



**İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILAN ÇEŞİTLİ
YAPI MALZEMELERİNİN DALGABOYU
AYIRIMLI X-IŞINI FLÖRESANS
SPEKTROMETRESİYLE ANALİZİ**

Özlem ULUSOY

**Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı
Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı
Prof. Dr. Salih Z. ERZENEÖĞLU
2017
Her Hakkı Saklıdır**

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILAN ÇEŞİTLİ YAPI
MALZEMELERİNİN DALGABOYU AYIRIMLI X-IŞINI
FLÖRESANS SPEKTROMETRESİYLE ANALİZİ

Özlem ULUSOY

FİZİK ANABİLİM DALI
Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı

ERZURUM
2017

Her Hakkı Saklıdır



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TEZ ONAY FORMU

**İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILAN ÇEŞİTLİ YAPI MALZEMELERİNİN
DALGABOYU AYIRIMLI X-İŞİNİ FLÖRESANS SPEKTROMETRESİYLE
ANALİZİ**

Prof. Dr. Salih Z. ERZENEÖĞLU danışmanlığında, Özlem ULUSOY tarafından hazırlanan bu çalışma 10/03/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Anabilim Dalı – Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Salih Z. ERZENEÖĞLU

İmza :

Üye : Prof. Dr. Elif BOYDAŞ

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Burcu AKÇA

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 16.03.2017 tarih ve 11 / 53 nolu kararı ile onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan alıntıların, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILAN ÇEŞİTLİ YAPI MALZEMELERİNİN DALGABOYU AYIRIMLI X-IŞINI FLÖRESANS SPEKTROMETRESİYLE ANALİZİ

Özlem ULUSOY

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı
Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Salih Z. ERZENEOLU

Bu çalışmada inşaat sektöründe kullanılan 22 farklı yapı malzemesinin kimyasal içeriği dalgaboyu ayırmalı X-ışını flöresans (WDXRF) spektrometresiyle ölçülmüştür. Yapı malzemelerinin analizinde ağırlıklı olarak Ca, O, S ve Si elementleri gözlenmiştir. Buna bağlı olarakta SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 ve SO_3 gibi oksit bileşikler bol miktarda tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar yaşam kalitesinin artırılması yönünde, gerek fiziki gerekse inşaat ve çevre mühendisliği açısından değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan deneysel düzenek ve numune hazırlama yöntemi de sunulmuştur.

2017, 81 sayfa

Anahtar Kelimeler: İnşaat malzemelerinin analizi, dalga boyu ayırmalı X-ışını floresans spektrometresi,

ABSTRACT

MS Thesis

ANALYSIS OF VARIOUS CONSTRUCTION MATERIALS USED IN THE CONSTRUCTION SECTOR WITH WAVELENGTH DISPERSIVE X- RAY FLUORESCENCE SPECTROMETER

Özlem ULUSOY

Atatürk University
Graduate School of Naturel and Applied Sciences
Department of Physics
Department of Atomic and Molecular Physics

Supervisor. Prof. Dr. Salih Z. ERZENEÖĞLU

In this study, the chemical content of 22 different building materials used in the construction sector measured with wavelength dispersive X-ray fluorescence (WDXRF) spectrometry. In the analysis of building materials, mainly Ca, O, S and Si elements were observed. Accordingly, oxide compounds such as SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 and SO_3 were detected in abundance. The results obtained are evaluated both physically and in terms of construction and environmental engineering and aimed to increase the quality of life also, experimental setup and sample preparation method used in study are presented.

2017, 81 pages

Keywords: Construction material analysis, wavelength dispersive X- ray fluorescence spectrometer

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışma Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünde yapılmıştır.

Bu çalışmanın her aşamasında her türlü desteğini, katkısını ve sabrını esirgemeyen zor günlerimde bana yardımcı olan çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Salih Z. ERZENEÖĞLU'na en içten duygularıyla teşekkürlerimi arz ederim.

Hayatımın her döneminde desteklerini esirgemeyen, hem maddi hem manevi yönden bana destek olan sabır gösteren ve bana güvenen çok değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmamda numunelerin temininde yardımcısı olan Mutlu ÇOBAN'a teşekkür ederim. Ayrıca çalışma dönemi boyunca engin bilgilerini benimle paylaşan bana her konuda destek olan Sevda SARITAŞ'a ve tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Özlem ULUSOY

Şubat, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİSİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel Bilgiler	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	8
2.1. X-Işınları	8
2.1.1. X-Işınlarının tanımı ve özellikleri	8
2.1.1.a. Karakteristik X-ışınları	10
2.1.1.b. Sürekli X-ışınları	11
2.2. X-Işınları Flöresans Spektrumları	11
2.2.1. Dalgaboyu ayırmalı x-ışını flöresans spektrometresi.....	12
2.3. XRF Analizi	15
2.4. Yapı Malzemelerin Sınıflandırılması	15
2.4.1. Kullanış yer ve amacına göre gruplandırma.....	16
2.4.1.a. Taşıyıcı malzemeler (Esas malzemeler)	16
2.4.1.b. Detay malzemeler	17
2.4.2. Şekil değişimine göre gruplandırma.....	19
2.4.2.a. Elastik malzemeler	19
2.4.2.b. Plastik malzemeler	19
2.4.2.c. Elosto-plastik malzemeler	20
2.4.3. Bünyeleri bakımından gruplandırma.....	20
2.4.3.a. Fiziksel bünye bakımından malzemeler	20
2.4.3.b. Kimyasal bünye bakımından malzemeler	21
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	23
3.1. WDXRF Sistemi.....	23

3.1.1. Ana ünite	24
3.1.2. Spektroskopik oda	25
3.1.2.a. Birincil (Primer) X-ışını filtresi	26
3.1.2.b. Diyafram.....	26
3.1.2.c. Kolimatör.....	26
3.1.2.d. Azaltıcı	27
3.1.2.e. Kristaller	27
3.1.3. Dedektörler.....	28
3.1.3.a. Gaz akışlı orantılı dedektörler	29
3.1.3.b. NaI(Tl) sintilasyon dedektörleri	30
3.2. Numune Hazırlanma Metotları.....	31
3.3. Numunelerin Hazırlanması ve İncelenmesi	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	33
4.1. WDXRF Sisteminde Alınan Ölçümlerin Sonuçları ve Spektrumları.....	33
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	77
KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ	82

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİSİ

λ	: Dalgaboyu
θ	: Işının Kristal Düzlemi ile Yaptığı Aç
d	: Kristal Tabakalar Arasındaki Mesafe
E	: Enerji
EDXRF	: Enerji Ayrımlı X-Işını Flöresans Spektrometresi
EPS	: Genişletilmiş Polistran Köpüğü
kcps	: Saniyedeki Kilo Sayım
MDF	: Orta Yoğunluktaki Ahşap Levha (Medium Density Fiberboard)
NAA	: Nötron Aktivasyon Analizi
NGS	: Doğal Gama Işını Spektroskopi
PC	: Gaz Akışlı Orantılı Sayaç
ppm	: Milyonda bir
PVC	: Polivinilklorür
R	: Rezolüsyon
SC	: Sintilasyon Sayacı
TSW	: Trommel Sieve Waste
UV	: Morötesi Işınlr
WD	: Dalgaboyu Ayrımlı
WDXRF	: Dalgaboyu Ayrımlı X-Işını Flöresans
XRF	: X-Işını Flöresans
ε	: Enerji (veya İyonlaşma Enerjisi)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. X-ışını oluşumu	9
Şekil 2.2. X-ışını tüpü	10
Şekil 2.3. Dalgaboyu dağılım X-ışınları flöresans spektrometresi	13
Şekil 2.4. X-ışınlarının bir kristal tarafından kırılması	14
Şekil 2.5. Ahşap kullanımına ait bir görüntü	17
Şekil 2.6. Isı yalıtımına ait bir görüntü	19
Şekil 3.1. ZSX 1000e WDXRF cihazı	23
Şekil 3.2. WDXRF sistemin ana şeması	23
Şekil 3.3. Numune değiştiricileri	24
Şekil 3.4. WDXRF sistemin şematik çizimi	25
Şekil 3.5. Sintilasyon dedektörü	30
Şekil 4.1. Saten Alçı numunesi için WDXRF spektrumu.....	34
Şekil 4.2. Beyaz Çimento numunesi için WDXRF spektrumu.....	36
Şekil 4.3. Briket numunesi için WDXRF spektrumu	38
Şekil 4.4. Derz Dolgu numunesi için WDXRF spektrumu.....	40
Şekil 4.5. Dış Cephe Boyası numunesi için WDXRF spektrumu	42
Şekil 4.6. Duralit numunesi için WDXRF spektrumu	44
Şekil 4.7. Fayans yapıştırıcı numunesi için WDXRF spektrumu	46
Şekil 4.8. Kerpiç numunesi için WDXRF spektrumu	48
Şekil 4.9. Kıl numunesi için WDXRF spektrumu	50
Şekil 4.10. Kireç numunesi için WDXRF spektrumu	52
Şekil 4.11. Laminant parke numunesi için WDXRF spektrumu	54
Şekil 4.12. MDF numunesi için WDXRF spektrumu.....	56
Şekil 4.13. Mermer numunesi için WDXRF spektrumu.....	58
Şekil 4.14. PVC Boru numunesi için WDXRF spektrumu.....	60
Şekil 4.15. Sıva Kumu numunesi için WDXRF spektrumu	62
Şekil 4.16. Siyah Çimento numunesi için WDXRF spektrumu.....	64
Şekil 4.17. Tuğla numunesi için WDXRF spektrumu	66
Şekil 4.18. Yağlı Boya numunesi için WDXRF spektrumu	68

Şekil 4.19. Ytong numunesi için WDXRF spektrumu	70
Şekil 4.20. 32,5 MPa Çimento numunesi için WDXRF spektrumu	72
Şekil 4.21. 42,5 MPa Çimento numunesi için WDXRF spektrumu	74
Şekil 4.22. 52,5 MPa Çimento numunesi için WDXRF spektrumu	76



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Kullanılan bazı filtreler ve özellikleri.....	26
Çizelge 3.2. Kolimatörler ve özellikleri.....	27
Çizelge 3.3. Bazı analizleyici kristallerin özellikleri	28
Çizelge 3.4. Gaz akışlı (PC) ve Sintilasyon (SC) dedektör için dalga boyu ölçüm aralığı	29
Çizelge 4.1. Saten Alçı numunesinin analiz sonuçları.....	33
Çizelge 4.2. Beyaz Çimento numunesinin analiz sonuçları.....	35
Çizelge 4.3. Briket numunesinin analiz sonuçları	37
Çizelge 4.4. Derz Dolgu numunesinin analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.5. Dış Cephe Boyası numunesinin analiz sonuçları	41
Çizelge 4.6. Duralit numunesinin analiz sonuçları	43
Çizelge 4.7. Fayans Yapıştırıcı numunesinin analiz sonuçları	45
Çizelge 4.8. Kerpiç numunesinin analiz sonuçları.....	47
Çizelge 4.9. Kil numunesinin analiz sonuçları	49
Çizelge 4.10. Kireç numunesinin analiz sonuçları.....	51
Çizelge 4.11. Laminant Parke numunesinin analiz sonuçları	53
Çizelge 4.12. MDF numunesinin analiz sonuçları.....	55
Çizelge 4.13. Mermer numunesinin analiz sonuçları.....	57
Çizelge 4.14. PVC Boru numunesinin analiz sonuçları.....	59
Çizelge 4.15. Sıva Kumu numunesinin analiz sonuçları	61
Çizelge 4.16. Siyah Çimento numunesinin analiz sonuçları	63
Çizelge 4.17. Tuğla numunesinin analiz sonuçları	65
Çizelge 4.18. Yağlı Boya numunesinin analiz sonuçları	67
Çizelge 4.19. Ytong numunesinin analiz sonuçları	69
Çizelge 4.20. 32,5 MPa'lık Çimento numunesinin analiz sonuçları.....	71
Çizelge 4.21. 42,5 MPa'lık Çimento numunesinin analiz sonuçları.....	73
Çizelge 4.22. 52,5 MPa'lık Çimento numunesinin analiz sonuçları.....	75

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Tasarımın içine giren ve tümde o tasarımın oluşumu ve kullanma süreci içerisinde biçimlenmesini sağlayan ve tasarımı kullanan insanın sağlık ve konforunu düzenleyen parçalara yapı malzemeleri denir. İnsanlar, varoluşundan beri yaşam seviyesini arttırmak için sürekli gelişim ve değişim içerisinde bulunmuş yiyecek içecek ve giyinme gibi doğal gereksinimlerini karşılama, barınma, kendilerini ve varlıklarını hava şartlarından ve düşmanlardan koruma, daha iyi ve rahat bir şekilde yaşamak amacıyla yeni keşiflere yönelmiştir. Bu nedenle ilk zamanlardan beri doğada mevcut olan malzeme türleri üzerinde farklı tasarımlar meydana getirerek daha efektif kullanımlar elde etmeye gayret göstermişlerdir. Günümüzde bütün teknik alanlarda olduğu gibi malzeme teknolojisi alanında da insanların ihtiyaç ve istekleri, malzemede meydana gelen sorunlara paralel olarak sürekli artış göstermektedir. Bu tür sorunları çözmek ve isteklere cevap vermek için araştırmacılar yeni malzeme türleri ve uygulamaları üzerinde çalışmakta, yeni tasarımlar oluşturmaya çaba göstermektedirler.

Peki, biz bu tasarımları (yapıları) meydana getirirken, kullandığımız malzemeler için “Sağlığımıza nasıl etki eder?” sorusunu soruyor muyuz? Geçmişten günümüze dünyadaki en mühim konulardan biri “insan sağlığıdır.” İnsanların kullanımı için oluşturulan çeşitli malzemeler, ekonomikliği, kullanılabilirliği, modernliği vb. özelliklerinin yanı sıra en başta insan sağlığını olumsuz yönde etkilemeyecek şekilde yapılmalıdır. Dünya Sağlık Örgütü’ne göre sağlıklı yapı, kullanıcısının biyolojik, psikolojik ve sosyolojik ihtiyaçlarına, sahip olduğu olumlu nitelikler aracılığıyla cevap verebilir olmalıdır. Bu şekilde düşündüğümüzde hiç önemsemediğimiz ortaya çıkmaktadır (Korur vd 2011).

Gelişen teknoloji ve çoğalan seçeneklerden dolayı sağlıklı, güvenli ve konforlu bir yaşam geçirmek amacıyla, insan sağlığını tehdit etmeyen malzemeleri ve yapıları

seçmek kaçınılmaz bir durum olmuştur. Özellikle yapıların oluşumu esnasında seçilen yanlış malzemeler insan sağlığı üzerinde negatif etkilere neden olabilmektedir. Bu konu, yapılarda kullanılacak inşaat malzemelerinin seçimini gündeme getirmiştir. Böylece yapıların konfor şartları, seçilen malzemelerin ne kadar sağlıklı olduğu, kullanıcı rahatlığının ne denli önemsendiği, araştırılması gereken önemli konuları gündeme getirmiştir. İş ve yaşam alanlarının dizaynı için seçilen yanlış yapı malzemeleri insan psikolojisi ve sağlığı için olumsuz etkilere neden olmaktadır. Malzemelerin psikolojik etkisi, kullanıcıların ruh sağlığını tehdit eden bu etki genelde malzemenin yüzey özellikleri (renk, biçim, parlaklık, yüzey kirlenmesi vb.), sertliği, yumuşaklığı, hava-gaz geçirgenliği ile ilişkilidir. Eğer psikolojik etki olumsuzsa insanda; tembellik, karamsarlık, stres, sinirlilik gibi hastalıklara sebep olmaktadır (Ekinci 2005).

Zamanımızın büyük çoğunluğunu iç mekânlarda geçirdiğimiz için ortamdaki hava kalitesi de insan sağlığı için önemlidir. Bir yandan inşaat teknolojisinde ki değişimler ve yapı malzemesi olarak kullanılan sentetik materyaller binaları daha konforlu ve yalıtımlı hale getirirken diğer yandan da kullanılan sentetik malzemeler (yalıtım malzemeleri) iç ortam hava niteliğini bozmaktadır. Özellikle kış aylarında iç mekânların yeterince havalandırılmaması insan üzerinde hasta bina sendromu etkisi olarak ortaya çıkmaktadır. Hasta bina sendromu, ısı yalıtımının göz önünde olduğu ve yeterli düzeyde temiz havanın mevcut olmadığı mekânlarda bulunan kişilerde, iç ortam hava kirleticilerinin konsantrasyonların artması nedeniyle görülen semptomlardır. Hasta bina sendromunun insan üzerinde etkileri; baş ağrısı, göz, burun veya boğazda tahriş, baş dönmesi, yorgunluk gibi sorunlara neden olmaktadır. Bu da gösteriyor ki yapılarda kullanılan özellikle enerji tasarrufu sağlamak amacıyla farklı sıcaklıktaki ortamlar arasındaki ısı alışverişini azaltan yalıtım malzemelerinin seçimi de insan sağlığı üzerinde büyük bir etki yaratmaktadır.

Yapı bir başka ifadeyle, insanların ihtiyaçlarını gidermek için planlanmış ve üretilmiş yapay bir çevredir. Bundan dolayı yapı iç mekânını oluşturan elemanlarının insan sağlığı üzerinde etkisi olduğu gibi doğal çevre üzerinde de etki vardır. Yapı ürünü seçimindeki kararın doğru verilmemesi doğal ve yapma çevreye dolayısıyla insan

sağlığını zarar vermektedir. Çevre, insanların varlıkları boyunca yaşamlarını devam ettirdikleri diğer canlılarla ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde bulundukları ortamdır. Gelecekte insan nüfusunda büyük bir artış meydana gelmesinden dolayı çevre problemleri artacak ve böylece daha fazla sayıda insan; ev, işyeri ve genel çevrede kimyasal ve fiziksel etkenlerin sebep olduğu zararlarla karşılaşarak, önemli sağlık sorunları yaşanacaktır. İnşaatta kullanılan kum, çimento, kireç, boya ve moloz tozları havaya toz zerrecikleri olarak karışmakta ve bunların kalıntıları toprak yüzeyinde kalarak çevreyi ve insan sağlığını etkilemektedir.

Sağlıklı bir insan sağlıklı bir yapıya, sağlıklı bir yapı ise sağlıklı bir çevreye bağlıdır. Böylece insan-yapı-çevre arasındaki ilişkileri kurarak yaşamı etkileyecek problemleri çözmek için çalışılmalıdır. Bunun içinde yapının meydana gelişi ve kullanılması, insan sağlığı açısından yönlendiren kararları üreten ve denetleyen yapı biyolojisi bilim dalından da en üst düzeyde faydalanılmalıdır. Bu nedenle yapı biyolojisi diye adlandırılan, insan-yapı ve çevresi arasındaki ilişkiyi kurarak yaşamı etkileyecek olumsuzlukları çözmeye çalışan, yapının oluşum ve kullanım sırasında insan sağlığını nasıl etkilediğine değinen, olayları analiz eden ve yol gösteren bir bilim dalı üzerinde yoğunluk artmıştır. Yapma çevrenin insan sağlığı üzerinde ki olumsuzlukları inceleyerek, elde edilen verilerin ışığında sağlıklı yapıların üretimini sağlayan bu bilim dalı, yapının kullanıcı sağlığı ile ilişkisinin kurulması noktasında birçok uzman ile birlikte çalışmaktadır. Sağlıklı yapma çevreler, ancak doğru malzeme seçimi ile oluşturulabilir. Doğru ürün kararı ise yeterli düzeyde malzeme bilgisine sahip olmaya bağlıdır ve bu da çeşitli analizlerin yapılması ile mevcuttur.

Ayrıca bina malzemesi olarak kullanılan taş, kum, çimento, beton, tuğla, alçı gibi hammaddesi topraktan üretilen yapı malzemeleri değişik oranlarda radyum (^{226}Ra) içerebilir ve bozunarak radon gazı kaynağı oluşturabilir. Radon gazı, bina içerisinde insanı etki altına alan önemli radyasyon kaynaklarından biridir. Radyoaktif olan Rn-220 ve Rn-222 sırasıyla Th-232 ve U-238 radyoaktif serilerindeki Ra-224 ve Ra-226 çekirdeklerinin bozunmasıyla oluşur. Radonu gözle görülmeyen, renksiz, tatsız, kokusuz, radyoaktif bir gaz olarak tanımlayabiliriz. Bina içindeki havada radon

derişiminin meydana gelmesine neden olan etmenler; yapı malzemelerinin radyum içeriği, binanın yapıldığı ortamın jeolojik yapısı ve toprağın gözenekleri şeklinde sıralanabilir. Bina materyallerinde uranyum ve radyum bulunması nedeniyle bina içi atmosfere zamanla radon birikmesi söz konusudur. Tüm kaya ve topraklarda uranyum mevcut olduğundan bundan kaynaklanan radon gazı da her yerde bulunmaktadır.

İnşaat sektörünün hızla gelişme gösteren Türkiye’de, uzmanlar konut alırken fiziki özelliklerinin yanında kanser riskine sebep olan radon düzeyinin de araştırılması gerektiğine vurgu yapmalarına rağmen radonun olumsuz etkileri maalesef çok az kişi tarafından bilinmektedir. Oysa Avrupa ve ABD ülkeleri bu konuda standartlarını oluşturmuş ve yapılarda olması gereken bir koruyucu özellik olarak belirlemişlerdir. Bu ülkelerde konut yapımında kullanılan inşaat malzemelerinin radon ölçümleri yapılmakta olup yüksek radon yayılımı yapan malzemelerin kullanımı yasaklanmıştır. İnsan sağlığını tehlikeye atmamak için yeni inşaatların yapımında radon kapsamı ve radyoaktif içeriği düşük malzemeler kullanılmalı, radyoaktivite analizleri ve doz değerlendirmeleri yapılarak değerlendirme sonuçları olması gereken seviyenin üzerinde olan malzemeler yapımda kullanılmamalıdır. Yapı malzeme seçimlerinin doğru yapılmaması ve yeterli önlemlerin alınmaması da malzemelerin alerjik reaksiyonlardan kansere kadar çeşitli hastalıklara yol açacağı bilinmelidir. İnşaat yapımında kullanılan malzemelerle önlemleri etkisi düşürülebilen radonun sağlık üzerindeki etkileri göz önüne tutulduğunda “ev alma komşu al” sözü “ev alma, radon ölçümlerine baktır” olarak değişim göstermiştir.

Bugün inşaat sektöründe kullanılan çok çeşitli malzemeler vardır. Bu malzemelerden bir kısmı tabii olarak, bir kısmı da suni olarak elde edilmektedir. Bu suni malzemelerin hangi hammaddeden ve hangi tekniğe göre yapıldığının, fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin bilinmesi, malzemenin kullanım amacına göre seçilmesine ve uygulanmasına yardımcı olur. İnşaat malzemelerinin kalitesi ve teknik özellikleri bazı testler yardımıyla belirlenir. Bu testlerin bir kısmı şantiyelerde yapılabildiği gibi bazıları da özel laboratuvar ortamlarında yapılmaktadır. Laboratuvar ortamında yapılan deneyler sonucunda yapı malzemelerinin kalitatif ve kantitatif analizlerinin yapılmasıyla kullanılan

malzemelerin ne kadar kaliteli ve insan sağlığını ne kadar etkileyebileceği hususunda bize bilgi verip bundan sonraki üretilecek olan malzemelerin daha sağlam ve sağlıklı bir şekilde nasıl üretilmesi konusunda bize yardımcı olunacağı düşünölmektedir (Şimşek 2003).

Yapılarda malzeme seçimi, insan sağlığı üzerinde etkisine ve içeriğine bağlı pek çok çalışmalar yapılmıştır:

Çevik vd (2011) Türkiye’de kullanılan gaz beton, çimento, kum, tuğla, kiremit, mermer, kireç ve alçı gibi inşaat malzemelerini enerji dağııımlı X-ışını flöresans (EDXRF) spektrometresi kullanılarak kimyasal bileşimi üzerinde çalışma yapmıştır. Seçilen örneklerin kimyasal içerikleri ve iz konsantrasyonları belirlenmiştir. İncelenen tüm örnekler de genellikle SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 , K_2O ve SO_3 gibi kimyasal bileşenler bulunmuştur. Kurudirek vd (2010) farklı oranlarda TSW, Portland çimento, kireç, derz dolgulu numunelerin kimyasal kompozisyonu hakkında bilgiye ulaşmak için dalgaboyu ayırımııı X-ışını flöresans spektrometre ile analizlerini yapıp 22,1 keV, 25 keV ve 88 keV’de foton etkileşme tesir kesitlerini hesaplamışlardır.

Doroudiani *et al.* (2010) dekoratif amaçlı kullanılan genişletilmiş polistren köpüğün (EPS) insan sağlığına verdiği zararları, çevre ve güvenlik yönlerini incelemiştir. Kullanılan bu malzemenin binanın güvenliğini bozduğunu, çevreye kötü etki yarattığını ve uygulanan binalarda yangın riskini attırdığını gözlemlemiş böylece insan sağlığını tehlikeye düşüreceğini yorumlamışlardır. Çoban vd (2014) EDXRF spektrometresini kullanarak Türkiye de kullanılan çeşitli inşaat malzemelerinin geçirme katsayılarını deneysel olarak ölçmüşlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçların radyasyon güvenliğine katkı sağlaması amaçlanmıştır. Başıyigit vd (2006) radyasyon zırhlamasında yapı malzemelerinin etkileşiminin ifadesi olan radyasyon tutuculuk katsayısını (μ); cam, normal beton, baritli beton, düşük karbon çeliği, ahşap gibi yapı malzemeleri için 10 keV ile 100 GeV geniş enerji aralığında hesaplamıştır. Hesaplanan μ değerleri için yüksek enerji bölgesinde önemli değişimler gözlenirken, orta enerji bölgesinde aynı değişimi göstermedikleri gözlemlenmiştir. Steinemann *et al.* (2004) çalışmasında yapı

malzemesi olarak günlük kullanılan eşyaların insan sağlığını dolaylı veya doğrudan tehlikeye atacağından bahsetmiştir. Xu *et al.* (2014) yapı malzemelerinde kullanılan bazı malzemelerin yangın esnasında ateşe maruz kalmasıyla çevreye ve insan sağlığına çok zararlı maddeler yayabileceğinden bahsetmiştir.

Damla vd (2010) Türkiye'deki binalarda kullanılan farklı çimento örneklerini gama-ışını spektrometresi kullanarak analiz etmiştir. Kullanılan radyonüklidlerin Ra-226 ve Th-232 için ölçülen aktif konsantrasyonlarını diğer ülkelerin rapor ettiği verilerle ve Dünya ortalamalarıyla kıyaslamıştır. Rubio-Avalos *et al.* (2005) sodyum bikarbonat ile elde edilen inorganik köpük malzemesinin mekanik özelliklerini incelemiş ve geliştirmişlerdir. Abdullah *et al.* (2014) bazı yapı malzemelerin sebep olduğu radyoaktif zarardan bahsetmiştir. Özellikle kullanılan yapı malzemelerinin standartlara uygun olmasının üzerinde durmuş, radyoaktif seviyelerinin mutlaka ölçülmesi gerektiğine vurgu yapmıştır. Gezer *et al.* dış cephelerde kullanılan hazır sıva ve boyaların, içerdiği maddelere, bu maddelerin risk koşullarına ve fiziksel çevre etkenlerinin hastalık oluşturan bileşenlerine ve hastalıklara değinmiştir. Muhyedeen *et al.* (2001) Irak çimentolarındaki doğal radyoaktivite ölçümleri için NGS, NAA ve nitel ve nicel analizleri için WDXRF sistemini kullanarak kapsamlı bir çalışma yapmıştır. Nitel analizde, Irak çimentosunda 63 nüklid olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca yüksek kaliteden sorumlu majör ve minör elementler için konsantrasyon aralıklarının, Uluslararası İngiliz Standartlarına uygun olduğunu belirtmiştir.

Nüfusun hızla artmasına paralel olarak konut talepleri de her geçen gün artmaktadır. Bu talepleri karşılamak için inşaatta kullanılan malzeme çeşitlerinde de bir artış gözlenmiştir. Kullanıcılara ihtişamlı, cazip ve yararlı gösterilen bu malzemelerin aslında görüldüğü gibi insan sağlığına nasıl etkilediği ise tam olarak bilinmemektedir. Bu çalışmada WDXRF sistemi kullanılarak; saten alçı, beyaz çimento, briket, derz dolgu, dış cephe boyası, duralit, fayans yapıştırıcısı, kerpiç, kil, kireç, laminant parke, MDF, mermer, PVC boru, sıva kumu, siyah çimento, tuğla, yağlı boya, ytong, 32,5 MPa, 42,5 MPa, ve 52,5 MPa'lık çimento malzemelerinin kimyasal içeriği belirlenmiştir. Çalışmamızda, yapı malzemelerinin kimyasal içeriklerinin bilinmesiyle canlıların

karşılaşabilecekleri sağlık problemlerine karşı önlem alınabilmesi, canlıların sağlıklı bir ortamda hayatlarını sürdürmeleri için yeni malzemeler üretilebilmesi ve bu konuda eksik olan literatüre önemli bilgiler kazandırılması hedeflenmiştir.



2. KURAMSAL TEMELLER

İnsanlığın teknolojiye ilerlemesine paralel olarak farklı malzemelerin kullanımı artmış ve bunlarla beraber bu malzemelerin kullanılacağı alana göre seçilmesi, kontrol edilmesi gerekmiştir. Malzemelerin kontrol edilebilmesi için ideal bir analiz cihazı; numuneye zarar vermemeli, hassas ölçüm yapabilmeli, hafif olmalı, sık kalibrasyon gerektirmemeli ve ekonomik olmalıdır. Günümüzde farklı numunelerin kalitatif ve kantitatif analizleri yapılmasında kullanılan birçok tekniğin yanında X-ışını flöresans spektrometresi kullanımı yaygınlaşan bir tekniktir.

2.1. X-Işınları

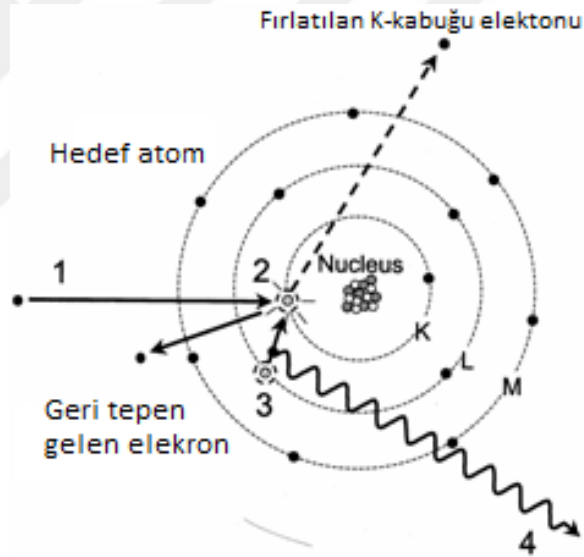
2.1.1. X-Işınlarının tanımı ve özellikleri

1895 yılında, katot ışını tüpünün yakınına getirilen baryum tuzlarının ışıdığını gözlemleyen Wilhelm Röntgen madde üzerine düşen hızlı elektronların bilinmeyen tabiatlı, oldukça girici ışınlar meydana getirdiğini söylemiş ve bunları X-ışınları olarak adlandırmıştır (Şahin ve Kurucu 2005). X-ışınları, elektromanyetik spektrumda ultraviyole (morötesi) ışık ile gama ışınları arasında yani 10^{-8} m ile 10^{-13} m aralığında dalga boylarına sahiptir ve geleneksel ışıktan farklı olarak gözle görülmeyen elektromanyetik dalgalardır. X-ışınlarını en genel kaynağı bir metal hedefi bombardımana tabi tutan yüksek enerjili elektronların yavaşlamasıdır. X-ışınları çekirdek içinde değil, elektron seviyesinde meydana gelen bir kısım hadiselerin ürünüdür. X-ışınlarının farklı kalınlıktaki malzemelerden farklı şiddette geçtiğini gözlemleyen Röntgen, 28 Aralık 1895'te tarihteki ilk tıbbi X-ışını radyografisini (Röntgen filmi) resmen ilan etmiştir. Böylece X-ışınları birçok kullanım alanının yanı sıra tıpta bir tanı aracı olarak ve belirli kanser türlerinin tedavisinde kullanılmıştır.

X-ışınlarının keşfi diğer fizikçilerin de dikkatini çekmiş ve 1899'da Haga ve Wind yaptıkları incelemeler sonucunda bu ışınların dalga karakterinde olduklarını ve

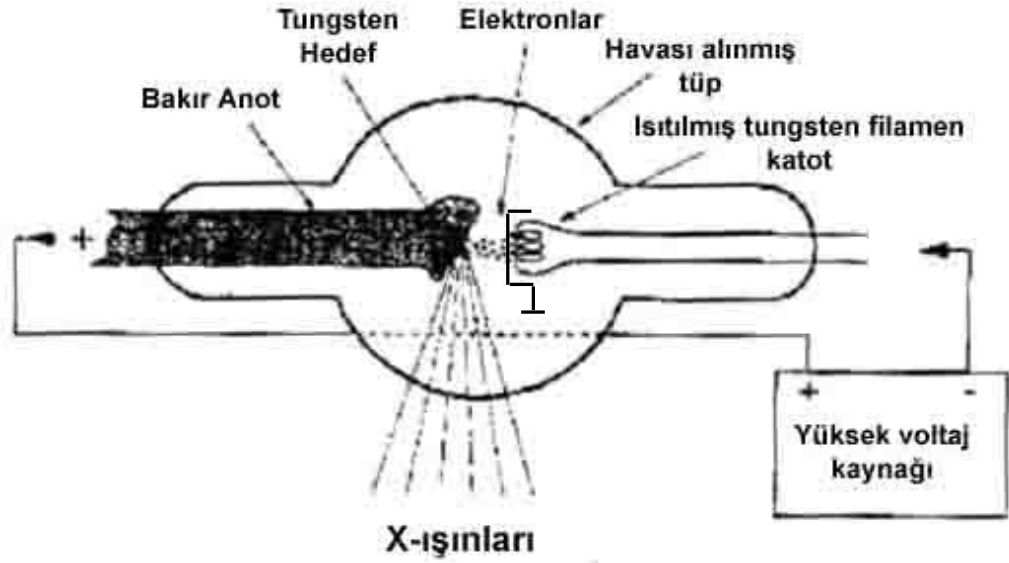
karakteristik X-ışınlarının dalga boylarının ise $\lambda \sim 10^{-8}$ cm olduğunu söylemişlerdir. 1906'da Barkla X-ışınlarının farklı maddelerden saçılarak polarize olabildiklerini ve hatta enine dalga olduklarını ispat etmiştir (Şahin ve Kurucu 2005). X-ışınları yüklü parçacıkların yavaşlatılması prensibine bağlı olarak farklı şekillerde elde edilir. Genellikle yüklü parçacık olarak elektronlar tercih edilir.

X-ışınlarının oluşumunda en fazla karşılaşılan üç mekanizma vardır: Bunlardan birincisi Şekil 2.1'de görüldüğü gibi bir atoma gelen yüksek enerjili ışınlar (1) atomdan bir elektron koparır (2) ve kopan elektronun yeri üst yörüngelerdeki bir elektron tarafından doldurulur (3). Bu sırada oluşan enerji fazlalığı X-ışını olarak yayınlanır (4).



Şekil 2.1. X-ışını oluşumu

İkincisi ise çekirdekte bulunan protonlardan biri atomun yörüngesindeki bir elektronu yakalayıp nötron haline gelir ve oluşan elektron boşluğu üst yörüngedeki elektronlar tarafından doldurulur. Bu sırada oluşturulan elektron fazlalığı X-ışını olarak yayınlanır. Üçüncü olarak X-ışınları tüplerinde Şekil 2.2'deki gibi katottan çıkan ışınlar yüksek gerilim altında hızlandırılarak anoda çarptırılır. Bu sırada yavaşlatılan elektron kaybettiği enerjiyi X-ışını olarak yayınlar.



Şekil 2.2. X-ışını tüpü

X-ışınları oluşum mekanizmasına bağlı olarak ikiye ayrılır. Bunlar sürekli X-ışınlar ve karakteristik X-ışınlarıdır.

2.1.1.a. Karakteristik X-ışınları

Hedef materyal üzerine gelen X-ışını iç kabuk elektronlardan birini söker ve kabukta bir elektron boşluğu oluşturur. Bu iç yörüngede meydana gelen elektron boşluğu üst yörüngeler tarafından doldurulur. Geçişe bağlı olarak bir foton yayınlanacaktır. Bu şekilde iç tabakada meydana getirilen boşluk geçişi sonucu yayınlanan fotonlara “karakteristik fotonlar” veya “karakteristik X-ışınları” denir. Aynı atomda iç yörüngeler arası enerji farkı dış yörüngeler arasındaki enerji farkından büyük olacağından, X-ışını enerjileri optik ışınların enerjilerinden büyük olmaktadır. Bunlara karakteristik X-ışınları denmesinin sebebi her elementin K, L, M, ... tabakaları arasındaki enerji seviyelerinin oldukça farklı olmasından, ya da bir başka deyişle, bunların o atoma has (parmak izleri gibi) belirleyici özellik göstermesindendir.

2.1.1.b. Sürekli X-ışınları

Hızlı elektron hedef materyal içinde, hedef atomun çekirdeğine yaklaştığında, çekirdeğin pozitif yükünden kaynaklanan elektrik alandan etkilenir ve ivmeli hareket yapmaya zorlanarak dışarıya fotonlar yayar. Sürekli bir enerji spektrumuna sahip bu fotonlara sürekli X-ışınları, bu olaya da bremsstrahlung veya frenleme radyasyonu denir.

2.2. X-ışınları Flöresans Spektrumları

Spektrum önceleri ışığın renklerinin dalgalılarına göre dizilişi anlamında kullanılmıştır. 1686 yılında Newton'un bir prizmadan geçen güneş ışığının renklere ayrıldığını gözlemlemesi ile geniş bir bilim dalı doğmuştur. "Spektrum parçacık ve fotonların enerjilerine, frekanslarına, dalgalılarına veya saçılma açılarına göre şiddet dağılımlarının oluşturduğu desenlerdir." Spektrometre spektrumları belirlemede kullanılan alettir. Spektroskopi ise numunedeki atom, molekül veya iyonların spektrumlarından hareketle yorumlanmasıdır. X-ışınları flöresans spektroskopisi Berilyum-Uranyum aralığındaki elementlerin hızlı ve doğru olarak nitel ve nicel analizlerinin yapılmasına imkân sağlar. Yöntemin duyarlılığı oldukça yüksektir. Genellikle ppm büyüklüğünde olan duyarlılık, küçük atom numaralı elementlerde biraz daha düşüktür.

X-ışınları flöresans analizinden alınan sonuçların yenilenebilirlikleri çok iyidir. Kullanılan işlemler oldukça yaygındır ve sonuca çabuk ulaşılır. Elde edilen sonuçlardaki yanlgılar elemente, numunenin yapısına ve numune hazırlama yöntemine göre değişir. İyi çalışıldığında %1 kadar bağıl hata elverişsiz koşullarda %3-4 değerine ulaşır. X-ışınları flöresans spektroskopisi özellikle çok sayıda benzer numunelerin analizi gerektiğinde çok yararlı olmaktadır. X-ışını floresan spektroskopisinde, kaynaktan çıkan X-ışınları analizi yapılacak olan numune üzerine gönderilir. Gönderilen ışının yeterli enerjiye sahip olması durumunda atomu alt yörüngelerinden bir elektron sökerek atomu temel enerji seviyesinden yüksek enerji seviyesine uyarır. Üst seviyedeki

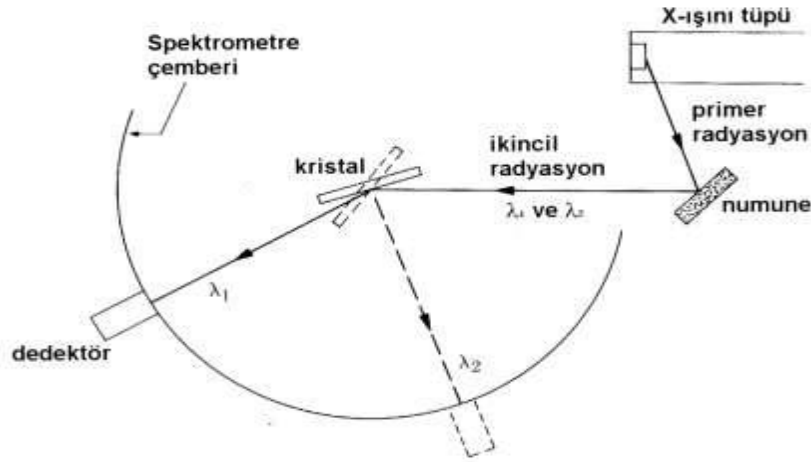
bir elektron bu boşluğu doldurur ve böylece atom temel haline döner. Bu sırada oluşan enerji karakteristik flöresans ışıınıdır. Oluşan bu ışıınlar atoma özgüdür ve bu sayede numunenin kimyasal analizi yapılabilir.

X-ışını flöresans spektrometre tekniğinin avantajlarını; tahribatsız olması, numunenin kolay hazırlanması, geniş bir konsantrasyon aralığında kullanılabilmesi, kesinlik ve doğruluğun iyi olması şeklinde sıralayabiliriz. Dezavantajları ise; hafif elementlere duyarlılığın düşük olması, elementler arası etkileşim nedeniyle düzeltme yapılması gereği ve parçalarının pahalı olmasıdır. X-ışını floresan spektroskopisi dalgaboyu ayırmalı (wavelength dispersive) ve enerji ayırmalı spektrometreler (energy dispersive) olmak üzere iki çeşittir.

2.2.1. Dalgaboyu ayırmalı x-ışını flöresans spektrometresi

Günümüzde farklı numunelerin kalitatif ve kantitatif analizleri için kullanılan metotlardan biri X-ışını spektrometredir. X-ışını spektrometrelerinden biri olan dalgaboyu ayırmalı spektrometre numuneden yayınlanan X-ışını spektrumunu dalgaboyu bileşenlerine göre ayıran kristallerin kullanıldığı tekniktir. Dalgaboyu ayırmalı spektrometreler, enerji ayırmalı spektrometrelerden daha önce geliştirilmiş olup enerji ayırmalıdan %50 oranında daha hassastır. Bu cihazlarda X-ışıının şiddeti dalgaboyunun bir fonksiyonu olarak ölçülür.

Numuneden çıkan radyasyon veya karakteristik ışıınımlar, düzlemler arası mesafesi bilinen tek kristal tarafından difraksiyona uğratılır. Bragg kanununa göre karakteristik ışıınımlar, Şekil 2.3’de gösterildiği gibi kristal belli açılarda olduğu zaman difraksiyona uğrar. Difraksiyona uğrayan ışının şiddeti uygun bir sayaç veya detektör ile ölçülür. Değişik dalga boylarına sahip radyasyon fiziksel olarak dağıldığı için bu metot “X-ışıınları dalgaboyu ayırmalı spektrometre” olarak adlandırılır. Kısaca kristal spektrometre olarakta bilinir.

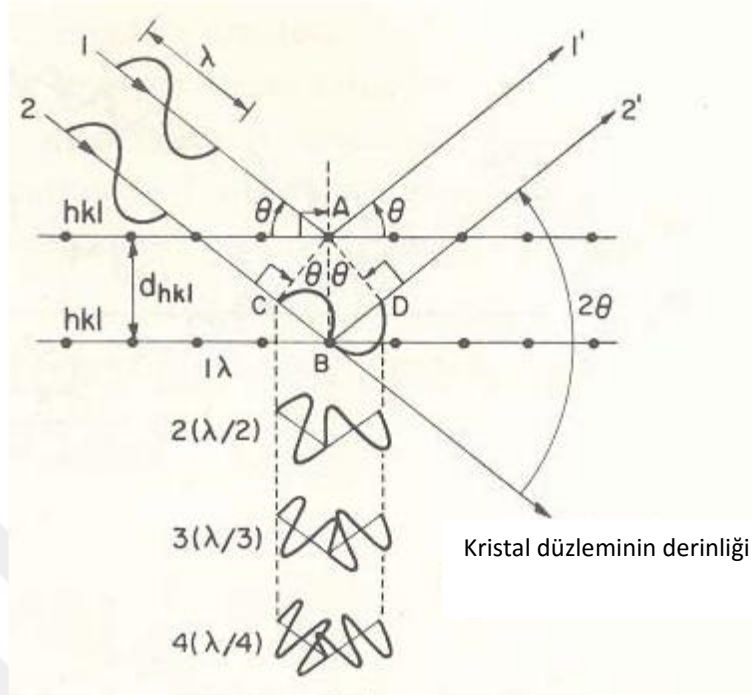


Şekil 2.3. Dalgaboyu dağılım X-ışınları flöresans spektrometresi

Analitik bir araç olarak WDXRF tekniğinin uygulanmaya başlanmasından bu yana çok sayıda araştırmacı bu tekniği mineralojik ve biyolojik materyalleri araştırmak için kullanmışlardır. Ayrıca periyodik tabloda Na ve Pu aralığındaki tüm elementlerin kalitatif ve kantitatif analizi için kullanılır ve elementel konsantrasyonlar birkaç ppm'den %100'e kadar ölçülebilir. Bazı cihazlar daha hafif elementlerin nitel ve yarı nicel analizine olanak tanır.

Bir kristal yüzeyine θ açısı ile gelen bir X-ışını demetinin bir kısmı yüzeydeki atomlar tarafından saçılır. Demetin saçılmayan bölümü atomların ikinci tabakasına girer ve burada da bir kısmı saçılmaya uğrar. Kalan ışın üçüncü tabakaya geçer. Düzgün kristal merkezleri ışın demetinin kırılmasına neden olur. Kırılmanın (difraksiyonun) gerçekleşmesi için,

- Atom tabakaları arasındaki mesafenin, ışının dalga boyuyla aynı büyüklükte olması,
- Işını saçan merkezlerin çok düzgün yapılı olması gerekir (Ünal 2014).



Şekil 2.4. X-ışınlarının bir kristal tarafından kırılması

Şekil 2.4'te görüldüğü gibi 1 ve 2 ışınlarının ABC yol farklarının ışının dalgaboyunun tam katlarına eşit olması halinde vukuu bulur. Bu yol farkı λ 'nın tam katlarına eşit olmalıdır.

$$AB + BC = d \sin \theta + d \sin \theta = n\lambda \quad (2.1)$$

veya

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2.2)$$

Yol farkı dalgaboyunun tam katları şeklinde olduğunda yapıcı bir girişim meydana gelir ve bu denklem Bragg denklemi bu olayda Bragg Kanunu olarak bilinir. Burada n komşu düzlemlerden saçılan ışınlar arasındaki dalgaboyu farkının sayısını temsil eder. IUPAC'a göre sıra n ile gösterilir. Şayet $n=1$ ise fark bir dalgaboyu olup kırınımın birinci mertebeden (sıradan) ve şayet $n=2$ ise kırınım ikinci mertebeden olduğu söylenir. Ve bu böyle devam eder gider (Şahin ve Demir 2013).

2.3. XRF Analizi

İyi bir analiz, iyi hazırlanmış bir numune ve iyi alınmış ölçümlerle başlar. Numune ölçüldükten sonra analiz edilir. Bu iki basamakta yapılır, nitelik analizi sayısal analiz takip eder. Nitelik analizi; spektrumdaki net şiddetleri ve hangi elementlerin bulunduğunu gösterir. Bütün alışlagelmiş durumlarda yalnız numunede bilinen elementlerin net şiddetlerinin tanımlanması gerekir. Bu net şiddetler miktar analizinde, var olan elementlerin konsantrasyonu hesaplamak için kullanılır (Tuzluca 2007). Kimyasal analizcilerin çalışmalarında X-ışını flöresans spektrometri çok önemli bir yer tutmaktadır. Her bir elementin yayınladığı X-ışınları enerji itibarı ile bir diğerinkinden farklıdır. Bu fark insanlardaki parmak izine benzer. Bu farklılıktan istifadeyle analizler yapılabilir.

Bir maddenin içindeki bileşik miktarını değil bileşiğin ne olduğunu tanımlamaya yönelik yapılan analize kalitatif (nitel) analiz denir. Analiz yöntemi maddelere farklı açılarda X-ışını gönderilmesi ve ışınların belirli şartları sağlayan düzlemlerden yansması ilkesine dayanır. Kantitatif (nicel) analiz ise maddenin bileşenlerinin miktarını veya oranını belirlemede kullanılan tekniktir. Maddenin geçmişi ve içeriği hakkında bilgi veren bu analiz tıbbi araştırmalarda da destek amaçlı kullanılmaktadır.

2.4. Yapı Malzemelerin Sınıflandırılması

Malzemelerin özellikleri, kimyasal yapılarına ve onları oluşturan atom ve moleküllerin yapısal özelliklerine bağlıdır. Bu yapısal oluşumlarda değişik üretim metotları ile değiştirilebilmektedir. Örneğin, aynı yapıya sahip malzemelerin çok farklı özellikleri olabilmektedir. Böylelikle gün geçtikçe ortaya farklı ve çok sayıda malzeme ortaya çıkmaktadır. Ancak yapı malzemelerini çeşitli gruplar altında incelemek mümkündür. Bu malzemeler; kullanım yer ve amacına göre, şekil değişimine göre, bünyeleri bakımına göre gruplandırılarak analiz edilmektedir.

2.4.1. Kullanış yer ve amacına göre gruplandırma

2.4.1.a. Taşıyıcı malzemeler (Esas malzemeler)

Fiziksel, kimyasal özellikleri kullanım amacına uygun olan ve mekanik özellikleri yüksek yapının yükünü taşıyan, çatı, döşeme, kiriş, kolon, duvar, temel gibi ana bölümlerinin yapımında kullanılan yapı malzemesine “taşıyıcı malzeme” veya “esas malzeme” denir. Bu gruba giren belli başlı malzemeler arasında beton, tuğla, ahşap, çelik, tabii ve suni taşlar vb. sayılabilir (Şimşek 2003).

1. Ahşap

Canlı bir organizma olan ağaçtan elde edilen organik esaslı, lifli, heterojen ve anizotrop yapı malzemesine ahşap denir. En eski yapı malzemelerinden biridir. Ahşap malzemesi bugün kapı ve pencere doğramalarında, ahşap çatı makaslarında, betonarme inşaat kalıplarında, mobilyacılıkta kullanılmaktadır. Ahşap yapı malzemesi çok değişik ve çok sayıda ağaç türünden elde edilmektedir. Bunlara örnek olarak; çam, meşe, ceviz, selvi, sedir ve kavağı verebiliriz. Ahşap, hafif yapıya sahip, depreme dayanıklı, beton ve çelikten çok daha uzun ömürlüdür. Bakımı beton ve çelikten daha kolay olup insan metabolizmasına en uygun yapıdır. Bugün ahşabın atıkları ve artıkları yanında tomrukların soyulmasıyla elde edilen lifler farklı işlemlerden geçerek farklı isimler altında yeni bir malzeme olarak üretilmektedir. Bunlar yonga ve lifli, yönlendirilmiş şerit levhalar (sunta, kontrplak, heraklit, MDF vb.) olarak sıralaya biliriz.



Şekil 2.5. Ahşap kullanımına ait bir görüntü

2. Tuğlalar

Kum içeren killi toprağın su ile harmanlanıp kalıplarda şekillendirildikten sonra ocaklarda yüksek sıcaklıkta pişirilmesiyle elde edilen yapı malzemesidir. İçi dolu veya kısmen boş dikdörtgen biçimindedirler. Yapı malzemesi olarak kullanılma nedenleri arasında, uygun yerlerde üretimi, birim ağırlığının düşüklüğü, ısı iletim azlığı, yalıtımlılığı, boyut, şekillerin standart oluşu ve örülme kolaylığı sayılabilir. Genel olarak imalat şekillerine göre el tuğlası (harman) ve fabrika tuğlası olmak üzere ikiye ayrılır.

2.4.1.b. Detay malzemeler

Yapıda kullanılan ve fonksiyonu açısından esas malzeme grubunun dışında kalan, yapıyı dış etkilere koruyan ve dekoratif bir özellik sağlayan malzemeye “detay malzeme” denir. Bu malzemeler dış etkilere karşı (su, kimyasal madde vb.) dayanıklı olmalıdır. Bu sınıfa giren yapı malzemeler arasında cam, boya, kiremit, alçı işleri, kaplama gibi malzemeler gösterilebilir.

1. İnşaat boyaaları

Bir yüzeye uygulandığında, dekoratif ve koruyucu bir tabaka oluşturan malzemelere boya denir. Renkli bir sıvı bileşimi olan boyalar, ana maddeleri organik, metalik veya plastik esaslı pigment, bağlayıcı ve incelticilerden meydana gelir. İnşaat sektöründe, malzeme yüzeylerini koruma, süsleme ve aydınlatma amaçlı kullanılır. İnşaatlarda kullanılan boya sistemlerinin esas özelliği, bağlayıcı adı verilen madde tayin eder. Genel olarak boyalarda örtücü olarak kullanılan malzemeler, beyaz pigmentlerdir. Bu pigmentler, beyaz ve beyazın tonları şeklinde olurlar. Pigment olarak çinko oksidi, çinko sülfür, kurşun karbonat, kurşun sülfat, antimon oksit ve titan dioksit ya da bunların karışımı kullanılır.

2. Isı yalıtım malzemeleri (Kaplama malzemesi)

Ülkemizin gelişmesine paralel olarak enerji tüketiminde de artış söz konusudur. Dünyada çok çeşitli enerji kaynakları mevcuttur. Bu kaynakların başında fosil kaynaklar gelmektedir. Fakat dünyamızdaki fosil enerji kaynakları her geçen gün azalmaktadır. Bunun bilincinde olan insanlar enerjiyi daha az kullanmak amacıyla çeşitli arayışlar içine girmişlerdir. Bu arayış her sektörde olduğu gibi inşaat sektöründe de kendini göstermektedir. Mevsim şartlarına göre; binayı ısıtmak veya soğutmak için sağlanan soğuk ya da sıcak havanın dışarıya kaçmasını/girmesini önleyerek ısı ekonomisi ve ısı konfor sağlama işlemine ısı yalıtımı denir. Bunu sağlayan malzemelere ise ısı yalıtım malzemesi adı verilmektedir. Bunlara örnek ise camyünü, taşıyünü, cam köpüğü ve fenol köpüğü verilebilir.



Şekil 2.6. Isı yalıtımına ait bir görüntü

2.4.2. Şekil değişimine göre gruplandırma

Yapı malzemeleri, belirli kuvvetlerin etkisi altında şekil değişikliği gösterirler. Genellikle bu yapı malzemeleri, taşıyıcılık özelliği gösteren yapı malzemeleridir. Şekil değiştirmeye (deformasyonlara) göre yapı malzemeleri üç alt başlık altında incelenir.

2.4.2.a. Elastik malzemeler

Taşıdığı yükün etkisi altında şekil değiştirip yük etkisi kalktığında ilk halini alan yapı malzemeleridir. Yapıda bu malzemeler çok fazla kullanılmamakla birlikte en iyi elastik malzemeyi temsil eden eleman ise yaylardır. Ayrıca lastik ve sünger de elastik malzemelere örnek verilebilir.

2.4.2.b. Plastik malzemeler

Karşılaştığı yük etkisi altında şekil değiştirip, yükün etkisi kalktığında ilk halini alamayan yapı malzemeleridir. Bu grup malzemelere en iyi örnek olarak kil ve uygun

kesitte olmayan ahşap kirişler, belirli yükün altında kalmış betonarme çelikleri verebiliriz.

2.4.2.c. Elastoplastik malzemeler

Bu tip malzemeler yükün derecesine bağlı olarak hem elastik, hem de plastik davranış gösterirler. Yük etkisi altında şekil değiştirip yük etkisi kalktığında kısmen ilk halini alan veya ilk haline yaklaşan yapı malzemeleri olarak adlandırılır. Bu gruba giren malzemelere ise çelik, ahşap ve betonu örnek verebiliriz. Yapılarda ise genellikle bu elastoplastik malzemeler tercih edilmektedir.

2.4.3. Bünyeleri bakımından gruplandırma

Fiziksel ve kimyasal yapıları açısından malzemeleri ayrı ayrı gruplandırmak olanaklıdır.

2.4.3.a. Fiziksel bünye bakımından malzemeler

Yapı malzemeleri fiziksel bünye bakımından homojen, heterojen, izotrop ve anizotrop olarak dört gruba ayrılmıştır.

1. Homojen: Bir yapı malzemesinin, aynı cins ve karakterdeki elemanlardan oluşmasıdır. Homojen malzemeye en iyi örnek tuğla ve kiremit gösterilebilir.

2. Heterojen: Bir yapı malzemesinin, değişik cins ve karakterdeki elemanlardan oluşmasıdır. Buna en iyi örnek betonarme ve beton verilebilir. Betonun ne kadar homojen olması istense de genel olarak heterojen bir yapı gösterir.

3. İzotrop: Bir yapı malzemesinin, bir noktasındaki özelliklerinin yönlerle bağlı olması ve değişmemesidir. Buna örnek olarak çeliği verebiliriz.

4. Anizotrop: Bir yapı malzemesinin bir noktasındaki özelliklerinin yönlerle bağlı olması ve değişebilmesidir. Buna en iyi örnek ahşap verilebilir.

2.4.3.b. Kimyasal bünye bakımından malzemeler

Yapı malzemelerini kimyasal bünye bakımından metaller, seramikler, polimerler ve kompozitler olarak dört gruba ayırmak mümkündür.

1. Metaller: Elektron vererek metal bağı ile bağlanan, ısı ve elektriği iyi ileten elementlere metal denir. Metallerin alaşımları, yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Betonarme çeliği, kapı, pencere kol ve menteşeleri, çivi gibi metal malzemeler yapılarda kullanılmaktadır.

2. Seramikler: Metal olan ve olmayan elementlerin iyon veya hem iyon hem kovalent bağlarla birleşmeleri ile meydana gelen malzemelere seramik adı verilir. Bunların serbest elektronları olmadığı için bu malzemeler iletken değildir. Yapı malzemesi olarak tuğla, kiremit, fayans, cam ve döşeme seramikler örnek verilebilir.

3. Polimerler: Kovalent bağlarla bağlanıp, elektronları ortaklaşa kullanan zincir şeklinde moleküller meydana getirerek oluşan organik veya sentetik malzemelere polimer malzemeler denir. Bunlara örnek, plastik, kauçuk ve yapıştırıcıları verebiliriz.

a. Plastikler

Plastik ihtiyacı doğada karşılanacak bir şey değildir. Bazı kimyasal ve termik işlemler sonucunda elde edilen sentetik maddelere plastik denir. Yapılarına, elde ediliş ve özelliklerine göre çok çeşitlidirler. Plastikler istenilen şekilde kalıplanabilir ve şekil verilebilir malzemelerdir. 1930-1940 yıllarında yapılan çalışmalarla plastik malzemeler günümüzde her alanda hızla kullanılmaya başlanmıştır. Plastikler yapı malzemesi olarak PVC, pis su, içme suyu ve yağmur suyu borularında kullanılır.

4. Kompozitler: Kimyasal olarak uyumlu olan, fakat fizikler ve mekanik olarak farklılık gösteren bazı teknik özelliklerini iyileştirmek amacıyla birden fazla yapı malzemesinin bir araya getirilmesiyle oluşturulan yeni malzemeye kompozit malzeme denir. Bunlar beton, ahşap, yonga levhalar (sunta), sıva harcı ve betonarme gibi malzemelerdir (Şimşek 2003).

a. Çimento (Sıva harcı)

Çimento, inşaatta kullanılan esas kimyasal maddeler grubunda yer almaktadır. Hidrolik bağlayıcı maddeler olup, su ile karıştırılıp hamur haline getirildikten sonra gerek havada gerekse su içinde yavaş sertleşerek suni taş haline dönüşür. Çimentonun ana maddeleri kalker, kil, alçı taşı ve silisli kumdur. Günümüzde en önemli yapı malzemesi olarak kullanılır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

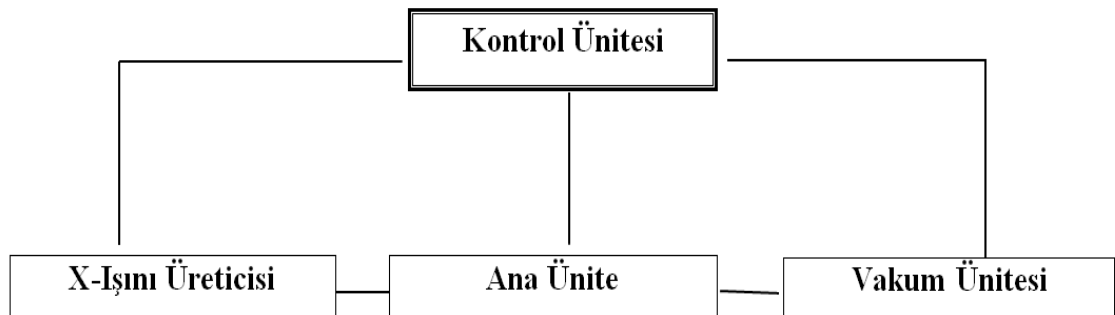
3.1. WDXRF Sistemi

Bu çalışmada Rigaku firması tarafından üretilen ZSX 1000e dalga boyu ayrımlı X-ışını flöresans cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. ZSX 1000e WDXRF cihazı

WDXRF cihazı dört kısımdan oluşmaktadır. Bunlar kontrol ünitesi, X-ışını üreticisi, ana ünite ve vakum ünitesi (Şekil 3.2).

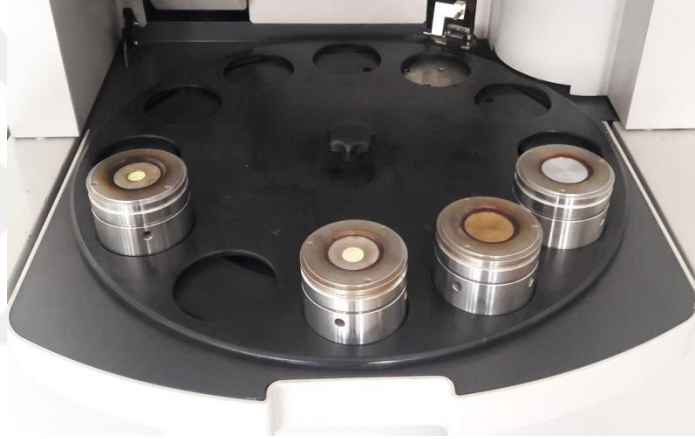


Şekil 3.2. WDXRF sistemin ana şeması

3.1.1. Ana ünite

Ana ünite, numune değıştirici, numune odası ve analiz odasından oluşur.

Numune değıştirici: Bu kısımda numuneleri art ardına analiz edebilmek için 12 numune değıştiricisi mevcuttur (Şekil 3.3). Kontrol ünitesinden verilen komuta göre sensor yardımıyla istenilen numaralı (1-12) numune, numune değıştiriciden otomatik olarak çağrılır.



Şekil 3.3. Numune değıştiricileri

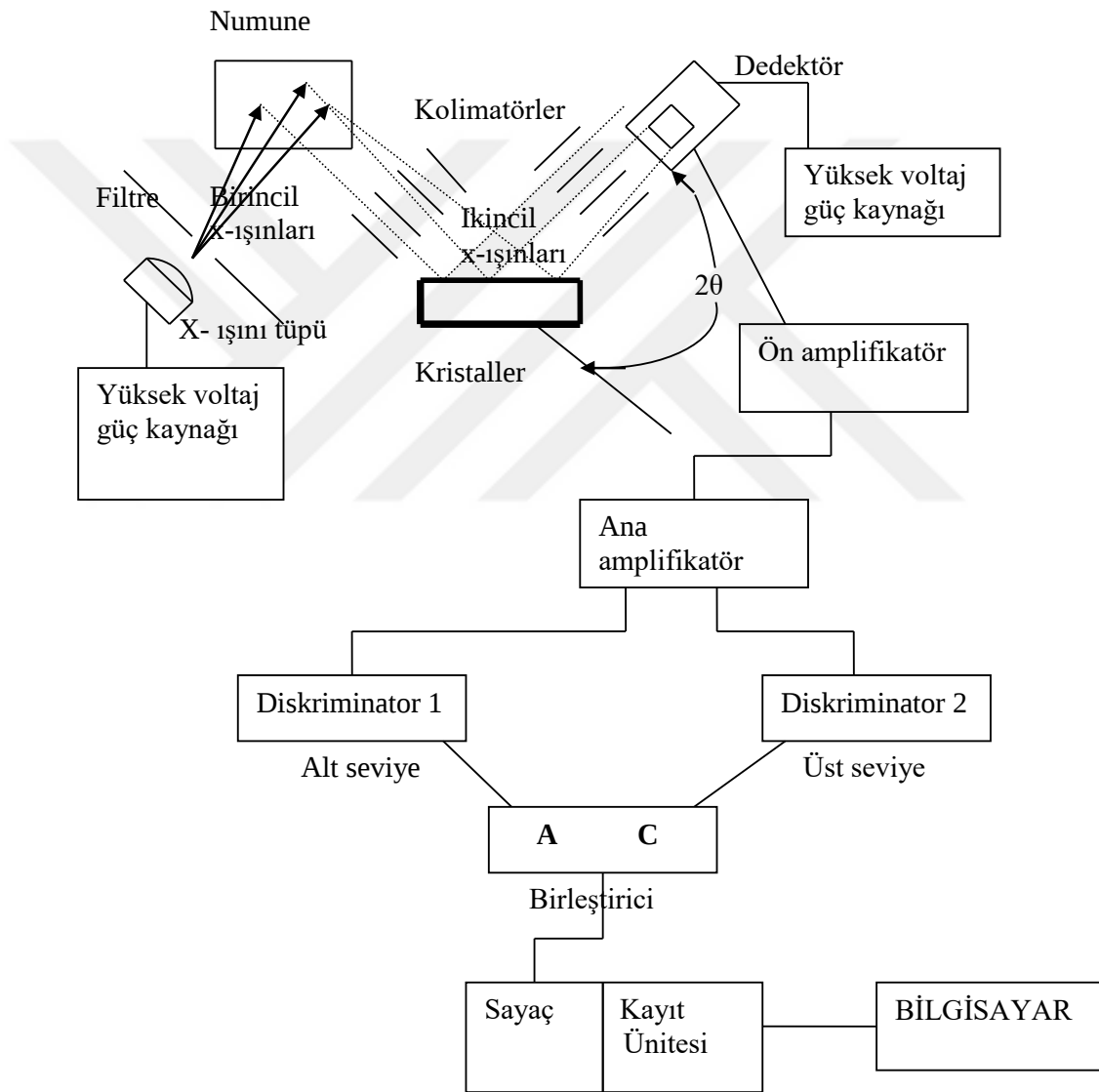
Numune odası: İki kısımdan oluşur; numune hazırlama odası ve analiz odası.

Numune hazırlama odası: Bu kısımda numuneleri analiz yapabilmek için vakumlama yapılır. Numune gerekli vakumlama sağlandıktan sonra analiz odasına gönderilir.

Analiz odası: Bu oda numuneyi, numune odasından uygun X-ışını ölçüm pozisyonuna getirir. Analizler genellikle vakum ortamında yapıldığından, analiz odası normal olarak vakumludur.

3.1.2. Spektroskopik oda

Spektroskopik odaya yerleştirilmiş optik sistem, flöresans X-ışınlarını saymak ve analiz etmek için kullanılır. Optik sistem; birincil filtre, diyafram, kolimatör, soğurucu (attenuator), kristal ve dedektörden oluşur (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. WDXRF sistemin şematik çizimi

3.1.2.a. Birincil (Primer) X-ışını filtresi

X-ışını tüpü ve numune arasına yerleştirilir ve tüpten gelen sürekli ve karakteristik X-ışınlarının süzülmesini sağlar. Aynı zamanda temel saymayı azaltmak için de kullanılır. Bu tür filtrelerin tip ve amaçları Çizelge 3.1’de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Kullanılan bazı filtreler ve özellikleri.

Filtre	Özellikleri
Zr	Rh hedef anot kullanıldığında, Rh’un K çizgilerini soğurur. Rh, Ru, Pd, Ag, Cd gibi elementlerin K çizgilerini kullanan analizler için etkindir.
Cu	Pb, As gibi eser elementlerin analizlerinde düşük temel sayma sağlar.
Ti	Cr hedef anot kullanıldığında, Cr’un K çizgilerini soğurur. Cr, Mn gibi elementlerin K çizgilerinde etkindir.
Al	Rh hedef anot kullanıldığında, Rh’un L çizgilerini soğurur. İnce numunelerde Cd-La’nın analizleri için etkindir.

3.1.2.b. Diyafram

Bu mekanizma, sadece numuneden sayaca gelen X-ışınlarını saymak ve numune tutucu ve diğer kısımlardan gelen X-ışınlarını engellemek amacıyla yerleştirilmiştir. Farklı X-ışını tüpleri (Kenar pencere ve uçtan pencere) için farklı çaplarda hazırlanmıştır (0,5; 1,3; 10; 20; 25; 30; 35 mm).

3.1.2.c. Kolimatör

Numuneden gelen floresans X-ışınlarını paralel şua haline getirmek için kullanılır. Kolimatör tipi (yarık tipi) değiştirilerek spektral çizgiler için açısal rezolüsyon değiştirilebilir. Spektral çizgiler üst-üste bindiği zaman yüksek rezolüsyonlu (ince

yarıklı) bir kolimatör kullanılarak girişim azaltılabilir. Bu yarık tipleri ise Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kolimatörler ve özellikleri

Yarık (Kolimatör)	Özellikleri
Standart	Standart kolimatör
İnce	X-ışını şiddeti düşük fakat yüksek rezolüsyon elde edilir.
Ultra	Rezolüsyon düşük fakat yüksek X-ışını şiddetleri elde edilir.

3.1.2.d. Azaltıcı

Azaltıcılar, uyarma şartlarını değiştirmeksizin, sayaçta sayılan X-ışınlarını yaklaşık 1/10’a kadar azaltmak için kullanılan mekanizmalardır. X-ışınları çok yüksek sayımlı oldukları zaman, bu durumda çizgiler gerçek X-ışınları ile orantılı olmazlar. Buna sayma kayıpları denilmektedir. Sayma kayıplarına neden olmayan üst sayma limiti sintilasyon sayacı için 1000 kcps ve orantılı sayaç için 2000 kcps’tir. Şiddet bunlardan yüksek olursa, şiddet ile sayım arasındaki lineerlik azaltıcı kullanılarak sağlanabilir.

3.1.2.e. Kristaller

X-ışını spektroskopide kullanılan kristaller analiz kristali (analizleyici kristal) olarak adlandırılır. WDXRF spektrometrelerde, kristal dedektör ve numune arasına yerleştirilir. Kristal ve dedektör, flöresans X-ışınlarını ölçmek için Bragg formülüne göre hareket ettirilir. Ağır elementten yapılmış tabakalar bir yansıtıcı tabaka ve hafif elementler ise bir ayarlayıcı (spacer) gibi davranır. Bunlara suni çok tabakalılar (multy layers) adı verilir. Bunlar bir analiz kristali gibi davranırlar. Bu “kristaller” tek (single) kristalle Bragg kırınımının sağlanamadığı çok uzun dalga boyu aralığında analiz bileşeni olarak kullanılırlar. Bu tür suni tabakalılar başlıca oksijenden daha hafif elementlerin analizi için kullanılırlar. Spektrometrede kullanılan kristaller ve özellikleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Bazı analizleyici kristallerin özellikleri

Kristal	Materyal	2d (kristal aralığı) (nm)	Sayılan fotonun dalga boyu (nm)	Sayılabilen elementler			Verim
				<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	
LİF (420)	Lityumflorit	0,180		Ni-U			Yüksek
LİF (220)	Lityumflorit	0,285	<0,244	V-Ta	Ce-U		Yüksek
LİF (200)	Lityumflorit	0,402	<0,345	K-La	Cs-U		Yüksek
Ge (111)	Germanyum	0,653	<0,628	Ca-P			Orta
PET (002)	Pentaerythrite	0,874	<0,842	Si-Mn	Sr-Tb	Ta-U	
TAP(100)	T. acid phthalate	2,575	<2,47	F-Na	Mn-Nb	La-Hg	Yüksek
RX35	Multilayer		<5,28	Mg-O			
RX40	Multilayer		<7,69	N			
RX60	Multilayer		<15,3	C			
RX70	Multilayer		<15,3	Be			
RX80	Multilayer		<19,2	B			
RX90	Multilayer		<15,3	B			

Bir analizleyici kristalin tabloda verilenler dışında önemli özellikleri spektral rezolüsyonu, yansıtıcılığı, kararlılığı, termal genişleme katsayısı ve spektral aralığıdır.

3.1.3. Dedektörler

Bir dedektör, foton enerjisini elektriksel pulsuna dönüştüren sistemdir. Sayma sistemi olarak gazlı dedektörler, sintilasyon dedektörleri ve yarı iletken dedektörler kullanılır. WDXRF sistemimizde, gaz akışlı orantılı dedektör ve sintilasyon dedektörü kullanılmaktadır. Kristal ve dedektör dalga boyu aralığına göre seçilir. Mesela LİF kristalinde X-ışınları, hem PC hem de SC ile eşzamanlı olarak sayılabilir. Bu metot tandem olarak adlandırılmaktadır. PC, belli bir akış hızıyla akan bir dedektör gazı ile

kullanılır. Gaz akış hızı analizden önce akış ölçer ile ayarlanır ve 30 dakikada kararlı hale gelir.

Çizelge 3.4. Gaz akışlı (PC) ve Sintilasyon (SC) dedektör için dalga boyu ölçüm aralığı

Sayaç	Sayaç Aralığı
SC	0,336 nm'den daha kısa dalga boyları için
PC	0,154 nm'den daha uzun dalga boyları için

3.1.3.a. Gaz akışlı orantılı dedektörler

Yaklaşık 2-3 cm çapında bir silindir tüp ve tüp eksenini boyunca yerleştirilmiş 25-50 µm kalınlığında ince bir telden oluşmaktadır. Tüp metan (CH₄) veya %10 metan-%90 argon (veya He, Ne, Kr veya Xe) karışımı ile doldurulmuştur. Silindir tüp topraklanarak merkezi tele + 1800 V'luk bir gerilim uygulanır. Anot tel puls meydana getirici bir RC devresine bağlanmıştır. Dedektöre giren bir X-ışını fotonu iyon çiftleri (pozitif Ar iyonu ve elektron, $Ar \rightarrow Ar^+ + e^-$) meydana getirir. Bu tip dedektörlerde bir iyon çifti meydana getirmek için gerekli ortalama enerji $\epsilon = 20-30$ eV'tur (Xe için ~20 eV ve He için ~30 eV). Böylece E enerjili fotonlar tarafından meydana getirilen iyon çifti sayısı,

$$n = E / \epsilon \quad (3.1)$$

ile verilir.

Bu tür dedektörler için teorik rezolüsyon (FWHM)

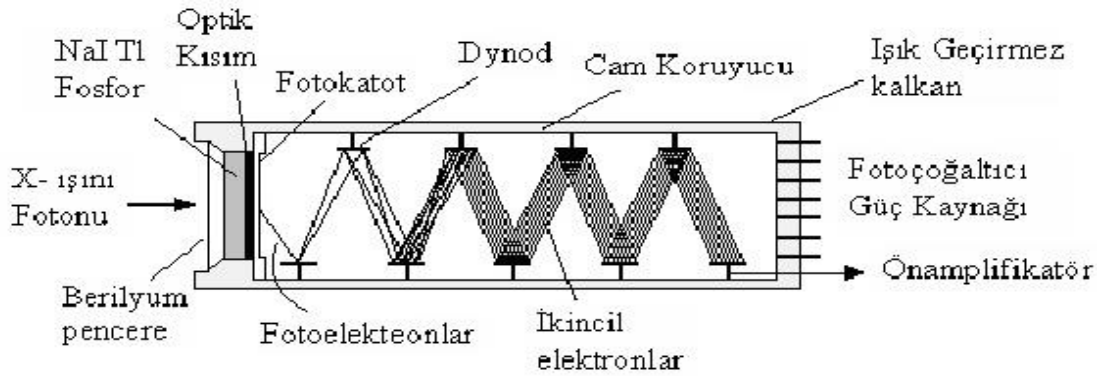
$$R_t = 38,3 / E^{1/2} \quad (3.2)$$

ifadesi ile verilir. Bu dedektörler uzun dalga boylarındaki ölçümler için ideal olmasına rağmen 1,5 Å'den daha küçük dalga boyları için fazla hassas değildirler.

Orantılı dedektörlerin ilkinde gaz sürekli olarak dolup boşanırken ikincisinde statik olması dışında bu iki dedektör aynı yapıya sahiptirler. Bu dedektörler yaklaşık 2-3 cm çapında bir silindirik tüp (katot tüp) ve tüp eksenine boyunca yerleştirilmiş 20-100 mm kalınlığında ince W telden (anot) oluşur.

3.1.3.b. NaI(Tl) sintilasyon dedektörleri

Bu dedektörler iki kısımdan meydana gelir; sintilatör (fosfor) ve foto-katlandırıcı. X-ışını fotonları NaI(Tl) üzerine düştüğü zaman mavi ışık fotonları meydana gelir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Sintilasyon dedektörü

Meydana gelen ışık fotonlarının sayısı gelen X-ışını fotonlarının enerjisine bağlıdır. Bu ışık fotonları, fotokatotla etkileşerek buradan elektronlar yayınlanmasına sebep olurlar. Elektronların sayısı seri elektrotlar (dynod) tarafından lineer olarak artırılır. Fotokatlandırıcılar tarafından meydana getirilen akım gazlı dedektörlerdeki gibi voltaj pulsuna dönüştürülür. Bu dedektörlerde bir ışık fotonunu pulsa dönüştürmek için gerekli enerji ~ 100 eV'tur. Bu sebeple sintilasyon dedektörlerinin rezolüsyonu gazlı dedektörlere kıyasla yaklaşık 4 kat daha kötüdür. E enerjili fotonlar için sintilasyon dedektörünün teorik rezolüsyonu,

$$R_t = 128 / E^{1/2} \quad (3.3)$$

ile verilir.

3.2. Numune Hazırlanma Metotları

X-ışınları flöresans sisteminde, örnek hazırlama en hassas kısımdır. Uygun bir yöntem ile örnek hazırlamakla, analiz sonuçları doğru, hassas ve güvenilir mertebelerde elde edilir. Aksi halde istenilen koşullarda hazırlanmamış örneklerin sistemdeki ölçümleri de hatalı olacaktır. Genellikle X-ışınları flöresans spektrometrelerinde katı ve sıvı örneklerin analizi yapılır. Örneklerde, analizi istenen elemente göre uygun bir hazırlama yöntemi kullanılır. Örnek içerisindeki elementlerin miktarları, standart örnekler ile karşılaştırılarak belirlenir. Dedeksiyon miktarı analizi istenen elemente göre % ve ppm aralığında değişmektedir.

İncelenecek numunenin hazırlanma tekniği ölçüm sonuçlarını etkileyeceğinden önem arz etmektedir. Analiz edilecek numuneye göre hazırlama tekniği değişmektedir. Yedi ayrı numune tipi söz konusudur (Bertin 1975);

1. Katılar: Mineraller, demir, tahta parçası, tekstil ürünleri, lastik, kauçuk, levha, metal, seramik, cam, plastik, transistör bileşikleri,...
2. Küçük yapılar: tel, somun, çark, dişli,...
3. Tozlar
4. Briketler
5. Erimiş ürünler: potasyumprosülfat veya cam formlarının değişimi ile lityum veya sodyumtetraborat...
6. Yağlar ve çözeltiler
7. Katılaştırılmış numuneler: Filtre kâğıdında veya üzerinde, ince filmler, bitkiler.

En yaygın kullanılan numune hazırlama metodu tablet numune hazırlama metodudur. Tablet numune çok iyi öğütülmüş, elekten geçirilmiş toz numunelerin yüksek basınç altında baskılanması sonucunda elde edilen numunedir. Dayanıklı bir tablet numune elde etmek için selüloz, tutucu madde olarak kullanılabilir. Preslemeye geçmeden önce

numunenin belli bir süre selülozla karıştırıcıda karıştırılması gerekir. Tozun elenmesi de parçacık büyüklüğünün homojenliği bakımından önem arz eden bir husustur. Elemanın temiz yapılması her zaman için analiz sonuçlarını olumlu etkiler. Aynı parçacık büyüklüğüne sahip toz numunelerin saçılma etkilerinin daha az olduğu gözlemlenmiştir.

3.3. Numunelerin Hazırlanması ve İncelenmesi

Bu çalışmada 22 farklı numune kullanılmıştır. Numunelerin seçiminde çeşitliliğe önem verilmiş, seçim kriteri olarak bir yapının temel inşaat malzemeleri esas alınmıştır. Bu malzemeler; saten alçı, beyaz çimento, briket, derz dolgu, dış cephe boyası, duralit, fayans yapıştırıcısı, kerpiç, kil, kireç, laminant parke, MDF, mermer, PVC boru, sıva kumu, siyah çimento, tuğla, yağlı boya, ytong (gaz beton)'dur. Bu malzemeler piyasada bulunduğu şekilde temin edilmiştir. Yapının en önemli kısmını oluşturan betonun incelenmesi için de 28 günlük basınç dayanımları sırasıyla 32,5- 42,5- 52,5 MPa olan çimentolar kullanılmıştır (Çoban 2012). Kullanılan bu numunelerin bazıları kütle halinde olduğundan dolayı toz haline getirebilmek için numuneler değirmende öğütülmüştür. Numuneler öğütüldükten sonra presleme makinesiyle her numuneye eşit 5 ton basınç uygulanmıştır. Preslenmiş tüm numuneler çapı 1,3 cm olacak şekilde aynı formda hazırlanmıştır. Bu işlem oldukça düz bir yüzeyin oluşmasını sağlamakta dolayısıyla düzgün olmayan yüzeye sahip numunelerden kaynaklanan hataları minimize etmektedir. Tablet haline getirilen numunelerin kütleleri 10^{-5} gram hassasiyete sahip bir terazi ile tartılıp her bir numune kütlesi sabit 0,2 g alınmıştır. Sayma zamanı her bir numune için sabit 3600 s olarak ayarlanmıştır.

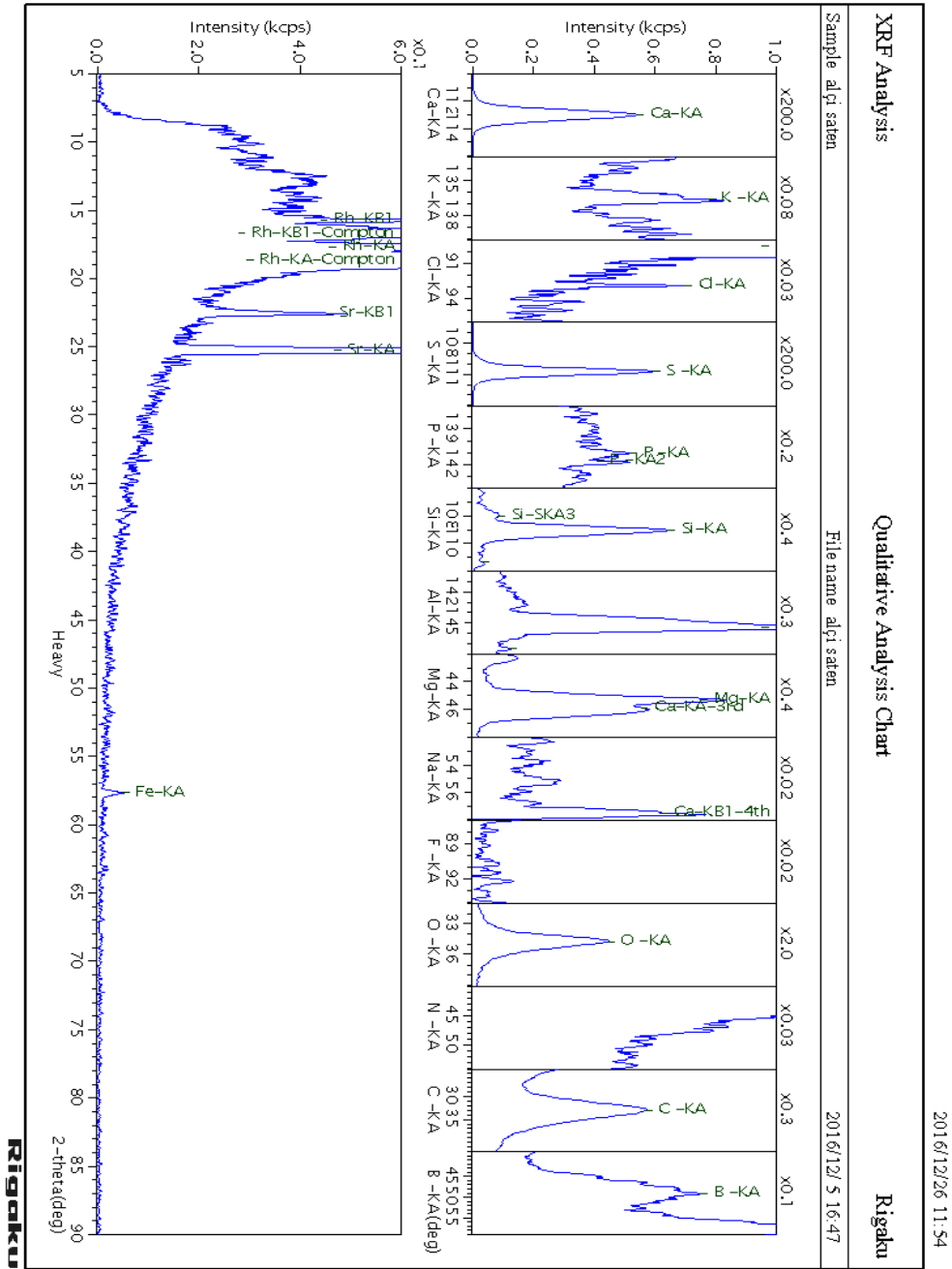
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. WDXRF Sisteminde Alınan Ölçümlerin Sonuçları ve Spektrumları

WDXRF sisteminde ölçülen 22 numunenin ölçüm sonuçları Çizelge 4.1-4.22’de, spektrumları ise Şekil 4.1- 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Alçı saten numunesinin analiz sonuçları

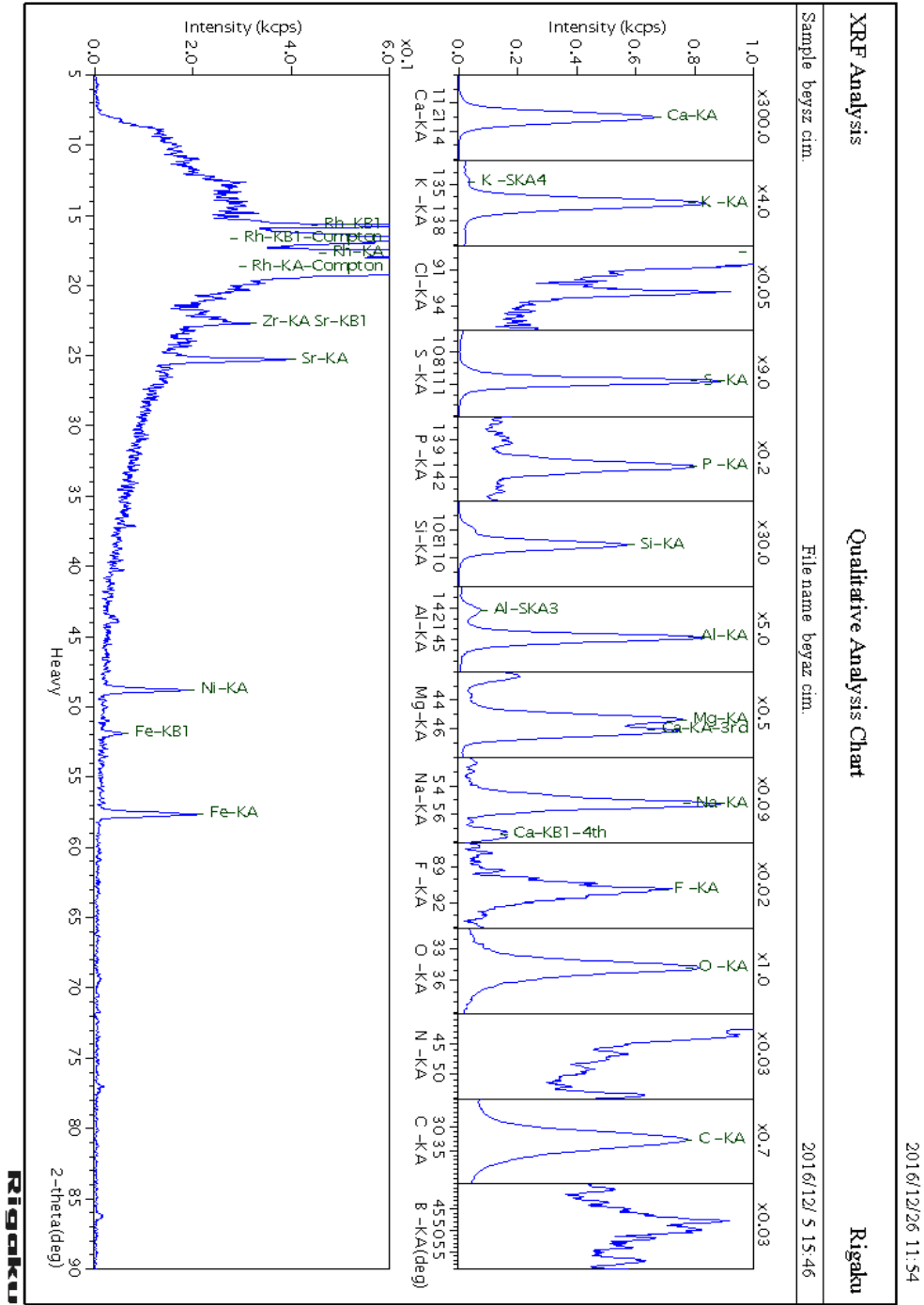
Saten Alçı			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
B	3,6258	B ₂ O ₃	11,5177
C	3,5213	CO ₂	11,9219
O	44,8974	-	-
Mg	0,5342	MgO	0,8138
Si	0,0885	SiO ₂	0,1722
P	0,0036	P ₂ O ₅	0,0074
S	18,9142	SO ₃	42,1338
Cl	0,0134	Cl	0,0116
K	0,0082	K ₂ O	0,0084
Ca	28,3481	CaO	33,3677
Fe	0,0133	Fe ₂ O ₃	0,0152
Sr	0,0320	SrO	0,0302



Şekil 4.1. Saten Alçı numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.2. Beyaz Çimento numunesinin analiz sonuçları

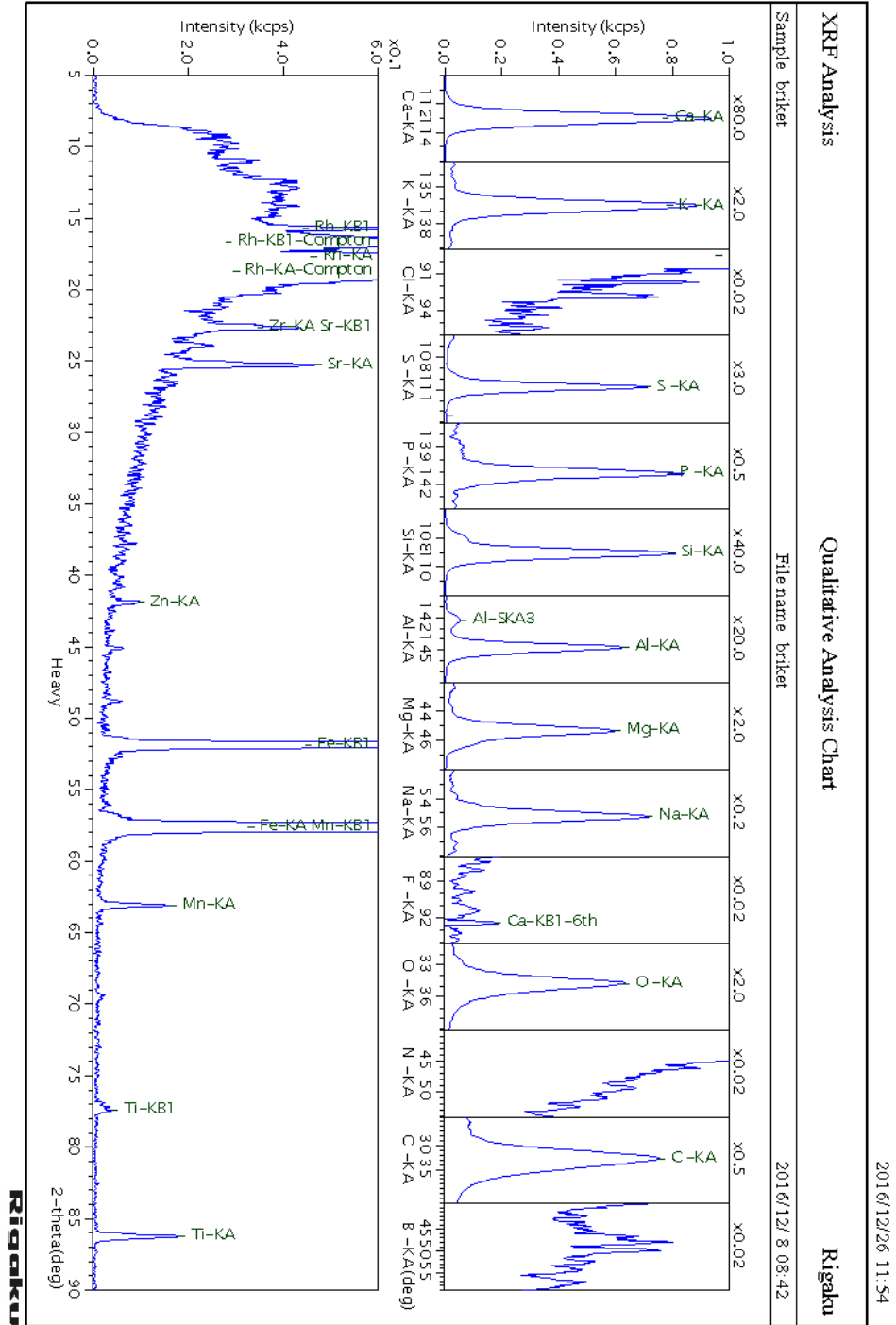
Beyaz Çimento			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
C	7,9402	CO ₂	28,6391
O	42,3127	-	-
F	1,5991	F	1,5538
Na	0,3266	Na ₂ O	0,4268
Mg	0,5722	MgO	0,9188
Al	1,3774	Al ₂ O ₃	2,5166
Si	5,7058	SiO ₂	11,7776
P	0,0167	P ₂ O ₅	0,0367
S	1,2106	SO ₃	2,8993
K	0,4600	K ₂ O	0,5285
Ca	38,3786	CaO	50,5771
Fe	0,0627	Fe ₂ O ₃	0,0826
Ni	0,0297	NiO	0,0348
Sr	0,0064	SrO	0,0070
Zr	0,0012	ZrO ₂	0,0015



Şekil 4.2. Beyaz Çimento numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.3. Briket numunesinin analiz sonuçları

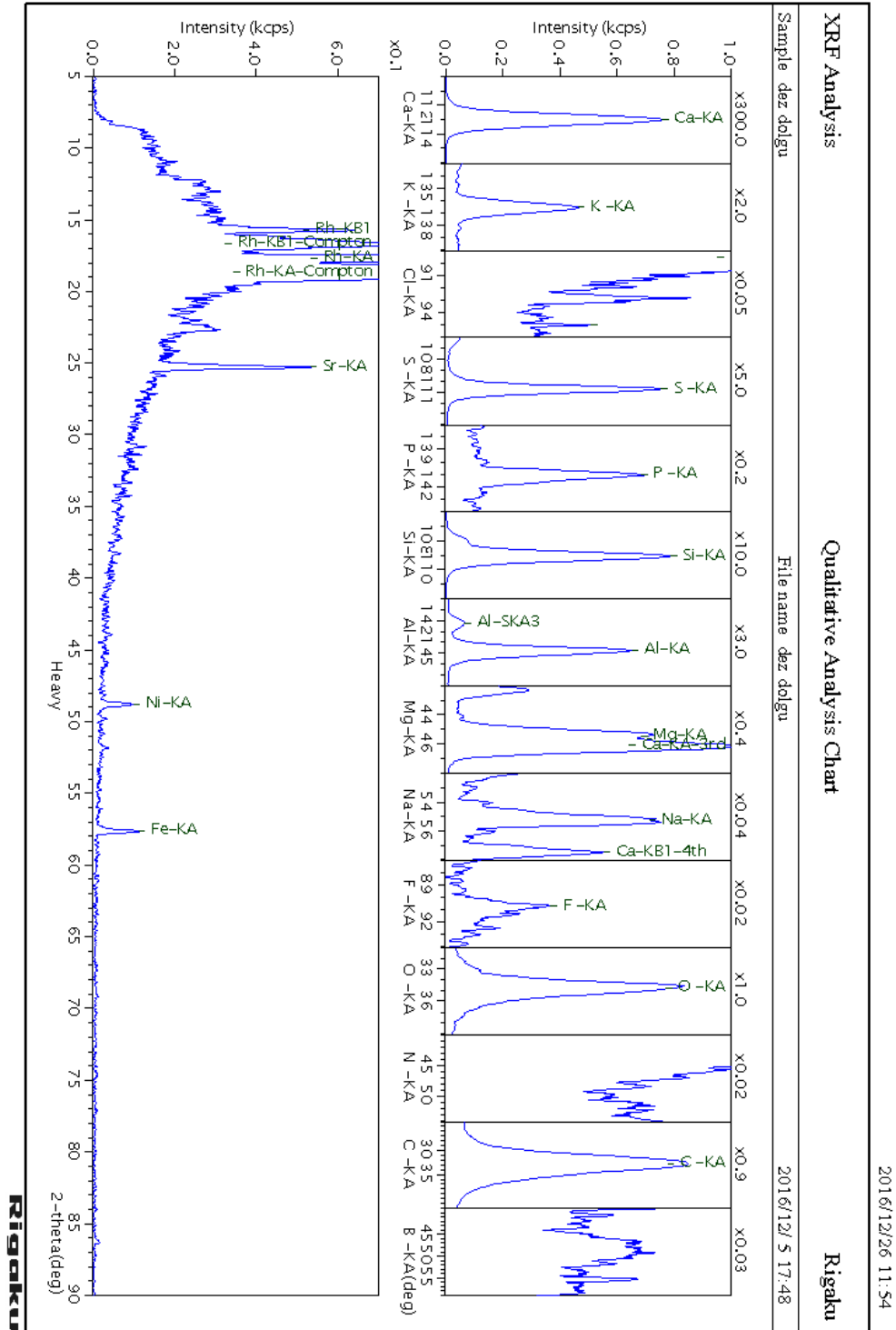
Briket			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
C	7,7439	CO ₂	28,3878
O	50,9633	-	-
Na	0,6269	Na ₂ O	0,8452
Mg	2,0292	MgO	3,3657
Al	4,8033	Al ₂ O ₃	9,0799
Si	13,8824	SiO ₂	29,7204
P	0,0748	P ₂ O ₅	0,1715
S	0,4769	SO ₃	1,1922
K	0,3418	K ₂ O	0,4123
Ca	16,6191	CaO	23,2870
Ti	0,2333	TiO ₂	0,3898
Mn	0,0557	MnO	0,0720
Fe	2,1376	Fe ₂ O ₃	3,0615
Zn	0,0040	ZnO	0,0049
Sr	0,0066	SrO	0,0079
Zr	0,0013	ZrO ₂	0,0018



Şekil 4.3. Briket numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.4. Derz Dolgu numunesinin analiz sonuçları

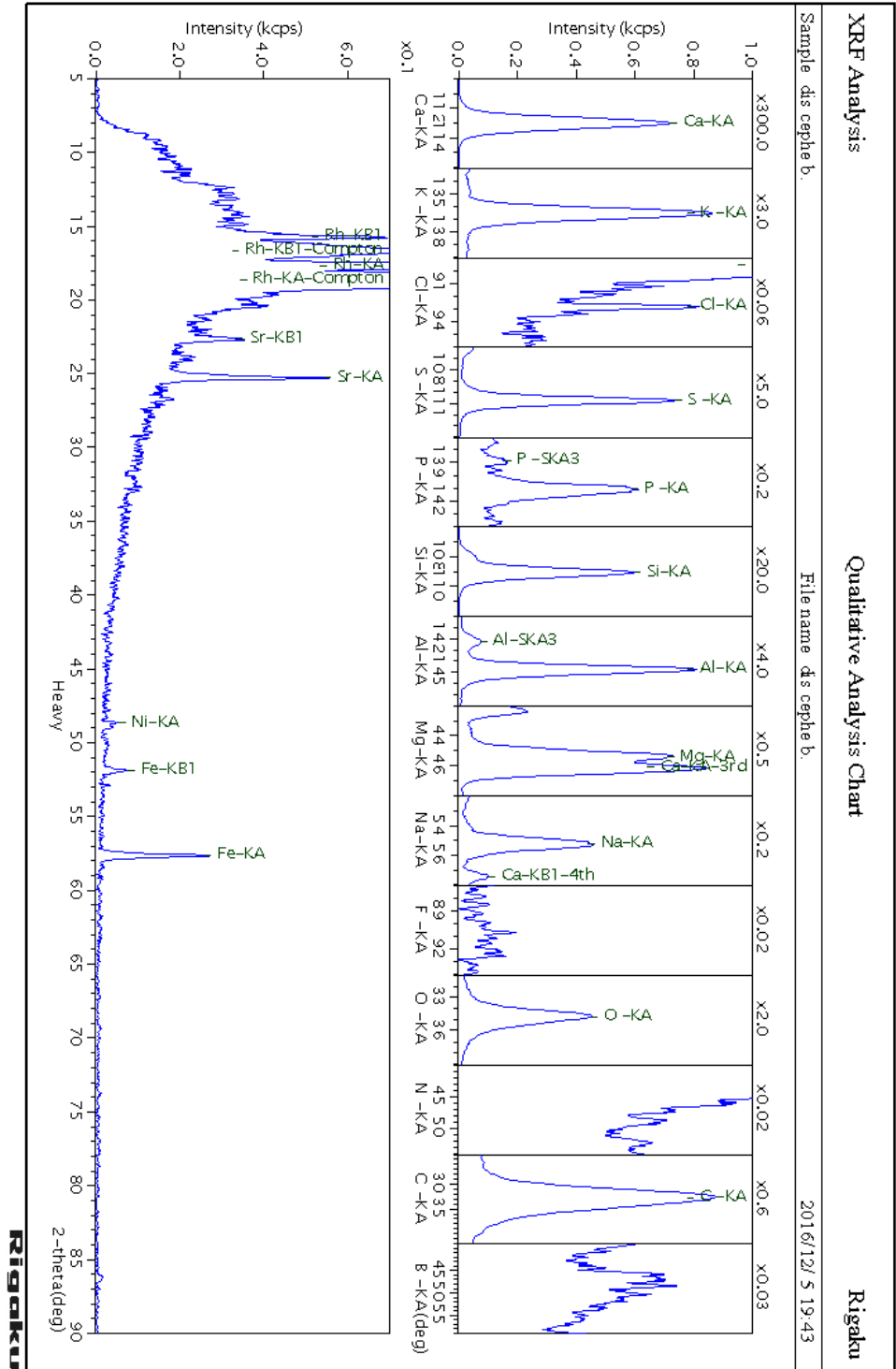
Derz Dolgu			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
C	10,8732	CO ₂	39,1142
O	44,1334	-	-
F	0,7403	F	0,7109
Na	0,1170	Na ₂ O	0,1511
Mg	0,4210	MgO	0,6681
Al	0,6374	Al ₂ O ₃	1,1513
Si	2,5564	SiO ₂	5,2186
P	0,0139	P ₂ O ₅	0,0302
S	0,5039	SO ₃	1,1950
K	0,1059	K ₂ O	0,1203
Ca	39,8423	CaO	51,5734
Fe	0,0328	Fe ₂ O ₃	0,0421
Ni	0,0133	NiO	0,0151
Sr	0,0093	SrO	0,0098



Şekil 4.4. Derz Dolgu numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.5. Dış Cephe Boyası numunesinin analiz sonuçları

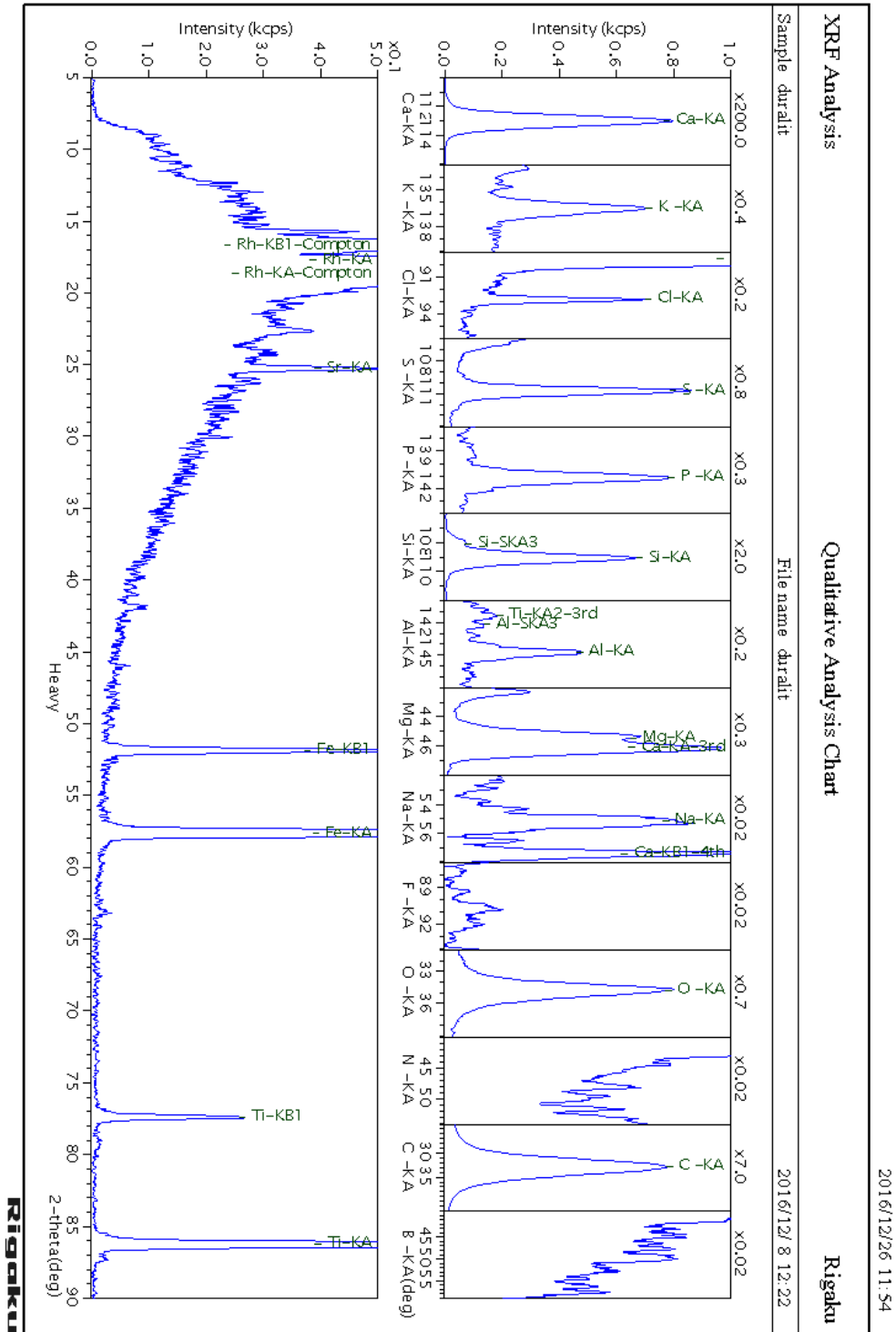
Dış Cephe Boyası			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
C	7,4692	CO ₂	27,7557
O	46,5655	-	-
Na	0,3714	Na ₂ O	0,5170
Mg	0,5427	MgO	0,9301
Al	1,0707	Al ₂ O ₃	2,0936
Si	3,9171	SiO ₂	8,6877
P	0,0121	P ₂ O ₅	0,0289
S	0,5179	SO ₃	1,3469
Cl	0,0219	Cl	0,0228
K	0,3230	K ₂ O	0,4075
Ca	39,0963	CaO	58,0703
Fe	0,0766	Fe ₂ O ₃	0,1189
Ni	0,0059	NiO	0,0082
Sr	0,0097	SrO	0,0125



Şekil 4.5. Dış Cephe Boyası numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.6. Duralit numunesinin analiz sonuçları

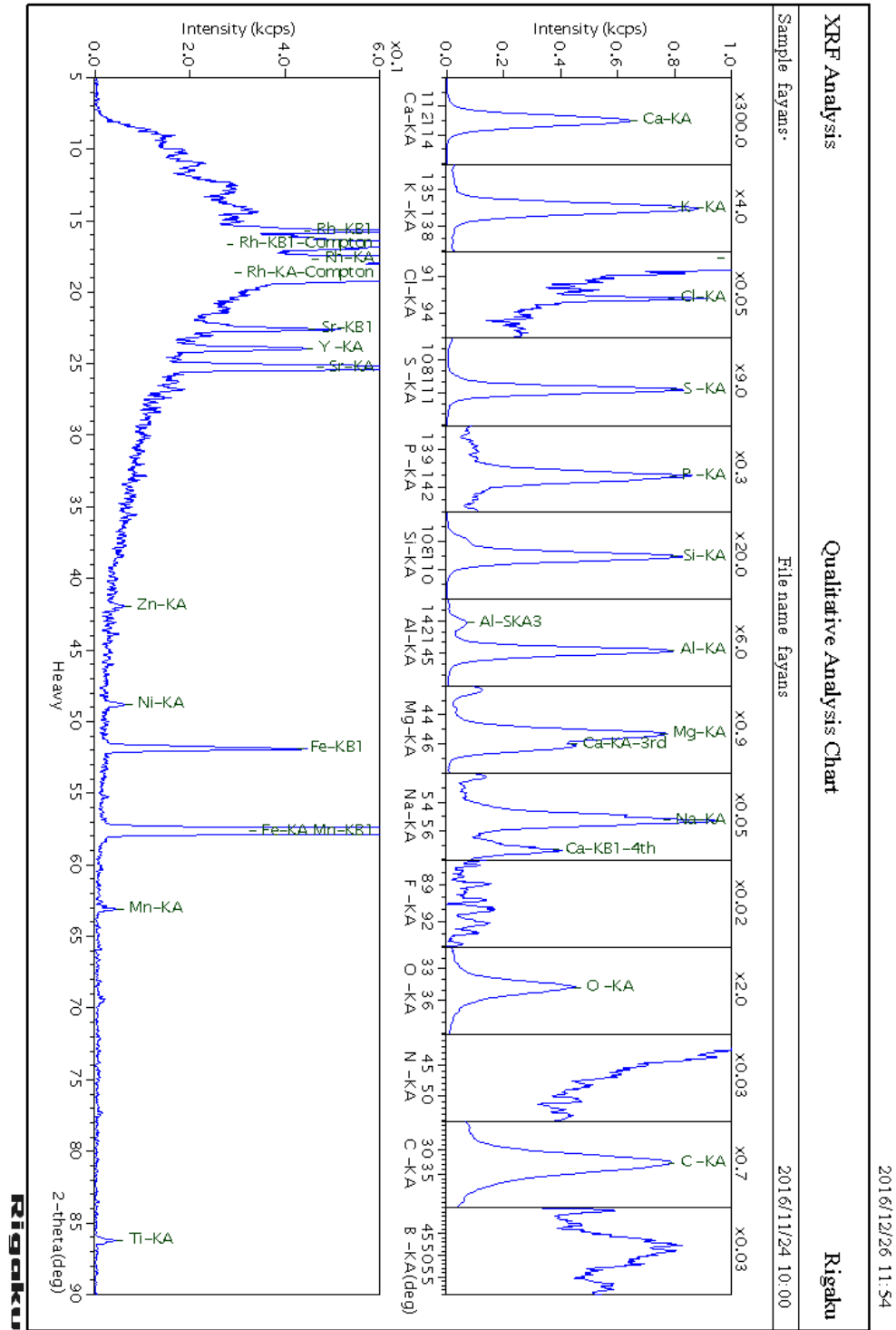
Duralit			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiğı	% Değeri
C	57,7816	CO ₂	93,8045
O	28,5039	-	-
Na	0,0427	Na ₂ O	0,0229
Mg	0,1858	MgO	0,1230
Al	0,0161	Al ₂ O ₃	0,0122
Si	0,2595	SiO ₂	0,2216
P	0,0135	P ₂ O ₅	0,0122
S	0,0493	SO ₃	0,0487
Cl	0,0433	Cl	0,0170
K	0,0135	K ₂ O	0,0062
Ca	11,9240	CaO	5,3687
Ti	0,7689	TiO ₂	0,2578
Fe	0,3958	Fe ₂ O ₃	0,1048
Sr	0,0019	SrO	0,0004



Şekil 4.6. Duralit numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.7. Fayans Yapıştırıcısı numunesinin analiz sonuçları

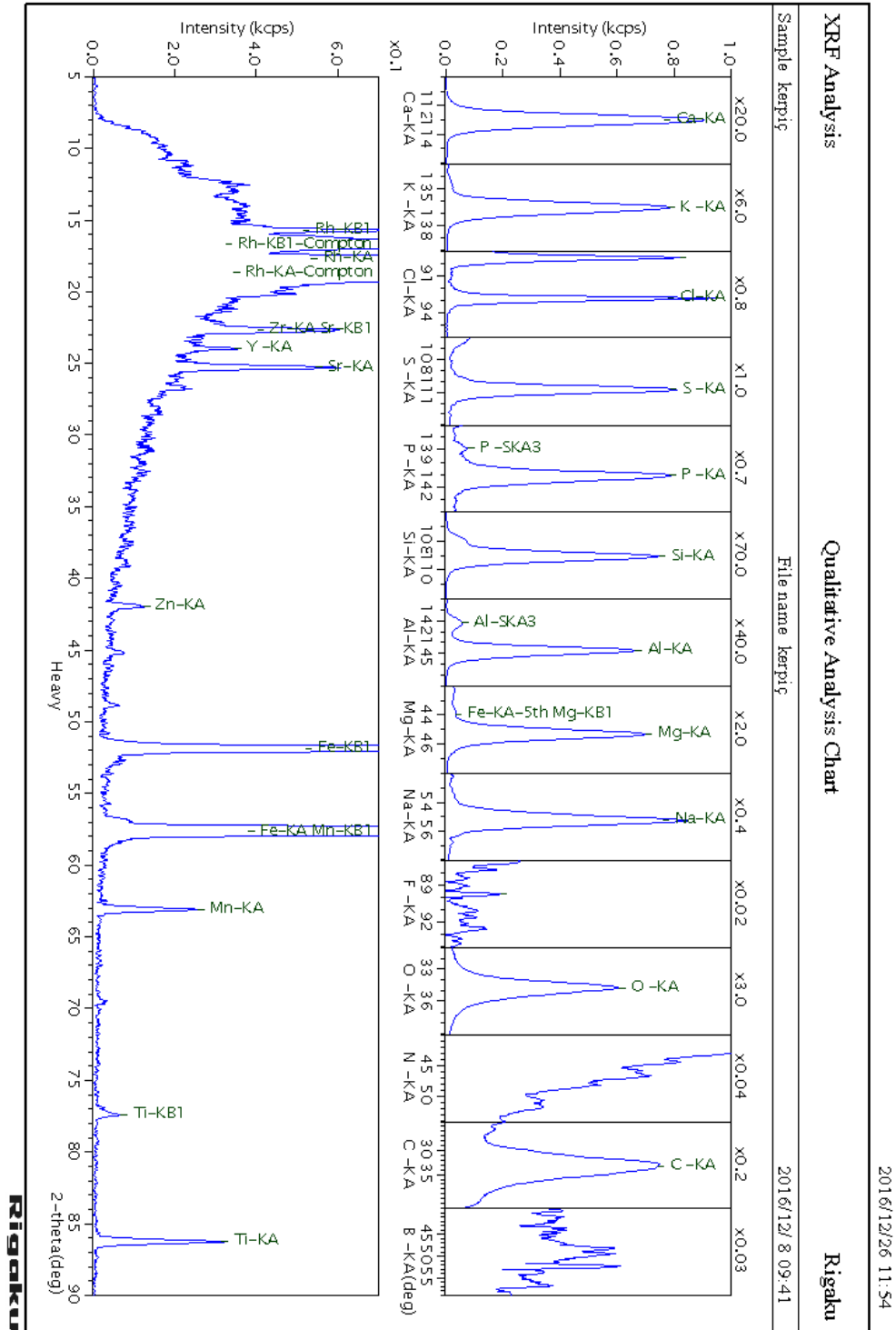
Fayans Yapıştırıcısı			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
C	8,0551	CO ₂	29,3107
O	44,7296	-	-
Na	0,1819	Na ₂ O	0,2419
Mg	1,0520	MgO	1,7201
Al	1,5679	Al ₂ O ₃	2,9193
Si	5,5162	SiO ₂	11,6164
P	0,0284	P ₂ O ₅	0,0640
S	1,1220	SO ₃	2,7508
Cl	0,0211	Cl	0,0207
K	0,4793	K ₂ O	0,5655
Ca	36,4661	CaO	49,7087
Ti	0,0741	TiO ₂	0,1193
Mn	0,0202	MnO	0,0251
Fe	0,6430	Fe ₂ O ₃	0,8869
Ni	0,0082	NiO	0,0100
Zn	0,0040	ZnO	0,0048
Sr	0,0253	SrO	0,0289
Y	0,0055	Y ₂ O ₃	0,0068



Şekil 4.7. Fayans yapıştırıcı numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.8. Kerpiç numunesinin analiz sonuçları

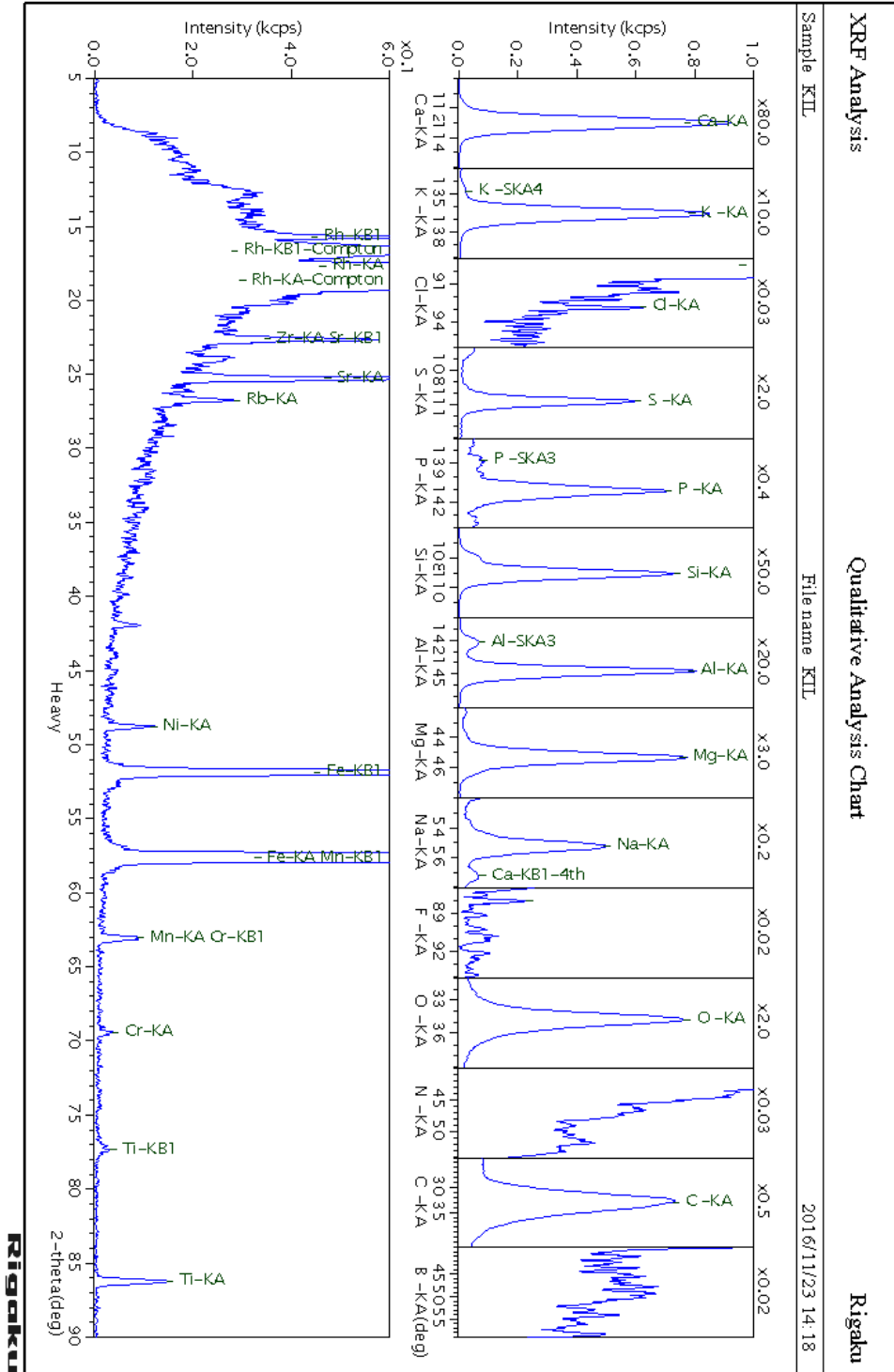
Kerpiç			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
C	3,0943	CO ₂	11,4561
O	50,4789	-	-
Na	1,3171	Na ₂ O	1,7885
Mg	2,1397	MgO	3,5771
Al	9,5414	Al ₂ O ₃	18,1987
Si	23,6359	SiO ₂	51,1698
P	0,1244	P ₂ O ₅	0,2896
S	0,2199	SO ₃	0,5577
Cl	1,0385	Cl	1,0551
K	1,1297	K ₂ O	1,3834
Ca	4,5677	CaO	6,5021
Ti	0,3227	TiO ₂	0,5485
Mn	0,0673	MnO	0,0886
Fe	2,3063	Fe ₂ O ₃	3,3641
Zn	0,0054	ZnO	0,0069
Sr	0,0067	SrO	0,0081
Y	0,0017	Y ₂ O ₃	0,0022
Zr	0,0025	ZrO ₂	0,0035



Şekil 4.8. Kerpiç numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.9. Kil numunesinin analiz sonuçları

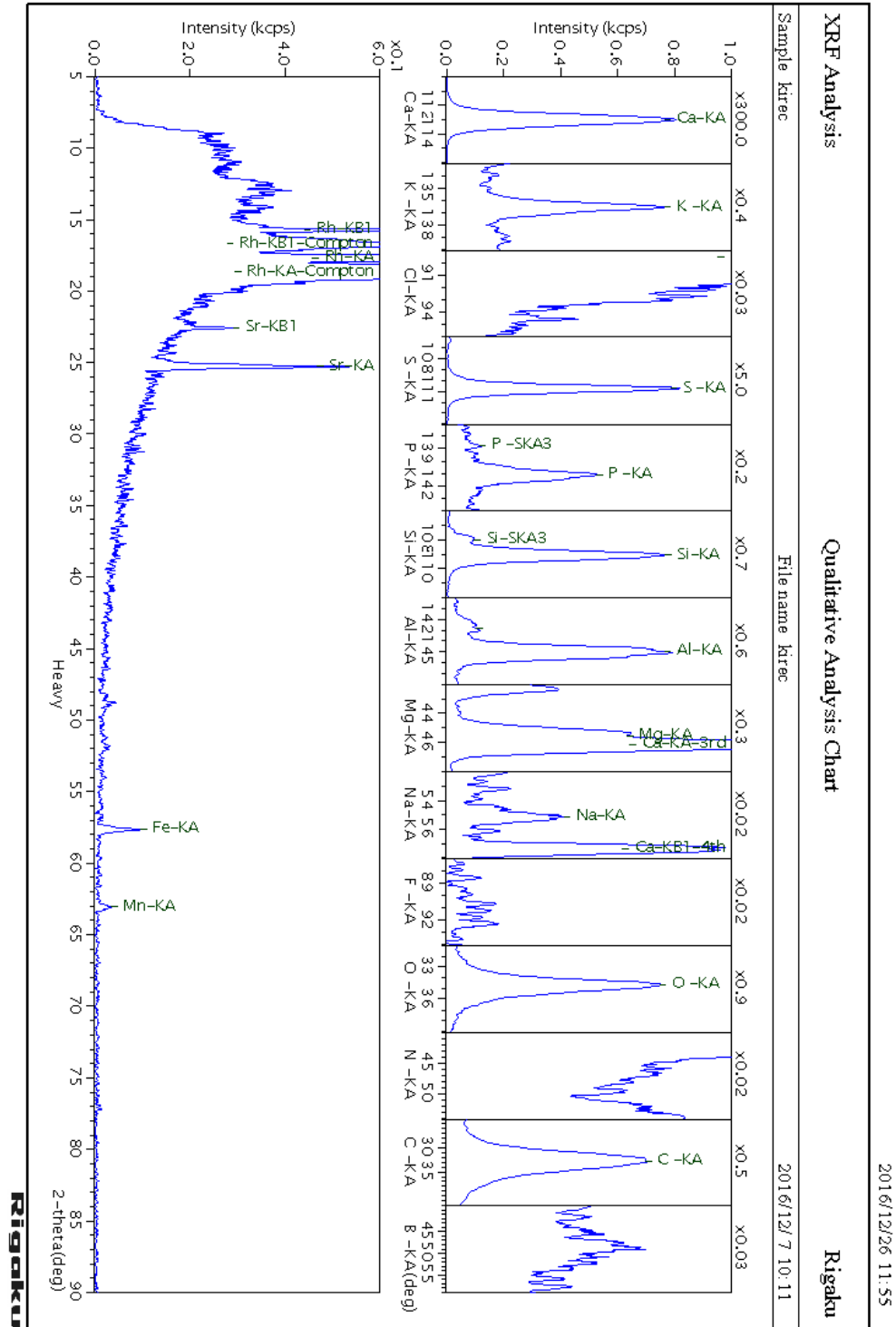
Kil			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşigi	% Değeri
C	6,7743	CO ₂	25,4561
O	51,8546	-	-
Na	0,3684	Na ₂ O	0,5084
Mg	3,3731	MgO	5,7344
Al	5,4591	Al ₂ O ₃	10,6140
Si	13,8235	SiO ₂	30,5827
P	0,0456	P ₂ O ₅	0,1089
S	0,2347	SO ₃	0,6112
Cl	0,0108	Cl	0,0113
K	1,4803	K ₂ O	1,8648
Ca	14,8296	CaO	21,8150
Ti	0,1652	TiO ₂	0,2930
Cr	0,0123	Cr ₂ O ₃	0,0192
Mn	0,0235	MnO	0,0323
Fe	1,5201	Fe ₂ O ₃	2,3162
Ni	0,0107	NiO	0,0146
Rb	0,0027	Rb ₂ O	0,0031
Sr	0,0089	SrO	0,0112
Zr	0,0024	ZrO ₂	0,0034



Şekil 4.9. Kıl numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.10. Kireç numunesinin analiz sonuçları

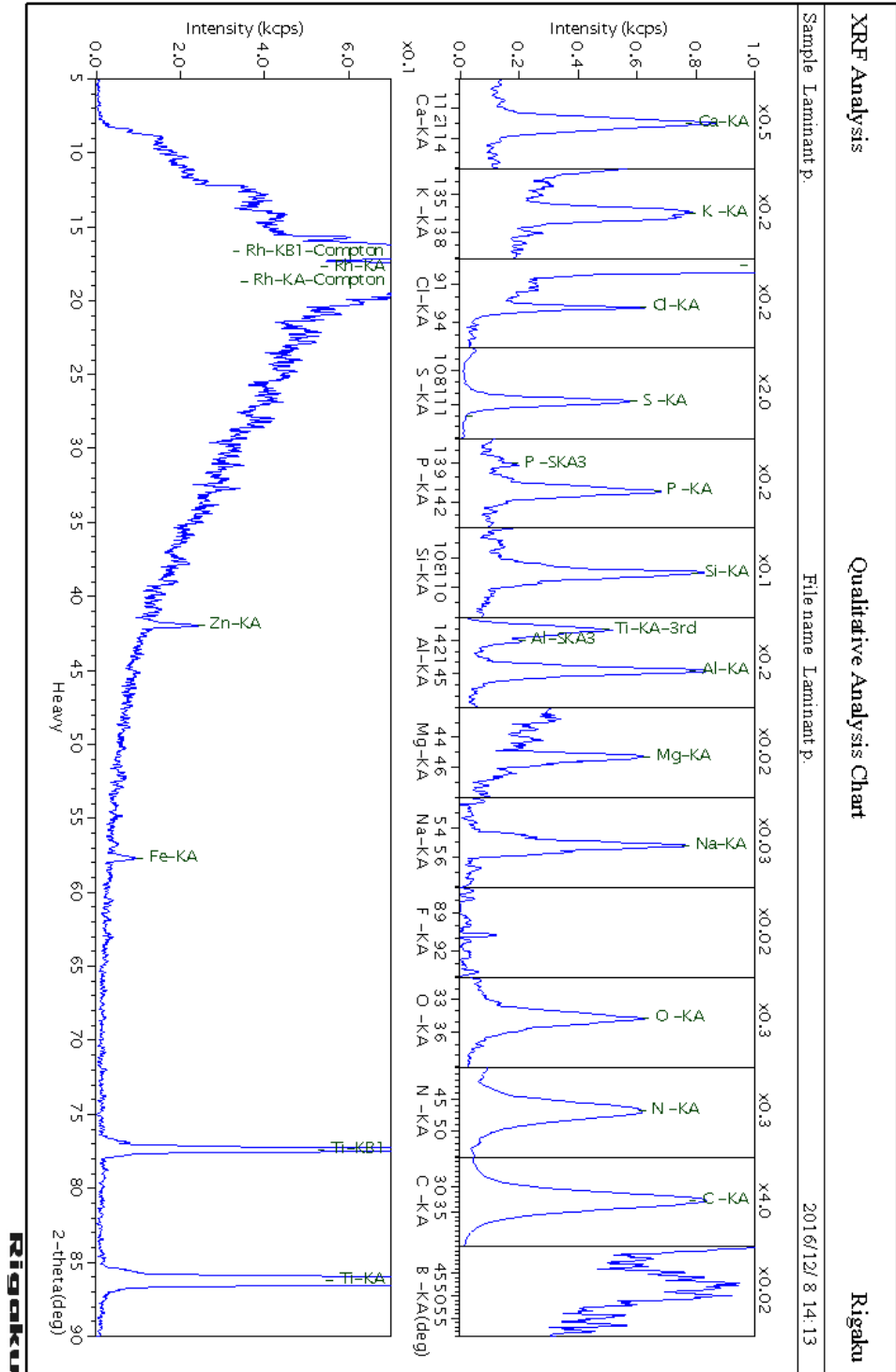
Kireç			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
C	5,1166	CO ₂	18,8541
O	43,9950	-	-
Na	0,0339	Na ₂ O	0,0487
Mg	0,3418	MgO	0,6051
Al	0,1723	Al ₂ O ₃	0,3482
Si	0,1970	SiO ₂	0,4514
P	0,0102	P ₂ O ₅	0,0251
S	0,5881	SO ₃	1,5786
K	0,0334	K ₂ O	0,0437
Ca	49,4442	CaO	77,9380
Mn	0,0185	MnO	0,0282
Fe	0,0358	Fe ₂ O ₃	0,0605
Sr	0,0132	SrO	0,0185



Şekil 4.10. Kireç numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.11. Laminant Parke numunesinin analiz sonuçları

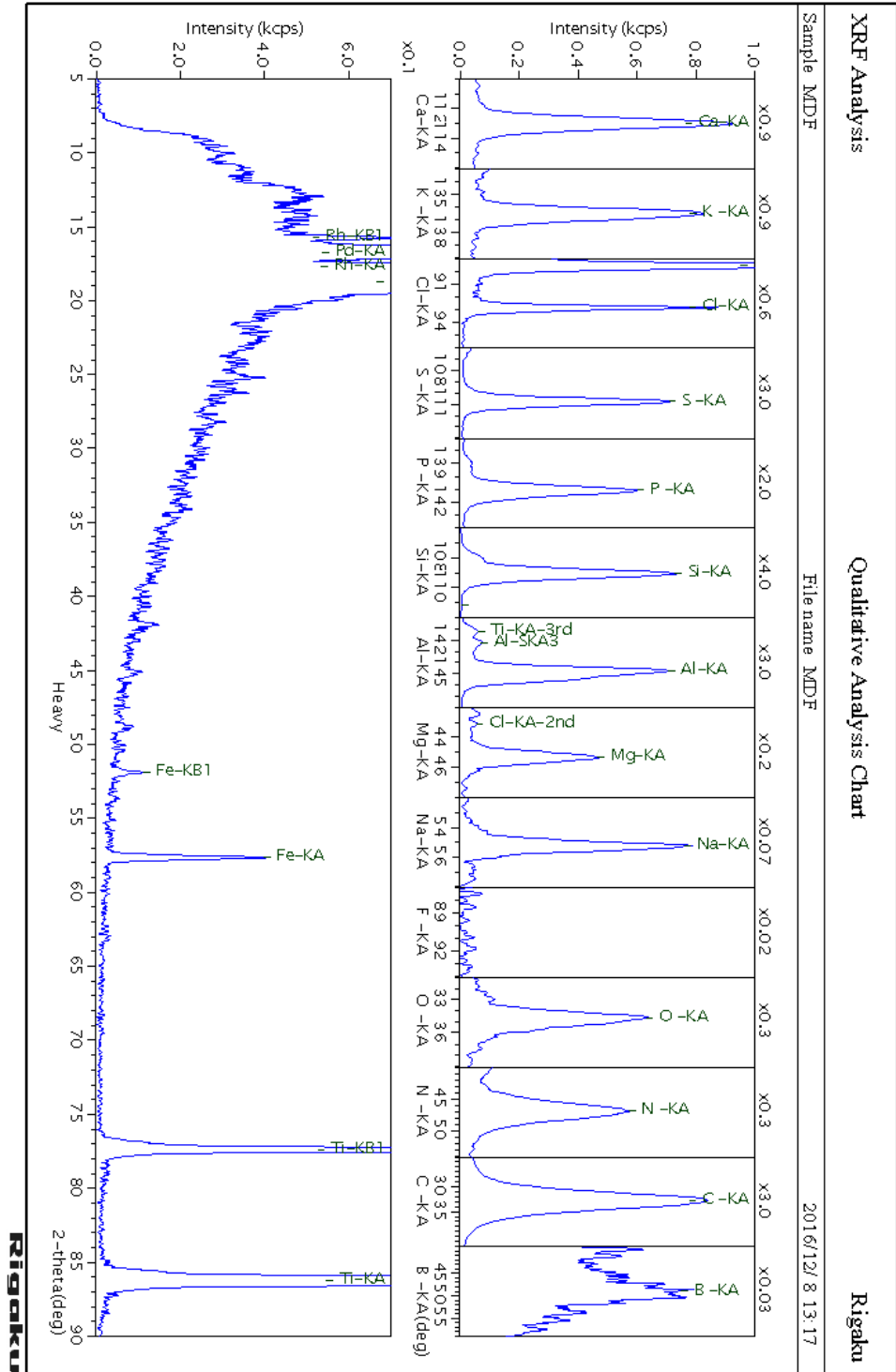
Laminant Parke			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşigi	% Değeri
C	38,1284	CO ₂	82,9890
N	47,9861	N	15,8318
O	12,7327	-	-
Na	0,0583	Na ₂ O	0,0464
Mg	0,0089	MgO	0,0088
Al	0,0302	Al ₂ O ₃	0,0345
Si	0,0125	SiO ₂	0,0163
P	0,0066	P ₂ O ₅	0,0092
S	0,0744	SO ₃	0,1143
Cl	0,0330	Cl	0,0203
K	0,0054	K ₂ O	0,0040
Ca	0,0184	CaO	0,0159
Ti	0,9018	TiO ₂	0,9070
Fe	0,0021	Fe ₂ O ₃	0,0016
Zn	0,0012	ZnO	0,0008



Şekil 4.11. Laminant parke numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.12. MDF numunesinin analiz sonuçları

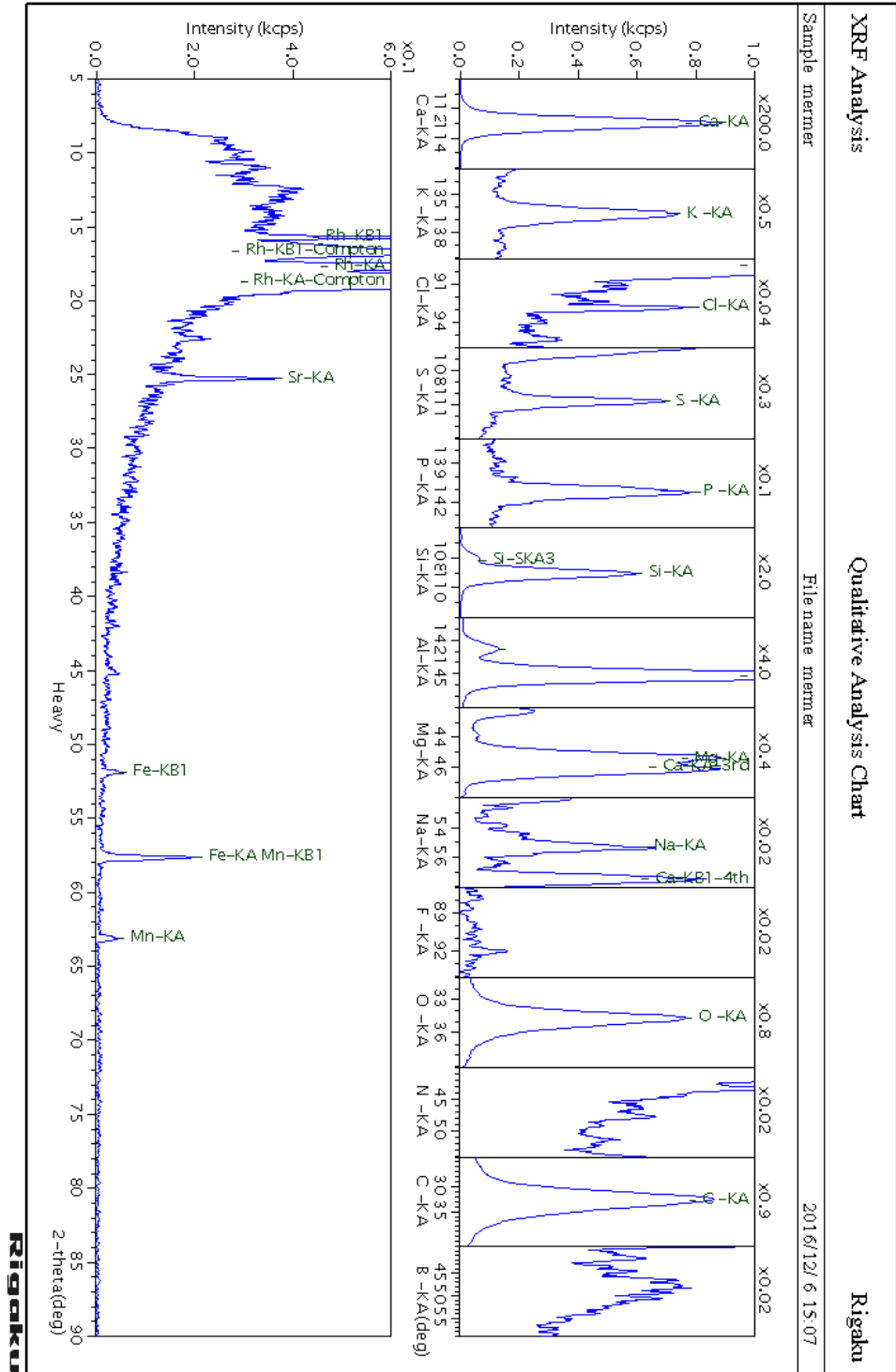
MDF			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
B	1,2077	B ₂ O ₃	2,3598
C	35,7832	CO ₂	77,2680
N	45,8779	N	16,2843
O	13,3530	-	-
Na	0,1504	Na ₂ O	0,1281
Mg	0,0925	MgO	0,0976
Al	0,4276	Al ₂ O ₃	0,5175
Si	0,5763	SiO ₂	0,7878
P	0,0757	P ₂ O ₅	0,1100
S	0,1587	SO ₃	0,2513
Cl	0,1917	Cl	0,1211
K	0,0426	K ₂ O	0,0323
Ca	0,0456	CaO	0,0399
Ti	1,9955	TiO ₂	1,9872
Fe	0,0165	Fe ₂ O ₃	0,0123
Pd	0,0049	PdO	0,0028



Şekil 4.12. MDF numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.13. Mermer numunesinin analiz sonuçları

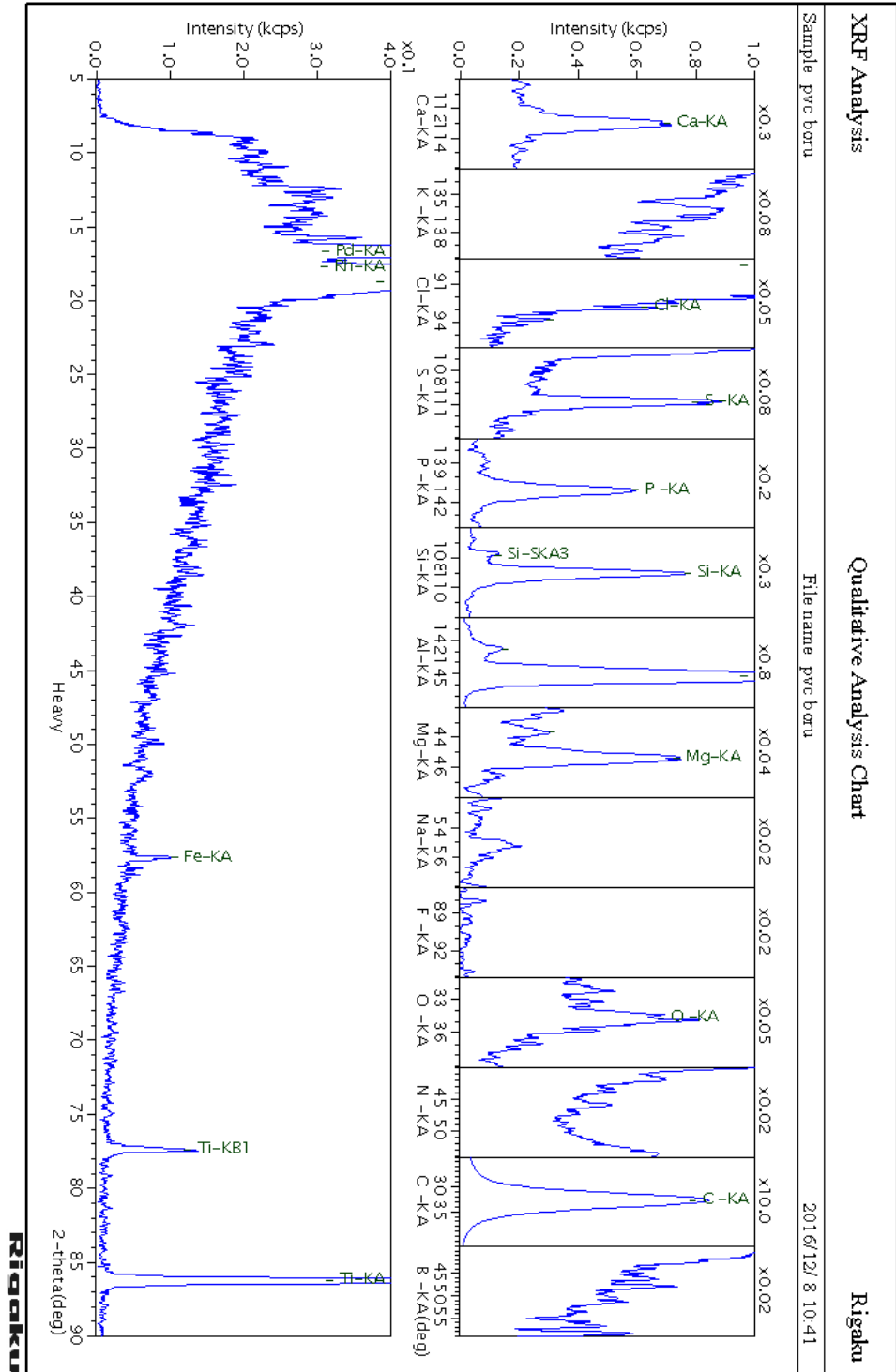
Mermer			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşigi	% Değeri
C	14,4394	CO ₂	50,9044
O	45,7182	-	-
Na	0,0653	Na ₂ O	0,0811
Mg	0,7118	MgO	1,0859
Si	0,5164	SiO ₂	1,0129
P	0,0098	P ₂ O ₅	0,0206
S	0,0280	SO ₃	0,0639
Cl	0,0154	Cl	0,0140
K	0,0453	K ₂ O	0,0493
Ca	38,3294	CaO	46,6311
Mn	0,0251	MnO	0,0266
Fe	0,0874	Fe ₂ O ₃	0,1021
Sr	0,0082	SrO	0,0079



Şekil 4.13. Mermer numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.14. PVC Boru numunesinin analiz sonuçları

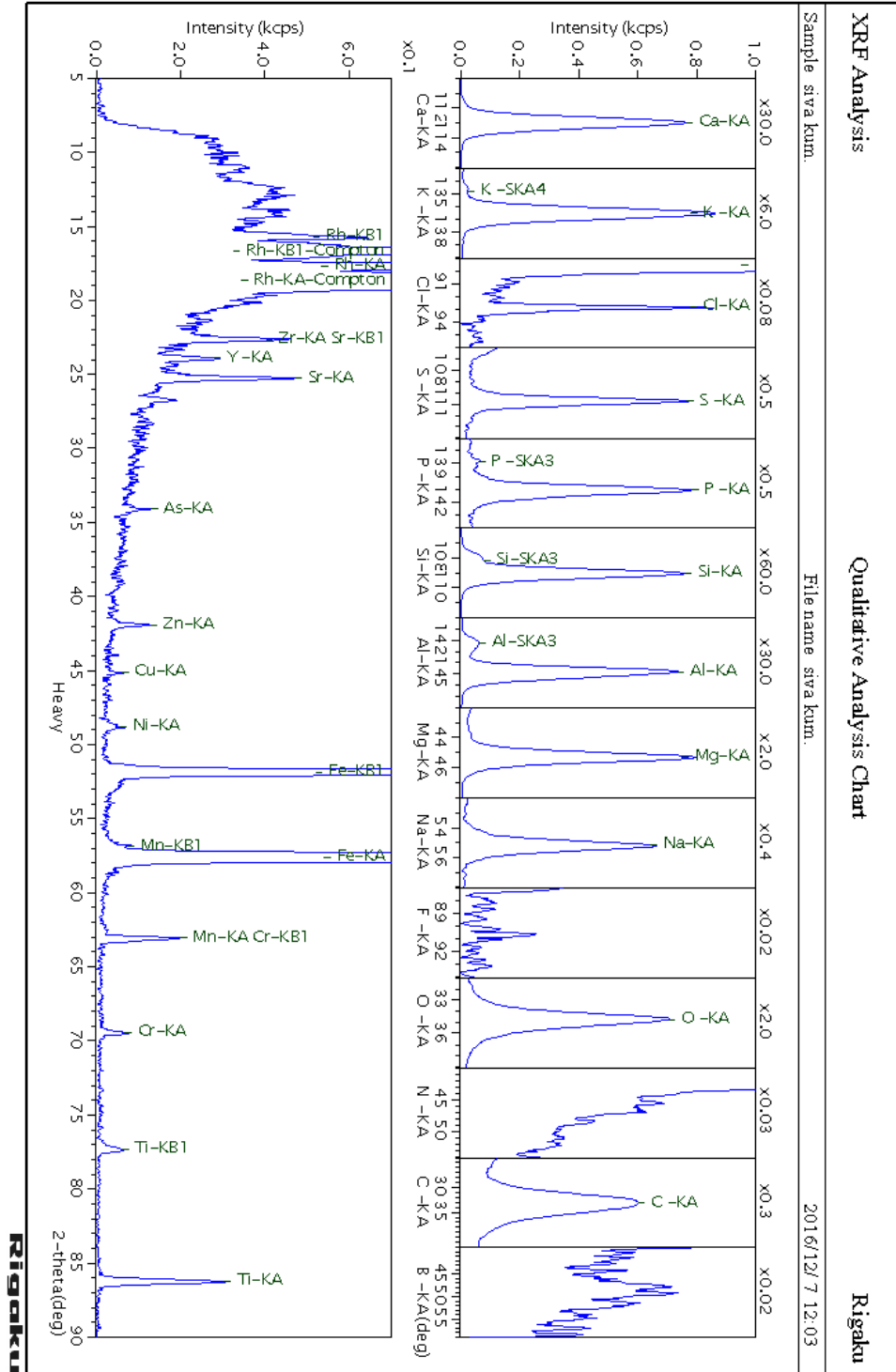
PVC Boru			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
C	97,6292	CO ₂	99,8921
O	2,1628	-	-
Mg	0,0246	MgO	0,0112
Si	0,0400	SiO ₂	0,0243
P	0,0061	P ₂ O ₅	0,0040
S	0,0036	SO ₃	0,0026
Cl	0,0035	Cl	0,0010
Ca	0,0069	CaO	0,0029
Ti	0,1195	TiO ₂	0,0606
Fe	0,0016	Fe ₂ O ₃	0,0007
Pd	0,0022	PdO	0,0006



Şekil 4.14. PVC Boru numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.15. Sıva Kumu numunesinin analiz sonuçları

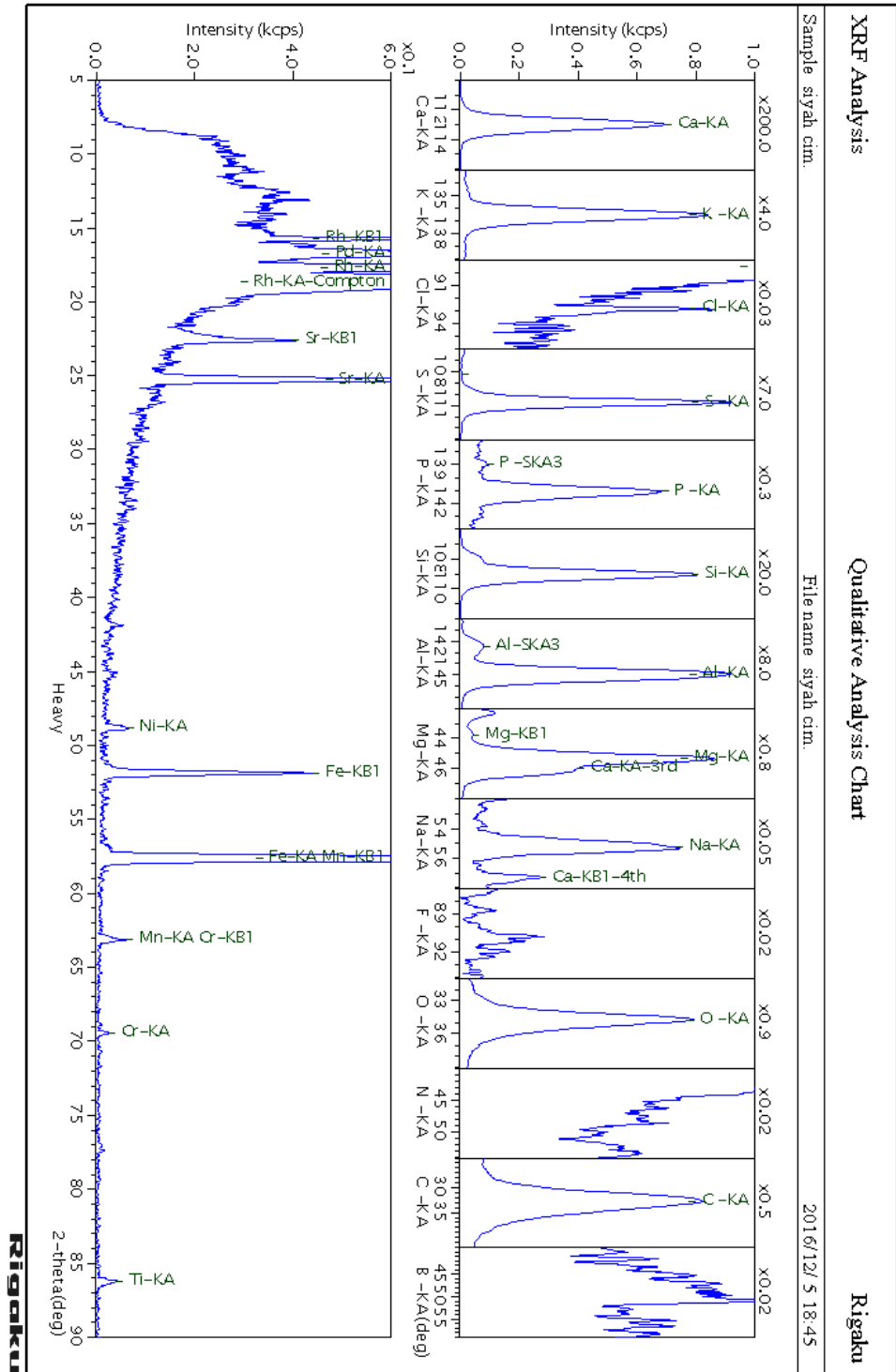
Sıva Kumu			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
C	4,3236	CO ₂	15,2362
O	48,1601	-	-
Na	1,1676	Na ₂ O	1,5296
Mg	2,7510	MgO	4,4185
Al	8,9470	Al ₂ O ₃	16,2890
Si	23,3830	SiO ₂	47,7422
P	0,0972	P ₂ O ₅	0,2098
S	0,1149	SO ₃	0,2700
Cl	0,0936	Cl	0,0880
K	1,3690	K ₂ O	1,5482
Ca	6,4485	CaO	8,4412
Ti	0,3591	TiO ₂	0,5561
Cr	0,0310	Cr ₂ O ₃	0,0420
Mn	0,0710	MnO	0,0848
Fe	2,6517	Fe ₂ O ₃	3,5076
Ni	0,0064	NiO	0,0075
Cu	0,0044	CuO	0,0051
Zn	0,0071	ZnO	0,0081
As	0,0033	As ₂ O ₃	0,0040
Sr	0,0062	SrO	0,0067
Y	0,0019	Y ₂ O ₃	0,0022
Zr	0,0024	ZrO ₂	0,0030



Şekil 4.15. Siva Kumu numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.16. Siyah Çimento numunesinin analiz sonuçları

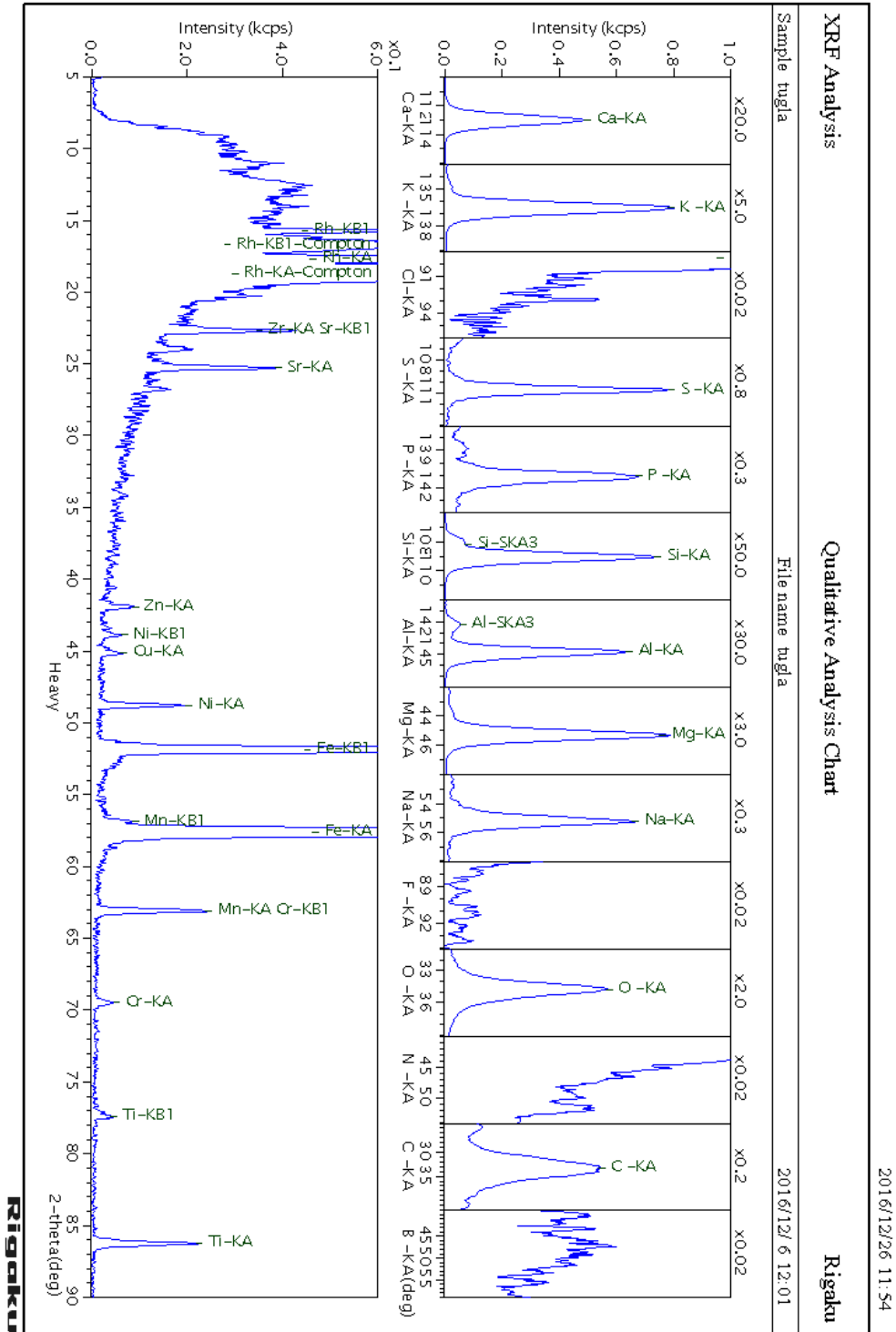
Siyah Çimento			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşigi	% Değeri
C	7,8193	CO ₂	28,0147
O	43,4020	-	-
Na	0,1757	Na ₂ O	0,2283
Mg	1,2979	MgO	2,0719
Al	3,0255	Al ₂ O ₃	5,4898
Si	7,0440	SiO ₂	14,4108
P	0,0317	P ₂ O ₅	0,0690
S	1,2997	SO ₃	3,0789
Cl	0,0141	Cl	0,0133
K	0,6187	K ₂ O	0,7024
Ca	34,3049	CaO	44,6626
Ti	0,0796	TiO ₂	0,1206
Cr	0,0174	Cr ₂ O ₃	0,0231
Mn	0,0124	MnO	0,0145
Fe	0,8039	Fe ₂ O ₃	1,0423
Ni	0,0106	NiO	0,0122
Sr	0,0266	SrO	0,0285
Pd	0,0162	PdO	0,0169



Şekil 4.16. Siyah Çimento numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.17. Tuğla numunesinin analiz sonuçları

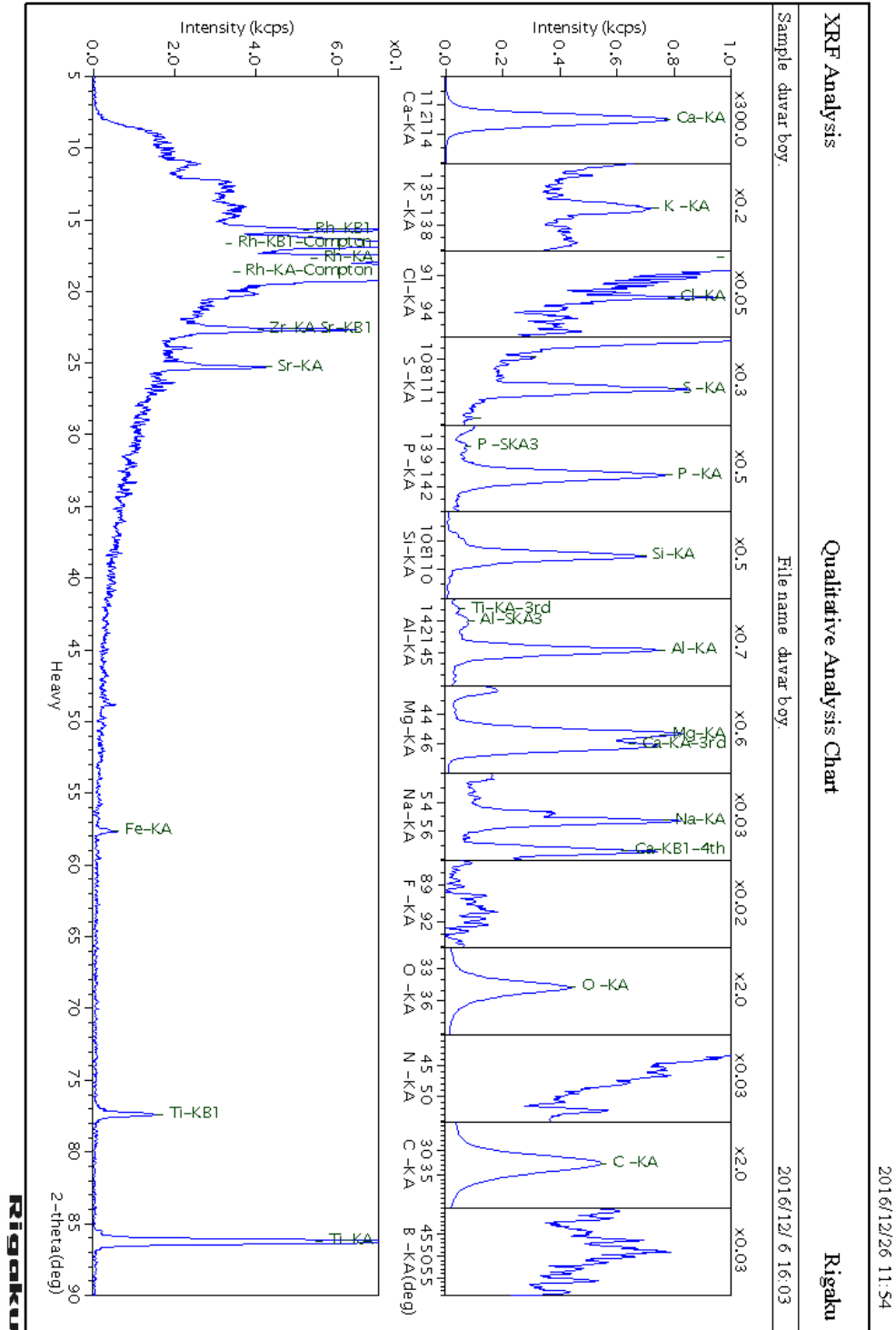
Tuğla			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşigi	% Değeri
C	3,4287	CO ₂	11,6242
O	45,6712	-	-
Na	1,0846	Na ₂ O	1,3894
Mg	5,1194	MgO	8,0109
Al	10,2663	Al ₂ O ₃	18,0590
Si	25,3842	SiO ₂	49,6127
P	0,0677	P ₂ O ₅	0,1381
S	0,2586	SO ₃	0,5745
K	1,4332	K ₂ O	1,5300
Ca	3,6458	CaO	4,4977
Ti	0,3273	TiO ₂	0,4769
Cr	0,0225	Cr ₂ O ₃	0,0287
Mn	0,1311	MnO	0,1469
Fe	3,1101	Fe ₂ O ₃	3,8576
Ni	0,0294	NiO	0,0321
Cu	0,0057	CuO	0,0061
Zn	0,0059	ZnO	0,0063
Sr	0,0067	SrO	0,0068
Zr	0,0018	ZrO ₂	0,0022



Şekil 4.17. Tuğla numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.18. Yağlı Boya numunesinin analiz sonuçları

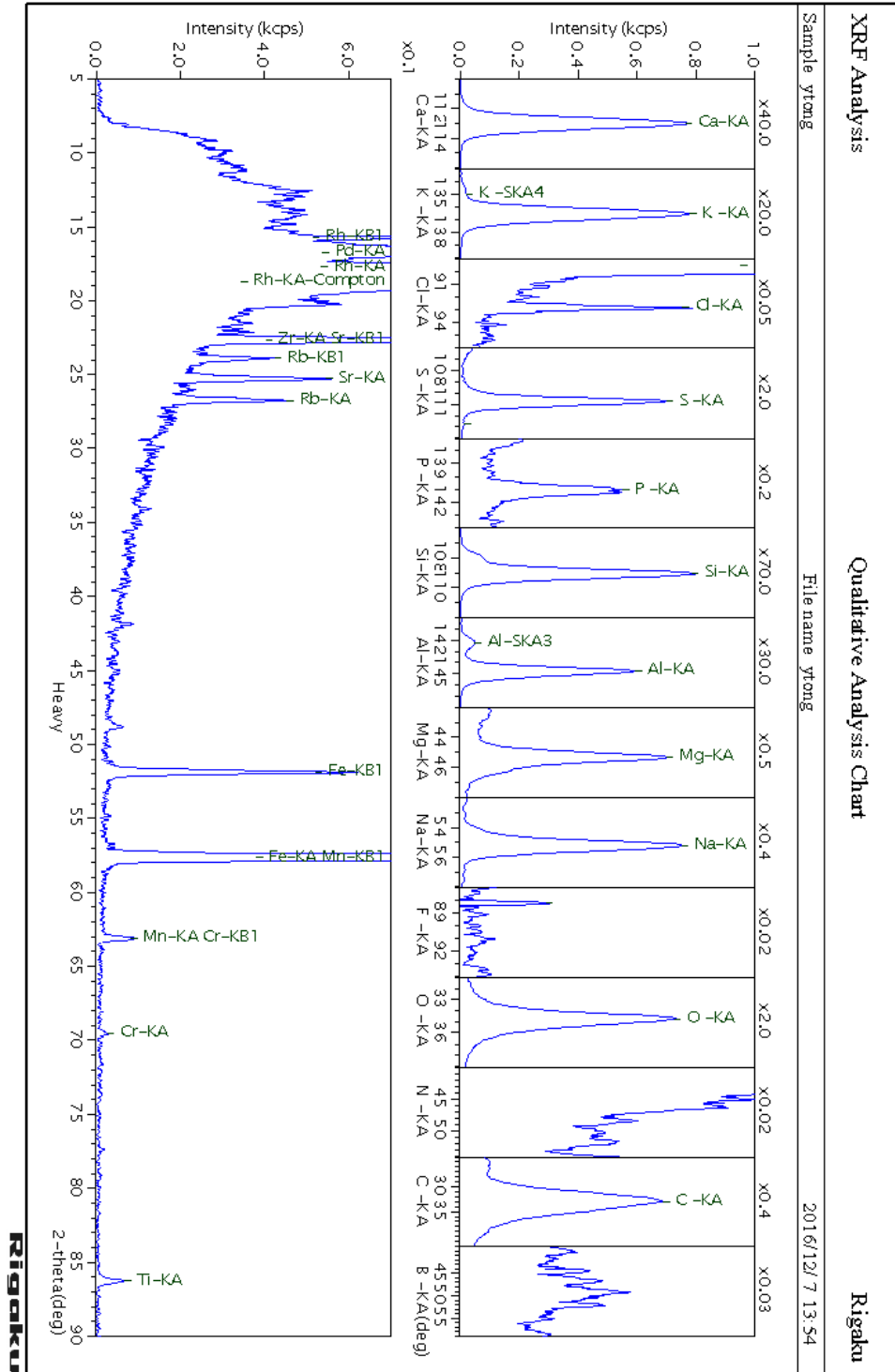
Yağlı Boya			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
C	15,0453	CO ₂	52,8251
O	46,5116	-	-
Na	0,0946	Na ₂ O	0,1170
Mg	0,7248	MgO	1,1005
Al	0,1636	Al ₂ O ₃	0,2824
Si	0,1068	SiO ₂	0,2084
P	0,0376	P ₂ O ₅	0,0784
S	0,0256	SO ₃	0,0581
Cl	0,0165	Cl	0,0150
K	0,0074	K ₂ O	0,0080
Ca	35,7873	CaO	43,3033
Ti	1,4583	TiO ₂	1,9815
Fe	0,0110	Fe ₂ O ₃	0,0127
Sr	0,0062	SrO	0,0059
Zr	0,0033	ZrO ₂	0,0037



Şekil 4.18. Yağlı Boya numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.19. Ytong numunesinin analiz sonuçları

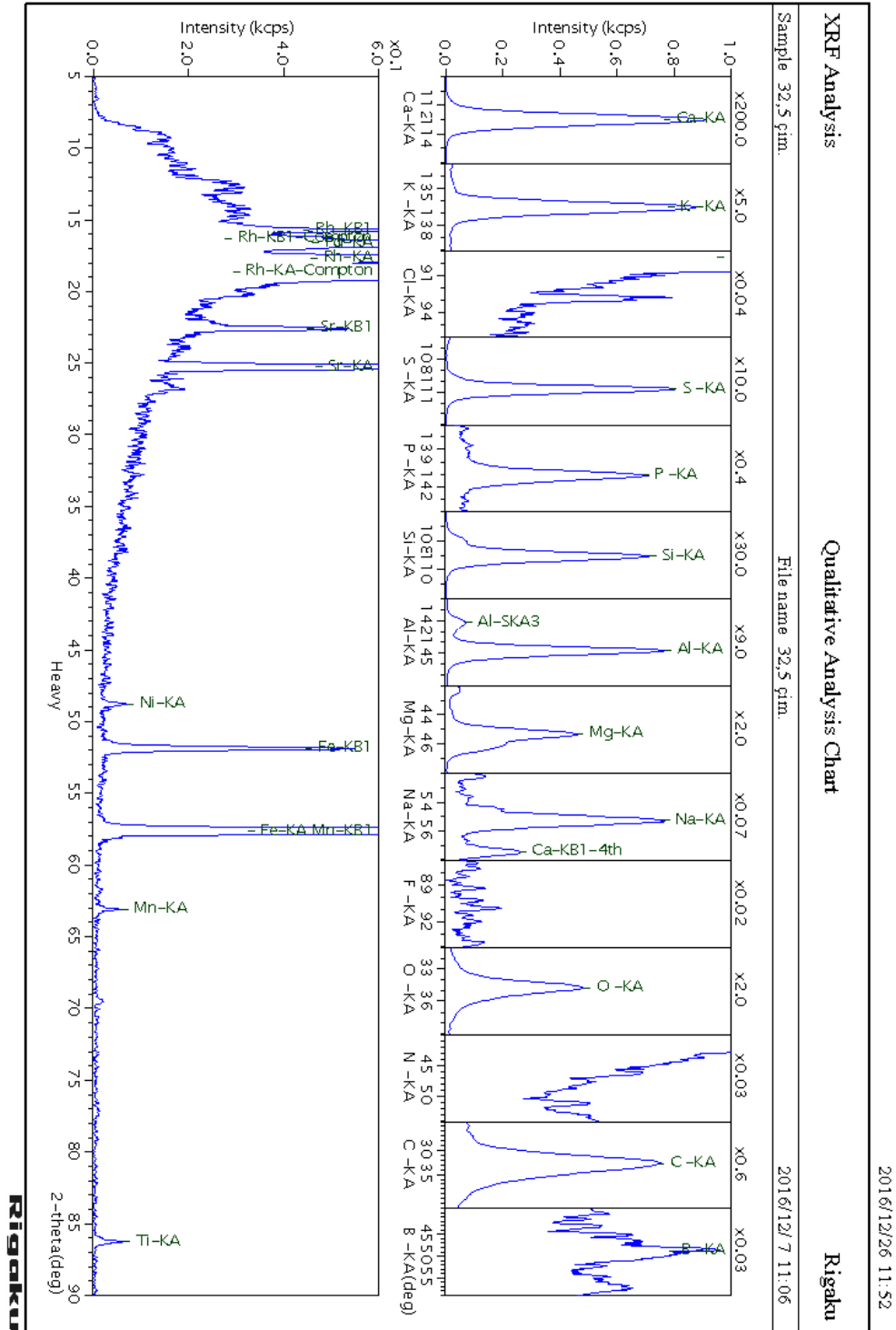
Ytong			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşigi	% Değeri
C	5,5386	CO ₂	19,9049
O	50,1458	-	-
Na	1,2145	Na ₂ O	1,6125
Mg	0,5191	MgO	0,8465
Al	6,1883	Al ₂ O ₃	11,4793
Si	23,3355	SiO ₂	48,7875
P	0,0195	P ₂ O ₅	0,0433
S	0,3605	SO ₃	0,8724
Cl	0,0415	Cl	0,0402
K	3,5959	K ₂ O	4,1904
Ca	8,2597	CaO	11,1442
Ti	0,0766	TiO ₂	0,1227
Cr	0,0109	Cr ₂ O ₃	0,0153
Mn	0,0173	MnO	0,0215
Fe	0,6434	Fe ₂ O ₃	0,8817
Rb	0,0057	Rb ₂ O	0,0059
Sr	0,0061	SrO	0,0069
Zr	0,0072	ZrO ₂	0,0093
Pd	0,0140	PdO	0,0155



Şekil 4.19. Ytong numunesi için WDXRF spektrumu

Çizelge 4.20. 32,5 MPa’lık Çimento numunesinin analiz sonuçları

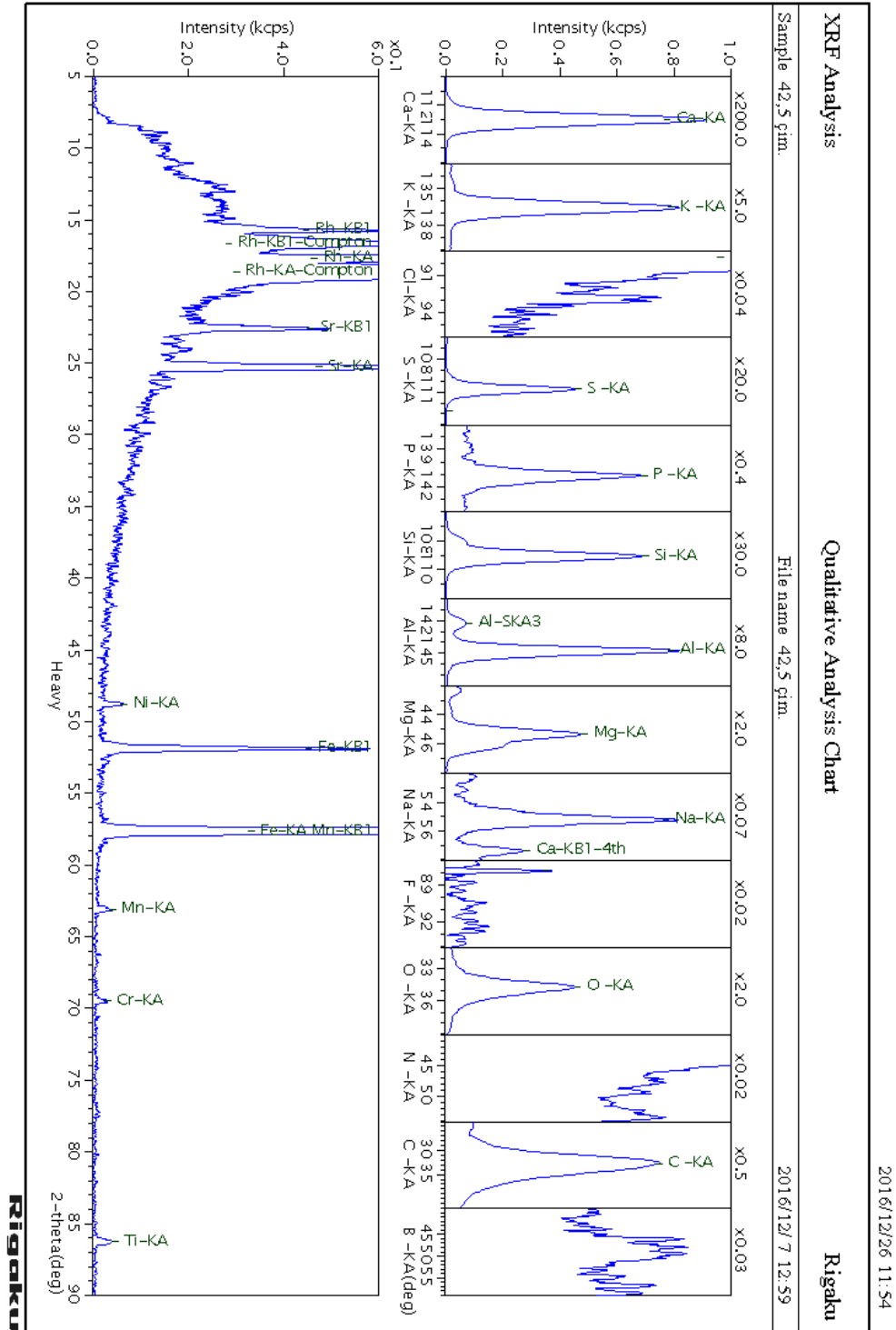
32,5 MPa’lık Çimento			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
B	1,5109	B ₂ O ₃	4,8446
C	7,4586	CO ₂	26,6181
O	44,3181	-	-
Na	0,1933	Na ₂ O	0,2508
Mg	1,3225	MgO	2,1079
Al	2,15991	Al ₂ O ₃	3,9118
Si	6,8929	SiO ₂	14,0884
P	0,0327	P ₂ O ₅	0,0712
S	1,2087	SO ₃	2,8598
K	0,6001	K ₂ O	0,6805
Ca	33,4081	CaO	43,4040
Ti	0,0899	TiO ₂	0,1359
Mn	0,023	MnO	0,0268
Fe	0,7356	Fe ₂ O ₃	0,9505
Ni	0,0075	NiO	0,0086
Sr	0,0259	SrO	0,0276
Pd	0,0129	PdO	0,0135



Şekil 4.20. 32,5 MPa Çimento numunesi için WDXRF spektrumu

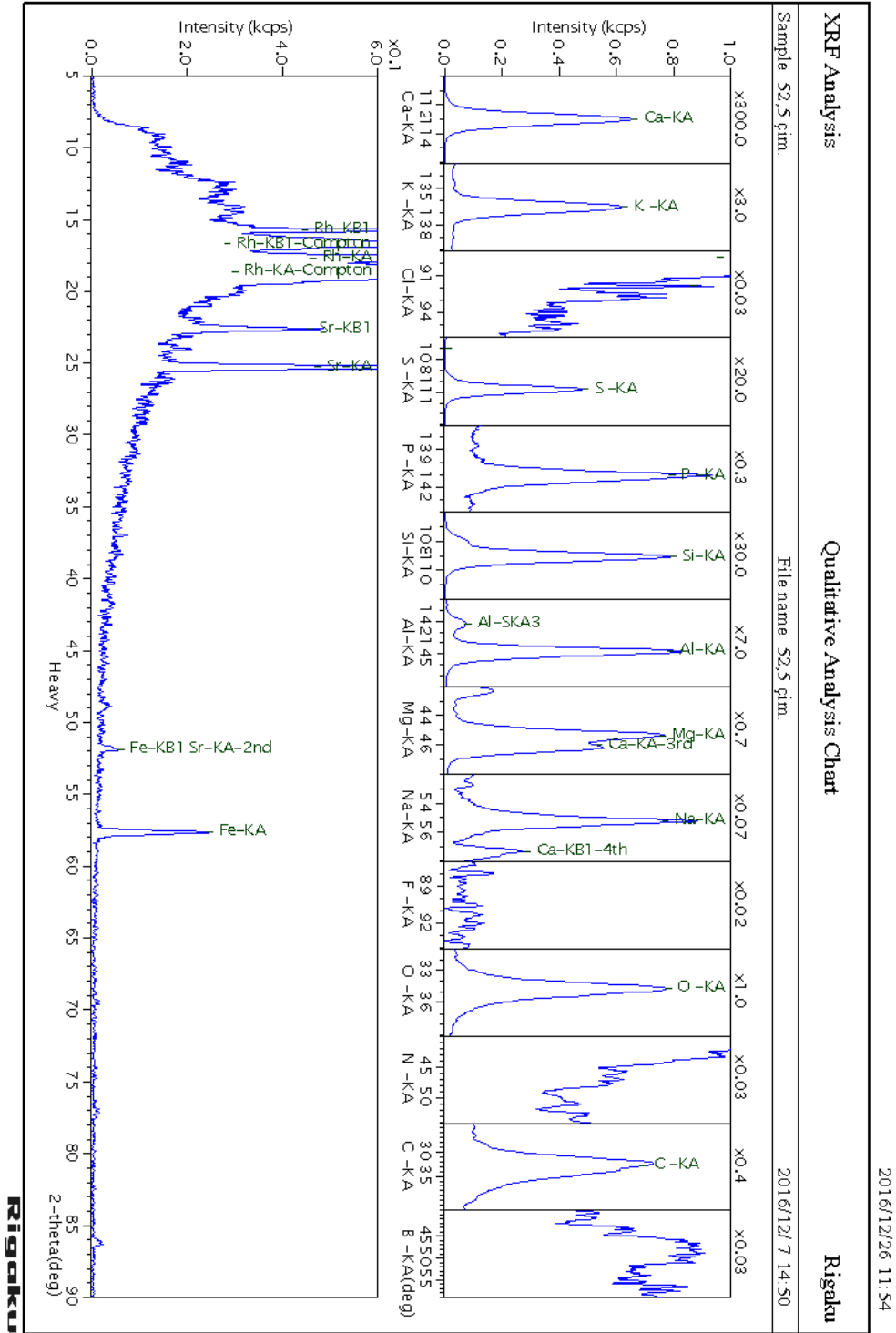
Çizelge 4.21. 42,5 MPa’lık Çimento numunesinin analiz sonuçları

42,5 MPa Çimento			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
C	5,4592	CO ₂	20,0910
O	44,0904	-	-
Na	0,2251	Na ₂ O	0,3059
Mg	1,4382	MgO	2,4043
Al	2,1785	Al ₂ O ₃	4,1522
Si	7,1084	SiO ₂	15,3516
P	0,0338	P ₂ O ₅	0,0783
S	1,4630	SO ₃	3,6940
K	0,6021	K ₂ O	0,7345
Ca	36,4248	CaO	51,7582
Ti	0,0605	TiO ₂	0,1031
Cr	0,0138	Cr ₂ O ₃	0,0207
Mn	0,0144	MnO	0,0190
Fe	0,8512	Fe ₂ O ₃	1,2427
Ni	0,0079	NiO	0,0102
Sr	0,0286	SrO	0,0345



Çizelge 4.22. 52,5 MPa’lık Çimento numunesinin analiz sonuçları

52,5 MPa Çimento			
Elementler	% Değeri	Oksit Bileşiği	% Değeri
C	3,9530	CO ₂	14,4816
O	41,2830	-	-
Na	0,2498	Na ₂ O	0,3367
Mg	0,7971	MgO	1,3212
Al	1,9538	Al ₂ O ₃	3,6900
Si	8,2056	SiO ₂	17,5450
P	0,0351	P ₂ O ₅	0,0805
S	1,6060	SO ₃	4,0073
K	0,2768	K ₂ O	0,3331
Ca	41,5354	CaO	58,0621
Fe	0,0786	Fe ₂ O ₃	0,1122
Sr	0,0257	SrO	0,0303



Şekil 4.22. 52,5 MPa Çimento numunesi için WDXRF spektrumu

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

İnşaat, dünyadaki özel ve kamu yatırımlarının ana sektörlerinden birisidir. Ülkemiz, büyük ve güçlü bir inşaat sektörüne sahiptir ve küresel inşaat pazarında Türk inşaat şirketlerinin payı %2'dir. Türkiye, çimento, mermer, borular, kereste, MDF, duralit, tuğla, plastik ve alüminyum profiller, boyalar, ytonglar, seramik karolar gibi temel yapı malzemelerinin önemli bir üreticisidir. Üretken bu malzemelerin içindeki belirli elementlerin temel konsantrasyonunun incelenmesi de yapı malzemeleri olarak uygunluğunu değerlendirmede çok yararlı olacaktır. Çünkü, halen yaygın olarak kullanılan yapı malzemelerinin ayrıntılı kimyasal bileşimine ilişkin Türk Standartları ve Düzenlemeleri tam olarak belirlenmemiştir (Çevik vd 2011). Bu sebeple mevcut çalışmada, yapı malzemelerinin WDXRF sistemiyle kimyasal analizlerinin yapılması planlanmıştır.

X-ışını flöresans tekniği maddelerin temel bileşimini karakterize etmek için kullanılan temel bir tekniktir. X-ışınları flöresans spektroskopisi Berilyum-Uranyum aralığındaki elementlerin hızlı ve doğru olarak nitel ve nicel analizlerin yapılmasına imkân sağlar. Bu teknik; analiz süresinin kısalığı, tahribatsız oluşu, değişik formlarda numune hazırlayabilme kolaylığı, periyodik tablodaki elementlerin hemen hemen tamamının incelenebilmesine imkân vermesi, yüksek hassasiyet (ppm), ucuz maliyet ve otomasyon kolaylığı gibi avantajlara sahip olduğu için bilim ve teknolojiye geniş bir kullanım alanına sahiptir. XRF spektrometreler, özellikle metal, cam seramik ve yapı malzemelerinin incelenmesinde, jeokimya, adli ve çevresel bilim, eczacılık, biyolojik, fiziksel, endüstriyel gibi alanlarda ilgili numunelerin nitel ve nicel element analizleri için yaygın olarak kullanılır.

Bu çalışmada, WDXRF yöntemiyle; saten alçı, beyaz çimento, briket, çimento, derz dolgu, dış cephe boyası, duralit, fayans yapıştırıcısı, kerpiç, kil, kireç, laminant parke, MDF, mermer, PVC, sıva kumu, siyah çimento, tuğla, yağlı boya ve ytong malzemelerinin kimyasal analizleri yapılarak bu numunelerin kimyasal bileşenleri

değerlendirilmiştir. Yapı malzemeleri için kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1-4.22’de spektrumları ise Şekil 4.1- 4.22’de sunulmuştur.

Bu çizelgelerin incelenmesinden görüleceği gibi analiz sonuçlarında Ti, Cr, Mn, Fe, Zn, As, Ni, Sr, Pd, Zr ve Y gibi ağır metaller gözlenmiştir. Ağır metal terimi fiziksel özellik bakımından yoğunluğu 5 g/cm^3 ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu grubda kurşun, krom, demir, bakır, nikel, çinko ve cıva gibi 60 tan fazla metal mevcuttur (Bakar ve Baba 2009). Ağır metaller organizmaya ağız, solunum ve deri yolu ile alınır ve vücutta birikerek insan sağlığını önemli ölçüde etkiler. Örneğin; çinko (Zn) elementi gerek insan gerekse hayvanlar için gerekli esansiyel elementlerden birisidir. Biyolojik sistemlerde yalnız Zn^{+2} olarak bulunur. Hava, toprak, su ve bütün gıdalarda mevcut olup, mineral olarak bol bulunan elementtir. Demir ve diğer metallerin kaplama işlemlerinde, alaşım imalatında, beyaz boya üretiminde, seramiklerde, kauçuk sanayinde, gübrelerde ve sağlık alanında kullanılmaktadır İnsanlardaki aşırı çinko alımında gözlenen genel problemler ise; iştah ve bağışıklık sistem aktivitesinin azalması, yaraların geç iyileşmesi ve derideki aşırı hassasiyetler, kolesterolün yükselmesi (Atsdr 2003).

Ayrıca oksit bileşikler olarakta CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , CO_2 , MgO , Fe_2O_3 , K_2O ve SO_3 mevcuttur. Çimento, kil, duralit, derz dolgu, briket ve mermer numunelerinin ana kimyasal bileşenleri SiO_2 ve CaO iken, kerpiç, kum, ytonğ ve tuğla gibi numunelerin kimyasal bileşenleri SiO_2 ve Al_2O_3 olarak tespit edilmiştir. Tuğla ve kerpicein ham maddeleri benzer olduğu için bu malzemelerin kimyasal bileşimleri de hemen hemen birbirine benzerdir.

Ülkemizde yapılan binalarda yüksek oranda radyoaktiviteye sahip malzemelerin kullanılmasından kaynaklanan kapalı ortam radyasyonun artmasını sınırlamak için herhangi bir düzenleme mevcut değildir. Bunun için binaların yapımında kullanılan yapı malzemelerinin bileşenlerinin bilinmesi insan sağlığı için büyük bir etki yaratmaktadır. Yapı malzemelerinin, olumlu veya olumsuz etkilerinin bilinmesi ve olumsuz etkilerinin önüne geçilmesi canlı sağlığı açısından oldukça önem teşkil etmektedir. Yapılan

Çalışma sayesinde insanlar kendilerine zarar veren maddelerin farkına varacak ve yapı malzemelerini kullanma konusunda bilinç kazanacaktır. Ayrıca kullanılması planlanan yapı malzemeleri için veri tabanının oluşturulmasında da önemli bir etkiye sahip olacaktır.



KAYNAKLAR

- Anonim, 2016a. <http://www.sermimar.net/ev-alacaklara-radon-olcumu-uyarisi.html> (20.05.2016)
- Anonim, 2016b. <http://www.ekoyapidergisi.org/261-manifesto-neden.html> (22.05.2016).
- Anonim, 2016c. <http://organikegitim.com/radon-gazi-ve-insan-sagligina-etkisi> (25.05.2016)
- Anonim, 2016d. www.kimyaegitimi.org/sites/default/files/mufredat/yapi_malzemeleri.pdf, (20.05.2016)
- Anonim, 2016e. www.yesilaski.com/yapilarin-insanda-yol-actigi-hastaliklar.html, (22.05.2016)
- Arın, A., MAL 201- Malzeme Bilgisi 2007-2088 Bahar Ders Notları
- Atsdr, 2003. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Aydın, F., Sarıbyık, M., 2011. Gfrp Kutu Profiller İle Betonun Hibrit Kullanımının Beton Kürüne Etkilerinin İncelenmesi. e-Journal of New World Sciences Academy. 6 (4), 991-1000.
- Bakar, C., Baba, A., 2009. Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu. 1.Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, 30 Ekim–1 Kasım 2009, Ürgüp Bld., Kültür Merkezi, Ürgüp/ NEVŞEHİR. 162-185
- Balalı, A., Vural, S.M., Tuna Taygun, G., 2004, Ekim. Yapı Ürünlerindeki Radonun Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi. 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi.
- Başığit, C., Kaçar, A. 2006. Bazı Yapı Malzemelerinin Radyasyon Tutuculuk Özellikleri., Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10-2, 307-310
- Bertin, E. P., 1975. Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis, Plenum Press, New York-London (2nd ed.).
- Büyükyıldız, M., 2011. EDXRF ve WDXRF Spektrometrik Analizlerinde Matris Soğurma Etkilerinin Düzeltilmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Çevik, U., Damla, N., Van Grieken, R., Akpınar, M. Vefa., 2011. Chemical composition of building materials used in Turkey., Construction and Building Materials, 25, 1546-1552
- Çoban, M., Akça, B., Erzeneoğlu S., 2014. Measurement Of The Transmission Coefficients Of Various Construction Materials Used In Turkey. EÜFBED-Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt-Sayı:7-2, 191-198
- Çoban, M., 2012. Edxrf Çeşitli Yapı Malzemelerinin Lineer Soğurma Katsayılarının Ölçülmesi. Y. Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.(yayınlanmamış)
- Damla, N., Çevik, U., Kobya, A.I., Celik, A., Celik, N., Van Grieken, R., 2010. Radiation dose estimation and mass attenuation coefficients of cement samples used in Turkey., Journal of Hazardous Materials, 176, 644-649
- Demir, C., 2014. X-Işını Floresans Spektrometresi. Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü

- Doroudiani, S., Omidian, H., 2010. Environmental, health and safety concerns of decorative moulding made of expanded polystyrene in buildings., *Building and Environment*, 45, 647-654
- Ekinci, C., E., 2005. Borda Kitap Yapı ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı. Nobel Basımevi. 4. Basım. Yayın No: 19
- Gezer, H., Sıvı Kaplamalarının Çevre Kalitesi Ve İnsan Sağlığına Etkileri. [İnternet], <http://www.yapkat.com/images/Malzeme/Dosya/80901736021044261394739151.pdf> (15.05.2016).
- Günay, E., Öztürk, Y., Sarıgüzel, M., Nisan 2011. Maddenin “İç Evrenini” Tanımlamak: X-Işınları., *Bilim ve Teknik*.
- Korur, S., Oğuzalp, E., Korkmaz, S., 2011. Yapı Biyolojisi ve Elektroiklimsel Kirlilik. *e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences*, 1A0203, 6, (4), 882-889.
- Kurudirek, M., Aygun, M., Erzeneoğlu, S., 2010. Chemical composition, effective atomic number and electron density study of trommel sieve waste (TSW), Portland cement, lime, pointing and their admixtures with TSW in different proportions. *Appl. Radiat. Isot.* 68, 1006-1011.
- Makofske, W. J. and Edelstein, M. R., 1988. *Radon and Environment*, Noyes Publications, USA.
- Muhyedeen, B. R. J., Al-Mousawi, I. M. H., Jassim W. N., 2011. A Comprehensive Study of Iraqi Cement by NGS, NAA and WDXRF. *Iraqi J. of Chem.* 27 (4), 1059-1068.
- Polat, M., Sarıtaş, D., 2016. Lise Öğrencilerinin Radon Gazına Yönelik Farkındalıklarının Bazı Değişkenler Açısından İncelenmesi: Nevşehir İli Örneği., *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12 (1), 362-376.
- Şahin, Y., Demir D., 2013. X-ışını Spektroskopisi. Çimke Basım Yayın Yapım ve Turizm Hizm. Ltd. Şti. No: 22151, Konya.
- Şahin, Y., Kurucu, Y., 2005. Atom Fiziği. Pegem A Yayıncılık Tic. Ltd. Şti. Ankara.
- Şimşek, O., 2003. Yapı Malzemeleri I. Beta Basım Yayın Dağıtım 2. Bası, No: 1373
- Şimşek, O., 2003. Yapı Malzemesi II. Beta Basım Yayın Dağıtım 2. Bası, No: 1374.
- T.C. Dışişleri Bakanlığı. İç Hava Kalitesi ve Hasta Bina Sendromu. <http://www.mfa.gov.tr/ic-hava-kalitesi-ve-hasta-bina-sendromu.tr.mfa> (18.11.2016)
- Taygun, GT., Balalı, A., 2005. Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Yapı Ürünü-Çevre Etkileşimi. *YTÜ Mimarlık Fakültesi e-Dergisi*, 1(1), 40-50.
- Tuzluca, F., 2007. Bazı Elementlerin L Tabakasından M ve N Tabakasına Boşluk Geçiş İhtimallerinin ölçülmesi. Y. Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Ünal, E., 2014. Daldaboyu Ayrımlı Xışını Flöresans Spektrometresi İle Dedeksiyon Limitinin Tayini. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Xu, T., Shi, H., Wang, H., Huang, X., 2014. Dynamic evolution of emitted volatiles from, thermal decomposed bituminous materials. *Construction and Building Materials*. 64, 47-53.
- Yazıcı, H., 2003. Yapı Malzemesi I Dersi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları Yayın No: 307.
- Yıldız, A., Sezer, F., 2015. Yapı Malzemelerinin İnsan Sağlığına Etkileri Üzerine Yapılan Çalışmaların İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. *ARTIUM*, 3(1), 65-78.

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Elazığ’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Elazığ merkezde tamamladı. 2009 yılında girdiği Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünden 2013 yılında mezun oldu. Fizik bölümünden mezun olduktan sonra 2014 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesindeki Fizik Anabilim dalı Atom ve Molekül Fiziği Bilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı.

Özel ilgi alanları içerisinde sanat, kitap, yürüyüş ve seyahat etmek bulunmaktadır.