ayrılması	3830
		38.32	Tasnif edilmiş materyallerin geri kazanımı	3830
39			İyileştirme faaliyetleri ve diğer atık yönetimi hizmetleri	
	39.0		İyileştirme faaliyetleri ve diğer atık yönetimi hizmetleri	
		39.00	İyileştirme faaliyetleri ve diğer atık yönetimi hizmetleri	3900

<sup>(a)</sup> ISIC Rev 4: International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (*tur*: Tüm Ekonomik Faaliyetlerin Uluslararası Standart Sanayi Sınıflaması)  
*eng*: <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/isic-4.asp>  
*tur*:  
<https://biruni.tuik.gov.tr/DIESS/SiniflamaSurumDetayAction.do?surumId=198&turId=1&turAdi=%201.%20Faaliyet%20S%C4%B1n%C4%B1flamalar%C4%B1>

2004 yılında yayımlanan EC 574/2004<sup>120</sup> sayılı Komisyon Tüzüğü ile Ek 1 ve Ek 3, 2005 yılında yayımlanan EC 783/2005<sup>121</sup> sayılı Komisyon Tüzüğü ile Ek 2 ve son

<sup>120</sup> EC 574/2004, EC 2150/2002 Tüzüğü'nün Ek I ve III'ünde Değişiklik Yapan Komisyon Tüzüğü, Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 27/03/2004-L90  
<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2004:090:SOM:EN:HTML>,  
 Değişiklikler sonrası güncel hâli:  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004R0574:EN:NOT>

<sup>121</sup> EC 783/2005, EC 2150/2002 Tüzüğü'nün Ek II'sinde Değişiklik Yapan Komisyon Tüzüğü, Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 25/05/2005-L131  
<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2005:131:SOM:EN:HTML>,  
 Değişiklikler sonrası güncel hâli:  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32005R0783:EN:NOT>

olarak 2010 yılında yayımlanan EU 849/2010<sup>122</sup> sayılı Komisyon Tüzüğü ile de tüm ekler güncellenmiştir. Bugün EWC-Stat'ın, EU 849/2010 sayılı Komisyon Tüzüğünde [125] yayımlanmış olan 4. Sürümü (EWC-Stat/Version 4<sup>123</sup>) kullanılmaktadır

EWC-Stat/Version 4 [125]'e göre *katılaştırılmış, stabilize edilmiş ya da camlaştırılmış atıklar* grubu 13 numaralı atık türü olup *atık arıtımından kaynaklanan mineral atıklar ve kararlılaştırılmış atıklar* kategorisi altında toplanmıştır. K/K atıkların EWC-Stat/Version 4 sınıflamaları LoW sınıflamaları ile ilişkili olarak *Çizelge 2.65*'de verilmiştir.

Çizelge 2.65 AB'de istatistikler için kullanılan EWC-Stat/Version 4'e göre K/K atık kodları [125]

Kod	Tanım
13	Katılaştırılmış, stabilize edilmiş ya da camlaştırılmış atıklar
13.1	Katılaştırılmış ya da stabilize edilmiş atıklar
13.11	Katılaştırılmış ya da stabilize edilmiş atıklar
13.11.0	Tehlikesiz
190305	19 03 04'de bahsedilmeyen stabilize edilmiş atıklar
190307	19 03 06'da bahsedilmeyen katılaştırılmış atıklar
13.11.1	Tehlikeli
190304	Tehlikeli olarak işaretlenmiş, kısmen stabilize edilmiş atıklar
190306	Tehlikeli olarak işaretlenmiş, katılaştırılmış atıklar
13.2	Camlaştırılmış atıklar
13.21	Camlaştırılmış atıklar
13.21.0	Tehlikesiz
190401	Camlaştırılmış atık

### 2.9.3 Uluslararası İstatistikler

Uluslararası istatistik konusunda faaliyet gösteren birçok uluslararası istatistik kuruluşu mevcuttur. Çevre ve atık konularında istatistiksel çalışmalar yürüten bazı uluslararası kuruluşlar *Çizelge 2.66*'da verilmiştir.

<sup>122</sup> EU 849/2010, *EC 2150/2002 Tüzüğünde Değişiklik Yapan Komisyon Tüzüğü* (EWC-Stat/Version 4), Yayımlandığı Resmî Gazete tarih-sayı: 28/09/2010-L253

<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2010:253:SOM:EN:HTML> [125],

Değişiklikler sonrası güncel hâli:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32010R0849:EN:NOT>

<sup>123</sup> European Waste Classification for Statistics, EWC-Stat/Version 4,

[http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/other\\_documents/ewc\\_stat\\_4/index.cfm?TargetUrl=DSP\\_EWC\\_S\\_TAT\\_4](http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/other_documents/ewc_stat_4/index.cfm?TargetUrl=DSP_EWC_S_TAT_4)

Çizelge 2.66 Çevre ve atık konularında istatistiksel çalışmaları bulunan önemli uluslararası kuruluşlar

Kuruluş İsmi	İnternet adresi
United Nations Statistics Division (UNSD)	<a href="http://unstats.un.org/">http://unstats.un.org/</a>
United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)	<a href="http://www.unece.org/">http://www.unece.org/</a>
United Nations Environment Programme (UNEP)	<a href="http://www.unep.org/">http://www.unep.org/</a>
Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)	<a href="http://www.oecd.org/">http://www.oecd.org/</a>
World Bank	<a href="http://www.worldbank.org/">http://www.worldbank.org/</a>

### 2.9.3.1 UNSD İstatistikleri

*United Nations Statistics Division (UNSD)*<sup>124</sup> (*tur*: Birleşmiş Milletler İstatistik Bölümü), küresel istatistik sisteminin ilerlemesi, küresel istatistiksel bilgilerin derlenmesi ve yayılması için kurulmuş bir BM kurumudur [133]. UNSD, çevre istatistiklerinin gelişimi için hazırladığı çerçevede<sup>125</sup> atık istatistiklerini iki ana grupta toplamayı önermektedir. Atık oluşumu başlığı altında hiçbir işleme tabi tutulmadan önce oluşan atık miktarını evsel ve endüstriyel kaynaklarına ve tehlikeli olup olmadığına göre ayırarak kayıt altına almayı öngörmektedir. Atık yönetimi başlığı altında ise toplanan atık miktarları nereye gittiğine göre ayrılarak, işlem gören atıklar hangi işlemleri gördüğüne göre ayrılarak, atık işleme ile ilgili altyapı hakkındaki bilgiler ile diğer bağlantılı bilgilerin toplanmasını öngörmektedir. Atığın hangi işleme tabi tutulduğu bilgisinin ISIC'a göre kayıt altına alınması gerektiği belirtilmektedir [134].

ISIC (*eng*: International Standard Industrial Classification of All Economic Activities, *tur*: Tüm Ekonomik Faaliyetlerin Uluslararası Standart Sanayi Sınıflaması), şu an hâlihazırda yapılan tüm ekonomik faaliyetlerin tanımlanıp kodlandığı bir sınıflama sistemidir [135]. ISIC'ta ekonomik faaliyetler 21 ana bölüme ayrılmıştır. Bu bölümlerden atıklarla alakalı olan bölüm, *Bölüm E: Su temini; kanalizasyon, atık yönetimi ve iyileştirme faaliyetleri* bölümüdür. ISIC'ın şu an yürürlükte olan son sürümü 2008 yılında yayımlanmış olan ISIC Rev.4'tür. ISIC Rev.4'e göre su temini; kanalizasyon, atık yönetimi ve iyileştirme faaliyetlerine ait kodlar *Çizelge 2.67*'de verilmiştir.

<sup>124</sup> United Nations Statistics Division (UNSD), <http://unstats.un.org/> [133]

<sup>125</sup> UNSD Framework for the Development of Environment Statistics (FDES) 2013, <http://unstats.un.org/unsd/statcom/doc13/BG-FDES-Environment.pdf> [134]

Çizelge 2.67 Su temini, kanalizasyon, atık yönetimi ve iyileştirme faaliyetlerinin ISIC Rev.4 kodları [135, 136]

Bölüm	Grup	Sınıf	Faaliyet
			BÖLÜM E – SU TEMİNİ, KANALİZASYON, ATIK YÖNETİMİ VE İYİLEŞTİRME FAALİYETLERİ
36			Suyun toplanması, arıtılması ve dağıtılması
	360		Su toplama, arıtma ve temini
		3600	Su toplama, arıtma ve temini
37			Kanalizasyon
	370		Kanalizasyon
		3700	Kanalizasyon
38			Atığın toplanması, ıslahı ve bertarafı faaliyetleri; maddelerin geri kazanımı
	381		Atıkların toplanması
		3811	Tehlikesiz atıkların toplanması
		3812	Tehlikeli atıkların toplanması
	382		Atıkların ıslahı ve bertarafı
		3821	Tehlikesiz atıkların ıslahı ve bertarafı
		3822	Tehlikeli atıkların ıslahı ve bertarafı
	383		Materyallerin geri kazanımı
		3830	Materyallerin geri kazanımı
39			İyileştirme faaliyetleri ve diğer atık yönetimi hizmetleri
	390		İyileştirme faaliyetleri ve diğer atık yönetimi hizmetleri
		3900	İyileştirme faaliyetleri ve diğer atık yönetimi hizmetleri

K/K işlemi yapanlar bu ekonomik faaliyetlerini işlem sonucuna göre değerlendirmek suretiyle kodlarını belirlemektedirler.

UNSD bünyesinde uluslararası 34 veri tabanı bulunmakta ve bu veritabanlarındaki toplam 60 milyon kayda tek merkezden UN Data<sup>126</sup> sitesinden erişilebilmektedir. Ancak UNdata’da bulunan atık istatistiklerinde sadece toplanan belediye atığı, oluşan tehlikeli atık ve belediye atığı toplama hizmeti sunulan toplam nüfus verileri bulunmaktadır. K/K işlemleri ile ilgili bir istatistik bulunmamaktadır [137].

<sup>126</sup> United Nations (UN) Data, <http://data.un.org/> [137]

### YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, bu tezin konusunu oluşturan atıkların geri kazanım ve bertarafı için önerilen K/K yöntemi konusunda önemli kuruluş ve topluluklar ile yapılmış olan çalışma ve yayınlardan öne çıkanlara ait bir derleme yapılmış ve bu işlemin kullanıldığı çalışmaları içeren bilimsel bilgi birikiminin bir özeti çıkarılmaya çalışılmıştır.

#### 3.1 Kuruluş ve Topluluklar

K/K konusunda çevre ajansları (*USEPA, UKEA, vb.*), beton birlikleri (*ACI, THBB, vb.*), çimento birlikleri (*PCA, BCA, CEMBUREAU, TÇMB, vb.*), araştırma merkezleri (*ITRC, vb.*), laboratuvarlar (*ORNL, vb.*), topluluklar (*STARNET, vb.*) ve daha birçok kuruluş (*ASTM International, USACE, CL:AIRE, vb.*) çalışmalar yürütmektedir. Bu kuruluşlardan bazıları ve yaptıkları çalışmalar kısaca aşağıda özetlenmiştir.

*United States*<sup>127</sup> *Environmental Protection Agency (USEPA)* (*tur: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı*)<sup>128</sup>, 1970 yılında kurulmuş, ABD'nin çevre ve ilgili konularında araştırma, geliştirme, denetleme ve yasal alt yapı hazırlığı yapmaya yetkili kamu kuruluşudur [77]. USEPA, hem geçmişini hem yapmış olduğu çalışma ve yayınları hem de sahip olduğu bilgi birikimi ile oldukça önemli bir kurumdur.

Diğer birçok çevresel konuda olduğu gibi K/K konusunda da USEPA'nın çok sayıda proje ve yayını bulunmaktadır. K/K konusundaki ilk kapsamlı çalışması 1976'da yayımlanmıştır. USEPA'nın yapmış olduğu çalışma ve yayınlarına internet sitesinden

<sup>127</sup> Devletin resmî ismi *United States of America* [280] (*tur: Amerika Birleşik Devletleri*) olup kısaltması 2 harfli kod sisteminde US [281], 3 harfli kod sisteminde USA [281]'dir. Ancak kısaca *United States* (*tur: Birleşik Devletler*) denilmekte ve US olarak kısaltılmaktadır. Türkçe'de ise bu devlet, Amerika Birleşik Devletleri (*ABD*) veya kısaca *Amerika* olarak anılmaktadır. *United States of America (USA)*, <http://www.usa.gov/>

<sup>128</sup> *United States Environmental Protection Agency (USEPA)*, <http://www.epa.gov/> [77]

erişilmekte olup atıklar<sup>129</sup>, tehlikeli atıklar<sup>130</sup>, kirlenmiş alanlar<sup>131</sup> ve K/K teknolojisi<sup>132</sup> dâhil tüm bertaraf teknolojileri<sup>133</sup> konularının ayrı ayrı internet sayfaları bulunmaktadır. K/K konusunda USEPA'dan seçilmiş yayınlar aşağıda yayın ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [77]. USEPA'nın K/K konusunda daha fazla yayını<sup>134</sup> ve tüm yayınları *USEPA National Service Center for Environmental Publications (NSCEP)*'da<sup>135</sup> yayımlanmaktadır.

- 1) A Citizen's Guide to Solidification/Stabilization, EPA 542-F-01-024, USEPA, 2001, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10002SRB.txt>
- 2) A Citizen's Guide to Solidification and Stabilization, EPA 542-F-12-019, USEPA, 2012, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P100F9X8.txt>
- 3) A Survey of the Available Methods of Solidification for Radioactive Wastes, ORP/TAD-78-2, USEPA, 1978, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=91017CTJ.txt>
- 4) Air-Superfund National Technical Guidance Study Series Estimation of Air Impacts For Solidification and Stabilization Processes Used at Superfund Sites, EPA-451/R-93/006, USEPA, 1993, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000NP59.txt>
- 5) Available Methods of Solidification for Low Level Radioactive Wastes in the United States, Technical Note ORP/TAD-76-4, USEPA, 1976, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000XYWH.txt>
- 6) BDAT for Solidification/Stabilization Technology for Superfund Soils, Draft Final Report, EPA/540/2-89/50, USEPA, 1987, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=200083EB.txt>
- 7) Corrective Action: Technologies and Applications, Seminar Publication, EPA/625/4-89/020, USEPA, 1989, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=300048MY.txt> [26]
- 8) Evaluation of Factors Affecting the Stabilization/Solidification of Heavy Metal Sludge, Project Summary, EPA 600/S-92/023, USEPA, 1992, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=30003V5S.txt>
- 9) Evaluation of Solidification/Stabilization as a Best Demonstrated Available Technology for Contaminated Soils, L. Weitzman L. E. Hamel, EPA/600/2-89/013, USEPA, 1989, [http://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_Report.cfm?dirEntryID=47699](http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?dirEntryID=47699)
- 10) Evaluation of Solidification/Stabilization as a Best Demonstrated Available Technology for Contaminated Soils, Project Summary, EPA/600/S2-89/013, USEPA, 1990, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000TM4J.txt>

<sup>129</sup> USEPA Atıklar, <http://www.epa.gov/epawaste/index.htm>

<sup>130</sup> USEPA Tehlikeli Atıklar, <http://www.epa.gov/epawaste/hazard/index.htm>

<sup>131</sup> USEPA Contaminated Site Clean-Up Information (CLU-IN), <http://www.clu-in.org/>

<sup>132</sup> USEPA CLU-IN Katılaştırma, <http://www.clu-in.org/techfocus/default.focus/sec/Solidification/>

<sup>133</sup> USEPA CLU-IN Islah teknolojileri, <http://www.clu-in.org/techfocus/>

<sup>134</sup> USEPA Yayınları <http://nepis.epa.gov/EPA/html/Pubs/pubtitle.html>, <http://cfpub.epa.gov/si/>

<sup>135</sup> USEPA National Service Center for Environmental Publications (NSCEP), <http://www.epa.gov/nscep/>

- 11) Evaluation of Solidification/Stabilization Treatment Processes for Municipal Waste Combustion Residues, EPA/600/R-93/167, USEPA, 1993,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=30002YBM.txt>
- 12) Evaluation of Solidification/Stabilization Treatment Processes for Municipal Waste Combustion Residues, Project Summary, EPA/600/SR-93/167, USEPA, 1993,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=30003WL8.txt>
- 13) Feasibility of in Situ Solidification/Stabilization of Landfilled Hazardous Wastes, EPA-600/2-83-088, USEPA, 1983,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=9100PK70.txt>
- 14) Feasibility of in Situ Solidification/Stabilization of Landfilled Hazardous Wastes, Project Summary, EPA-600/S2-83-088, USEPA, 1983,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000TO0R.txt>
- 15) Guide to the Disposal of Chemically Stabilized and Solidified Waste, EPA SW-872, USEPA, 1980, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10003K2H.txt>
- 16) Guide to the Disposal of Chemically Stabilized and Solidified Waste, Rev. ed., EPA SW-872, USEPA, 1982,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000KAE0.txt>
- 17) Handbook for Stabilisation/Solidification of Hazardous Wastes, EPA/540/2-86/001, USEPA, 1986, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001GY8.txt> [25]
- 18) Handbook for Stabilisation/Solidification of Hazardous Wastes, Project Summary, EPA/540/S2-86/001, USEPA, 1986,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=600017L7.txt>
- 19) Hazardous Waste Treatment, Storage, and Disposal Facilities (TSDF) Regulations A User-Friendly Reference Document for RCRA Subtitle C Permit Writers and Permittees, EPA 530-R-11-006, USEPA, 2012,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P100DNLI.txt>
- 20) Innovative Site Remediation Technology, Volume 4, Solidification/Stabilization, EPA 542-B-94-001, USEPA, 1994,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000ITSJ.txt>
- 21) Innovative Site Remediation Technology, Design & Application, Volume 4, Stabilization/Solidification, EPA 542-B-97-007, USEPA, 1997,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10002QVO.txt>
- 22) Interference Mechanisms in Waste Stabilization/Solidification Processes, Larry W. Jones, EPA/600/2-89/067, USEPA, 1988,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P100G6AA.txt>
- 23) Interference Mechanisms in Waste Stabilization/Solidification Processes, Project Summary, EPA/600/S2-89-067, USEPA, 1990,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000TMAG.txt>
- 24) The Morphology and Microchemistry of Solidified/Stabilized Hazardous Waste Systems, EPA/600/S2-89/056, USEPA, 1990,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000TM9M.txt>
- 25) Onsite Engineering Report for Solidification/Stabilization Treatment Testing of Contaminated Soils, EPA 600/R-93/051, USEPA, 1993,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=30002T04.txt>



- 26) Onsite Engineering Report for Solidification/Stabilization Treatment Testing of Contaminated Soils, Project Summary, EPA 600/SR-93/051, USEPA, 1993, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=30003WDA.txt>
- 27) Physical/Chemical Treatment Technology Resource Guide, EPA 542/B-94/008, USEPA, 1994, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10002ONY.txt>
- 28) Physical and Morphological Measures of Waste Solidification Effectiveness, EPA/600/D-91/164, USEPA, 1991, <http://www.ntis.gov/search/product.aspx?ABBR=PB91226340>
- 29) Physical Properties and Leach Testing of Solidified/Stabilized Industrial Wastes, Project Summary, EPA-600/S2-82/099, USEPA, 1983, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000TSAQ.txt>
- 30) Physical Properties and Leach Testing of Solidified/Stabilized Flue Gas Cleaning Wastes, Project Summary, EPA-600/S2-81/116, USEPA, 1981, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000TKJG.txt>
- 31) Radiation Exposures from Solidification Processes for High-Level Radioactive Liquid Wastes, Technical Report, EPA-520/3-80-007, USEPA, 1980, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10000D5Y.txt>
- 32) Selecting and Using Solidification/Stabilization Treatment for Site Remediation, Technology Performance Review, EPA/600/R-09/148, USEPA, 2009, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P1006AZJ.txt>
- 33) Seminar on the Use of Treatability Guidelines in Site Remediation: Stabilization/Solidification, EPA/600/K-92/003A, USEPA, 1992, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=300023OD.txt>
- 34) Short- and Long-Term Leach Rates of Solidified Waste From a Cylindrical Container, EPA 520/8-81/007, USEPA, 1981, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=91000JM4.txt>
- 35) Solidification/Stabilization and its Application to Waste Materials, Technical Resource Document, EPA/530/R-93/012, USEPA, 1993, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000DYKB.txt> [20]
- 36) Solidification/Stabilization of Organics and Inorganics, Engineering Bulletin, EPA/540/S-92/015, USEPA, 1993, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10002DS2.txt>
- 37) Solidification/Stabilization of Sludge and Ash from Wastewater Treatment Plants, P.G. Malone L.W. Jones, EPA/600/2-85/058, USEPA, 1985, [http://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_Report.cfm?dirEntryID=47446](http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?dirEntryID=47446)
- 38) Solidification/Stabilization of Sludge and Ash from Wastewater Treatment Plants, Project Summary, EPA/600/S2-85/058, USEPA, 1985, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000TODV.txt>
- 39) Solidification/Stabilisation Resource Guide, EPA/542-B-99-002, USEPA, 1999, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10002SBS.txt>
- 40) Solidification/Stabilization Use at Superfund Sites, EPA-542-R-00-010, USEPA, 2000, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P1000165.txt>
- 41) Stabilization/Solidification of CERCLA and RCRA Wastes: Physical Tests, Chemical Testing Procedures, Technology Screening, and Field Activities,



- EPA/625/6-89/022, USEPA, 1989,  
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=30004CB5.txt> [53]
- 42) Stabilization/Solidification Processes for Mixed Waste, EPA 402-R-96-014, USEPA, 1996, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P10094M5.txt>
- 43) Superfund Innovative Technology Evaluation (SITE) Technology Profiles, 11th ed., Demonstration Program, Vol. I, EPA/540/R-03/501, USEPA, 2003, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001ZKT.txt> [138]
- 44) Survey of the Available Methods of Solidification for Radioactive Wastes, EPA 950/R-78/001, USEPA, 1978, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=91017CTJ.txt>
- 45) Survey of Solidification/Stabilization Technology for Hazardous Industrial Wastes, EPA-600/2-79/056, USEPA, 1979, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=20006DUE.txt> [51]
- 46) Testing Stabilization/Solidification Processes for Mixed Waste, EPA 402-R-00-008, USEPA, 2000, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=0000049R.txt>

*United Kingdom*<sup>136</sup> *Environmental Agency (UKEA)*<sup>137</sup> (*tur*: İngiltere Çevre Ajansı), çevreyi korumak ve geliştirmekle birlikte sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmeyi amaçlayan *United Kingdom Department for Environment Food & Rural Affairs (UK DEFRA)*<sup>138</sup>,e (*tur*: İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı) bağlı ve sorumlu özerk bir kuruluştur. Çevre konusunda birçok proje ve yayını bulunmaktadır. K/K konusunda da çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Örnek olarak, 2001-2004 yılları arasında yaptırmış oldukları bir projenin<sup>139</sup> çıktısı olan yayınlar verilebilir [139].

K/K konusunda UKEA'dan seçilmiş yayınlar aşağıda yayın ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [139].

- 1) Guidance on the use of Stabilisation/Solidification for the Treatment of Contaminated Soil, Science Report: SC980003/SR1, B.D. Bone, L.H. Barnard and C.D. Hills, UK Environment Agency, 2004, <https://www.gov.uk/government/publications/guidance-on-the-use-of-stabilisationsolidification-for-the-treatment-of-contaminated-soil>
- 2) Review of Scientific Literature on the Use of Stabilisation/Solidification for the Treatment of Contaminated Soil, Solid Waste and Sludges, Science Report

<sup>136</sup> Devletin resmî ismi *United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland* [280] (*tur*: Büyük Britanya Birleşik Krallığı ve Kuzey İrlanda) olup kısaltması 2 harfli kod sisteminde GB [281], 3 harfli kod sisteminde GBR [281]'dir. Ancak kısaca *United Kingdom* (*tur*: Birleşik Krallık) denilmekte ve UK olarak kısaltılmaktadır. Türkçe'de ise bu devlet, *İngiltere* olarak anılmaktadır. United Kingdom (UK), <https://www.gov.uk/>

<sup>137</sup> United Kingdom Environmental Agency (UKEA), <http://www.environment-agency.gov.uk/> [139], <https://www.gov.uk/government/organisations/environment-agency>

<sup>138</sup> UK Department for Environment Food & Rural Affairs <https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-environment-food-rural-affairs>

<sup>139</sup> Guidance on the use of stabilisation/solidification for the treatment of contaminated soil, Science Project SC980003, <http://a0768b4a8a31e106d8b0-50dc802554eb38a24458b98ff72d550b.r19.cf3.rackcdn.com/scho0904bild-e-e.pdf>

SC980003/SR2, B.D. Bone, L.H. Barnard, D.I. Boardman, P.J. Carey, C.D. Hills, H.M. Jones, C.L. MacLeod and M. Tyrer, UK Environment Agency, 2004, <https://www.gov.uk/government/publications/review-of-scientific-literature-on-the-use-of-stabilisation-solidification-for-the-treatment-of-contaminated-soil-solid-waste-and-sludges> [30]

*Portland Cement Association (PCA)*<sup>140</sup> (*tur*: Portland Çimento Birliği), ABD ve Kanada'da bulunan çimento şirketlerini temsil eden 1916'da kurulmuş bir birliktir. Birlik, pazar geliştirme, mühendislik, araştırma, eğitim ve halkla ilişkiler programları yürütmektedir. Çimento esaslı K/K çalışmaları ve atık bertarafını desteklemektedir ve bu konularda yayınları<sup>141</sup> bulunmaktadır [140].

K/K konusunda PCA'dan seçilmiş yayınlar aşağıda yayın ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [140].

- 1) Applying Solidification/Stabilization Treatment to Brownfield Projects, RP418, PCA, 2004, <http://www.lehighnw.com/canada/pdf/Brochures/Soil%20SS%20RP418.pdf>
- 2) Guide to Improving the Effectiveness of Cement-Based Stabilization/Solidification, Jesse R. Conner, EB211, PCA, 1997, <http://www.cement.org/bookstore/profile.asp?id=188>
- 3) Potential Solidification/Stabilization Projects Under the Superfund Program, Wilk, C.M., IS500, PCA, 1994.
- 4) Potential Solidification/Stabilization Superfund Projects - 1995 Update, Wilk, C.M., IS501, PCA, 1995.
- 5) Solidification and Stabilization of Waste Using Portland Cement, 2nd ed., EB071, PCA, 1994, [http://www.lm.doe.gov/cercla/documents/fernald\\_docs/CAT/112395.pdf](http://www.lm.doe.gov/cercla/documents/fernald_docs/CAT/112395.pdf) [62]
- 6) Solidification/Stabilization of Contaminated Soil, SR341, PCA, 1994, <http://www.cement.org/bookstore/profile.asp?id=939>
- 7) Solidification/Stabilization for Remediation of Wood Preserving Sites: Treatment for Dioxins, PCP, Creosote, and Metals, RP371, PCA, 2000, <http://www.cement.org/bookstore/profile.asp?id=2186>
- 8) Solidification/Stabilization with Cement: Turning Environmental Liabilities into Economic Opportunities, SP384, PCA, 2001, <http://www.cement.org/bookstore/profile.asp?id=2184>
- 9) Solidification/Stabilization with Cement: Turning Liabilities into Opportunities, PL611, PCA, 2004, <http://www.cement.org/bookstore/profile.asp?id=5850>
- 10) Stabilization of Heavy Metals in Portland Cement, Silica Fume/Portland Cement and Masonry Cement Matrices, RP348, PCA, 1998, <http://www.cement.org/bookstore/profile.asp?id=652>

---

<sup>140</sup> Portland Cement Association (PCA), <http://www.cement.org/> [140]

<sup>141</sup> PCA Atık bertarafı sayfası: <http://www.cement.org/waste/>,  
PCA K/K sayfası: [http://www.cement.org/waste/wt\\_ss.asp](http://www.cement.org/waste/wt_ss.asp)

- 11) Stabilization of Heavy Metals with Portland Cement: Research Synopsis, Wilk, C.M., IS007, PCA, 1997, <http://www.cement.org/bookstore/profile.asp?id=195>
- 12) Validating and Quantifying Mechanisms Responsible for Successful Cement Solidification/Stabilization of Organic Contaminants, SN3127, PCA, 2010, <http://www.cement.org/bookstore/profile.asp?id=16991>

*British Cement Association (BCA)* (tur: İngiliz Çimento Birliği), İngiltere’de faaliyet göstermiş, şu an faaliyette olmayan eski bir çimento birliğidir [141]. *BCA*, K/K konusunda da çalışmalar yapmış bir birliktir.

K/K konusunda *BCA*’dan seçilmiş yayınlar aşağıda yayın ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir.

- 1) Cement-Based Stabilisation and Solidification for the Remediation of Contaminated Land: Findings of a Study Mission to the USA, British Cement Association, 2001, <http://www.worldcat.org/oclc/81253954>
- 2) The Essential Guide to Stabilisation/Solidification for the Remediation of Brownfield Land Using Cement and Lime, Steve Angel, British Cement Association, 2004, <http://www.worldcat.org/oclc/62587076>

*Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC)*<sup>142</sup> (tur: Eyaletlerarası Teknoloji ve Mevzuat Düzenleme Kurulu), yenilikçi çevre teknolojilerinin kullanımının önündeki engelleri en aza indirebilmek, maliyetleri düşürebilmek ve çevresel etkinliği en üst düzeye çıkarabilmek için çalışan ve *Environmental Council of the States (ECOS)*<sup>143</sup> tarafından yönetilen 1995 yılında ABD’de kurulmuş bir kamu ve özel sektör koalisyon kuruluşudur. Aralarında K/K konusunun da olduğu birçok konuda güncel kurslar ve yayınlar yapmaktadır. K/K konusunda 2013 yılında<sup>144</sup> 2 adet kurs düzenlemişlerdir [142].

K/K konusunda *ITRC*’den seçilmiş yayınlar aşağıda yayın ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [142].

- 1) Development of Performance Specifications for Solidification/Stabilization, *ITRC*, 2011, <http://www.itrcweb.org/Guidance/ListDocuments?TopicID=25&SubTopicID=36> [32]

*Oak Ridge National Laboratory (ORNL)*<sup>145</sup> (tur: Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı), *Clinton Laboratuvarları* ismiyle 1943’de kurulmuş, *US Department of Energy*<sup>146</sup> (tur:

---

<sup>142</sup> Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC), <http://www.itrcweb.org/> [142]

<sup>143</sup> Environmental Council of the States (ECOS), <http://www.ecos.org/>

<sup>144</sup> Haziran 2013 tarihi itibarıyla

<sup>145</sup> Oak Ridge National Laboratory (ORNL), <http://www.ornl.gov/> [143]

ABD Enerji Bakanlığı) için yönetilen çok programlı bir bilim ve teknoloji laboratuvarıdır. K/K konusu dâhil çevresel konularda proje ve çalışmaları mevcuttur [143].

K/K konusunda ORNL'den seçilmiş yayınlar aşağıda yayın ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [143].

- 1) A Literature Review of Mixed Waste Components: Sensitivities and Effects Upon Solidification/Stabilization in Cement-Based Matrices, ORNL/TM-12656, C.H. Mattus, T.M. Gilliam, ORNL, 1994, <http://www.ornl.gov/info/reports/1994/3445604216480.pdf>
- 2) Final Waste Forms Project: Performance Criteria for Phase I Treatability Studies, ORNL/TM-12759, T.M. Gilliam, D.A. Hutchins, P. Chodak III, ORNL, 1994, <http://web.ornl.gov/info/reports/1994/3445603853373.pdf>
- 3) Immobilization of Volatile Organic Compounds in Commercial Cement-Based Waste Forms, ORNL/TM-11251, R.D. Spence, T.M. Gilliam, I.L. Morgan, S. C. Osborne, ORNL, 1990, <http://web.ornl.gov/info/reports/1990/3445603252879.pdf>
- 4) Literature Review of Stabilization/Solidification of Volatile Organic Compounds and the Implications for Hanford Grouts, ORNL/TM-11824, R.D. Spence, S. C. Osborne, ORNL, 1993, <http://www.ornl.gov/info/reports/1993/3445603770220.pdf>
- 5) Measurements of Mercury Released from Solidified/Stabilized Waste Forms, ORNL/TM-2001/17, C.H. Mattus, ORNL, 2001, <http://web.ornl.gov/~webworks/cpr/v823/rpt/109832.pdf>

*ASTM International*<sup>147</sup>, eski adıyla *American Society for Testing and Materials* (tur: Amerika Deney ve Malzeme Cemiyeti) 1989 yılında kurulmuş oldukça eski bir uluslararası standart kuruluşudur. Bugüne kadar 12 bin civarında standart yayımlamıştır. Bunun yanında teknik konularda da çeşitli sempozyumlar düzenlemiş, el kitapları ve çalışmalar yayımlamıştır [106].

K/K konusunda ASTM International'dan seçilmiş yayınlar aşağıda yayın ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [106]. K/K konusundaki standart çalışmaları ise 2.7.3.1 *ASTM International Standartları* bölümünde verilmiştir.

- 1) Environmental Aspects of Stabilization and Solidification of Hazardous and Radioactive Wastes, 1st Volume, Pierre Côté, Michael Gilliam, STP1033, ASTM, 1989. <https://dx.doi.org/10.1520/STP1033-EB>
- 2) Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes: 2nd Volume, T. Michael Gilliam, Carlton C. Wiles, STP1123, ASTM, 1992. <https://dx.doi.org/10.1520/STP1123-EB>

---

<sup>146</sup> United States (US) Department of Energy, <http://energy.gov/>, <http://science.energy.gov/>

<sup>147</sup> ASTM International, <http://www.astm.org/> [106]

- 3) Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes: 3rd Volume, T. Michael Gilliam, Carlton C. Wiles, STP1240, ASTM, 1996.  
<https://dx.doi.org/10.1520/STP1240-EB>

*United States Army Corps of Engineers (USACE)*<sup>148</sup> (tur: Amerika Birleşik Devletleri Ordusu Mühendisler Kolordusu), geçmişi 1775'e kadar dayanan, 37 bin sivil ve asker çalışanı ile 130 ülkede müşterilerine mühendislik hizmeti sunan bir kurumdur. Birçok çevresel konuda olduğu gibi K/K konusunda da çalışmaları bulunmaktadır [144].

K/K konusunda USACE'den seçilmiş yayınlar aşağıda yayın ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [144].

- 1) Solidification/Stabilisation of Contaminated Material, UFGS-02160A, USACE, 2000, <http://www.cement.org/waste/pdfs/USACEConstructionSpec.pdf>
- 2) Safety and Health Aspects of HTRW Remediation Technologies, EM 110-1-4007, USACE, 2003,  
[http://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM\\_1110-1-4007.pdf](http://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-1-4007.pdf) [41]
- 3) Solidification/Stabilisation of Contaminated Material, Guide Specification for Construction, CEGS-02160, USACE, 1998,  
[http://global.ihs.com/search\\_res.cfm?MID=W097&input\\_doc\\_number=CEGS%2002160](http://global.ihs.com/search_res.cfm?MID=W097&input_doc_number=CEGS%2002160)
- 4) Solidification/Stabilisation of Contaminated Material, CEGS-02445, USACE, 2004,  
[http://global.ihs.com/search\\_res.cfm?MID=W097&input\\_doc\\_number=CEGS%2002445](http://global.ihs.com/search_res.cfm?MID=W097&input_doc_number=CEGS%2002445)
- 5) Solidification/Stabilization (S/S) of Contaminated Material, UFGS-02 55 00, USACE, 2010,  
<http://www.wbdg.org/ccb/DOD/UFGS/UFGS%2002%2055%2000.pdf>
- 6) Treatability Studies for Solidification/Stabilisation of Contaminated Material, ETL 1110-1-158, USACE, 1995,  
<http://www.cement.org/waste/pdfs/USACETreatabilityGuide.pdf>
- 7) Treatment of Heavy Metal Contaminated Waste, PWTB 200-01-12, USACE, 2001,  
[http://www.wbdg.org/ccb/ARMYCOE/PWTB/pwtb\\_200\\_1\\_12.pdf](http://www.wbdg.org/ccb/ARMYCOE/PWTB/pwtb_200_1_12.pdf)

*Contaminated Land: Applications in Real Environments (CL:AIRE)*<sup>149</sup> (tur: Kirlenmiş Alan: Gerçek Ortam Uygulamaları), pratik ve sürdürülebilir ıslah teknolojisi bilincini artırmak suretiyle İngiltere'de kirlenmiş alanların yenilenmesini teşvik etmek için 1999'da kurulmuş kâr amacı gütmeyen bağımsız bir teşekküldür. Islah teknolojileri

---

<sup>148</sup> United States Army Corps of Engineers (USACE), <http://www.usace.army.mil/> [144]

<sup>149</sup> Contaminated Land: Applications in Real Environments (CL:AIRE), <http://www.claire.co.uk/> [145]

arasında K/K konusunda da çalışmalar yer almaktadır. K/K konusundaki yayınlardan<sup>150</sup> bir seçki aşağıda yer almaktadır [145].

K/K konusunda CL:AIRE'den seçilmiş yayınlar aşağıda yayın ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [145].

- 1) Remediation Trial at the Avenue Coking Works Using Stabilisation/Solidification and Accelerated Carbonation Technology, CSB 05, CL:AIRE, 2006,  
[http://www.claire.co.uk/index.php?option=com\\_resource&controller=article&article=20&category\\_id=11&Itemid=61](http://www.claire.co.uk/index.php?option=com_resource&controller=article&article=20&category_id=11&Itemid=61)
- 2) Performance Assessment of Stabilised/Solidified Waste Forms (PASSiFy), RP 16, CL:AIRE, 2010,  
[http://www.claire.co.uk/index.php?option=com\\_resource&controller=article&article=298&category\\_id=11&Itemid=61](http://www.claire.co.uk/index.php?option=com_resource&controller=article&article=298&category_id=11&Itemid=61)
- 3) Process Envelopes for Cement-based Stabilisation/Solidification (ProCeSS), RP 19, CL:AIRE,  
[http://www.claire.co.uk/index.php?option=com\\_resource&controller=article&article=155&category\\_id=11&Itemid=61](http://www.claire.co.uk/index.php?option=com_resource&controller=article&article=155&category_id=11&Itemid=61)
- 4) Stabilisation/Solidification for the Treatment of Contaminated Soil, GB 01, CL:AIRE, 2005,  
[http://www.claire.co.uk/index.php?option=com\\_resource&controller=article&article=51&category\\_id=11&Itemid=61](http://www.claire.co.uk/index.php?option=com_resource&controller=article&article=51&category_id=11&Itemid=61)
- 5) Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation: Part 1: Summary of the State of Practice Reports I-IV STARNET, TB 09, CL:AIRE, 2004,  
[http://www.claire.co.uk/index.php?option=com\\_resource&controller=article&article=11&category\\_id=11&Itemid=61](http://www.claire.co.uk/index.php?option=com_resource&controller=article&article=11&category_id=11&Itemid=61)

*Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation Network (STARNET)*<sup>151</sup> (*tur*: Katılaştırma/Kararlılaştırma Arıtma ve Islah Ağı), *Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC)*<sup>152</sup> (*tur*: Mühendislik ve Fizik Bilimleri Araştırma Kurulu) bünyesinde oluşturulmuş ve çalışmalarına 2001 yılında başlamış bir çalışma grubu/ağıdır. Bu ağ bünyesindeki bilim insanları K/K işlemleri ile alakalı sempozyum, konferans gibi bilimsel toplantılar ve rapor, makale gibi bilimsel yayınlar ile çeşitli projeler yapmaktadırlar. K/K teknolojisi ile alakalı çalışan, yayın yapan önemli bilim insanlarını bir araya getirdiği için önemlidir [146].

K/K konusunda STARNET'den seçilmiş yayınlar aşağıda yayın ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [146].

---

<sup>150</sup> K/K konusundaki yayın listesi:

[http://www.claire.co.uk/index.php?option=com\\_resource&view=list&category\\_id=11&Itemid=61](http://www.claire.co.uk/index.php?option=com_resource&view=list&category_id=11&Itemid=61)

<sup>151</sup> Stabilisation/Solidification Treatment And Remediation Network (STARNET),

<http://www-starnet.eng.cam.ac.uk/> [146]

<sup>152</sup> Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC), <http://www.epsrc.ac.uk/>



- 1) State of Practice Report, UK Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation: Part I -Binders & Technologies - Basic Principles, A. Al-Tabbaa, A.S.R. Perera, 2002, <http://www-starnet.eng.cam.ac.uk/SoP%20Reports/SoP%201.pdf>
- 2) State of Practice Report, UK Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation: Part II -Binders & Technologies - Research, A. Al-Tabbaa, A.S.R. Perera, 2002, <http://www-starnet.eng.cam.ac.uk/SoP%20Reports/SoP%202.pdf>
- 3) State of Practice Report, UK Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation: Part III -Binders & Technologies - Applications, A. Al-Tabbaa, A.S.R. Perera, 2002, <http://www-starnet.eng.cam.ac.uk/SoP%20Reports/SoP%203.pdf>
- 4) State of Practice Report, UK Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation: Part IV -Testing & Performance Criteria, A.S.R. Perera, A. Al-Tabbaa, J.M. Reid, J.A. Stegemann, 2004, <http://www-starnet.eng.cam.ac.uk/SoP%20Reports/SoP%204.pdf>
- 5) State of Practice Report, UK Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation: Part V - Long-Term Performance & Environmental Impact, A.S.R. Perera, A. Al-Tabbaa, J.M. Reid, D. Johnson, 2004, <http://www-starnet.eng.cam.ac.uk/SoP%20Reports/SoP%205.pdf>
- 6) State of Practice Report, UK Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation: Part VI - Quality Assurance & Quality Control, A.S.R. Perera, A. Al-Tabbaa, D. Johnson, 2004, <http://www-starnet.eng.cam.ac.uk/SoP%20Reports/SoP%206.pdf>
- 7) State of Practice Report, UK Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation: Part VII - Good Practice Guidance Documents, A.S.R. Perera, A. Al-Tabbaa, D. Johnson, 2005, <http://www-starnet.eng.cam.ac.uk/SoP%20Reports/SoP%207.pdf>

K/K konusunda teknolojiler üreten ve çalışmalar yürütmüş başka birçok kuruluş daha bulunmaktadır. Örnek olması açısından ABD’de bugüne kadar K/K konusunda teknoloji üretmiş kuruluşlar ve yayınları aşağıda geliştiricisinin ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [20, 138]. ABD’de uygulamada K/K dışında da değişik teknolojiler ve uygulamalar<sup>153</sup> mevcuttur.

- 1) Chemfix Technologies, Inc. (şimdiki adı: Advanced Remediation Mixing, Inc.) – Chemical Fixation/Stabilization Process
  - Applications Analysis Report, EPA/540/A5-89/011, USEPA, 1991, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001T9J.txt>
  - Demonstration Bulletin, EPA/540/M5-89/011, USEPA, 1989, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=9101AH7J.txt>
  - Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/011, USEPA, 1990, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000BC5N.txt>

<sup>153</sup> Daha fazla teknoloji ve uygulama hakkında bilgi almak için:  
<http://www.epa.gov/nrmrl/lrpcd/site/reports.html>,  
<http://www.epa.gov/nrmrl/lrpcd/site/quarterly/publdemonstrationpro.html>

- Technology Evaluation Report, Vol. I, EPA/540/5-89/011a, USEPA, 1990, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000L0N2.txt>
  - Technology Evaluation Report, Vol. II, EPA/540/5-89/011b, USEPA, 1990, [http://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?dirEntryId=50676](http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=50676)
- 2) Hazcon, Inc. (şimdiki adı: Funderburk and Associates) – Solidification Process
- Applications Analysis Report, EPA/540/A5-89/001, USEPA, 1989, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001SVZ.txt>
  - Demonstration Bulletin, EPA/540/M5-89/001, USEPA, 1989, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001XPF.txt>
  - Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/001, USEPA, 1989, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000T7WH.txt>
  - Technology Evaluation Report, Vol. I, EPA/540/5-89/001a, USEPA, 1989, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000L0EL.txt>
  - Technology Evaluation Report, Vol. II, EPA/540/5-89/001b, USEPA, 1989, [http://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?dirEntryId=39332](http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=39332)
- 3) International Waste Technologies/Geo-Con, Inc. – In Situ Solidification and Stabilization Process
- Applications Analysis Report, EPA/540/A5-89/004, USEPA, 1990, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001SZP.txt>
  - Demonstration Bulletin, EPA/540/M5-89/004, USEPA, 1989, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001XPJ.txt>
  - Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/004, USEPA, 1989, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10002DHO.txt>
  - Technology Demonstration Summary, Update Report, EPA/540/S5-89/004a, USEPA, 1991, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000BC52.txt>
  - Technology Evaluation Report, Vol. I, EPA/540/5-89/004a, USEPA, 1989, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001NP1.txt>
  - Technology Evaluation Report, Vol. II, EPA/540/5-89/004b, USEPA, 1989, [http://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?dirEntryId=30694](http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=30694)
  - Technology Evaluation Report, Vol. III, EPA/540/5-89/004c, USEPA, 1989, [http://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?dirEntryId=47978](http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=47978)
  - Technology Evaluation Report, Vol. IV, EPA/540/5-89/004d, USEPA, 1989, [http://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?dirEntryId=46609](http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=46609)
- 4) S.M.V. Selko, Inc. – In situ – proprietary binder
- 5) Separation and Recovery System, Inc. (SRS) – Lime and proprietary additives
- 6) Silicate Technology Corporation's (now STC Omega) – Solidification/Stabilization Technology of Organic and Inorganic Contaminants in Soil
- Applications Analysis Report, EPA/540/AR-92/010, USEPA, 1992, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000IRCP.txt>
  - Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-92/010, USEPA, 1992, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001XS3.txt>
  - Technology Demonstration Summary, EPA/540/SR-92/010, USEPA, 1995, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10002E3U.txt>
  - Technology Evaluation Report, EPA 540/R-92/010, USEPA, 1992, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=100020PF.txt>



- Technology Evaluation Report, EPA 540/R-95/010, USEPA, 1995, <http://www.ntis.gov/search/product.aspx?ABBR=PB95255709>
- 7) Soliditech, Inc. – Solidification and Stabilization Process
- Applications Analysis Report, EPA/540/A5-89/005, USEPA, 1990, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001T2D.txt>
  - Demonstration Bulletin, EPA/540/M5-89/005, USEPA, 1989, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001XPL.txt>
  - Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/005, USEPA, 1990, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000BC58.txt>
  - Technology Evaluation Report, Vol. I, EPA/540/5-89/005a, USEPA, 1990, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001NRZ.txt>
  - Technology Evaluation Report, Vol. II, EPA/540/5-89/005b, USEPA, 1990, [http://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_report.cfm?dirEntryId=41610](http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=41610)
- 8) Wastech, Inc. – Proprietary

Türkiye’de henüz K/K uygulayan bir kuruluş bulunmamakla birlikte İstanbul Büyükşehir Belediyesinin (İBB)<sup>154</sup> içerisinde bir K/K ünitesinin yer aldığı tehlikeli atık bertaraf tesisi kurulması için çalışmalarının olduğu ve iştiraki olan İstanbul Çevre Yönetimi San. ve Tic. A.Ş.’nin (İSTAÇ)<sup>155</sup> özel bir kuruluşa tesisin fizibilite raporunu hazırlattığı bilinmektedir [147].

### 3.2 Çalışma ve Yayınlar

Atık K/K konusunda yapılmış olan yayınlar Türkçe ve İngilizce olarak taranarak kitap, tez, makale, bildiri ve proje raporu şeklinde gruplandırılarak sunulmuştur.

Atık K/K ile alakalı olarak Türkçe basılmış bir kitap bulunmamaktadır. Ancak İngilizce kaynaklarda konu sanıldığı gibi aksine uzun yıllar öncesinden yazılmaya başlanmış bir konudur. Kitaplar ve içeriklerini burada sıralamak kapsam dışı olduğundan sadece atık katılaştırma/kararlılaştırma konusunda yazılmış önemli kitapların listesinin verilmesi ile yetinilmiştir. Buradaki listeye *3.1 Kuruluş ve Topluluklar* başlığı altında verilen yayınlar eklenmemiştir.

K/K konusunda seçilmiş kitaplar aşağıda yayın ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir.

- 1) Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Wastes, Jesse R. Conner, Van Nostrand Reinhold, 1990. <http://www.worldcat.org/oclc/20013073>

<sup>154</sup> İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) (eng: İstanbul Metropolitan Municipality), <http://www.ibb.gov.tr/>

<sup>155</sup> İstanbul Çevre Yönetimi San. ve Tic. A.Ş. (İSTAÇ) (eng: İstanbul Environmental Management in Industry and Trade Inc.), <http://www.istac.com.tr/>

- 2) Chemistry and Microstructure of Solidified Waste Forms, R.D. Spence, Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 1993. <http://www.worldcat.org/oclc/26764208>
- 3) Environmental Aspects of Stabilization and Solidification of Hazardous and Radioactive Wastes, 1st Volume, Pierre Côté, Michael Gilliam, STP1033, ASTM, 1989. <https://dx.doi.org/10.1520/STP1033-EB>
- 4) Handbook of Advanced Industrial and Hazardous Wastes Treatment, Lawrence K Wang, Yung-Tse Hung, Nazih K Shamma, CRC Press, 2009. <https://dx.doi.org/10.1201/9781420072228>
- 5) Handbook of Industrial and Hazardous Wastes Treatment, Lawrence K. Wang, Yung-Tse Hung, Howard H. Lo, Constantine Yapijakis, CRC Press, 2004. <https://dx.doi.org/10.1201/9780203026519>
- 6) Hazardous and Radioactive Waste Treatment Technologies Handbook, Chang Ho Oh, CRC Press, 2001. <https://dx.doi.org/10.1201/9781420036459> [45]
- 7) Hazardous Industrial Waste Treatment, Lawrence K. Wang, Yung-Tse Hung, Howard H. Lo, Constantine Yapijakis, CRC Press, 2006. <https://dx.doi.org/10.1201/9780849375750> [43]
- 8) Hazardous Waste Management, 2nd ed., Michael D. LaGrega, Philip L. Buckingham, Jeffrey C. Evans, McGraw Hill, 2001. <http://www.worldcat.org/oclc/843948430> [40]
- 9) In Situ Immobilization of Heavy-Metal-Contaminated Soils, G. Czupryna, Noyes Data Corporation, 1989. <http://www.worldcat.org/oclc/20218135>
- 10) Principles of Hazardous Materials Management, 2nd ed., Roger D. Griffin, CRC Press, 2009. <https://dx.doi.org/10.1201/9781420089714>
- 11) Radioactive Waste - Politics and Technology, Frans Berkhout, Routledge, 2004. <https://dx.doi.org/10.4324/9780203411759>
- 12) Remediation Engineering - Design Concepts, Suthan S. Suthersan, CRC Press, 1996. <https://dx.doi.org/10.1201/9781420050585> [52]
- 13) Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation - Advances in S/S for Waste and Contaminated Land, Abir Al-Tabbaa, Julia A. Stegemann, A.A. Balkema Publishers, 2005. <https://dx.doi.org/10.1201/9781439833933>
- 14) Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes: 2nd Volume, T. Michael Gilliam, Carlton C. Wiles, STP1123, ASTM, 1992. <https://dx.doi.org/10.1520/STP1123-EB>
- 15) Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes: 3rd Volume, T. Michael Gilliam, Carlton C. Wiles, STP1240, ASTM, 1996. <https://dx.doi.org/10.1520/STP1240-EB>
- 16) Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes, Roger D. Spence, Caijun Shi, CRC Press, 2004. <https://dx.doi.org/10.1201/9781420032789> [29]
- 17) Stabilization and Solidification of Hazardous Wastes, Edwin F. Barth, et al, Pollution Technology Review, No. 186, Noyes Data Corporation, 1990. <http://www.worldcat.org/oclc/21761182> [31]
- 18) The Application of Solidification/Stabilization to Waste Materials, Jeffrey L. Means, Lewis Publishers, 1995. <http://www.worldcat.org/oclc/31045421> [42]

- 19) The Effects of Age on Cement Stabilised/solidified Contaminated Materials, TRL451, M.J. Board, J.M. Reid, D.S.J. Fox, D.I. Grant, Transport Research Laboratory, 2000.  
[http://www.trl.co.uk/online\\_store/reports\\_publications/trl\\_reports/cat\\_ground\\_engineering/report\\_the\\_effects\\_of\\_age\\_on\\_cement\\_stabilised/solidified\\_contaminated\\_materials.htm](http://www.trl.co.uk/online_store/reports_publications/trl_reports/cat_ground_engineering/report_the_effects_of_age_on_cement_stabilised/solidified_contaminated_materials.htm)
- 20) Toxic and Hazardous Waste Disposal, Options for Solidification/Stabilization, Robert B. Pojasek, Ann Arbor Science, 1979.  
<http://www.worldcat.org/oclc/4882485>
- 21) Waste Immobilization in Glass and Ceramic Based Hosts: Radioactive, Toxic and Hazardous Wastes, Ian W. Donald, John Wiley & Sons, 2010.  
<http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781444319354>
- 22) Waste Materials Used in Concrete Manufacturing, Satish Chandra, William Andrew, 1997. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780815513933>

Tezler de bir konu üzerine hazırlanmış kapsamlı çalışmalar olduğundan kitaplar gibi kaynak eser olarak kullanılabilir niteliktedirler. K/K konusunda yurtdışında yapılmış olan lisansüstü tezlerden örnekler aşağıda tez ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [148, 149].

- 1) A Suc Model Study for Solidification/Stabilization of Organic Hazardous Wastes with Reactivated Carbon, Peng Gong, Master's Thesis, University of Cincinnati, USA, 2001. [http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc\\_num=ucin983566537](http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=ucin983566537)
- 2) An Investigation of Solidification/Stabilisation Treatment on Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Sand, Nina Bednarsek, Master's Thesis, Cranfield University, UK, 2006. <http://www.openthesis.org/documents/investigation-treatment-petroleum-hydrocarbon-contaminated-499130.html>
- 3) An Investigation of Solidification/Stabilization of Silver in Portland Cement Type V, Jie Liang, Master's Thesis, Lamar University, Beaumont, USA, 1995. <http://search.proquest.com/docview/304239422?accountid=15329>
- 4) A Review of Stabilization and Immobilization Technologies for Hazardous Wastes, Wan-chi Sin, Master's Thesis, The University of Hong Kong, Hong Kong, 2001. <http://hub.hku.hk/handle/10722/37123>
- 5) A Solidification/Stabilization Study for the Disposal of Pentachlorophenol, Kwun-Chi Lee, Master's Thesis, Lamar University, Beaumont, USA, 1988. <http://search.proquest.com/docview/303615634?accountid=15329>
- 6) A Surface Characterization of Priority Metal Pollutants in Portland Cement, H.G. McWhinney, Doctoral Dissertation, Texas A&M University, USA, 1990.
- 7) Characterization of Solidification/Stabilization of Chromium Wastes in Cement Matrix, Aijun Zhang, PhD Thesis, Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College, USA, 1999. <http://search.proquest.com/docview/304532660?accountid=15329>
- 8) Effectiveness of Sulfur for Solidification/Stabilization of Metal Contaminated Wastes, S.L. Lin, Doctoral Dissertation, Georgia Institute of Technology, USA, 1995. <https://smartech.gatech.edu/handle/1853/19475>

- 9) Permanence of Metals Containment in Solidified and Stabilized Wastes, I. Klich, Doctoral Dissertation, Texas A&M University, USA, 1997.
- 10) Solidification/Stabilization Mechanism of Calcite on Solidified Waste Forms, Dongjin Lee, PhD Thesis, University of New South Wales, Australia, 2003.  
<http://search.proquest.com/docview/305266297?accountid=15329>
- 11) Stabilization/Solidification Treatment of Mercury Containing Wastes Using Reactivated Carbon and Cement, Jian Zhang, Master's Thesis, University of Cincinnati, USA, 2002.  
[http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc\\_num=ucin1035207019](http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=ucin1035207019)
- 12) Study to Reuse a Solid Waste Generated by Foundry Sands Bonded with Clay, Through Solidification/Stabilization in Portland Cement Matrices Technic, for Implementation in the Construction Industry, Javier Mazariegos Pablos, Master's Thesis, Universidade de São Paulo, Brasil, 2008.  
<http://www.openthesis.org/documents/Study-to-reuse-solid-waste-494288.html>
- 13) The Hydration of Ordinary Portland Cement during Cement-Based Solidification of Toxic Wastes, C.D. Hills, PhD Thesis, University of London, UK, 1993.

K/K konusunda Türkiye üniversitelerinde yapılmış olan lisansüstü tezler aşağıda tez ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [150].

- 1) Ağır Metaller İçeren Çelik Sanayii Atıklarının Stabilizasyonu ve Solidifikasyonu, Doktora Tezi, Güray Salihoğlu, Prof. Dr. Vedat Pınarlı, Uludağ Üniversitesi, 2007.
- 2) Akümülatör İmalat Tesisi Arıtma Çamurunun Çimento ile Katılaştırılarak Kararlılaştırılmasının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kamil B. Varınca, Prof. Dr. M. Talha Gönüllü, YTÜ, 2006.
- 3) Arıtma Çamurlarının Stabilizasyon/Solidifikasyonu ve Yapı Materyali Olarak Kullanılma İmkânlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Suna Özden Çelik, Yrd. Doç. Dr. Füsün Uysal, Trakya Üniversitesi, 2004.
- 4) Atıksulardan Sorbanlarla Tutulan Ağır Metallerin Katılaştırma Yoluyla Kararlılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sertaç Ayhan, Prof. Dr. Reşat Apak, İstanbul Üniversitesi, 1995.
- 5) Bakır Endüstrisi Flotasyon Atıkları ve Zeolitlerin Beton Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, Başak Mesci, Prof. Dr. Osman Nuri Ergun, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2007.
- 6) Çelik Sanayisinden Kaynaklanan Elektrik Ark Ocağı Baca Tozunun Düşük Kalite MgO Katkısıyla Stabilizasyon ve Solidifikasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ahmet Can Bayraktar, Prof. Dr. İsmail Toröz, İTÜ, 2011.
- 7) Dökümhanelerden Kaynaklanan Atıkların Uygun Geri Kazanım / Tekrar Kullanım ve Bertaraf Yöntemlerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Hatice Merve Başar, Prof. Dr. Nuran Deveci Aksoy, İTÜ, 2012.
- 8) Endüstriyel Atıkların Kimyasal Stabilizasyonu/Solidifikasyon Yöntemiyle Tasfiyesi, Yüksek Lisans Tezi, Gizem Karaca, Prof. Dr. Vedat Pınarlı, Uludağ Üniversitesi, 2004.
- 9) Ferrokrom Ark Fırın Baca Tozunun Çevresel Karakterizasyonu ve Stabilizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ülkü Bulut, Yrd. Doç. Dr. Mehmet Erdem, Fırat Üniversitesi, 2006.

- 10) Investigation of the Conversion of the Sludge of High Organic Content into Economically Valuable Products, Yüksek Lisans Tezi, Albert Levi, Prof. Dr. Günay Kocasoy, Boğaziçi Üniversitesi, 2009.
- 11) Kirlenmiş Zeminlerin Islahı, Yüksek Lisans Tezi, Kadir Özdemir, Prof. Dr. İzzet Öztürk, İTÜ, 1999.
- 12) Optimization of the Solidification and Stabilization of Industrial Wastewater Sludge with Natural Additives, Yüksek Lisans Tezi, Ertuğrul Tiryaki, Prof. Dr. Günay Kocasoy, Boğaziçi Üniversitesi, 2005.
- 13) Otomotiv Endüstrisi Zararlı Atıklarının Solidifikasyonu ve Geri Kazanımı, Doktora Tezi, Selnur Uçaroğlu, Prof. Dr. İlhan Talınlı, İTÜ, 2002.
- 14) Otomotiv Endüstrisi Fosfat Çamurlarının Bertaraf ve Geri Kazanım Yöntemlerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Özgür Doğan, Prof. Dr. Mehmet Karpuzcu, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 2010.
- 15) Remediation of Heavy Metal Contaminated Soils, Yüksek Lisans Tezi, Bilge Alpaslan, Doç. Dr. Mehmet Ali Yükselen, Marmara Üniversitesi, 1999.
- 16) Solidification of Tanning Industry Treatment Plant Sludges, Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Tayfun Akusta, Prof. Dr. Ayşe Filibeli, Dokuz Eylül Üniversitesi, 1998.
- 17) Solidification of Hazardous Wastes, Yüksek Lisans Tezi, Hakan Şenol, Yrd. Doç. Dr. Ayşe Filibeli, Dokuz Eylül Üniversitesi, 1993.
- 18) Solidification/Stabilization of Hazardous, Yüksek Lisans Tezi, Olcay Yılmaz, Prof. Dr. Kahraman Ünlü, ODTÜ, 2000.
- 19) Stabilizasyon/Solidifikasyon Yöntemiyle İyileştirilmiş Petrollü Sondaj Atıklarının Fiziko-Kimyasal Mikro-Yapısal ve Geoteknik Özellikleri, Doktora Tezi, Hakan Koyuncu, Doç. Dr. Ahmet Tuncan, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 1998.
- 20) Stabilizasyon/Solidifikasyon Yöntemiyle İyileştirilmiş Porsuk Nehri Sediment Atık Çamurunun Geoteknik, Fiziko-Kimyasal ve Mikro-Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Naile Deniz Apaydın, Yrd. Doç. Dr. Yücel Güney, Anadolu Üniversitesi, 2003.
- 21) Tehlikeli Atıkların Çimentoyla Fiksasyonu ve Solidifikasyonu, Zeynep Söl, Yüksek Lisans Tezi, Prof. Dr. Vedat Pınarlı, Uludağ Üniversitesi, 2002.
- 22) Treatment Alternatives for Reverse Osmosis Concentrate of Landfill Leachate, Yüksek Lisans Tezi, Selda Yiğit, Doç. Dr. Bülent Mertoğlu, Doç. Dr. Göksel Demir, Marmara Üniversitesi, 2010.
- 23) Zararlı Atıkların Solidifikasyon/Stabilizasyon Teknolojisi ile Yönetimi, Doktora Tezi, Senem Bayar, Prof. Dr. İlhan Talınlı, İTÜ, 2005.

Yurtdışında özellikle ABD’de geçmiş yıllarda öncelikli sorun kirlenmiş alanların ıslahı olduğu için K/K konusunda yapılmış projelerde de ilk projelerin saha içi uygulamalardan (*eng*: in situ) oluştuğu görülmektedir. Yurt dışında yapılmış projelerden örnekler verilmiştir.

- 1) Binders, methods and techniques to stabilize / solidify polluted soil and sediment (Cement Stabilization and Solidification - STSO: Review of Techniques and Methods), Aino Maijala, Juha Forsman, Pentti Lahtinen, Mikko Leppänen, Aud

- Helland, Arnt-Olav Håøya Roger, M. Konieczny, Rap001-Id01, Rambøll Norge AS, 2009. [http://www.stabilgrunn.no/uploads/kundefiler/Rap-001-Id\\_01-SoA-01.pdf](http://www.stabilgrunn.no/uploads/kundefiler/Rap-001-Id_01-SoA-01.pdf)
- 2) Chemfix Technologies Chemical Fixation/Stabilization Process, Applications Analysis Report, EPA/540/A5-89/011, USEPA, 1991, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001T9J.txt>
  - 3) Hazcon Solidification Process, Applications Analysis Report, EPA/540/A5-89/001, USEPA, 1989, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001SVZ.txt>
  - 4) International Waste Technologies/Geo-Con In Situ Solidification and Stabilization Process, Applications Analysis Report, EPA/540/A5-89/004, USEPA, 1990, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001SZP.txt>
  - 5) Silicate Technology Corporation's Solidification/Stabilization Technology of Organic and Inorganic Contaminants in Soil, Applications Analysis Report, EPA/540/AR-92/010, USEPA, 1992, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000IRCP.txt>
  - 6) Soliditech Solidification and Stabilization, Process, Applications Analysis Report, EPA/540/A5-89/005, USEPA, 1990, <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=10001T2D.txt>
  - 7) Stabilization of Arsenic Wastes, M. Taylor, R. Fuessle, Illinois Department of Energy and Natural Resources and Hazardous Waste Research Information Center, Report No. HWRIC RR-073, Champaign, IL, USA, 1994. [http://www.istc.illinois.edu/info/library\\_docs/rr/RR-E73.PDF](http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/rr/RR-E73.PDF) [60]

Türkiye’de yapılmış projeler arasında konusu doğrudan K/K olan bir proje bilinmemekle birlikte K/K işlemlerinin kullanıldığı projeler mevcuttur. K/K konusunda yapılmış TÜBİTAK destekli projeler aşağıda proje ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [151].

- 1) Çinko Ekstraksiyon Atığının Stabilizasyonu, Yapı ve Radyasyon Zırlama Malzemesi Olarak Kullanımının İncelenmesi, Doç. Dr. Mehmet Erdem, Prof. Dr. Mahmut Doğru, Doç. Dr. Oktay Baykara, Çevre Y. Müh. Arzu Özverdi, İnşaat Y. Müh. Veysel Yıldırım, 107Y139, Fırat Üniversitesi, TÜBİTAK Elazığ, 2009. [152]
- 2) ERDEMİR ve ÇATES Katı Atıklarının Beton Üretiminde Kullanım Olanaklarının Deneysel Olarak Araştırılması, Yrd. Doç. Dr. İsa Yüksel, Yrd. Doç. Dr. Ömer Özkan, Yrd. Doç. Dr. Ayten Genç, Arş. Gör. Turhan Bilir, 104I023 (İÇTAG -I687), Zonguldak Karaelmas (Bülent Ecevit) Üniversitesi, TÜBİTAK, Zonguldak, 2006. [153]
- 3) Farklı Kül ve Çamur Numunelerinin Bertarafı Amacı ile İnşaat Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Yrd. Doç. Dr. Aylin Yıldız, Arş. Gör. Dr. Esra Tınmaz Köse, Arş. Gör. Aylin Akyıldız, 108Y233, Namık Kemal Üniversitesi, TÜBİTAK, Tekirdağ, 2009. [154]
- 4) Sulardan Ağır Metal Giderilmesinde Kullanılan Metalürjik Katı Atıkların Kararlılaştırma-Katılaştırma Teknolojisiyle Bertaraf Edilmesi, Prof. Dr. Reşat Apak, Prof. Dr. Esmâ Tütem, Doç. Dr. Fahriye Kılınçkale, Sertaç Ayhan, Jülide Hızal, Mehmet Hugül, Kubilay Güçlü, Ziya Kalayçı, 195Y042 (YDABÇAG-207), İstanbul Üniversitesi, TÜBİTAK, İstanbul, 2000.[155]

K/K konusunda yapılmış üniversite destekli bazı projeler aşağıda proje ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir [156].

- 1) Akümülatör İmalat Tesisi Arıtma Çamurlarının Çimento ile Katılaştırmasında Atık/Çimento Oranının Fiziksel Dayanım Üzerine Etkisinin Araştırılması, M. Talha Gönüllü, Kamil B. Varınca, 29-05-02-DOP01, YTÜ, İstanbul, 2011.
- 2) Çimento ile Katılaştırılmış Kurşun İçerikli Atıkların Sızma Özelliklerinin Tespiti, M. Talha Gönüllü, Yaşar Avşar, Kamil B. Varınca, 29-05-02-01, YTÜ, İstanbul, 2010.
- 3) Kurşun İçerikli Atıkların Katılaştırılmasından Elde Edilen Malzemede Kurşun Miktarı ile TCLP ve Dayanım İlişkilerinin Araştırılması, Yaşar Avşar, M. Talha Gönüllü, Kamil B. Varınca, 2010-05-02-KAP02, YTÜ, İstanbul, 2011.

Yukarıda yer alan projelerden bazılarının kısa özetleri aşağıda verilmiştir.

Apak R. *vd.* [155], yapmış oldukları projede metalürjik atık olarak tanımlanan kırmızı çamur, uçucu kül gibi atıkların katılaştırılarak bertaraf edilmesini amaçlamışlardır. Farklı oranlarda karışımlar ile deneme yapılmıştır. Mukavemet ve sızma özellikleri incelenmiştir. Sonuçta, ağır metallerle yüklenmiş katı atıklar, gerekli katkılarla hızlı sertleşen, yüksek basınç dayanımına ulaşan ve matriste sabitleştirilmiş metalleri esas itibariyle sızdırmayan beton kütlelerin yapısına sokulmuş ve bu atıklar doğal çevreye atılabilir hâle getirilmiştir.

Erdem M. *vd.* [152], yapmış oldukları projede hidrometalürjik yöntemle çinko ekstraksiyon atığının stabilizasyonu, yapı ve radyasyon zırhlama malzemesi olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlamışlardır. Çalışmada; atıktan kurşun, kadmiyum ve çinkonun müsaade edilen değerlerin üzerinde çözünerek önemli bir kirliliğe sebep olduğu ve tehlikeli atık sınıfına girdiği; çimento, uçucu kül ve her ikisinin karışımıyla uygulanan stabilizasyon/solidifikasyon işlemlerinin, atığın kirlitici özelliklerinin giderilmesinde etkin olduğu; içerdiği kalsiyum sülfatın etkisiyle önemli mukavemet düşmesine sebep olduğu ve bu sebeple de yapı malzemesi olarak kullanılamayacağı; hazırlanan zırhlama malzemelerinin yüksek enerjili radyasyonun zırhlanmasında kurşundan daha etkin olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Yıldız A. *vd.* [154], yapmış oldukları projede kömür külü, kırmızı çamur ve tıbbi atık yakma tesisi külünün, bertaraf ve yeniden kullanım alternatifi olarak inşaat sektöründe kullanılabilirliğinin araştırılmışlardır. Çalışma kapsamında, çamur ve kül materyalleri farklı oran ve kombinasyonlarda çimentonun belirli bir kısmı olarak eklenmesiyle elde edilen beton numunelerinin 7 ve 28 günlük kürler sonunda basınç dayanım deneyleri



yapılarak en iyi dayanımı veren karışım(lar)ın belirlenmesi amaçlanmıştır. Tüm karışımlardan elde edilen beton örneklerinin sızma ve mikroorganizma çoğalma testlerine tabi tutulması ile çevresel açıdan en iyi sonucu veren karışım(lar)ın tespit edilmesi yolunda çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre basınç dayanımları karışımların çoğunda kontrol numunesi değerlerine yakın çıkmıştır ki bu, katılaştırma/kararlaştırma işleminin başarılı olduğu ve ayrıca yapı materyali olarak kullanılabilir nitelikte bir malzemenin elde edildiği anlamına gelmektedir.

Yüksel İ. vd. [153], yapmış oldukları projede GYFC ve/veya KAK'nü betonda ince agrega olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Buna göre, GYFC ve KAK ince agrega olarak kullanıldığında tekil veya birleşik olarak betonun bazı dayanıklılık özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Etki seviyesini ve yönünü yer değiştiren malzemenin özellikleri ve yer değiştirme oranı kontrol etmektedir. Deneysel çalışma sonuçlarına göre, normal betonlar için, %20-30 yer değiştirme oranları uygun aralık olarak seçilebilir.

K/K teknolojileri ve uygulamaları üzerine Türkçe makale oldukça az olmasına rağmen yabancı dilde, özellikle İngilizce yayınlarda, oldukça fazla makale bulunmaktadır. Her geçen zaman ile bu konu üzerine yayımlanmış çalışma sayısı da artmaktadır. Hatta zaman zaman K/K konusuna has olarak dergilerin özel sayılar da çıkarttığı görülmektedir. Konu ile alakalı olarak çok sayıda makale olmasına rağmen buraya işlediği konuyu temsilen az sayıda makalenin bilgi ve özeti alınmıştır.

K/K konusunda yayımlanmış özel dergi sayılarından örnekler aşağıda verilmiştir.

- 1) Fundamental Aspects of Cement Solidification and Stabilization, A. Roy, F.K. Cartledge, Journal of Hazardous Materials, Volume 52, Issues 2–3, 1997, Pages 151-354. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03043894/52/2>
- 2) Proceedings of the Gulf Coast Hazardous Substance Research Center Second Annual Symposium: Mechanisms and Applications of Solidification/Stabilization, William A. Cawley, I. Atly Jefcoat, Journal of Hazardous Materials, Volume 24, Issues 2–3, 1990, Pages 103–314. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03043894/24/2>

K/K konusunda yayımlanmış makalelerden bazılarının özet bilgileri *Çizelge 3.1'*de yayın yılına göre derlenmiş olup seçilmiş makalelerin özetleri ise sonrasında verilmiştir. Özetleme sıralaması, ilk yazarın soy ismine göre yapılmıştır.



Yıl	Yazar(lar)	Çalışma Başlığı	Atık/Kirletici	Bağlayıcı	Yöntem/Deney/Ölçüm	K.N.
1990	Cartledge, F.K.; Butler, L.G.; Chalasanani, D. Eaton, H.C.; Frey, F.P.; Herrera, E.; Tittlebaum, M.E.; Yang, S.L.	Immobilization Mechanisms in Solidification/Stabilization of Cadmium and Lead Salts Using Portland Cement Fixing Agents	Kadmiyum, Kurşun	Portland çimento (OPC Tip I)	Sızma özellikleri	[157]
1991	Cláudio, J.R.	Solidification of Metal Finishing Slurry with Cement	Elektrokaplama çamurları	Çimento Puzolanik çimento	Sızma özellikleri	[158]
1992	Tamás, F.D.; Csetényi, L.; Tritthart, J.	Effect of Adsorbents on the Leachability of Cement Bonded Electroplating Wastes	Elektrokaplama atıkları	OPC	Sızma ve adsorbsiyon özellikleri	[159]
1993	Macphee, D.E.; Glasser, F.P.	Immobilization Science of Cement Systems	Ağır metaller	Çimento	Fiziksel ve kimyasal özellikler	[160]
1994	Andrés, A.; Irabien, J.A.	Solidification/Stabilization Process for Steel Foundry Dust Using Cement Based Binders: Influence of Processing Variables	Ağır metal içerikli çelik döküm tozları	Çimento	Sızma özellikleri (TCLP)	[161]
1995	Andrés, A.; Ortíz, I.; Viguri, J.R.; Irabien, A.	Long-Term Behaviour of Toxic Metals in Stabilized Steel Foundry Dusts	Ağır metal içerikli çelik döküm tozları	Çimento	Sızma özellikleri	[162]
1995	Dutré, V.; Vandecasteele, C.	Solidification/Stabilisation of Hazardous Arsenic Containing Waste from a Copper Refining Process	Bakır rafine endüstrisi arsenikli atığı, demir eritme fırın cürufu	Kireç ve çimento	Sızma özellikleri	[163]
1996	Dutré, V.; Vandecasteele, C.	An Evaluation of the Solidification/Stabilisation of Industrial Arsenic Containing Waste Using Extraction and Semi-Dynamic Leach Tests	Arsenik içeren endüstriyel atık	Çimento Kireç Yüksek fırın cürufu	Sızma özellikleri	[164]
1996	Lin, S.L.; Cross, W.H.; Chian, E.S.K.; Lai, J.S.; Giabbai, M.; Hung, C.H.	Stabilization and Solidification of Lead in Contaminated Soils	Kurşun (ile kirlenmiş toprak)	Portland çimento	Fiziksel özellikler Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[165]

Yıl	Yazar(lar)	Çalışma Başlığı	Atık/Kirletici	Bağlayıcı	Yöntem/Deney/Ölçüm	K.N.
1996	Stegemann, J.A.; Côté, P.L.	A Proposed Protocol for Evaluation of Solidified Wastes	Genel atıklar	Çimento	Fiziksel özellikler Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[166]
1997	Asavapisit, S.; Fowler, G.; Cheeseman, C.R.	Solution Chemistry During Cement Hydration in the Presence of Metal Hydroxide Wastes	Kurşun Çinko Kadmiyum	Portland çimento (OPC)	İç yapı incelemesi (XRD) Kimyasal analizler	[167]
1997	Glasser, F.P.	Fundamental Aspects of Cement Solidification and Stabilization	Demir yüksek fırın cürufu	Kireç Çimento Puzolanik katkıları	Fiziksel ve kimyasal özellikler Sızma özellikleri	[168]
1997	Grilc, V.; Petkovsek, A.	Stabilization of Boron-Containing Mineral Sludge with Various Solidification Agents	Bor ihtiva eden mineral çamur	Portland çimento Uçucu kül Kireç	Kimyasal özellikler	[169]
1997	Lin, C-K.; Chen, J-N.; Lin, C-C.	An NMR, XRD and EDS Study of Solidification/Stabilization of Chromium with Portland Cement and C3S	Krom	Portland çimento (Tip I) Alit (C <sub>3</sub> S)	İç yapı incelemesi (XRD, EDS, NMR)	[170]
1997	Massardier, V.; Moszkowicz, P.; Taha, M.	Fly Ash Stabilization-Solidification Using Polymer-Concrete Double Matrices	Katı atık yakma tesisi uçucu külü	Çimento ile polimer karışımı	Sızma özellikleri (TCLP) İç yapı incelemesi (SEM)	[171]
1997	Pera, J.; Thevenin, G.; Chabannet, M.	Design of a Novel System Allowing the Selection of an Adequate Binder for Solidification/Stabilization of Wastes	Krom	Çimento ile uçucu kül ve öğütülmüş yüksek fırın cürufu karışımları	Sızma özellikleri	[172]
1998	Andrés, A.; Ibanez, R.; Ortiz, I.; Irabien, J.A.	Experimental Study of the Waste Binder Anhydrite in the Solidification/Stabilization Process of Heavy Metal Sludges	Ağır metal içerikli sentetik atık	Anhidrit (CaSO <sub>4</sub> )	Sızma özellikleri (TCLP)	[173]
1998	Diet, J.N.; Moszkowicz, P.; Sorrentino, D.	Behaviour of Ordinary Portland Cement During the Stabilization/Solidification of Synthetic Heavy Metal Sludge: Macroscopic and Microscopic Aspects	Krom ve çinko hidroksit çamuru	Çimento	Sızma özellikleri İç yapı incelemesi (XRD, SEM, EDAX)	[174]
1998	Dutr�, V.; Kestens, C.; Schaep, J.; Vandecasteele, C.	Study of the Remediation of a Site Contaminated with Arsenic	Arsenik (ile kirlenmiş saha)	Çimento Kireç	Sızma özellikleri	[175]

Yıl	Yazar(lar)	Çalışma Başlığı	Atık/Kirletici	Bağlayıcı	Yöntem/Deney/Ölçüm	K.N.
1998	Dutr�, V.; Vandecasteele, C.	Immobilization Mechanism of Arsenic in Waste Solidified Using Cement and Lime	Arsenik (içerikli endüstriyel çamur)	Çimento Kireç	Sızma özellikleri	[176]
1998	Janusa, M.A.; Heard, G.E.; Bourgeois, J.C.; Kliebert, N.M.; Landry, A.A.	Effects of Curing Temperature on the Leachability of Lead Undergoing Solidification/Stabilization with Cement	Kurşun	Portland çimento	Sızma özellikleri (TCLP)	[177]
1998	Lombardi, F.; Mangialardi, T.; Piga, L.; Sirini, P.	Mechanical and Leaching Properties of Cement Solidified Hospital Solid Waste Incinerator Fly Ash	Tıbbi atık yakma tesisi uçucu külü	Portland çimento (PC)	Basınç dayanımı Sızma özellikleri İç yapı incelemesi (XRD)	[178]
1998	Vale Parapar, J.F.; Ruiz De Elvira Franco, C.; Rodriguez Pinero, M.; Salvador Martinez, L.; Fernandez Pereira, C.	Stabilization/Solidification of Hazardous Metallic Wastes: Prediction of Leach Test Performance to Optimize S/S Mixtures	Metal içerikli atıklar	Çimento	Sızma özellikleri	[179]
1999	Caldwell, R.J.; Stegemann, J.A.; Shi, C.	Effect of Curing on Field-Solidified Waste Properties. Part 1: Physical Properties	Elektrik ark ocağı tozu	Kireç Kalsiyum silikat	Fiziksel özellikler Basınç dayanımı	[180]
1999	Caldwell, R.J.; Stegemann, J.A.; Shi, C.	Effect of Curing on Field-Solidified Waste Properties. Part 2: Chemical Properties	Elektrik ark ocağı tozu	Kireç Kalsiyum silikat	Kimyasal özellikler Sızma özellikleri	[181]
1999	Mangialardi, T.; Paolini, A.E.; Polettini, A.; Sirini, P.	Optimization of the Solidification/Stabilization Process of MSW Fly Ash in Cementitious Matrices	Katı atık yakma tesisi uçucu külleri	Portland çimento (ASTM Tip III)	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[182]
1999	Chang, J.E.; Lin, T.T.; Ko, M.S.; Liaw, D.S.	Stabilization/Solidification of Sludges Containing Heavy Metals by Using Cement and Waste Pozzolans	Ağır metal içerikli endüstriyel arıtma çamuru	Portland çimento, uçucu kül, cüruf, kireç	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[183]
1999	Dutr�, V.; Vandecasteele, C.; Opendakker, S.	Oxidation of Arsenic Bearing Fly Ash as Pretreatment Before Solidification	Arsenik içerikli uçucu kül	Kireç ve çimento (CEM II/A-M 32,5R)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ile ön stabilizasyon Sızma özellikleri	[184]
1999	Singh, M.; Garg, M.	Cementitious Binder from Fly Ash and Other Industrial Wastes	Uçucu kül	Çimento ve katkı maddeleri	Basınç dayanımı	[185]

Yıl	Yazar(lar)	Çalışma Başlığı	Atık/Kirletici	Bağlayıcı	Yöntem/Deney/Ölçüm	K.N.
2000	Chan, Y.M.; Agamuthu, P.; Mahalingam, R.	Solidification and Stabilization of Asbestos Waste From an Automobile Brake Manufacturing Facility Using Cement	Otomobil fren imalatı tesisi asbestli atığı	Çimento (OPC) ve aktif karbon	Basınç dayanımı Sızma testi (TCLP, ANS 16.1) Maliyet analizi	[186]
2000	Jang, A.; Kim, I.S.	Solidification and Stabilization of Pb, Zn, Cd and Cu in Tailing Wastes Using Cement and Fly Ash	Ağır metal içerikli atık	Çimento ve uçucu kül	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[187]
2000	Janusa, M.A.; Champagne, C.A.; Fanguy, J.C.; Heard, G.E.; Laine, P.L.; Landry, A.A.	Solidification/Stabilization of Lead with the Aid of Bagasse as an Additive to Portland Cement	Kurşun (Küspe)	Çimento	Sızma özellikleri (TCLP)	[188]
2000	Park, C.K.	Hydration and Solidification of Hazardous Wastes Containing Heavy Metals Using Modified Cementitious Materials	Ağır metal içerikli demir-çelik tesisi toz atığı	Özel çimentolar	Basınç dayanımı Sızma testi (TCLP) İç yapı incelemesi (XRD, SEM)	[189]
2000	Rha, C.Y.; Kang, S.K.; Kim, C.E.	Investigation of the Stability of Hardened Slag Paste for the Stabilization/Solidification of Wastes Containing Heavy Metal Ions	Ağır metal içerikli yüksek fırın cürufu ve uçucu kül	Portland çimento (OPC)	Basınç dayanımı İç yapı incelemesi (XRD, SEM) Sızma özellikleri	[190]
2000	Valls, S.; Vazquez, E.	Stabilisation and Solidification of Sewage Sludges with Portland Cement	Aritma çamuru	Portland çimento ve uçucu kül	Fiziksel özellikler İç yapı incelemesi (XRD)	[191]
2001	Asavapisit, S.; Nanthamontrya, W.; Polprasert, C.	Influence of Condensed Silica Fume on the Properties of Cement-Based Solidified Wastes	Yoğun silis dumanı (CSF)	Portland çimento (OPC)	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[192]
2001	Li, X.D.; Poon, C.S.; Sun, H.; Lo, I.M.C.; Kirk, D.W.	Heavy Metal Speciation and Leaching Behaviors in Cement Based Solidified/Stabilized waste Materials	Ağır metal içerikli devre baskı fabrikası çamuru	Portland çimento (OPC) ve pulverize uçucu kül (PFA)	Sızma özellikleri (TCLP)	[193]
2001	Pereira, C.F.; Rodríguez-Piñero, M.; Vale, J.	Solidification/Stabilization of Electric Arc Furnace Dust Using Coal Fly Ash: Analysis of the Stabilization Process	Ağır metal içerikli elektrik ark ocağı tozu	Portland çimento (OPC), uçucu kül ve fırın cürufu	Sızma özellikleri	[194]

Çizelge 3.1 Adı geçen çalışmalara ait özet bilgiler (devam)

Yıl	Yazar(lar)	Çalışma Başlığı	Atık/Kirletici	Bağlayıcı	Yöntem/Deney/Ölçüm	K.N.
2001	Polettini, A.; Pomia, R.; Sirini, P.; Testa, F.	Properties of Portland Cement-Stabilised MSWI Fly Ashes	Evsel katı atık yakma tesisi uçucu külleri	Portland çimento	Basınç dayanımı (UCS) Sızma özellikleri (ANC)	[195]
2001	Savvides, C.; Papadopoulos, A.; Haralambous, K.J.; Loizidou, M.	Cement-Based Stabilization/Solidification of Metal Plating Industry Sludge	Metal kaplama endüstrisi arıtma çamuru	Çimento Uçucu kül Zeolit	Basınç dayanımı Sızma özellikleri (TCLP)	[196]
2002	Cioffi, R.; Lavorgna, M.; Santoro, L.	Environmental and Technological Effectiveness of a Process for the Stabilization of a Galvanic Sludge	Galvanik endüstrisi atığı	Özel klinker	Hidratasyon incelemesi Basınç dayanımı İç yapı incelemesi Sızma özellikleri	[197]
2002	Collivignarelli, C.; Sorlini, S.	Reuse of Municipal Solid Wastes Incineration Fly Ashes in Concrete Mixtures	Katı atık yakma tesisi uçucu külü	Portland çimento	Basınç dayanımı	[198]
2002	De Angelis, G.; Medici, F.; Montereali, M.R.; Pietrelli, L.	Reuse of Residues Arising from Lead Batteries Recycle: A Feasibility Study	Kurşun cürufu	Çimento	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[199]
2002	Sloot, H.A.	Characterization of the Leaching Behaviour of Concrete Mortars and of Cement-Stabilized Wastes with Different Waste Loading for Long-Term Environmental Assessment	Katı atık yakma tesisi uçucu külü	Portland çimento	Sızma özellikleri	[200]
2002	Uçaroğlu, S.; Talınlı, İ.	Otomotiv Endüstrisi Zararlı Atıklarının Solidifikasyonu ve Geri Kazanımı	Metal çamuru Fosfat çamuru Endüstriyel arıtma çamuru	Portland çimento (PÇ 42,5)	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[201]
2002	Valls, S.; Vázquez, E.	Leaching Properties of Stabilised/Solidified Cement-Admixtures-Sewage Sludges Systems	Evsel arıtma çamuru Uçucu kül	Çimento	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[202]
2002	Vandecasteele, C.; Dutré, V.; Geysen, D.; Wauters, G.	Solidification/Stabilisation of Arsenic Bearing Fly Ash from the Metallurgical industry: Immobilisation Mechanism of Arsenic	Metal endüstrisi arsenikli uçucu külü	Kireç Çimento (CEM II/A-M 32,5R)	Sızma özellikleri	[203]

Yıl	Yazar(lar)	Çalışma Başlığı	Atık/Kirletici	Bağlayıcı	Yöntem/Deney/Ölçüm	K.N.
2002	Youcai, Z.; Lijie, S.; Guojian, L.	Chemical Stabilization of MSW Incinerator Fly Ashes	Katı atık yakma tesisi uçucu külü	Çimento Asfalt	Sızma özellikleri	[204]
2003	Filippini, P.; Poletti, A.; Pomi, R.; Sirini, P.	Physical and Mechanical Properties of Cement-Based Products Containing Incineration Bottom Ash	Katı atık ve tıbbi atık yakma tesisleri taban külleri	Portland çimento (OPC)	Basınç dayanımı İstatistik analiz	[205]
2003	Genazzini, C.; Zerbino, R.; Ronco, A.; Batic, O.; Giaccio, G.	Hospital Waste Ashes in Portland Cement Mortars	Tıbbi atık yakma tesisi külü	Portland çimento (Tip I ASTM)	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[206]
2003	Idachaba, M.A.; Nyavor, K.; Egiebor, N.O.	Microbial Stability Evaluation of Cement-based Waste Forms at Different Waste to Cement Ratio	Krom Mikroorganizma	Portland çimento (Tip I)	Sızma özellikleri	[207]
2003	Minocha, A.K.; Jain, N.; Verma, C.L.	Effect of Inorganic Materials on the Solidification of Heavy Metal Sludge	Ağır metal içerikli çamur	Portland çimento, uçucu kül ve kireç karışımları	Yığın yoğunluğu Basınç dayanımı	[208]
2003	Minocha, A.K.; Jain, N.; Verma, C.L.	Effect of Organic Materials on the Solidification of Heavy Metal Sludge	Ağır metal içerikli çamura eklenmiş yağ-gres, TCE, HCB, fenol	Portland çimento, uçucu kül ve kireç karışımları	Yığın yoğunluğu Basınç dayanımı	[209]
2004	Al-Mutairi, N.; Terro, M.; Al-Khaleefi, A.	Effect of Recycling Hospital Ash on the Compressive Properties of Concrete: Statistical Assessment and Predicting Model	Tıbbi atık yakma tesisi taban ve uçucu külü	Çimento ve mikrosilika karışımları	Basınç dayanımı Modelleme	[210]
2004	Bednarik, V.; Vondruska, M.; Sild, M.; Koutny, M.	Stabilization/Solidification of Wastewater Treatment Sludge	Aritma çamuru	Kül ve asfalt	Sızma özellikleri	[211]
2004	Bertolini, L.; Carsana, M.; Cassago, D.; Curzio, A.Q.; Collepardi, M.	MSWI Ashes as Mineral Additions in Concrete	Katı atık yakma tesisi taban ve uçucu külü	Portland çimento (CEM I 52,5R)	Basınç dayanımı	[212]
2004	Malviya, R.; Chaudhary, R.	Study of the Treatment Effectiveness of a Solidification/Stabilization Process for Waste Bearing Heavy Metals	Ağır metal içerikli arıtma çamuru	Çimento (OPC)	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[213]

Yıl	Yazar(lar)	Çalışma Başlığı	Atık/Kirletici	Bağlayıcı	Yöntem/Deney/Ölçüm	K.N.
2004	Mollah, M.Y.A.; Kesmez, M.; Cocke, D.L.	An X-Ray Diffraction (XRD) and Fourier Transform Infrared Spectroscopic (FT-IR) Investigation of the Long-Term Effect on the Solidification/Stabilization (S/S) of Arsenic(V) in Portland Cement Type-V	Arsenik(V)	Portland çimento (Tip V-OPC)	İç yapı incelemesi (XRD, FTIR)	[214]
2004	Pinto, C.A.; Hamassaki, L.T.; Valenzuela-Diaz, F.R.; Dweck, J.; Büchler, P.M.	Tannery Waste Solidification and Stabilization	Tabakhane atığı	Portland çimento (Tip II) Bentonit	İç yapı incelemesi (XRD) Basınç dayanımı Sızma özellikleri Termal analizler	[215]
2004	Tsakiridis, P.E.; Agatzini-Leonardou, S.; Oustadakis, P.	Red Mud Addition in the Raw Meal for the Production of Portland Cement Clinker	Kırmızı çamur	Portland çimento klinkeri	Basınç dayanımı İç yapı incelemesi (XRD)	[216]
2005	Asavapisit, S.; Naksrichum, S.; Harnwajanawong, N.	Strength, Leachability and Microstructure Characteristics of Cement-Based Solidified Plating Sludge	Elektrokaplama çamuru (Zn, Fe, Cr)	Portland çimento	Basınç dayanımı Sızma özellikleri (TCLP) İç yapı incelemesi (XRD, SEM)	[217]
2005	Fuoco, R.; Ceccarini, A.; Tassone, P.; Wei, Y.; Brongo, A.; Francesconi, S.	Innovative Stabilization/Solidification Processes of Fly Ash from an Incinerator Plant of Urban Solid Waste	Kentsel katı atık yakma tesisi uçucu külü (Pb, Cd, Cu, PAH, PCB, OCP)	Portland çimento	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[218]
2005	Genazzini, C.; Giaccio, G.; Ronco, A.; Zerbino, R.	Cement-Based Materials as Containment Systems for Ash from Hospital Waste Incineration	Hastane atığı yakma tesisi külü	Çimento	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[219]
2005	Pinarlı, V.; Karaca, G.; Salihoglu, G.; Salihoglu, N.K.	Stabilization and Solidification of Waste Phosphate Sludge Using Portland Cement and Fly Ash as Cement Substitute	Fosfat çamuru	Portland çimento Uçucu kül	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[220]
2005	Vondruska, M.; Koutny, M.	Stabilization/Solidification of Galvanic Sludges by Asphalt Emulsions	Galvanik çamuru	Asfalt emülsiyonlar	Sızma özellikleri Ekotoksisite testleri	[221]
2006	Jurič, B.; Hanžič, L.; Ilić, R.; Samec, N.	Utilization of Municipal Solid Waste Bottom Ash and Recycled Aggregate in Concrete	Katı atık yakma tesisi taban külü	Portland çimento (CEM I 42,5R)	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[222]

Yıl	Yazar(lar)	Çalışma Başlığı	Atık/Kirletici	Bağlayıcı	Yöntem/Deney/Ölçüm	K.N.
2006	Kalkan, E.	Utilization of Red Mud as a Stabilization Material for the Preparation of Clay Liners	Kırmızı çamur	Çimento Kil	Fiziksel özellikler Basınç dayanımı Geçirimsizlik	[223]
2006	Kim, Y.-J.; Qureshi, T.I.	Recycling of Calcium Fluoride Sludge as Additive in the Solidification-Stabilization of Fly Ash	Endüstriyel yakma tesisi uçucu külü	Portland çimento Beyaz portland çimento Kalsiyum hidroksit	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[224]
2006	Liu, H.; Zou, K.; Zhu, Y.	pH Effect on Stabilization/Solidification of Industrial Heavy Metal Sludge	Ağır metal içerikli endüstriyel açmur	Çimento Kireç	Sızma özellikleri	[225]
2006	Malviya, R.; Chaudhary, R.	Leaching Behavior and Immobilization of Heavy Metals in Solidified/Stabilized Products	Endüstriyel arıtma çamuru	Portland çimento (OPC)	Basınç dayanımı (UCS) Sızma özellikleri	[226]
2006	Shia, C.; Fernández-Jiménez, A.	Stabilization/Solidification of Hazardous and Radioactive Wastes with Alkali-Activated Cements	Tehlikeli ve radyoaktif atıklar	Alkali etkin çimentolar (yüksek fırın cürufu, uçucu kül vb.)	Sızma özellikleri İç yapı incelemesi (TEM)	[227]
2006	Singh, T.S.; Pant, K.K.	Solidification/Stabilization of Arsenic Containing Solid Wastes Using Portland Cement, Fly Ash and Polymeric Materials	Arsenik	Portland çimento (OPC) Uçucu kül (FA) Kalsiyum hidroksit Polisitren Polimetil metakrilat	İç yapı incelemesi (XRD, SEM) Sızma özellikleri	[228]
2006	Yin, C.-Y.; Mahmud, H.; Shaaban, G.	Stabilization/Solidification of Lead-Contaminated Soil Using Cement and Rice Husk Ash	Kurşun (ile kirlenmiş toprak)	Portland çimento (OPC) ve pirinç kabuğu külü	Basınç dayanımı Sızma özellikleri İç yapı incelemesi (XRD)	[229]
2007	Al-Ansary, M.S.; Al-Tabbaa, A.	Stabilisation/Solidification of Synthetic Petroleum Drill Cuttings	Sentetik maden artıkları	Portland çimento Kireç Yüksek fırın cürufu	Fiziksel ve kimyasal testler Basınç dayanımı Sızma özellikleri İç yapı incelemesi (SEM)	[230]
2007	Karamalidis, A.K.; Voudrias, E.A	Cement-Based Stabilization/Solidification of Oil Refinery Sludge: Leaching Behavior of Alkanes and PAHs	Yağ rafineri çamuru (Alkanlar ve PAHs)	Portland çimento	Sızma özellikleri	[231]

Çizelge 3.1 Adı geçen çalışmalara ait özet bilgiler (devam)



Yıl	Yazar(lar)	Çalışma Başlığı	Atık/Kirletici	Bağlayıcı	Yöntem/Deney/Ölçüm	K.N.
2007	Laforest, G.; Duchesne, J.	Investigation of Stabilization/Solidification for Treatment of Electric Arc Furnace Dust: Dynamic Leaching of Monolithic Specimens	Elektrik ark ocağı tozu (Cr, Ni, Pb, Zn)	Portland çimento (OPC)	Sızma özellikleri İç yapı incelemesi (SEM)	[232]
2007	Moon, D.H.; Dermatas D.	Arsenic and Lead Release from Fly Ash Stabilized/Solidified Soils under Modified Semi-Dynamic Leaching Conditions	Kirlenmiş toprak (As, Pb ile)	Uçucu kül	Sızma özellikleri	[233]
2007	Salihoglu, G.; Pinarli, V.; Salihoglu, N.K.; Karaca, G.	Properties of Steel Foundry Electric Arc Furnace Dust Solidified/Stabilized with Portland Cement	Çelik döküm elektrik ark ocağı tozu	Portland çimento	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[234]
2008	Karamalidis, A.K.; Psycharis, V.; Nicolis, I.; Pavlidou, E.; Bénazeth, S.; Voudrias, E.A.	Characterization of Stabilized/Solidified Refinery Oily Sludge and Incinerated Refinery Sludge with Cement Using XRD, SEM and EXAFS	Rafineri yağlı çamuru, Yanmış yağlı çamur	Portland çimento	İç yapı incelemesi (XRD, SEM, EXAFS)	[235]
2008	Giergiczny, Z.; Król, A.	Immobilization of Heavy Metals (Pb, Cu, Cr, Zn, Cd, Mn) in the Mineral Additions Containing Concrete Composites	Ağır metal içerikli tıbbi atık yakma tesisi uçucu külü ile metalürjik tozlar	Portland çimento (OPC)	Basınç dayanımı İç yapı incelemesi (XRD, SEM, EDS) Sızma özellikleri	[236]
2008	Katsioti, M.; Katsiotis, N.; Rouni, G.; Bakirtzis, D.; Loizidou, M.	The Effect of Bentonite/Cement Mortar for the Stabilization/Solidification of Sewage Sludge Containing Heavy Metals	Evsel arıtma çamuru Endüstriyel arıtma çamuru	Çimento ve bentonit karışımı	Basınç dayanımı Isıl analizler (TG, DTG, SDTA) Sızma özellikleri (TCLP) İç yapı incelemesi (SEM, XRD, FT-IR)	[237]
2008	Kurama, H.; Kaya, M.	Usage of Coal Combustion Bottom Ash in Concrete Mixture	Linyit taban külü	Portland çimento (CEM I 32,5R)	Mikroyapı incelemesi (SEM) Basınç dayanımı	[238]
2008	Yang, J.; Xiao, B.	Development of Unsintered Construction Materials from Red Mud Wastes Produced in the Sintering Alumina Process	Kırmızı çamur	Çimento, kireç, uçucu kül, alçı karışımları	Basınç dayanımı İç yapı incelemesi (XRD, SEM)	[239]

Yıl	Yazar(lar)	Çalışma Başlığı	Atık/Kirletici	Bağlayıcı	Yöntem/Deney/Ölçüm	K.N.
2009	Dayananda, H.S.; Lokesh, K.S.; Byrappa, K	Chemical Fixation of Electroplating Sludge and Microstructural Analysis of Stabilised Matrix Using Fly Ash and Cement	Ağır metal içerikli elektrokaplama çamuru	Çimento Uçucu kül	Basınç dayanımı İç yapı incelemesi (XRD, SEM, FTIR)	[240]
2009	Fongsatitkul, P.; Elefsiniotis, P.; Khuhasawan, N.; Jindal, R.	Use of Power Plant Ash to Remove and Solidify Heavy Metals from a Metal-finishing Wastewater	Taban ve uçucu kül Endüstriyel atıksu	Çimento	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[241]
2009	Lampris, C.; Stegemann, J.A.; Cheeseman, C.R.	Solidification/Stabilisation of Air Pollution Control Residues Using Portland Cement: Physical Properties and Chloride Leaching	Yakma tesisi hava kirliliği kontrol atıkları	Portland çimento (CEM I)	Fiziksel özelliklerin belirlenmesi Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[242]
2009	Liu, W.; Yang, J.; Xiao, B.	Application of Bayer Red Mud for Iron Recovery and Building Material Production from Alumosilicate Residues	Kırmızı çamur Alüminosilikat atığı	Sönmüş kireç	İç yapı incelemesi (XRD, XRF) Basınç dayanımı	[243]
2009	Mesci, B.; Çoruh, S.; Ergün, O.N.	Leaching Behaviour and Mechanical Properties of Copper Flotation Waste in Stabilized/Solidified Products	Bakır flotasyon atığı	Portland çimento	Basınç dayanımı Sızma özellikleri İç yapı incelemesi (SEM)	[244]
2009	Zhang, J.; Liu, J.; Li, C.; Jin, Y.; Nie, Y.; Li, J.	Comparison of the Fixation Effects of Heavy Metals by Cement Rotary Kiln Co-processing and Cement Based Solidification/Stabilization	Ağır metal	Çimento	Sıralı sızma testi	[245]
2010	Antemir, A.; Hills, C.D.; Carey, P.J.; Gardner, K.H.; Bates, E.R.; Crumby, A.K.	Long-Term Performance of Aged Waste Forms Treated by Stabilization/Solidification	Kirlenmiş toprak	Çimento	İç yapı incelemesi (XRD, XRF, SEM)	[246]
2010	Gineys, N.; Aouad, G.; Damidot, D.	Managing Trace Elements in Portland Cement – Part I: Interactions Between Cement Paste and Heavy Metals Added During Mixing as Soluble Salts	Ağır metaller	Portland çimento (CEM I)	Basınç dayanımı (UCS) İç yapı incelemesi (SEM, XRD) Sızma özellikleri	[247]

Yıl	Yazar(lar)	Çalışma Başlığı	Atık/Kirletici	Bağlayıcı	Yöntem/Deney/Ölçüm	K.N.
2010	Gollmann, M.A.C.; da Silva, M.M.; Masuero, Â.B.; dos Santos, J.H.Z.	Stabilization and Solidification of Pb in Cement Matrices	Kurşun	Portland çimento (OPC)	Basınç dayanımı İç yapı incelemesi (XRD, XRF) GF-AAS, TGA, DRIFTS	[248]
2010	Taha, R.A.; Mohamedzein, Y.E.-A.; Al-Rawas, A.A.; Al-Suleimani, Y.	Solidification of Tank Bottom Sludge	Yağ tankı dip çamuru	Portland çimento (OPC)	Basınç dayanımı Fiziksel özellikler İç yapı incelemesi Radyolojik inceleme Sızma özellikleri	[249]
2010	Voglar, G.E.; Leštan, D.	Solidification/Stabilisation of Metals Contaminated Industrial Soil from Former Zn Smelter in Celje, Slovenia, Using Cement as a Hydraulic Binder	Kirlenmiş toprak (Cd, Zn, Pb, Cu, Ni, As)	Portland çimento	Mekanik dayanım Sızma özellikleri İstatistik analiz	[250]
2011	Ande, S.; Berdanier, B.; Ramakrishnan, V.	Performance of Reactive Powder Concrete Containing Arsenic	Arsenikle karışmış toprak	Reaktif toz beton	Sızma özellikleri (TCLP) İstatistik analiz	[251]
2011	Choura, M.; Keskes, M.; Tayibi, H.; Rouis, J.	Investigation into the Artificial Ageing Effects on the Microstructure of an Industrial Solid Waste Treated with Cement	Metal hidroksit çamuru	Çimento	Mekanik dayanım İç yapı incelemesi (XRD, XRF, SEM)	[252]
2011	Kim, J-W.; Jung, M.C.	Solidification of Arsenic and Heavy Metal Containing Tailings Using Cement and Blast Furnace Slag	Ağır metal içerikli cevher atığı	Portland çimento (OPC)	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[253]
2011	Patil, R.A.; Zodape, S.P.	X-Ray Diffraction and SEM Investigation of Solidification/Stabilization of Nickel and Chromium Using Fly Ash	Metal çamuru (Ni, Cr)	Kireç ve Uçucu kül	İç yapı incelemesi (XRD, SEM)	[254]
2011	Voglar, G.E.; Leštan, D.	Efficiency Modeling of Solidification/Stabilization of Multi-Metal Contaminated Industrial Soil Using Cement and Additives	Metallerle kirlenmiş saha	Çimento ve katkı maddeleri karışımı	Basınç dayanımı Sızma özellikleri (TCLP) Modelleme İstatistik analiz	[255]

Yıl	Yazar(lar)	Çalışma Başlığı	Atık/Kirletici	Bağlayıcı	Yöntem/Deney/Ölçüm	K.N.
2012	Anastasiadou, K.; Christopoulos, K.; Mousios, E.; Gidakos, E.	Solidification/Stabilization of Fly and Bottom Ash from Medical Waste Incineration Facility	Tıbbi atık yakma tesisi taban ve uçucu külü	Portland çimento (OPC)	Basınç dayanımı İç yapı incelemesi (SEM) Sızma özellikleri	[256]
2012	Cubukcuoglu, B.; Ouki, S.K.	Solidification/Stabilisation of Electric Arc Furnace Waste Using Low Grade MgO	Ağır metal içerikli çelik elektrik ark ocağı atıklar	Portland çimento Düşük sınıf magnezyum oksit	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[257]
2012	Dell'Orso, M.; Mangialardi, T.; Paolini, A.E.; Piga, L.	Evaluation of the Leachability of Heavy Metals from Cement-Based Materials	Kurşun ve çinko (katı atık yakma tesisi uçucu külü)	Portland çimento (CEM I 52,5R)	Sızma özellikleri	[258]
2012	Lima, A.T.; Ottosen, L.M.; Ribeiro, A.B.	Assessing Fly Ash Treatment: Remediation and Stabilization of Heavy Metals	Uçucu kül (farklı kaynaklardan)	Çimento	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[259]
2012	Ucaroglu, S.; Talinli, I.	Recovery and Safer Disposal of Phosphate Coating Sludge by Solidification/Stabilization	Otomotiv fosfat kaplama çamuru	Portland çimento (PC)	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[260]
2012	Yigit Huncce, S.; Akgul, D.; Demir, G.; Mertoglu, B.	Solidification/Stabilization of Landfill Leachate Concentrate Using Different Aggregate Materials	Sızıntı suyu konsantresi	Çimento (Zeolit, kum ve çakıl ilaveli)	Sızma özellikleri	[261]
2013	Alsheyab, M.A.T.; Khedaywi, T.S.; Elayan, M.S.	Laboratory Study on Solidification/Stabilization of Unwanted Medications Using Asphalt as a Binder	Tıbbi atık	Asfalt çimentosu	Fiziksel özellikler	[262]
2013	Bayar, S.; Talınlı, İ.	Solidification/Stabilization of Hazardous Waste Sludge Obtained from a Chemical Industry	Ağır metal içerikli kimyasal çamur	Portland çimento (CEM I 42,5R)	Basınç dayanımı Sızma özellikleri	[263]
2013	Mellado, A.; Borrachero, M.V.; Soriano, L.; Payá, J.; Monzó, J.	Immobilization of Zn(II) in Portland Cement Pastes	Çinko	Portland çimento (CEM I 52,5R)	Basınç dayanımı Sızma özellikleri İç yapı incelemesi (XRD, SEM)	[264]

Yıl	Yazar(lar)	Çalışma Başlığı	Atık/Kirletici	Bağlayıcı	Yöntem/Deney/Ölçüm	K.N.
2013	Navarro-Blasco, I.; Duran, A.; Sirera, R.; Fernández, J.M.; Alvarez, J.I.	Solidification/Stabilization of Toxic Metals in Calcium Aluminate Cement Matrices	Kurşun, Çinko, Bakır	Kalsiyum aliminat çimentosu	İç yapı incelemesi (XRD, SEM, EDS)	[265]
2013	Song, F.; Gu, L.; Zhu, N.; Yuan, H.	Leaching Behavior of Heavy Metals from Sewage Sludge Solidified by Cement-Based Binders	Aritma çamuru	Çimento	Sızma özellikleri	[266]
2014	Guo, X.; Hu, W.; Shi, H.	Microstructure and Self-Solidification/Stabilization (S/S) of Heavy Metals of Nano-Modified CFA-MSWIFA Composite Geopolymers	Geopolimerler	Evsel katı atık yakma tesisi uçucu külü	Basınç dayanımı İç yapı incelemesi (XRD, FT-IR, SEM)	[267]
2014	Li, X.; He, C.; Bai, Y.; Ma, B.; Wang, G.; Tan, H.	Stabilization/Solidification on Chromium (III) Wastes by C <sub>3</sub> A and C <sub>3</sub> A Hydrated Matrix	Krom (III)	Trikalsiyum alüminat (C <sub>3</sub> A)	İç yapı incelemesi (XRD, SEM) Sızma özellikleri	[268]
2014	Montañés, M.T.; Sánchez-Tovar, R.; Roux, M.S.	The Effectiveness of the Stabilization/Solidification Process on the Leachability and Toxicity of the Tannery Sludge Chromium	Krom kaplama endüstrisi arıtma çamuru	Çimento	Sızma özellikleri, İstatistiksel analiz	[269]
2014	Quina, M.J.; Bordado, J.C.M.; Quinta-Ferreira, R.M.	Stabilisation/Solidification of APC Residues from MSW Incineration with Hydraulic Binders and Chemical Additives	Evsel katı atık yakma tesisi hava kirliliği kontrol eldesi (Pb, Cd,Zn,Cr,Ni,Cu,Hg )	Çimento	Fiziksel özellikler Mekanik dayanıklılık Sızma özellikleri	[270]
2014	Wang, F.; Wang, H.; Al-Tabbaa, A.	Leachability and Heavy Metal Speciation of 17-Year Old Stabilised/Solidified Contaminated Site Soils	Ağır metal ile kirlenmiş toprak	Çimento	Sızma özellikleri (TCLP) İç yapı incelemesi (XRD, SEM)	[271]
2015	Rozumová, L.; Motyka, O.; Cabanová, K.; Seidlerová, J.	Stabilization of Waste Bottom Ash Generated from Hazardous Waste Incinerators	Tıbbi atık yakma tesisi külü	Çimento	İç yapı incelemesi Sızma özellikleri	[272]
2015	Wang, L.; Tsang, D.C.W.; Poon, C.S.	Green Remediation and Recycling of Contaminated Sediment by Waste-Incorporated Stabilization/Solidification	Ağır metal içerikli sediment	Çimento (OPC)	Mekanik dayanım (UCS) İç yapı incelemesi Sızma özellikleri (TCLP)	[273]

Al-Mutairi N. *vd.* [210] tarafından yapılan çalışmada, tıbbi atıkların yakılması sonucu oluşan taban külünün ve uçucu külün beton yapımında kullanılabilirliği incelenmiştir. Çalışmada, uçucu kül ve taban külü, beton yapımında kullanılan çimentonun %5, %10, %15, %20 ve %25'i oranlarında karıştırılmıştır. Elde edilen beton örnekleri 21 °C sıcaklıkta ve %95 oranında nispi nemin olduğu kür havuzlarında 28 gün bekletildikten sonra dayanım testlerine tabi tutulmuşlardır. Çalışma sonucunda, uçucu külün %5 oranındaki karışımı ile elde edilen betonun en yüksek dayanıma sahip olduğu belirlenmiş ve taban külü ile yapılan beton örneklerinin dayanımının oldukça düşük olduğu belirlenmiştir.

Andrés A. ve Irabien J.A. [161], işlem değişkenlerinin etkilerini (karıştırma zamanı, atık/bağlayıcı oranı ve su/katı oranı) inceleyerek, çelik döküm kumlarına K/K işlemini uygulamışlardır. K/K işleminin sonrasında elde edilen katılaşmış ürünün sızıntısında biyotoksitesite, Cr, Cd, Pb ve Zn konsantrasyonları kontrol edilip, bu miktarların temelde metal hidroksit çözeltilerinin bir fonksiyonu olarak atık/bağlayıcı oranına bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu çalışma ile çelik döküm atık kumları için K/K işleminin uygun olduğu kanıtlanmıştır.

Andrés A. *vd.* [173], bağlayıcı olarak endüstriyel bir yan ürün olan anhidrit ( $\text{CaSO}_4$ ) kullanarak ağır metal çamurlarına K/K işleminin uygulanması. Bu çalışmada bağlayıcı/atık oranı,  $\text{CaSO}_4$ 'ün partikül büyüklüğü, Cd, Cr ve Pb içeren sentetik çamurun K/K prosesindeki su miktarı gibi değişkenlerin etkisi incelenerek, TCLP yöntemiyle katılaşmış materyalin sızma davranışları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, K/K işleminde bağlayıcı olarak anhidrit kullanılmasının mümkün olduğu, bu yöntemle sızan ağır metal konsantrasyonlarında önemli bir azalma olduğu ve bu işlem ile arazide depolama kriterlerinin sağlandığı görülmüştür.

Bertolini L. *vd.* [212] tarafından yapılan çalışmada Kuzey İtalya'da uçucu kül, katı atık dip külü kullanılmıştır. Kontrol numunesi olarak Portland çimento tipi CEM I 52.5R kullanılarak, Avrupa standardı EN 197-1'e göre su/çimento oranı 0,50 ve maksimum agrega boyutu 14 mm alınarak kütlece %30'luk yerleştirilmiştir. Bazı karışımlarda Acrylic tipi akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Küllerin, çimentonun ve diğer katkıların kimyasal analizleri ICP ve XRD analizleri ile yapılmıştır. Taze betonda çökme deneyleri uygulanmıştır. Basınç dayanımları 100 mm küp numunelerle değişik zamanlarda belirlenmiştir. Yapılan denemeler sonucunda %30 katı atık dip külünün 28 günlük basınç dayanımı kontrol numunesi yakın ve uçucu külden yüksek çıkmıştır.

Chan Y.M. *vd.* [186], yaptıkları bir çalışmada otomobil fren fabrikası faaliyetlerinden kaynaklanan asbest içeren fren astarlama atık tozlarının K/K işlemleriyle bertarafını incelemişlerdir. K/K işleminde bağlayıcı malzeme olarak tek başına portland çimentosu ve portland çimentosu ile aktif karbon karışımını kullanmışlardır. Bu yöntem ile Ba, Zn, Cr, Pb, Cu ve Fe ağır metallerinin ne kadarının hazırlanan katı materyal içinde tutulduğu TCLP yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Burada USEPA tarafından belirlenen limit değerler göz önünde tutulmuştur. Bu çalışma sonucunda, çimentoya aktif karbon eklenmesiyle, çimentonun tek başına kullanılmasına göre metal sızmasında ilave olarak %3-24 bir azalma olduğu görülmüştür. Ayrıca yapılan TCLP deneyleri çimento tek başına kullanıldığında en yüksek sızıntı oranının Ba'da daha sonrasında sırasıyla Zn, Pb, Cr, Cu ve Fe'de olduğunu, çimentonun aktif karbon ile karıştırıldığında da benzer sızma özelliklerinin sergilendiğini, bununla beraber daha düşük sızma oranları elde edildiğini göstermiştir. Çimento esaslı K/K işleminde atık miktarı %40'dan %70'e çıkarıldığında numunelerin katılaşp belli bir dayanıma ulaşmasının 30 saatten 96 saate ulaştığı belirlenmiştir. Katılaştırılmış materyallerde basınç dayanımlarının spesifik bir değer olan 414 kPa (4,14 kgf/cm<sup>2</sup>) değerinin üzerinde olan 1-12 Mpa (10-120 kgf/cm<sup>2</sup>) değerlerine ulaştığı görülmüştür. Bu çalışma sonucunda yapılan ekonomik analiz ile bu atıkların düzenli depolama ile uzaklaştırılmasında çıkan maliyete göre, çimento ile K/K işlemi uygulanmasıyla maliyette %40,3; aktif karbon ile birlikte çimento kullanılması durumunda maliyette %43,8 ilave bir artış olduğu gösterilmiştir. Bu durumda, fren atık tozları içinde bulunan ağır metallerin K/K işlemi ile tutulmasının etkili olduğu, ancak maliyetler göz önünde bulundurulduğunda, yeni yönetmelik ihtiyaçlarının yürürlüğe girmediği sürece bu yöntemin ticari adaptasyonunun engellenebileceği sonucuna varılmıştır.

Chang J.E. *vd.* [183], bağlayıcı olarak çimento, uçucu kül, cüruf ve kabuklu kireç kullanarak optimum bir K/K işlemi dizaynını değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada katılaşmış ürünün basınç dayanımı ve sızıntı suyundaki metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Sonuç olarak optimum karışımın %14 cüruf, %55 uçucu kül, %14 kabuklu kireç ve %17 çimento içerdiği ve bu optimum karışımın elektro kaplama ve tabakhane atık çamurlarına sadece sızmanın azalması hususunda etkili olduğu görülmüştür. Hem kabul edilebilir bir basınç dayanımı hem de sızmada azalma sağlanması için çimentonun arttırılması ve su/çimento oranının azalması gerekmektedir.

Ayrıca uygun şekilde karıştırılan puzolanik malzemelerin de katılaştırılmasında bağlayıcılık görevi gördüğü sonucuna varılmıştır.

Cioffi R. *vd.* [197] tarafından, %10,05 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1,50 NiO ve %0,06 CdO içeren ve flokülanttan kaynaklanan %75,58 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bulduran galvanik çamur, kalsiyum silikat ve sülföalüminat bağlayıcılar ile bağlanmış ve Cd, Cr ve Ni'in sızma durumları incelenmiştir. %60 atık oranına kadar hidratasyon durumunda bir değişiklik olmamıştır. Kadmiyumun fiziksel ve kimyasal olarak iyi bağlandığı, Cr ve Ni'in tutulmasında ise kimyasal tepkimelerin etken olduğu ve bu malzemelerde çimento ile olan başarı kadar başarı sağlanabildiği belirlenmiştir.

Claudio J.R. [158], dokuz ay boyunca elektro kaplama atıksuyu arıtma çamurlarının çimento ile kararlılaştırılması konusunda laboratuvar çalışması yapmıştır. Bu çalışma kapsamında, Portland çimentosu, puzolan çimento ve sıcak fırın çimentosu olmak üzere üç tip çimento kullanılmıştır. Çalışmalar; elektrokaplama endüstrisi atıksu arıtma çamurunun karakterizasyonu ve çamur-çimento karışımlarının belirlenmesi, farklı su/çimento oranı için çamur-çimento karışımlarının hazırlanması, karışımların kıvamının ölçülmesi, katılmış örneğin basınç dayanımının ve sızıntı kalitesinin belirlenmesi, çamur-çimento karışımındaki analitik belirlemeler, suda çözünebilirlik testinin uygulanması, numune ile muamele edilen suda siyanür ve ağır metallerin analitik olarak belirlenmesi basamaklarından oluşmuştur. Sonuçta, elektrokaplama atıksu arıtma çamurlarında büyük konsantrasyonlarda bulunan Cr, Ni, Cu veya Zn gibi metallerin ve Cd, Hg, Pb gibi zehirli metal iyonlarının sabitlenmesi için çimento katılaştırmasının etkili bir teknoloji olduğunu göstermiştir. Sızıntı suyunda Al<sup>3+</sup> dışındaki diğer metal iyonlarının içme suyu standartları altında kaldığı görülmüştür. Ayrıca çamur-çimento karışımı ile hazırlanan numunelerin 90 gün sonraki basınç dayanımları beton yapısına benzer bir performans göstermektedir.

De Angelis G. *vd.* [199] tarafından, araçlarda kullanılan kurşun akülerin geri kazanılması sırasında ağırlıklı olarak demir (%40,8) ve kurşundan (%16,7) oluşmak üzere ayrıca Cu (%1,2) ve diğer metalleri içeren cüruftan İtalya genelinde yılda 33 bin ton atılmak zorunda olduğu belirtilmiş ve katılaştırma çalışmaları yapılmaya çalışılmış ve kurşunun hidratasyonu geciktirme etkisiyle karşılaşılmış ve ilerletilmiş çalışmalara ihtiyaç olduğu ifade edilmiştir.

Diet J.N. *vd.* [174], krom ve/veya çinko hidroksit çamurlarını farklı oranlarda Portland çimento ile karıştırılarak, çimento hidratasyon işlemi üzerine atığın sebep olduğu



makroskopik etkilerini değerlendirmişlerdir. Başlangıç sabitleme zamanı, hidrasyon esnasındaki ısı üretimi, sızma karakteristikleri ve numunelerin mikro yapısını farklı teknikler kullanarak araştırmışlardır. Bu araştırmada, katı hidrasyon fazının çökmesi sebebiyle, çinko hidroksit çamurlarının birkaç dakika sonra hidrasyonu durdurduğu görülmüştür. Çamur/çimento oranının 2-3/1 oranının altında kalması, krom hidroksit çamurlarının çimento hidrasyonunu hızlandırdığı ve daha yüksek oranlarda sızıntıdaki pH'nın artmasıyla krom oksidasyonu azalarak, hidrasyonun engellendiği görülmüştür. Ayrıca çamurdaki kromat iyonlarının varlığı ile ilişkili olarak bazı mikro yapısal değişiklikler tespit edilmiştir.

Dutré V. ve Vandecasteele C. [163], yaptıkları çalışmada, bir metalürji işleminin bakır rafine işlemlerinden kaynaklanan büyük miktarlarda (%42) arsenik içeren bir endüstriyel atığın uygun bir arıtma yöntemi olan K/K işlemi ile arıtılmasını incelemişlerdir. K/K işlemi uygulanan atıktan arseniğin sızmasında oluşan azalma üzerinde durularak ve bu işlemde kullanılan tüm katkıların (atık asit, sıcak fırın cürufu, sönmüş kireç, çimento) etkileri ölçülerek sistem optimize edilmiştir. Bu optimizasyon ile K/K işlemi oldukça basitleştirilmiştir. Bu çalışmada, atığa kireç ilavesinin, çözünmeye karşı dayanıklı olan kalsiyum-arsenik bileşenlerini oluşturması ile sızıntıdaki arsenik konsantrasyonunun azalmasında çok önemli bir faktör olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca alüminyum ve baryum tuzlarının ilavesi ile diğer zor çözünebilir bileşenlerin oluşumu sayesinde sızıntıdaki arsenik konsantrasyonunun azaltılması üzerinde durulmuştur. Çimento veya diğer puzolanik malzemelerin kullanımının da katı yapı oluşumunda uzun dönem sızma özelliklerinde çok önemli rol oynadığı vurgulanmıştır.

Dutré V. ve Vandecasteele C. [164], yaptıkları çalışmada,  $As_3O_3$  olarak büyük miktarda arsenik içeren endüstriyel atığa K/K işlemini uygulamışlardır. Bu işlem ile atığa çimento, kireç ve fırın cürufu eklenerek arıtılmıştır. K/K işlemini optimize etmek için bu bağlayıcı malzemeler farklı miktarlarda ve kombinasyonlarda eklenerek 10 farklı karışım hazırlanmıştır. Hazırlanan katılaştırılmış numunelere DIN 38414 ekstraksiyon testi ve yarı-dinamik sızıntı testi uygulanarak, sızan arsenik miktarları belirlenmiştir. Burada, kirleticilerin (As, Sb, Pb) katılmış örneklerden uzun vadedeki sızma özelliği hakkında kantitatif bilgi edinmek üzere yarı-dinamik sızıntı testleri uygulanmıştır. Çalışmanın sonucu sızıntı suyundaki arsenik konsantrasyonunun pH'a ve az çözünebilir  $CaHAsO_3$  formundaki Ca konsantrasyonuna bağlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca,

serbest hâle geçen kümülatif fraksiyonlar ile sızma süresinin karekökü arasında lineer bir ilişki olduğu gözlenmiştir ve bu durumda serbest hâle geçme mekanizmasının difüzyon olduğu sonucuna varılmıştır. Örneklerde incelenen tüm elementlerin hareketliliğinin düşük olduğu, bu bağlamda Ca en yüksek hareketliliğe sahipken, bunu As ve Sb'nin izlemekte olduğu ve Pb'un ise en düşük hareketliliğe sahip olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, K/K örneklerindeki kalsiyum miktarının arttırılmasıyla sızan arseniğin azaldığı ve dolayısıyla çimentoya nazaran kireç eklenmesinin daha etkili olduğu izlenimleri elde edilmiştir.

Dutr  V. vd. [184], tarafından yapılan bir çalışmada, uçucu küllerin içerdiği yüksek miktardaki Arsenik ( $As_2O_3$ ) problemini azaltmak amacı ile K/K tekniği kullanılmıştır. Katılaştırma için ana madde olarak portland imentosu (CEM II/A-M 32, SR) kullanılmıştır. Kullanılan imentonun daha verimli bir şekilde Arseniği gidermek amacı ile ön arıtım olarak Arseniği %30'luk  $H_2O_2$  ile bazik ortamda (tepkimenin daha hızlı gerçekleşmesi için) okside ederek As(III)'  As(V)'e yükseltgeyerek aynı zamanda toksik olan As(III)' n ortamdan giderilmesini de sağlamıştır.

Fillipponi P. vd. [205] tarafından yapılmış olan çalışmada, İtalya'da tıbbi atıkların yakılması sonucu oluşan küllerin kimyasal özelliklerinin inşaat yapı malzemesi olarak kullanıma uygun olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, %10 ilâ %80 arasında farklı karışım oranları ve farklı su dozajlarında hazırlanan numunelere 1, 3, 7, 28, 56 ve 90 günlük k r süreleri uygulanmıştır. Bu numunelerin priz zamanı, yoğunluğu ve basınç dayanımları farklı k r süreleri için bulunmuştur. Bulunan deneysel sonuçlara göre istatiksels analiz yapılmıştır. Sonuç olarak basınç dayanımının su dozajı ve atık miktarının ile doğru orantılı olduğunu ifade etmişlerdir.

Genazzini C. vd. [206] tarafından yapılan çalışmada hastane atıklarının külünün portland imentosu bazlı materyallerde değerlendirilebilirliği araştırılmıştır. Çalışmada öncelikle kullanılan kül 2 mm'lik elekten elenmiş ve daha sonra fiziksel (spesifik yüzey alanı, su içeriği, oturma zamanı, genleşme) ve kimyasal  zellikleri ( $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $SO_3$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ , çözünmeyen kalıntı, yanma kaybı) belirlenmiştir. %0-%100 arası k l içeren karışımlarda ısı iletkenliği ve priz zamanı belirlenmiştir. Harçlar imentonun %50'sine kadar k l içerecek şekilde hazırlanmıştır. Priz zamanı, sıcaklık değişimi, eğme ve basınç dayanımı, su absorpsiyonu, yoğunluk ve sızma özellikleri analiz edilmiştir. Sonuçlar bu tip küllerin bertarafı için, Portland imentosu kullanılarak katılaştırmanın iyi bir bertaraf alternatif olabileceğini göstermiştir.

Genazzini C. vd. [219] tarafından yapılan bir diğer çalışmada, tıbbi atık yakma tesisi külünün %10, %25 ve %50 oranlarındaki karışımlarıyla hazırlanan numunelerle, bu külün kullanılmasının betonun fizikomekanik özelliklerini ne şekilde etkilediği ve bu yöntemin metallerin tutulmasında ne derece etkili olduğu araştırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler, incelenen karışım oranlarında tıbbi atık yakma tesisi külünün beton üretimi için uygun olduğu, bu oranlar kullanılarak üretilen betonların dayanımının istenilen sınır değerleri sağladığı sonucunu ortaya koymuş ve yapılan sızma testleri bu yöntemin uygulanması sonucu ağır metallerin katı kütlesinde tutulabildiğini göstermiştir.

Glasser F.P. [168], yaptığı bir çalışmada çimento esaslı K/K işleminin temel yönlerini incelemiştir. Bu incelemede, çimento matriksli malzemelerin bağlayıcı olmak için kendi formülasyonlarını oldukça değiştirdiklerini ve ayrıca cüruf, uçucu kül ve benzer katkı maddelerinin çimentoya eklenmesinin ekonomik olduğu ve teknik avantajlar sağladığını vurgulanmıştır. Ayrıca, atık türlerinin çimento bileşenleri ile tepkimeye girerek çözünemeyen maddelerin oluşumu ile kimyasal bir kontrol sağlandığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda çimento ile katılaştırılan bileşiklerin çevreye atıldığı zaman bazı kimyasal değişikliklere uğramış olduğu ve bu malzemelerin gelecekte nasıl bir özellik gösterdiği konusunun araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Grilc V. ve Petkovsek A. [169], uçucu kül, portland çimentosu, bunların karışımları ve sönmüş kireç gibi farklı mineral katılaştırıcı maddeler ile bor içeren mineral çamurların kararlılaştırılması üzerine bir araştırma geliştirmişlerdir. Alkali çamur (pH=10=), %1 civarında çözünmüş sodyum borat içermektedir. Bu çalışmada, karışımdaki uçucu kül miktarı en az çamur miktarı kadar olduğunda, katılaştırma işleminden sonra sızıntıdaki bor miktarının 40-50 faktör düştüğü görülmüştür. Katılmış karışımların fiziksel bir bütünlüğe sahip olması ve hidrolik geçirimsizliğinin sağlanması depo sahasının güvenliği açısından önemlidir. Bu durumun daha az portland çimentosu ilavesiyle (çamur ağırlığının %10'u kadar) sağlanabildiği ancak kireç ilavesinin çamur üzerine çok küçük kararlılaştırma etkisi gösterdiği tespit edilmiştir. Ham nemli çamurun 1 kg'ı başına 0,1-0,15 kg çimento kullanılarak tatmin edici fiziksel bir bütünlük sağlanarak, düşük geçirimsizlik ve sızdırmazlık elde edilmiştir. Uçucu külün daha az etkili olduğu ve çamur ağırlığının 2-3 kat fazla miktarda uçucu küle ihtiyaç olduğu görülmüştür. Bu durum, depo sahasına gidecek olan atık miktarını da arttıracaktır. Bu çalışma sonucunda depo sahasında yapılan deney sonuçlarının laboratuvarında elde edilen deney sonuçlarına

yakın olduğu görülmüştür. Bu yöntem ile elde edilen kararlı malzemenin Slovenya’da yeni yapılan düzenli depo sahalarının tabanında kullanıldığı belirtilmiştir.

Idachaba M.A. *vd.* [207] tarafından çimentonun hidrasyonuna girişim yapan krom metalinin etkisi, %4,7 ila %8,7 oranında krom nitrat karıştırılmak suretiyle ortamda bulunan T.thiooxidans’ın ve Cr, Ca, Mg ve Al gibi metallerin izlenmesi ile araştırılmıştır. Cr oranındaki artışla katılaştırmanın önemli oranda azaldığı ve buna karşılık mikroorganizma kararlılığında düşme olmadığı sonucuna varılmıştır.

Jang A. ve Kim I.S. [187], yaptıkları bir çalışmada, maden atıklarının ve uçucu külün elementel kompozisyonunun belirlenmesi için üç tip asidik çözelti (0,1 N HCl, HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub> ve HNO<sub>3</sub>-HCl) uygulamışlardır. Ayrıca, kimyasal fraksiyonların belirlenmesi için bir ardışık ekstraksiyon prosedürü gerçekleştirilmiştir. Katılaşmış ve kararlı hâle gelmiş materyal için uygun çimento, atık ve uçucu kül oranının tespit edilmesi amacıyla 3, 7 ve 28. günlerde basınç dayanımı ölçümleri yapılmıştır. En yüksek dayanımın elde edildiği karışım oranı %85 çimento, %5 maden atıkları ve %10 uçucu kül şeklindedir. Maden atıklarının ve uçucu külün fizikokimyasal özelliklerinin, hava şartlarına ve ayrıca kimyasal tepkimelere karşı dayanıklı olan çevresel nötr bileşiklerin oluşumuna karşı etkili olduğu gözlenmiştir. Özellikle Cd ve Cr’un diğer elementlere göre değişebilir formlarda daha yüksek bir fraksiyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, K/K işleminde hazırlanan numunelerin daha uzun süreler nem odasında bekletilmeleri durumunda ağır metal sızma miktarının azaldığı görülmüştür.

Janusa M.A. *vd.* [188], ağır metal olarak ağırlıkça %10 ve %15’lik kurşun nitrat kullanarak bu atığın yaygın bir yöntem olan K/K işlemi ile en ekonomik ve en etkili bir biçimde arıtımı üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada atık/çimento karışımına şeker kamışı posası katkı olarak ilave edilmiştir. Hazırlanan karışımlar, 24 °C’de 7, 14 ve 28 gün nem odasında bekletilmiştir. Katkı ilave edilerek hazırlanan katılaştırılmış numunelere TCLP testi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda hazırlanan tüm numunelerde ekstraksiyondaki kurşun konsantrasyonunun yaklaşık 0,5 mg/L olduğu bulunmuştur. Bu numunelerin katkı içermediği durumda ekstraktaki kurşun konsantrasyonlarının %10’luk kurşun içeren numunelerde 5 mg/L, %15’lik kurşun içeren numuneler için 45 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar da, kurşunun K/K işlemi ile arıtımında çimentoya şeker kamışı posası ilave edilmesinin etkili olduğunu göstermiştir.

Kalkan E. [223] tarafından yapılmış olan çalışmada, kırmızı çamurun geçirimsiz zemin oluşturulması amacıyla kullanılabilirliği değerlendirilmiş ve çalışma sonucunda, kırmızı

çamur ilavesinin basınç dayanımını arttırdığı görülmüştür. Kırmızı çamurun artan karışım oranlarının, üretilen malzemenin boşluk hacmini düşürdüğü bunun sonucunda da malzemenin dayanımını arttırdığı tespit edilmiştir.

Kurama H. ve Kaya M. [238] tarafından yapılan çalışmada, linyit dip külü Türkiye Tunçbilek termik santralinden alınmıştır. Numuneler %5, 10, 15 ve 25 katkı olarak hazırlanmıştır. CEM I 32,5R tipinde çimento kullanılmıştır. 40x40x160 mm boyutunda prizmatik kalıplar hazırlanmıştır Bu kalıpların 7, 28 ve 56 gün sonundaki basınç dayanımlarına bakılmıştır. Çalışma sonucunda yapılan deneylerde en belirgin artış standart numuneye göre %10'luk katkı maddeli çimentoda gözlenmiştir.

Li X.D. *vd.* [193], elektrik panolarının işlendiği proses atıksularından kaynaklanan ve yüksek miktarda bakır, çinko ve kurşun ihtiva eden atık çamuru adı portland çimentosuyla katılaştırıp atığı bertaraf etmeye çalışmışlardır. Bir dizi ardışık ekstraksiyon işlemleri neticesinde ağır metallerin kimyasal özelliklerini ve sızma hareketlerini belirlemeye çalışmışlardır. Sızdırma deneysel işlemlerinde bu metallerin eğilimi, ortamdaki alkali yapı ile ortamın asit tamponlama kapasitesine bağlı olduğu ortaya çıkmıştır. Sızdırma esnasında ortamın pH'sının düşmesi ile eluata geçen ağır metal konsantrasyonunda bir artış olduğu saptanmıştır.

Liu W. *vd.* [243] tarafından yapılan çalışmada, kırmızı çamurun ve içerdiği demirin tekrar kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla öncelikle çamurun içerdiği demir manyetik ayırma prosesiyle ortamdaki uzaklaştırıldıktan sonra kalan çamurun inşaat yapı malzemesi olarak dayanımının yüksek olduğu ve bu amaçla kullanılabilir olduğu belirtilmiştir.

Lombardi F. *vd.* [178], yüksek oranda klorür, sülfat ve alkali metal içeren ve buna karşılık düşük oranda Si, Al ve Fe içeren tıbbi atık yakma tesisi hava kirliliği kontrol ekipmanlarında oluşan uçucu külleri, çimento ile 0,25 ila 1,5 arasında değişen oranlarda karıştırılarak katılaştırılmış ve sızma testleri uygulanmıştır. Uçucu kül içinde mg/kg olarak; 964 Pb, 173 Cu, 109 Cr, 85 Cd, 45 Co, 18 Sn, 10 As ve 6 Sb bulunduğu belirlenmiştir. Ca içeriği ise %60 olarak kaydedilmiştir. 1,1 ila 73 µm arasında yapılan uçucu kül boyu analizinde %99,73'ü 73 µm'den geçmiştir. Standart sızma testleri ile ağır metallerin kuvvetli biçimde bağlandığı ortaya koyulmuştur.

Massardier V. *vd.* [171], AB'nin katı atık depolama tesislerine evsel katı atık yakma tesisi hava kirliliği kontrol ekipmanlarında biriken tozlu maddelerde zehirli maddelerin bulunduğu gerekçesiyle alınmaması ile ilgili gelişme üzerine AYPE, PS ve PVC gibi

polimerler, çimento ve kum agrega ile karıştırılarak katılaştırılmışlardır. Yakma tesisi uçucu külünde mg/kg olarak; 0,65 As, 20.800 Al, 135.700 Ca, 5.900 Zn, 100 Cd, 2.100 Pb ve 1.500 Cr bulunduğu belirlenmiştir. Özellikle asidik yapıya sahip olabilen zararlı atıkların katılaştırmasında sızmayı önlemede önemli bir katkı sağlanacağı sonucu üzerinde durulmuştur. Bu amaçla taze polimer peletleri yalnız başına veya bir karışım hâlinde çimento içinde kullanılmıştır. Sodyum ve diğer metallerin sızmasını geciktirmede elde edilen başarının en az 3 kat olduğu belirlenmiştir.

Minocha A.K. *vd.* [209], sentetik olarak hazırlanmış Cr, Ni, Cd ve Hg nitratlarını içeren ağır metal çamurunu kararlılaştırmak için portland çimentosu, çimento-uçucu kül ve kireç-uçucu kül bağlayıcıları kullanmışlardır. Çamur bağlayıcı oranları sırasıyla 3,33, 1,43 ve 1,25 alınmıştır. Katılaştırma üzerine yağ, gres, heksaklorobenzen, trikloroetilen ve fenolün etkisi araştırılmış. Dökülen numuneler 28 gün oda sıcaklığında dinlendirilmiş, yağ, gres ve fenolün numunelerin mukavemeti üzerinde önemli düşüş tespit edilmiş ve buna karşılık HCB ve TCE'nin önemsiz olumsuzluğu olduğu belirlenmiştir.

Park C.K. [189], yapmış olduğu çalışmada ağır metal içeren zararlı atıkların katılaştırma ve kararlılaştırmasını araştırmak için üç farklı katılaştırma materyali kullanmıştır. Bu materyaller, Portland çimento (OPC), klinker fırın tozu (CKD) değiştirilmiş OPC ve CKD ile hızlı katılaştırmayı sağlayan bir madde (QSA) içeren OPC'sudur. Bu araştırmada, kullanılan CKD'undaki yüksek alkaliler katılma ve çimentonun hidratasyonunu hızlandırıcı ve QSC ise hızlı katılaştırıcı ve çimentonun basınç dayanımını artırıcı etki yapmaktadır. Çelik endüstrisindeki ağır metaller K/K işlemi uygulandığında, yüksek alkali CKD tozu içeren modifiye çimento ile atık formundan sızan ağır metalin azaldığı ve atık formunun basınç dayanımının arttığı gözlenmiştir. CKD ve QSA içeren çimento ile K/K işlemi uygulandığında da sızıntıdaki ağır metal miktarının çok az olduğu, hidrat oluşumunun çok fazla olması sebebiyle yüksek basınç dayanımının elde edildiği tespit edilmiş ve çok ağır metal içeren zararlı atıkların kararlılaştırılmasında en etkili yöntemin bu olduğu sonucuna varılmıştır.

Pera J. *vd.* [172], yaptıkları literatür araştırması sonucunda, atık-bağlayıcı girişimleri üzerine verilere tam olarak ulaşamadığı ve bunun bir gereksinim olduğunu belirtmişlerdir. K/K mekanizmaları ile tutunma için bağlayıcıların formülleri üzerine yapılan araştırmalar sonucunda bazı bağıntılar bulunduğu vurgulanmıştır. Bu sebeple paralel olarak bu iki olayın birlikte yapılabilmesine izin veren iki katlı bir program geliştirmişlerdir. Bu programda her bağlayıcı tipi için ağır metallerin K/K'sında yer alan

mekanizmaların anlaşılması ve ağır metallerin sabitlenmesi için bağlayıcı kapasitesi oranlarının anlaşılması olmak üzere iki hedef yer almıştır. Deneysel yöntem iki konuya dayandırılmıştır: 1) iletkenlik ölçer, iyon kromatografisi, kolorimetre vb. yöntemler vasıtasıyla ortamda çözünemeyen bileşenlerin incelenmesi, 2) sızıntı testleri ve mikro yapısal özelliklerin belirlenmesi için saf bağlayıcıların çalışılması. Bu çalışmada, %100 Portland çimento (OPC), %80 OPC / %20 uçucu kül (FA), %80 OPC / %20 metakaolin, %80 granüle sıcak fırın cürufu (GGBFS) / %20 OPC, %50 OPC / %25 GGBFS / %25 FA ve %75 GGBFS / %25 OPC (ultra ince çimento) olmak üzere 6 farklı bağlayıcı araştırılmıştır. Çalışma, K/K için bir bağlayıcı kabul etmenin yeterli olmadığını göstermiştir. Atık olarak sodyum dikromat seçilmiştir ve bu atığa belirtilen 6 bağlayıcı uygulanmıştır. Sonuçlar en etkili bağlayıcının çimento olduğunu göstermiştir. Uçucu kül ve metakaolin eklenmesinin kromat sabitlenmesine karşı uygun olmadığı görülmüştür. Çimento esaslı cüruf karışımı, toplam porozite ve gözenek dağılımına göre difüzyon testleri dışında genelde iyi sonuç vermiştir. Çalışmanın sonucu, hidrasyon ile kirleticilerde azalma olup olmadığını katılaştırmanın önemi göz önünde bulundurulmadan bağlayıcı kararlaştırmasının kapsamının kolay tespit edilebildiğini ve gerekli mekanizmaları açıkladığını göstermektedir.

Pereira C.F. vd. [194], yaptıkları bir çalışmada çimento ile birlikte uçucu külün yardımcı katılaştırıcı madde olarak kullanılmasını araştırmıştır. Çalışmada düşük Ca içeren küllerle çalışılmıştır. 1:1 oranında atık ve uçucu kül karışımına pasta kıvamı verecek ölçüde su katarak (su/atık karışım: 0,25) yer yer pH'nın 12 civarında olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bunun için de atık karışımından 5 g alarak 100 ml distile suda çözerek karışımın pH değeri kontrol altında tutulmuştur. Sonra bu karışım silindirik plastik kalıplara doldurularak (28 mm çap ve 30 mm yükseklik) sıkıştırılmış ve 28 gün sonunda oluşan kalıplar 0,25 ve 4 mm boyutunda olacak şekilde elenerek iki farklı sızma deneyine (DIN ve TCLP) tabii tutulmuştur. Sızma deneyinde ortamın pH aralığının metallerin çözünürlüğünde kritik rol oynadığı belirtilerek bu aralığın TCLP testinde pH: 8,0-11,3 ve DIN testinde ise pH: 9,4-10,3 olduğu belirtilmiştir. Ayrıca deneysel çalışmalardan elde ettiği veriler ışığında Pb, Zn, Cr ve Cd'un önerilen sınırların altında kaldığı gözlemlenmiştir.

Rha C.Y. vd. [190], yapmış oldukları çalışmada, K/K işlemi esnasında zehirli atıklar ile katılan cüruf karışımının kimyasal kararlılığı üzerine Cr ve Pb iyonlarının etkileri incelenmiştir. Ayrıca, cürufun hidrasyonu üzerine Cr ve Pb'un etkileri araştırılmıştır.

Sodyum silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) ağırlıkça %5'lik cüruf ile birlikte kullanılmıştır. Bunun amacı cürufun hidratasyonu için alkali bir faaliyet oluşturmaktır. Cürufun yanında uçucu kül ve alçı taşı içeren katılaştırılmış materyalin fiziksel kararlılığı da incelenmiştir. Çalışma sonucunda, cürufa alçı taşı ilave edildiği zaman katılmış materyalin basınç dayanımının arttığı gözlenmiştir. Bu olayda oluşan fazlar mikro yapının yoğunlaşmasına sebep olmuştur, aynı zamanda ağır metal iyonlarının sızma miktarlarının da azaldığı görülmüştür. Aynı şekilde, cürufa uçucu kül eklendiği zaman da basınç dayanımı artmış ve alüminyum hidratların oluşumu ve iyon değişimi ile sızma miktarları azalmıştır. Katılmış cürufun hidrate olmuş yapısı sayesinde, fiziksel kapsülleme oluşmuş ve kurşun iyonları çoğunlukla kararlı olmuştur. Sonuç olarak, ortamda krom iyonları varlığında, alüminyum hidratların yapısındaki alüminyum atomları ile katı solüsyon içindeki bir başka iyonla oluşturduğu bileşik sayesinde temelde katılaştırmanın olduğu gözlenmiştir.

Stegemann J.A. ve Côté P.L. [166], atıkları daha ucuz olan depolamaya uygun hâle getirmek ve hatta faydalı kullanımlarını sağlamak için zararlı atıkların kimyasal ve fiziksel özelliklerini iyileştirmede katılaştırma teknolojilerinin potansiyel olarak faydalı olduğunu vurgulamışlardır. Ancak daha önce zararlı atık olarak sınıflandırılıp işlem görmüş atığa bu işlemi uyguladıktan sonra elde edilmiş zararsız atığın tekrar sınıflandırılması için bir mekanizmanın bulunmadığını belirtmişlerdir. Böyle bir mekanizmaya olan ihtiyaca cevap vermek üzere çimento bazlı kararlı atıklar için test yöntemlerinin bir protokolünü önermişlerdir. Bu önerilen test yöntemleri, kimyasal fraksiyonların bir sonucu olarak kirleticilerin ayrılmasını ve katılmış atık yapısındaki kirleticilerin hareketliliğini temel alarak kirleticilerin serbest kalması için bir potansiyeli inceler. Bu testlerde, katılmış ürünlerin performansına dayanarak, dört farklı faydalanma ve uzaklaştırma senaryosu düşünülmüştür: sınırsız kullanım, kontrollü kullanım, ayrı depolama ve düzenle depolama. Sonuç olarak hazırlanan bu protokol farklı uzaklaştırma senaryolarının kapsamında, katılmış atıkların fiziksel ve sızma karakteristikleri açısından bir yönetim aracı geliştirmede ilk girişimi oluşturmuştur.

Tsakiridis P.E. *vd.* [216] tarafından yapılan çalışmada portland çimento klinkerinin üretiminde kırmızı çamur kullanımının etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında üretilen klinkere %3,5 oranında kırmızı çamur ilave edilmiştir. Elde edilen klinker örneğinde kimyasal ve mineralojik incelemeler yapılmış ve bu klinkerden üretilen 40x40x160 mm'lik beton örnekleri ( $20 \pm 2$ ) °C'lik kür havuzlarında 2, 7, 28 ve 90 günlük



kür sonunda basınç dayanım testlerine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar çimentonun kalitesinde kırmızı çamur ilavesinin hiçbir negatif etkiye sebep olmadığını, kırmızı çamur içeren ve içermeyen çimento ile üretilmiş beton örneklerinde oturma zamanı, su içeriği, genleşme ve dayanım gibi özelliklerin birbirlerine yakın olduğunu göstermiştir.

Uçaroğlu S. ve Talınlı İ. [201] tarafından yapılan çalışmada, otomotiv endüstrisi zararlı atıklarından metal çamuru, fosfat çamuru ve endüstriyel arıtma çamuruna solidifikasyon/stabilizasyon (S/S) teknolojisi uygulanmıştır. Katılaştırma malzemesi olarak portland çimentosu kullanılarak, basınç dayanım ve nitrik asit uygulanmış sızıntı özellikleri tespit edilmiştir. Çalışmada, zararlı atıkların yönetiminde (S/S) teknolojisinin uygun bir yöntem olduğu ifade edilmiştir.

Vale Parapar J.F. vd. [179] tarafından yapılan bir çalışmada, zararlı atıklara K/K işlemi uygulanarak elde edilmiş katı materyalin sızıntısındaki kimyasal analizler araştırılmıştır. Katılaşmış metal atıkların sızıntılarının kontrolünde, sızıntının pH değerinin çok önemli bir parametre olduğu ve bu yüzden de sızıntıdaki en düşük konsantrasyonların pH'ın optimum oranları içinde ortaya çıktığı görülmüştür. Bu çalışmada metal endüstrisi atıklarının arıtımında kullanılan farklı formülasyonların sızıntılarının sonuç pH'ını tahmin etmek için bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem, K/K işleminde kullanılan malzemelerin oranlarının ayarlanmasına yardımcı olmaktadır. Öncelikle karışım bileşenlerinin asetik asit ile titrasyonu ile nötralizasyon eğrileri elde edilmiş, bu eğriler baz alınarak K/K katılarının alkali tamponlama kapasiteleri tanımlanmış ve sızıntıdaki sonuç pH tahmin edilmiştir. Bu çalışma sonucunda, tahmin edilen değerler ile test sonuçları arasında mükemmel bir uygunluk görülmüştür. Bununla beraber, bazı atıklar için ve K/K katkı malzemeleri için farklılıklar oluşabileceği de düşünülmektedir. Bunun sebebi de, eğer tahmin edilen sızıntı pH'ı sonuçtan daha düşük ise sistem içinde oluşan alkali tüketme tepkimeleridir. Sonuç olarak bu yöntem, işlem içi oluşan tepkimelerin tanımlanmasına yardımcı olur ve elde edilen katıların zaman geçtikçe nasıl değiştiğini gözlemlemeye yardımcı olur.

Valls S. ve Vazquez E. [191] tarafından, zehirlilik potansiyeline sahip evsel atıksu arıtma tesisi çamuru (arıtma çamuru) %50 orana kadar portland çimentosu ve termik santral uçucu külü ve sertleşme hızlandırıcı ilavesi ile denenmiş ve Portland çimento ile katılaştırmanın uygun olduğu uçucu kül katılmasının katılaşmayı geciktirdiği ve %2-3 arasında sertleşme hızlandırıcı madde katmanının etkili olduğu tespitleri yapılmıştır.

Yang J. ve Xiao B. [239] tarafından yapılan çalışmada, üretilen beton numunelerinde, 7 günlük kür sonucunda numunelerin basınç dayanımlarının kırmızı çamur oranının artmasıyla arttığı ancak 28 günlük kür sonunda %33 kırmızı çamur içeren karışımın basınç dayanımının en fazla olduğu ve bu oranın artması durumunda dayanımın düştüğü belirtilmiştir.

Youcai Z. *vd.* [204] çalışmalarında, evsel katı atık yakma tesisi uçucu külünde bulunan ağır metallerin çimento ile kararlılaştırılmasındaki verimliliği artırmak için kostik ve EDTA ile ağır metallerin yıkanmasından sonra kararlılaştırma ve sodyum sülfür ve thiourea ile metal sülfürler biçiminde bağlanmasını müteakip kararlılaştırma işlemlerinde önemli bir başarı elde edilmiştir. Bu çalışmanın literatür değerlendirmesinde uçucu küllerin araziye verilmesinin yasak olduğu, düzenli zararlı atık deposuna verilmesinin ve ısı olarak atıktan metallerin uçurularak geri kazanılmasının pahalı yöntemler olduğu ve bu sebeple kimyasal kararlılaştırmanın uygulanmasının uygun olacağı belirtilmiştir. Kararlılaştırmaya tabi tutulmuş malzemenin depolamaya ilave olarak yol yapımında veya vitrifiye hâlde daha birçok alanda kullanılabileceği de ifade edilmiştir.

Atık yönetimi üzerine olduğu gibi K/K teknolojileri özelinde de sempozyum, konferans ve çalıştay gibi birçok bilimsel toplantı düzenlendiği bilinmektedir. Buralarda sunulan bildiriler çok sayıda olmasına rağmen buraya işlediği konuyu temsilen az sayıda bildiri özeti alınmıştır. Sıralama ilk yazarın soy ismine göre yapılmıştır.

K/K konusunda yapılmış bilimsel toplantılardan örnekler aşağıda bilimsel toplantının tarihine göre sıralanmış olarak verilmiştir.

- 1) International Seminar on the Solidification and Stabilization of Hazardous Wastes, April 1986, Baton Rouge, Louisiana, USA.
- 2) Fourth International Hazardous Waste Symposium on Environmental Aspects of Stabilization and Solidification of Hazardous and Radioactive Wastes, 3-6 May 1987, Atlanta, USA. <https://dx.doi.org/10.1520/STP1033-EB>
- 3) International Conference on Physicochemical and Biological Detoxification of Hazardous Wastes, 3-5 May 1988, Atlantic City, New Jersey, USA. <http://www.worldcat.org/oclc/20430376>
- 4) Second Annual Symposium: Mechanisms and Applications of Solidification/Stabilization, 15–16 February 1990, Lamar University, Beaumont, TX, USA. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03043894/24/2-3>
- 5) Second International Symposium on Stabihzation/Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes, 29 May-1 June 1990, Willhamsburg, Virginia, USA. <https://dx.doi.org/10.1520/STP1123-EB>

- 6) Hazardous Waste Management, Contaminated Sites, and Industrial Risk Assessment, 23-25 October 1990, Vienna, Austria.  
<http://www.worldcat.org/oclc/29645458>
- 7) 3rd International Symposium Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes, 1-5 November 1993, Williamsburg, Virginia, USA.  
<https://dx.doi.org/10.1520/STP1240-EB>
- 8) Recycling Contaminated Land – The future role of stabilisation and solidification, 22 November 2000, University of Greenwich, UK.  
<http://www.iscowa.org/cdrom/htm/iscowa.htm>
- 9) Recycling Contaminated Land with Cement - Issues Facing Stakeholders in the UK, 17 April 2002, University of Greenwich, Chatham Maritime, UK.  
<http://www.iscowa.org/cdrom/htm/iscowa.htm>
- 10) Stabilisation/Solidification Binders and Technologies: Current Practice and Research Needs, STARNET Workshop, 3 July 2002, Cambridge University, England, UK. <http://www-starnet.eng.cam.ac.uk/>
- 11) Recycling Contaminated Land – UK Industry Guidance for Stabilisation and Solidification, 25 June 2003, University of Greenwich, Chatham Maritime, UK.  
<http://www.iscowa.org/cdrom/htm/iscowa.htm>
- 12) International Conference Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation, Advances in S/S for Waste and Contaminated Land, 12-13 April 2005, Cambridge University, England, UK. <http://www-starnet.eng.cam.ac.uk/>
- 13) International Solidification/Stabilization Technology Forum, Cape Breton University, Sydney, Canada, 15-17 June 2010.  
<http://www.worldcat.org/oclc/614854220>
- 14) Remediation Technology Symposium (RemTech), <http://www.esaa-events.com/remtech/>
- 15) Waste Management Symposium (WM Symposia), <http://www.wmsym.org/>

K/K konusunda yapılmış bilimsel toplantı bildiri kitaplarından örnekler aşağıda yayın ismine göre sıralanmış olarak verilmiştir.

- 1) Environmental Aspects of Stabilization and Solidification of Hazardous and Radioactive Wastes, 1st Volume, Pierre Côté, Michael Gilliam, STP1033, ASTM, 1989. <https://dx.doi.org/10.1520/STP1033-EB>
- 2) International Conference on Physicochemical and Biological Detoxification of Hazardous Wastes, Atlantic City, New Jersey, USA, 3-5 May 1988.  
<http://www.worldcat.org/oclc/20430376>
- 3) International Solidification/Stabilization Technology Forum, Cape Breton University, Sydney, Canada, 15-17 June 2010.  
<http://www.worldcat.org/oclc/614854220>
- 4) Second Annual Symposium: Mechanisms and Applications of Solidification/Stabilization, 15–16 February 1990, Lamar University, Beaumont, TX, USA. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03043894/24/2-3>

- 5) Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes: 2nd Volume, T. Michael Gilliam, Carlton C. Wiles, STP1123, ASTM, 1992.  
<https://dx.doi.org/10.1520/STP1123-EB>
- 6) Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes: 3rd Volume, T. Michael Gilliam, Carlton C. Wiles, STP1240, ASTM, 1996.  
<https://dx.doi.org/10.1520/STP1240-EB B>
- 7) Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation - Advances in S/S for Waste and Contaminated Land, Proceedings of the International Conference on Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation, 12-13 April 2005, Cambridge, UK, Abir Al-Tabbaa, Julia A. Stegemann, A.A. Balkema Publishers, 2005. <https://dx.doi.org/10.1201/9781439833933>

K/K konusunda yayımlanmış bildirimlerden bazılarının özetleri aşağıda verilmiştir. Özetleme sıralaması, ilk yazarın soy ismine göre yapılmıştır.

Demir İ. *vd.* [274] tarafından yapılan çalışmada, konutların ısıtılmasında kullanılan kömür külünün kireç ve çimento ile bağlanarak hafif ve gözenekli duvar elemanları üretimi incelenmiştir. Çalışmada öncelikle kullanılacak olan kül, etüvde kurutulmuş ve daha sonra 1 mm'ye kadar öğütülerek 1 mm'lik elekten elenmiştir. Kül, kireç ve çimento karışım oranları ağırlık esasına göre belirlenmiştir. Uygulanan kül-kireç-çimento oranları sırasıyla, %60-25-15; %65-25-10 ve % 70-15-15 olarak belirlenmiştir. Tüm seriler için su/bağlayıcı oranı 0,60 alınmıştır. Örnekler üzerinde Arşimet Prensibi uygulanarak porozite, hacim ağırlığı, görünür yoğunluk ve su emme değerleri belirlenmiştir. Elde edilen beton örnekleri 28 günlük kür sonunda 25 tonluk basınç presinde kırılarak basınç mukavemetleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, porozitenin kül oranının artması ile doğru orantılı olduğu ve karışımdaki kül oranı arttıkça su emme değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Sonuçta atık külün ekonomik şartlarda yapı blokları üretiminde kullanılabileceği belirlenmiştir.

Dutré V. ve Vandecasteele C. [275], çok büyük miktarlarda As (%42) içeren endüstriyel atıklarının K/K işlemi ile bertarafı konusunda çalışmışlardır. K/K işleminde bağlayıcı olarak çimento ve puzolanik malzemeler kullanılmıştır. Bu çalışmada, sızıntıdaki az çözünür kalsiyum-arsenik bileşenlerinin oluşmasıyla, katılaşmış materyalden sızan As konsantrasyonunun azalmasında ana faktörün kireç ilavesi olduğu ortaya koyulmuştur. Katılaştırılmış atıktan sızma mekanizmasını araştırmak için yarı-dinamik sızıntı testleri yapılmıştır. Bu testlerin kapsamında bulunan statik sızıntı testleri, sızıntıdaki As'in davranışı hakkında daha fazla bilgi vermiştir. Ayrıca, sızıntıdaki arseniğin As formunda olması, arseniğin  $\text{CaHAsO}_3$  formunda çökebilecek şekilde ortamda mevcut olduğuna bir delildir. Bu çalışma sonucunda çimento ve kireç ile katılaştırmanın, katılaşmış atıktan

arsenik sızıntısını azaltmak için çok uygun olduğu ve katılaştırılmış atık malzemenin sızıntısında  $\text{CaHAsO}_3$  bileşenlerinin oluşumu sayesinde sızıntıdaki arsenik konsantrasyonunun azalmasında kalsiyumun çok önemli olduğu vurgulanmıştır.

Hong K. *vd.* [276], atık kararlılaştırması için çimento bazlı teknik üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, çimentonun yüksek miktarda ağır metal ve asit içeren atıklar için oldukça etkili olduğu, çünkü çimentonun doğal alkalinitesinin asidik çözeltileri nötralize ettiğini, pek çok ağır metali de hareketsizleştirdiğini vurgulamışlardır. Aynı zamanda bu teknik ile atığa arazide depolanabilmesi veya yapı malzemesi olarak kullanılabilmesi için yeterli bir yapısal dayanım sağlandığı belirtilmiştir. Bu çalışma ile bazı ağır metallerin fiziksel karakteristiklerinin belirlenmesi ve bu bilgiyi kullanarak normal çimento kimyasının nasıl etkilendiğinin ifade edilmesi amaçlanmıştır. Pil üretim endüstrisinden alınan atıklar kullanılmıştır. Bu atıklar Tip I adi portland çimentosu ile ve ağırlıkça 1:1 oranında çimento, ince dövülmüş çeltik kabuğu külü karışımı ile ve çimento ocağı tozu gibi katılaştırıcı malzemelerle karıştırılmıştır. Bu çalışmada kontrol edilen fiziksel özellikler basınç dayanımı ve sızma özelliğidir. Bu özellikler, dayanımın derecesini ve katılmış materyalin içerdiği bağlayıcı malzemelerin etkinliğini belirlemedeki tipik göstergelerdir. Deneysel kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb), bu metalleri adsorbe etmede en başarılı bağlayıcı malzemeyi bulmada indikatör olarak kullanılmıştır. Testler atıktaki ağır metal miktarlarını ve su/çimento oranlarını (0,35:1; 0,50:1 ve 0,70:1) her bir örnekte değiştirmek suretiyle gerçekleştirilmiştir. Örneklerin sızma özellikleri, örneklerin yüzey alanı/hacim oranlarını değiştirerek ve EP Toksikite Ekstraksiyon prosedüründeki ekstrakt çözeltisi pH'ını değiştirerek (2,7 ve 10) yapılmıştır. Ayrıca denemeler sonucunda muamele süresinin basınç dayanımı ve sızma özelliği üzerindeki etkileri de belirlenmiştir.

Lee W.M. *vd.* [277], arsenik (As) arıtma işleminden kaynaklanan çamurların içerdiği As'in çevre ve insana olan potansiyel zararını önlemek için uygun bir şekilde arıtılması ve uzaklaştırılması gerektiğini vurgulamışlardır. Buna dayanarak, As çamurlarının endüstriyel atık olan uçucu kül ve kullanılmış kalsiyum karpit ile katılaştırma işlemi kullanılarak arıtılması konusunda bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, katılaştırma öncesi, çamura kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2$ ) veya kalsiyum hidroksit ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) eklenerek bir ön arıtma yapılmıştır. Bu ön arıtmada, çamura 1, 3, 5, 10 ve 15 oranlarında  $\text{CaCl}_2$  eklenerek karıştırılmıştır. En yüksek basınç dayanımı,  $\text{CaCl}_2/\text{As}$  oranının 3 olduğu

durumda gözlenmiştir. Bu olayda, çamurdaki arsenat iyonları kalsiyum arsenat oluşumu ile kararlaştırılmıştır. Katılmış numunelere yapılan ekstraksiyonda, numunelerin nem odasında bekletme süreleri arttırıldığında, ekstrakttaki arsenik konsantrasyonunun düştüğü görülmüştür. Ayrıca, en düşük As konsantrasyonu, CaCl<sub>2</sub>/As oranının 3 ve 5 olduğu durumda elde edilmiştir. Denemeler sonucunda, CaCl<sub>2</sub> eklenerek yapılan ön arıtmanın, ekstraksiyon çözeltisindeki As konsantrasyonunu düşürmede etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca bu şekilde bir ön arıtma yapılarak, katılaştırmada kullanılan uçucu kül, kullanılmış kalsiyum karpit ve çimento miktarının da azaltılmış olduğu belirtilmiştir.

Lin C.K. vd. [278], doymamış polyester (U.P.) ve Portland çimento kullanarak krom ve siyanür içeren çamurların K/K işlemleri ile arıtımı konusunda bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, katılaştırılmış numuneler, SEM, XRD, TCLP kullanılarak ve basınç dayanımı ölçülerek karakterize edilmiştir. Çalışma sonuçları, U.P/çimento ile katılmış numunelerin basınç dayanımlarının, U.P. kullanılmadan hazırlanan numunelere göre daha fazla olduğunu göstermiştir. Ayrıca, tüm katılmış numunelerin Cd, Cr, Pb, As ve Zn konsantrasyonlarının TCLP yasal limitleri içinde kaldığı görülmüştür. Bununla beraber, katılmış numunelerden Cu sızmasının da çimentoya eklenen doymamış polyester ilavesinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Yılmaz K. vd. [279] tarafından yapılan çalışmada PÇ 42,5 çimentosu hazırlanmıştır. Doğal zeolit ağırlıkça %10, %20 ve %30 oranında PÇ klinkerine katılmıştır. Aynı oranlarda %5 taban külü ile beraber PÇ klinkerine katılarak %5 alçı taşı ile birlikte bilyalı bir değirmende öğütülmüş ve katkılı çimentolar elde edilmiştir. Doğal zeolit ve Taban külünün kimyasal analizleri XRF cihazı kullanılarak TS 687'ye, fiziksel ve mekanik özellikleri de TS 24'e göre tespit edilmiştir. Harçlar 4x4x16 cm'lik olarak hazırlanmıştır. Doğal zeolitin ve taban külünün erken ve ileri yaşlardaki etkisini görmek için 2, 7, 28 ve 90 günlük dayanımları tespit edilmiştir. Sonuç olarak doğal zeolit eğişilmede çekme ve basınç dayanımı katkı miktarı %10-20 den sonra artıkça azalmaktadır. %30 zeolit katkılı ve %30 zeolit + %5 taban külü katkılı kontrol çimentosu PÇ 42,5'dan daha yüksek dayanım göstermektedir. Katkı miktarının artmasıyla çimentoların özgül ağırlıkları azalmaktadır. Bu durum, katkıların özgül ağırlıklarının, katıldığı portland çimentosuna göre daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

### MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, bu tezin konusunu oluşturan atıkların geri kazanım ve bertarafı için önerilen K/K yöntemiyle bir atık katılaştırma deneysel çalışmasında kullanılan yöntem ile araç, gereç ve malzemeler hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır.

#### 4.1 Yöntem

Deneysel çalışma, birbirini takip eden üç ana aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama, atık olarak alınmış arıtma çamurlarının (akü imalat tesisi endüstriyel arıtma çamuru) bağlayıcı malzeme (çimento) ile karıştırılıp katılaştırılması; ikinci aşama, katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanımlarının tespiti; üçüncü ve son aşama ise katılaştırılmış malzeme numunelerinden kirlenici (Pb, Cr, Cd) sızma miktarlarının tespiti aşamasıdır.

##### 4.1.1 Katılaştırma

Bu ilk aşamada atık, bağlayıcı ile muamele edilerek katılması sağlanmaktadır. Atık olarak 4.2.2.1 *Atık (Arıtma Çamuru)* başlığı altında anlatıldığı üzere ağır metal içerikli (Pb, Cr, Cd) içerikli akümülatör imalat tesisi endüstriyel atıksu arıtma tesisinden çıkan arıtma çamuru, bağlayıcı olarak da yine 4.2.2.2 *Bağlayıcı (Çimento)* başlığı altında anlatıldığı üzere CEM I 32,5R tipi çimento kullanılmıştır. Arıtma çamuru ve çimento, atık:çimento oranı %0, %5, %10, %25, %50 ve %75 olacak şekilde birleştirilmiş ve karışıma su katılıp harç karma makinesinde (bk. 4.2.1.3 *Harç Karma Makinesi*) karıştırılarak hidrasyon tepkimelerinin başlaması ve katılmanın gerçekleşmesi sağlanmıştır.

Bir sonraki aşamada katılaştırılmış malzeme basınç dayanımı deneyine tabi tutulacağından deneyin gereklerinden biri olan belirli ölçülerde katılaştırılmış malzeme üretebilmek için karışım kalıplara dökülmüştür. Kalıpların hazırlanması, karışımın kalıplara doldurulması ve karışımın sıkıştırılması işlemleri “*TS EN 12390-2 Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 2: Dayanım deneylerinde kullanılacak deney numunelerinin hazırlanması ve küre tabi tutulması*” [74] Türk Standardına uygun şekilde yapılmış; kalıplar yağlanmış ve titreşimli masa ile sıkıştırma yapılmıştır. Bir süre sonra kalıplardan çıkarılan katılaştırılmış malzemeler basınç dayanımı ve TCLP deneylerine tabi tutulmuştur. Kalıplardan çıkarılmış katılaştırılmış malzemelerden örnekler Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Kalıplardan çıkarılmış katılaştırılmış malzemeler

Katılaştırma işleminde kullanılan araç, gereç ve malzemeler 4.2 *Araç, Gereç ve Malzemeler* başlığı altında verilmiştir.

#### **4.1.2 Mukavemet (TS EN 12390-3)**

Bu tez çalışması kapsamındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinin mukavemetinin ölçülmesinde “*TS EN 12390-3 Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 3: Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini*” [71] Türk Standardı esas alınmıştır. Standardın yöntemine kısaca “Basınç dayanım deneyi” denilebilir. Deney, kuvvet uygulanan bir malzemenin kırıldığı (fiziksel bütünlüğünün bozulduğu) andaki yani taşıyabildiği en fazla yükün bulunması esasına dayanmaktadır.



Deney, hazırlanmış olan katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç deney makinesinin kuvvet uygulayan çeneleri arasına yerleştirilmesi ve malzeme kırılıncaya kadar kuvvetin (yükün) artırılması şeklinde uygulanır. Basınç dayanımı (MPa veya  $N/mm^2$ ), numunenin kırılma anında ulaşılan en büyük yükün (N) numunenin üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanına ( $mm^2$ ) bölünmesiyle elde edilir.

Bu tez çalışması kapsamındaki basınç dayanımı deneylerinde kullanılan deney yöntemi olan *TS EN 12390-3* [71] Türk Standardının birer gereği olarak; numuneler “*TS EN 12350-1 Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 1: Numune alma*” [72] Türk Standardına uygun olarak alınmış, “*TS EN 12390-1 Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 1: Deney numunesi ve kalıplarının şekil, boyut ve diğer özellikleri*” [73] Türk Standardına uygun kalıplar (*bk. 4.2.1.1 Numune Kalıpları*) kullanılarak katılaştırılmış, katılaştırılmış malzeme numuneleri deneye *TS EN 12390-2* [74] Türk Standardı esas alınarak hazırlanmış ve “*TS EN 12390-4 Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 4: Basınç dayanımı - Deney makinelerinin özellikleri*” [75] Türk Standardına uygun basınç deney makinesi (*bk. 4.2.1.5 Basınç Deney Makinesi*) kullanılarak da deney gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında farklı atık-çimento karışım oranlarında (%0, %5, %10, %25, %50 ve %75) hazırlanmış olan katılaştırılmış malzeme numuneleri 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90. günlerde basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuşlardır. Deney yöntemine uygun olarak hazırlanmış olan 150 mm’lik küp şeklindeki katılaştırılmış malzeme numuneleri basınç deney makinesinin çeneleri arasına konularak kırılıncaya kadar kuvvet uygulanmış; makine, numunenin kırıldığı andaki en büyük yükü kaydederek kuvvet uygulanan numune yüzey alanına bölmek suretiyle basınç dayanım değerini kendi hesaplayarak vermiştir.

Basınç dayanımı deneyinde kullanılan araç, gereç ve malzemeler *4.2 Araç, Gereç ve Malzemeler* başlığı altında, deney sonuçları ise *5.1.1 Basınç Dayanımı Deney Sonuçları* başlığı altında verilmiştir.

#### **4.1.3 Özütleme (USEPA SW-846 1311)**

Bu tez çalışması kapsamındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinin sızabilirlik özelliklerinin tesbitinde özütleme testi olarak “*USEPA SW-846 Method 1311: Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)*” [76] deney yöntemi esas alınmıştır. Deney yöntemine kısaca “TCLP Deneyi” denilebilir. Deney, kirlenici ihtiva eden malzeme

veya atıkların kirleticileri sıvı ortama geçmeye zorlayacak şekilde tasarlanmış çözücü sızdırma suyu ile belli bir temas süresinin ardından sızıntı suyunda (elüatta) kirletici tayini yapılması esasına dayanmaktadır.

Deney, 9,5 mm ve altındaki ebatlara küçültülmüş olan 100 g'lık numunenin içerisindeki kirleticileri bırakmasının sağlanması için numunenin özelliğine bağlı olarak seçilmiş çözücü sızdırma suyuna ağırlıkça 20:1 oranında konulması ile 18±2 saat çalkalanması sonucu sızıntı suyunun basınçlı olarak süzülerek elüatta kirletici tayini yapılması şeklinde uygulanır.

Bu tez çalışması kapsamındaki özütleme deneylerinde kullanılan deney yöntemi olan *USEPA SW-846 Method 1311* [76] deney yönteminin bir gereği olarak; numunelerin ebatlarının küçültülmesi için kırıcı ve öğütücü (*bk. 4.2.1.2 Kırıcı ve Öğütücü*), çözücü sızdırma suyu ile birlikte çalkalanması için özellikleri deney yönteminde verilmiş olan döner karıştırıcı (*bk. 4.2.1.6 Döner Karıştırıcı*), sızıntı suyunun süzülmesi için de deney yönteminin tavsiye ettiği marka ve modelde temin edilmiş süzme düzeneği (*bk. 4.2.1.7 Süzme Düzeneği*) kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında farklı atık-çimento karışım oranlarında (%0, %5, %10, %25, %50 ve %75) hazırlanmış olan katılaştırılmış malzeme numuneleri 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90. günlerde TCLP deneyine tabi tutulmuşlardır. Deney yöntemine uygun olarak, basınç dayanımı ölçülen numuneler önce kırıcı ve öğütücü ile 9,5 mm altındaki ebatlara küçültülmüş, 100 g numune ağırlıkça 20:1 oranında olacak şekilde 2 kg asetik asit içerisine konulmuş, döner karıştırıcıda 18 saat çalkalanmış, sızıntı suyu süzme düzeneğinde süzülmüş ve elüatta Pb, Cr ve Cd tayini yapılmıştır.

Özütleme deneyinde kullanılan araç, gereç ve malzemeler *4.2 Araç, Gereç ve Malzemeler* başlığı altında, özütleme deney sonuçları ise *5.1.2 TCLP Deney Sonuçları* başlığı altında verilmiştir.

#### **4.2 Araç, Gereç ve Malzemeler**

Çalışmalarda yapılacak katılaştırma işlemleri ve deneyler için birçok araç, gereç ve malzeme gerekmektedir. Kullanılan araç, gereç ve malzemeler aşağıda verilmiştir.


## 4.2.1 Araç ve Gereçler

### 4.2.1.1 Numune Kalıpları

Katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanımları TS EN 12390-3 [71] standardına göre tespit edileceği için standardın temel gereklerinden biri olarak numunelerin belli boyutlarda olması gerekmektedir. Bu sebeple, istenen ölçülerde katılaştırılmış malzeme numunesi elde edebilmek için çalışmalarda standart beton küp numune kalıpları kullanılmıştır. Numune kalıpları, bu çalışmanın desteklendiği projeler kapsamında satın alınmış olup Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında bulunmaktadır.

Çalışmalarda kullanılan kalıplar, TS EN 12390-1 [73] standardına uygun 150 mm'lik küp numune kalıpları olup kullanılan kalıplar ve teknik bilgileri *Çizelge 4.1*'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Çalışmalarda kullanılan numune kalıpları ve teknik bilgileri

	Özellik	Açıklama
	Üretici/marka	ZUM Tic. Ltd. Şti.
Standart	TS EN 12390-1	
Ebatlar	150x150x150 mm	
Malzeme	Kompozit	
Özellikler	İç yüzey pürüzsüz, altında kalıp ayırma için basınçlı hava giriş ağzı mevcut	

### 4.2.1.2 Kırıcı ve Öğütücü

Katılaştırılmış malzemenin sızma özellikleri USEPA SW-846 1311 [76] deney yöntemi ile ölçüleceği için yöntemin gereklerinden biri olarak malzemenin belli boyutlarda olması gerekmektedir. Bu sebeple, malzemenin bu boyutlara getirilmesi için çalışmalarda kırıcı ve öğütücü kullanılmıştır. Ayrıca öğütücü, kurutulmuş atığın çimento ile karıştırılmadan önce hem kendi içinde homojenliğin sağlanması hem de karışım içinde homojen bir şekilde dağılabilmesi için öğütülmesinde de kullanılmıştır. Kırıcı ve öğütücü, bu çalışmanın desteklendiği projeler kapsamında satın alınmış olup Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında bulunmaktadır.

Çalışmalarda kullanılan kırıcı ve teknik bilgileri *Çizelge 4.2*'de, öğütücü ve teknik bilgileri ise *Çizelge 4.3*'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Çalışmalarda kullanılan kırıcı ve teknik bilgileri

Özellik	Açıklama	
	Üretici/Marka	Fore Test Cihazları İmalat San. ve Uluslararası Tic. A.Ş.
Model	FR-AG265	
Tip	Konik kırıcı	
Besleme açıklığı	300 mm	
Besleme büyüklüğü	20-40 mm	
Çıkış büyüklüğü	0,5 mm	
Kapasite	400-1500 kg/h	



Çizelge 4.3 Çalışmalarda kullanılan öğütücü ve teknik bilgileri

Özellik	Açıklama	
	Üretici/Marka	Fore Test Cihazları İmalat San. ve Uluslararası Tic. A.Ş.
Model	FR-AG294	
Tip	Diskli öğütücü	
Besleme büyüklüğü	< 5 mm	
Çıkış büyüklüğü	< 1 mm	



#### 4.2.1.3 Harç Karma Makinesi

Katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanımları TS EN 12390-3 [71] standardına göre tespit edileceği için standardın temel gereklerinden biri olarak karışımın homojen bir şekilde hazırlanması gerekmektedir. Bu sebeple; atık, çimento ve suyun homojen bir şekilde karıştırılabilmesi için çalışmalarda harç karma makinesi kullanılmıştır. Harç karma makinesi, bu çalışmanın desteklendiği projeler kapsamında satın alınmış olup Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında bulunmaktadır.

Çalışmalarda kullanılan harç karma makinesi, ve teknik bilgileri Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Çalışmalarda kullanılan harç karma makinesi ve teknik bilgileri

Özellik	Açıklama	
	Üretici/Marka	Fore Test Cihazları İmalat San. ve Uluslararası Tic. A.Ş.
Model	FR-B017	
Tip	Pan mikser	
Özellikler	56 L karıştırma hacmi, 100 L toplam hacim	Kendi etrafında yatay döner kazanlı



#### 4.2.1.4 Titreşim Masası

Katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanımları TS EN 12390-3 [71] standardına göre tespit edileceği için standardın temel gereklerinden biri olarak karışımın numune kalıplarına dökülürken hava kabarcıkları oluşabileceği, bu hava kabarcıklarının da basınç dayanımını olumsuz etkilemesinden dolayı hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin içerisinde hava kabarcıklarının giderilmiş olması gerekmektedir. Bu sebeple, karışımın numune kalıplarına dökülürken oluşabilecek hava kabarcıklarının giderilmesi için çalışmalarda titreşim masası kullanılmıştır. Titreşim masası, bu çalışmanın desteklendiği projeler kapsamında satın alınmış olup Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında bulunmaktadır.

Çalışmalarda kullanılan titreşim masası, TS EN 12390-2 [74] standardına uygun olup cihaz ve teknik bilgileri *Çizelge 4.5*'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Çalışmalarda kullanılan titreşim masası ve teknik bilgileri

Özellik	Açıklama
Üretici/Marka	Fore Test Cihazları İmalat San. ve Uluslararası Tic. A.Ş.
Model	FR-B125
Standart	TS EN 12390-2
Ebatlar	635x340 mm
Yük kapasitesi	128 kg
Kalıp kapasitesi	4 adet 150 mm küp 2 adet 150x300 mm silindirik

#### 4.2.1.5 Basınç Deney Makinesi

Katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanımları TS EN 12390-3 [71] standardına göre tespit edileceği için standardın temel gereklerinden biri olarak numunelere basınç uygulanması gerekmektedir. Bu sebeple, basıncın hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerine standarda uygun şekilde uygulanabilmesi için çalışmalarda basınç deney makinesi kullanılmıştır. Basınç deney makinesi, bu çalışmanın desteklendiği projeler kapsamında satın alınmış olup Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında bulunmaktadır.

Çalışmalarda kullanılan basınç deney makinesi, TS EN 12390-4 [75] standardına uygun olup cihaz ve teknik bilgileri *Çizelge 4.6*'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Çalışmalarda kullanılan basınç deney makinesi ve teknik bilgileri

Özellik	Açıklama
Marka/Üretici	Fore Test Cihazları İmalat San. ve Uluslararası Tic. A.Ş.
Model	FR-B109
Standart	TS EN 12390-4
Kapasite	200 kN
Ebatlar (en-boy-yükseklik)	620 x 900 x 1170 mm
Ağırlık	760 kg
Özellikler	Bilgisayar bağlantılı

#### 4.2.1.6 Döner Karıştırıcı

Katılaştırılmış malzemenin sızma özellikleri USEPA SW-846 Method 1311 [76] deney yöntemi ile ölçüleceği için yöntemin gereklerinden biri olarak numune parçacıklarının uygun bir çözelti içerisinde çalkalanması gerekmektedir. Bu sebeple, katılaştırılmış malzeme numunelerinin deney yöntemine uygun şekilde hazırlanmış çözeltiler içerisinde çalkalanabilmesi için çalışmalarda döner karıştırıcı kullanılmıştır. Döner karıştırıcı, bu çalışmanın desteklendiği projeler kapsamında satın alınmış olup Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında bulunmaktadır.

Çalışmalarda kullanılan döner karıştırıcı, USEPA SW-846 Method 1311 [76] deney yöntemine uygun olup cihaz ve teknik bilgileri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Çalışmalarda kullanılan döner karıştırıcı ve teknik bilgileri

Özellik	Açıklama
Marka/Üretici	Özel üretim
Yöntem	USEPA SW-846 Method 1311
Kapasite	48 numune şişesi
Şişe hacmi	en az 2 L
Dönme hızı	0-100 rpm
Özellikler	Dönme süresi ve hızı ayarlanabilir, kafesli, tehlikeli anında otomatik durma, acil durdurma butonu


#### 4.2.1.7 Süzme Düzeneği

Katılaştırılmış malzemenin sızma özellikleri USEPA SW-846 Method 1311 [76] deney yöntemi ile ölçüleceği için yöntemin gereklerinden biri olarak kirleticilerin ölçümlerinin yapılmasından önce süzüntünün de süzülmesi gerekmektedir. Bu sebeple, deney sonrası

süzüntünün basınçlı bir şekilde süzülebilmesi için basınçlı süzme düzeneği kullanılmıştır. Süzme düzeneği, bu çalışmanın desteklendiği projeler kapsamında satın alınmış olup Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında bulunmaktadır.

Çalışmalarda kullanılan süzme düzeneği, USEPA SW-846 Method 1311 [76] deney yöntemine uygun olup cihaz ve teknik bilgileri *Çizelge 4.8*'de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Çalışmalarda kullanılan süzme düzeneği ve teknik bilgileri

	<b>Özellik</b>	<b>Açıklama</b>
	Marka/Üretici	Millipore Corporation
	Model	YT30142HW
	Deney yöntemi	USEPA SW-846 Method 1311
	Ağırlık	12,3 kg
	Yükseklik	42,2 cm
	Çap	18,4 cm
	Süzme alanı	120 cm <sup>2</sup>
	Süzgeç çapı	142 mm
Özellikler	Paslanmaz çelik gövde, basınçla itmeli süzme	

#### 4.2.1.8 Diğer Araç ve Gereçler

Ayrıca yukarıda yer alan araç ve gereçler haricinde ilgili standart ve deney yöntemleri için ihtiyaç duyulan ölçüm ve analiz cihazı ile cam ve diğer laboratuvar malzemeleri gibi diğer tüm araç ve gereçler, çalışmaların yapıldığı YTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü ve Laboratuvarı, YTÜ İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarı, SOYAK Holding Beton Laboratuvarı ve Mutlu Akü ve Malzemeleri San. A.Ş. Kimya ve Çevre Laboratuvarından temin edilip kullanılmıştır. Kullanılan tüm araç ve gereç listesi *Çizelge 4.9*'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Çalışmalarda kullanılan tüm araç ve gereçler listesi

Araç ve Gereçler	
Elektrikli aletler	Diğer aletler
Saf su cihazı	Numune kalıpları
Terazi	Kepçe
Etüv	Kürek
Kırıcı	Mala
Öğütücü	Spatula
Komprasör	Çekiç
Vakum pompası	Tokmak
pH metre	Taşıma araçları

Çizelge 4.9 Çalışmalarda kullanılan tüm araç ve gereçler listesi (devam)

Araç ve Gereçler	
Elektrikli aletler	Diğer aletler
Isıtıcı tabla	Slump test seti
Kronometre	Elek seti
Zamanlayıcı	Harç-beton yayılma tablası
Harç karıştırıcı	Özgül ağırlık test seti
Harç karma makinesi (betoniyer)	Havan
Titreşim masası	Beherler
Basınç deney makinesi	Erlenler
Döner karıştırıcı	Büretler
Süzme düzeneği	Pipetler
AAS ve ICP	Şişeler
Bilgisayar ve yazıcı	Kovalar
	Temizlik malzemeleri
	Ölçü kapları
	Karıştırma kapları
	Saklama kapları
	Koruyucu elbise ve eldivenler

## 4.2.2 Malzemeler

### 4.2.2.1 Atık (Aritma Çamuru)

Çalışmalarda kullanılan atık, ağır metal içerikli endüstriyel arıtma çamuru olup Mutlu Akü ve Malzemeleri A.Ş.'nin İstanbul ili Tuzla ilçesinde bulunan Akümülatör İmalat Tesisinde yer alan Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisinden temin edilmiştir.

Aritma çamurunun ham ve kurutulduktan sonraki görüntüsü Şekil 4.2'de, muhtevası Çizelge 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.2 Çalışmalarda kullanılan arıtma çamurunun ham ve kurutulmuş hâli



Çizelge 4.10 Çalışmalarda kullanılan arıtma çamurunun muhtevası

<b>Muhteva</b>	<b>Miktar</b>
Nem muhtevası (%)	75
Pb (mg/L)	615
Cd (mg/L)	0,073
Cr (mg/L)	12,68
Cu (mg/L)	5,0
Fe (mg/L)	300
Ni (mg/L)	2,81

#### 4.2.2.2 Bağlayıcı (Çimento)

Atıkların birlikte karılacağı bağlayıcı madde olarak çimento alınmış olup alınan çimentonun muhtevası *Çizelge 4.11*'de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Çalışmalarda kullanılan çimentonun muhtevası

<b>Muhteva</b>	<b>Miktar (%)</b>
SiO <sub>2</sub>	33,74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,50
CaO	43,14
MgO	1,33
SO <sub>3</sub>	2,14
K <sub>2</sub> O	0,84

#### 4.2.2.3 Diğer Malzemeler

Atık ve bağlayıcı malzemenin yanında karışım için distile su, TCLP deneyi için asetik asit ve süzme düzeneğinde kullanılmak üzere filtre kâğıdı gerekmektedir. Malzemeler tez çalışması için desteklenen projeler aracılığıyla temin edilmiştir.

### DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, bu tezin konusunu oluşturan atıkların geri kazanım ve bertarafı için önerilen K/K yöntemiyle bir atık katılaştırma deneysel çalışması yürütülmüş, yapılan çalışma ve sonuçları değerlendirilmeye çalışılmıştır.

#### 5.1 Deney Sonuçları

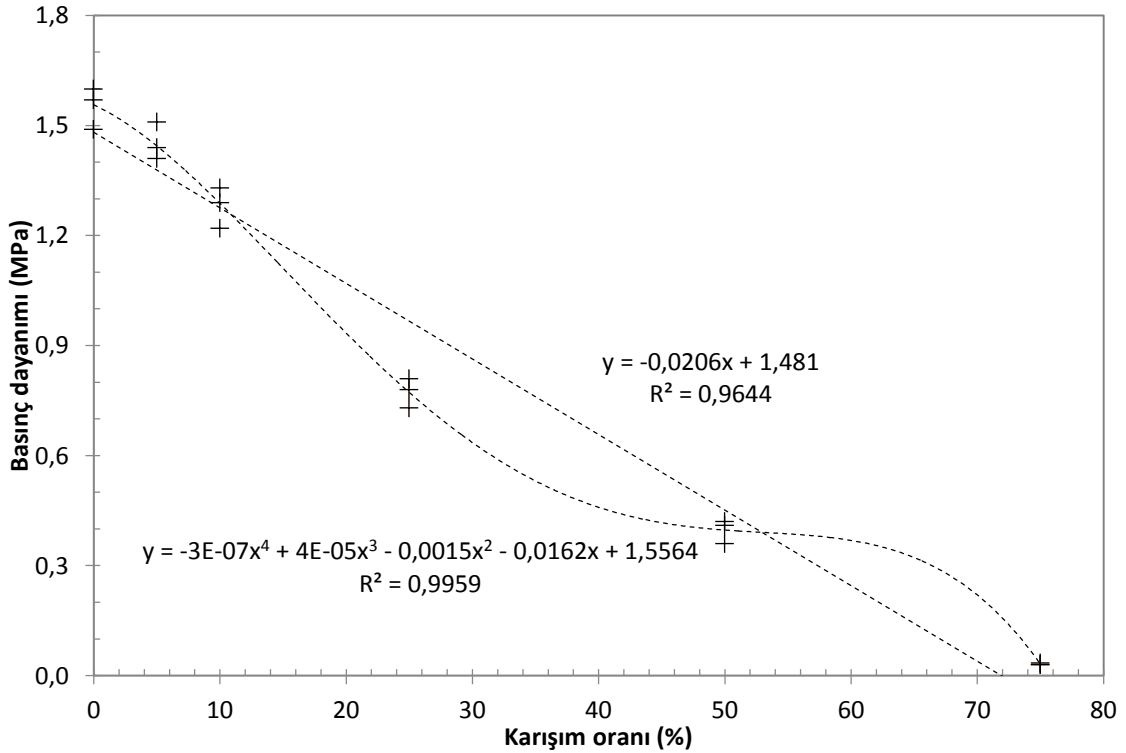
Katılaştırma işleminin ardından farklı karışım oranlarında hazırlanmış tüm numuneler zamansal gelişimin izlenebilmesi amacıyla farklı zamanlarda basınç dayanımı ve TCLP deneylerine tabi tutulmuşlardır. Yapılan deneylerin sonuçları aşağıda verilmiştir.

##### 5.1.1 Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış olan katılaştırılmış malzeme numuneleri farklı zamanlarda basınç dayanımı testine tabi tutularak basınç dayanımlarının zamansal gelişimi tespit edilmiştir. Her bir numune için yapılan deneyler aynı şartlarda 3 kez tekrarlanmıştır. Deneyler 3 kez tekrarlandığı için her bir karışım oranı ve numune yaşına karşılık, sonuçların verildiği şekillerde 3 farklı basınç dayanım değeri bulunmaktadır. Ölçülen basınç dayanımlarının verildiği şekilleri gösterir çizelge, *Çizelge 5.1*'de; 1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi ise *Şekil 5.1*'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Ölçülen basınç dayanımlarına ait şekilleri gösterir çizelge

Özellik/Parametre		Şekil Numarası
Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi	1 günlük	Şekil 5.1
	3 günlük	Şekil 5.2
	7 günlük	Şekil 5.3
	14 günlük	Şekil 5.4
	28 günlük	Şekil 5.5
	56 günlük	Şekil 5.6
	90 günlük	Şekil 5.7
Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi		Şekil 5.8
Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi	%0 karışım oranlı	Şekil 5.9
	%5 karışım oranlı	Şekil 5.10
	%10 karışım oranlı	Şekil 5.11
	%25 karışım oranlı	Şekil 5.12
	%50 karışım oranlı	Şekil 5.13
	%75 karışım oranlı	Şekil 5.14
Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi		Şekil 5.15

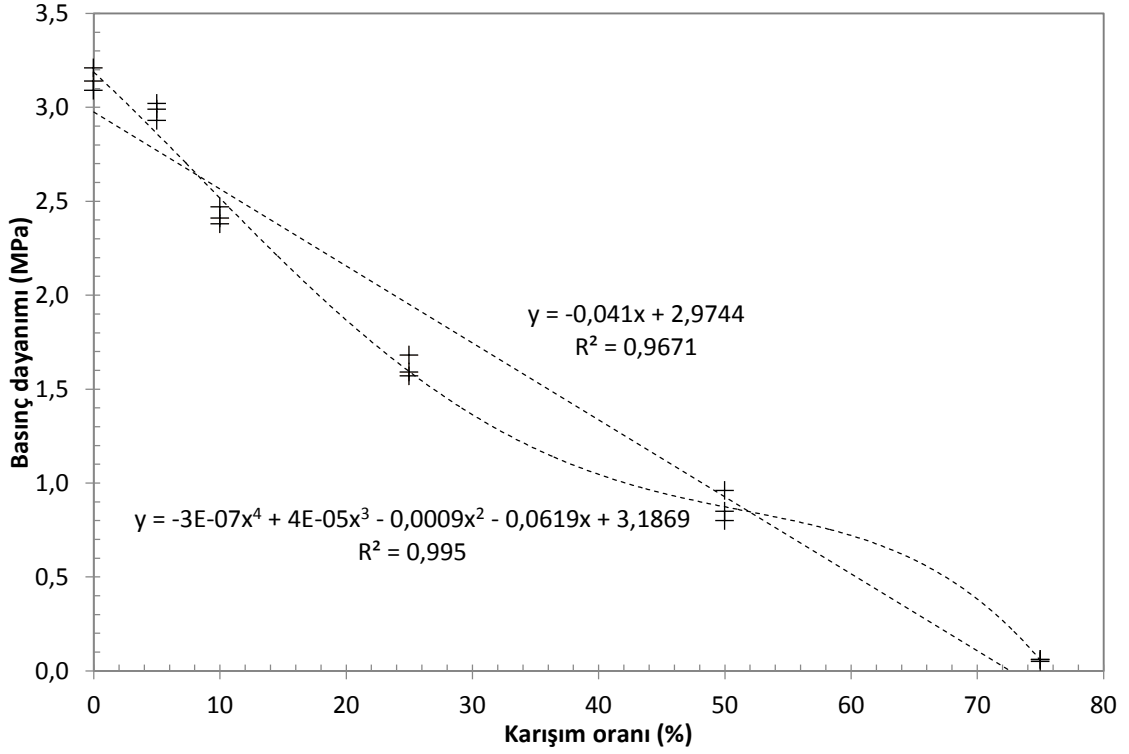


Şekil 5.1 1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi

*Şekil 5.1'*de, her bir karışım oranı için 3'er adet olmak üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin 1. günde ölçülen basınç dayanım değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, 1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen basınç dayanımları, atık-çimento karışım oranının artmasıyla azalış göstermiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numunenin basınç dayanımı azalmıştır. Özellikle düşük karışım oranlarında nispeten yüksek gerçekleşen basınç dayanımları, karışım oranının artmasıyla birlikte daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Değerlerdeki bu azalış, tam bir doğrusallık göstermemektedir. Bu azalışın sebebinin, artan atık miktarı karşısında çimento bileşenlerinin birbiri ile bağ kurup dayanım sağlamasının engellenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, 1 günden daha yaşlı (3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de basınç dayanımlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış göstereceği beklenmektedir.

Ayrıca *Şekil 5.1'*den görüldüğü üzere, 1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanımları, karışım oranının artmasıyla azalıyor olsa da nihayetinde malzemenin bir dayanım kazanmaya başladığını göstermektedir. Lakin bu basınç dayanım değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Bu sebeple, burada verilen basınç dayanımı değerleri *5.2.1 Basınç Dayanımı Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi* başlığı altında beton sınıflarına ait basınç dayanımı değerleri ile mukayese edilerek değerlendirilmiştir. Basınç dayanımının numune yaşı ile olan ilişkisi ise daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanım değerlerinin ölçülmesiyle ortaya koyulabilecektir. Ancak yine de 1. gün sertleşme sürecinin henüz başlarında olunmasından dolayı çimento bileşenlerinin dayanımı artıracak etkin bir bağlanmanın henüz başlangıcında olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki 1 günden daha yaşlı (3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde basınç dayanımlarının genel olarak daha yüksek gerçekleşeceği beklenmektedir.

3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi ise *Şekil 5.2'*de verilmiştir.



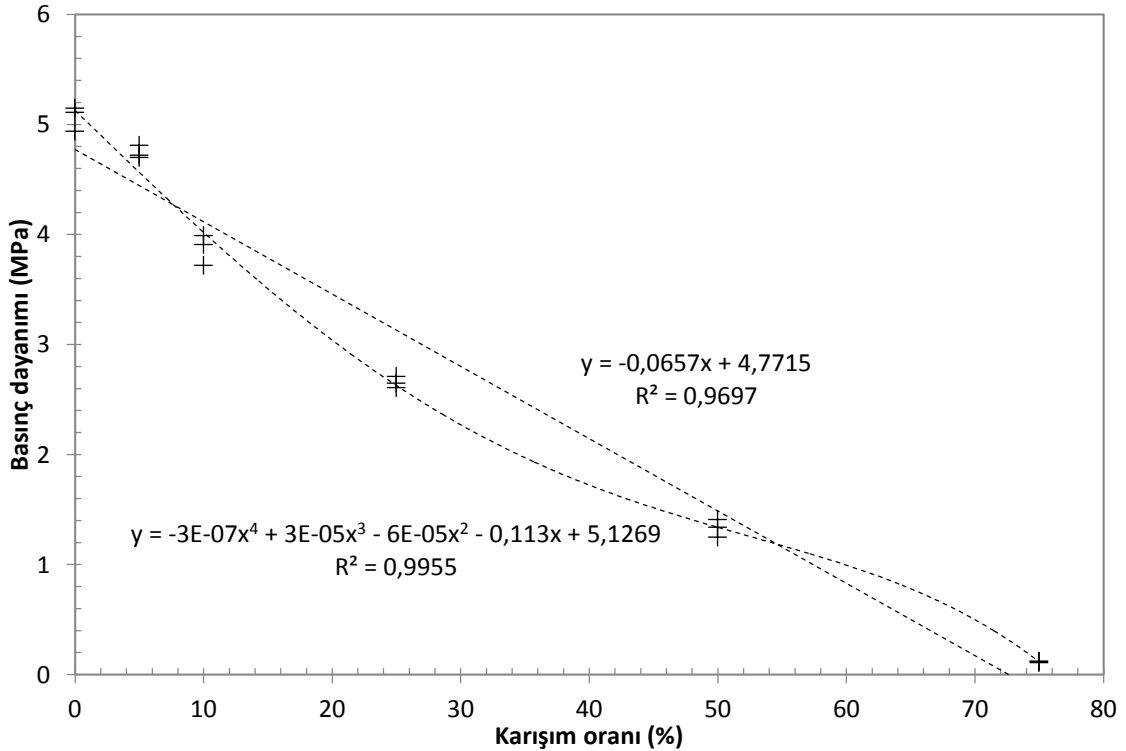
Şekil 5.2 3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi

Şekil 5.2'de, her bir karışım oranı için 3'er adet olmak üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin 3. günde ölçülen basınç dayanım değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, 3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen basınç dayanımları, beklendiği şekilde önceki daha genç (1 günlük) numunelerde olduğu gibi, atık-çimento karışım oranının artmasıyla azalış göstermiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numunenin basınç dayanımı azalmıştır. Değerlerdeki bu azalış, yine tam bir doğrusallık göstermemektedir. Bu durum, numunelerdeki atık-çimento etkileşiminin önceki numunelerdekilere benzer olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, 3 günden daha yaşlı (7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de basınç dayanımlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış göstereceği beklentisi aşağıda araştırılacaktır.

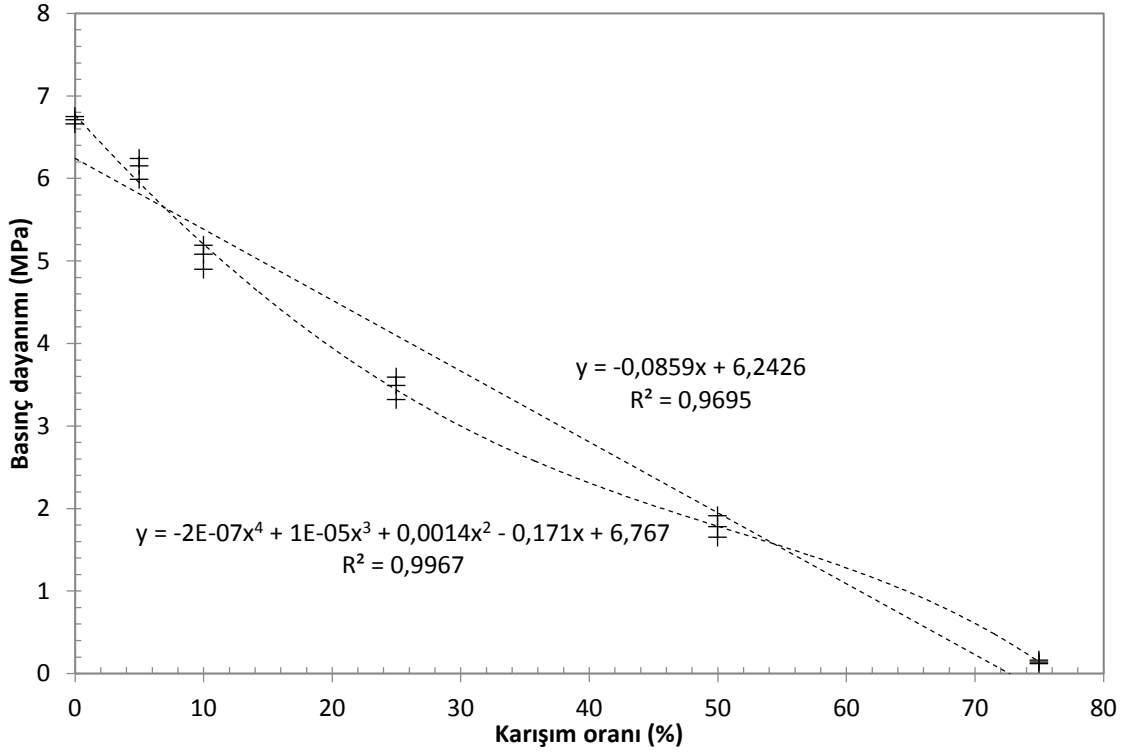
Ayrıca Şekil 5.2'den görüldüğü üzere, 3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanımları, beklendiği şekilde önceki daha genç (1 günlük) numunelerin basınç dayanımlarından genel olarak daha yüksek gerçekleşmiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numunenin basınç dayanımı da artmıştır. Bu artışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento

bileşenlerinin atık varlığına rağmen tıpkı betonda olduğu gibi birbiri ile daha etkin bağ kurup dayanım sağlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki 3 günden daha yaşlı (7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde basınç dayanımlarının genel olarak daha da yüksek gerçekleşeceği beklenmektedir.

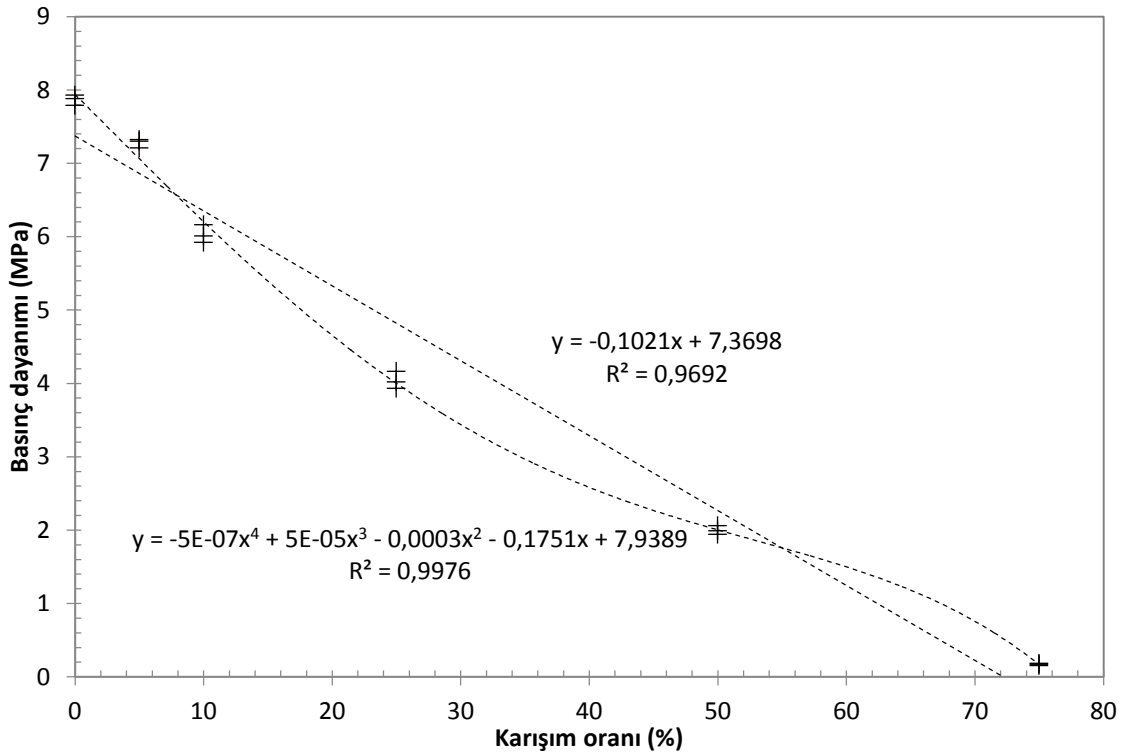
7 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi, Şekil 5.3’de; 14 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi, Şekil 5.4’de; 28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi, Şekil 5.5’de; 56 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi, Şekil 5.6’da; 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi ise Şekil 5.7’de verilmiştir.



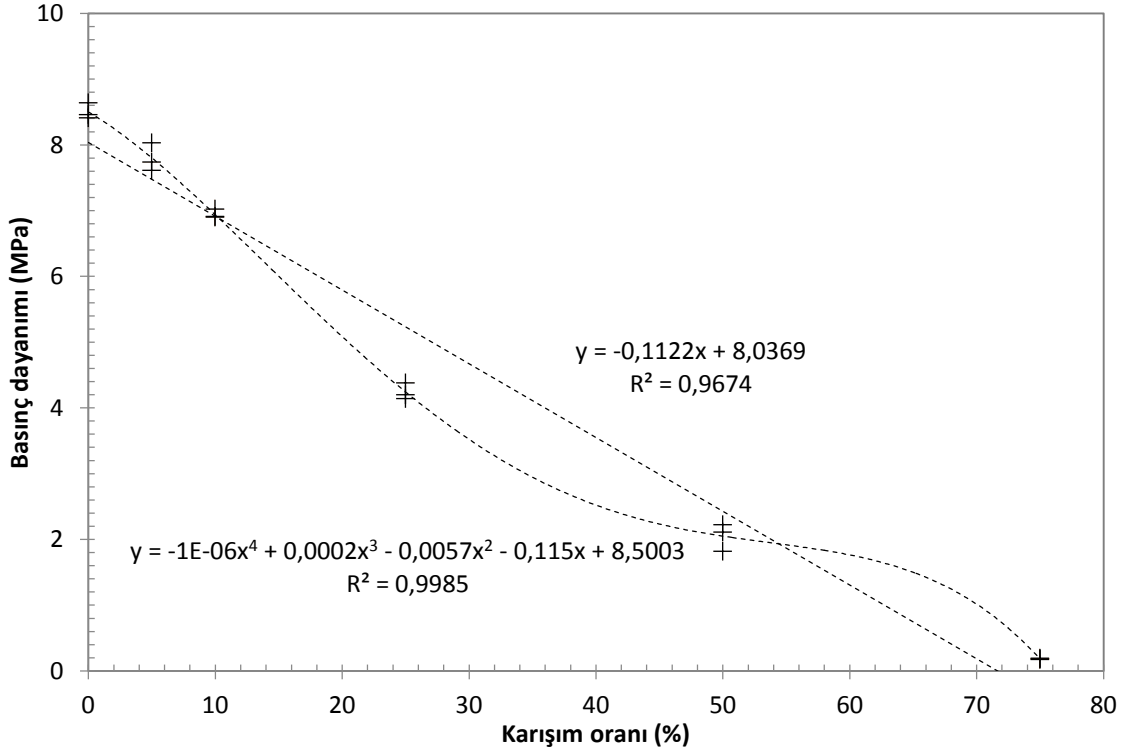
Şekil 5.3 7 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi



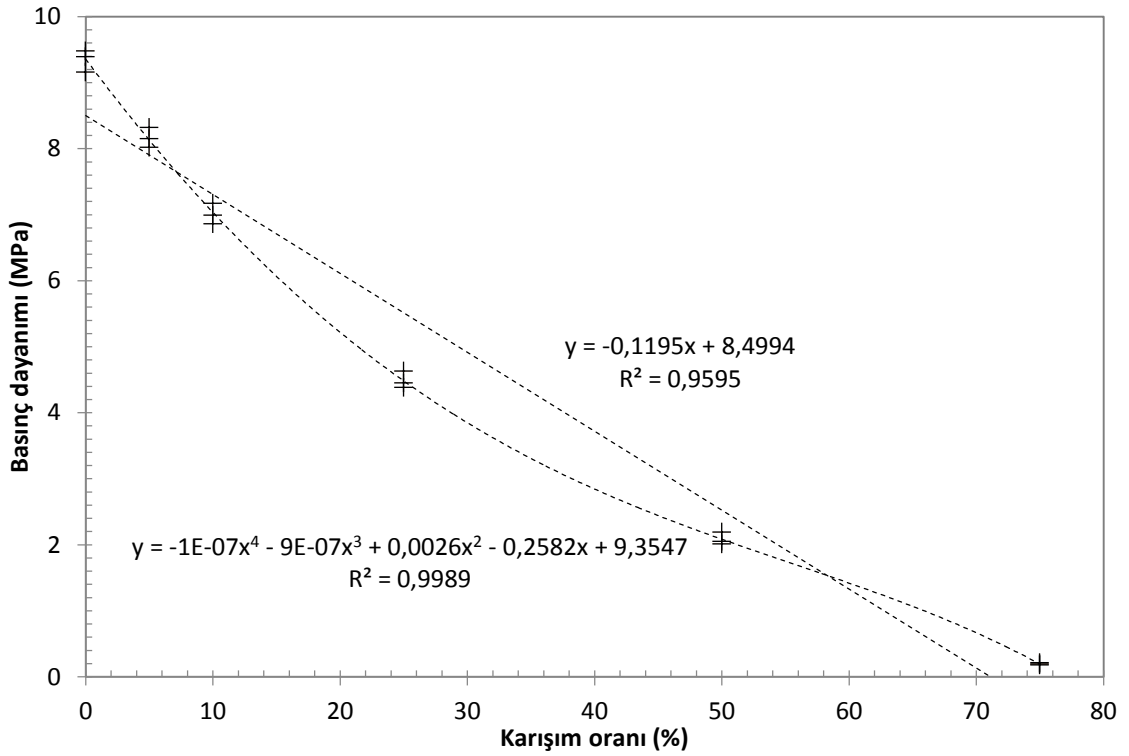
Şekil 5.4 14 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi



Şekil 5.5 28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi



Şekil 5.6 56 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi



Şekil 5.7 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi



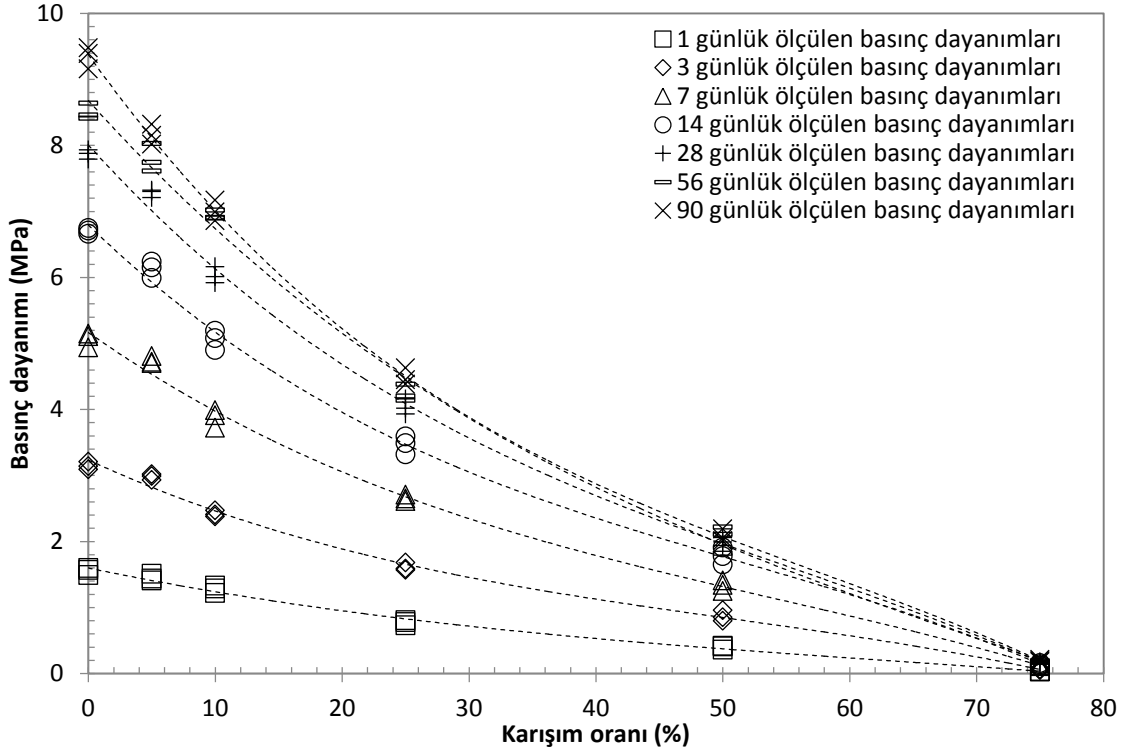
*Şekil 5.7'*de, her bir karışım oranı için 3'er adet olmak üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin 90. günde ölçülen basınç dayanım değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanımları, beklendiği şekilde önceki daha genç (1, 3, 7, 14, 28 ve 56 günlük) numunelerde olduğu gibi, atık-çimento karışım oranının artmasıyla azalış göstermiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numunenin basınç dayanımı azalmıştır. Değerlerdeki bu azalış, önceki denemelerde olduğu gibi tam bir doğrusallık göstermemektedir. Bu durum, genel bir durum olarak, numunelerdeki atık-çimento etkileşiminin önceki numunelerdekilere benzer olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, 90 günden daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde de basınç dayanımlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış göstereceği beklenir.

Ayrıca *Şekil 5.7'*den görüldüğü üzere, 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanımları, beklendiği şekilde önceki daha genç (1, 3, 7, 14, 28 ve 56 günlük) numunelerin basınç dayanımlarından genel olarak daha yüksek gerçekleşmiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numunenin basınç dayanımı da artmıştır. Bu artış eğilimi, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki 90 günden daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde basınç dayanımlarının genel olarak çok az da olsa daha da yüksek gerçekleşeceği beklenir.

Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi, *Şekil 5.8'*de verilmiştir.

*Şekil 5.8'*den görüldüğü üzere, tüm katılaştırılmış malzeme numuneleri belli oranlarda dayanım kazanmıştır. Lakin bu basınç dayanım değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Bu sebeple, burada verilen basınç dayanımı değerleri *5.2.1 Basınç Dayanımı Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi* başlığı altında beton sınıflarına ait basınç dayanımı değerleri ile mukayese edilerek değerlendirilmiştir.

Ayrıca *Şekil 5.8'*den görüldüğü üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin aynı günlerde ölçülen basınç dayanımları, numunenin atık-çimento karışım oranı arttıkça düşmüş; %0, %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranlı numunelerin basınç dayanımları sırasıyla



Şekil 5.8 Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının karışım oranlarına göre değişimi

azalmıştır. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numunenin basınç dayanımı azalmıştır. Özellikle düşük karışım oranlarında nispeten yüksek gerçekleşen basınç dayanımları, karışım oranının artmasıyla birlikte daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Bu azalışın sebebinin, artan atık miktarı karşısında çimento bileşenlerinin birbiri ile bağ kurup dayanım sağlamasının engellenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde basınç dayanımlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış gösterdiği görülmektedir. Değerlerdeki bu azalış, doğrusal bir şekilde gerçekleşmemiştir. Çünkü numunedeki atık miktarının artması ile basınç dayanımında meydana gelen azalış, atığın çimento bileşenleri arasında sağlam bir bağ kurulmasını engellediği düşünüldüğü için bu engellenmenin atık miktarının doğrusal artışı ile doğrusal bir şekilde azalması beklenemez. Zira bu durum numunenin içerisindeki atığın homojenliğinden atığın karışım içerisinde homojen bir şekilde dağılmasına kadar daha birçok diğer faktöre bağlıdır.

Ayrıca *Şekil 5.8*'den görüldüğü üzere, aynı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen basınç dayanımları, numunenin yaşı arttıkça yükselmiş; 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük numunelerin basınç dayanımları sırasıyla artmıştır. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numunenin basınç dayanımı da artmıştır. Bu artışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin atık varlığına rağmen tıpkı betonda olduğu gibi birbiri ile daha etkin bağ kurup dayanım sağlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde basınç dayanımlarının genel olarak daha yüksek gerçekleştiği görülmektedir.

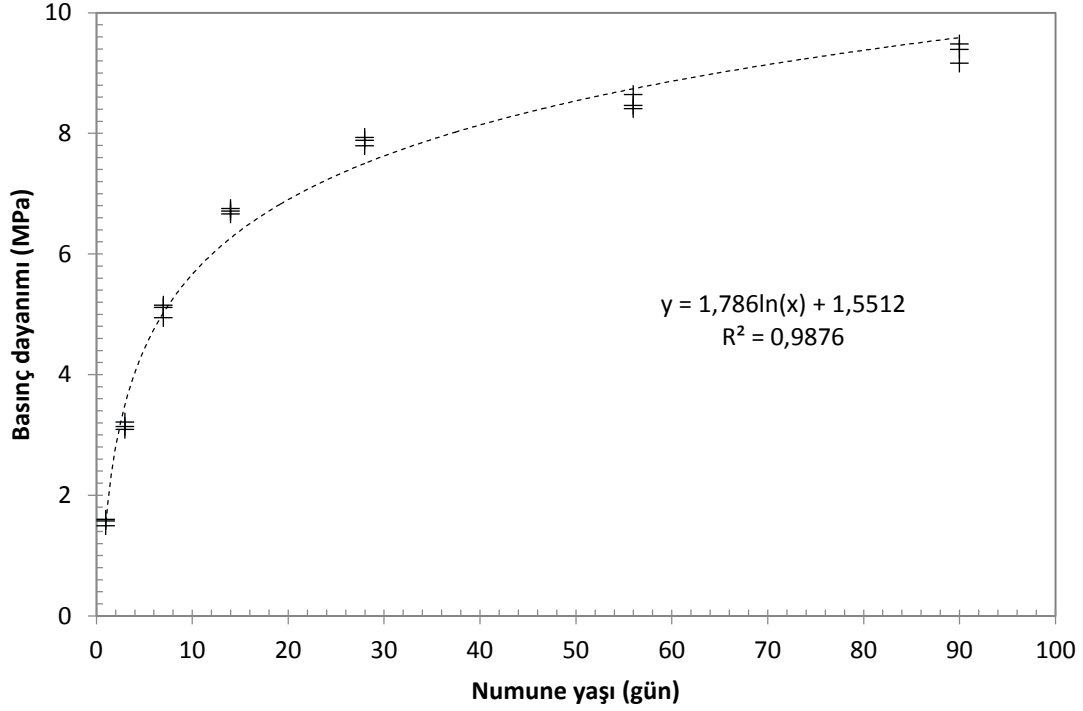
*Şekil 5.8*'de verilmiş olan değerlere göre çizilmiş eğim çizgilerinin denklemleri *Çizelge 5.2*'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Şekil 5.8'deki eğim çizgilerinin denklemleri

Numune yaşı (gün)	Denklem	R <sup>2</sup>
1	$y_1 = -2E-06x^3 + 0,0004x^2 - 0,0398x + 1,5991$	0,9911
3	$y_3 = -8E-06x^3 + 0,0012x^2 - 0,0885x + 3,2349$	0,9935
7	$y_7 = -1E-05x^3 + 0,0017x^2 - 0,1349x + 5,1663$	0,9951
14	$y_{14} = -2E-05x^3 + 0,0025x^2 - 0,1859x + 6,7939$	0,9966
28	$y_{28} = -2E-05x^3 + 0,0026x^2 - 0,2121x + 8,0056$	0,9972
56	$y_{56} = -1E-05x^3 + 0,0021x^2 - 0,2138x + 8,6783$	0,9958
90	$y_{90} = -2E-05x^3 + 0,0035x^2 - 0,2686x + 9,3734$	0,9989

Denklemlerde yer alan  $x$ , numunenin atık-çimento karışım oranını;  $y_i$  ise numunenin basınç dayanım değerini ifade etmektedir. Bu denklemler sayesinde, numune yaşı bilinen katılaştırılmış malzeme numuneleri için atık-çimento karışım oranı bilindiğinde veya seçildiğinde ( $x$  yerine karışım oranı yazıldığında) numunenin çıkması muhtemel basınç dayanımı ( $y_i$ ) tahmin edilebilmektedir. Aynı şekilde, numunenin sahip olması istenen veya gereken basınç dayanımı ( $y_i$ ) seçildiğinde de hazırlanması gereken en yüksek atık-çimento karışım oranı ( $x$ ) bulunabilmektedir.

%0 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi, *Şekil 5.9*'da verilmiştir.



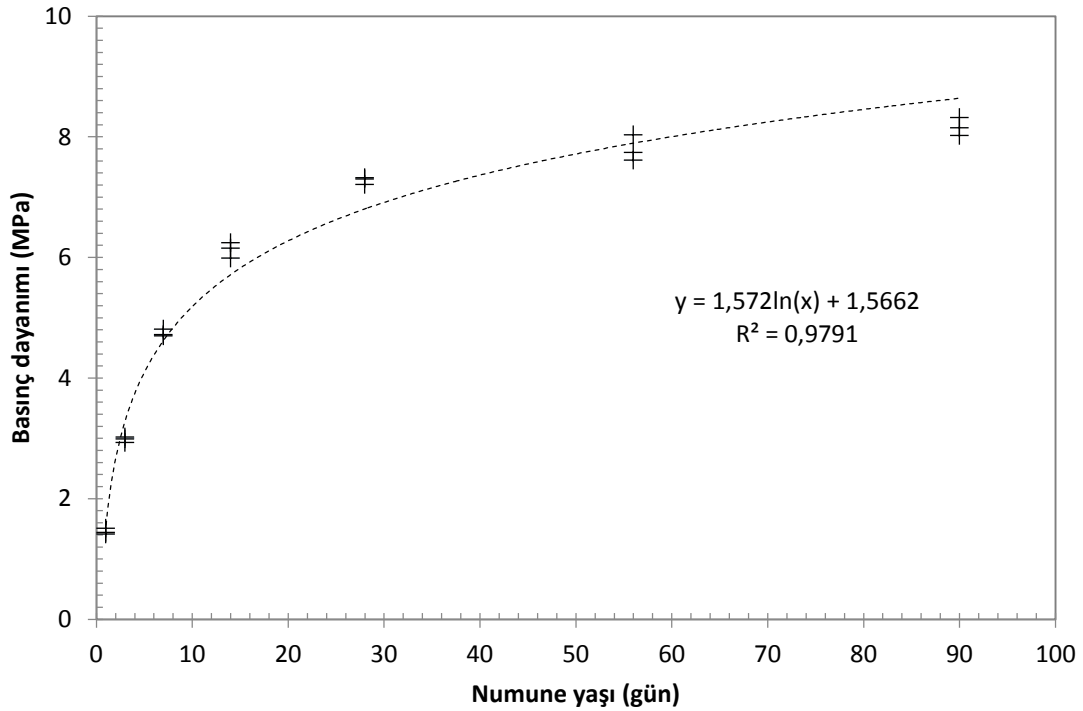
Şekil 5.9 %0 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi

Şekil 5.9'da, her bir numune yaşı için 3'er adet olmak üzere, %0 atık-çimento karışım oranlarında, yani hiç atık katılmadan sadece çimento ve su ile hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen basınç dayanım değerleri verilmiştir. Bu numunelerde hiç atık bulunmadığı için kontrol numunesi olarak belirlenmişlerdir. Görüldüğü üzere, %0 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen basınç dayanımları, zamanla gelişim sergilemiş, numune yaşının artmasıyla artış göstermiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numunenin basınç dayanımı da artmıştır. Özellikle ilk günler nispeten düşük gerçekleşen basınç dayanımları, ilerleyen günlerde sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Değerlerdeki bu artış, tam bir doğrusallık göstermemiş, normal betonun basınç dayanımı gelişimine benzerlik göstermiştir. Bu artışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin tıpkı betonda olduğu gibi birbiri ile daha etkin bağ kurup dayanım sağlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, atık-çimento karışım oranının %0'dan daha yüksek olduğu (%5, %10, %25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de basınç

dayanımlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış göstereceği beklenmektedir.

Ayrıca *Şekil 5.9*'dan görüldüğü üzere, %0 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanımları ilk günler düşük olsa da nihayetinde malzemenin bir dayanım kazandığını göstermektedir. Lakin bu basınç dayanım değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Basınç dayanımının karışım oranı ile olan ilişkisi ise içerisinde atık bulunan katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanım değerlerinin ölçülmesiyle ortaya koyulabilecektir.

%5 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi ise *Şekil 5.10*'da verilmiştir.



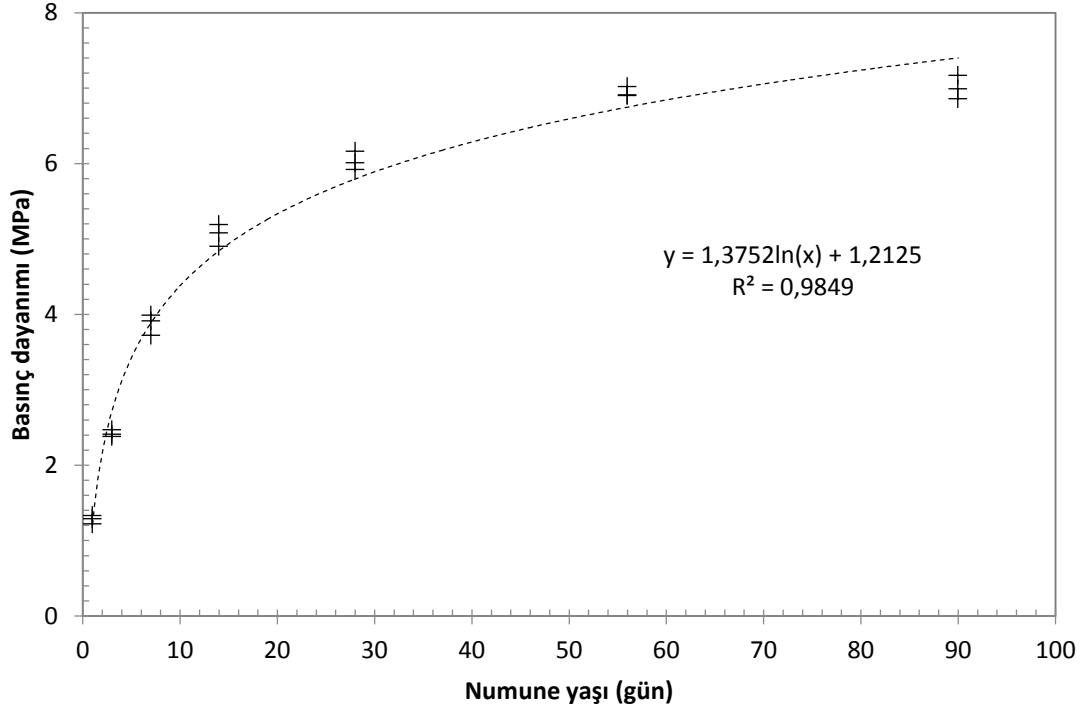
Şekil 5.10 %5 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi

*Şekil 5.10*'da, her bir numune yaşı için 3'er adet olmak üzere, %5 atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen basınç dayanım değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, %5 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen basınç dayanımları, beklendiği şekilde önceki kontrol numunelerinde (%0 atık-çimento karışım oranlı) olduğu gibi, numune yaşının artmasıyla artış göstermiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren

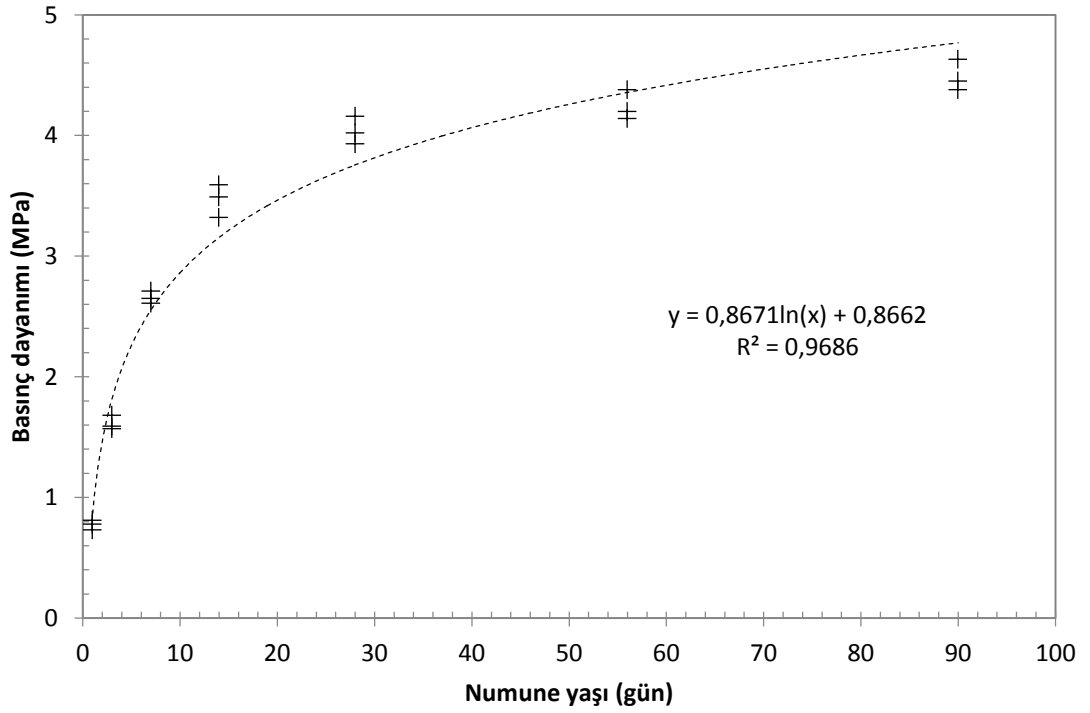
geçen zaman) arttığında numunenin basınç dayanımı da artmıştır. Özellikle ilk günler nispeten düşük gerçekleşen basınç dayanımları, ilerleyen günlerde sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Değerlerdeki bu artış, yine tam bir doğrusallık göstermemiş, normal betonun basınç dayanımı gelişimine benzerlik göstermiştir. Bu artışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin atık varlığına rağmen tıpkı betonda olduğu gibi birbiri ile daha etkin bağ kurup dayanım sağlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, atık-çimento karışım oranının %5'den daha yüksek olduğu (%10, %25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de basınç dayanımlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir artış göstereceği beklenmektedir.

Ayrıca *Şekil 5.10*'dan görüldüğü üzere, %5 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanımları, kendinden önceki kontrol numunesi olan %0 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanımlarından genel olarak daha düşük gerçekleşmiştir. Lakin bu basınç dayanım değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Basınç dayanımının karışım oranı ile olan ilişkisi ise daha yüksek atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanım değerlerinin ölçülmesiyle ortaya koyulabilecektir. Ancak yine de değerlerdeki bu azalışın sebebinin, atığın çimento bileşenleri arasındaki bağın sağlam kurulmasını engellemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki atık-çimento karışım oranının %5'den daha yüksek olduğu (%10, %25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde basınç dayanımlarının genel olarak daha düşük gerçekleşeceği beklenmektedir.

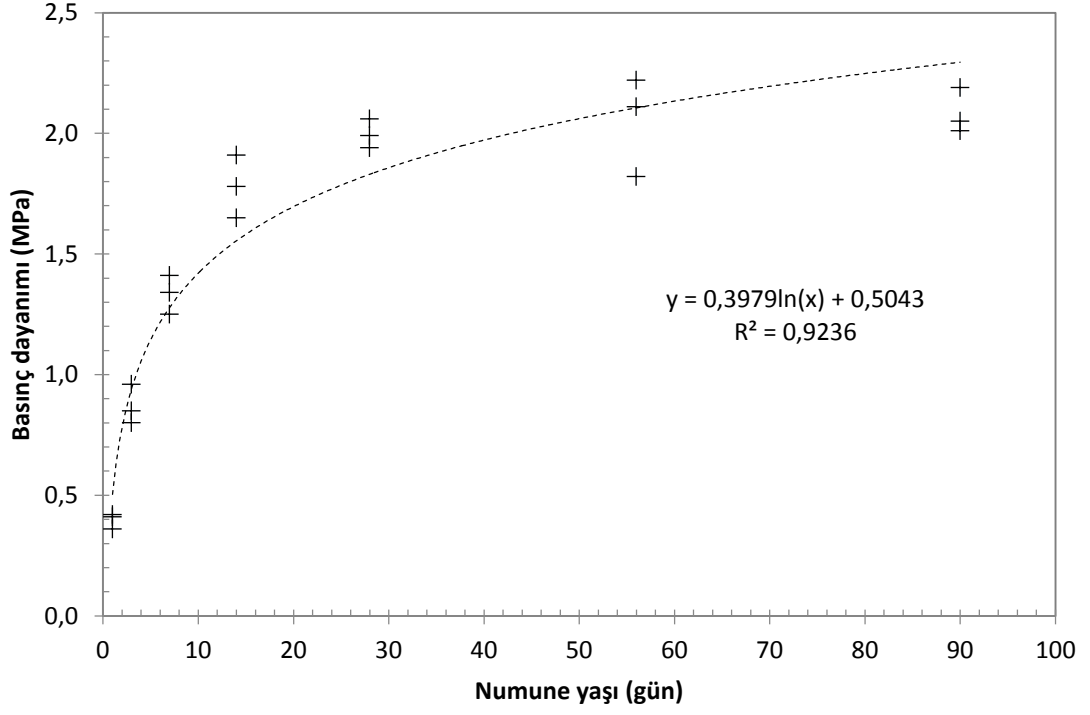
%10 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi, *Şekil 5.11*'de; %25 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi, *Şekil 5.12*'de; %50 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi, *Şekil 5.13*'de; %75 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi ise *Şekil 5.14*'de verilmiştir.



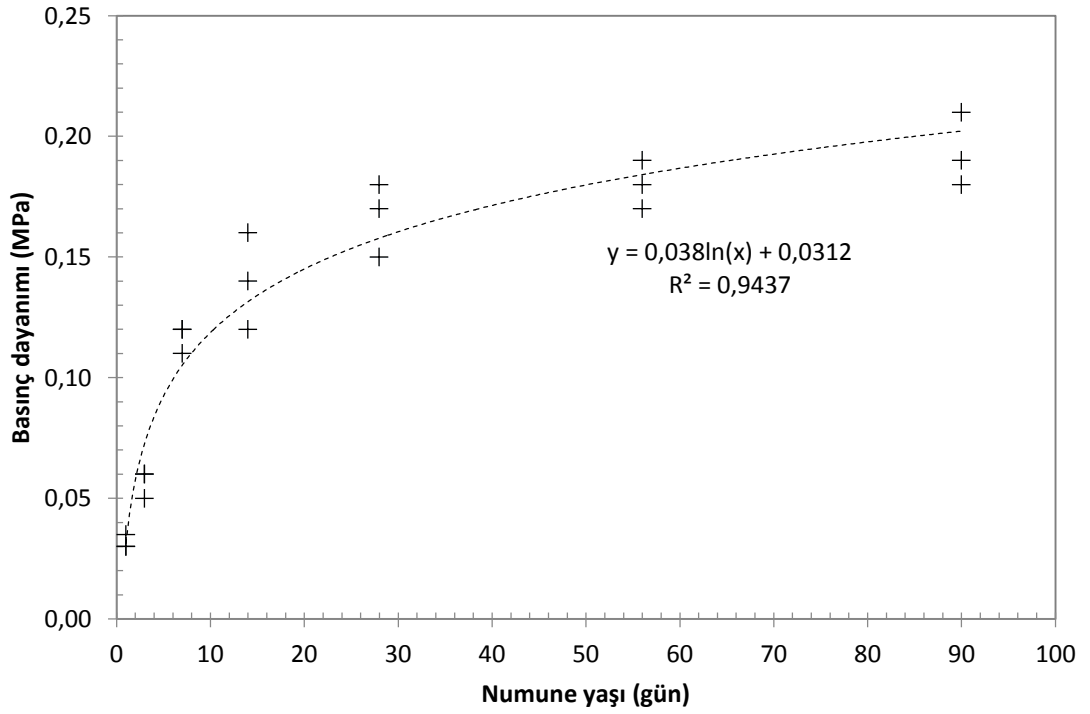
Şekil 5.11 %10 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi



Şekil 5.12 %25 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi



Şekil 5.13 %50 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi



Şekil 5.14 %75 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi

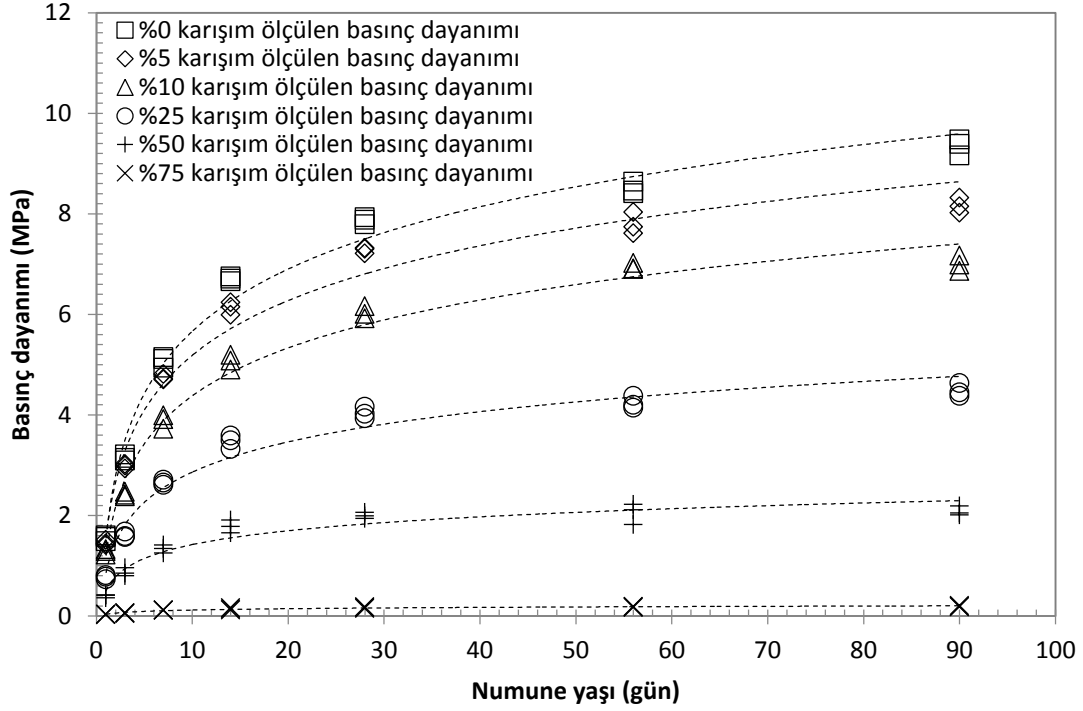


*Şekil 5.14'* de, her bir numune yaşı için 3'er adet olmak üzere, %75 atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen basınç dayanım değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, %75 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen basınç dayanımları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük (%0, %5, %10, %25 ve %50) atık-çimento karışım oranlı numunelerde olduğu gibi, numune yaşının artmasıyla artış göstermiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numunenin basınç dayanımı da artmıştır. Değerlerdeki bu artış, yine tam bir doğrusallık göstermemiş, normal betonun basınç dayanımı gelişimine benzerlik göstermiştir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, atık-çimento karışım oranının %75'den daha yüksek olduğu katılaştırılmış malzeme numunelerinde de basınç dayanımlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir artış göstereceği beklenir.

Ayrıca *Şekil 5.14'* den görüldüğü üzere, %75 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin basınç dayanımları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük atık-çimento karışım oranlı (%0, %5, %10, %25 ve %50) numunelerin basınç dayanımlarından genel olarak daha düşük gerçekleşmiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (malzeme içerisindeki atık miktarı) arttığında numunenin basınç dayanımı azalmıştır. Bu, numunelerdeki atık-çimento etkileşiminin önceki numunelerdekilere benzer olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki atık-çimento karışım oranının %75'den daha yüksek olduğu katılaştırılmış malzeme numunelerinde basınç dayanımlarının genel olarak daha da düşük gerçekleşeceği beklenir.

Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi, *Şekil 5.15'* de verilmiştir.

*Şekil 5.15'* den görüldüğü üzere, tüm katılaştırılmış malzeme numuneleri belli oranlarda dayanım kazanmıştır. Lakin bu basınç dayanım değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Bu sebeple, burada verilen basınç dayanımı değerleri *5.2.1 Basınç Dayanımı Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi* başlığı altında beton sınıflarına ait basınç dayanımı değerleri ile mukayese edilerek değerlendirilmiştir.



Şekil 5.15 Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen basınç dayanımlarının numune yaşlarına göre değişimi

Ayrıca Şekil 5.15’den görüldüğü üzere, aynı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen basınç dayanımları, numunenin yaşı arttıkça yükselmiş; 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük numunelerin basınç dayanımları sırasıyla artmıştır. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numunenin basınç dayanımı da artmıştır. Özellikle ilk günler nispeten düşük gerçekleşen basınç dayanımları, ilerleyen günlerde sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Değerlerdeki bu artış, tam bir doğrusallık göstermemiş, normal betonun basınç dayanımı gelişimine benzerlik göstermiştir. Bu artışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin atık varlığına rağmen tıpkı betonda olduğu gibi birbiri ile daha etkin bağ kurup dayanım sağlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde basınç dayanımlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir artış gösterdiği görülmektedir.

Ayrıca Şekil 5.15’den görüldüğü üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin aynı günlerde ölçülen basınç dayanımları, numunenin atık-çimento karışım oranı arttıkça düşmüştür; %0, %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranlı numunelerin basınç dayanımları sırasıyla azalmıştır. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numunenin basınç dayanımı azalmıştır. Bu azalışın sebebinin, artan atık miktarı karşısında çimento bileşenlerinin birbiri ile bağ kurup dayanım sağlamasının engellenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki daha yüksek atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde basınç dayanımlarının genel olarak daha düşük gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 5.15’de verilmiş olan değerlere göre çizilmiş eğim çizgilerinin denklemleri Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Şekil 5.15’deki eğim çizgilerinin denklemleri

Karışım oranı (%)	Denklem	R <sup>2</sup>
0	$y_0 = 1,7860\ln(x) + 1,5512$	0,9876
5	$y_5 = 1,5720\ln(x) + 1,5662$	0,9791
10	$y_{10} = 1,3752\ln(x) + 1,2125$	0,9849
25	$y_{25} = 0,8671\ln(x) + 0,8662$	0,9686
50	$y_{50} = 0,3979\ln(x) + 0,5043$	0,9236
75	$y_{75} = 0,0380\ln(x) + 0,0312$	0,9437

Denklemlerde yer alan  $x$ , numunenin yaşını;  $y_j$  ise numunenin basınç dayanım değerini ifade etmektedir. Bu denklemler sayesinde, atık-çimento karışım oranı bilinen katılaştırılmış malzeme numuneleri için numune yaşı bilindiğinde veya seçildiğinde ( $x$  yerine numune yaşı yazıldığında) numunenin çıkması muhtemel basınç dayanımı ( $y_j$ ) tahmin edilebilmektedir. Aynı şekilde, numunenin sahip olması istenen veya gereken basınç dayanımı ( $y_j$ ) seçildiğinde de numunenin bu dayanıma kavuşması için gereken en düşük süre (numune yaşı) ( $x$ ) bulunabilmektedir.

### 5.1.2 TCLP Deney Sonuçları

Farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış olan katılaştırılmış malzeme numuneleri farklı zamanlarda TCLP testine tabi tutularak içerisindeki kirleticilerin çevreye sızabilirliklerinin zamansal gelişimi tespit edilmiştir. İzlenecek kirleticiler, atık olarak kullanılan akümülatör imalat tesisi endüstriyel arıtma çamurundaki çevre ve insan sağlığı açısından izlenmesi önemli olan 3 kirletici, kurşun (Pb), krom (Cr) ve kadmiyum (Cd) olarak seçilmiştir. Bu kirleticilere ait sızma deneyi sonuçları aşağıda başlıklar hâlinde verilmiştir.

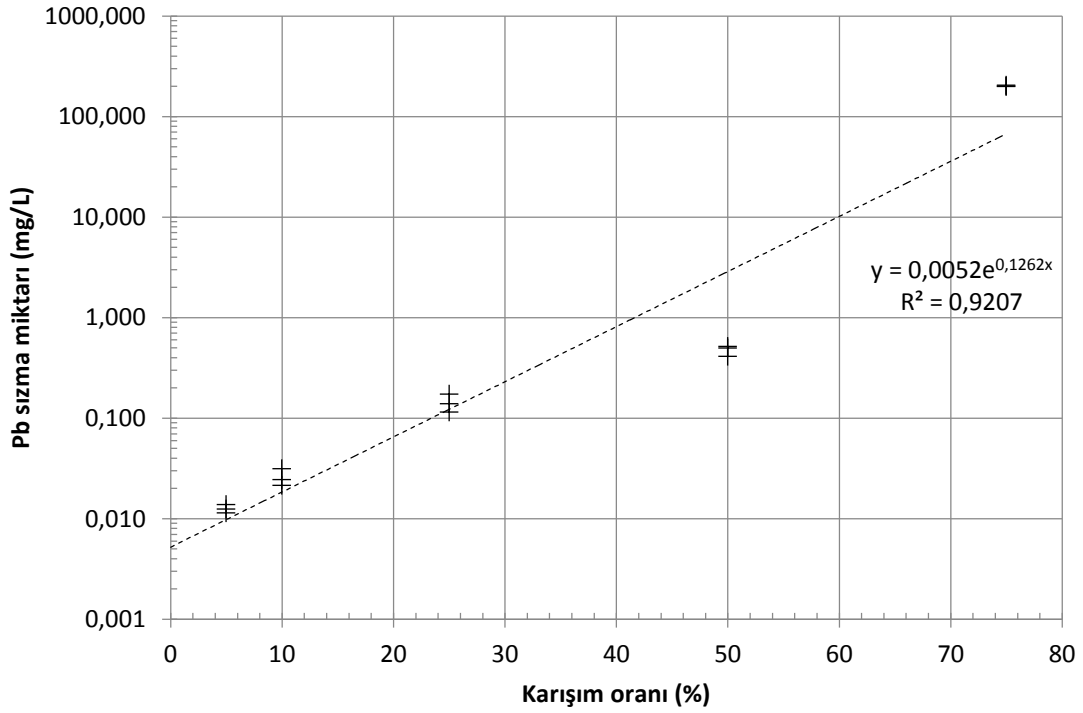
#### 5.1.2.1 Kurşun (Pb) Sızma Deneyi Sonuçları

Farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış olan katılaştırılmış malzeme numuneleri farklı zamanlarda TCLP testine tabi tutularak içerisindeki kurşunun çevreye sızabilirliğinin zamansal değişimi tespit edilmiştir. Her bir numune için yapılan deneyler aynı şartlarda 3 kez tekrarlanmıştır. Deneyler 3 kez tekrarlandığı için her bir karışım oranı ve numune yaşına karşılık, sonuçların verildiği şekillerde 3 farklı sızma değeri bulunmaktadır. Ölçülen kurşun (Pb) sızma miktarlarının verildiği şekilleri gösterir çizelge, Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Ölçülen kurşun (Pb) sızma miktarlarına ait şekilleri gösterir çizelge

Özellik / Parametre		Şekil numarası
Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi	1 günlük	Şekil 5.16
	3 günlük	Şekil 5.17
	7 günlük	Şekil 5.18
	14 günlük	Şekil 5.19
	28 günlük	Şekil 5.20
	56 günlük	Şekil 5.21
	90 günlük	Şekil 5.22
Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi		Şekil 5.23
Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi	%5 karışım oranlı	Şekil 5.24
	%10 karışım oranlı	Şekil 5.25
	%25 karışım oranlı	Şekil 5.26
	%50 karışım oranlı	Şekil 5.27
	%75 karışım oranlı	Şekil 5.28
Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi		Şekil 5.29

1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi ise Şekil 5.16'da verilmiştir.

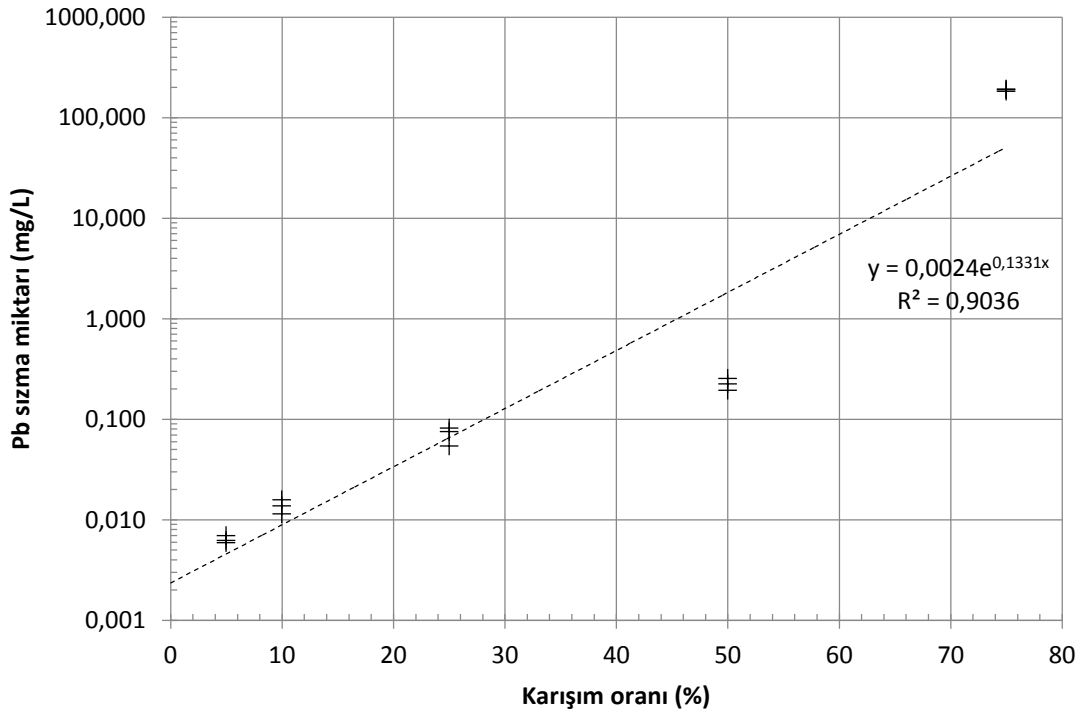


Şekil 5.16 1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

Şekil 5.16'da, her bir karışım oranı için 3'er adet olmak üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin 1. günde ölçülen Pb sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, 1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Pb sızma miktarları, atık-çimento karışım oranının artmasıyla artış göstermiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Pb miktarı da artmıştır. Özellikle düşük karışım oranlarında nispeten düşük gerçekleşen Pb sızma miktarları, karışım oranının artmasıyla birlikte çok daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Değerlerdeki bu artış, doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu artışın sebebinin, hem malzemedeki sızması muhtemel kirletici miktarının artmasından hem de çimento bileşenlerinin artan atık miktarını izole etmekte yetersiz kalmaları sonucu kirleticinin malzemedan ayrılmasının engellenemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, 1 günden daha yaşlı (3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Pb sızma miktarlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir artış göstereceği beklenmektedir.

Ayrıca Şekil 5.16'dan görüldüğü üzere, 1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin Pb sızma miktarları, karışım oranının azalmasıyla azalıyor olsa da nihayetinde malzemedeki bir sızma gerçekleştiğini göstermektedir. Lakin bu sızma değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Sızma derecesinin numune yaşı ile olan ilişkisi ise daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Pb sızma miktarı değerlerinin ölçülmesiyle ortaya koyulabilecektir. Ancak yine de 1. gün sertleşme sürecinin henüz başlarında olunmasından dolayı çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkili bir şekilde izole etmekte yetersiz kalmış olabilecekleri düşünülmektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki 1 günden daha yaşlı (3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde Pb sızma miktarlarının genel olarak daha düşük gerçekleşeceği beklenmektedir.

3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi ise Şekil 5.17'de verilmiştir.

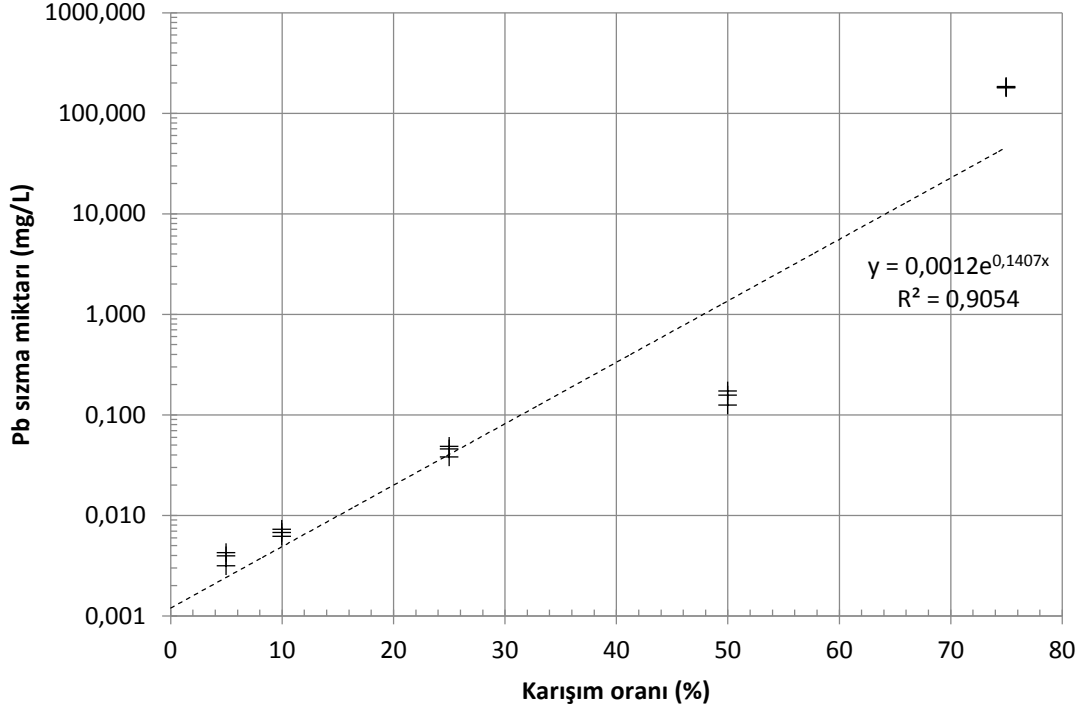


Şekil 5.17 3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

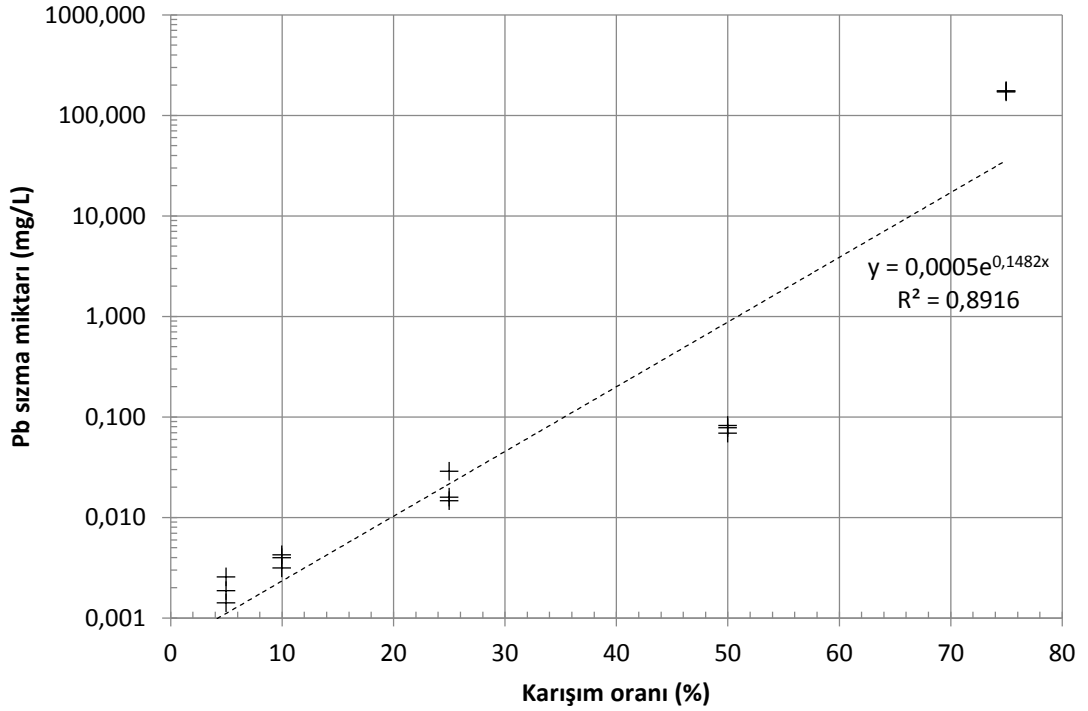
*Şekil 5.17'*de, her bir karışım oranı için 3'er adet olmak üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin 3. günde ölçülen Pb sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, 3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Pb sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha genç (1 günlük) numunelerde olduğu gibi, atık-çimento karışım oranının artmasıyla artış göstermiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Pb miktarı da artmıştır. Değerlerdeki bu artış, yine doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu, numunelerdeki atık-çimento etkileşiminin önceki numunelerdekilere benzer olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, 3 günden daha yaşlı (7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Pb sızma miktarlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir artış göstereceği beklenmektedir.

Ayrıca *Şekil 5.17'*den görüldüğü üzere, 3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin Pb sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha genç (1 günlük) numunelerin Pb sızma miktarlarından genel olarak daha düşük gerçekleşmiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Pb miktarı azalmıştır. Bu azalışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki 3 günden daha yaşlı (7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde Pb sızma miktarlarının genel olarak daha da düşük gerçekleşeceği beklenmektedir.

7 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, *Şekil 5.18'*de; 14 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, *Şekil 5.19'*de; 28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, *Şekil 5.20'*de; 56 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, *Şekil 5.21'*de; 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi ise *Şekil 5.22'*de verilmiştir.

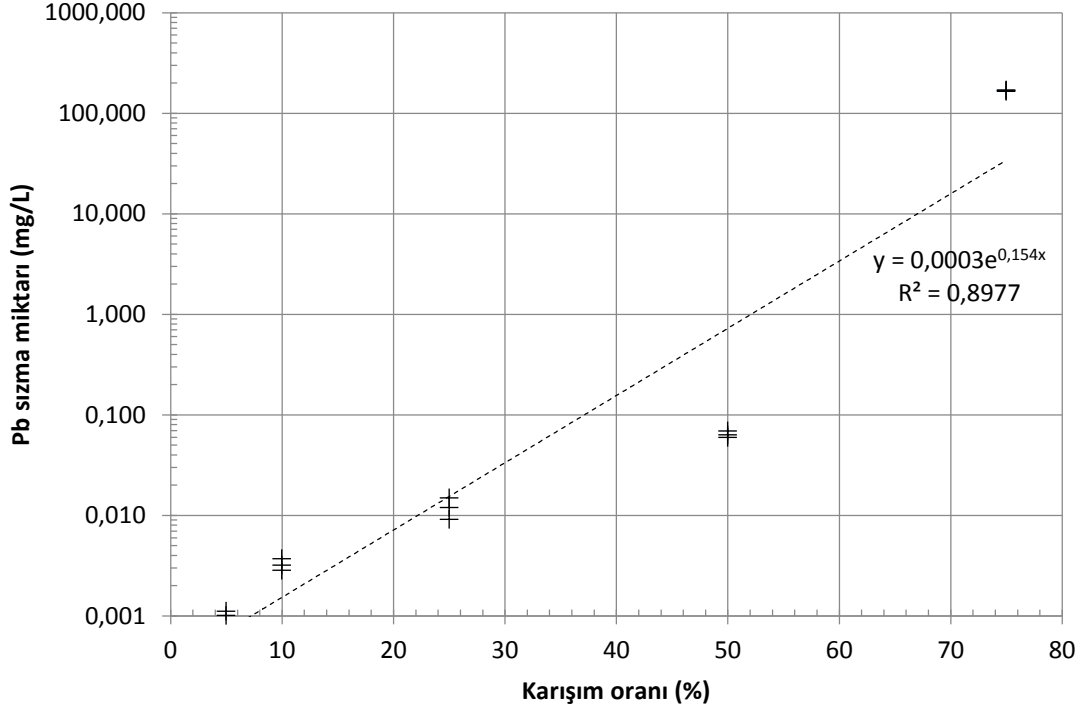


Şekil 5.18 7 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

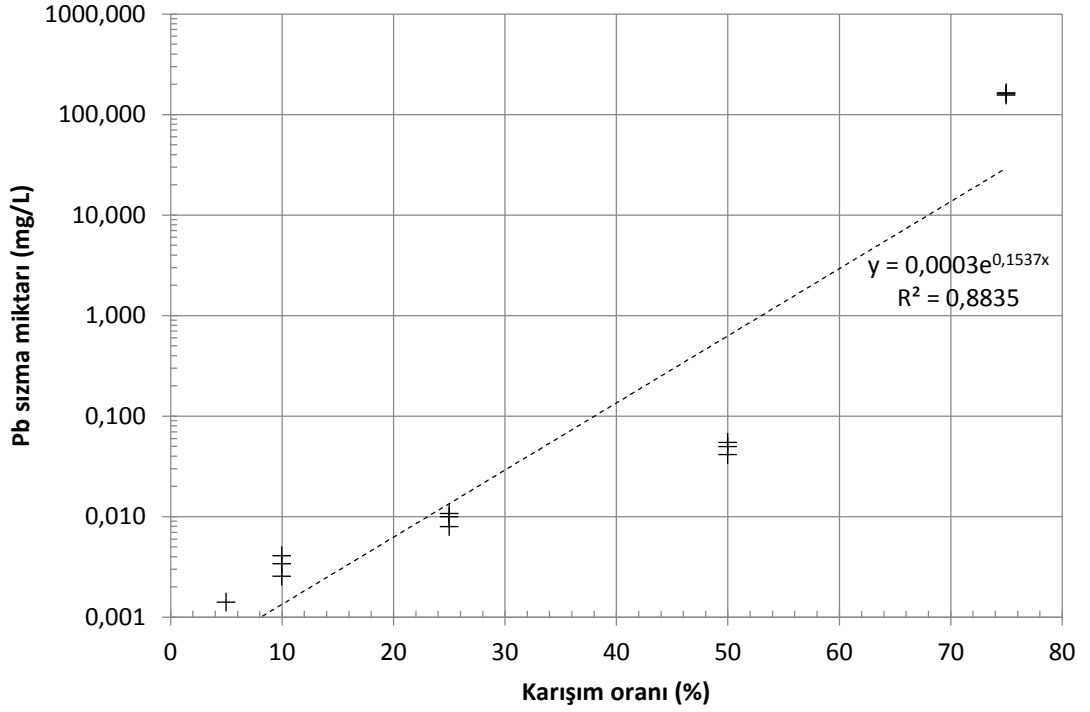


Şekil 5.19 14 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

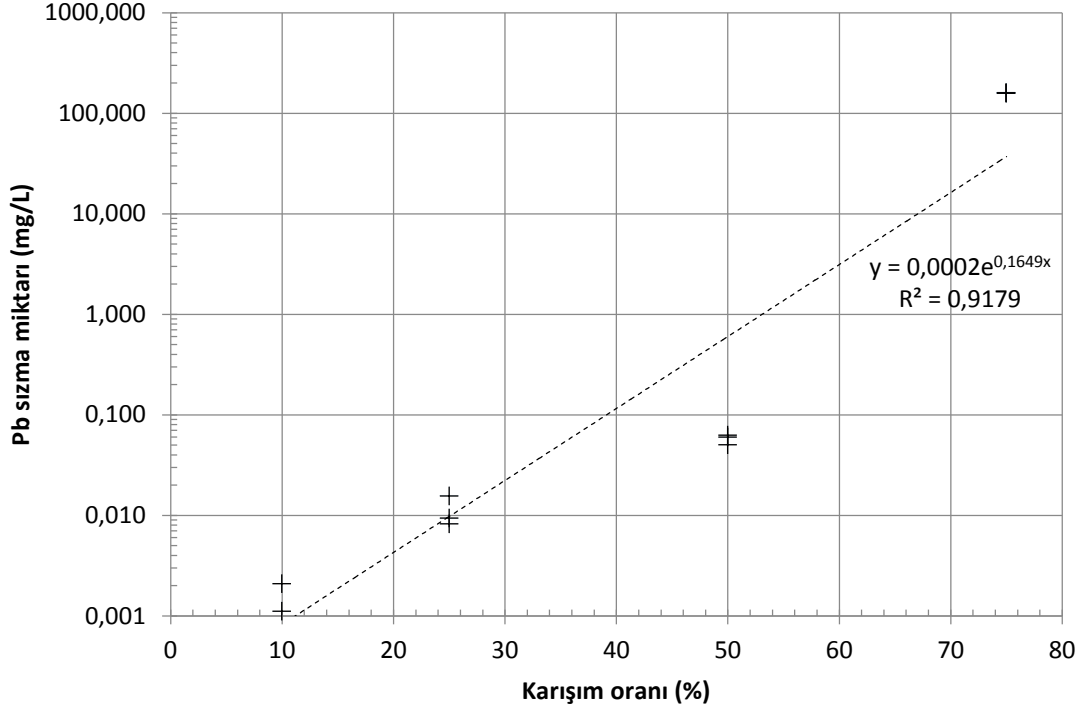




Şekil 5.20 28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi



Şekil 5.21 56 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi



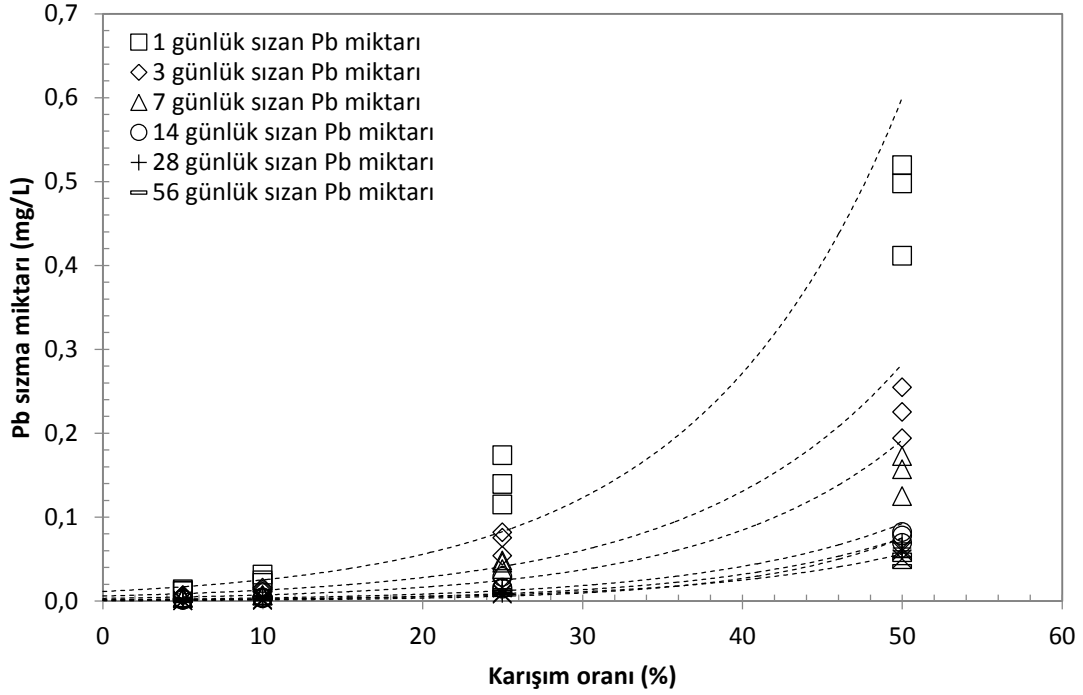
Şekil 5.22 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

Şekil 5.22’de, her bir karışım oranı için 3’er adet olmak üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin 90. günde ölçülen Pb sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Pb sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha genç (1, 3, 7, 14, 28 ve 56 günlük) numunelerde olduğu gibi, atık-çimento karışım oranının artmasıyla artış göstermiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Pb miktarı da artmıştır. Değerlerdeki bu artış, yine doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu durum, numunelerdeki atık-çimento etkileşiminin önceki numunelerdekilere benzer olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, 90 günden daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Pb sızma miktarlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir artış göstereceği beklenir.

Ayrıca Şekil 5.22’den görüldüğü üzere, 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin Pb sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha genç (1, 3, 7, 14, 28 ve 56 günlük) numunelerin Pb sızma miktarlarından genel olarak daha düşük gerçekleşmiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Pb miktarı azalmıştır. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme

sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki 90 günden daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde Pb sızma miktarlarının genel olarak daha da düşük gerçekleşeceği beklenir.

Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, Şekil 5.23’de verilmiştir.



Şekil 5.23 Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

Şekil 5.23’den görüldüğü üzere, tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde belli oranlarda Pb sızması gerçekleşmiştir. Lakin bu sızma değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Bu sebeple, burada verilen Pb sızma miktarı değerleri 5.2.2 *TCLP Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi* başlığı altında atıkların düzenli depo tesislerine depolanabilmesi için atık kabul kriterleri ile mukayese edilerek değerlendirilmiştir.

Ayrıca Şekil 5.23’den görüldüğü üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin aynı günlerde ölçülen Pb sızma miktarları, numunenin atık-çimento karışım oranı arttıkça yükselmiş; %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranlı numunelerin Pb sızma miktarları sırasıyla artmıştır. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık

miktarı) arttığında numuneden sızan Pb miktarı da artmıştır. Özellikle düşük karışım oranlarında nispeten düşük gerçekleşen Pb sızma miktarları, karışım oranının artmasıyla birlikte çok daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Bu artışın sebebinin, hem malzemedeki sızması muhtemel kirletici miktarının artmasından hem de çimento bileşenlerinin artan atık miktarını izole etmekte yetersiz kalmaları sonucu kirleticinin malzemedan ayrılmasının engellenememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde Pb sızma miktarlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir artış gösterdiği görülmektedir. Değerlerdeki bu artış, doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Çünkü numunedeki atık miktarının artması ile Pb sızma miktarında meydana gelen artış, atığın çimento birleşenleri arasında sağlam bir bağ kurulmasını engellediği düşünüldüğü için bu engellenmenin atık miktarının doğrusal artışı ile doğrusal bir şekilde artması beklenemez. Zira bu durum numunenin içerisindeki atığın homojenliğinden atığın karışım içerisinde homojen bir şekilde dağılmasına kadar daha birçok faktörlere bağlıdır.

Ayrıca *Şekil 5.23*'den görüldüğü üzere, aynı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Pb sızma miktarları, numunenin yaşı arttıkça düşmüştür; 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük numunelerin Pb sızma miktarları sırasıyla azalmıştır. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Pb miktarı azalmıştır. Bu azalışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde Pb sızma miktarlarının genel olarak daha düşük gerçekleştiği görülmektedir.

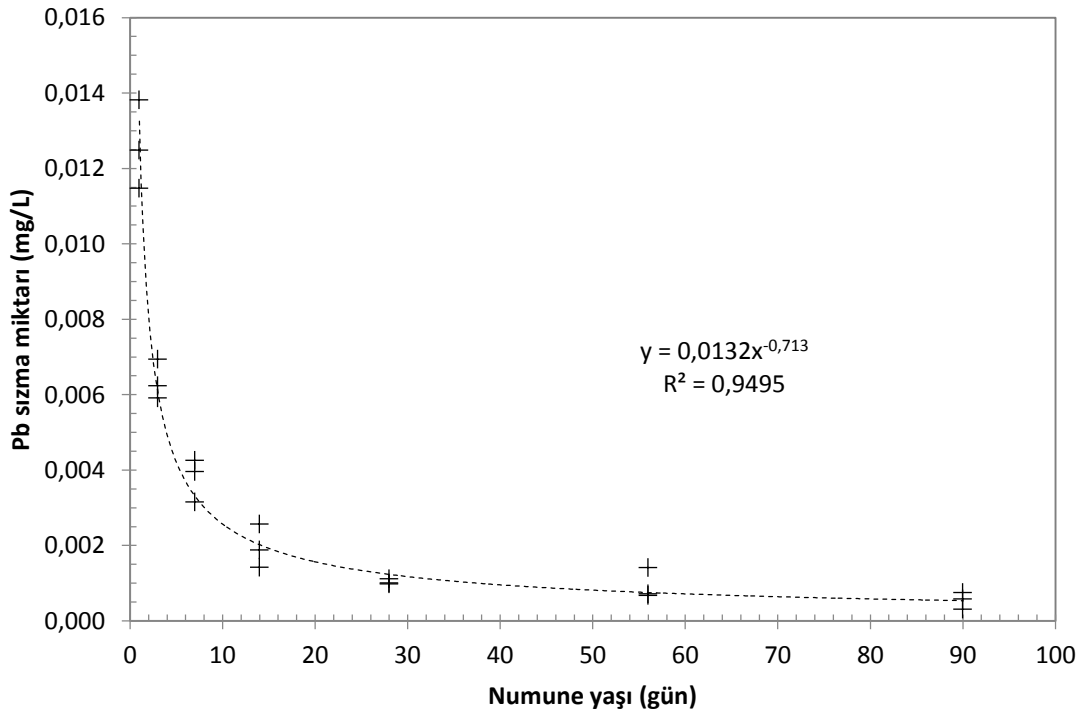
*Şekil 5.23*'de verilmiş olan değerlere göre çizilmiş eğim çizgilerinin denklemleri *Çizelge 5.5*'de verilmiştir.

Çizelge 5.5 Şekil 5.23'deki eğim çizgilerinin denklemleri

Numune yaşı (gün)	Denklem	R <sup>2</sup>
1	$y_1 = 0,0114e^{0,0792x}$	0,9393
3	$y_3 = 0,0060e^{0,0771x}$	0,9353
7	$y_7 = 0,0032e^{0,0819x}$	0,9423
14	$y_{14} = 0,0016e^{0,0806x}$	0,9459
28	$y_{28} = 0,0010e^{0,0859x}$	0,9546
56	$y_{56} = 0,0010e^{0,0812x}$	0,9223
90	$y_{90} = 0,0004e^{0,1025x}$	0,9332

Denklemlerde yer alan x, numunenin atık-çimento karışım oranını; y<sub>i</sub> ise numunenin Pb sızma miktarını ifade etmektedir. Bu denklemler sayesinde, numune yaşı bilinen katılaştırılmış malzeme numuneleri için atık-çimento karışım oranı bilindiğinde veya seçildiğinde (x yerine karışım oranı yazıldığında) numuneden sızması muhtemel Pb miktarı (y<sub>i</sub>) tahmin edilebilmektedir. Aynı şekilde, numuneden sızmasına müsaade edilebilecek Pb miktarı (y<sub>i</sub>) seçildiğinde de hazırlanması gereken en yüksek atık-çimento karışım oranı (x) bulunabilmektedir.

%5 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi, Şekil 5.24'de verilmiştir.

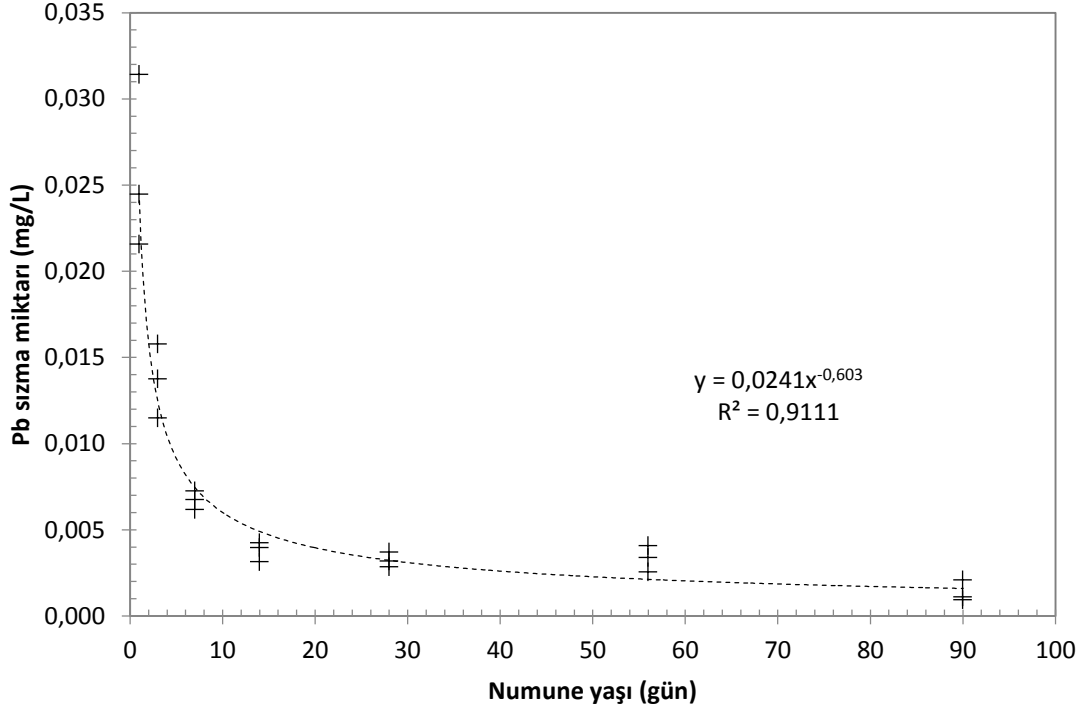


Şekil 5.24 %5 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi

*Şekil 5.24'*de, her bir numune yaşı için 3'er adet olmak üzere, %5 atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Pb sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, %5 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Pb sızma miktarları, numune yaşının artmasıyla azalış göstermiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Pb miktarı azalmıştır. Özellikle ilk günler nispeten yüksek gerçekleşen Pb sızma miktarları, ilerleyen günlerde sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Değerlerdeki bu azalış, doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu azalışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, atık-çimento karışım oranının %5'den daha yüksek olduğu (%10, %25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Pb sızma miktarlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış göstereceği beklenmektedir.

Ayrıca *Şekil 5.24'*den görüldüğü üzere, %5 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Pb sızma miktarları numune yaşının artmasıyla azalıyor olsa da nihayetinde malzemedan bir sızma gerçekleştiğini göstermektedir. Lakin bu sızma değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Sızma derecesinin karışım oranı ile olan ilişkisi ise daha yüksek atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Pb sızma miktarı değerlerinin ölçülmesiyle ortaya koyulabilecektir. Ancak yine de atık-çimento karışım oranının düşük olmasından dolayı çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkili bir şekilde izole etmiş olabilecekleri düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki atık-çimento karışım oranının %5'den daha yüksek olduğu (%10, %25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde Pb sızma miktarlarının genel olarak daha yüksek gerçekleşeceği beklenmektedir.

%10 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi ise *Şekil 5.25'*de verilmiştir.



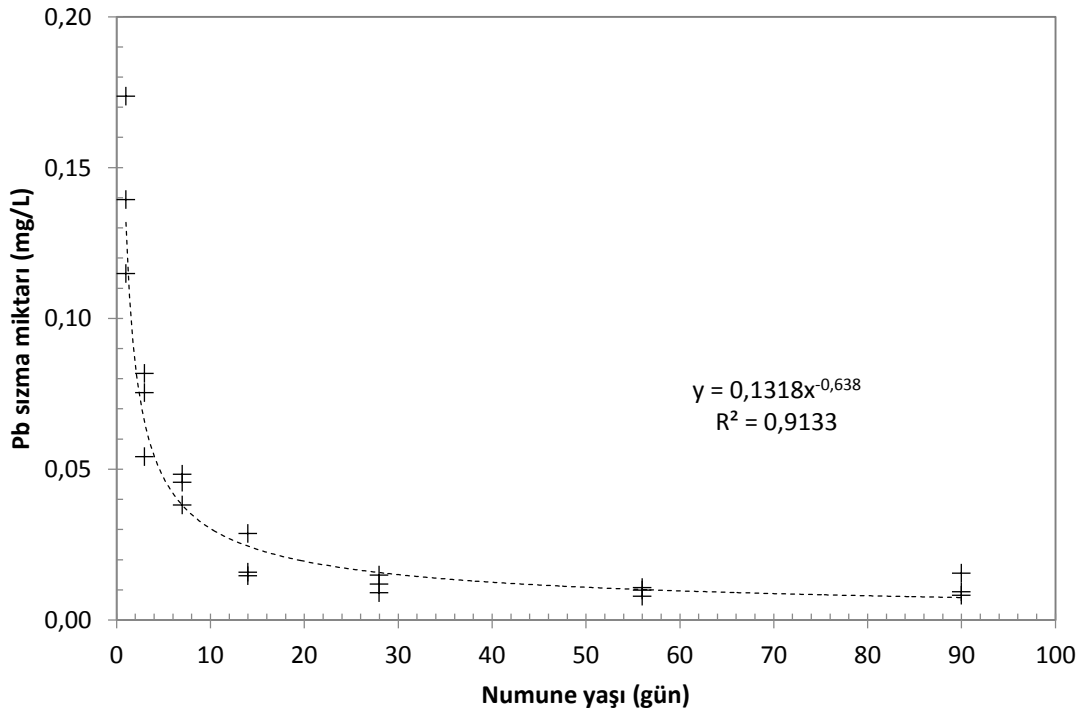
Şekil 5.25 %10 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi

Şekil 5.25’de, her bir numune yaşı için 3’er adet olmak üzere, %10 atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Pb sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, %10 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Pb sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük (%5) atık-çimento karışım oranlı numunelerde olduğu gibi, numune yaşının artmasıyla azalış göstermiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Pb miktarı azalmıştır. Değerlerdeki bu azalış, yine doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, atık-çimento karışım oranının %10’dan daha yüksek olduğu (%25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Pb sızma miktarlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış göstereceği beklenmektedir.

Ayrıca Şekil 5.25’den görüldüğü üzere, %10 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Pb sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük atık-çimento karışım oranlı (%5) numunelerin Pb sızma miktarlarından genel olarak daha yüksek gerçekleşmiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı

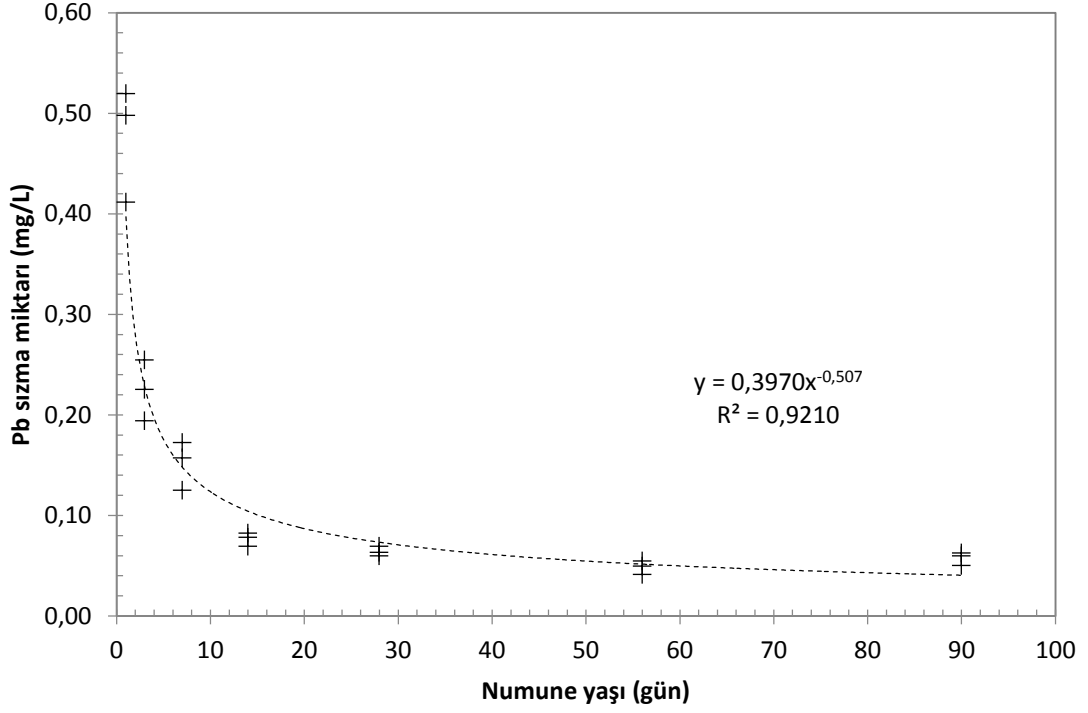
(malzeme içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Pb miktarı da artmıştır. Bu artışın sebebinin, hem malzemedeki sızması muhtemel kirletici miktarının artmasından hem de çimento bileşenlerinin artan atık miktarını izole etmekte yetersiz kalmaları sonucu kirleticinin malzemedan ayrılmasının engellenememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşıdaki atık-çimento karışım oranının %10'dan daha yüksek olduğu (%25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde Pb sızma miktarlarının genel olarak daha da yüksek gerçekleşeceği beklenmektedir.

%25 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi, Şekil 5.26'da; %50 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi, Şekil 5.27'de; %75 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi ise Şekil 5.28'de verilmiştir.

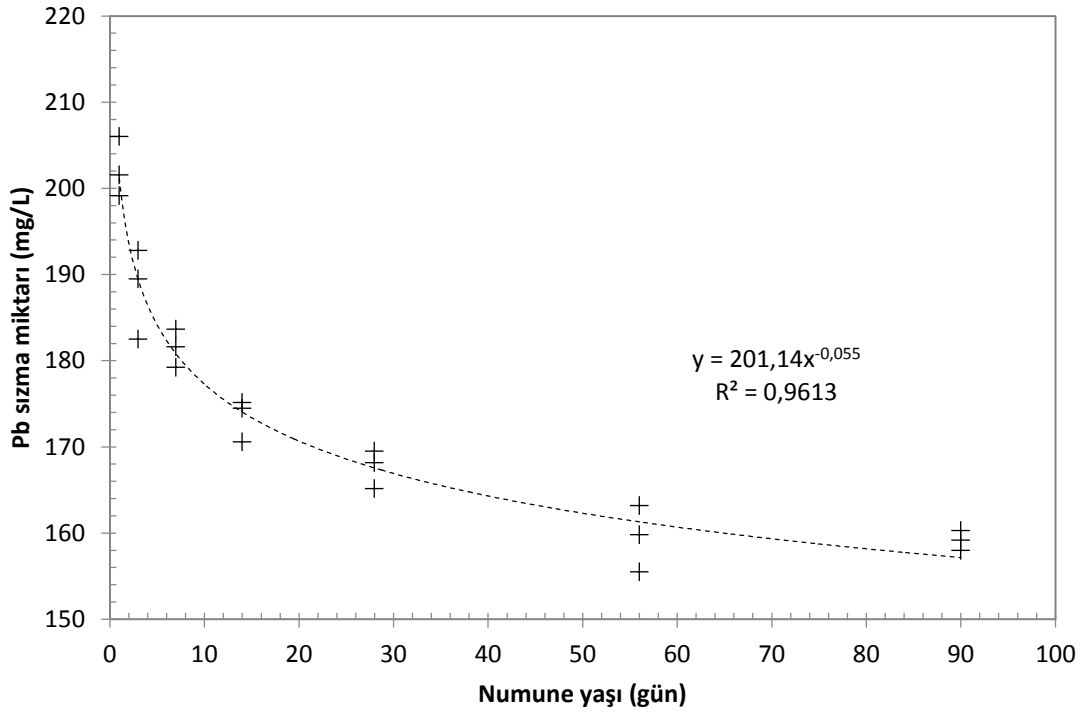


Şekil 5.26 %25 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi





Şekil 5.27 %50 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi



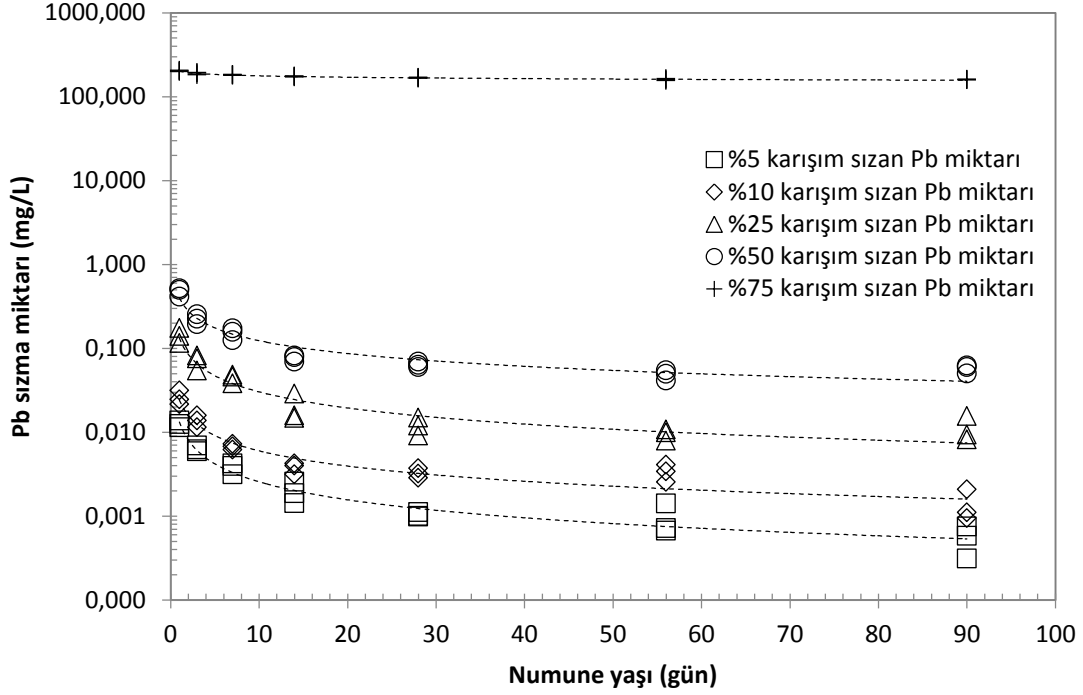
Şekil 5.28 %75 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi

*Şekil 5.28*'de, her bir numune yaşı için 3'er adet olmak üzere, %75 atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Pb sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, %75 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Pb sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük (%5, %10, %25 ve %50) atık-çimento karışım oranlı numunelerde olduğu gibi, numune yaşının artmasıyla azalış göstermiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Pb miktarı azalmıştır. Değerlerdeki bu azalış, yine doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, atık-çimento karışım oranının %75'den daha yüksek olduğu katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Pb sızma miktarlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış göstereceği beklenir.

Ayrıca *Şekil 5.28*'den görüldüğü üzere, %75 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Pb sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük atık-çimento karışım oranlı (%5, %10, %25 ve %50) numunelerin Pb sızma miktarlarından genel olarak daha yüksek gerçekleşmiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (malzeme içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Pb miktarı da artmıştır. Bu, numunelerdeki atık-çimento etkileşiminin önceki numunelerdekilere benzer olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki atık-çimento karışım oranının %75'den daha yüksek olduğu katılaştırılmış malzeme numunelerinde Pb sızma miktarlarının genel olarak daha da yüksek gerçekleşeceği beklenir.

Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi, *Şekil 5.29*'da verilmiştir.

*Şekil 5.29*'dan görüldüğü üzere, tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinden belli oranlarda Pb sızması gerçekleşmiştir. Lakin bu sızma değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Bu sebeple, burada verilen Pb sızma miktarı değerleri *5.2.2 TCLP Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi* başlığı altında atıkların düzenli depo tesislerine depolanabilmesi için atık kabul kriterleri ile mukayese edilerek değerlendirilmiştir.



Şekil 5.29 Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Pb sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi

Ayrıca Şekil 5.29'dan görüldüğü üzere, aynı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Pb sızma miktarları, numunenin yaşı arttıkça düşmüştür; 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük numunelerin Pb sızma miktarları sırasıyla azalmıştır. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Pb miktarı azalmıştır. Özellikle ilk günler nispeten yüksek gerçekleşen Pb sızma miktarları, ilerleyen günlerde sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Bu azalışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde Pb sızma miktarlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış gösterdiği görülmektedir. Değerlerdeki bu azalış, doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Çünkü numune yaşının artması ile Pb sızma miktarında meydana gelen azalış, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellediği düşünüldüğü için bu engellemenin numune yaşının doğrusal artışı ile doğrusal bir şekilde artması

beklenemez. Zira bu durum numunenin içerisindeki atığın homojenliğinden atığın karışım içerisinde homojen bir şekilde dağılmasına kadar daha birçok diğer faktöre bağlıdır.

Ayrıca Şekil 5.29'dan görüldüğü üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin aynı günlerde ölçülen Pb sızma miktarları, numunenin atık-çimento karışım oranı arttıkça yükselmiş; %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranlı numunelerin Pb sızma miktarları sırasıyla artmıştır. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Pb miktarı da artmıştır. Bu artışın sebebinin, hem malzemedeki sızması muhtemel kirletici miktarının artmasından hem de çimento bileşenlerinin artan atık miktarını izole etmekte yetersiz kalmaları sonucu kirleticinin malzemedeki ayrılmasının engellenememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki daha yüksek atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde Pb sızma miktarlarının genel olarak daha yüksek gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 5.29'da verilmiş olan değerlere göre çizilmiş eğim çizgilerinin denklemleri Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Şekil 5.29'daki eğim çizgilerinin denklemleri

Karışım oranı (%)	Denklemler	R <sup>2</sup>
5	$y_5 = 0,0132x^{-0,713}$	0,9495
10	$y_{10} = 0,0241x^{-0,603}$	0,9111
25	$y_{25} = 0,1318x^{-0,638}$	0,9133
50	$y_{50} = 0,3970x^{-0,507}$	0,9210
75	$y_{75} = 201,14x^{-0,055}$	0,9613

Denklemlerde yer alan x, numunenin yaşını; y<sub>j</sub> ise numunenin Pb sızma miktarını ifade etmektedir. Bu denklemler sayesinde, atık-çimento karışım oranı bilinen katılaştırılmış malzeme numuneleri için numune yaşı bilindiğinde veya seçildiğinde (x yerine numune yaşı yazıldığında) numuneden sızması muhtemel Pb miktarı (y<sub>j</sub>) tahmin edilebilmektedir. Aynı şekilde, numuneden sızmasına müsaade edilebilecek Pb miktarı (y<sub>j</sub>) seçildiğinde de ancak o kadarlık bir sızmanın gerçekleşebileceği en düşük numune yaşı (x) bulunabilmektedir.

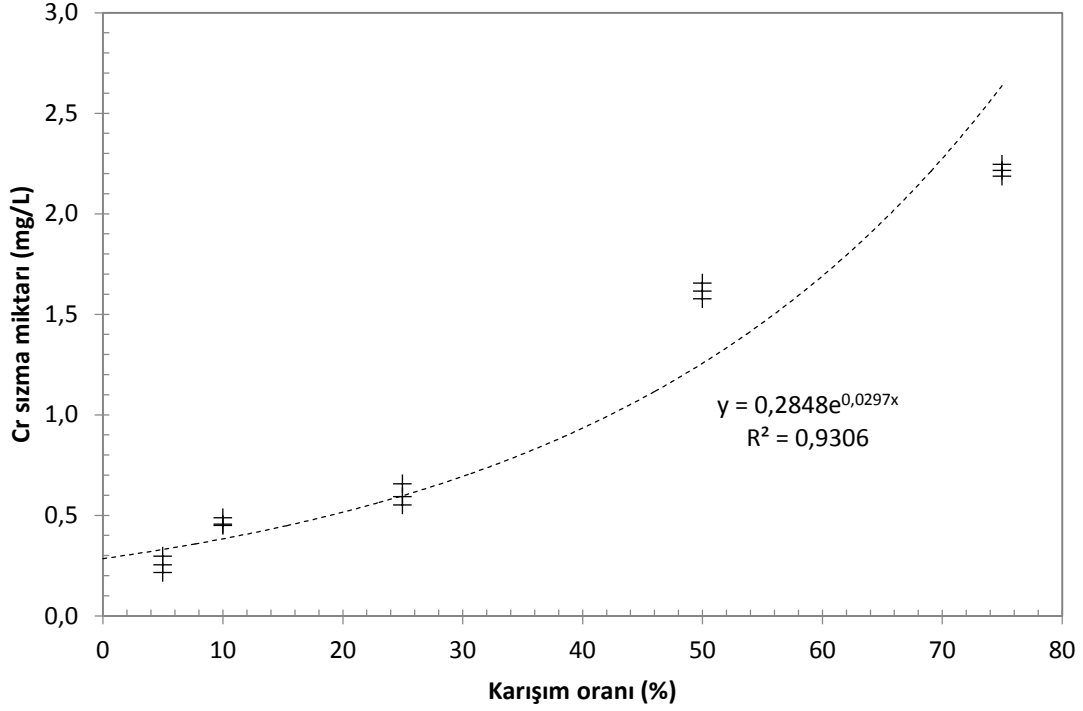
### 5.1.2.2 Krom (Cr) Sızma Deneyi Sonuçları

Farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış olan katılaştırılmış malzeme numuneleri farklı zamanlarda TCLP testine tabi tutularak içerisindeki kromun çevreye sızabilirliğinin zamansal değişimi tespit edilmiştir. Her bir numune için yapılan deneyler aynı şartlarda 3 kez tekrarlanmıştır. Deneyler 3 kez tekrarlandığı için her bir karışım oranı ve numune yaşına karşılık, sonuçların verildiği şekillerde 3 farklı sızma miktarı değeri bulunmaktadır. Ölçülen krom (Cr) sızma miktarlarının verildiği şekilleri gösterir çizelge, Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7 Ölçülen krom (Cr) sızma miktarlarına ait şekilleri gösterir çizelge

Özellik / Parametre		Şekil numarası
Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi	1 günlük	Şekil 5.30
	3 günlük	Şekil 5.31
	7 günlük	Şekil 5.32
	14 günlük	Şekil 5.33
	28 günlük	Şekil 5.34
	56 günlük	Şekil 5.35
	90 günlük	Şekil 5.36
Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi		Şekil 5.37
Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi	%5 karışım oranlı	Şekil 5.38
	%10 karışım oranlı	Şekil 5.39
	%25 karışım oranlı	Şekil 5.40
	%50 karışım oranlı	Şekil 5.41
	%75 karışım oranlı	Şekil 5.42
Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi		Şekil 5.43

1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, Şekil 5.30’da verilmiştir.



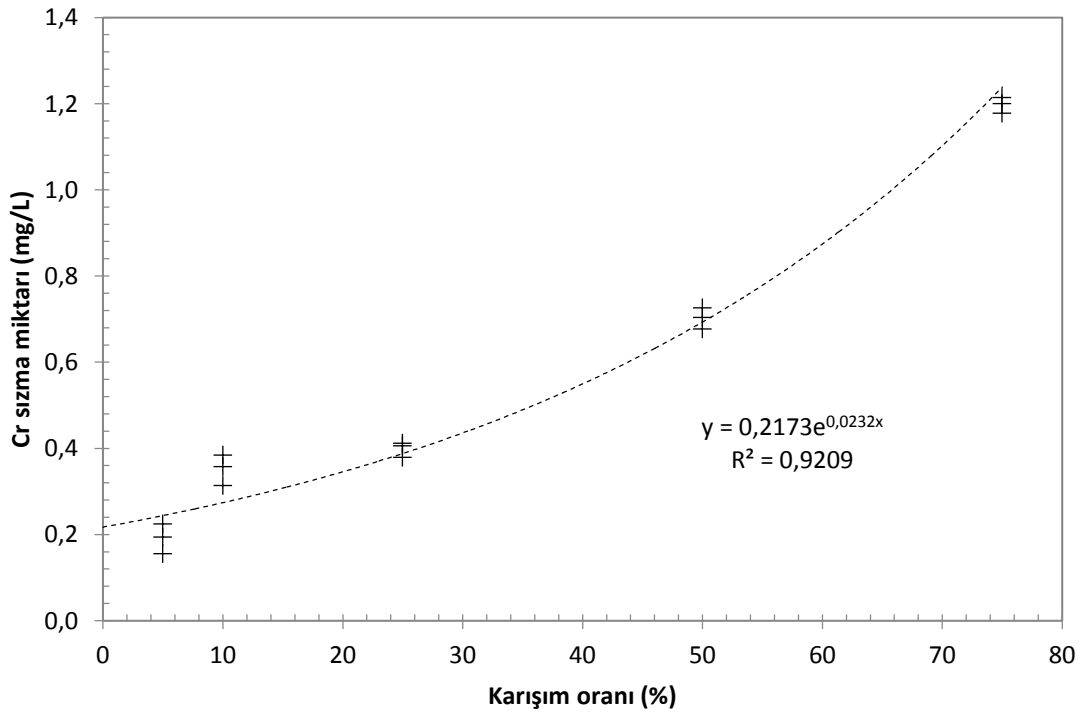
Şekil 5.30 1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

Şekil 5.30'da, her bir karışım oranı için 3'er adet olmak üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin 1. günde ölçülen Cr sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, 1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Cr sızma miktarları, atık-çimento karışım oranının artmasıyla artış göstermiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Cr miktarı da artmıştır. Özellikle düşük karışım oranlarında nispeten düşük gerçekleşen Cr sızma miktarları, karışım oranının artmasıyla birlikte çok daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Değerlerdeki bu artış, doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu artışın sebebinin, hem malzemedeki sızması muhtemel kirletici miktarının artmasından hem de çimento bileşenlerinin artan atık miktarını izole etmekte yetersiz kalmaları sonucu kirleticinin malzemedan ayrılmasının engellenememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, 1 günden daha yaşlı (3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Cr sızma miktarlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir artış göstereceği beklenmektedir.

Ayrıca Şekil 5.30'dan görüldüğü üzere, 1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cr sızma miktarları, karışım oranının azalmasıyla azalıyor olsa da nihayetinde

malzemeden bir sızma gerçekleştiğini göstermektedir. Lakin bu sızma değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Sızma derecesinin numune yaşı ile olan ilişkisi ise daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cr sızma miktarı değerlerinin ölçülmesiyle ortaya koyulabilecektir. Ancak yine de 1. gün sertleşme sürecinin henüz başlarında olunmasından dolayı çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkili bir şekilde izole etmekte yetersiz kalmış olabilecekleri düşünülmektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki 1 günden daha yaşlı (3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cr sızma miktarlarının genel olarak daha düşük gerçekleşeceği beklenmektedir.

3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi ise *Şekil 5.31*'de verilmiştir.



Şekil 5.31 3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

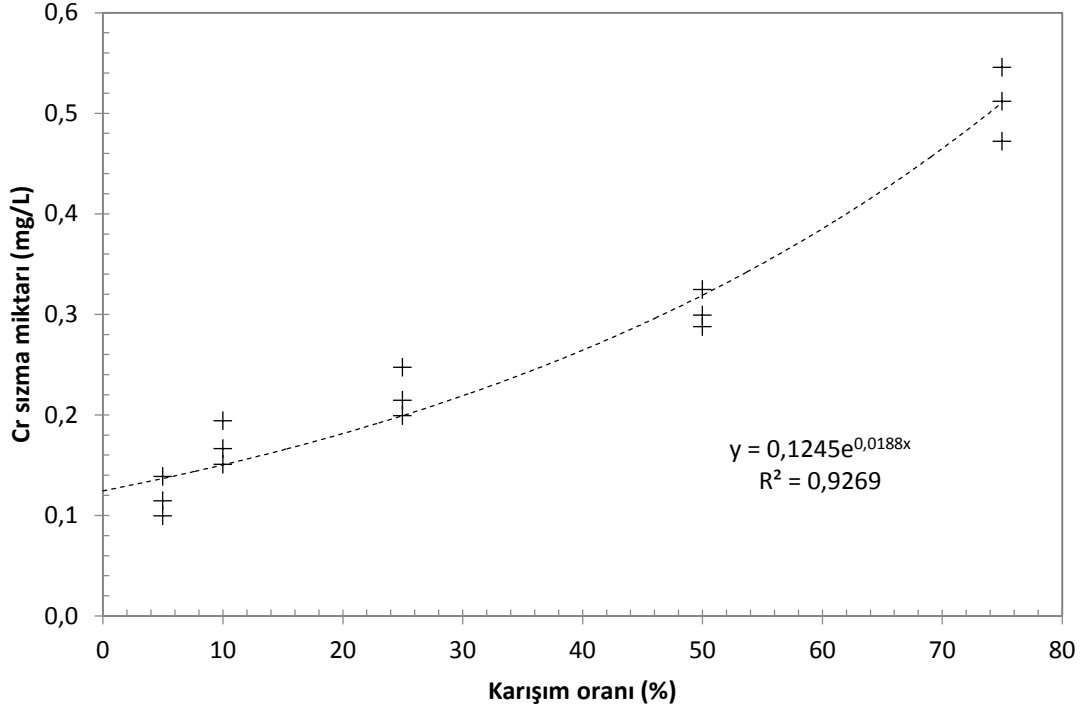
*Şekil 5.31*'de, her bir karışım oranı için 3'er adet olmak üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin 3. günde ölçülen Cr sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, 3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Cr sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden

önceki daha genç (1 günlük) numunelerde olduğu gibi, atık-çimento karışım oranının artmasıyla artış göstermiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Cr miktarı da artmıştır. Değerlerdeki bu artış, yine doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu, numunelerdeki atık-çimento etkileşiminin önceki numunelerdekilere benzer olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, 3 günden daha yaşlı (7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Cr sızma miktarlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir artış göstereceği beklenmektedir.

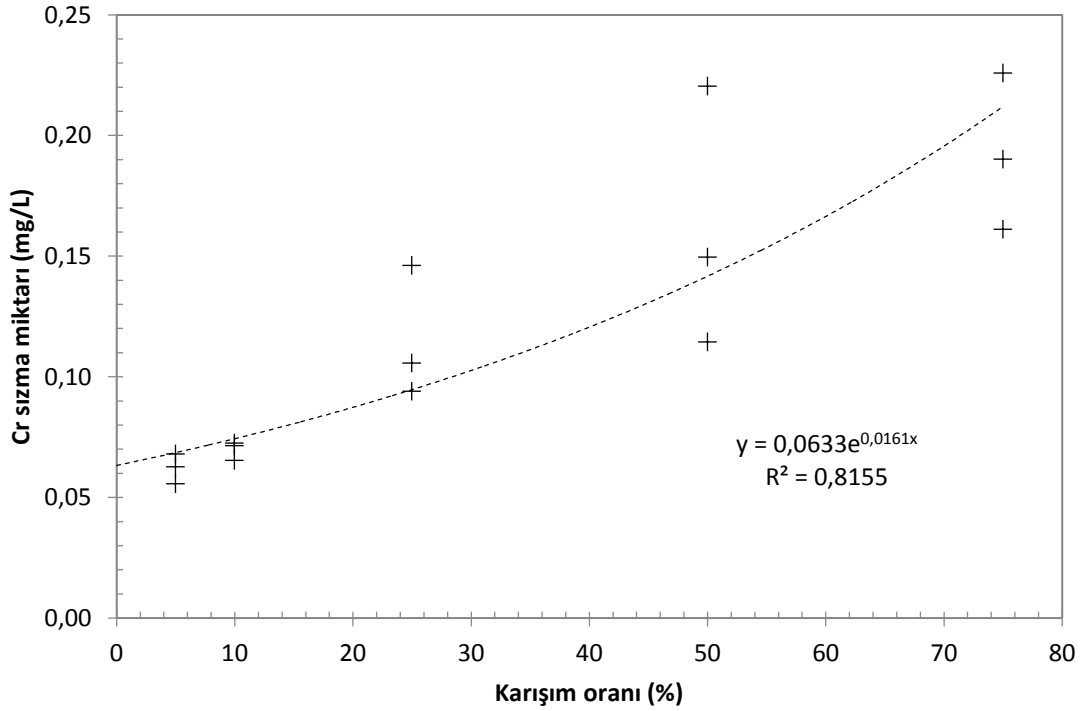
Ayrıca *Şekil 5.31*'den görüldüğü üzere, 3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cr sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha genç (1 günlük) numunelerin Cr sızma miktarlarından genel olarak daha düşük gerçekleşmiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cr miktarı azalmıştır. Bu azalışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki 3 günden daha yaşlı (7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cr sızma miktarlarının genel olarak daha da düşük gerçekleşeceği beklenmektedir.

7 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, *Şekil 5.32*'de; 14 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, *Şekil 5.33*'de; 28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, *Şekil 5.34*'de; 56 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, *Şekil 5.35*'de; 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi ise *Şekil 5.36*'da verilmiştir.

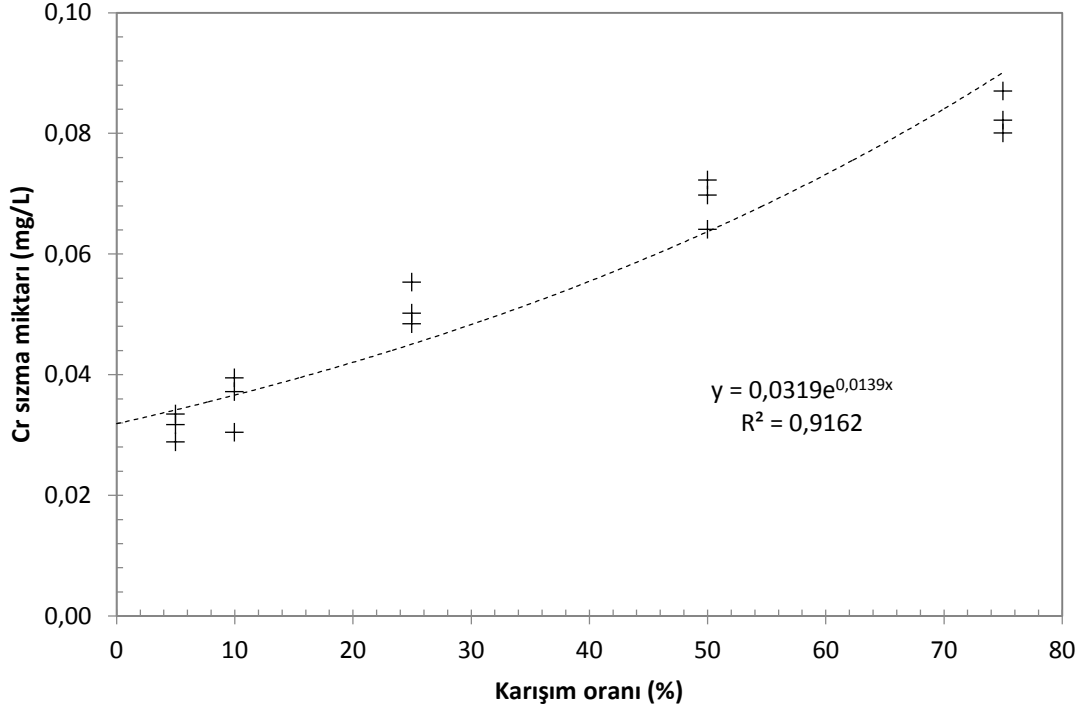




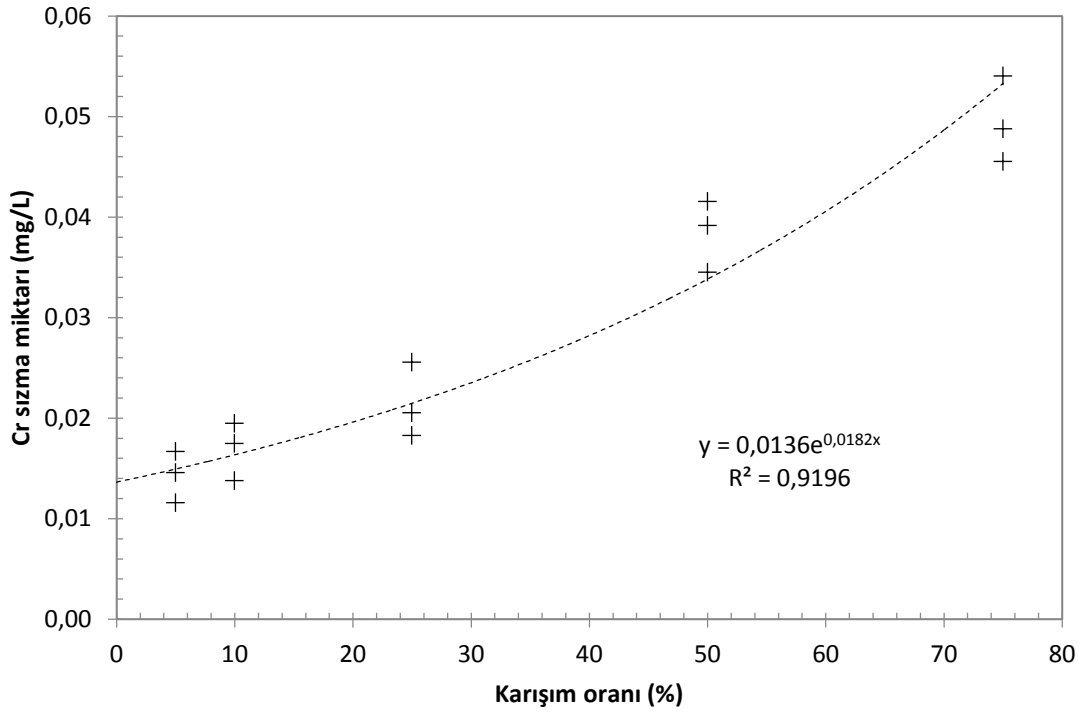
Şekil 5.32 7 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi



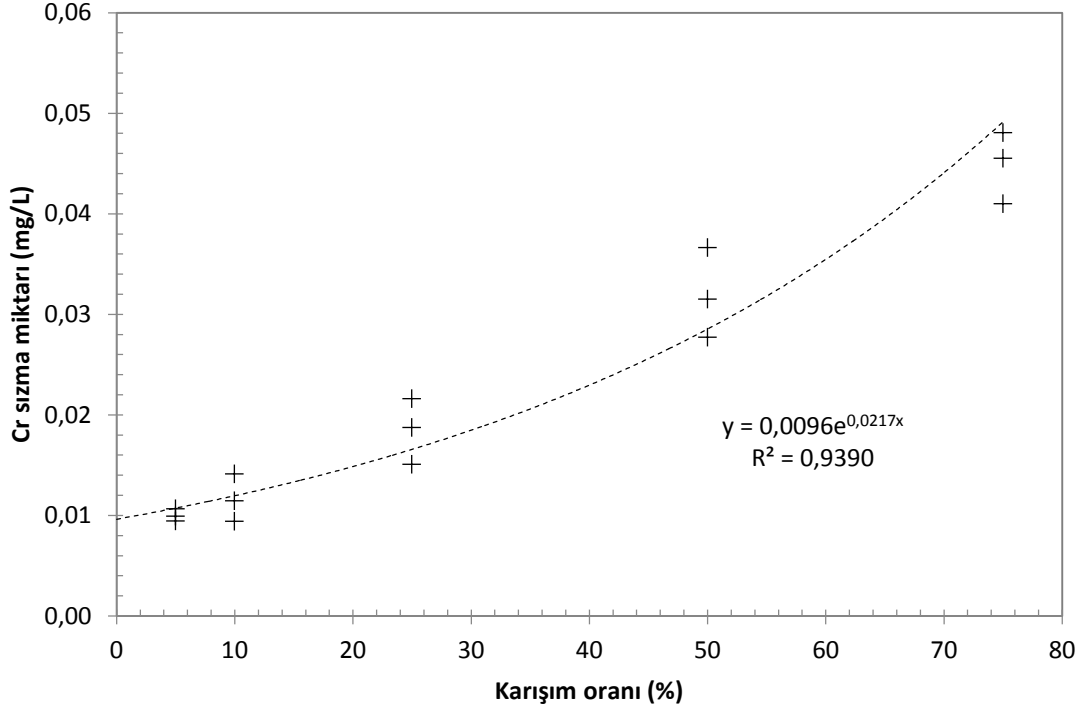
Şekil 5.33 14 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi



Şekil 5.34 28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi



Şekil 5.35 56 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi



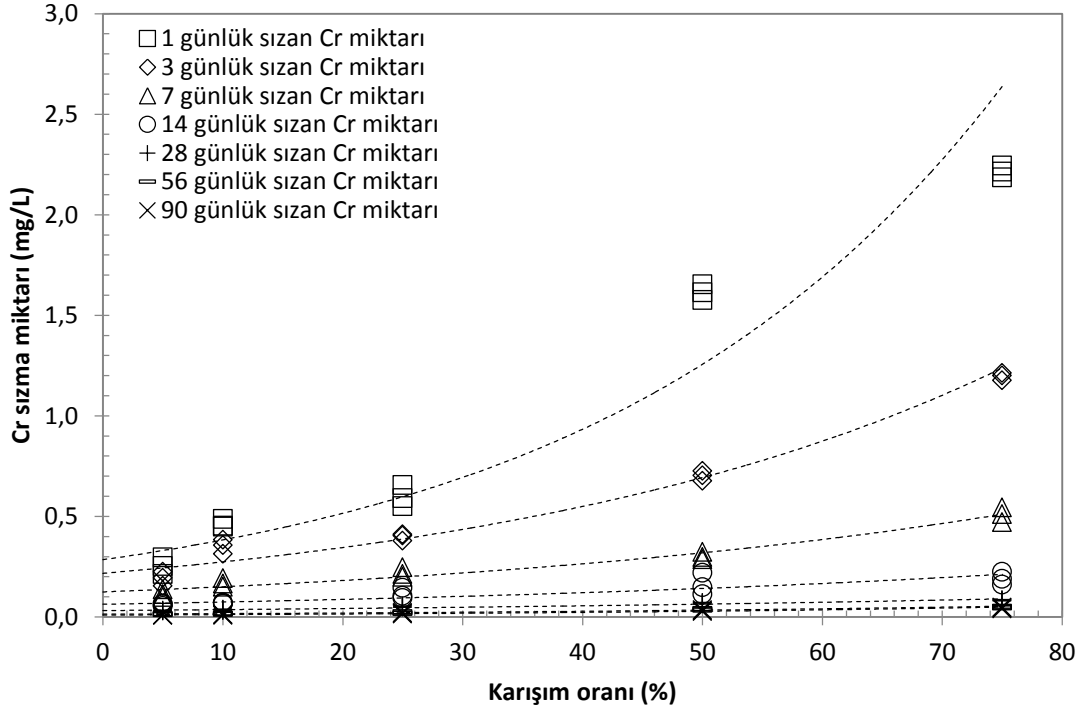
Şekil 5.36 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

Şekil 5.36'da, her bir karışım oranı için 3'er adet olmak üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin 90. günde ölçülen Cr sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Cr sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha genç (1, 3, 7, 14, 28 ve 56 günlük) numunelerde olduğu gibi, atık-çimento karışım oranının artmasıyla artış göstermiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Cr miktarı da artmıştır. Değerlerdeki bu artış, yine doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu, numunelerdeki atık-çimento etkileşiminin önceki numunelerdekilere benzer olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, 90 günden daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Cr sızma miktarlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir artış göstereceği beklenir.

Ayrıca Şekil 5.36'dan görüldüğü üzere, 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cr sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha genç (1, 3, 7, 14, 28 ve 56 günlük) numunelerin Cr sızma miktarlarından genel olarak daha düşük gerçekleşmiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cr miktarı azalmıştır. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme

sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki 90 günden daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cr sızma miktarlarının genel olarak daha da düşük gerçekleşeceği beklenir.

Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, Şekil 5.37’de verilmiştir.



Şekil 5.37 Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

Şekil 5.37’den görüldüğü üzere, tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde belli oranlarda Cr sızması gerçekleşmiştir. Lakin bu sızma değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Bu sebeple, burada verilen Cr sızma miktarı değerleri 5.2.2 *TCLP Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi* başlığı altında atıkların düzenli depo tesislerine depolanabilmesi için atık kabul kriterleri ile mukayese edilerek değerlendirilmiştir.

Ayrıca Şekil 5.37’den görüldüğü üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin aynı günlerde ölçülen Cr sızma miktarları, numunenin atık-çimento karışım oranı arttıkça yükselmiş; %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranlı numunelerin Cr sızma miktarları sırasıyla artmıştır. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık

miktarı) arttığında numuneden sızan Cr miktarı da artmıştır. Özellikle düşük karışım oranlarında nispeten düşük gerçekleşen Cr sızma miktarları, karışım oranının artmasıyla birlikte çok daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Bu artışın sebebinin, hem malzemedeki sızması muhtemel kirletici miktarının artmasından hem de çimento bileşenlerinin artan atık miktarını izole etmekte yetersiz kalmaları sonucu kirleticinin malzemedan ayrılmasının engellenememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cr sızma miktarlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir artış gösterdiği görülmektedir. Değerlerdeki bu artış, doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Çünkü numunedeki atık miktarının artması ile Cr sızma miktarında meydana gelen artış, atığın çimento birleşenleri arasında sağlam bir bağ kurulmasını engellediği düşünüldüğü için bu engellenmenin atık miktarının doğrusal artışı ile doğrusal bir şekilde artması beklenemez. Zira bu durum numunenin içerisindeki atığın homojenliğinden atığın karışım içerisinde homojen bir şekilde dağılmasına kadar daha birçok diğer faktöre bağlıdır.

Ayrıca *Şekil 5.37*'den görüldüğü üzere, aynı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Cr sızma miktarları, numunenin yaşı arttıkça düşmüştür; 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük numunelerin Cr sızma miktarları sırasıyla azalmıştır. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cr miktarı azalmıştır. Bu azalışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cr sızma miktarlarının genel olarak daha düşük gerçekleştiği görülmektedir.

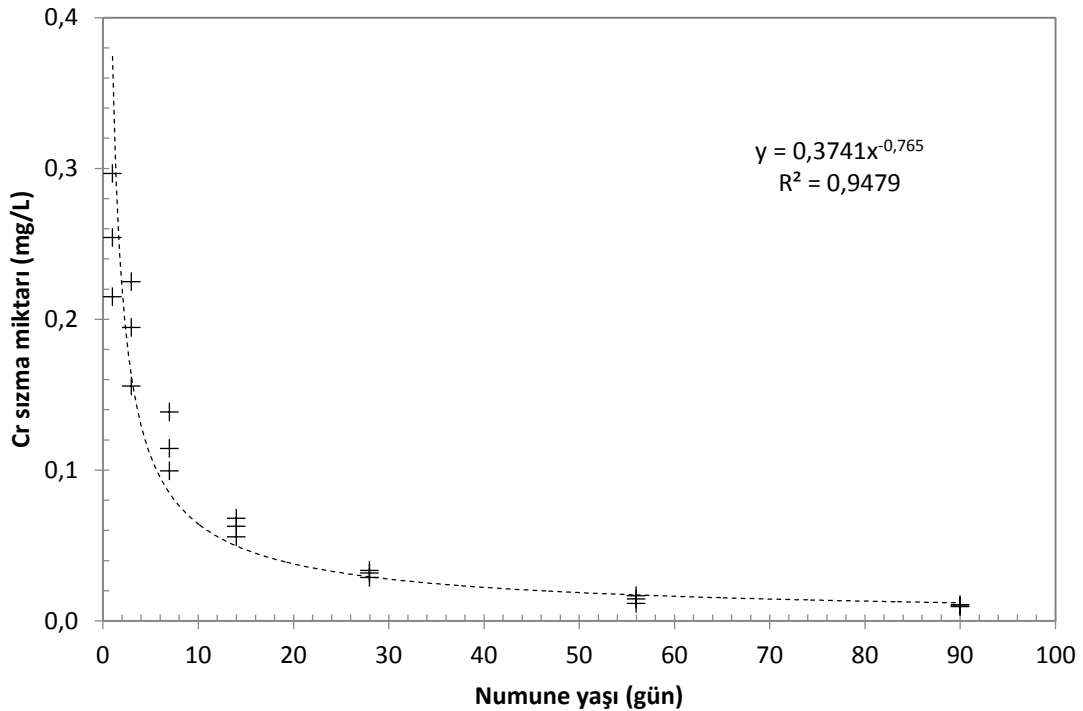
*Şekil 5.37*'de verilmiş olan değerlere göre çizilmiş eğim çizgilerinin denklemleri *Çizelge 5.8*'de verilmiştir.

Çizelge 5.8 Şekil 5.37'deki eğim çizgilerinin denklemleri

Numune yaşı (gün)	Denklem	R <sup>2</sup>
1	$y_1 = 0,2848e^{0,0297x}$	0,9306
3	$y_3 = 0,2173e^{0,0232x}$	0,9209
7	$y_7 = 0,1245e^{0,0188x}$	0,9269
14	$y_{14} = 0,0633e^{0,0161x}$	0,8155
28	$y_{28} = 0,0319e^{0,0139x}$	0,9162
56	$y_{56} = 0,0136e^{0,0182x}$	0,9196
90	$y_{90} = 0,0096e^{0,0217x}$	0,9390

Denklemlerde yer alan x, numunenin atık-çimento karışım oranını; y<sub>i</sub> ise numunenin Cr sızma miktarını ifade etmektedir. Bu denklemler sayesinde, numune yaşı bilinen katılaştırılmış malzeme numuneleri için atık-çimento karışım oranı bilindiğinde veya seçildiğinde (x yerine karışım oranı yazıldığında) numuneden sızması muhtemel Cr miktarı (y<sub>i</sub>) tahmin edilebilmektedir. Aynı şekilde, numuneden sızmasına müsaade edilebilecek Cr miktarı (y<sub>i</sub>) seçildiğinde de hazırlanması gereken en yüksek atık-çimento karışım oranı (x) bulunabilmektedir.

%5 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi, Şekil 5.38'de verilmiştir.

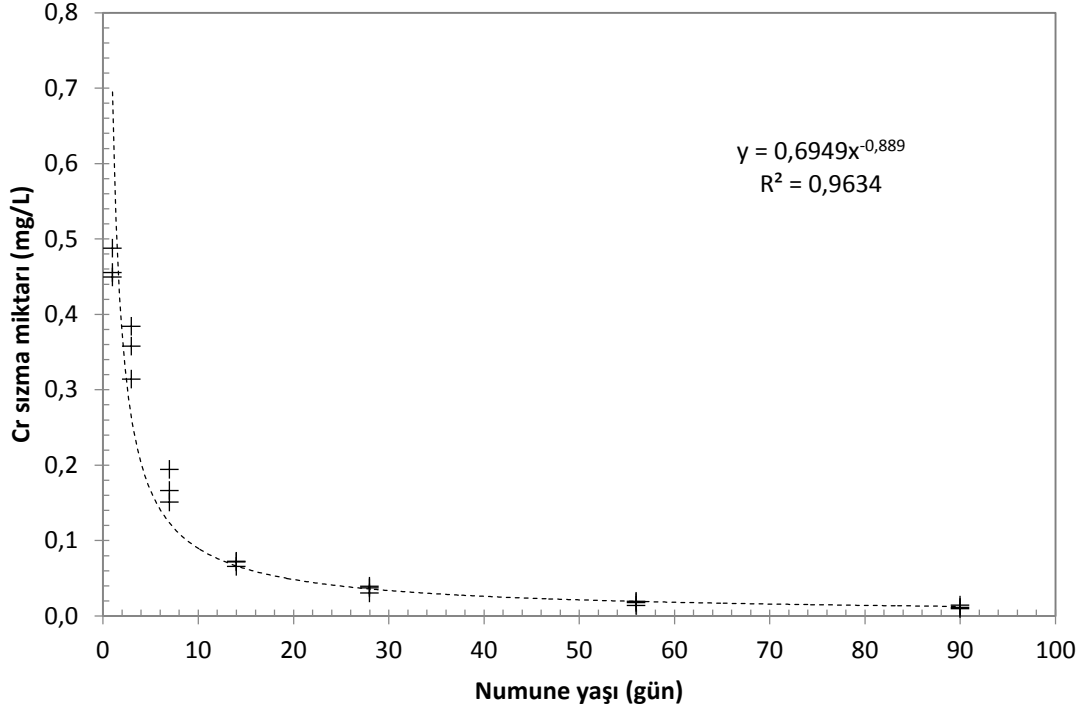


Şekil 5.38 %5 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi

*Şekil 5.38*'de, her bir numune yaşı için 3'er adet olmak üzere, %5 atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Cr sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, %5 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Cr sızma miktarları, numune yaşının artmasıyla azalış göstermiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cr miktarı azalmıştır. Özellikle ilk günler nispeten yüksek gerçekleşen Cr sızma miktarları, ilerleyen günlerde sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Değerlerdeki bu azalış, doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu azalışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, atık-çimento karışım oranının %5'den daha yüksek olduğu (%10, %25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Cr sızma miktarlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış göstereceği beklenmektedir.

Ayrıca *Şekil 5.38*'den görüldüğü üzere, %5 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cr sızma miktarları numune yaşının artmasıyla azalıyor olsa da nihayetinde malzemedan bir sızma gerçekleştiğini göstermektedir. Lakin bu sızma değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Sızma derecesinin karışım oranı ile olan ilişkisi ise daha yüksek atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cr sızma miktarı değerlerinin ölçülmesiyle ortaya koyunabilecektir. Ancak yine de atık-çimento karışım oranının düşük olmasından dolayı çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkili bir şekilde izole etmiş olabilecekleri düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki atık-çimento karışım oranının %5'den daha yüksek olduğu (%10, %25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cr sızma miktarlarının genel olarak daha yüksek gerçekleşeceği beklenmektedir.

%10 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi ise *Şekil 5.39*'da verilmiştir.



Şekil 5.39 %10 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi

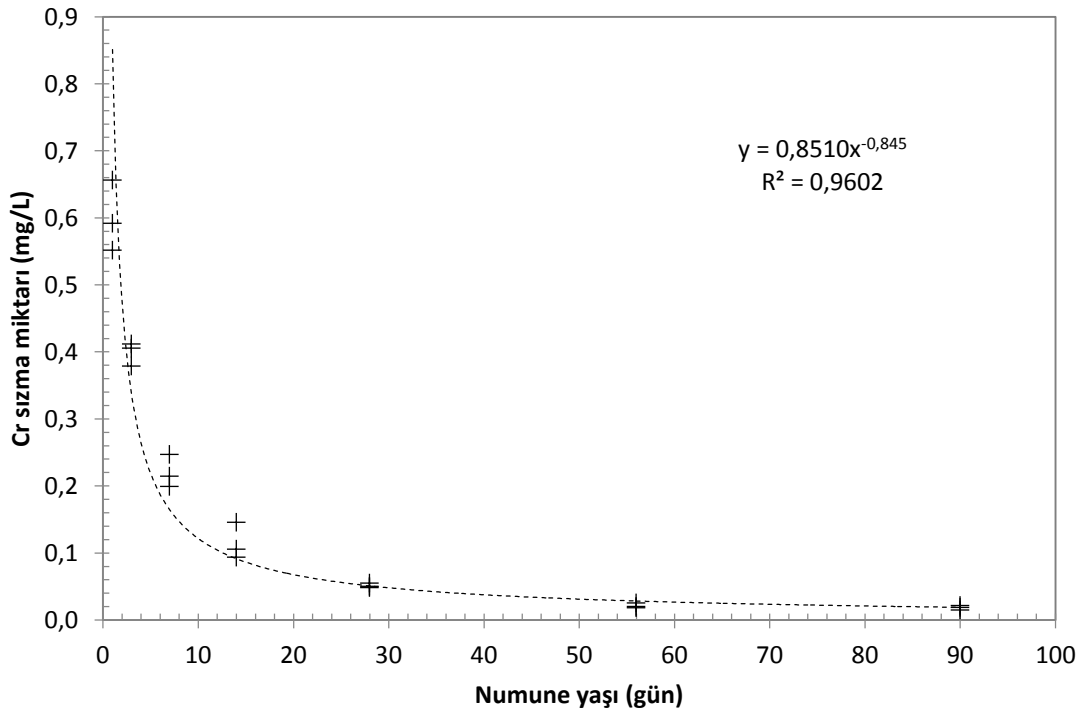
Şekil 5.39’da, her bir numune yaşı için 3’er adet olmak üzere, %10 atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Cr sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, %10 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Cr sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük (%5) atık-çimento karışım oranlı numunelerde olduğu gibi, numune yaşının artmasıyla azalış göstermiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cr miktarı azalmıştır. Değerlerdeki bu azalış, yine doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, atık-çimento karışım oranının %10’dan daha yüksek olduğu (%25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Cr sızma miktarlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış göstereceği beklenmektedir.

Ayrıca Şekil 5.39’dan görüldüğü üzere, %10 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cr sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük atık-çimento karışım oranlı (%5) numunelerin Cr sızma miktarlarından genel olarak daha yüksek gerçekleşmiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı

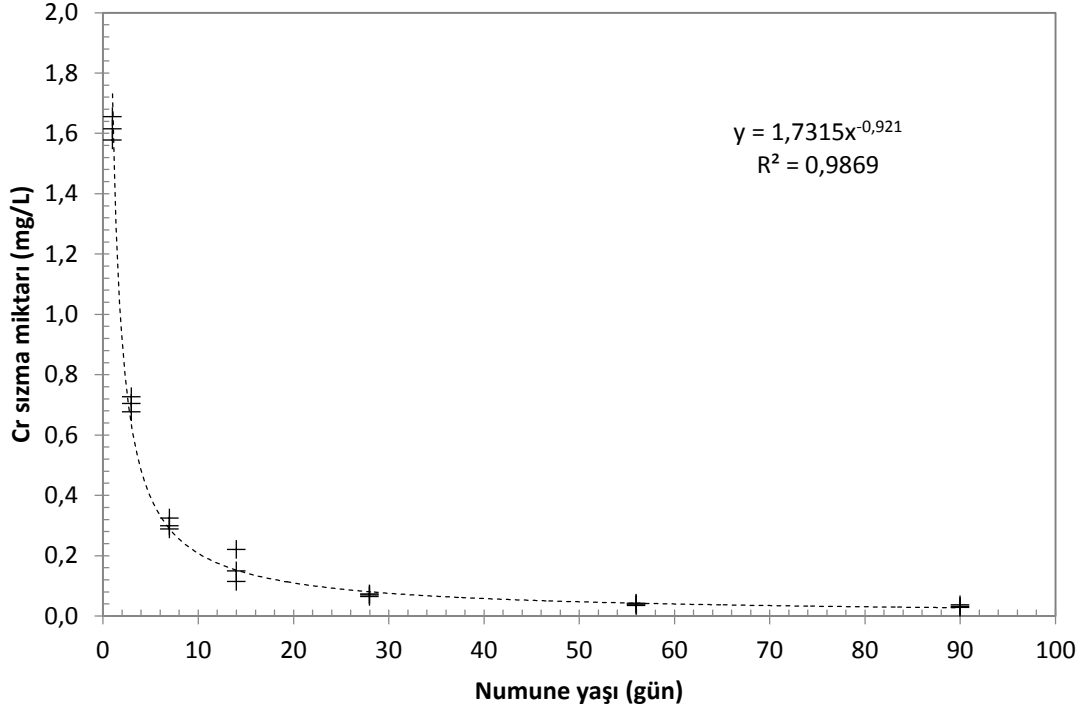


(malzeme içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Cr miktarı da artmıştır. Bu artışın sebebinin, hem malzemedeki sızması muhtemel kirletici miktarının artmasından hem de çimento bileşenlerinin artan atık miktarını izole etmekte yetersiz kalmaları sonucu kirleticinin malzemedan ayrılmasının engellenememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşıdaki atık-çimento karışım oranının %10'dan daha yüksek olduğu (%25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cr sızma miktarlarının genel olarak daha da yüksek gerçekleşeceği beklenmektedir.

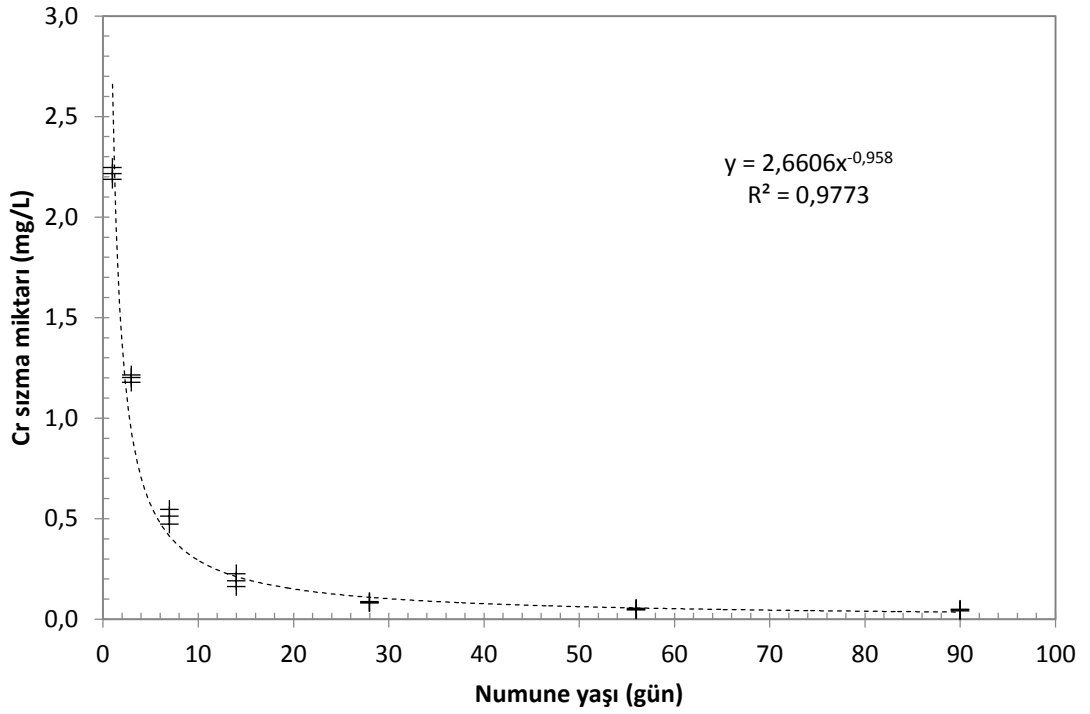
%25 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi, Şekil 5.40'da; %50 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi, Şekil 5.41'de; %75 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi ise Şekil 5.42'de verilmiştir.



Şekil 5.40 %25 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi



Şekil 5.41 %50 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi



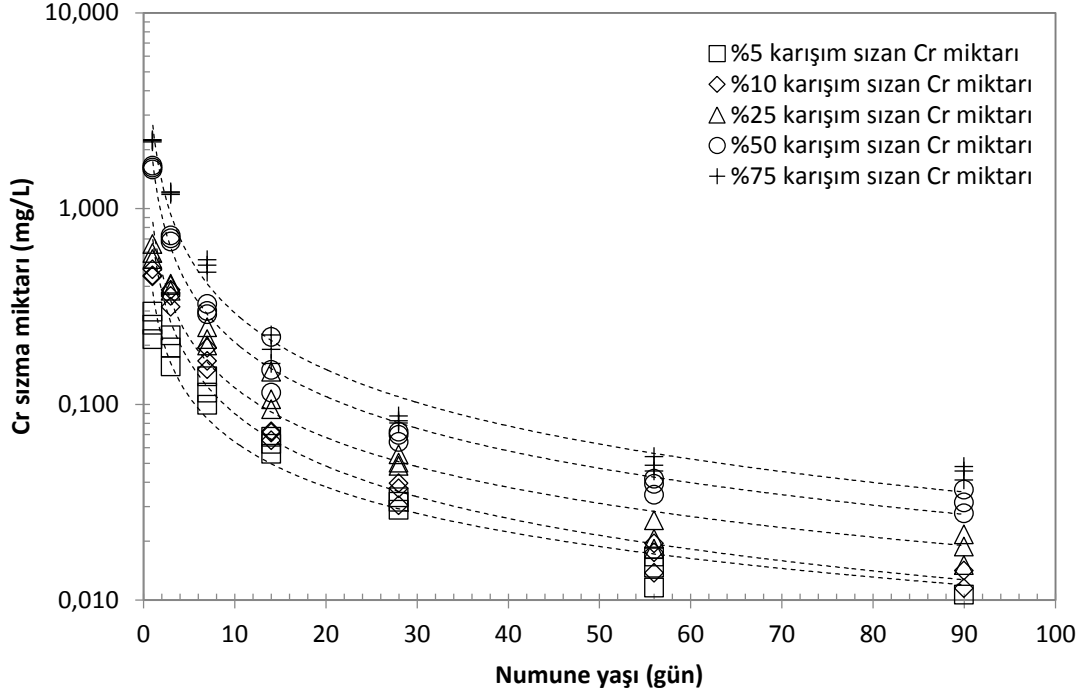
Şekil 5.42 %75 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi

*Şekil 5.42*'de, her bir numune yaşı için 3'er adet olmak üzere, %75 atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Cr sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, %75 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Cr sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük (%5, %10, %25 ve %50) atık-çimento karışım oranlı numunelerde olduğu gibi, numune yaşının artmasıyla azalış göstermiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cr miktarı azalmıştır. Değerlerdeki bu azalış, yine doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, atık-çimento karışım oranının %75'den daha yüksek olduğu katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Cr sızma miktarlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış göstereceği beklenir.

Ayrıca *Şekil 5.42*'den görüldüğü üzere, %75 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cr sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük atık-çimento karışım oranlı (%5, %10, %25 ve %50) numunelerin Cr sızma miktarlarından genel olarak daha yüksek gerçekleşmiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (malzeme içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Cr miktarı da artmıştır. Bu, numunelerdeki atık-çimento etkileşiminin önceki numunelerdekilere benzer olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki atık-çimento karışım oranının %75'den daha yüksek olduğu katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cr sızma miktarlarının genel olarak daha da yüksek gerçekleşeceği beklenir.

Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi, *Şekil 5.43*'de verilmiştir.

*Şekil 5.43*'den görüldüğü üzere, tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinden belli oranlarda Cr sızması gerçekleşmiştir. Lakin bu sızma değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Bu sebeple, burada verilen Cr sızma miktarı değerleri *5.2.2 TCLP Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi* başlığı altında atıkların düzenli depo tesislerine depolanabilmesi için atık kabul kriterleri ile mukayese edilerek değerlendirilmiştir.



Şekil 5.43 Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cr sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi

Ayrıca Şekil 5.43'den görüldüğü üzere, aynı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Cr sızma miktarları, numunenin yaşı arttıkça düşmüştür; 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük numunelerin Cr sızma miktarları sırasıyla azalmıştır. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cr miktarı azalmıştır. Özellikle ilk günler nispeten yüksek gerçekleşen Cr sızma miktarları, ilerleyen günlerde sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Bu azalışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cr sızma miktarlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış gösterdiği görülmektedir. Değerlerdeki bu azalış, doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Çünkü numune yaşının artması ile Cr sızma miktarında meydana gelen azalış, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellediği düşünüldüğü için bu engellemenin numune yaşının doğrusal artışı ile doğrusal bir şekilde artması

beklenemez. Zira bu durum numunenin içerisindeki atığın homojenliğinden atığın karışım içerisinde homojen bir şekilde dağılmasına kadar daha birçok diğer faktöre bağlıdır.

Ayrıca Şekil 5.43'den görüldüğü üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin aynı günlerde ölçülen Cr sızma miktarları, numunenin atık-çimento karışım oranı arttıkça yükselmiş; %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranlı numunelerin Cr sızma miktarları sırasıyla artmıştır. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Cr miktarı da artmıştır. Bu artışın sebebinin, hem malzemedeki sızması muhtemel kirletici miktarının artmasından hem de çimento bileşenlerinin artan atık miktarını izole etmekte yetersiz kalmaları sonucu kirleticinin malzemedan ayrılmasının engellenememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki daha yüksek atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cr sızma miktarlarının genel olarak daha yüksek gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 5.43'de verilmiş olan değerlere göre çizilmiş eğim çizgilerinin denklemleri Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9 Şekil 5.43'deki eğim çizgilerinin denklemleri

Karışım oranı (%)	Denklemler	R <sup>2</sup>
5	$y_5 = 0,3741x^{-0,765}$	0,9479
10	$y_{10} = 0,6949x^{-0,889}$	0,9634
25	$y_{25} = 0,8510x^{-0,845}$	0,9602
50	$y_{50} = 1,7315x^{-0,921}$	0,9869
75	$y_{75} = 2,6606x^{-0,9588}$	0,9773

Denklemlerde yer alan x, numunenin yaşını; y<sub>j</sub> ise numunenin Cr sızma miktarını ifade etmektedir. Bu denklemler sayesinde, atık-çimento karışım oranı bilinen katılaştırılmış malzeme numuneleri için numune yaşı bilindiğinde veya seçildiğinde (x yerine numune yaşı yazıldığında) numuneden sızması muhtemel Cr miktarı (y<sub>j</sub>) tahmin edilebilmektedir. Aynı şekilde, numuneden sızmasına müsaade edilebilecek Cr miktarı (y<sub>j</sub>) seçildiğinde de ancak o kadarlık bir sızmanın gerçekleşebileceği en düşük numune yaşı (x) bulunabilmektedir.

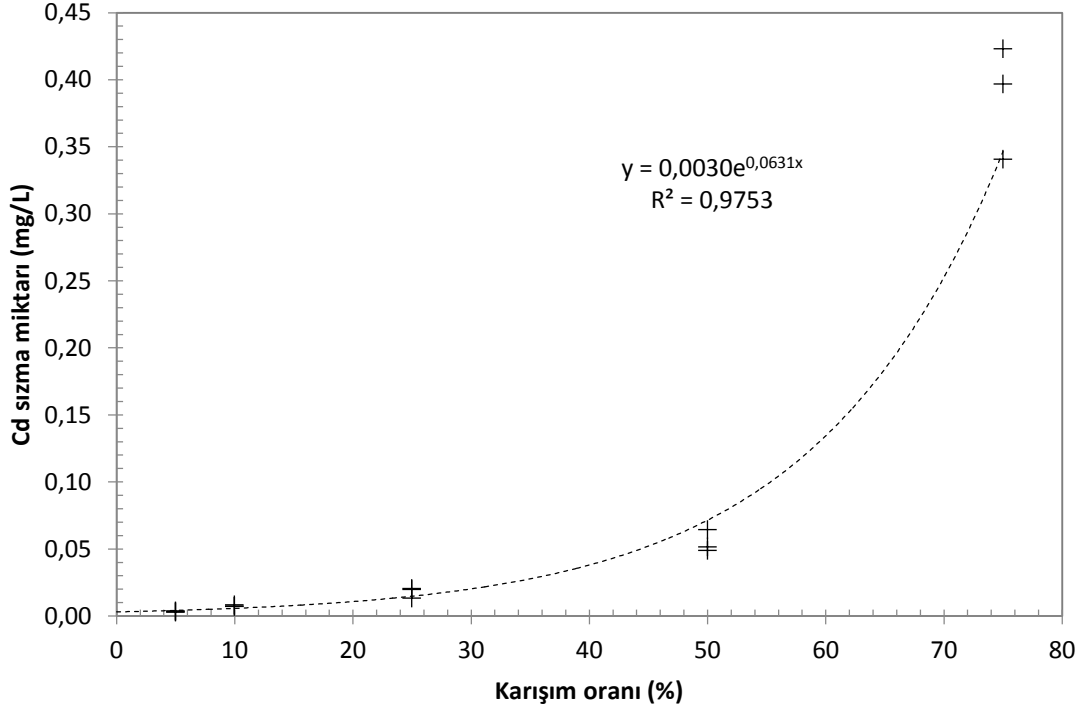
### 5.1.2.3 Kadmiyum (Cd) Sızma Deneyi Sonuçları

Farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış olan katılaştırılmış malzeme numuneleri farklı zamanlarda TCLP testine tabi tutularak içerisindeki kadmiyumun çevreye sızabilirliğinin zamansal değişimi tespit edilmiştir. Her bir numune için yapılan deneyler aynı şartlarda 3 kez tekrarlanmıştır. Deneyler 3 kez tekrarlandığı için her bir karışım oranı ve numune yaşına karşılık, sonuçların verildiği şekillerde 3 farklı sızma miktarı değeri bulunmaktadır. Ölçülen kadmiyum (Cd) sızma miktarlarının verildiği şekilleri gösterir çizelge, Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10 Ölçülen kadmiyum (Cd) sızma miktarlarına ait şekilleri gösterir çizelge

Özellik / Parametre		Şekil numarası
Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi	1 günlük	Şekil 5.44
	3 günlük	Şekil 5.45
	7 günlük	Şekil 5.46
	14 günlük	Şekil 5.47
	28 günlük	Şekil 5.48
	56 günlük	Şekil 5.49
	90 günlük	Şekil 5.50
Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi		Şekil 5.51
Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi	%5 karışım oranlı	Şekil 5.52
	%10 karışım oranlı	Şekil 5.53
	%25 karışım oranlı	Şekil 5.54
	%50 karışım oranlı	Şekil 5.55
	%75 karışım oranlı	Şekil 5.56
Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi		Şekil 5.57

1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi ise *Şekil 5.44'* de verilmiştir.



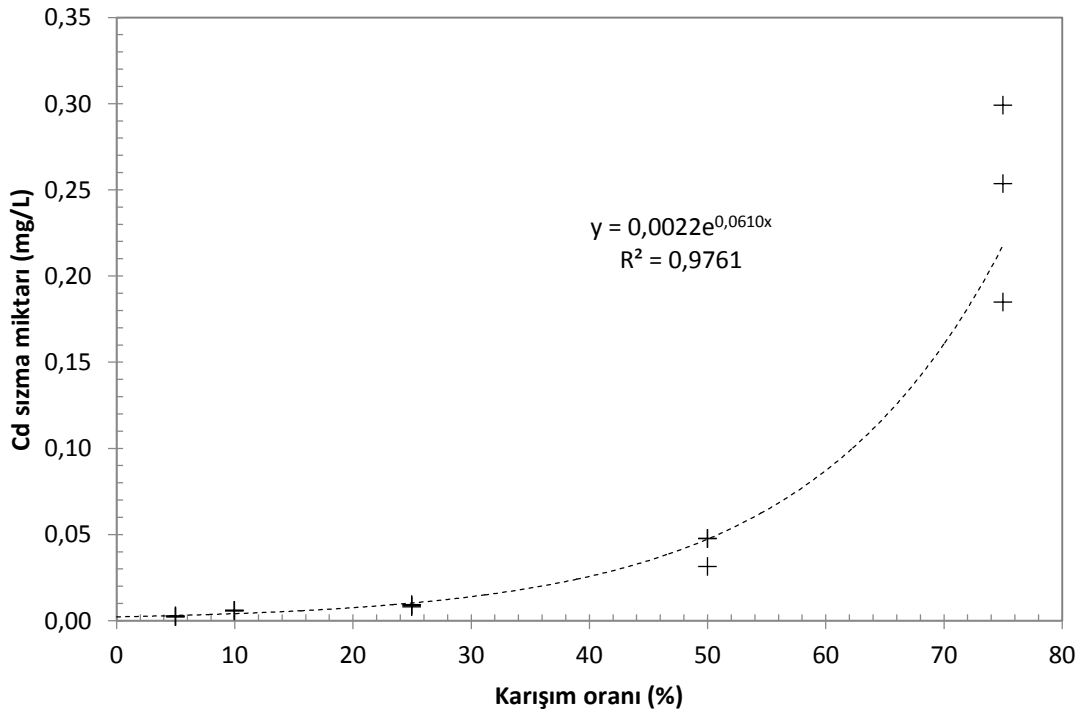
Şekil 5.44 1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

Şekil 5.44'de, her bir karışım oranı için 3'er adet olmak üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin 1. günde ölçülen Cd sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, 1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Cd sızma miktarları, atık-çimento karışım oranının artmasıyla artış göstermiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Cd miktarı da artmıştır. Özellikle düşük karışım oranlarında nispeten düşük gerçekleşen Cd sızma miktarları, karışım oranının artmasıyla birlikte çok daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Değerlerdeki bu artış, doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu artışın sebebinin, hem malzemedeki sızması muhtemel kirletici miktarının artmasından hem de çimento bileşenlerinin artan atık miktarını izole etmekte yetersiz kalmaları sonucu kirleticinin malzemedan ayrılmasının engellenememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, 1 günden daha yaşlı (3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Cd sızma miktarlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir artış göstereceği beklenmektedir.

Ayrıca Şekil 5.44'den görüldüğü üzere, 1 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cd sızma miktarları, karışım oranının azalmasıyla azalıyor olsa da nihayetinde

malzemeden bir sızma gerçekleştiğini göstermektedir. Lakin bu sızma değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Sızma derecesinin numune yaşı ile olan ilişkisi ise daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cd sızma miktarı değerlerinin ölçülmesiyle ortaya koyulabilecektir. Ancak yine de 1. gün sertleşme sürecinin henüz başlarında olunmasından dolayı çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkili bir şekilde izole etmekte yetersiz kalmış olabilecekleri düşünülmektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki 1 günden daha yaşlı (3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cd sızma miktarlarının genel olarak daha düşük gerçekleşeceği beklenmektedir.

3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi ise *Şekil 5.45*'de verilmiştir.



Şekil 5.45 3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

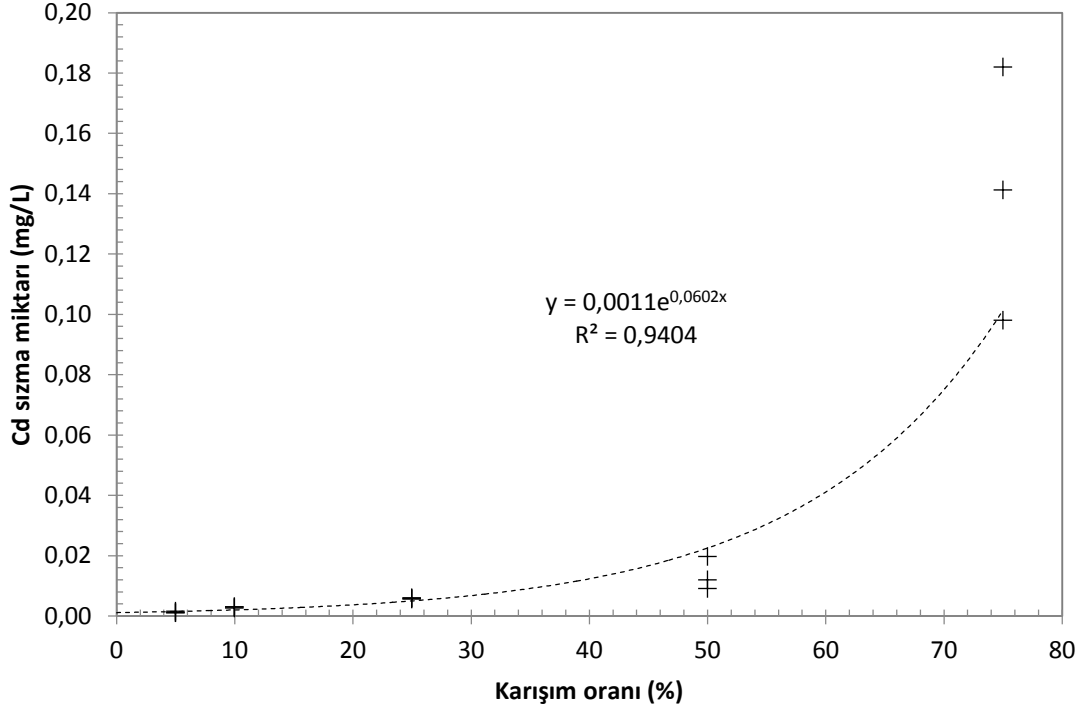
*Şekil 5.45*'de, her bir karışım oranı için 3'er adet olmak üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin 3. günde ölçülen Cd sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, 3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Cd sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden



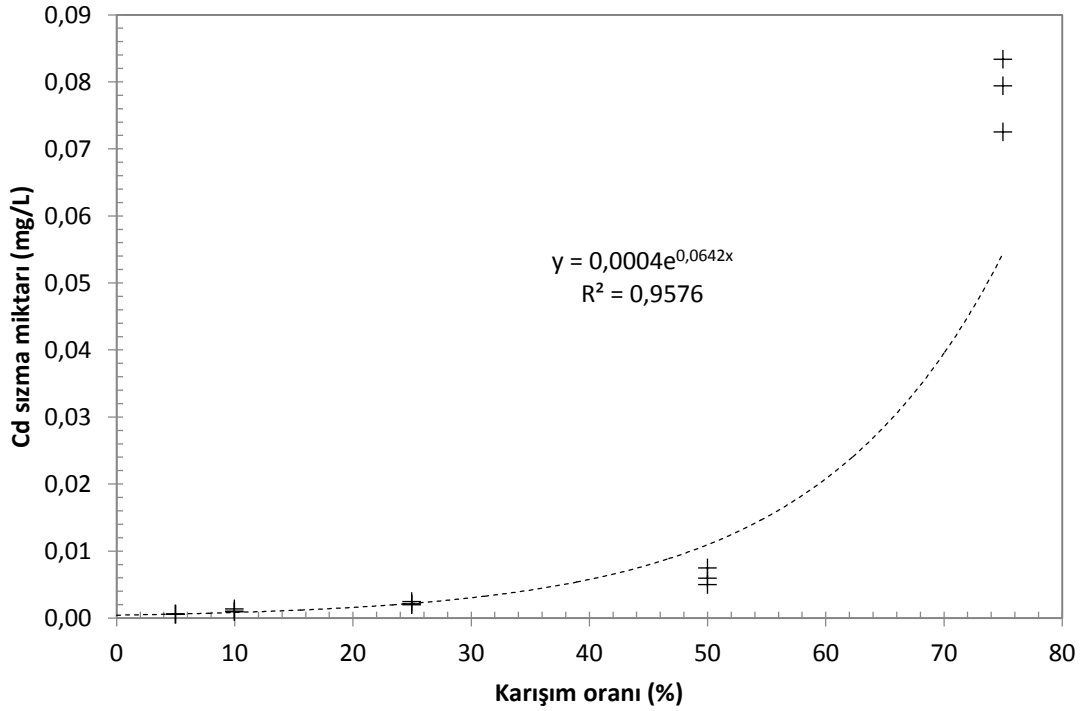
önceki daha genç (1 günlük) numunelerde olduğu gibi, atık-çimento karışım oranının artmasıyla artış göstermiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Cd miktarı da artmıştır. Değerlerdeki bu artış, yine doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu, numunelerdeki atık-çimento etkileşiminin önceki numunelerdekilere benzer olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, 3 günden daha yaşlı (7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Cd sızma miktarlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir artış göstereceği beklenmektedir.

Ayrıca *Şekil 5.45*'den görüldüğü üzere, 3 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cd sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha genç (1 günlük) numunelerin Cd sızma miktarlarından genel olarak daha düşük gerçekleşmiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cd miktarı azalmıştır. Bu azalışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki 3 günden daha yaşlı (7, 14, 28, 56 ve 90 günlük) katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cd sızma miktarlarının genel olarak daha da düşük gerçekleşeceği beklenmektedir.

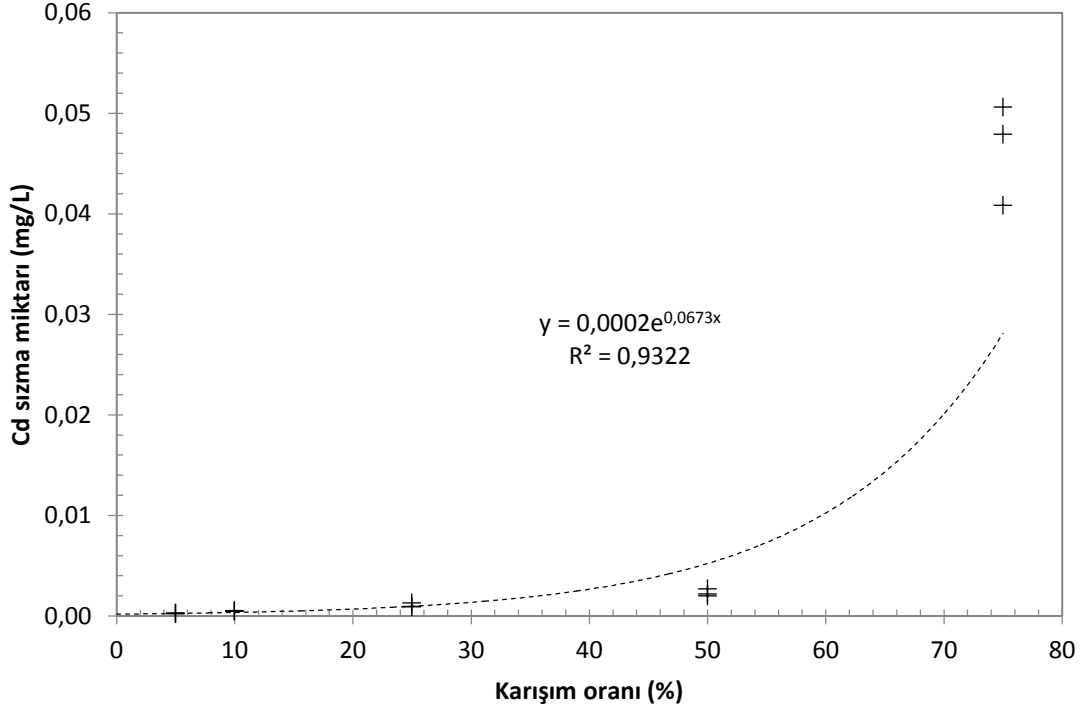
7 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, *Şekil 5.46*'da; 14 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, *Şekil 5.47*'de; 28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, *Şekil 5.48*'de; 56 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, *Şekil 5.49*'da; 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi ise *Şekil 5.50*'de verilmiştir.



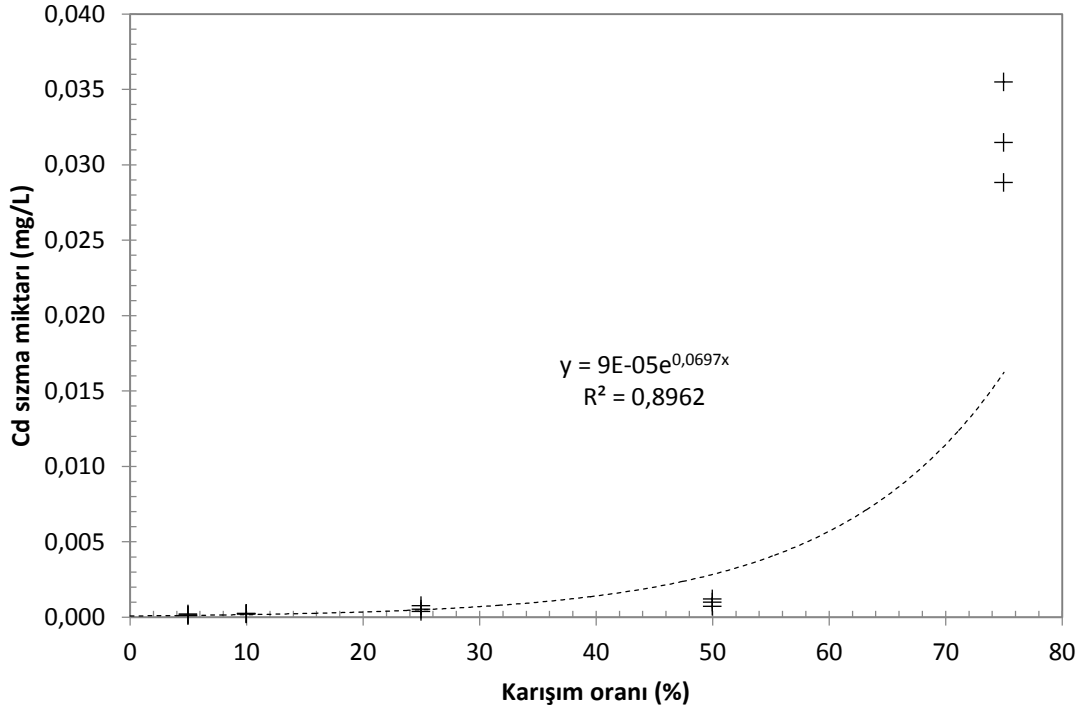
Şekil 5.46 7 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi



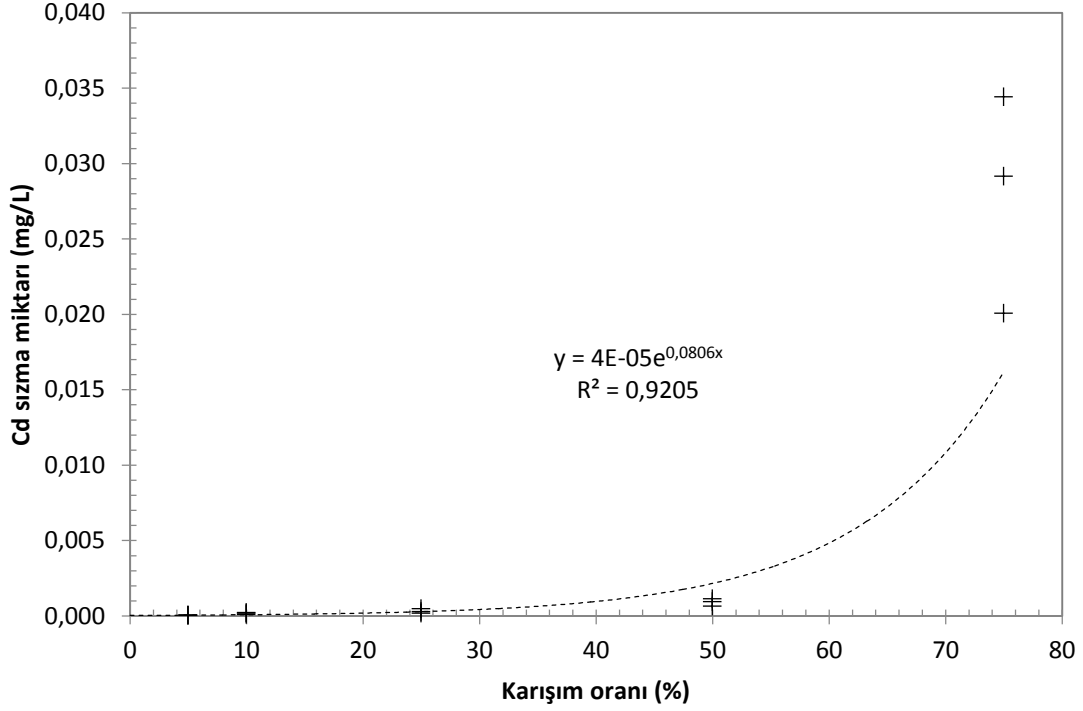
Şekil 5.47 14 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi



Şekil 5.48 28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi



Şekil 5.49 56 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi



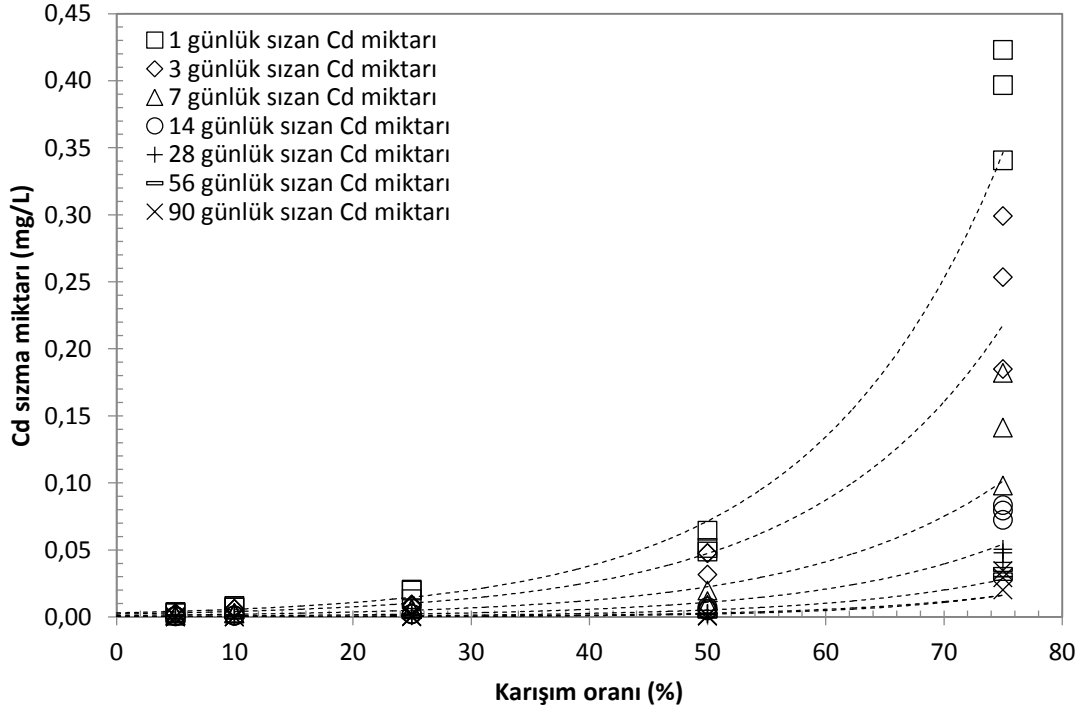
Şekil 5.50 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

Şekil 5.50’de, her bir karışım oranı için 3’er adet olmak üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin 90. günde ölçülen Cd sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Cd sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha genç (1, 3, 7, 14, 28 ve 56 günlük) numunelerde olduğu gibi, atık-çimento karışım oranının artmasıyla artış göstermiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Cd miktarı da artmıştır. Değerlerdeki bu artış, yine doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu, numunelerdeki atık-çimento etkileşiminin önceki numunelerdekilere benzer olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, 90 günden daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Cd sızma miktarlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir artış göstereceği beklenir.

Ayrıca Şekil 5.50’den görüldüğü üzere, 90 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cd sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha genç (1, 3, 7, 14, 28 ve 56 günlük) numunelerin Cd sızma miktarlarından genel olarak daha düşük gerçekleşmiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cd miktarı azalmıştır. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme

sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki 90 günden daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cd sızma miktarlarının genel olarak daha da düşük gerçekleşeceği beklenir.

Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi, Şekil 5.51’de verilmiştir.



Şekil 5.51 Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının karışım oranlarına göre değişimi

Şekil 5.51’den görüldüğü üzere, tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde belli oranlarda Cd sızması gerçekleşmiştir. Lakin bu sızma değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Bu sebeple, burada verilen Cd sızma miktarı değerleri 5.2.2 *TCLP Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi* başlığı altında atıkların düzenli depo tesislerine depolanabilmesi için atık kabul kriterleri ile mukayese edilerek değerlendirilmiştir.

Ayrıca Şekil 5.51’den görüldüğü üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin aynı günlerde ölçülen Cd sızma miktarları, numunenin atık-çimento karışım oranı arttıkça yükselmiş; %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranlı numunelerin Cd sızma miktarları sırasıyla artmıştır. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık

miktarı) arttığında numuneden sızan Cd miktarı da artmıştır. Özellikle düşük karışım oranlarında nispeten düşük gerçekleşen Cd sızma miktarları, karışım oranının artmasıyla birlikte çok daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Bu artışın sebebinin, hem malzemedeki sızması muhtemel kirletici miktarının artmasından hem de çimento bileşenlerinin artan atık miktarını izole etmekte yetersiz kalmaları sonucu kirleticinin malzemedan ayrılmasının engellenememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cd sızma miktarlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir artış gösterdiği görülmektedir. Değerlerdeki bu artış, doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Çünkü numunedeki atık miktarının artması ile Cd sızma miktarında meydana gelen artış, atığın çimento birleşenleri arasında sağlam bir bağ kurulmasını engellediği düşünüldüğü için bu engellenmenin atık miktarının doğrusal artışı ile doğrusal bir şekilde artması beklenemez. Zira bu durum numunenin içerisindeki atığın homojenliğinden atığın karışım içerisinde homojen bir şekilde dağılmasına kadar daha birçok diğer faktöre bağlıdır.

Ayrıca *Şekil 5.51*'den görüldüğü üzere, aynı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Cd sızma miktarları, numunenin yaşı arttıkça düşmüştür; 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük numunelerin Cd sızma miktarları sırasıyla azalmıştır. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cd miktarı azalmıştır. Bu azalışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cd sızma miktarlarının genel olarak daha düşük gerçekleştiği görülmektedir.

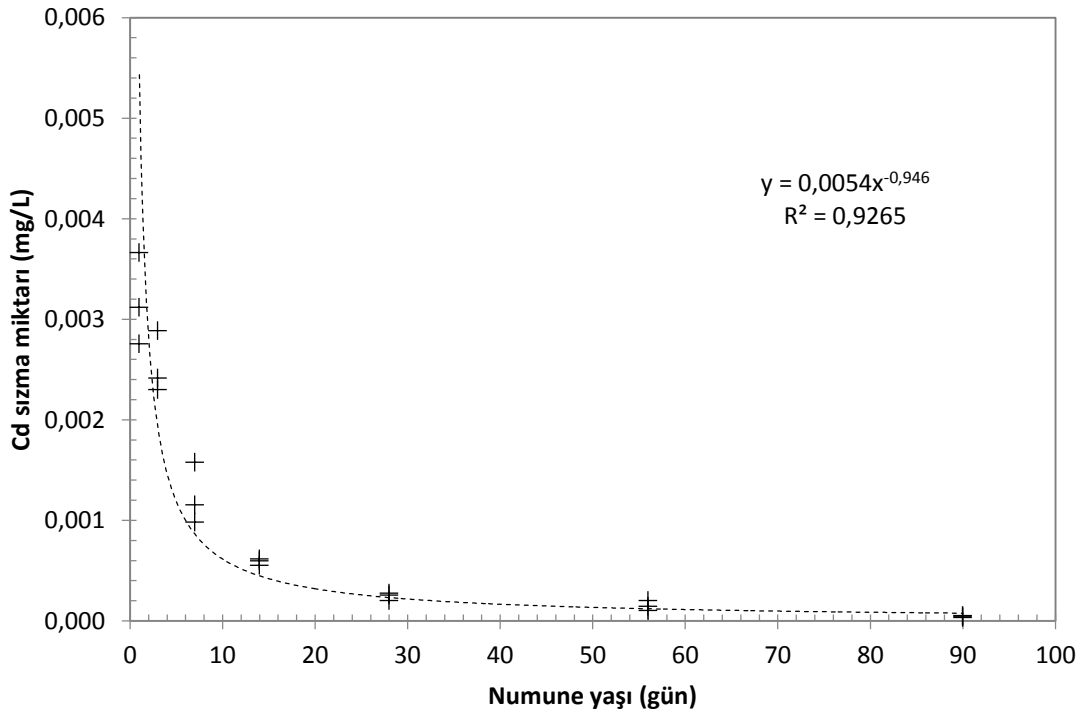
*Şekil 5.51*'de verilmiş olan değerlere göre çizilmiş eğim çizgilerinin denklemleri *Çizelge 5.11*'de verilmiştir.

Çizelge 5.11 Şekil 5.51'deki eğim çizgilerinin denklemleri

Numune yaşı (gün)	Denklem	R <sup>2</sup>
1	$y_1 = 300E-05e^{0,0631x}$	0,9753
3	$y_3 = 220E-05e^{0,0610x}$	0,9761
7	$y_7 = 110E-05e^{0,0602x}$	0,9404
14	$y_{14} = 40E-05e^{0,0642x}$	0,9576
28	$y_{28} = 20E-05e^{0,0673x}$	0,9322
56	$y_{56} = 9E-05e^{0,0697x}$	0,8962
90	$y_{90} = 4E-05e^{0,0806x}$	0,9205

Denklemlerde yer alan x, numunenin atık-çimento karışım oranını; y<sub>i</sub> ise numunenin Cd sızma miktarını ifade etmektedir. Bu denklemler sayesinde, numune yaşı bilinen katılaştırılmış malzeme numuneleri için atık-çimento karışım oranı bilindiğinde veya seçildiğinde (x yerine karışım oranı yazıldığında) numuneden sızması muhtemel Cd miktarı (y<sub>i</sub>) tahmin edilebilmektedir. Aynı şekilde, numuneden sızmasına müsaade edilebilecek Cd miktarı (y<sub>i</sub>) seçildiğinde de hazırlanması gereken en yüksek atık-çimento karışım oranı (x) bulunabilmektedir.

%5 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi, Şekil 5.52'de verilmiştir.



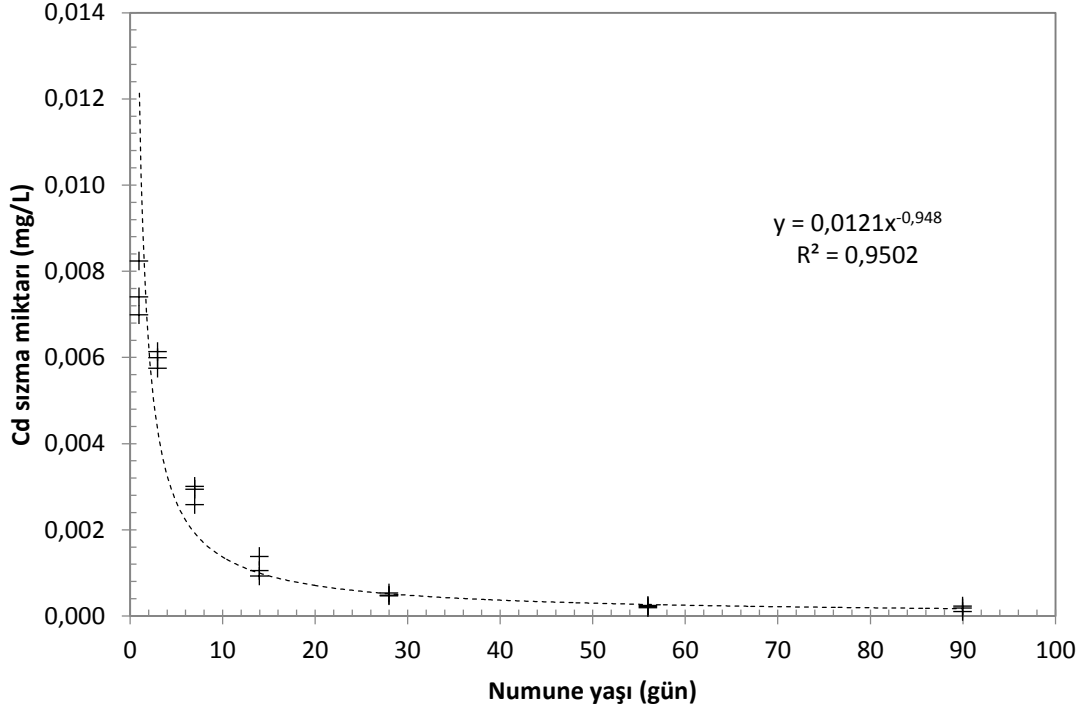
Şekil 5.52 %5 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi

*Şekil 5.52*'de, her bir numune yaşı için 3'er adet olmak üzere, %5 atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Cd sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, %5 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Cd sızma miktarları, numune yaşının artmasıyla azalış göstermiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cd miktarı azalmıştır. Özellikle ilk günler nispeten yüksek gerçekleşen Cd sızma miktarları, ilerleyen günlerde sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Değerlerdeki bu azalış, doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu azalışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, atık-çimento karışım oranının %5'den daha yüksek olduğu (%10, %25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Cd sızma miktarlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış göstereceği beklenmektedir.

Ayrıca *Şekil 5.52*'den görüldüğü üzere, %5 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cd sızma miktarları numune yaşının artmasıyla azalıyor olsa da nihayetinde malzemedan bir sızma gerçekleştiğini göstermektedir. Lakin bu sızma değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Sızma derecesinin karışım oranı ile olan ilişkisi ise daha yüksek atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cd sızma miktarı değerlerinin ölçülmesiyle ortaya koyulabilecektir. Ancak yine de atık-çimento karışım oranının düşük olmasından dolayı çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkili bir şekilde izole etmiş olabilecekleri düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki atık-çimento karışım oranının %5'den daha yüksek olduğu (%10, %25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cd sızma miktarlarının genel olarak daha yüksek gerçekleşeceği beklenmektedir.

%10 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi ise *Şekil 5.53*'de verilmiştir.





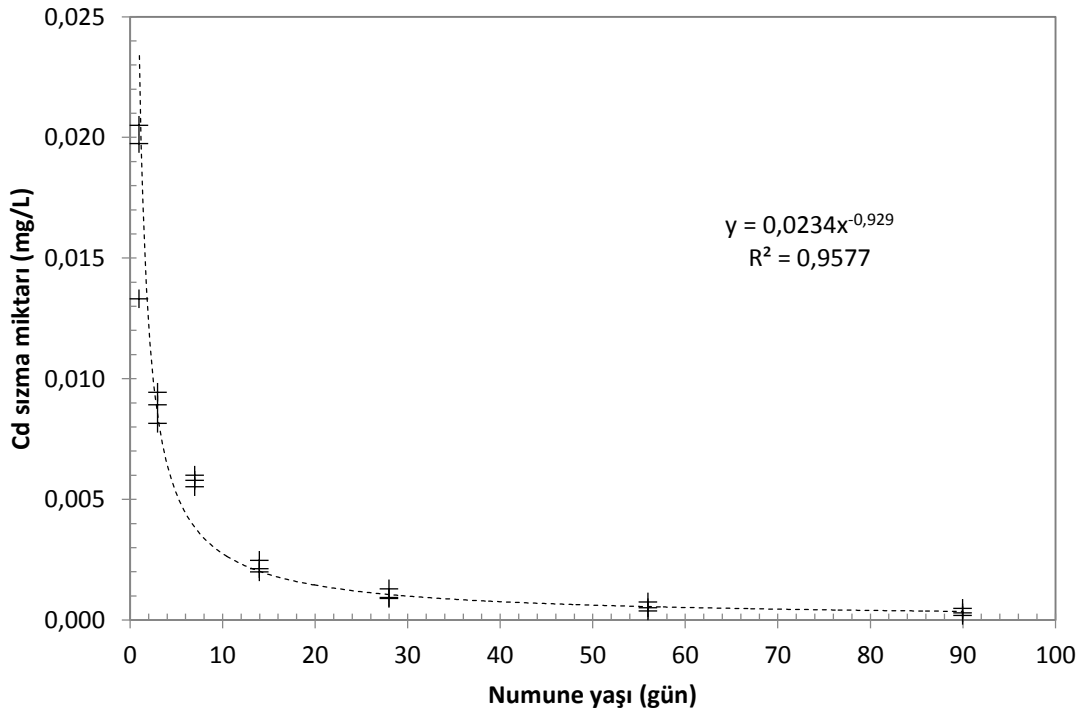
Şekil 5.53 %10 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi

Şekil 5.53’de, her bir numune yaşı için 3’er adet olmak üzere, %10 atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Cd sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, %10 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Cd sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük (%5) atık-çimento karışım oranlı numunelerde olduğu gibi, numune yaşının artmasıyla azalış göstermiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cd miktarı azalmıştır. Değerlerdeki bu azalış, yine doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, atık-çimento karışım oranının %10’dan daha yüksek olduğu (%25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Cd sızma miktarlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış göstereceği beklenmektedir.

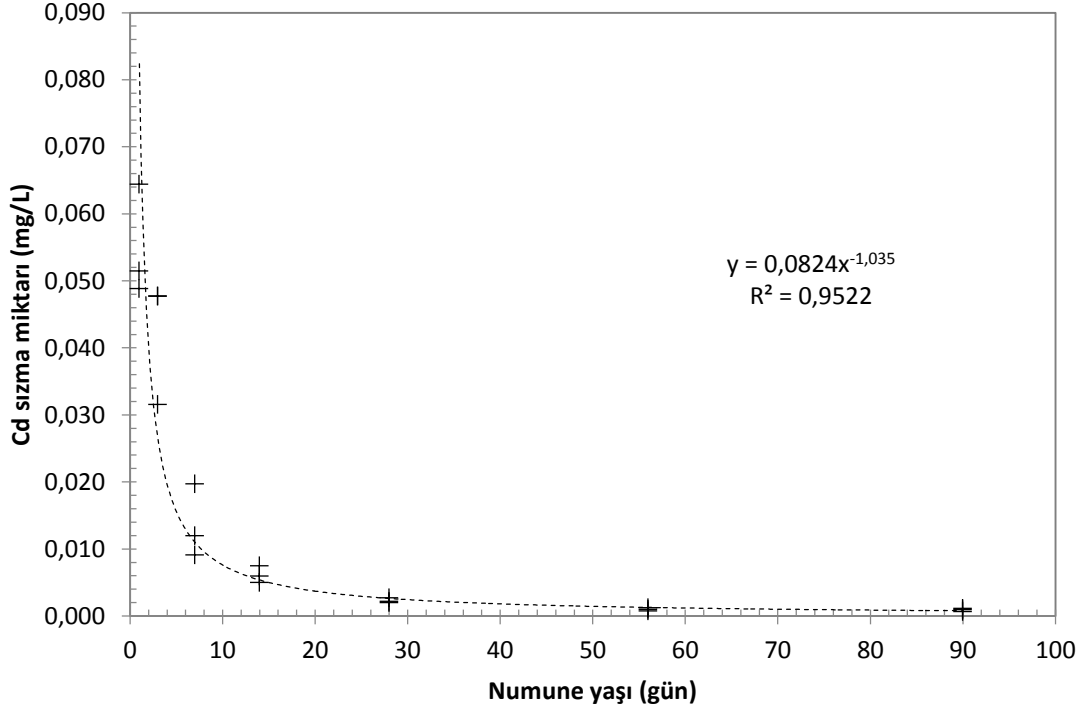
Ayrıca Şekil 5.53’den görüldüğü üzere, %10 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cd sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük atık-çimento karışım oranlı (%5) numunelerin Cd sızma miktarlarından genel olarak daha yüksek gerçekleşmiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı

(malzeme içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Cd miktarı da artmıştır. Bu artışın sebebinin, hem malzemedeki sızması muhtemel kirletici miktarının artmasından hem de çimento bileşenlerinin artan atık miktarını izole etmekte yetersiz kalmaları sonucu kirleticinin malzemedan ayrılmasının engellenememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşıdaki atık-çimento karışım oranının %10'dan daha yüksek olduğu (%25, %50 ve %75) katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cd sızma miktarlarının genel olarak daha da yüksek gerçekleşeceği beklenmektedir.

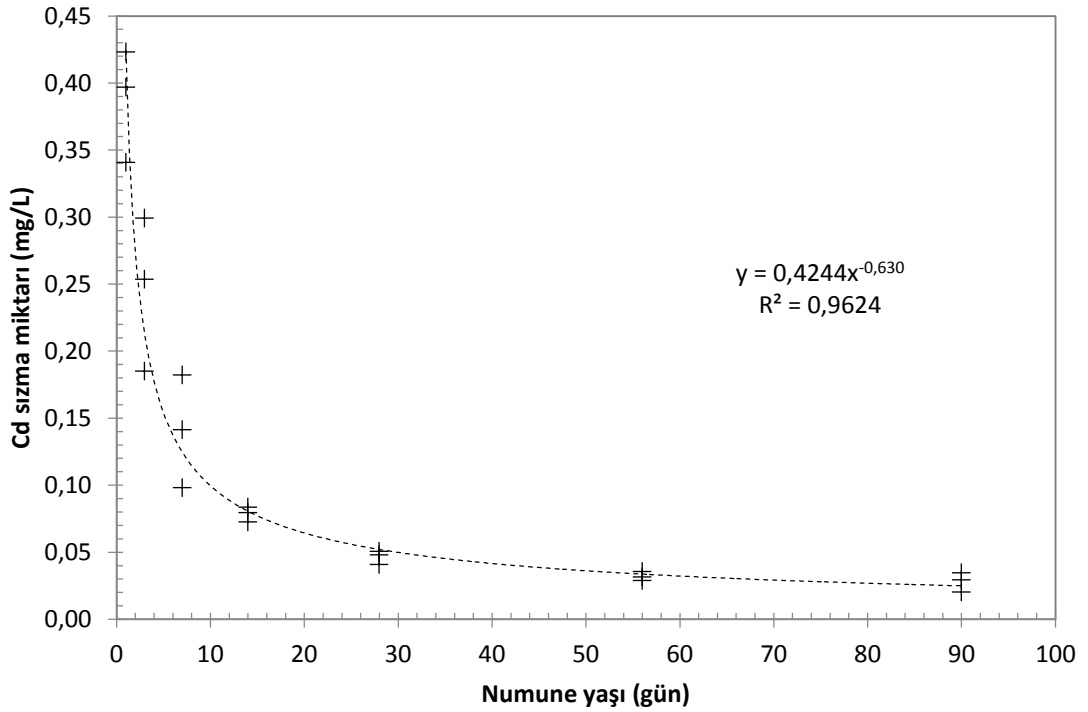
%25 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi, Şekil 5.54'de; %50 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi, Şekil 5.55'de; %75 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi ise Şekil 5.56'da verilmiştir.



Şekil 5.54 %25 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi



Şekil 5.55 %50 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi



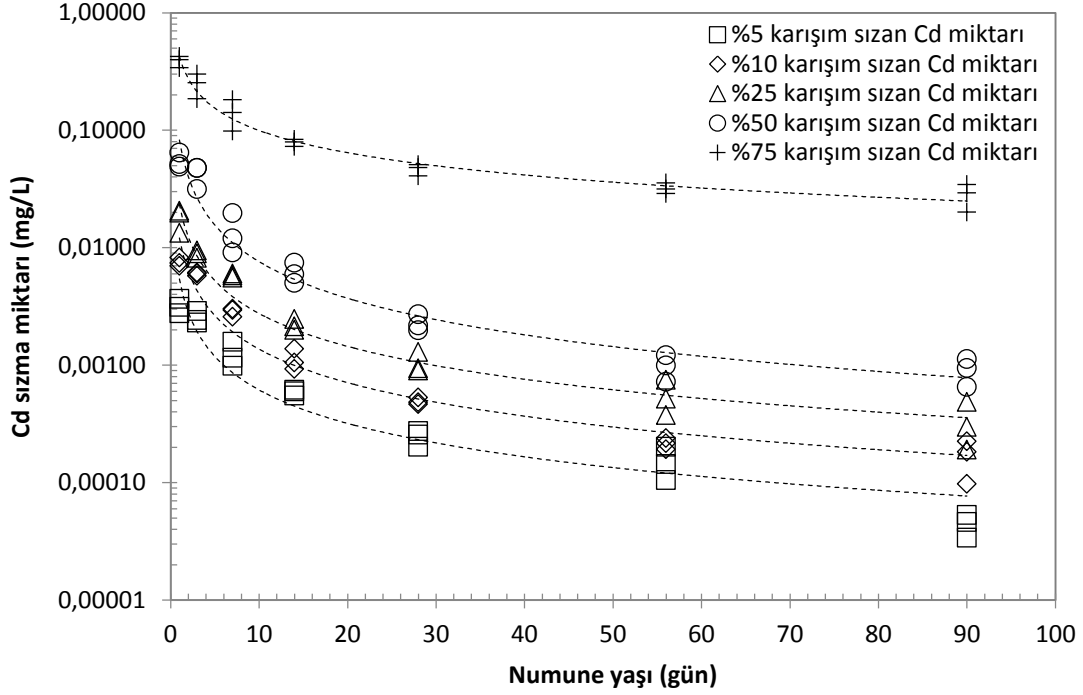
Şekil 5.56 %75 karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi

*Şekil 5.56'* da, her bir numune yaşı için 3'er adet olmak üzere, %75 atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Cd sızma miktarı değerleri verilmiştir. Görüldüğü üzere, %75 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin ölçülen Cd sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük (%5, %10, %25 ve %50) atık-çimento karışım oranlı numunelerde olduğu gibi, numune yaşının artmasıyla azalış göstermiştir. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cd miktarı azalmıştır. Değerlerdeki bu azalış, yine doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, atık-çimento karışım oranının %75'den daha yüksek olduğu katılaştırılmış malzeme numunelerinde de Cd sızma miktarlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış göstereceği beklenir.

Ayrıca *Şekil 5.56'* dan görüldüğü üzere, %75 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinin Cd sızma miktarları, beklendiği şekilde kendinden önceki daha düşük atık-çimento karışım oranlı (%5, %10, %25 ve %50) numunelerin Cd sızma miktarlarından genel olarak daha yüksek gerçekleşmiştir. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (malzeme içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Cd miktarı da artmıştır. Bu, numunelerdeki atık-çimento etkileşiminin önceki numunelerdekilere benzer olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki atık-çimento karışım oranının %75'den daha yüksek olduğu katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cd sızma miktarlarının genel olarak daha da yüksek gerçekleşeceği beklenir.

Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi, *Şekil 5.57'* de verilmiştir.

*Şekil 5.57'* den görüldüğü üzere, tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinden belli oranlarda Cd sızması gerçekleşmiştir. Lakin bu sızma değerleri tek başlarına bir anlam ifade etmediğinden ancak referans alınabilecek limit değerler gibi değerlerle mukayese edilerek anlamlandırılabilirler. Bu sebeple, burada verilen Cd sızma miktarı değerleri *5.2.2 TCLP Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi* başlığı altında atıkların düzenli depo tesislerine depolanabilmesi için atık kabul kriterleri ile mukayese edilerek değerlendirilmiştir.



Şekil 5.57 Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde ölçülen Cd sızma miktarlarının numune yaşlarına göre değişimi

Ayrıca Şekil 5.57'den görüldüğü üzere, aynı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen Cd sızma miktarları, numunenin yaşı arttıkça düşmüştür; 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük numunelerin Cd sızma miktarları sırasıyla azalmıştır. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan Cd miktarı azalmıştır. Özellikle ilk günler nispeten yüksek gerçekleşen Cd sızma miktarları, ilerleyen günlerde sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Bu azalışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cd sızma miktarlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış gösterdiği görülmektedir. Değerlerdeki bu azalış, doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Çünkü numune yaşının artması ile Cd sızma miktarında meydana gelen azalış, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedan ayrılmalarını engellediği düşünüldüğü için bu engellemenin numune yaşının doğrusal artışı ile doğrusal bir şekilde artması

beklenemez. Zira bu durum numunenin içerisindeki atığın homojenliğinden atığın karışım içerisinde homojen bir şekilde dağılmasına kadar daha birçok diğer faktöre bağlıdır.

Ayrıca Şekil 5.57’den görüldüğü üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin aynı günlerde ölçülen Cd sızma miktarları, numunenin atık-çimento karışım oranı arttıkça yükselmiş; %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranlı numunelerin Cd sızma miktarları sırasıyla artmıştır. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan Cd miktarı da artmıştır. Bu artışın sebebinin, hem malzemedeki sızması muhtemel kirletici miktarının artmasından hem de çimento bileşenlerinin artan atık miktarını izole etmekte yetersiz kalmaları sonucu kirleticinin malzemedan ayrılmasının engellenememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki daha yüksek atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde Cd sızma miktarlarının genel olarak daha yüksek gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 5.57’de verilmiş olan değerlere göre çizilmiş eğim çizgilerinin denklemleri Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12 Şekil 5.57’deki eğim çizgilerinin denklemleri

Karışım oranı (%)	Denklem	R <sup>2</sup>
5	$y_5 = 0,0054x^{-0,946}$	0,9265
10	$y_{10} = 0,0121x^{-0,948}$	0,9502
25	$y_{25} = 0,0234x^{-0,929}$	0,9577
50	$y_{50} = 0,0824x^{-1,035}$	0,9522
75	$y_{75} = 0,4244x^{-0,630}$	0,9624

Denklemlerde yer alan x, numunenin yaşını; y<sub>j</sub> ise numunenin Cd sızma miktarını ifade etmektedir. Bu denklemler sayesinde, atık-çimento karışım oranı bilinen katılaştırılmış malzeme numuneleri için numune yaşı bilindiğinde veya seçildiğinde (x yerine numune yaşı yazıldığında) numuneden sızması muhtemel Cd miktarı (y<sub>j</sub>) tahmin edilebilmektedir. Aynı şekilde, numuneden sızmasına müsaade edilebilecek Cd miktarı (y<sub>j</sub>) seçildiğinde de ancak o kadarlık bir sızmanın gerçekleşebileceği en düşük numune yaşı (x) bulunabilmektedir.

## 5.2 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu bölümde, evvelki bölümlerde verilen basınç dayanımı ve TCLP deney neticelerinin gerekli tartışmalar eşliğinde değerlendirmeleri yapılmıştır.

### 5.2.1 Basınç Dayanımı Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

K/K işlemlerinden sonra katılaştırılmış malzemenin yapı malzemesi veya benzeri olarak kullanılması tasarlandığında katılaştırılmış malzeme için basınç dayanımı karakteristik bir özellik olarak ortaya çıkar. Böyle bir durumda katılaştırılmış malzemenin istenen basınç dayanım değerlerini karşılaması beklenir. Bunun için bu tez çalışması kapsamında yapılan K/K çalışması sonucunda ortaya çıkan katılaştırılmış malzeme numuneleri basınç dayanım deneyine tabi tutulmuşlardır.

*5.1.1 Basınç Dayanımı Deney Sonuçları* başlığı altında tez çalışması kapsamında tasarlanmış olan farklı atık-çimento oranlı katılaştırılmış malzemelerin farklı zamanlardaki basınç dayanımları verilmiştir. Bu değerlere göre tüm katılaştırılmış malzeme numuneleri belirli oranlarda dayanım kazanmıştır.

Bununla beraber farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin aynı günlerde ölçülen basınç dayanımları, numunenin atık-çimento karışım oranı arttıkça düşmüştür; %0, %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranlı numunelerin basınç dayanımları sırasıyla azalmıştır. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numunenin basınç dayanımı azalmıştır. Özellikle düşük karışım oranlarında nispeten yüksek gerçekleşen basınç dayanımları, karışım oranının artmasıyla birlikte daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Bu azalışın sebebinin, artan atık miktarı karşısında çimento bileşenlerinin birbiri ile bağ kurup dayanım sağlamasının engellenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde basınç dayanımlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir azalış gösterdiği görülmektedir. Değerlerdeki bu azalış, doğrusal bir şekilde gerçekleşmemiştir. Çünkü numunedeki atık miktarının artması ile basınç dayanımında meydana gelen azalış, atığın çimento birleşenleri arasında sağlam bir bağ kurulmasını engellediği düşünüldüğü için bu engellenmenin atık miktarının doğrusal artışı ile doğrusal bir şekilde azalması beklenemez. Zira bu durum numunenin içerisindeki atığın homojenliğinden atığın karışım içerisinde homojen bir şekilde dağılmasına kadar daha birçok diğer faktöre bağlıdır.

Ayrıca aynı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen basınç dayanımları, numunenin yaşı arttıkça yükselmiş; 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük numunelerin basınç dayanımları sırasıyla artmıştır. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numunenin basınç dayanımı da artmıştır. Özellikle ilk günler nispeten düşük gerçekleşen basınç dayanımları, ilerleyen günlerde sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Değerlerdeki bu artış, tam bir doğrusallık göstermemiş, normal betonun basınç dayanımı gelişimine benzerlik göstermiştir. Bu artışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin atık varlığına rağmen tıpkı betonda olduğu gibi birbiri ile daha etkin bağ kurup dayanım sağlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde basınç dayanımlarının artan numune yaşına göre genel olarak benzer şekilde bir artış gösterdiği görülmektedir.

Bununla birlikte bu basınç dayanım değerlerinin anlamlandırılabilmesi için mevzuat veya standartlarda yer alan değerler ile mukayese edilip değerlendirilmesi de gerekir.

TS EN 197-1 [54] Türk Standardına göre, çimentoların 7 günlük basınç dayanımları çimentonun erken dayanımı, 28 günlük basınç dayanımları ise çimentonun standart dayanımı olarak tanımlanmakta ve bu tez çalışmasında kullanılmış olan 32,5 N dayanım sınıfındaki çimentolar için erken dayanımın en az 16 MPa, standart dayanımın ise en az 32,5 MPa olması istenmektedir. TS EN 206-1 [44] Türk Standardına göre ise, betonların 28 günlük basınç dayanımları betonun karakteristik dayanımı olarak tanımlanmakta ve buna göre betonlar sınıflandırılmaktadır.

Standartlarda verilmiş olan bu değerlerin tez çalışmasında verilmiş olan deney sonuçları ile açıklama yapılmaksızın doğrudan kıyaslanması doğru olmaz. Zira çimentoların erken ve standart dayanımları TS EN 196-1 [56] Türk Standardına göre 1 kısım çimentonun 3 kısım CEN kumu ile karıştırılması sonucu sadece çimentoların basınç dayanımlarını ölçmek için, betonların karakteristik dayanımları da TS EN 12390-3 [71] Türk Standardına göre çimento ile agreganın karıştırılması sonucu sadece betonların dayanım sınıflarını belirlenmek için tasarlanmıştır. Bu tez çalışmasında ise çimento, standartlarda belirtildiği gibi kum veya agrega ile değil atık ile karıştırılmıştır. Kum veya agreganın bulunmayışı atık-çimento karışım oranının %0 olduğu numunelerin



basınç dayanımlarından da görüldüğü üzere başlı başına bir dayanım azaltıcı sebeptir. Bununla birlikte atık ilavesi de basınç dayanımını azaltıcı etki göstermiştir. Yani atık ile hazırlanan karışımlara kum veya agrega ilavesi numunenin basınç dayanımını artırıcı etki gösterecektir. Ancak kum veya agregasız şekilde sadece atık ve çimento karışımıyla hazırlanan numuneler dahi belirli basınç dayanımlarına sahiplerdir.

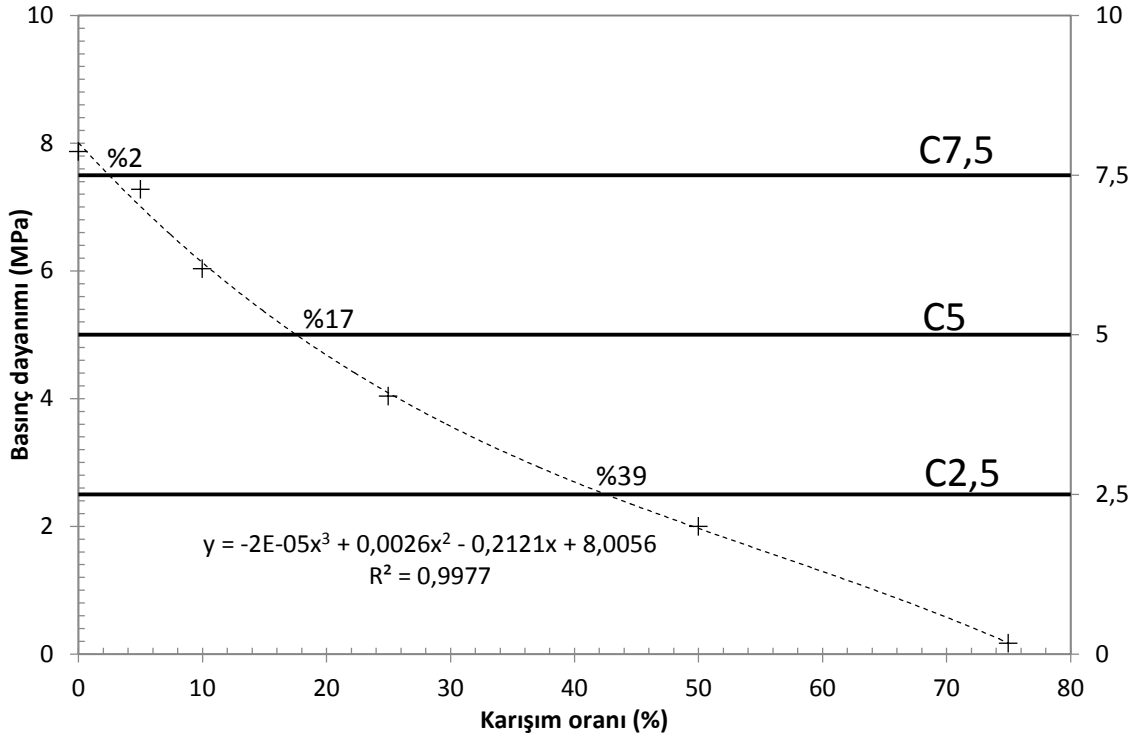
150 mm x 150 mm ebatlarındaki küp numunenin 28 günlük karakteristik basınç dayanımına göre beton sınıfları *Çizelge 5.13*'de verilmiştir.

Çizelge 5.13 Karakteristik basınç dayanımına göre beton sınıfları [69]

Beton Sınıfı	150 mm x 150 mm ebatlarındaki küp numunenin 28 günlük karakteristik basınç dayanımı MPa (N/mm <sup>2</sup> )
C 2,5	2,5
C 5	5,0
C 7,5	7,5
C 10	10,0
C 12,5	12,5
C 15	15,0
C 20	20,0

Buna göre, tez çalışması kapsamında yapılan deneysel çalışmalar sonucu üretilmiş katılaştırılmış malzeme numunelerinin 28 günlük basınç dayanımları *Çizelge 5.13*'de verilmiş olan beton sınıfları ile kıyaslanabilir. Böylece üretilmiş olan malzemenin hangi beton sınıfına giren bir betonun basınç dayanım özelliklerine benzer olduğu değerlendirilebilir.

28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin karışım oranına göre basınç dayanımlarının beton sınıflarıyla mukayesesi *Şekil 5.58*'de verilmiştir.



Şekil 5.58 28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinde karışım oranlarına göre ölçülen basınç dayanımı ortalama değerlerinin beton sınıfları ile mukayesesi

Şekil 5.58'den görüldüğü üzere 28 günlük katılaştırılmış malzeme numunelerinin ortalama ölçülen basınç dayanımlarının, karışım oranının artması ile düşen basınç dayanımına bağlı olarak beton sınıfları da düşmektedir. %5 ve %10 atık-çimento karışım oranına sahip katılaştırılmış malzeme numuneleri tüm numuneler içerisinde en yüksek basınç dayanımlarına sahip oldukları gibi C7,5 beton sınıfında yer alarak da en yüksek beton sınıfında yer almışlardır. Buna mukabil %25 atık-çimento karışım oranına sahip katılaştırılmış malzeme numuneleri C5 beton sınıfında, %50 ve %75 atk-çimento karışım oranlarına sahip katılaştırılmış malzeme numuneleri de en düşük beton sınıfı olan C2,5 beton sınıfında yer almışlardır. Buna göre tüm katılaştırılmış malzeme numuneleri bir basınç dayanımı göstermiş olup yapı malzemesi olarak kullanılabilirler. Bununla birlikte hangi beton sınıfındaki katılaştırılmış malzemenin kullanılacağı ancak kullanım yerlerinin gereklerine göre ayrı ayrı yapılacak olan beton hesaplamaları ile bulunabilir.

Ayrıca katılaştırılmış malzeme numuneleri basınç dayanım standartlarını karşılıyor olsa bile içerisindeki tehlikeli kirleticilerin çevreye sızma derecelerinin de bilinmesi gereklidir. Bu sebeple basınç dayanım değerleri bir sonraki bölümde yer alan sızma değerleri ile birlikte de değerlendirilmelidirler.

## 5.2.2 TCLP Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

K/K işlemlerinden sonra katılaştırılmış malzemenin nihai bertarafı için depolanacağı durumlarda, işlemler buna göre tasarlandığında katılaştırılmış malzeme için içerisindeki kirleticilerin sızma miktarları karakteristik bir özellik olarak ortaya çıkar. Böyle bir durumda katılaştırılmış malzemenin istenen sınır değerlerden daha düşük sızma değerlerini karşılaması beklenir. Bunun için bu tez çalışması kapsamında yapılan K/K çalışması sonucunda ortaya çıkan katılaştırılmış malzeme numuneleri TCLP deneyine tabi tutulmuşlardır.

*5.1.2 TCLP Deney Sonuçları* başlığı altında tez çalışması kapsamında tasarlanmış olan farklı atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzemelerin farklı zamanlardaki sızma miktarları verilmiştir. Bu değerlere göre tüm katılaştırılmış malzeme numuneleri belli oranlarda kirleticileri tutmakta, salıvermemektedir.

Bununla beraber farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin aynı günlerde ölçülen kirletici (Pb, Cr, Cd) sızma miktarları, numunenin atık-çimento karışım oranı arttıkça yükselmiş; %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranlı numunelerin kirletici sızma miktarları sırasıyla artmıştır. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan kirletici miktarı da artmıştır. Özellikle düşük karışım oranlarında nispeten düşük gerçekleşen kirletici sızma miktarları, karışım oranının artmasıyla birlikte çok daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Bu artışın sebebinin, hem malzemedeki sızması muhtemel kirletici miktarının artmasından hem de çimento bileşenlerinin artan atık miktarını izole etmekte yetersiz kalmaları sonucu kirleticinin malzemedan ayrılmasının engellenememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, aynı numune yaşındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde kirletici sızma miktarlarının artan atık-çimento karışım oranına göre genel olarak benzer şekilde bir artış gösterdiği görülmektedir. Değerlerdeki bu artış, doğrusal değil geometrik bir şekilde gerçekleşmiştir. Çünkü numunedeki atık miktarının artması ile kirletici sızma miktarında meydana gelen artış, atığın çimento birleşenleri arasında sağlam bir bağ kurulmasını engellediği düşünüldüğü için bu engellenmenin atık miktarının doğrusal artışı ile doğrusal bir şekilde artması beklenemez. Zira bu durum numunenin içerisindeki atığın homojenliğinden, atığın karışım içerisinde homojen bir şekilde dağılmasına kadar daha birçok diğer faktöre bağlıdır.

Ayrıca aynı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen kirletici sızma miktarları, numunenin yaşı arttıkça düşmüştür; 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük numunelerin kirletici sızma miktarları sırasıyla azalmıştır. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan kirletici miktarı azalmıştır. Bu azalışın sebebinin, devam eden sertleşme süreci ile birlikte, çimento bileşenlerinin kirleticileri daha etkin bir şekilde izole ederek malzemedeki ayrılmalarını engellemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu, numunenin sertleşme sürecinin hâlen devam etmekte olduğunu da göstermektedir. Bu sebeple, sertleşme sürecinin devam etmesi ile birlikte, aynı atık-çimento karışım oranındaki daha yaşlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde kirletici sızma miktarlarının genel olarak daha düşük gerçekleştiği görülmektedir.

Bununla birlikte bu sızma miktarı değerlerinin anlamlandırılabilmesi için mevzuat veya standartlardaki değerler ile mukayese edilip değerlendirilmesi de gerekir.

Atıkların düzenli depolanması için mevzuatta 3 farklı depo tesisi tanımlanmıştır. Bunlar [48];

- I. sınıf düzenli depolama tesisi: Tehlikeli atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis
- II. sınıf düzenli depolama tesisi: Belediye atıkları ile tehlikesiz atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis
- III. sınıf düzenli depolama tesisi: İnert atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis

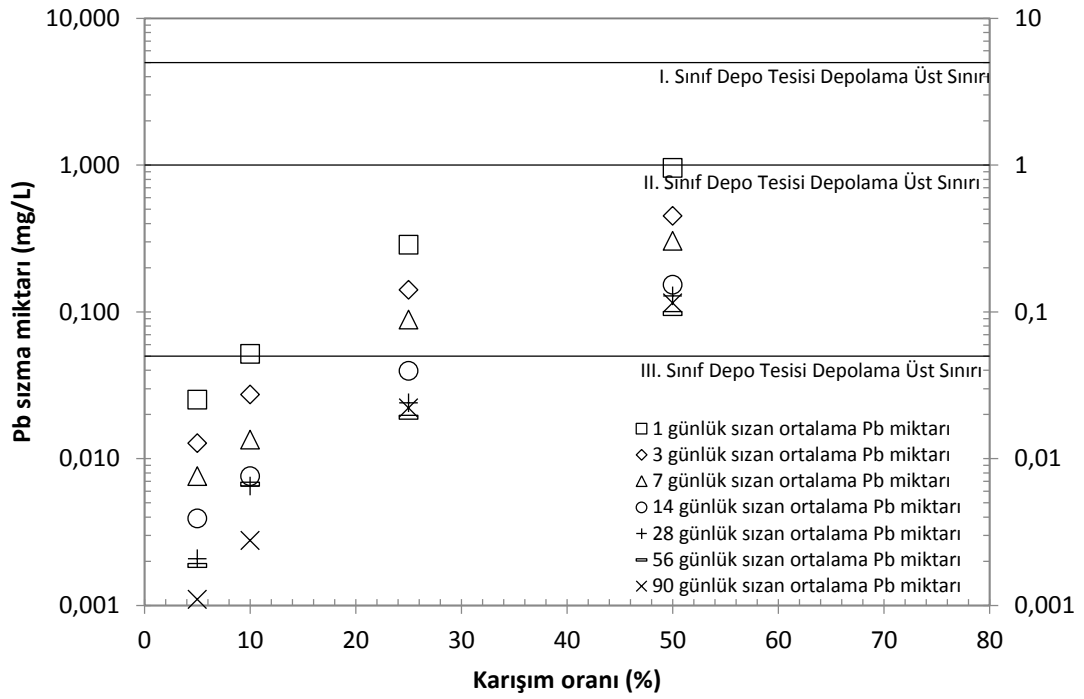
Bu tesislere depolanabilecek atıkların belirli kirletici sınır değerlerini aşmaması gerekmektedir. Bu sınır değerler *Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik*'in [48] *Ek 2: Atık Kabul Kriterleri*'nde yer almakta olup özet olarak *Çizelge 5.14*'de verilmişlerdir.

Çizelge 5.14 Atıkların düzenli depo tesislerine depolanabilmesi için Pb, Cr, ve Cd üst sınırları [48]

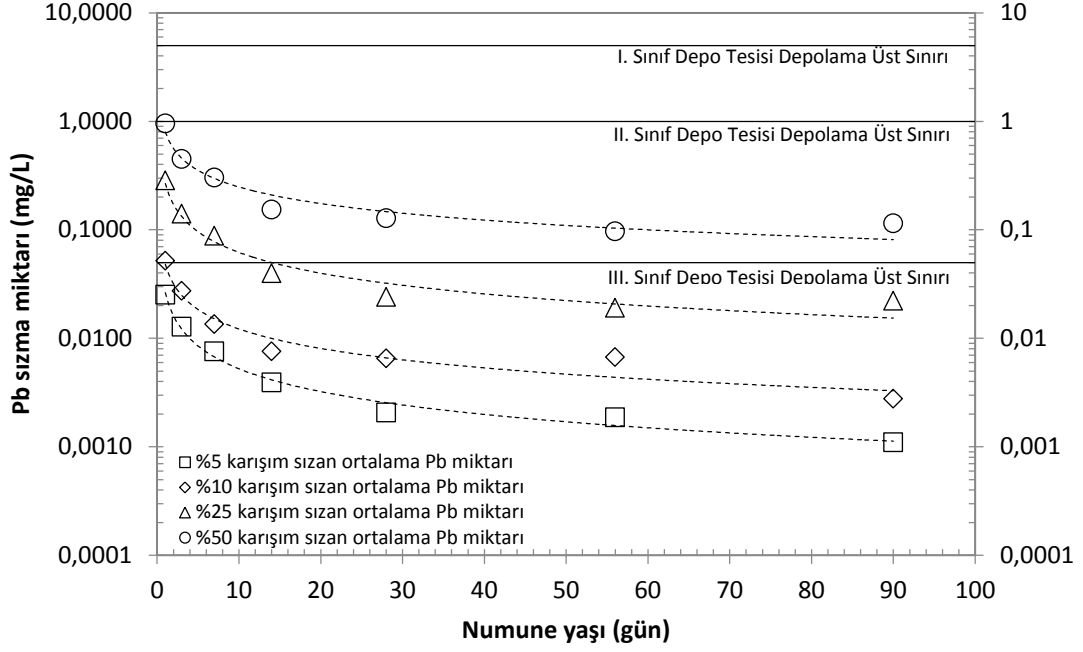
Parametre	Sınır değerler		
	I. Sınıf mg/L	II. Sınıf mg/L	III. Sınıf mg/L
Pb	5,00	1,00	0,050
Cr	7,00	1,00	0,050
Cd	0,50	0,10	0,004

Atıkların düzenli depo tesislerinde depolanabilmeleri için *Çizelge 5.14'*de verilmiş olan sınır değerlerin altında kirletici konsantrasyonuna sahip olması gerekir. Bu tez çalışması kapsamında hazırlanmış olan katılaştırılmış malzeme numunelerinin de depo tesislerinde depolanabilme imkânlarının değerlendirilmesi için TCLP deney sonuçları *Çizelge 5.14'*deki sınır değerler ile mukayese edilmiştir.

Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde karışım oranlarına göre ölçülen Pb sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi *Şekil 5.59'*da, farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde numune yaşlarına göre ölçülen Pb sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi ise *Şekil 5.60'*da verilmiştir.



Şekil 5.59 Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde karışım oranlarına göre ölçülen Pb sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi

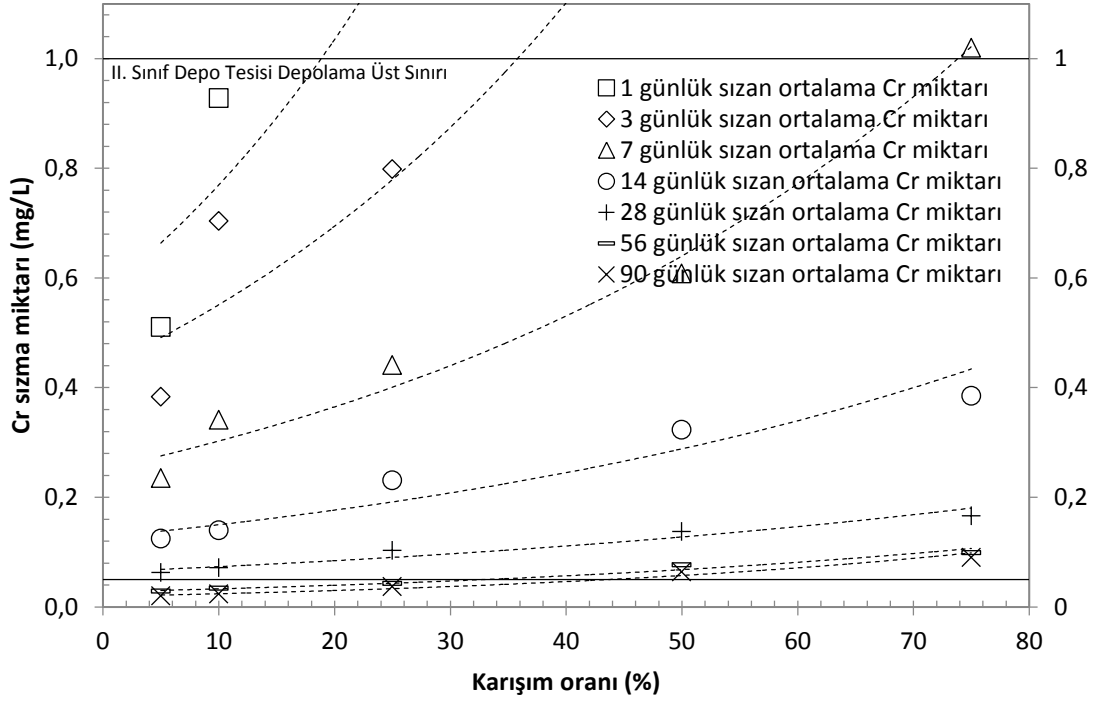


Şekil 5.60 Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde numune yaşlarına göre ölçülen Pb sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi

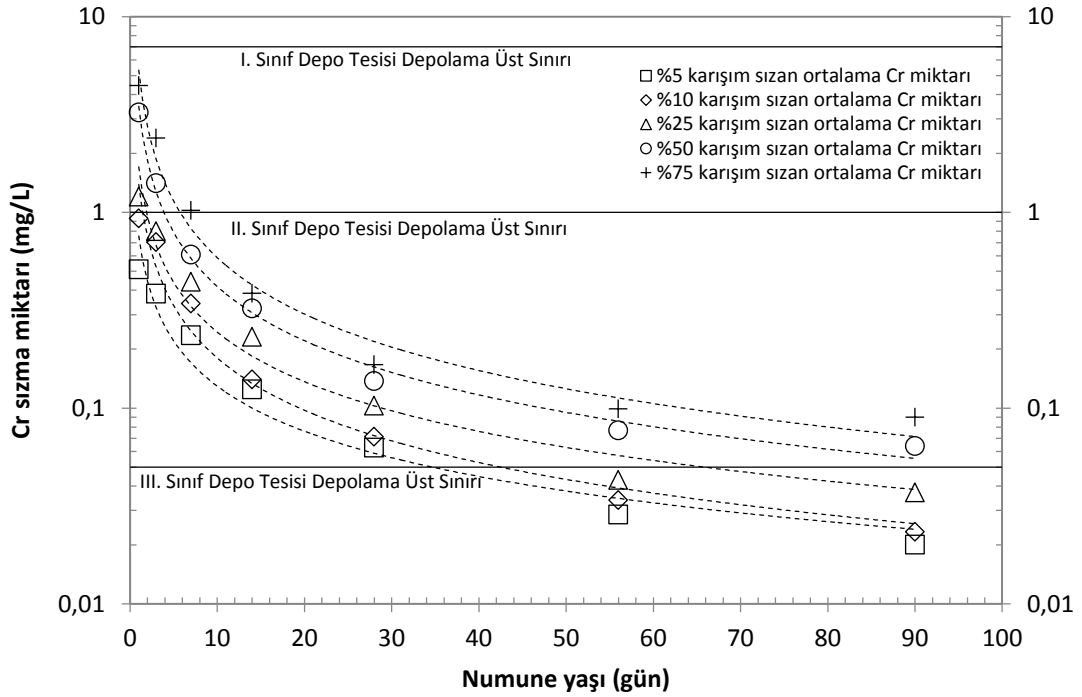
Şekil 5.59 ve Şekil 5.60'dan görüldüğü üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarındaki tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde bulunan Pb, farklı oranlarda tutulmuştur. %50 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde tehlikeli atık depolama tesisi olan I. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınırının altında Pb sızması gerçekleşmiş olup böylece bu numunelerin tamamı tehlikesiz atık sınıfına girmiştir.

Ayrıca, %50 atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde 1. günden itibaren tehlikesiz atık depolama tesisi olan II. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınır değerinin altında; %25 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde en geç 14. günün ardından, %10 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ise 1. günden itibaren inert atık depolama tesisi olan III. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınır değerlerinin altında Pb sızması gerçekleşmiştir.

Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde karışım oranlarına göre ölçülen Cr sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi Şekil 5.61'de, Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde numune yaşlarına göre ölçülen Cd sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi ise Şekil 5.62'de verilmiştir.



Şekil 5.61 Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde karışım oranlarına göre ölçülen Cr sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi



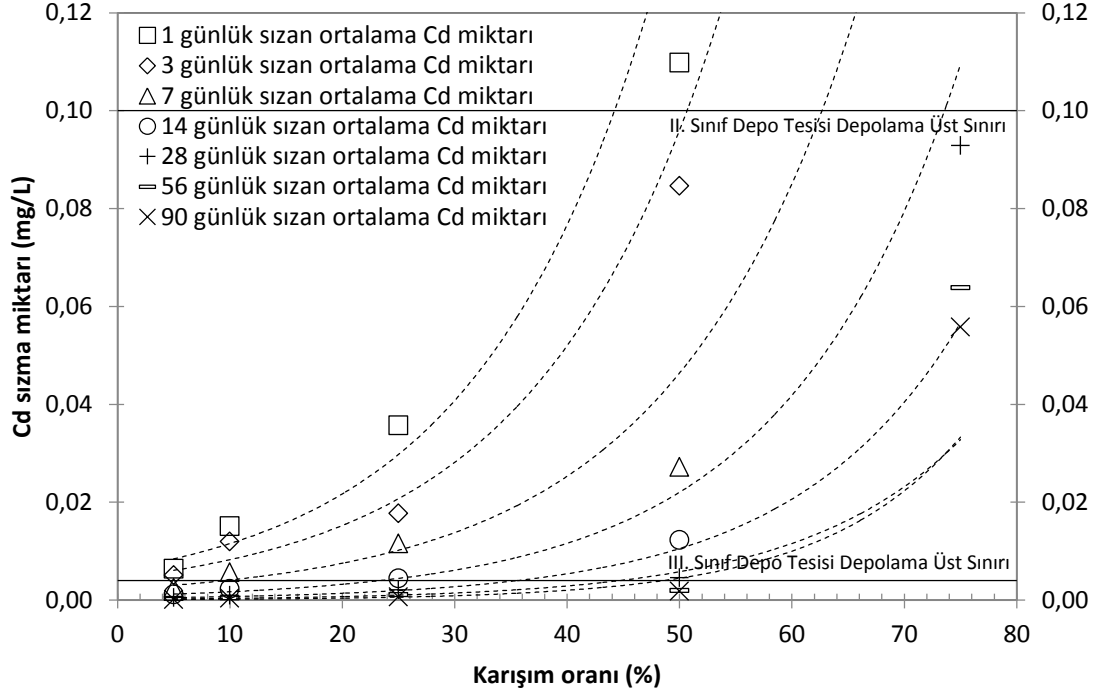
Şekil 5.62 Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde numune yaşlarına göre ölçülen Cd sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi

*Şekil 5.61 ve Şekil 5.62*'den görüldüğü üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarındaki tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde bulunan Cr, farklı oranlarda tutulmuştur. %75 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde 7. günün ardından tehlikeli atık depolama tesisi olan I. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınırının altında Cr sızması gerçekleşmiş olup böylece bu numunelerin tamamı tehlikesiz atık sınıfına girmiştir.

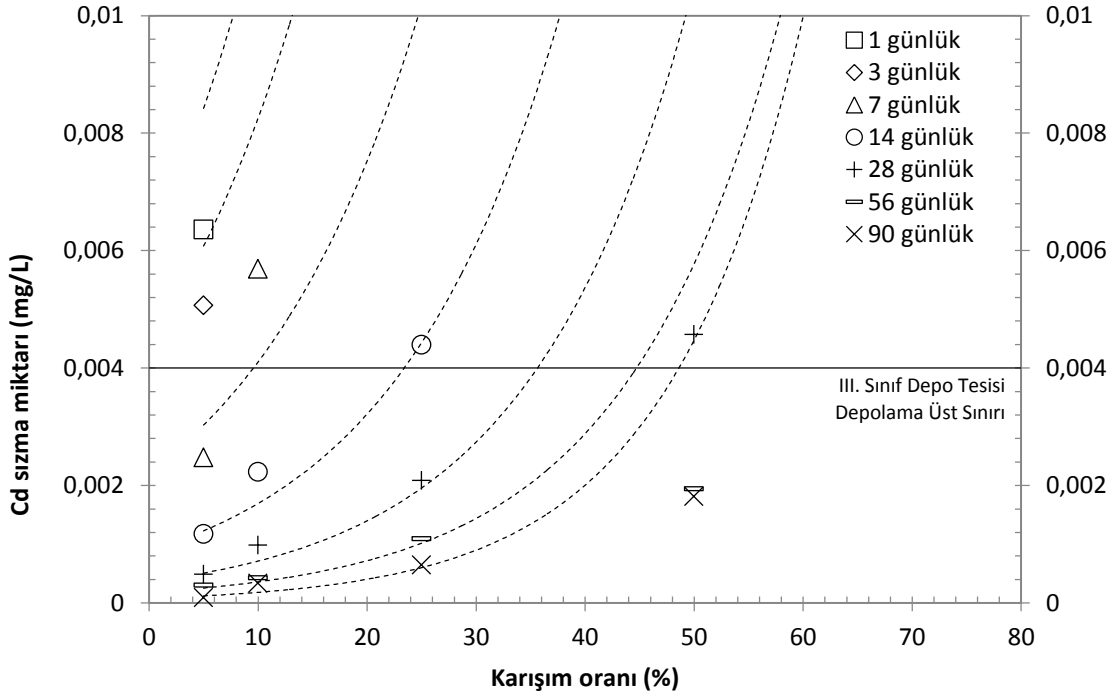
Ayrıca, %75 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde 7. günün ardından tehlikesiz atık depolama tesisi olan II. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınır değerinin altında, %25 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde ise 56. günün ardından inert atık depolama tesisi olan III. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınır değerinin altında, yani bu depo tesislerinde depolanabilmelerine imkân verecek derecede sınır değerlerin altında Cr sızması gerçekleşmiştir.

Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde karışım oranlarına göre ölçülen Cd sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi *Şekil 5.63*'de, Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde numune yaşlarına göre ölçülen Cd sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi ise *Şekil 5.64*'de verilmiştir.



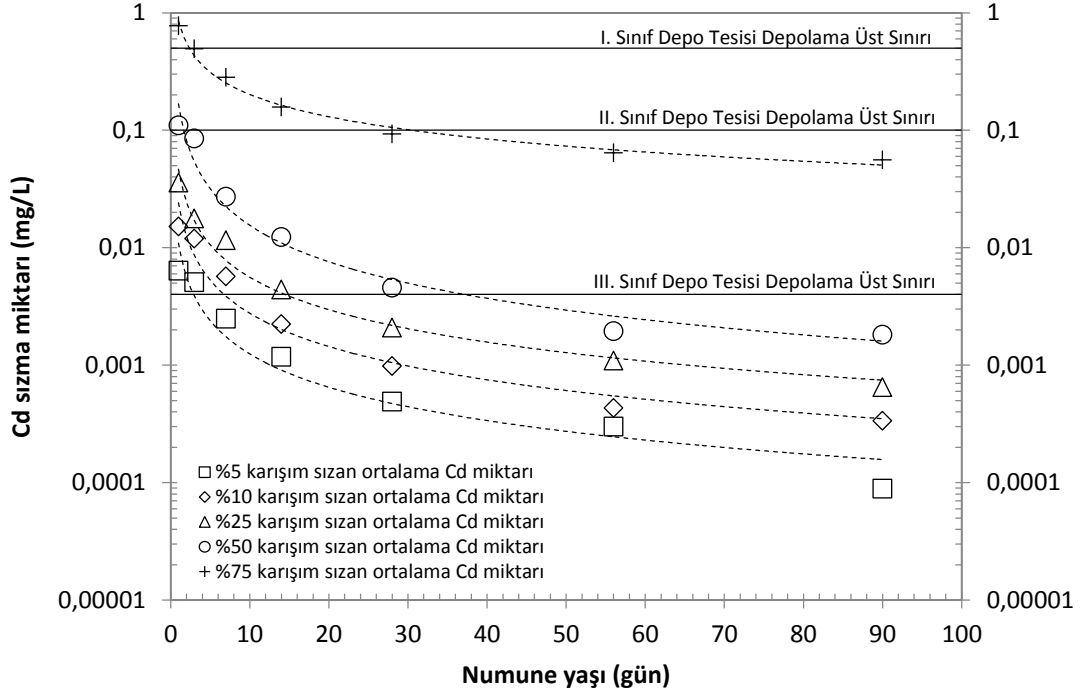


(a)



(b)

Şekil 5.63 Farklı yaşlardaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde karışım oranlarına göre ölçülen Cd sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi



Şekil 5.64 Farklı karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numunelerinde numune yaşlarına göre ölçülen Cd sızma miktarı ortalama değerlerinin depolama sınırları ile mukayesesi

Şekil 5.63 ve Şekil 5.64'den görüldüğü üzere, farklı atık-çimento karışım oranlarındaki tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde bulunan Cd, farklı oranlarda tutulmuştur. %50 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde 1. günün ardından tehlikeli atık depolama tesisi olan I. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınırının altında Cd sızması gerçekleşmiş olup böylece bu numunelerin tamamı tehlikesiz atık sınıfına girmiştir.

Ayrıca, %50 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde 1. günün ardından tehlikesiz atık depolama tesisi olan II. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınır değerinin altında, 56. günün ardından ise inert atık depolama tesisi olan III. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınır değerinin altında, yani bu depo tesislerinde depolanabilmelerine imkân verecek derecede sınır değerlerin altında Cd sızması gerçekleşmiştir.

Pb, Cr ve Cd sızma miktarları birlikte değerlendirildiğinde, %50 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzemenin tamamı 7. gün itibariyle tehlikesiz atık depolama tesisi olan II. sınıf depo tesislerinde depolanabilirler.

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Atığın en temel iki karakteristik özelliği; sahibi tarafından artık kullanılmaması ve istenmemesidir. Buna göre atık; canlıların her türlü fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik üretim, uygulama ve/veya tüketim faaliyetleri sırası ve/veya sonrasında ortaya çıkan sahibinin istemediği ve kullanmadığı her türlü katı, sıvı ve/veya gaz hâldeki malzemeler olarak tarif edilebilir.

Endüstriyel katı atıklar içerisinde endüstriyel atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurları da bulunmaktadır ki bu atıklar içerdikleri ağır metal *vb.* gibi kirleticilerden dolayı çoğunlukla tehlikeli atık sınıfına da girmektedirler. Bu tez kapsamında incelenen arıtma çamuru da içerdiği kurşun (Pb), krom (Cr) ve kadmiyum (Cd) gibi ağır metal kirleticilerinden dolayı tehlikeli atık sınıfına girmekte olan bir endüstriyel arıtma çamurudur.

Çevre ve insan sağlığı açısından en önemli sorunlardan biri kirleticilerin taşınımıdır. Kirleticilerin zararlı etkileri taşınım ve dağılım ile daha büyük alanlara yayılmakta ve etkileri çoğalmaktadır. Bu taşınım ve yayılım çoğunlukla su ile gerçekleşmektedir. Su, iyi bir çözücü olmasının yanında su çevrimi ve besin zinciri vasıtasıyla da kirleticilerin taşınmasına yol açar.

Atık ve kirleticiler kontrolsüz bir şekilde çevreye atıldıklarında zamanla suya ve o suyu kullanan canlılara geçebilirler. Bu yolla kirleticiler su çevrimi ve besin zincirine dâhil olmuş olurlar. Bazı kirleticiler canlı vücudunda birikebilmekte ve zehirlilik etkisi göstermektedirler. Birikim miktarı belli bir konsantrasyonun üzerine çıktığı zaman ise öldürücü etki gösterebilmektedirler. Bu sebeple bu tür kirleticilerin su çevrimi ve besin zincirine katılmaları büyük bir risktir ve engellenmesi gerekir.

Atıklar uzaklaştırılmalarının hemen ardından çevre ve insan sağlığı üzerine potansiyel olumsuz etki göstermeye başlayabilirler. Bu sebeple atıkların kontrollü bir şekilde uzaklaştırılması, tekrar kullanılması, geri dönüştürülmesi, geri kazanılması, düzenli depolanması vb. şekilde bertaraf edilmeleri gerekmektedir.

Oluşan atıkların giderilmesinde de asıl amaç çevre ve insan sağlığını korumaktır. Bu amaca yönelik olarak daha etkin, daha ucuz, daha kolay vb. yöntemler her zaman tercih edilmektedirler. Atık katılaştırma/kararlılaştırma (K/K) işlemleri de hem bir atık bertaraf yöntemi hem de oluşan ürünün kullanıldığı durumlarda da bir atık geri kazanım yöntemi olarak kullanılmaktadır.

K/K işlemlerindeki asıl amaç da atık ve kirleticinin çevresel ortamlara taşınımı ve yayılımının engellenmesidir. Böylece atık ve kirleticinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki var olan veya muhtemel olumsuz etkileri daha oluşmadan önlenmiş olmaktadır. Bu sebeple K/K işlemleri çevre ve insan sağlığının korunması açasından yerine göre uygun birer geri kazanım, arazi ıslahı ve atık bertaraf yöntemidir.

Bu tez çalışması kapsamında da bir atık K/K deneysel çalışması yürütülmüştür. Deneysel çalışmalar kapsamında %0, %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranı ile hazırlanmiş katılaştırılmış malzeme numuneleri 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90. günlerde hem basınç dayanımı hem de TCLP deneyine tabi tutulmuşlardır.

K/K işlemlerinden sonra katılaştırılmış malzemenin yapı malzemesi veya benzeri olarak kullanılması tasarlandığında katılaştırılmış malzeme için basınç dayanımı karakteristik bir özellik olarak ortaya çıkar. Böyle bir durumda katılaştırılmış malzemenin istenen basınç dayanım değerlerini karşılaması beklenir. Bunun için bu tez çalışması kapsamında da yapılan K/K çalışması sonucunda ortaya çıkan katılaştırılmış malzeme numuneleri basınç dayanım deneyine tabi tutulmuşlardır. Yapılan deneylerin sonuçlarına göre;

- katılaştırılmış malzeme numunelerindeki atık-çimento karışım oranı azaldıkça malzemenin basınç dayanımı artmakta ve buna bağlı olarak da beton sınıfı da artmaktadır.
- farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmiş tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin aynı günlerde ölçülen basınç dayanımları, numunenin atık-çimento karışım oranı arttıkça düşmüş; %0, %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranlı numunelerin basınç dayanımları sırasıyla azalmıştır.

Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune içerisindeki atık miktarı) arttığında numunenin basınç dayanımı azalmıştır.

- aynı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen basınç dayanımları, numunenin yaşı arttıkça yükselmiş; 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük numunelerin basınç dayanımları sırasıyla artmıştır. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numunenin basınç dayanımı da artmıştır.
- hiçbir katılaştırılmış malzeme numunesi 1. gün C2,5 beton sınıfı basınç dayanımını sağlamazken 7. günün ardından atık-çimento karışım oranı %25 ve altındaki katılaştırılmış malzeme numunelerin tamamı C2,5 ve üzeri beton sınıfı basınç dayanımı kazanmışlardır.
- 14. günün ardından %10 ve altındaki atık-çimento karışım oranındaki katılaştırılmış malzeme numuneleri C5 beton sınıfı, 56. gün ve sonrasında ise %5 atık-çimento karışım oranlarındaki katılaştırılmış malzeme numuneleri C7,5 beton sınıfı basınç dayanımına sahip olmuşlardır.
- katılaştırılmış malzeme numuneleri uygulamada hesaplanacak basınç dayanım gereklerine göre kullanılabilir durumdadırlar.

K/K işlemlerinden sonra katılaştırılmış malzemenin nihai bertarafı için depolanacağı durumlarda, işlemler buna göre tasarlandığında katılaştırılmış malzeme için içerisindeki kirleticilerin sızma miktarları karakteristik bir özellik olarak ortaya çıkar. Böyle bir durumda katılaştırılmış malzemenin istenen sınır değerlerden daha düşük sızma değerlerini karşılaması beklenir. Bunun için bu tez çalışması kapsamında da yapılan K/K çalışması sonucunda ortaya çıkan katılaştırılmış malzeme numuneleri TCLP deneyine tabi tutulmuşlardır.

- farklı atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde bulunan Pb, Cr ve Cd farklı oranlarda da olsa tutulmuşlardır.
- farklı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin aynı günlerde ölçülen kirletici (Pb, Cr, Cd) sızma miktarları, numunenin atık-çimento karışım oranı arttıkça yükselmiş; %5, %10, %25, %50 ve %75 atık-çimento karışım oranlı numunelerin kirletici sızma miktarları sırasıyla artmıştır. Yani, numunenin atık-çimento karışım oranı (numune

içerisindeki atık miktarı) arttığında numuneden sızan kirletici miktarı da artmıştır.

- aynı atık-çimento karışım oranlarında hazırlanmış tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinin farklı günlerde ölçülen kirletici sızma miktarları, numunenin yaşı arttıkça düşmüştür; 1, 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük numunelerin kirletici sızma miktarları sırasıyla azalmıştır. Yani, numunenin yaşı (priz başlangıcından itibaren geçen zaman) arttığında numuneden sızan kirletici miktarı azalmıştır.
- %50 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde tehlikeli atık depolama tesisi olan I. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınırının altında Pb sızması gerçekleşmiş olup böylece bu numunelerin tamamı tehlikesiz atık sınıfına girmiştir.
- %50 atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde 1. günden itibaren tehlikesiz atık depolama tesisi olan II. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınır değerinin altında; %25 atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde en geç 14. günün ardından, %10 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı katılaştırılmış malzeme numunelerinde ise 1. günden itibaren inert atık depolama tesisi olan III. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınır değerlerinin altında Pb sızması gerçekleşmiştir.
- %75 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde 7. günün ardından tehlikeli atık depolama tesisi olan I. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınırının altında Cr sızması gerçekleşmiş olup böylece bu numunelerin tamamı tehlikesiz atık sınıfına girmiştir.
- %75 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde 7. günün ardından tehlikesiz atık depolama tesisi olan II. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınır değerinin altında, %25 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde ise 56. günün ardından inert atık depolama tesisi olan III. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınır değerinin altında, yani bu depo tesislerinde depolanabilmelerine imkân verecek derecede sınır değerlerinin altında Cr sızması gerçekleşmiştir.
- %50 ve altındaki atık-çimento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde 1. günün ardından tehlikeli atık depolama tesisi olan I. sınıf depo

tesislerinde depolanabilme sınırının altında Cd sızması gerçekleşmiş olup böylece bu numunelerin tamamı tehlikesiz atık sınıfına girmiştir.

- %50 ve altındaki atık-imento karışım oranlı tüm katılaştırılmış malzeme numunelerinde 1. günün ardından tehlikesiz atık depolama tesisi olan II. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınır değeri­nin altında, 56. günün ardından ise inert atık depolama tesisi olan III. sınıf depo tesislerinde depolanabilme sınır değeri­nin altında, yani bu depo tesislerinde depolanabilmelerine imkân verecek derecede sınır değeri­nin altında Cd sızması gerçekleşmiştir.
- Pb, Cr ve Cd sızma miktarları birlikte değeri­lendirildiğinde, %50 ve altındaki atık-imento karışım oranlı katılaştırılmış malzemenin tamamı 7. gün itibariyle tehlikesiz atık depolama tesisi olan II. sınıf depo tesislerinde depolanabilirler.

## KAYNAKLAR

- [1] Türk Dil Kurumu (TDK), Güncel Türkçe Sözlük, [http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com\\_gts&view=gts](http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&view=gts), 1 Mayıs 2013.
- [2] Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB), Atık Geri Dönüşüm Borsası, <http://atikborsasi.tobb.org.tr/atikborsasi/>, 1 Mayıs 2013.
- [3] Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM), Çevre Kanunu (Kanun no: 2872), T.C. Resmî Gazete. (18132), 11/08/1983, 5–19.
- [4] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Atık Yönetimi Yönetmeliği, T.C. Resmî Gazete. (29314), 02/05/2015, 2–50.
- [5] TS 11638, (1995). Atıklar - Terim ve Sınıflandırma, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [6] TS EN 13965-1, (2006). Atıkların nitelendirilmesi – Terimler – Bölüm 1: Malzeme ile ilgili terimler, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [7] Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA), Türkçe Bilim Terimleri Sözlüğü, <http://www.tubaterim.gov.tr/>, 2 Mayıs 2015.
- [8] Bayramoğlu Yıldırım, F., (1995). Çevre Terimleri Sözlüğü - Glossary of Environmental Terms (2. baskı), IULA-EMME, Ankara, Türkiye.
- [9] United Nations Statistics Division (UNSD), Glossary of Environment Statistics, 2001, <http://unstats.un.org/unsd/environmentgl>, 11 Haziran 2013.
- [10] European Environment Agency (EEA), Environmental Terminology and Discovery Service (ETDS), <http://glossary.eea.europa.eu/>, 22 Haziran 2013.
- [11] European Environment Information and Observation Network (EIONET), GEneral Multilingual Environmental Thesaurus (GEMET), <http://www.eionet.europa.eu/gemet>, 22 Haziran 2013.
- [12] United States Environmental Protection Agency (USEPA), (1997). Terms of Environment: Glossary, Abbreviations, and Acronyms, EPA 175-B-97-001:1997, U.S. EPA, Washington, USA.
- [13] United States Environmental Protection Agency (USEPA), Terminology Services (TS): Terms & Acronyms, [http://iaspub.epa.gov/sor\\_internet/registry/termreg/searchandretrieve/](http://iaspub.epa.gov/sor_internet/registry/termreg/searchandretrieve/), 24 Haziran 2013.
- [14] Park, C.; Allaby, M., (2013). A Dictionary of Environment and Conservation (2 ed.), Oxford University Press, London, UK.
- [15] Borat, M., (2003). Katı Atık Yönetimi (Basılmamış Ders Notu), İstanbul, Türkiye.



- [16] TS 11708, (1995). Atıklar - Katı Atıklar - Terimler ve Sınıflandırma, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [17] United States Environmental Protection Agency (USEPA), (1972). Solid Waste Management Glossary, SW-108ts:1972, U.S. EPA, Washington, USA.
- [18] Pankratz, T.M., (2000). Environmental Engineering Dictionary and Directory, Lewis Publishers, USA.
- [19] TS EN 12832, (2002). Çamurların özellikleri - Çamurların kullanılması ve bertaraf edilmesi - Terimler Tarifleri, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [20] United States Environmental Protection Agency (USEPA), (1993). Solidification/Stabilization and its Application to Waste Materials, Technical Resource Document, EPA/530/R-93/012:1993, U.S. EPA, Washington, USA.
- [21] Daintith, J., (2008). A Dictionary of Chemistry (6. ed), Oxford University Press, Oxford, UK.
- [22] Martin, E.A., (2010). A Dictionary of Science (6. ed), Oxford University Press, Oxford, UK.
- [23] Lal, R., (2005). Encyclopedia of Soil Science (2. ed), CRC Press.
- [24] United States Environmental Protection Agency (USEPA), Solubilities of Metal Hydroxides as a Function of pH (OSWFR-87-018), Federal Register. 52(155), 12/08/1987, 29999.
- [25] United States Environmental Protection Agency (USEPA), (1986). Handbook for Stabilisation/Solidification of Hazardous Wastes, EPA/540/2-86/001:1986, U.S. EPA, Washington, USA.
- [26] United States Environmental Protection Agency (USEPA), (1989). Corrective Action: Technologies and Applications, Seminar Publication, EPA/625/4-89/020:1989, U.S. EPA, Washington, USA.
- [27] Paria, S.; Yuet, P.K., (2006). "Solidification/Stabilization of Organic and Inorganic Contaminants Using Portland Cement: A Literature Review", Environmental Reviews, 14(4):217–255.
- [28] Conner, J.R.; Hoeffner, S.L., (1998). "A Critical Review of Stabilization/Solidification Technology", Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 28(4):397–462.
- [29] Spence, R.D.; Shi, C., (2004). Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes, CRC Press.
- [30] Bone, B.D.; Barnard, L.H.; Boardman, D.I.; Carey, P.J.; Hills, C.D.; Jones, H.M.; MacLeod, C.L.; Tyrer, M., (2004). Review of Scientific Literature on the Use of Stabilisation/Solidification for the Treatment of Contaminated Soil, Solid Waste and Sludges, Science Report SC980003/SR2, U.K. EA, UK.
- [31] Barth, E.F., (1990). Stabilization and Solidification of Hazardous Wastes, Pollution Technology Review, No. 186, Noyes Data Corporation.
- [32] Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC), (2011). Development of Performance Specifications for Solidification/Stabilization, UK.
- [33] United States Geological Survey (USGS), Su Çevrimi, <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleturkish.html>, 5 Temmuz 2013.

- [34] Sarkar, B., (2002). Heavy Metals in the Environment, Marcel Dekker, Inc.
- [35] Wang, L.K.; Chen, J.P.; Hung, Y.-T.; Shammash, N.K., (2009). Heavy Metals in the Environment, CRC Press.
- [36] Winter, M., WebElements Periodic Table, <http://www.webelements.com/>, 11 Mart 2015.
- [37] Publications Office of the European Union (PO EU), Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives, Official Journal of the European Union (OJ EU). 51(L312), 22/11/2008, 3–30.
- [38] Office of the Law Revision Counsel (OLRC) of the United States House of Representatives, 42 USC 82 Solid Waste Disposal, United States Code (USC), <http://uscode.house.gov/view.xhtml?path=/prelim@title42/chapter82&edition=prelim>, 11 Haziran 2013.
- [39] United States Environmental Protection Agency (USEPA), (2013). Municipal Solid Waste in the United States, EPA530-R-13-001:2013, U.S. EPA, Washington, USA.
- [40] LaGrega, M.D.; Buckingham, P.L.; Evans, J.C., (2001). Hazardous Waste Management (2. ed), McGraw-Hill, USA.
- [41] United States Army Corps of Engineers (USACE), (2003). Safety and Health Aspects of HTRW Remediation Technologies, EM 1110-1-4007, U.S. ACE, USA.
- [42] Means, J.L.; Smith, L.A.; Nehring, K.W.; Brauning, S.E.; Gavaskar, A.R.; Sass, B.M.; Wiles, C.C.; Mashni, C.I., (1995). The Application of Solidification/Stabilization to Waste Materials, Lewis Publisher.
- [43] Wang, K.; Hung, Y.-T.; Lo, H.H.; Yapijkis, C., (2006). Hazardous Industrial Waste Treatment, CRC Press.
- [44] TS EN 206-1, (2002). Beton - Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [45] Oh, C.H., (2001). Hazardous and Radioactive Waste Treatment Technologies Handbook, CRC Press.
- [46] Türk Dil Kurumu (TDK), Bilim ve Sanat Terimleri Sözlüğü, [http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com\\_bilimsanat&view=bilimsanat](http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bilimsanat&view=bilimsanat), 5 Temmuz 2013.
- [47] McGraw-Hill, (2003). Dictionary of Chemistry (2. ed), McGraw-Hill.
- [48] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, T.C. Resmî Gazete. (27533), 26/03/2010.
- [49] TS 4834, (1986). Beton ile İlgil Terimler, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [50] Conner, J.R.; Hoeffner, S.L., (1998). "The History of Stabilization/Solidification Technology", Technology, Critical Reviews in Environmental Science and, 28(4):325–396.
- [51] United States Environmental Protection Agency (USEPA), (1979). Survey of Solidification/Stabilization Technology for Hazardous Industrial Wastes, EPA-600/2-79/056:1979, U.S. EPA, Washington, USA.

- [52] Suthersan, S.S., (1996). Remediation Engineering - Design Concepts, CRC Press.
- [53] United States Environmental Protection Agency (USEPA), (1989). Stabilization/Solidification of CERCLA and RCRA Wastes: Physical Tests, Chemical Testing Procedures, Technology Screening, and Field, USEPA/625/6-89/022:1989 Activities, U.S. EPA, Washington, USA.
- [54] TS EN 197-1, (2012). Çimento - Bölüm 1: Genel çimentolar - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [55] Güner, M.S.; Süme, V., (2001). Yapı Malzemesi ve Beton, Aktif Yayınevi, İstanbul, Türkiye.
- [56] TS EN 196-1, (2009). Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [57] Kosmatka, S.H.; Kerkhoff, B.; Panarese, W.C., (2003). Design and Control of Concrete Mixtures (14. ed), EB001.14, Portland Cement Association (PCA).
- [58] Akçansa, Akçansa Teknik Notlar 3 - Çimentonun Hidratasyonu, [http://www.akcansa.com.tr/docs/20120216160047\\_teknik-notlar-3.pdf](http://www.akcansa.com.tr/docs/20120216160047_teknik-notlar-3.pdf), 1 Nisan 2013.
- [59] WHD Microanalysis Consultants, Understanding Cement Glossary of Cementitious Terms, 2009, <http://www.understanding-cement.com/support-files/cementglossaryv2p5.pdf>, 2 Nisan 2013.
- [60] Taylor, M.; Fuessle, R., (1994). Stabilization of Arsenic Wastes, Report No. HWRIC RR-073, [http://www.istc.illinois.edu/info/library\\_docs/rr/RR-E73.PDF](http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/rr/RR-E73.PDF), 3 Nisan 2013.
- [61] Taylor, P.C.; Kosmatka, S.H.; Voigt, G.F., (2007). Integrated Materials and Construction Practices for Concrete Pavement: A State-of-the-Practice Manual, National Concrete Pavement Technology Center.
- [62] Portland Cement Association (PCA), (1994). Solidification and Stabilization of Waste Using Portland Cement (2. ed), EB071, Portland Cement Association (PCA).
- [63] Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB), Beton Terimleri, <http://www.thbb.org/Document.aspx?ID=17>, 5 Temmuz 2013.
- [64] TS EN 1008, (2003). Beton - Karma suyu - Numune alma, deneyler ve beton endüstrisindeki, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [65] TS 802, (2009). Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [66] TS EN 934-2, (2011). Kimyasal katkıları - Beton, harç ve şerbet için - Bölüm 2: Beton kimyasal katkıları - Tarifler, gerekler, uygunluk, işaretleme ve etiketleme, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [67] Akçansa, Akçansa Teknik Notlar 1 - Çimento Üretiminde Mineral Katkıları, [http://www.akcansa.com.tr/docs/20111205105508\\_teknik-notlar-1.pdf](http://www.akcansa.com.tr/docs/20111205105508_teknik-notlar-1.pdf), 4 Nisan 2013.
- [68] TS 13515, (2012). TS EN 206-1'in Uygulamasına Yönelik Tamamlayıcı Standard, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [69] TS 5893 ISO 3893, (1999). Beton - Basınç Dayanımına Göre Sınıflandırma, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.

- [70] Akçansa, Akçansa Teknik Notlar 5 - TS 13515: TS EN 206-1'in Uygulamasına Yönelik Tamamlayıcı Standard, [http://www.akcansa.com.tr/docs/20121005190710\\_teknik-notlar-5.pdf](http://www.akcansa.com.tr/docs/20121005190710_teknik-notlar-5.pdf), 5 Nisan 2013.
- [71] TS EN 12390-3, (2010). Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [72] TS EN 12350-1, (2010). Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 1: Numune alma, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [73] TS EN 12390-1, (2013). Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 1: Deney numunesi ve kalıplarının şekil, boyut ve diğer özellikleri, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [74] TS EN 12390-2, (2010). Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 2: Dayanım deneylerinde kullanılacak deney numunelerinin hazırlanması ve küre tabi tutulması, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [75] TS EN 12390-4, (2002). Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 4: Basınç dayanımı - Deney makinelerinin özellikleri, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.
- [76] United States Environmental Protection Agency (USEPA), Toxicity Characteristics Leaching Procedure (TCLP), SW-846: Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, 1992.
- [77] United States Environmental Protection Agency (USEPA), <http://www.epa.gov/>, 15 Mart 2013.
- [78] United States Environmental Protection Agency (USEPA), SW-846 On Line, Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, <http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/online/>, 5 Temmuz 2013.
- [79] T.C. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Mevzuat Araştırma Kılavuzu, <http://www.mevzuat.gov.tr/MArastirmaKlavuzu.aspx>, 3 Ağustos 2013.
- [80] United Nations (UN), Member States of the United Nations, <http://www.un.org/en/members/>, 6 Nisan 2013.
- [81] T.C. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, T.C. Resmî Gazete, <http://www.resmigazete.gov.tr/>, 5 Ocak 2013.
- [82] T.C. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Mevzuat Bilgi Sistemi, <http://www.mevzuat.gov.tr/>, 5 Ocak 2013.
- [83] Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM), Türkiye Cumhuriyeti Anayasası (Kanun no: 2709), T.C. Resmî Gazete. (17863m1), 09/11/1982, 1-57.
- [84] Publications Office of the European Union (PO EU), Commission Decision (2000/532/EC) of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste (LoW), Official Journal of the European Union (OJ EU). 43(L226), 06/09/2000.
- [85] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik, T.C. Resmî Gazete. (27721), 06/10/2010.

- [86] Office of the Law Revision Counsel (OLRC) of the United States House of Representatives, United States Code (USC), <http://uscode.house.gov/>, 2 Haziran 2013.
- [87] United States Government Publishing Office (USGPO), Solid Waste Disposal Act (Public Law 89-272), The United States Statutes at Large. 79, 20/10/1965, 997–1001.
- [88] United States Government Publishing Office (USGPO), Resource Conservation and Recovery Act of 1976 (RCRA) (Public Law 94-580), The United States Statutes at Large. 90, 21/10/1976, 2795–2841.
- [89] United States Government Publishing Office (USGPO), Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act of 1980 (CERCLA) (Public Law 96-510), The United States Statutes at Large. 94, 11/12/1980, 2767–2811.
- [90] United States Government Publishing Office (USGPO), Electronic Code of Federal Regulations (e-CFR), <http://www.ecfr.gov/>, 20 Ağustos 2014.
- [91] Office of the Law Revision Counsel (OLRC) of the United States House of Representatives, 42 USC 103 Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability (CERCLA), United States Code (USC), <http://uscode.house.gov/view.xhtml?path=/prelim@title42/chapter103&edition=prelim>, 3 Haziran 2013.
- [92] United States Environmental Protection Agency (USEPA), (1991). Treatment Technology Background Document, EPA 530/R-91/119:1991, USA.
- [93] United States Environmental Protection Agency (USEPA), RCRA Online Database, <http://www.epa.gov/epawaste/inforesources/online/>, 22 Temmuz 2013.
- [94] Publications Office of the European Union (PO EU), Official Journal of the European Union (OJ EU), <http://eur-lex.europa.eu/oj/direct-access.html>, 15 Temmuz 2013.
- [95] Publications Office of the European Union (PO EU), European Union Law (EUR-Lex), <http://eur-lex.europa.eu/>, 30 Haziran 2013.
- [96] T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı, <http://www.abgs.gov.tr/>, 1 Temmuz 2013.
- [97] European Environment Agency (EEA), <http://www.eea.europa.eu/>, 15 Ağustos 2013.
- [98] T.C. Dış İşleri Bakanlığı, Tehlikeli Atıkların Sınır Aşırı Taşınması ve Bertaraf Edilmesinin Kontrolüne İlişkin Basel Sözleşmesi, <http://www.mfa.gov.tr/tehlkeli-atiklarin-sinir-asiri-tasinmasi-ve-bertaraf-edilmesinin-kontrolune-iliskin-basel-sozlesmesi.tr.mfa>, 30 Eylül 2013.
- [99] International Organization for Standardization (ISO), <http://www.iso.org/>, 30 Nisan 2013.
- [100] International Organization for Standardization (ISO), List of ICS Codes, [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_ics.htm](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics.htm), 2 Mayıs 2013.
- [101] Türk Standartları Enstitüsü (TSE), ICS Kod Listesi, <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/ICSTree.aspx>, 14 Mayıs 2013.
- [102] Türk Standartları Enstitüsü (TSE), <http://www.tse.org.tr/>, 13 Mayıs 2013.

- [103] Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM), Türk Standardları Enstitüsü Kuruluş Kanunu (Kanun no: 132), T.C. Resmî Gazete. (10661), 22/11/1960, 2562–2564.
- [104] United States National Institute of Standards and Technology (USNIST), <http://www.nist.gov/>, 30 Mayıs 2013.
- [105] American National Standards Institute (ANSI), <http://www.ansi.org/>, 2 Haziran 2013.
- [106] ASTM International, <http://www.astm.org/>, 5 Haziran 2013.
- [107] European Committee for Standardization (CEN), <http://www.cen.eu/>, 15 Haziran 2013.
- [108] European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), <http://www.cenelec.eu/>, 30 Haziran 2013.
- [109] European Telecommunications Standards Institute (ETSI), <http://www.etsi.org/>, 30 Haziran 2013.
- [110] International Electrotechnical Commission (IEC), <http://www.iec.ch/>, 1 Temmuz 2013.
- [111] World Intellectual Property Organization (WIPO), International Patent Classification (IPC), <http://web2.wipo.int/ipcpub/>, 5 Temmuz 2013.
- [112] Türk Patent Enstitüsü (TPE), Uluslararası Patent Sınıflandırması, <http://www.tpe.gov.tr/portal/default2.jsp?sayfa=170>, 20 Temmuz 2013.
- [113] Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM), Türk Patent Enstitüsü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun (Kanun no: 5000), T.C. Resmî Gazete. (25294), 19/11/2013.
- [114] Türk Patent Enstitüsü (TPE), <http://www.tpe.gov.tr/>, 20 Ağustos 2013.
- [115] United States Patent and Trademark Office (USPTO), <http://www.uspto.gov/>, 1 Eylül 2013.
- [116] United States Patent and Trademark Office (USPTO), Patent Full-Text Databases, <http://patft.uspto.gov/>, 30 Eylül 2013.
- [117] European Patent Organisation (EPO), <https://www.epo.org/>, 10 Ekim 2013.
- [118] European Patent Organisation (EPO), Espacenet (Patent Search), <http://worldwide.espacenet.com/>, 15 Ekim 2013.
- [119] World Intellectual Property Organization (WIPO), <http://www.wipo.int/>, 11 Kasım 2013.
- [120] United States Patent and Trademark Office (USPTO), Global Patent Search Network, <http://gpsn.uspto.gov/>, 5 Ekim 2013.
- [121] World Intellectual Property Organization (WIPO), PATENTSCOPE, <http://patentscope.wipo.int/>, 15 Kasım 2013.
- [122] Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM), Türkiye İstatistik Kanunu (Kanun no: 5429), T.C. Resmî Gazete. (25997), 18/11/2005.
- [123] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <http://www.tuik.gov.tr/>, 30 Nisan 2013.
- [124] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Çevre İstatistikleri, [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1019](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1019), 25 Ağustos 2013.



- [125] Publications Office of the European Union (PO EU), Commission Regulation (EU) No 849/2010 of 27 September 2010 amending Regulation (EC) No 2150/2002 of the European Parliament and of the Council on waste statistics (EWC-Stat/Version 4), Official Journal of the European Union (OJ EU). 53(L253), 28/09/2010, 2–41.
- [126] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Avrupa Atık Listesi, Rev. 3 (EWC Rev.3), <https://biruni.tuik.gov.tr/DIESS/SiniflamaSurumDetayAction.do?surumId=156&turId=38&turAdi=%206.%20%C3%87evre%20S%C4%B1n%C4%B1flamalar%C4%B1>, 30 Kasım 2013.
- [127] United States Census Bureau (USCB), <http://www.census.gov/>, 1 Aralık 2013.
- [128] Statistical Office of the European Commission (Eurostat), <http://www.ec.europa.eu/eurostat/>, 28 Temmuz 2013.
- [129] Publications Office of the European Union (PO EU), Regulation (EC) No 2150/2002 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2002 on waste statistics (EWC-Stat/Version 2), Official Journal of the European Union (OJ EU). 45(L332), 09/12/2002, 2.
- [130] Publications Office of the European Union (PO EU), Regulation (EC) No 1893/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 establishing the statistical classification of economic activities NACE Revision 2 and amending Council Regulation (EEC) No 3037/90, Official Journal of the European Union (OJ EU). 49(L393), 30/12/2006, 1–39.
- [131] Statistical Office of the European Commission (Eurostat), Statistical Classification of Economic Activities in the European Community (NACE), Rev. 2 (2008), [http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST\\_NOM\\_DTL&StrNom=NACE\\_REV2&StrLanguageCode=EN&IntPcKey=&StrLayoutCode=HIERARCHIC](http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST_NOM_DTL&StrNom=NACE_REV2&StrLanguageCode=EN&IntPcKey=&StrLayoutCode=HIERARCHIC), 28 Aralık 2013.
- [132] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması, NACE Rev.2, <https://biruni.tuik.gov.tr/DIESS/SiniflamaSurumDetayAction.do?surumId=191&turId=1&turAdi=%201.%20Faaliyet%20S%C4%B1n%C4%B1flamalar%C4%B1>, 16 Aralık 2013.
- [133] United Nations Statistics Division (UNSD), <http://unstats.un.org/>, 14 Ekim 2013.
- [134] United Nations Statistics Division (UNSD), Framework for the Development of Environment Statistics (FDES) 2013, <http://unstats.un.org/unsd/statcom/doc13/BG-FDES-Environment.pdf>, 5 Aralık 2013.
- [135] United Nations Statistics Division (UNSD), International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC) Rev.4, 2008, <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/isc-4.asp>, 12 Aralık 2013.
- [136] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Tüm Ekonomik Faaliyetlerin Uluslararası Standart Sanayi Sınıflaması, ISIC Rev.4, <https://biruni.tuik.gov.tr/DIESS/SiniflamaSurumDetayAction.do?surumId=198&turId=1&turAdi=%201.%20Faaliyet%20S%C4%B1n%C4%B1flamalar%C4%B1>, 23 Aralık 2013.

- [137] United Nations (UN), UNdata, <http://data.un.org/>, 28 Kasım 2013.
- [138] United States Environmental Protection Agency (USEPA), (2003). Superfund Innovative Technology Evaluation (SITE), Technology Profiles (11. ed.), EPA/540/R-03/501:2003, USA.
- [139] United Kingdom Environmental Agency (UKEA), <http://www.environment-agency.gov.uk/>, 10 Ekim 2013.
- [140] Portland Cement Association (PCA), <http://www.cement.org/>, 27 Eylül 2013.
- [141] British Cement Association (BCA).
- [142] Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC), <http://www.itrcweb.org/>, 1 Haziran 2013.
- [143] Oak Ridge National Laboratory (ORNL), <http://www.ornl.gov/>, 18 Ağustos 2013.
- [144] United States Army Corps of Engineers (USACE), <http://www.usace.army.mil/>, 28 Temmuz 2013.
- [145] Contaminated Land: Applications in Real Environments (CL:AIRE), <http://www.claire.co.uk/>, 28 Ekim 2013.
- [146] Stabilisation/Solidification Treatment And Remediation Network (STARNET), <http://www-starnet.eng.cam.ac.uk/>, 19 Kasım 2013.
- [147] MNE Çevre Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti., (2012). Kömürçüoda Endüstriyel Atık Ön İşlem Tesisleri Teknoloji Etüdü ve Seçimi, İstanbul, Türkiye.
- [148] OpenThesis, OpenThesis, <http://www.openthesis.org/>, 2 Aralık 2013.
- [149] ProQuest, ProQuest Dissertations & Theses Full Text, <http://search.proquest.com/pqdtft>, 3 Aralık 2013.
- [150] Yükseköğretim Kurulu (YÖK), Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi, <https://tez.yok.gov.tr/>, 1 Aralık 2013.
- [151] Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), TÜBİTAK Destekli Projeler Veri Tabanı (TDPVT), <http://uvt.ulakbim.gov.tr/proje/>, 9 Kasım 2013.
- [152] Erdem, M.; Doğru, M.; Baykara, O.; Özverdi, A.; Yıldırım, V., (2009). Çinko Ekstraksiyon Atığının Stabilizasyonu, Yapı ve Radyasyon Zırhlama Malzemesi Olarak Kullanımının İncelenmesi (107Y139), TÜBİTAK, Elazığ, Türkiye.
- [153] Yüksel, İ.; Özkan, Ö.; Genç, A.; Bilir, T., (2006). ERDEMİR ve ÇATES Katı Atıklarının Beton Üretiminde Kullanım Olanaklarının Deneysel Olarak Araştırılması (104I023 (İÇTAG-I687)), TÜBİTAK ULAKBİM, Zonguldak, Türkiye.
- [154] Yıldız, A.; Tınmaz Köse, E.; Akyıldız, A., (2009). Farklı Kül ve Çamur Numunelerinin Bertarafı Amacı ile İnşaat Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması (108Y233), TÜBİTAK ULAKBİM, Türkiye.
- [155] Apak, R.; Tütem, E.; Kılınçkale, F.; Ayhan, S.; Hızal, J.; Hugül, M.; Güçlü, K.; Kalaycı, Z., (2000). Sulardan Ağır Metal Giderilmesinde Kullanılan Metalürjik Katı Atıkların Kararlılaştırma-Katılaştırma Teknolojisiyle Bertaraf Edilmesi (195Y042 (YDABÇAG-207)), TÜBİTAK ULAKBİM, İstanbul, Türkiye.



- [156] Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAPK), BAP Projeleri, <http://www.apk.yildiz.edu.tr/category.php?id=15>, 30 Aralık 2013.
- [157] Cartledge, F.K.; Butler, L.G.; Chalasani, D.; Eaton, H.C.; Frey, F.P.; Herrera, E.; Tittlebaum, M.E.; Yang, S.L., (1990). "Immobilization Mechanisms in Solidification/Stabilization of Cadmium and Lead Salts Using Portland Cement Fixing Agents", *Environmental Science & Technology*, 24(6):867–873.
- [158] Cláudio, J.R., (1991). "Solidification of Metal Finishing Slurry with Cement", *Water Science & Technology*, 24(12):193–200.
- [159] Tamás, F.D.; Csetényi, L.; Tritthart, J., (1992). "Effect of Adsorbents on the Leachability of Cement Bonded Electroplating Wastes", *Cement and Concrete Research*, 22(2-3):399–404.
- [160] Macphee, D.E.; Glasser, F.P., (1993). "Immobilization Science of Cement Systems", *MRS Bulletin*, 18(03):66–71.
- [161] Andrés, A.; Irabien, J.A., (1994). "Solidification/Stabilization Process for Steel Foundry Dust Using Cement Based Binders: Influence of Processing Variables", *Waste Management & Research*, 12(5):405–415.
- [162] Andrés, A.; Ortiz, I.; Viguri, J.R.; Irabien, J.A., (1995). "Long-Term Behaviour of Toxic Metals in Stabilized Steel Foundry Dusts", *Journal of Hazardous Materials*, 40(1):31–42.
- [163] Dutré, V.; Vandecasteele, C., (1995). "Solidification/Stabilisation of Hazardous Arsenic Containing Waste from a Copper Refining Process", *Journal of Hazardous Materials*, 40(1):55–68.
- [164] Dutré, V.; Vandecasteele, C., (1996). "An Evaluation of the Solidification/Stabilisation of Industrial Arsenic Containing Waste Using Extraction and Semi-Dynamic Leach Tests", *Waste Management*, 16(7):625–631.
- [165] Lin, S.L.; Cross, W.H.; Chian, E.S.K.; Lai, J.S.; Giabbai, M.; Hung, C.H., (1996). "Stabilization and Solidification of Lead in Contaminated Soils", *Journal of Hazardous Materials*, 48(1-2):95–110.
- [166] Stegemann, J.A.; Côté, P.L., (1996). "A Proposed Protocol for Evaluation of Solidified Wastes", *Science of the Total Environment*, 178(1-3):103–110.
- [167] Asavapisit, S.; Fowler, G.; Cheeseman, C.R., (1997). "Solution Chemistry During Cement Hydration in the Presence of Metal Hydroxide Wastes", *Cement and Concrete Research*, 27(8):1249–1260.
- [168] Glasser, F.P., (1997). "Fundamental Aspects of Cement Solidification and Stabilization", *Journal of Hazardous Materials*, 52(2-3):151–170.
- [169] Grilc, V.; Petkovsek, A., (1997). "Stabilization of Boron-Containing Mineral Sludge with Various Solidification Agents", *Waste Management & Research*, 15(1):73–86.
- [170] Lin, C.-K.; Chen, J.-N.; Lin, C.-C., (1997). "An NMR, XRD and EDS Study of Solidification/Stabilization of Chromium with Portland Cement and C3S", *Journal of Hazardous Materials*, 56(1-2):21–34.

- [171] Massardier, V.; Moszkowicz, P.; Taha, M., (1997). "Fly Ash Stabilization-Solidification Using Polymer-Concrete Double Matrices", *European Polymer Journal*, 33(7):1081–1086.
- [172] Pera, J.; Thevenin, G.; Chabannet, M., (1997). "Design of a Novel System Allowing the Selection of an Adequate Binder for Solidification/Stabilization of Wastes", *Cement and Concrete Research*, 27(10):1533–1542.
- [173] Andrés, A.; Ibanez, R.; Ortíz, I.; Irabien, J.A., (1998). "Experimental Study of the Waste Binder Anhydrite in the Solidification/Stabilization Process of Heavy Metal Sludges", *Journal of Hazardous Materials*, 57(1-3):155–168.
- [174] Diet, J.N.; Moszkowicz, P.; Sorrentino, D., (1998). "Behaviour of Ordinary Portland Cement During the Stabilization/Solidification of Synthetic Heavy Metal Sludge: Macroscopic and Microscopic Aspects", *Waste Management*, 18(1):17–24.
- [175] Dutré, V.; Kestens, C.; Schaep, J.; Vandecasteele, C., (1998). "Study of the Remediation of a Site Contaminated with Arsenic", *Science of the Total Environment*, 220(2-3):185–194.
- [176] Dutré, V.; Vandecasteele, C., (1998). "Immobilization Mechanism of Arsenic in Waste Solidified Using Cement and Lime", *Environmental Science & Technology*, 32(18):2782–2787.
- [177] Janusa, M.A.; Heard, G.E.; Bourgeois, J.C.; Kliebert, N.M.; Landry, A.A., (1998). "Effects of Curing Temperature on the Leachability of Lead Undergoing Solidification/Stabilization with Cement", *Microchemical Journal*, 60(2):193–197.
- [178] Lombardi, F.; Mangialardi, T.; Piga, L.; Sirini, P., (1998). "Mechanical and Leaching Properties of Cement Solidified Hospital Solid Waste Incinerator Fly Ash", *Waste Management*, 18(2):99–106.
- [179] Vale Parapar, J.F.; Ruiz De Elvira Franco, C.; Rodríguez-Piñero, M.; Salvador Martínez, L.; Fernández Pereira, C., (1998). "Stabilization/Solidification of Hazardous Metallic Wastes: Prediction of Leach Test Performance to Optimize S/S Mixtures", *Waste Management & Research*, 16(2):175–182.
- [180] Caldwell, R.J.; Stegemann, J.A.; Shi, C., (1999). "Effect of Curing on Field-Solidified Waste Properties. Part 1: Physical Properties", *Waste Management & Research*, 17(1):37–43.
- [181] Caldwell, R.J.; Stegemann, J.A.; Shi, C., (1999). "Effect of Curing on Field-Solidified Waste Properties. Part 2: Chemical Properties", *Waste Management & Research*, 17(1):44–49.
- [182] Mangialardi, T.; Paolini, A.E.; Poletti, A.; Sirini, P., (1999). "Optimization of the Solidification/Stabilization Process of MSW Fly Ash in Cementitious Matrices", *Journal of Hazardous Materials*, B70(1-2):53–70.
- [183] Chang, J.E.; Lin, T.T.; Ko, M.S.; Liaw, D.S., (1999). "Stabilization/Solidification of Sludges Containing Heavy Metals by Using Cement and Waste Pozzolans", *Journal of Environmental Science and Health*, 34(5):1143–1160.
- [184] Dutré, V.; Vandecasteele, C.; Opdenakker, S., (1999). "Oxidation of Arsenic Bearing Fly Ash as Pretreatment Before Solidification", *Journal of Hazardous Materials*, B68(3):205–215.

- [185] Singh, M.; Garg, M., (1999). "Cementitious Binder from Fly Ash and Other Industrial Wastes", *Cement and Concrete Research*, 29(3):309–314.
- [186] Chan, Y.M.; Agamuthu, P.; Mahalingam, R., (2000). "Solidification and Stabilization of Asbestos Waste From an Automobile Brake Manufacturing Facility Using Cement", *Journal of Hazardous Materials*, B77(1-3):209–226.
- [187] Jang, A.; Kim, I.S., (2000). "Solidification and Stabilization of Pb, Zn, Cd and Cu in Tailing Wastes Using Cement and Fly Ash", *Minerals Engineering*, 13(14-15):1659–1662.
- [188] Janusa, M.A.; Champagne, C.A.; Fanguy, J.C.; Heard, G.E.; Laine, P.L.; Landry, A.A., (2000). "Solidification/Stabilization of Lead with the Aid of Bagasse as an Additive to Portland Cement", *Microchemical Journal*, 65(3):255–259.
- [189] Park, C.-K., (2000). "Hydration and Solidification of Hazardous Wastes Containing Heavy Metals Using Modified Cementitious Materials", *Cement and Concrete Research*, 30(3):429–435.
- [190] Rha, C.Y.; Kang, S.K.; Kim, C.E., (2000). "Investigation of the Stability of Hardened Slag Paste for the Stabilization/Solidification of Wastes Containing Heavy Metal Ions", *Journal of Hazardous Materials*, B73(3):255–267.
- [191] Valls, S.; Vazquez, E., (2000). "Stabilisation and Solidification of Sewage Sludges with Portland Cement", *Cement and Concrete Research*, 30(10):1671–1678.
- [192] Asavapisit, S.; Nanthamontrya, W.; Polprasert, C., (2001). "Influence of Condensed Silica Fume on the Properties of Cement-Based Solidified Wastes", *Cement and Concrete Research*, 31(8):1147–1152.
- [193] Li, X.D.; Poon, C.-S.; Sun, H.; Lo, I.M.C.; Kirk, D.W., (2001). "Heavy Metal Speciation and Leaching Behaviors in Cement Based Solidified/Stabilized waste Materials", *Journal of Hazardous Materials*, A82(3):215–230.
- [194] Pereira, C.F.; Rodríguez-Piñero, M.; Vale, J., (2001). "Solidification/Stabilization of Electric Arc Furnace Dust Using Coal Fly Ash: Analysis of the Stabilization Process", *Journal of Hazardous Materials*, B82(2):183–195.
- [195] Poletini, A.; Pomia, R.; Sirini, P.; Testa, F., (2001). "Properties of Portland Cement-Stabilised MSWI Fly Ashes", *Journal of Hazardous Materials*, 88(1):123–138.
- [196] Savvides, C.; Papadopoulos, A.; Haralambous, K.-J.; Loizidou, M., (2001). "Cement-Based Stabilization/Solidification of Metal Plating Industry Sludge", *Journal of Environmental Science and Health-Part A*, 36(6):1129–1134.
- [197] Cioffi, R.; Lavorgna, M.; Santoro, L., (2002). "Environmental and Technological Effectiveness of a Process for the Stabilization of a Galvanic Sludge", *Journal of Hazardous Materials*, B89(2-3):165–175.
- [198] Collivignarelli, C.; Sorlini, S., (2002). "Reuse of Municipal Solid Wastes Incineration Fly Ashes in Concrete Mixtures", *Waste Management*, 22(8):909–912.
- [199] De Angelis, G.; Medici, F.; Montereali, M.R.; Pietrelli, L., (2002). "Reuse of Residues Arising from Lead Batteries Recycle: A Feasibility Study", *Waste Management*, 22(8):925–930.

- [200] Sloot, H.. van der, (2002). "Characterization of the Leaching Behaviour of Concrete Mortars and of Cement-Stabilized Wastes with Different Waste Loading for Long-Term Environmental Assessment", *Waste Management*, 22(2):181–186.
- [201] Uçaroğlu, S.; Talınlı, İ., (2002). "Otomotiv Endüstrisi Zararlı Atıklarının Solidifikasyonu ve Geri Kazanımı", *İTÜ Dergisi/d*, 1(2):39–50.
- [202] Valls, S.; Vázquez, E., (2002). "Leaching Properties of Stabilised/Solidified Cement-Admixtures-Sewage Sludges Systems", *Waste Management*, 22(1):37–45.
- [203] Vandecasteele, C.; Dutré, V.; Geysen, D.; Wauters, G., (2002). "Solidification/Stabilisation of Arsenic Bearing Fly Ash from the Metallurgical industry: Immobilisation Mechanism of Arsenic", *Waste Management*, 22(2):143–146.
- [204] Youcai, Z.; Lijie, S.; Guojian, L., (2002). "Chemical Stabilization of MSW Incinerator Fly Ashes", *Journal of Hazardous Materials*, B95(1-2):47–63.
- [205] Filippini, P.; Poletti, A.; Pomi, R.; Sirini, P., (2003). "Physical and Mechanical Properties of Cement-Based Products Containing Incineration Bottom Ash", *Waste Management*, 23(2):145–156.
- [206] Genazzini, C.; Zerbino, R.; Ronco, A.; Batic, O.; Giaccio, G., (2003). "Hospital Waste Ashes in Portland Cement Mortars", *Cement and Concrete Research*, 33(10):1643–1650.
- [207] Idachaba, M.A.; Nyavor, K.; Egiebor, N.O., (2003). "Microbial Stability Evaluation of Cement-based Waste Forms at Different Waste to Cement Ratio", *Journal of Hazardous Materials*, B96(2-3):331–340.
- [208] Minocha, A.K.; Jain, N.; Verma, C.L., (2003). "Effect of Inorganic Materials on the Solidification of Heavy Metal Sludge", *Cement and Concrete Research*, 33(10):1695–1701.
- [209] Minocha, A.K.; Jain, N.; Verma, C.L., (2003). "Effect of Organic Materials on the Solidification of Heavy Metal Sludge", *Construction and Building Materials*, 17(2):77–81.
- [210] Al-Mutairi, N.; Terro, M.; Al-Khaleefi, A., (2004). "Effect of Recycling Hospital Ash on the Compressive Properties of Concrete: Statistical Assessment and Predicting Model", *Building and Environment*, 39(5):557–566.
- [211] Bednarik, V.; Vondruska, M.; Sild, M.; Koutny, M., (2004). "Stabilization/Solidification of Wastewater Treatment Sludge", *Journal of Environmental Engineering*, 130(2):1527–1533.
- [212] Bertolini, L.; Carsana, M.; Cassago, D.; Curzio, A.Q.; Collepardi, M., (2004). "MSWI Ashes as Mineral Additions in Concrete", *Cement and Concrete Research*, 34(10):1899–1906.
- [213] Malviya, R.; Chaudhary, R., (2004). "Study of the Treatment Effectiveness of a Solidification/Stabilization Process for Waste Bearing Heavy Metals", *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 6(2):147–152.

- [214] Mollah, M.Y.A.; Kesmez, M.; Cocke, D.L., (2004). "An X-Ray Diffraction (XRD) and Fourier Transform Infrared Spectroscopic (FT-IR) Investigation of the Long-Term Effect on the Solidification/Stabilization (S/S) of Arsenic(V) in Portland Cement Type-V", *Science of the Total Environment*, 325(1-3):225–262.
- [215] Pinto, C.A.; Hamassaki, L.T.; Valenzuela-Diaz, F.R.; Dweck, J.; Büchler, P.M., (2004). "Tannery Waste Solidification and Stabilization", *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 77(3):777–787.
- [216] Tsakiridis, P.E.; Agatzini-Leonardou, S.; Oustadakis, P., (2004). "Red Mud Addition in the Raw Meal for the Production of Portland Cement Clinker", *Journal of Hazardous Materials*, B116(1-2):103–110.
- [217] Asavapisit, S.; Naksrichum, S.; Harnwajanawong, N., (2005). "Strength, Leachability and Microstructure Characteristics of Cement-Based Solidified Plating Sludge", *Cement and Concrete Research*, 35(6):1042–1049.
- [218] Fuoco, R.; Ceccarini, A.; Tassone, P.; Wei, Y.; Brongo, A.; Francesconi, S., (2005). "Innovative Stabilization/Solidification Processes of Fly Ash from an Incinerator Plant of Urban Solid Waste", *Microchemical Journal*, 79(1-2):29–35.
- [219] Genazzini, C.; Giaccio, G.; Ronco, A.; Zerbino, R., (2005). "Cement-Based Materials as Containment Systems for Ash from Hospital Waste Incineration", *Waste Management*, 25(6):649–654.
- [220] Pinarli, V.; Karaca, G.; Salihoglu, G.; Salihoglu, N.K., (2005). "Stabilization and Solidification of Waste Phosphate Sludge Using Portland Cement and Fly Ash as Cement Substitute", *Journal of Environmental Science and Health*, 40:1763–1774.
- [221] Vondruska, M.; Koutny, M., (2005). "Stabilization/Solidification of Galvanic Sludges by Asphalt Emulsions", *Journal of Hazardous Materials*, B122(1-2):139–145.
- [222] Jurič, B.; Hanžič, L.; Ilić, R.; Samec, N., (2006). "Utilization of Municipal Solid Waste Bottom Ash and Recycled Aggregate in Concrete", *Waste Management*, 26(12):1436–1442.
- [223] Kalkan, E., (2006). "Utilization of Red Mud as a Stabilization Material for the Preparation of Clay Liners", *Engineering Geology*, 87(3-4):220–229.
- [224] Kim, Y.-J.; Qureshi, T.I., (2006). "Recycling of Calcium Fluoride Sludge as Additive in the Solidification-Stabilization of Fly Ash", *Journal of Environmental Engineering and Science*, 5(5):377–381.
- [225] Liu, H.; Zou, K.; Zhu, Y., (2006). "pH Effect on Stabilization/Solidification of Industrial Heavy Metal Sludge", *Chinese Journal of Geochemistry*, 25(1 Supplement):86–87.
- [226] Malviya, R.; Chaudhary, R., (2006). "Leaching Behavior and Immobilization of Heavy Metals in Solidified/Stabilized Products", *Journal of Hazardous Materials*, B137:207–217.
- [227] Shi, C.; Fernández-Jiménez, A., (2006). "Stabilization/Solidification of Hazardous and Radioactive Wastes with Alkali-Activated Cements", *Journal of Hazardous Materials*, B137(3):1656–1663.

- [228] Singh, T.S.; Pant, K.K., (2006). "Solidification/Stabilization of Arsenic Containing Solid Wastes Using Portland Cement, Fly Ash and Polymeric Materials", *Journal of Hazardous Materials*, B131(1-3):29–36.
- [229] Yin, C.-Y.; Mahmud, H. Bin; Shaaban, M.G., (2006). "Stabilization/Solidification of Lead-Contaminated Soil Using Cement and Rice Husk Ash", *Journal of Hazardous Materials*, B137(3):1758–1764.
- [230] Al-Ansary, M.S.; Al-Tabbaa, A., (2007). "Stabilisation/Solidification of Synthetic Petroleum Drill Cuttings", *Journal of Hazardous Materials*, 141(2):410–421.
- [231] Karamalidis, A.K.; Voudrias, E.A., (2007). "Cement-Based Stabilization/Solidification of Oil Refinery Sludge: Leaching Behavior of Alkanes and PAHs", *Journal of Hazardous Materials*, 148(1-2):122–135.
- [232] Laforest, G.; Duchesne, J., (2007). "Investigation of Stabilization/Solidification for Treatment of Electric Arc Furnace Dust: Dynamic Leaching of Monolithic Specimens", *Cement and Concrete Research*, 37(12):1639–1646.
- [233] Moon, D.H.; Dermatas, D., (2007). "Arsenic and Lead Release from Fly Ash Stabilized/Solidified Soils under Modified Semi-Dynamic Leaching Conditions", *Journal of Hazardous Materials*, 141(2):388–394.
- [234] Salihoglu, G.; Pinarli, V.; Salihoglu, N.K.; Karaca, G., (2007). "Properties of Steel Foundry Electric Arc Furnace Dust Solidified/Stabilized with Portland Cement", *Journal of Environmental Management*, 85(1):190–197.
- [235] Karamalidis, A.K.; Psycharis, V.; Nicolis, I.; Pavlidou, E.; Bénazeth, S.; Voudrias, E.A., (2008). "Characterization of Stabilized/Solidified Refinery Oily Sludge and Incinerated Refinery Sludge with Cement Using XRD, SEM and EXAFS", *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 43(10):1144–1156.
- [236] Giergiczny, Z.; Król, A., (2008). "Immobilization of Heavy Metals (Pb, Cu, Cr, Zn, Cd, Mn) in the Mineral Additions Containing Concrete Composites", *Journal of Hazardous Materials*, 160(2-3):247–255.
- [237] Katsioti, M.; Katsiotis, N.; Rouni, G.; Bakirtzis, D.; Loizidou, M., (2008). "The Effect of Bentonite/Cement Mortar for the Stabilization/Solidification of Sewage Sludge Containing Heavy Metals", *Cement & Concrete Composites*, 30(10):1013–1019.
- [238] Kurama, H.; Kaya, M., (2008). "Usage of Coal Combustion Bottom Ash in Concrete Mixture", *Construction and Building Materials*, 22(9):1922–1928.
- [239] Yang, J.; Xiao, B., (2008). "Development of Unsintered Construction Materials from Red Mud Wastes Produced in the Sintering Alumina Process", *Construction and Building Materials*, 22(12):2299–2307.
- [240] Dayananda, H.S.; Lokesh, K.S.; Byrappa, K., (2009). "Chemical Fixation of Electroplating Sludge and Microstructural Analysis of Stabilised Matrix Using Fly Ash and Cement", *Materials Research Innovations*, 13(1):54–63.
- [241] Fongsatitkul, P.; Elefsiniotis, P.; Khusasawan, N.; Jindal, R., (2009). "Use of Power Plant Ash to Remove and Solidify Heavy Metals from a Metal-finishing Wastewater", *Water, Air, and Soil Pollution*, 203(1-4):147–154.

- [242] Lampris, C.; Stegemann, J.A.; Cheeseman, C.R., (2009). "Solidification/Stabilisation of Air Pollution Control Residues Using Portland Cement: Physical Properties and Chloride Leaching", *Waste Management*, 29(3):1067–1075.
- [243] Liu, W.; Yang, J.; Xiao, B., (2009). "Application of Bayer Red Mud for Iron Recovery and Building Material Production from Aluminosilicate Residues", *Journal of Hazardous Materials*, 161(1):474–478.
- [244] Mesci, B.; Çoruh, S.; Ergün, O.N., (2009). "Leaching Behaviour and Mechanical Properties of Copper Flotation Waste in Stabilized/Solidified Products", *Waste Management & Research*, 27(1):70–77.
- [245] Zhang, J.; Liu, J.; Li, C.; Jin, Y.; Nie, Y.; Li, J., (2009). "Comparison of the Fixation Effects of Heavy Metals by Cement Rotary Kiln Co-processing and Cement Based Solidification/Stabilization", *Journal of Hazardous Materials*, 165(1-3):1179–1185.
- [246] Antemir, A.; Hills, C.D.; Carey, P.J.; Gardner, K.H.; Bates, E.R.; Crumby, A.K., (2010). "Long-Term Performance of Aged Waste Forms Treated by Stabilization/Solidification", *Journal of Hazardous Materials*, 181(1-3):65–73.
- [247] Gineys, N.; Aouad, G.; Damidot, D., (2010). "Managing Trace Elements in Portland Cement – Part I: Interactions Between Cement Paste and Heavy Metals Added During Mixing as Soluble Salts", *Cement & Concrete Composites*, 32(8):563–570.
- [248] Gollmann, M.A.C.; Da Silva, M.M.; Masuero, Â.B.; Dos Santos, J.H.Z., (2010). "Stabilization and Solidification of Pb in Cement Matrices", *Journal of Hazardous Materials*, 179(1-3):507–514.
- [249] Taha, R.A.; Mohamedzein, Y.E.-A.; Al-Rawas, A.A.; Al-Suleimani, Y., (2010). "Solidification of Tank Bottom Sludge", *Geotechnical and Geological Engineering*, 28(1):15–25.
- [250] Voglar, G.E.; Leštan, D., (2010). "Solidification/Stabilisation of Metals Contaminated Industrial Soil from Former Zn Smelter in Celje, Slovenia, Using Cement as a Hydraulic Binder", *Journal of Hazardous Materials*, 178(1-3):926–933.
- [251] Ande, S.; Berdanier, B.; Ramakrishnan, V., (2011). "Performance of Reactive Powder Concrete Containing Arsenic", *Journal of Water Resource and Protection*, 3:335–340.
- [252] Choura, M.; Keskes, M.; Tayibi, H.; Rouis, J., (2011). "Investigation into the Artificial Ageing Effects on the Microstructure of an Industrial Solid Waste Treated with Cement", *Environmental Technology*, 32(6):625–632.
- [253] Kim, J.-W.; Jung, M.C., (2011). "Solidification of Arsenic and Heavy Metal Containing Tailings Using Cement and Blast Furnace Slag", *Environmental Geochemistry and Health*, 33(1 Supplement):151–158.
- [254] Patil, R.A.; Zodape, S.P., (2011). "X-Ray Diffraction and SEM Investigation of Solidification/Stabilization of Nickel and Chromium Using Fly Ash", *E-Journal of Chemistry*, 8(1):395–403.
- [255] Voglar, G.E.; Leštan, D., (2011). "Efficiency Modeling of Solidification/Stabilization of Multi-Metal Contaminated Industrial Soil Using Cement and Additives", *Journal of Hazardous Materials*, 192(2):753–762.

- [256] Anastasiadou, K.; Christopoulos, K.; Mousios, E.; Gidarakos, E., (2012). "Solidification/Stabilization of Fly and Bottom Ash from Medical Waste Incineration", *Journal of Hazardous Materials*, 207-208:165–170.
- [257] Cubukcuoglu, B.; Ouki, S.K., (2012). "Solidification/Stabilisation of Electric Arc Furnace Waste Using Low Grade MgO", *Chemosphere*, 86(8):789–796.
- [258] Dell'Orso, M.; Mangialardi, T.; Paolini, A.E.; Piga, L., (2012). "Evaluation of the Leachability of Heavy Metals from Cement-Based Materials", *Journal of Hazardous Materials*, 227-228:1–8.
- [259] Lima, A.T.; Ottosen, L.M.; Ribeiro, A.B., (2012). "Assessing Fly Ash Treatment: Remediation and Stabilization of Heavy Metals", *Journal of Environmental Management*, 95(Supplement):110–115.
- [260] Uçaroğlu, S.; Talınlı, İ., (2012). "Recovery and Safer Disposal of Phosphate Coating Sludge by Solidification/Stabilization", *Journal of Environmental Management*, 105:131–137.
- [261] Yigit Huncce, S.; Akgul, D.; Demir, G.; Mertoglu, B., (2012). "Solidification/Stabilization of Landfill Leachate Concentrate Using Different Aggregate Materials", *Waste Management*, 32(7):1394–1400.
- [262] Alsheyab, M.A.T.; Khedaywi, T.S.; Elayan, M.S., (2013). "Laboratory Study on Solidification/Stabilization of Unwanted Medications Using Asphalt as a Binder", *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 15(2):129–137.
- [263] Bayar, S.; Talınlı, İ., (2013). "Solidification/Stabilization of Hazardous Waste Sludge Obtained from a Chemical Industry", *Clean Technologies and Environmental Policy*, 15(1):157–165.
- [264] Mellado, A.; Borrachero, M.V.; Soriano, L.; Payá, J.; Monzó, J., (2013). "Immobilization of Zn(II) in Portland Cement Pastes", *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 112(3):1377–1389.
- [265] Navarro-Blasco, I.; Duran, A.; Sirera, R.; Fernández, J.M.; Alvarez, J.I., (2013). "Solidification/Stabilization of Toxic Metals in Calcium Aluminate Cement Matrices", *Journal of Hazardous Materials*, 260:89–103.
- [266] Song, F.; Gu, L.; Zhu, N.; Yuan, H., (2013). "Leaching Behavior of Heavy Metals from Sewage Sludge Solidified by Cement-Based Binders", *Chemosphere*, 92(4):344–350.
- [267] Guo, X.; Hu, W.; Shi, H., (2014). "Microstructure and Self-Solidification/Stabilization (S/S) of Heavy Metals of Nano-Modified CFA–MSWIFA Composite Geopolymers", *Construction and Building Materials*, 56:81–86.
- [268] Li, X.; He, C.; Bai, Y.; Ma, B.; Wang, G.; Tan, H., (2014). "Stabilization/Solidification on Chromium (III) Wastes by C3A and C3A Hydrated Matrix", *Journal of Hazardous Materials*, 268:61–67.
- [269] Montañés, M.T.; Sánchez-Tovar, R.; Roux, M.S., (2014). "The Effectiveness of the Stabilization/Solidification Process on the Leachability and Toxicity of the Tannery Sludge Chromium", *Journal of Environmental Management*, 143:71–79.



- [270] Quina, M.J.; Bordado, J.C.M.; Quinta-Ferreira, R.M., (2014). "Stabilisation/Solidification of APC Residues from MSW Incineration with Hydraulic Binders and Chemical Additives", *Journal of Hazardous Materials*, 264:107–116.
- [271] Wang, F.; Wang, H.; Al-Tabbaa, A., (2014). "Leachability and Heavy Metal Speciation of 17-Year Old Stabilised/Solidified Contaminated Site Soils", *Journal of Hazardous Materials*, 278:144–151.
- [272] Rozumová, L.; Motyka, O.; Cabanová, K.; Seidlerová, J., (2015). "Stabilization of Waste Bottom Ash Generated from Hazardous Waste Incinerators", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3:1–9.
- [273] Wang, L.; Tsang, D.C.W.; Poon, C.-S., (2015). "Green Remediation and Recycling of Contaminated Sediment by Waste-Incorporated Stabilization/Solidification", *Chemosphere*, 122:257–264.
- [274] Demir, İ.; Başpınar, S.; Kıbıçcı, Y.; Yıldız, A. (2004). "Kalorifer Külü Kullanılarak Yapı Bloğu Üretilmesinin Araştırılması". 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. İzmir, Türkiye, 97–100.
- [275] Dutré, V.; Vandecasteele, C. (1993). "Study of the Leaching Arsenic from Solidified Waste". International Symposium on Hazardous Waste Management in Economically Developing Countries. Turkish National Committee on Solid Wastes & ISWA, İstanbul, Türkiye, 293–304.
- [276] Hong, K.; Jaggi, A.; Jaggi, N. (1988). "Stabilization of Heavy Metal Bearing Sludges Using Cementitious Binders". International Conference on Physicochemical and Biological Detoxification of Hazardous Wastes. New Jersey, USA.
- [277] Lee, W.M.; Li, K.G.; Ing, K.L.; Shau, C.H. (1988). "Pretreatment for the Solidification of the Arsenic Bearing Sludge from Water Treatment Plant". International Conference on Physicochemical and Biological Detoxification of Hazardous Wastes. New Jersey, USA.
- [278] Lin, C.K.; Chen, L.N.; Lin, C.C. (1993). "Stabilization/Solidification of Chromium and Cyanide Containing Sludges by Cement Based Fixation Processes". Hazardous and Industrial Wastes, Proceeding of Twenty-Fifth Mid-Atlantic Industrial Waste Conference. MD, USA, 3–21.
- [279] Yılmaz, K. (2004). "Taban Külü ve Doğal Zeolitin Puzolanik Çimentoda Katkı Olarak Kullanımı". Beton Kongresi. İstanbul, Türkiye.
- [280] United Nations (UN), Countries or areas, codes and abbreviations, <http://unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49alpha.htm>, 4 Mart 2013.
- [281] TS EN ISO 3166-1, (2009). Ülke ve alt birimlerinin adlarını gösterir kodlar - Bölüm 1: Ülke kodları, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye.

## ÖZ GEÇMİŞ

---

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Kamil B. VARINCA

**Doğum Tarihi ve Yeri** : 1981, BAYBURT

**Yabancı Dili** : İngilizce

**E-posta** : [kvarinca@gmail.com](mailto:kvarinca@gmail.com)

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Üniversite	Mezuniyet Yılı
Doktora	Çevre Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2015
Yüksek Lisans	Çevre Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2006
Lisans	Kamu Yönetimi	Anadolu Üniversitesi	2013
Lisans	Çevre Mühendisliği	İstanbul Üniversitesi	2002

### İŞ TECRÜBESİ

Yıl Aralığı	Kurum	Görev
2012-....	Adıyaman Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2004-2012	Yıldız Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

## PROJELER

- 1) M. Talha Gönüllü, Yaşar Avşar, **Kamil B. Varınca**, *Çimento ile Katılaştırılmış Kurşun İçerikli Atıkların Sızma Özelliklerinin Tespiti*, Araştırmacı, YTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAPK) Projesi, Proje No: 29-05-02-01, 30 Mart 2009 - 3 Temmuz 2012, İstanbul.
- 2) Yaşar Avşar, M. Talha Gönüllü, **Kamil B. Varınca**, *Kurşun İçerikli Atıkların Katılaştırılmasından Elde Edilen Malzemede Kurşun Miktarı ile TCLP ve Dayanım İlişkilerinin Araştırılması*, Araştırmacı, YTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAPK) Kapsamlı Araştırma Projesi (KAP), Proje No: 2010-05-02-KAP02, 15 Mayıs 2010 - 8 Mart 2013, İstanbul.
- 3) M. Talha Gönüllü, Ömer Apaydın, Uğur Kurt, **Kamil B. Varınca**, Fatih İlhan, *Atık Akü Solüsyonlarından Elektrodializ Yöntemiyle Asit Geri Kazanımı*, Araştırmacı, YTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü BAPK Kapsamlı Araştırma Projesi (KAP), Proje No: 2010-05-02-KAP03, 15 Mayıs 2010 - 22 Mart 2013, İstanbul.
- 4) M. Talha Gönüllü, **Kamil B. Varınca**, *Akümülatör İmalat Tesisi Arıtma Çamurlarının Çimento ile Katılaştırılmasında Atık/Çimento Oranının Fiziksel Dayanım Üzerine Etkisinin Araştırılması*, Araştırmacı, YTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAPK) Doktora Projesi (DOP), Proje No: 29-05-02-DOP01, 15 Mayıs 2010 - 18 Aralık 2014, İstanbul.

## YAYINLAR

### A. KİTAP ve TEZLER

#### A1. KİTAPLAR:

- 1) Ferruh Ertürk, Atilla Akkoyunlu, **Kamil B. Varınca** (2006). *Enerji Üretimi ve Çevresel Etkileri*, TASAM Yayınları, 88 s., İstanbul, Nisan 2006.
- 2) Ahmet Demir, Eyüp Debik, **Kamil B. Varınca** (2009). *Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu TÜRKAY 2009 Bildiriler Kitabı*, Editör, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, ISBN: 978-975-461-452-7, 718 s., İstanbul, Haziran 2009.
- 3) Haluk Görgün, Eyüp Debik, **Kamil B. Varınca** (2011). *Journal of Engineering and Natural Sciences (Sigma)*, Guest Editor, Yıldız Technical University Press, ISSN: 1304-7191, Volume. 3, Issue 1, 277 p., İstanbul, March 2011.

#### A2. TEZLER:

- 1) **Kamil B. Varınca** (2002). *Katı Atık Depolama Sahalarında Oluşan Depo Gazından Elektrik Üretilmesi*, Bitirme Projesi, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Yöneten: Prof. Dr. Mehmet Borat, İstanbul, Haziran 2002.
- 2) **Kamil B. Varınca** (2006). *Akümülatör İmalat Tesisi Arıtma Çamurunun Çimento ile Katılaştırılarak Kararlılaştırılmasının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Talha Gönüllü, İstanbul, Ocak 2006.

- 3) **Kamil B. Varınca** (2015). *Akümülatör İmalat Tesisi Endüstriyel Arıtma Çamuruna Çimento Esaslı Katılaştırma/Kararlılaştırma Yönteminin Uygulanabilirliğinin Araştırılması*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Talha Gönüllü, İstanbul, Eylül 2015.

## **B. MAKALELER**

### **B1. ULUSLARARASI HAKEMLİ DERGİLERDE YAYIMLANAN MAKALELER (UAHM):**

- 1) Uğur Kurt, M. Talha Gönüllü, Fatih İlhan, **Kamil B. Varınca** (2008). *Treatment of Domestic Wastewater by Electrocoagulation in a Cell with Fe-Fe Electrodes*, Environmental Engineering Science, ISSN: 1092-8758, Volume 25, Issue 2, pp. 153-162, March 2008.
- 2) Tamer Coşkun, Harun Akif Kabuk, **Kamil B. Varınca**, Eyüp Debik, İbrahim Durak, Cemil Kavurt (2012). *Antibiotic Fermentation Broth Treatment by a Pilot Upflow Anaerobic Sludgebed Reactor and Kinetic Modeling*, Bioresource Technology, ISSN: 0960-8524, Volume 121, pp. 31-35, October 2012.

### **B2. ULUSAL HAKEMLİ DERGİLERDE YAYIMLANAN MAKALELER (UHM):**

- 1) Naim Sezgin, H. Kurtuluş Özcan, **Kamil B. Varınca**, Mehmet Borat (2003). *Katı Atık Depo Gazından Elektrik Üretiminin Türkiye’de Uygulanabilirliğine İki Örnek: İstanbul ve Bursa Tesisleri*, Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi (YTÜD), Cilt: 2003, Sayı: 3, s: 89-96, İstanbul, Eylül 2003.
- 2) **Kamil B. Varınca**, Cengiz Esmen, M. Talha Gönüllü (2011). *Performance Evaluation of Bursa City (Turkey) Medical Waste Management System*, Journal of Engineering and Natural Sciences (Sigma), Volume 3, Issue 1, pp. 176-184, İstanbul, March 2011.
- 3) **Kamil B. Varınca**, Cengiz Esmen, Yaşar Aşar (2011). *Tıbbi Atık Yönetiminde Bölgesel Çözüm: Bolu-Düzce-Sakarya Örneği*, Katı Atık ve Çevre, Sayı: 84, s: 55-65, İstanbul, Ekim 2011.

### **B3. ULUSAL DERGİLERDE YAYIMLANAN MAKALELER (UM):**

- 1) **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü (2007). *Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma*, Kaynak Elektrik Dergisi, Sayı 217, s: 127-130, İstanbul, Temmuz 2007.

## C. BİLDİRİLER

### C1. ULUSLARARASI BİLİMSEL TOPLANTILARDA SUNULAN VE BİLDİRİ KİTABINDA BASILAN BİLDİRİLER (UAB):

- 1) **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü (2006). *Kojenerasyon Sistemlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi*, 12th International Cogeneration, Combined Cycle and Environment Conference & Exhibition (ICCI 2006), Conference Book, p. 142, Hilton Convention & Exhibition Centre, İstanbul, Türkiye, 25-26 May 2006.
- 2) M. Talha Gönüllü, **Kamil B. Varınca** (2007). *Çöp Depo Gazlarının Atmosfer Isınmasındaki Yeri*, Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkiler Konferansı (UKİDEK), Konya, Türkiye, 18-20 Ekim 2007.
- 3) M. Talha Gönüllü, Ahmet Ekerim, **Kamil B. Varınca** (2010). *Bir Hurda Akü Geri Dönüşüm Tesisi Değerlendirmesi*, 3th International Foundry and Environment Symposium (IFES 2009), Proceedings Book, pp. 108-120, Yıldız Technical University, İstanbul, Türkiye, 28-29 January 2010.
- 4) Fatih İlhan, **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü, Caner Kasar (2010). *Treatment of COD and Color by EC Process from Textile Wastewaters*, International Sustainable Water and Wastewater Management Symposium (USAYS), Proceedings Book, pp. 669-676, Konya, Türkiye, 26-28 October 2010.
- 5) **Kamil B. Varınca** (2011). *The Current Status of Geothermal Energy Use in Turkey*, 1st International 100% Renewable Energy Conference and Exhibition (IRENEC 2011), Proceedings, pp. 333-338, Türkan Saylan Maltepe Municipality Cultural Center, İstanbul, Türkiye, 6-8 October 2011.
- 6) **Kamil B. Varınca** (2011). *Investigation of Environmental Effects of Geothermal Energy*, 1st International 100% Renewable Energy Conference and Exhibition (IRENEC 2011), Proceedings, pp. 339-343, Türkan Saylan Maltepe Municipality Cultural Center, İstanbul, Türkiye, 6-8 October 2011.
- 7) **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü (2011). *Solidification/Stabilization of Treatment Sludge Contains Heavy Metals*, EurAsia Waste Management Symposium, Proceedings Book, pp. 603-606, Haliç Congress Center, İstanbul, Türkiye, 14-16 November 2011.
- 8) **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü (2011). *Determination of Landfill Gas Production in Hamitler Landfill of Bursa City in Turkey*, EurAsia Waste Management Symposium, Proceedings Book, pp. 750-757, Haliç Congress Center, İstanbul, Türkiye, 14-16 November 2011.
- 9) **Kamil B. Varınca**, Cengiz Esmen, Yaşar Avşar (2011). *A New Model in the Medical Waste Management*, EurAsia Waste Management Symposium, Proceedings Book, pp. 758-766, Haliç Congress Center, İstanbul, Türkiye, 14-16 November 2011.
- 10) **Kamil B. Varınca**, Yaşar Avşar, M. Talha Gönüllü (2011). *Akümülatör Geri Kazanım Tesisi Fırın Cüruflarının Yeniden Değerlendirilmesinin Araştırılması*, 4th International Foundry and Environment Symposium (IFES 2011), Proceedings Book, pp. 1-8, Yıldız Technical University, İstanbul, Türkiye, 17-18 November 2011.

- 11) **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü (2014). *Bertaraf ve Islah Yöntemi Olarak Katılaştırma/Kararlılaştırma İşlemleri*, 2nd International Symposium on Environment and Morality (ISEM 2014), Proceedings, Volume 1, pp:113-120, Adıyaman Üniversitesi Yayınları No:12, ISBN: 978-605-60221-8-0, Adıyaman University, Adıyaman, Türkiye, 24-26 October 2014.
- 12) Musa Eşit, Ömer Faruk Tekin, **Kamil B. Varınca** (2014). *Atık Strafor Malzemelerinin Organik Toprağın Basınç Dayanımına Etkisinin İncelenmesi*, 2nd International Symposium on Environment and Morality (ISEM 2014), Proceedings, Volume 1, pp:184-191, Adıyaman Üniversitesi Yayınları No:12, ISBN: 978-605-60221-8-0, Adıyaman University, Adıyaman, Türkiye, 24-26 October 2014.
- 13) Ömer Faruk Tekin, Musa Eşit, **Kamil B. Varınca** (2014). *İnşaat Sektöründe Çevresel Kaygılara Çözüm Önerileri: Sürdürülebilirlik ve Yeşil Binalar*, 2nd International Symposium on Environment and Morality (ISEM 2014), Proceedings, Volume 1, pp:651-661, Adıyaman Üniversitesi Yayınları No:12, ISBN: 978-605-60221-8-0, Adıyaman University, Adıyaman, Türkiye, 24-26 October 2014.
- 14) Sabih Ovalı, **Kamil B. Varınca** (2014). *Afet Çadırlarının Çevresel Şartlardan Geçirgenlik ve Yanmaya Karşı İyileştirilmesi*, 2nd International Symposium on Environment and Morality (ISEM 2014), Proceedings, Volume 1, pp:662-669, Adıyaman Üniversitesi Yayınları No:12, ISBN: 978-605-60221-8-0, Adıyaman University, Adıyaman, Türkiye, 24-26 October 2014.
- 15) Ahmet Nur, **Kamil B. Varınca** (2014). *AB Uyum Sürecinde Türkiye’de Elektronik Atıkların Yönetimi*, 2nd International Symposium on Environment and Morality (ISEM 2014), Proceedings, Volume 2, pp:670-682, Adıyaman Üniversitesi Yayınları No:12, ISBN: 978-605-60221-8-0, Adıyaman University, Adıyaman, Türkiye, 24-26 October 2014.
- 16) **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü (2014). *Ham veya İşlenmiş Atıklardan Kirletici Taşınımının Tespiti: Özütleme Testleri*, 2nd International Symposium on Environment and Morality (ISEM 2014), Proceedings, Volume 2, pp:1081-1087, Adıyaman Üniversitesi Yayınları No:12, ISBN: 978-605-60221-8-0, Adıyaman University, Adıyaman, Türkiye, 24-26 October 2014.
- 17) **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü (2015). *Atık Geri Kazanımında Bir Uygulama Örneği: Atıkların Beton İçerisinde Kullanılması*, 3rd International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES 2015), Universidad Polytechnica de Valencia, Valencia, Spain, 3-5 June 2015.
- 18) Tanju Teker, **Kamil B. Varınca**, Eyyüp Murat Karakurt, Gülgün Aylaz (2015). *Güneş Enerjisinden Elektrik Üreten Sistemler: İnorganik ve Organik Güneş Pillerinin Mukayesesi*, 3rd International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES 2015), Universidad Polytechnica de Valencia, Valencia, Spain, 3-5 June 2015.

## **C2. ULUSAL BİLİMSEL TOPLANTILARDA SUNULAN VE BİLDİRİ KİTAPLARINDA BASILAN BİLDİRİLER (UB):**

- 1) **Kamil B. Varınca**, Gamze Varank (2005). *Rüzgâr Kaynaklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri*, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları / Enerji Yönetimi Sempozyumu (YEKS 2005), Bildiriler Kitabı, s: 367-376, Kayseri, 3-4 Haziran 2005.

- 2) **Kamil B. Varınca**, Gamze Varank (2005). *Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri*, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, Bildiriler Kitabı, s: 148-160, Mersin, 24-25 Haziran 2005.
- 3) **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü (2006). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Çevresel Olumlu Etkileri*, VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES 2006), Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 25-27 Mayıs 2006.
- 4) **Kamil B. Varınca**, Yaşar Avşar, Orhan Kurt, M. Talha Gönüllü (2006). *Kurşun İçerikli Akü Tesisi Arıtma Çamurlarının Çimento ile Katılaştırılmasının Araştırılması*, 10. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu (EKK 2006), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 7-9 Haziran 2006.
- 5) **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü (2006). *Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma*, I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi (UGHEK 2006), Bildiriler Yoğun Diski, s: 270-275, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 21-23 Haziran 2006.
- 6) Erdinç Gündüz, **Kamil B. Varınca** (2007). *Organize Sanayi Bölgelerinde Katı Atık Yönetimi ve Tuzla Mermerciler Organize Sanayi Bölgesi Örneği*, AB Sürecinde Türkiye’de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu (TÜRKAY 2007), İstanbul Lütfi Kırdar Uluslararası Kongre ve Sergi Sarayı, İstanbul, 28-31 Mayıs 2007.
- 7) Ertan Arslankaya, **Kamil B. Varınca**, Fatih Ataselim (2007). *Katı Atık Toplama-Taşıma Araçlarının Aktarma Merkezleri ve İstanbul Trafikinde Meydana Getirdikleri Yüklerin Değerlendirilmesi*, AB Sürecinde Türkiye’de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu (TÜRKAY 2007), İstanbul Lütfi Kırdar Uluslararası Kongre ve Sergi Sarayı, İstanbul, 28-31 Mayıs 2007.
- 8) Emine Lüy, **Kamil B. Varınca**, Aynur Kemirtlek (2007). *Katı Atık Geri Kazanım Çalışmaları: İstanbul Örneği*, AB Sürecinde Türkiye’de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu (TÜRKAY 2007), İstanbul Lütfi Kırdar Uluslararası Kongre ve Sergi Sarayı, İstanbul, 28-31 Mayıs 2007.
- 9) **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü (2007). *Katı Atık Bertarafında Katılaştırma Yönteminin Teknik ve Ekonomik Yönden İncelenmesi*, AB Sürecinde Türkiye’de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu (TÜRKAY 2007), İstanbul Lütfi Kırdar Uluslararası Kongre ve Sergi Sarayı, İstanbul, 28-31 Mayıs 2007.
- 10) **Kamil B. Varınca** (2007). *Çevre Mühendisliği Bölümleri Arasında Müfredat Farklılığı ve Eğitim Akreditasyonu*, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası (ÇMO), Ege Üniversitesi Atatürk Kültür Merkezi, İzmir, 24-27 Ekim 2007.
- 11) Fatma Büyükbektaş, **Kamil B. Varınca** (2008). *Entegre Atık Yönetimi Kavramı ve AB Uyum Sürecinde Atık Çerçeve Yönetmeliği*, Üniversite Öğrencileri III. Çevre Sorunları Kongresi (CESKO 2008), Kongre Kitabı, s: 73-81, Fatih Üniversitesi, İstanbul, 15-16 Mayıs 2008.
- 12) Cengiz Esmen, **Kamil B. Varınca**, Abdul Samet Şengil (2008). *Tıbbi Atık Yönetiminde Yeni Bir Model Örneği*, Üniversite Öğrencileri III. Çevre Sorunları Kongresi (CESKO 2008), Kongre Kitabı, s: 82-90, Fatih Üniversitesi, İstanbul, 15-16 Mayıs 2008.

- 13) Cengiz Esmen, **Kamil B. Varınca**, Abdul Samet Şengil, Deniz Albayrak (2008). *Tıbbi Atık Bertaraf Metodu Olarak Otoklav ile Sterilizasyonda Sondan Parçalama Sistem Örneği*, Üniversite Öğrencileri III. Çevre Sorunları Kongresi (ÇESKO 2008), Kongre Kitabı, s: 91-99, Fatih Üniversitesi, İstanbul, 15-16 Mayıs 2008.
- 14) Ayşe Polat, **Kamil B. Varınca** (2008). *Beşeri İlaç Üretiminde Tehlikeli Atık Yönetimi*, Üniversite Öğrencileri III. Çevre Sorunları Kongresi (ÇESKO 2008), Kongre Kitabı, s: 400-407, Fatih Üniversitesi, İstanbul, 15-16 Mayıs 2008.
- 15) **Kamil B. Varınca**, Gülten Güneş, Ferruh Ertürk (2008). *Hava Kirleticilerinin İnsan Sağlığı ve İklim Değişikliği Üzerine Etkileri*, Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu (UHAKS 2008), Bildiriler Kitabı, s: 161-168, Konya, 30-31 Mayıs 2008.
- 16) **Kamil B. Varınca** (2008). *İklim Değişikliği Özelinde Su Kaynakları Üzerindeki Baskılar*, Su ve Enerji Konferansı, Bildiriler Kitabı, s: 28-35, Artvin, 25-26 Eylül 2008.
- 17) Deniz Albayrak, Cengiz Esmen, **Kamil B. Varınca** (2009). *Tıbbi Atık Bertaraf Yöntemlerinden Buharlı Sterilizasyon Teknolojisi*, Üniversite Öğrencileri IV. Çevre Sorunları Kongresi (ÇESKO 2009), Kongre Kitabı, s: 102-108, Fatih Üniversitesi, İstanbul, 21-22 Mayıs 2009.
- 18) **Kamil B. Varınca**, Cengiz Esmen, M. Talha Gönüllü (2009). *Bursa İli Tıbbi Atık Yönetim Sistemi Performans Değerlendirmesi*, Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu (TÜRKAY 2009), Bildiriler Kitabı, s: 95-103, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 15-17 Haziran 2009.
- 19) **Kamil B. Varınca**, Cengiz Esmen (2009). *Ülkemizde Tıbbi Atık Yönetimi: Sorunlar ve Çözüm Önerileri*, IX. Ulusal Ekoloji ve Çevre Konferansı, Nevşehir Üniversitesi, Nevşehir, 07-10 Ekim 2009.
- 20) **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü (2009). *Bir Atık Bertaraf Metodu Olarak Katılaştırma*, IX. Ulusal Ekoloji ve Çevre Konferansı, Nevşehir Üniversitesi, Nevşehir, 07-10 Ekim 2009.
- 21) **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü (2011). *Tehlikeli Atıkların Bertarafında Alternatif Bir Metot: Katılaştırma/Kararlılaştırma*, Fikirler Pazarı, Bildiriler Kitabı, s. 70, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 24-25- Mayıs 2011.
- 22) **Kamil B. Varınca**, Cengiz Esmen, Yaşar Avşar (2011). *Tıbbi Atık Yönetimine Bölgesel Çözüm: Bolu-Düzce-Sakarya Örneği*, 3. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi (UKAY 2011), Bildiri Kitabı, s: 379-386, Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi (UKÜ), Girne/KKTC, 7-10 Eylül 2011.
- 23) **Kamil B. Varınca**, Cengiz Esmen, Yaşar Avşar (2011). *Yakma Harici Tıbbi Atık Bertaraf Teknolojilerinin Seçiminde Göz Önünde Bulundurulması Gereken Hususlar*, 3. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi (UKAY 2011), Bildiri Kitabı, s: 410-419, Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi (UKÜ), Girne/KKTC, 7-10 Eylül 2011.
- 24) **Kamil B. Varınca** (2011). *Sürdürülebilir Yerleşke (Üniversite Kampüsü) Yönetimi*, X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Bildiri Özet Kitabı, s: 65, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 4-7 Ekim 2011.
- 25) **Kamil B. Varınca** (2011). *Çevre Sorunları-Nüfus Artışı İlişkisinin İrdelenmesi*, X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Bildiri Özet Kitabı, s: 66, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 4-7 Ekim 2011.



- 26) **Kamil B. Varınca** (2011). *Türkiye’de Atık Yönetim Uygulamalarına Eleştirel Bir Yaklaşım*, X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Bildiri Özet Kitabı, s: 382, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 4-7 Ekim 2011.
- 27) **Kamil B. Varınca** (2011). *Üniversiteler için Atık Yönetim Stratejileri*, X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Bildiri Özet Kitabı, s: 479, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 4-7 Ekim 2011.
- 28) **Kamil B. Varınca** (2011). *Örnekleri ile Üniversite Yerleşkeleri için Geri Dönüştürülebilir Atık Yönetimi*, X. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Bildiri Özet Kitabı, s: 480, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 4-7 Ekim 2011.
- 29) **Kamil B. Varınca** (2011). *Gri Suların Sulamada Kullanımı*, II. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, Bildiri Kitabı, s: 994-1002, Ankara, 22-25 Kasım 2011.
- 30) **Kamil B. Varınca** (2011). *İklim Değişikliğinin Tarıma Etkileri*, II. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, Bildiri Kitabı, s: 1003-1010, Ankara, 22-25 Kasım 2011.
- 31) M. Talha Gönüllü, Uğur Kurt, Ömer Apaydın, **Kamil B. Varınca**, Fatih İlhan (2012). *Atık Akü Solüsyonlarından Elektrodializ Yöntemiyle Asit Geri Kazanımı*, II. Ar-Ge Proje Pazarı, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 29-30 Mayıs 2012.
- 32) Yaşar Avcı, M. Talha Gönüllü, **Kamil B. Varınca** (2012). *Atıkların Bertarafında Ekonomik ve Kolay Uygulanabilir Bir Yöntem: Katılaştırma*, II. Ar-Ge Proje Pazarı, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 29-30 Mayıs 2012.
- 33) **Kamil B. Varınca** (2013). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı Konusunda Üniversitelerin Fırsatları*, 10. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası (ÇMO), Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 12-14 Eylül 2013.
- 34) **Kamil B. Varınca**, M. Talha Gönüllü (2015). *Atık Geri Kazanım Uygulamalarında Sıra Dışı Örnekler*, ADYÜ Bilim, Kültür ve Sanat Sempozyumu – II (ADYÜ Sempozyum II), Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, 2-3 Nisan 2015.
- 35) **Kamil B. Varınca**, Musa Eşit, Ömer Faruk Tekin (2015). *Türkiye’de İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Yönetimi*, ADYÜ Bilim, Kültür ve Sanat Sempozyumu – II (ADYÜ Sempozyum II), Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, 2-3 Nisan 2015.
- 36) Şehriban Bozkurt, **Kamil B. Varınca** (2015). *Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü ve Türkiye’de Mevzuat Bağlamında Yönetimleri*, ADYÜ Bilim, Kültür ve Sanat Sempozyumu – II (ADYÜ Sempozyum II), Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, 2-3 Nisan 2015.
- 37) Fatime Nasıroğlu, **Kamil B. Varınca** (2015). *Bitkisel Atık Yağların Türkiye Özelinde Kontrol ve Yönetiminin İncelenmesi*, ADYÜ Bilim, Kültür ve Sanat Sempozyumu – II (ADYÜ Sempozyum II), Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, 2-3 Nisan 2015.
- 38) **Kamil B. Varınca**, Turgay Dere, Kerem Gülpınar, Kemal Demir (2015). *Adıyaman İli Mevcut ve Gelecekteki Atık Yönetim Sisteminin AB ile Uyum Çerçevesinde Değerlendirilmesi*, 7. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi (UKAY 2015), Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, 14-16 Ekim 2015.

#### D. DİĞER YAYINLAR

- 1) **Kamil B. Varınca** (2004). *İklim Değişikliği ve Çevre Felaketleri*, Eğitim Notu, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası (ÇMO) İstanbul Şubesi, Beyoğlu/İstanbul, 26 Mart 2004.
- 2) **Kamil B. Varınca**, Banu Sınmaz (2004). *Geri Kazanım*, Eğitim Notu, Kartal Sabiha Gökçen Anadolu Kız Meslek ve Kız Meslek Lisesi, Kartal/İstanbul, 24 Mayıs 2004.
- 3) **Kamil B. Varınca** (2005). *Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğinde Özel Konular*, Eğitim Notu, MEB İstanbul İl Müdürlüğü Çevre Sorunları Öğretmen Hizmet içi Eğitim Kursu, Çevre Gönüllüleri Derneği, Sakıp Sabancı Anadolu Lisesi, Beşiktaş/İstanbul, 14 Kasım 2005.
- 4) **Kamil B. Varınca** (2007). *Hava Kirliliği ve Sonuçları*, Eğitim Notu, MEB İstanbul İl Müdürlüğü Çevre Sorunları Öğretmen Hizmet içi Eğitim Kursu, Çevre Gönüllüleri Derneği, Kenan Evren Anadolu Lisesi, Kadıköy/İstanbul, 26 Mart 2007.
- 5) **Kamil B. Varınca** (2007). *Hava Kirliliği ve Sonuçları*, Eğitim Notu, MEB İstanbul İl Müdürlüğü Çevre Sorunları Öğretmen Hizmet içi Eğitim Kursu, Çevre Gönüllüleri Derneği, Vehbi Koç Vakfı Lisesi, Sarıyer, İstanbul, 13 Kasım 2007.
- 6) **Kamil B. Varınca** (2008). *İklim Değişikliğinin Sebepleri ve Alınması Gereken Tedbirler*, Eğitim Notu, Özel Şefkat Vakfı Bahçelievler Şefkat İlköğretim Okulu, Bahçelievler/İstanbul, 8 Mayıs 2008.
- 7) **Kamil B. Varınca** (2008). *Hava Kirliliği ve Neticeleri*, Eğitim Notu, MEB İstanbul İl Müdürlüğü Çevre Sorunları Öğretmen Hizmet içi Eğitim Kursu, Çevre Gönüllüleri Derneği, İncirli Ahmet Hamdi Tanpınar İlköğretim Okulu, Bakırköy/İstanbul, 20 Haziran 2008.
- 8) **Kamil B. Varınca** (2008). *Hava Kirliliği ve Neticeleri*, Eğitim Notu, MEB İstanbul İl Müdürlüğü Çevre Sorunları Öğretmen Hizmet içi Eğitim Kursu, Çevre Gönüllüleri Derneği, Vehbi Koç Vakfı Lisesi, Sarıyer/İstanbul, 18 Kasım 2008.
- 9) **Kamil B. Varınca** (2009). *Tıbbi Atık Yönetiminde Hastahane ve Personelinin Sorumlulukları*, Eğitim Notu, Hastane Hizmet içi Personel Eğitimi, T.C. Sağlık Bakanlığı Sakarya Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi, Sakarya, 26 Haziran 2009.
- 10) **Kamil B. Varınca** (2009). *Hava Kirliliği ve Neticeleri*, Eğitim Notu, MEB İstanbul İl Müdürlüğü Çevre Sorunları Öğretmen Hizmet içi Eğitim Kursu, Çevre Gönüllüleri Derneği, Sarıyer Halk Eğitim Merkezi, Sarıyer/İstanbul, 20 Kasım 2009.
- 11) **Kamil B. Varınca** (2010). *Hava Kirliliği ve Neticeleri*, Eğitim Notu, MEB İstanbul İl Müdürlüğü Çevre Sorunları Öğretmen Hizmet içi Eğitim Kursu, Çevre Gönüllüleri Derneği, Kenan Evren Anadolu Lisesi, Kadıköy/İstanbul, 19 Mart 2010.
- 12) **Kamil B. Varınca** (2011). *Hava Kirliliği ve Neticeleri*, Eğitim Notu, MEB İstanbul İl Müdürlüğü Çevre Sorunları Öğretmen Hizmet içi Eğitim Kursu, Çevre Gönüllüleri Derneği, Kenan Evren Anadolu Lisesi, Kadıköy/İstanbul, 8 Nisan 2011.
- 13) **Kamil B. Varınca** (2011). *Tıbbi Atık Yönetiminde Yardımcı Personelin Sorumlulukları*, Eğitim Notu, Hastane Hizmet içi Personel Eğitimi, T.C. Genelkurmay Başkanlığı Gülhane Askerî Tıp Akademisi (GATA) Haydarpaşa Eğitim Hastanesi, Kadıköy/İstanbul, 10 Mayıs 2011.

- 14) **Kamil B. Varınca** (2011). *Hava Kirliliği ve Neticeleri*, Eğitim Notu, MEB İstanbul İl Müdürlüğü Çevre Sorunları Öğretmen Hizmet içi Eğitim Kursu, Çevre Gönüllüleri Derneği, Sakıp Sabancı Anadolu Lisesi, Beşiktaş/İstanbul, 2 Aralık 2011.
- 15) **Kamil B. Varınca** (2012). *Hava Kirliliği ve Neticeleri*, Eğitim Notu, MEB İstanbul İl Müdürlüğü Çevre Sorunları Öğretmen Hizmet içi Eğitim Kursu, Çevre Gönüllüleri Derneği, Validebağ Anadolu Sağlık Meslek Lisesi, Üsküdar/İstanbul, 26 Mart 2012.
- 16) **Kamil B. Varınca** (2012). *Hava Kirliliği ve Neticeleri*, Eğitim Notu, MEB İstanbul İl Müdürlüğü Çevre Sorunları Öğretmen Hizmet içi Eğitim Kursu, Çevre Gönüllüleri Derneği, Sakıp Sabancı Anadolu Lisesi, Beşiktaş/İstanbul, 12 Kasım 2012.
- 17) **Kamil B. Varınca** (2013). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Olumlu Etkileri*, Eğitim Notu, Yenilenebilir Enerji ve Belediye Uygulamaları Bilgi Paylaşımı Toplantısı, Türkiye Belediyeler Birliği Belediye Akademisi Belediyeciler Hizmet içi Eğitim Programı, Güral Otel, Sapanca/Sakarya, 28-29 Mart 2013.