



T.C.

HİTİT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

**İŞ SAĞLIĞI ve GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN İNŞAAT VE YIKINTI
ATIKLARINDA R-XRD, FT-IR SPEKTROSKOPİK ve TERMAL
ANALİZ YÖNTEMLERİYLE ASBEST ANALİZİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ali AKYÜZ

Çorum - 2022

**İŞ SAĞLIĞI ve GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN İNŞAAT VE YIKINTI
ATIKLARINDA R-XRD, FT-IR SPEKTROSKOPİK ve TERMAL ANALİZ
YÖNTEMLERİYLE ASBEST ANALİZİ**

Ali AKYÜZ

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı**

Yüksek Lisans Tezi

TEZ DANIŞMANI

Doç.Dr. Sevil ÖZKINALI

Çorum 2022

Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 180201002 numaralı öğrencisi Ali AKYÜZ tarafından hazırlanan "İŞ SAĞLIĞI ve GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN İNŞAAT VE YIKINTI ATIKLARINDA R-XRD, FT-IR SPEKTROSKOPİK ve TERMAL ANALİZ YÖNTEMLERİYLE ASBEST ANALİZİ" adlı tez çalışması 20/06//2022 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Nesrin ŞENER

.....

Doç. Dr. Sevil ÖZKINALI

.....

Dr. Öğr. Üyesi Şnol YAVUZ

.....

Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun .../.../..... tarih ve sayılı kararı ile Ali AKYÜZ'ün İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdür

TEZ BİLDİRİMİ

Yüksek Lisans tezi olarak hazırlayıp sunduğum “İŞ SAĞLIĞI ve GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN İNŞAAT VE YIKINTI ATIKLARINDA R-XRD, FT-IR SPEKTROSKOPİK ve TERMAL ANALİZ YÖNTEMLERİYLE ASBEST ANALİZİ” başlıklı tez, bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.

Ali AKYÜZ

İŞ SAĞLIĞI ve GÜVENLİĞİ YÖNÜNDE İNŞAAT VE YIKINTI ATIKLARINDA R-XRD, FT-IR SPEKTROSKOPİK ve TERMAL ANALİZ YÖNTEMLERİYLE ASBEST ANALİZİ

Ali AKYÜZ

ORCID: 0000-0002-3178-2434

HİTİT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Yüksek Lisans Tezi

Haziran 2022

ÖZET

Doğaya giderek yabancılaşan insan, yaşam alanlarındaki kültürel, ekonomik, sosyal ve fiziksel dinamiklerin etkileşiminin bir sonucu olarak birçok atık üretmektedir. Dünya üzerinde üretilen atıkların büyük kısmı kentsel alanlarda ve yaklaşık %10-30'u yapı sektöründen kaynaklı inşaat ve yıkıntı atığı (İYA) olarak üretilmektedir. Bu atıkların geri kazanımını sağlamak için sürdürülebilir inşaat atık yönetimi geliştirilmelidir. Özellikle inşaat ve yıkıntı atıklarında karşımıza çıkan sağlığa ve çevreye zararlı maddelerden olan asbest ve türleri atık yönetimde ayrı bir başlık olan incelenmelidir. Bu durum, atıkların yönetiminde iş sağlığı ve güvenliğinin (İSG) önemini ortaya çıkarmaktadır. İnşaat ve yıkıntı atıklarını geri dönüşüm yoluyla en aza indirmek hem çevreye hem de İSG'ye yönelik tüm riskleri en aza indirmektedir.

Tez çalışmaları kapsamında Yozgat ili Menekşe Evleri ve Bahçeşehir Mahallesi bölgelerinde kentsel dönüşüme uğrayan ve yapımı devam eden binalardan alınan numuneler üzerinde Rietveld XRD, TGA/DTG ve FT-IR analizleri yapılmıştır. Çok kapsamlı bu analizler sonucu numunelerde asbest ve türleri (serpantin ve amfibol) araştırılmıştır. Nitekim eski ve yeni yapılarda çimento ve seramik atık malzemelerde asbest türlerinden krizotil ve amosit bulgularına rastlanmıştır. Rietveld XRD Kalitatif analiz sonuçlarında maddenin hangi element veya bileşiklerden meydana geldiğini ve bu element ya da bileşiklerden her birinin hangi yüzde(%) de olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçları, numunelerin IR spektrumlarına ve termik analizlerine de baktığımızda destekleyici nitelikte olduğu gözlenmiştir. Analiz sonuçlarına incelendiğinde bu tür atıkların önleme-azaltma veya bertarafı konusunda sürdürülebilir nitelikte olan ve 25/01/2013 tarihli ve 28539 Sayılı Resmî Gazete'de

yayımlanan Asbestle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik hükümlerine uygun bir atık yönetimi geliştirilmesinin önem kazandığı dikkate değer akademik bir çalışma yapılmıştır.

Anahtar Kavramlar: İnşaat ve Yıkıntı Atığı, İş Sağlığı ve Güvenliği, İnşaat ve Yıkıntı Atığı Yönetimi, Asbest, Rietveld XRD, FT-IR ve TGA/DTG Analizleri

Bilim Kodu: 113512, 20114



**ASBESTOS ANALYSIS BY R-XRD, FT-IR SPECTROSCOPIC AND THERMAL ANALYSIS
METHODS IN CONSTRUCTION AND WASH WASTE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND
SAFETY**

Ali AKYÜZ

ORCID: 0000-0002-3178-2434

HITIT UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL

Master of Science Thesis

June 2022

ABSTRACT

Humans, who are increasingly alienated from nature, produce many wastes in their living spaces as a result of the interaction of cultural, economic, social and physical dynamics. Most of the waste in the world is produced in urban areas and approximately 10-30% of it as construction and demolition waste (CDW) originating from the building sector. Sustainable construction waste management should be developed to ensure the recovery of these wastes. Asbestos and its types, which are harmful to health and the environment, especially in construction and demolition wastes, should be examined as a separate heading in waste management. This situation reveals the importance of occupational health and safety (OHS) in waste management. Minimizing construction and demolition wastes through recycling minimizes all risks to both the environment and OHS.

Within the scope of the thesis studies, Rietveld XRD, TGA/DTG and FT-IR analyzes were carried out on the samples taken from the buildings that have undergone urban transformation and are under construction in the Menekşe Evleri and Bahçeşehir Mahallesi regions of Yozgat. As a result of these comprehensive analyzes, asbestos and its types (serpentine and amphibole) were investigated in the samples. As a matter of fact, asbestos types chrysotile and amosite were found in cement and ceramic waste materials in old and new buildings. In the results of Rietveld XRD qualitative analysis, it was determined which element or compounds the substance consists of and in which percentage (%) each of these elements or compounds is. It has been observed that these results are supportive when we look at the IR spectra and thermal

analyzes of the samples. When the analysis results are examined, it is noteworthy that it is important to develop a waste management that is sustainable in the prevention, reduction or disposal of such wastes and complies with the provisions of the Regulation on Health and Safety Precautions in Work with Asbestos, published in the Official Gazette dated 25/1/2013 and numbered 28539 study has been done.

Key Terms: Construction and Demolition Waste, Occupational Health and Safety, Construction and Demolition Waste Management, Asbestos, Rietveld XRD, FT-IR and TGA/DTG Analysis

Science Code: 113512, 20114



TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca tecrubesini ve emeğini esirgemeyen, yol gösterici olan, her zaman pozitif tavırlarıyla beni motive eden, beni büyük bir ilgiyle dinleyen ve yönlendirmeleri ile destekleyen tez danıőmanım Doç.Dr. Sevil ÖZKINALI 'ya sonsuz teőekkürlerimi sunuyorum.

Bu süreçte benim her zaman yanımda olan değerli anneme ve babama, ayrıca hayatımın her alanında bana yardımcı olan sevgili eőim Tuğba OğUZ AKYÜZ'e teşekkür ediyorum.

Ali AKYÜZ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
RESİMLER DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. İnşaat ve Yıkıntı Atığı.....	4
1.1.1. Türkiye’de ve Dünya’da inşaat sektörü.....	7
1.2. İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Sınıflandırması.....	8
1.2.1. Beton, tuğla, kiremit ve seramik atıkları	13
1.2.2. Hafriyat ve moloz atıkları	15
1.2.3. Metal, ahşap, plastik ve cam atıklar	18
1.2.4. Tehlikeli atıklar	21
1.3. Atıkların Yönetimi ve Geri Kazanma Yöntemleri	30

2. BÖLÜM

ATIK YÖNETİMİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

2.1. İş Sağlığı ve Güvenliği	40
2.1.1. İnşaat ve yıkıntı atıkları yönetiminde iş sağlığı ve güvenliği	44
2.2. Türkiye’de İnşaat ve Yıkıntı Atığı Yönetimi.....	45

Sayfa

3. BÖLÜM

TÜRKİYE' DEKİ İNŞAAT VE YIKINTI ATIKLARININ İSTATİKSEL VERİLERİ

3.1. Türkiye'de İnşaat ve Yıkıntı Atığı Yönetiminde İş Sağlığı ve Güvenliği	48
3.1.1. İş sağlığı ve güvenliğine ilişkin bulgular.....	59
3.2. İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Üzerine Spektroskopik ve Termal Analiz İncelemeleri	64

4. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal ve Yöntem	72
4.1.1. FT-IR Analizi.....	75
4.1.2. Termik Analiz TGA/DTG.....	76
4.1.3. Rietveld XRD Analizi: X-Işını Kırınım Yöntemi	77

5. BÖLÜM

BULGU VE TARTIŞMA

5.1. Termal Analiz Verileri	78
5.2. FT-IR Spektroskopik Verileri.....	81
5.3. Rietveld XRD Analiz Verileri.....	86

SONUÇ VE ÖNERİLER	104
--------------------------------	------------

KAYNAKLAR	106
------------------------	------------

EKLER	117
--------------------	------------

EK-1 1 NOLU NUMUNE RİETVELD XRD ANALİZ SONUÇLARI.....	118
--	------------

EK-2 2 NOLU NUMUNE RİETVELD XRD ANALİZ SONUÇLARI.....	131
--	------------

EK-3 3 NOLU NUMUNE RİETVELD XRD ANALİZ SONUÇLARI.....	146
--	------------

EK-4 4 NOLU NUMUNE RİETVELD XRD ANALİZ SONUÇLARI.....	168
--	------------

TABLolar DİZİNİ

Tablo	Sayfa
Tablo 1.1. İnşaat ve Yıkıntı Atık Kaynakları ve Türleri.....	9
Tablo 1.2. AB Ülkelerindeki İnşaat ve Yıkıntı Atığı Miktarı	10
Tablo 1.3. İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Kodları (Atık Yönetimi Yönetmeliği)	12
Tablo 1.4. Geri Kazanılabılır Malzemelerin Yeniden Kullanılabileceği Alanlar	33
Tablo 3.1. Atık Yönetim Uygulaması/Atık Beyan Sistemini Kullanarak Beyan Gerçekleştiren Tesis Sayısı (Adet)	48
Tablo 3.2. 2011-2019 Yılları Arasında Tehlikeli Atık Miktarı.....	49
Tablo 3.3. Atık İşleme Yöntemine Göre Tehlikeli Atık Miktarı (Ton).....	50
Tablo 3.4. İstanbul'da Yıllara Göre Geri Kazanılan ve Bertaraf Edilen Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Miktarı	55
Tablo 3.5. İzmir'de Yıllara Göre Geri Kazanılan ve Bertaraf Edilen Hafriyat Toprağı, İnşaat Ve Yıkıntı Atıkları Miktarı.....	55
Tablo 3.6. Kocaeli'de Yıllara Göre Geri Kazanılan ve Bertaraf Edilen Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Miktarı	56
Tablo 3.7. Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesislerinin 2012 Yılındaki Sayısı Ve İşlem Yaptıkları Atık Miktarları.....	57
Tablo 3.8. İş Kazası Sıklık Oranları ve Sıklık Hızları.....	60
Tablo 3.9. Tüm Sektörler ve İnşaat Sektörü Ölüm Oranları Karşılaştırması	61
Tablo 3.10. IUPAC Standartlarına Göre Asbest Örneklerinin IR Spektrumu Verileri.....	65
Tablo 3.11. Asbest Türleri.....	67
Tablo 3.12. Asbest Türleri ve Değerleri	67
Tablo 4.1. X-Işını Kırınım Yöntemi (XRD) X-Işını Difraktometre Cihazı Özellikleri.....	77
Tablo 5.1. 1 Numaralı Bileşiğin Kalitatif Analiz Sonuçları	86
Tablo 5.2. 1 Numaralı Bileşiğin Yoğunluk Pikleri	87
Tablo 5.3. 1 Numaralı Bileşiğin Kristal Yapısı Ve Kafes Gerilimleri	88
Tablo 5.4. 1 Numaralı Bileşiğin Miktar Analizi Sonuçları	89

Tablo 5.5. 1 Numaralı Bileşimin Kristal Yapı Analiz Sonuçları	89
Tablo 5.6. 2 Numaralı Bileşimin Kalitatif Analiz Sonuçları	90
Tablo 5.7. 2 Numaralı Bileşimin Yoğunluk Pikleri	91
Tablo 5.8. 2 Numaralı Bileşimin Kristal Yapısı Ve Kafes Gerilimleri	92
Tablo 5.9. 2 Numaralı Bileşimin Miktar Analizi	93
Tablo 5.10. 2 Numaralı Bileşimin Kristal Yapı Analiz Sonuçları.....	94
Tablo 5.11. 3 Numaralı Bileşimin Kalitatif Analiz Sonuçları.....	95
Tablo 5.12. 3 Numaralı Bileşimin Yoğunluk Pikleri.....	96
Tablo 5.13. 3 Numaralı Bileşimin Kristal Boyutu ve Kafes Gerilimleri	97
Tablo 5.14. 3 Numaralı Bileşimin Miktar Analizi	98
Tablo 5.15. 3 Numaralı Bileşimin Kristal Yapı Analiz Sonuçları.....	98
Tablo 5.16. 4 Numaralı Bileşimin Kalitatif Analiz Sonuçları.....	99
Tablo 5.17. 4 Numaralı Bileşimin Yoğunluk Pikleri.....	101
Tablo 5.18. 4 Numaralı Bileşimin Kristal Boyutu ve Kafes Gerilimleri	101
Tablo 5.19. 4 Numaralı Bileşimin Miktar Analizi	102
Tablo 5.20. 4 Numaralı Bileşimin Kristal Yapı Analiz Sonuçları.....	103

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Atık Yönetimi Hiyerarşisi.....	31
Şekil 1.2. Atık Yönetimi Hiyerarşi Piramidi.....	31
Şekil 3.1. Etkili İya Yönetimine Katkısı Olan Faktörler.....	51
Şekil 3.2. Türkiye’de Atık Yönetiminin Çerçevesini Oluşturan Düzenlemeler.....	53
Şekil 3.3. İstaç İnşaat ve Yıkıntı Atığı Depolama Ve Geri Kazanım Miktarları.....	54
Şekil 3.4. Türkiye’de Tehlikeli Atıkların 2009-2011 Yılları Arasında Ton Olarak Bertaraf Edilme Miktarları.....	56
Şekil 3.5. Türkiye’de Bulunan Tehlikeli Atık Bertaraf Tesislerinin Türlerine Göre Sayısal Dağılımları.....	57
Şekil 3.6. İnşaat Ve Yıkıntı Atıkları İçin İş Akış Hiyerarşi Sistemi.....	58
Şekil 3.7. Tehlikeli Atık Bertaraf Tesisleri İş Kazası Sayıları.....	59
Şekil 3.8. FTIR Analizi Standart Asbest Ve Türlerinin IR Spektrumları.....	66
Şekil 3.9. Krizotil Türü Asbest Türevleri İçin IR Pikleri.....	67
Şekil 3.10. TG/DTG Krisodolit Asbest Örneği Eğrileri.....	68
Şekil 3.11. Amfibol Türü Asbest DTG Örneği Eğrileri.....	68
Şekil 3.12. Doğal Ve Oksitlenmiş Manyezitin TGA/DTG Termal Analiz Değerleri.....	69
Şekil 3.13. Krizotil Asbest Türü DTG Termal Analiz Değerleri.....	69
Şekil 3.14. Krizotil Türü Asbeste Ait R-XRD Grafiği I.....	70
Şekil 3.15. Krizotil Türü Asbeste Ait R-XRD Grafiği II.....	71
Şekil 5.1. 1 Numaralı Bileşiğin Termik Analizi.....	78
Şekil 5.2. 2 Numaralı Bileşiğin Termik Analizi.....	79
Şekil 5.3. 3 Numaralı Bileşiğin Termik Analizi.....	80
Şekil 5.4. 4 Numaralı Bileşiğin Termik Analizi.....	81
Şekil 5.5. 1 Numaralı Bileşiğin IR Spektrumu.....	82
Şekil 5.6. 2 Numaralı Bileşiğin IR Spektrumu.....	83

Şekil 5.7. 3 Numaralı Bileşiğin IR Spektrumu	84
Şekil 5.8. 4 Numaralı Bileşiğin IR Spektrumu	85
Şekil 5.9. 1 Numaralı Bileşiğin Yoğunluk Grafiği.....	87
Şekil 5.10. 1 Numaralı Bileşiğin Gerilim Grafiği	88
Şekil 5.11. 1 Numaralı Bileşiğin Renkli Kristal Yapısı.....	90
Şekil 5.12. 2 Numaralı Bileşiğin Yoğunluk Grafiği	91
Şekil 5.13. 2 Numaralı Bileşiğin Gerilim Grafiği	93
Şekil 5.14. 2 Numaralı Bileşiğin Renkli Kristal Yapısı.....	94
Şekil 5.15. 3 Numaralı Bileşiğin Yoğunluk Grafiği	96
Şekil 5.16. 3 Numaralı Bileşiğin Gerilim Grafiği.....	97
Şekil 5.17. 3 Numaralı Bileşiğin Renkli Kristal Yapısı.....	99
Şekil 5.18. 4 Numaralı Bileşiğin Yoğunluk Grafiği	100
Şekil 5.19. 4 Numaralı Bileşiğin Gerilim Grafiği	102
Şekil 5.20. 4 Numaralı Bileşiğin Renkli Kristal Yapısı.....	103

RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Hafriyat Kazı Çalışması Ve Bitkisel Toprak Kesiti	5
Resim 1.2. İnşaat Malzeme Atıkları	6
Resim 1.3. İnşaat Ve Yıkıntı Atığı Oluşumu	6
Resim 1.4. Agregâ Çeşitleri.....	35
Resim 1.5. Farklı Tane Boyutunda Elde Edilen Geri Kazanılmış Agregalar	36
Resim 1.6. Agregaların Kullanım Alanları.....	37
Resim 4.1. 1 Nolu Numune Yozgat Bahçelievler Mahallesi İnşaat Alanı Bina Dışı.....	72
Resim 4.2. 1 Nolu Numune Yozgat Bahçelievler Mahallesi Sıva Malzemesi.....	73
Resim 4.3. 2 Nolu Numune Yozgat Menekşe Evleri Kentsel Dönüşüm Bina Dışı.....	73
Resim 4.4. 2 Nolu Numune Yozgat Menekşe Evleri Kentsel Dönüşüm Mutfak Atığı	73
Resim 4.5. 3 Nolu Numune Yozgat Menekşe Evleri Kentsel Dönüşüm Bina Dışı	74
Resim 4.6. 3 Nolu Numune Yozgat Menekşe Evleri Kentsel Dönüşüm Çimento Harcı	74
Resim 4.7. 4 Nolu Numune Yozgat Menekşe Evleri Kentsel Dönüşüm Bina Dışı.....	74
Resim 4.8. 4 Nolu Numune Yozgat Menekşe Evleri Kentsel Dönüşüm Kolon Malzemesi.....	75
Resim 4.9. FTIR Analiz Cihazının Özellikleri.....	75
Resim 4.10. Termogravimetrik Analiz-Diferansiyel Termal Analiz (TGA - DTG) Cihazı	76
Resim 4.11. X-Işını Kırınım Yöntemi (XRD) X-Işını Difraktometre Cihazı	77

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

İYA/CDW	İnşaat ve Yıkıntı Atığı / Construction and Demolition Waste
İYAY	İnşaat ve Yıkıntı Atığı Yönetimi
RA	Geri Dönüştürülmüş Agregata (Recycled Aggregate)
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
XRD	X Işını Kırınımı
TGA/DTG	Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analiz
FT-IR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi

GİRİŞ

Dünyada hızla gelişen teknolojiyle birlikte, sosyo-ekonomik dinamiklere bağlı olarak doğaya giderek yabancılaşan insan, yaşam döngüsü içerisinde birçok atık üretmektedir. Dünya üzerinde üretilen atıkların büyük kısmı kentsel alanlarda ve yaklaşık %10-30'u yapı sektöründen kaynaklı olarak üretilmektedir (Li, 2013; EC, 2018). Yapı sektöründen kaynaklanan bu inşaat ve yıkıntı atıkları (İYA), nüfus büyüklüğüne ve ekonomik aktivitelere bağlı olarak artmaktadır (Kabirifar et al., 2020). Ekonomik faaliyetler sonucu oluşan İYA oranının, 2012 yılında %33'lerde iken, 2016 yılında %36,4' lere yükseldiği görülmekte ve giderek daha fazla yükseleceği öngörülmektedir (Eurostat, 2018). Bu durum, İYA için sürdürülebilir bir atık yönetim stratejisinin geliştirilmesine ihtiyaç doğduğunu, atık miktarının azaltılarak, sürdürülebilir ve çevresel açıdan döngüsel bir ekonomi yaratılması gerekliliğini göstermektedir (Aksel Çiçekçi, 2020). Bu kapsamda, İYA'nın sürdürülebilir yönetiminde iş sağlığı ve güvenliği politikaları önem kazanmaktadır.

Kültürel, ekonomik, sosyal ve fiziksel dinamiklerin etkileşiminin bir sonucu olarak, şehirler bu değişimlere ayak uydurmak, ortaya çıkan kentsel sorunları ele almak ve yeni ihtiyaçları karşılamak için kentsel politikalar geliştirmektedir (Çatalbaş, 2011). İnşaat sektörü, ülkelerin sosyal ve ekonomik kalkınması açısından önemli katkı sağlayan sektörlerden biridir (Daoud et al., 2020). Ayrıca çevre üzerinde çok olumsuz etkileri olan hava, su, toprak ve gürültü kirliliğine de neden olur. İnşaat atıkları, inşaat üretiminin hemen her aşamasında ortaya çıkmaktadır. Özellikle binaların işlevi ve yaşam döngüsü bittiğinde ya tek tek ya da kentsel dönüşüm kapsamında yıkılmaktadır (Ağçiçek Keskin, 2018). Luangcharoenrat et al. (2019), inşaat ve yıkıntı atıklarını toplam 28 sebebe bağlamıştır, bunlar tasarım ve dokümantasyon, inşaat süreci ve planlaması, malzeme ve tedarik ve insan kaynaklarıdır. Bu bakımdan, inşaat ve yıkıntı atıklarının üretimiyle birlikte sürdürülebilir yönetimi ve iş sağlığı ve güvenliği de önem kazanmaktadır.

Avrupa Komisyonuna göre İYA, binaların ve sivil mimari altyapının inşası ve yıkılması gibi faaliyetlerden kaynaklanan atıklardır. İYA, bu malzemelerin yeniden kullanımı ve geri dönüşümü için büyük potansiyel taşımaktadır. Bu atıklarının yeniden kullanım ve geri dönüşüm oranı, gelecekte ciddi artış gösterecektir (EC, 2018). Günümüzde yapı sektörünün en çok tercih ettiği yapı malzemesi ekonomik, dayanıklı ve güvenli olması sebebiyle betondur. Türkiye'de, inşaat sektörü son yıllarda ciddi gelişme kaydederek, gayri safi milli gelirin yaklaşık %30'unu oluşturan lokomotif sektör konumuna yükselmiştir (Eşkinat ve Tepecik, 2012). Türkiye'de 2003 yılında yıllık konut imalatı 200000 adet iken son yıllarda artan nüfusla birlikte yaklaşık 500000 adet seviyelerine kadar yükselmiş, dolayısıyla beton kullanımı da artmıştır. Kişi başı beton tüketiminde, Türkiye birçok Avrupa ülkesini geride bırakarak 1 metreküpü geçmiştir (Akakin vd., 2011). Özellikle kentsel dönüşüm sonucu ortaya çıkan büyük inşaat ve yıkıntı atıkları, geri kazanım ve sürdürülebilir yönetim ihtiyacını doğurmaktadır. Bu

durum, atıkların yönetiminde iş sağlığı ve güvenliğinin önemini ortaya çıkarmaktadır. Türkiye’de gelişen inşaat sektörü, teknolojik ilerlemeleri içerisinde barındırarak planlanan projeleri daha kolay ve hızlı süreçlerde tamamlamaktadır. Bütün bu planlama ve projelendirme süresince, yapılan işin verimli hale getirilmesi ve çalışanlardan etkili bir işgücü sağlanması dikkate alınması gereken konuların başında gelmektedir. İnşaat sektörü, dünya ekonomisinde geniş bir yer tutmakla birlikte, aynı zamanda en büyük atık üreticisi konumundadır. Bundan dolayı inşaat ve yıkıntı atıkları, sürdürülebilir bir strateji çerçevesinde iş sağlığı ve güvenliğinin temel alındığı bir atık yönetim planı dâhilinde kontrol edilmelidir. Bu konu son yıllarda araştırılmaya ve geliştirilmeye ihtiyaç olan dikkate değer sıcak başlıklardan biridir.

Her geçen gün artan dünya nüfusu ve sanayileşme sonrasında, ağır işler için iş gücü yerine makinelerin kullanılması, modern zamanlarda daha iyi organize edilmiş ve daha yüksek bir yaşam standardına olan ihtiyacı doğurmuş, bu da birçok yerde kentsel yaşam vurgusunu zorunlu kılmıştır. İnşaat sektöründeki büyümenin başlıca nedenlerinden birisi de insanın kentsel yaşam ihtiyacının artması olmuştur. Şehirlerde artan nüfus, tüketimin artmasına ve buna bağlı olarak atık oluşumuna neden olmuştur. Atıkların bertaraf edilmesi hususunda geleneksel yollarla yapılan düzensiz depolama-yığma yöntemi, modern dönemde etkisini yitirerek sürdürülebilir bir yöntem olmadığına farkına varılmıştır. Sonuç olarak günümüzde kullanılan atık hiyerarşisi ve bertaraf yöntemleri geliştirilmiştir. Atıkların kaynağında azaltılması, yeniden kullanılması, geri dönüştürülmesi, enerjinin geri kazanılması ve bertaraf edilmesinden oluşan atık hiyerarşisi, Türkiye dâhil birçok ülkede yasal olarak zorunlu hale gelmiştir (Maçin ve Demir, 2018). Modern dünyada özellikle katı atıkların kontrolü ve yönetimi ülkelerin başta gelen sorunlarından birisine dönüşmüştür. Belediye katı atıklarının yaklaşık %13-30’unun önemli bir bölümünü oluşturan inşaat ve yıkım atıkları, kontrol edilmediği takdirde önemli bir çevresel risk oluşturmaktadır (Ölmez ve Yıldız, 2008). Bunun yarattığı kentsel planlama sorunlarının yanı sıra inşaat faaliyetleri farklı şekillerde hava, su ve toprak kirliliğine neden olmaktadır. Çeşitli işlemlerle kirlenmiş toprağın 1 cm kalınlığında bir bölümünün oluşması 100-400 yıl sürerken, işlevsel ve verimli bir yapıya kavuşması ise en az 3000-12000 yıl almaktadır. Çevre sorunlarının en aza indirilmesi için hafriyat toprağının, inşaat faaliyetlerinden kaynaklanan inşaat ve yıkım atıklarının geri dönüştürülmesi ve bertaraf edilmesi önemli bir rol oynamaktadır. Hafriyat toprağı, inşaat ve yıkım atıklarının yönetimi, hem depolama alanlarının potansiyelini hasardan korur hem de nüfusun alanların varlığına tepkilerini ortadan kaldırır. Düzenli depolama alanlarının alanı ve hacmi, atık yönetimi hiyerarşisi tarafından korunmaktadır (Deng et al., 2008).

Bu çalışmanın amacı, öncelikle Türkiye’deki yapı sektöründe özellikle kentsel dönüşümle büyük oranda artan inşaat ve yıkıntı atıklarını geri kazanma, yeniden kullanımı veya satışını öngören atık yönetiminin nasıl sağlandığını ve bu yönetim sürecinde iş sağlığı ve iş güvenliği uygulamalarının etkinliğini ortaya koymaktır. Ayrıca bu bağlamda araştırma yeri olarak belirlenen Yozgat ilinde yapımı devam eden inşaatlardan ve kentsel dönüşüm nedeniyle

yıkılmaya başlanan binalardan meydana gelen inşaat ve yıkıntı atıklarından alınan numuneler üzerinde tehlikeli madde olan asbest ve türlerinin miktarının tespit edilmesi için Rietveld XRD, TGA/DTG ve FT-IR analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen değerler ve göstergelere bakılarak tehlikeli inşaat ve yıkıntı atıklarında sürdürülebilir bir atık yönetimin geliştirilmesinin ihtiyaç olduğu ortaya konulmuştur.

Bu çalışma beş ana bölümden oluşmaktadır; ilk bölümde, genel olarak inşaat sektörü tanımları ve bu sektördeki hafriyat, inşaat ve yıkıntı atıkları ve bu atıkların kontrolü ile ilgili yönetim planları, iş sağlığı ve güvenliği kavramıyla ilgili teorik bilgiler yer almaktadır. Ayrıca inşaat ve yıkıntı atıkları içerisinde bulunan tehlikeli madde asbest ve türlerini içermektedir. İkinci bölüm, Türkiye’de atıkların yönetimi ve ilgili mevzuatlar, iş sağlığı ve güvenliği açısından inşaat ve yıkım sürecinde oluşan atıkların yönetim amacı ve önemi konularını kapsamaktadır. Üçüncü bölüm, Türkiye’de faaliyet gösteren inşaat firmalarında hafriyat, inşaat ve yıkıntı atığı yönetiminde iş sağlığı ve güvenliğinin yer alıp almadığı noktasında tespitleri ve değerlendirmeleri içermektedir. Dördüncü bölüm, Yozgat’ta kentsel dönüşüm sürecinde olan binalardan ve yapımı devam eden binalardan oluşan inşaat ve yıkıntı atıklarından alınan numuneler üzerinde tehlikeli madde olan asbest analizlerinin yapılması, değerlerinin ölçülmesi ve yorumlanmasını kapsamaktadır. Beşinci bölüm, yapılan analizlerin sonucunda inşaat ve yıkıntı atıkları yönetiminde asbest ve benzeri tehlikeli madde türlerine karşın alınması gereken önlemleri ve önerileri içermektedir.

1. BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. İnşaat ve Yıkıntı Atığı

İnşaat ve yıkıntı atığı (İYA); konut, yol, köprü ve diğer yapıların tamirâtı, tadilatı, yıkımı, yapımı ve doğal afetler neticesinde ortaya çıkan atıklardır. Özellikle kentsel dönüşüm faaliyetleriyle birlikte inşaat ve yıkıntı atığı (İYA) tanımı da değişikliğe uğrayarak kapsamı genişlemiştir. Katı atık, endüstriyel, ticari, madencilik veya tarımsal faaliyetler, su temini ve kanalizasyon bertarafı için arıtma tesisleri, hava kirliliği, çamur ve diğer atılan maddeler tarafından üretilen her türlü çöp veya atık olarak tanımlanmaktadır. Herhangi bir eylemin sonucu olarak atık oluşur. Katı atık tanımı ile bu atık çeşitleri sadece katı atıklarla sınırlanmamaktadır. Katı atıkların büyük kısmı sıvı, yarı katı veya gaz halinde bulunmaktadır (EPA, 2014) .

Atık kavramı, inşaat sektöründe yapım, onarım ve yıkım gibi inşa faaliyetleri sonucunda ve deprem, fırtına, sel gibi doğal afetler sonucunda ortaya çıkan ve yapılan işe fiziksel anlamada katkı sağlamayan maddelere denilmektedir. İnşaat öncesi arazideki kazılara veya benzer faaliyetler sonucunda oluşan toprağa hafriyat toprağı denilmektedir. Bunun 0,40 ile 0,80 m arasındaki kısmı ise, bitkisel topraktır (Öztürk, 2005). Dastjerdi et al. (2019), atığı; kentsel katı atıkları, inşaat ve yıkıntı atıkları, ticari ve endüstriyel atıklar şeklinde ayırmaktadır. Coşgun et al. (2019)'e göre katı atık; evsel, tıbbi, tehlikeli ve inşaat atıkları olarak ikiye ayrılır. TÜDAM (2016) ise evsel katı atıklar, tehlikeli atıklar, tıbbi atıklar, endüstriyel atıklar, tarım ve bahçe atıkları ve inşaat atıkları olarak sınıflandırmaktadır.

Katı atıkların toplanması, taşınması ve bertarafı ekonomik maliyeti yüksek bir hizmettir. Geri kazanım ve geri dönüşüm yapılmazsa ekonomik değer kaybolur (Başar, 2007). Katı atık yönetim sistemi atık hiyerarşisine uygun olarak yürütülmelidir. İnşaat ve yıkım atıkları, yapım tekniğinin seçimi ve kullanılan malzeme tipine dayanarak değişir, ancak tipik olarak betonarme, sıva, beton, tuğla, ahşap, briket, cam, kartonpiyer, alçı, metal parçalar, plastik, kiremit, borular, elektrik malzemesi ve asfalt gibi malzemeleri içerir (Ölmez ve Yıldız, 2008).

Farklı kültürler, değişik yaşam standartları ve alışkanlıklar, insanları inşaat alanında da farklılıklara itmiştir. İnşaat yapıları, bölgelerde hâkim olan kültüre göre gerek mimari açıdan gerekse tercih edilen malzeme açısından farklılıklar göstermektedir. Sosyal ve ekonomik etkenler, toplumsal kültür farklılıklarına sebep olmaktadır. Örneğin, bazı kültürlerde yaygın olarak ahşap yapılar tercih edilirken, bazı kültürlerde yoğunluklu olarak çelik veya betonarme yapılar cazip bulunmaktadır. Bu sebeple, inşaat ve yıkıntı atıklarının içeriği de kullanılan bölgeye göre değişmektedir. Bu bakımdan, inşaat ve yıkıntı atıkları bölgesel profilleriyle bağlantılı şekilde atık karakterizasyonu içerisinde değişim göstermektedir.

İnşaat ve yıkıntı atıklarının içeriği, kültürel farklılıklar sebebiyle bölgesel bir profile açıklanmaktayken, eski ve yeni bina ayrımlarıyla da farklılaşmaktadır. Yapı tekniğinde ve malzeme seçiminde geçmişten günümüze kadar gelen farklılıklar, atıkların içeriğinde de farklılıklara sebep olmuştur. Bunlara örnek vermek gerekirse; eski zamanlarda kırsal yaşamın etkisiyle ahşap tipi yapılar daha fazla tercih edilirken ve yalıtım malzemesi kullanılmazken, günümüzde kentlerdeki yoğun göç ile birlikte beton/çelik malzemeler daha fazla tercih edilmekte ve yeni yapılarda zorunlu olarak yalıtım kullanılmaktadır. Yine aynı şekilde, eski zamanlarda çerçeve malzemesinde sadece ağaç malzemeler tercih edilirken, son yıllarda PVC, alüminyum ve çelik doğrama daha fazla tercih edilmektedir (Akça, 2014).

İnşaat sektörü, düzeltici eylemlerden sonra atıkları geri dönüştürerek ikincil malzemelerin kullanımında kilit bir rol oynamaktadır (Vegas et al., 2007). İnşaat ve yıkım atıklarının yönetimi, zincirleme ağı, ekonomik boyutu, işgücünü, bertaraf alanlarına olan uzaklığı ve sosyal boyutu da dikkate alınmalıdır (Banias vd., 2010). Genel olarak bu yönetim, hafriyat toprağı, inşaat ve yıkım atıklarının kaynağında azaltılması, diğer atıklardan ayrı toplanması, toplanması, yeniden kullanılması, taşınması, ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesi ve atıkların düzenli depolanması esasına dayanmaktadır. Bu kapsamda aşağıda yer alan resimlerde inşaat ve yıkıntı atığı örnekleri (Resim 1.1; Resim 1.2; Resim 1.3) verilmektedir.



Resim 1.1. Hafriyat Kazı Çalışması ve Bitkisel Toprak Kesiti (Pamuk, 2018)



Resim 1.2. İnşaat Malzeme Atıkları (Bianet, 2015)



Resim 1.3. İnşaat ve Yıkıntı Atığı Oluşumu (Pamuk, 2018)

2004 tarihli Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'ne göre, hafriyat; İnşaat öncesi toprağın hazırlanmasında kazı ve benzer faaliyetler sonucu oluşan topraktır. Ev, bina, yol, köprü ve benzer altyapı ve üst yapıların yapımı sırasında oluşan ve inşaatta kullanılan malzemelerden oluşan atıklara inşaat atıkları denir. Ev, bina, köprü, yol ve benzeri altyapı ve üst yapıların onarımı, yeniden inşası, yenilenmesi, yıkımı sırasında veya bir doğal afet sırasında oluşan ve bileşenleri beton, çelik, moloz gibi malzemeleri içeren atıklar, yıkıntı atığı olarak adlandırılır. İnşaat ve yıkıntı atıkları; asbest, floresan, boya ve benzer tehlikeli atıklar içermektedir. Asfalt atıkları; yollar ve havaalanı pistleri gibi benzer yapıların onarımı, bakımı, yeniden kaplanması ve yıkımı sırasında üretilen asfalt, bitüm, doğal

polimerler ve benzeri ürünleri içeren atıklardır (Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 2004).

1.1.1. Türkiye’de ve Dünya’da inşaat sektörü

Türkiye’de inşaat, 2000’li yıllarda hızlı gelişim gösteren sektörlerden biridir. İnşaat sektörünün Türkiye ekonomisindeki önemine odaklanan çalışmalar, ekonominin 2000’li yıllardaki yüksek büyüme hızını inşaat sektörünün aşırı gelişimine bağlamakta ve bu sektördeki büyümenin krize açık olduğunu vurgulamaktadır (Balaban, 2011; Sönmez, 2015). Kentsel dönüşüm süreciyle birlikte katı atıkların yaklaşık %30’unu oluşturan inşaat yıkıntı atıklarının miktarında yüksek bir artış beklenmektedir. Türkiye’de bu tip atıkların yıllık 2 ila 2.5 milyon ton seviyelerinde olduğu düşünülürse, bahsedilen %200 kadar artışın getireceği sıkıntılar da göz ardı edilmemelidir. Depolama alanlarındaki yetersizlik ve atıkları depolamanın ülkenin ekonomisine getireceği yükler unutulmamalı hem ekonomik hem de çevresel sebepler ışığında atıkların geri kazanım yoluyla yeniden değerlendirilmesi yoluna başvurulmalıdır.

Danimarka ve Hollanda’da inşaat atıklarının %80’inden fazlasını beton ve duvar malzemeleri oluştururken, Kuveyt’te ise bu tip atıkların yalnızca %30’unun beton olduğu söylenebilir. İnşaat yıkıntı atıklarının bileşenlerine bakıldığında, yalnızca ülkeler bazında değil bölge bazında da atıkların kompozisyonunun değişiklik gösterdiği gözlenmektedir. Kanada Ottawa eyaletindeki karakterizasyon çalışması, atıkların %9’unu beton, %26’sını ahşap, %9’unu metal, %3’ünü briket, %14’ünü kâğıt, %10’unu kontrplak, %17’sini asfalt döşeme ve kaplama malzemesinden, %12’sini ise diğer malzemelerden oluştuğunu göstermektedir (Ölmez ve Yıldız, 2008). Oikonomou (2005) de inşaat yıkıntı atıklarının içeriğini, yaklaşık olarak %40 beton, %15 seramik, %10 ahşap, %5 plastik, %5 metal ve %10 diğer malzemelerin oluşturmasının beklenen bir durum olduğunu rapor etmiştir. Tayvan’da ise oluşan inşaat ve yıkıntı atıkları, %51,7 beton elemanlar, %29,5 tuğla kiremit tipi elemanlar, %5.4 çelik ve demir, %0.1 diğer metaller, %10.9 ahşap ve %2.4 plastik malzemeler tarafından oluşmaktadır. Beton elemanların yaklaşık %50’si depolama alanlarına gönderilirken, yaklaşık %30’u yol taban malzemesi olarak kullanılmakta, %20’lik kısmı da dolgu malzemesi olarak inşaat işlerinde tekrar kullanılmaktadır (Huang et al., 2002). Bu bakımdan, inşaat ve yıkıntı atıklarının sürdürülebilir yönetimi önem taşımaktadır.

Artan hızlı kentleşmenin doğrudan bir sonucu olarak inşaat ve yıkım atıkları da dünya çapında artmaktadır (Saez ve Osmani, 2019). Küresel olarak, insan yapımı inşaat atıkları yalnızca kentsel alanlardaki katı atıkların %13-29’unu oluşturmaktadır; doğal afetler de eklendiğinde bu oran %50’ye çıkmaktadır (Öztürk, 2005). Çin’de 2003 ile 2013 arasında tahmini inşaat ve yıkım atığı üretiminin yaklaşık 2,36 milyar olduğu tahmin edilmektedir (Zheng et al., 2017). Avrupa Birliği’ndeki inşaat ve yıkım faaliyetleri, yılda 850 milyon ton inşaat ve yıkım atığı

üretmesinden sorumludur. Bu, AB'de üretilen tüm atıkların yaklaşık %36'sının BTS tarafından üretildiğini göstermektedir (Eurostat, 2018). AB tanımına göre inşaat ve yıkım atıkları, içerdiği hacim ve ağırlık en fazla olan atıktır (Tam & Tam, 2008; Sönmez, 2021).

İnşaat atıkları Avustralya'da toplam atığın %44'ünü, Danimarka'da %25-50'sini, Hong Kong'da %38'ini, Japonya'da %36'sını, İtalya'da %30'unu ve İspanya'da %70'ini oluşturmaktadır (Ruiz et al., 2020). Bu durum, bu atıkların yüksek hacmi, ağırlığı ve yetersiz yönetimi nedeniyle küresel düzeyde yapılacak politikalar için bir öncelik haline gelmiştir (Egercioğlu ve İregöl, 2017). AB, Evrensel Eylem Programına inşaat atıkları yönetimini dört öncelikli konudan biri olarak dahil etmiştir (Daoud et al., 2020; Sönmez, 2021).

1.2. İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Sınıflandırması

İnşaat ve yıkıntı atıklarının tam anlamıyla tanınabilmesi için öncelikle bu tip atıkların oluşum şekillerinin ve hangi başlıklar altında kategorize edileceğinin irdelenmesi gerekmektedir. Atık tiplerinde kaynaklarına göre yapılacak bir sınıflandırma, ileride geri kazanılması durumunda, bu malzemelerin kullanım alanlarının belirlenmesine de kılavuzluk edebilir. Öztürk (2005), inşaat ve yıkıntı atıklarını kaynaklarına göre şu dört grup altında sınıflandırmıştır:

- **Kazı malzemeleri:** Kazı esnasında oluşan toprak, kum çakıl, kaya parçaları, kil ve kazıdan çıkan tüm diğer malzemeler bu kategoriye girebilmektedir. Bu tür atıkların kazı esnasında olduğu gibi, taşkın ve heyelan gibi doğal afetler sonucu oluşması da mümkündür. Bu malzemelerin kimyasal yapıları, kazı yapılan yerin doğal yapısına da bağlı olmaktadır.
- **Yol Yapımı ve Bakım Malzemeleri:** Yol yapım ve bakım malzemeleri asfalt, kum, çakıl, metal, beton ve yol kazısından çıkan hafriyat malzemesini içerebilir. Bu malzemeler şehirlerde yeraltı su ve kanalizasyon hatlarının ve elektrik tesislerinin döşenmesi sırasında oluşabilmektedir.
- **Yıkıntı Atıkları:** Bu malzemeler toprak, çakıl, beton parçaları, kireç sıva, briket kaplama levhalar, alçı, kum, işlenmiş taş ve porselenden oluşmaktadır. Atık homojen değildir. Binaların ve diğer yapıların yıkımı sırasında üretilir. Atığın bileşimi, binanın tipine ve yapısına, yapımında kullanılan malzemeye, yaşına, modeline ve boyutuna bağlıdır. Tarihi, kültürel ve ekonomik değerine bağlı olarak da değişim göstermektedir.
- **Çalışma Bölgesi Atık Malzemeleri:** Bu tür malzemeler ahşap, plastik, cam, kağıt, metal, kauçuk, boya, kaplama, emaye, yapıştırıcı ve onarım, destek, genişleme, uzatma ve yenileme işlemleriyle oluşturulan diğer malzemelerden oluşur. Kentsel dönüşümle birlikte yıkıntı ve yapım atıkları oluşacaktır. Kazı alanlarından kazı malzemeleri, riskli alanların tümüyle dönüşümü esnasında yapılacak yol çalışmalarından yol yapımı ve bakım malzemeleri, dönüştürülme kapsamında yıkılacak riskli yapılardan yıkıntı atıkları ve ince işlerden de çalışma bölgesi atık malzemeleri çıkacağı beklenmektedir. Bu tür malzemeler ahşap, plastik, cam, kâğıt, metal, kauçuk, boya,

kaplama, emaye, tutkal ve onarım, destek, genişleme, uzatma ve yenileme işlemleriyle oluşturulan diğer malzemelerden oluşmaktadır.

Tablo 1.1. İnşaat ve Yıkıntı Atık Kaynakları Ve Türleri (Ölmez ve Yıldız, 2008)

Kategoriler	Atık Türleri
Yol Yapım ve Bakım Malzemeleri	Asfalt, beton, örtü toprağı
Kazı Malzemeleri	Toprak, taş, mıcır
Bina Yıkıntı Atıkları	Beton, karışık moloz, çelik, tuğla, demir, kereste
Yapı Yenileme ve Çalışma Bölgesi Malzemeleri	Odun, çatı malzemesi, boru, halı, plastic, cam, metal, izolasyon malzemesi,

İnşaat ve yıkıntı atıklarının içeriğine bakıldığında (Tablo 1.1); bu atıklar yapım tekniğı seçimine ve kullanılan malzeme cinsine göre değişmekle birlikte genellikle betonarme, beton, sıva, tuğla, briket, ahşap, cam, metal aksamlar (çelik, alüminyum, bakır, pirinç), alçı levha, fayans, plastik, elektrik malzemeleri, borular ve asfalt gibi malzemelerdir (Öztürk, 2005). Yapı tekniğı ve malzeme seçimlerinde geçmişten günümüze gelen farklılıklar, atıkların içeriğinde de farklılıklar oluşmasına neden olmuştur. Örneğin, eski zamanlarda kırsal yaşamın da etkisiyle ahşap tipi yapılar sıklıkla tercih edilirken, günümüzde kentlere alınan yoğun göçle birlikte beton/çelik malzemeler daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Yine eski yapılarda yalıtım malzemesi bulunmazken yeni yapılarda kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Geçmişte çerçeve malzemesi olarak yalnızca ahşap malzemeler kullanılırken, son yıllarda ağırlıklı olarak PVC, alüminyum ve çelik bileşikleri kullanılmaktadır (Huang et al., 2002).

Sosyal ve ekonomik etkenler, toplumsal kültür farklılıklarına sebep olmaktadır. Örneğin, bazı kültürlerde yaygın olarak ahşap yapılar tercih edilirken, bazı kültürlerde yoğunluklu olarak çelik veya betonarme yapılar daha cazip bulunmaktadır. Hal böyle olunca inşaat ve yıkıntı atıklarının içeriğı de bölgeden bölgeye değişmektedir. Hollanda ve Danimarka'da, inşaat atıklarının %80'inden fazlasını beton ve duvar malzemeleri oluştururken Kuveyt'te ise bu tip atıkların yalnızca %30'unun beton olduğu söylenebilir. İnşaat yıkıntı atıklarının bileşenlerine bakıldığında, yalnızca ülkeler bazında değil bölge bazında da atıkların kompozisyonunun değişiklik gösterdiği gözlenmektedir (Ölmez ve Yıldız, 2008). Kanada'nın Ottawa eyaletinde yapılan çalışmada inşaatta kullanılan malzemeler, %9 beton, %26 ahşap, %9 metal, %3 briket, %14 kâğıt, %10 kontrplak, %17 asfalt döşeme ve kaplama malzemesi, %12 ise diğer malzemeler şeklinde sonuç alınmıştır. İnşaat yıkıntı atıklarının içeriğini, yaklaşık olarak %40 beton, %30 seramik, %10 ahşap, %5 plastik, %5 metal ve %10 diğer malzemelerin oluşturmasının beklenen bir durumdur (Oikonomou, 2005).

Tablo 1.2. AB Ülkelerindeki İnşaat ve Yıkıntı Atığı Miktarı (Ölmez ve Yıldız, 2008)

Ülke	İnşaat/Yıkıntı Atığı (milyon ton)	İnşaat/Yıkıntı Atığı (kg/kişi/yıl)	Geri Dönüştürülen veya Tekrar Kullanılan (%)	Yakma veya Depolama(%)
Almanya	59	750	17	83
İngiltere	30	530	45	55
Fransa	24	420	15	85
İtalya	20	350	9	91
İspanya	13	340	<5	>95
Hollanda	4	270	90	10
Belçika	7	700	87	13
Avusturya	5	650	41	59
Portekiz	3	300	<5	>95
Danimarka	3	575	81	19
Yunanistan	2	200	<5	>95
İsviçre	2	240	21	79
Finlandiya	1	200	45	55
İrlanda	1	285	<5	>95
Lüksemburg	0	-	n/a	n/a
AT	180		28	72

Yukarıda AB ülkelerindeki (Tablo 1.2) atık miktarları verilmektedir. Tayvan'da ise oluşan inşaat ve yıkıntı atıkları, %51,7 beton elemanlar, %29,5 tuğla-kiremit tipi elemanlar, %5,4 çelik ve demir, %0,1 diğer metaller, %10,9 ahşap ve %2,4 plastik malzemeler tarafından oluşmaktadır. Beton elemanların yaklaşık %50'si depolama alanlarına gönderilirken, yaklaşık %30'u yol taban malzemesi olarak kullanılmakta, %20'lik kısmı da dolgu malzemesi olarak inşaat işlerinde tekrar kullanılmaktadır (Huang et al., 2002). 1999 yılında Avrupa Birliği komisyonu tarafından hazırlanan raporda, 350 milyon nüfusa sahip 15 üye ülkede her yıl ortalama 180 milyon ton civarında inşaat ve yıkıntı atığı oluşturduğu görülmektedir. Bu atıkların ortalama olarak %28'i geri dönüştürülmekte, %78'i ise depolanmaktadır. Üye ülkelerden Almanya, İngiltere, Fransa, İtalya ve İspanya'da oluşan inşaat ve yıkıntı atığı miktarı AB üye ülkelerinde oluşan atık miktarının %80 civarındadır. Hollanda, Belçika ve Danimarka inşaat ve yıkıntı atıklarının geri dönüşümünde büyük başarı sağlamış ülkelerdir (Ölmez ve Yıldız, 2008).

Dünya genelinde inşaat faaliyetlerinin hızla büyümesi ile artan inşaat atıkları, katı atık oluşumunda önemli rol oynamaktadır. İnşaat atıkları, inşaat, yıkım ve/veya restorasyon sırasında üretilen atıklardır. Şantiyelerde inşaat molozu, cam ve plastik vb. katı atık birikimini azaltmak için atıkların inşaat malzemelerinde kullanılmasında fayda vardır. Özellikle kompozit yapı malzemeleri alanında birçok atık türünün agrega olarak kullanılması gündeme gelmektedir. Bu sayede hem hammadde tüketimi azaltılır hem de katı atık malzemeler geri dönüştürülerek sürdürülebilir malzemeler elde edilir. Atıkların yapı malzemesi olarak kullanılması, doğal kaynakların tüketimini, enerji tüketimini, sera gazı emisyonlarını ve atık depolamanın zorluklarını en aza indirmekte ve bu da ekonomik faydalar sağlamaktadır.

Yapılan araştırmalara göre teknik olarak geri dönüştürülmüş atık cam, beton üretiminde kullanılabilir, ancak atık camın partikül boyutu betonun performansı için daha önemli hale gelmektedir. Öte yandan, plastiklerin bir evre sorunu olduğu uzun zamandır bilinmektedir, bu nedenle farklı plastik atık türlerinin beton üretiminde agrega olarak geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanılması hem ekonomik hem de çevresel faydalar sunmaktadır. Ayrıca inşaat ve yıkım faaliyetleri sırasında büyük miktarlarda oluşan kırma beton/yıkım atıkları da beton üretiminde kullanılmaktadır. Bu sayede beton üretiminde agrega yerine katı atık kullanımı sadece doğal kaynakların korunmasına yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda artan katı atık hacmine de çözüm sağlar (Manafvand Ardı ve Arda Büyüktaşkın, 2019).

İnşaat sektöründeki gelişmelerle birlikte inşaat atıkları da artmaktadır. İnşaat atıkları genellikle hacimli, ağır ve hatta bazen evsel atıklardan daha zehirlidir (Sapuary, 2016). İnşaat ve yıkım atıkları; dolgu maddeleri, plastik, cam, elektrik malzemeleri, çatı kiremitleri ve diğer çatı kaplama malzemeleri, borular ve metaller, ahşap, duvar kaplamaları (duvar kâğıdı, paneller ve fayanslar dâhil), alçıpan gibi malzemeler içerir. İnşaat atıkları, Avrupa Birliği'nde üretilen toplam atığın yüzde 25 ila 30'unu oluşurmaktadır (EC, 2018; Sormunen & Krki, 2019). Türkiye'de, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yapılan 2014-2017 Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı'nda, yılda 125 milyon hafriyat toprağının geri dönüşüm çalışmalarında değerlendirildiği, mevcut inşaat ve yıkım atıkları miktarının, 4-5 milyon ton/yıl olduğu ortaya konulmuştur (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2014).

Başta beton olmak üzere yapı malzemelerinin üretiminde birçok katı atık türü agrega olarak kullanılmak istenilmektedir. Bu sayede hem hammadde tüketimi azaltılır hem de katı atık malzemeler geri dönüştürülerek sürdürülebilir malzemeler elde edilir. Bir inşaat malzemesinde atık kullanımı, doğal kaynakların tüketimini, enerji tüketimini, sera gazı emisyonlarını ve atık depolamanın zorluklarını en aza indirebilir. Cam, kırma beton/kırılma ve plastik gibi bazı katı atıkların betonda agrega olarak kullanımına ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların sonucu atık camın, betonda agrega olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, atık camın partikül boyutu betonun performansında önemli bir rol oynamaktadır. Atık camın tane boyutu küçüldükçe betonun eğilme, basınç ve çekme dayanımı artar. Atık cam agrega yüzdesi azaldıkça betonun eğilme, basınç ve çekme dayanımı artar. %100 geri dönüştürülmüş kırma beton agregasından oluşan betonun mukavemeti, doğal agregalı betona göre daha zayıftır. Geri dönüştürülmüş kırma beton agregalarının daha yüksek kuruma rtresi değerlerine neden olduğu ve aşınma direncini yaklaşık %12 oranında azalttığı bulunmuştur. Ezilmiş beton agregalarından yapılan beton ile doğal agregalardan yapılan beton arasında su emme ve karbonatlaşma oranları çok az farklılık göstermiştir. Plastik partikül yüzdesi arttıkça betonun basınç dayanımının azaldığı bildirilmiştir. Parçacıkların boyutu da betonun mukavemetini etkiler. Küçük plastik parçacıkların kullanılması, büyük parçacıklara nispeten basınca dayanım kaybını azaltır (Manafvand Ardı ve Arda Büyüktaşkın, 2019).

İYA ağırlıklı olarak, beton, kum, tuğla, çakıl, seramik, doğal taş, moloz, ahşap, asfalt, çeşitli metaller, cam, floresan lambalar, plastik, yalıtım malzemeleri, halı parçaları vb. gibi insan sağlığına zarar (asbest, kurşun vb.) verebilen bazı maddeler üretmektedir (Rakshvir & Barai, 2006). Dünyadaki en önemli geri dönüştürülebilir atıklar kâğıt, alüminyum, cam ve plastik malzemelerdir. İnşaat atıklarının geri dönüşümünde beton, doğal taş, ahşap ve metal önemli bir yere sahiptir (Altuncu ve Kasapseçkin, 2011). İnşaat atıkları; hafriyat malzemesi, yıkım molozu, yol molozu, rejenerasyon molozu, demiryolu rehabilitasyonundan çıkan çakıllar olarak sınıflandırılabilir (Erdin, vd., 2004).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 02.04.2015 tarihli ve 29314 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanan Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne göre, inşaat ve yıkıntı atıkları aşağıda yer alan tablodaki (Tablo 1.3) gibi belirtilmiştir.

Tablo 1.3. İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Kodları (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015)

17	İNŞAAT VE YIKINTI ATIKLARI (KİRLENMİŞ ALANLARDAN ÇIKARTILAN HAFRİYAT DÂHİL)	
17 01	Beton, Tuğla, Kiremit ve Seramik	
17 01 01	Beton	
17 01 02	Tuğlalar	
17 01 03	Kiremitler ve seramikler	
17 01 06*	Tehlikeli maddeler içeren beton, tuğla, kiremit ve seramik karışımları ya da ayrılmış grupları	M
17 01 07	17 01 06 dışındaki beton, tuğla kiremit ve seramik karışımları ya da ayrılmış grupları	
17 05	Toprak (Kirlenmiş Yerlerde Yapılan Hafriyat Dahil), Taşlar ve Dip Tarama Çamurları	
17 05 03*	Tehlikeli maddeler içeren toprak ve taşlar	M
17 05 04	17 05 03 dışındaki toprak ve taşlar	
17 05 05*	Tehlikeli maddeler içeren dip tarama çamuru	M
17 05 06	17 05 05 dışındaki dip tarama çamuru	
17 05 07*	Tehlikeli maddeler içeren demiryolu çakılı	M
17 05 08	17 05 07 dışındaki demiryolu çakılı	
17 06	Yalıtım Malzemeleri ve Asbest İçeren İnşaat Malzemeleri	
17 06 01*	Asbest içeren yalıtım malzemeleri	M
17 06 03*	Tehlikeli maddelerden oluşan ya da tehlikeli maddeler içeren diğer yalıtım malzemeleri	M
17 06 04	17 06 01 ve 17 06 03 dışındaki yalıtım malzemeleri	
17 06 05*	Asbest içeren inşaat malzemeleri	M
17 08	Alçı Bazlı İnşaat Malzemeleri	
17 08 01*	Tehlikeli maddeler ile kontamine olmuş alçı bazlı inşaat malzemeleri	M
17 08 02	17 08 01 dışındaki alçı bazlı inşaat malzemeleri	
17 09	Diğer İnşaat ve Yıkıntı Atıkları	
17 09 01*	Cıva içeren inşaat ve yıkıntı atıkları	M
17 09 02*	PCB içeren inşaat ve yıkıntı atıkları (örneğin PCB içeren dolgu macunları, PCB içeren reçine bazlı taban kaplama malzemeleri, PCB içeren kaplanmış sırlama birimleri, PCB içeren kapasitörler)	M
17 09 03*	Tehlikeli maddeler içeren diğer inşaat ve yıkıntı atıkları (karışık atıklar dâhil)	M
17 09 04	17 09 01, 17 09 02 ve 17 09 03 dışındaki karışık inşaat ve yıkıntı atıkları	

İnşaat ve yıkıntı atıklarını içerik bakımından genel olarak altı sınıfa ayırmak mümkündür. Bunlar; beton, tuğla, kiremit ve seramik, hafriyat ve moloz, ahşap, cam ve plastik, tehlikeli atıklar (asbest, ağır metaller, elektronik atıklar) şeklinde düzenlenebilir. Bu sınıflandırmaya göre tüm inşaat ve yıkıntı atıkları aşağıdaki bölümlerde incelenmektedir.

1.2.1. Beton, tuğla, kiremit ve seramik atıkları (17 01)

Beton, inşaat sektöründe en yaygın olarak kullanılan malzemedir (Gürer vd., 2004). Türkiye her yıl yaklaşık 80 milyon metreküp beton üretimi yapmaktadır. Bu büyük hacimli malzemenin ve bununla ilişkili enerjinin kullanılmasının şüphesiz önemli çevresel sonuçları olabilmektedir. Bir binanın veya yapının yıkılması gerektiğinde, ortaya çıkan eski beton ezilebilir ve beton agregası veya yollar için alt zemin malzemesi olarak yeniden kullanılabilir. Betonun ağır matrisi, onu tam olarak veya çok az güç ve performans kaybıyla kullanılabilen ideal bir geri dönüştürülebilir malzeme yapar. Kullanılmayan betonun hemen veya daha sonra beton karışımlarında kullanılmasına veya beton ürün, yol kaplaması veya inşaat için dolgu malzemesi olarak yeniden kullanılmasına izin veren sistemler de vardır. Türkiye'de henüz uygulanmamasına rağmen, ABD'de her yıl 200 mil beton kaplama geri dönüştürülmekte ve birçok eyalette yasal cezalarla geri dönüştürülmüş beton agregası kullanılmaktadır. Türkiye'de beton geri dönüşümü yeterince uygulanmamaktadır (Bayram, vd., 2012).

Beton, sunduğu mimari olanaklar nedeniyle inşaat sektöründe vazgeçilmez bir malzemedir. Çimento, beton üretimi içinde kullanılan kalsiyum esaslı bağlayıcı malzemelerin başında gelmektedir. Yoğun beton kullanımı geri dönüşüm oranını artırmaktadır. Yıkım sonrası elde edilen atık beton malzemeleri ve imha çalışmaları, ezilip parçalandıktan sonra tekrar kullanıma hazır granül malzemeler haline getirilmektedir. Beton geri dönüşüm tesislerinde Avrupa'da yılda yaklaşık 300 milyon metreküp beton üretildiği tahmin edilmektedir. Buna göre yıllık kullanıma hazır beton tüketimi 0,3-1,40 metreküp/kişiye ulaşmaktadır. Özellikle ABD'nin pek çok eyaletinde bu şekilde üretilmiş malzemelerin kullanılması yasal zorunluluktur. ABD'de inşaat sektörüne getirilen yasal yaptırımların ardından geri dönüşüm yoluyla 200 mil beton kaplama etkinleştirilmiştir (Altuncu ve Kasapşekin, 2011).

Seramik, organik olmayan malzemelerden oluşturulan bileşimlerin, sırsız veya kaplamasız olarak sertleşene ve tutunana kadar çeşitli yöntemlerle şekillendirildiği bir pişirme işlemiyle oluşan malzemedir (Kalınçimen vd., 2015). Seramikte pişirim söz konusu olduğunda bu işlem, şekillendirilmiş seramiklerin sıcaklığın etkisiyle sertleşmesi olarak da tanımlanabilir. Seramikler tıpkı yer karosu, kiremit ya da tuğla da olduğu gibi pişirildikten sonra kullanıma hazır hale gelir. İlave olarak bazı durumlarda da pişirme tek başına yetmeyince seramiğe sırlama yapılır (Arcasoy, 1983).

Yukarıda tıpkı moloz atıkları konusunda işlendiği gibi seramik kullanımı esnasında da çevre kirliliği problemi çıkmaktadır denilebilir. İnsanlar pek çok alanda doğal kaynakları bilinçsizce

tüketmekte, ekolojik dengeyi bozmakta ve sonucunda istenmeyen durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu bilinçsiz üretim ve tüketim süreci dünyada çevre kirliliği problemi konusunda önemli yer tutan atık problemlerini gündeme getirmektedir. Bu sorunların bir tanesi seramik üretimi neticesinde açığa çıkan ve günümüzde ciddi boyutlarda sorunlara yol açan seramik karo atıklarıdır. Seramik endüstrisi, bu atık problemini çözmek konusunda kararlı davranmalı, çevreye gelebilecek zararları doğru biçimde tespit etmeli ve bunlara yönelik önlemler alarak seramik endüstrisi ve karo atıklarının sürdürülebilir olması anlamında tüm tedbirleri almaya gayret etmelidir şeklinde bir değerlendirme yapmak yanlış olmayacaktır. Bu noktada geri dönüşüm konusuna değinmekte fayda görülmektedir. Geri dönüşüm herkesçe bilindiği üzere ülke ekonomisine katkı sağlamak anlamında ve doğal özelliği bozulmamış yaşanabilir bir çevre sağlamak için bir zorunluluk halini almıştır denilebilir. Bunun için de doğada ya da yapay olarak üretilen hammaddelerin kullanımlarının azaltılması isabetli olacaktır. Ayrıca üretim aşamaları kısmında da meydana getirilen ürünün tekrar tekrar bu döngüye dâhil edilmesi sağlanabilir.

Seramik materyali, geri dönüşüm noktasında bünyesindeki kimyasallar açısından bakıldığında beton ya da tuğla ile geri dönüşüme rahatlıkla girebildiği gibi çeşitli katkılar yapıldığında yeniden yoğurulabilmektedir. Kullanılmış veya defolu, kırık, atılmış vb seramik parçaları geri dönüştürülerek tezgâh üstü ürün üretimi yapılabilmesi mümkün hale gelmektedir. Seramik ve fayanslar, malzemelerin hali hazırdaki durumuna göre tekrar tekrar kullanılabilir ya da daha iyisi geri dönüştürülebilir. Geri dönüşüm konusunda oldukça uygun gözüken seramiğin inşaat yıkıntı atıklarının içeriğinde işgal ettiği yere baktığımızda, yaklaşık olarak %40 beton, %10 ahşap, %5 plastik, %5 metale karşılık, %30 luk payını görürüz. (Oikonomou, 2005).

Atık seramiklerin tek kullanım alanı inşaat sektörü değildir. Bu seramiklerin aynı zamanda ıskarta haline geldikten sonra gerek üretim yöntemi, pişirme sıcaklığı ve yöntemleri gibi başlıklar incelendiğinde ıskartaların adeta geçmişten günümüze köprü görevi gördüğünü rahatlıkla anlayabiliriz. Bu ıskartalar geçmiş toplumlar hakkında biz çağımız insanlarına önemli ipuçları sunmaktadır. Yani atık seramikler insan toplumlarının geçirdiği evrelerin anlaşılmasında da kullanılabilirler. Bu bağlamda atık, geçmişten günümüze kültürel ve sanatsal iletişim için görsel bir iletişim aracı olarak da hizmet etmektedir (V&A Museum, 2012). Ancak günümüzde atıklar, esas olarak üretim ve tüketim kaynaklı olarak artan atık sayısı nedeniyle, ne yazık ki bertaraf etme mücadelesinde yeni bilgi ve fikirler gerektiren bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu bilgilerden sonra seramiğin ekonomik anlamdaki yolculuğuna geri dönülürse; sırlı seramik atıkları maalesef bu endüstrinin üretim çarkında hatalı üretim nedeniyle ortaya çıkan ve yeniden kullanılması mümkün olmayan malzemelerdir. Bu malzemeler puzolan adı verilen bir grubun üyesi olup çimentoyla karıştırılarak su ilave edildiğinde malzemeye bağlayıcı özellik kazandırmaktadır. Puzolanlar büyük miktarlarda kolloidal silis ve alümin içerir. Maddenin puzolanik özelliklerini etkileyen diğer bir faktör ise; puzolada bulunan reaktif maddeler amorf

veya camsı ve zeolitik fazda bulunan Al_2O_3 ve SiO_2 'dir. Kristal alümin ve silis reaktif özelliklere sahip değildir. Bir puzolan az miktarda CaO içermesine rağmen puzolan malzemelerde çok miktarda SiO_2 , Al_2O_3 içermelidir (Altın vd., 2014).

Seramik atıklarının kullanıldığı bir diğer önemli alanda beton üretimidir. Maddi açıdan ıskartaya çıktıktan sonra değeri adeta bir hiç hükmüne inen bir malzeme olan seramik atıkları beton üretiminde kullanıldığında hem betonun maliyeti azalmakta hem de atık malzeme maksimum seviyede bertaraf edilmektedir. Yapılan bilimsel deneylerde beton üretiminde seramik kullanılması betonun eğilme dayanımında bir zayıflama meydana getirmekte ve betonun kalitesini düşürmektedir, ancak maliyeti azaltması sayesinde betonun yayılma çapı artmaktadır (Kalinçimen vd., 2015, Sanchez et al., 2003; Torgal & Jalalı, 2011).

Yukarıda yazılanlardan da rahatlıkla anlaşılacağı üzere, kullanım alanı neredeyse sınırsız olan mozaiklerin bir diğer fayda sağladığı alanda takı çalışmalarıdır. Dünyada pek çok yerde atık seramik parçaları ile mozaik ve takı eserleri ortaya konmuştur. Dünyada seramik atıklardan faydalanılarak yapılan parklar bile bulunmaktadır. Bu parklara bir örnek verecek olursak Eskişehir' deki seramik parkı gösterebiliriz. Bu parkta seramik parçalar kullanılmış ve geleneksel Anadolu motiflerinin çağdaş bir yorumlaması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çok değerli takı koleksiyonları üretilmektedir. Görüleceği üzere günümüz dünyasında seramik atıkların değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmalar ister sanatsal ister kültürel ister inşaat alanında olsun hemen her zaman daha çok ekonomik endişelerle ve çevre temizliği ile ilgili olup bu çalışmalar nihai olarak ticari ürün ortaya koymak için yapılmıştır denilebilir.

1.2.2. Hafriyat ve moloz atıkları (17 05-17 03)

Hafriyat toprağı, bulunduğu yere göre kum, taş, çakıl, şaft, kil ve kaya parçaları gibi farklı özelliklere sahip maddeler içeren bir malzemedir. İçerdiği malzemelere bağlı olarak bahçelerin oluşturulmasında, setlerde, gürültü bariyerlerinin yapımında ve depolama alanlarının kapatılmasında kullanılabilir (Erdin, vd., 2004). Doğal taşların diğer inşaat atıklarına göre yeniden kullanılarak değerlendirilmesi daha avantajlıdır. Özellikle mermer malzemesinin geri dönüşümü sıvı katkı, çimento katkısı, kireç üretimi ve inşaat sektöründe refrakter malzeme olarak atık olarak toz ve partikül şeklinde kullanılabilir. Seramik, çimento, boya, cam gibi birçok sektörde doğal taş yapı atıkları değerlendirilmektedir (Altuncu ve Kasapşekkin, 2011). Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne göre hafriyat toprağı terimi, sahanın inşası veya kurulumundan önce faaliyete konu sahanın hazırlanmasında hafriyat ve benzeri faaliyetler sonucu oluşan kaya ve toprak malzemesini kapsar (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015).

Türk Dil Kurumu sözlüğüne göre moloz Rumca kökenli bir kelime olup; "Toprak ve kireçle karışık taş kırıntıları, yapı döküntüsü, inşaat atığı" anlamına gelmektedir (TDK, 2022). Yine

moloz için bir başka tanım şu şekildedir: Çıkış yerine ve türlerine göre kategorize edilmemiş karışık halde bir yapının ya da yıkıntının parçası olan taş yığınlarına ya da yıkılan veyahut inşaa halindeki binalarda taşlarla birlikte başka malzemelerden oluşan karışık ve yığıntı şeklinde bulunan malzemelere moloz denilir (Mulders, 2013). Molozlar ve yıkıntı atıkları olarak adlandırılan bu malzemeler inşaat sektöründe her alanda ortaya çıkan ve ilave olarak doğal afetlerle de oluşan atıklardır. Atıklar daima buldukları bölgelerde kullanılan malzemelerin türüne göre, cinsine göre farklılıklar gösterebilmektedirler. Tipik atıklar sıva, tuğla, tahta, metal, beton, alçı, kiremit, elektrik malzemesi, asfalt, kartonpiyer, plastik, borular vb malzemelerden oluşmaktadır. Bu malzemeler özellikle inşaat alanlarında bolca bulunmaktadır (Demir ve Orhan, 2003; Erdoğan vd., 2005).

Maçın inşaat atığını tanımlarken moloz ve inşaat atıkları şeklinde bir betimleme yapmıştır. Bunlar sınıflanırken de doğal afetler nedeniyle oluşanlar, altyapı çalışmalarında oluşanlar, inşaat alanlarında ortaya çıkanlar, yapım, söküm, yıkım ve onarım aşamasında meydana gelen atıklar olarak başlıklandırılabilir. İnşaat sırasında oluşan bu atıklar ve özellikle molozlar, inert ya da inert olmayan, bio bozunur olan, tehlikeli atık olan şekilde de sınıflandırılabilir. Topal molozları fiziksel durumlarından (katı, sıvı, gaz, radyoaktif) yola çıkarak sınıflandırmayı tercih etmiştir. Ayrıca ilave olarak da kullanım durumlarının göz önüne alındığı bir sınıflamaya da gidilmiştir (hareketsiz, inert, beton vb ile hareketli inert olmayan, çerçeve, cam vb şeklinde). Bir önemli sınıflandırma da zararlarına göre yapılmıştır, tehlikeli olanlar (asbest, pvc vb) diyerek ayrılırken tehlikesiz olanlar da demir, çakıl vb olarak sınıflandırılmıştır (Sönmez, 2021).

Oluşan molozlar en çok da duvar ve beton molozları dikkatle ayrıştırılmış, geri kazanım yöntemleri kullanılarak agrega yani beton, harç vb yapımında kullanılan çimento ve suyla karıştırılarak oluşturulan kum, kırma taş, çakıl gibi farklı mineral yapıdaki inorganik maddelerden elde edilmiştir (Oikonomou, 2005). Molozların geniş kullanım alanlarından biri de inşaat sektöründeki dolgu malzemesi olma potansiyelleridir. Molozlar inşaat sektörünün bu anlamda her zaman gözdesi olmuştur (Rakshvir et al., 2006). Yalnız bu molozların işlenmesi iki ayrı aşama üzerinden yapılmaktadır ilk önce kırma ve eleme işlemi gerçekleştirilmekte bu büyük parçalara ayrıldıktan sonra ince ve kaba agrega denilen biçimlerine büründürülmektedir. İlk kırılırken iri parçalar haline getirilmekte sonraki aşamada ise iyice ufalanmaktadır (Corinaldesi et al., 2002). Bu işlemleri gören molozlar akabinde inşaat işlerinde oldukça tercih edilebilir hale gelip dolgu malzemesi olarak kullanılmaya başlarlar. Molozlardan faydalanmanın tarihi oldukça eskiye gitmektedir. Bu yöntemi hem Roma hem Bizans İmparatorlukları istihkâm inşası, kale suru yapımı gibi alanlarda çokça tercih etmiştir (Doğu, 2010).

Günümüze gelindiğinde ise çevresel felaketler belirleyici unsur haline gelmiştir. Yıkıntı halindeki alanlardaki molozlar çevre için oldukça önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu

molozların değerlendirilmesi ekonomik sebepler dışında sürdürülebilirlik açısından da oldukça önem arz etmeye başlamıştır. Depolama alanlarındaki yetersizlik, bu depolama faaliyetinin getireceği ekonomik yük ve çevresel sebepler üst üste gelince atık molozların imhasından çok geri kazanımı gündeme gelmiş, bu yolla molozlar değerlendirilmeye ve tekrar ekonomiye kazandırılmaya başlanmıştır. Tabii ki moloz atıklarının tekrar kullanılarak ekonomiye kazandırılması için teknik altyapı oluşturmanın yanında toplumun bilinçlenmesi de oldukça önem arz etmektedir. Bu noktada da molozların yeniden kullanılabilirliği ile ilgili detaylı ve derinlemesine çalışmalar yapılması bir zorunluluk olarak karşımızda durmaktadır (Akça, 2014).

Bu noktada bir perspektif genişlemesi sağlamak açısından yurtdışına bakmakta fayda görülmektedir. Gelişmiş ülkeler molozların geri dönüşüm yöntemleriyle faydalanılabilir hale getirilmesinin önemini erken kavramış ve bu alandaki çalışmalarını hızlandırmışlardır. Tabii ki yine burada molozların işlenmesinde, kazanılmasında, kullanılmasında yan faktörler devreye girmektedir. Örneğin Doğu Amerika'da arazi fiyatları o kadar yüksektir ki, molozların işlenip geri kazanılması işlemleri için arazi kullanımı maliyetleri fazlasıyla yükseltmektedir. Batı yani Avrupa ise özellikle büyük şirketler bazında molozların geri kazanımı ile elde edilen ikincil seviyedeki malzemeleri hammadde ihtiyacını gidermek için kullanarak, arazi fiyatları Amerika'ya göre düşük olması nedeniyle geri kazanım işlemlerinde avantajlı bir konum elde etmektedirler (Peng vd., 1997).

Dünyada bu gelişmeler yaşanırken Türkiye' de son yıllarda bu konuya eğilmiş, molozların kullanılması, ekonomiye kazandırılması, çevre kirliliğinin önüne geçilmesi anlamında Batı ülkelerine göre geriden ve yavaş da gelse çalışmalarını yapmaya başlamıştır. Bu çalışmalara verilebilecek bir örnek arandığında İstanbul Valiliği'nin Hafriyat Toprağı ve İnşaat Molozlarının Kontrolü Yönergesi karşımıza çıkar. Gerçi bu yönergedeki bazı eksiklikler nedeniyle kaçak biçimde derelerin ve yolların kenarlarına moloz dökülmesinin engellenememesi yeni arayışları beraberinde getirmiş ve yeni düzenlemelere ihtiyaç olduğu anlaşılmıştır. Son yıllarda bazı belediyelerde kaçak hafriyat ve moloz dökümünü durdurabilmek için hafriyat ve moloz üreten firmalara inşaat ve kazı faaliyetlerine başlayabilmeleri amacıyla mecburi bir uygulama devreye sokulmuştur. Buna göre firmalar Hafriyat Toprağı ve İnşaat Yıkıntı Atıkları Kabul Belgesi almaya başlamışlardır. Bu izni alan hafriyat ve moloz üretim firmaları bu atıkları yine belediyeden izinli olan döküm tesislerine yönlendirmektedirler (Kadıköy Belediyesi, 2010).

Genel olarak başka bir amaç güdülerek kullanılması mümkün olmayan eski taş ve maden ocaklarında bulunan hafriyat alanlarında hafriyat ve inşaat yıkıntı atıkları için gelen araçların kabulleri yapılmaktadır. Burada amaç bölgenin planlı ve uygun bir biçimde döküm alanı olarak kullanılması, gerekli düzenlemelerin yapılması ve sonrasında da ağaç dikilerek çevreye geri kazandırılması olmuştur (İstaç, 2011). Moloz konusunda çevresel faktörlere ve ekonomik gerekçelere parmak bastıktan sonra moloz konusunun fazla dikkat çekmeyen bir yönüne

değınmek gerekmektedir. Bu yön moloz konusunun iş sağlığı ve güvenliği anlamında gittiği yöndür. Tam bu noktada Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'ne bakıldığında; yıkım sırasında tozun çıkmaması ve yıkıma bağlı malzeme ve molozların güvenli bir şekilde yıkım çevresinden uzaklaştırılması için gerekli tedbirlerin alınacağı ibaresi bulunmaktadır. Görüldüğü üzere moloz konusu çevresel, ekonomik ve kamu düzeni noktasında önemli bir yer tutmakta ilave olarak da iş sağlığı ve güvenliği alanına da girmiş bulunmaktadır. Son tahlilde günümüze bakıldığında, dünya genelinde nüfus artışı hızla devam ederken bu artış sonucunda sanayi, teknoloji, ekonomik faaliyetler alanlarında hammadde kullanımı ve gereksinimi de her geçen gün artmaktadır. Bahse konu bu hammaddeler kullanılırken ortaya çıkan atıkların doğaya geri bırakılmadan geri dönüşüm sistemine tekrar alınması ve yeniden kazanılması yönünde çalışma yapılması şarttır.

1.2.3. Metal, ahşap, plastik ve cam atıklar (17 02)

İnşaat atığı olarak metal; alüminyum, demir-çelik, pirinç alaşımları, bakırdan elde edilen elementleri kapsar. Metallerin geri kazanım oranı %100'e yakındır. Örnek olarak çeliğin geri kazanılmasında; enerjinin %74'ü, hammaddenin %90'ı tasarruf edilmiş, su tüketiminin %40'ı azaltılmış, atık su kirliliğinde %76, hava kirliliğinde %86 ve metal israfında %97 azalma görülmüştür (Öztürk, 2004). Böylece enerji kaynağının ve çevrenin korunması sağlanmaktadır. İnşaat demiri, tel çit, kapı ve benzeri metal inşaat atıklarının geri kazanımı ile pencere doğramaları, çelik kapılar, sıhhi tesisat boruları, musluklar vb. alanlarda kullanılmaktadır (Altuncu ve Kasapseçkin, 2011).

Cam; silika (silikon oksit), sodyum karbonat, dolomit [CaMg(CO₃)₂] ve kalker [CaCO₃] karışımının 1600°C gibi yüksek bir sıcaklıkta eritilmesiyle üretilen bir malzemedir (Jani & Hogland, 2014). Karışım daha sonra soğutulur ve kristalleşmeden katılaşıır. Camlara renklerinin yanı sıra başka benzersiz özellikler kazandırmak için çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Kullanılan kimyasal bileşime ve katkı maddelerine bağlı olarak farklı renklerde cam şekilleri üretilmektedir. 2007 yılında dünya genelinde üretilen cam miktarı 89,4 milyon tondur. AB ülkelerinin ise tek başına 33,8 milyon ton üretimle dünyanın en büyük cam üreticisi olduğu görülmektedir (Jani & Hogland, 2014; Schmitz et al., 2011).

Artan sanayileşme ve yükselen yaşam standartları nedeniyle toplam cam üretiminin artmaya devam etmesi beklenmekte, bu da atık cam miktarının her yıl artacağı anlamına gelmektedir. Örnek olarak, AB'deki toplam cam atık miktarı 2002'de 3 milyon tondan 2008'de 4,1 milyon tona yükselmiştir (Jani & Hogland, 2014). Türkiye'de her yıl çöplüklerde 307 ton atık cam toplanmaktadır. Birleşmiş Milletler'de 2004 yılında 14 milyon tonu cam olmak üzere 200 milyon ton katı atık üretilmiştir (Topçu & Canbaz, 2004). Cam endüstrisi, dünyanın doğal kaynaklarını büyük miktarlarda hammadde olarak kullanmaktadır. Cam endüstrisi, hammaddelerini eritmek için 1600° C'ye kadar yüksek bir sıcaklığa ihtiyaç duyduğu için en

enerji yoğun endüstrilerden birisidir (Jani & Hogland, 2014). Ancak, yoğun enerji kullanımı çevreye büyük miktarlarda CO₂ ve diğer sera gazı emisyonlarının salımına sebep olmaktadır (Schmitz et al., 2011).

Teorik olarak cam, kimyasal ve fiziksel özelliklerini kaybetmeden tamamıyla geri dönüştürülebilmektedir. Bununla birlikte, kırılmış ve karıştırılmış renkli atık camların geri dönüştürülmesi zor ve çok pahalıdır çünkü bu malzemeler geri dönüştürülmüş camın kimyasal bileşiminde değişikliklere neden olabilir (Jani & Hogland, 2014). Atık camların geri dönüşüm oranı dünya çapında oldukça yetersizdir. 2010 yılında ABD'de 11,5 milyon ton atık cam üretilmiş olmasına rağmen bu miktarın sadece %27'sinin geri dönüştürüldüğü görülmektedir (EPA, 2014). AB ülkelerinde 2008 yılında toplam 4,1 milyon ton atık camın veya yaklaşık %60'ının geri dönüştürüldüğü tahmin edilmektedir (EC, 2018). İsveç'te 2010 yılında 195.000 ton monokrom ve 44.000 ton karışık renkli atık cam üretilmiş ve bu atığın %93'ünde geri dönüşüm olmuştur (Jani & Hogland, 2014). 2004 yılında Türkiye 120 bin ton cam atığı üretmiş ve bunun %66'sını geri dönüştürmüştür. Beton üretiminde agrega yerine atık cam kullanımına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Bunun en önemli nedeni, atık camın kimyasal ve fiziksel özelliklerinin kumunkine çok benzer olmasıdır. Ayrıca atık camın emme oranının kuma göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Cam agregalı betonun su emme kapasitesi diğerlerine göre daha düşüktür (Ismail & Al-Hashmi, 2009). İnşaat sektöründe geri dönüştürülemeyen atık camların betonda kullanılması çok önemli avantajları beraberinde getirebilir. Camdaki kimyasal ve fiziksel özellikler kum ve çimentonunkine benzer olduğundan, atık camın çimento ve beton üretiminde kullanılması dünyanın doğal kaynaklarını korur, enerji ve para tasarrufu sağlar ve başta CO₂ olmak üzere sera gazı emisyonlarını azaltır (Jani & Hogland, 2014).

20. yüzyılda kırılmış atık camların beton üretiminde agrega olarak kullanılması üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Agregaya yerine atık camın kullanıldığı çalışmalarda, yıkıcı alkali silika reaksiyonu (ASR) nedeniyle betonda çatlama meydana geldiği tespit edilmiştir. Atık cam agregasının partikül boyutunun, zararlı alkali-silika reaksiyonunda kritik bir rol oynadığı bulunmuştur (Jani & Hogland, 2014). Yapılan çalışmalarda atık cam yüzdesi arttıkça basınç dayanımının azaldığı tespit edilmiştir (Castro & Brito, 2013). Atık cam oranı %60 arttığı zaman, betonun basınç dayanımı %49 azalmaktadır (Topçu & Canbaz, 2004). Atık cam agreganın tane şekli beton üretimi için uygun olmasa da atık cam agregası ile çimento karışımı arasındaki adezyon azaldığı için basınç dayanımı düşük beton üretimini ortaya çıkarmaktadır. Çalışmalar, atık cam parçacıklarının boyutu azaldıkça basınç dayanımının arttığını göstermiştir. Atık cam oranındaki artış, atık cam betonun çekme mukavemetini daha da azaltmaktadır (Jani & Hogland, 2014).

Plastik kullanımı yaşamın ayrılmaz bir parçası haline gelmekte ve tüketimi her yıl istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Bu artışın nedenlerinden biri plastiklerin dayanıklılığı, uzun ömürlülüğü, hafifliği ve düşük maliyetidir. Plastikler, otomotiv, paketleme, endüstriyel ürünler, suyu tuzdan arındırma, tıbbi dağıtım sistemleri, toprak ve gıda koruma ve dağıtımı, iletişim malzemeleri ve

diğer alanlar içerisinde kullanılmaktadır. 1950'lerde dünya yıllık yaklaşık 5 milyon ton plastik tüketirken, 2001 yılında bu tüketim 100 milyon tona yükselmiştir. Plastiklerin geri dönüşümünün faydaları; yenilenemeyen fosil yakıtların korunması, enerjinin daha az tüketilmesi, düzenli depolamaya giden katı atık miktarında azalma, karbondioksit (CO₂'nin indirgenmesi), nitrojen oksit (NO) ve kükürt dioksit (SO₂) emisyonlarındaki azalmadır (Siddique et al., 2008).

Kullanılmış plastiklerin bertarafı ekolojik sorunlara neden olduğundan, bunların güvenli bertaraf edilmesi için farklı yöntemlerin bulunması önemlidir. Polyester beton (PC) ürünleri, polietilen tereftalat (PET) atıklarının uzun süreli bertarafı için de kullanılabilir (Sharma & Bansal, 2016). Plastiklerin bertarafı için güvenli ve çevre dostu yöntemleri belirlemek için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Plastiklerin betona katılarak geri dönüştürülmesi, güvenli bertarafı için çevre dostu bir yaklaşımdır. Alternatif bir agrega olarak, endüstriyel yapılarda sülfürik asit saldırısına karşı daha iyi dirence sahip olan betonda PET parçacıkları kullanılır. Pek çok çalışma, plastik ilavesinin basınç dayanımını, elastisite modülünü, çekme dayanımını, ısı iletkenliği etkilediğini, aşınma ve eğilme dayanımını biraz artırdığını göstermektedir (Manafvand Ardı ve Arda Büyüktaşkın, 2019).

Betona plastik agregalar eklendiğinde, çekme dayanımının yanı sıra basınç dayanımında da kayıp olduğu ve kullanılan plastik agrega yüzdesi ne kadar yüksek olursa kaybın o kadar büyük olduğu görülmektedir (Saikia & Brito, 2014). Plastik yüzdesi arttıkça basınç dayanımı azalmakta ve büyük partiküllü karışımların küçük plastik partiküllü karışımlara göre çok daha zayıf olduğu ortaya çıkmaktadır. Betonda bulunan boşlukların artması nedeniyle iri taneli plastikler çekme dayanımında önemli bir azalmaya neden olur. Plastik parçacıkların yüzdesi arttıkça betonun basınç dayanımı düşmektedir (Siddique et al., 2008; Saikia & de Brito, 2014; Sharma & Bansal, 2016). Parçacıkların boyutu da beton mukavemetini etkiler. Küçük plastik parçacıkların kullanılması, büyük parçacıkların kullanımına nispeten basınç dayanımı kaybını azaltır. Neticede betonda kum yerine plastik parçacıkları kullanmak, betonun yoğunluğunu ve basınç dayanımını azaltarak büyük performans kayıplarına neden olur. Bu kayıp, plastik ve çimento arasındaki zayıf bağlardan kaynaklanıyor olabilir (Manafvand Ardı ve Arda Büyüktaşkın, 2019).

En eski yapı malzemeleri arasında olan ahşap; kullanılan malzemeler içerisinde kaynağı yenilenebilen tek malzeme sayılabilir. Türkiye'de betonarme uygulamalarının başlamasından sonra önemini büyük ölçüde yitiren bu malzeme, artık betonarme elemanların üretiminde geçici işler olarak adlandırılan kalıplarda kullanılmaktadır. Formlar, betonarme inşaat maliyetinin %70'ini oluşturmaktadır. Türkiye'de kalıp sistemi olarak geleneksel formlar hâkim olduğundan, ahşap tüketimi bir kez daha artmaktadır. Betonun şekillendirme görevini yapan levhalar daha sonra yakıt olarak kullanılır. Başka bir deyişle, bu atık malzemeyi değerlendirmek için geri dönüşüm yöntemi uygulanmaktadır. Bununla birlikte, geleneksel açık hava yakma odun enerjisinin sadece %10'unu kullandığı ve karbon monoksit ve çeşitli

kanserojenleri açığa çıkardığı için bu geri dönüşüm yöntemi verimsizdir (Gürer vd., 2004; Bayram vd., 2012). Ahşap, yeniden kullanılabilir yapı atıklarında organik olma özelliğine sahip tek malzemedir. Üretim kaynağının yenilenebilir olması nedeniyle sürdürülebilirlik özelliği kazanmaktadır. İnşaat atığı olarak ahşap malzeme, öncelikle yakıt olarak değerlendirilmektedir. Bu sebeple ahşap malzeme ateşlendikten sonra enerji üretildiği için geri dönüşüm olarak enerjiyle kazanılabilmektedir. İnşaat atığı olarak ahşap malzeme, ikincil olarak kâğıt üretiminde değerlendirilmektedir (Altuncu ve Kasapşekin, 2011).

1.2.4. Tehlikeli atıklar (17 04 - 17 06 - 17 08 - 17 09)

Tehlikeli maddeler, kimyasal ve fiziksel yapıları nedeniyle çıkarılmaları, depolanmaları, işlenmeleri, ambalajlanmaları, bertaraf edilmeleri, kullanılmaları ve taşınmaları sırasında çevreye, insanlara ve doğal yaşama zarar verebilecek maddelerdir. Kanserojen, zehirli, patlayıcı, yanıcı, aşındırıcı, tahriş edici vb. özellikleri nedeniyle insan sağlığı ve çevre için risk oluşturan atıklar tehlikeli atık olarak adlandırılır. Tehlikeli atıklar; madencilik ve petrol çıkarma, tarım, sanayi, ev içi faaliyetlerden kaynaklanan, insan sağlığına ve çevreye zararlı maddeler içeren ve zararlı olma potansiyeline sahip artırılmış veya artırılmamış çamurlar şeklinde tanımlanmaktadır. Bir atığın tehlikeli olup olmadığına karar vermek için kullanılan kriterler; atığın bileşimi, atıktaki bileşenlerin miktarları, atıktaki bileşenlerin kimyasal reaktifleri, atığın fiziksel durumu, atığın çevre üzerindeki etkisi ve kalıcılığıdır. Tehlikeli inşaat ve yıkım atıkları, asbest, boya, floresan ve benzeri tehlikeli atıklar içeren atıklardır (Pamuk, 2018).

Tehlikeli yapı ve yıkım atıklarının sınıflandırılmasında, tehlikelilik derecesi kaynağa, yanıcı, parlayıcı, aşındırıcı, reaktif ve toksik özelliklere göre sınıflandırılır. Ayrıca atıklar fiziksel durumlarına göre katı, bulamaç, toz, sıvı, gaz, yanıcı ve yanmaz olarak sınıflandırılabilir. Atıklar; kesinlikle tehlikeli (A) ve potansiyel olarak tehlikeli (M) atıklar (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015). Tehlikeli inşaat ve yıkım atıkları üç kısma ayrılabilir. Bunlar; asbest, ağır metaller ve elektronik atık şeklinde sınıflandırılabilir.

1.2.4.1. Asbest atıkları (17 06 05)

Asbest, sıcaklığa, yüksek basınca ve kimyasal etkiye maruz bırakılarak doğal olarak oluşan altı lifli mineralden oluşan kristal bir mineral grubudur. Dünyanın başlıca asbest maden yatakları Rusya, Çin, Kazakistan, Brezilya, Kanada ve Zimbabve'de yer almaktadır. Yüzyıllar boyunca metamorfizma geçirmiş dağ sıralarında büyük krizotil yatakları oluşur. Rusya Ural Dağları ve Kanada ve ABD Appalachian Dağları, en büyük asbest yataklarının bulunduğu yerlerden başlıca örneklerdir (Virta, 2012). Türkiye'de temasın en yoğun olduğu kırsal alanlar Eskişehir, Kütahya, Bilecik, Yozgat, Sivas ve Diyarbakır illeridir. Türkiye'nin toplam asbest rezervi 1.5-2

milyon ton civarında bulunmaktadır (Kösali, 2014). Asbest elastik bir yapıya sahiptir. Isıya, sürtünmeye, korozyona, aşınmaya ve basınca karşı dayanıklı bir malzemedir. Yüksek sıcaklıklarda nitelikleri değişmemektedir (erime noktası 1200 °C'nin üzerindedir), ısı ve elektriksel iletkenliği zayıf olup, asit ve bazlar karşısında dayanıklıdır. Ayrıca mikroorganizmalar karşısında dirençlidir, sertleşebilirliği yüksektir ve çimento vb. maddelerde kullanılabilir. Diğer malzemelerle karıştırılma özelliğine sahiptir (Szabo & Smallwood, 2005).

Çapları, mikronun binde biri kadar küçük olan asbest lifleri, solunan havada yaklaşık olarak 50-100 lif/m³ bulunur. Yerkabuğundaki asbest, mineralojik özellikler açısından serpantin ve amfibol olarak iki gruba ayrılmaktadır. Krizotil, lizardit ve antigorit mineralleri serpantin grubunun asbestini oluşturur. Lifleri ipeksi, esnek ve dayanıklıdır. Amfibol grubundan asbest (amosit, krozidolit, tremolit (beyaz amfibol), aktinolit vb.) en tehlikeli asbest türleridir. Amfibol grubundan asbest sert ve iğneye benzer bir yapıya sahiptir. Serpantin grubu asbestten fazla, amfibol grubu ise asbestten daha az tehlikelidir. Krizotil (beyaz asbest), amosit (kahverengi asbest) ve krozidolit (mavi asbest) en yaygın asbest türleridir. Krizotil asbest, dünya çapında çıkarılan ve satılan asbestin yüzde 90'ını oluşturmaktadır (WECF, 2008). Krizotil (beyaz asbest), asbest minerallerinin en esnekidir. Yüksek sıcaklıklara (yüksek erime noktasına) karşı çok dayanıklıdır ve pamuk ipliği gibi kolayca örülebilir ve dokunabilir. Krizotil genellikle yanmaz kumaşların yapımında kullanılmaktadır (Kösali, 2014).

Krizotilin asbest reçinesi ve polimerler gibi organik maddeleri emebilme ve çimento gibi bağlayabilme kabiliyeti bulunmaktadır. Dünya çapında çıkarılan asbestin %95'i krizotil tipi asbesttir (WECF, 2008). 1880'lü yılların ortalarına kadar ağırlıklı olarak kaplama malzemesi olarak kullanılmış; 1920-1950 yıllarına kadar ise ısı yalıtım malzemelerinin imalatında kullanılmıştır. Yüksek özgül ağırlığı nedeniyle, krosidolit uzun yıllardır sprey yalıtımı için tercih edilen malzeme olmuştur. Birçok avantajına rağmen asbest türleri arasında en zararlı asbest türüdür. Amosit (kahverengi asbest) yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır. İnşaatlarda, ısı yalıtım malzemelerinde, borularda, döşeme ve kaplama malzemelerinde yalıtım amaçlı kullanılır. Krizotilden sonra inşaatta en yaygın kullanılan ikinci asbest türüdür (Kösali, 2014).

Asbest, belirli bir tarihten önce üretilen binalarda dünya çapında yaygın olarak kullanılan mükemmel bir yalıtım malzemesidir. Asbestin binalarda en fazla kullanım alanları; zemin ve tavan kaplamaları, yalıtım amaçlı püskürtmeli kaplamalar, bölme duvarlar, yanmaz yalıtım panelleri, yalıtım ceketleri, kazanlar, derzler, eternit paneller, yangın battaniyeleri, radyatörler, sızdırmazlık elemanları, asbestli çimento ve kâğıt ürünleri ve kanalizasyon borularıdır. Sanayi devriminin başlamasıyla birlikte hammadde arayışında olan ülkeler tarafından keşfedilmiş ve sanayi sektöründeki niteliklerinden dolayı 3000'den fazla iş sektöründe uzun yıllardır kullanılmaktadır (Tümer, 2012).

Asbest; kullanıldığı ürüne çeşitli fonksiyonlar kazandırır. Çimento boru üretiminde krizotil ve krosidolit asbestin kullanımı bulunmaktadır. Ürünün yüksek direnç, çekme ve basınç dayanımı

kazanmasına, alkali etkilere ve ısı karşısında dirençli hale gelmesine sebep olur. Krizotil asbestten yapılan kaplama malzemeleri, bükülme, kimyasal saldırı, burkulma, bozulma ve oksidasyona karşı koruma sağlayarak yüksek akışkanlığa ve düşük maliyet avantajına sebep olmaktadır. Ambalaj ve dolgu malzemelerinde kullanıldığında esneklik katar ve malzemenin basınç altında bozulmamasını sağlar. Asbest, ısı yalıtımı, aşınmaya, yırtılmaya, kırılmaya, parçalanmaya ve kimyasal etkilere karşı direnci ve birçok malzeme ile kalıplanabilme kolaylığı nedeniyle endüstriyel sektörde tercih edilmektedir (Tezcan, 2007). Madencilik, keçe, karton, tekstil, asbestli çimento, fren sistemleri, karton imalatının yanı sıra demir-çelik, elektrik üretimi, kimya, gemi yapımı, ulaşım, uçak, marangozluk, dekorasyon, boya, vb. gibi çok çeşitli sektörlerde asbest kullanılmaktadır (Akboğa Kale vd., 2017).

Asbestin insan sağlığına verdiği zararın anlaşılması 20. yüzyıl başını bulmuştur. Asbest, mezotelyoma (asbeste bağlı olarak plevranın kötü huylu bir tümörünün neden olduğu hastalık) oluşumuna neden olur. 20. yüzyılın ilk çeyreğinden sonra asbest, Dünya Sağlık Örgütü ve Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı tarafından kanserojen maddeler listesinde 1A Grubu kanserojen olarak sınıflandırılmıştır. Asbest solunum ve sindirim yoluyla insan vücuduna girerek kansere ve çeşitli hastalıklara neden olur. Aynı etkiyi cilt teması yoluyla da gösterir (Tezcan, 2007). Asbest lifleri havada yutulduğunda, bu liflerin çoğu solunum yolu hücrelerinde birikir. Üst solunum yollarının üst kısımlarındaki bu birikimin bir kısmı boğazdaki mukus tabakası ile birlikte dışarı atılır veya yutulur. Tehlikeli olan, atılmayan kısmın akciğerlerin derinliklerine kadar ulaşması ve vücutta kalıcı olarak kalmasıdır (Akboğa Kale vd., 2017).

Asbestin neden olduğu ilk hastalık grubu, plevra fibrozu, kalsifikasyon, efüzyon, akciğer parankiminin fibrozu (asbestoz) ve ikinci grup, plevra ve peritonun malign mezotelyoması, akciğer kanseri ve sindirim organlarının kanserlerini içerir. Akciğer kanseri veya mezotelyoma, ölüme yol açan en tehlikeli hastalıklar arasındadır. Avrupa'da, işyerinde asbeste maruz kalma nedeniyle ortaya çıkan risklerden çalışanların korunması hakkında yayınlanan Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin 30 Kasım 2009 tarihli 2009/148/EC sayılı Direktifi, 05.01.2010 tarihi itibarıyla işçilerin işyerinde asbest maruziyetinde kalmasını en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Türkiye'de meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıklarını azaltmak için asbestin ortadan kaldırılması, en aza indirilmesi veya uygun teknik kontrol önlemleri alma gerekliliği içeren yasa, yönetmelik ve kurallar Avrupa Birliği direktifleri ile uyumludur. Bu küresel çalışmaların nedeni, birçok yerde kullanılan asbestin yıkım çalışmaları esnasında çevreye dağılmasının ciddi riskleri oluşturmasıdır (Olsen et al., 2011; Akboğa Kale vd., 2017).

Asbestin neden olduğu bir hastalık olan asbestoz (mezotelyoma), akciğerlere giren asbest liflerinin tahriş ve iltihaplanması sonucu ortaya çıkar (Tümer, 2012). Asbestin yol açtığı hastalıklar 20 ila 40 yıllık bir süreç içerisinde ortaya çıkmaktadır. Asbeste bağlı etkenler; asbest etkisinin süresi, maruziyetin miktarı, solunumun sıklığı, yaş, kalıtsal özellikler, hava koşulları ve beslenme durumudur. Sigara içen çalışanlar, sigara içmeyenlere göre maruz kalma riskinden daha fazla etkilenir (Szabo & Smallwood, 2005). Asbeste maruz kalmanın güvenliliği

hakkında net bir bilgi yoktur. Ayrıca, çoğu ülke bu seviye için sınırlar belirlemiştir. Örneğin Türkiye'de bu sınır 0,1 lif/cm³ (ağırlıklı ortalama 8 saatlik zaman) olarak belirlenmiştir. Asbeste mesleki maruziyete en fazla; gemi sökücüleri, çatı ustaları, yıkım işçileri, boyacılar ve dekoratörler, elektrikçiler, tesisatçılar, klima müteahhitleri ve telekomünikasyon mühendisleri uğramaktadır (Bilir, 2015). Akciğer kanseri ve mezotelyoma ikincil maruziyetle gelişebilir ve asbest içerikli malzemelerle yapılmış eğitim binalarında eğitim almış olanlar da bu risk grubunda olabilir (WECF, 2015).

Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) bir araştırması, asbestin yalnızca mesleki maruziyetten her yıl dünya çapında 100.000 ölüme neden olduğunu tahmin etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Avrupa'da her yıl 15.000 kişinin asbeste maruz kalmaktan öldüğünü belirtmektedir. 30 yıl öncesinde İsveç'te kullanımı yasaklanan asbest, normal iş kazalarından üç kat daha fazla ölüme sebep olmaktadır. Avrupa Sendikalar Enstitüsü'ne (ETUI) göre, sadece Batı Avrupa içerisinde asbest sebepli kanserlerden ölümlerin sayısının 2030 yılına kadar 500.000'e ulaşacağı tahmin edilmektedir (Bilir, 2015). Her yıl Birleşik Krallık'ta 3500 kişi ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık 10.000 kişinin asbest sebebiyle öldüğü bildirilmektedir. Türkiye'de asbest sebebiyle ölüm nedeni olarak solunum yetmezliği bildirilmekte ve asbest maruziyeti nedeniyle kaç işçinin öldüğü bilinmemektedir (Vargı, 2009).

Dünya çapında sıklıkla ihmal edilen bir diğer sorun, asbest içeren yapı malzemelerine mesleki olmayan çevresel maruziyettir. Sanayileşmiş ülkelerde, binlerce eğitim, konut ve ticari binada büyük miktarlarda asbest birikmesi eski uygulamaların mirası olarak kaldı. Asbest inşaat işlerinde yoğun olarak kullanılmış ve asbest tozu vatandaşların akciğerlerinde ve vücutlarında birikmiştir (Kazan Allen, 2005). Türkiye'de ve dünyada asbest hakkındaki gerçekleri ve asbestin Avrupa ve asbest çıkarılan gelişmiş ülkelerde (AB üyesi ülkeler, Avustralya, Brezilya, Japonya, ABD, Hong Kong, Yeni Zelanda vb.) verdiği zararın öğrenilmesinden sonra, asbest kullanımını yasaklayan yasal düzenlemelerin ve cezai uygulamaların getirilmesi söz konusu olmuştur. Bu yaptırımlar nedeniyle, Avrupa'da asbest kullanımı 1980'lerden bu yana hızla azalmıştır. 1999 Avrupa Birliği Direktifi (1999/77/ EC), bütün Avrupa Birliği ülkelerinde farklı türlerde asbestin kullanımını ve pazarlanmasını yasaklamıştır. 2003/18/EC sayılı 2003 Direktifinde, Avrupa Birliği Üye Devletlerinin Nisan 2006'dan itibaren çalışanları asbeste maruz kalmaktan korumak amacıyla temizlik, bakım, onarım, yıkım vb. işlerde önlemler alınacağı belirlenmiştir (European Parliament and Council, 2003).

2011 yılından itibaren kanserojen asbest üretilmesi, kullanılması ve piyasaya sunulmasının ve asbest içeren maddelerin piyasaya sunulmasının yasaklanması hakkında yönetmelik yürürlüğe girmiştir. Asbest içeren ürünlerin imalatını, kullanımını ve piyasaya arzını yasaklayan "Bazı Tehlikeli Madde, Müstahzar ve Eşyaların İmalatı, Piyasaya Sunulması ve Kullanımlarının Kısıtlanması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" 29 Ağustos 2010 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanmıştır (Akboğa Kale, vd., 2017). Bu yönetmelik ile birlikte Avrupa Birliği ile tam uyumlu olarak herhangi bir ürünün imalatında

asbest kullanımını ve asbest içeren tüm ürünlerin piyasaya arzı yasaklanmaktadır. Büyük bir krizolit asbest üreticisi ve kullanıcısı olarak Güney Afrika, asbest kullanımını yasaklayan son ülke olmuştur. USGS'ye göre, 1990 ve 2010 yılları arasında en çok asbest üreten dört Doğu Avrupa ülkesi Sırbistan, Slovakya, Bulgaristan ve Romanya idi. Türkiye, 2003 yılında 42.000 asbest lif demeti ihraç etmiş, onu Litvanya ve Bulgaristan izlemiştir (Banduch & Libner, 2016).

Kentsel dönüşüm sürecinde yıkımlarla ilişkili iş sağlığı ve güvenliği ile çevresel riskler önem verilmesi gereken konular arasında yer almaktadır. Yıkım ve yıkım sonrası enkazın kaldırılması/depolanması Türkiye'de net olarak tanımlanmayan bir alandır ve söz konusu sürecin büyük riskler taşıdığı bilinmektedir. Bu riskler içerisinde birisi olan asbest, binaların neredeyse her yerinde bulunan büyük bir halk sağlığı tehlikesidir. Bunun nedeni, asbestin çıkarılması, öğütülmesi ve birikmesi ile çıkarılması sırasında oluşan tozun insan sağlığı için ciddi riskler oluşturmasıdır. Mevzuat gereğince Türkiye'de asbest kullanımı 2004'te kısıtlanmış, 2011'de ise yasaklanmıştır. Bu sebeple yapı stoğundaki hemen hemen tüm binalarda asbest içeren bileşenlerin bulunma riski bulunmaktadır. Binalar önlem alınmadan yıkıldığında, sadece yıkıma katılan işçiler değil, aynı zamanda çevredeki bölge sakinleri de yüksek düzeyde asbeste maruz kalmaktadır. Asbestin kontrolü için gerekli mevzuat mevcut olmasına rağmen, yıkım müteahhitleri genellikle bu önlemlere uymamaktadır (Bilir, 2015).

Asbest, 25406 sayılı Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkım Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nin 4. maddesine göre; tehlikeli inşaat ve yıkım atıklarındandır. Ayrıca asbest içeren malzemelerin kullanıldığı binaların yıkım, söküm, onarım ve tadilatı sırasında 19. maddede, işçilerin sağlık ve güvenliğini korumayı amaçlayan Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 26.12.2003 tarihli ve 25328 Sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Asbestle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında yönetmelikte yer alan esaslara uyulması gerektiği belirtilmiştir. 22. maddede inşaat ve yıkım atıklarında bulunan asbest, floresan maddeler, boya, asit, cıva, tehlikeli atıklar ve diğer atıklardan ayrı şekilde toplanıp, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği hükümleri çerçevesinde bertaraf edilmesinden bahsedilmektedir (Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkım Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 2004).

28786 sayılı "Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği" nin asgari sağlık ve güvenlik şartları eki, asbeste ilişkin bazı hükümleri içermektedir. Bu yönetmelik doğrultusunda, asbest içerebilecek yapılarda söküm, yıkım, onarım ve bakım çalışmaları yapılması halinde, tespit için yapı veya yapı sahibinden bilgi alınarak işe başlamadan önce gerekli incelemeler yapılır, herhangi bir yapı veya malzemede asbest bulunma şüphesi veya bilgisi varsa çalışanların asbest tozu maruziyetini önleme ve bu maruziyetten doğacak sağlık risklerinden koruma amacıyla 25/01/2013 tarihli ve 28539 Sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Asbestle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik hükümlerine uyulmaktadır (Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, 2013).

28539 Sayılı Asbestli İş Yerlerinde Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik'in 4. maddesine göre asbest söküm uzmanı, Bakanlık tarafından atanan komisyon tarafından

oluşturulan eğitim programını tamamlamış ve asbestli işyerlerinde asbest söküm uzmanı olarak görev yapmaktadır. İşveren tarafından Yönetmelikte belirlenen işlemleri yapmakla yükümlü olduğu, daire başkanlığınca görevlendirilen komisyon tarafından oluşturulan eğitim programını tamamlayan ve sınavı geçerek kursu bitirme belgesini alan kişidir. Risk değerlendirmesi ile ilgili hususlar Yönetmelik'in 6. Maddesinde belirtilmiştir (Asbestli İş Yerlerinde Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, 2013). Ayrıca yıkım ruhsatında Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkım Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri uygulanır. İşverenin çalıştığı bina veya çevrede asbestli veya asbestli madde bulunduğundan şüphe edilmesi halinde bu Yönetmelik hükümleri uygulanır. Yönetmeliğin 8. maddesi, asbestin sökülmesine, yıkılmasına, onarılmasına, bakımına ve kaldırılmasına yetkili kişiler hakkında hükümler içermektedir.

Asbeste maruziyetin kontrolü 28539 sayılı Asbestli İşyerinde Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik madde 11'e göre İşveren, çalışanların maruz kaldığı sekiz saatlik zaman ağırlıklı ortalama havadaki asbest konsantrasyonunu (ZAOD-TWA) 0.1 lif/cm³'ü geçmemesi şeklinde belirleme zorunluluğu taşımaktadır. Öncelikle asbest maruziyetiyle mücadele edebilmenin en temel yollarından biri, çalışanların bu konuda mümkün olduğunca eğitilmesi ve bilgilendirilmesidir. Asbest içeren binaların sökülmesi, yıkılması gibi çalışmalar öncesinde bir iş planı hazırlanmalıdır. Hazırlanan plan içerisinde asbestin sınırı aştığı bölgeler çalışanlara bildirilmeli ve yapılan tespitlere göre gerekli işaretlemeler yapılmalıdır. Gerekli uyarı işaretleri kullanılarak farkındalık oluşturulmalıdır. 28539 Sayılı Asbestli İş Yerlerinde Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik'in 9. maddesi bildirim ve çalışma planı konularını belirtir. Asbest, 27533 Sayılı Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'in 30. Maddesinde özel koşulların dikkate alınması gereken bir atık olarak listelenmiştir (Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, 2010). Yönetmeliğe göre inşaat atıkları ve diğer asbest içeren atıklar; II. test yapılmadan sınıf depolarında saklanabilir. 25755 sayılı Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği kapsamına giren tehlikeli atıklar içerisinde birisi de asbesttir.

Türkiye'deki mevcut yapı stoğu dikkate alınır, geçmişte yapılan, günümüzde halen kullanılmakta olan ve kentsel dönüşümün kapsamında yıkımı planlanan birçok yapıda asbest içerikli malzemeler kullanılmaktadır. Bu nedenle mevcut binalarda bakım, güçlendirme, onarım ve yıkım işleri yapanlar, ailelerinin ve komşularının haberi olmadan önemli ölçüde asbeste maruz kalma riski altındadır. Maruziyetin bu kadar yüksek olmasının temel nedenlerinden biri, şirketlerin iş sağlığı ve güvenliği konusundaki büyük eksiklikleri ve asbest madenlerinin bulunduğu bölgelerde asbestin bilinçsiz kullanımından kaynaklanmaktadır. Ayrıca binalar yıkılırken asbest liflerinin rüzgâr sebebiyle karışarak geniş bölgelere taşınması olasılığı da artmaktadır. Bu durum yıkım işiyle uğraşanlar yanında çevrede yaşayanların da sağlığını tehlikeye atmaktadır.

Kentsel dönüşüm hareketi ile yıkım sayısı oldukça fazladır. Bu dönüşüm sürecinde çevredeki insanlar ve bina yıkımı çalışanları asbest içeren toza maruz kalmaktadır. Bu nedenle asbest

maruziyetini önlemek için bu konunun derinlemesine çalışılması ve uygulayıcılar için bir rehber hazırlanması gerekmektedir. Uygulamadaki en göze çarpan eksiklik, inşaat sektöründe özellikle asbesti ele alan mevzuatın eksikliğidir. Amerika Birleşik Devletleri'nde tersaneler ve inşaat sektörü için ayrı asbest standartları vardır ve ek açıklayıcı notlar genel asbest standardını destekler. İnşaat sektöründe asbest maruziyetini ele alan standart, inşaat işlerini dört gruba ayırarak, gruplar şeklinde alınacak önlemleri açıklamaktadır. Ayrıca, asbest içeren bileşenlerle çalışırken gerekli iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alındığından emin olmak için sorumlu, yetkin bir kişinin atanması ihtiyacını vurgulamaktadır. Ek olarak, standartlar "kontrollü alan" kavramından bahseder. Türkiye'de uygulanmayan bu uygulamada, asbest maruziyeti için sınır değeri aşıldığında sadece yetkili kişilerin şantiye alanına girmesine izin verilmektedir. Kontrollü alan altında yapılan çalışmalar, radyasyonlu bir ortamda çalışır gibi havalandırma, kişisel korunma ve sağlığa uygunluk koşullarının çerçevesinde büyük titizlikle gerçekleştirilmektedir.

Türkiye'de son yıllarda asbest maruziyetini azaltmaya ve ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar artmıştır. Bazı belediyeler, eski binaları yıkarken halk sağlığı açısından risk oluşturabilecek asbest gibi kanserojen maddelerin kaldırılmasını kısmen de olsa zorunlu hale getirdi. Ayrıca Çevre ve Şehircilik Dairesi, inceleme sonrasında yıkılacak bazı binaların yönetiminde asbest bulunduğunu ve bunun kanserojen risk oluşturduğunu, bunun da dinamit ile yıkımın riskli olduğu ve bu nedenle patlatma yönteminin kullanılmadığı ifade edildi. . Kentsel dönüşüm kapsamında gerçekleştirilen yıkım işlerinin çoğunda asbest ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Türkiye'nin en büyük sorunu, yasalar olmasına rağmen denetim eksikliğinden dolayı bu yasaların etkili şekilde uygulanamamasıdır. Asbeste maruz kalmanın neden olduğu sağlık sorunlarının özel sonuçları net olarak ortaya konmamıştır. Sonuçları rakamlarla destekleyebilmek amacıyla halk sağlığı uzmanları, akciğer hekimleri, çevre ve inşaat mühendisleri ortak çalışmalar yapması gerekmektedir (Akboğa Kale vd. 2016).

İnsanlar asbestle üç ana yolla temas eder. Bunlar; endüstriyel temas, çevresel asbest ve işçinin evine getirilen lifler yoluyla evdeki asbeste maruz kalmadır. Asbest cilt teması, yutma ve solunum yoluyla insan vücuduna emilir. 20. yüzyılın başlarında asbest, Dünya Sağlık Örgütü ve Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı tarafından 1A Grubu kanserojen olarak kanserojenler listesine eklenmiştir (Metintaş, 2013). Asbeste bağlı hastalıklar için asbeste maruz kalma riski, asbestin türü, maruz kalma süresi ve sıklığı, kullanılan malzeme ve sigara kullanımı gibi faktörlerden etkilenir. Bilim camiasında, güvenli bir asbest maruziyeti seviyesi olmadığı söylenmektedir.

Asbestin neden olduğu hastalık belirtileri uzun yıllar boyunca (10 ila 40 yıl arasında) ortaya çıkmaz. Asbeste maruz kalan veya maruz kalabilecek kişiler için düzenli sağlık muayeneleri gereklidir. Mevzuat bir sınır getirirse de, sonuçları uzun yıllar görülmeyeceği ve asbest liflerinin akciğer dokusunda uzun süre kalabileceği için bir sınır vermek güvenli değildir, asbeste karşı ciddi önlemler alınması ve düzenli sağlık muayeneleri yapılması gerekmektedir. WHO (Dünya

Sağlık Örgütü), dünya çapında yılda 107.000 ölümün mezotelyoma, asbeste bağlı akciğer kanseri ve asbeste bağlı olduğunu tahmin etmektedir. 2005 yılında mesleki asbest maruziyetinin dünya çapında mezotelyomadan 43.000 ölüme ve asbestozdan 7.000 ölüme neden olduğunu iddia etmektedir. Meslek hastalığı kayıtları, mezotelyomaya bağlı ölümlerin 7.000'inin Avrupa'da olduğunu göstermektedir (Yeşilyurt, 2016).

Asbest, inşaat, kimya, yalıtım, nakliye, otomotiv gibi birçok endüstriyel sektörde kullanılmaktadır ve bu sektörde çalışanlar da doğrudan veya dolaylı olarak asbeste maruz kalmaktadır. Asbestle ilgili düzenlemeler ve İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası ile çalışma koşulları ve işçi maruziyeti kontrol altına alınmıştır (Konak 2017). Asbest, inşaat sektöründe özellikle 20-30 yıllık binalarda yalıtım olarak yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. En sık bulunduğu yerler ise; zeminlerde oluklu çatı kaplama, duvar izolasyonu, yüksek ısı iletkenliği olan boru sistemleri, tavan kiremitleri, çatılar şeklinde yalıtım amaçlıdır. Asbest yasak öncesi binalarda birçok yerde kullanılmıştır. Bu sektörde çalışanların, özellikle kentsel dönüşüm amacıyla yıkım, onarım ve yenileme işleriyle uğraşanların asbest riski ile karşılaşabileceği öngörülmektedir.

Kentsel dönüşüm kapsamında yapılacak yenileme, söküm ve onarım çalışmaları gibi asbest azaltımı için önerilen çözümler ve söküm teknikleri yapısal koşullara bağlı olarak değişebileceğinden, iş programında bu tür detayların bulunması uygulamayı kolaylaştırmaktadır. 25 Ocak 2013 tarih ve 28539 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Asbestli İşyerinde Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik kapsamında, çalışanların asbest tozuna maruz kalmasının en aza indirilmesi ve tozun çalışma ortamında yayılmasının önlenmesi, özellikle de inşaat sektöründe asbest azaltma çalışmaları ve kentsel yeniden yapılanmalarda dikkate alınması gereken en önemli noktalardandır. İnşaat sektöründe ortaya çıkan bir diğer önemli konu da bu sektörde çalışanların asbestin tehlikeleri konusunda farkındalıklarının olmaması, kişisel korunma ve çevre için koruyucu önlemler almamalarıdır. Bu anlamda asbestin azaltılması ile ilgili tehlikeler ve asbestin insan sağlığına zararları asbest çalışmasından önce işçilere iletilmesi gerekmektedir (Akboğa ve Baradan, 2011; Yeşilyurt 2016).

1.2.4.2. Ağır metal ve elektronik atıklar (17 04 – 17 09)

Çimento, beton üretiminde kullanılan kalsiyum bazlı bağlayıcılardan biridir. Ayrıca çimento yerine uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve silis dumanı gibi endüstriyel atıklar giderek daha fazla kullanılmaktadır. Uçucu kül gibi endüstriyel atıkların günümüzde beton ve çimento sektörlerinde kullanılması çevre sorunlarını azaltmaktadır. Fakat çimento ve uçucu kül Pb, Sn, Cu, Cr, Mo, As, V, Cd ve Co gibi insan sağlığına zarar veren ağır metalleri içerir. Ağır metaller DNA parçalanmasına, kromozom bozukluklarına, cilt lezyonlarına ve solunum ve sinir sistemlerinde kalıcı hasara neden olur. Bununla birlikte, yukarıdaki ağır metaller, CH, C-S-H,

etrenjit, monosülfat gibi hidrasyon ürünleriyle bağlanır. Böylece insan ve ekosistem açısından zararlı olan uçucu kül gibi endüstriyel atıkların bertarafı olmaktadır. Çimento, kalker ve kil/marn hammaddelerinden yapılan ve bazı eser elementler içeren bir malzemedir. Bu elementlerin çoğu potansiyel olarak zararlı ağır metallerdir. Hammaddelerin yanı sıra çimento üretiminde kullanılan yakıtların da ağır metaller içerdiği tespit edilmiştir (Kaplan vd. 2020).

Elektronik atık (e-atık), son yıllarda teknolojik gelişmeler ve tüketim alışkanlıkları ile dünyada en hızlı büyüyen tehlikeli atık sektörlerinden biridir. Ayrıca ekonomik değeri yüksek önemli bir atık grubudur. Elektrikli ve elektronik ürünler, yalnızca ömürlerinin sonunda değil, üretim ve kullanımları sırasında da karbon salınımına neden olurlar. Gerek üretim için gerekli hammaddelerin sağlanmasında gerekse ürünlerin atık olarak bertaraf edilmesinde çevreye ve sektörde çalışanlara önemli derecede zararlı etkileri bulunmaktadır. İnternet özellikli cihazlar, çevrimiçi video akışı, e-posta, güvenlik kameraları ve yeni nesil akıllı TV'ler gibi cihaz ve hizmetlerden gelen küresel elektrik talebi her yıl %20 oranında artıyor. Elektrik kullanımında önemli verimlilik kazanımları olmadıkça, BT sektörü 2025 yılına kadar küresel olarak üretilen tüm elektriğin %20'sini tüketebilir ve toplam karbon emisyonlarının %5,5'inden sorumlu olabilir. Karbon emisyonlarının bu yüksek payı 2040 yılına kadar %14'e yükselebilir (Akpulat, 2020).

Üretim sürecindeki karbon salınımına örnek vermek gerekirse, bir cep telefonunun üretimindeki ortalama karbon salınımı 55 kilogram olarak ölçülmektedir. 2020 için satış tahmini olan 1,56 milyar cihaz için bu rakama bakıldığında, toplam karbon emisyonlarının Kolombiya gibi bir ülkenin toplam yıllık emisyonlarından daha yüksek olabileceği açıktır (Statista, 2020). Elektronik atıkların, iklim değişikliği, doğal kaynaklar ve toplum üzerindeki olumsuz etkisini en aza indirmek için ürün yaşam döngüsü ve ürün onarılabilirliği gibi alanlarda iyileştirmeler planlanmaktadır. Bu bağlamda dögüsel bir ekonomi modelinin geliştirilmesi ve uygulanması büyük önem taşımaktadır.

Dünyanın kentsel nüfusu hızla artmakta ve 2050 yılına kadar dünya nüfusunun %68'inin şehirlerde yaşaması beklenmektedir (UN, 2019). Bu oran arttıkça dünya nüfusu ve yaşam beklentisi de artmakta, dolayısıyla geleceğin şehirlerinin büyük nüfusa sahip olacağı tahmin edilmektedir. Hızla artan kentleşmenin etkisi atık üretiminde de kendini göstermektedir. Türkiye dâhil Güneydoğu Avrupa ülkelerini karşılaştıran bir rapora göre, kentsel nüfus arttıkça atık üretimi de artmaktadır. Geleceğin şehirlerinin bu hacme cevap verebilmesi ve atıkları uygun şekilde bertaraf edebilmesi için uygun altyapıya ihtiyaç vardır. Dünyada en hızlı büyüyen atık türü olarak, e-atıkların doğru yönetimi giderek daha önemli hale gelmektedir. Y ve Z Kuşaklarının teknoloji kullanımında önde oldukları görülmektedir. Z kuşağı, dijital yerliler olarak anılmakta ve günde en az bir saatini bir masaüstü bilgisayar veya telefon kullanarak çevrimiçi olarak geçirmektedir. İnternet çağında doğan bu nesil, teknolojiyi davranış kalıplarına yerleştirmiştir. Bu da teknolojinin ve elektronik ürünlerin kullanımının gelecekte günlük hayatın merkezinde olacağını göstermektedir (Epsilon, 2018).

Teknolojinin yaygınlaşması, son derece kirletici ve "tehlikeli" kabul edilen parçaları içeren e-atık yönetimini önemli bir gündem haline getirmektedir. Hayatımızın her alanına nüfuz eden dijitalleşme, e-atık artışındaki en önemli etkenlerden biri olarak kabul edilebilir. Diğer yandan, atık yönetiminde önemli fırsatların ve yeni modellerin ortaya çıkmasında da itici güç olduğunu kanıtlamaktadır. 2025 yılına kadar 55 milyardan fazla cihazın birbirine bağlanması beklenmektedir (EC, 2020). Bu, dijitalleşme yoluyla yaşam tarzı değişikliklerine ve üretilen verilere bağlı yeni hizmet ve ürünlerin ortaya çıkmasına neden olabilir. Elektronik ürünlerin fabrikadan atığa kadar izlenmesi, atık konteynerlerinin sensör teknolojileriyle doluluk seviyesinin ölçülmesi gibi yeni modeller ve atık üreten kişi ve kurumların kullanımına olanak sağlayan dijital platformlar ile dijitalleşme, daha verimli atık yönetimi açısından önemli bir rol kazanmaktadır. Dijitalleşme, geleceğin şehirlerinde ana tema olarak ortaya çıkmakta ve dijitalleşme ile ortaya çıkan teknoloji ve araçları benimseyen şehirler literatürde "akıllı şehirler" olarak anılmaktadır. Dijitalleşmenin sağladığı yeni iş modelleri ve daha iyi ürün takibi ve geri satın alma süreçleri sayesinde döngüsel tedarik zincirleri oluşturmak fırsatlar arasında yer almaktadır. Malzeme verimliliği, geri dönüşüm altyapısı ve geri dönüştürülmüş malzemelerin nitelik ve niceliklerinin artırılması diğer kolaylaştırıcı faktörlerdir (Akpulat, 2020). Bu bakımdan, inşaat ve yıkıntı atıklarından olan elektronik atıkların, özellikle gelecek yüzyıllarda daha fazla gündem olabileceği, bu durumun elektronik atıkların sağlığa zararlarının engellenmesi ve geri dönüşümü konusunda çözüm önerilerinin bulunması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

1.3. Atıkların Yönetimi ve Geri Kazanma Yöntemleri

İnşaat atık yönetimi, kullanılmayan, geri dönüştürülebilen atık malzemelerin farklı geri dönüşüm yöntemleri aracılığıyla üretim süreçlerinde hammadde olarak yeniden kullanılması olarak tanımlanabilir. Atık yönetimi, atıkları kaynağında ayırarak kaynakların gereksiz kullanımını önlemeyi ve atık miktarını azaltmayı amaçlar. Atık malzemelerin geri kazanılması ve yeniden kullanılması, ülke ihtiyacını karşılamak amacıyla ithalatı yapılan hurda malzemelere ödenen maliyeti azaltacak ve kullanılan enerjinin tasarrufunu sağlayacaktır. Bazı ülkelerde inşaat atıklarının yönetimi ve açığa çıkan malzemelerin değerlendirilmesi konusunda ciddi çalışmalar yapılmakta ve uygun mevzuat ile gerekli yönetim stratejilerini uygulamak gerekli bulunmaktadır. Her ülkede yıllık olarak üretilen inşaat atığı miktarı ve geri dönüşüm oranları değişir. Ekonomik ve teknik durum, doğal kaynak özellikleri, nüfus yoğunluğu, ulaşım modlarının çeşitliliği ve mevzuattaki farklılıklar, ülkelerin inşaat atıklarına karşı tutumlarını etkilemektedir (Dorsthorst & Kowalczyk, 2003).

Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'ne göre atık yönetimi; hafriyat toprağının ve inşaat molozlarının kaynağında toplanması, geçici olarak biriktirilmesi, taşınması, yeniden kullanılması, geri dönüştürülmesi ve depolanmasını içerir. Al-Ansary (2004), atık yönetimi hiyerarşisini 4R kuralı ile açıklamıştır (Şekil 1.1). Hiyerarşi, Reduce

(Azaltma), Recycle (Geri Dönüşüm), Reuse (Yeniden Kullanma) ve Recover (Geri Kazanma) süreçlerinden oluşmaktadır.



Şekil 1.1. Atık Yönetimi Hiyerarşisi (Al-Ansary, 2004)

Atık yönetim sistemi, atıkların oluşumu ile atıkların biriktirilme, toplanma, taşınma, işleme ve depolanma aşamalarından oluşmaktadır. Atık yönetim sistemi, bulunduğu şehrin politik, ekonomik, sosyo-kültürel ve çevresel özelliklerinden etkilenir ve etkileyebilir. Yönetim sisteminin devamlılığı, şehrin ve ülkenin sistemine entegrasyonuna bağlıdır. Atık sorununa yönelik geliştirilen çözümler şehrin veya ülkenin özelliklerine ne kadar iyi uyarlanırsa, yönetim de o kadar başarılı olacaktır (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015). Aşağıda atık yönetimi hiyerarşisine ilişkin bilgiler (Şekil 1.2) anlatılmaktadır.



Şekil 1.2. Atık Yönetimi Hiyerarşi Piramidi (Deng et al., 2008)

Önleme ve Azaltma

Önleme ve azaltma, hammadde ve malzeme üretimi hiyerarşisinde başlar ve atık yönetiminin temelini oluşturur. İnşaat atıkları için en yüksek geri kazanım ve yeniden kullanım potansiyeline sahip aşamanın tasarım aşaması olduğu varsayılmaktadır. Atık yönetiminde ilk sırayı alan atık önlemede iki alt başlık dikkate alınmaktadır. Bunlar; malzeme seçimi ve tasarım

anlayışıdır. Malzeme seçimi; inşa faaliyetinde kullanılacak malzemeler hem yapıların kullanım aşamaları hem de doğaya karşı olabilecek etkileri düşünülerek belirlenmelidir. Tasarım kavramı; binaların yapımında doğru tasarımın seçilmesi, ekonomik ömürlerini tamamlayan binaların yıkımında yapısal israfın önüne geçilmesinde önemli bir faktördür (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015). Ölmez ve Yıldız (2008)'a göre, İnşaat sırasında bir dizi önlemin alınması ve atık azaltma stratejilerinin oluşturulması, israfın önlenmesinde önemli bir faktördür. Bu kapsamda aşağıda inşaat ve yıkım atıkları oluşumunu en aza indirmek için izlenecek yollar belirlenmiştir. Bunlar;

- Doğru miktarda malzeme sipariş edildiğinden emin olmak,
- Malzemelerin kullanılıncaya kadar uygun şekilde saklanmasını sağlamak,
- Mümkün olduğunca şantiye içindeki malzemeleri kullanmak,
- Bir sonraki adımda yıkım sahasındaki hurda malzemeleri yeniden kullanmak,
- Fazla malzemenin azaltılması amacıyla bir yönetim planını oluşturmak,
- İnşaat veya yıkıntı alanında atıkların ayrıştırılıp depolanacağı bir alanın oluşturulmasıdır.

Tekrar Kullanım

Atıklar işlem görmeden aynı şekliyle ekonomik ömrünü tamamlanıncaya kadar defalarca kullanılmalıdır. Binaların yapımında kullanılan iskele gibi malzemeler, kapı, pencere, dolap, fayans, banyo aksesuarları vb. birçok malzeme başka bir inşaatta yeniden kullanılabilir (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015). Bu tür malzemelerin yeniden kullanımı, atık miktarını azaltmak, doğal kaynakların tüketimini önlemek ve ekonomik fayda sağlamak için önemlidir.

Geri Dönüşüm

Atıkların kimyasal ve fiziksel işlemlerden geçtikten sonra ikincil hammadde olarak üretim sürecine girmesidir. İnşaat ve yıkım atıklarından kaynaklanabilecek çevre kirliliğini önlemek için planlanması gereken en sağlıklı yöntem, inşaat ve yıkım atıklarının üretebileceği atık türleri hesaplanarak, oluşan atıkların geri kazanımı, faaliyete başlamadan önce miktarları ve çevre üzerindeki potansiyel etkileri, bertarafı ve yeniden kullanımına kadar bir geri dönüşüm sistemi stratejisi geliştirmektir. Geri kazanılan inşaat ve yıkım atıkları, aynı sektörlerde veya başka sektörlerde yeniden kullanıldığında ekonomik önem kazanır (Ölmez ve Yıldız, 2008). Aşağıda geri kullanım alanları (Tablo 1.4) verilmektedir.

Tablo 1.4. Geri Kazanılabılır Malzemelerin Yeniden Kullanılabileceği Alanlar

(Ölmez ve Yıldız, 2008)

Geride Kalan Malzeme	Kullanım Alanı
Asfalt Döşeme Malzemesi	Kırılmış asfalt parçaları, yeni asfalt döşeme malzemesi için agrega olarak kullanılabilir.
Beton	Beton parçaları yapı dolgu malzemesi olarak, demirle güçlendirilmiş betonarme malzemelerdeki demiri ayrıştırıldıktan ve beton parçalandıktan sonra inşaatlarda alt yapı malzemesi olarak tekrar kullanılabilir. Kırılmış betonlar yürüyüş yollarında, kaldırım yapımında, drenaj sisteminde ve kanalizasyon borusu döşemede dolgu çakıl yollarda yüzey örtücü ve açık park (garaj) alanlarında alt yapı dolgu malzemesi olarak değerlendirilebilir.
Tahta Çerçeveler	Kırılmış, demiri giderilmiş olarak yapı dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Temizlenmiş, yongalanmış olanlar enerji cogerasyonu amacı ile, ince tahtalar halinde olanlar park bahçelerde çit malzemesi olarak, temizlenmiş tahtalar demir yolu döşeme ve telefon direği olarak kullanılabilir. Kaba olanlar compost tesisine gönderilebilir.
Alçı Taşı	Kağıdı giderilmiş alçı taşı levhaları yeni alçı taş levhası yapımında ve absorbent ürünlerinde kullanılır.
Biriket	Geride kazanılmış briketler spor sahalarında ve parklarda, yürüyüş yolu malzemesi olarak kullanılabilir.

Enerji Geri Kazanımı

Atıklar oluştuğlarında kaynağında azaltılmalı, tekrar kullanılmalı ve geri dönüştürülmelidir. Bu şekilde yeni kaynakların kullanımını azaltarak yeni bir hammadde oluşturmak için harcanan enerjinin önüne geçebiliriz. İnşaat sahalarında oluşan atıkların lisanslı tesislerde değerlendirilmesi sonucu enerji geri kazanımı sağlanabilmektedir. Enerji üretim tesislerinde verimli atıkların yeniden kullanılması yoluyla fosil yakıtlardan kaçınarak karbon emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olan enerji üretilir (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015).

Bertaraf

Atık yönetiminde son nokta, atıkların çevre ve insan sağlığına zarar vermeden bertaraf edilmesi ve geri dönüştürülemeyen atıkların bertaraf edilmesidir. Atıkları bertaraf etmek amacıyla çok sayıda yöntem ve teknolojinin kullanılması görülmektedir. Atığın özelliğine göre bertaraf edilmesi gerekir, aksi durumda finansal açıdan ülkeye olumsuz etkileri olabileceği gibi çevresel anlamda da zararları olabilir (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015).

Danimarka belediyeleri, inşaat atıklarını toplamaktan sorumludur ve atıkları kolayca geri dönüştürebilmek amacıyla özel sınıflandırma yöntemlerini geliştirmiştir. İnşaat atıklarının ortalama yüzde 82'sinde geri dönüşüm hedeflerine ulaşılmıştır. İnşaat faaliyetinin yoğun olduğu Almanya eyaletlerinde gönüllülük esasına göre önlem alınmakta ve ortalama inşaat atıklarının yüzde 50'sinde geri dönüşüm olmaktadır. Avustralya'da inşaat atıklarının yüzde 30'u geri kazanılıp yeniden kullanılmaktadır. Güney Avrupa ülkeleri, doğal kaynaklarının zenginliği ve ucuzluğu nedeniyle bu konularda daha zayıftır (Dorsthorst & Kowalczyk, 2003). Avrupa Birliği Evrensel Eylem Programı, inşaat atıkları yönetimini dört öncelikli konudan biri kabul etmektedir. Hedef, 2050 yılına kadar hafriyat depolama alanlarında biriken inşaat atıkları miktarını %50 azaltmaktır (EU Commission Directorate-General Environment, 2012).

Türkiye, kentsel dönüşüm kanunuyla birlikte inşaat atıklarıyla ilgili sorunlarla uğraşmaktadır. Öncelikle İstanbul, İzmir, Ankara, Adana ve Kocaeli gibi gelişmiş şehirlerde önlem alınması ve sorunun yönetilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. 2015 verilerine göre Türkiye nüfusunun

yüzde 15'ine ve yaklaşık 14,5 milyon kişiye ev sahipliği yapan İstanbul, Türkiye'nin en fazla inşaat faaliyeti gösteren ve bu nedenle en fazla inşaat molozu sorunu yaşayan şehirdir. Türkiye'de 2872 sayılı Çevre Kanunu doğrultusunda, hafriyat toprağının ve inşaat atıklarının çevreye zararlı deşarjını önlemek, inşaat atıklarının yeniden kullanımını ve geri dönüşümünü sağlamak ve bertarafını sağlamak için gerekli teknik standartları belirleyen ilke ve politikalar, Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği 18.03.2004 tarih ve 25406 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Ancak 2012 yılında yürürlüğe giren İmar Kanunu ile büyük bir hafriyat sorunu oluşmuş ve bu konularda yeni bir kanuni düzenlemeye ihtiyaç duyulmuştur.

Türkiye'de Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı kapsamında hafriyat toprağı, yıkım ve inşaat atıkları analizinde, Avrupa Birliği Atık Çerçeve Direktifi kapsamında 2020 yılı itibariyle inşaat atıklarının %70'i hakkında geri dönüştürülmesi hedeflense de, Türkiye bu düzenleme konusunda henüz hazır durumda değildir. Ancak Türkiye, her yıl 125 milyon hafriyat toprağını geri dönüşüm çalışmaları kapsamında değerlendirmektedir. İnşaat ve yıkım atıkları miktarının hâlihazırda 4-5 milyon ton/yıl olduğu düşünülmektedir. ÇŞB Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Türkiye'nin yıllık 45 milyon ton inşaat ve yıkım atığının ilk 3 yılda 10 milyon ton/yıl olabileceğini hesaplamıştır. Kentsel Dönüşüm Yasası ile birlikte geri dönüştürülecek malzeme 6 milyon ton/yıl olabilecektir. Ancak günümüzde geri dönüştürülebilen ve yeniden işlenebilen inşaat atıkları, düzenli olarak çöplere atılmaktadır (Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2014).

İnşaat atıklarının geri dönüşümü sadece ekonomik değil aynı zamanda çevresel faydalar da (alüminyum, cam, çelik, kâğıt vb.) sunmaktadır. Ancak bazı inşaat atıklarını (beton) geri dönüştürmek ek maliyetlere neden olabilir. İnşaat atıklarının geri dönüşümü konusunda duyarlı bazı ülkeler ekonomik faydalara bakmadan çevre ve insan sağlığı yararına geri dönüşüm yapmaktadır. Birçok malzeme için geri dönüşüm planları oluşturulmuş olsa da, inşaat atıkları için mevcut geri dönüşüm yöntemi genellikle birkaç tür inşaat atığı içerir. Günümüzde tuğla, asfalt, beton, cam, demirli metaller, taş, demir dışı metaller, kâğıt-karton, ahşap ve plastik geri dönüştürülmektedir. Kentsel dönüşüm projeleri içerisinde inşaat atıklarının geri dönüşümünün sonrasında kullanım alanlarını incelediğimizde şu bilgilere ulaşılmaktadır:

- Beton, kırıcılar tarafından kırılır; agrega, grobeton, dolgu, parke taşı, briket, peyzaj olarak,
- Demir eritilir ve oluşturulur; yine demir gibi,
- Tuğlalar ve fayanslar ezilir; çevre düzenlemesi, doldurma, yeni tuğla yapımında,
- Kâğıt, ahşap yapımı ve yakılarak ısı üretimi şeklinde,
- Cam yeniden cam yapmak için eritilerek,
- PVC, PVC üretiminde parçalanarak yeniden kullanılmaktadır (Egercioğlu ve İregöl, 2017).

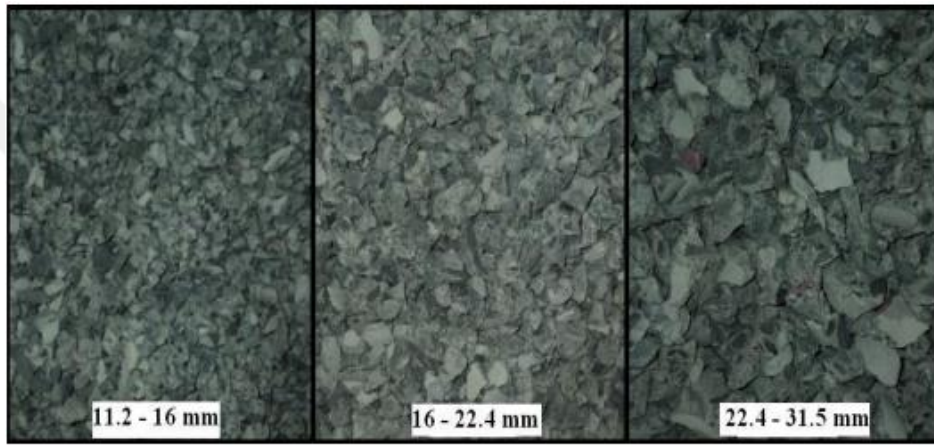
İnşaat ve yıkıntı atıklarının çevreye verdiği zararı azaltmak amacıyla beton atıklarının binalarda beton agregası olarak yeniden kullanılması önem taşımaktadır. Türkiye'de 650 kırmataş ve 120 kum tesisi bulunmakta olduğundan (2015 itibariyle) dolayı, 770 yerde toplam 450.000 ton agregası üretimi yapılmaktadır. Kentsel dönüşüm sürecinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın hedeflerinden biri olan ve yıkılan tüm bina kalıntılarını doğaya zarar vermeyecek şekilde geri dönüştürmeyi hedefleyen "sıfır atık" politikası oldukça önem taşımaktadır. Bu çerçevede hazırlanan yasal dayanak, inşaat atıkları yönetimi temel ilkelerinden kaynağında ayrıştırmanın, yapıların yıkım sürecinde uygulanması gerektiğini göstermektedir. Yasal dayanağa ek olarak, başta tehlikeli maddeler olmak üzere demir, beton, ahşap, bakır, cam ve plastik gibi malzemeler kaynağında ayrı ayrı toplandıktan sonra binaların belirlenen güvenlik önlemlerine uygun olarak yıkılması zorunludur. İnşaat atıklarının belirlenmiş kurallara dâhilinde ayrı olarak toplanması, geri dönüşümle birlikte yeniden kullanımı en üst düzeye çıkarabilir (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2014).

Kum, kırmataş, çakıl, cüruf gibi çeşitli boyutlardaki taneli malzemelere agregası denir. Agregaları, bağlayıcılar aracılığıyla beton üretiminde kullanılmakta ve betonun yaklaşık %70-75'i kadarını oluşturmaktadır. Agregası özellikleri, onlardan yapılan beton özelliklerine de yansımaktadır. Başka bir deyişle, iyi özelliklere sahip agregalarla yapılan beton, iyi özelliklere sahip olacaktır. Agregaları, büyük taş parçalarının doğada olduğu gibi taş kırıcılarda kırılması ile elde edilir. Kırıcıda elde edilen taneli malzemeye kırma taş, daha ince olana kırma kum denir. Kırıcı ve kırılmış kum, talaş olarak adlandırılır. Çakılın sıkışması (doluluğu) 0.65'tir ve kırma taşın sıkışması yaklaşık 0.60'tır (MEB, 2006).



Resim 1.4. Agregası Çeşitleri (MEGEP, 2006)

Beton geri dönüşümünden elde edilen agregalar (Resim 1.4; Resim 1.5) farklı alanlarda çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Beton, yol, asfalt ve nehir barajlarının yapımında, çoğunlukla mekanik işlemlerle (farklı boyutlarda parçalara ayırma) kullanılan bir agregadır; temelerde dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu, beton için en basitkolay ve ekonomik geri dönüşüm yöntemlerindedir. Ayrıca Japonya ve Hollanda gibi gelişmiş ülkelerde de geri dönüştürülmüş beton agrega, kaldırım, yapısal olmayan ve yapısal beton içerisinde kullanılmaktadır. Betonun geri dönüşüm süreci içerisindeki enerji tüketimi, beton üretiminde orijinal enerji tüketiminden yüzde 5 daha fazla olduğu halde, bu uygulamalar çevreyi korumak amacıyla yapılmaktadır (Dorsthorst & Kowalczyk, 2003).



Resim 1.5. Farklı Tane Boyutunda Elde Edilen Geri Kazanılmış Agregalar

(Çakır ve Tüfekçi, 2011)

İnşaatın ana yapı elemanı olan agregalar, farklı birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle hazır beton sektöründe hacim olarak betonun %60-%80'i, bitümlü yol kaplamasının ağırlık olarak %90-95'i, hacim olarak ise %75-85'i agregalardan oluşmaktadır (MEKA, 2022). Deprem, doğal afet gibi sebepler, ayrıca pek çok ülkede yürütülen kentsel dönüşüm çalışmaları, dünya çapında büyük hacimlerde bina enkaz atıklarının şehir merkezlerinde üretilmesine sebep olmuştur. Bu durum, ülkeleri atık bertarafı için kapsamlı çözümler aramaya yöneltmiştir. Yapılan birçok araştırma, inşaat ve yıkım atıklarını (CDW) betonda geri dönüştürülmüş agrega (RA) olarak kullanarak CDW'yi elden çıkarmanın bir yolu olarak RA'yı önermiştir. Geri dönüştürülmüş agregalı betonların (RAC) özellikleri karışımdaki bileşenler ve oranlarından, eski harç içeriğinden (AOM) önemli ölçüde etkilenmektedir. Etkili tedavi yönteminin seçilmesi ve uygulanması sonucu RAC'ın dayanıklılık performansı artırılabilir. RA'nın beton üzerindeki olumsuz etkisini kırmak AOM süreçlerinin kaldırılması veya güçlendirilmesi için vazgeçilmezdir (Çakır ve Dilbaş, 2021). Agregaların kullanım alanları (Resim 1.6) aşağıda yer almaktadır.



Resim 1.6. Agregaların Kullanım Alanları (MEKA, 2022)

Türkiye'de bilincin hızla gelişmesinin yarattığı kentsel dönüşüm süreci ve bu sürecin beraberinde getirdiği sorunlar, inşaat ve yıkım atıkları konusunda araştırılması gereken konulardır. Kentsel dönüşüm süreci insan yaşamının önemini ön plana çıkarırken, sürdürülebilirlik ve çevre koruma konularının da koordineli yürütülmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Kentsel dönüşüm sürecinde inşaat atıklarıyla ilgili temel sorunlar; yıkım alanı ile resmi düzenli depolama alanlarının ayrılmaması, sağlıksız ve kontrolsüz bina yıkımları, inşaat atıkları düzenli depolama alanlarının yetersizliği, inşaat atıkları düzenli depolama sahalarına rağmen binlerce ton inşaat atığının boş araziye atılması ve çevreyi kirletmeye devam etmesi, kentsel dönüşümde sık sık denetimler yapılması sürecini ve yasadışı dökümlerin önlenmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. 2012 yılında yürürlüğe giren 6306 sayılı Kentsel Dönüşüm Kanunu ile bina yıkımlarının sayısının arttığı ve hafriyat depolama sahalarının kapasitesinin aşıldığı, ekosistem ve doğal alanlar için tehdit oluşturduğu ve hareketliliğin devam ettiği görülmektedir. Hızlı kentsel dönüşüm süreci nedeniyle inşaat atıkları geri dönüşümsüz olarak atılmaktadır, bu durum sağlıklı bir ortamdan uzaklaşılmasına sebep olmaktadır.

Avrupa Birliği'nin Evrensel Eylem Programı'nda inşaat atıkları yönetimi öncelikli dört konu içerisinde biri kabul edilmektedir. Hedef, 2050 yılına kadar düzenli kazı alanlarına dökülen inşaat atıkları miktarını %50 azaltmaktır. İnşaat atıkları için düzenli ayırma ve geri dönüşüm

tesislerinin az olması nedeniyle Türkiye'de geri dönüştürülebilir inşaat atığı miktarı yetersiz durumdadır. Ancak yapılacak düzenlemeler inşaat atıklarının nakliye ve depolama ücretlerini, düzenli depolama sahalarında bertarafını ve geri dönüşümün cazibesini teşvik edebilir. Bu tür düzenlemeler ile Türkiye'de inşaat ve yıkım atıklarından üretilen beton atıklarının yeniden kullanılması ve geri dönüştürülmesi hem çevresel hem de ekonomik açıdan faydalı olacaktır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın amaçlarından biri de atıkları çevreye zarar vermeden ekonomiye kazandırmaktır (Egercioğlu ve İregöl, 2017). Sürdürülebilir kalkınma, inşaat sektöründe çevresel performansın iyileştirilmesi yönünde baskı oluşturmaktadır. İnşaat faaliyetlerinden kaynaklanan atık miktarı ve sonucunda bu atıkların düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmesi öncelikli iyileştirmeler arasında bulunmaktadır. İnşaat sektörünün en büyük katı atık üreticilerinden Hong Kong şehri, inşaat mühendisliği projelerine ciddi anlamda maliyet harcamaktadır. Hong Kong Çevre Koruma Dairesi'ne göre, 2000 yılında günlük ortalama yaklaşık 37.690 ton inşaat ve yıkım (C & D) malzemesi üretilmiştir. Dünya üzerinde inşaat ve yıkım faaliyetleri nedeniyle depolama alanlarının çevreye zarar verme potansiyeli, azalan depolama alanı ve büyüyen halk muhalefetleri, büyük miktarlardaki katı atığın verimli bir şekilde yönetilmesini gerektirmektedir. C & D atıklarının azaltılması sadece çevreye önemli faydalar sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda depolama alanını azaltarak projeler için maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Yapıların ve faaliyetlerin doğasına bağlı olarak, yıkım atıkları inert, çürümüş veya kontamine ile karıştırılmış olabilir. Kirlenmemiş inşaat ve yıkıntı atıkları uygun bulunursa yeniden kullanılması, aksi takdirde bertaraf edilmek üzere düzenli depolama alanlarına teslim edilmesi gerekmektedir (Deng et al., 2008). Atık minimizasyonu, atığı azaltan herhangi bir yöntem olarak tanımlanır. C & D kentsel katı atık oranı, Amerika'da %20 ve Kanada'da %30 civarlarındadır. Bu verilerden, atık minimizasyon programının kaçınılmaz bir konu olduğu anlaşılmaktadır. Bir atık minimizasyon planı bileşenleri; "Kaçınma", "Azaltma", "Yeniden Kullanım", "Geri Dönüşüm" ve "Toplu öncelik sırasına göre atık azaltma" şeklinde olmalıdır. İlk öncelik, atık oluşumunu önlemektir. Atık üretilmesi gerekiyorsa, miktarları azaltmaktır. Bir sonraki öncelik, uygun atıkları, yeniden kullanım ve geri dönüşüm için seçmektir. Bir sonraki adım malzemeleri atmadan önce atık hacmini azaltmaktır (Poon et al., 2001; Deng et al., 2008).

İnşaat ve yıkım (C&D) atık yönetiminde, Avrupa Komisyonu (EC) en büyük atık akışına sahip olduğu için yeniden kullanım, geri dönüşüm ve diğer malzeme geri kazanımı için yüksek bir potansiyele sahiptir. C&D atıklarının bu büyük potansiyeli, üye ülkeleri 2008 yılı Atık Çerçeve Direktifi ile gerekli önlemleri almaya çağırmıştır. Bu önlemler kapsamında 2020 yılına kadar bu atıkların ağırlıkça minimum yüzde 70'ini yeniden kullanım, geri dönüşüm ve diğer malzeme geri kazanımı için hazırlık hedefine ulaştırmayı garanti etmektedir. Tehlikeli olmayan C&D atıklarının geri döndürme işleminde özellikle yüksek nüfus yoğunluğuna sahip devletler, bunu zaten başarmış ama birçoğunun bu gereksinimi yerine getirmek için uzun bir yol kat etmesi gerekmektedir. C&D atık yönetim süreci analiz edilirken sürdürülebilirlik sorunu en öncelikli konu olarak ortaya çıkmaktadır. Sürdürülebilirlik göstergeleri, Atık Çerçeve Direktifi

(WFD)'nde basitçe ele alınarak eko- sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirilmiştir. Kalkınma Stratejisi ve müteakip AB Çevre Eylem Programları, atık üretimi, önleme ve yönetimindeki önceliklerin ve kaynakların verimliliği arasındaki ilişkinin altını çizmektedir. Atık yönetimindeki amaç, kaynak kullanımını ayırıştırmak, ekonomik büyümeden kaynaklanan atık üretimi sürdürülebilir olmasına karşın kaynakların tüketiminde çevresel kapasiteyi aşmamaktır. İnşaat ve yıkım atıkları açısından bu hedefler; atık önleme, geri dönüşüm ve yeniden kullanım, nihai bertaraf ve izleme ilkelerine dayanmaktadır (Ganguly, 2012).

Bütüncül bir inşaat atık yönetimi için Bina Bilgi Modellemesi (BIM) çerçevesi ortaya konulabilir. BIM çerçevesi bütünsel bir yaklaşım olarak inşaat atıklarıyla etkin bir şekilde mücadele etmek için gerekli bilgileri düzenleyen bir sistemdir. 2012 yılında yaklaşık 100 milyon ton inşaat, yıkım ve tahliye atığının %25'i Birleşik Krallık'ta üretilen 28 adet (CDEW), çöp sahalarına gönderilmiştir. Osmani (2013)'ye göre bu atığın yıllık depolama vergisi, maliyeti ve bertarafı ciddi ekolojik hasara, arazi kıtlığına, artan ulaşım ve proje maliyetlerine neden olmuştur. Her yıl düzenli depolama sahalarına gönderilen atık hacmi, bertaraf maliyeti ve bunun olumsuz çevresel etkileri endişelere sebep olmaktadır. Bu sebeple atık bertarafının istenmeyen etkilerini önlemek için atık yönetimine yönelik stratejide genel bir değişikliğe ihtiyaç vardır. Sınırlı doğal kaynakların korunması, çöp sahası talebinde ve toplam proje maliyetinde azalma için atık azaltma yönetim stratejisi geliştirilmektedir. CDEW'nin tasarım yoluyla azaltılabileceği konusunda fikir birliğine rağmen, hala atık minimizasyonuna tasarım sırasında öncelik verilmemektedir (Osmani et al., 2008).

İngiltere'de Atık ve Kaynaklar Eylem Programı (WRAP) ve SMARTWaste tarafından atıkların tasarlanması, atıkların yarıya indirilmesini içeren minimizasyon ve sürdürülebilirlik girişimleri, 2020'ye kadar çöp sahasına sıfır atık ve Saha Atık Yönetim Planı (SWMP) Yönetmeliği bu konudaki kapsamlı gelişmeler olmuştur (Akinade et al., 2016). Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA), CDEW materyal akışını karakterize etmek ve anlamak için hedefler belirlemiştir. CDEW azaltma ve kurtarma için en iyi uygulamalar üzerine yapılan araştırmalarda atık yönetiminden, tasarıma dayalı atık yönetimine doğru bir eğilim olduğu görülmektedir (Osmani, 2013). BIM'deki teknik, tasarım ekibi tarafından atık minimizasyonu için benimsenebilir (Bilal et al., 2016). Birleşik Krallık inşaat sektöründe BIM'in benimsenmesi sonrasında, 2010'daki oran %13'ten 2012'de %39'a yükseldi, tüm dünyada BIM'in benimsenmesi, sistemi geliştirerek inşaat sektöründe devrim yaratmıştır (Azhar, 2011). Sürdürülebilir inşaat atıkları yönetiminde BIM'in gelişimi, CDEW'e endüstri ve akademiden ilginin artması, Bilgi ve İletişim Teknolojilerinde (BİT) ve Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) teknolojileri ve uygulayıcılarında çeşitli araçların geliştirilmesini desteklemektedir. Atık yönetim stratejilerinin ve süreçlerinin uygulanmasında, teknoloji desteği, gerekli esnekliği elde etmek için inşaatla ilgili alanlarda güvenilirlik ve verimlilik açısından vazgeçilmezdir (Akinade et al., 2016).

2. BÖLÜM

ATIK YÖNETİMİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

2.1. İş Sağlığı ve Güvenliği

İnsanlık binlerce yıldır yeryüzünde var olmuş ve bilime ne kadar önem vermişse o kadar gelişmiş ve birçok yeni ihtiyaç ortaya çıkmıştır. Özellikle 1800'lü yılların başından itibaren yaşam ve beklentilerdeki değişimler, toplumu bilim ve teknolojinin hâkim olduğu günümüz dünyasına sürüklemiş, bireylerin hayatlarını kökten değiştirmiştir. Bu büyük değişimin temel nedeni, insanların zorlu yaşam koşulları nedeniyle çalışmak zorunda kalmasıdır. Aslında iş kavramı, ilk insanın varlığı ile ortaya çıkmış bir olgudur. İş, insanın hayatta kalmasını sağlayan en önemli olgudur. İnsanoğlu var olduğu ilk günden itibaren yiyecek ve barınma ihtiyaçlarını karşılamak için çalışmak zorunda kalmıştır. Var olmak ve ihtiyaçlarını karşılamak için çalışmak zorunda olan insanlar, sağlıklarına çok dikkat etmelidirler. Yakın geçmişte madenciliğin başlamasıyla birlikte işçi sağlığının önemi daha da belirginleşmiştir. Madenciliğin başlamasıyla birlikte işçiler mesleklerinde uzmanlaştılar ve uzmanların önemi ile bu mesleklerde çalışanların sağlıkları da önem kazandı. İşlerinin kesintiye uğramasını istemeyen patronların, uzmanlarının sağlığına önem vermesiyle ortaya çıkan işçi sağlığı, zamanla temel bir insan hakkı olarak kabul edilmiştir (Bilir, 2008)

İş sağlığı kavramı ortaya çıktığı ilk zamanlarda dar bir çerçevede değerlendirilirken, zaman içerisinde insan hak ve özgürlüklerinin artan önemi ile sadece ağır işlerde çalışanların değil tüm çalışanların hakkı olan bir kavram haline gelmiştir. Tabii bu konsept henüz istenilen genişliğe ve seviyeye ulaşmış değildir. Geçmişte iş sağlığı kavramı; işçinin sağlığından çok işin sağlıklı bir şekilde yürütülmesine odaklanmış, işçinin ve işinin korunmasının özünden uzaklaşarak ikinci plana bırakıldığı düşüncesi ortaya çıkmıştır (Çoban, 2006). Bu eleştiri karşısında kavram yeniden hem işçiyi hem de işyerini kapsayacak şekilde değişmiş ve iş sağlığı ve güvenliği olarak ortaya çıkmıştır. Güvenlik kelimesinin tanımı ile birlikte fabrikalarda güvenlik önlemlerinin önemi artmıştır (Yılmaz, 2009). Eleştiriler ışığında ortaya çıkan yeni kavramın çalışanların sağlığı ile ilgilendiğinin yanı sıra işin devamlılığını sağlamayı ve çalışanların sağlığına önem vermeyi amaçladığı açıktır. İş sağlığı ve güvenliği kavramının amacına ulaşabilmesi için işin sürekliliği ile işçi sağlığını bir arada değerlendirmek ve bu iki olguyu bir bütün olarak görmek oldukça önemlidir. Teknoloji, özellikle son yıllarda binlerce yıldır olduğundan daha hızlı gelişti ve her gün yeni icatlar ortaya çıkıyor. Bu durum sadece hayatı kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda insanların karşı karşıya olduğu tehlikeleri de artırır. Makineleşme ve üretimin artmasıyla birlikte çalışanların sağlığını ve güvenliğini tehdit eden pek çok faktör oluşmakta ve alınması gereken önlemler gün geçtikçe artmaktadır (Kuru, 2000). Dünya Sağlık Örgütü'nün de belirttiği gibi iş sağlığı ve güvenliğinin amacı, çalışanların ruhsal, bedensel ve sosyal iyiliklerinin sürdürülmesini sağlamak ve bunu engelleyen etkenlerin var olduğu durumlarda zamanında önlemler alarak iş kazaları ve meslek hastalıklarını önlemektir. Dünya Sağlık Örgütü'nün beklentisinden hareketle, iş sağlığı ve güvenliğinin

amacına ulaşması için işverenden hizmetlisine kadar tüm çalışanlar arasında iş sağlığı ve güvenliği (İSG) kültürünün oluşturulması gerekmektedir.

Literatürde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili birçok tanım bulunmaktadır. İşyerinde sağlık ve güvenlik; çalışma koşullarının iyileştirilmesi, üretimin ve üretimin devam ettirilmesi, zenginliğin artırılması ve satın alma gücünün artırılması, sistemin işleyişi ve sürdürülmesi anlamı taşır. Çalışanların sağlığına önem verilmesi söz konusudur ve bunun doğal bir sonucu olarak üretimin düşme ve durma riski ortadan kalkar. Dünya Sağlık Örgütü ve Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) iş sağlığını; çalışanların tüm çalışma alanlarında zihinsel, fiziksel ve sosyal yönden en üst düzeye ulaşmalarını ve sürdürmelerini sağlamak, çalışanların iş kazaları ve çalışma koşulları nedeniyle sağlıklarını kaybetmelerini önlemek, çalışma koşullarını düzenlemek ve evrensel haklara uygun hale getirmek, kısacası, iş ve insanlar arasında arabuluculuk ve uyum sağlamak olarak tanımlamaktadır (ILO, 2009) .

İş ve insan arası uyum, kişinin zevk aldığı meslekte çalışabilmesini sağlar. Bu sayede bireyler daha üretici ve dikkatli olabileceği için iş kazaları sayısında azalma olacaktır. İş sağlığı; çalışma koşullarındaki ciddiyet ve güvencesizlik nedeniyle çalışanların hastalanıp sağlıklarını kaybetmelerinin önlenmesi, yeteneklerine uyan işlerde çalıştırılması, fiziksel, sosyal ve zihinsel anlamda güçlü hissetmesi, güvenli alanda bulunmasıdır. İnsanlar, yapabileceklerinden daha fazlasının yükü altında değildir. İşyeri güvenliği; insanların çalıştığı alanlarda risk durumlarını ortadan kaldırmak, kaza riskini azaltmak ve sağlığa zarar vermemek için insanların güvenliğini ve sağlığını korumayan ortamlar tasarlamaktır. İş sağlığı ve güvenliği; sağlıksız ve güvensiz çalışma ortamlarının neden olduğu sağlık sorunlarını ve iş kazalarını minimuma indirmeyi amaçlayan, çalışma ortamındaki herkesin sağlık ve güvenliğini tehdit eden bütün unsurları inceleyen bir bilim dalıdır. Bu açıdan bakıldığında, çalışanların üretim sırasında oluşabilecek tehlikelerden korunması ve temel insan haklarına uygun bir çalışma ortamında çalışmalarının sağlanması amacıyla alınan önlemler bütünü olarak tanımlanabilir (Çekinmez, 2018).

Uluslararası Çalışma Örgütü'ne (ILO) göre sağlık kavramı, hastalığın veya sakatlığın olmayışı ile, çalışma ortamının da hijyeni, koşulları, güvenliği ve işçiyi etkileyen tüm etkenleridir (ILO, 2009). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlık kavramını; çalışanın sadece engelli ya da hasta olmaması değil, çalışanın her yönden sağlıklı, mutlu ve üretken olması olarak tanımlamaktadır (Çekinmez, 2018). İş sağlığı ve güvenliği, çalışanların sağlıklarını etkileyebilecek her türlü kaza veya durumdan korunmalarını sağlayan tüm önlemlerdir (ÇSGB, 1995).

İş sağlığı ve güvenliği; çalışanın korunmasının ancak işyerinde ve yaptığı işle oluşabilecek olumsuz etkilerden olduğunu vurgular. Ancak bu görüşün günümüzde eskidiğini ve alanla sınırlı kalmanın yeterli olunmadığını göstermektedir. Sonuç olarak, iş sağlığı ve güvenliğinin, işçinin işyeri dışında da sağlık ve güvenliğine önem vermesi gerektiği anlaşılmış ve bu yönde çalışmalar genişletilmiştir. İş sağlığı ve güvenliği kavramı, sadece mevcut duruma odaklanmak ve meydana gelen sorunları ortadan kaldırmakla sınırlı kalmayarak, gelecekte ortaya

çıkabilecek sorunlara da odaklanmayı, tespit etmeyi ve oluşabilecek riskleri en aza indirmek için çalışmayı gerektirir (Özkılıç, 2005). Bu gelişmeler ışığında, iş sağlığı ve güvenliği kavramı, çalışma ortamındaki bireyleri herhangi bir nedenle meydana gelen olumsuz etkilerden ve kazalardan korumak amacıyla alınan önlemler bütünüdür. Temel amaç, çalışanların güvenliğini sağlamak, çalışanların sağlığını korumak ve aynı zamanda işin güvenli olmasını sağlamaktır.

İş sağlığı ve güvenliğinin tarihçesine bakıldığında, Babil'de ilk yazılı kanun olan Hammurabi kanunlarında iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili belgeler bulunmakta ve bu belgelerle birlikte iş yeri sahibi işçinin başına gelebilecek olumsuz sonuçlardan sorumlu olmaktadır. İnşaat çalışmaları sırasında meydana gelen kazalar için ağır cezalar uygulanmış, bu yasalar inşaat sektöründe de iş sağlığı ve güvenliğinin temellerini atmıştır (Akpınar, 2013). Milattan önce Hipokrat ve Nicander, çalışmalarını kurşunun zararlı etkilerine odaklamışlar ve kurşun içeren mesleklerde çalışan kişilerde felç ve zehirlenme gibi vakaların meydana geldiğini bulmuşlardır. Ayrıca kurşunun anemiye neden olduğunu tespit etmişlerdir. Modern zamanlardan çok önce yapılan bu çalışmalar, sadece tespite değil, alınması gereken önlemlere de değinmiştir. Çalışmalar, çalışma ortamının önemini ve çalışma ortamının çalışanların birçok hastalığı üzerindeki etkisini vurgulamıştır (Çekinmez, 2018).

Sanayileşmeyle birlikte önemi artan iş sağlığı ve güvenliği, devletlerin bu konuda yasal düzenlemelere gitmesine sebep olmuştur. Bu çalışmaların sonucunda 1802 yılında İngiltere'de Fabrika Art Kanunu çıkarılmıştır. Bu kanunla çalışma saatleri düzenlenerek kısaltılmış ve ilk defa çalışanların dini görevlerini yerine getirmelerine resmi olarak izin verilmiştir. Bundan sonra hukuk çalışmaları hızlanarak bu kanunları model alan diğer ülkelerde kanunlar çıkarılmıştır. 1840'lı yıllardan itibaren dünyada iş sağlığı ve güvenliğinin hukuki alt yapıları ile ilgili birçok kanun ve düzenlemeler gerçekleştirilmiştir (Dizdar, 2003). Yasaların çıkmasıyla birlikte ülkelerin iş sağlığı ve güvenliğine verdiği önem artmış ve konu artık uluslararası kuruluşlar düzeyinde tartışılmaya başlanmıştır. Bu çerçevede Birleşmiş Milletler çerçevesinde 1919 yılında Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ve 1948 yılında Dünya Sağlık Örgütü kurulmuş, böylece işçi sağlığı ve güvenliği artık sadece ülke düzeyinde ele alınmamış, uluslararası bir boyuta geçmiştir.

Türkiye'de iş sağlığı ve güvenliğinin tarihsel gelişimine bakıldığında, sanayinin gelişme ve olgunlaşmasının Avrupa'dan sonra başladığı ve bu alanda da ilerlemenin daha sonra gerçekleştiği görülmektedir. İş sağlığı ve güvenliği kavramı bu dönemde önemsenmemiş ve dünyanın gelişmiş ülkelerinin çok gerisinde kalmıştır. Bunun nedeni, Osmanlı devletinin gerileme dönemine denk gelen sanayi devrimine uyum sağlayamaması ve çok sayıda işçiyi barındıran ve büyük ölçekli üretim gerçekleştiren büyük sanayi tesislerinin olmamasıdır. Osmanlı İmparatorluğu işçi koruma alanında Avrupa devletlerinin gerisinde kalsa da bazı çalışmalar yapmıştır. İlk yasal çalışma, kömür madenlerinde çalışanlar için bazı düzenlemeler içeren 1865 tarihli Dilaver Paşa Nizamnamesi'dir. Bunu madenciler için bazı eksik

düzenlemeleri içeren Maadin Nizamnamesi izledi. Osmanlı devletinin yıkılmasıyla birlikte yeni kurulan Türk devletinde işçinin korunması konusu maden şirketleri arasında ön plana çıkmış ve 1921 yılında onaylanan Ereğli Havza-i Fahmiye Maden Amelesinin Hukukuna Mütealilik Kanunu ile bazı yasal düzenlemeler yapılmıştır (Yiğit, 2008). İzmir İktisat Kongresi'nde Türkiye Cumhuriyeti sanayileşme alanındaki ilk büyük adımını atmış ve bu Kongre ile iş sağlığı ve güvenliği önem kazanmıştır. 1932 yılında çalışma hayatı ile ilgili çok önemli bir karar alınmış ve Türkiye Uluslararası Çalışma Örgütü'ne üye olmuştur (Çekinmez, 2018).

1924 yılında ilk kez işçi izinleri tesis edilmiş, 1926 yılında çıkarılan Borçlar Kanunu'nun bazı maddeleri ile iş kazaları için yaptırımlar getirilmiştir. Ardından 1930 yılında Umumi Hıfzıssıhha Kanunu ve 1937 yılında İş Kanunu çıkarılmıştır. Bu gelişmeler çalışma hayatı ve çalışanların sağlığı ile ilgilidir. Çalışma hayatındaki en önemli gelişme 1946 yılında Çalışma Bakanlığı'nın kurulması olmuştur. 1971 yılında çıkarılan İş Kanunu 2003 yılına kadar çalışma hayatının anayasası olmuş ve 2003 yılında iş sağlığı ve güvenliği alanında büyük değişiklikler getiren 4857 sayılı İş Kanunu yürürlüğe girmiştir (Çetindağ, 2010).

Türkiye'de iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili birçok düzenleme yapılsa da önem verilmesi ve yaptırımların başlaması 2000'li yılları bulmuştur. 2006 yılında 5510 sayılı Sosyal Güvenlik ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu'nun yürürlüğe girmesi ile bireyler genel sağlık sigortası kapsamına alınmıştır. İş Sağlığı ve Güvenliği rehberi kapsamında oluşturulan standartlar ilk olarak 1996 yılında İngiliz Standardizasyon Kurumu-BSI tarafından İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Rehberi olarak tanıtılmıştır. İlk olarak kılavuz olarak kullanılan bu rehber ışığında birçok ülke kendi standartlarını belirlemiştir. Türkiye tarafından 2001 yılında TSE damgası ile kabul edilerek uygulamaya konulan 18001 İSG Yönetim Sistemi, riskleri önceden belirleyerek şirketteki herkesin sorumluluklarını belirlemekte ve riskleri en aza indirerek performansı iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

2003 yılında yürürlüğe giren 4857 sayılı İş Kanunu'ndaki eksiklikler, AB adaylığı çerçevesinde AB standartları, dünya çapında yürürlükte olan iş kanununda işçi sağlığı ve güvenliğinin korunması ilkesi, temel haklar ve tüm işyerlerinde çalışanların özgürlükleri, ILO Sözleşmesi ve daha birçok neden, İş Kanunu'na ek olarak sağlık ve güvenlik odaklı ayrı bir İş Güvenliği Kanunu'nun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu kanun ile birlikte mevzuat tek çatı altında toplanabilecek, tüm ilişkili konular birlikte bulunabilecektir. Bu çerçevede gereksinim duyulan kanun 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu olarak 30.06.2012 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanarak çalışma hayatındaki yerini almıştır (Çekinmez, 2018).

6331 sayılı Kanun, mülga 4857 sayılı Kanuna göre çok daha geniş kapsamlı olup, BM İnsan Hakları Beyannamesi çerçevesinde insani değerlere vurgu yapmış, kişilik hak ve özgürlüklerine önem vermiştir (Arıcı, 2014). 6331 Sayılı Kanun, ortaya çıkan sorunları çözmeyi amaçlamamış, önleme öncesinde ortaya çıkabilecek sorunların önceden belirlenmesi ve sorunun çıkmamasını sağlamaya odaklanmıştır. Kanunu çıkarmanın bir diğer amacı da işçileri bu konuda yeterince bilgilendirmek ve bilinçlendirmek, bu sayede uygulamaya dâhil

olmalarını sağlamaktır (Akı, 2014). Böylece işçi sağlığı ve güvenliği ile ilgili AB standartları yakalanmış ve bu alanda Türkiye tarihindeki en kapsamlı düzenleme oluşturulmuştur (Çekinmez, 2018).

2.1.1. İnşaat ve yıkıntı atıkları yönetiminde iş sağlığı ve güvenliği

Avrupa Birliği ekonomisinde %9,8 katkısı olan ve Avrupa işgücünün %7,1'ini oluşturan inşaat sektörü, 12 milyon kişiye istihdam sağlamaktadır. İnşaat ve yıkım atıklarının, evsel katı atık kütesinin %13 ila %80'ini oluşturduğu tahmin edilmektedir (Banias et al., 2010). Avrupa Birliği yönergelerine göre AB'de yol çalışmaları dışında kalan yıllık 450 milyon ton atık içerisinde 180 milyon tonunu inşaat ve yıkım atıkları oluşturmaktadır. Hafriyat toprağı, inşaat ve yıkım atıkları, AB'de madencilik ve tarımsal atıklardan sonra en büyük atık miktarını temsil etmektedir (Merino et al., 2006).

Almanya'da 2000 yılında Federal İstatistik Ofisi verilerine göre 49,7 milyon ton inşaat atığının 32,7 milyon tonu dönüştürülmekte ve yol dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Geriye kalan 17 milyon ton inşaat atığı, kalite ve maliyet nedenleriyle inşaat malzemeleri çukurlarında depolanmaktadır. (Weil et al., 2006). Avrupa Birliği'nde inşaat ve yıkım atıklarının geri dönüşümü Hollanda'da %95, Belçika'da %87, Almanya'da %80 ve Birleşik Krallık'ta %45'tir (Wang et al., 2004). Finlandiya ve İrlanda %50, İspanya, İtalya, Portekiz ve Yunanistan %25-30 oranında geri dönüştürürken, Lüksemburg sadece %10 geri dönüştürmektedir. Bunun sebebi tehlikeli atıklar veya diğer malzemeler ayrıştırılmadan çok fazla atık düzenli depolama alanlarına gönderilmektedir. Geri dönüşüm oranının düşük olmasının nedeni, bu ülkelerde yeterli toplam malzeme bulunması ve ikincil malzeme pazarının gelişmemişliğidir (Nunes et al., 2006).

ABD Massachusetts Halk Sağlığı Departmanı, evsel atıkların katı atıkların %80'ini oluşturduğunu, ev dışı katı atıkların ise %95'inin inşaat ve yıkım atıkları olduğunu tahmin etmektedir (Poon, 2007). ABD'de her yıl ortalama 100 milyon tonun üzerinde inşaat ve yıkım atığı üretilmekte ve bunun yaklaşık 31,5 milyon tonu inşaat atığı ve 70 milyon tonu yıkım atığından oluşmaktadır. ABD'deki inşaat faaliyetleri, 20-30 kg/m² inşaat ve yıkım atığı üretmektedir (Peng et al., 1997). Sınırlı sayıda düzenli depolama sahası ve yeni depolama sahası geliştirme eksikliği, ayrıca çevresel kaygılar ve halkın tepkileri nedeniyle inşaat ve yıkım atıklarının geri dönüşümü artmıştır. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı'nın (USEPA) ulusal düzeydeki raporuna göre, Massachusetts 1999 yılında 4,7 milyon ton inşaat ve yıkım atığı ve hafriyat toprağı üretmiş ve bunların yalnızca %20'si çöplüklere atılmıştır (Wang et al., 2004).

İnşaat ve yıkım atıkları yönetimi, sürdürülebilir kalkınma stratejisinin önemli bir unsurudur. Hong Kong'da üretilen günlük yaklaşık 37.690 ton inşaat/yıkım atığının %80'ini oluşturan 30.210 ton malzeme, sahada işlenmek üzere düzenli depolama sahalarına, kalan %20'lik kısmı

temsil eden 7.480 ton ise düzenli depolama alanlarına gönderilmektedir (Deng et al., 2008). İnşaatın az olduğu ülkelerde doğal olarak daha az inşaat ve yıkım atığı bulunmaktadır. 2007 verileri, inşaat sektörünün neredeyse durağan hale geldiği Norveç'te, yılda tamamı geri dönüştürülen yaklaşık 1250 ton inşaat ve yıkım atığının üretildiğini belirtmiştir (Bergsdal et al., 2007).

Doğadaki hayatı tehdit eden atıkların önlenmesi ve kontrol altına alınması, insanlığın sürdürülebilir geleceği için önemlidir. Tüm dünyada kirlilik ve atık kontrolü ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Atıkların insan sağlığını olumsuz etkilemeye başladığı anlaşılınca, atıkların bertarafı yoluyla korunması konusu gündeme geldi. 1750-1850 yılları arasındaki Sanayi Devrimi, birçok insanın kırsal kesimden şehirlere taşınmasıyla sonuçlanmış, şehirlerdeki nüfus önemli ölçüde artmış ve bunun sonucunda ortaya çıkan atık miktarı artmıştır. Atıkların insan sağlığına olası tehlikesi nedeniyle, birçok ülke yerel ve ulusal düzeyde düzenlemeler yapmıştır. Avrupa Birliği'ne uyum çerçevesinde değişen yasalar, Türkiye'nin çevre politikasını değiştirmeyi zorunlu kıldı. Bu sayede atık yönetimi seviyesi her geçen gün iyileşmektedir. Modern toplumların çevre bilincinin artması ve insanların çevreye olan ilgilerinin artmasıyla birlikte atıkların taşınması, işlenmesi ve bertarafı ile ilgili riskler toplumların dikkatini çekmiştir (Giannikos, 1998). Son otuz yılda, sanayileşmiş ülkeler kirliliği en aza indirmek, atık taşıma ve bertaraf sistemlerini iyileştirmek ve potansiyel kaza risklerini en aza indirmek için planlamayı optimize etmeye çalıştılar. İnşaat ve yıkım atıkları, iş sağlığı ve güvenliği açısından kimya, çevre ve sistem optimizasyonu açılarından incelenen çok yönlü bir konudur (Bilgic, 2018). Bu bakımdan, iş sağlığı ve güvenliği konusu inşaat ve yıkıntı atıkları açısından önem verilmesi gereken bir husustur.

2.2. Türkiye'de İnşaat ve Yıkıntı Atığı Yönetimi

Türkiye'de bulunan düzenli depolama sahalarının tasarımı, işletilmesi, sahalara atık kabulü, kapasitesi dolan sahaların kapatılması vb. faaliyetler 01.04.2010 tarihinde yürürlüğe giren Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de inşaat ve yıkım atıklarının çevreye doğrudan veya dolaylı olarak zararlı atıklarının çevreye zarar vermesini önlemek amacıyla 18.03.2004 tarih ve 25406 sayılı Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkım Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği Resmi Gazete'de yayımlandı. Türkiye'de Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkım Atıklarının Yönetimine Yönelik Hafriyat Toprağı ve İnşaat/Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'ne ek olarak;

- 2872 sayılı Çevre Kanunu,
- 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu,
- 3194 sayılı İmar Kanunu,
- 5326 sayılı Kabahatler Kanunu,

- 23 Ocak 2010 tarih ve 27471 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Madencilik Faaliyetleri ile Bozulan Arazilerin Doğaya Yeniden Kazandırılması Yönetmeliği,
- 26 Mart 2010 tarihli Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik yürürlüğe girmiştir (Pamuk, 2018).

Hafriyat Toprağı ve İnşaat/Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nin yürürlüğe girmesinden önce, inşaat ve yıkım atıkları, hafriyat toprağı, projersiz ve ruhsatsız boş arazilere gelişigüzel dökülmektedir. İnşaat ve yıkım atıklarının yönetimi amacıyla mevcut yönetmeliklerin yetersiz olması ve ilgili verilerin olmaması nedeniyle herhangi bir sistem kurulamamıştır. Yönetmeliğin yayımlanmasıyla yönetim planlarının uygulanmasını iyileştirmek ve veri akışını daha sağlıklı hale getirmek mümkün hale gelmiştir (Altındağ, 2011). Resmi verilere göre, Türkiye'de en fazla hafriyat toprağı, inşaat ve yıkım atığı İstanbul, Ankara, Kocaeli ve İzmir'de üretilmektedir. Bu illerde üretilen ve bertaraf edilen hafriyat toprağı, inşaat ve yıkım atıkları verileri ve miktarları aşağıda verilmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010).

Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne göre atık, çevreye atılan veya salınan ya da üretici veya sahibi gerçek veya tüzel kişi tarafından bertaraf edilmesi gereken herhangi bir madde veya malzeme olarak tanımlanmaktadır. Atık Yönetimi Yönetmeliğinin amacı, atıkların üretimden bertarafa çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden yönetilmesini sağlamak, atık oluşumunu azaltmak, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım gibi seçeneklerle doğal kaynakların tüketimini azaltmaktır. Bu Yönetmelik kapsamına giren ve belirli kriterlere, temel şartlara ve özelliklere sahip ürünlerin imalatı ile piyasa gözetimi ve denetimine yönelik genel usul ve esasları belirlemektir (Atık Yönetimi Yönetmeliği. 2015).

Türkiye'deki binaların büyük çoğunluğu betonarme binalardan oluşmaktadır. Bu binaların çoğu mühendislik performansı ve deprem etkileri dikkate alınmadan inşa edildiğinden beklenen deprem performansını sağlayamamaktadır. Bu nedenle deprem sırasında meydana gelebilecek can ve mal kayıplarını önlemek ve en aza indirmek için ilk yapılması gereken depreme dayanıklı binalar yapmak, depreme dayanıklı veya depreme dayanıklılığı yetersiz binaları yıkmaktır. Bu nedenle binaların depreme dayanıklılıklarının kontrol edilmesi ve gerekli binaların yıkılıp yenilerinin yapılması önemlidir. Türkiye'deki yapı stoğu göz önüne alındığında, yıkılacak binalarda gerekli iş güvenliği önlemlerinin alınması ve uygulanması büyük önem taşımaktadır.

Yapıların yıkımında Türkiye'nin mevcut standart ve yönetmeliklerinin revize edilerek iş sağlığı ve güvenliği açısından günümüz şartlarına uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Bilinçsiz yıkım işlemlerinin ve iş kazalarının önlenmesi için gerekli denetim ve kontrollerin yapılması önemlidir. Dünya genelinde geniş alanları etkileyen, can ve mal kaybına neden olan heyelan, sel, deprem, doğal afet vb. yapısal hasarlara sebep olmaktadır. Yapısal hasarların dağılımı incelendiğinde, depremlerin %61'i, heyelanların %15'i, sel baskınlarının %14'ü, kaya

düşmelerinin %5'i, yangın ve çığların %4'ü, fırtınalar vb. doğal afetlerin ise %1'i oluşturduğu tespit edilmiştir. Türkiye'de yaklaşık 20 milyon yapı stoğu var. Bu bina stokunun yaklaşık 5 milyonu 1999 Gölcük (Kocaeli) depreminden sonra inşa edilmiş ve nispeten iyi durumdadır. Ancak, yeniden işlenmesi gereken yaklaşık 15 milyon bina bulunmakta olup, bu yapıların yarısının can ve mal güvenliği açısından riskli olduğu düşünülmektedir (RAIUK, 2018). Bu durum kentsel dönüşümü güvenlik açısından Türkiye için kaçınılmaz kılmaktadır.

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda kentsel değişim ve iş sağlığı ve güvenliği farklı boyutlarıyla incelenmiştir (Özel, 2018). Türkiye'de bina yıkımını iş sağlığı ve güvenliği açısından kapsamlı bir şekilde ele alan, yıkım işlemlerini detaylı olarak inceleyen, yıkım işlemlerinde uygulanacak kural ve yöntemleri açık ve kesin olarak belirleyen bir standart veya yönetmeliğin bulunmadığı tespit edildi. Ancak, bina yıkım yöntemleri ile ilgili sınırlı içeriğe sahip Binaların Komple ve Kısmi Yıkım Uygulama Esasları (TS 13633) bulunmaktadır. Yıkım başlamadan önce yıkım alanı içinde ve çevresinde gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır. Bu durum yetkililer tarafından izlenmeli ve yıkım çalışmaları sırasında iş kazalarının önlenmesi için yıkım planı ve iş sağlığı ve güvenliği planları hazırlanıp uygulanmalıdır.

Yıkılacak binalarda tehlikeli atıkların varlığı, yıkımdan önce belirlenmelidir. Tehlikeli atıklar mevcut ise bu atıkların türü ve miktarı belirlenmeli, söküm ve yıkım çalışmaları uzman gözetiminde yapılmalıdır. Yıkım sonrasında bu atıkların uygun şekilde depolanmasına karar verilmeli ve atık bertarafına gereken özen gösterilmelidir. Yıkım sırasında oluşan gürültü, toz ve titreşimin ölçülerek yıkımın insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyecek şekilde yapılması önemlidir. Yıkım çalışmalarında en tehlikeli durumun yıkım alanında asbestli malzemenin bulunması olduğu düşünülebilir. Bu nedenle yıkım çalışmasına başlamadan önce uzmanlar tarafından bir inceleme yapılarak asbest varlığına ilişkin bir rapor hazırlanmasında fayda vardır. Ayrıca iş sağlığı ve güvenliği açısından mevcut standart veya yönetmeliklerin detaylı olarak tartışılması ve günümüz ihtiyaçlarına göre revize edilmesi esastır (Gündoğay, 2022).

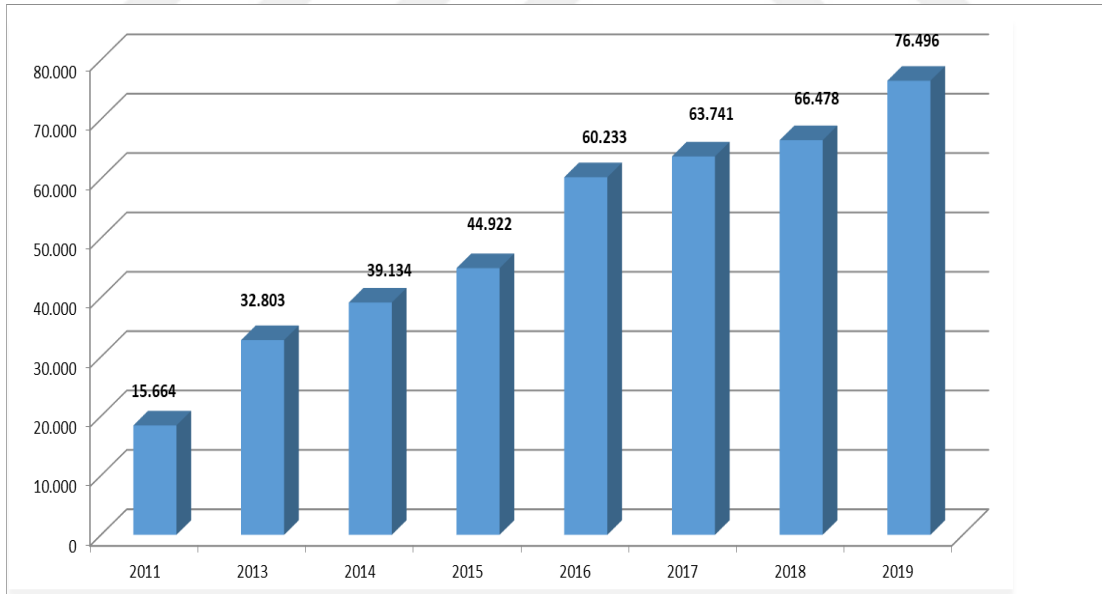
3.BÖLÜM

TÜRKİYE' DEKİ İNŞAAT VE YIKINTI ATIKLARININ İSTATİKSEL VERİLERİ

3.1. Türkiye'de İnşaat ve Yıkıntı Atığı Yönetiminde İş Sağlığı ve Güvenliği

Atık yönetimi politikasının temeli, geri dönüştürülebilir ürünlerin ülke ekonomisine kazandırılması için atıkların kaynağında ayrıştırılarak geri kazanılmasıdır. Bu kapsamda Türkiye'de 2004 yılında Hafriyat, İnşaat İşleri ve Hafriyatların Kontrolü Yönetmeliği çıkarılmıştır. Ancak Türkiye'de önemli miktarda hafriyat ve inşaat atığı keyfi olarak çevreye salınmakta ve karışık halde depolanmaktadır. Türkiye'de hafriyat malzemesinin ve inşaat atıklarının taşınması ve toplanması sorumluluğu belediyelere aittir ve özel sektör tarafından bir ihale süreci ile yürütülür. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen verilere göre oluşturulan Atık Yönetim Uygulaması/ Atık Beyan Sistemini kullanarak beyan gerçekleştiren tesis sayısı istatistiği aşağıda (Tablo 3.1) yer almaktadır.

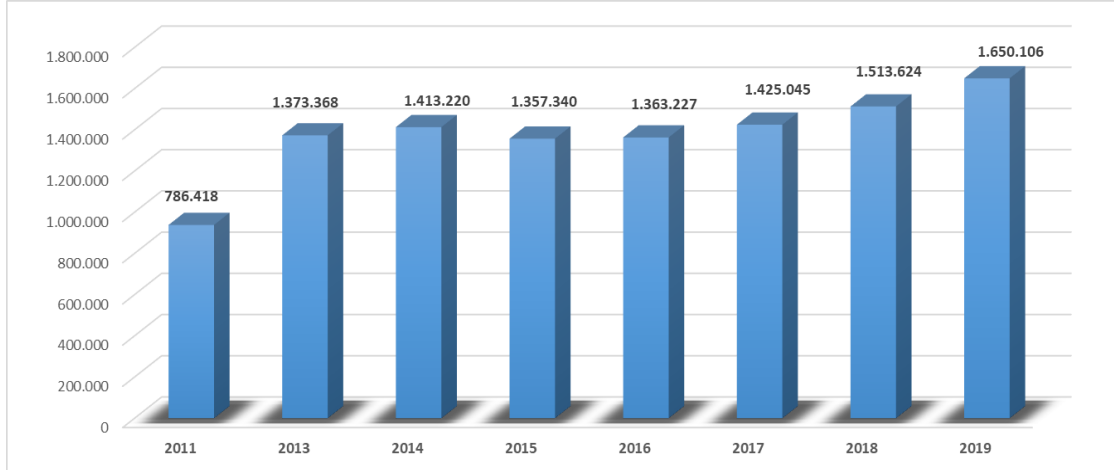
Tablo 3.1. Atık Yönetim Uygulaması/ Atık Beyan Sistemini Kullanarak Beyan Gerçekleştiren Tesis Sayısı (adet) (CSB, 2019)



2019 yılında 76.496 tesis Atık Yönetim Uygulaması ile Atık Beyan Sistemini (TABS) kullanarak atık beyan etti. 2019 yılında atık işleme tesislerine geri dönüşüm için gönderilen atık miktarı 1.408.869 ton, bertaraf edilmek üzere atık işleme tesisine gönderilen atık miktarı ise 204.326

ton olmuştur. Yıl sonu itibarıyla tesiste stok olarak tutulan tehlikeli atık miktarı 34.418 ton, ihraç edilen tehlikeli atık miktarı ise 2.493 ton olarak gerçekleşmiştir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. 2011-2019 Yılları Arasında Tehlikeli Atık Miktarı (ton) (ÇŞB, 2019)



Türkiye'de ilgili mevzuat olmasına rağmen çöp toplama çoğunlukla keyfi ve sağlıksız koşullarda sokak toplama yöntemiyle yapılmaktadır. Sokak toplayıcıları veya seyyar çöp toplayıcıları, çöpleri sokaklardaki çöp bidonlarından hijyenik olmayan koşullarda toplar. Sonuç olarak, belediyelerin atık yönetimi alanındaki sorumlulukları genellikle atıkların toplanması ile sınırlıdır. Atıkların depolanmasında da ana sorumluluk belediyelere aittir. Belediyeler atıkların toplanması ve taşınmasında olduğu gibi bertaraf da aynı özeni göstermelidir.

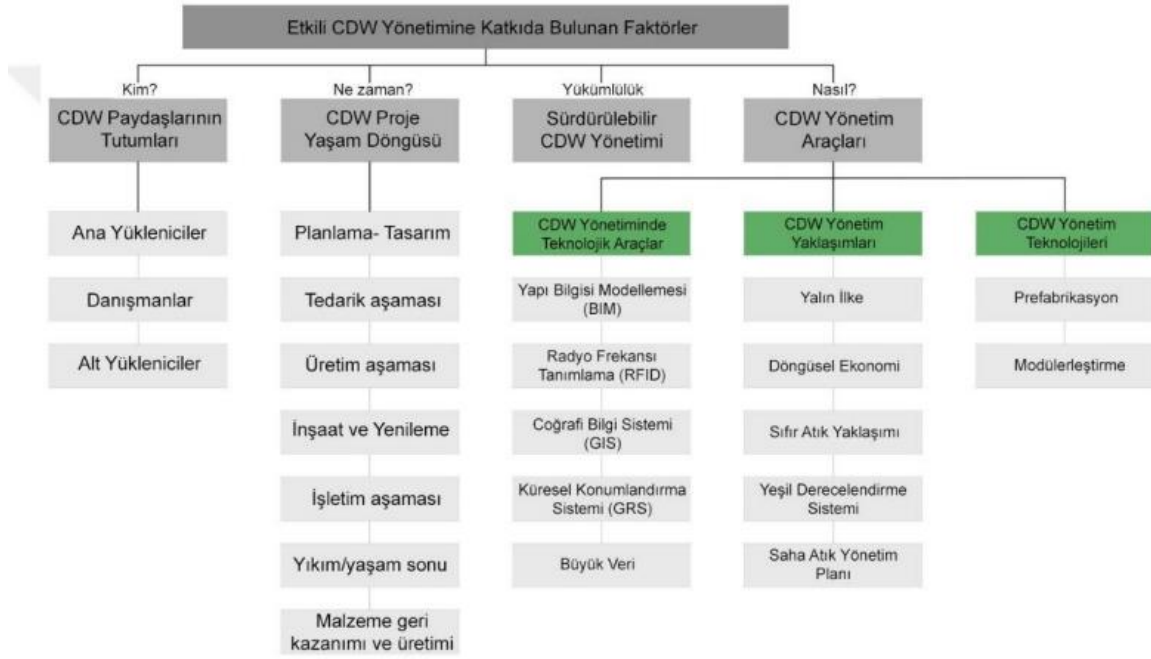
2004 TÜİK Belediye Katı Atık İstatistikleri Araştırması sonuçlarına göre, katı atık hizmeti veren belediyeler tarafından 24,24 milyon ton katı atık toplanmıştır. Bunun sadece %28,9'u çöplüklere atıldı. Bu veriler tüm katı atıkları kapsadığı için Türkiye'deki inşaat atıklarının geri dönüşüm oranı tam olarak bilinmemektedir. İnşaat atıklarının geri dönüşüm sonrası kullanımı özellikle inşaat sektörü için alternatif bir hammadde kaynağıdır. Özellikle beton, ahşap ve doğal taşın geri dönüşümü ekonomik olarak faydalıdır. İnşaat ve yıkım atıklarının geri dönüşümü, çevresel ve ekonomik kayıpların ve hammadde ihtiyacının önlenmesinin bir parçasıdır. Bu nedenle Türkiye'de atık yönetiminin en önemli sorunu inşaat atıklarının ayrıştırılmadan toplu olarak bertaraf edilmesidir (Altuncu ve Kasapşekkin, 2011). Aşağıda (Tablo 3.3) yıllara göre tehlikeli atık miktarı verilmektedir.

Tablo 3.3. Atık İşleme Yöntemine Göre Tehlikeli Atık Miktarı (ton) (ÇŞB, 2019)

Yıl	Geri Kazanım	Bertaraf	Stok	İhracat	Toplam (Ton)
2015	1.129.088	167.222	53.251	7.779	1.357.340
2016	1.089.809	222.263	40.933	10.222	1.363.227
2017	1.190.764	209.930	13.673	10.678	1.425.045
2018	1.286.363	200.767	17.434	9.060	1.513.624
2019	1.408.869	204.326	34.418	2.493	1.650.106

İnşaat ve yıkım atıkları (İYAY) yönetimi, atık oluşumunun önlenmesi/azaltılması ve korunması, sınıflandırılması, toplanması, geçici depolama, ara depolama, nakliye, yeniden kullanım, geri dönüşüm, geri kazanım ve bertaraf süreçleri ve çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden kontrolüyle ilgilenen bir yönetim biçimidir. İnşaat atıkları hem çevresel etkileri hem de yol açtığı riskler ve olumsuz etkiler açısından optimal bir yönetimdir. İYA toplama sistemi, iyi tasarlanıp konumlandırıldığında, finansal olarak sürdürülebilir bir yönetim sistemi oluşturur. Bunun nedeni, atık yönetim sisteminin maliyetinin %65-85'inin atıkların toplanması ve taşınması ile ilgili olmasıdır (Lin et al., 2020). Bu bağlamda yerel yönetimlerin hangi alanda ne kadar ve ne tür atık üretildiğini bilmesi için atık alanı haritaları oluşturması gerekmektedir. Yerel yönetimler bu konuda etkin ve uygun bir şekilde çalışırlarsa atık toplama ve taşıma maliyetlerini azaltabilirler.

İnşaat ve yıkım atıklarının çevre üzerindeki olumsuz etkisini azaltmanın en etkili yolu, etkin inşaat ve yıkım atıkları yönetimi uygulamaktır. Etkili İYE yönetimi için temel faktörler tam olarak uygulanmadığında optimal sonuçlara ulaşılamaz. İYE'yi etkin bir şekilde yönetmek için, İYE'nin hiyerarşisi ve İYE yönetimine katkıda bulunan faktörler dikkate alınmalıdır (Şekil 3.1).



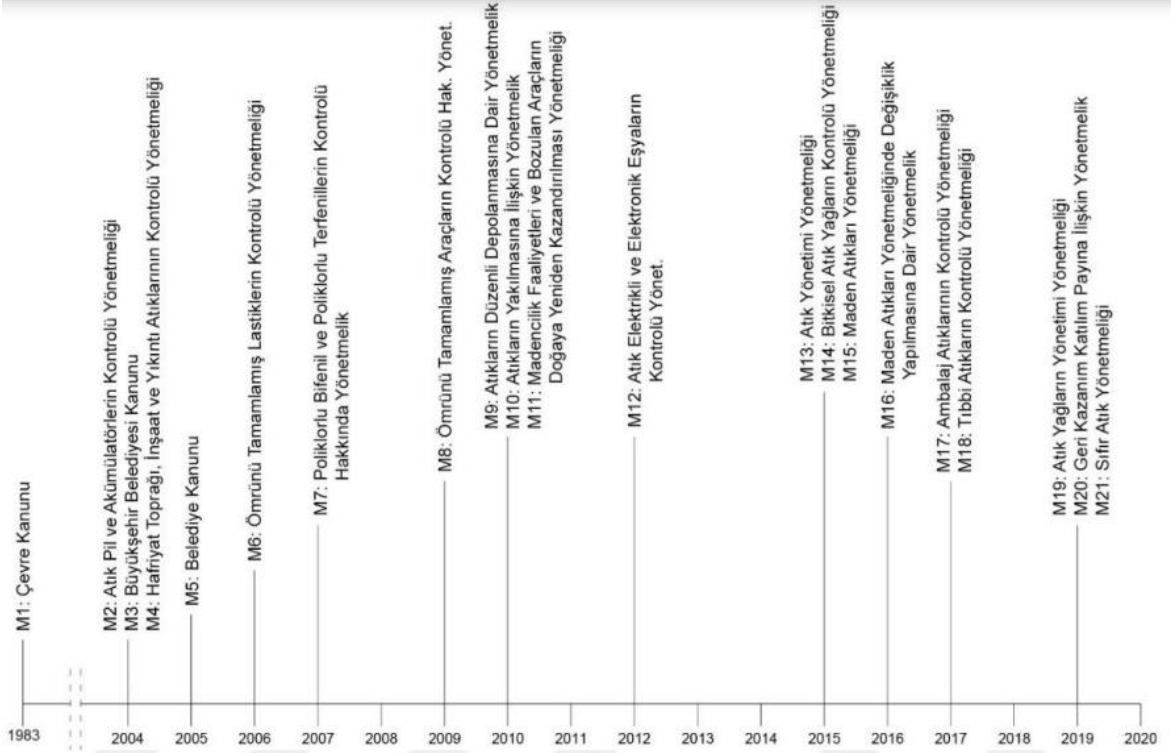
Şekil 3.1. Etkili İYA Yönetimine Katkısı Olan Faktörler (Benachio et al., 2020; You et al., 2020; Ruiz et al., 2020; Kabirifar et al., 2020; Sönmez, 2021).

İYAY'ın gelişimi; ekonomik teşvik yaklaşımıyla hükümet gözetimi, paydaş etkileşimi, operasyonel bölümlerin arasında karşılıklı koordinasyonun olması, teftiş ve kontrollerin oluşturulması ve sürekli yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve entegrasyonu yoluyla sağlanabilir (Aslam vd., 2020). Özellikle paydaşların sürdürülebilirlik kriterlerine bakış açıları karar verme sürecinde önemlidir. Teknolojik araçların etkin kullanımına ek olarak, binanın proje yaşam döngüsünün iyi tasarlanması da atık oranı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bunun nedeni, Türkiye'deki inşaat ve yıkım atıklarında, atıkların %33'ünün tasarımcıların yaptığı hatalardan kaynaklandığı ve inşaat ürün ve elemanlarının yaklaşık %74'ünün çeşitli nedenlerle kullanım sürecinde kullanım sürecinde atıldığı tespit edilmiştir (Coşkun ve Esin, 2006).

İnşaat ve yıkım atıklarının etkin bir şekilde yönetilememesinin nedenleri; WFD'nin, dolgu için açıklayıcı bir tanım sağlamaması ve geri doldurmanın geri dönüşüm veya bertaraf olarak mı uygulanacağını bilinememesinin üye ülkelerde bir ikilem yaratması, inşaat ve yıkım atıkları için bir üretim veri tabanının olmaması, inşaat şantiye çalışanları için atık yönetimi eğitiminin olmaması, başlangıçtan yıkıma kadar olan süreçte planlamacılar açısından bir model olmaması, atıkların yasalara aykırı boşaltılması için devlet tarafından uygun yaptırımların veya cezaların olmaması, İYA'ya yönelik bir performans çizelgesi bulunmaması, başarılı İYA geri dönüşüm pazarı, yeşil bina düzenlemeleri ve spesifikasyonları, yetersiz veya uygulanmamış atık yönetimi mevzuatı ve politikaları, inşaat ve yıkım atık yönetiminin çok maliyetli bir şekilde uygulanması, yetersiz atık yönetimine yönelik etkin vergilerin ve cezaların olmaması veya

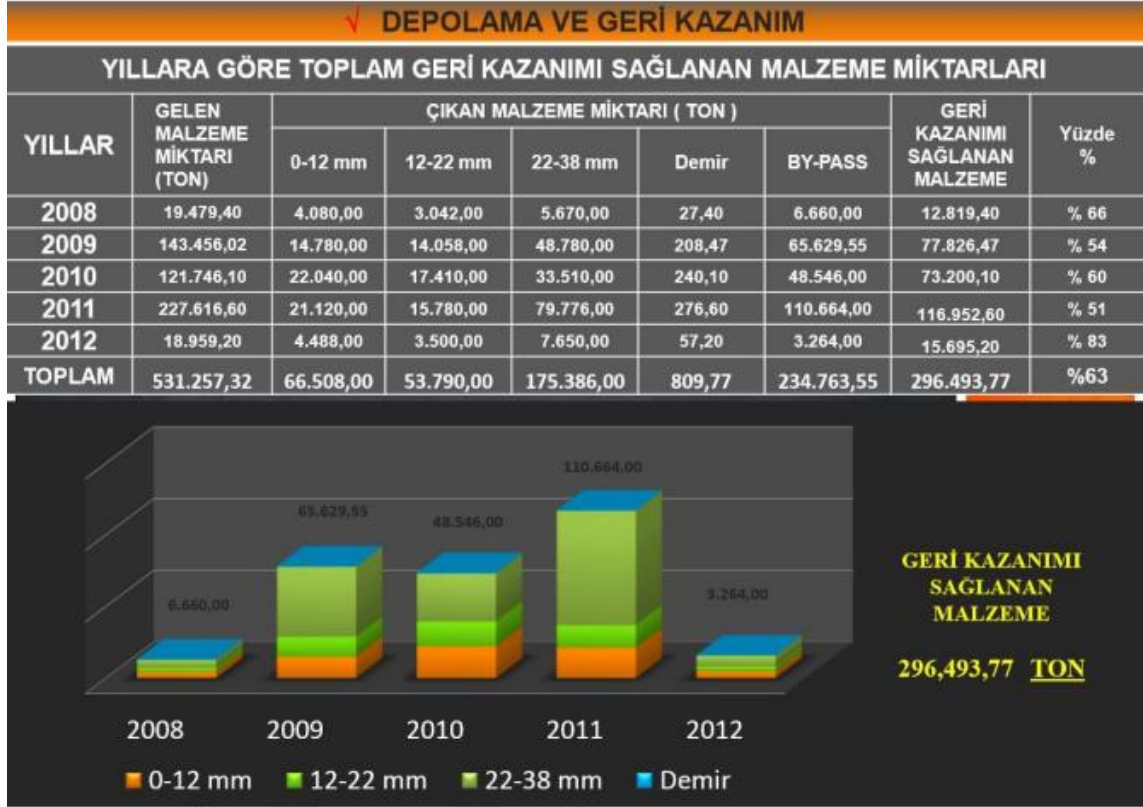
uygulanmaması, kentlerde geri dönüşüm ve kazanım merkezlerinin eksikliği veya yetersizliği, eksik yeniden kullanım ve geri dönüşümden kaynaklı doğal kaynakların tükenmesi, arazi kaybı ve düzenli depolama alanlarından kaynaklanan kirlilik gibi büyük sorunların ortaya çıkması, atıkların yasa dışı depolama ve bertarafına ilişkin rapor edilmemiş veriler, hükümetler, sorumlu kurumlar ve kanun ve yönetmeliklerde tanımlanmayan kurumlar arası işbirliği, yasal politika, uygun veya uygunsuz uygulama yöntemi, yakma vergisi, çöp vergisi, ülke tarafından desteklenen program ve atölye eksikliği, geri dönüştürülmüş malzemeler için standartlaştırılmış rehber eksikliği, kamu ve özel sektör arasında işbirliği eksikliği, yeniden kullanım ve geri dönüştürülmüş malzemeler için düşük talep, yüklenicilerin İYA'ya önem vermemesi, üretilen inşaat atıklarını işlemek için depolama alanı eksikliği de dahil olmak üzere çevresel yönetim konularıdır (Sönmez, 2021).

Türkiye'de atık yönetiminin temelini yasal düzenlemeler ve yardımcı hükümler oluşturmaktadır. 5. Beş Yıllık Kalkınma Planı'ndan (1985-1989) itibaren kalkınma planlarında atık politikasına yer verilmiştir. Ayrıca Türkiye, çevre alanında AB müktesebatına uyum sağlamak için birçok plan geliştirmiştir. Bunlar arasında Yüksek Maliyetli Çevre Yatırımlarının Planlaması (EHCIP), Katı Atık Ana Planı, Atık Yönetimi Eylem Planı, Ulusal Entegre Çevresel Uyum Stratejisi, Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı yer almaktadır (ÇŞB, 2016). Atıklarla ilgili olarak çevrenin korunması ve sürdürülebilirliği AB'nin en önemli öncelikleri arasındadır. 1972 Brundtland Raporu, çevresel ve ekonomik sorunları ve dünya nüfusunun tüm ihtiyaçlarını doğal kaynakları koruyacak şekilde karşılamak için sürdürülebilir kalkınma ilkesine olan ihtiyacı vurgulamıştır. 1987 Basel Sözleşmesi (1989 Tehlikeli Atıkların Sınır Ötesi Hareketlerinin Kontrolü Sözleşmesi), tehlikeli ve diğer atıkların sınır ötesi taşınması, bertarafı ve geri dönüştürülmesinden kaynaklanabilecek tehlikelerin ortadan kaldırılmasını ele aldı. 1994 Gündem 21 (Rio Konferansı/Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nın sonucu) çevre eğitimi, enerji politikası, teknoloji ve çevre araştırmaları, eğitim, sağlık, nüfus, kırsal kalkınma politikası, atık depolama ve bertaraf konularında bildiriler yayınladı. 1997 Kyoto Protokolü (İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında), daha az enerji tüketen teknolojilerin geliştirilmesi, atık depolama ve çevre korumanın temel ilkeler olduğu gerçeği, yenilenebilir enerji kaynaklarına odaklanmayı beraberinde getirmiştir. Rio'da düzenlenen Rio+20 Sürdürülebilir Kalkınma 2012 Konferansı'nın bildirisinde BM "İstedığımız gelecek", atık yönetimi, yeniden kullanım ve geri dönüşüm, atıkların enerjiye dönüşümünün artırılması ve ulusal ve yerel atık yönetimi politikalarının, yasa ve yönetmeliklerin geliştirilmesi kazanımları elde edilmiştir (Sönmez, 2021). Bu kapsamda Türkiye'de atık yönetim düzenlemeleri (Şekil 3.2) aşağıda verilmektedir.



Şekil 3.2. Türkiye’de Atık Yönetiminin Çerçevesini Oluşturan Düzenlemeler (Sönmez, 2021)

Türkiye’de 2014 yılında belediye atık miktarı sadece 27,13 milyon ton/yıl’dır. Bu atığın %6’sı geri dönüştürülmüş, %64’ü düzenli depolama ve %30’u düzensiz olarak boşaltılmıştır. Yaklaşık 1,5 milyon tonu geri dönüştürülmüş, 17,5 milyon tonu çöp sahasına atılmış, 8,1 milyon tonu kontrolsüz bertaraf edilmiştir. Atık hizmeti veren belediyeler 32 milyon 209 bin ton atık toplamış, işi başı ortalama atık miktarınının 1,16 kg/kişi-gün olduğu hesaplanmıştır. 2023 yılı için 33 milyon ton olacağı düşünülmektedir (ÇŞB, 2016; TUİK, 2018).



Şekil 3.3. İSTAÇ İnşaat ve Yıkıntı Atığı Depolama Ve Geri Kazanım Miktarları (Karaca, 2012)

Türkiye'de inşaat ve yıkım atıkları için geri dönüşüm ve yeniden kullanım tesisleri yetersiz olup, İstanbul bu konudaki en donanımlı illerin içerisinde. İSTAÇ A.Ş (Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme Anonim Şirketi), 1994 yılında İstanbul Belediyesi (İBB) tarafından kurulan Türkiye'deki ilk düzenli depolama tesisidir. İSTAÇ inşaat ve yıkıntı atığı depolama ve geri kazanım miktarlarının (Şekil 3.3) yıllar içerisindeki değişimi yukarıda belirtilmiştir. İstanbul Belediyesi, inşaat atıklarını kontrol etmek için "ALO MOLOZ" hattını kurmuş ve 2001 yılında atık sahiplerinden belirli bir ücret karşılığında atık toplamaya başlamıştır. Ancak zamanla atık miktarı arttıkça bu hizmet yetersiz kalmıştır. İSTAÇ A.Ş. ve İBB Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü, İstanbul'da "İnşaat ve Yıkım Atıkları Yönetim Planı" ile geri dönüşüm tesislerine ek olarak ara istasyonlar kurmuştur. Türkiye'de kentsel dönüşüm ve inşaat faaliyetlerinden kaynaklanan hafriyat toprağı ve inşaat atıkları önemli oranda artmıştır. Hafriyat toprağı, inşaat ve yıkım atıklarının kontrolüne ilişkin yönetmelik, ülkedeki değişen koşullar göz önüne alındığında yetersiz görülmekte ve yeni mevzuata ihtiyaç duyulmaktadır (Salgın, 2019). Bu kapsamda İstanbul'da yıllara göre geri kazanılan ve bertaraf edilen hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıkları miktarı (Tablo 3.4) aşağıdadır.

Tablo 3.4. İstanbul’da Yıllara Göre Geri Kazanılan ve Bertaraf Edilen Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Miktarı (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010).

	2006	2007	2008	2009	Toplam
Bertaraf edilen hafriyat toprağı miktarı (ton)	2.999.461	18.353.987	16.796.110	16.257.120	54.406.678
Bertaraf edilen inşaat yıkıntı atığı miktarı (ton)	2.818	4.577	4.439	4.258	16.092
Geri kazanılan hafriyat toprağı miktarı (ton)	0	1.389.986	102.421	175.540	1.667.947
Geri kazanılan inşaat yıkıntı atığı miktarı (ton)	0	0	12.819	77.826	90.645
Toplam	3.002.279	19.748.550	16.915.789	16.514.744	

AB, Atık Çerçeve Direktifi'nde üye ülkelere 2020 yılı sonuna kadar inşaat atıklarının %70'inin geri dönüştürülmesi için bir hedef belirlemiştir. Türkiye ilgili yönetmelik çerçevesinde inşaat atıklarının geri dönüşümü için bir hedef belirlememiştir. Ancak Türkiye'de her yıl 125 milyon hafriyat toprağı yeniden kullanılmaktadır. 2012 yılında inşaat ve yıkım atıkları 4-5 milyon ton/yıl civarında iken, şehirler yeniden tasarlandığında yaklaşık 10 milyon ton/yıl olacaktır. Bunun yaklaşık yüzde 60'ı geri dönüştürülecek. 2014 yılında yaklaşık 100 milyon ton hafriyat toprağı, inşaat ve yıkım atığı geri dönüştürülerek bertaraf edilmiştir (Tablo 3.5; Tablo 3.6) (ÇŞB, 2016)

Tablo 3.5. İzmir’de Yıllara Göre Geri Kazanılan ve Bertaraf Edilen Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Miktarı (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010)

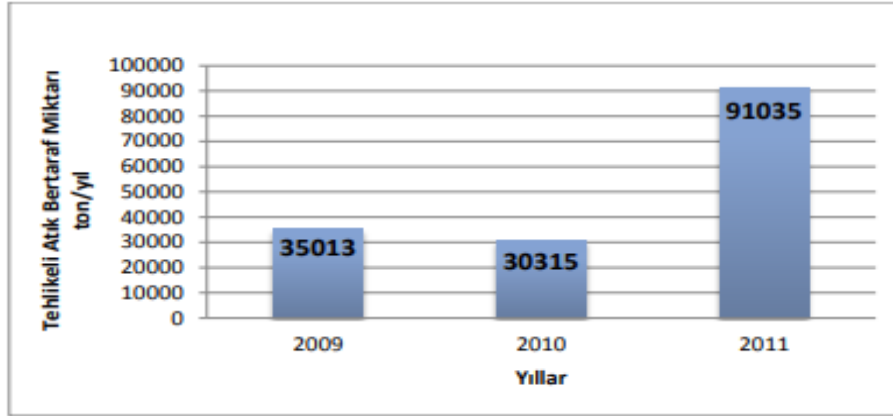
	2006	2007	2008	2009	Toplam
Bertaraf edilen hafriyat toprağı miktarı (ton)	225.000	300.210	450.000	658.403	1.633.613
Bertaraf edilen inşaat yıkıntı atığı miktarı (ton)	-	-	-	5.780	5.780
Geri kazanılan hafriyat toprağı miktarı (ton)	-	-	-	-	-
Geri kazanılan inşaat yıkıntı atığı miktarı (ton)	-	-	-	-	-
Toplam	225.000	300.210	450.000	664.183	

Türkiye'deki binaların büyük çoğunluğu betonarme yapılardır. Bu binaların çoğu mühendislik performansı ve deprem etkileri dikkate alınmadan inşa edilmiştir. Mobil ve sabit tesisler içerisinde atık geri dönüşümü kaynaklı beton, kiremit, tuğla ve alçı atıkları inşaat piyasasının birçok alanında değerlendirilmektedir. Bunlar arasında beton agregası, asfalt agregası, yol dolgusu, oluk dolgusu, bordür kaplama dolgusu ve beton ürünleri, oluk drenajı, bina dolgu ve drenajı, istinat duvarı dolgu ve drenajı, hafriyat ve dolgu yol ve platform ürünleri, her türlü yol yapım ürünleri, çimento imalatı hammaddeleri, tuğla imalatı hammaddeleri olarak kullanılmaktadır (Pamuk, 2018).

Tablo 3.6. Kocaeli'nde Yıllara Göre Geri Kazanılan ve Bertaraf Edilen Hafriyat Toprağı, İnşaat Ve Yıkıntı Atıkları Miktarı (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010)

	2006	2007	2008	2009	Toplam
Bertaraf edilen hafriyat toprağı miktarı (ton)	1.037.417	504.806	666.400	226.100	2.434.723
Bertaraf edilen inşaat yıkıntı atığı miktarı (ton)	51.422	106.054	69.946	57.483	284.905
Geri kazanılan hafriyat toprağı miktarı (ton)	340.000	340.000	787.712	1.703.989	3.171.701
Geri kazanılan inşaat yıkıntı atığı miktarı (ton)	693.695	841.843	887.627	534.051	2.957.216
Toplam	2.122.533	1.792.704	2.411.686	2.521.625	

Atık kodları içerisinde yer alan "17" kodlu atıklarda zarar veren ürünler ile karışarak saflığını kaybeden atıklar da bulunabilir. Bu tür atıklar geri dönüştürülemez. "17" kodlu diğer malzemeler, çimento üretim sürecine hammadde olarak giremeyen yabancı ve tehlikeli maddelerdir. Bu nedenle bu malzemelerin seçici ayırma ile işlenen inşaat ve yıkım atıkları karışımına dâhil edilmemesi önemlidir (Pamuk, 2018). Aşağıda Türkiye'de tehlikeli atıkların 2009-2011 yılları arasında bertaraf edilme miktarları (Tablo 3.4) ile atık bertaraf ve geri kazanım tesislerinin 2012 yılındaki sayısı ve işlem yaptıkları atık miktarları (Tablo 3.7) verilmektedir.



Şekil 3.4. Türkiye’de Tehlikeli Atıkların 2009-2011 Yılları Arasında Ton Olarak Bertaraf Edilme Miktarları (ÇŞB, 2013)

Tablo 3.7. Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesislerinin 2012 Yılındaki Sayısı Ve İşlem Yaptıkları Atık Miktarları (TÜİK, 2012)

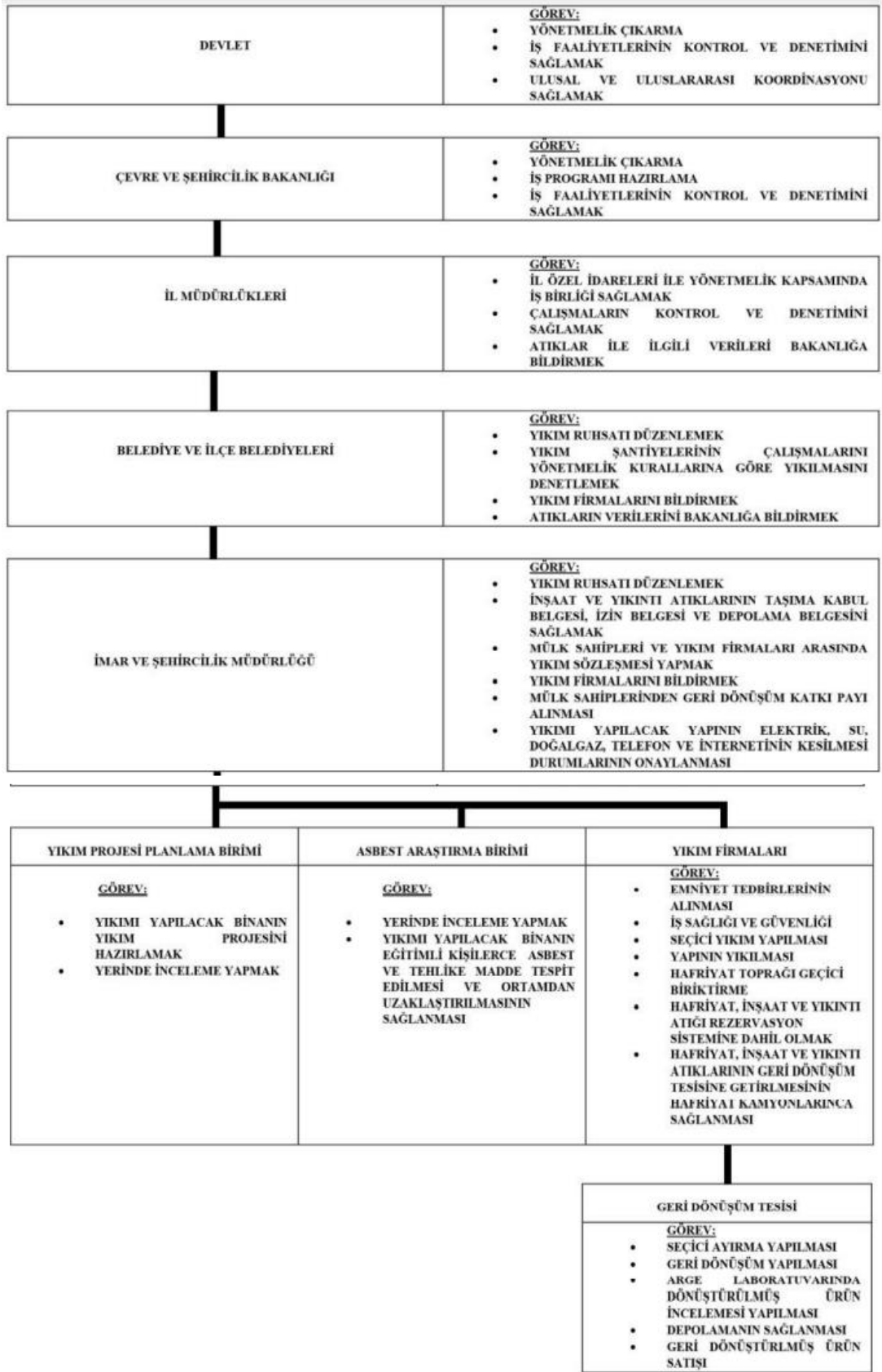
Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesisleri, 2012

	Tesis Sayısı	İşlem Gören Atık Miktarı (ton/yıl)
Atık Bertaraf Tesisleri	83	24 224 635
Düzenli depolama tesisi	80	24 174 502
Yakma tesisi	3	50 133
Atık Geri Kazanım Tesisleri	589	10 229 133
Kompost tesisi	6	158 922
Beraber yakma (ko-insinerasyon) tesisi	32	538 916
Diğer geri kazanım tesisleri	551	9 531 295

Kentsel dönüşüm, yenileme, rehabilitasyon, hafriyat ve yıkım çalışmaları sonucu oluşan atıkların şantiyelere taşınmasında, dönüştürülen ürünün depolanması, satışı ve kontrolünde usule ilişkin eksikliklerin giderilmesi için, inşaat ve yıkım atıkları doğru bir şekilde iş akışında dikkate alınmaktadır. Yönetmelik kurallarına uymak ve gerekli önlemleri almak, sorunları ve eksiklikleri gidererek idari ve çevresel sorunlardan kaçınmak için bir iş süreçleri hiyerarşisi geliştirmek gerekir. Bu sayede hafriyat, inşaat ve yıkım atıklarının oluşumundan nihai satışa kadar olan sürecin sistematik olarak bir yönetmelikle uygun işletme durumuna getirilmesi sağlanabilmektedir (Pamuk, 2018). Türkiye’de bulunan tehlikeli atık bertaraf tesislerinin türlerine göre sayısal dağılımları (Şekil 3.5) aşağıda yer almaktadır.

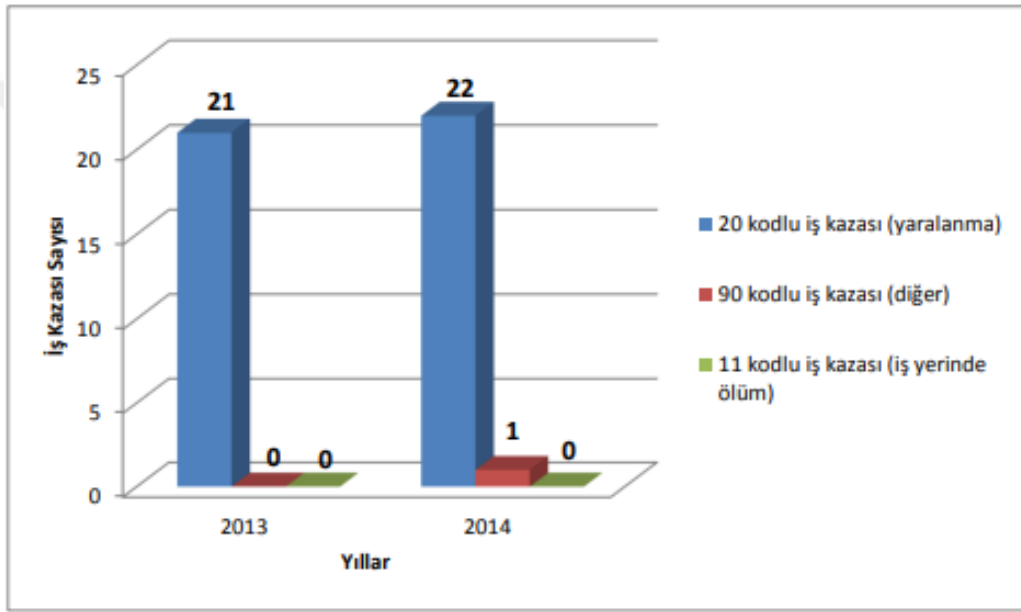


Şekil 3.5. Türkiye’de Bulunan Tehlikeli Atık Bertaraf Tesislerinin Türlerine Göre Sayısal Dağılımları (Ercan, 2016)



Şekil 3.6. İnşaat ve Yıkıntı Atıkları İçin İş Akış Hiyerarşi Sistemi (Pamuk, 2018)

Yukarıdaki şekilde (Şekil 3.6) inşaat ve yıkıntı atıkları için iş akış hiyerarşi sistemi verilmiştir. Tehlikeli atıkların geri dönüşüm için bertarafı planlandığında, atıklar ayrı olarak depolanmalı ve bu şekilde kontaminasyon önlenmelidir. Yakma veya düzenli depolama tercih edilecekse atıkların sınıflarına göre ayrılması hem çevresel hem de ekonomik olarak daha verimli sonuçlar alınmasını sağlar. Bu nedenle atık yönetimde sadece bertaraf yöntemi değil, (tehlikeli) atık yönetimde tüm yönler (yöntem, ayırma, taşıma vb.) dikkate alınmalıdır. Türkiye İş Sağlığı ve Güvenliği Kayıt Takip ve İzleme Programı kayıtlarına göre tehlikeli atık bertaraf tesislerinde çalışan toplam çalışan sayısı 1484 olarak bildirilmektedir. 2013-2014 yılları arasındaki iş kazaları (Şekil 3.7) aşağıda gösterilmiştir (Ercan, 2016).



Şekil 3.7. Tehlikeli Atık Bertaraf Tesisleri İş Kazası Sayıları (Ercan, 2016)

3.1.1. İş sağlığı ve güvenliğine ilişkin bulgular

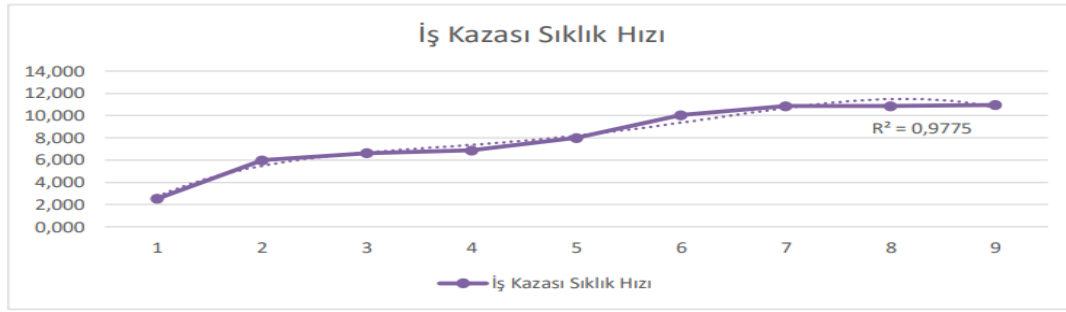
Atık yönetim tesisinde proseslerin mevcut tehlikelerinin tanımlanması, risklerin belirlenmesi ve önceliklerin belirlenmesi sonucunda gerekli önleyici, düzeltici ve kontrol faaliyetlerinin nasıl belirlendiğinin gösterilmesi önemlidir. İş kazalarının, meslek hastalıklarının ve olası acil durumların önceden tanımlanarak önlenmesi için gerekli planların oluşturulmasına çalışılmalıdır. İşyerinde düzeni sağlamak için olası risklerle ilişkili riskleri göz önünde bulundurarak, iş ekipmanlarından (makine, tezgah vb.) kaynaklanabilecek olası iş kazalarını önlemek, tüm tehlike kaynaklarının risklerini değerlendirebilmek, objektif bilgilere sahip olmak olası iş kazaları ve kayıpları ortadan kaldırmak için; İşyeri güvenliğini izlemek, belirlenen bu risklerin tamamını veya çoğunu ortadan kaldırmak, mevcut olmayanları kabul edilebilir risk düzeyine getirmek, iş kazalarını, bina ve teçhizatta hasar ve bozulmaları en aza

indirmek, iş kayıplarını etkilemeyecek düzeye indirmek veya İSG, gerekli bakım/onarım çalışmalarını yapmak ve eğitim planlarının yapılandırılmasına öncülük etmek iş sağlığı ve güvenliği açısından önemlidir (Acar ve Acar, 2022). Türkiye'de yıllara göre iş kazası oranları aşağıda gösterilmiştir (Tablo 3.9).

Tablo 3.8. İş Kazası Sıklık Oranları Ve Sıklık Hızları (Koçali, 2021)

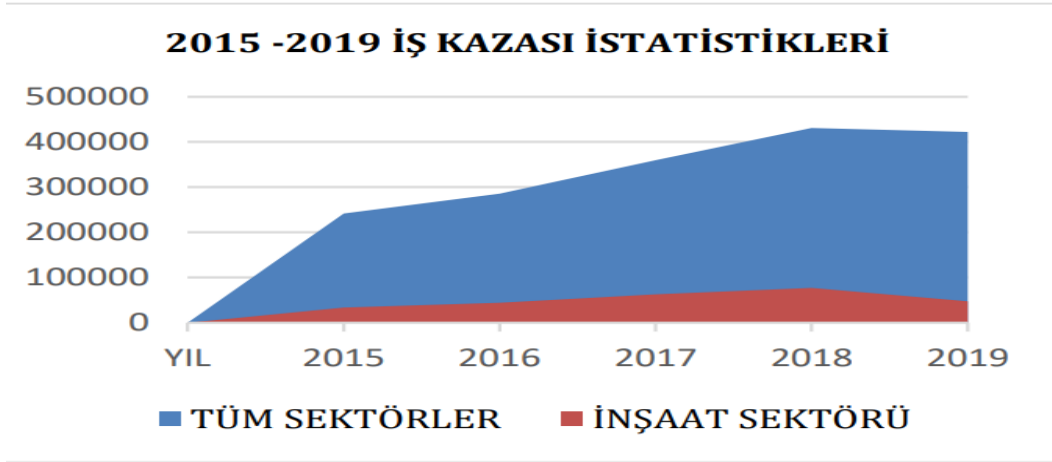
İş kazası sıklık oranı

Yıllar	İş Kazası Sıklık Hızı	İş Kazası Sıklık Hızı	
	1.000.000 iş saati	En Yüksek	En Düşük
2012	2,427	2,471	2,383
2013	5,878	5,922	5,834
2014	6,513	6,557	6,469
2015	6,767	6,811	6,723
2016	7,900	7,944	7,856
2017	9,937	9,981	9,892
2018	10,761	10,805	10,717
2019	10,762	10,806	10,718
2020	10,852	10,896	10,808



Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ne göre iş sağlığı ve güvenliği; tüm mesleklerde çalışanların fiziksel, zihinsel ve sosyal iyiliklerini en üst düzeyde sürdürme, bakımını yapma ve geliştirme çabası olarak tanımlanmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği, yasalara uygun olarak yürütülen sistematik ve bilimsel çalışmalardır. İş sağlığı ve güvenliğinin amacı, işyerlerini işçiler için daha güvenli hale getirmek, riskleri kaynağında ortadan kaldırmak ve koruyucu önlemler yerine sistematik önleme yöntemleri uygulamaktır. Türkiye'de inşaat sektöründe iş kazası oranları aşağıda verilmiştir (Tablo 3.10).

Tablo 3.9. Tüm Sektörler ve İnşaat Sektörü Ölüm Oranları Karşılaştırması (Akçay, 2021)



İnşaat ve yıkım atıklarında iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili olarak, asbestli atıkların yönetimi ancak söküm ve yıkım çalışmaları tamamlandıktan sonra ele alınabilecek bir konu olarak görülmemelidir. Bir gemi, bina veya endüstriyel tesisin sökülmesi sırasında ortaya çıkan asbest de bir atıktır ve atık mevzuatı hükümlerine uygun olarak taşınması ve bertaraf edilmesi gerekir. Çevre Kanunu'nun 11 inci maddesine göre, üretim, tüketim ve hizmet sunumu sırasında oluşan atıkların doğrudan veya dolaylı olarak alıcı ortama deşarjı için yönetmeliklerde belirtilen standart ve yöntemlere uygun şekilde ve öngörülen izinleri ararak kurum, kuruluş ve yerleşimler atıklarını arıtma ve bertarafı ile yükümlüdür. Tüm atıklar için geçerli olan bu hüküm, asbestli atıkların bertarafı için de geçerlidir. Asbest içeren inşaat atıkları ve diğer asbestli atıklar kanserojen özellikleri nedeniyle; yakma veya geri dönüşüm yoluyla bertarafı uygun olmadığı için nihai bertaraf, özel bir teknik gerektiren "depolama (hücre depolama ve benzeri, her biri çevreden ayrı izole edilmiş ve örtülü)" bertaraf yöntemi ile yapılmalıdır. Yukarıda belirtilen asbestli atıklar, Atıkların Düzenli Depolanması Hakkında Yönetmelik'in "Özel Durumları Dikkate Alınması Gereken Atıklar" maddesi; gereğince II. sınıf depolama tesislerinde; test edilmeden saklanabilirler.

Asbest lifleri hava ile solunduğunda tehlikeli ve ölümcüldür. Bu açıdan inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği açısından dikkat edilmesi gereken malzemelerdir. Solunan lifler akciğerlerde birikir ve hasara neden olur. Bu durumda yaralanmalar akciğerlerde başlar, bu da akciğerlerin çalışmasını engeller ve kansere yol açar. Asbestli malzemelerin hem imalatında hem de madenciliğinde görev yapan çalışanlar, gerekli önlemler alınmadığı takdirde bilmeden bu maddeye maruz kalabilirler. Asbest yüzyıllardır yaygın olarak kullanılmasına rağmen, insanların neden olduğu sağlık sorunlarını anlamaya başlamaları yirminci yüzyılın başlarında gerçekleşmiştir. Bunun nedeni, bazı durumlarda, 40 yıl sonra bile sağlığa zarar verebilmesi ve eski zamanlarda insanların bugün olduğundan çok daha kısa yaşamalarıdır. Asbestin

oluşturduğu sağlık riskleri nedeniyle başta AB olmak üzere dünyanın birçok ülkesinde asbest üretimi ve sanayide kullanımı yasaklanmıştır.

Türkiye'de ise hem işyerinde hem de toplumsal düzeyde asbest güvenliği bilinci yeni gelişmeye başlamıştır. Bu süreçte Türkiye'de de özellikle son dönemde kentsel imar projelerinde binaların yıkılması konusunu kamuoyunun gündemine taşıyan yurt dışından gemilerin asbestten arındırma çalışmaları başlamıştır. Son 10 yılda alınan kararlarla asbest yasaklanmış, asbest temizleme çalışmaları için temel koruyucu önlemler yasal bir hükümde yer almıştır. Ülkemizde yapılan bir araştırmadan en az 1200000 ton asbest hammaddesinin hem ithalat yoluyla hem de çok sınırlı ölçüde yerli üretim yoluyla hayatımıza girdiği ve ulusal sanayinin çeşitli sektörlerinde kullanıldığı görülmektedir. Genel olarak Türkiye'de tüketilen bu miktardaki asbestin, üretilen ve tüketilen asbeste maruz kalmanın mezotelyomaya yol açabileceği konusunda önlem alınmadığı takdirde, yaklaşık 7000 vakaya neden olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle ülkemizde ve dünyada çok sayıda yasaklama kararına rağmen asbest halen hem iş, hem de toplum sağlığı için hayati risk oluşturan bir faktördür (ÇSGB, 2017).

İnşaat ve yıkım atıklarının toplanmasından bertarafına kadar olan süreç, atık yönetimi endüstrisindeki (KAI) işçiler için iş sağlığı ve güvenliği tehlikeleri oluşturmaktadır. Bu tehlikeleri beş grupta incelemek mümkündür. Bunlar: ergonomik ve mekanik, kimyasal, fiziksel, biyolojik ve iş sağlığı ve güvenliği tehlikeleridir. Ergonomik tehlikeler: Ağır yüklerin taşınması veya kaldırılması, tekrarlayan hareketler ve ağır konteynerlerin taşınması kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olur. KAI Atıkların elle taşınması ve ağır nesnelerin kaldırılması sizi mekanik risklere maruz bırakır. KAI'nin maruz kaldığı yaygın mekanik tehlikeler, bıçaklar, kırık camlar, metal parçaları vb. malzemelerdir. Keskin atıklar ve travmatik yaralanmalar meydana getirebilir (Jerie, 2016). KAI'nin maruz kaldığı mesleki yaralanma oranı yüksektir, çünkü atıkların yalnızca elle işlenmesinden kaynaklanan yüksek mesleki yaralanma riski ile doğrudan ilişkilidir ve keskin nesnelere kaynaklanan yaralanmalar hepatit B enfeksiyonlarının oluşumunu teşvik eder (Ncube et al., 2017).

Atık toplama araçlarının metal zeminindeki metal kutuları boşaltırken, düşük yoğunluklu metal atıkların oluşturduğu gürültü, mesleki gürültüyü artırmaktadır (Ncube et al., 2017). KAI'yi etkileyen bir diğer fiziksel risk faktörü de titreşimdir. Tüm vücut titreşim bozuklukları önemli bir risk faktörü olarak kabul edilir. Atık toplamada KAI, araç içerisinde tüm vücudu titreşime maruz kalır. Atıkları tekerlekli konteynere boşaltan mekanik sistemler, toplanan atığın mekanik olarak sıkıştırılması ve şehir içinde kaldırım kalitesinin düşük olması, titreşime maruz kalma düzeylerinin artmasına neden olabilir. Çalışma ortamının sıcaklığının yüksek olması, KAI web sitesinde baş dönmesi gibi olumsuzluklara sebep olan fiziksel risk faktörlerinden olup, çalışma ortamının sıcaklığının düşük olması hipotermi, soğuk ısırgığı ve grip gibi çeşitli hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çalışma ortamındaki aşırı

sıcaklıklar iş kazası riskini arttırmakta veya iş kazalarının oluşması ile ilişkilendirilmektedir (Jerie, 2016; Arslan, 2018).

Atıklara maruz kalma, partiküllerin, biyo-aerosollerin ve uçucu organik bileşiklerin yutulması nedeniyle dumanlı ve tozlu bir ortamda çalışmak solunum yolu hastalıklarına neden olur. Tozlu bir ortamda el temasıyla çalışmak KAI açısından risk oluşturur (Cointreau, 2006). Ayrıca uygun maskeler kullanılmadan katı atıklarla çalışmak kimyasal risk faktörlerinin etkinliğini arttırmaktadır. Kimyasal risk faktörleri olarak katı atık depolama sırasında üretilen benzen, karbon tetraklorür, kloroform gibi kanserojenlerin karışık atık oluşumu, uygun atık toplama torbaları olmadan yükleme olmadan toz oluşumu kansere neden olur. (Cointreau, 2006; Jerie, 2016; Arslan, 2018). İş güvenliği açısından basınçlı kap patlamalarından sonra kompresör hidroliğinden uzuv kaybı, asit korozyonu ve çöplüklerde yanma riski vardır. Ayrıca toplama aracının kenetleme mekanizması çalışır durumdayken KAI'nin yanlış konumda olması halinde yaralanma riski vardır (Jerie, 2016; Arslan, 2018). Bu bağlamda inşaat ve yıkım atıklarının toplanması, depolanması ve geri dönüştürülmesini gerçekleştiren çalışanların iş sağlığı ve güvenliği önemlidir.

İnşaat sektöründeki iş kazalarının sayısının yüksek olmasının önemli nedenlerinden bazıları, proje çeşitliliği, yaygın ve dağınık şantiyeler ve çalışma koşullarındaki çeşitliliktir. İnşaat sektöründe çalışanların deneyimli ve fiziksel zorluklara dayanıklı olması önemlidir. İnşaat sektöründeki çalışan sirkülasyonunu yüksekliği, alandaki mesleki eğitimi zorlaştırmaktadır. Şirketin çalışma yapısı ve kapsamı, bakım onarım faaliyetleri, çalışanların nitelikleri ve eğitimi, çalışma saatleri, iş sağlığı ve güvenliği kanunlarının uygulanması, iş sağlığı ve güvenliği kanunlarının uygulama şekil ve kapsamını belirleyen unsurlardır. İşçilerin maruz kaldığı tehlikeler. İnşaat sektöründe çalışanların maruz kaldığı etkenleri aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür.

- Kimyasal etkenler: Solventler, çeşitli tozlar, boyalar, solventler, kurşun, asbest, çeşitli gazlar, renkli beton pigmentleri, korozyon önleyiciler, yapıştırıcılar ve çimento, işçilerin maruz kaldığı kimyasal faktörlerden bazılarıdır. Kimyasal ajanların neden olduğu hastalıklardan bazıları silikoz, egzama, kontakt dermatit, asbestoz, cilt alerjileri, bronşit, akciğer kanseri ve beyaz parmak hastalığıdır.
- Biyolojik etkenler: Çalışma alanındaki mikrop, bakteri ve virüsler kısıtlı çalışma koşulları nedeniyle kolaylıkla bulaşabilir. İnşaatта toplu ve kapalı alanlar, biyolojik faktörlerin işçi sağlığını etkilediği yerlerdir. İnşaatта çalışan veya dere yataklarında oturan işçiler, bölgedeki çeşitli böceklerin ısırıkları yoluyla bulaşan sivrisinek kaynaklı sıtma ve Lyme hastalığına karşı hassastır.
- Psikolojik etkenler: Ağır çalışma koşulları, uzun çalışma saatleri, güvensiz çalışma koşulları gibi durumlar çalışanlar için stres yaratır. Tehlikeli çalışma koşulları ve stres yaratan faktörler birleştiğinde işçi sağlığını olumsuz etkileyen durumlar kaçınılmazdır. Bu nedenle

psikolojik destek sağlanması ve stres azaltma çalışmaları yapılması önemlidir. Depresyon, baş ağrısı, uykusuzluk, sinirlilik çalışanlar üzerindeki olumsuz etkilerden bazılarıdır.

- Fiziksel etkenler: İnşaat, yılın her zaman yapılması gereken zorlu bir endüstridir. İşçilerin sağlık ve güvenliğini korumak için fiziksel faktörlerin çalışma koşullarına uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Fiziksel faktörler arasında titreşim, termal konfor, gürültü ve radyasyon yer alır. Çoğu inşaat işi açık havada yapıldığından, sıcaklık faktörü de çalışanları olumsuz etkiler. Aşırı sıcaklıklar sıcak çarpması ve güneş yanığına neden olurken, soğuk hava donma, hipotermi ve kan basıncında yükselme veya düşmeye neden olur. Fiziksel faktörlerin neden olduğu olumsuz durumlar arasında uzuvların kırılması, morluklar, kırıklar ve işitme kaybı sayılabilir (Duman ve Etiler, 2013; Akbel ve Özdemir, 2020).

İnşaat sektörünün birçok alanında bulunan toz faktörü, çalışanların sağlığını hem kimyasal hem de fiziksel olarak etkileyen iş sağlığı ve güvenliği tehlikelerinin kaynağıdır. Teknolojik gelişmeler neticesinde çalışma alanındaki tozun yayılmasını önleyen kapalı sistemler ve robotik toz emiciler kullanılarak toza karşı mücadelede önemli adımlar atılmıştır. Asbest, ahşap, mermer ve silis tozları inşaatlarda karşılaşılabilecek toz türleri arasındadır. Ancak uygun önlemler alınmadığı takdirde işçi sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabilir. Bu tozlara maruz kalma süresi, yoğunluğu ve miktarı potansiyel olumsuz etkileri etkiler. Bu tozların neden olduğu çeşitli hastalıklar vardır. Bunlardan bazıları; asbestoz, mezotelyoma, silikoz, akciğer hastalığı, kanser ve astımdır.

İşverenler, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve 29/12/2012 tarihli ve 28512 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği hükümlerine göre risk değerlendirmesinden sorumlu olacaklardır. Tozlu işyerlerinde yapılan risk değerlendirmesi kapsamında, özellikle ortamdaki tozun niteliği, tozdan kaynaklanan sağlık ve güvenlik tehlikeleri ve zararları, maruz kalma kapsamı, sıklığı ve süresi, mesleki maruziyetinin limitleri, toz ölçümlerinin sonucu, alınması gereken önleyici tedbirler ve varsa önceki sağlık gözetimi sonuçları dikkat edilmektedir. Tozdan en çok etkilenen sistem solunum sistemi olduğundan, bu sisteme yönelik muayeneler fizik muayene sırasında dikkatli ve ihmal edilmeden yapılması gerekmektedir (Akbel ve Özdemir, 2020)

3.2. İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Üzerine Spektroskopik ve Termal Analiz İncelemeleri

Mineraller ve bileşikler için çeşitli analizler kullanılarak maddenin içeriğinin niteliksel ve niceliksel olarak ölçülmesi ve bir değer verilmesi bu alanın çatısı altında incelenir. Madde analizlerinde ultraviyole ve kızılötesi spektroskopi özellikle tercih edilir. Bu alan, inşaat ve yıkıntı atıkların bileşikleri ayrıntılı madde analizleri, üzerinde tehlikeli asbest ve türlerinin var olup olmadığı ve numune olarak kullanılan maddenin kristal yapıları hakkında bilgi veren teknik analizler barındırır (Canu ve Sedin, 2007). Atık analizlerinde madde tanımlamada

literatürde bulunan tablolara bakılarak değerler konusunda referans spektrumlar yol gösterici olarak kullanılırlar. FT-IR Analizinde numune üzerine kızılötesi ışınlar yansıtılır ve bunun sonucunda oluşan spektrumlar karar tablosundaki oranlarla karşılaştırılır, asbest ve türleri değerlendirilir (Stănescu-Dumitru, 2008).

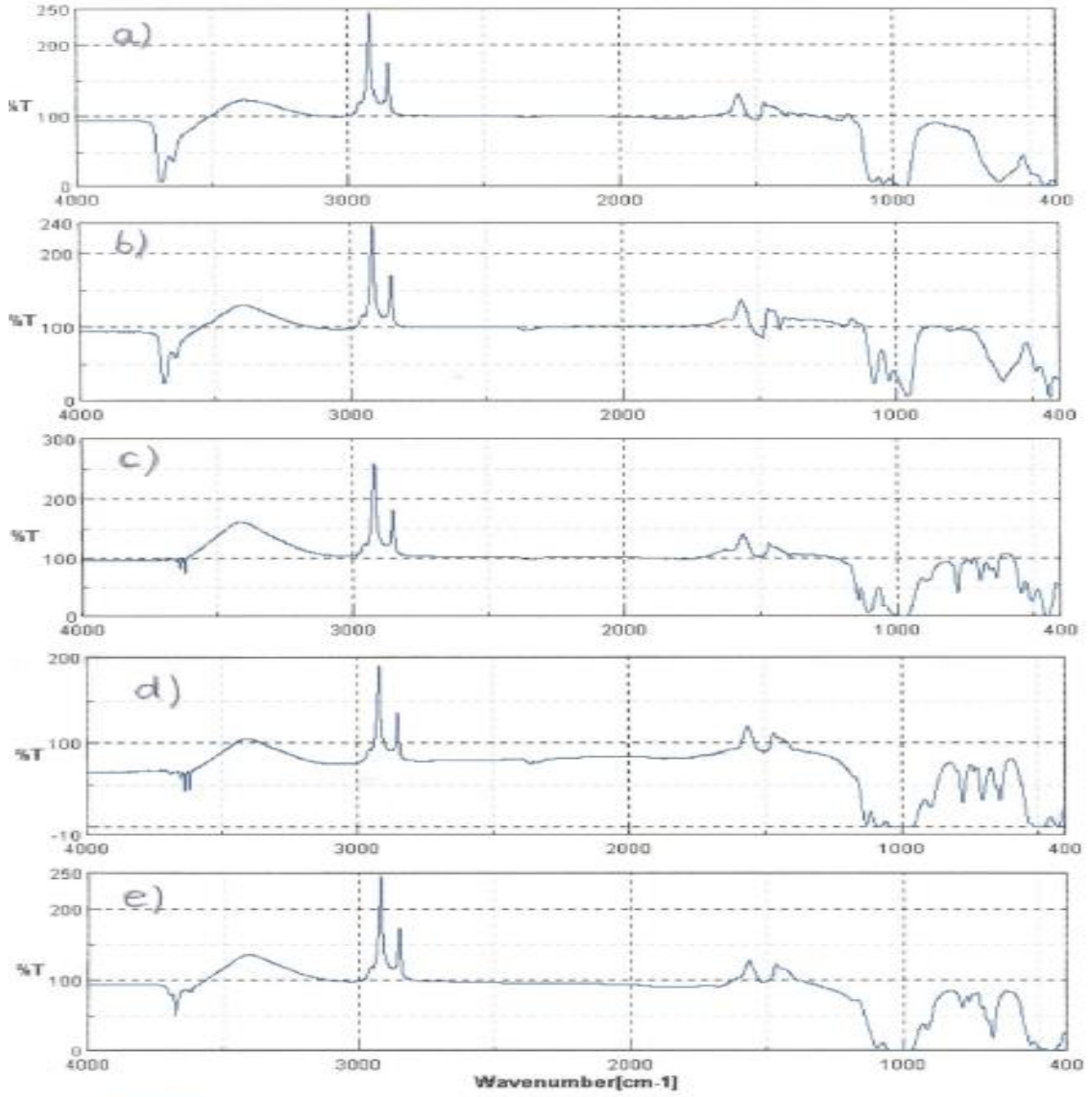
Tablo 3.10 da asbest numenlerine ait IR verileri görülmektedir. Kirisotil, Krikodolit, Amosit ve Antofilit türü asbest örneklerinde OH gerilme pikleri 3689-3618 cm^{-1} bölgesinde, Si-O gerilem titreşimleri kuvvetli pikler olarak 1142-913 cm^{-1} bölgesinde tespit edilmiştir. Krisotil türlerinde Silicat eğilme pikleri görülmezken, Metal -oksit bağ titreşimleri zayıf pikler halinde 606-305 cm^{-1} bölgesinde gözlenmiştir.

Tablo 3.10. IUPAC Standartlarına Göre Asbest Örneklerinin IR Spektrumu Verileri

No	Assignment	Vibrational frequency (cm^{-1})*				
		Chrysotile a	Chrysotile b	Crocidolite	Amosite	Anthophyllite
1	OH-stretching vibration	3689 vs	3691 vs	3648 m	3652 m	3680 w
		3644 m	3646 m	3635 m	3637 m	3675 s
2	Si-O stretching vibration	1069 s	1078 s	1142 s	1128 s	1094 m
		1033 s	1023 s	1104 s	1082 s	1019 s
		959 s	955 s	989 vs	1001 s	913 m
3	Silicate chain vibration			894 s	890 s	
				777 vs	774 vs	781 m
				727 w	702 vs	754 w
				692 m	637 vs	669 vs
4	Cation-oxygen vibration (Mg-O vibration modes for chrysotile or Fe-O vibration modes for amphiboles)	606 s, br	605.5 s, br	542 m	447 m	
		439 s	484 s, br	503 m	480 w	500 w
		410 m	434 s	444 s	425 m	455 m
		305 m	404 m	405 w	330 w	
				320 m		

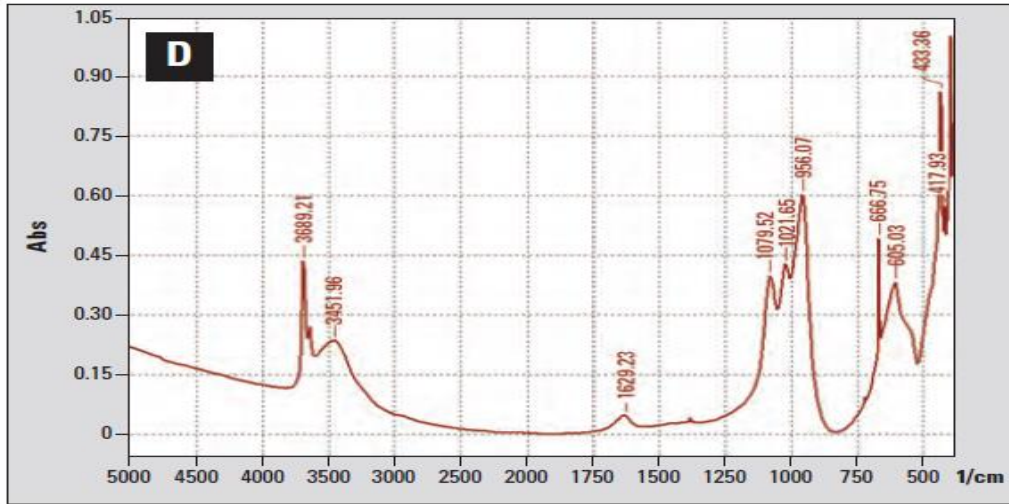
*vs = very strong, s = strong, m = medium, br = broad, w = weak

FT-IR analizi, asbestte oluşan şekil ve yapı değişikliği hakkında ve maddenin kimyasal bileşimleri hakkında bilgiler sunar (Stănescu-Dumitru, 2008). Şekil 3.10 da asbest türlerine ait IR spektrumları görülmektedir.



Şekil 3.8. FT-IR Analizi Standart Asbest ve Türlerinin IR Spektrumları (Stănescu-Dumitru, 2008)

Krizotil kızılötesi ışınları 400 cm^{-1} 'in altında olanları yoğun bir şekilde absorbe etmektedir. Krizotil ve amosit için ise $400 - 300 \text{ cm}^{-1}$ aralığında yer alan frekanslara bakılmalıdır. Şekil 3.11 'de krisotil türü asbeste ait IR spektrumu görülmektedir. 3689 cm^{-1} ve 3451 cm^{-1} de OH gerileme pikleri $1079, 956 \text{ cm}^{-1}$ de Si-O gerilme bandı, 605 cm^{-1} de Si-O eğilme pikleri ve 417 cm^{-1} 'de Mg-O gerilme pikleri tespit edilmiştir (Canu ve Sedin,2007).

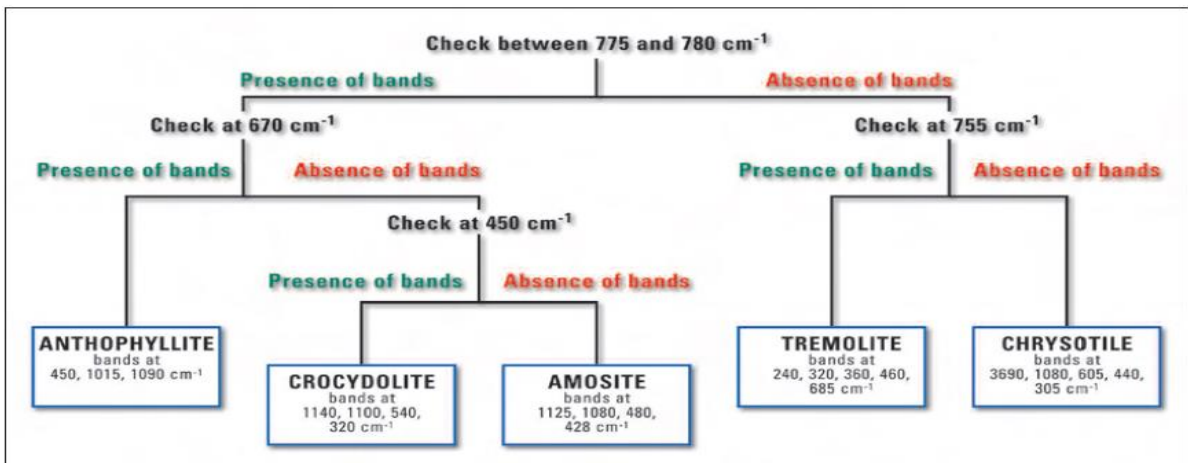


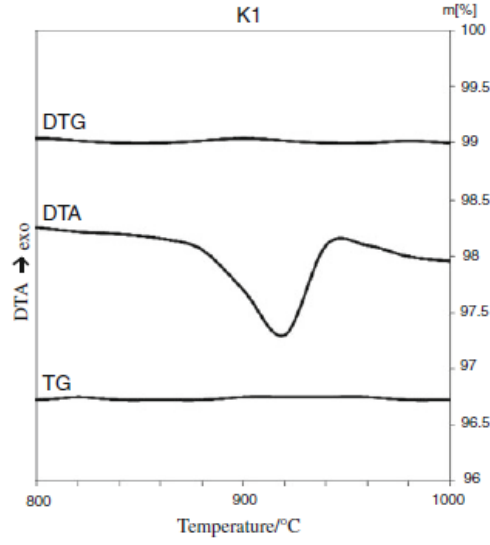
Şekil 3.9. Krizotil Türü Asbest Türevleri İçin IR Pikleri (Canu ve Sedin,2007)

Tablo 3.11. Asbest Türleri (Canu ve Sedin,2007)

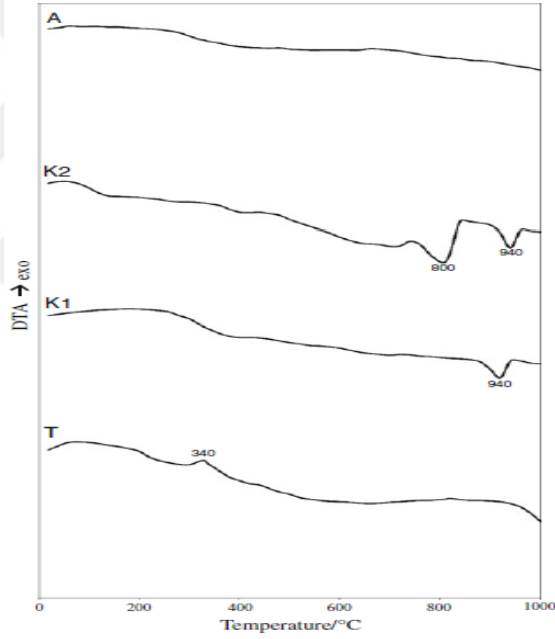
Groups	Name	Formula
Serpentine	Chrysotile (white asbestos)	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
Amphiboles	Amosite (brown asbestos)	$(Fe,Mg)_7Si_8O_{22}(OH)_2$
	Tremolite	$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$
	Anthophyllite	$Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$
	Aktinolite	$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$
	Crokydolite (blue asbestos)	$Na_2(Fe^{++3}Fe^{++2})Si_8O_{22}(OH)_2$

Tablo 3.12. Asbest Türleri ve Değerleri (Canu ve Sedin,2007)



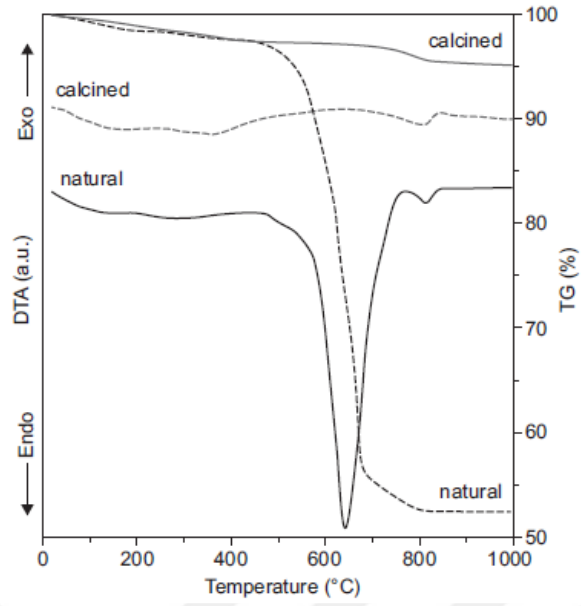


Şekil 3.10. DTA, TG ve DTG Krisodolit Asbest Örneği Eğrileri (Kusiorowski & Zaremba, 2017)



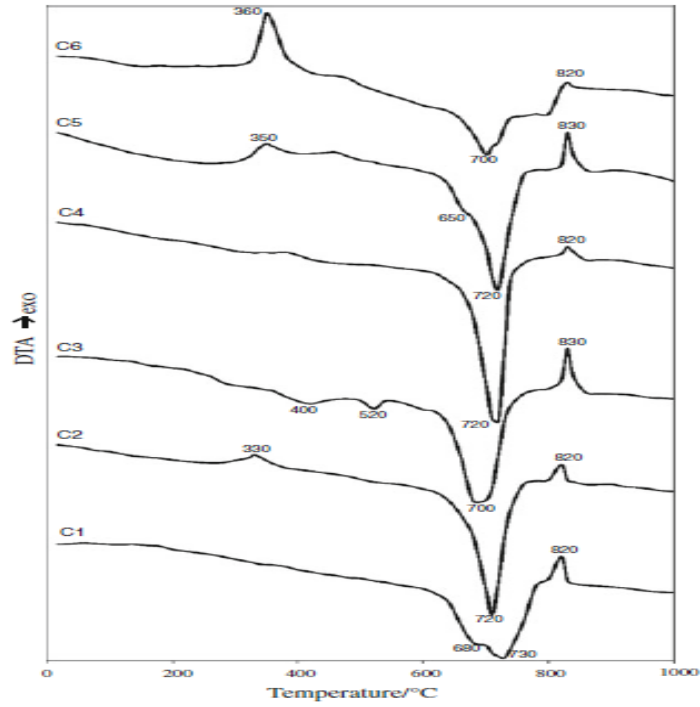
Şekil 3.11. Amfibol Türü Asbest DTA Örneği Eğrileri (Kusiorowski & Zaremba, 2017)

Bu kapsamda DTA, TG ve DTG asbest örneği eğrileri (Şekil 3.10. ve 3.11.) yukarıda belirtilmektedir. Asbest numunelerde kütle kaybı veya bozunma hakkında bilgiler sağlayan TGA/DTA analizinde, amfibol grubu asbest mineralleri sıcaklık işleminden sonra yoğun bir dağılma ve parçalanma özelliği göstermiştir.



Şekil 3.12. Doğal ve Oksitlenmiş Manyezitin TGA/DTA Termal Analiz Değerleri (Kusiorowski & Zaremba, 2012)

Doğal ve kalsine manyezitin termal analiz eğrilerinde (Şekil 3.12.) görünen DTA üzerindeki endotermik etkiler karbonatlarda meydana gelen dağılımlarla bağlantılıdır. TG eğrisindeki kütle kaybıyla birlikte zayıf bir endotermik hareketin varlığı 700 °C da kalsitin termal ayrışmasında gözlemlendi (Kusiorowski ve Zaremba, 2012).



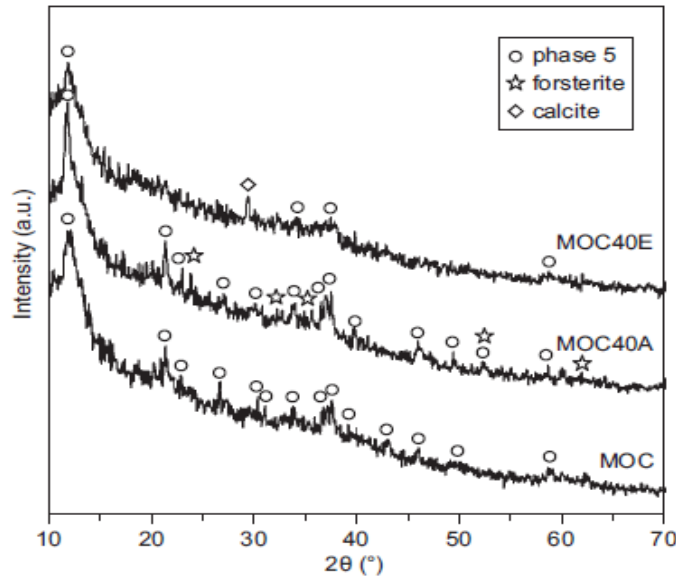
Şekil 3.13. Krizotil Asbest Türü DTA Termal Analiz Değerleri (Kusiorowski & Zaremba, 2012)

Krizotil asbestteki (Şekil 3.13.) endotermik pikler 700-730 °C da gözlenmiştir. Bu asbest türünün kaynağına farketmeksizin 600-800 °C sıcaklıklarda krizotilin kimyasal suyu ortadan kalkar. Bunun sonucunda 820-830 °C piklerde krizotil yapısı tamamen değişir, ilk olarak metakrisotile daha sonrasında malzemede kristalleşme meydana gelerek forsterit oluşur.

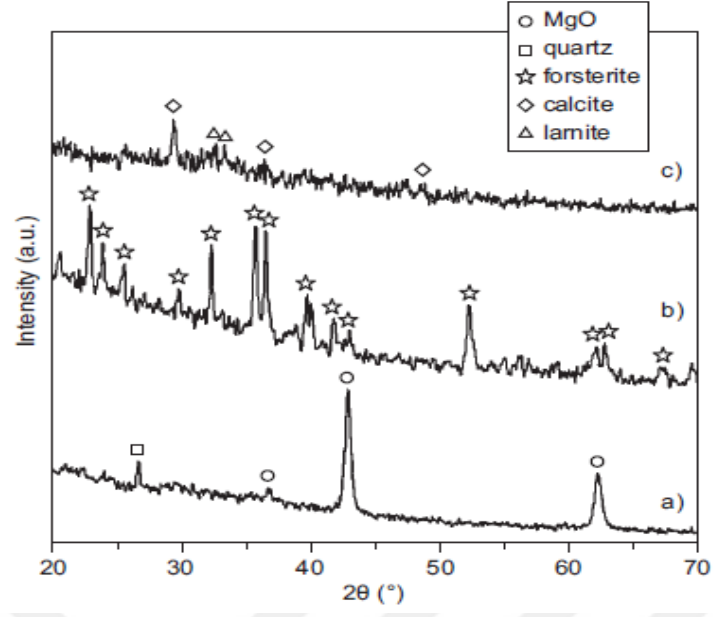
Amosit asbest bu işlemde yoğun kırılğan bir yapıya dönüşmesi dikkat çekicidir. Krizotil asbest ve amfibol asbestin termal analizlerdeki kütle kaybı ve bozunması ile ilgili veriler, krosotil asbeste göre oldukça azdır. Örneğin, Krosidolit tespit edilen numunelerde TG eğrileri, 410–420 °C'de ekzotermik bir pik, 895–910 °C'de kütle kaybıyla keskin bir endotermik pik gösterir (Kusiorowski ve Zaremba,2012).

Rietveld X-Işını kırınım analizi (XRD) numuneler hakkında ayrıntılı bilgi sağlayan bir analiz yöntemidir. Maddenin kristal yapısı ve bileşimi ile ilgili ayrıntılı sonuçlar hazırlar.

Şekil 3.14 de krisotil $Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$ asbest türüne ait r-XRD grafikleri görülmektedir. Birinci Grafikte asbest, çimento bileşenleri olan Brusit $Mg(OH)_2$ ve portlant $Ca(OH)_2$ ile birlikte tespit edilmiştir. İkinci grafikte ise krisotil asbest, ana bileşen forsterit Mg_2SiO_4 olarak tespit edilmiştir (Kusiorowski & Zaremba,2012).



Şekil 3.14. Krisotil Türü Asbeste Ait R-XRD Grafiği I



Şekil 3.15. Krisotil Türü Asbeste Ait R-XRD Grafiği II

Yapılan araştırmalara göre numunelerin içerisindeki asbest ve türevleri ayrıntılı şekilde açıklanmıştır. Bu analizler içerisinde krizotil türü asbest tespit edilmiştir(Kusiorowski & Zaremba, 2012).

4. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal ve Yöntem

İş sağlığı ve güvenliği açısından yapı sektöründe çalışanlar, özellikle inşaat ve yıkıntı atıklarının bertarafı sürecinde tehlikeli madde olan asbest ve türlerine maruz kalmaktadırlar. Bunun tespiti için, araştırma yeri olarak belirlenen Yozgat ilinde yapımı devam eden inşaatlardan ve kentsel dönüşüm nedeniyle yıkılmaya başlanan binalardan meydana gelen inşaat ve yıkıntı atıklarından alınan numuneler üzerinde tehlikeli atık olarak asbest miktarının belirlenmesi için Rietveld XRD, TGA/DTG ve FT-IR analizleri yapılmıştır. Alınan bu numuneler sırasıyla Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi - Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne (KİTAM) ve Çorum Hitit Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi'ndeki laboratuvarlara gerekli ölçüm ve analizler için gönderilmiştir.

Araştırmada özellikle kentsel dönüşüm bölgeleri dikkate alınarak Yozgat ili Menekşe Evleri'nin bulunduğu 52 bin 170 metrekare alanda bulunan 53 adet müstakil 2 katlı yaklaşık 40 yıllık binalardan alınan 3 adet numunede ve Yozgat ili Bahçeşehir Mahallesi'nde yapımı devam eden konuttan alınan 1 adet numunede analizler yapılmıştır. Özellikle numune alınacak yerler için ilin farklı bölgelerindeki inşaat sahaları gezildi ve farklı mevkilerden ve farklı yapı şirketlerinin faaliyetleri olan sahalardan alındı.

Numuneler ilk moloz olarak toplanmış ve her bir numuneye bir kod numarası eklenmiştir. Rietveld XRD, TGA/DTA ve FT-IR Analiz işlemlerinin daha net sonuçlar sağlamasında kütlelerin olabildiğince küçültülmesi veya öğütülmesi gerekmektedir. Moloz, sıva atığı, harç malzeme atığı, alçı, seramik ve beton kolon atığı vb. malzemeler bir agat havan içerisinde öğütülüp toz haline getirilmiştir. Bu analiz sürecinde öğütülmüş malzemelerin ve numunelerin alındığı binaların resimleri aşağıda gösterilmiştir (Resim 4.1; Resim 4.2; Resim 4.3; Resim 4.4; Resim 4.5; Resim 4.6; Resim 4.7; Resim 4.8).



Resim 4.1. 1 Nolu Yozgat Bahçelievler Mahallesi Yeni İnşaat Alanı Bina Dışı



Resim 4.2. 1 Nolu Numune Yozgat Bahçelievler Mahallesi Sıva Malzemesi



Resim 4.3. 2 Nolu Numune Yozgat Menekşe Evleri Kentsel Dönüşüm Bina Dışı



Resim 4.4. 2 Nolu Numune Yozgat Menekşe Evleri Kentsel Dönüşüm Mutfak Atığı



Resim 4.5. 3 Nolu Numune Yozgat Menekşe Evleri Kentsel Dönüşüm Bina Dışı



Resim 4.6. 3 Nolu Numune Yozgat Menekşe Evleri Kentsel Dönüşüm Çimento Harcı



Resim 4.7. 4 Nolu Numune Yozgat Menekşe Evleri Kentsel Dönüşüm Bina Dışı



Resim 4.8. 4 Nolu Numune Yozgat Menekşe Evleri Kentsel Dönüşüm Kolon Malzemesi

4.1.1. FT-IR Analizi

FT-IR analizi mineralin veya malzemenin yapısı ve malzemeye ait özelliklerin tespiti için en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntem kullanılarak organik moleküllerin yapı ve özelliklerini terşhis ederek diğer malzemelerle veya bileşiklerle olan farklılıkları belirlenir. FTIR spektroskopisi asbest ve türlerinin varlığının belirlenmesinde çokça tercih edilen bir analiz yöntemidir.



Resim 4.9. FTIR Analiz Cihazının Özellikleri

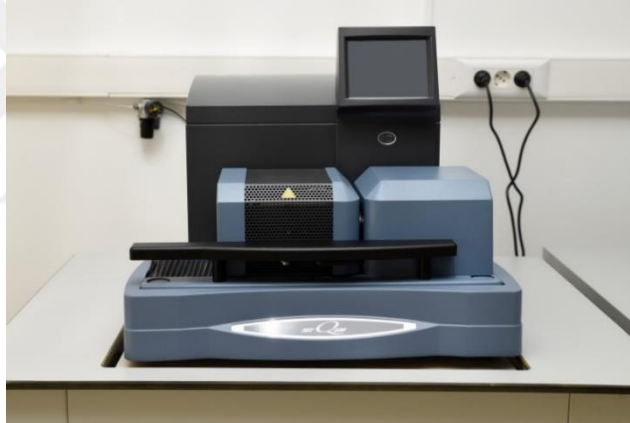
- Spektrum Aralığı: 4000 - 400 cm^{-1}
- Çözünürlük: 0.9 cm^{-1}
- Dalgaboyu Doğruluğu: 0.01 cm^{-1}

- Fotometrik Doğruluk: 0.1 % T
- Detektör: Digtect, DLATGS
- Ağırlık: 37 kg

Cihazın kullanım alanları (Resim 4.9), Mmalzeme tanımlama ve doğrulama, Katkı tanımı ve miktarı, Moleküler parçalanma değerlendirmesi ve İki farklı ürün karşılaştırarak benzerlik oranlarının hesaplanması vb. alanlarıdır.

4.1.2. Termal Analiz TGA/DTG

Termogravimetri, analizi yapılacak malzemenin belirli bir sıcaklık veya geçen süreye-zamana bağlı olarak meydana gelen malzemedeki kütle kaybının belirlenmesinde başvurulan güvenilir bir analiz yöntemidir. TGA / DTG eşzamanlı bir tekniktir. Numunenin kütsel değişimi ve sıcaklık farkları bu analiz sürecinde ölçülür. Analiz sonucu oluşan grafikte TG eğrileri vardır. Bunlar numunenin sıcaklığa bağlı olarak kütsesindeki kaybı malzemenin termal kararlılığını göstermektedir.



Resim 4.10. Termogravimetrik Analiz-Diferansiyel Termal Analiz (TGA - DTG) Cihazı

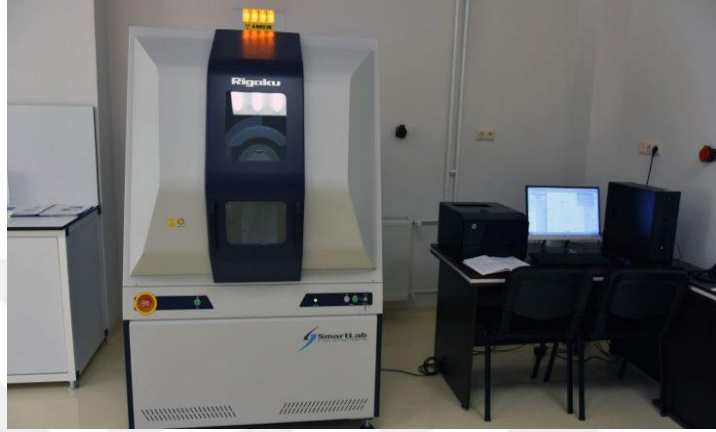
Termik Analiz TGA/DTG için kullanılan cihaz özellikleri (Resim 4.10):

- Termogravimetrik Analiz - Diferansiyel Termal Analiz (TGA - DTG)
- Marka / Model: Mettler – Toledo / TGA / DSC 1 HT
- Sıcaklık Aralığı: 25 °C - 1600 °C
- Isıtma zamanı: 10 dak (25 °C - 1600 °C)
- Soğutma zamanı: 27 dak (1600 °C - 25 °C)

Termogravimetrik Analiz Cihazı; Isı Kapasitesi, Kütle kaybı, Oksitlenme, Erime Sıcaklığı, Süblimleşme ve Bozulma Sıcaklığı gibi konularda uygulanabilir ve değerlendirme yapılabilir.

4.1.3. Rietveld XRD Analizi: X-Işını Kırınım Yöntemi

Bu cihaz numunede bulunan malzemedeki kristallerin yapı ve özelliklerine göre X-ışınlarının özel bir karakteristik bir düzen içerisinde kırılmasını sağlar. Bu analiz yöntemi kullanılarak numunenin hem yapısal özellikleri hemde sayısal miktarları tespit edilir ve herhangi bir tahribat bu süreçte incelenen numunede gerçekleşmez. Bu cihaz genellikle seramik ve çimento sanayiinde, arkeolojik kazı çalışmalarında, metal, alaşım ve kayaç analizlerinde kullanılır.



Resim 4.11. X-Işını Kırınım Yöntemi (XRD) X-Işını Difraktometre Cihazı

Cihazın Özellikleri (Resim 4.11);

- Rigaku Smart Lab X-Işını Difraktometresi
- Paralel odak ışın geometrisi değişik kalınlıklardaki ince filmlerden standart $\theta/2\theta$ ($2\theta=2-90^\circ$ aralığında) grazing açısı (GIXD-minimum 0.1°)

Tablo 4.1. X-Işını Kırınım Yöntemi (XRD) X-Işını Difraktometre Cihazı Özellikleri

Measurement conditions			
X-Ray	40 kV , 30 mA	Scan speed / Duration time	1.0000 deg/min
Goniometer	SmartLab	Step width	0.0100 deg
Attachment	Standard	Scan axis	Theta/2-Theta
Filter	Cu_K-beta	Scan range	5.0000 - 90.0000 deg
CBO selection slit	BB	Incident slit	1/2deg
Diffrected beam mono.	None	Length limiting slit	10.0mm
Detector	SC-70	Receiving slit #1	1/2deg
Scan mode	CONTINUOUS	Receiving slit #2	0.300mm

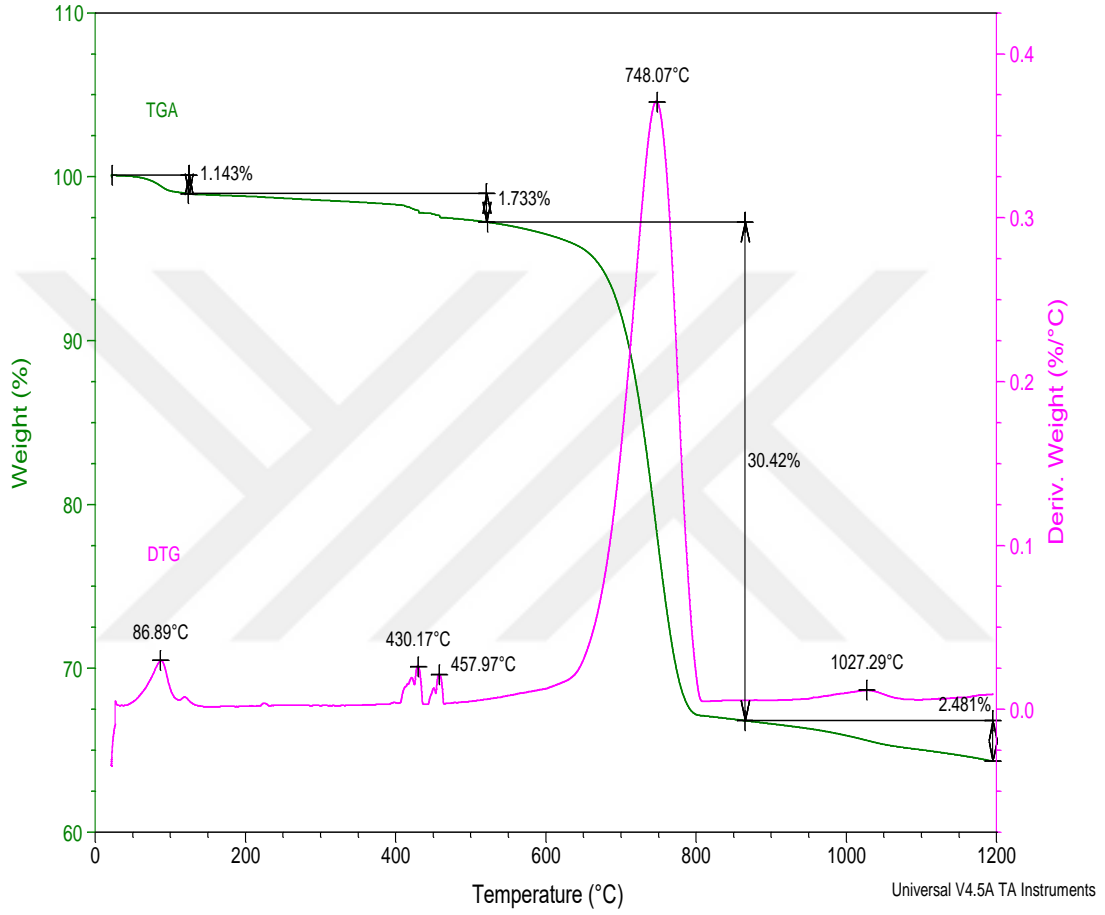
Yukarıdaki tabloda (Tablo 4.1.) X-ışını kırınım yöntemi (XRD) X-ışını difraktometre cihazı özellikleri belirtilmektedir.

5. BÖLÜM

BULGU VE TARTIŞMA

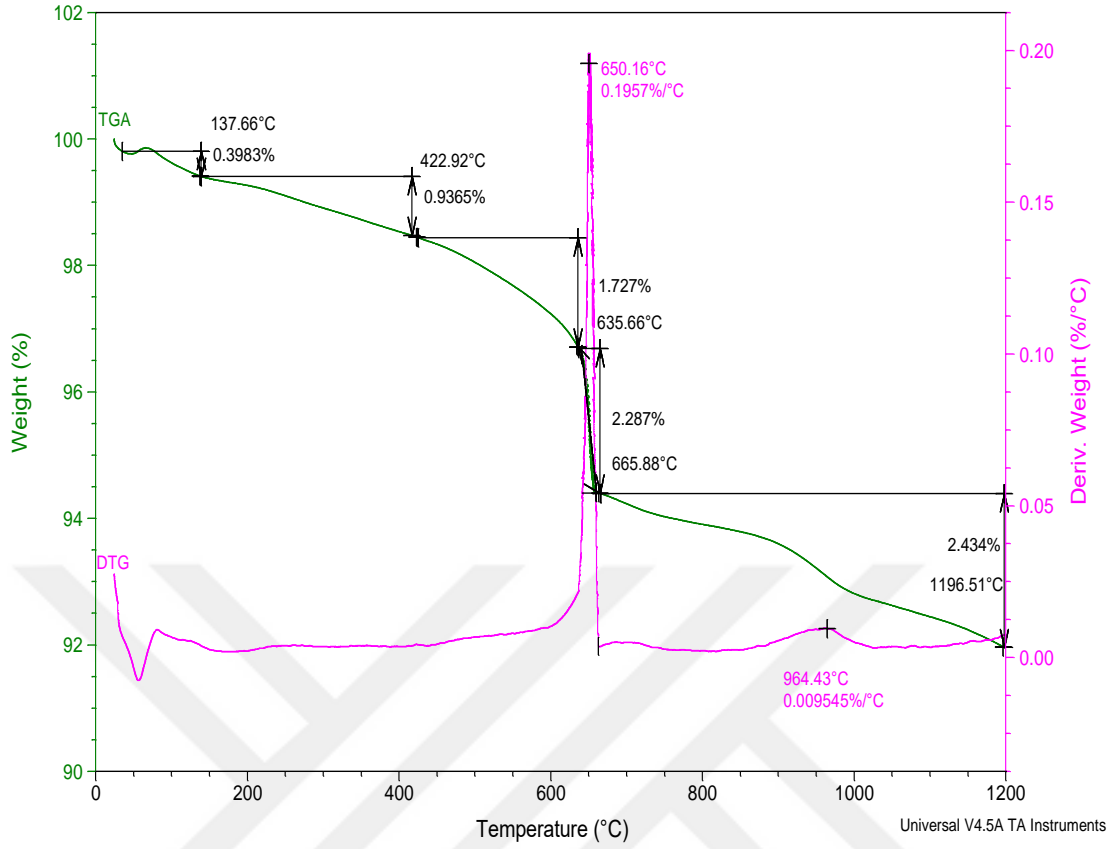
5.1 Termal Analiz Verileri

Numunelere ait TGA/DTA termik analiz grafikleri Şekil 5.1-5.4'te verilmiştir.



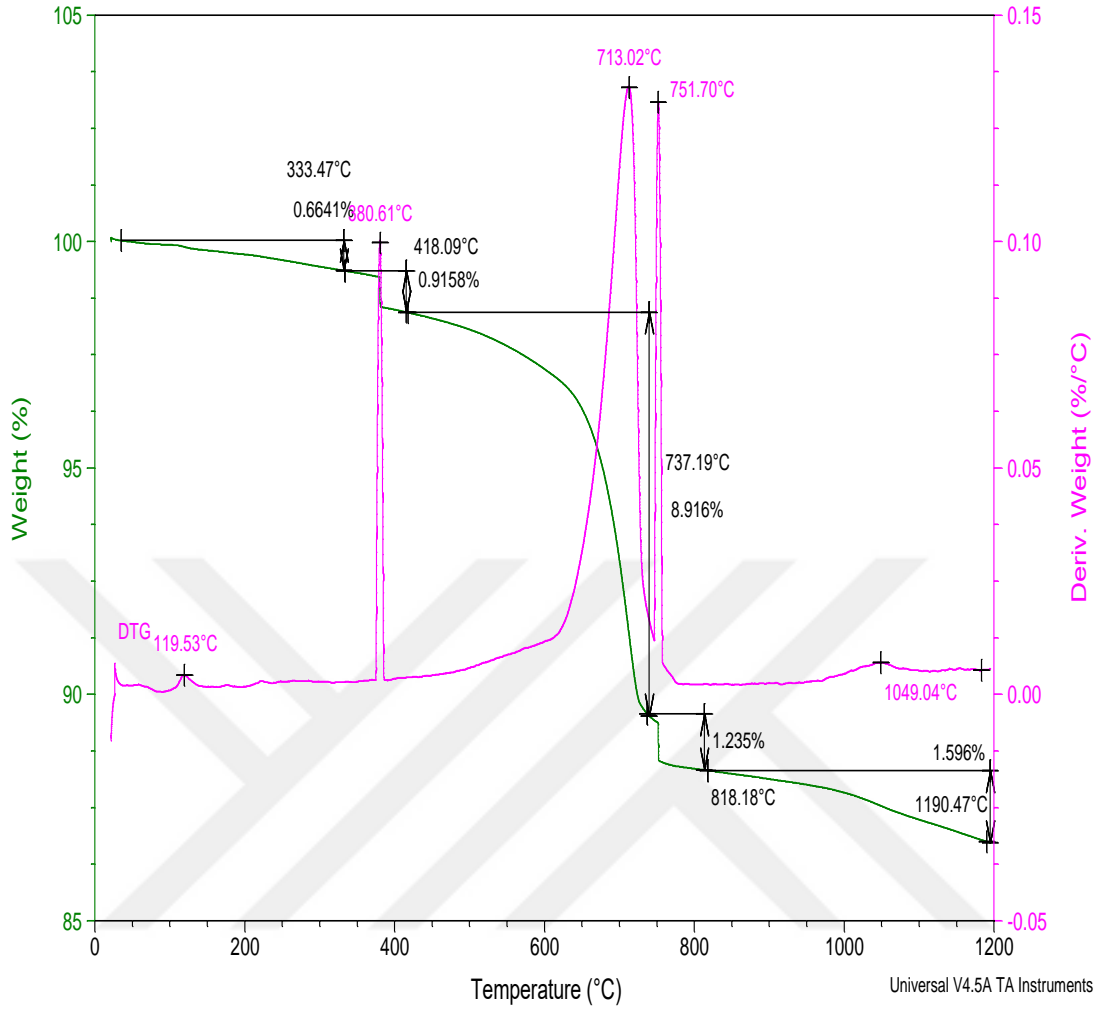
Şekil 5.1. 1 Numaralı Bileşiğin Termik Analizi

Şekil 5.1' de 1 numaralı bileşiğe ait termal analiz eğrisi incelendiğinde 86 °C'de %1.143 ile su kaybı ardından 430°C, 457 °C ve 748 °C'de %1.73 ve %30.42 lik kütle kaybı ile asbestin parçalanması sonucu oluşan magnezyum oksiklorür, çimento bileşeni olan kalsiyum hidroksit ve silisyum dioksit kaybından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Kusiorowski ve Zaremba, 2018).



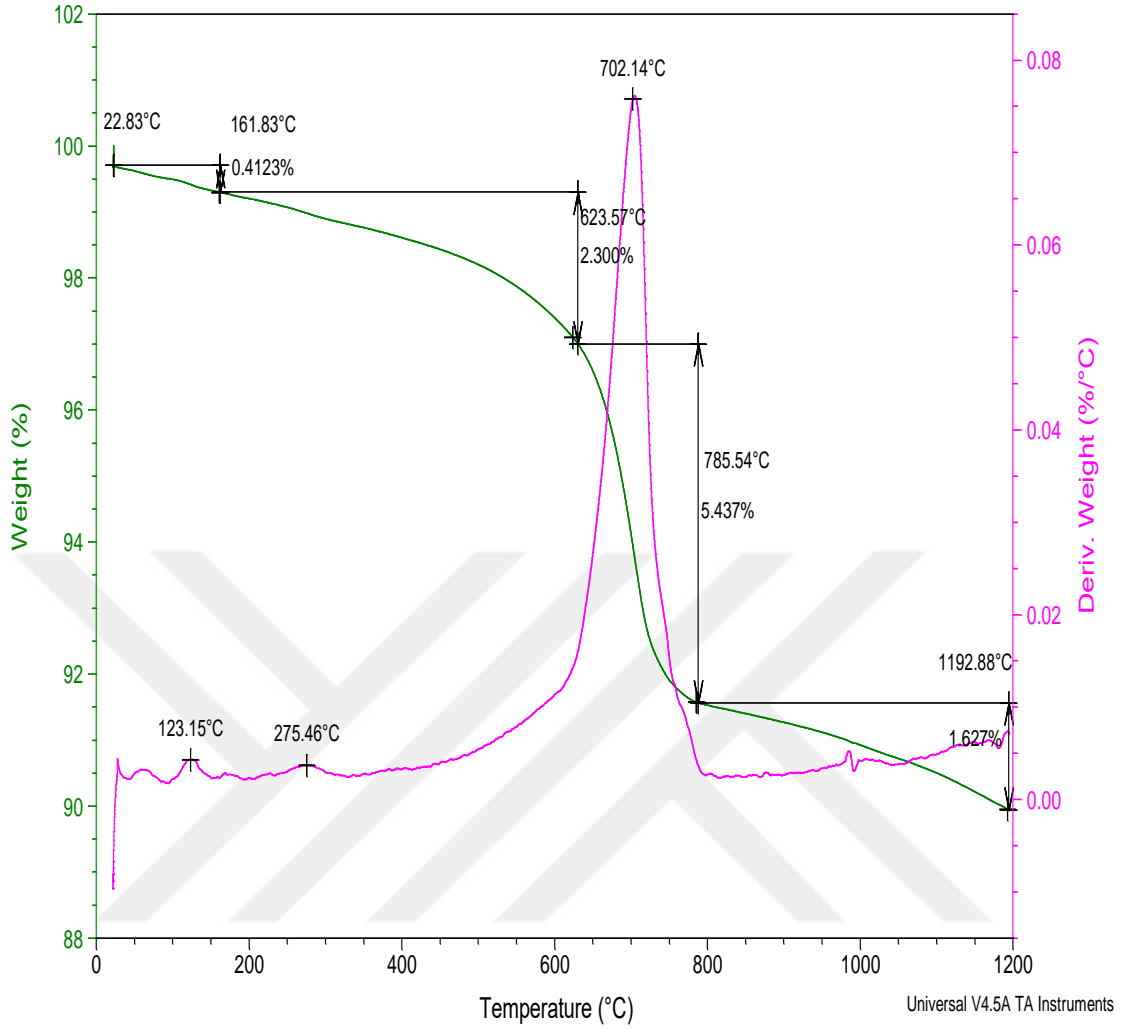
Şekil 5.2. 2 Numaralı Bileşiğin Termik Analizi

Şekil 5.2. de 2 numaralı bileşiğin Termal analiz eğrisi incelendiğinde toplam kütle kaybı %8 olarak tespit edilmiştir. 137°C'de %0.39 kütle kaybı ile yapıdan uzaklaşan fiziksel suyun varlığı görülürken, 422°C ve 650 °C'de asbestin parçalanması sonucu oluşan Mg(OH)₂, Ca(OH)₂ kütle kayıpları görülmektedir. R-XRD verileri sonucunda yapıda %36 Antofilit ve %22 tremolit türü asbestin varlığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.3. 3 Numaralı Bileşiğin Termik Analizi

Şekil 5.3 'te 3 numaralı bileşiğin Termal analiz eğrisi incelendiğinden 119 °C'de %0,6 kütle kaybı il yapıdan suyun uzaklaştığı düşünülmektedir. Toplam kütle kaybı %13,3 olarak gerçekleşmiştir. 713 °C' ve 751 °C'de krisolit asbest türüne ait olduğu ve forsterit Mg_2SiO_4 'e dönüştüğü düşünülmektedir (Kusiorowski ve Zaremba,2018). R-XRD sonuçlarına bakıldığı zaman krisolit, antofilit ve tremolit türü asbestin varlığı tespit edilmiştir.



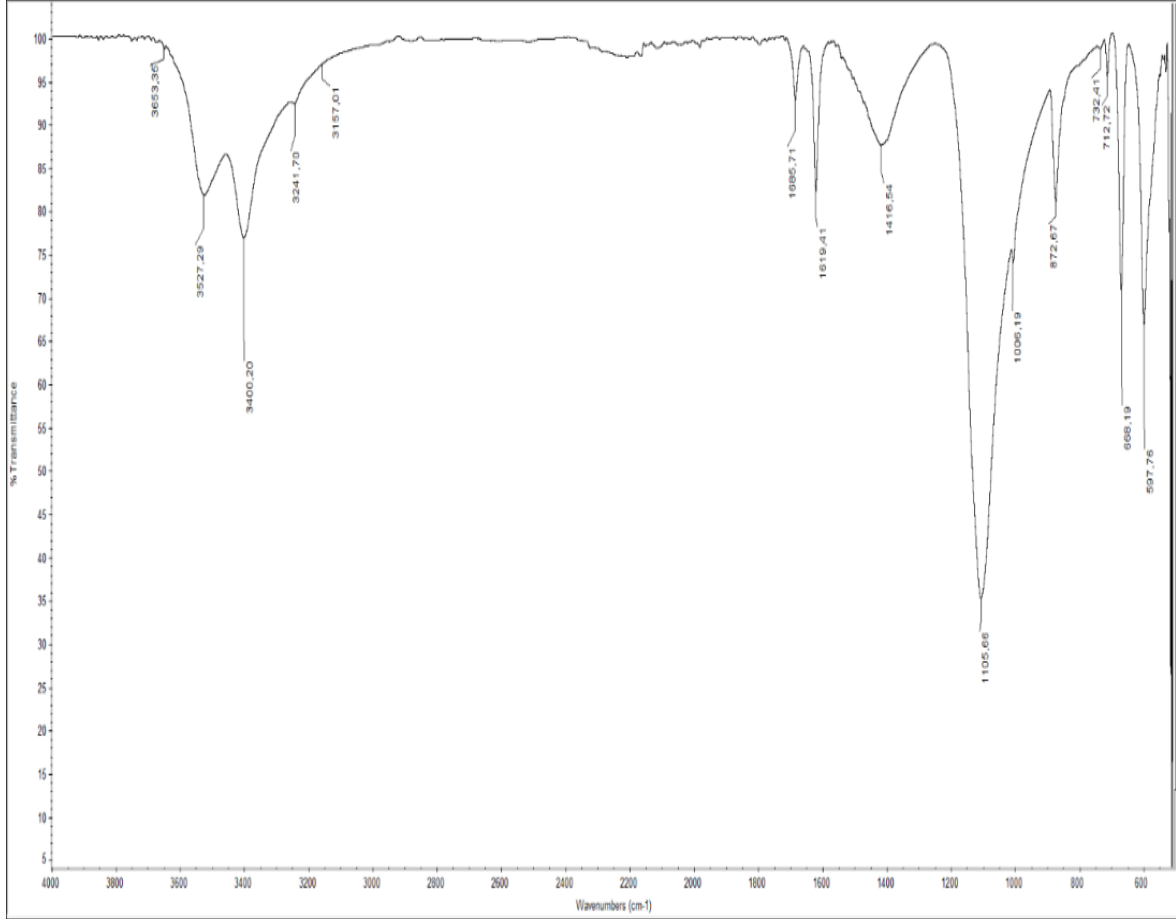
Şekil 5.4. 4 Numaralı Bileşiğin Termik Analizi

Şekil 5.4' te 4 numaralı bileşiğin termal analiz eğrisi incelendiğinde asbest mineralinden kaynaklanan karakteristik pik olan 600-800 °C arasında görülen %5.43 kütle kaybı, R-XRD sonuçları ile de uyumludur. R-XRD sonuçlarına göre çimento artığı içerisinde Antofilit %5, Krisolit %15 ve tremolit %15 oranında tespit edilmiştir. Toplam kütle kaybı %9,75 olup, çimento yapısı inorganik içerikli maddelerden oluştuğu için beklenildiği üzere düşük çıkmıştır.

5.2. FT-IR Spektroskopik Verileri

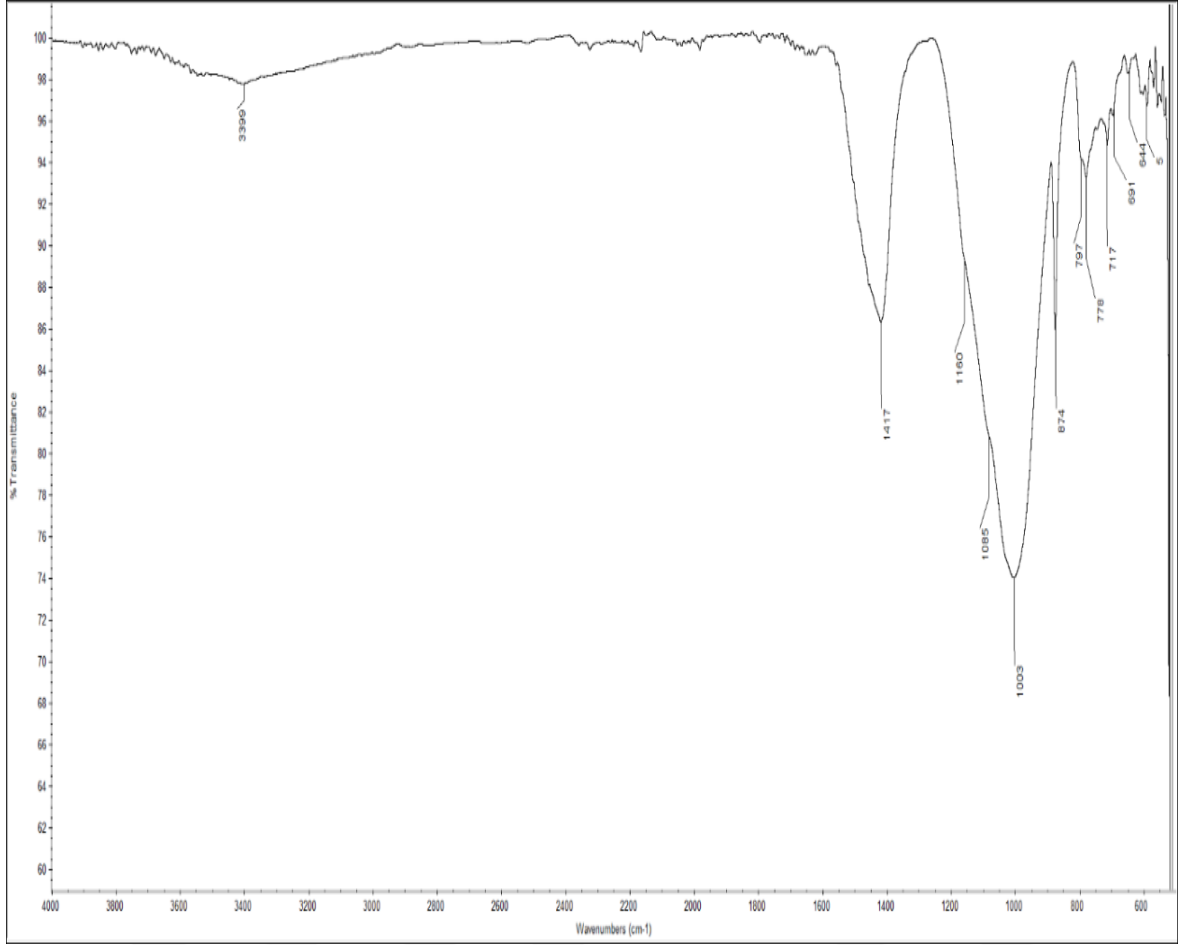
1-4 numaralı bileşiklerine ait IR spektrumları (Şekil 5.5 - Şekil 5.8) incelendiğinde OH gruplarına ait gerilme pikleri 3600-3200 cm^{-1} bölgesinde yayvan pikler şeklinde tespit edilmiştir. 2, 3 ve 4 numaralı bileşiklerde asbest varlığı Termal analiz ve R-XRD ile tespit

edilmiş olup, bu bileşiklerin IR spektrumu incelendiğinde asbest varlığından kaynaklanan Si-O gerilme pikleri sırasıyla 1003, 1006 ve 1004 cm^{-1} de tespit edilmiştir (Stănescu-Dumitru, 2018). 400-600 cm^{-1} bölgesinde asbest türevlerinden kaynaklanan OH düzlem dışı eğilme piklerinin varlığı tespit edilmiştir (Ventura 2018).



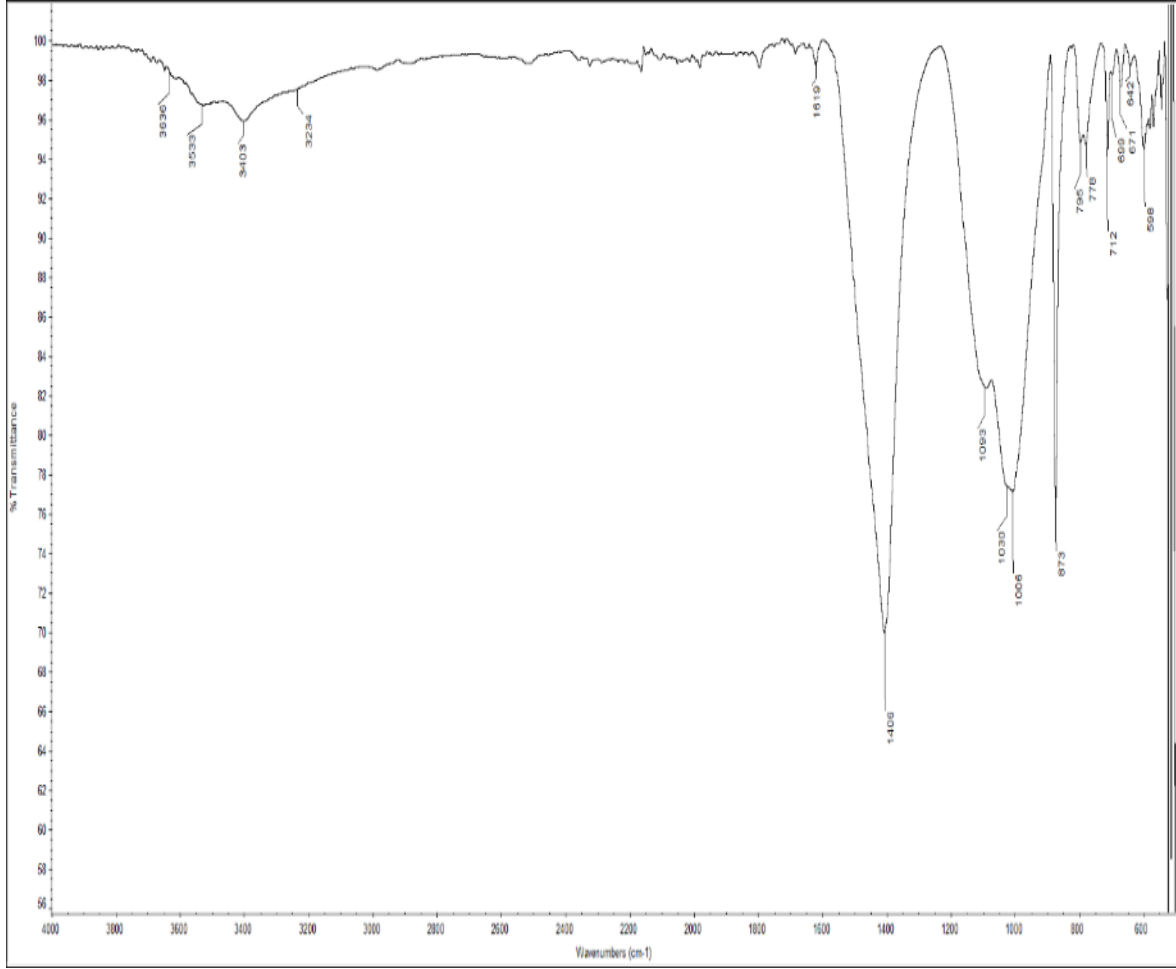
Şekil 5.5. 1 Numaralı Bileşiğin IR Spektrumu

Şekil 5.5' te 1 numaralı sıva alçı atığının IR spektrumu incelendiğinde 3527 cm^{-1} ve 3400 cm^{-1} 'de O-H gerilme piki gözlenmiştir. O-H eğilme pikleri ise 1416 cm^{-1} 'de tespit edilmiştir. 1105 cm^{-1} 'de Si-O gerilme pikleri, 597 ve 667 cm^{-1} 'de ise Ca-O ve Mg-O gerilme pikleri gözlenmiştir. 1 numaralı numune yeni binadan alınan alçı atığı örneği olup, içerisinde asbest miktarı tespit edilmemiştir. IR spektrumu diğer asbest türlerinin IR verileri ile karşılaştırıldığı zaman krizotil türü asbestin IR spektrumu ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Ancak R-XRD de çimento bileşenlerine ait diğer veriler gözlenmiştir. Krizotile ait bir veri tespit edilmemiştir.



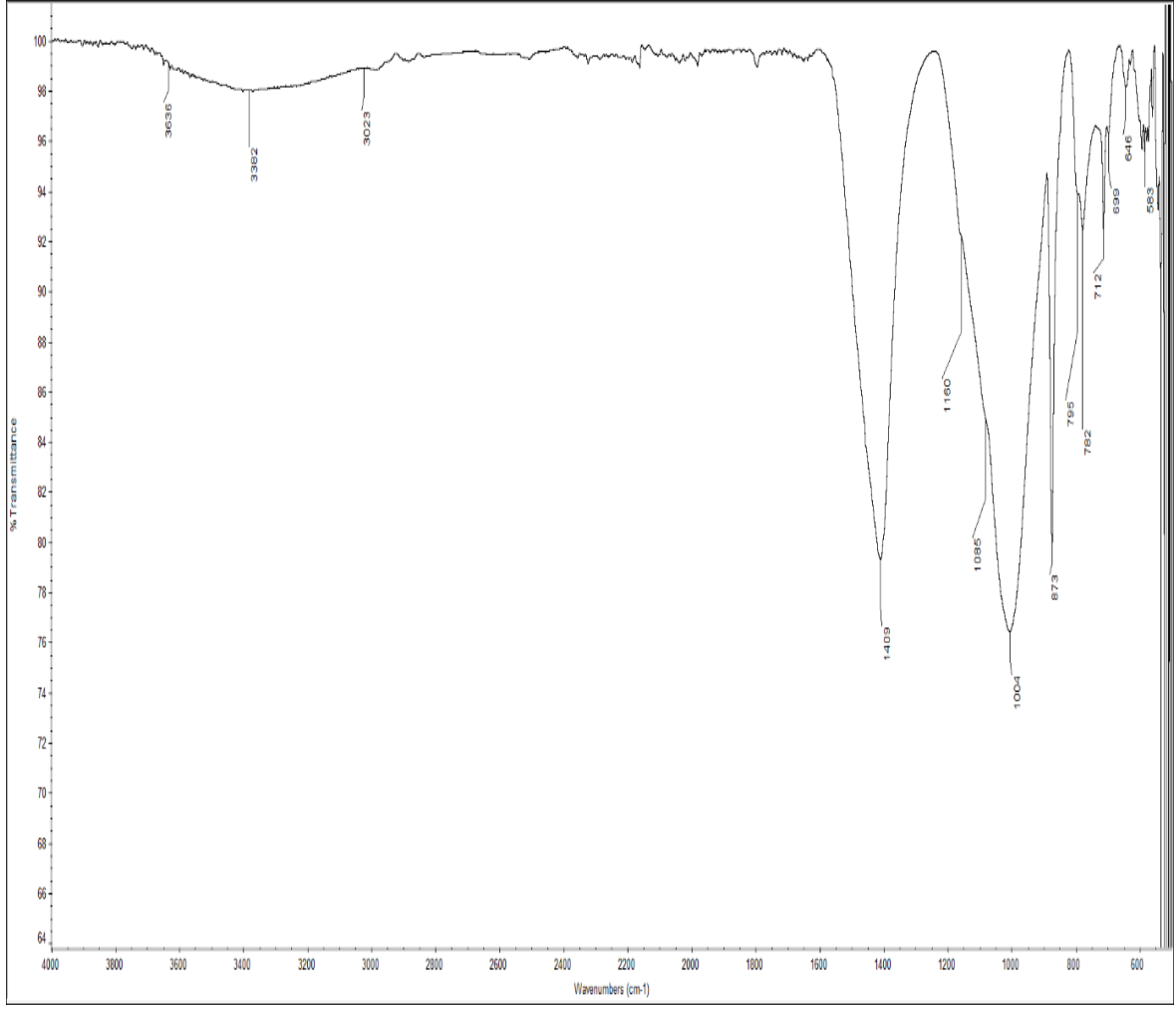
Şekil 5.6. 2 Numaralı Bileşiğin IR Spektrumu

Şekil 5.6' da 2 numaralı inşaat atığının IR spektrumu incelendiğinde 3599 cm^{-1} yayvan bir pik şeklinde O-H gerilme piki gözlenmiştir. O-H eğilme pikleri ise 1417 cm^{-1} 'de tespit edilmiştir. 1003 cm^{-1} 'de Si-O gerilme pikleri, 778 ve 644 cm^{-1} 'de ise Ca-O ve Mg-O gerilme pikleri gözlenmiştir. 2 numaralı numune eski binadan alınan mutfak seramik atığı örneği olup, içerisinde asbest türü tespit edilmiştir. R-XRD de Antofilit ($\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) ve tremolit ($\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) türü asbest varlığı tespit edilmiştir. Elde edilen IR spektrumu verilerinin literatür ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir (Ventura, 2018).



Şekil 5.7. 3 Numaralı Bileşiğin IR Spektrumu

Şekil 5.7' de 3 numaralı inşaat atığının IR spektrumu incelendiğinde 3533 cm^{-1} ve 3403 cm^{-1} yayvan bir pik şeklinde O-H gerilme piki gözlenmiştir. O-H eğilme pikleri ise 1406 cm^{-1} 'de kuvvetli bir pik şeklinde tespit edilmiştir. 1030 cm^{-1} 'de Si-O gerilme pikleri, 712 ve 599 cm^{-1} 'de ise Ca-O ve Mg-O gerilme pikleri gözlenmiştir. 3 numaralı numune eski binadan alınan çimento atığı örneği olup, içerisinde 3533 cm^{-1} ve 3403 cm^{-1} ; 1030 cm^{-1} 'de ve 712 ve 599 cm^{-1} de ki piklerden asbest varlığı tespit edilmiştir. R-XRD sonuçlarında da Krisotil ($\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), Antofilit ($\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) ve tremolit ($\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) türü asbest varlığı gözlenmiştir. Elde edilen IR spektrumu verilerinin literatür ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir (Ventura, 2018, Stănescu-Dumitru, 2008)



Şekil 5.8. 4 Numaralı Bileşiğin IR Spektrumu

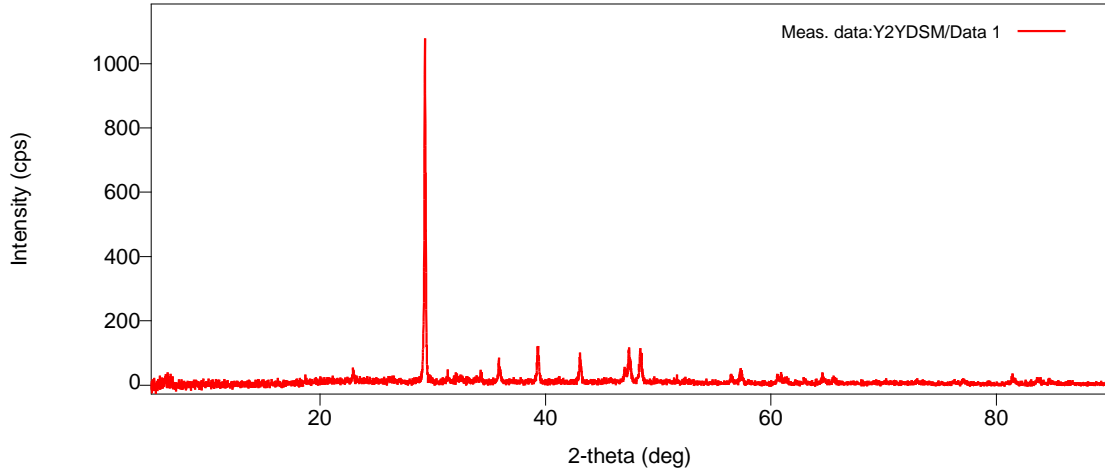
Şekil 5.8' de 4 numaralı inşaat atığının IR spektrumu incelendiğinde 3282 cm^{-1} yayvan bir pik şeklinde O-H gerilme piki gözlenmiştir. O-H eğilme pikleri ise 1409 cm^{-1} 'de kuvvetli bir pik şeklinde tespit edilmiştir. 1004 cm^{-1} 'de Si-O gerilme pikleri, 782 ve 699 cm^{-1} 'de ise Ca-O ve Mg-O gerilme pikleri gözlenmiştir. 4 numaralı numune eski binadan alınan çimento atığı örneği olup, içerisinde 3282 cm^{-1} ; 1004 cm^{-1} 'de ve 782 ve 699 cm^{-1} de ki piklerden asbest varlığı tespit edilmiştir. R-XRD sonuçlarında da Krisotil ($\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), Antofilit ($\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) ve tremolit ($\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) türü asbest varlığı gözlenmiştir. Elde edilen IR spektrumu verilerinin literatür ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir (Ventura, 2018, Stănescu-Dumitru, 2008)

5.3 Rietveld XRD Analiz Verileri

Rietveld XRD Analiz sonuçları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. 1 numaralı numunenin analiz sonuçları incelendiğinde içerisinde yer alan bileşenlere ait veriler görülmektedir. Kalsit (CaCO_3), Kristobalite (SiO_2), Portlandit (Ca(OH)_2), Periklas (MgO) ve Brusit (Mg(OH)_2) türü bileşenler tespit edilmiştir. (Tablo 5.1.)

Tablo 5.1. 1 Numaralı Bileşiğin Kalitatif Analiz Sonuçları

Qualitative analysis result				
Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Calcite	C Ca O3	0.577	User (COD)	9009667
Calcite	C Ca O3	1.614	User (COD)	9000966
Calcite	C Ca O3	1.348	User (COD)	9009668
Calcite	C Ca O3	1.515	User (COD)	9000968
Calcite	C Ca O3	0.943	User (COD)	9007687
C Ca O3	C Ca O3	2.710	User (COD)	2100189
Cristobalite	O2 Si	0.940	User (COD)	9013427
Cristobalite	O2 Si	1.536	User (COD)	9013426
Portlandite	Ca (O H)2	1.555	User (COD)	1008780
Periclase	Mg O	1.195	User (COD)	9013238
Calcite	C Ca O3	1.115	User (COD)	9000965
calcite	Ca (C O3)	1.146	User (RigakuDemo2013)	2
Calcite	C Ca O3	0.484	User (COD)	9000095
Periclase	Mg O	1.107	User (COD)	9013271
Brucite	Mg H2 O2	1.475	User (COD)	9002351
Phase name	Formula	Space group	Phase reg. detail	DB card number
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9009667
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9000966
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9009668
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9000968
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9007687
C Ca O3	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	2100189
Cristobalite	O2 Si	14 : P121/c1,unique-b,cell-1	User (COD)	9013427
Cristobalite	O2 Si	14 : P121/c1,unique-b,cell-1	User (COD)	9013426
Portlandite	Ca (O H)2	164 : P-3m1	User (COD)	1008780
Periclase	Mg O	225 : Fm-3m	User (COD)	9013238
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9000965
calcite	Ca (C O3)	167 : R-3c,hexagonal	User (RigakuDemo2013)	2
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9000095
Periclase	Mg O	225 : Fm-3m	User (COD)	9013271
Brucite	Mg H2 O2	164 : P-3m1	User (COD)	9002351



Şekil 5.9. 1 Numaralı Bileşiğin Yoğunluk Grafiği

Tablo 5.2. 1 Numaralı Bileşiğin Yoğunluk Pikleri

Peak list							
No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Size(ang.)	Phase name	Chc. form.
1	22.9157	3.87772	1.84724	0.127679	663.071	Calcite(0,1,2),C	C Ca O3,C
2	29.304(4)	3.0453(4)	787(36)	0.117(4)	733(24)	Calcite(1,0,4),C	C Ca O3,C
3	31.3427	2.85169	1.73428	0.127679	674.946	Calcite(0,0,6),C	C Ca
4	32.1579	2.78124	25.1086	0.127679	676.313	Unknown	Unknown
5	34.249(9)	2.6160(7)	27(7)	0.075(18)	1163(282)	Calcite(1,1,3),P	C Ca
6	35.880(8)	2.5008(6)	57(10)	0.102(14)	856(114)	Calcite(1,1,0),c	C Ca
7	39.299(14)	2.2908(8)	80(12)	0.156(15)	564(53)	Calcite(1,1,3),C	C Ca O3,C
8	43.057(9)	2.0991(4)	67(11)	0.107(15)	832(119)	Calcite(2,0,2),c	C Ca
9	47.025(16)	1.9308(6)	28(7)	0.13(3)	709(190)	Calcite(0,2,4),C	C Ca O3,C
10	47.418(11)	1.9157(4)	91(12)	0.124(14)	728(82)	Calcite(0,1,8),c	C Ca
11	48.400(7)	1.8791(3)	86(12)	0.137(12)	663(56)	Calcite(1,1,6),C	C Ca O3,C
12	53.5051	1.71125	14518.4	0.127679	727.756	Calcite(0,0,12),	C Ca
13	56.443(8)	1.6289(2)	24(6)	0.12(3)	793(182)	Calcite(2,1,1),C	C Ca O3,C
14	57.32(3)	1.6061(6)	28(7)	0.19(3)	499(85)	Calcite(1,2,2),C	C Ca
15	60.5386	1.52817	21.3338	0.127679	752.44	Calcite(2,1,4),C	C Ca O3,C
16	61.0031	1.51764	37.4403	0.127679	754.23	Calcite(2,0,8),C	C Ca O3,C
17	64.58(5)	1.4419(9)	13(5)	0.23(6)	432(112)	Calcite(3,0,0),C	C Ca O3,C
18	77.127(19)	1.2357(3)	10(4)	0.21(6)	496(145)	Calcite(1,1,12),	C Ca
19	81.40(3)	1.1813(4)	17(5)	0.24(4)	452(74)	Calcite(2,1,10),	C Ca O3,C
20	83.67(2)	1.1548(3)	10(4)	0.25(6)	451(111)	Calcite(1,3,4),C	C Ca O3,C

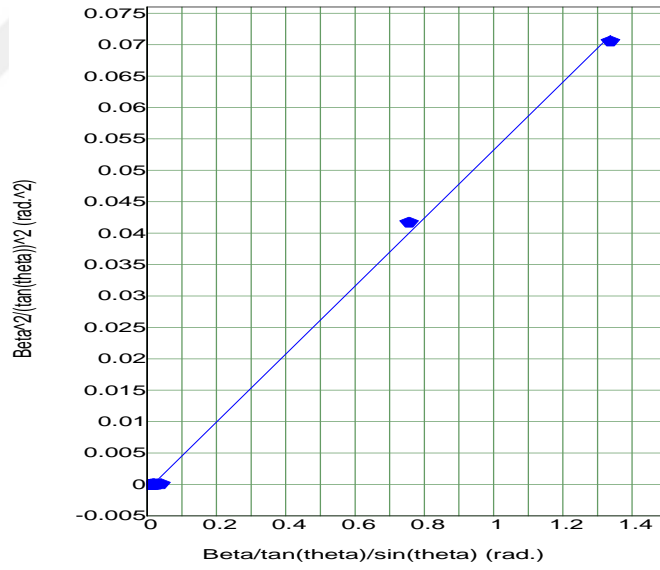
Şekil 5.9. - Tablo 5.2. 'deki her pik noktasının yerini, yüksekliğini ve genişliğini kristal yapısındaki atomik pozisyonlarını yoğunluk piklerinden tespit edebiliriz. Bileşiğin kristal boyutuna ve kafes gerilimlerine bağlı olarak piklerin maksimum yarısı tam genişliği (FWHM) değişiklik göstermektedir. Numunenin ayrıştırılmış toz halinde olması bileşiğin yoğunluğunu da azaltmaktadır.

Tablo 5.3. 1 Numaralı Bileşiğin Kristal Yapısı ve Kafes Gerilimleri

Crystallite size and lattice strain

Williamson-Hall method

Phase name	Crystallite size(A)	Distribution RSD	Strain(%)
Calcite	29.9(3)	-	0.000000
Calcite	0.0000	-	0.0000
Calcite	0.0000	-	0.0000
Calcite	0.0000	-	0.0000
Calcite	0.0000	-	0.0000
C Ca O3	0.0000	-	0.0000
Cristobalite	0.0000	-	0.0000
Cristobalite	0.0000	-	0.0000
Portlandite	0.0000	-	0.0000
Periclase	0.0000	-	0.0000
Calcite	0.0000	-	0.0000
calcite	0.0000	-	0.0000
Calcite	0.0000	-	0.0000
Periclase	0.0000	-	0.0000
Brucite	0.0000	-	0.0000



Şekil 5.10. 1 Numaralı Bileşiğin Gerilim Grafiği

Aşağıda yer alan Tablo 5.4. ve Tablo 5.5. 'te 1 numaralı bileşiğin miktar analizi sonuçları ile kristal yapı analiz sonuçları verilmektedir.

Tablo 5.4. 1 Numaralı Bileşiğin Miktar Analizi Sonuçları

Quantitative analysis results (RIR)	
Phase name	Content(%)
Calcite	21(19)
Calcite	17(18)
Calcite	7(12)
Calcite	9(8)
Calcite	2(3)
C Ca O3	10(9)
Cristobalite	3(11)
Cristobalite	8(21)
Portlandite	1.3(12)
Periclase	2(2)
Calcite	2(2)
calcite	18(17)
Calcite	0.01(19)
Periclase	0(36)
Brucite	0.2(3)

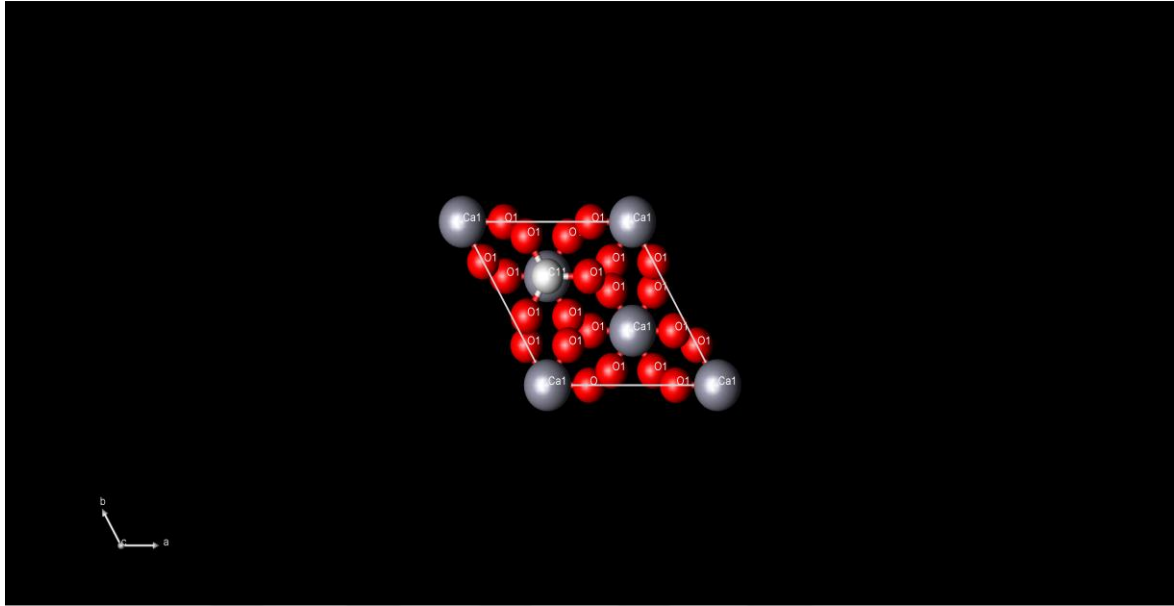
Miktar analiz sonuçlarında elde edilen veriler, 1 nolu numunede yoğun oranda Kalsit (CaCO_3) bileşiği görülmektedir. Tablo 5.4.'te %12 oranında silikanın kristal yapıda olan türü Kristobalit (SiO_2) varlığı görülmektedir. Literatürde GHS08 sembolü ile birlikte gösterilmekte ve çalışanlarda solunum tehlikesine işaret etmektedir.

Tablo 5.5. 1 Numaralı Bileşiğin Kristal Yapı Analiz Sonuçları

Crystal structure analysis results				
Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Calcite	C Ca O3	0.577	User (COD)	9009667
Calcite	C Ca O3	1.614	User (COD)	9000966
Calcite	C Ca O3	1.348	User (COD)	9009668
Calcite	C Ca O3	1.515	User (COD)	9000968
Calcite	C Ca O3	0.943	User (COD)	9007687
C Ca O3	C Ca O3	2.710	User (COD)	2100189
Cristobalite	O2 Si	0.940	User (COD)	9013427
Cristobalite	O2 Si	1.536	User (COD)	9013426
Portlandite	Ca (O H)2	1.555	User (COD)	1008780
Periclase	Mg O	1.195	User (COD)	9013238
Calcite	C Ca O3	1.115	User (COD)	9000965
calcite	Ca (C O3)	1.146	User	2
Calcite	C Ca O3	0.484	User (COD)	9000095
Periclase	Mg O	1.107	User (COD)	9013271
Brucite	Mg H2 O2	1.475	User (COD)	9002351

Crystal structure

Calcite



Şekil 5.11. 1 Numaralı Bileşiğin Renkli Kristal Yapısı

Kalsiyum, karbon ve oksijen olmak üzere Kalsit yapısı sadece üç atomdan oluşuyor. Burada kırmızı renk Oksijeni, Gri/mavi renklerde karbonu göstermektedir. 1 numaralı numunenin kalan XRD analiz sonuçları EK-1' de verilmiştir.

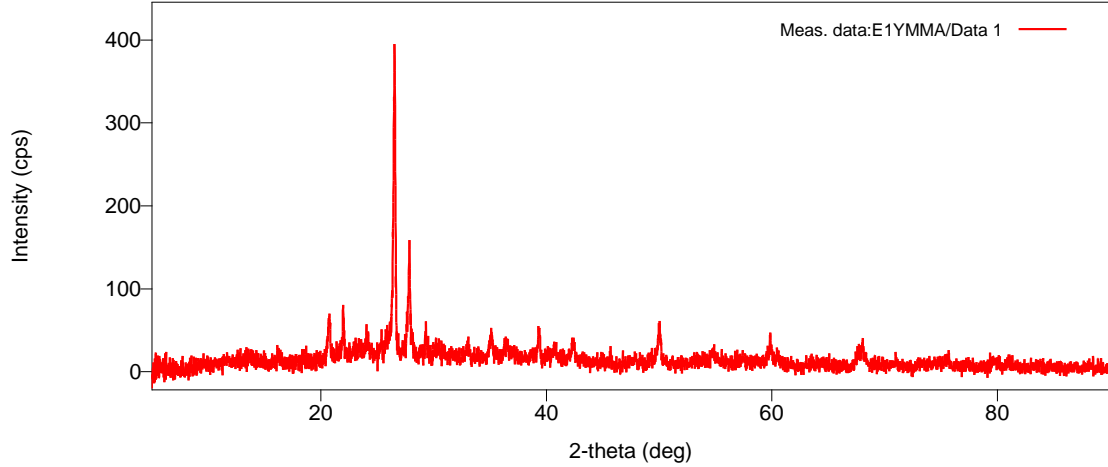
2 numaralı numunenin Rietveld XRD analiz sonuçları incelendiğinde içerisinde yer alan bileşenlere ait veriler listelenmiştir. Sonuçlarda Antofilit ($Mg_7(OH)_2Si_8O_{22}$), Tremolit ($Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$), Kuarz (SiO_2), Kalsit ($CaCO_3$), Korendon (Al_2O_3), Portlandit ($Ca(OH)_2$), Periklas (MgO) ve Hematit (Fe_2O_3) türü bileşenler tespit edilmiştir. (Tablo 5.6),

Tablo 5.6. 2 Numaralı Bileşiğin Kalitatif Analiz Sonuçları

Qualitative analysis results				
Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg.	DB card number
Anthophyllite	$Mg_7 Si_8 O_{22} (O H)_2$	1.844	User (COD)	1010935
Tremolite	$Ca_2 Mg_5 H_2 (Si O_3)_8$	1.332	User (COD)	1011146
Tremolite	$Ca_2 H_2 Mg_5 O_{24} Si_8$	3.293	User (COD)	9001779
Tremolite	$Ca_2 Mg_5 (Si_8 O_{22}) (O$	0.766	User (COD)	1011222
Tremolite	$Ca_2 H_2 Mg_5 O_{24} Si_8$	0.738	User (COD)	9002334
quartz, low	$O_2 Si$	0.494	User (COD)	7103014
Quartz	$O_2 Si$	0.630	User (COD)	9009666
SiO2	$O_2 Si$	1.074	User (COD)	9006295
SiO2	$O_2 Si$	1.204	User (COD)	9006290
Calcite	$Ca C O_3$	1.119	User (COD)	1010928

Calcite	Ca C O3	2.636	User (COD)	1010962
Corundum	Al2 O3	2.733	User (COD)	9009676
Periclase	Mg O	1.237	User (COD)	9006481
Hematite	Fe2 O3	0.961	User (COD)	1011267
Portlandite	Ca H2 O2	2.673	User (COD)	9006834
Phase name	Formula	Space group	Phase reg. detail	DB card number
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	62 : Pnma	User (COD)	1010935
Tremolite	Ca2 Mg5 H2 (Si O3)8	12 :	User (COD)	1011146
Tremolite	Ca2 H2 Mg5 O24 Si8	12 :	User (COD)	9001779
Tremolite	Ca2 Mg5 (Si8 O22) (O	12 :	User (COD)	1011222
Tremolite	Ca2 H2 Mg5 O24 Si8	12 :	User (COD)	9002334
quartz, low	O2 Si	154 : P3221	User (COD)	7103014
Quartz	O2 Si	152 : P3121	User (COD)	9009666
SiO2	O2 Si	5 : C121,unique-	User (COD)	9006295
SiO2	O2 Si	20 : C2221	User (COD)	9006290
Calcite	Ca C O3	167 : R-	User (COD)	1010928
Calcite	Ca C O3	167 : R-	User (COD)	1010962
Corundum	Al2 O3	167 : R-	User (COD)	9009676
Periclase	Mg O	225 : Fm-3m	User (COD)	9006481
Hematite	Fe2 O3	167 : R-	User (COD)	1011267
Portlandite	Ca H2 O2	164 : P-3m1	User (COD)	9006834

Aşağıda 2 numaralı bileşiğin yoğunluk analiz grafiği (Şekil 5.12) ile yoğunluk pikleri (Tablo 5.7) verilmektedir.



Şekil 5.12. 2 Numaralı Bileşiğin Yoğunluk Grafiği

Tablo 5.7. 2 Numaralı Bileşiğin Yoğunluk Pikleri

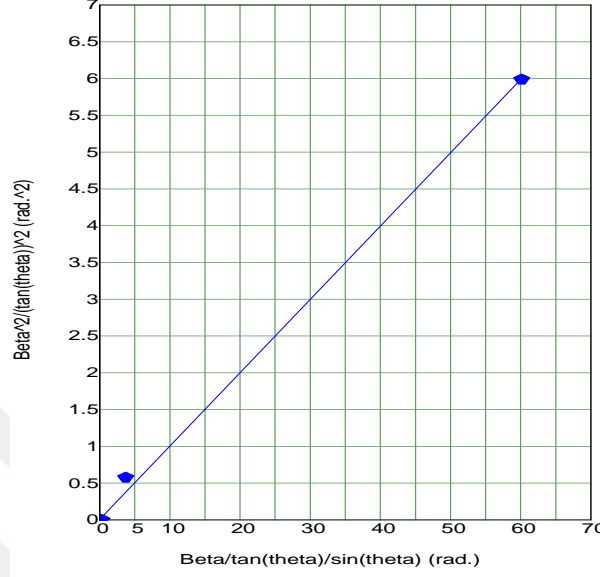
Peak list							
No	2-theta	d(ang)	Height	FWHM	Size	Phase name	Chemical form
1	4.7(4)	18.9(14)	29(7)	5.4(5)	15.5(13)	Anthophyllite(2,0,0),	Mg7 Si8 O22 (O
2	13.8251	6.40022	24.230	0.235098	355.515	Anthophyllite(2,2,0),	Mg7 Si8 O22 (O
3	16.413	5.39647	37.928	0.235098	356.582	Anthophyllite(1,0,1),	Mg7 Si8 O22 (O
4	20.74(2)	4.279(5)	34(8)	0.22(3)	381(43)	Anthophyllite(4,2,0),	Mg7 Si8 O22 (O
5	21.9867	4.03941	189.01	0.235098	359.528	Tremolite(0,3,1),Tre	Ca2 Mg5 H2 (Si
6	23.8(4)	3.74(7)	6(3)	7.6(5)	11.2(8)	Anthophyllite(3,2,1),	Mg7 Si8 O22 (O
7	24.0437	3.69828	5.4819	0.235098	360.844	Tremolite(0,4,0),Tre	Ca2 Mg5 H2 (Si
8	26.536(7)	3.3564(9)	248(20)	0.186(7)	457(17)	Tremolite(1,5,0),qua	Ca2 H2 Mg5
9	27.809(1)	3.2055(1)	71(11)	0.235(14)	364(21)	Tremolite(2,0,2),Tre	Ca2 Mg5 H2 (Si
10	29.3521	3.0404	28.740	0.235098	364.833	Anthophyllite(4,3,1),	Mg7 Si8 O22 (O
11	33.1343	2.70148	11.236	0.235098	368.216	Anthophyllite(4,5,0),	Mg7 Si8 O22 (O
12	35.1913	2.54814	44.584	0.235098	370.253	Anthophyllite(3,0,2),	Mg7 Si8 O22 (O
13	36.3856	2.46719	17.353	0.235098	371.501	Anthophyllite(8,1,0),	Mg7 Si8 O22 (O
14	39.3716	2.28668	66.260	0.235098	374.838	Anthophyllite(7,3,1),	Mg7 Si8 O22 (O
15	40.6987	2.21513	11.314	0.235098	376.423	Anthophyllite(2,4,2),	Mg7 Si8 O22 (O
16	42.3575	2.13214	43.892	0.235098	378.495	Anthophyllite(7,4,1),	Mg7 Si8 O22 (O
17	50.037(1)	1.8214(3)	34(8)	0.21(5)	427(91)	Anthophyllite(10,2,1)	Mg7 Si8 O22 (O
18	59.85(6)	1.5440(1)	15(5)	0.35(9)	272(67)	Anthophyllite(10,3,2)	Mg7 Si8 O22 (O
19	68.05(3)	1.3766(5)	14(5)	0.65(8)	154(18)	Anthophyllite(13,4,1)	Mg7 Si8 O22 (O

Şekil 5.12. 'de bileşiklerin kristalite derecesi pik noktalarına dikkat edilerek hesaplanır. Piklerin genişlikleri bileşiğin kristal boyutuyla ilgilidir. Bu numunede yüksek kristalite ve düşük amorf tespit edilmiştir. Tablo 5.7. 'de numunenin ayrıştırılmış toz halinde olması, bileşiğin yoğunluğunu da azalttığı görülmektedir.

Tablo 5.8. 2 Numaralı Bileşiğin Kristal Yapısı Ve Kafes Gerilimleri

Crystallite size and lattice strain				
Williamson-Hall method				
Phase name	Crystallite size(A)	Distribution RSD	Strain(%)	Distribution type
Anthophyllite	16.22(17)	-	2(2)	-
Tremolite	0.0000	-	0.0000	-
Tremolite	0.0000	-	0.0000	-
Tremolite	0.0000	-	0.0000	-
Tremolite	0.0000	-	0.0000	-
quartz, low	0.0000	-	0.0000	-
Quartz	0.0000	-	0.0000	-
SiO2	0.0000	-	0.0000	-
SiO2	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Corundum	0.0000	-	0.0000	-

Periclase	0.0000	-	0.0000	-
Hematite	0.0000	-	0.0000	-
Portlandite	0.0000	-	0.0000	-



Şekil 5.13. 2 Numaralı Bileşiğin Gerilim Grafiği

Miktar analiz sonuçlarında elde edilen veriler, 2 nolu numunede yoğun oranda 6 asbest türünden biri olan Antofilit ($Mg_7(OH)_2Si_8O_{22}$) bileşiği görülmektedir. Şekil olarak düz liflerden oluşan Antofilit, yüksek kimyasal dirence sahiptir. Ağırlıklı olarak inşaatlarda yalıtım malzemelerinde kullanılmaktadır (Tablo 5.9.). Asbest türü olarak Antofilit, çalışanlarda akciğer zarı kanseri ve karın zarı kanseri diğer adıyla mezotelyoma hastalığı riski oluşturmaktadır. 2 nolu numunede %36 oranında Antofilit ve %28 oranında amfibol silikat grubu Tremolit ve %24 Kuvars tespit edilmiştir.

Tablo 5.9. 2 Numaralı Bileşiğin Miktar Analizi

Quantitative analysis results (RIR)	
Phase name	Content(%)
Anthophyllite	36(75)
Tremolite	22(32)
Tremolite	2(3)
Tremolite	4(13)
Tremolite	0.1(7)
quartz, low	17(19)
Quartz	7(8)
SiO2	1(20)
SiO2	6(11)

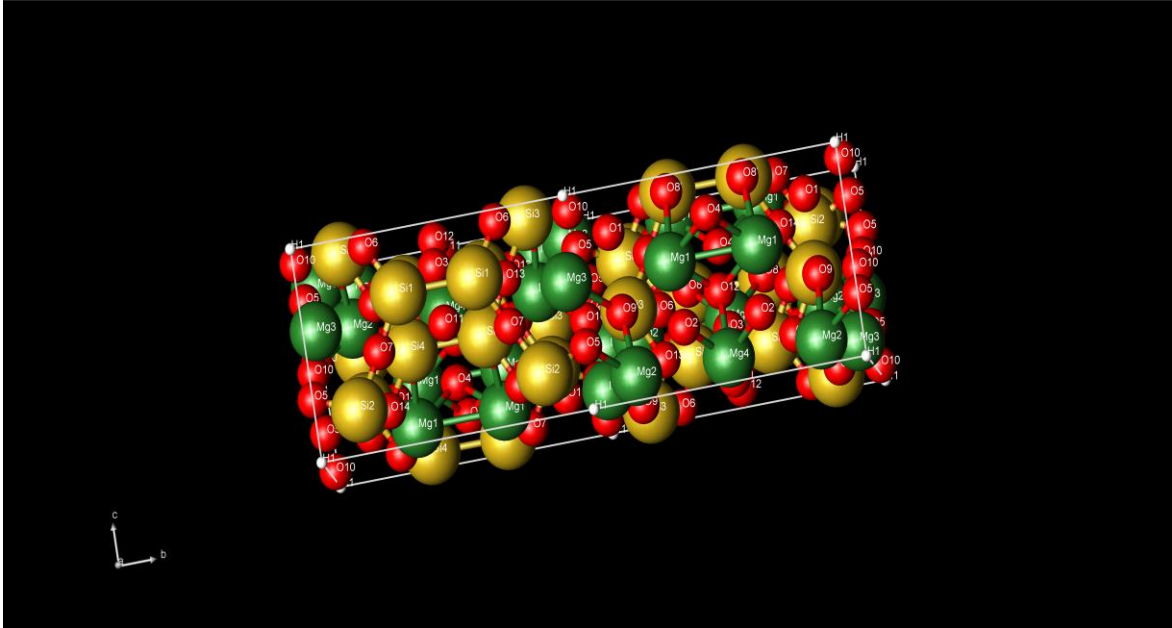
Calcite	0.2(3)
Calcite	1.2(15)
Corundum	0(33)
Periclase	1.3(16)
Hematite	0.8(10)
Portlandite	2(4)

Tablo 5.10. 2 Numaralı Bileşiğin Kristal Yapı Analiz Sonuçları

Crystal structure analysis results				
Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Anthophyllite	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O H) ₂	1.844	User (COD)	1010935
Tremolite	Ca ₂ Mg ₅ H ₂ (Si O ₃) ₈	1.332	User (COD)	1011146
Tremolite	Ca ₂ H ₂ Mg ₅ O ₂₄ Si ₈	3.293	User (COD)	9001779
Tremolite	Ca ₂ Mg ₅ (Si ₈ O ₂₂) (O H) ₂	0.766	User (COD)	1011222
Tremolite	Ca ₂ H ₂ Mg ₅ O ₂₄ Si ₈	0.738	User (COD)	9002334
quartz, low	O ₂ Si	0.494	User (COD)	7103014
Quartz	O ₂ Si	0.630	User (COD)	9009666
SiO ₂	O ₂ Si	1.074	User (COD)	9006295
SiO ₂	O ₂ Si	1.204	User (COD)	9006290
Calcite	Ca C O ₃	1.119	User (COD)	1010928
Calcite	Ca C O ₃	2.636	User (COD)	1010962
Corundum	Al ₂ O ₃	2.733	User (COD)	9009676
Periclase	Mg O	1.237	User (COD)	9006481
Hematite	Fe ₂ O ₃	0.961	User (COD)	1011267
Portlandite	Ca H ₂ O ₂	2.673	User (COD)	9006834

Crystal structure

Anthophyllite



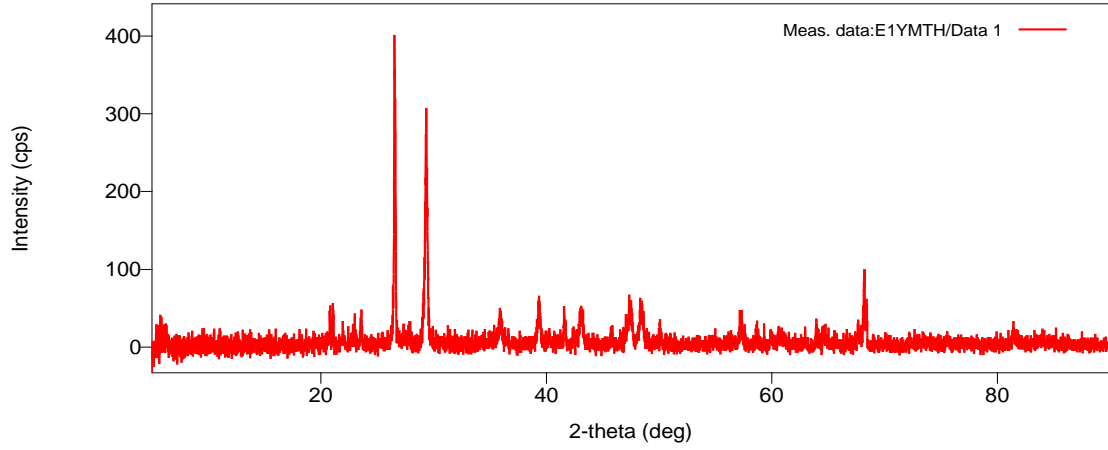
Şekil 5.14. 2 Numaralı Bileşiğin Renkli Kristal Yapısı

Magnezyum, Silisyum, Kalsiyum, Karbon, Kuvars ve Oksijen elementlerinin kristal yapısı görünmektedir. 2 numaralı numunenin kalan XRD analiz sonuçları EK-2' de verilmiştir.

3 numaralı numunenin Rietveld XRD Analiz analiz sonuçları incelendiğinde içerisinde yer alan bileşenlere ait veriler; Hematit (Fe_2O_3), Kalsit (CaCO_3), Krizotil ($\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$), Antofilit ($\{\text{Mg}_2\}\{\text{Mg}_5\}(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$), Tremolit ($\{\text{Ca}_2\}\{\text{Mg}_5\}(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$), Tridimit (SiO_2), Kuvars (SiO_2) ve Periklas (MgO) tespit edilmiştir (Tablo 5.11.).

Tablo 5.11. 3 Numaralı Bileşiğin Kalitatif Analiz Sonuçları

Qualitative analysis results				
Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Chrysotile	(O H)6 Mg6 Si4 O11 (H2 O)	3.003	User (COD)	1010960
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	1.827	User (COD)	1010935
Tremolite	Ca2 Mg5 H2 (Si O3)8	2.736	User (COD)	1011146
Quartz	O2 Si	0.998	User (COD)	9009666
quartz, low	O2 Si	1.423	User (COD)	7103014
Tridymite	O2 Si	1.818	User (COD)	9013492
Tridymite	O2 Si	1.467	User (COD)	9013393
Tridymite	O2 Si	2.933	User (COD)	9013493
Hematite	Fe2 O3	1.620	User (COD)	1011267
Periclase	Mg O	2.629	User (COD)	9013245
Al2 O3	Al2 O3	2.821	User (COD)	2101054
SiO2	O2 Si	1.513	User (COD)	9006291
Calcite	C Ca O3	1.060	User (COD)	9000968
Calcite	C Ca O3	0.827	User (COD)	9000966
C Ca O3	C Ca O3	0.728	User (COD)	2100189
Phase name	Formula	Space group	Phase reg. detail	DB card number
Chrysotile	(O H)6 Mg6 Si4 O11 (H2 O)	12 :	User (COD)	1010960
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	62 : Pnma	User (COD)	1010935
Tremolite	Ca2 Mg5 H2 (Si O3)8	12 :	User (COD)	1011146
Quartz	O2 Si	152 : P3121	User (COD)	9009666
quartz, low	O2 Si	154 : P3221	User (COD)	7103014
Tridymite	O2 Si	9 :	User (COD)	9013492
Tridymite	O2 Si	1 : F1	User (COD)	9013393
Tridymite	O2 Si	19 : P212121	User (COD)	9013493
Hematite	Fe2 O3	167 : R-	User (COD)	1011267
Periclase	Mg O	225 : Fm-3m	User (COD)	9013245
Al2 O3	Al2 O3	167 : R-	User (COD)	2101054
SiO2	O2 Si	15 :	User (COD)	9006291
Calcite	C Ca O3	167 : R-	User (COD)	9000968
Calcite	C Ca O3	167 : R-	User (COD)	9000966
C Ca O3	C Ca O3	167 : R-	User (COD)	2100189



Şekil 5.15. 3 Numaralı Bileşiğin Yoğunluk Grafiği

Tablo 5.12. 3 Numaralı Bileşiğin Yoğunluk Pikleri

Peak list							
No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height	FWHM	Size	Phase name	Chc. form.
1	5.89(13)	15.0(3)	11(4)	1.01(12)	82(9)	Tridymite(0,0,6),Tridy	O2 Si,O2
2	20.7923	4.26867	81.9168	0.28173	299.429	Quartz(1,0,0),quartz,	O2 Si,O2
3	21.1241	4.20237	51.4742	0.28173	299.59	Tremolite(2,2,0),Tridy	Ca2 Mg5
4	21.9204	4.05149	37.6109	0.28173	299.986	Anthophyllite(2,2,1),T	Mg7 Si8
5	22.982	3.86667	49.5947	0.28173	300.538	Anthophyllite(1,3,1),T	Mg7 Si8
6	23.5792	3.77007	42.2918	0.28173	300.861	Chrysotile(1,3,1),Tridy	(O H)6
7	26.529(4)	3.3571(5)	337(24)	0.089(5)	954(56)	Anthophyllite(4,1,1),T	Mg7 Si8
8	27.3614	3.25691	3.16561	0.28173	303.114	Chrysotile(0,0,2),Trem	(O H)6
9	27.8923	3.19612	29.2052	0.28173	303.459	Chrysotile(3,1,-	(O H)6
10	29.348(13)	3.0408(1)	166(17)	0.251(9)	341(13)	Chrysotile(0,2,2),Anth	(O H)6
11	35.92(6)	2.498(4)	24(6)	0.28(6)	310(71)	Chrysotile(2,0,2),Anth	(O H)6
12	39.3716	2.28668	205.234	0.28173	312.795	Chrysotile(2,6,1),Anth	(O H)6
13	41.570(11)	2.1707(5)	43(9)	0.081(10)	1099(130)	Chrysotile(0,8,0),Anth	(O H)6
14	42.4239	2.12896	8.13577	0.28173	315.918	Chrysotile(3,7,-	(O H)6
15	43.11(4)	2.0968(1)	28(7)	0.32(3)	276(26)	Chrysotile(0,2,3),Anth	(O H)6
16	45.7416	1.98196	11.8308	0.28173	319.643	Chrysotile(1,1,3),Anth	(O H)6
17	47.4668	1.91387	32.1698	0.28173	321.723	Chrysotile(1,5,-	(O H)6
18	48.51(7)	1.875(2)	30(7)	0.38(10)	242(62)	Chrysotile(2,8,1),Anth	(O H)6
19	57.29(7)	1.6068(1)	15(5)	0.30(5)	311(54)	Chrysotile(1,9,2),Anth	(O H)6
20	58.6144	1.57367	37.3348	0.28173	337.742	Chrysotile(2,10,1),Ant	(O H)6
21	63.9227	1.45518	17.4156	0.28173	347.138	Chrysotile(6,2,2),Anth	(O H)6
22	64.719	1.43919	20.1153	0.28173	348.658	Chrysotile(1,11,-	(O H)6
23	68.219(11)	1.3736(2)	90(12)	0.123(14)	814(93)	Chrysotile(8,6,-	(O H)6
24	81.43(3)	1.1809(4)	16(5)	0.20(3)	550(75)	Chrysotile(4,8,-	(O H)6

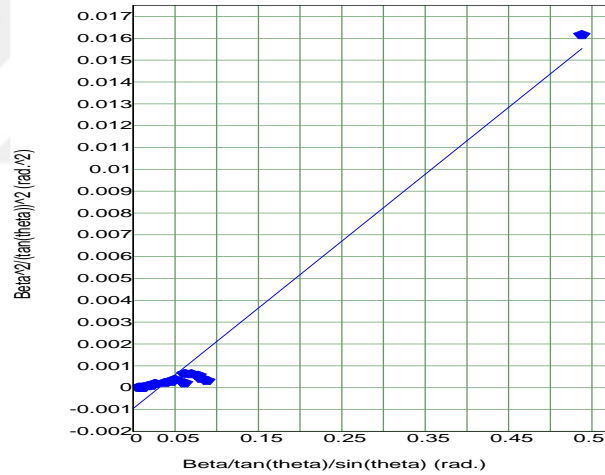
Bileşiklerin kristalite derecesi pik noktalarına dikkat edilerek hesaplanır. Bu numunede pikler dar olduğu için bileşiğin kristallerinin geniş olduğu ve amorf bileşiklerden oluştuğu görülmektedir (Şekil 5.15.).

Tablo 5.13. 3 Numaralı Bileşğin Kristal Yapısı ve Kafes Gerilimleri

Crystallite size and lattice strain

Williamson-Hall method

Phase name	Crystallite size(A)	Distribution RSD	Strain(%)	Distribution type
Chrysotile	53(2)	-	0.000000	-
Anthophyllite	0.0000	-	0.0000	-
Tremolite	0.0000	-	0.0000	-
Quartz	0.0000	-	0.0000	-
quartz, low	0.0000	-	0.0000	-
Tridymite	0.0000	-	0.0000	-
Tridymite	0.0000	-	0.0000	-
Tridymite	0.0000	-	0.0000	-
Hematite	0.0000	-	0.0000	-
Periclase	0.0000	-	0.0000	-
Al2 O3	0.0000	-	0.0000	-
SiO2	8465(18)	-	0.0052(8)	-
Calcite	307.3(4)	-	0.08(2)	-
Calcite	307.3(4)	-	0.08(2)	-
C Ca O3	307.3(4)	-	0.08(2)	-



Şekil 5.16. 3 Numaralı Bileşğin Gerilim Grafiği

Miktar analiz sonuçlarında elde edilen veriler, 3 nolu numunede %66 oranında (Tablo 5.14.) Silisyum dioksit (SiO_2) bulunmaktadır. %13 oranında bir silika türü olan Kuvars ve Tridimit bileşikleri tespit edilmiştir. Magnezyum oksit Periklaz, genellikle yapısal olarak kireçtaşlarının bir bileşeni olarak bilinir ve doğada çok az bulunur, 3 nolu numune içerisinde %1.5 oranında tespit edilmiştir. Ayrıca, %2 oranında asbest türlerinden Krizotil (beyaz asbest), Antofilit ve Tremolit tespit edilmiştir.

Asbest türlerinin yanısıra yoğun oranda silika türlerinin bulunduğu bu numuneyi incelediğimizde silika tozu maruziyeti sonucu oluşan rahatsızlıklar dikkat çekmektedir. İnşaat ve yıkıntı atıklarının yönetimi sürecinde çalışanların maruz kalabileceği pnömokonyoz olarak tanımlanan silikozis hastalığı, nefes alıp verme sürecinde akciğere ulaşması durumunda organ dokusunda tahribata yol açar. Aşırı miktarda silika tozunun solunum yoluna girmesi sonucu ortaya çıkan, bir akciğer rahatsızlığıdır. Ayrıca bu tür, dünyada en sık karşılaşılan pnömokonyoz hastalığıdır.

Tablo 5.14. 3 Numaralı Bileşiğin Miktar Analizi

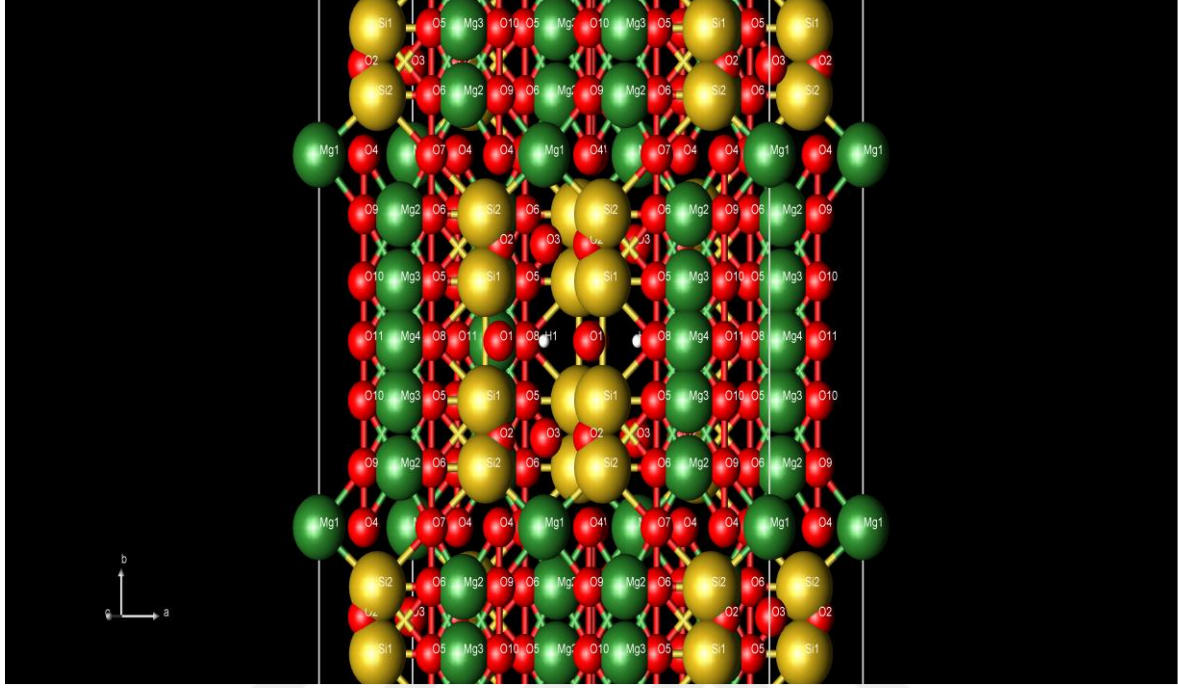
Quantitative analysis results (RIR)	
Phase name	Content(%)
Chrysotile	0.48(6)
Anthophyllite	1.0(7)
Tremolite	0.5(3)
Quartz	12(2)
quartz, low	0.8(13)
Tridymite	0.4(16)
Tridymite	0(4)
Tridymite	0.28(16)
Hematite	0.4(4)
Periclase	1.5(9)
Al ₂ O ₃	6.0(12)
SiO ₂	66(9)
Calcite	3.8(18)
Calcite	2.8(14)
C Ca O ₃	4.0(17)

Tablo 5.15. 3 Numaralı Bileşiğin Kristal Yapı Analiz Sonuçları

Crystal structure analysis results				
Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Chrysotile	(O H)6 Mg6 Si4 O11 (H2 O)	3.003	User (COD)	1010960
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	1.827	User (COD)	1010935
Tremolite	Ca2 Mg5 H2 (Si O3)8	2.736	User (COD)	1011146
Quartz	O2 Si	0.998	User (COD)	9009666
quartz, low	O2 Si	1.423	User (COD)	7103014
Tridymite	O2 Si	1.818	User (COD)	9013492
Tridymite	O2 Si	1.467	User (COD)	9013393
Tridymite	O2 Si	2.933	User (COD)	9013493
Hematite	Fe2 O3	1.620	User (COD)	1011267
Periclase	Mg O	2.629	User (COD)	9013245
Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	2.821	User (COD)	2101054
SiO ₂	O2 Si	1.513	User (COD)	9006291
Calcite	C Ca O ₃	1.060	User (COD)	9000968
Calcite	C Ca O ₃	0.827	User (COD)	9000966
C Ca O ₃	C Ca O ₃	0.728	User (COD)	2100189

Crystal structure

Chrysotile



Şekil 5.17. 3 Numaralı Bileşiğin Renkli Kristal Yapısı

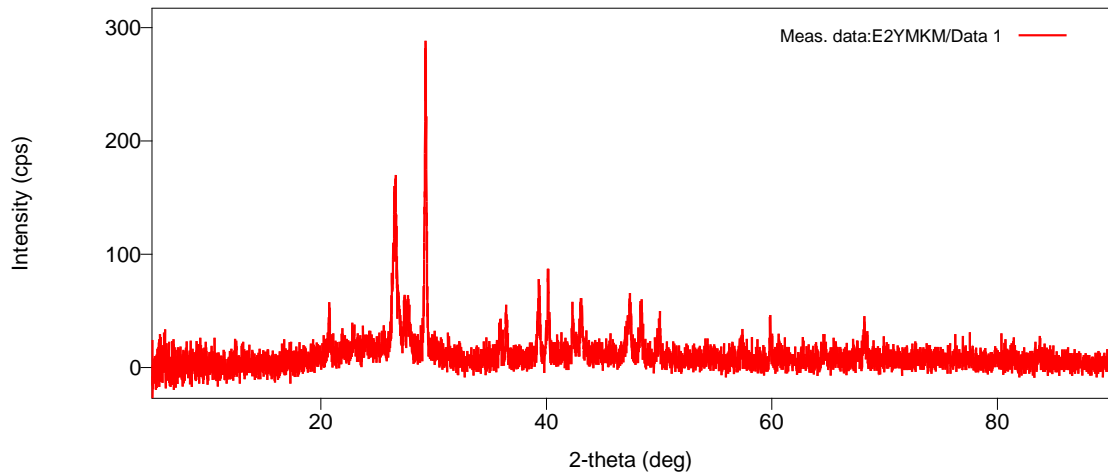
Kalsit (CaCO_3), Krizotil ($\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$), Antofilit ($\{\text{Mg}_2\}\{\text{Mg}_5\}(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$), Tremolit ($\{\text{Ca}_2\}\{\text{Mg}_5\}(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$), Tridimit (SiO_2) ve Kuarz (SiO_2) bileşiklerinin yoğun kristal yapısı ve oksijen bağları göstermiştir (Şekil 5.17.). 3 numaralı numunenin kalan XRD analiz sonuçları EK-3' de verilmiştir.

4 numaralı numunenin Rietveld XRD Analiz analiz sonuçları incelendiğinde içerisinde yer alan bileşenlere ait veriler; Magemit (Fe_2O_3), Kalsit (CaCO_3), Krizotil ($\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$), Antofilit ($\{\text{Mg}_2\}\{\text{Mg}_5\}(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$), Tremolit ($\{\text{Ca}_2\}\{\text{Mg}_5\}(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$), Koezite (SiO_2), Kuarz (SiO_2) ve Periklas (MgO) tespit edilmiştir (Tablo 5.16.).

Tablo 5.16. 4 Numaralı Bileşiğin Kantitatif Analiz Sonuçları

Qualitative analysis results				
Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Anthophyllite	$\text{Mg}_7 \text{Si}_8 \text{O}_{22} (\text{O H})_2$	3.011	User (COD)	1010935
Chrysotile	$(\text{O H})_6 \text{Mg}_6 \text{Si}_4 \text{O}_{11} (\text{H}_2 \text{O})$	3.391	User (COD)	1010960
Tremolite	$\text{Ca}_2 \text{H}_2 \text{Mg}_5 \text{O}_{24} \text{Si}_8$	3.486	User (COD)	9001779
Quartz low	Si O_2	1.008	User (COD)	1011097
Quartz	$\text{O}_2 \text{Si}$	1.897	User (COD)	9012604
Quartz	$\text{O}_2 \text{Si}$	1.297	User (COD)	9000775

Coesite	O2 Si	0.707	User (COD)	9007169
Quartz	O2 Si	0.570	User (COD)	9009666
Calcite	C Ca O3	0.766	User (COD)	9009667
Calcite	Ca C O3	0.580	User (COD)	1010962
Calcite	C Ca O3	1.529	User (COD)	9000967
Calcite	C Ca O3	0.539	User (COD)	9007689
C Ca O3	C Ca O3	0.597	User (COD)	2100189
Maghemite	Fe2 O3	2.784	User (COD)	9006317
Periclase	Mg O	2.577	User (COD)	9006756
Periclase	Mg O	0.591	User (COD)	9013271
Calcite	C Ca O3	0.557	User (COD)	9000966
quartz, low	O2 Si	0.571	User (COD)	7103014
Phase name	Formula	Space group	Phase reg.	DB card number
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	62 : Pnma	User (COD)	1010935
Chrysotile	(O H)6 Mg6 Si4 O11 (H2 O)	12 :	User (COD)	1010960
Tremolite	Ca2 H2 Mg5 O24 Si8	12 :	User (COD)	9001779
Quartz low	Si O2	152 : P3121	User (COD)	1011097
Quartz	O2 Si	152 : P3121	User (COD)	9012604
Quartz	O2 Si	154 : P3221	User (COD)	9000775
Coesite	O2 Si	15 :	User (COD)	9007169
Quartz	O2 Si	152 : P3121	User (COD)	9009666
Calcite	C Ca O3	167 : R-	User (COD)	9009667
Calcite	Ca C O3	167 : R-	User (COD)	1010962
Calcite	C Ca O3	167 : R-	User (COD)	9000967
Calcite	C Ca O3	167 : R-	User (COD)	9007689
C Ca O3	C Ca O3	167 : R-	User (COD)	2100189
Maghemite	Fe2 O3	213 : P4132	User (COD)	9006317
Periclase	Mg O	225 : Fm-3m	User (COD)	9006756
Periclase	Mg O	225 : Fm-3m	User (COD)	9013271
Calcite	C Ca O3	167 : R-	User (COD)	9000966
quartz, low	O2 Si	154 : P3221	User (COD)	7103014



Şekil 5.18. 4 Numaralı Bileşiğin Yoğunluk Grafiği

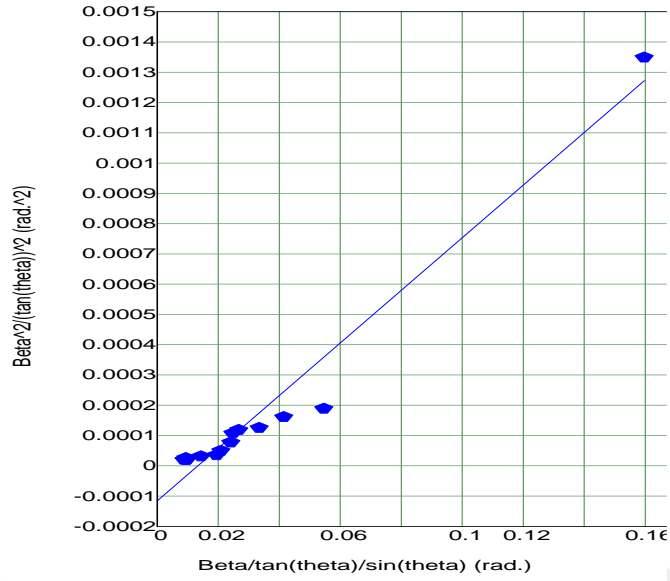
Tablo 5.17. 4 Numaralı Bileşiğin Yoğunluk Pikleri

Peak list							
No	2-theta	d(ang.)	Height	FWHM	Size	Phase name	Chemical formula
1	20.8587	4.25524	8.21843	0.164545	512.729	Quartz	Si O ₂ ,O ₂ Si ₂ O ₂ Si
2	26.608(1)	3.3474(1)	88(12)	0.363(13)	235(8)	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O
3	27.4278	3.24918	7.29196	0.164545	519.056	Coesite(1,1,-2)	O ₂ Si
4	27.7596	3.2111	40.714	0.164545	519.425	Tremolite(2,4,	Ca ₂ H ₂ Mg ₅ O ₂₄
5	29.275(1)	3.0483(1)	188(18)	0.165(8)	521(24)	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O
6	35.89(3)	2.500(2)	23(6)	0.14(4)	610(173)	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O
7	36.422(8)	2.4648(6)	40(8)	0.075(13)	1166(210)	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O
8	39.371(1)	2.2867(8)	37(8)	0.22(2)	407(37)	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O
9	40.155(9)	2.2438(5)	57(10)	0.100(13)	888(114)	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O
10	42.311(1)	2.1344(5)	25(6)	0.11(3)	792(202)	Chrysotile(3,3,-	(O H) ₆ Mg ₆ Si ₄ O ₁₁
11	43.096(1)	2.0973(7)	38(8)	0.14(2)	633(108)	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O
12	47.4668	1.91387	76.8687	0.164545	550.844	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O
13	48.378(1)	1.8799(6)	27(7)	0.23(6)	401(106)	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O
14	49.88(6)	1.8267(1)	15(5)	0.26(5)	353(67)	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O
15	57.4863	1.60183	42.7243	0.164545	575.123	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O
16	59.9415	1.54196	53.5488	0.164545	582.096	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O
17	64.6526	1.44051	34.2803	0.164545	596.744	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O
18	68.22(3)	1.3735(5)	21(6)	0.17(3)	604(111)	Anthophyllite(	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O

Pik noktalarından bileşiklerin kristalite boyutları ve yoğunlukları hesaplanır. Yoğunluk piklerinin dar olması bu numunenin amorf bileşiklerden oluştuğu göstermektedir (Şekil 5.18.).

Tablo 5.18. 4 Numaralı Bileşiğin Kristal Yapısı ve Kafes Gerilimleri

Crystallite size and lattice strain				
Phase name	Crystallite size(A)	Distribution RSD	Strain(%)	Distribution type
Anthophyllite	186(11)	-	0.000000	-
Chrysotile	0.0000	-	0.0000	-
Tremolite	0.0000	-	0.0000	-
Quartz low	0.0000	-	0.0000	-
Quartz	0.0000	-	0.0000	-
Quartz	0.0000	-	0.0000	-
Coesite	0.0000	-	0.0000	-
Quartz	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
C Ca O ₃	0.0000	-	0.0000	-
Maghemite	0.0000	-	0.0000	-
Periclase	0.0000	-	0.0000	-
Periclase	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
quartz, low	0.0000	-	0.0000	-



Şekil 5.19. 4 Numaralı Bileşiğin Gerilim Grafiği

Miktar analiz sonuçlarında elde edilen veriler, 4 nolu numunede %31 oranında (Tablo 5.19.) Kuvars (SiO_2) bulunmaktadır. %12 oranında bir asbest türü olan Antofilit ve Krizotil bileşikleri tespit edilmiştir. Genellikle yapısal olarak kireçtaşlarının bir bileşeni olan ve doğada çok az bulunan Periklaz, 4 nolu numune içerisinde %2 oranında tespit edilmiştir. Ayrıca, %33 oranında Kalsit tespit edilmiştir.

Tablo 5.19. 4 Numaralı Bileşiğin Miktar Analizi

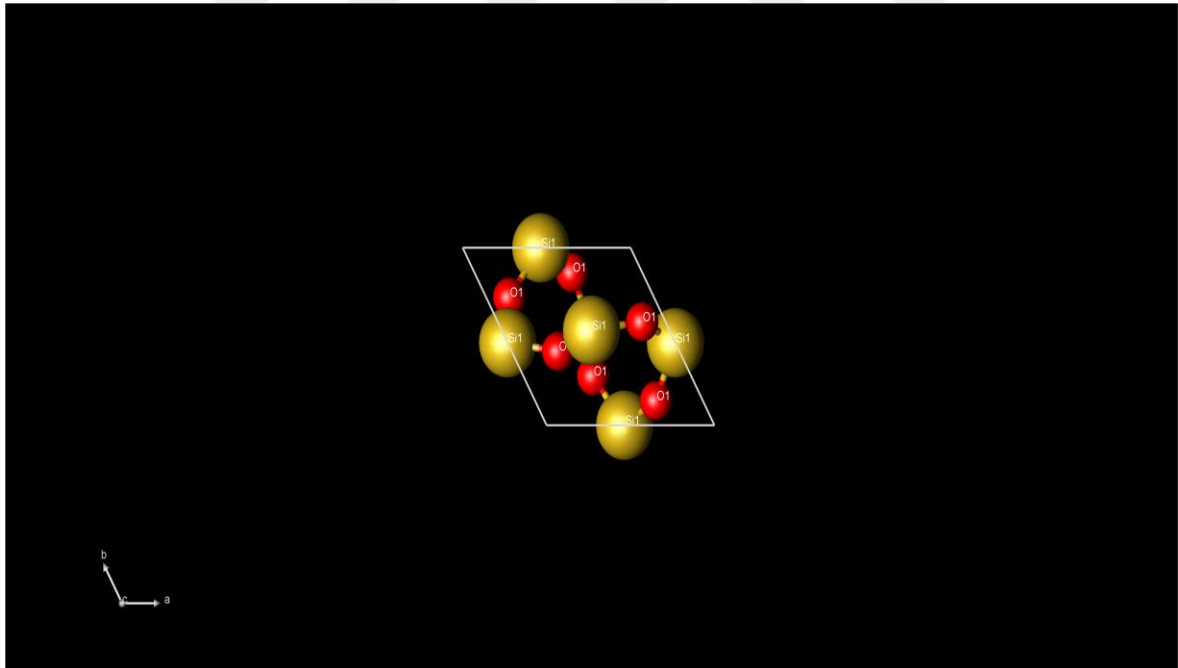
Quantitative analysis results (RIR)	
Phase name	Content(%)
Anthophyllite	3(5)
Chrysotile	9(15)
Tremolite	0(11)
Quartz low	11(14)
Quartz	10(13)
Quartz	1(4)
Coesite	1.0(16)
Quartz	8(11)
Calcite	1(2)
Calcite	5(8)
Calcite	14(83)
Calcite	0(24)
C Ca O3	7(9)
Maghemite	14(21)
Periclase	0.8(13)
Periclase	1(2)
Calcite	13(17)
quartz, low	2(3)

Tablo 5.20. 4 Numaralı Bileşiğin Kristal Yapı Analiz Sonuçları

Crystal structure analysis results				
Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Anthophyllite	Mg ₇ Si ₈ O ₂₂ (O H) ₂	3.011	User (COD)	1010935
Chrysotile	(O H) ₆ Mg ₆ Si ₄ O ₁₁ (H ₂ O)	3.391	User (COD)	1010960
Tremolite	Ca ₂ H ₂ Mg ₅ O ₂₄ Si ₈	3.486	User (COD)	9001779
Quartz low	Si O ₂	1.008	User (COD)	1011097
Quartz	O ₂ Si	1.897	User (COD)	9012604
Quartz	O ₂ Si	1.297	User (COD)	9000775
Coesite	O ₂ Si	0.707	User (COD)	9007169
Quartz	O ₂ Si	0.570	User (COD)	9009666
Calcite	C Ca O ₃	0.766	User (COD)	9009667
Calcite	Ca C O ₃	0.580	User (COD)	1010962
Calcite	C Ca O ₃	1.529	User (COD)	9000967
Calcite	C Ca O ₃	0.539	User (COD)	9007689
C Ca O ₃	C Ca O ₃	0.597	User (COD)	2100189
Maghemite	Fe ₂ O ₃	2.784	User (COD)	9006317
Periclase	Mg O	2.577	User (COD)	9006756
Periclase	Mg O	0.591	User (COD)	9013271
Calcite	C Ca O ₃	0.557	User (COD)	9000966
quartz, low	O ₂ Si	0.571	User (COD)	7103014

Crystal structure

Quartz low



Şekil 5.20. 4 Numaralı Bileşiğin Renkli Kristal Yapısı

Kristal yapısında Kuvars ve onu bağlayan kırmızı Oksijen bağları görünmektedir. 4 numaralı numunenin kalan XRD analiz sonuçları EK-4' te verilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Barınma ihtiyacı, dışarıdan gelebilecek tüm olası tehlikelerden korunma ihtiyacından doğmuştur ve insan yaşamının temel ihtiyaçlarından biridir. Barınma ihtiyacının ortaya çıkmasıyla birlikte gelişen inşaat sektöründe oluşan inşaat ve yıkım atıklarının yönetimi, yaşamın sürdürülebilirliği, kaynakların geri dönüşümü ve iş yerinde sağlık ve güvenlik açısından önemli bir gündem maddesi haline gelmiştir. Bu bağlamda inşaat ve yıkım atıklarının yönetimi insan yaşamı için temel gereksinimlerden biridir. İnşaat sektöründe oluşan atıkları en aza indirmek hem çevreye hem de İSG'ye yönelik tüm riskleri en aza indirmektedir.

Öncelikle atık toplamadan sorumlu personel, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından tam donanımlı olmalıdır. Atıkları toplayan personel için uygun iş elbisesi, iş ayakkabısı, iş eldiveni vb. kişisel koruyucu donanım sağlanmalı ve personel tarafından kullanılmalıdır. Asbest içeren atıklar iş günü sonunda toplanmalı, asbest işaretli torbalara konulmalı ve işyerinde düzenli olarak depolanmalıdır. Atık bertarafı ile ilgisi olmayan personelin atığa ulaşmasını önlemek için gerekli uyarılar ve koruyucular asılmalıdır. Tüm çalışanlar, asbest depolama alanlarının yasak olduğu konusunda bilgilendirilmelidir.

Yıkım projesi bittiğinde veya atıklar nakliye olduğunda, atıklar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından lisanslı atık taşıma şirketi ile sözleşme imzalanarak mevzuata uygun olarak taşınmalı ve bertaraf edilmelidir. İşçilerin genel sağlık muayeneleri düzenli aralıklarla yapılmalıdır. İnşaatta özellikle atıkların bertarafı sürecinde havada uçan tozların burun, mukoza, ağız, akciğer ve mideye girmesini önlemek için olası hastalıkları önlemek için çalışanların maske takmasını sağlamak gerekmektedir. Toza maruz kalan çalışma alanlarında işçiler koruyucu giysi giymelidir. Koruyucu giysilerin dayanıklılığı ve toz geçirgenliği düzenli olarak kontrol edilmelidir. Toz oluşumunun engellenemediği yerlerde çalışanların cilt koruyucu kremler kullanması sağlanmalıdır. Tozlu çalışma alanlarında tozun yol açacağı zararlar ve rahatsızlıklar konusunda öncelikle çalışanlar eğitilerek bilinçlendirilmelidir.

Atık ayrıştırma işlemi yapan işçilerde kimyasal maddeler düzenli olarak ölçülmeli ve izlenmeli, çalışma ortamını havalandırmaya dikkat ederek oksijen miktarının azalması önlenmelidir. Asbest bulunan inşaat yıkım alanlarında çalıştırılacak olan çalışanlardan sağlık raporları alınmalı ve işe uygunlukları araştırılmalıdır. Muhtemel bir meslek hastalığı bulunan çalışanlar düzenli olarak (yılda iki kez) sağlık kontrolünden geçirilmesi gerekmektedir. Öksürük, kramplar, devamlı baş ağrıları, ishal, cilt tahrişleri, üst solunum yolu enfeksiyonları vb. hastalık belirtisi olan çalışanlar belirlenerek koruyucu sağlık hizmetleri ile olası meslek hastalıklarının önüne geçilmelidir. İş yeri ve çevresinde iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesi için işyeri düzenli olarak denetlenmeli, kaza ve şikâyetlere neden olabilecek etkenler ortadan kaldırılmalıdır. Yalnızca özel olarak eğitilen bireylerin asbestle çalışmasına izin verilmesi

gerekmektedir. İşçilerin izleyeceği iş prosedürü ve kullanılacak kişisel koruyucu donanımlar bir profesyonel tarafından belirlenmelidir.

Bu çalışmada, FT-IR spektrumları asbestin erpantin grubu Krizotil türünü ve amfibol grubu Antofilit ve Temolit türü asbest varlığını eski yapıların inşaat ve yıkıntı atıklarında tespit edilmiştir. Aynı numuneler üzerinde yapılan Termik analiz ve Rietveld XRD sonuçları asbest varlığını desteklemektedir. Ayrıca yapılan analizlerde, maddelerin yapısına dair özelliklerin bulunması ve sınıflandırılması için asbest mineralinin incelenmesi yapılmıştır. Eski yapılardan alınan numunelerde analizlere bağlı olarak ayrıca yoğun oranda silika türü elementler gözlenmiştir. Yeni yapıdan alınan numunede asbest ve türleri yoğun oranda gözlenmemiştir. İnşaat ve yıkıntı atıklarının yönetiminde çalışanların tehlikeli maddelere maruziyetlerini en aza indirecek uygulamalara gidilmelidir. Atık yönetim sürecinin belirlenmesi sırasında risk değerlendirmesi yapılmalıdır. İnşaatın yıkım, tamir ve bakım çalışmalarında öncelik sırası binada asbest varlığının olup olmadığının belirlenmesi, varsa türünün tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla her yıkım öncesi binalardan numuneler alınıp analiz yapılmalıdır. Yönerge ve yönetmeliklere göre; asbest ölçümü ve numune alma işlemleri İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü'nün (İSGGM) izni dâhilinde yetki verilmiş veya akredite olmuş laboratuvarlarda yapılmaktadır. Eğer alınan numunelerde tehlikeli maddenin bulunması durumunda, faaliyette bulunacak firma veya işyeri bağlı bulunduğu Çalışma ve İş Kurumu İl Müdürlüğüne bilgi vermesi gerekmektedir. Dolayısıyla tehlikeli madde tespit edildiği durumda asbest ve türleri için inşaattaki tüm işlemler, bu alanda yetkili ve bilgili kişiler tarafından yapılmalıdır. Ayrıca bu süreçte tüm iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin de alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Acar, M. N. ve Acar, H. H. (2022). Belediye katı atık yönetimi uygulamalarının iş sağlığı ve güvenliği açısından incelenmesi. *Journal of Medical Sciences*, 3(1) 34-48.
- Ağçiçek Keskin, M. (2018). *Kentsel Dönüşüm Projeleri Kapsamında Yapısal Atık Yönetiminin İncelenmesi: İstanbul Fikirtepe Örneği* (Yüksek Lisans Tezi), Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Akakın, T., Zengin, H. ve Öztürk, A. (2011). Hazır Beton Sektörü ve Beton Kullanımındaki Gelişmeler. *Beton 2011 Hazır Beton Kongresi*, İstanbul.
- Akbel, E. ve Özdemir, K. (2020). İnşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği açısından toz faktörünün incelenmesi. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, (2), 139-150.
- Akboğa, Ö. ve Baradan, S. (2011). Asbestin inşaat sektöründeki yeri ve maruziyetin önlenmesi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 5, 69-76.
- Akboğa Kale, Ö., Gürcanlı, G. E. ve Baradan, S. (2017). Kentsel dönüşüm sürecinde asbest maruziyeti ve korunma yöntemleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(6), 694-706.
- Akça, K. R. (2014). *Kentsel Dönüşüm Sürecinde İnşaat Atık Molozlarının Geri Kazanılması* (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akçay, C. (2021). İnşaat Sektöründe İş Güvenliği Maliyetlerinin İncelenmesi, *ESOGÜ Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 29(3), 328-336.
- Akı, E. (2014). 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve çalışma yaşamına etkileri. *DEU Hukuk Fakültesi Dergisi*, 15, İzmir.
- Akinade, O. O., Oyedele, L. O., Munir, K., Bilal, M., Ajayi, S. O., Owolabi, H. A., ... & Bello, S. A. (2016). Evaluation criteria for construction waste management tools: Towards a holistic BIM framework. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 7(1), 3-21.
- Akpınar, T. (2013). *İş Sağlığı ve Güvenliği*. Bursa: Ekin Yayınları.
- Aksel Çiçekçi, H. (2020). *Yapılarda Yapım Süreci Çevresel Etkisinin Azaltılmasına Yönelik Atık Yönetim Modeli Önerisi* (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Akpulat, O. (2020). *Atığın Ötesinde, Dünyada ve Türkiye’de Elektronik Atık Mevcut Durumu Araştırma Raporu*. Vodafone.
- Al-Ansary, M. S., El-Haggar, S. M. & Taha, M. A. (2004). Sustainable Guidelines for Managing Demolition Waste in Egypt (pp.331-340). *Conference on the Use of Recycled Materials in Building and Structures*, Barcelona.
- Altın, Z., Erturan, S. ve Çorbacıoğlu, S. (2014). Seramik Endüstrisindeki Sırlı Atık Malzemenin Değerlendirilmesi, *11. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi*, Eskişehir
- Altındağ, S. (2011). *İstanbul’da Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Tersine Lojistik Yöntemiyle Alternatif Yönetim Planı* (Yüksek Lisans Tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Altuncu, D. & Kasapseçkin, M. A. (2011). Management and recycling of constructional solid waste in Turkey. *Procedia Engineering*, 21, 1072-1077.
- Arcasoy, A. (1983). *Seramik Teknolojisi*, İstanbul: Marmara Üniversitesi Yayınları.
- Arıcı, K. (2014). Türk iş sağlığı ve güvenliği sisteminde kapsam meselesi. *Çimento İşveren Dergisi*, Ankara.
- Asbestle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik. (2013). <https://mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=17050&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeli&mevzuatTertip=5>, Erişim: 08.05.2022.
- Aslam, M., Huang, B. & Cui, L. (2020). Review of construction and demolition waste management in China and USA. *Journal of Environmental Management*, 264.
- Arslan, E. (2018). *Katı Atık İşçilerinin Karşılaştığı İş Sağlığı ve Güvenliği Problemleri* (Yüksek Lisans Tezi), Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik. (2010). *26 Mart 2010 tarih ve 27533 sayılı Resmî Gazete*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100326-13.htm>, Erişim: 08.05.2022.
- Atık Yönetim Yönetmeliği. (2015). *02 Şubat 2015 tarih ve 29314 sayılı Resmi Gazete*, <https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=20644&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, Erişim: 08.05.2022.
- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11, 241-252.
- Balaban, O. (2011). İnşaat Sektörü Neyin Lokomotifini? *Birikim*, 270, 19-26.
- Banduch, I. & Libner, L. (2016). *Orta ve Doğu Avrupa Ülkelerinde Asbest Bağlantılı Mesleki Hastalıklar*. <http://docplayer.biz.tr/1909302-Orta-ve-dogu-avrupaulkelerinde-asbest-baglan-li-mesleki-hastaliklar.html>, Retrieved: 08.05.2022.
- Banias, G., Achillas, C., Vlachokostas, C., Moussiopoulos, N. & Tarsenis, S. (2010). Assessing multiple criteria for the optimal location of a construction and demolition waste management facility. *Building and Environment*, 45, 2317-2326.
- Başar, B. (2007). *Türkiye’de Yapısal Katı Atıkların Yeniden Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma* (Yüksek Lisans Tezi), Gebze Yüksek teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Bayram, S., Öcal, M. E. ve Oral, E. L. (2012). İnşaat atıkları kavramının yasal düzenlemesi ve hazır beton tesisinde örnek uygulama. *Engineering Sciences*, 7(1), 106-118.
- Benachio, G., Freitas, M. & Tavares, S. (2020). Circular Economy in the Construction Industry: A Systematic Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, 260.
- Bergsdal, H., Bohne, R.A. & Brattebo, H. (2007). Projection of construction and demolition waste in Norway, *Journal of Industrial Ecology*, from www.mitpressjournals.org/jie.
- Bianet. (2015). Peki Ya Dönüşümün Atıkları? <https://m.bianet.org/bianet/print/161204-peki-ya-donusumun-atiklari>, Erişim: 08.05.2022.

- Bilal, M., Oyedele, L. O., Qadir, J., Munir, K., Ajayi, S. O., Akinade, O. O., ... & Pasha, M. (2016). Big Data in the construction industry: A review of present status, opportunities, and future trends. *Advanced Engineering Informatics*, 30(3), 500-521.
- Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2014). *Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2014-2017*. Ankara: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı.
- Bilir, N. (2008). Çalışanların sağlığının korunmasında holistik, tümelci, yaklaşım. *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 37.
- Bilir, E. (2015). Asbestli Çalışmalarda Dikkat Edilmesi Gereken Temel Kurallar. <https://docplayer.biz.tr/1363813-Asbestli-calismalarda-dikkat-edilmesi-gereken-temel-kurallar.html>, Erişim: 08.05.2022.
- Bilgir, N. U. (2018). *İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsamında Türkiye’de Atık Yönetimi Konusundaki Yasaların İncelenmesi, Yaşanan Sıkıntıların Tespiti ve Çözüm Önerilerinin Oluşturulması* (Yüksek Lisans Tezi), Çankaya Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Canu, E., Sedin Z. M. (2007). Analysis of mineral fibres (i.e. asbestos) in water, soil and waste material using FTIR spectroscopy, Shimadzu Italy, Milano, Italy
- Castro, S. & Brito, J. de. (2013). Evaluation of the durability of concrete made with crushed glass aggregates. *Journal of Cleaner Production*, 41, 7-14.
- Corinaldesi, V., Giuggiolini, M. & Moriconi, G. (2002). Use of rubble from building demolition in Mortars. *Waste Management*, 22, 893-899.
- Coşgun N. ve Esin, T. (2006). Türkiye’de Yapısal Atık Yönetim(sizlik) Sorunları. *Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu V. Kocaeli*.
- Coşgun, N., Güler, T. ve Belgin, D. (2019). Yapısal atıkların önlenmesinde/azaltılmasında tasarımcının rolü, *Mimarlık Dergisi*, 348, 75-78.
- Countreau, S.(2006). *Occupational and Environmental Health Issues of Solid Waste Management Special Emphasis on Middle- and Lower-Income Countries*. Urban Papers Up-2. Washington: The World Bank & Urban Sector Board.
- Çakır, Ö. ve Tüfekçi, M. (2011). Geri Kazanılmış Agregalı Beton. *Cementürk Dergisi*, 1(15), 48-56.
- Çakır, Ö. ve Dilbaş, H. (2021). Durability properties of treated recycled aggregate concrete: Effect of optimized ball mill method. *Construction and Building Materials*, 268, 1-18.
- Çatalbaş, F. (2011). *Kentsel Dönüşüm Projelerinin Mekânsal ve Sosyo-Ekonomik Etkileri: Diyarbakır İli Suriçi Bölgesi Örneği* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çekinmez, A. (2018). *Öğretmenlerin Okul İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Görüşlerinin Farklı Değişkenlere Göre İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çetindağ, Ş. (2010). İş sağlığı ve güvenliğinin tarihsel gelişim ve mevzuattaki güncel durum. *Toprak İşveren Dergisi*, 86.

- Çevre ve Orman Bakanlığı. (2010). Hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıkları verileri, Ankara.
- Çoban, H. (2006). *İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.
- ÇŞB. (2013). *Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni*. Ankara.
- ÇŞB. (2016). *Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023*. Ankara.
- ÇŞB. (2019). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni, <https://ced.csb.gov.tr/tehlikeli-atik-istatistikleri-bulteni-i-82615>.
- ÇSGB (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı). (1995). *İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği İle İlgili Genel Bilgiler*. Ankara: İşçi Sağlığı ve Daire Başkanlığı Yayınları.
- ÇSGB. (2017). *Asbestle Çalışmalarda İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulama Rehberi*. Ankara.
- Daoud, A., Othman, A.A., Robinson, H. and Bayyati, A. (2020). An investigation into solid waste problem in the Egyptian construction industry: A mini-review. *Waste Management and Research*, 38 (4), 371-382.
- Dastjerdi, B., Strezov, V., Kumar, R. & Behnia, M. (2019). An evaluation of the potential of waste to energy technologies for residual solid waste in New South Wales, Australia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 115.
- Demir, İ. ve Orhan, M. (2003). Reuse of waste bricks in the production line. *Building And Environment*, 38, 1451-1455.
- Deng, X., Liu, G. & Hao, J. (2008). A Study of Construction and Demolition Waste Management in Hong Kong. In *2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing* (pp. 1-4), IEEE.
- Dizdar, E. (2003). *İş Güvenliği*. Trabzon: Dilara Yayınevi ve Matbaacılık.
- Doğu, E. (2010). *Çift Cidarlı Moloz Dolgulu Tarihi Taş Duvarların Yatay Yükler Altındaki Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dorsthorst te, B. J. H. & Kowalczyk, T. (2003). *Design For Recycling*. Kibert, C, J. (Ed.), CIB Task Group 39 - Deconstruction Fourth Annual Meeting, Florida.
- Duman, E. ve Etiler, N. (2013). İnşaat sektörü ve işçi sağlığı. *Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, 35-36.
- EC (European Commission). (2018). *EU Construction and Demolition Waste Protocol and Guidelines*. https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolitionwaste-protocol-0_en, Retrieved: 23.04.2022.
- EC (European Commission). (2020). Hyperconnectivity & IOT, European Commission, https://ec.europa.eu/knowledge4policy/foresight/topic/accelerating-technological-change-hyperconnectivity/hyperconnectivity-iot-digitalisation_en, Retrieved: 08.05.2022.
- Egercioğlu, Y. ve İregöl, A. (2017). İzmir'de kentsel dönüşüm projelerinde sürdürülebilir inşaat atık yönetiminin değerlendirilmesi. *Planlama*, 27(2), 169-179.

- EPA. (2014). *RCRA Orientation Manual, The U.S. Environmental Protection Agency Office of Resource Conservation And Recovery Program Management*. Washington: Communications and Analysis Office.
- Epsilon. (2018). *From Boomers to Gen Z: How Different Generations Adapt and React to New Trends and Technologies, Epsilon Data Interactive*, <https://emea.epsilon.com/blog/from-boomers-to-gen-z>, Retrieved: 08.05.2022.
- Ercan, M. (2016). *Tehlikeli Atık Bertaraf Tesislerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden İncelenmesi (İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)*, ÇSGB, Ankara.
- Erdin, E., Alten, A. ve Tunalı, T. (2004). İnşaat Atıklarının Değerlendirilmesi. 5. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 13-14, <http://www.haliccevre.com/images/PDF/insaataatik.pdf>.
- Erdoğan, D., Kayalar A. Ş., Altun, S. ve Göktepe, A. B. (2005). Turgutlu Tuğla ve Kiremit Fabrikaları Katı Atıklarının Geoteknik Özellikleri. *Geoteknik Sempozyumu*, 409-424, Adana.
- Eşkinat, R. ve Tepecik, F. (2012). İnşaat sektörüne küresel bakış. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 14, 25-41.
- EU Commission Directorate-General Environment. (2012). *Preparing a Waste Management Plan*. DG Environment, Vienna.
- European Parliament and Council. (2003). *Directive 2003/18/EC, Council Directive 83/477/EEC On The Protection Of Workers From The Risks Related To Exposure To Asbestos At Work*. <http://consultation.hsa.ie/asbestos/AbestosDirectivesWeb8May2006.pdf>, Retrieved: 08.05.2022.
- Eurostat. (2018). *Waste Statistics*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation, Retrieved: 23.04.2022.
- Ganguly, P. (2012). Construction and demolition waste handling in the EU. *Littera Scripta*, 5(2), 205-217.
- Ghaffar, S., Burman, M. & Braimah, N. (2019). Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource recovery. *Journal of Cleaner Production*, 244.
- Giannikos, I. (1998). A multiobjective programming model for locating treatment sites and routing hazardous wastes. *European Journal of Operational Research*, 104(2), 333-342.
- Gündoğay, A. (2022). Kentsel dönüşümde iş sağlığı ve güvenliği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (34), 336-343.
- Gürer, C., Akbulut, H. ve Kürklü, G. (2004). İnşaat Endüstrisinde Geri Dönüşüm ve Bir Hammadde Kaynağı Olarak Farklı Yapı Malzemelerinin Yeniden Değerlendirilmesi. *V. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir.
- Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği. (2004). Resmi Gazete sayı 25406, 18 Mart 2004. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Huang, W. L., Lin, D. H., Chang, N. B. & Lin, K. S. (2002). Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process. *Resources, Conservation & Recycling*, 37, 23-37.

- ILO (2009). ILO standards on occupational and health safety and health Promoting a safe and healthy working environment, *General Survey concerning the Occupational Safety and Health Convention*, 1981, No:155-164.
- Ismail, Z. Z. & Al-Hashmi, E. A. (2009). Recycling of waste glass as a partial replacement for fine aggregate in concrete. *Waste Management*, 29(2), 655-659.
- İstaç. (2011). *İnşaat Yıkıntı ve Hafriyat Yönetimi*. <https://istac.istanbul/tr/temiz-istanbul/atik-yonetimi/hafriyat-insaat-ve-yikinti-atiklari>, Erişim: 05.01.2022.
- Jani, Y. & Hogland, W. (2014). Waste glass in the production of cement and concrete - A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(3), 1767-1775.
- Jerie, S. (2016). Occupational risk associated with solid waste management in the informal sector of Gweru, Zimbabwe. *Journal of Environmental and Public Health*, 7-8.
- Kabirifar, K., Mojtahedi, M., Wang, C. & Tam, V. W. (2020). Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review. *Journal of Cleaner Production*, 121265.
- Kadıköy Belediyesi. (2010). *Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü, 2010 Yılı Faaliyet Raporu*, https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/ia/insaat_son_surum.pdf, Erişim Tarihi: 02.01.2022.
- Kalınçimen G., Öztürk A U., Kaplan G. ve Yıldız S. A. (2015). Seramik atıklarının çimento ikame malzemesi olarak kullanılması ve asit dayanıklılığının incelenmesi. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 1 (1), 9-16.
- Kaplan, G., Öztürk, A. U. ve Uğur Kaplan, A. B. (2020). Çimento ve uçucu kül bünyesindeki ağır metallerin etkilerinin hidrasyon ve çevre sağlığı açısından incelenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(1), 305-313.
- Karaca, F. M. (2012). *Atık Yönetimi Sempozyumu*. İstanbul Tuzla-Aydınlı İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Geri Kazanım Tesisi İşletimi, İSTAÇ, Antalya.
- Kazan Allen, L. (2005). Asbestos and mesothelioma: Worldwide trends. *Lung Cancer*, 49(1), 3-8.
- Koçali, K. (2021). Sosyal Güvenlik Kurumu 2012-2020 yılları arası iş kazaları göstergelerinin standartizasyonu. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 12(2), 302-327.
- Konak, Ö. (2017). *Kentsel Dönüşüm Nedeniyle İnşaat Alanında Çalışanlarda Asbeste Maruziyetin İncelenmesi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Medipol Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kösali, Y. K. (2014). *Kentsel Dönüşüm Kapsamındaki Yıkımlarda Asbest Sorunu*, http://www1.mmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=40150&tipi=2&sube=10#sunum, Erişim: 08.05.2022.
- Kuru, O. (2000). İş sağlığı ve güvenliğinde yeni oluşumlar. *Tisk İşveren Dergisi*, 28(8), 5-9.

- Kusiorowski, R., Zaremba T. (2017). *The Use Of Asbestos Wastes As A Fillers On Sorel Cement, Silesian University of Technology, Faculty of Chemistry, Department of Inorganic, Analytical Chemistry and Electrochemistry, ul. B. Krzywoustego 6, 44-100 Gliwice, Poland*
- Kusiorowski, R., Zaremba, Z., Piotrowski, J., Adamek, J. (2012). Thermal decomposition of different types of asbestos. *J Therm Anal Calorim*, 109, 693–704.
- Li, Y. (2013). *Developing A Sustainable Construction Waste Estimation and Management System*. (Ph.D. Thesis), Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong.
- Lin, Z., Xie, Q., Feng, Y., Zhang, P. and Yao, P. (2020). Towards a Robust Facility Location Model for Construction and Demolition Waste Transfer Stations Under Uncertain Environment: The Case of Chongqing. *Waste Management*, 105, 73-83.
- Luangcharoenrat, C., Intrachoto, S., Peansupap, V. & Sutthinarakorn, W. (2019). Factors influencing construction waste generation in building construction: Thailand's perspective. *Sustainability*, 11.
- Maçin, K. E. ve Demir, İ. (2018). Kentsel dönüşüm sürecinde İstanbul'da inşaat ve yıkıntı (İ&Y) atıkları yönetimi. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(9), 202-210.
- Manafvand Ardi, S. ve Arda Büyüktaşkın, H. A. (2019). Katı Atıkların Değerlendirilerek Yapı Malzemeleri Üretiminde Kullanılma Olanakları Üzerine Bir İnceleme. *10. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi (UKAY'2019)*. Çanakkale.
- Mawed, M., Nuaimi, M. & Kashawni, G. (2020). Construction and demolition waste management in the use: Application and obstacles. *Internattional Journal of GEOMATE*, 18(70), 235-245.
- MEGEP (Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi). (2006). *İnşaat Teknolojisi-Agrega Deneyleri-1*. Ankara: MEB.
- MEKA. (2022). *Agregalar ve Kullanım Yerleri*. <https://www.mekaglobal.com/tr/cozumler/agregalar-ve-kullanim-yerleri>.
- Merino, M., Grasia, P. & Azevedo, I. (2010). Sustainable construction: Construction and demolition waste reconsidered. *Waste Management & Research*, 28, 118-129.
- Metintas, M. (2013). Malıgn mezotelyoma tanı ve izleminde tümör belirteçleri. *Plevra Bülteni*, 7(1), 4.
- Mulders, L. (2013). *High Quality Recycling of Construction and Demolition Waste in the Netherlands* (Master Thesis), Utrecht University, Faculty of Geoscience,
- Ncube, F., Ncube, E., J. & Vuyi, K. (2017). Research article bioaerosols, noise, and ultraviolet radiation exposures for municipal solid waste handlers. *Hindawi Journal of Environmental and Public Health*, 2017, 3081638.
- Nunes, K. R. A., Mahler, C. F., Valle, R. & Neves, C. (2007). Evaluation of investments in recycling centres for construction and demolition wastes in Brazilian municipalities. *Waste Management*, 27.
- Oikonomou, N. D. (2005). Recycled concrete aggregates. *Cement & Concrete Composites*, 27, 315-318.

- Olsen, N. J., Franklin, P. J., Reld, A., Klerk, N. H., Threlfall, T. J., Shllkin, K. & Musk, B. (2011). Increasing incidence of malignant mesothelioma after exposure to asbestos during home maintenance and renovation. *Medical Journal of Australia*, 195(5), 271-274.
- Osmani, M., Glass, J. & Price, A.D.F. (2008). Architects' perspectives on construction waste reduction by design, *Waste Management*, 28, 1147-1158.
- Osmani, M. (2013). Design waste mapping: A project life cycle approach. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management*, 166 (3), 114-127.
- Ölmez, E. ve Yıldız, Ş. (2008). İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Yönetimi ve Planlanan İstanbul Modeli. *Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu*, İstanbul.
- Özel, H. (2018). *Kentsel Dönüşümde Yıkım Uygulamalarının İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Analizi Kocaeli Örneği* (Yüksek Lisans Tezi), Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Özkılıç, Ö. (2005). *İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi ve Risk Değerlendirme Metodolojileri*. İstanbul: Tisk Yayınları.
- Öztürk, M. (2004). *Recovery of Used Steel*. Ankara: Ministry of Environment and Forest.
- Öztürk, M. (2005). *İnşaat/Yıkıntı Atıkları Yönetimi*. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Öztürk, M. ve Coşkun, H. (2011). Katı Atık Yönetimi Konusunda Hatay İlinde İnşaat Sektörü Paydaşlarının Algılamaları. 6. *İnşaat Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı*, 133-143. Bursa.
- Pamuk, R. (2018). *Türkiye'de İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Geri Kazanımının Mevcut Durumu: Atık Yönetimi İçin Bir Model Önerisi* (Yüksek Lisans Tezi), Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Peng, C., Scorpio, D. E. & Kibert, C. J. (1997). Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations. *Construction Management and Economics*, 15, 49-58.
- Poon, C. S., Yu, A. T. W. & Ng, L. H. (2001). On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong. *Resources, Conservation and Recycling*, 32 (2), 157- 172.
- Poon, C. S. (2007). Management of construction and demolition waste. *Waste Management*, 27, 159-160.
- RAİUK. (2018). *Riskli Alan İlanı ve Uygulama Kılavuzu*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Rakshvir, M. & Barai, S. V. (2006). Studies on recycled aggregates-based concrete. *Waste Manage Res*, 24, 225-233.
- Ruiz, L. A. L., Ramón, X. R. & Domingo, S. G. (2020). The circular economy in the construction and demolition waste sector—a review and an integrative model approach. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119-238.
- Saez, P. & Osmani, M. A. (2019). Diagnosis of construction and demolition waste generation and recovery practice in the European Union, *Journal of Cleaner Production*, 241.
- Saikia, N. & Brito, J. de. (2014). Mechanical properties and abrasion behaviour of concrete containing shredded PET bottle waste as a partial substitution of natural aggregate. *Construction and Building Materials*, 52, 236-244.

- Salgın, B. (2019). An examination of the development of the construction and demolition waste-related regulations in Turkey. *Periodica Polytechnica Architecture*, 50(2), 169-177.
- Sanchez-Roja, M. I., Frias M., Rivera J. & Marin F. P. (2003). Wastes Products from Prefabricated Ceramic Materials as Pozzolanic Addition (pp.935–943). *Proceedings of the 11th ICCI*, Durban,
- Sapuay, S. E. (2016). Construction Waste – Potentials and Constraints. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 714–722,
- Schmitz, A., Kaminski, J., Scalet, B. M. & Soria, A. (2011). Energy consumption and CO2 emissions of the European glass industry. *Energy Policy*, 39 (1), 142-155.
- Sharma, R. & Bansal, P. P. (2016). Use of different forms of waste plastic in concrete – A review. *Journal of Cleaner Production*, 112 (1), 473-482.
- Siddique, R., Khatib, J. & Kaur, I. (2008). Use of recycled plastic in concrete: A review. *Waste Management*, 28 (10), 1835- 1852.
- Sormunen, P. & Kärki, T. (2019). Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing, *Journal of Building Engineering*, 24, 100742.
- Sönmez, M. (2015). *Ak Faşizmin İnşaat İskelesi*. İstanbul: Nota Bene Yayınları.
- Sönmez, N. (2021). *Yeşil Bina Değerlendirme Sistemlerinde İnşaat Atıkları ve İnşaat Atık Yönetimi Etkisinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Statista, (2020). *Number of Smartphones Sold to End Users Worldwide from 2007 to 2020*, Statista, <https://www.statista.com/statistics/263437/global-smartphone-sales-to-endusers-since-2007/>, Retrieved: 08.05.2022.
- Stănescu-Dumitru, R. (2008). *Ftır Asbestos Presence Identification In The Occupational Environment Department of Physical Chemistry*, 4-12 Regina Elisabeta Blvd, District 3, Bucharest
- Szabo, J. & Smallwood, J. (2005). Asbestos in Construction. *4th Triennial International Conference*. Port Elizabeth, South Africa.
- Tam, V. & Tam, C. (2008). *Re-use of Construction and Demolition Waste in Housing Developments*. New York: Nova Science Publications.
- TDK (Türk Dil Kurumu). (2022). *Moloz*, <https://sozluk.gov.tr>, Erişim: 01.03.2022.
- Tezcan, E. (2007). Asbest nedir? *Mühendis ve Makine*, 567(48), 9-12.
- Topçu, I. B. & Canbaz, M. (2004). Properties of concrete containing waste glass. *Cement and Concrete Research*, 34 (2), 267-274.
- Torgal, P. F. & Jalali, S. (2011). Compressive strength and durability properties of ceramic wastes based concrete. *Materials and Structures*, 44, 155-167.
- TÜDAM. (2016). *Geri Dönüşüm Sektörü Teşvik Raporu*. Ankara: Değerlendirilebilir Atık Malzemeler Sanayicileri Derneği.

TÜİK. (2012). *Atık bertaraf ve geri kazanım tesislerinin 2012 yılındaki sayısı ve işlem yaptıkları atık miktarları*. Ankara.

TÜİK. (2018). *Belediye Atık İstatistikleri*, 30666. Ankara.

Tümer, S. (2012). Asbest. *SDUGEOE-Dergi*, 3, 6-11.

UN (United Nations). (2019). *Growing At A Slower Pace, United Nations*, <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html>, Retrieved: 08.05.2022.

Vegas, I., Ibanez, J. A., San Jose, J. T. & Urzelai, A. (2008). Construction demolition wastes, Waelz slag and MSWI bottom ash: A comparative technical analysis as material for road construction. *Waste Management*, 28, 565-574.

Ventura G. D., Vigliaturo R., Gieré R., Pollastri S., Gualtieri, A. F. and Iezzi, G. (2018). *Infra Red Spectroscopy of the Regulated Asbestos Amphiboles*, Dipartimento di Scienze, Università Roma Tre, Largo S. Leonardo Murialdo 1, I-00146 Rome, Italy

V&A (Victoria and Albert) Museum, *A-Z of Ceramics - W is for Waster*. <http://www.vam.ac.uk/content/articles/a/ceramics-w-is-for-waster/>, Retrieved: 08.01.2022.

Virta, R. L. (2012). *Asbestos*. Virginia, USA: U.S. Geological Survey Mineral Yearbook (USGS),

Wang, J. W., Touran, A., Christoforou, C. & Hatim. (2004). A systems analysis tool for construction and demolition wastes management. *Waste Management*, 24, 989-997.

WECF (Women in Europe for a Common Future). Asbest: Küresel Ölçekte Sessiz Bir Katil. http://www.womenforclimate.org/download/2013/May/asbestos_turkish_bilgi_ozeti_asbest.pdf?m=1367510196&, Erişim: 08.05.2022.

Weil, M., Jeske, U. & Schebek, L. (2006). Closed-loop recycling of construction and demolition waste in Germany in view of stricter environmental threshold values. *Waste Management & Research*, 24, 197-206.

Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği. (2013). *05.10.2013 tarih ve 28786 sayılı Resmî Gazete*, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18928&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, Erişim: 08.05.0-2022.

Yeşilyurt, D. (2016). *Binalarda Yapılacak Asbest Söküm Çalışmalarının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi (İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)*, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara.

Yılmaz, F. (2009). *Avrupa Birliği ve Türkiye'de İş Sağlığı ve Güvenliği: Türkiye'de İş Sağlığı ve Güvenliği Kurullarının Etkinlik Düzeyinin Ölçülmesi (Yayınlanmamış Doktora Tezi)*, İstanbul Üniversitesi SBE, İstanbul.

Yiğit, A. (2008). *İş Güvenliği ve İş Sağlığı*. Bursa: Aktüel Yayınları.

You, Z., Wu, C., Zheng, L. and Feng, L. (2020). An Informatization Scheme for Construction and Demolition Waste Supervision and Management in China. *Sustainability*, 12.

Zhang, F., Ju, Y., Dong, P. & Gonzalez, E., A. (2020). Fuzzy evaluation and selection of construction and demolition waste utilization modes in Xi'an, China. *Waste Management & Research*, 38 (7), 792-801.

Zheng, L .N., Wu, H. Y., Zhang, H., Duan, H., Wang, J., Jiang, W. P. & Song, Q. (2017). Characterizing the generation and flows of construction and demolition waste in China. *Construction and Building Materials*, 136, 405-413.



EKLER



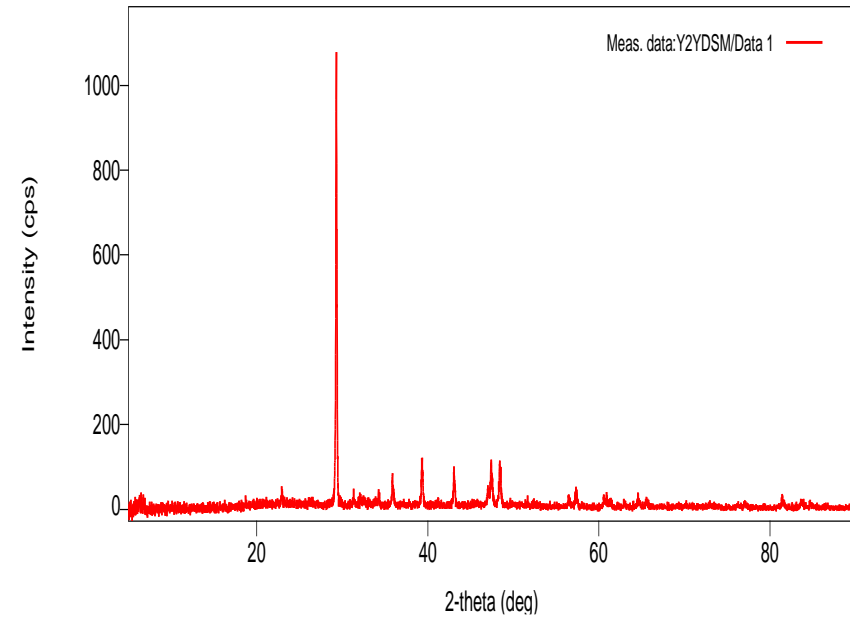
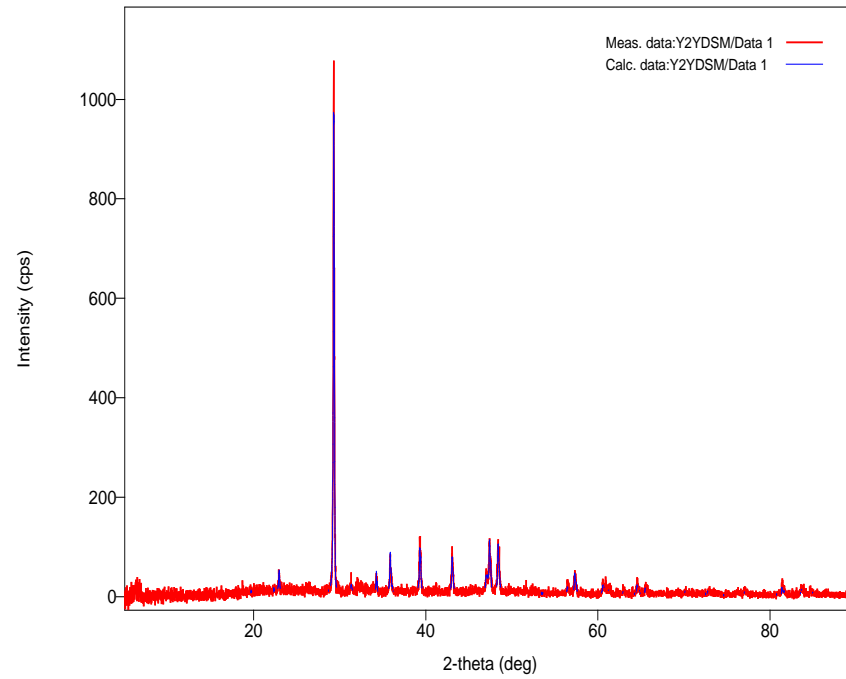
EK-1.

1 Nolu Numune Rietveld XRD Analiz Sonuçları

General Information

Analysis date	2022/06/24 06:06:27	Measurement date	2022/06/09 02:14:18
Sample name	Y2YDSM	Operator	administrator
File name	Y2YDSM.ras		
Comment			

Measurement profile



Measurement conditions

X-Ray	40 kV , 30 mA	Scan speed / Duration time	1.0000 deg/min
Goniometer	SmartLab	Step width	0.0100 deg
Attachment	Standard	Scan axis	Theta/2-Theta
Filter	Cu_K-beta	Scan range	5.0000 - 90.0000 deg
CBO selection slit	BB	Incident slit	1/2deg
Diffrected beam mono.	None	Length limiting slit	10.0mm
Detector	SC-70	Receiving slit #1	1/2deg
Scan mode	CONTINUOUS	Receiving slit #2	0.300mm

Qualitative analysis results

Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Calcite	C Ca O3	0.577	User (COD)	9009667
Calcite	C Ca O3	1.614	User (COD)	9000966
Calcite	C Ca O3	1.348	User (COD)	9009668
Calcite	C Ca O3	1.515	User (COD)	9000968
Calcite	C Ca O3	0.943	User (COD)	9007687
C Ca O3	C Ca O3	2.710	User (COD)	2100189
Cristobalite	O2 Si	0.940	User (COD)	9013427
Cristobalite	O2 Si	1.536	User (COD)	9013426
Portlandite	Ca (O H)2	1.555	User (COD)	1008780
Periclase	Mg O	1.195	User (COD)	9013238
Calcite	C Ca O3	1.115	User (COD)	9000965
calcite	Ca (C O3)	1.146	User (RigakuDemo2013)	2
Calcite	C Ca O3	0.484	User (COD)	9000095
Periclase	Mg O	1.107	User (COD)	9013271
Brucite	Mg H2 O2	1.475	User (COD)	9002351

Phase name	Formula	Space group	Phase reg. detail	DB card
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9009667
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9000966
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9009668
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9000968
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9007687
C Ca O3	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	2100189
Cristobalite	O2 Si	14 : P121/c1,unique-b,cell-1	User (COD)	9013427
Cristobalite	O2 Si	14 : P121/c1,unique-b,cell-1	User (COD)	9013426
Portlandite	Ca (O H)2	164 : P-3m1	User (COD)	1008780
Periclase	Mg O	225 : Fm-3m	User (COD)	9013238
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9000965
calcite	Ca (C O3)	167 : R-3c,hexagonal	User (RigakuDemo2013)	2
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9000095
Periclase	Mg O	225 : Fm-3m	User (COD)	9013271
Brucite	Mg H2 O2	164 : P-3m1	User (COD)	9002351

Peak list

N	2-theta	d(ang.)	Height	FWHM	Size(ang.)	Phase name	Chemica
1	22.9157	3.87772	1.8472	0.12767	663.071	Calcite(0,1,2),Calcite(0,1,2),calcite(0,1,2)	C Ca
2	29.304(4)	3.0453(4)	787(36)	0.117(4)	733(24)	Calcite(1,0,4),Calcite(1,0,4),C Ca O3(1,0,4),calcite(1,0,4)	C Ca
3	31.3427	2.85169	1.7342	0.12767	674.946	Calcite(0,0,6),Cristobalite(1,1,-2),calcite(0,0,6)	C Ca
4	32.1579	2.78124	25.108	0.12767	676.313	Unknown	Unknow
5	34.249(9)	2.6160(7)	27(7)	0.075(18)	1163(28)	Calcite(1,1,3),Portlandite(1,0,1)	C Ca
6	35.880(8)	2.5008(6)	57(10)	0.102(14)	856(114)	Calcite(1,1,0),calcite(1,1,0)	C Ca
7	39.299(1)	2.2908(8)	80(12)	0.156(15)	564(53)	Calcite(1,1,3),Calcite(1,1,3),Calcite(2,0,2),Cristobalite(0,1,1),Periclase(1,1,1),calcite(1,1,3),Bruc	C Ca
8	43.057(9)	2.0991(4)	67(11)	0.107(15)	832(119)	Calcite(2,0,2),calcite(2,0,2)	C Ca
9	47.025(1)	1.9308(6)	28(7)	0.13(3)	709(190)	Calcite(0,2,4),Calcite(0,2,4),calcite(0,2,4)	C Ca
1	47.418(1)	1.9157(4)	91(12)	0.124(14)	728(82)	Calcite(0,1,8),calcite(0,1,8),Periclase(2,0,0)	C Ca
1	48.400(7)	1.8791(3)	86(12)	0.137(12)	663(56)	Calcite(1,1,6),Calcite(1,1,6),calcite(1,1,6)	C Ca
1	53.5051	1.71125	14518.	0.12767	727.756	Calcite(0,0,12),Brucite(1,0,2)	C Ca

1	56.443(8)	1.6289(2)	24(6)	0.12(3)	793(182)	Calcite(2,1,1),Calcite(2,1,4),Cristobalite(2,2,-3),calcite(2,1,1)	C Ca
1	57.32(3)	1.6061(6)	28(7)	0.19(3)	499(85)	Calcite(1,2,2),Cristobalite(2,1,0),Cristobalite(1,3,-1),calcite(1,2,2),Calcite(2,1,1)	C Ca
1	60.5386	1.52817	21.333	0.12767	752.44	Calcite(2,1,4),Calcite(2,1,7),Calcite(3,0,0),calcite(2,1,4),Brucite(1,1,0)	C Ca
1	61.0031	1.51764	37.440	0.12767	754.23	Calcite(2,0,8),Calcite(1,1,9),C Ca O3(2,0,8),Calcite(1,2,5)	C Ca
1	64.58(5)	1.4419(9)	13(5)	0.23(6)	432(112)	Calcite(3,0,0),Calcite(2,0,8),Cristobalite(4,1,-3),Portlandite(1,1,2),calcite(3,0,0)	C Ca
1	77.127(1)	1.2357(3)	10(4)	0.21(6)	496(145)	Calcite(1,1,12),Cristobalite(4,0,-2),calcite(1,1,12)	C Ca
1	81.40(3)	1.1813(4)	17(5)	0.24(4)	452(74)	Calcite(2,1,10),Calcite(3,1,8),Calcite(3,1,2),C Ca O3(2,1,10),Cristobalite(2,0,-	C Ca
2	83.67(2)	1.1548(3)	10(4)	0.25(6)	451(111)	Calcite(1,3,4),Calcite(1,2,8),Cristobalite(5,2,-6),calcite(1,3,4),Periclase(3,1,1)	C Ca

Structure parameters

Data set name	Phase Name	Element	x	y	z	Occupancy	Temperature factor
Y2YDSM	Calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	1.224
Y2YDSM	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	1.398
Y2YDSM	Calcite	O	0.245000	0.000000	0.250000	1.000	1.398
Y2YDSM	Calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	1.283
Y2YDSM	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	1.185
Y2YDSM	Calcite	O	0.256200	0.000000	0.250000	1.000	2.282
Y2YDSM	Calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	1.204
Y2YDSM	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	1.645
Y2YDSM	Calcite	O	0.250000	0.000000	0.250000	1.000	1.645
Y2YDSM	Calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	2.869
Y2YDSM	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	2.608
Y2YDSM	Calcite	O	0.254700	0.000000	0.250000	1.000	5.031
Y2YDSM	Calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.797
Y2YDSM	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	0.758
Y2YDSM	Calcite	O	0.257300	0.000000	0.250000	1.000	1.400
Y2YDSM	C Ca O3	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.834
Y2YDSM	C Ca O3	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	0.787
Y2YDSM	C Ca O3	O	0.246500	0.000000	0.250000	1.000	1.492
Y2YDSM	Cristobalite	Si	0.372500	0.731000	0.214500	1.000	0.000
Y2YDSM	Cristobalite	Si	0.120700	0.969900	0.840300	1.000	0.000
Y2YDSM	Cristobalite	O	0.185900	0.864500	0.035100	1.000	0.347
Y2YDSM	Cristobalite	O	0.299700	0.591200	0.327600	1.000	0.347

Y2YDSM	Cristobalite	O	0.529600	0.979100	0.329700	1.000	0.347
Y2YDSM	Cristobalite	O	0.927000	0.808900	0.683900	1.000	0.347
Y2YDSM	Cristobalite	Si	0.372600	0.733900	0.218700	1.000	0.000
Y2YDSM	Cristobalite	Si	0.134000	0.977900	0.852900	1.000	0.000
Y2YDSM	Cristobalite	O	0.184800	0.874500	0.036500	1.000	0.221
Y2YDSM	Cristobalite	O	0.305600	0.595400	0.333100	1.000	0.221
Y2YDSM	Cristobalite	O	0.536300	0.973800	0.331500	1.000	0.221
Y2YDSM	Cristobalite	O	0.930400	0.805200	0.690800	1.000	0.221
Y2YDSM	Portlandite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.407
Y2YDSM	Portlandite	O	0.333333	0.666667	0.234600	1.000	0.433
Y2YDSM	Portlandite	H	0.333333	0.666667	0.428000	1.000	2.480
Y2YDSM	Periclase	Mg	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
Y2YDSM	Periclase	O	0.500000	0.500000	0.500000	1.000	0.500
Y2YDSM	Calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.937
Y2YDSM	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	0.907
Y2YDSM	Calcite	O	0.256700	0.000000	0.250000	1.000	1.607
Y2YDSM	calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	0.500
Y2YDSM	calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
Y2YDSM	calcite	O	0.257060	0.000000	0.250000	1.000	0.500
Y2YDSM	Calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
Y2YDSM	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	0.500
Y2YDSM	Calcite	O	0.257800	0.000000	0.250000	1.000	0.500
Y2YDSM	Periclase	Mg	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
Y2YDSM	Periclase	O	0.500000	0.500000	0.500000	1.000	0.500
Y2YDSM	Brucite	Mg	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
Y2YDSM	Brucite	O	0.333333	0.666667	0.246000	1.000	0.500
Data set name	Rwp	Rp	Re	S	Chi^2	Maximum shift/e.s.d.	
Y2YDSM	32.32	23.4	28.8	1.1199	1.2542	1.264	

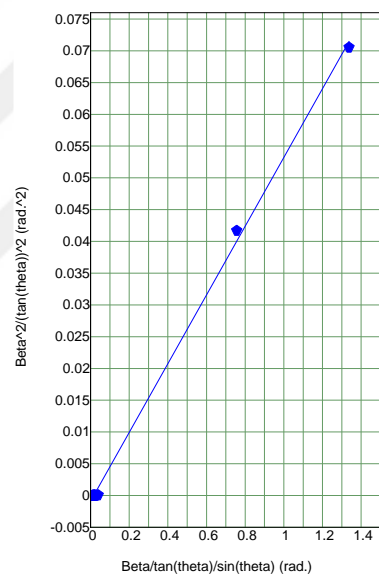
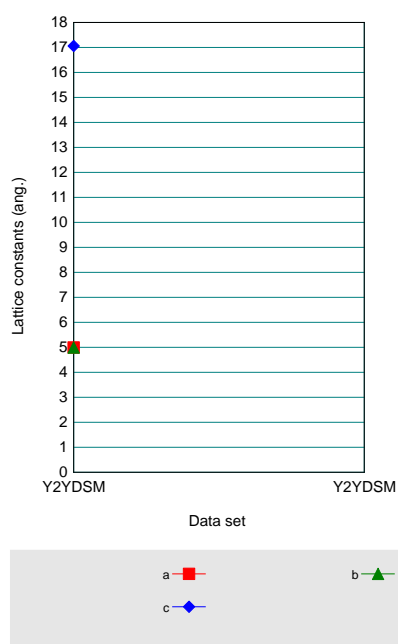
Lattice constants

Angular correction

No correction

Analysis results

Data set name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha(deg)	beta(deg)	gamma(deg)	
Y2YDSM	4.9896(6)	4.9896(6)	17.061(2)	90.000000	90.000000	120.000000	
Y2YDSM	5.79(2)	5.79(2)	17.99(7)	90.000000	90.000000	120.000000	
Y2YDSM	4.32(2)	4.32(2)	16.10(9)	90.000000	90.000000	120.000000	
Y2YDSM	4.9706(8)	4.9706(8)	17.198(3)	90.000000	90.000000	120.000000	
Y2YDSM	5.584(15)	5.584(15)	14.30(4)	90.000000	90.000000	120.000000	
Y2YDSM	4.885(4)	4.885(4)	17.410(14)	90.000000	90.000000	120.000000	
Y2YDSM	7.35(13)	3.77(16)	9.6(3)	90.000000	151.1(16)	90.000000	
Y2YDSM	8.44(12)	4.91(6)	8.22(11)	90.000000	161.7(3)	90.000000	
Y2YDSM	3.578(3)	3.578(3)	4.830(11)	90.000000	90.000000	120.000000	
Y2YDSM	3.953(4)	3.953(4)	3.953(4)	90.000000	90.000000	90.000000	
Y2YDSM	5.287(4)	5.287(4)	15.77(3)	90.000000	90.000000	120.000000	
Y2YDSM	4.9932(7)	4.9932(7)	17.064(3)	90.000000	90.000000	120.000000	
Y2YDSM	4.92(4)	4.92(4)	20(5)	90.000000	90.000000	120.000000	
Y2YDSM	4(7)	4(7)	4(7)	90.000000	90.000000	90.000000	
Y2YDSM	3.0567(3)	3.0567(3)	4.4822(5)	90.000000	90.000000	120.000000	
Phase name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha(deg)	beta(deg)	gamma(deg)	V(A^3)
Calcite	4.9896(6)	4.9896(6)	17.061(2)	90.000000	90.000000	120.000000	367.85(8)
Calcite	5.79(2)	5.79(2)	17.99(7)	90.000000	90.000000	120.000000	521(3)
Calcite	4.32(2)	4.32(2)	16.10(9)	90.000000	90.000000	120.000000	260(2)
Calcite	4.9706(8)	4.9706(8)	17.198(3)	90.000000	90.000000	120.000000	367.97(11)
Calcite	5.584(15)	5.584(15)	14.30(4)	90.000000	90.000000	120.000000	386.3(19)
C Ca O3	4.885(4)	4.885(4)	17.410(14)	90.000000	90.000000	120.000000	359.8(5)
Cristobalite	7.35(13)	3.77(16)	9.6(3)	90.000000	151.1(16)	90.000000	128(7)
Cristobalite	8.44(12)	4.91(6)	8.22(11)	90.000000	161.7(3)	90.000000	107(2)
Portlandite	3.578(3)	3.578(3)	4.830(11)	90.000000	90.000000	120.000000	53.55(14)
Periclase	3.953(4)	3.953(4)	3.953(4)	90.000000	90.000000	90.000000	61.75(9)
Calcite	5.287(4)	5.287(4)	15.77(3)	90.000000	90.000000	120.000000	381.7(9)
Calcite	4.9932(7)	4.9932(7)	17.064(3)	90.000000	90.000000	120.000000	368.44(10)
Calcite	4.92(4)	4.92(4)	20(5)	90.000000	90.000000	120.000000	429(112)
Periclase	4(7)	4(7)	4(7)	90.000000	90.000000	90.000000	56(174)
Brucite	3.0567(3)	3.0567(3)	4.4822(5)	90.000000	90.000000	120.000000	36.269(7)



Crystallite size and lattice strain

Williamson-Hall method

Data set name	Crystallite size(A)	Strain(%)
Y2YDSM	29.9(3)	0.00000
Y2YDSM	0.0000	0.0000
Y2YDSM	0.0000	0.0000
Y2YDSM	0.0000	0.0000
Y2YDSM	0.0000	0.0000
Y2YDSM	0.0000	0.0000
Y2YDSM	0.0000	0.0000
Y2YDSM	0.0000	0.0000
Y2YDSM	0.0000	0.0000

Y2YDSM	0.0000	0.0000
Y2YDSM	0.0000	0.0000
Y2YDSM	0.0000	0.0000
Y2YDSM	0.0000	0.0000
Y2YDSM	0.0000	0.0000
Y2YDSM	0.0000	0.0000
Y2YDSM	0.0000	0.0000

Phase name	Crystallite size(A)	Distribution RSD	Strain(%)	Distribution type
Calcite	29.9(3)	-	0.000000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
C Ca O3	0.0000	-	0.0000	-
Cristobalite	0.0000	-	0.0000	-
Cristobalite	0.0000	-	0.0000	-
Portlandite	0.0000	-	0.0000	-
Periclase	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Periclase	0.0000	-	0.0000	-
Brucite	0.0000	-	0.0000	-

Quantitative analysis results (RIR)

Phase name	Content(%)
Calcite	21(19)
Calcite	17(18)
Calcite	7(12)
Calcite	9(8)
Calcite	2(3)

C Ca O3	10(9)
Cristobalite	3(11)
Cristobalite	8(21)
Portlandite	1.3(12)
Periclase	2(2)
Calcite	2(2)
calcite	18(17)
Calcite	0.01(19)
Periclase	0(36)
Brucite	0.2(3)

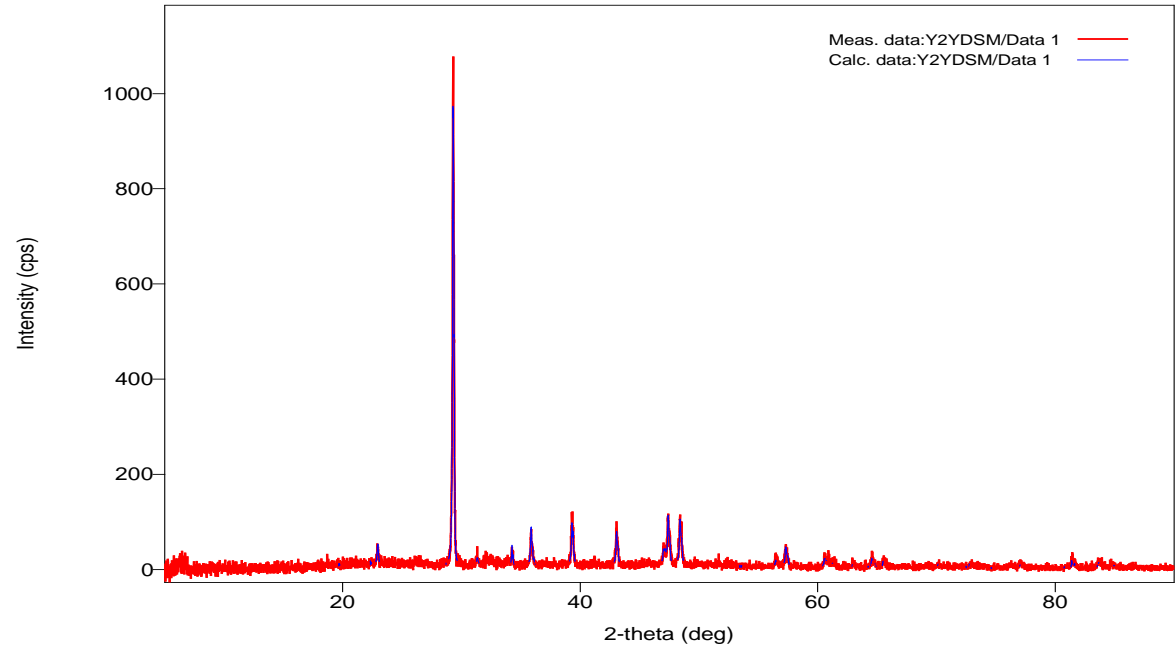
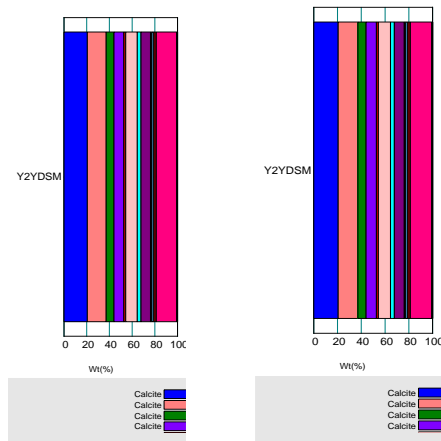
Calibration data

Cluster analysis results

Dendrogram

ClusterDendrogram.emf

Measurement profiles



Crystal structure analysis results

Indexing

Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Calcite	C Ca O3	0.577	User (COD)	9009667
Calcite	C Ca O3	1.614	User (COD)	9000966
Calcite	C Ca O3	1.348	User (COD)	9009668
Calcite	C Ca O3	1.515	User (COD)	9000968
Calcite	C Ca O3	0.943	User (COD)	9007687
C Ca O3	C Ca O3	2.710	User (COD)	2100189
Cristobalite	O2 Si	0.940	User (COD)	9013427
Cristobalite	O2 Si	1.536	User (COD)	9013426
Portlandite	Ca (O H)2	1.555	User (COD)	1008780
Periclase	Mg O	1.195	User (COD)	9013238
Calcite	C Ca O3	1.115	User (COD)	9000965
calcite	Ca (C O3)	1.146	User (RigakuDemo2013)	2
Calcite	C Ca O3	0.484	User (COD)	9000095
Periclase	Mg O	1.107	User (COD)	9013271
Brucite	Mg H2 O2	1.475	User (COD)	9002351

Quantitative analysis results

Lattice information

Phase name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha(deg)	beta(deg)	gamma(deg)	V(A^3)
Calcite	4.9896(6)	4.9896(6)	17.061(2)	90.000000	90.000000	120.000000	367.85(8)
Calcite	5.79(2)	5.79(2)	17.99(7)	90.000000	90.000000	120.000000	521(3)
Calcite	4.32(2)	4.32(2)	16.10(9)	90.000000	90.000000	120.000000	260(2)
Calcite	4.9706(8)	4.9706(8)	17.198(3)	90.000000	90.000000	120.000000	367.97(11)
Calcite	5.584(15)	5.584(15)	14.30(4)	90.000000	90.000000	120.000000	386.3(19)
C Ca O3	4.885(4)	4.885(4)	17.410(14)	90.000000	90.000000	120.000000	359.8(5)
Cristobalite	7.35(13)	3.77(16)	9.6(3)	90.000000	151.1(16)	90.000000	128(7)
Cristobalite	8.44(12)	4.91(6)	8.22(11)	90.000000	161.7(3)	90.000000	107(2)

Portlandite	3.578(3)	3.578(3)	4.830(11)	90.000000	90.000000	120.000000	53.55(14)
Periclase	3.953(4)	3.953(4)	3.953(4)	90.000000	90.000000	90.000000	61.75(9)
Calcite	5.287(4)	5.287(4)	15.77(3)	90.000000	90.000000	120.000000	381.7(9)
calcite	4.9932(7)	4.9932(7)	17.064(3)	90.000000	90.000000	120.000000	368.44(10)
Calcite	4.92(4)	4.92(4)	20(5)	90.000000	90.000000	120.000000	429(112)
Periclase	4(7)	4(7)	4(7)	90.000000	90.000000	90.000000	56(174)
Brucite	3.0567(3)	3.0567(3)	4.4822(5)	90.000000	90.000000	120.000000	36.269(7)

Phase name	Space group	Z	Z'	Calc. density(g/cm ³)
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.693
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.713
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.710
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.711
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.710
C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	6	0.167	2.711
Cristobalite	14 : P121/c1,unique-b,cell-1	1	0.250	2.737
Cristobalite	14 : P121/c1,unique-b,cell-1	1	0.250	2.778
Portlandite	164 : P-3m1	1	0.083	2.291
Periclase	225 : Fm-3m	1	0.005	4.786
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.711
calcite	167 : R-3c,hexagonal	6	0.167	2.711
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.711
Periclase	225 : Fm-3m	1	0.005	4.786
Brucite	164 : P-3m1	1	0.083	2.580

Structure determination

Refinement

Measurement range: 5.0000-90.0000deg Refinement range: 5.0000-90.0000deg (1.09 Å)

Number of refined parameters: 200

Phase name	Atomic coords	# of indep. reflns
Calcite	Fractional coords	34
Calcite	Fractional coords	48
Calcite	Fractional coords	25

Calcite	Fractional coords	34
Calcite	Fractional coords	36
C Ca O3	Fractional coords	34
Cristobalite	Fractional coords	126
Cristobalite	Fractional coords	90
Portlandite	Fractional coords	27
Periclase	Fractional coords	5
Calcite	Fractional coords	36
calcite	Fractional coords	34
Calcite	Fractional coords	45
Periclase	Fractional coords	5
Brucite	Fractional coords	19

Rwp = 32.32% S = 1.1199

Periclase	3.953(4)	3.953(4)	3.953(4)	90.000000	90.000000	90.000000	61.75(9)
Calcite	5.287(4)	5.287(4)	15.77(3)	90.000000	90.000000	120.000000	381.7(9)
calcite	4.9932(7)	4.9932(7)	17.064(3)	90.000000	90.000000	120.000000	368.44(10)
Calcite	4.92(4)	4.92(4)	20(5)	90.000000	90.000000	120.000000	429(112)
Periclase	4(7)	4(7)	4(7)	90.000000	90.000000	90.000000	56(174)
Brucite	3.0567(3)	3.0567(3)	4.4822(5)	90.000000	90.000000	120.000000	36.269(7)

Phase name	Space group	Z	Z'	Calc. density(g/cm ³)
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.693
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.713
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.710
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.711
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.710
C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	6	0.167	2.711
Cristobalite	14 : P121/c1,unique-b,cell-1	1	0.250	2.737
Cristobalite	14 : P121/c1,unique-b,cell-1	1	0.250	2.778
Portlandite	164 : P-3m1	1	0.083	2.291
Periclase	225 : Fm-3m	1	0.005	4.786
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.711
calcite	167 : R-3c,hexagonal	6	0.167	2.711

Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.711
Periclase	225 : Fm-3m	1	0.005	4.786
Brucite	164 : P-3m1	1	0.083	2.580

Structure determination

Refinement

Measurement range: 5.0000-90.0000deg Refinement range: 5.0000-90.0000deg (1.09 Å)

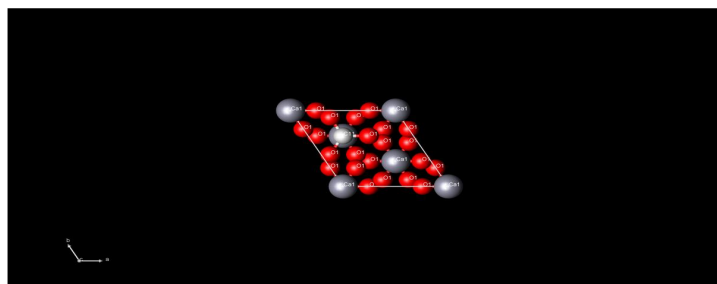
Number of refined parameters: 200

Phase name	Atomic coords	# of indep. reflns
Calcite	Fractional coords	34
Calcite	Fractional coords	48
Calcite	Fractional coords	25
Calcite	Fractional coords	34
Calcite	Fractional coords	36
C Ca O3	Fractional coords	34
Cristobalite	Fractional coords	126
Cristobalite	Fractional coords	90
Portlandite	Fractional coords	27
Periclase	Fractional coords	5
Calcite	Fractional coords	36
calcite	Fractional coords	34
Calcite	Fractional coords	45
Periclase	Fractional coords	5
Brucite	Fractional coords	19

Rwp = 32.32% S = 1.1199

Crystal structure

Calcite



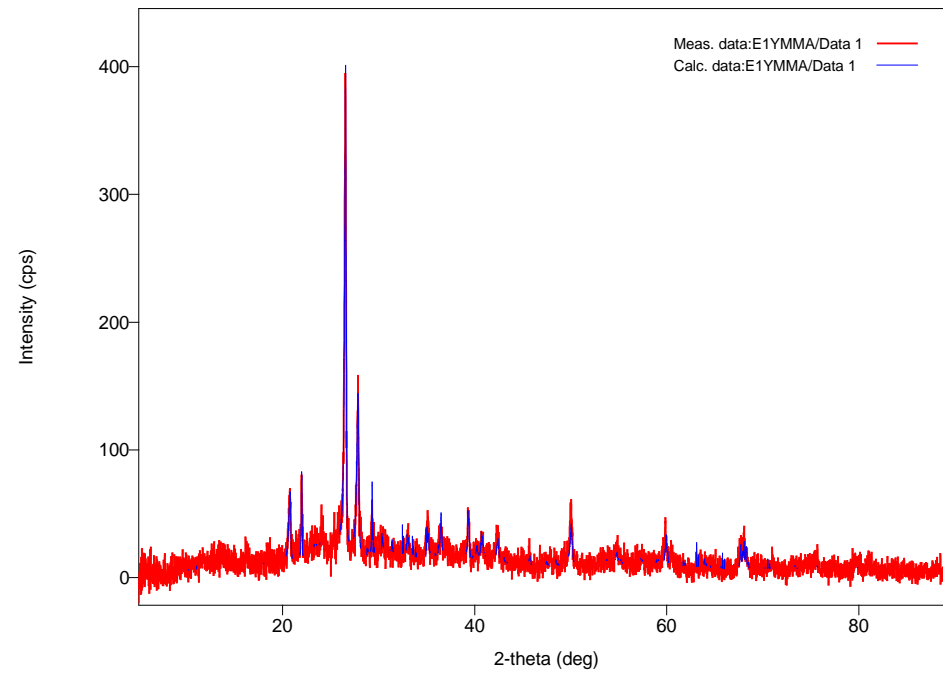
EK-2.

2 Nolu Numune Rietveld XRD Analiz Sonuçları

General Information

Analysis date	2022/06/24 06:18:06		
Sample name	E1YMMA	Measurement date	2022/06/08 22:53:45
File name	E1YMMA.ras	Operator	administrator
Comment			

Measurement profile



Measurement conditions

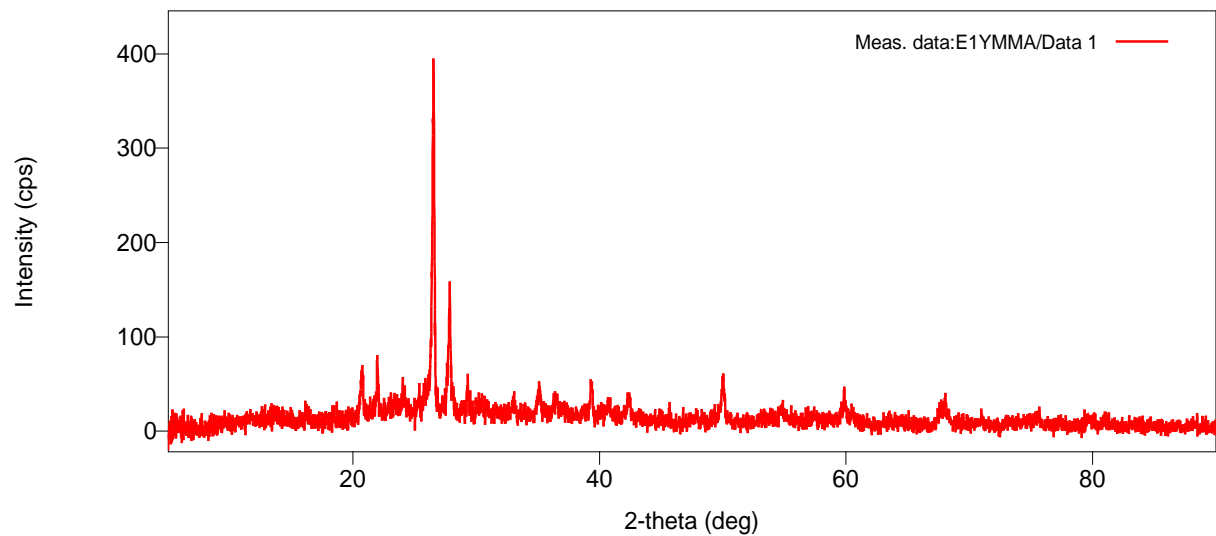
X-Ray	40 kV , 30 mA	Scan speed / Duration time	1.0000 deg/min
Goniometer	SmartLab	Step width	0.0100 deg
Attachment	Standard	Scan axis	Theta/2-Theta
Filter	Cu_K-beta	Scan range	5.0000 - 90.0000 deg
CBO selection slit	BB	Incident slit	1/2deg
Diffrected beam mono.	None	Length limiting slit	10.0mm
Detector	SC-70	Receiving slit #1	1/2deg
Scan mode	CONTINUOUS	Receiving slit #2	0.300mm

Qualitative analysis results

Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	1.844	User (COD)	1010935
Tremolite	Ca2 Mg5 H2 (Si O3)8	1.332	User (COD)	1011146
Tremolite	Ca2 H2 Mg5 O24 Si8	3.293	User (COD)	9001779
Tremolite	Ca2 Mg5 (Si8 O22) (O H)2	0.766	User (COD)	1011222
Tremolite	Ca2 H2 Mg5 O24 Si8	0.738	User (COD)	9002334
quartz, low	O2 Si	0.494	User (COD)	7103014
Quartz	O2 Si	0.630	User (COD)	9009666
SiO2	O2 Si	1.074	User (COD)	9006295
SiO2	O2 Si	1.204	User (COD)	9006290
Calcite	Ca C O3	1.119	User (COD)	1010928
Calcite	Ca C O3	2.636	User (COD)	1010962
Corundum	Al2 O3	2.733	User (COD)	9009676
Periclase	Mg O	1.237	User (COD)	9006481
Hematite	Fe2 O3	0.961	User (COD)	1011267
Portlandite	Ca H2 O2	2.673	User (COD)	9006834

Phase name	Formula	Space group	Phase reg. detail	DB card number
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	62 : Pnma	User (COD)	1010935

Tremolite	Ca ₂ Mg ₅ H ₂ (Si O ₃) ₈	12 : I12/m1,unique-b,cell-3	User (COD)	1011146
Tremolite	Ca ₂ H ₂ Mg ₅ O ₂₄ Si ₈	12 : C12/m1,unique-b,cell-1	User (COD)	9001779
Tremolite	Ca ₂ Mg ₅ (Si ₈ O ₂₂) (O H) ₂	12 : I12/m1,unique-b,cell-3	User (COD)	1011222
Tremolite	Ca ₂ H ₂ Mg ₅ O ₂₄ Si ₈	12 : C12/m1,unique-b,cell-1	User (COD)	9002334
quartz, low	O ₂ Si	154 : P3221	User (COD)	7103014
Quartz	O ₂ Si	152 : P3121	User (COD)	9009666
SiO ₂	O ₂ Si	5 : C121,unique-b,cell-1	User (COD)	9006295
SiO ₂	O ₂ Si	20 : C2221	User (COD)	9006290
Calcite	Ca C O ₃	167 : R-3c,rhombohedral	User (COD)	1010928
Calcite	Ca C O ₃	167 : R-3c,rhombohedral	User (COD)	1010962
Corundum	Al ₂ O ₃	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9009676
Periclase	Mg O	225 : Fm-3m	User (COD)	9006481
Hematite	Fe ₂ O ₃	167 : R-3c,rhombohedral	User (COD)	1011267
Portlandite	Ca H ₂ O ₂	164 : P-3m1	User (COD)	9006834



Peak list

No	2-theta	d(ang.)	Height	FWHM	Size	Phase name	Ch.for
1	4.7(4)	18.9(14)	29(7)	5.4(5)	15.5(1)	Anthophyllite(2,0,0),Tremolite(0,2,0),Tremolite(1,1,0)	Mg7 Si8
2	13.8251	6.40022	24.230	0.23509	355.51	Anthophyllite(2,2,0),Tremolite(1,0,1)	Mg7 Si8
3	16.413	5.39647	37.928	0.23509	356.58	Anthophyllite(1,0,1),Tremolite(1,3,0)	Mg7 Si8
4	20.74(2)	4.279(5)	34(8)	0.22(3)	381(43)	Anthophyllite(4,2,0),Tremolite(1,3,0),Tremolite(0,4,0),quartz, low(1,0,0)	Mg7 Si8
5	21.9867	4.03941	189.01	0.23509	359.52	Tremolite(0,3,1),Tremolite(2,0,-1),Tremolite(0,3,1),Tremolite(3,1,0),Quartz(1,0,0),SiO2(0,2,0)	Ca2
6	23.8(4)	3.74(7)	6(3)	7.6(5)	11.2(8)	Anthophyllite(3,2,1),Tremolite(1,2,1),Tremolite(0,0,1),Tremolite(1,2,-	Mg7 Si8
7	24.0437	3.69828	5.4819	0.23509	360.84	Tremolite(0,4,0),Tremolite(3,1,-1),Hematite(1,1,0)	Ca2
8	26.536(7)	3.3564(9)	248(20)	0.186(7)	457(17)	Tremolite(1,5,0),quartz, low(1,0,1)	Ca2 H2
9	27.809(1)	3.2055(1)	71(11)	0.235(1)	364(21)	Tremolite(2,0,2),Tremolite(1,3,1),Tremolite(1,4,-1),Tremolite(2,4,-1),Quartz(1,0,1)	Ca2
10	29.3521	3.0404	28.740	0.23509	364.83	Anthophyllite(4,3,1),Tremolite(3,0,1),Tremolite(3,1,1),Calcite(2,1,1),Calcite(2,1,1)	Mg7 Si8
11	33.1343	2.70148	11.236	0.23509	368.21	Anthophyllite(4,5,0),Tremolite(2,5,1),Tremolite(1,1,2),SiO2(2,0,1),Hematite(2,1,1)	Mg7 Si8
12	35.1913	2.54814	44.584	0.23509	370.25	Anthophyllite(3,0,2),Tremolite(0,4,2),Tremolite(2,0,-2),Tremolite(1,1,2),Tremolite(3,5,-	Mg7 Si8
13	36.3856	2.46719	17.353	0.23509	371.50	Anthophyllite(8,1,0),Tremolite(0,6,0),Tremolite(0,6,1),Tremolite(2,6,-1),quartz,	Mg7 Si8
14	39.3716	2.28668	66.260	0.23509	374.83	Anthophyllite(7,3,1),Tremolite(1,5,2),Tremolite(3,1,-2),Tremolite(3,4,-1),Tremolite(1,7,-	Mg7 Si8
15	40.6987	2.21513	11.314	0.23509	376.42	Anthophyllite(2,4,2),Tremolite(2,5,-	Mg7 Si8
16	42.3575	2.13214	43.892	0.23509	378.49	Anthophyllite(7,4,1),Tremolite(3,0,3),Tremolite(3,3,-2),Tremolite(2,7,-	Mg7 Si8
17	50.037(1)	1.8214(3)	34(8)	0.21(5)	427(91)	Anthophyllite(10,2,1),Tremolite(1,7,2),Tremolite(4,4,-2),Tremolite(3,3,-2),Tremolite(3,7,-	Mg7 Si8
18	59.85(6)	1.5440(1)	15(5)	0.35(9)	272(67)	Anthophyllite(10,3,2),Tremolite(1,5,4),Tremolite(5,5,-2),Tremolite(3,10,-1),Tremolite(4,6,-	Mg7 Si8
19	68.05(3)	1.3766(5)	14(5)	0.65(8)	154(18)	Anthophyllite(13,4,1),Tremolite(6,3,3),Tremolite(3,11,-1),Tremolite(3,4,-3),Tremolite(2,12,-	Mg7 Si8

Structure parameters

Data set name	Phase Name	Element	x	y	z	Occp.	Temperature
E1YMMA	Anthophyllite	Mg	0.130000	0.170000	0.380000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	Mg	0.130000	0.080000	-0.130000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	Mg	0.130000	-0.020000	0.380000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	Mg	0.130000	0.250000	-0.130000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	Si	0.030000	-0.180000	0.290000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	Si	0.030000	-0.080000	-0.210000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	Si	0.220000	-0.080000	0.040000	1.000	0.500

E1YMMA	Anthophyllite	Si	0.220000	-0.180000	-0.460000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.060000	0.070000	0.200000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.060000	0.180000	-0.300000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.060000	-0.250000	0.200000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.060000	0.250000	0.200000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.060000	0.000000	-0.300000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.050000	-0.130000	0.050000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.050000	-0.130000	-0.460000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.190000	0.180000	0.050000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.190000	0.070000	-0.440000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.190000	0.000000	0.050000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.190000	-0.250000	0.450000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.190000	0.250000	-0.450000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.200000	-0.130000	0.300000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	O	0.200000	-0.130000	-0.200000	1.000	0.500
E1YMMA	Anthophyllite	H	-1.000000	-1.000000	-1.000000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.080000	0.100000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.000000	-0.400000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.180000	-0.400000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.250000	0.100000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.360000	-0.250000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.390000	0.250000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.500000	-0.400000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Ca	0.000000	0.280000	0.500000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Mg	0.000000	0.090000	0.500000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Mg	0.000000	0.170000	0.000000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Mg	0.000000	-1.000000	-1.000000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Si	0.290000	0.080000	0.010000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Si	0.290000	0.180000	-0.490000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	H	0.000000	-1.000000	-1.000000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Mg	0.000000	0.087750	0.500000	1.000	0.293
E1YMMA	Tremolite	Mg	0.000000	0.176390	0.000000	1.000	0.303
E1YMMA	Tremolite	Mg	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.286
E1YMMA	Tremolite	Ca	0.000000	0.278220	0.500000	0.500	0.370

E1YMMA	Tremolite	Ca	0.000000	0.258820	0.500000	0.500	1.700
E1YMMA	Tremolite	Si	0.280390	0.084160	0.297420	1.000	0.247
E1YMMA	Tremolite	Si	0.288240	0.171330	0.804930	1.000	0.266
E1YMMA	Tremolite	O	0.111790	0.085960	0.217670	1.000	0.365
E1YMMA	Tremolite	O	0.118600	0.171240	0.724180	1.000	0.390
E1YMMA	Tremolite	O	0.110270	0.000000	0.715990	1.000	0.421
E1YMMA	Tremolite	O	0.365140	0.248200	0.792450	1.000	0.423
E1YMMA	Tremolite	O	0.346440	0.134580	0.100960	1.000	0.411
E1YMMA	Tremolite	O	0.343840	0.118330	0.590090	1.000	0.387
E1YMMA	Tremolite	O	0.337260	0.000000	0.291400	1.000	0.440
E1YMMA	Tremolite	H	0.207050	0.000000	0.779930	1.000	2.300
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.080000	0.100000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.000000	-0.400000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.180000	-0.400000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.250000	0.100000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.360000	-0.250000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.390000	0.250000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	O	0.140000	0.500000	-0.400000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Ca	0.000000	0.280000	0.500000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Mg	0.000000	0.090000	0.500000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Mg	0.000000	0.170000	0.000000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Mg	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Si	0.290000	0.080000	0.010000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Si	0.290000	0.180000	-0.490000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	H	-1.000000	-1.000000	-1.000000	1.000	0.500
E1YMMA	Tremolite	Si	0.280600	0.083900	0.297200	1.000	0.338
E1YMMA	Tremolite	Si	0.288400	0.171100	-0.195300	1.000	0.350
E1YMMA	Tremolite	Mg	0.000000	0.087800	0.500000	1.000	0.465
E1YMMA	Tremolite	Mg	0.000000	0.176500	0.000000	1.000	0.472
E1YMMA	Tremolite	Mg	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.453
E1YMMA	Tremolite	Ca	0.000000	0.278000	0.500000	1.000	0.681
E1YMMA	Tremolite	H	0.196000	0.000000	0.764000	1.000	0.012
E1YMMA	Tremolite	O	0.111900	0.085700	0.218000	1.000	0.448
E1YMMA	Tremolite	O	0.118700	0.170900	0.724400	1.000	0.481

E1YMMA	Tremolite	O	0.108500	0.000000	0.715500	1.000	0.585
E1YMMA	Tremolite	O	0.135100	0.251900	0.206900	1.000	0.608
E1YMMA	Tremolite	O	0.346600	0.134400	0.100500	1.000	0.587
E1YMMA	Tremolite	O	0.344000	0.118800	0.589100	1.000	0.566
E1YMMA	Tremolite	O	0.337700	0.000000	0.292800	1.000	0.661
E1YMMA	quartz, low	Si	0.469700	0.000000	0.166667	1.000	1.974
E1YMMA	quartz, low	O	0.413300	0.267200	0.285500	1.000	1.974
E1YMMA	Quartz	Si	0.530300	0.000000	0.333333	1.000	1.737
E1YMMA	Quartz	O	0.146200	0.414200	-0.119000	1.000	1.500
E1YMMA	SiO2	Si	0.010540	0.000000	0.234950	1.000	0.500
E1YMMA	SiO2	Si	0.310670	0.871960	0.578100	1.000	0.500
E1YMMA	SiO2	O	0.000000	0.458640	0.500000	1.000	0.500
E1YMMA	SiO2	O	0.000000	0.948150	0.000000	1.000	0.500
E1YMMA	SiO2	O	0.128030	0.188580	0.292360	1.000	0.500
E1YMMA	SiO2	O	0.134320	0.841260	0.377770	1.000	0.500
E1YMMA	SiO2	O	0.214920	0.010770	0.720510	1.000	0.500
E1YMMA	SiO2	Si	0.196910	0.152470	0.355350	1.000	0.500
E1YMMA	SiO2	O	0.315420	0.209270	0.087460	1.000	0.500
E1YMMA	SiO2	O	0.000000	0.105260	0.250000	1.000	0.500
E1YMMA	SiO2	O	0.713150	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E1YMMA	Calcite	Ca	0.250000	0.250000	0.250000	1.000	0.500
E1YMMA	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E1YMMA	Calcite	O	0.263500	-0.263510	0.000000	1.000	0.500
E1YMMA	Calcite	Ca	0.250000	0.250000	0.250000	1.000	0.500
E1YMMA	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E1YMMA	Calcite	O	0.250000	-0.250000	0.000000	1.000	0.500
E1YMMA	Corundum	Al	0.000000	0.000000	0.352000	1.000	0.140
E1YMMA	Corundum	O	0.306000	0.000000	0.250000	1.000	0.220
E1YMMA	Periclase	Mg	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E1YMMA	Periclase	O	0.500000	0.500000	0.500000	1.000	0.500
E1YMMA	Hematite	Fe	0.100000	0.100000	0.100000	1.000	0.500
E1YMMA	Hematite	O	-0.300000	0.800000	0.250000	1.000	0.500
E1YMMA	Portlandite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.270
E1YMMA	Portlandite	O	0.333333	0.666667	0.249000	1.000	0.900

Data set name	Rwp	Rp	Re	S	Chi ²	Maximum shift/e.s.d.
E1YMMA	23.98	18.56	21.83	1.096	1.2013	2.807

Lattice constants

Angular correction

No correction

Analysis results

Data set name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha(deg)	beta(deg)	gamma(deg)
E1YMMA	19.8(4)	16.2(4)	5.51(12)	90.000000	90.000000	90.000000
E1YMMA	9.17(4)	14.76(5)	7.28(2)	90.000000	74.9(3)	90.000000
E1YMMA	9.4311(7)	17.087(2)	5.2599(5)	90.000000	108.550(5)	90.000000
E1YMMA	9.8(2)	19.3(4)	5.21(10)	90.000000	82.4(11)	90.000000
E1YMMA	12.64(3)	17.38(4)	6.004(19)	90.000000	101.5(3)	90.000000
E1YMMA	4.90566(6)	4.90566(6)	5.4080(8)	90.000000	90.000000	120.000000
E1YMMA	4.6440(15)	4.6440(15)	5.244(6)	90.000000	90.000000	120.000000
E1YMMA	7.3(15)	6.9(16)	7.1(13)	90.000000	111(19)	90.000000
E1YMMA	7.64(9)	8.04(15)	4.46(10)	90.000000	90.000000	90.000000
E1YMMA	6.356(10)	6.356(10)	6.356(10)	45.86(11)	45.86(11)	45.86(11)
E1YMMA	6.3663(11)	6.3663(11)	6.3663(11)	46.15(2)	46.15(2)	46.15(2)
E1YMMA	5(10)	5(10)	12(41)	90.000000	90.000000	120.000000
E1YMMA	4.42044(11)	4.42044(11)	4.42044(11)	90.000000	90.000000	90.000000
E1YMMA	5.4349(4)	5.4349(4)	5.4349(4)	55.861(4)	55.861(4)	55.861(4)
E1YMMA	3.53(7)	3.53(7)	3.77(8)	90.000000	90.000000	120.000000

Phase name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha(deg)	beta(deg)	gamma(deg)	V(A ³)
Anthophyllite	19.8(4)	16.2(4)	5.51(12)	90.000000	90.000000	90.000000	1768(74)
Tremolite	9.17(4)	14.76(5)	7.28(2)	90.000000	74.9(3)	90.000000	952(6)
Tremolite	9.4311(7)	17.087(2)	5.2599(5)	90.000000	108.550(5)	90.000000	803.58(13)
Tremolite	9.8(2)	19.3(4)	5.21(10)	90.000000	82.4(11)	90.000000	973(38)

Tremolite	12.64(3)	17.38(4)	6.004(19)	90.000000	101.5(3)	90.000000	1292(6)
quartz, low	4.90566(6)	4.90566(6)	5.4080(8)	90.000000	90.000000	120.000000	112.711(16)
Quartz	4.6440(15)	4.6440(15)	5.244(6)	90.000000	90.000000	120.000000	97.95(13)
SiO2	7.3(15)	6.9(16)	7.1(13)	90.000000	111(19)	90.000000	336(118)
SiO2	7.64(9)	8.04(15)	4.46(10)	90.000000	90.000000	90.000000	274(9)
Calcite	6.356(10)	6.356(10)	6.356(10)	45.86(11)	45.86(11)	45.86(11)	120.6(3)
Calcite	6.3663(11)	6.3663(11)	6.3663(11)	46.15(2)	46.15(2)	46.15(2)	122.44(4)
Corundum	5(10)	5(10)	12(41)	90.000000	90.000000	120.000000	217(1012)
Periclase	4.42044(11)	4.42044(11)	4.42044(11)	90.000000	90.000000	90.000000	86.376(4)
Hematite	5.4349(4)	5.4349(4)	5.4349(4)	55.861(4)	55.861(4)	55.861(4)	102.627(12)
Portlandite	3.53(7)	3.53(7)	3.77(8)	90.000000	90.000000	120.000000	40.8(14)

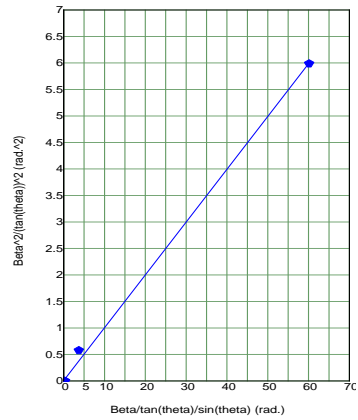
Crystallinity

Data set name	Crystallinity(%)
CrystallinityGraph.emf	

Crystallite size and lattice strain

Data set name	Crystallite size(A)	Strain(%)
E1YMMA	16.22(17)	2(2)
E1YMMA	0.0000	0.0000
E1YMMA	0.0000	0.0000
E1YMMA	0.0000	0.0000
E1YMMA	0.0000	0.0000
E1YMMA	0.0000	0.0000
E1YMMA	0.0000	0.0000
E1YMMA	0.0000	0.0000
E1YMMA	0.0000	0.0000
E1YMMA	0.0000	0.0000
E1YMMA	0.0000	0.0000
E1YMMA	0.0000	0.0000
E1YMMA	0.0000	0.0000
E1YMMA	0.0000	0.0000
E1YMMA	0.0000	0.0000

E1YMMA	0.0000	0.0000		
Phase name	Crystallite size(A)	Distribution RSD	Strain(%)	Distribution type
Anthophyllite	16.22(17)	-	2(2)	-
Tremolite	0.0000	-	0.0000	-
Tremolite	0.0000	-	0.0000	-
Tremolite	0.0000	-	0.0000	-
Tremolite	0.0000	-	0.0000	-
quartz, low	0.0000	-	0.0000	-
Quartz	0.0000	-	0.0000	-
SiO2	0.0000	-	0.0000	-
SiO2	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Corundum	0.0000	-	0.0000	-
Periclase	0.0000	-	0.0000	-
Hematite	0.0000	-	0.0000	-
Portlandite	0.0000	-	0.0000	-

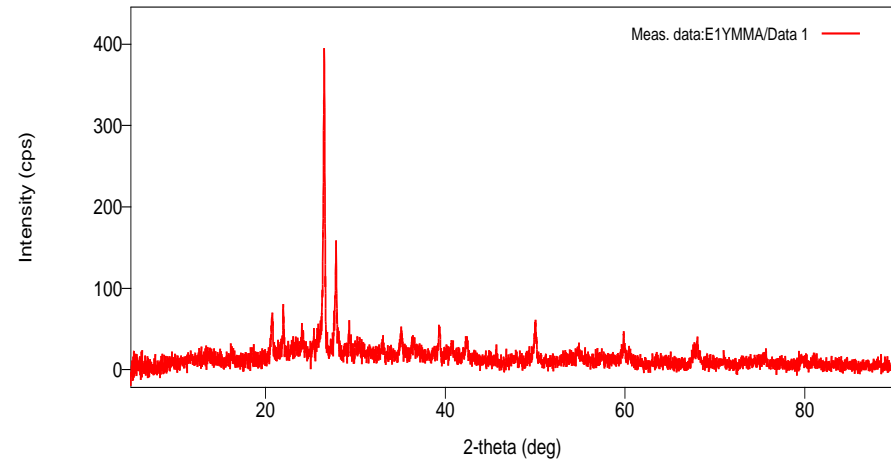
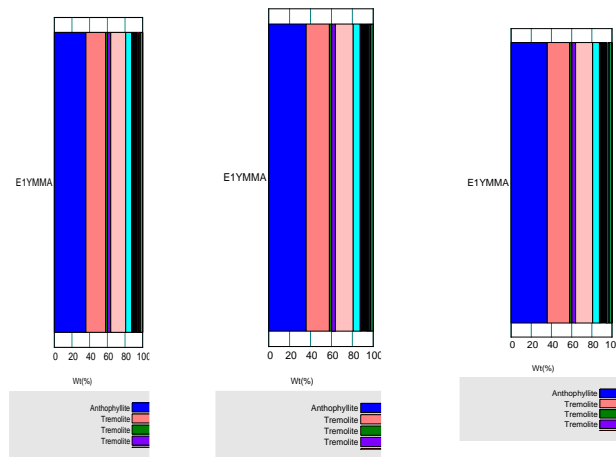


Quantitative analysis results (RIR)

Phase name	Content(%)
Anthophyllite	36(75)
Tremolite	22(32)
Tremolite	2(3)
Tremolite	4(13)
Tremolite	0.1(7)
quartz, low	17(19)
Quartz	7(8)
SiO2	1(20)
SiO2	6(11)
Calcite	0.2(3)
Calcite	1.2(15)
Corundum	0(33)
Periclase	1.3(16)
Hematite	0.8(10)
Portlandite	2(4)

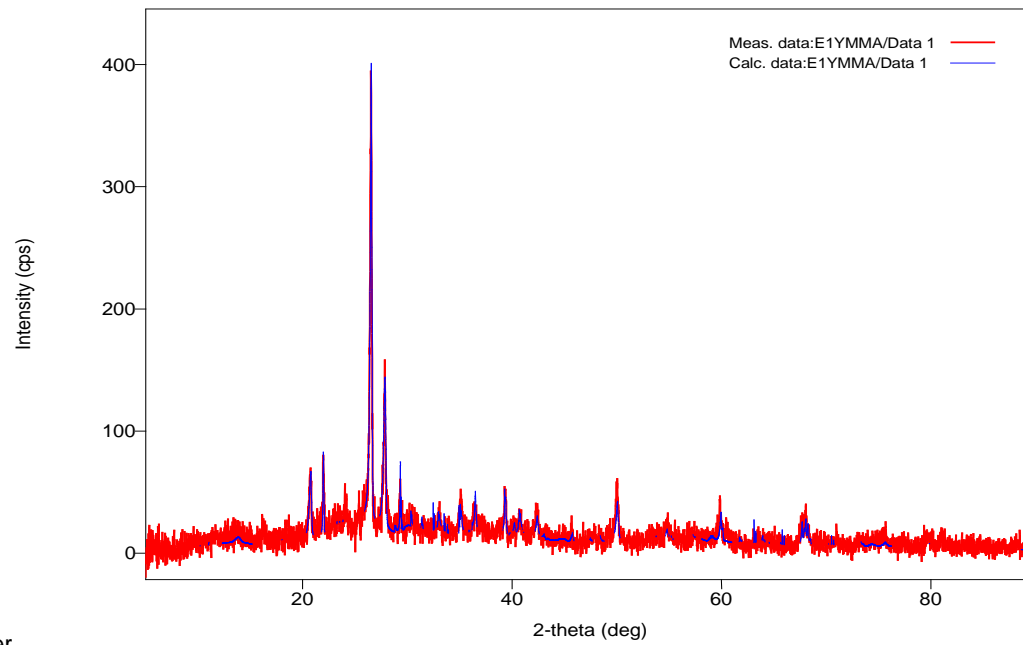
Quantitative analysis results (standard addition method)

Calibration data

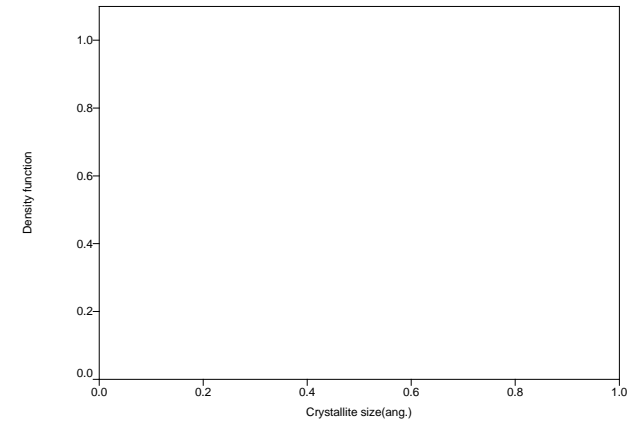


Cluster analysis results

Measurement profiles



Cluster



Crystallite size distribution analysis results

Crystallite size distribution

Crystallite size distribution graph

Crystal structure analysis results

Indexing

Phase name	Formula	Figure	Phase reg. detail	DB card number
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	1.844	User (COD)	1010935
Tremolite	Ca2 Mg5 H2 (Si O3)8	1.332	User (COD)	1011146
Tremolite	Ca2 H2 Mg5 O24 Si8	3.293	User (COD)	9001779
Tremolite	Ca2 Mg5 (Si8 O22) (O H)2	0.766	User (COD)	1011222
Tremolite	Ca2 H2 Mg5 O24 Si8	0.738	User (COD)	9002334
quartz, low	O2 Si	0.494	User (COD)	7103014
Quartz	O2 Si	0.630	User (COD)	9009666
SiO2	O2 Si	1.074	User (COD)	9006295
SiO2	O2 Si	1.204	User (COD)	9006290
Calcite	Ca C O3	1.119	User (COD)	1010928
Calcite	Ca C O3	2.636	User (COD)	1010962
Corundum	Al2 O3	2.733	User (COD)	9009676
Periclase	Mg O	1.237	User (COD)	9006481
Hematite	Fe2 O3	0.961	User (COD)	1011267
Portlandite	Ca H2 O2	2.673	User (COD)	9006834

Quantitative analysis results

Lattice information

Phase name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha(deg)	beta(deg)	gamma	V(A^3)
Anthophyllite	19.8(4)	16.2(4)	5.51(12)	90.000000	90.000000	90.000000	1768(74)
Tremolite	9.17(4)	14.76(5)	7.28(2)	90.000000	74.9(3)	90.000000	952(6)
Tremolite	9.4311(7)	17.087(2)	5.2599(5)	90.000000	108.550(5)	90.000000	803.58(13)
Tremolite	9.8(2)	19.3(4)	5.21(10)	90.000000	82.4(11)	90.000000	973(38)
Tremolite	12.64(3)	17.38(4)	6.004(19)	90.000000	101.5(3)	90.000000	1292(6)
quartz, low	4.90566(6)	4.90566(6)	5.4080(8)	90.000000	90.000000	120.000000	112.711(16)
Quartz	4.6440(15)	4.6440(15)	5.244(6)	90.000000	90.000000	120.000000	97.95(13)
SiO2	7.3(15)	6.9(16)	7.1(13)	90.000000	111(19)	90.000000	336(118)
SiO2	7.64(9)	8.04(15)	4.46(10)	90.000000	90.000000	90.000000	274(9)
Calcite	6.356(10)	6.356(10)	6.356(10)	45.86(11)	45.86(11)	45.86(11)	120.6(3)

Calcite	6.3663(11)	6.3663(11)	6.3663(11)	46.15(2)	46.15(2)	46.15(2)	122.44(4)
Corundum	5(10)	5(10)	12(41)	90.000000	90.000000	120.000000	217(1012)
Periclase	4.42044(11)	4.42044(11)	4.42044(11)	90.000000	90.000000	90.000000	86.376(4)
Hematite	5.4349(4)	5.4349(4)	5.4349(4)	55.861(4)	55.861(4)	55.861(4)	102.627(12)
Portlandite	3.53(7)	3.53(7)	3.77(8)	90.000000	90.000000	120.000000	40.8(14)

Phase name	Space group	Z	Z'	Calc. density(g/cm ³)
Anthophyllite	62 : Pnma	4	0.500	3.042
Tremolite	12 : I12/m1,unique-b,cell-3	2	0.250	3.287
Tremolite	12 : C12/m1,unique-b,cell-1	1	0.125	3.196
Tremolite	12 : I12/m1,unique-b,cell-3	2	0.250	3.030
Tremolite	12 : C12/m1,unique-b,cell-1	1	0.125	2.988
quartz, low	154 : P3221	3	0.500	2.622
Quartz	152 : P3121	1	0.167	2.645
SiO2	5 : C121,unique-b,cell-1	1	0.250	2.474
SiO2	20 : C2221	1	0.125	2.638
Calcite	167 : R-3c,rhombohedral	2	0.167	4.033
Calcite	167 : R-3c,rhombohedral	2	0.167	4.035
Corundum	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	4.054
Periclase	225 : Fm-3m	1	0.005	3.101
Hematite	167 : R-3c,rhombohedral	2	0.167	5.253
Portlandite	164 : P-3m1	1	0.083	2.423

Structure determination

Refinement

Measurement range: 5.0000-90.0000deg Refinement range: 5.0000-90.0000deg (1.09 Å)

Number of refined parameters: 207

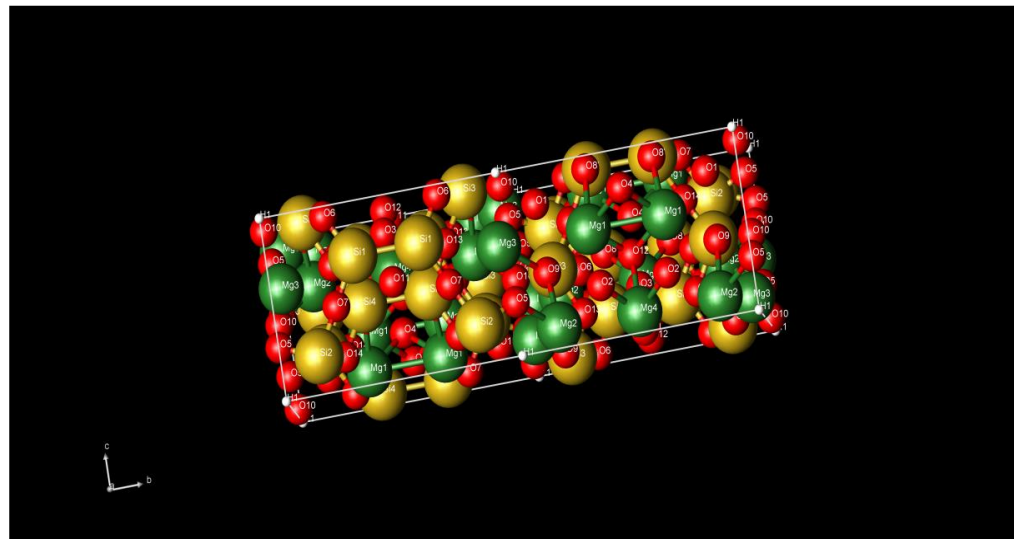
Phase name	Atomic coords	# of indep. reflns
Anthophyllite	Fractional coords	675

Tremolite	Fractional coords	397
Tremolite	Fractional coords	345
Tremolite	Fractional coords	447
Tremolite	Fractional coords	530
quartz, low	Fractional coords	44
Quartz	Fractional coords	41
SiO2	Fractional coords	159
SiO2	Fractional coords	85
Calcite	Fractional coords	34
Calcite	Fractional coords	34
Corundum	Fractional coords	26
Periclase	Fractional coords	6
Hematite	Fractional coords	30
Portlandite	Fractional coords	19

Rwp = 23.98% S = 1.0960

Crystal structure

Anthophyllite



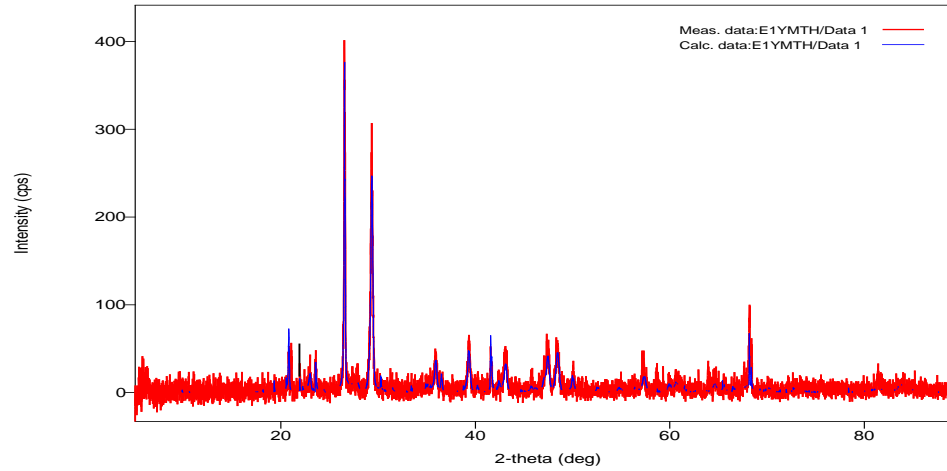
EK-3.

3 Nolu Numune Rietveld XRD Analiz Sonuçları

General Information

Analysis date	2022/06/24 05:03:02	Measurement date	2022/06/09 00:46:27
Sample name	E1YMTH	Operator	administrator
File name	E1YMTH.ras		
Comment			

Measurement profile



Measurement conditions

X-Ray	40 kV , 30 mA	Scan speed / Duration time	1.0000 deg/min
Goniometer	SmartLab	Step width	0.0100 deg
Attachment	Standard	Scan axis	Theta/2-Theta

Filter	Cu_K-beta	Scan range	5.0000 - 90.0000 deg
CBO selection slit	BB	Incident slit	1/2deg
Diffrected beam mono.	None	Length limiting slit	10.0mm
Detector	SC-70	Receiving slit #1	1/2deg
Scan mode	CONTINUOUS	Receiving slit #2	0.300mm

Qualitative analysis results

Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Chrysotile	(O H)6 Mg6 Si4 O11 (H2 O)	3.003	User (COD)	1010960
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	1.827	User (COD)	1010935
Tremolite	Ca2 Mg5 H2 (Si O3)8	2.736	User (COD)	1011146
Quartz	O2 Si	0.998	User (COD)	9009666
quartz, low	O2 Si	1.423	User (COD)	7103014
Tridymite	O2 Si	1.818	User (COD)	9013492
Tridymite	O2 Si	1.467	User (COD)	9013393
Tridymite	O2 Si	2.933	User (COD)	9013493
Hematite	Fe2 O3	1.620	User (COD)	1011267
Periclase	Mg O	2.629	User (COD)	9013245
Al2 O3	Al2 O3	2.821	User (COD)	2101054
SiO2	O2 Si	1.513	User (COD)	9006291
Calcite	C Ca O3	1.060	User (COD)	9000968
Calcite	C Ca O3	0.827	User (COD)	9000966
C Ca O3	C Ca O3	0.728	User (COD)	2100189

Phase name	Formula	Space group	Phase reg. detail	DB card number
Chrysotile	(O H)6 Mg6 Si4 O11 (H2 O)	12 : C12/m1,unique-b,cell-1	User (COD)	1010960
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	62 : Pnma	User (COD)	1010935
Tremolite	Ca2 Mg5 H2 (Si O3)8	12 : I12/m1,unique-b,cell-3	User (COD)	1011146
Quartz	O2 Si	152 : P3121	User (COD)	9009666
quartz, low	O2 Si	154 : P3221	User (COD)	7103014
Tridymite	O2 Si	9 : A1a1,unique-b,cell-1	User (COD)	9013492
Tridymite	O2 Si	1 : F1	User (COD)	9013393

Tridymite	O2 Si	19 : P212121	User (COD)	9013493
Hematite	Fe2 O3	167 : R-3c,rhombohedral	User (COD)	1011267
Periclase	Mg O	225 : Fm-3m	User (COD)	9013245
Al2 O3	Al2 O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	2101054
SiO2	O2 Si	15 : C12/c1,unique-b,cell-1	User (COD)	9006291
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9000968
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9000966
C Ca O3	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	2100189

Peak list

N	2-theta	d(ang.)	Heigh	FWHM	Size	Phase name	Chc fo
1	5.89(13)	15.0(3)	11(4)	1.01(1)	82(9)	Tridymite(0,0,6),Tridymite(2,0,0)	O2
2	20.7923	4.26867	81.91	0.2817	299.42	Quartz(1,0,0),quartz, low(1,0,0),Tridymite(2,0,6),Tridymite(3,1,0)	O2
3	21.1241	4.20237	51.47	0.2817	299.59	Tremolite(2,2,0),Tridymite(2,1,1),Tridymite(1,-3,-3),Tridymite(0,1,1)	Ca2
4	21.9204	4.05149	37.61	0.2817	299.98	Anthophyllite(2,2,1),Tremolite(1,0,-1),Tridymite(1,1,-3),Tridymite(2,2,-4),Tridymite(0,0,2),SiO2(1,1,-	Mg7
5	22.982	3.86667	49.59	0.2817	300.53	Anthophyllite(1,3,1),Tremolite(0,3,1),Tridymite(4,1,-1),Tridymite(1,-	Mg7
6	23.5792	3.77007	42.29	0.2817	300.86	Chrysotile(1,3,1),Tridymite(0,1,3),Tridymite(2,2,10),Tridymite(3,1,1),SiO2(2,0,-2)	(O
7	26.529(	3.3571(	337(2)	0.089(	954(56)	Anthophyllite(4,1,1),Tremolite(1,4,1),Quartz(1,0,1),quartz, low(1,0,1),Tridymite(6,1,0),SiO2(1,1,1)	Mg7
8	27.3614	3.25691	3.165	0.2817	303.11	Chrysotile(0,0,2),Tremolite(2,4,0),Tridymite(4,1,1),Tridymite(0,0,26),Tridymite(5,0,2),SiO2(1,1,-2)	(O
9	27.8923	3.19612	29.20	0.2817	303.45	Chrysotile(3,1,-2),Anthophyllite(2,4,1),Tridymite(2,0,4),Tridymite(0,4,-10),Tridymite(8,0,1)	(O
1	29.348(	3.0408(	166(1)	0.251(	341(13)	Chrysotile(0,2,2),Anthophyllite(0,6,0),Tridymite(5,1,-5),Tridymite(2,4,-	(O
1	35.92(6)	2.498(4)	24(6)	0.28(6)	310(71)	Chrysotile(2,0,2),Anthophyllite(1,2,2),Tremolite(2,6,0),Tridymite(2,2,-2),Tridymite(1,-	(O
1	39.3716	2.28668	205.2	0.2817	312.79	Chrysotile(2,6,1),Anthophyllite(5,5,1),Tremolite(3,1,2),Quartz(1,0,2),quartz,	(O
1	41.570(	2.1707(	43(9)	0.081(	1099(1)	Chrysotile(0,8,0),Anthophyllite(3,7,1),Tridymite(10,1,-5),Tridymite(5,1,3),Al2 O3(0,0,6)	(O
1	42.4239	2.12896	8.135	0.2817	315.91	Chrysotile(3,7,-1),Anthophyllite(3,4,2),Tremolite(1,3,-2),Quartz(2,0,0),quartz,	(O
1	43.11(4)	2.0968(	28(7)	0.32(3)	276(26)	Chrysotile(0,2,3),Anthophyllite(8,3,0),Tremolite(3,4,-	(O
1	45.7416	1.98196	11.83	0.2817	319.64	Chrysotile(1,1,3),Anthophyllite(0,6,2),Tremolite(4,5,1),Quartz(2,0,1),quartz,	(O
1	47.4668	1.91387	32.16	0.2817	321.72	Chrysotile(1,5,-	(O
1	48.51(7)	1.875(2)	30(7)	0.38(1)	242(62)	Chrysotile(2,8,1),Anthophyllite(3,6,2),Tremolite(5,1,0),Tridymite(5,1,5),Tridymite(3,7,7),Tridymite(13,	(O
1	57.29(7)	1.6068(	15(5)	0.30(5)	311(54)	Chrysotile(1,9,2),Anthophyllite(4,2,3),Quartz(2,1,0),Tridymite(11,1,1),Tridymite(5,5,15),Tridymite(1,0	(O
2	58.6144	1.57367	37.33	0.2817	337.74	Chrysotile(2,10,1),Anthophyllite(1,5,3),Tremolite(5,5,2),Tridymite(10,2,0),Tridymite(5,5,19),Tridymite	(O
2	63.9227	1.45518	17.41	0.2817	347.13	Chrysotile(6,2,2),Anthophyllite(9,5,2),Tremolite(2,1,-3),Quartz(1,1,3),Tridymite(16,0,-	(O

2	64.719	1.43919	20.11	0.2817	348.65	Chrysotile(1,11,-2),Anthophyllite(10,3,2),Tremolite(4,4,-	(O
2	68.219(	1.3736(	90(12	0.123(	814(93)	Chrysotile(8,6,-	(O
2	81.43(3	1.1809(	16(5)	0.20(3)	550(75)	Chrysotile(4,8,-5),Anthophyllite(11,8,2),Tremolite(6,2,-2),Quartz(3,1,0),Tridymite(18,0,-	(O

Structure parameters

Data set name	Phase Name	Element	x	y	z	Occupancy	Temperature factor
E1YMTH	Chrysotile	Si	0.130000	0.080000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	Si	0.130000	0.170000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	Mg	0.000000	0.250000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	Mg	0.180000	0.330000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	Mg	0.180000	0.420000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	Mg	0.180000	0.500000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	O	0.100000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	O	0.100000	0.130000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	O	0.100000	0.130000	0.500000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	O	0.100000	0.250000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	O	0.250000	0.080000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	O	0.250000	0.170000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	O	0.250000	0.250000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	O	0.250000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	O	0.100000	0.330000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	O	0.100000	0.420000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	O	0.100000	0.500000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Chrysotile	H	-1.000000	-1.000000	-1.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	Mg	0.130000	0.170000	0.380000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	Mg	0.130000	0.080000	-0.130000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	Mg	0.130000	-0.020000	0.380000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	Mg	0.130000	0.250000	-0.130000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	Si	0.030000	-0.180000	0.290000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	Si	0.030000	-0.080000	-0.210000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	Si	0.220000	-0.080000	0.040000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	Si	0.220000	-0.180000	-0.460000	1.000	0.500

E1YMTH	Anthophyllite	O	0.060000	0.070000	0.200000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	O	0.060000	0.180000	-0.300000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	O	0.060000	-0.250000	0.200000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	O	0.060000	0.250000	0.200000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	O	0.060000	0.000000	-0.300000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	O	0.050000	-0.130000	0.050000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	O	0.050000	-0.130000	-0.460000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	O	0.190000	0.180000	0.050000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	O	0.190000	0.070000	-0.440000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	O	0.190000	0.000000	0.050000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	O	0.190000	-0.250000	0.450000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	O	0.190000	0.250000	-0.450000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	O	0.200000	-0.130000	0.300000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	O	0.200000	-0.130000	-0.200000	1.000	0.500
E1YMTH	Anthophyllite	H	-1.000000	-1.000000	-1.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	O	0.140000	0.080000	0.100000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	O	0.140000	0.000000	-0.400000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	O	0.140000	0.180000	-0.400000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	O	0.140000	0.250000	0.100000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	O	0.140000	0.360000	-0.250000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	O	0.140000	0.390000	0.250000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	O	0.140000	0.500000	-0.400000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	Ca	0.000000	0.280000	0.500000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	Mg	0.000000	0.090000	0.500000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	Mg	0.000000	0.170000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	Mg	-1.000000	-1.000000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	Si	0.290000	0.080000	0.010000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	Si	0.290000	0.180000	-0.490000	1.000	0.500
E1YMTH	Tremolite	H	-1.000000	-1.000000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Quartz	Si	0.530300	0.000000	0.333333	1.000	1.737
E1YMTH	Quartz	O	0.146200	0.414200	-0.119000	1.000	1.500
E1YMTH	quartz, low	Si	0.469700	0.000000	0.166667	1.000	1.974
E1YMTH	quartz, low	O	0.413300	0.267200	0.285500	1.000	1.974
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.017900	0.701300	0.031400	1.000	0.500

E1YMTH	Tridymite	Si	0.011200	0.200600	-0.038300	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.146900	0.212100	0.045900	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.181400	0.713200	-0.015100	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.309800	0.708400	0.012600	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.348100	0.211400	-0.044400	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.042000	0.794200	0.219300	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.116300	0.295000	0.297800	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.206100	0.307700	0.232900	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.283600	0.805600	0.271200	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.368700	0.701200	0.201600	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.443700	0.201000	0.271500	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.083800	0.752000	0.011600	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.000800	0.903000	-0.019900	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.012200	0.398000	0.007200	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.078300	0.249000	-0.010500	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.180000	0.416000	0.015900	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.165700	-0.088000	0.039900	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.243700	0.774000	-0.007400	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.312500	0.413000	-0.016700	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.328900	-0.089000	-0.036500	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.023100	0.745000	0.124900	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.162500	0.267000	0.137800	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.352700	0.738000	0.108700	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.013300	0.749000	0.232600	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.065100	0.095000	0.242300	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.093900	0.595000	0.275100	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.172300	0.249000	0.285300	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.230400	0.607000	0.250200	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.259500	0.107000	0.260600	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.311400	0.756000	0.212000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.390200	0.403000	0.229900	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.419700	0.903000	0.255800	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.133800	0.244000	0.391400	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.333900	0.763000	0.362900	1.000	0.500

E1YMTH	Tridymite	O	0.476900	0.250000	0.365800	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.060490	0.036330	0.034140	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.561260	0.036790	0.033710	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.020220	0.197930	0.018460	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.230250	0.289780	0.028310	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.482040	0.197120	0.017790	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.726060	0.291280	0.028220	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.311360	0.460630	0.018950	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.810840	0.461580	0.019330	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.013000	0.052350	0.072110	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.485760	0.030380	0.071350	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.016450	0.226880	0.079600	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.230700	0.311070	0.065980	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.460800	0.203170	0.079360	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.710720	0.284190	0.065910	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.258590	0.467610	0.083180	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.739490	0.441460	0.083400	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.054290	0.046450	0.129210	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.556520	0.045130	0.129510	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.025570	0.211780	0.117010	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.228840	0.283800	0.132700	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.481580	0.210990	0.117170	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.727950	0.287320	0.133750	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.306720	0.450080	0.120470	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.804690	0.450950	0.120770	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.008060	0.057470	0.166650	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.512580	0.031230	0.166660	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.034310	0.215300	0.183690	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.240390	0.270720	0.170210	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.485920	0.186960	0.184030	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.711980	0.297330	0.171400	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.266300	0.445390	0.177700	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.738580	0.470610	0.178940	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.047920	0.035400	0.231250	1.000	0.610

E1YMTH	Tridymite	Si	0.549970	0.033940	0.231800	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.032330	0.206090	0.221570	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.220780	0.300810	0.231640	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.464020	0.202600	0.221580	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.716960	0.297340	0.231550	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.297000	0.461130	0.215790	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.798290	0.459150	0.216630	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.005000	0.031560	0.268330	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.493600	0.028610	0.268780	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.076240	0.202510	0.277840	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.173110	0.296950	0.268920	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.421060	0.200370	0.278100	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.671640	0.294200	0.268790	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.243100	0.457000	0.284640	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.740990	0.453860	0.284010	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.011270	0.057410	0.333660	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.510990	0.034610	0.332740	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.035490	0.215230	0.316020	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.235920	0.271640	0.330120	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.481410	0.192160	0.315970	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.712540	0.295250	0.329400	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.265070	0.446810	0.322390	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.737110	0.468830	0.321510	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.054020	0.046240	0.370710	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.554330	0.044890	0.370020	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.023670	0.209970	0.383480	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.226060	0.284140	0.367280	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.477690	0.209290	0.382900	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.729170	0.283170	0.366790	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.304060	0.449850	0.379190	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.804570	0.449620	0.379030	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.010890	0.048220	0.428010	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.491770	0.027790	0.428690	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.016480	0.224020	0.420950	1.000	0.610

E1YMTH	Tridymite	Si	0.235220	0.303300	0.434010	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.466020	0.200960	0.420800	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.713840	0.285650	0.433820	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.261750	0.458780	0.416480	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.743210	0.442460	0.416480	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.000890	0.038220	0.465800	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.503650	0.039170	0.466280	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	-0.067940	0.199960	0.480370	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.182520	0.295590	0.472010	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.432000	0.200000	0.481270	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.680400	0.295480	0.471720	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.255010	0.464820	0.482210	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	Si	0.754450	0.465190	0.481840	1.000	0.610
E1YMTH	Tridymite	O	0.023310	0.028800	0.053210	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.532020	0.035570	0.052820	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.188550	0.304500	0.047040	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.681160	0.301490	0.046950	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.066210	0.229100	0.098280	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.451200	0.228720	0.098190	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.287360	0.433930	0.101260	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.786920	0.427690	0.101940	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.039870	0.068240	0.148070	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.535850	0.065100	0.148510	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.190160	0.269910	0.151580	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.694190	0.270380	0.152710	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.062330	0.194350	0.202500	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.432920	0.187900	0.202590	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.274720	0.470820	0.196470	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.790750	0.469980	0.197320	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.036070	0.008900	0.249970	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.547530	0.009240	0.250730	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.202330	0.325130	0.250500	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.695570	0.322680	0.250290	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.060810	0.196940	0.297120	1.000	0.500

E1YMTH	Tridymite	O	0.432500	0.197030	0.297450	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.289130	0.465810	0.303420	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.785070	0.461360	0.302880	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.035490	0.072310	0.352090	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.540980	0.065410	0.350930	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.183310	0.267040	0.348640	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.697880	0.265180	0.347860	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.065600	0.224850	0.402270	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.447090	0.225560	0.402000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.286650	0.428780	0.398140	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.791720	0.431830	0.398030	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.026750	0.022290	0.446670	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.539650	0.029180	0.447290	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.196950	0.306640	0.452870	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.683000	0.309200	0.452420	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.050680	0.174360	0.499120	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.451260	0.172300	0.499900	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.286630	0.488850	0.500830	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.785810	0.488690	0.500490	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.034530	-0.022330	0.023970	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.215040	0.010650	0.031520	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.465160	-0.023830	0.024400	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.715480	0.009660	0.031080	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.038280	0.124580	0.028490	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.543500	0.123440	0.027110	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.155520	0.227740	0.027090	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.097520	0.262580	0.018430	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.347200	0.225440	0.026950	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.596320	0.263740	0.017820	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.283130	0.369240	0.020270	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.779130	0.370970	0.020580	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.135210	0.035360	0.079100	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.120740	0.004510	0.082790	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.366140	-0.033050	0.072450	1.000	0.500

E1YMTH	Tridymite	O	0.609710	0.004040	0.082680	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.043170	0.143690	0.074510	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.426130	0.111830	0.077780	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.139070	0.251310	0.067860	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.102550	0.290350	0.077280	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.353000	0.252040	0.068990	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.609490	0.216450	0.072090	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.277660	0.398620	0.070040	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.680800	0.360350	0.076520	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.039560	-0.025820	0.124170	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.208000	0.022530	0.125460	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.458760	-0.023880	0.123780	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.710160	0.019020	0.126570	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.016720	0.121870	0.118550	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.531020	0.122740	0.119090	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.151530	0.230200	0.128630	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.099630	0.266880	0.121460	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.346680	0.224260	0.127670	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.596700	0.270660	0.122880	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.278570	0.371580	0.130390	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.774350	0.376350	0.131960	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.124770	-0.006570	0.167290	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.119440	0.034180	0.177690	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.363080	-0.004360	0.167480	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.619300	-0.037010	0.170250	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.066770	0.139580	0.172880	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.536020	0.100360	0.179600	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.136920	0.282760	0.177920	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.117130	0.246250	0.181890	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.361340	0.208510	0.172200	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.607900	0.247690	0.182330	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.297270	0.354250	0.175610	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.679020	0.388240	0.173310	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.048790	-0.016910	0.219880	1.000	0.500

E1YMTH	Tridymite	O	0.201090	0.020380	0.225600	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.452240	-0.022560	0.221620	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.701380	0.021850	0.225200	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.016100	0.126010	0.229660	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.509380	0.123300	0.230240	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.169760	0.230720	0.230710	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.078750	0.272010	0.224480	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.328980	0.231360	0.230660	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.577590	0.267560	0.223870	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.269470	0.372940	0.220800	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.763570	0.370770	0.220900	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.134950	-0.019190	0.272930	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.117280	0.011660	0.280500	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.367670	-0.027230	0.272570	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.614050	0.011620	0.281490	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.040160	0.122140	0.269040	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.448790	0.117700	0.269810	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.230710	0.223110	0.273510	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.018410	0.269780	0.270300	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.267320	0.224130	0.273690	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.517780	0.265320	0.270270	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.200670	0.368120	0.281240	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.692880	0.365730	0.281070	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.131700	-0.004550	0.333480	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.114830	0.030430	0.322670	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.360170	0.000740	0.332420	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.612970	-0.034720	0.327920	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.067020	0.138390	0.326440	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.530160	0.104460	0.319910	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.138520	0.281440	0.322150	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.115640	0.246080	0.318210	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.358170	0.210430	0.328100	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.605660	0.250370	0.318210	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.293050	0.355860	0.325430	1.000	0.500

E1YMTH	Tridymite	O	0.683870	0.387470	0.328710	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.042700	-0.024870	0.375530	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.207630	0.018430	0.372970	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.458040	-0.025930	0.375060	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.707920	0.019820	0.373530	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.025100	0.120800	0.382070	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.521510	0.120080	0.380910	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.154240	0.223570	0.372230	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.096300	0.268150	0.378640	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.344750	0.225410	0.372210	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.595530	0.267150	0.377300	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.271310	0.373370	0.368600	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.774720	0.371830	0.368760	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.135180	0.028940	0.420620	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.124840	0.005850	0.417250	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.370260	-0.035060	0.427750	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.612500	-0.005470	0.417580	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.037290	0.140340	0.426520	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.434390	0.109100	0.422240	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.134500	0.254490	0.432640	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.108370	0.284070	0.422560	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.358410	0.244350	0.432030	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.614500	0.216510	0.427940	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.287040	0.389520	0.429180	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.685360	0.359600	0.422460	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.110120	-0.023260	0.471720	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.139730	0.022490	0.475290	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.389780	-0.022280	0.471280	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.640610	0.023550	0.476090	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.042980	0.126730	0.468550	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.458170	0.127560	0.469330	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.221820	0.227040	0.477670	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.028430	0.271440	0.475730	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.278390	0.228820	0.479310	1.000	0.500

E1YMTH	Tridymite	O	0.528640	0.272130	0.476940	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.209220	0.375950	0.481420	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.714190	0.375240	0.481050	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.139000	0.611200	0.678600	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.139300	0.495700	0.301200	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.027800	0.618000	0.811800	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.028200	0.501900	0.184300	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.194600	0.113100	0.801300	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	Si	0.194500	0.995400	0.174000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.193500	0.058000	0.986000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.140300	0.565000	0.490000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.029900	0.568000	0.001000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.082500	0.563000	0.743000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.082300	0.428000	0.241000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.248400	0.914000	0.234000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.176200	0.412000	0.765000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.175400	0.253000	0.275000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.156400	0.910000	0.715000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	0.157200	0.754000	0.199000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.010700	0.418000	0.727000	1.000	0.500
E1YMTH	Tridymite	O	-0.008900	0.251000	0.215000	1.000	0.500
E1YMTH	Hematite	Fe	0.100000	0.100000	0.100000	1.000	0.500
E1YMTH	Hematite	O	-0.300000	0.800000	0.250000	1.000	0.500
E1YMTH	Periclase	Mg	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	Periclase	O	0.500000	0.500000	0.500000	1.000	0.500
E1YMTH	Al2 O3	Al	0.000000	0.000000	0.352210	1.000	0.500
E1YMTH	Al2 O3	O	0.693760	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E1YMTH	SiO2	Si	0.812290	0.128250	0.186870	1.000	0.500
E1YMTH	SiO2	O	0.250000	0.250000	0.500000	1.000	0.500
E1YMTH	SiO2	O	0.188100	0.621730	0.687700	1.000	0.500
E1YMTH	SiO2	O	0.000000	0.004880	0.250000	1.000	0.500
E1YMTH	Calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	2.869
E1YMTH	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	2.608
E1YMTH	Calcite	O	0.254700	0.000000	0.250000	1.000	5.031

E1YMTH	Calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	1.283
E1YMTH	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	1.185
E1YMTH	Calcite	O	0.256200	0.000000	0.250000	1.000	2.282
E1YMTH	C Ca O3	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.834
E1YMTH	C Ca O3	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	0.787
E1YMTH	C Ca O3	O	0.246500	0.000000	0.250000	1.000	1.492
Data set name	Rwp	Rp	Re	S	Chi^2	Maximum shift/e.s.d.	
E1YMTH	29.79	22.72	25.52	1.1653	1.3579	0.033	

Lattice constants

Angular correction

No correction

Analysis results

Data set name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha(deg)	beta(deg)	gamma(deg)
E1YMTH	13.2(3)	17(10)	7.06(16)	90.000000	113(22)	90.000000
E1YMTH	17.923(6)	18.11(4)	5.280(13)	90.000000	90.000000	90.000000
E1YMTH	9.7894(6)	17.8195(12)	5.2653(4)	90.000000	73.9594(19)	90.000000
E1YMTH	4.9116(14)	4.9116(14)	5.4306(17)	90.000000	90.000000	120.000000
E1YMTH	4.93(5)	4.93(5)	5.45(9)	90.000000	90.000000	120.000000
E1YMTH	23.9(15)	5.2(3)	19.8(14)	90.000000	124(5)	90.000000
E1YMTH	9(8)	15(11)	87(67)	80(95)	93(104)	83(60)
E1YMTH	27.494(13)	4.882(2)	8.079(4)	90.000000	90.000000	90.000000
E1YMTH	6.01(3)	6.01(3)	6.01(3)	50.59(16)	50.59(16)	50.59(16)
E1YMTH	3.735(2)	3.735(2)	3.735(2)	90.000000	90.000000	90.000000
E1YMTH	4.7580(4)	4.7580(4)	13.009(2)	90.000000	90.000000	120.000000
E1YMTH	8.905575	4.769179	8.830645	90.000000	115.413300	90.000000
E1YMTH	4.991731	4.991731	17.028976	90.000000	90.000000	120.000000
E1YMTH	4.991784	4.991784	17.029948	90.000000	90.000000	120.000000
E1YMTH	4.985164	4.985164	17.082440	90.000000	90.000000	120.000000

Phase name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha(deg)	beta(deg)	gamma(deg)	V(A ³)
Chrysotile	13.2(3)	17(10)	7.06(16)	90.000000	113(22)	90.000000	1486(822)
Anthophyllite	17.923(6)	18.11(4)	5.280(13)	90.000000	90.000000	90.000000	1714(5)
Tremolite	9.7894(6)	17.8195(12)	5.2653(4)	90.000000	73.9594(19)	90.000000	882.73(10)
Quartz	4.9116(14)	4.9116(14)	5.4306(17)	90.000000	90.000000	120.000000	113.45(6)
quartz, low	4.93(5)	4.93(5)	5.45(9)	90.000000	90.000000	120.000000	115(3)
Tridymite	23.9(15)	5.2(3)	19.8(14)	90.000000	124(5)	90.000000	2040(224)
Tridymite	9(8)	15(11)	87(67)	80(95)	93(104)	83(60)	11953(16038)
Tridymite	27.494(13)	4.882(2)	8.079(4)	90.000000	90.000000	90.000000	1084.4(9)
Hematite	6.01(3)	6.01(3)	6.01(3)	50.59(16)	50.59(16)	50.59(16)	119.2(10)
Periclase	3.735(2)	3.735(2)	3.735(2)	90.000000	90.000000	90.000000	52.11(6)
Al ₂ O ₃	4.7580(4)	4.7580(4)	13.009(2)	90.000000	90.000000	120.000000	255.05(5)
SiO ₂	8.905575	4.769179	8.830645	90.000000	115.413300	90.000000	338.765475
Calcite	4.991731	4.991731	17.028976	90.000000	90.000000	120.000000	367.469735
Calcite	4.991784	4.991784	17.029948	90.000000	90.000000	120.000000	367.498431
C Ca O ₃	4.985164	4.985164	17.082440	90.000000	90.000000	120.000000	367.654146

Crystallite size and lattice strain

Williamson-Hall method

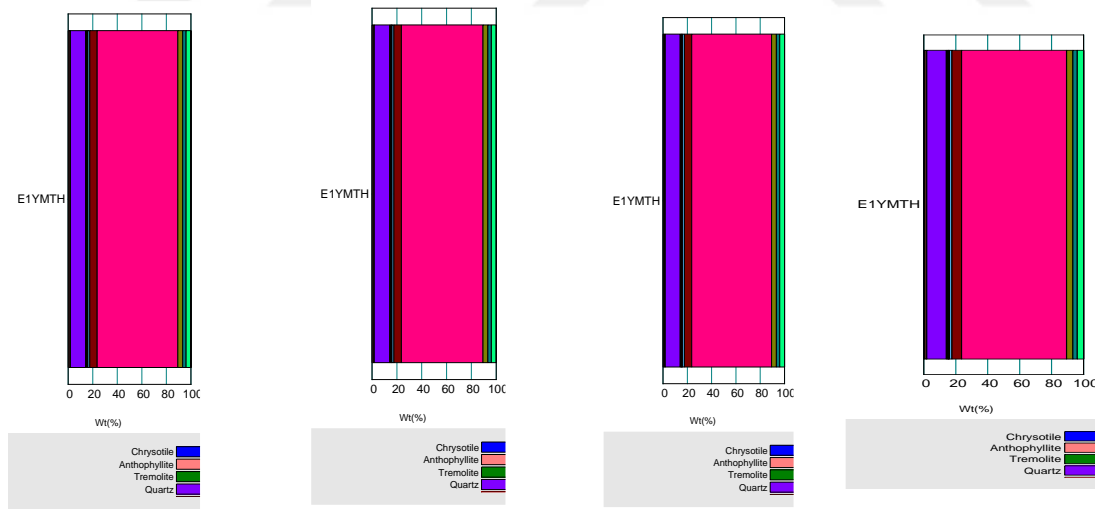
Data set name	Crystallite size(A)	Strain(%)
E1YMTH	53(2)	0.000000
E1YMTH	0.0000	0.0000
E1YMTH	0.0000	0.0000
E1YMTH	0.0000	0.0000
E1YMTH	0.0000	0.0000
E1YMTH	0.0000	0.0000
E1YMTH	0.0000	0.0000
E1YMTH	0.0000	0.0000
E1YMTH	0.0000	0.0000
E1YMTH	0.0000	0.0000
E1YMTH	0.0000	0.0000
E1YMTH	0.0000	0.0000

E1YMTH	8465(18)	0.0052(8)		
E1YMTH	307.3(4)	0.08(2)		
E1YMTH	307.3(4)	0.08(2)		
E1YMTH	307.3(4)	0.08(2)		
Phase name	Crystallite size(A)	Distribution RSD	Strain(%)	Distribution type
Chrysotile	53(2)	-	0.000000	-
Anthophyllite	0.0000	-	0.0000	-
Tremolite	0.0000	-	0.0000	-
Quartz	0.0000	-	0.0000	-
quartz, low	0.0000	-	0.0000	-
Tridymite	0.0000	-	0.0000	-
Tridymite	0.0000	-	0.0000	-
Tridymite	0.0000	-	0.0000	-
Hematite	0.0000	-	0.0000	-
Periclase	0.0000	-	0.0000	-
Al ₂ O ₃	0.0000	-	0.0000	-
SiO ₂	8465(18)	-	0.0052(8)	-
Calcite	307.3(4)	-	0.08(2)	-
Calcite	307.3(4)	-	0.08(2)	-
C Ca O ₃	307.3(4)	-	0.08(2)	-

Quantitative analysis results (RIR)

Phase name	Content(%)
Chrysotile	0.48(6)
Anthophyllite	1.0(7)
Tremolite	0.5(3)
Quartz	12(2)
quartz, low	0.8(13)
Tridymite	0.4(16)
Tridymite	0(4)

Tridymite	0.28(16)
Hematite	0.4(4)
Periclase	1.5(9)
Al ₂ O ₃	6.0(12)
SiO ₂	66(9)
Calcite	3.8(18)
Calcite	2.8(14)
C Ca O ₃	4.0(17)



Quantitative analysis results (internal standard method)

Calibration Data

Cluster analysis results

Dendrogram

ClusterDendrogram.emf

Measurement profiles

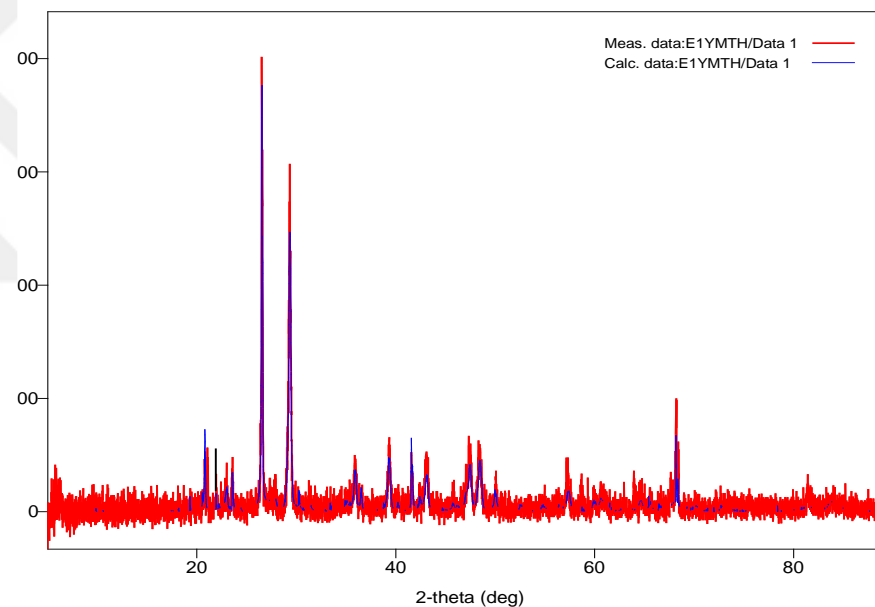
Cluster

Sample well

ClusterSamplePlate.emf

PCA view

ClusterPCA3DGraph.emf



Crystal structure analysis results

Indexing

Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Chrysotile	(O H)6 Mg6 Si4 O11 (H2 O)	3.003	User (COD)	1010960
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	1.827	User (COD)	1010935
Tremolite	Ca2 Mg5 H2 (Si O3)8	2.736	User (COD)	1011146
Quartz	O2 Si	0.998	User (COD)	9009666
quartz, low	O2 Si	1.423	User (COD)	7103014
Tridymite	O2 Si	1.818	User (COD)	9013492
Tridymite	O2 Si	1.467	User (COD)	9013393
Tridymite	O2 Si	2.933	User (COD)	9013493
Hematite	Fe2 O3	1.620	User (COD)	1011267

Periclase	Mg O	2.629	User (COD)	9013245
Al2 O3	Al2 O3	2.821	User (COD)	2101054
SiO2	O2 Si	1.513	User (COD)	9006291
Calcite	C Ca O3	1.060	User (COD)	9000968
Calcite	C Ca O3	0.827	User (COD)	9000966
C Ca O3	C Ca O3	0.728	User (COD)	2100189

Quantitative analysis results

Lattice information

Phase name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha(deg)	beta(deg)	gamma(deg)	V(A^3)
Chrysotile	13.2(3)	17(10)	7.06(16)	90.000000	113(22)	90.000000	1486(822)
Anthophyllite	17.923(6)	18.11(4)	5.280(13)	90.000000	90.000000	90.000000	1714(5)
Tremolite	9.7894(6)	17.8195(12)	5.2653(4)	90.000000	73.9594(19)	90.000000	882.73(10)
Quartz	4.9116(14)	4.9116(14)	5.4306(17)	90.000000	90.000000	120.000000	113.45(6)
quartz, low	4.93(5)	4.93(5)	5.45(9)	90.000000	90.000000	120.000000	115(3)
Tridymite	23.9(15)	5.2(3)	19.8(14)	90.000000	124(5)	90.000000	2040(224)
Tridymite	9(8)	15(11)	87(67)	80(95)	93(104)	83(60)	11953(16038)
Tridymite	27.494(13)	4.882(2)	8.079(4)	90.000000	90.000000	90.000000	1084.4(9)
Hematite	6.01(3)	6.01(3)	6.01(3)	50.59(16)	50.59(16)	50.59(16)	119.2(10)
Periclase	3.735(2)	3.735(2)	3.735(2)	90.000000	90.000000	90.000000	52.11(6)
Al2 O3	4.7580(4)	4.7580(4)	13.009(2)	90.000000	90.000000	120.000000	255.05(5)
SiO2	8.905575	4.769179	8.830645	90.000000	115.413300	90.000000	338.765475
Calcite	4.991731	4.991731	17.028976	90.000000	90.000000	120.000000	367.469735
Calcite	4.991784	4.991784	17.029948	90.000000	90.000000	120.000000	367.498431
C Ca O3	4.985164	4.985164	17.082440	90.000000	90.000000	120.000000	367.654146

Phase name	Space group	Z	Z'	Calc. density(g/cm^3)
Chrysotile	12 : C12/m1,unique-b,cell-1	4	0.500	2.520
Anthophyllite	62 : Pnma	4	0.500	3.022
Tremolite	12 : I12/m1,unique-b,cell-3	2	0.250	3.052
Quartz	152 : P3121	1	0.167	2.618

quartz, low	154 : P3221	3	0.500	2.633
Tridymite	9 : A1a1,unique-b,cell-1	1	0.250	2.359
Tridymite	1 : F1	1	0.250	2.369
Tridymite	19 : P212121	1	0.250	2.332
Hematite	167 : R-3c,rhombohedral	2	0.167	4.940
Periclase	225 : Fm-3m	1	0.005	5.089
Al2 O3	167 : R-3c,hexagonal	6	0.167	5.865
SiO2	15 : C12/c1,unique-b,cell-1	1	0.125	2.356
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.714
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.713
C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	6	0.167	2.712

Structure determination

Refinement

Measurement range: 5.0000-90.0000deg Refinement range: 5.0000-90.0000deg (1.09 Å)

Number of refined parameters: 197

Phase name	Atomic coords	# of indep. reflns
Chrysotile	Fractional coords	685
Anthophyllite	Fractional coords	716
Tremolite	Fractional coords	373
Quartz	Fractional coords	44
quartz, low	Fractional coords	44
Tridymite	Fractional coords	824
Tridymite	Fractional coords	5277
Tridymite	Fractional coords	567
Hematite	Fractional coords	31
Periclase	Fractional coords	4
Al2 O3	Fractional coords	26
SiO2	Fractional coords	141
Calcite	Fractional coords	34
Calcite	Fractional coords	34

C Ca O3

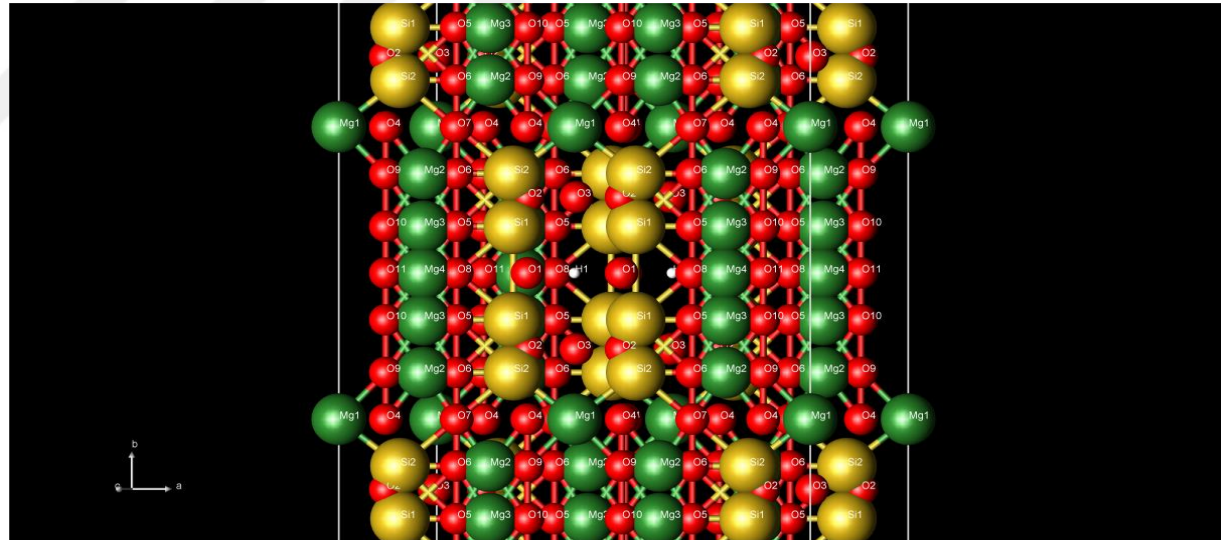
Fractional coords

34

Rwp = 29.79% S = 1.1653

Crystal structure

Chrysotile



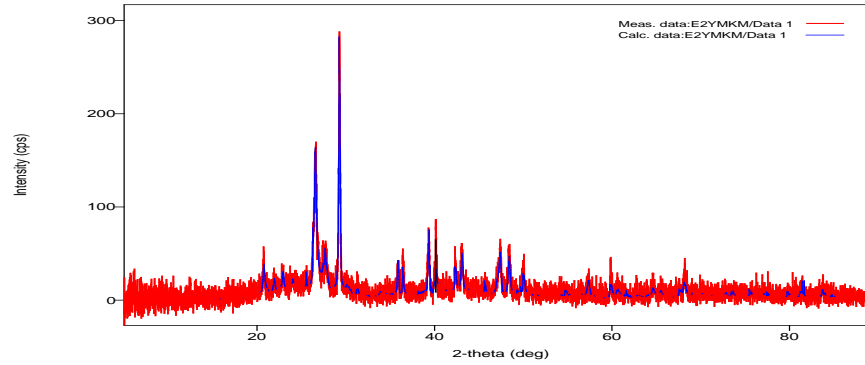
EK-4

4 Nolu Numune Rietveld XRD Analiz Sonuçları

General Information

Analysis date	2022/06/24 04:46:36		
Sample name	E2YMKM	Measurement date	2022/06/10 01:10:38
File name	E2YMKM.ras	Operator	administrator
Comment			

Measurement profile



Measurement conditions

X-Ray	40 kV , 30 mA	Scan speed / Duration time	1.0000 deg/min
Goniometer	SmartLab	Step width	0.0100 deg
Attachment	Standard	Scan axis	Theta/2-Theta
Filter	Cu_K-beta	Scan range	5.0000 - 90.0000 deg
CBO selection slit	BB	Incident slit	1/2deg
Diffrected beam mono.	None	Length limiting slit	10.0mm
Detector	SC-70	Receiving slit #1	1/2deg

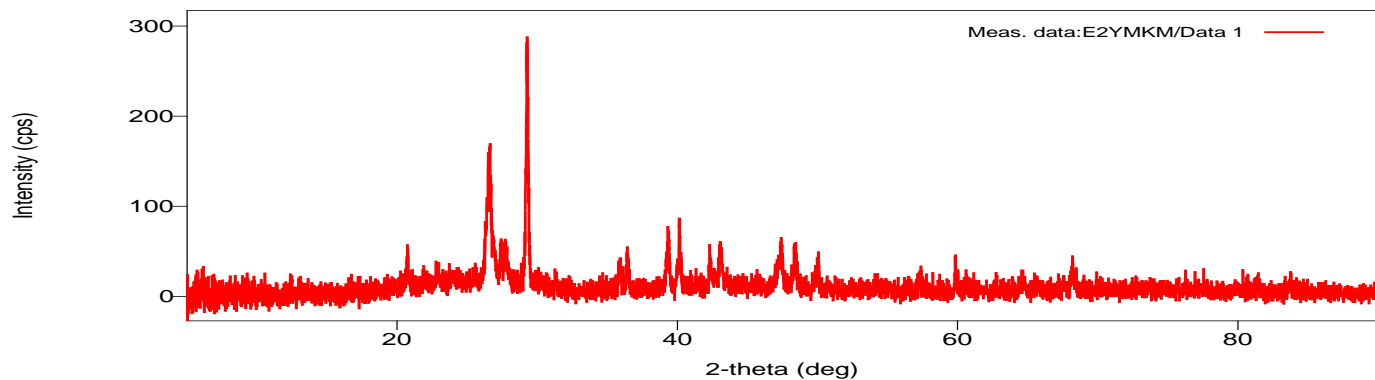
Scan mode	CONTINUOUS	Receiving slit #2	0.300mm
-----------	------------	-------------------	---------

Qualitative analysis results

Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	3.011	User (COD)	1010935
Chrysotile	(O H)6 Mg6 Si4 O11	3.391	User (COD)	1010960
Tremolite	Ca2 H2 Mg5 O24 Si8	3.486	User (COD)	9001779
Quartz low	Si O2	1.008	User (COD)	1011097
Quartz	O2 Si	1.897	User (COD)	9012604
Quartz	O2 Si	1.297	User (COD)	9000775
Coesite	O2 Si	0.707	User (COD)	9007169
Quartz	O2 Si	0.570	User (COD)	9009666
Calcite	C Ca O3	0.766	User (COD)	9009667
Calcite	Ca C O3	0.580	User (COD)	1010962
Calcite	C Ca O3	1.529	User (COD)	9000967
Calcite	C Ca O3	0.539	User (COD)	9007689
C Ca O3	C Ca O3	0.597	User (COD)	2100189
Maghemite	Fe2 O3	2.784	User (COD)	9006317
Periclase	Mg O	2.577	User (COD)	9006756
Periclase	Mg O	0.591	User (COD)	9013271
Calcite	C Ca O3	0.557	User (COD)	9000966
quartz, low	O2 Si	0.571	User (COD)	7103014

Phase name	Formula	Space group	Phase reg. detail	DB card number
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	62 : Pnma	User (COD)	1010935
Chrysotile	(O H)6 Mg6 Si4 O11	12 : C12/m1,unique-b,cell-1	User (COD)	1010960
Tremolite	Ca2 H2 Mg5 O24 Si8	12 : C12/m1,unique-b,cell-1	User (COD)	9001779
Quartz low	Si O2	152 : P3121	User (COD)	1011097
Quartz	O2 Si	152 : P3121	User (COD)	9012604
Quartz	O2 Si	154 : P3221	User (COD)	9000775
Coesite	O2 Si	15 : C12/c1,unique-b,cell-1	User (COD)	9007169

Quartz	O2 Si	152 : P3121	User (COD)	9009666
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9009667
Calcite	Ca C O3	167 : R-3c,rhombohedral	User (COD)	1010962
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9000967
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9007689
C Ca O3	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	2100189
Maghemite	Fe2 O3	213 : P4132	User (COD)	9006317
Periclase	Mg O	225 : Fm-3m	User (COD)	9006756
Periclase	Mg O	225 : Fm-3m	User (COD)	9013271
Calcite	C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	User (COD)	9000966
quartz, low	O2 Si	154 : P3221	User (COD)	7103014



Peak list

N	2-theta	d(ang.)	Height	FWHM	Size(ang.)	Phase name	Chemical formula
1	20.8587	4.25524	8.21843	0.164545	512.729	Quartz low(1,0,0),Quartz(1,0,0),quartz, low(1,0,0)	Si O2,O2 Si,O2 Si
2	26.608(10)	3.3474(13)	88(12)	0.363(13)	235(8)	Anthophyllite(4,2,1),Chrysotile(0,2,1),Tremolite(1,1,1),Quartz	Mg7 Si8 O22 (O H)2,(O
3	27.4278	3.24918	7.29196	0.164545	519.056	Coesite(1,1,-2)	O2 Si
4	27.7596	3.2111	40.714	0.164545	519.425	Tremolite(2,4,0),Quartz(1,0,1)	Ca2 H2 Mg5 O24 Si8,O2

5	29.275(11)	3.0483(11)	188(18)	0.165(8)	521(24)	Anthophyllite(1,0,2),Chrysotile(3,3,-1),Coesite(0,4,1),Calcite(2,1,1),C	Mg7 Si8 O22 (O H)2,(O
6	35.89(3)	2.500(2)	23(6)	0.14(4)	610(173)	Anthophyllite(3,3,2),Tremolite(1,5,1),Calcite(1,0,-1),C Ca	Mg7 Si8 O22 (O
7	36.422(8)	2.4648(6)	40(8)	0.075(13)	1166(210)	Anthophyllite(6,3,1),Quartz low(1,1,0),Coesite(2,0,-	Mg7 Si8 O22 (O H)2,Si
8	39.371(14)	2.2867(8)	37(8)	0.22(2)	407(37)	Anthophyllite(6,5,0),Chrysotile(2,6,0),Tremolite(1,1,-2),Quartz	Mg7 Si8 O22 (O H)2,(O
9	40.155(9)	2.2438(5)	57(10)	0.100(13)	888(114)	Anthophyllite(8,1,0),Tremolite(2,2,-2),Quartz	Mg7 Si8 O22 (O
10	42.311(11)	2.1344(5)	25(6)	0.11(3)	792(202)	Chrysotile(3,3,-2),Quartz	(O H)6 Mg6 Si4 O11 (H2
11	43.096(16)	2.0973(7)	38(8)	0.14(2)	633(108)	Anthophyllite(6,2,2),Coesite(1,5,-2),Calcite(2,0,0),C Ca	Mg7 Si8 O22 (O H)2,O2
12	47.4668	1.91387	76.8687	0.164545	550.844	Anthophyllite(2,7,2),Coesite(2,0,2),Calcite(3,3,2),C Ca	Mg7 Si8 O22 (O H)2,O2
13	48.378(17)	1.8799(6)	27(7)	0.23(6)	401(106)	Anthophyllite(4,0,3),Chrysotile(3,5,-2),Quartz(2,0,1),Calcite(3,2,1),C	Mg7 Si8 O22 (O H)2,(O
14	49.88(6)	1.8267(19)	15(5)	0.26(5)	353(67)	Anthophyllite(8,0,2),Chrysotile(3,1,1),Tremolite(2,6,-2),Quartz	Mg7 Si8 O22 (O H)2,(O
15	57.4863	1.60183	42.7243	0.164545	575.123	Anthophyllite(5,5,3),Chrysotile(5,7,-1),Calcite(2,1,-1),Calcite(1,2,2)	Mg7 Si8 O22 (O H)2,(O
16	59.9415	1.54196	53.5488	0.164545	582.096	Anthophyllite(1,1,4),Chrysotile(5,1,-3),Quartz(3,0,0),Coesite(0,4,4)	Mg7 Si8 O22 (O H)2,(O
17	64.6526	1.44051	34.2803	0.164545	596.744	Anthophyllite(8,4,3),Chrysotile(1,5,2),Tremolite(0,0,3),Coesite(3,1,-	Mg7 Si8 O22 (O H)2,(O
18	68.22(3)	1.3735(5)	21(6)	0.17(3)	604(111)	Anthophyllite(6,1,4),Chrysotile(1,11,-1),Tremolite(0,4,3),Quartz	Mg7 Si8 O22 (O H)2,(O

Structure parameters

Data set name	Phase Name	Element	x	y	z	Occupancy	Temperature factor
E2YMKM	Anthophyllite	Mg	0.130000	0.170000	0.380000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	Mg	0.130000	0.080000	-0.130000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	Mg	0.130000	-0.020000	0.380000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	Mg	0.130000	0.250000	-0.130000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	Si	0.030000	-0.180000	0.290000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	Si	0.030000	-0.080000	-0.210000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	Si	0.220000	-0.080000	0.040000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	Si	0.220000	-0.180000	-0.460000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	O	0.060000	0.070000	0.200000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	O	0.060000	0.180000	-0.300000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	O	0.060000	-0.250000	0.200000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	O	0.060000	0.250000	0.200000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	O	0.060000	0.000000	-0.300000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	O	0.050000	-0.130000	0.050000	1.000	0.500

E2YMKM	Anthophyllite	O	0.050000	-0.130000	-0.460000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	O	0.190000	0.180000	0.050000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	O	0.190000	0.070000	-0.440000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	O	0.190000	0.000000	0.050000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	O	0.190000	-0.250000	0.450000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	O	0.190000	0.250000	-0.450000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	O	0.200000	-0.130000	0.300000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	O	0.200000	-0.130000	-0.200000	1.000	0.500
E2YMKM	Anthophyllite	H	-1.000000	-1.000000	-1.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	Si	0.130000	0.080000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	Si	0.130000	0.170000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	Mg	0.000000	0.250000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	Mg	0.180000	0.330000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	Mg	0.180000	0.420000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	Mg	0.180000	0.500000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	O	0.100000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	O	0.100000	0.130000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	O	0.100000	0.130000	0.500000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	O	0.100000	0.250000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	O	0.250000	0.080000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	O	0.250000	0.170000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	O	0.250000	0.250000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	O	0.250000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	O	0.100000	0.330000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	O	0.100000	0.420000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	O	0.100000	0.500000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Chrysotile	H	-1.000000	-1.000000	-1.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Tremolite	Mg	0.000000	0.087750	0.500000	1.000	0.293
E2YMKM	Tremolite	Mg	0.000000	0.176390	0.000000	1.000	0.303
E2YMKM	Tremolite	Mg	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.286
E2YMKM	Tremolite	Ca	0.000000	0.278220	0.500000	0.500	0.370
E2YMKM	Tremolite	Ca	0.000000	0.258820	0.500000	0.500	1.700
E2YMKM	Tremolite	Si	0.280390	0.084160	0.297420	1.000	0.247
E2YMKM	Tremolite	Si	0.288240	0.171330	0.804930	1.000	0.266

E2YMKM	Tremolite	O	0.111790	0.085960	0.217670	1.000	0.365
E2YMKM	Tremolite	O	0.118600	0.171240	0.724180	1.000	0.390
E2YMKM	Tremolite	O	0.110270	0.000000	0.715990	1.000	0.421
E2YMKM	Tremolite	O	0.365140	0.248200	0.792450	1.000	0.423
E2YMKM	Tremolite	O	0.346440	0.134580	0.100960	1.000	0.411
E2YMKM	Tremolite	O	0.343840	0.118330	0.590090	1.000	0.387
E2YMKM	Tremolite	O	0.337260	0.000000	0.291400	1.000	0.440
E2YMKM	Tremolite	H	0.207050	0.000000	0.779930	1.000	2.300
E2YMKM	Quartz low	Si	0.465000	0.000000	0.333333	1.000	0.500
E2YMKM	Quartz low	O	0.417000	0.278000	0.222000	1.000	0.500
E2YMKM	Quartz	Si	0.449200	0.000000	0.333333	1.000	0.510
E2YMKM	Quartz	O	0.386400	0.295200	0.240600	1.000	0.860
E2YMKM	Quartz	Si	0.469700	0.000000	0.000000	1.000	0.604
E2YMKM	Quartz	O	0.413500	0.266900	0.119100	1.000	1.131
E2YMKM	Coesite	Si	0.135720	0.110790	0.069130	1.000	0.453
E2YMKM	Coesite	Si	0.509230	0.156890	0.545600	1.000	0.460
E2YMKM	Coesite	O	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.678
E2YMKM	Coesite	O	0.500000	0.107600	0.750000	1.000	0.709
E2YMKM	Coesite	O	0.249500	0.131400	0.924200	1.000	0.752
E2YMKM	Coesite	O	0.320700	0.100500	0.325300	1.000	0.690
E2YMKM	Coesite	O	0.029800	0.212100	0.469300	1.000	0.657
E2YMKM	Quartz	Si	0.530300	0.000000	0.333333	1.000	1.737
E2YMKM	Quartz	O	0.146200	0.414200	-0.119000	1.000	1.500
E2YMKM	Calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	1.224
E2YMKM	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	1.398
E2YMKM	Calcite	O	0.245000	0.000000	0.250000	1.000	1.398
E2YMKM	Calcite	Ca	0.250000	0.250000	0.250000	1.000	0.500
E2YMKM	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Calcite	O	0.250000	-0.250000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	2.244
E2YMKM	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	2.011
E2YMKM	Calcite	O	0.255800	0.000000	0.250000	1.000	3.829
E2YMKM	Calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.765
E2YMKM	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	0.723

E2YMKM	Calcite	O	0.257000	0.000000	0.250000	1.000	1.408
E2YMKM	C Ca O3	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.834
E2YMKM	C Ca O3	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	0.787
E2YMKM	C Ca O3	O	0.246500	0.000000	0.250000	1.000	1.492
E2YMKM	Maghemite	Fe	0.875000	0.875000	0.875000	0.333	0.500
E2YMKM	Maghemite	Fe	0.125000	0.875000	0.125000	1.000	0.500
E2YMKM	Maghemite	Fe	0.500000	0.500000	0.500000	1.000	0.500
E2YMKM	Maghemite	O	0.125000	0.125000	0.625000	1.000	0.500
E2YMKM	Maghemite	O	0.625000	0.625000	0.625000	1.000	0.500
E2YMKM	Periclase	Mg	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Periclase	O	0.500000	0.500000	0.500000	1.000	0.500
E2YMKM	Periclase	Mg	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	0.500
E2YMKM	Periclase	O	0.500000	0.500000	0.500000	1.000	0.500
E2YMKM	Calcite	Ca	0.000000	0.000000	0.000000	1.000	1.283
E2YMKM	Calcite	C	0.000000	0.000000	0.250000	1.000	1.185
E2YMKM	Calcite	O	0.256200	0.000000	0.250000	1.000	2.282
E2YMKM	quartz, low	Si	0.469700	0.000000	0.166667	1.000	1.974
E2YMKM	quartz, low	O	0.413300	0.267200	0.285500	1.000	1.974

Data set name	Rwp	Rp	Re	S	Chi^2	Maximum shift/e.s.d.
E2YMKM	28.06	21.6	25.16	1.1119	1.2364	0.521

Lattice constants

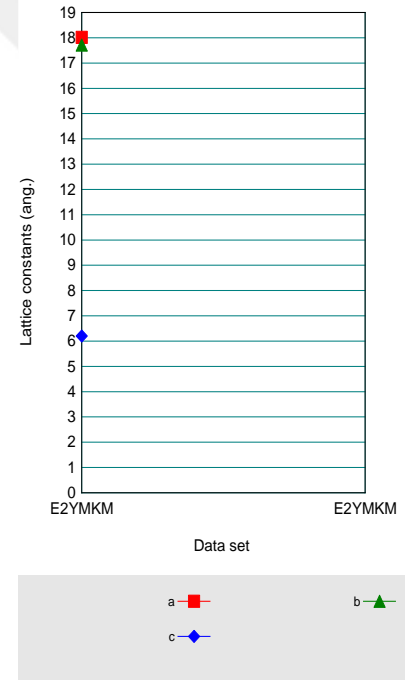
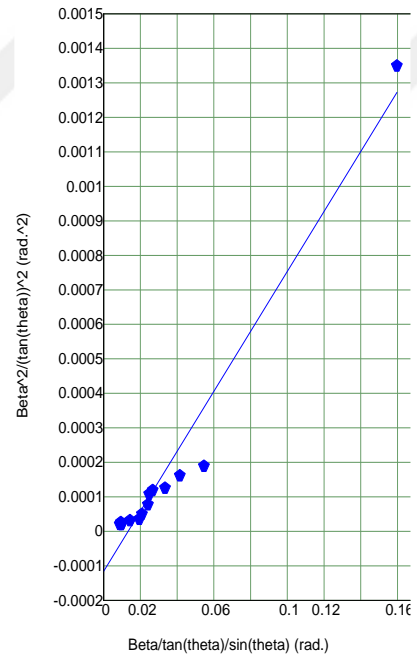
Angular correction No correction

Analysis results

Data set name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha(deg)	beta(deg)	gamma(deg)
E2YMKM	18.0164(4)	17.7110(10)	6.1982(18)	90.000000	90.000000	90.000000
E2YMKM	11.5(5)	15.8(3)	4.7(3)	90.000000	128(4)	90.000000
E2YMKM	10(32)	18(144)	5(18)	90.000000	112(350)	90.000000

E2YMKM	4.92207(11)	4.92207(11)	5.3999(3)	90.000000	90.000000	120.000000	
E2YMKM	4.651(3)	4.651(3)	5.314(9)	90.000000	90.000000	120.000000	
E2YMKM	5.34(3)	5.34(3)	4.25(3)	90.000000	90.000000	120.000000	
E2YMKM	5.611(6)	13.496(3)	7.176(3)	90.000000	104.69(9)	90.000000	
E2YMKM	4.9208(9)	4.9208(9)	5.4136(13)	90.000000	90.000000	120.000000	
E2YMKM	4.941(4)	4.941(4)	16.350(13)	90.000000	90.000000	120.000000	
E2YMKM	6.3767(8)	6.3767(8)	6.3767(8)	46.034(15)	46.034(15)	46.034(15)	
E2YMKM	5.97(6)	5.97(6)	18.1(4)	90.000000	90.000000	120.000000	
E2YMKM	5(8)	5(8)	18(50)	90.000000	90.000000	120.000000	
E2YMKM	4.9884(10)	4.9884(10)	17.099(4)	90.000000	90.000000	120.000000	
E2YMKM	7.470(5)	7.470(5)	7.470(5)	90.000000	90.000000	90.000000	
E2YMKM	4.2573(12)	4.2573(12)	4.2573(12)	90.000000	90.000000	90.000000	
E2YMKM	3.840(2)	3.840(2)	3.840(2)	90.000000	90.000000	90.000000	
E2YMKM	4.9853(10)	4.9853(10)	17.064(6)	90.000000	90.000000	120.000000	
E2YMKM	4.9177(16)	4.9177(16)	5.509(10)	90.000000	90.000000	120.000000	
Phase name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha(deg)	beta(deg)	gamma(d)	V(A^3)
Anthophyllite	18.0164(4)	17.7110(10)	6.1982(18)	90.000000	90.000000	90.000000	1977.8(6)
Chrysotile	11.5(5)	15.8(3)	4.7(3)	90.000000	128(4)	90.000000	667(50)
Tremolite	10(32)	18(144)	5(18)	90.000000	112(350)	90.000000	760(7210)
Quartz low	4.92207(11)	4.92207(11)	5.3999(3)	90.000000	90.000000	120.000000	113.295(8)
Quartz	4.651(3)	4.651(3)	5.314(9)	90.000000	90.000000	120.000000	99.56(19)
Quartz	5.34(3)	5.34(3)	4.25(3)	90.000000	90.000000	120.000000	104.8(11)
Coesite	5.611(6)	13.496(3)	7.176(3)	90.000000	104.69(9)	90.000000	525.7(6)
Quartz	4.9208(9)	4.9208(9)	5.4136(13)	90.000000	90.000000	120.000000	113.52(4)
Calcite	4.941(4)	4.941(4)	16.350(13)	90.000000	90.000000	120.000000	345.6(5)
Calcite	6.3767(8)	6.3767(8)	6.3767(8)	46.034(15)	46.034(15)	46.034(15)	122.53(3)
Calcite	5.97(6)	5.97(6)	18.1(4)	90.000000	90.000000	120.000000	558(15)
Calcite	5(8)	5(8)	18(50)	90.000000	90.000000	120.000000	328(1227)
C Ca O3	4.9884(10)	4.9884(10)	17.099(4)	90.000000	90.000000	120.000000	368.48(13)
Maghemite	7.470(5)	7.470(5)	7.470(5)	90.000000	90.000000	90.000000	416.9(5)
Periclase	4.2573(12)	4.2573(12)	4.2573(12)	90.000000	90.000000	90.000000	77.16(4)
Periclase	3.840(2)	3.840(2)	3.840(2)	90.000000	90.000000	90.000000	56.64(6)
Calcite	4.9853(10)	4.9853(10)	17.064(6)	90.000000	90.000000	120.000000	367.27(17)

quartz, low	4.9177(16)	4.9177(16)	5.509(10)	90.000000	90.000000	120.000000	115.4(2)
-------------	------------	------------	-----------	-----------	-----------	------------	----------



Crystallite size and lattice strain

Data set name	Crystallite size(A)	Strain(%)
E2YMKM	186(11)	0.000000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000

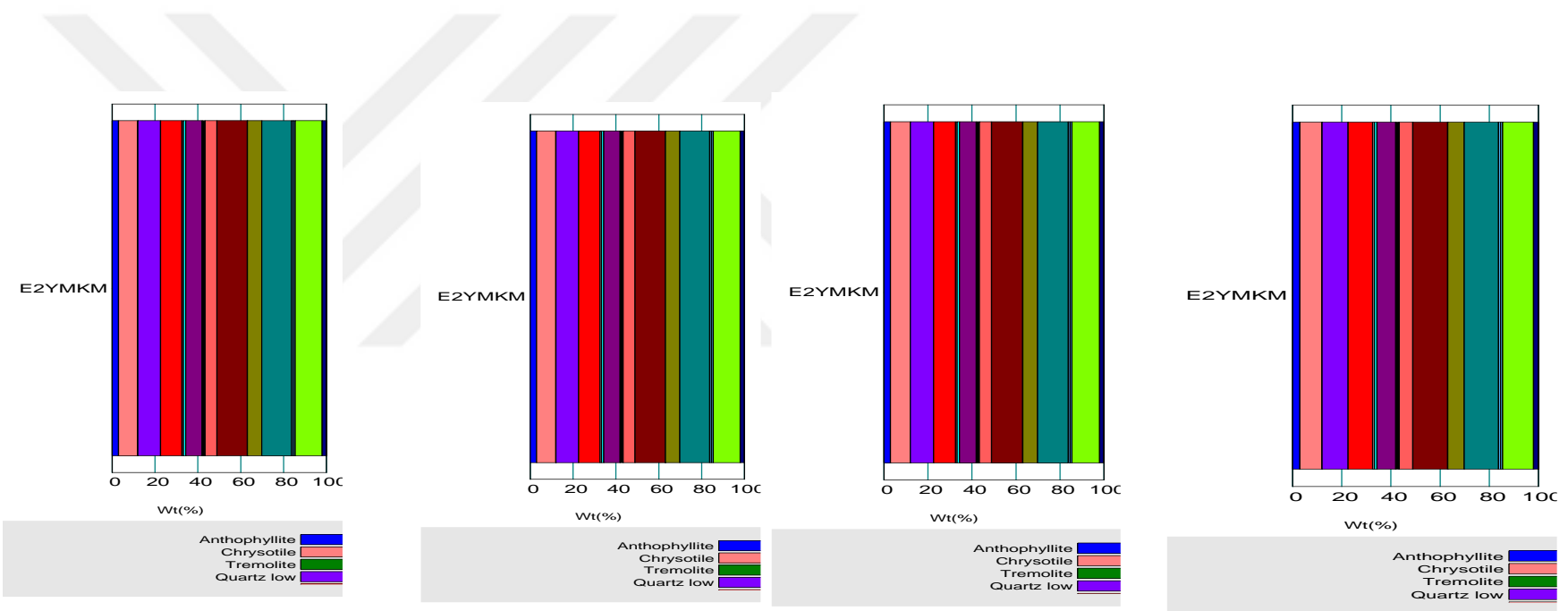
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000
E2YMKM	0.0000	0.0000

Phase name	Crystallite size(A)	Distribution RSD	Strain(%)	Distribution type
Anthophyllite	186(11)	-	0.000000	-
Chrysotile	0.0000	-	0.0000	-
Tremolite	0.0000	-	0.0000	-
Quartz low	0.0000	-	0.0000	-
Quartz	0.0000	-	0.0000	-
Quartz	0.0000	-	0.0000	-
Coesite	0.0000	-	0.0000	-
Quartz	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
C Ca O3	0.0000	-	0.0000	-
Maghemite	0.0000	-	0.0000	-
Periclase	0.0000	-	0.0000	-

Periclase	0.0000	-	0.0000	-
Calcite	0.0000	-	0.0000	-
quartz, low	0.0000	-	0.0000	-

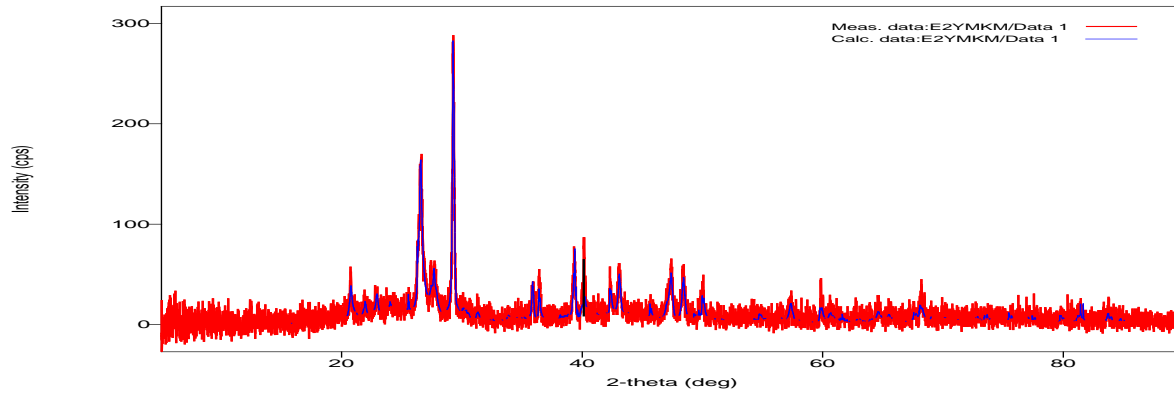
Quantitative analysis results (RIR)

Phase name	Content(%)
Anthophyllite	3(5)
Chrysotile	9(15)
Tremolite	0(11)
Quartz low	11(14)
Quartz	10(13)
Quartz	1(4)
Coesite	1.0(16)
Quartz	8(11)
Calcite	1(2)
Calcite	5(8)
Calcite	14(83)
Calcite	0(24)
C Ca O3	7(9)
Maghemite	14(21)
Periclase	0.8(13)
Periclase	1(2)
Calcite	13(17)
quartz, low	2(3)



Cluster analysis results

Measurement profiles



Crystal structure analysis results

Indexing

Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Anthophyllite	Mg7 Si8 O22 (O H)2	3.011	User (COD)	1010935
Chrysotile	(O H)6 Mg6 Si4 O11 (H2 O)	3.391	User (COD)	1010960
Tremolite	Ca2 H2 Mg5 O24 Si8	3.486	User (COD)	9001779
Quartz low	Si O2	1.008	User (COD)	1011097
Quartz	O2 Si	1.897	User (COD)	9012604
Quartz	O2 Si	1.297	User (COD)	9000775
Coesite	O2 Si	0.707	User (COD)	9007169
Quartz	O2 Si	0.570	User (COD)	9009666
Calcite	C Ca O3	0.766	User (COD)	9009667
Calcite	Ca C O3	0.580	User (COD)	1010962
Calcite	C Ca O3	1.529	User (COD)	9000967
Calcite	C Ca O3	0.539	User (COD)	9007689
C Ca O3	C Ca O3	0.597	User (COD)	2100189
Maghemite	Fe2 O3	2.784	User (COD)	9006317
Periclase	Mg O	2.577	User (COD)	9006756
Periclase	Mg O	0.591	User (COD)	9013271
Calcite	C Ca O3	0.557	User (COD)	9000966
quartz, low	O2 Si	0.571	User (COD)	7103014

Quantitative analysis results

Lattice information

Phase name	a(A)	b(A)	c(A)	alpha	beta(deg)	gamma(deg)	V(A ³)
Anthophyllite	18.0164(4)	17.7110(10)	6.1982(18)	90.000000	90.000000	90.000000	1977.8(6)
Chrysotile	11.5(5)	15.8(3)	4.7(3)	90.000000	128(4)	90.000000	667(50)
Tremolite	10(32)	18(144)	5(18)	90.000000	112(350)	90.000000	760(7210)
Quartz low	4.92207(11)	4.92207(11)	5.3999(3)	90.000000	90.000000	120.000000	113.295(8)
Quartz	4.651(3)	4.651(3)	5.314(9)	90.000000	90.000000	120.000000	99.56(19)
Quartz	5.34(3)	5.34(3)	4.25(3)	90.000000	90.000000	120.000000	104.8(11)

Coesite	5.611(6)	13.496(3)	7.176(3)	90.000000	104.69(9)	90.000000	525.7(6)
Quartz	4.9208(9)	4.9208(9)	5.4136(13)	90.000000	90.000000	120.000000	113.52(4)
Calcite	4.941(4)	4.941(4)	16.350(13)	90.000000	90.000000	120.000000	345.6(5)
Calcite	6.3767(8)	6.3767(8)	6.3767(8)	46.034(15)	46.034(15)	46.034(15)	122.53(3)
Calcite	5.97(6)	5.97(6)	18.1(4)	90.000000	90.000000	120.000000	558(15)
Calcite	5(8)	5(8)	18(50)	90.000000	90.000000	120.000000	328(1227)
C Ca O3	4.9884(10)	4.9884(10)	17.099(4)	90.000000	90.000000	120.000000	368.48(13)
Maghemite	7.470(5)	7.470(5)	7.470(5)	90.000000	90.000000	90.000000	416.9(5)
Periclase	4.2573(12)	4.2573(12)	4.2573(12)	90.000000	90.000000	90.000000	77.16(4)
Periclase	3.840(2)	3.840(2)	3.840(2)	90.000000	90.000000	90.000000	56.64(6)
Calcite	4.9853(10)	4.9853(10)	17.064(6)	90.000000	90.000000	120.000000	367.27(17)
quartz, low	4.9177(16)	4.9177(16)	5.509(10)	90.000000	90.000000	120.000000	115.4(2)

Phase name	Space group	Z	Z'	Calc. density(g/cm ³)
Anthophyllite	62 : Pnma	4	0.500	2.938
Chrysotile	12 : C12/m1,unique-b,cell-1	4	0.500	2.405
Tremolite	12 : C12/m1,unique-b,cell-1	1	0.125	3.103
Quartz low	152 : P3121	3	0.500	2.655
Quartz	152 : P3121	1	0.167	3.030
Quartz	154 : P3221	1	0.167	3.897
Coesite	15 : C12/c1,unique-b,cell-1	1	0.125	3.109
Quartz	152 : P3121	1	0.167	2.644
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.714
Calcite	167 : R-3c,rhombohedral	2	0.167	4.015
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.711
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.715
C Ca O3	167 : R-3c,hexagonal	6	0.167	2.716
Maghemite	213 : P4132	1	0.042	4.927
Periclase	225 : Fm-3m	1	0.005	3.464
Periclase	225 : Fm-3m	1	0.005	4.800
Calcite	167 : R-3c,hexagonal	1	0.028	2.713
quartz, low	154 : P3221	3	0.500	2.645

Structure determination

Refinement

Measurement range: 5.0000-90.0000deg Refinement range: 5.0000-90.0000deg (1.09 A)

Number of refined parameters: 238

Phase name	Atomic coords	# of indep. reflns
Anthophyllite	Fractional coords	838
Chrysotile	Fractional coords	320
Tremolite	Fractional coords	355
Quartz low	Fractional coords	44
Quartz	Fractional coords	41
Quartz	Fractional coords	42
Coesite	Fractional coords	214
Quartz	Fractional coords	44
Calcite	Fractional coords	34
Calcite	Fractional coords	34
Calcite	Fractional coords	44
Calcite	Fractional coords	34
C Ca O3	Fractional coords	34
Maghemite	Fractional coords	49
Periclase	Fractional coords	5
Periclase	Fractional coords	5
Calcite	Fractional coords	34
quartz, low	Fractional coords	44

Rwp = 28.06% S = 1.1119

