KALE-KURBALIK (DENİZLİ-TÜRKİYE) KÖMÜRLERİNİN MİNERALOJİSİ VE PETROGRAFİSİ

MINERALOGY AND PETROGRAPHY OF KALE-KURBALIK (DENİZLİ-TURKEY) COALS

MUSTAFA ATALAY

Hacettepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetmeliğinin

JEOLOJİ Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2007

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

BAŞKAN :.....
Doç.Dr.Hülya İnaner

ÜYE (DANIŞMAN) :.....
Prof. Dr. Ali İhsan Karayiğit

ÜYE :.....
Prof. Dr. Abidin Temel

ÜYE :.....
Prof. Dr. İsmail Hakkı Demirel

ÜYE :.....
Doç. Dr. Gültekin Kavuşan

ONAY

Bu tez ...../...../..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Erdem YAZGAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

KALE-KURBALIK (DENİZLİ-TÜRKİYE) KÖMÜRLERİNİN MİNERALOJİSİ VE PETROGRAFİSİ

Mustafa Atalay

ÖZ

Kale-Kurbalık kömür sahası, güneybatı Anadolu'da yer almaktadır. İncelenen alanda temel kayaçlarını mermer, kristalize kireçtaşı ve dolomit oluşturmaktadır. Bunların üzerine uyumsuz olarak Akçay Grubu gelmektedir. Oligosen-Erken Miyosen (Burdigaliyen) yaşlı bu grup, Karadere, Mortuma, Yenidere, Künar ve Kale Formasyonlarını kapsamaktadır. Akçay Grubunun üzerine uyumsuz olarak Orta Miyosen-Pliyosen yaşlı Muğla Grubu gelmektedir. Muğla Grubu, Sekköy, Yatağan ve Milet Formasyonlarından oluşmaktadır. Akitaniyen yaşlı Yenidere Formasyonunda, karasal-deniz geçiş ortamında ve muhtemelen lagün ortamında oluşmuş pek çok kömür damarı bulunmaktadır. Bunlar içinde dört adet kömür damarı, alttan üstte doğru, Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş, kapalı ocaklarda işletilmektedir. Tez çalışması kapsamında toplam 30 adet kömür ve kömür damarlarının tavan, taban ve arakesmelerden toplam 126 adet kayaç örneği derlenmiş ve bunlar incelenmiştir. Seçilen 32 adet kayaç örneğinin X-ışınları toz difraktogram (XRD) çalışmaları, çoğu kayaç örneğinin en önemli bileşenini kil minerallerinin oluşturduğunu göstermektedir. Buna ilave olarak örneklerde kuvars, kalsit, dolomit, feldispat, aragonit gibi mineraller de saptanmıştır. Seçilen 22 adet kayaç örneğinin kil fraksiyonu minerallerini ise çoğunlukla illit, simektit, klorit, kaolinit, daha az oranda serpantin, pirofillit, paragonit, talk ve karışık katmanlı kil mineralleri oluşturmaktadır. Tüm kömür örneklerinin kimyasal (proximate) analizleri, bunların havada kuru bazda nispeten yüksek toplam kükürt içeriğine ve düşük kül içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Mineralojik çalışmalar, tüm kömür örneklerinde XRD ve seçilen 17 adet kömür örneği üzerinde SEM-EDX yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Kömür örneklerinde XRD çalışmalarıyla amorf (organik) madde dışında, çoğu örnekte kil mineralleri, pirit, kuvars ve kalsit ve az sayıda örnekte aragonit, feldispat, jips saptanmıştır. SEM-EDX çalışmalarıyla kömür örneklerinde mikron büyüklüğündeki minerallerden Sr içeren barit, Ca-fosfat (apatit), ilmenit, kromit, rutil, sfalerit, sfen, zirkon ve olasılı piroksen ve hornblend tanımlanmıştır. Aynı zamanda SEM-EDX çalışmaları, organik maddenin (kömür) az oranda Ca, S ve iz oranda Mg ve bazı örneklerde de Al ve Na içerdiğini göstermektedir. Tüm kömür örneklerinin element analizleri, kömür bazında ICP-AES ve ICP-MS yardımıyla belirilenmiştir. İncelenen örneklere tüm esas ve eser element içeriklerinin geometrik ortalamaları, örneklere ait analiz sonuçlarının genelde damarlar arasında benzer seviyelerde olduklarını ve Dünya'daki çoğu kömür örneklerine ait sınır değerlerinin arasında kaldığı göstermektedir. Ancak, Cr, Mo, Ni, Ta ve U'un incelenen çoğu örnekte, Dünya'daki çoğu kömür örneklerine ait sınır değerlerini aştığı da belirlenmiştir. Maseral analizi incelenen örneklerde hüminit grubunun en önemli bileşeni oluşturduğunu göstermektedir. Kömür damarlarından alınan tüm örneklerde rastgele hüminit yansıtması ölçüm sonuçlarının ortalamaları, 0,28-0,29 %Rr arasındadır. Bu değerler, incelenen dört kömür damarının kömürleşme derecelerinin benzer ve kömürleşme derecesinin "linyit (yumuşak kahverengi kömür)" aşamasında olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : Kömür, mineraloji, element, maseral, hüminit yansıtması, Kale, Denizli, Türkiye

Danışman : Prof. Dr. Ali İhsan Karayiğit, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalı

MINERALOGY AND PETROGRAPHY OF KALE-KURBALIK (DENİZLİ-TURKEY) COALS

Mustafa Atalay

ABSTRACT

The Kale-Kurbalık coal field is located in the south-western part of Anatolia. In the study area marble, crystallized limestone and dolomite that form the basement rocks are unconformably overlain by the Akçay Group of Oligocene-Early Miocene (Burdigalian) age. The Akçay Group is represented by the Karadere, Mortuma, Yenidere, Künar and Kale Formations. The Middle Miocene to Pliocene aged Muğla Group that overlies the Akçay Group unconformably is formed of the Sekköy, Yatağan and Milet Formations. The Yenidere Formation of Early Miocene (Aquitanian) age includes a number of coal seams occurred in terrestrial-marginal marine and probably in lagoon environment. Four coal seams, from bottom to top, Polat, Şentürk, Şerif and Ziyaçavuş are mining in underground mines. In this work, a total of 30 channel coal samples and a total of 126 rock samples from roof rocks, floor rocks, and dirt bands of the coal seams were collected and have been evaluated. X-ray powder diffraction (XRD) studies of selected 32 rock samples indicate that clay minerals are abundant in rock samples. Some minerals such as quartz, calcite, dolomite, feldspar and aragonite were also determined in rock samples. Clay-fraction minerals of selected 22 rock samples are of mainly illite, smectite, chlorite, kaolinite, and less serpentine, pyrophillite, paragonite, talc and mixed-layer clay minerals. Proximate analyses of all coal samples in an air-dried basis imply that they have relatively high total sulfur contents and low ash yields. Mineralogical studies have been performed on all coal samples with XRD and selected 17 coal samples with SEM-EDX. The XRD studies indicate that clay minerals, pyrite, quartz and calcite form detectable minerals in most coal samples. However, aragonite, feldspar and gypsum were also identified in a few coal samples. The SEM-EDX studies show that micron-sized minerals determined in coal samples are barite with Sr traces, Ca-phosphate (apatite), ilmenite, chromite, rutile, sphalerite, sphene, zircon and possible pyroxene and hornblende. The SEM-EDX studies also indicate that organic matter (coal) includes small amounts of Ca, S and trace amounts of Mg in all samples. Aluminium and Na traces in organic matter have been also determined in some samples. Elemental concentrations on whole-coal basis have been analyzed on all coal samples with ICP-AES and ICP-MS. Geometric mean values of all major and trace elemental concentrations of the coal samples in different coal seams are similar in general, and some of them are between range values of most world coals. However, elemental concentrations of Cr, Mo, Ni, Ta and U in most samples exceed the range values of most world coals. Maceral analyses indicate that huminite group macerals are abundant in the coal samples. Mean values of random huminite reflectances measured on the coal samples from four coal seams are between 0,28-0,29 %Rr. These values indicate that coal rank in the four seams is similar and coal rank can be classified as “lignite (soft brown coal)”.

Keywords **:** Coal, mineralogy, element, maceral, huminite reflectance, Kale, Denizli, Türkiye
Advisor **:** Prof.Dr. Ali İhsan Karayiğit, Hacettepe University, Department of Geological Engineering, Ore Deposits-Geochemistry Section

TEŞEKKÜR

Tez çalışması, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde 2003-2007 yılları arasında yürütülmüş ve Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından 05 01 602 002 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Yazar, bilimsel ve laboratuvar desteklerinden, çalışmanın sonuca ulaştırılmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yön göstericiliğinden dolayı tez danışmanı Prof. Dr. Ali İhsan Karayiğit'e; proje kapsamındaki maddi desteğinden dolayı Hacettepe Üniversitesi'ne; analiz desteğinden dolayı Dr. Xavier Querol ve Dr. Andres Alastuey'in şahsında İspanya'daki CSIC'a; örnekleme konusundaki yardımları nedeniyle Emre Madencilik Ltd. Şti ve Özberil Madencilik Ltd. Şti yetkililerine; alınan örneklerin yaş tayinleri ve ortamsal yorumlamalarındaki yardımlarından dolayı Dr. Yeşim İslamoğlu'na (MTA); çalışmanın değişik aşamalarındaki katkıları nedeniyle üniversitemiz Maden ve Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanlıklarına ve bölüm öğretim elemanlarından Prof. Dr. Abidin Temel, Prof. Dr. Cemal Tunoğlu, Doç. Dr. Tekin Yürür'e; SEM-EDX çalışmaları sırasındaki yardımlarından dolayı Araş. Gör. Evren Çubukçu'ya ve Araş. Gör. Orkun Ersoy'a; XRD çalışmalarında minerallerin tanımlanmasındaki desteklerinden dolayı Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Ömer Bozkaya'ya; laboratuvar çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Yük. Müh. Yılmaz Bulut'a (MTA); tez çalışması sırasındaki bilgisayar desteğinden dolayı Yük. Müh. Ümit Okay Yerin'e teşekkür eder.

Yazar, tez çalışması süresince gösterdikleri sabır, maddi ve manevi destekten dolayı ailesine sonsuz teşekkür eder.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZ……i
ABSTRACT…….. ii
TEŞEKKÜR……. iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ……iv
ŞEKİLLER DİZİNİ……...vi
ÇİZELGELER DİZİNİ……. xi
EKLER DİZİNİ……xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ…… xiv
1. GİRİŞ…… 1
1.1. Çalışmanın Amacı 2
1.2. İnceleme Alanının Tanıtımı..... 2
1.3. Önceki Çalışmalar 5
2. ANALİZ YÖNTEMLERİ……19
2.1. Arazi ve Uydu Görüntü Çalışmaları 19
2.2. Laboratuvar Çalışmaları 31
3. İNCELEME ALANININ JEOLOJİSİ……34
3.1. Giriş..... 34
3.2. Stratigrafi..... 34
3.2.1. Temel Kayaçlar 37
3.2.2. Akçay Grubu..... 37
3.2.2.1. Karadere Formasyonu..... 37
3.2.2.2. Mortuma Formasyonu 40
3.2.2.3. Yenidere Formasyonu 40
3.2.2.4. Künar Formasyonu..... 50
3.2.2.5. Kale Formasyonu 58
3.2.3. Muğla Grubu..... 60
3.2.3.1. Sekköy Formasyonu..... 62
3.2.3.2. Yatağan Formasyonu 64
3.2.3.3. Milet Formasyonu..... 65
3.2.4. Kuvaterner Yaşlı Çökeller..... 65
3.3. Tektonik..... 67
4. KİMYASAL (PROXIMATE) ANALİZLER…….. 71

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam ediyor)

Sayfa

5. MİNERALOJİ……76
5.1. Giriş 76
5.2. Kayaç Örneklerinin Mineralojisi 78
5.3. Kömür Örneklerinin Mineralojisi..... 81
5.4. Kömürlerde Gerçekleştirilen SEM-EDX Çalışmaları 83
6. KÖMÜRLERİN ESAS VE ESER ELEMENT ANALİZLERİ……86
6.1. Giriş 86
6.2. Kömürlerin Esas ve Eser Element İçerikleri..... 88
7. KÖMÜRLERİN PETROGRAFİSİ……...96
7.1. Giriş 96
7.2. Kömürlerde Optik Mikroskop Çalışmaları 100
7.3. Hüminit Yansıtması Ölçümü Sonuçları 121
8. GENEL SONUÇLAR……..124
KAYNAKLAR……...128
EKLER……..132

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası 3

Şekil 1.2. Kale ilçesinin uzaktan görünümü. 4

Şekil 1.3. Çalışma alanı ve çevresinin 1/500.000'lik jeoloji haritası (Pamir, 1974'den alınmıştır). Not: Çalışma alanı haritada kırmızı dikdörtgen içine alınmıştır..... 6

Şekil 1.4. Sahada daha önceden Altınlı (1955), Becker-Platen (1970), Gökçen (1982) ve Hakyemez (1987) tarafından yapılmış jeolojik çalışmalara ait stratigrafik istiflerin karşılaştırılmalı görünümleri (Hakyemez, 1989'den alınmıştır). 7

Şekil 1.5. İnceleme alanının içinde bulunduğu Likya molas basenin Güneybatı Anadolu'daki konumu (Sözbilir, 2005'den). 14

Şekil 2.1. Tez kapsamında yapılan çalışmaların iş akış şeması. 20

Şekil 2.2. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şentürk ve Polat damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları..... 21

Şekil 2.3. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şentürk damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları..... 22

Şekil 2.4. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şentürk damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları..... 23

Şekil 2.5. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şentürk damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları..... 24

Şekil 2.6. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şerif damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları..... 25

Şekil 2.7. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şerif damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları..... 26

Şekil 2.8. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şerif damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları..... 27

Şekil 2.9. Tez çalışması kapsamında örneklenen Ziyaçavuş damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları..... 28

Şekil 2.10. Tez çalışması kapsamında örneklenen Ziyaçavuş damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları..... 29

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 2.11. Tez çalışması kapsamında örneklenen Ziyaçavuş damarlarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları. 30

Şekil 3.1. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik istifi (Hakyemez, 1989). 35

Şekil 3.2. Çalışma alanı ve çevresinin uydu görüntüsü üzerine işlenmiş jeoloji haritası. 36

Şekil 3.3. Temel kayaçlardan bazı görünümler. (A-B) kalkerler, (C-D) şistlerin sırasıyla uzaktan ve daha yakından görünümleri. 38

Şekil 3.4. Kale ilçesinin güneydoğusunda yüzeylenen Karadere Formasyonunun tipik görünümü. 39

Şekil 3.5. Mortuma Formasyonunun üst seviyelerinde yer alan eğimli kumtaşı ve çakıltaşı. 41

Şekil 3.6. Mortuma Formasyonunun üst seviyesindeki çakıltaşının yakından görünümü. 41

Şekil 3.7. Yenidere Formasyonunun taban seviyesindeki akarsu kanal çökelleri. 42

Şekil 3.8. Yenidere Formasyonunun taban seviyesindeki akarsu kanal çökellerini oluşturan çakıltaşlarının yakından görünümü. 42

Şekil 3.9. Yenidere Formasyonu içinde açılmış eski açık işletme şevi 43

Şekil 3.10. Yenidere Formasyonunun tavan seviyesindeki sedimanter kayaçlar 43

Şekil 3.11. İncelenen alanda işletilen kömür damarlarının stratigrafik konumu. Not: Örneklenen kömür damarlarında kömür kalınlığı ortalama 95-115 cm arasındadır. 46

Şekil 3.12. Yenidere Formasyonu içinde açılmış yeraltı kömür ocaklarında ve ocak girişlerinde kömür damarlarının görünümleri. (A) Meriç, (B) Polat ve (C) Şentürk damarları (Emre Madencilik'ten). 47

Şekil 3.13. Yenidere Formasyonu içinde yer alan Şerif (A) ve Ziyaçavuş (B) kömür damarlarının yeraltı ocak girişlerindeki görünümleri. 48

Şekil 3.14. Yenidere Formasyonu içinde açılmış kömür ocakları (Çoşkun Madencilik). 49

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 3.15. Yenidere Formasyonu içinde açılmış kömür ocaklarında işletilen kömür damarının yeraltındaki durumu (Çoşkun Madencilik)..... 49

Şekil 3.16. Yenidere Formasyonu içindeki Şentürk kömür damarının tavan kayacı içindeki Mytilus (Crenomytilus) aquitanicus (Mayer-Eymar, 1858) fosilleri. 51

Şekil 3.17. Yenidere Formasyonu içindeki Şentürk kömür damarının tavan kayacı içindeki Mytilus (Crenomytilus) aquitanicus (Mayer-Eymar, 1858) fosillerinin daha yakından görünümleri. 51

Şekil 3.18. Şerif kömür damarına komşu kayaçlardan alınan örneklerde gözlenen makro fosiller (A:Tympanotonos margaritaceus (Brocchi), B:Melanopsis impressa Krauss, C-D:Agapilia picta (Férussac), E-F:Anadara cardiiformis (Basterot)). 52

Şekil 3.19. Şentürk kömür damarına komşu kayaçlardan alınan örneklerde gözlenen makro fosiller (A-B-C-D:Anadara cardiiformis (Basterot)), Ziyaçavuş kömür damarına komşu kayaçlardan alınan örneklerde gözlenen makro fosiller (E-F: Planorbis sp.). 53

Şekil 3.20. İncelenen alanda Yenidere Köyü çevresindeki Künar Formasyonunun uzaktan (A) ve daha yakından (B) görünümleri. 56

Şekil 3.21. İncelenen alanda Künar Formasyonunun daha yakından görünümleri. (A) Yenidere kuzeydoğusunda Künar Formasyonunun taban seviyesindeki kötü boylanmalı çakıltaşları. (B) Muslugüme Köyü yolu üzerinde yer alan tipik sarımsı gri renkli Künar Formasyonu çakıltaşları-kumtaşlarının görünümü. 57

Şekil 3.22. Kale Formasyonu karstik kireçtaşlarının uzaktan (A) ve daha yakından (B-D) görünümleri. 59

Şekil 3.23. Yenidere, Künar, Yatağan ve Milet Formasyonlarının uzaktan (A) ve daha yakından görünümleri. 61

Şekil 3.24. İncelenen alanda Narlı Köyü çevresinde yüzeyleyen kömür içeren Sekköy Formasyonunun uzaktan (A) ve daha yakından (B) görünümleri. 63

Şekil 3.25. Yatağan ve Milet Formasyonlarının görünümü. 64

Şekil 3.26. Milet Formasyonu mikritik kireçtaşlarının uzaktan (A-B) ve daha yakından (C-D) görünümleri. 66

Şekil 3.27. Yenidere köyünün batısında gözlenen normal fay. 68

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 3.28. Coşkun madenciliğe ait kömür ocaklarının bulunduğu bölgede tanımlanan normal fay. 68

Şekil 3.29. İncelenen alanda Çoşkun Madencilik sahasında yeraltında tanımlanan normal fay. (A) Fay zonunun, (B) fay zonundaki temel kayaçların görünümleri. 69

Şekil 3.30. Yenidere köyünün batısında gözlenen normal faylar ve kömür damar çıkmaları..... 70

Şekil 4.1. İncelenen örneklerde havada kuru bazda kül-alt ısıl değer (AID) ve kül-toplam karbon (TC) içeriklerinin karşılaştırılması. 74

Şekil 4.2. İncelenen örneklerde havada kuru bazda kül-toplam kükürt içeriklerinin karşılaştırılması. 74

Şekil 7.1. İncelenen kömürlerde havada kuru bazda (adb) maseral analizi ile belirlenen hacimce yüzde mineral içeriğinin, kimyasal analizle saptanan ağırlıkça kül miktarlarıyla karşılaştırılması. 105

Şekil 7.2. Polat damarından alınan 04-55 lab nolu örnekten çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (B) ve (D) sırasıyla foto (A) ve (B)'nin mavi ışık ve sarı filtredeki görünümleri. Kısaltmalar: P= pirit, RS= resinit, Alg?= alginit?, KU= kütinit, Epx= epofix bağlayıcı madde. 106

Şekil 7.3. Şentürk damarından alınan 04-51 lab nolu örnekten çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (B) foto (A)'nın mavi ışık ve sarı filtredeki görünümü. Kısaltmalar: Su= süberinit , CH= korpohüminit, D= densinit, Sc= sklerotinit, TU= tekstoülminit, U= ülminit, P= pirit, Epx= epofix bağlayıcı madde. 107

Şekil 7.4. Şentürk damarından alınan 04-51 lab nolu örnekten çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Kısaltmalar: GL= gelinit, AT= atrinit, CH= korpohüminit, U= ülminit D= densinit, P= pirit, Kil min.= kil mineralleri. 108

Şekil 7.5. Şentürk damarından alınan 04-61 ve 04-62 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (B) ve (D) sırasıyla foto (A) ve (B)'nin mavi ışık ve sarı filtredeki görünümleri. Kısaltmalar: RS= resinit, Sc= sklerotinit, KU= kütinit, Epx= epofix bağlayıcı madde. 109

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 7.6. Şentürk damarından alınan 04-51 ve 04-64 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (D) foto (C)'nın mavi ışık ve sarı filtredeki görünümü. Kısaltmalar: Alg= alginit?, P= pirit, U= ülminit, CH= korpohüminit, TU= trkstoülminit, SC= sklerotinit. 110

Şekil 7.7. Şentürk damarından alınan 04-64 lab nolu ve Şerif damarından alınan 04-75 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (A) ve (C) sırasıyla foto (B)ve (D)'nin mavi ışık ve sarı filtredeki görünümleri. Kısaltmalar: P= pirit, U= ülminit, RS= resinit SP= sporonjium. 111

Şekil 7.8. Şerif damarından alınan 04-73 lab nolu örnekten çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Kısaltmalar: FS= fusinit, P= pirit, U= ülminit, D= densinit, CH= korpohüminit..... 112

Şekil 7.9. Şerif damarından alınan 04-73 ve 04-74 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (B) ve (D) sırasıyla foto (A) ve (B)'nin mavi ışıkta ve sarı filtredeki görünümleri. Kısaltmalar: Alg= alginit, CH= korpohüminit, Epx= epofix bağlayıcı madde. 113

Şekil 7.10. Şerif damarından alınan 04-75 ve 04-80 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Kısaltmalar: SC= sklerotinit, P= pirit, U= ülminit, GL= gelinit, HM= hüminit, CH= korpohüminit, RS= resinit. 114

Şekil 7.11. Ziyaçavuş damarından alınan 04-53 ve 04-67 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (B) ve (D) sırasıyla foto (A) ve(B)'nin mavi ışık ve sarı filtredeki görünümleri. Kısaltmalar: Sc= sklerotinit, AT= atrinit, RS= resinit, U= ülminit, Epx= epofix bağlayıcı madde. 115

Şekil 7.12. Ziyaçavuş damarından alınan 04-65 ve 04-67 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Kısaltmalar: U= ülminit, CH= korpohüminit, P= pirit. 116

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Kale-Kurbalık kömür havzasındaki ekonomik kömür damarlarının kalınlık ve derinlikleri (Gökmen vd., 1993). 16

Çizelge 1.2. Kale-Kurbalık kömürlerinin kimyasal (proximate) özellikleri ve sahanın rezervi (Gökmen vd., 1993). 16

Çizelge 1.3. Kale-Kurbalık kömür havzasından alınan bir adet kömür örneğinin kimyasal (proximate), elementer, petrografik ve element analiz sonuçları (Tuncalı vd., 2002). 17

Çizelge 3.1. Saha çalışmaları sırasında kömür tabakalarına komşu kayaçlardan alınan örneklerin paleontolojik yaş tayinleri ve ortamsal yorumlamaları. 54

Çizelge 3.1. (devam ediyor). 55

Çizelge 4.1. Çalışma kapsamında Kale-Kurbalık kömür sahasından alınan kömür örneklerinin havada kuru bazda kimyasal analiz sonuçları. Kısaltmalar: as-rec=örneğin laboratuvara getirildiği durumda. 72

Çizelge 5.1. Kömürlerde gözlenen mineraller (Ward, 2002'den) 77

Çizelge 5.2. Alınan kayaç örneklerinin X-Işınları toz ve kil difraktogramlarında tanımlanan mineraller. 79

Çizelge 5.3. Çalışma kapsamında Kurbalık kömür sahasından alınan kömür örneklerinin XRD toz difraktogramlarında tanımlanan mineraller. 82

Çizelge 6.1. Kömürlerde rastlanılan, çevre ve sağlık açısından duyarlı 25 element ve kömürde çoğunlukla bulunuş şekilleri (Finkelman and Gross, 1999). 87

Çizelge 6.2. Kale-Kurbalık kömür sahası Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarından alınan kömür örneklerinin bazı esas ve eser element içeriklerinin sınır değerleri. bdl: Dedeksiyon limitinin altında. Not: Aksi belirtilmedikçe değerler ppm'dir. 89

Çizelge 6.2. (devam ediyor). 90

Çizelge 6.3. Kale-Kurbalık kömür sahası Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarından alınan kömür örneklerinin bazı esas ve eser element içeriklerinin geometrik ve aritmetik ortalama değerleri. Not: Aksi belirtilmedikçe değerler ppm'dir. 91

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

Sayfa

Çizelge 6.3. (devam ediyor)..... 92

Çizelge 6.4. Çalışma kapsamında Kale-Kurbalık kömür sahasından alınan kömür örneklerinin kül ve element içeriklerinin Pearson korelasyon katsayıları. (**): %99 güven aralığında, (*): %95 güven aralığında..... 93

Çizelge 7.1. Linyitlerin maseral grupları, maseral alt grupları, maseralleri ve maseral tipleri (Stach et al., 1982; ICCP, 2001; Sýkorová et al., 2005)..... 98

Çizelge 7.2. İncelenen kömürlerde tanımlanan maseral ve minerallerin modal analiz orijinal sonuçları. 101

Çizelge 7.2. devam ediyor. 102

Çizelge 7.3. İncelenen kömürlerde tanımlanan maseral ve minerallerin hesaplanan hacimce yüzde değerleri 103

Çizelge 7.3. devam ediyor. 104

Çizelge 7.4. İncelenen kömürlerde tanımlanan maseral gruplarının ve minerallerin hesaplanan hacimce yüzde değerleri. Kısaltmalar: H= hüminit, L= liptinit, I= inertinit, MM= mineral madde, mmf= mineral maddesiz bazda. 118

Çizelge 7.5. Çizelge 7.5. Kömür damarlarına göre maseral, maseral alt grubu,maseral grubu ve minerallere ait ortalama hacimce yüzde değerleri. Not: Parantez içinde verilenler mineral-maddesiz bazdadır. 119

Çizelge 7.6. İncelenen kömürlerde ölçülen rastgele hüminit yansıtma sonuçları. Kısaltmalar: n=ölçüm sayısı, %Rr=yüzde rastgele hüminit yansıtması, s=standart sapma. 122

EKLER DİZİNİ

Sayfa

Ek Çizelge 1. Çalışma kapsamında kömür damarlarından alınan örneklere uygulanan analiz yöntemleri……..……132

Ek Çizelge 2. Çalışma kapsamında kömür damarlarına komşu kayaçlardan alınan örneklere uygulanan analiz yöntemleri…….……..133

Ek Çizelge 3. Kale-Kurbalık kömür sahasından alınan Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarına ait 30 adet kömür örneğinin bazı esas element ve eser element bileşimleri……..……136

Ek Şekil 1. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası……...139

Ek Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası……..140

Ek Şekil 3-32. Kale-Kurbalık kömür sahasında gözlenen kömür damarlarından alınan kömür örneklerinin XRD toz difraktogramları.....……...141-170

Ek Şekil 33-75. İncelenen kömür örneklerinden çekilen SEM görüntüleri……...171-213

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SEM-EDX: Taramalı elektron mikroskobu- enerji dağılım spektrometresi.

ICP-AES: Atomik emisyon spektrometresi.

ICP-MS: Plazma-kütle spektrometresi.

MTA: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.

TÜBİTAK: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu.

TKİ: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu.

H.Ü.: Hacettepe Üniversitesi.

K: Kuzey.

G: Güney.

B: Batı.

D: Doğu.

1. GİRİŞ

İçerisinde bulunduğumuz yüzyılda gelişimi daha da hızlanan teknolojik ilerleme ve nüfus artışı ülkelerin enerji ihtiyacını oldukça artırmaktadır. Bu artışın önümüzdeki dönemlerde de hızlanarak devam edeceği açıktır. Bugün dünyanın enerji ihtiyacının karşılanmasında fosil yakıtlar önemli bir yer tutmaktadır. Fosil yakıtlar (petrol, doğalgaz, kömür) sadece enerji hammaddesi değil; aynı zamanda birçok sanayinin (boya, plastik, eczacılık, kozmetik, demir-çelik, alüminyum, v.b.) ana girdilerinin üretildiği hammaddelerdir. Bugünkü tüketim seviyeleri ile dünya petrol rezervlerinin 40 yıl, doğalgaz rezervlerinin 60 yıl ve linyit rezervlerinin ise yaklaşık 160 yılda tükeneceği tahmin edilmektedir (TKİ, 1998). Fosil yakıtların tükenebilirliği bir yana, ihtiyaç bulunan enerji kaynaklarının makul fiyatlarla ve kesintisiz temini diğer bir sorundur. Fosil yakıtların yol açtığı emisyonlar, bölgesel ve küresel çevre sorunlarına yol açması dikkat edilmesi gereken diğer noktadır (TÜBİTAK, 2003). Türkiye'nin olası petrol ve doğalgaz krizlerine müdahale gücünün olmaması, enerji kaynağının temininde güvenilirlik gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır. Bu ise, yerli kaynaklarımızın enerji ihtiyacını karşılamada kullanım oranının artırılması ile mümkündür. Sadece diğer fosil kaynaklara göre rezervin büyüklüğü açısından değil, kömür yataklarının yurdumuzun çeşitli bölgelerine dağılmış olması, ekonomik-coğrafik-kültürel kalkınmaya son derece olumlu etkide bulunması, işletilmesi nedeniyle ortaya çıkan katma değer, elektrik enerjisi üretiminde kWh başına ucuz hammadde olması ve emniyetli taşınması gibi faktörler kömürü Türkiye'nin en önemli fosil enerji kaynağı haline getirmektedir (TKİ, 2001). Bu nedenle, ülkemizin sahip olduğu mevcut kaynakların detaylı incelenmesi, bu kaynakların daha verimli kullanılması ve bu bilgiler ışığında yeni kaynakların araştırılması önem kazanmaktadır.

Tez kapsamında incelenen Denizli-Kale-Kurbalık kömür sahası (Şekil 1.1) çeşitli özel şirketler tarafından kapalı ocak işletmesi şeklinde işletilmektedir (Ek Şekil 2). Havzada üretilen kömürün büyük bir kısmı çevre il ve ilçelerin yakacak ihtiyacını karşılamada kullanılmaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı

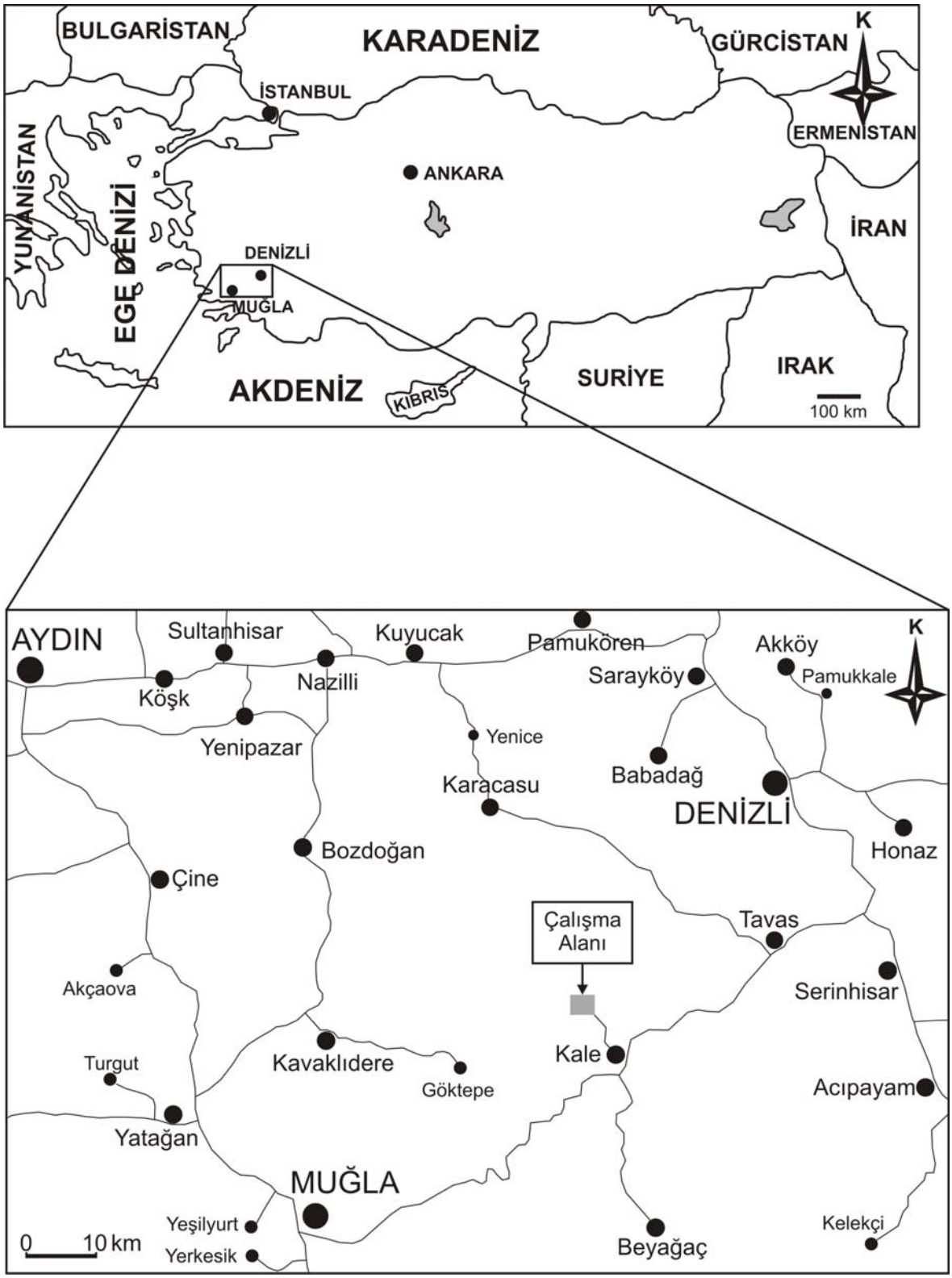
Kurbalık (Kale-Denizli) köyü civarında yer alan kömür oluşumları, oluşum (çökelme) ortamı açısından son derece ilginç gözükmektedir. Çünkü ülkemiz kömürlerinin çok büyük bir kısmı karasal-göl ortamında oluşmuştur. Buna karşın, Kurbalık kömürlerinin karasal-deniz geçiş ortamında ve muhtemelen lagün ortamında oluştuğu, yani kömürlerin paralik fasiyeste meydana geldiği belirtilmektedir (Hakyemez, 1987; 1989). Bu yönüyle bu çökelme ortamında oluşmuş kömürlerin özelliklerinin incelenmesi mevcut bilgi birikimimizin artması açısından önem taşımaktadır. Diğer taraftan bu çalışma kapsamında ortaya konulacak kömür özellikleri, ilgili sahada yer alan kömürlerin gelecekte daha iyi bir şekilde değerlendirilmesi açısından gerekli olacak temel bilgilerin üretilmesi yönüyle de önem taşımaktadır.

1.2. İnceleme Alanının Tanıtımı

İnceleme alanı, Denizli il merkezinin 75 km güneybatısında yer alan Kale ilçesinin 22 km kuzeybatısında bulunan Kurbalık mevkiindedir (Şekil 1.1; Ek Şekil 1). Çalışma alanın ve yakın çevresinin en önemli yerleşim birimini 7160 nüfuslu Kale ilçesi oluşturur (Şekil 1.2). İncelenen alanın önemli yerleşim birimleri ise Kurbalık beldesi ile Yenidere, Karakaya ve Muslugüme köyleridir (Ek Şekil 2).

Ulaşım karayolu ile yapılır. Söz konusu yerleşim birimlerinin çoğu ilçe merkezine asfalt yollar ile bağlıdır. Stabilize ve toprak köy yollarının yanı sıra, orman yolları da bulunmaktadır. Bölgede Akdeniz iklimi ile karasal iklimin özellikleri görülebilmektedir. Yıllık yağış miktarı 654 mm civarındadır. En fazla yağış ocak ayında, en az yağış ise temmuz ayında görülmektedir. Bölgenin doğal bitki örtüsünü Akdeniz iklimi bitki örtüsü oluşturmaktadır. Bunlar maki türleri ve iğne yapraklı ağaçlardır. Yalnız yüksek kireçtaşı düzlüklerinde bitki örtüsü çok seyrektir.

Çalışma alanının kuzeyinde ve güneydoğusunda, dağlık alanlar bulunmaktadır. Bunlardan Honazdağ (2571 m), Babadağ (2300 m), Akdağ (2300 m) bölgenin en yüksek yerlerini oluştururlar. Çalışma alanı kuzeyde KD-GB doğrultusunda Yenidere Çayı, güneyde ise KB–GD doğrultusunda Akçay tarafından derin olarak yarılmıştır. Çalışma alanındaki geniş düzlükler Kuvaterner yaşlı birimlerin ve Milet Formasyonunun mostra verdiği yerlerdir.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası



Şekil 1.2. Kale ilçesinin uzaktan görünümü.

Çalışma alanında kömür, kapalı ocak yöntemiyle işletilmektedir. İncelenen alan civarında özel sektöre ait Emre, Özberil, Solmaz ve Çoşkun Madencilik Şirketlerine ait ocaklar Yenidere Köyü çevresinde (Ek Şekil 2) ve bir kömür ocağı da Narlı Köyü kuzeyinde yer almaktadır (Ek Şekil 1). Yenidere Köyü civarındaki kömür ocaklarından yıllık yaklaşık 200 bin ton civarında satılabilir bir kömür üretiminin yapıldığı tahmin edilmektedir. Narlı civarındaki ocakta üretimin ise düşük ısıl değerli olması nedeniyle çok az olduğu belirtilmektedir. Bölgeden üretilen kömür çoğunlukla ısıtmada ve çok daha az miktarda tuğla-kiremit fabrikalarında kullanılmaktadır.

1.3. Önceki Çalışmalar

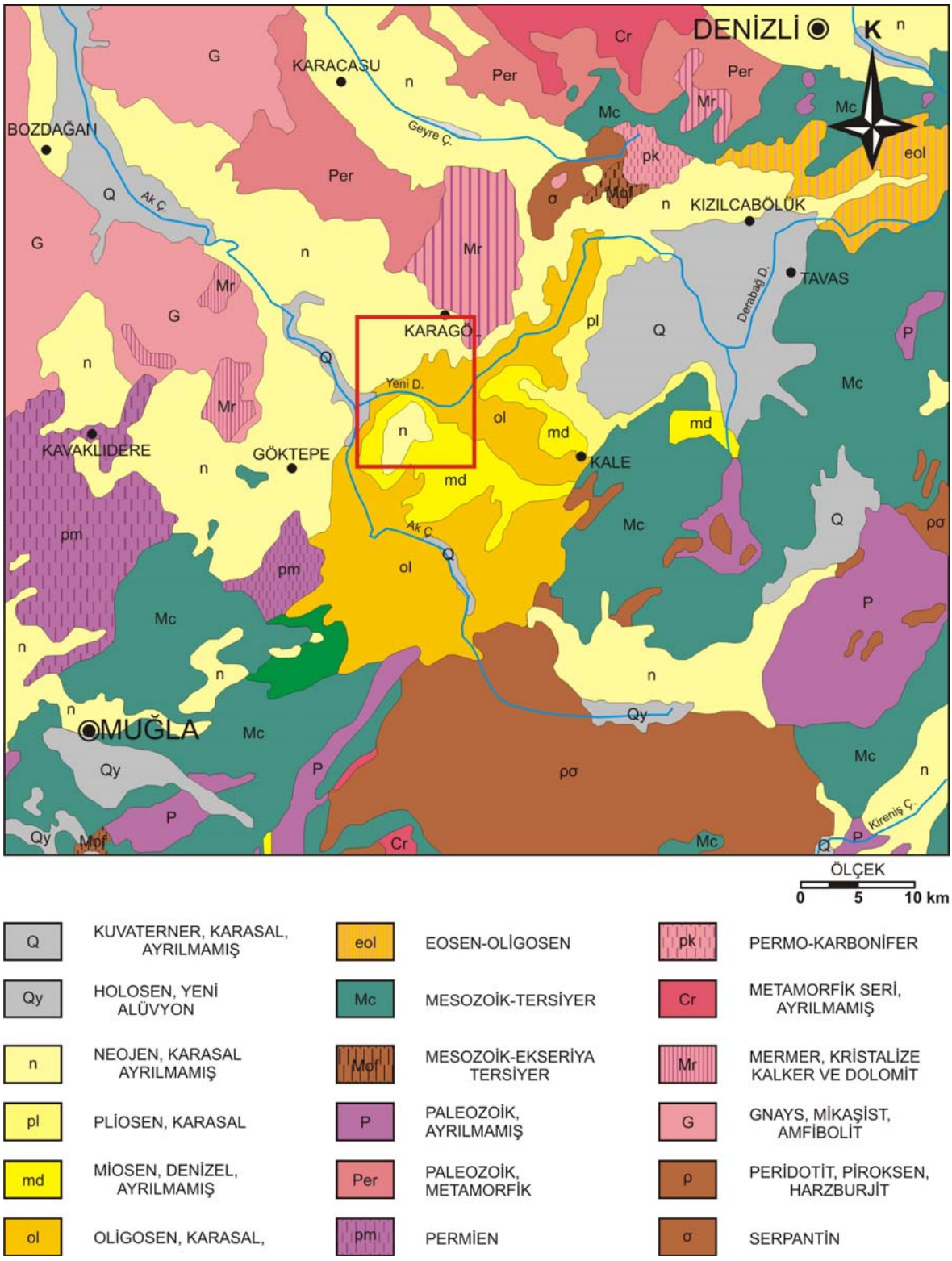
İnceleme alanı ve çevresi, ilginç jeolojik yapısı nedeniyle günümüze kadar jeolojik amaçlı pek çok araştırmaya konu olmuştur. Bu çalışmalardan doğrudan kömürle ilgili olanları oldukça sınırlıdır. Tez konusunun anlaşılmasında yardımcı olabilecek bölgesel veya inceleme alanıyla doğrudan ilgili jeolojik, mineralojik, petrografik, paleontolojik, yapısal ve kömürle ilgili bazı çalışmalar, jeoloji ve kömürle ilgili çalışmalar şeklinde gruplanarak aşağıda özetlenmiştir.

Jeoloji ile ilgili çalışmalar:

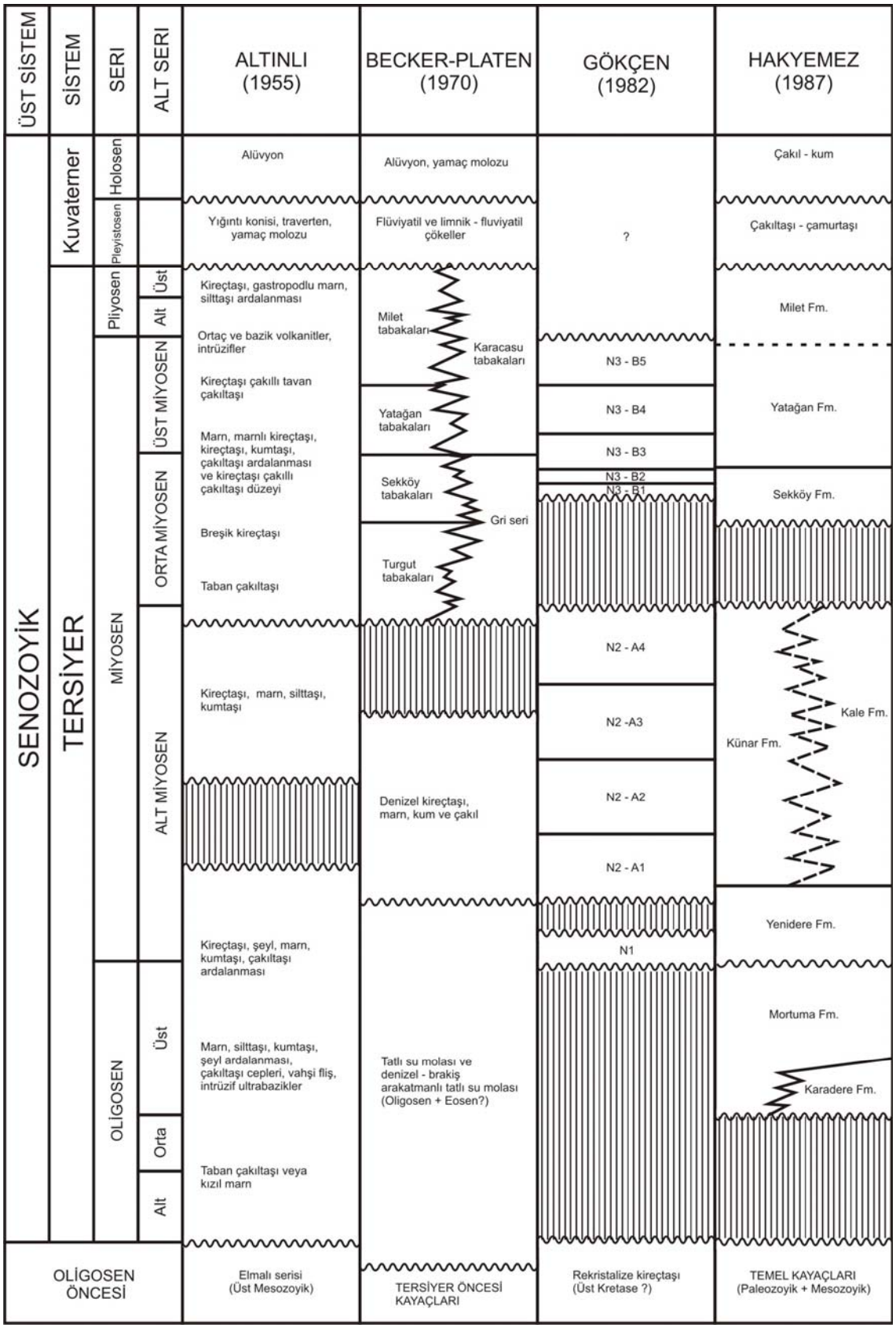
Çalışma alanının 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasındaki konumu, Şekil 1.3'de sunulmuştur. İncelenen alanda temel kayaçları (Mr), mermer, kristalize kalker ve dolomit oluşturmaktadır ve bunların üzerinde Oligosen yaşlı karasal birimler, Miyosen yaşlı ayrılmamış denizel birimler ile Neojen yaşlı ayrılmamış karasal birimler yer almaktadır (Şekil 1.3).

Bölge stratigrafik istifinin daha iyi anlaşılabilmesi açısından önceki çalışmalardan bazıları, örneğin Altınlı (1955), Becker-Platen (1970), Gökçen (1982) ve Hakyemez (1987) tarafından yapılmış jeolojik çalışmalara ait stratigrafik istiflerin karşılaştırılmalı görünümleri Hakyemez (1989)'den alınarak Şekil 1.4'de sunulmuştur.

Altınlı (1955), Denizli güneyinde yaptığı 1/100.000 ölçekli jeoloji incelemesi ile bölgede ilk kez genel stratigrafiyi kurmuştur. Araştırmacıya göre temel kayaçları Üst Mesozoyik yaşlı Elmalı Serisi oluşturur. Temel üzerine uyumsuz olarak Akitaniyen yaşlı çökeller ve intrüzif ultrabazikler gelir. Bu birimler üzerine uyumsuz olarak Helvesiyen yaşlı bol fosilli kireçtaşları yer alır. Bunların üzerine marn, marnlı kireçtaşı ve konglomeralardan oluşan Miyosen yaşlı gölsel ve karasal çökeller uyumsuz olarak gelir. En üste ise Pleyistosen yaşlı genç çökeller bulunmaktadır (Şekil 1.4; Hakyemez, 1987'den).



Şekil 1.3. Çalışma alanı ve çevresinin 1/500.000'lik jeoloji haritası (Pamir, 1974'den alınmıştır). Not: Çalışma alanı haritada kırmızı dikdörtgen içine alınmıştır.



Şekil 1.4. Sahada daha önceden Altınlı (1955), Becker-Platen (1970), Gökçen (1982) ve Hakyemez (1987) tarafından yapılmış jeolojik çalışmalara ait stratigrafik istiflerin karşılaştırılmalı görünümleri (Hakyemez, 1989'den alınmıştır).

Becker-Platen (1970), “Güneybatı Anadolu Senozoyik’inin Litostratigrafik Araştırması“ adlı doktora tezi çalışmasında, Tersiyer ve Kuvaterner stratigrafisini çalışmıştır. Bu çalışmaya göre Tersiyer yaşlı birimlerin en alt düzeyi Eosen (?)-Oligosen–Akitaniyen yaşlı molas çökelleridir. Bunun üzerine de Burgaliyen–Helvesiyen yaşlı çakıl-kum-marn-kireçtaşından oluşmuş denizel bir birim gelir. Daha üstte ise alttan üste doğru, Tortoniyen–Sarmasiyen yaşlı limnik-fluviyatil Turgut tabakaları, Sarmasiyen-Alt Pliyosen yaşlı limnik Sekköy tabakaları, Alt Pliyosen yaşlı karasal Yatağan tabakaları ve Orta–Üst Pliyosen yaşlı limnik Milet tabakaları bulunmaktadır. “Gri Seri“ Turgut ve Sekköy tabakalarının, Karacasu tabakaları ise Yatağan ve Milet tabakalarının eşdeğeri olarak nitelenmiştir (Şekil 1.4; Hakyemez, 1987).

Işıganer (1972), Karakaya Köyü yöresindeki linyite ilişkin çalışmasında, Mesozoyik yaşlı kalkerler üzerinde konglomera-kumtaşı-kil aralanmasından oluşan Oligo-Miyosen molas çökellerinin; bunun üzerinde ilk düzeyi kil-linyit-kum-silt-marn-kumtaşı ardalanmasından, ikinci düzeyi çakıltaşı ve kumtaşlarından; üçüncü düzeyi de siltli, kumlu marn-çakıltaşı-marnlı kireçtaşı ardalanmasından oluşan denizel ve somatr Alt Miyosen çökellerinin; daha üstte Orta-Üst Miyosen yaşlı denizel kireçtaşlarının; en üstte de kil-kum-çakıl-marn ardalanmasından oluşan Pliyosen yaşlı çökellerin varlığından sözetmiştir (Hakyemez, 1987).

Taner (1974) tarafından Denizli bölgesi Neojeninde paleontolojik ve stratigrafik çalışmalar için ölçülü stratigrafik kesitleri yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda fosillere dayanarak havzanın altta tatlı, üstte az tuzlu su fasiyesindeki tortullarla temsil edildiği tespit edilmiştir (Hakyemez, 1982).

Kara (1976), Acıpayam dolayındaki çalışmasında, Tersiyer istifinin alttan üste doğru sırasıyla Oligosen yaşlı kırmızı çakıltaşlarından oluşan molas çökelleri, Miyosen yaşlı denizel çakıltaşı ve kireçtaşı, Pliyosen yaşlı silttaşı ve çakıltaşı, Alt Pliyosen yaşlı çakıltaşı ve Üst Pliyosen yaşlı silt-marn-kireçtaşı-kum-çakıl ardalanmasından ibaret olduğu belirtilmiştir. Pliyosen çökellerinin limnik-fluviyatil karakterde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada Miyosen yaşlı denizel çakıltaşı ve kireçtaşı birimlerine Kale Formasyonu adı verilmiş ve yaşı Burdigaliyen olarak saptanmıştır (Hakyemez, 1987).

Lüttig and Steffens (1976), hazırladıkları “Türkiye Paleocoğrafya Atlası (Oligosen-Pleistosen)” ve “Açıklayıcı Notlar”ında Güneybatı Anadolu’nun da paleocoğrafik gelişimi hakkında fikirler ileri sürmüşler ve bunları harita üzerinde göstermişlerdir (Hakyemez, 1987).

Gökçen (1982) tarafından Denizli ilinin Kale-Yenişehir, Muğla ilinin Göktepe, Kavaklıdere ve Yatağan Bölgeleri Neojen istifi, lito-kronostratigrafi ve osrakod biyostratigrafisi açısından incelenmiştir. Bölgenin kalınlığı ortalama 1900 m’yi bulan Neojen istifi önce sığ denizel ortama ait N1, N2 ve karasal fasiyesi simgeleyen N3 ana litoloji birimine bölünmüştür. İstifin kronostratigrafik bölümlenmesi ostrakod faunası ile birlikte diğer fosil grupları da değerlendirilerek yapılmış ve Alt Akitaniyen, Burdigaliyen, Sarmasiyen, Panoniyen ve Ponsiyen katları ayırt edilmiştir. Bunlardan Kale-Yenişehir civarındaki stratigrafik istifte Alt Akitaniyen yaşlı N1 ile Burdigaliyen yaşlı N2 (alttan üstte doğru, N2 A1, N2 A2, N2 A3 ve N2 A4) belirlenmiştir. Araştırma bölgesi, tanımlanan N1 ve N2 fasiyeslerine göre Neojen istifinin başlangıçta sığ veya litoral bir deniz ortamında, N3 fasiyesine göre de sonraları karasal bir ortamda çökelmenin geliştiği açıklanmıştır. Yazara göre, ılık bir iklimde, somatr tuzlulukta, litoral-sığ derinlikte hareketli ve çalkantılı olan deniz, zaman zaman oldukça derinleşmiştir. Akitaniyen denizi gibi Antalya yöresinden gelmesi olasılı bu denizin, istifin üst seviyelerinin ancak kuzeyde bulunması seviyelerin açık denizi simgeleyen *paracyris* cinsini içermesi, kuzeye gidildikçe bu birimlerin kalınlığının artması nedenlerinden bölgeye kuzeyden, Acıgöl ve Acıpayam üzerinden geldiği anlaşılmaktadır. Denizin Burdigaliyen’den sonra aynı yolla geri çekilmiş olması da yakın olasılık olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, istifin yatay ve yataya çok yakın konumda olması bölgede önemli bir kıvrımlanmanın gelişmediğini belirtmiştir (Şekil 1.4).

Hakyemez ve Örçen (1982) tarafından Muğla-Denizli arasındaki Senozoyik yaşlı çökel kayaların sedimantolojik, biyostratigrafik etüdü yapılmış ve çökelme ortamları açıklanmıştır. Yenidere Formasyonu ilk kez ayırtlanmış ve bu formasyonla Mortuma Formasyonu arasında açısal bir uyumsuzluk belirlenmiştir. Yenidere Formasyonunu Esenkaya Üyesi, Ortaköy Üyesi, Karakaya Üyesi olarak ayırıp adlandırmışlardır. Esenkaya Üyesinin alüvyon yelpazesi, örgülü ırmak ve menderesli ırmak; Ortaköy Üyesinin kıyı ovası, lagün ve kumsal; Karakaya

Üyesinin ise delta ortamında çökeldiği belirtilmiştir. Kömürler Ortaköy Üyesi içinde çeşitli kalınlıklarda beş ana linyit damarı olarak gözlenmiştir. Taşkın ovası ve kıyı ovasının bataklık durumunda olan sığ ve geniş çukurlarında, istifteki otokton linyitleri oluşturan turbaların meydana geldiği belirtilmiştir.

Hakyemez (1987 ve 1989) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda Kale-Kurbalık bölgesindeki Senozoyik yaşlı çökel kayaların jeolojisi ve stratigrafik özellikleri ayrıntılı incelenmiştir. İnceleme konusunu oluşturan Senozoyik yaşlı birimler, Akçay Grubu, Muğla Grubu ve Kuvaterner yaşlı çökeller olarak ayrılmıştır. Akçay Grubu Oligosen-Erken Miyosen (Burdigaliyen) yaşlı Karadere, Mortuma, Yenidere, Künar ve Kale Formasyonlarından; bu grubun üzerinde uyumsuz olarak yer alan Muğla Grubu ise Orta Miyosen (Geç Astarasiyen)-Pliyosen yaşlı Sekköy, Yatağan ve Milet Formasyonlarından oluşmaktadır. Bunların üzerinde Kuvaterner yaşlı çökeller bulunmaktadır (Şekil 1.4). Aynı araştırıcı tarafından Kale-Kurbalık çevresinde yer alan ve bu çalışma kapsamında incelenen kömür oluşumlarının, Yenidere Formasyonunun üst kısmında yer aldığı belirtilmiştir. Yenidere Formasyonu, genel olarak alttan üstte doğru, bloklu çakıltaşı-çamurtaşı ardalanması, çakıltaşı-kumtaşı-silttaşı-kiltaşı ardalanması ve kumtaşı-silttaşı-kiltaşı-killi kireçtaşı-linyit (kömür) ardalanmasından oluştuğu belirtilmiştir. Kömür oluşumları birkaç mm ile 1,8 m kalınlıklara sahip olduğu saptanmıştır. Yenidere Formasyonunun alüvyon yelpazesi, örgülü ırmak, menderesli ırmak, lagün ve kumsal çökelme ortamında oluştuğu belirtilmiştir.

Seyitoğlu and Scott (1996) tarafından yayınlanan çalışmada, Batı Anadolu'da Geç Senozoyik N-S gerilme tektoniğinin En geç Oligosen-Erken Miyosen'de (24-20 Ma) başladığı ve bunun aşırı kalınlaşan kabuğun yayılması ve incelmesiyle ilişkili olduğu belirtilmiştir.

İncelenen alanın içinde bulunduğu Kale-Tavas baseni, Batı Anadolu'da Menderes Masifi ile Toros kuşağı arasında yer almaktadır. Yılmaz et al. (2000) tarafından Batı Anadolu'daki grabenlerin oluşum zamanı ve mekanizması, bölgede yürütülen haritalama çalışmasından elde edilen yeni veriler yardımıyla değerlendirilmiştir. Kale-Tavas baseninde yer alan stratigrafik istif alttan üstte doğru, temel kayaçları likya napları ve bunun üzerine tektonik dokanağa sahip ofiyolitik kayaçlar oluşturmaktadır. Bu temel üzerine uyumsuz olarak Geç Oligosen yaşlı, kırmızı,

kalın, masif-zayıf tabakalı ve kötü boylanmalı kaba konglomeralar içeren Alanyurt Formasyonu ve kireçtaşı, bunun üzerine uyumlu olarak Erken Miyosen yaşlı kanal dolgusu konglomeraları, kumtaşı, silttaşı ve şeyl ardalanması içeren Akçay Formasyonu, bunun üzerine yine uyumlu olarak resifal kireçtaşları içeren Kale Formasyonu gelmektedir. Bu formasyon üzerinde birbiriyle uyumlu, Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı, akarsu-göl çökelleri içeren ve alttaki denizel birimler üzerine uyumsuzlukla gelen birimler tanımlanmıştır. Bunlar, alttan üstte doğru, kalın konglomeralar içeren Esenkaya Formasyonu, çamurtaşı-kumtaşı içeren Yenidere Formasyonu, konglomeralar içeren Göktepe Formasyonu, çamurtaşı-kumtaşı içeren Karagöl Formasyonu ve beyaz renkli Yakındağ kireçtaşlarıdır. Bunların üzerinde uyumsuz olarak Pliyo-Kuvaterner yaşlı kumtaşı-çamurtaşı içeren Kızılcabölük Formasyonu ve yine bunun üzerine uyumsuz olarak gelen alüvyon tanımlanmıştır. Çalışma alanı için Hakyemez (1987 ve 1989) tarafından tanımlanan ve tez kapsamında kullanılan stratigrafik istif ile Yilmaz et al. (2000) tarafından yukarıda tanımlanan stratigrafik istifteki formasyonların yaş konaklarında ve formasyonların isimlendirilmelerinde farklılıklar vardır. Çalışma ile ilgili olanlar şu şekilde özetlenebilir.

- Yılmaz et al. (2000) tarafından tanımlanan Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Alanyurt Formasyonu, kireçtaşı ve Akçay Formasyonu, Hakyemez (1987 ve 1989) tarafından Oligosen yaşlı ve birbiriyle uyumlu Karadere ve Mortuma Formasyonları olarak tanımlanmıştır.
- Yılmaz et al. (2000) tarafından tanımlanan Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Esenkaya ve Yenidere Formasyonları, Hakyemez (1987 ve 1989) tarafından Erken Miyosen (Akitaniyen) yaşlı kömür içeren Yenidere Formasyonu olarak tanımlanmıştır.
- Yılmaz et al. (2000) tarafından tanımlanan Erken Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içeren Kale Formasyonu, Hakyemez (1987 ve 1989) tarafından stratigrafik konumu farklı olmak üzere Künar Formasyonunun yanal eşdeğeri olarak gösterilmiştir.
- Yılmaz et al. (2000) tarafından tanımlanan Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Göktepe ve Karagöl Formasyonları ile Yakındağ kireçtaşı, Hakyemez (1987 ve 1989) tarafından sırasıyla Künar, Yatağan ve Milet Formasyonları olarak isimlendirilmiştir. Daha önce açıklandığı gibi, Künar Formasyonu Erken

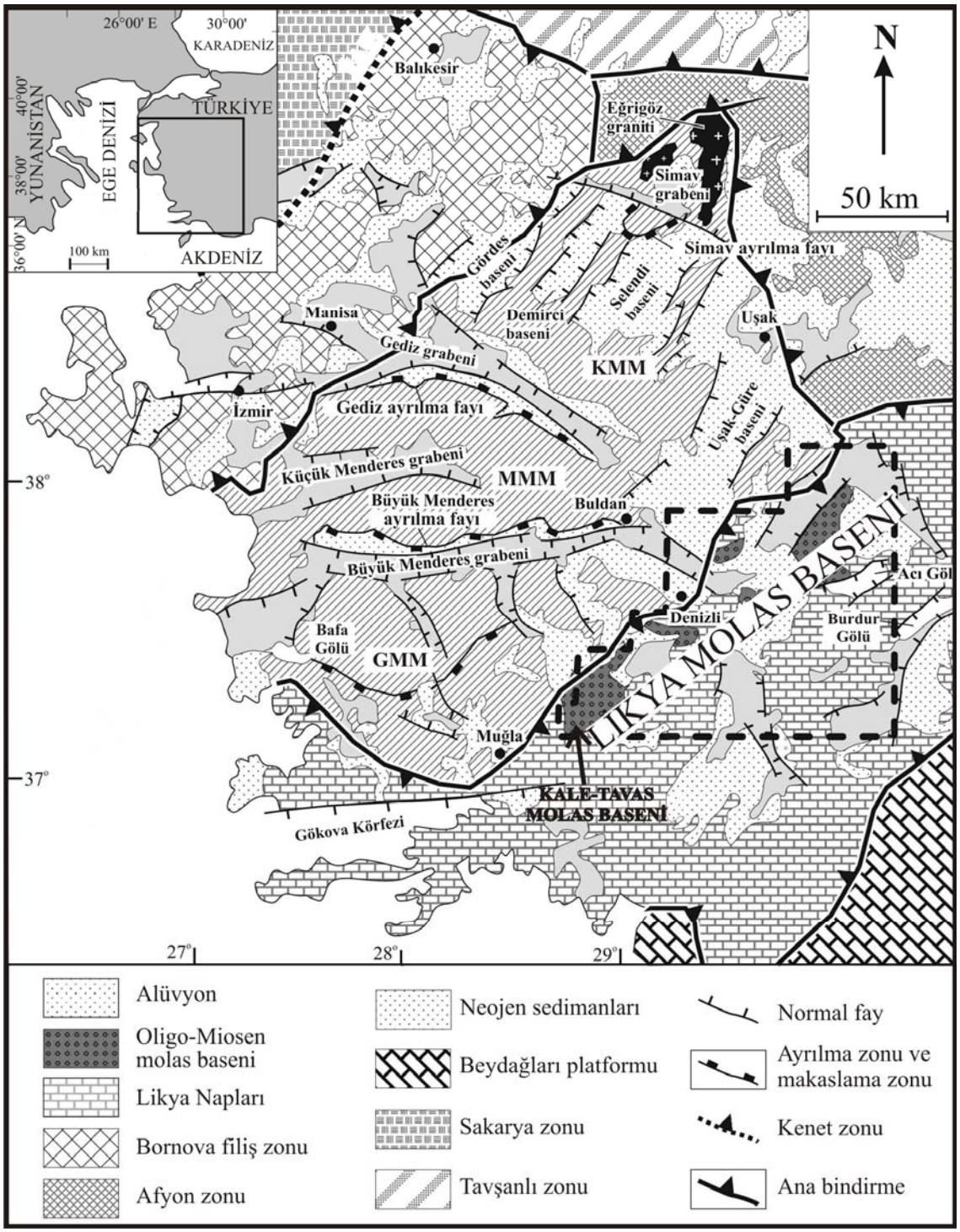
Miyosen (Burdigaliyen), Yatağan Formasyonu Geç Miyosen (Vallesiyen-Türoliyen) ve Milet Formasyonu Pliyosen yaşlı olarak tanımlanmıştır.

Akgün and Sözbilir (2001) tarafından molas yataklarının detay jeolojik haritalaması ve kömür içeren istiflerin ölçülü kesitlerinin karşılaştırılması yardımıyla palinolojik çalışmalar esas alınarak Oligo-Miyosen molas çökellerinin stratigrafisi açıklanmıştır. Kale-Tavas ve Denizli molas basenleri, Batı Anadolu'nun en yüksek dağını oluşturan, yaklaşık 3000 m yüksekliğe sahip ve klastik-karbonat kayaçları içeren Honaz Dağı ile ayrılmaktadır. Kale-Tavas molas çökel istifleri, Hakyemez (1987 ve 1989) ile tanımlananlarla uyumluluk göstermektedir. Şöyle ki, Kale-Tavas molas çökelleri, Oligosen öncesi yaşlı temel kayaçlar üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Temel kayaçları, Mesozoyik Menderes metamorfikleri, Triyas-Üst Kretase Likya napları, Üst Krease ofiyolitik melanj, Üst Paleosen-Alt Eosen Alakaya grubu ve Üst Eosen Kocaali Formasyonu oluşturmaktadır. Bu çalışmada tanımlanan basenin tabanlarındaki Likya napları, alttaki Menderes metamorfikleriyle tektonik bir dokanağa sahiptir. Kale-Tavas baseninde, bu dokanak molas çökelleriyle uyumsuz olarak örtülmektedir. Çökel istif, Şattiyen yaşlı Karadere ve Mortuma Formasyonları ile başlamaktadır. Bunlar, Akitaniyen yaşlı Yenidere Formasyonu ile uyumsuz olarak örtülmektedir. Kale-Tavas molas baseninde Karadere Formasyonunu aluviyal yelpaze çökellerinden oluşmaktadır ve bu birim, uyumlu olarak Mortuma Formasyonu tarafından üzerlenmektedir. Palinolojik incelemeler, Mortuma Formasyonunun Şattiyen yaşlı olduğunu göstermiştir. Aynı yaşın, foraminifer, ostrakod ve gastropod fosillerinden elde edildiği belirtilmiştir. Kömür merceklerinin, formasyonun taşkın düzlüğü ve lagüner kısmında oluştuğu açıklanmıştır. Mortuma Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen Yenidere Formasyonun yaşı, literatürdeki gastropod, pelesipod fosil tanımlamaları ve palinomorflar yardımıyla Akitaniyen olarak belirlenmiştir. Tavas civarında molas çökelleri, Şattiyen yaşlı Karadere ve Mortuma Formasyonlarıyla temsil edilmekte, Akitaniyen ve Burdigaliyen görülmemektedir. Kale civarında Şattiyen yaşlı Mortuma Formasyonu ile Burdigaliyen yaşlı Kale Formasyonu arasında açısal bir uyumsuzluk görülmektedir. İncelenen alanda yer alan Muslugüme köyü ve Kurbalık civarında, Akitaniyen ve Burdigaliyen arasındaki dokanağın uyumlu olduğu belirtilmiştir. Denizli molası ise, Şattiyen-Akitaniyen yaşlı istiften oluşmaktadır ve bu istif, aluviyal yelpaze, karbonat yama resifleri içeren

deltayik-sığ denizel çökellerle karakterize edilen sedimanter fasiyesler içermektedir. Molas çökellerinde iki farklı palinomorf topluluk ayırt edilmiştir. İlk palinomorf topluluk, Şattiyen yaşlı Sağdere ve Mortuma Formasyonlarından alınan örneklerde, ikincisi Akitaniyen yaşlı olanlarda tanımlanmıştır. Kale-Tavas molas baseninde Akçay Grubunun, Muğla Grubunun karasal çökelleri tarafından uyumsuz olarak örtüldüğü belirtilmiştir. Bu grubun, literatür bilgilerine göre, alttan üstte doğru Geç Astarasiyen (Orta Miyosen) yaşlı Sekköy, Turoliyen (Geç Miyosen) yaşlı Yatağan ve Milet Formasyonlarından oluştuğu açıklanmıştır. Yazarlar, molas istifin çökelme zamanının Batı Anadolu'da Geç Oligosen-Erken Miyosen zamanındaki N-S gerilme tektoniğiyle ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bu yüzden molasın, Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin taban çökellerinden daha yaşlı olduğu açıklanmıştır.

Hasdiğen (2001), Kale (GB Denizli) bölgesinde yaptığı çalışmasında Tersiyer yaşlı sedimanter birimlerden, kömür içeren Yenidere Formasyonu hariç olmak üzere, ölçülü stratigrafik kesitler almış, istiflerdeki stratigrafik yapıları belirlemiş, petrografik tanımlamaları ile ağır mineral ve kil fraksiyonlarını incelemiştir.

Sözbilir (2005) tarafından yayınlanan yayında, Güneybatı Anadolu'da tanımlanan Likya molas baseni, Denizli, Çardak-Dazkırı ve Kale-Tavas üç alt basene ayrılarak incelenmiştir (Şekil 1.5). İlgili yayında verilen bilgiler, tez kapsamında daha önce Akgün ve Sözbilir (2001)'de açıklananlarla büyük paralellik taşımaktadır. Ancak bazı paralel ve ilave bilgiler, konunun daha iyi açıklanması açısında incelendiğinde ilgili çalışmada Kale-Tavas alt baseninde Karadere Formasyonunun kömür mercekleri içeren aluviyal yelpaze çökellerinden oluştuğu, Mortuma Formasyonun Geç Oligosen yaşlı kömür içeren lagün sedimanlı, örgülü ve menderesli akarsu çökellerinden oluştuğu, Akitaniyen yaşlı Yenidere Formasyonun çok çeşitli karasal, limnik ve kara-deniz geçiş ortamları çökellerinden oluştuğu belirtilmiştir. Benzer şekilde, Burdigaliyen'in Kale ve Künar Formasyonlarıyla temsil edildiği, Kale Formasyonunun denizel kireçtaşlarından oluştuğu belirtilmiştir.



Şekil 1.5. İnceleme alanının içinde bulunduğu Likya molas basenin Güneybatı Anadolu'daki konumu (Sözbilir, 2005'den).

İslamoğlu vd. (2006), Denizli Bölgesi'ndeki Acıgöl, Denizli, Kale-Tavas molas havzalarına ait çökellerin fosilce zengin seviyelerinden stratigrafik kesitler ölçülmüş ve kesitlerdeki mollusca, bentik foraminifer, nannoplankton, planktonik foraminifer, mercan ve ostrakod fosil topluluklarının tanımlamaları yapılarak fasiyes toplulukları ve biyozonları saptanmıştır. Bu veriler değerlendirilerek bölgedeki Oligosen çökellerinin stratigrafik çatısı ortaya konmuştur.

Kömürlerle ilgili çalışmalar:

Selvi (1974), tarafından Karakaya Köyü yöresindeki sondaj çalışması ön raporunda, Yenidere Formasyonu içersinde yer alan linyitin mümkün rezervi, yaklaşık 20 milyon ton olarak hesaplanmıştır (Hakyemez, 1987'den). Günümüzde bu köy ve çok yakın civarında yapılan arama çalışmaları sırasında önemli bir kömür oluşumuna rastlanılamamıştır.

Gökmen vd. (1993) tarafından ülkemizdeki linyitlerin rezerv durumları, kömür kalınlıkları ve kimyasal özelliklerine ait veriler, "Türkiye Linyit Envanteri" isimli yayında derlenmiştir. İlgili derlemede, incelenen alanda temel kayaçlarını Mesozoyik yaşlı kalkerlerin oluşturduğu, bu birimler üzerine uyumsuz olarak Oligo-Miyosen yaşlı konglomera, kumtaşı ve kiltaşından oluşan birimlerin geldiği belirtilmiştir. Konglomeralar genellikle iyi yuvarlaklaşmış temele ait kalkerlerden oluşur. Daha üstte kil, linyit, kum, marn ve kumtaşlarından oluşan bir seri (m1) gelmektedir. Seri içinde linyitli horizon 50-60 m kalınlıkta olup, çok sayıda linyit damarı içermektedir. Linyitli horizonunun üzerinde gevşek kum, kil ve gevşek marn ardalanmasından oluşan birimler bulunur. M1 serisinin üzerinde ve sahada kılavuz seviye olarak gözlenen konglomera-kumtaşı (m2) seviyesinin yer aldığı belirtilmiştir. Alt Miyosen'e ait çökellerin en üst birimini ise silt, kumlu-marn, konglomera ve marno-kalkerler (m3) ve Miyosen yaşlı denizel kalkerler (Md) oluşturur. Sahanın tektonik açıdan çok sade bir yapıya sahip olduğu ve çökellerin GB-KD eksenli çok geniş kavisli bir senklinal içersinde yer aldığı ve tabaka eğimlerinin 5-10 derece arasında olduğu belirtilmiştir. İlgili yayında, Kurbalık havzası kömürleriyle ilgili olanlar, tez kapsamında Çizelge 1.1 ve Çizelge 1.2'de sunulmuştur. Bu yayında bölgede altı adet damar olduğu ve bunların yalnız dört adedinin ekonomik kalınlıklara sahip olduğu belirtilmiştir. Çizelgelerde de

Çizelge 1.1. Kale-Kurbalık kömür havzasındaki ekonomik kömür damarlarının kalınlık ve derinlikleri (Gökmen vd., 1993).

Özellikler	**Kömür Damarları**			
Kömür Kalınlıkları	Alt I. Damar	II.Damar	III.Damar	Üst IV. Damar
Minimum kalınlık (m)	1,00	0,60	0,95	0,60
Maksimum kalınlık (m)	7,30	7,80	2,40	2,45
Ortalama kalınlık (m)	3,30	3,67	1,52	1,43
Kömür Derinlikleri				
Minimum derinlik (m)	-	-	-	20,25
Maksimum derinlik (m)	-	-	-	196,9
Ortalama derinlik (m)	-	-	-	120

Çizelge 1.2. Kale-Kurbalık kömürlerinin kimyasal (proximate) özellikleri ve sahanın rezervi (Gökmen vd., 1993).

Orijinal Kömürde Kimyasal Özellikler	
Nem (%)	25,57
Kül (%)	31,6
Alt ısıl değer (kcal/kg)	2280
Sahanın Rezervi, ton	
Görünür	-
Muhtemel	-
Mümkün	8.184.000
Toplam	8.184.000
Yayılım alanı (km^2)	2,5

görüldüğü gibi, havzada yer alan kömür damarları nispeten düşük alt ısıl değere sahiptir. İlgili çalışmada kömürlerin kükürt içeriği hakkında bir bilgi verilmemiştir.

Tuncalı vd. (2002), Kurbalık kömür sahasındaki üç kömür damarından alınan bir adet kömür örneğinin kimyasal (proximate), petrografik ve mineralojik analizleri ile elementer bileşimleri araştırılmıştır. Kömür damarı Erken Miyosen yaşlı Yenidere Formasyonu olması gerekirken Sekköy Formasyonu içinde gösterilmiştir. Tez çalışması ile ilgili olanlar, Çizelge 1.3'de sunulmuştur. Örnekte toplam kükürt

Çizelge 1.3. Kale-Kurbalık kömür havzasından alınan bir adet kömür örneğinin kimyasal (proximate), elementer, petrografik ve element analiz sonuçları (Tuncalı vd., 2002).

Kale-Kurbalık		Orijinal	Havada kuru	Kuru	Kuru külsüz
Tam analiz (%)	Nem	28,09	8,40	-	-
	Kül	13,34	16,99	18,54	-
	Uçucu madde	30,95	39,43	43,05	52,85
	Sabit karbon	27,62	35,18	38,41	47,15
Kükürt (%)	Yanar kükürt	2,70	3,44	3,75	4,61
	Külde kükürt	1,01	1,29	1,41	-
	Toplam kükürt	3,71	4,73	5,16	-
	Piritik kükürt	2,42	3,08	3,36	-
Isıl değer (kcal/kg)	Alt ısıl değer	3200	4237	4679	5744
	Üst ısıl değer	3522	4486	4897	6013
Elementer analiz (%)	C (karbon)	37,21	47,4	51,75	63,53
	H (hidrojen)	3,00	3,82	4,17	5,12
	N (azot)	0,77	0,98	1,07	1,31
	O (oksijen)	14,89	18,97	20,72	25,43
	S (yanar kükürt)	2,70	3,44	3,75	4,61
Petrografik Bileşim (%)	Hüminit	Liptinit	İnertinit	Pirit	Kil, silt, vb.
	76	6	4	4	10
% Hüminit yansıtması 0,453 %Rmax, 0,194 %Rmin, 0, 290 % Rort					

Esas element oksit bileşimleri (%)		**Eser element bileşimleri (ppm)**					
Na_2O	0,17	**As**	47	**Ge**	1,9	**Sc**	1,4
MgO	1,21	**B**	175	**Hg**	0,11	**Se**	3,7
Al_2O_3	1,76	**Ba**	79	**Li**	4,2	**Sr**	256
SiO_2	3,73	**Be**	0,4	**Mn**	47	**Ti**	<0,4
P_2O_5	0,04	**Cd**	<0,1	**Mo**	11	**Th**	1,9
K_2O	0,13	**Co**	2,5	**Nb**	1,4	**U**	16
CaO	2,67	**Cr**	55	**Ni**	55,8	**V**	20
TiO_2	0,07	**Cs**	0,6	**Pb**	1,9	**Y**	5,6
MnO	0,02	**Cu**	6	**Rb**	7	**Zn**	14
Fe_2O_3	4,43	**Ga**	2,4	**Sb**	4	**Zr**	4

içeriği havada kuru bazda oldukça yüksek değerde (%4,73) saptanmıştır. Petrografik çalışmalar sonucunda kömürün ortalama hüminit yansıtması ise %0,29 olarak saptanmıştır. X-ışınları toz difraktogram incelemeleri ile bu kömür örneğinde pirit, kuvars, kalsit, jips, kaolinit, klorit, mika ve simektit grubu kil mineralleri tayin edilmiştir. Bir örneğe ait iz element analiz sonuçlarına göre As (47 ppm), B (175 ppm), Cr (55 ppm), Mo (11 ppm), Ni (55,8 ppm), Sb (4 ppm), Sr (256 ppm) ve U (16 ppm) içeriklerinin Dünya kömürlerine ait ortalamalardan daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Palmer et al. (2004) tarafından Tuncalı vd. (2002)'deki çalışmada verilen bilgiler, bölgelere ve yaşa göre değerlendirilmiştir. Ayrıntılı bilgiler, yukarıda verildiğinden konunun ayrıntısına burada değinilmemiştir.

2. ANALİZ YÖNTEMLERİ

Tez çalışması sırasında tez çalışmasına uygun olarak yeraltı kömür ocaklarından kayaç ve kömür örnekleri alınmış ve örneklere uygulanan yöntemler bu bölümde değerlendirilmiştir. Analiz yöntemlerinin iş akış şemasındaki gösterimi Şekil 2.1'de verilmiştir.

2.1. Arazi ve Uydu Görüntü Çalışmaları

Tez kapsamında kömür ocakları çevresinde yer alan ve daha önce Hakyemez ve Örçen (1982), özellikle Hakyemez (1987 ve 1989) tarafından hazırlanan jeoloji haritaları yerinde kontrol edilmiştir. Bu kontroller sırasında formasyon sınırları GPS ile yerinde ölçülerek revize edilmiştir (Ek Şekil 2). Bu çalışmalar sırasında dokanak sınırlarında önemli bir kayıklığın olmadığı görülmüştür. Ayrıca, yeraltı imalat haritalarında tanımlanmış faylar, jeoloji haritalarıyla deneştirilmiş ve yüzeyde tanımlanmamış pek çok küçük fayın yeraltında varlığı görülmüştür.

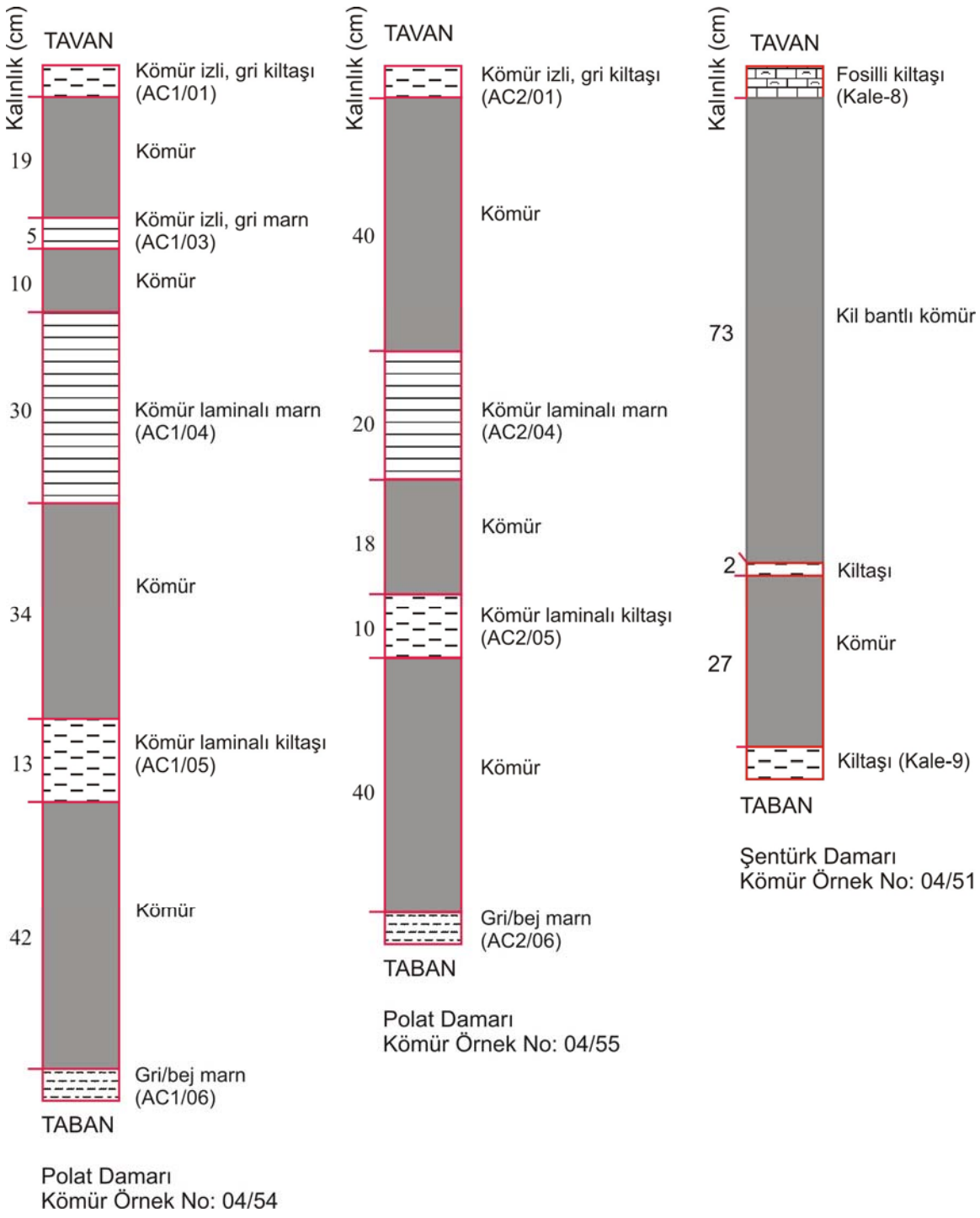
Bölgeye ait LANDSAT 7 uydusu görüntüleri Global Mapper programı kullanılarak bölgeye ait jeoloji haritası ile birleştirilerek, çalışma alanının renkli görüntüsü elde edilmiştir. Daha sonra bu görüntülerin yardımı ile arazide gerçekleştirilen GPS ölçümleri ve saha gözlemleri değerlendirilerek bölgeye ait mevcut jeoloji haritası güncellenmiştir.

Tez kapsamında örnekleme çalışmaları, kömür sahasında işletilen kömür damarlarının en iyi gözlendiği Emre Madencilik Ltd. Şti'ye ait yeraltı ocaklarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalara ilave olarak, Özberil Madencilik Ltd. Şti'ye ait yeraltı kömür ocaklarından da örnekleme yapılmıştır. Diğer taraftan tez kapsamında bölgedeki tüm ocaklar yerinde incelenmiş, ancak sınırlı laboratuvar olanakları nedeniyle örnekleme yapılmamıştır. İlgili şirketlere ait ocakların konumları Ek Şekil 2'de sunulmuştur.

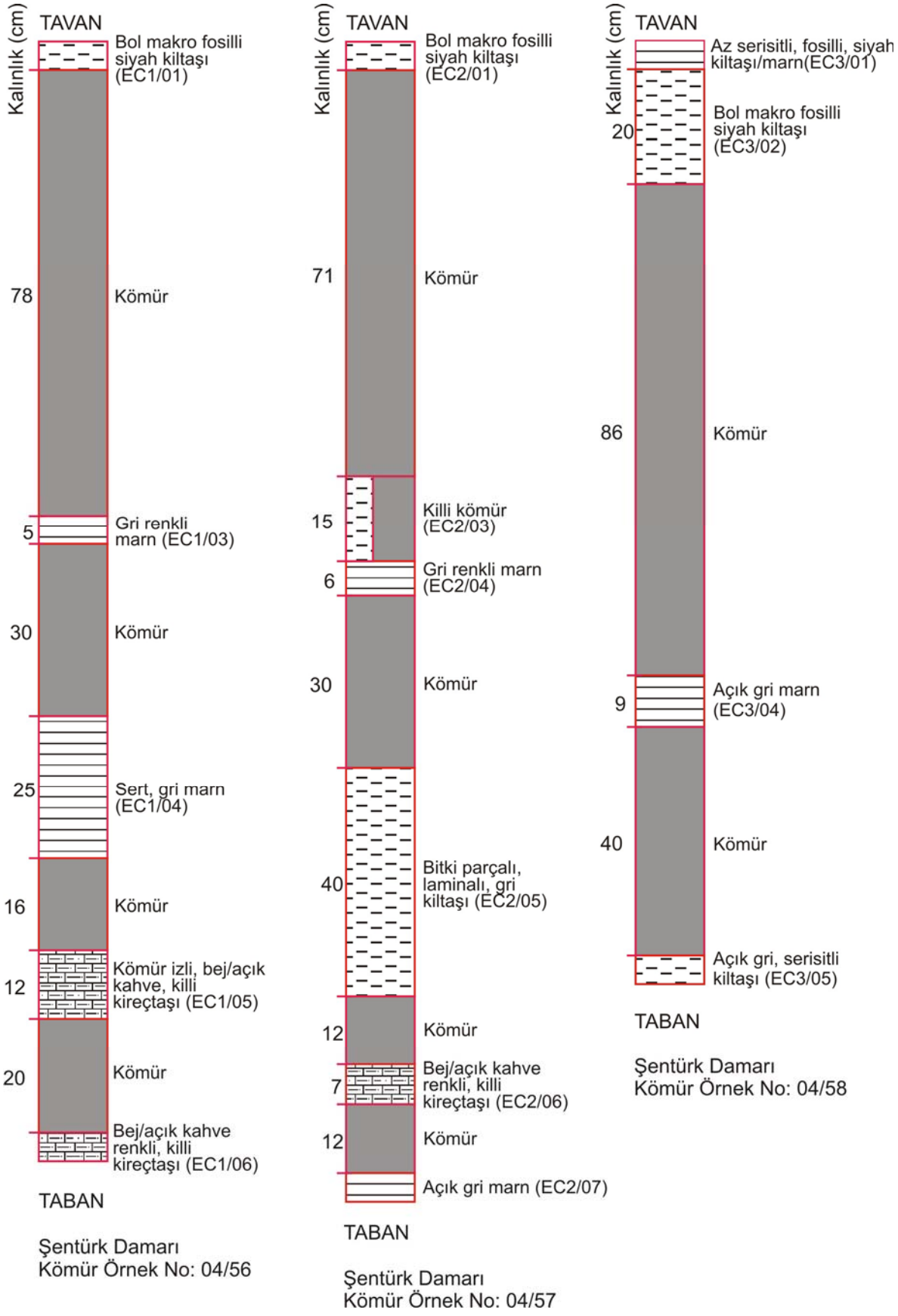
Yeraltı ocaklarında kömür örneklemesi sırasında önce kömür damarının yerinde makroskopik kesitleri çıkarılmıştır (Şekil 2.2-2.11). Daha sonra oluk örneklemesi şeklinde kömür örneği alınmıştır. Bu örnekleme sırasında arakesmelerin (kömür

Şekil 2.1. Tez kapsamında yapılan çalışmaların iş akış şeması.

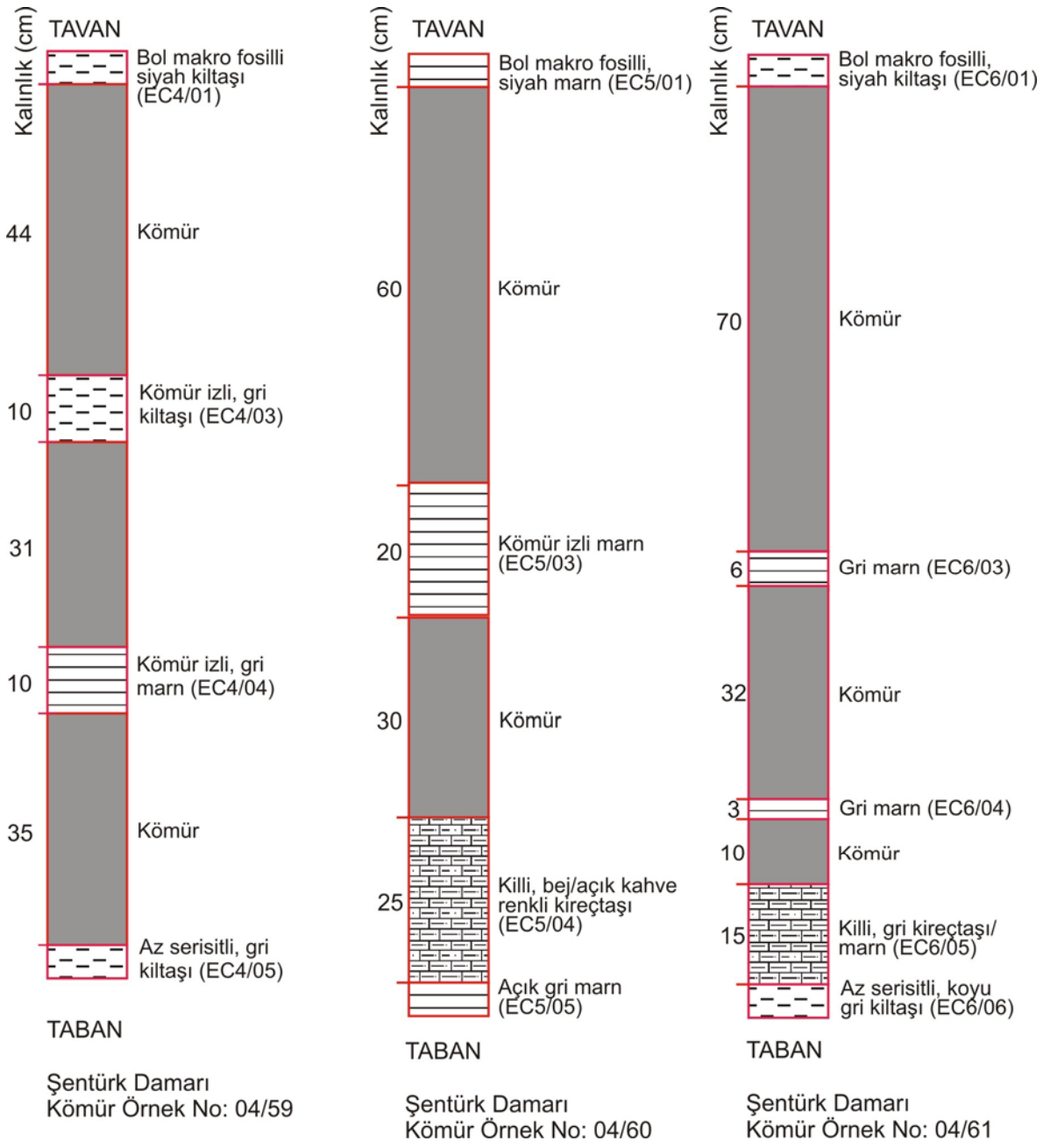
Şekil 2.1. Tez kapsamında yapılan çalışmaların iş akış şeması.



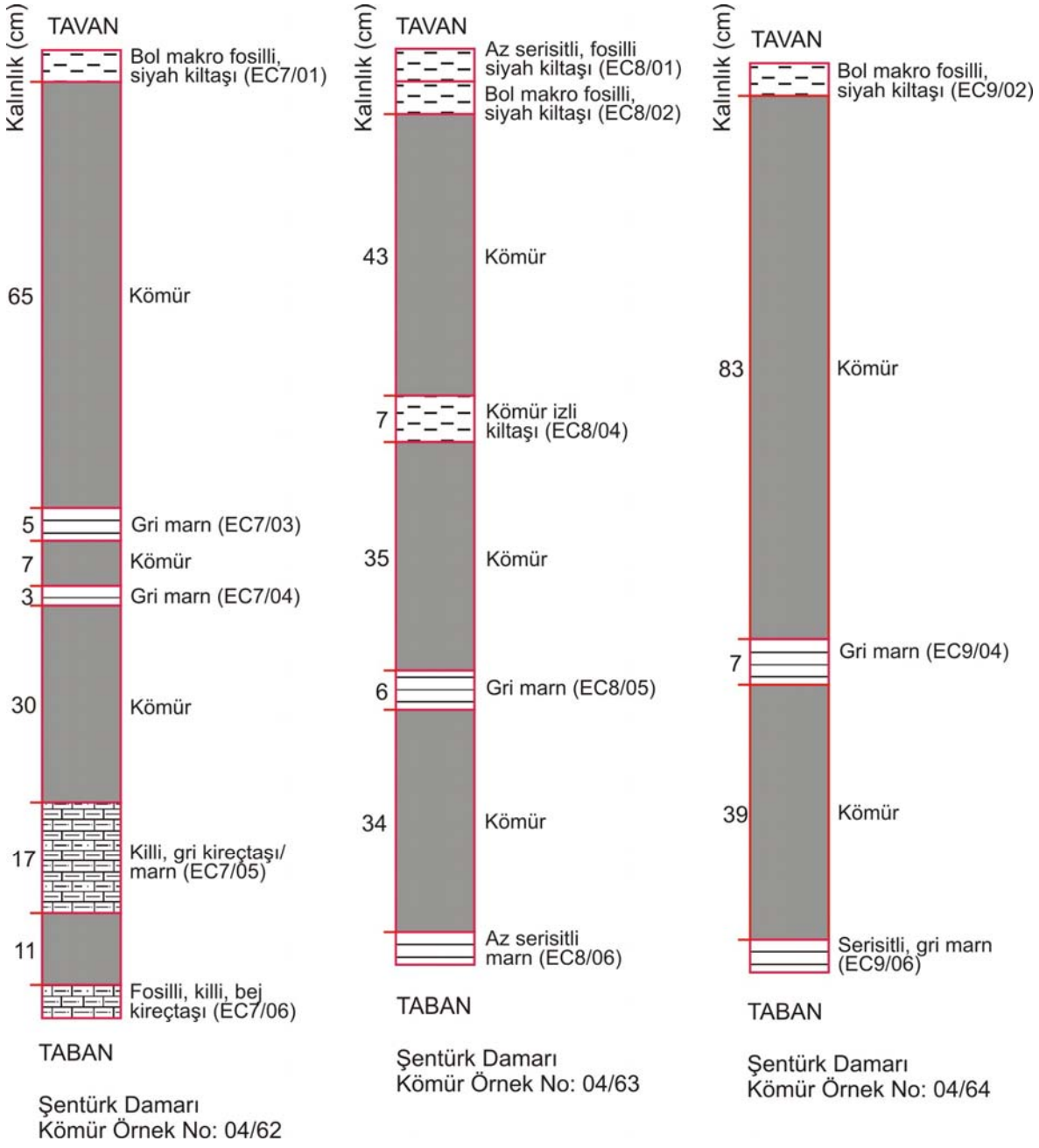
Şekil 2.2. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şentürk ve Polat damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları.



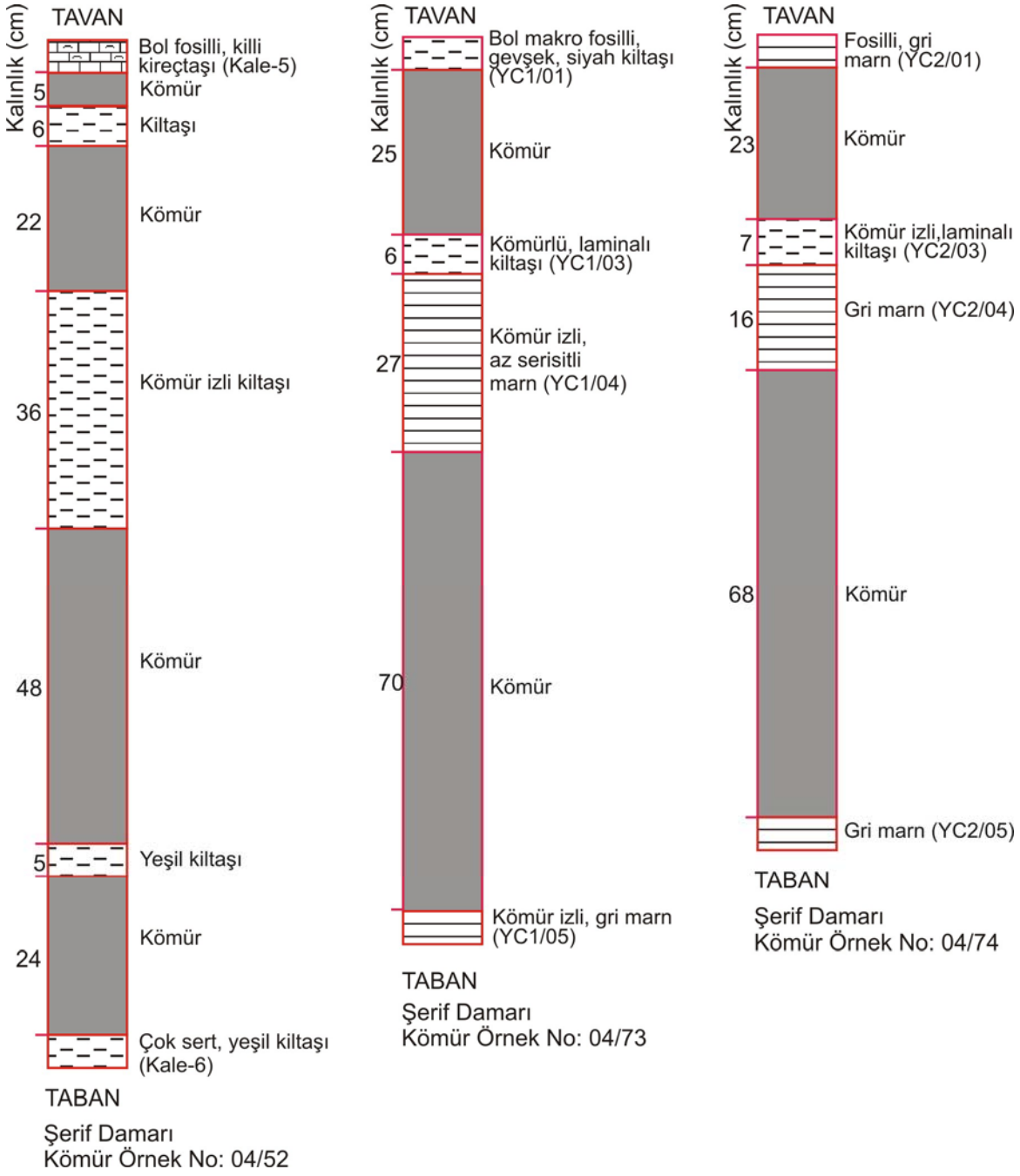
Şekil 2.3. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şentürk damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları.



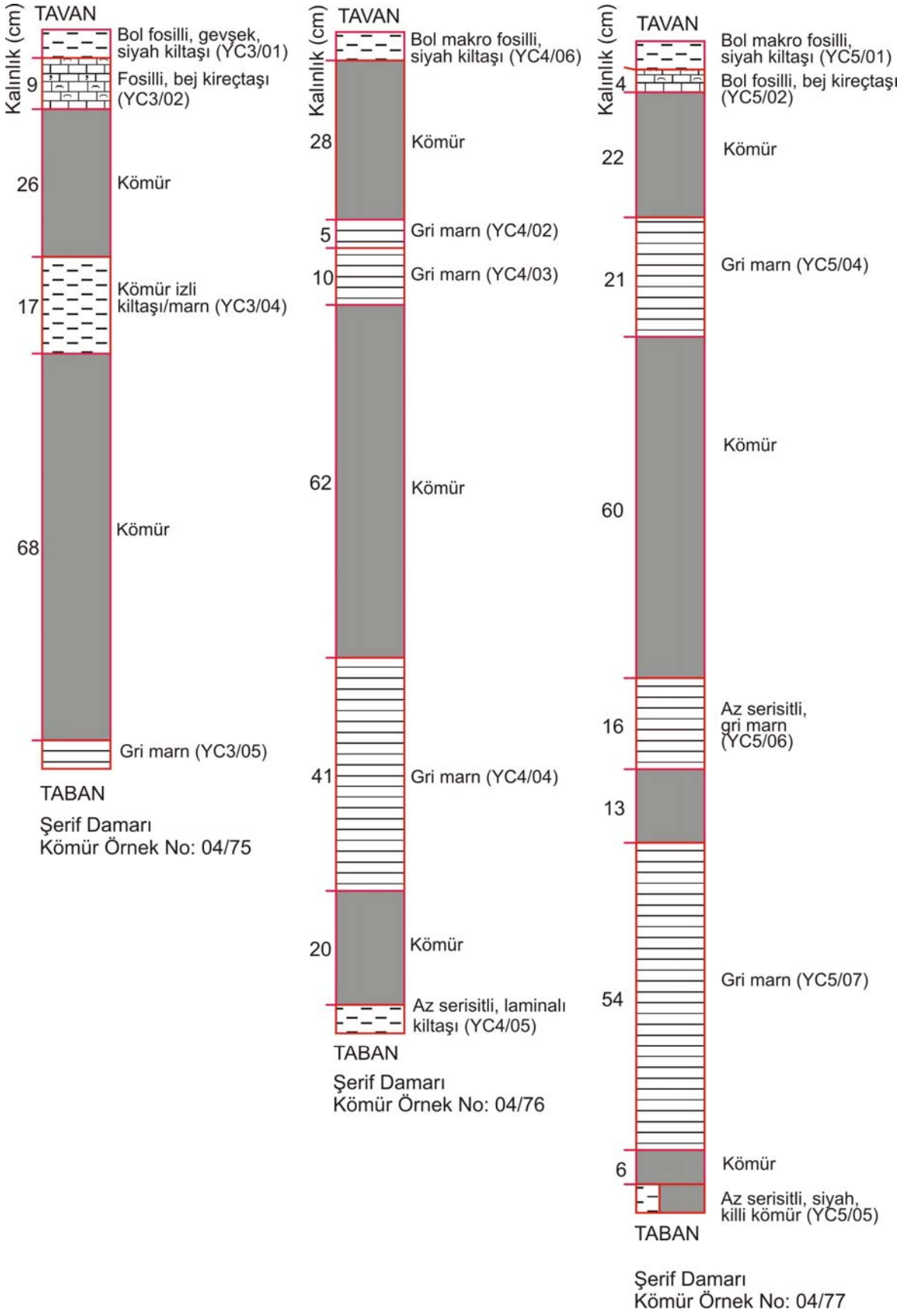
Şekil 2.4. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şentürk damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları.



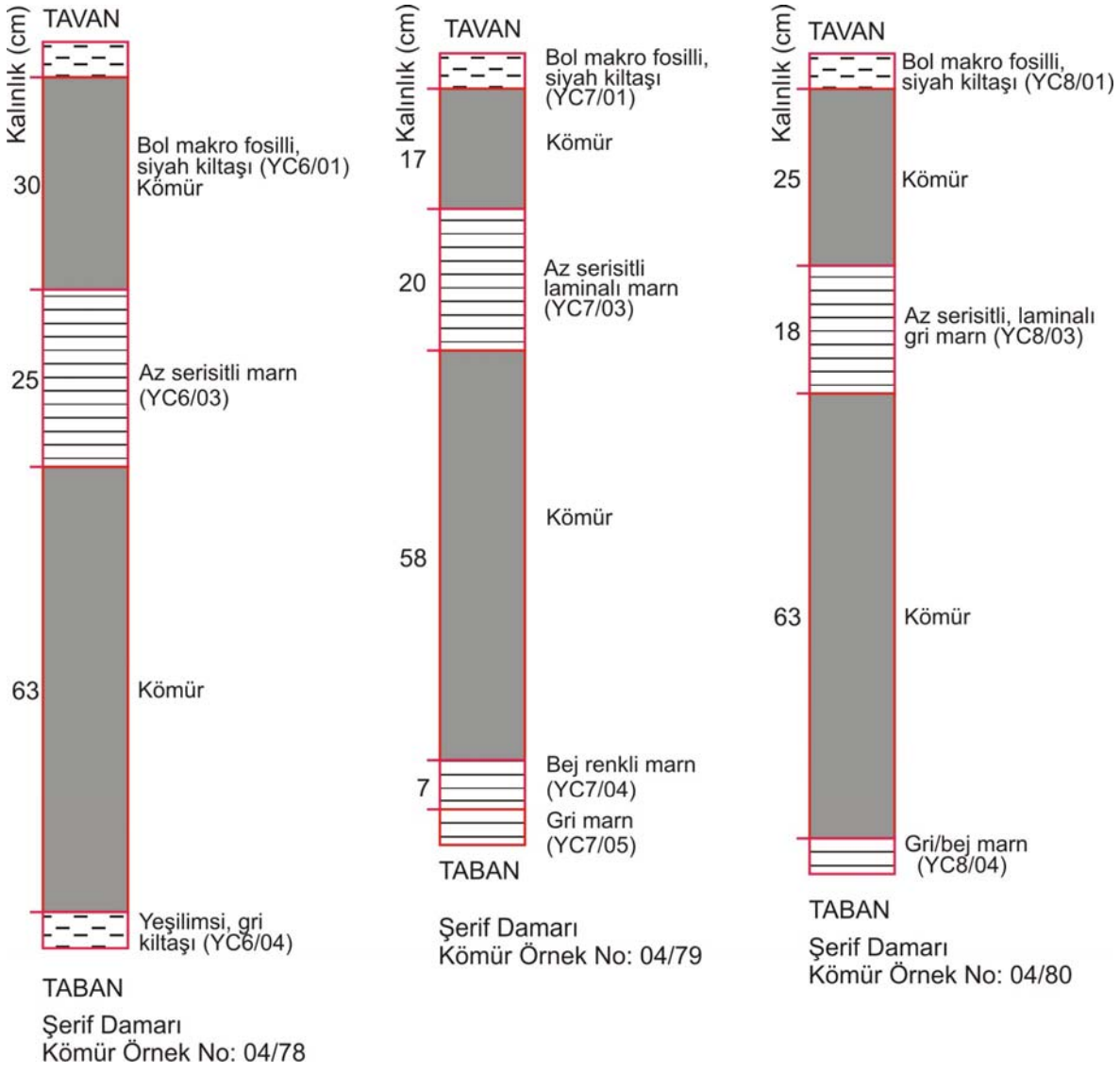
Şekil 2.5. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şentürk damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları.



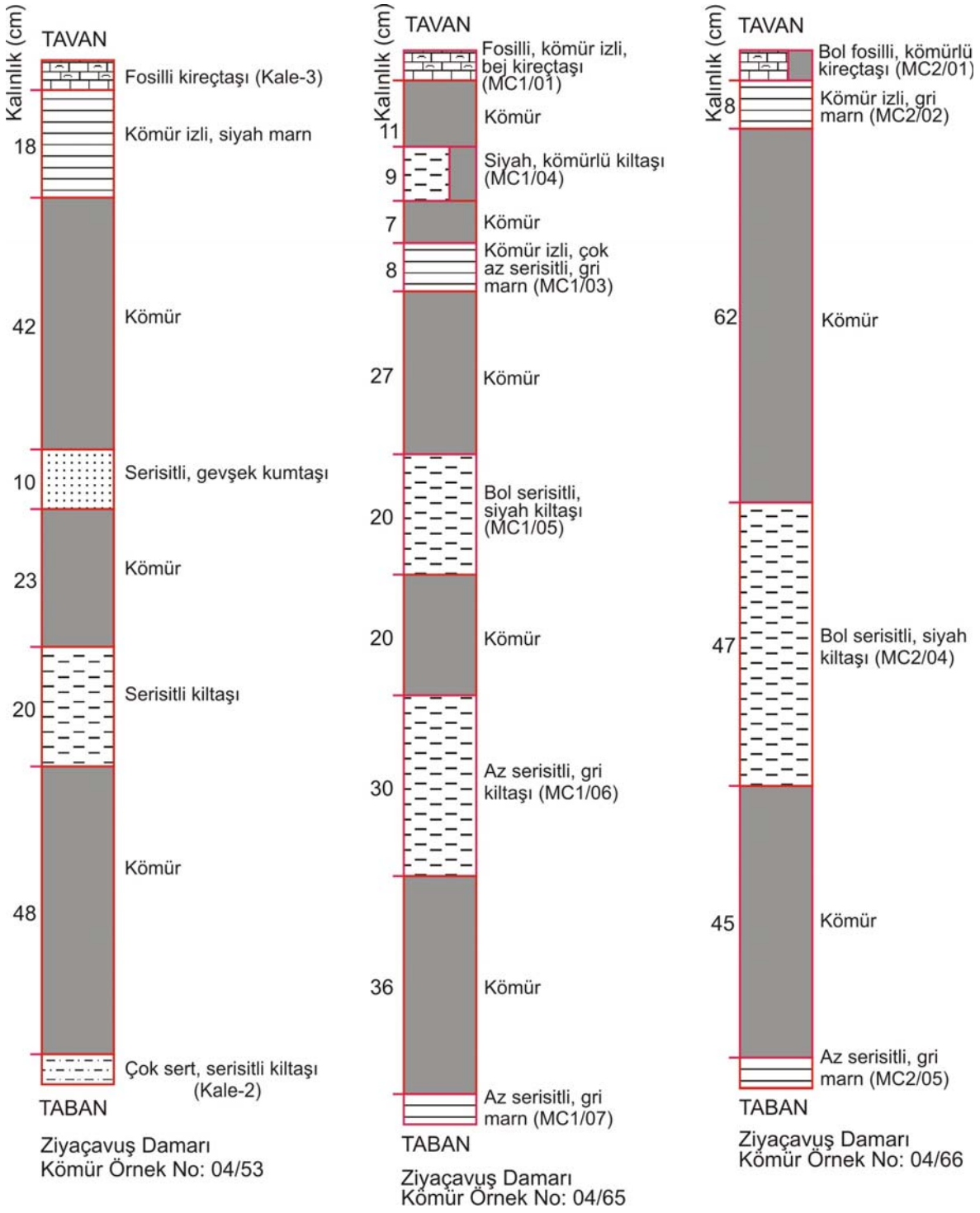
Şekil 2.6. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şerif damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları.



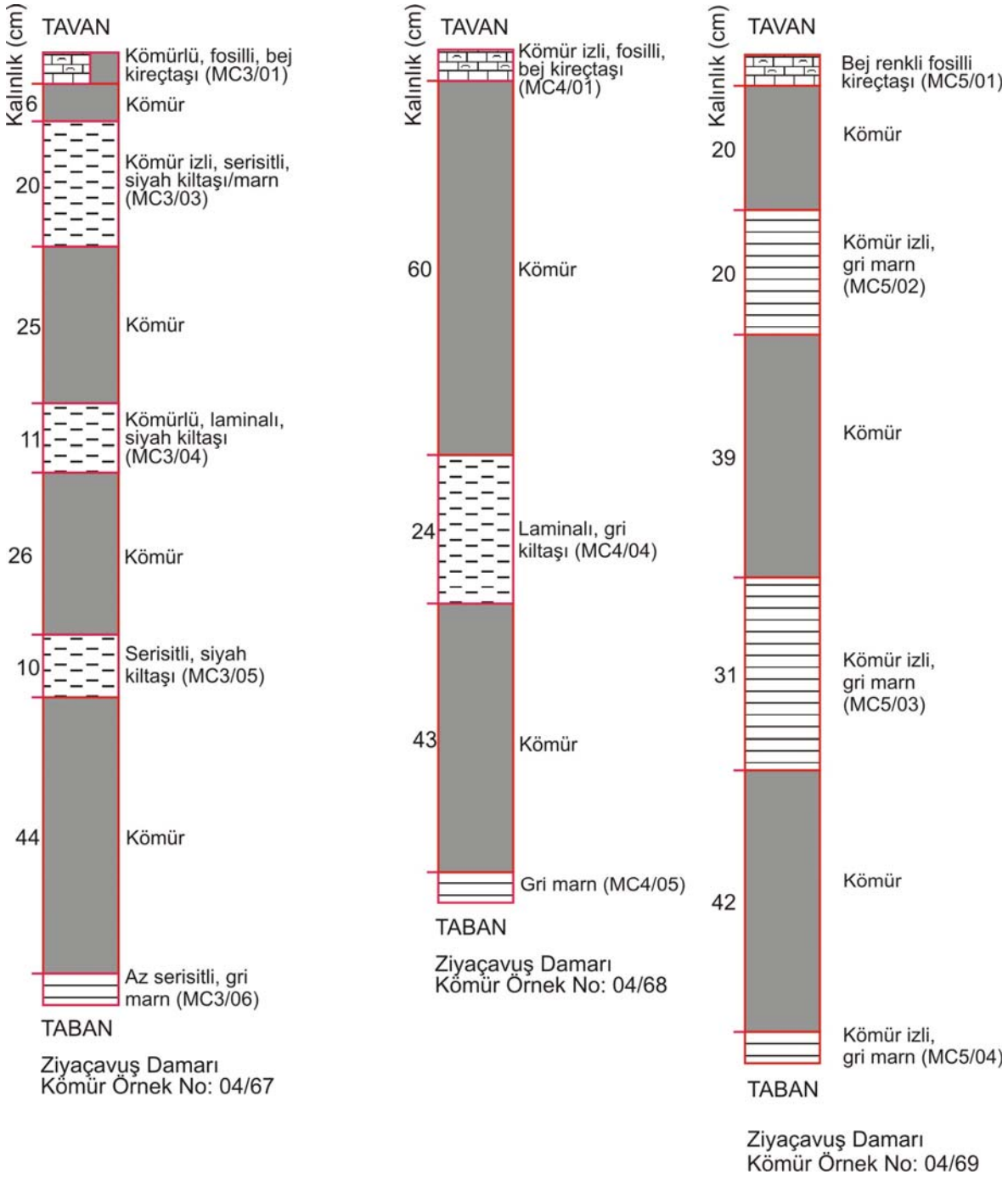
Şekil 2.7. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şerif damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları.



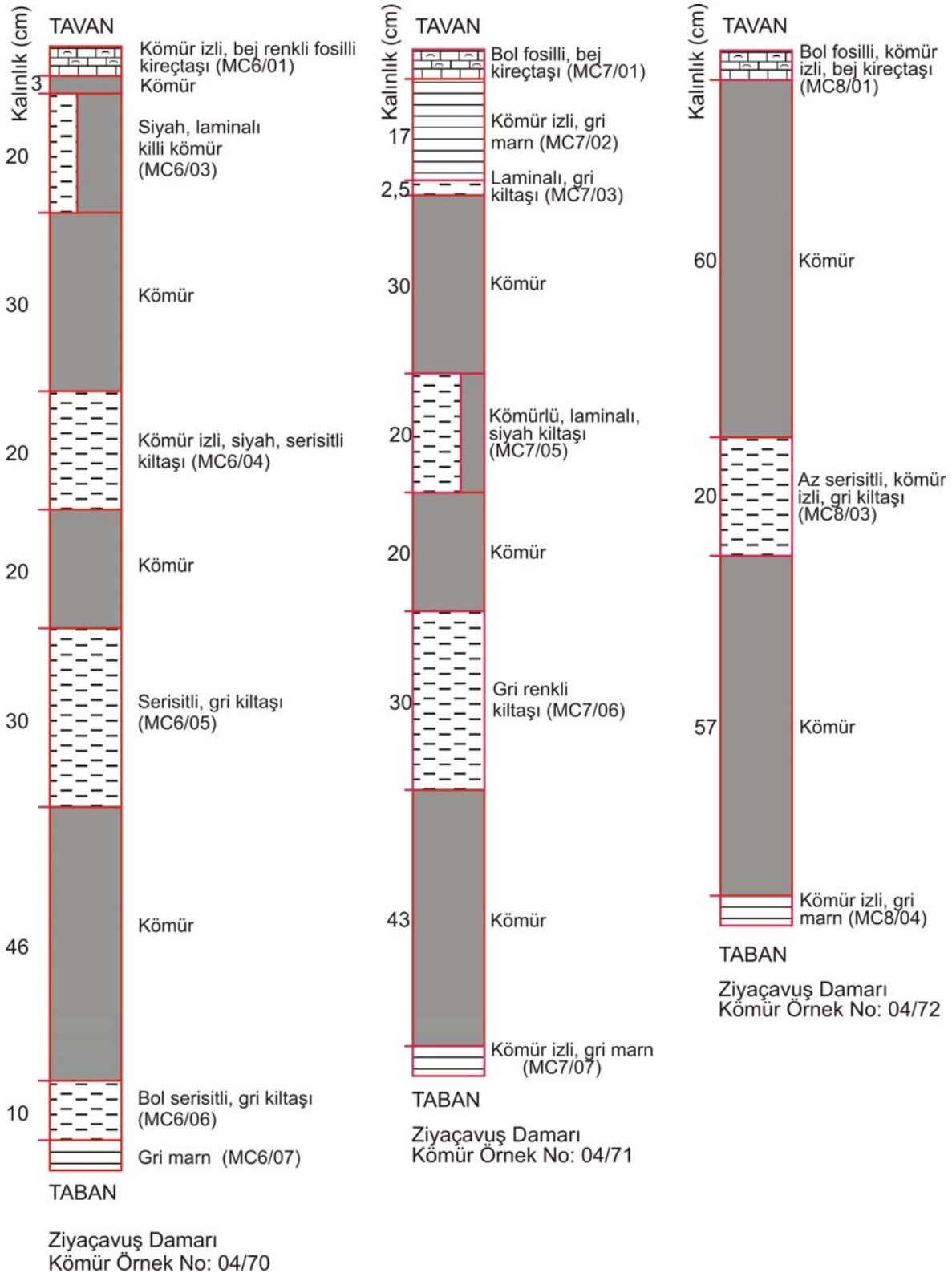
Şekil 2.8. Tez çalışması kapsamında örneklenen Şerif damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları.



Şekil 2.9. Tez çalışması kapsamında örneklenen Ziyaçavuş damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları.



Şekil 2.10. Tez çalışması kapsamında örneklenen Ziyaçavuş damarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları.



Şekil 2.11. Tez çalışması kapsamında örneklenen Ziyaçavuş damarlarının makroskopik kesitleri ile kayaç örnek konumları.

içindeki kayaçların) kömür içine karışmamasına özen gösterilmiştir. Ayrıca, kömür damarının tavan, taban ve arakesmelerinden de kayaç örnekleri alınmıştır.

Yeraltı çalışmaları sırasında alttan üstte doğru Polat damarından 2, Şentürk damarından 10, Şerif damarından 9 ve Ziyaçavuş damarından 9 olmak üzere toplam 30 adet kömür örneği derlenmiştir (Şekil 2.2-2.11). Kömür örnekleri, yaklaşık 2 kg civarında alınmış ve bunlar çift katlı kalın naylon torbalara konmuştur. Ayrıca, bu çalışmalar sırasında çoğu makrofosilli olmak üzere kömür damarlarının tavan, taban ve arakesmelerinden toplam 126 adet örnek derlenmiştir. Alınan örnekler tez amacı doğrultusunda analizleri yapılmak üzere laboratuvara getirilmiştir. Çalışma kapsamında her bir örneğe uygulanan analizler, Ek Çizelge 1 ve 2'de listelenmiştir.

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvara getirilen kömür örneklerinin önce toplam nem analizleri yapılmış ve daha sonra tüm örnekler diğer analizler için 2-3 gün süreyle havada kurumaya bırakılmıştır. Havada kurutulmuş kömür örneklerinin boyutları küçültülmüş ve örnek ayırma kapları yardımıyla yaklaşık 0,5 kg'lık temsili örnekler hazırlanmıştır.

Tez kapsamında kömür örneklerinin nem, kül, uçucu madde, toplam kükürt, ısıl değer ve toplam karbon analizleri yapılmıştır. Ayrıca, kömür örnekleri üzerinde kömür petrografisi, optik mikroskop ve taramalı elektron mikroskop (SEM-EDX) çalışmaları, XRD toz difraktogram çekimleri gerçekleştirilmiş ve ICP-AES ile ICP-MS yardımıyla element içerikleri belirlenmiştir. Kömür damarlarının tavan, taban ve arakesmelerinden alınan kayaç örneklerinin XRD toz ve kil difraktogramları yardımıyla mineralleri tanımlanmış ve fosilli örneklerin paleontolojik yaş tayinleri ile ortamsal yorumları yapılmıştır.

Analizlerle ilgili bazı bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

a) Arazi çalışması kapsamında kömür damarlarının tavan, taban ve arakesmelerinden alınan örneklerin yaş tayinleri ve ortamsal yorumlamaları Dr. Yeşim İslamoğlu (MTA) tarafından yapılmıştır. Tanımlanmış bazı fosiller Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü mikroskop laboratuvarında fotoğrafları çekilmiştir.

b) Havada kurutulmuş kömür örneklerinin tümü 1 mm'lik elekten geçecek şekilde kırılmış ve elenmiştir. Elenen örnekler, yarılama kabı yardımıyla azaltılmıştır. Ayrılan örnekler, kimyasal, XRD toz difraktogram çekimleri ve ICP-AES ile ICP-MS'de element analizleri için agat havanda öğütülerek 100 μm'den daha küçük tane boyuna indirgenmiştir. Alınan toplam 30 adet kömür örneğinin kimyasal analizleri (nem, kül, uçucu madde, toplam kükürt, üst ısıl değer ve toplam karbon) gerçekleştirilmiştir. Bu analizler Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kömür Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Tez kapsamında kimyasal (proximate) analizler ASTM (1991 ve 2005)'de verilen yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir.

c) Agat havanda öğütülerek 100 μm'den daha küçük tane boyuna indirgenmiş 30 adet kömür örneği bazı esas ve eser element analizleri İspanya, Barselona'daki Institute of Earth Sciences'da ICP-MS ve ICP-AES kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İnceleme yöntemleri hakkındaki ayrıntılı bilgiler, Querol et al. (1997)' da bulunabilir.

d) Tez kapsamında alınan 32 adet kayaç, bunlardan seçilen 22 adet örneğin kil fraksiyonu ve 30 adet kömür örneğinin mineralojik bileşimlerinin tespit edilmesi amacıyla örneklerin X-ışınları toz difraktogramları (XRD) çekilmiştir. Kayaç örneklerinin toz difraktogram çekimleri, Cu-tüp ve 2-50^{o} 2θ çekim aralığında (6 örnek 5-40^{o} 2θ çekim aralığında) ve XRD kil fraksiyonu çekimleri 2-30^{o} 2θ aralığında Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Kömür örneklerinin XRD toz difraktogram çekimleri ise Cu-tüp ve 4-60^{o} 2θ çekim aralığında İspanya, Barselona'daki Institute of Earth Sciences'da yapılmıştır. Elde edilen toz difraktogramlar ve kil difraktogramları üzerinde mineral tanımlamaları, ASTM kartları, Moore and Reynolds (1997), www.webmineral.com'da verilen bilgiler kullanılarak yapılmış ve her mineralin karakteristik pikleri değerlendirilmiştir. Kil fraksiyonu ayrımı yöntemi, Gündoğdu (1982)'da verilen bilgiler ışında gerçekleştirilmiştir.

e) Petrografik analiz, hüminit yansıtmalarının ölçümü ve SEM-EDX çalışmaları için, tüm kömür örneklerinin parlatma briketleri hazırlanmıştır. Parlatma briketleri için 1 mm'lik elekten geçirilmiş kömür örnekleri kullanılmıştır. Örnekler, epofix ve sertleştirici kullanılarak parlatma briketleri hazırlanmış ve bu briketler Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kömür Laboratuvarı'nda bulunan Struers Labo Pol-5 parlatma cihazında, uygulanan yöntemlerle parlatılmıştır. Bu analizler için Leitz MPV2 tip fluoresans kömür mikroskobu, 32x yağ objektifi, fluoresans görüntüler için mavi ışık ve K510 sarı filtre kullanılmıştır. İlgili mikroskopta, Leica DC 350 F dijital kamera ve bilgisayar yardımıyla fotoğraflar çekilmiştir. Maseral analizi ve hüminit yansıtmalarının ölçümünde ICCP (1963, 1971, 1995, 2001), Stach et al. (1982) ve Sýkorová et al. (2005)'da verilen bilgiler kullanılarak yapılmıştır. Nokta sayımı sırasında Swift nokta sayıcısı kullanılmıştır.

f) Seçilen 17 kömür örneğinde H.Ü. Jeoloji Müh. Bölümü'nde bulunan Zeiss marka SEM-EDX yardımıyla elektron mikroskop çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bunun için 1 mm'lik elekten geçirilmiş kömür örneklerinden hazırlanmış parlatma briketleri kullanılmış, bunlar analiz için karbonla kaplanmış ve SEM-EDX çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarla mikron büyüklüğündeki mineraller ve bunların kimyasal bileşimleri saptanmış ve bazı minerallerin resimleri çekilmiştir.

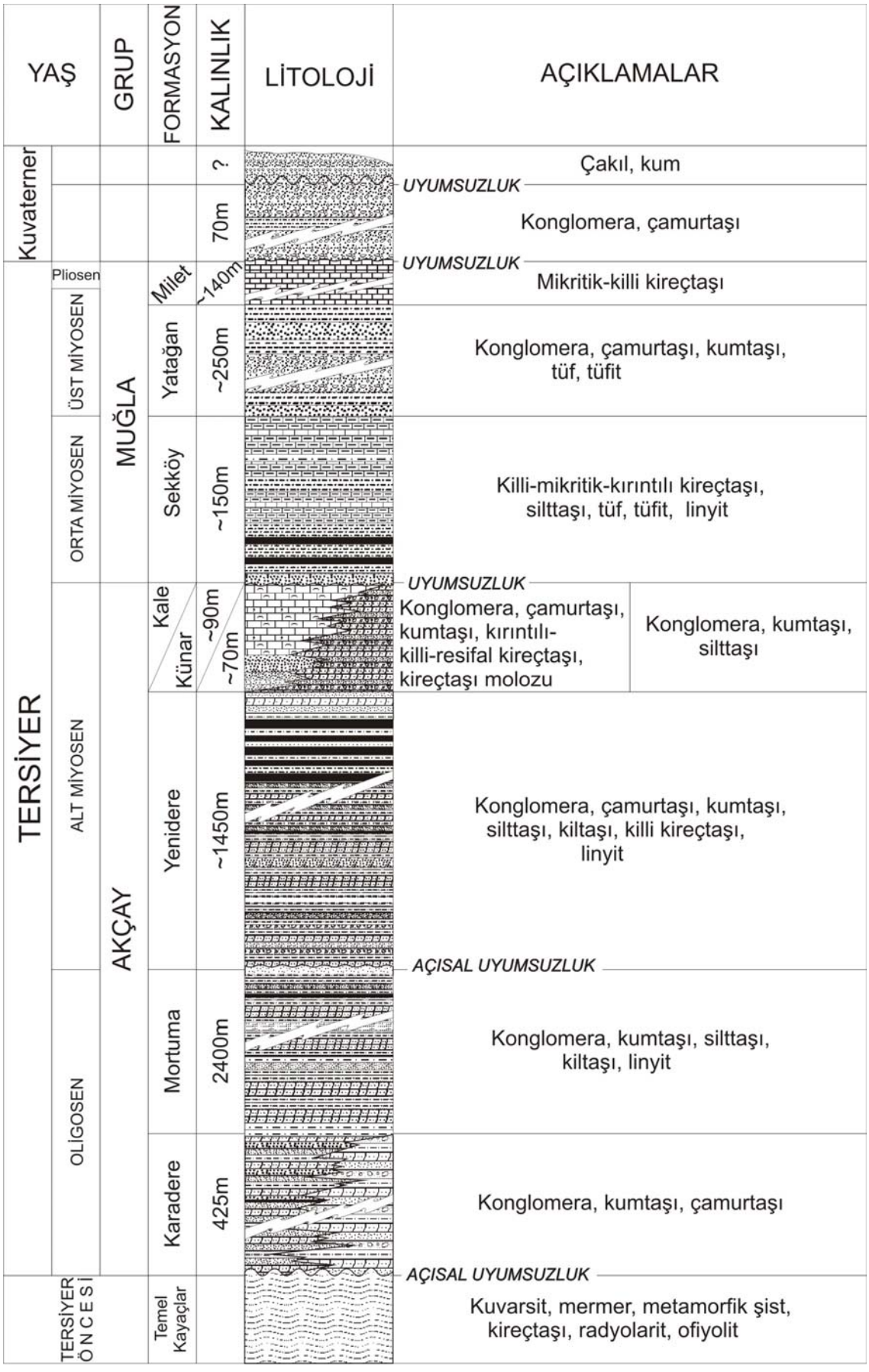
3. İNCELEME ALANININ JEOLOJİSİ

3.1. Giriş

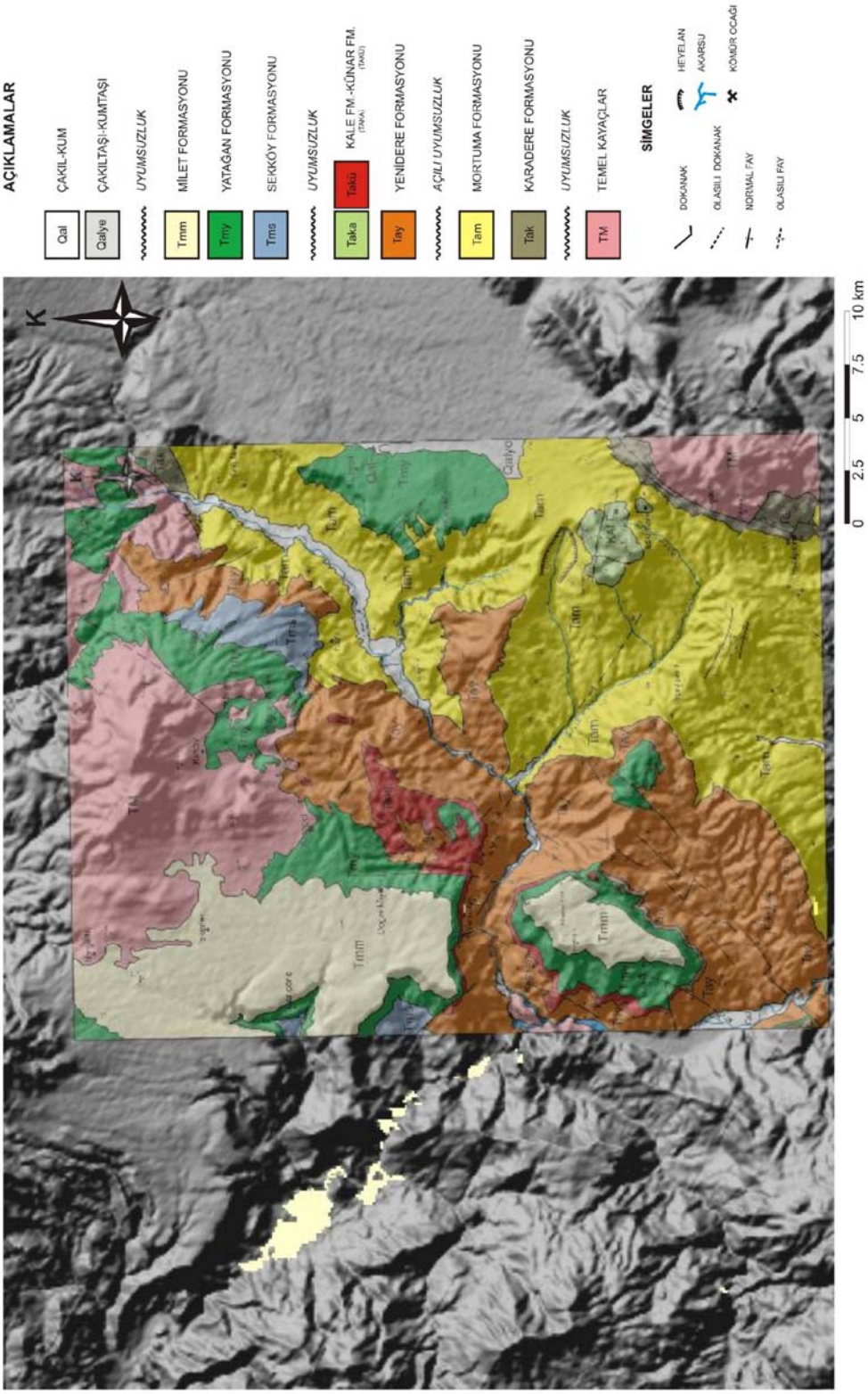
İnceleme alanı ve yakın çevresi, önceki çalışmalar bölümünde de açıklandığı gibi, ilginç jeolojik konumu nedeniyle günümüze kadar jeolojik amaçlı pek çok araştırmaya konu olmuştur. Bu çalışmalardan doğrudan kömürle ilgili olanları oldukça sınırlıdır. İnceleme alanının jeolojisi ile ilgili bazı bilgiler, tez kapsamında yapılan çalışmalar ışığında Hakyemez ve Örçen (1982) ve özellikle Hakyemez (1987; 1989)'den derlenerek bu bölümde sunulmuştur. Konunun ayrıntıları ilgili yayınlarda bulunmaktadır. Jeolojik çalışmalar sırasında incelenen birimler, Hakyemez (1987; 1989) tarafından tanımlanan isimlerle adlandırılmıştır. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik istifi Şekil 3.1'de, incelenen alan ve yakın çevresinin jeoloji haritası Ek Şekil 1'de verilmiştir. Bölgede gerçekleştirilen arazi ve yeraltı çalışmaları sırasında kömür damarlarının içinde bulunduğu çevre kayaçları yerinde incelenmiştir. Bölgenin mevcut jeoloji haritası, arazi çalışmalarıyla yerinde kontrol edilmiş ve çalışan kömür ocaklarının içinde bulunduğu alanın daha ayrıntılı jeoloji haritası ve jeolojik kesitleri Ek Şekil 2'de sunulmuştur. Çalışma alanının Landsat uydusundan elde edilen uydu görüntüsünün Global Mapper programı yardımı ile üzerine işlenen ayrıntılı jeoloji haritası ise Şekil 3.2'de verilmiştir.

3.2. Stratigrafi

İncelenen alan ve yakın çevresinde, Hakyemez ve Örçen (1982), Hakyemez (1987;1989) tarafından Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temel kayaçları ile Oligosen-Kuvaterner yaşlı çökel kayalar tanımlanmıştır. Tersiyer yaşlı birimler, Akçay Grubu ve Muğla Grubu adları altında incelenmiştir. Bunlardan Oligosen-Erken Miyosen (Burdigaliyen) yaşlı Akçay Grubu, Karadere, Mortuma, Yenidere, Künar ve bunun yanal eşdeğeri olan Kale Formasyonlarını kapsamaktadır. Akçay Grubunun üzerinde uyumsuz olarak yer alan Orta Miyosen (Geç Astarasiyen)-Pliyosen yaşlı Muğla Grubu ise Sekköy, Yatağan ve Milet Formasyonlarını içermektedir. Tüm birimler, Kuvaterner yaşlı çökeller tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir.



Şekil 3.1. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik istifi (Hakyemez, 1989).



Şekil 3.2. Çalışma alanı ve çevresinin uydu görüntüsü üzerine işlenmiş jeoloji haritası.

Şekil 3.2. Çalışma alanı ve çevresinin uydu görüntüsü üzerine işlenmiş jeoloji haritası.

3.2.1. Temel Kayaçlar

Çalışma alanının 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasında incelenen alan ve çevresinde temel kayaçlarını mermer, kristalize kalker ve dolomit oluşturmaktadır (Şekil 1.3). İnceleme alanı çevresinde mermer ve kalkerler, Kale ilçesinin güneydoğusunda, Karagöl köyü kuzeyinde ve Karakaya köyü batısında geniş yüzeysel yayılıma sahiptir (Ek Şekil 1). Ayrıca, Yenidere köyü batısında çok küçük bir alanda faylanma nedeniyle yüzeylenmiş şistler yer almaktadır (Ek Şekil 2). Kalkerlerin ve şistlerin görünümleri Şekil 3.3'de sunulmuştur. İncelenen alanda kalkerler ve mermerler, grimsi-siyah, gri ve breşik görünümleriyle tipiktir.

3.2.2. Akçay Grubu

Akçay grubu ilk kez Hakyemez ve Örçen (1982) tarafından isimlendirilmiştir ve bu grup, incelenen alan ve çevresinde geniş alanlarda yüzeylenmektedir (Ek Şekil 1; Şekil 3.2). Başlıca karasal ve kısmen lagüner-denizel kırıntılı ve karbonat kayalarından oluşan bu grup, yukarıda da açıklandığı gibi alttan üstte doğru, Karadere, Mortuma, Yenidere, Künar ve bunun yanal eşdeğeri olan Kale Formasyonlarını kapsamaktadır (Şekil 3.1). Akçay Grubunun en altında yer alan Karadere Formasyonunun üst kesimleri Mortuma Formasyonu ile yanal ve dikey geçişlidir. İncelenen alanda işletilen kömür damarlarını içeren Yenidere Formasyonu, Mortuma Formasyonunun üzerine açısal uyumsuzlukla gelir. Bunun üzerinde ise Künar Formasyonu uyumlu olarak bulunur. Akçay Grubunun üzerinde uyumsuz olarak Muğla Grubu yer almaktadır. Akçay Grubu toplam kalınlığı 4100 m civarındadır.

3.2.2.1. Karadere Formasyonu

Formasyon, Kale ilçesinin güneydoğusunda ve Sofular köyünün kuzeyinde yüzeylenmektedir (Ek Şekil 1). Birim, tipik kırmızımsı rengiyle kolayca ayırtlanabilmektedir (Şekil 3.4). Formasyon içindeki çakıltaşları başlıca ofiyolit, daha az mermer ve kireçtaşlarından türemiştir. Mermer ve kireçtaşları gri ve yer yer de siyah renklidirler. Formasyonu oluşturan birimlerde kaynaktan uzaklaştıkça tane boyu incelmesi izlenmektedir. Formasyonda beş seviye tanımlanmıştır. Bunlar, alttan üstte doğru çok kötü boylanmalı çakıltaşı ve çamurtaşı, çapraz ve paralel katmanlı çakıltaşı-kumtaşı, paralel katmanlı çakıltaşı, paralel laminalı ve



Şekil 3.3. Temel kayaçlardan bazı görünümler. (A-B) kalkerler, (C-D) şistlerin sırasıyla uzaktan ve daha yakından görünümleri.



Şekil 3.4. Kale ilçesinin güneydoğusunda yüzeylenen Karadere Formasyonunun tipik görünümü.

çapraz katmanlı kumtaşı, dağınık jips kristalleri içeren ince katmanlı çamurtaşı birimleridir. Formasyonun kalınlığı 0-425 m arasında değişmektedir. Karadere Formasyonunda bozunmuş bitki izlerinin dışında fosile rastlanmamış olması, yaşı yanal ve dikey geçişli olduğu Mortuma Formasyonuna göre Üst Oligosen olarak belirlenilmiştir. Formasyonda kırmızı rengin baskın oluşu, çamurtaşlarının çokluğu ve jips içermelerinden dolayı bu birimin çökelmesi sırasında iklimin kurak-yarı kurak olduğunu işaret etmektedir. Birimde tanımlanmış seviyelere göre, formasyonun tipik gerileyen tipte alüvyon yelpazesi çökellerini içerdiğini ve tektonizmanın şiddetli olmadığını veya etkinliğini yitirdiğini göstermektedir.

3.2.2.2. Mortuma Formasyonu

Mortuma Formasyonu, ilk kez Hakyemez ve Örçen (1982) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon, Kale ilçesi, Sulu Dere ve Yenidere Çayı çevresinde geniş yüzeysel yayılıma sahiptir (Ek Şekil 1). Formasyonun en alt 180 metrelik bölümü başlıca sarımsı kahverengi, çapraz ve paralel katmanlı çakıltaşı-kumtaşı ardalanmasından oluşur. Bu istif tipik örgülü akarsu çökellerini kapsamaktadır. Daha üstte kalan 2200 m kadar kalınlıktaki bölümü ise sarımsı kahve, gri ve yeşil renkte olup, genellikle çakıltaşlarıyla başlayıp çapraz ve paralel katmanlama ve laminalanma gösteren kumtaşlarıyla devam ederek, kumtaşı arakatmanlı ve 0.5-30 cm arası kalınlıkta kömür (linyit) içeren silttaşları ve kiltaşlarıyla son bulur. Bu kesim tipik menderesli akarsu çökellerini içermektedir. Mortuma Formasyonunun üst kesimlerinde yer alan kumtaşları-çakıltaşlarından bir görünüm Şekil 3.5'de ve çakıltaşlarının daha yakın görünümü Şekil 3.6'da verilmiştir.

Mortuma Formasyonunda alttan üstte doğru ve güneybatıdan kuzeydoğu doğru tane boyu küçülmesi izlenmektedir. Temel kayaçları ile dokanağı her yerde faylıdır. Formasyon alt kesimlerinde Karadere Formasyonu ile yanal-dikey geçişlidir. Mortuma Formasyonunun üzerine açısal uyumsuzlukla Yenidere Formasyonu gelir. Silttaşları ve kiltaşları içinde ince kavkılı pelesipodlar, bitki fosil parçaları, gastropodlar, ostrakodlar ve balık dişleri saptanmıştır. Makro fosiller Oligosen yaşını vermektedir. Diğer taraftan, linyit düzeylerinden alınan örneklerde yapılan palinolojik çalışmalar, Oligosen yaşını vermektedir. Spor-pollenlerin daha dar bir yaş aralığı vermeleri dikkate alınarak formasyonun yaşı Geç Oligosen olarak değerlendirilmiştir.

3.2.2.3. Yenidere Formasyonu

İncelenen alanda işletilen kömür damarları içeren Yenidere Formasyonu ilk kez Hakyemez ve Örçen (1982) tarafından adlandırılmış ve tanımlanmıştır. Formasyon tipik olarak Esenkaya, Karakaya, Yenidere köyleri ile Kurbalık beldesi çevresinde, Narlı köyü batısında ve kuzeydoğusunda yüzeylenmektedir (Ek Şekil 1; 2). Formasyon, genel olarak sarımsı kahve ve çoğunlukla boz renkli bir görünüme sahiptir (Şekil 3.7-3.10). Formasyonun toplam kalınlığı en çok 1150 m'dir (Şekil 3.1).



Şekil 3.5. Mortuma Formasyonunun üst seviyelerinde yer alan eğimli kumtaşı ve çakıltaşı.



Şekil 3.6. Mortuma Formasyonunun üst seviyesindeki çakıltaşının yakından görünümü.



Şekil 3.7. Yenidere Formasyonunun taban seviyesindeki akarsu kanal çökelleri.



Şekil 3.8. Yenidere Formasyonunun taban seviyesindeki akarsu kanal çökellerini oluşturan çakıltaşlarının yakından görünümü.



Şekil 3.9. Yenidere Formasyonu içinde açılmış eski açık işletme şevi



Şekil 3.10. Yenidere Formasyonunun tavan seviyesindeki sedimanter kayaçlar

Kömür içeren Yenidere Formasyonunu oluşturan çökeller, alttan üstte doğru beş farklı gruba veya seviyeye ayrılabilmektedir.

- Birinci seviye (ilk düzey veya bloklu çökeller), çok kötü boylanmalı çakıltaşları ve çamurtaşları, çapraz ve paralel katmanlı çakıltaşları, paralel laminalı ve çapraz katmanlı kumtaşlarını içermektedir. Bu seviye daha çok alüvyon yelpazesi çökellerini işaret etmektedir.
- İkinci seviye (ikinci düzey veya çakıltaşları), yaygın olarak çapraz ve paralel katmanlı çakıltaşları içermektedir. Bu seviye içinde az da olsa çapraz laminalı kumtaşı-paralel laminalı silttaşı da bulunmaktadır. Bunlar örgülü akarsu çökellerini karakterize etmektedir.
- Üçüncü seviye (üçüncü düzey veya ritmik dönemli çökeller), kendi içinde, alttan üstte doğru, beş alt seviyeye ayrılabilmektedir. Birinci alt seviye, kendi içinde üstte doğru, ritmik olarak ardalanan 2,5-8,0 m kalınlıklardaki kaba kum hamurlu ve kötü boylanmalı çakıltaşları, bunların üzerine yer yer paralel laminalı çoğunlukla teknesel çapraz katmanlı orta-kaba kumtaşları ve en üstte teknesel çapraz laminalı, siltli ince-çok ince kumtaşları, ripıl laminalı kumtaşları, paralel laminalı ve canlı eşelemeli ince-çok ince kumtaşları yer almaktadır. Bu alt seviye nokta bar (point bar veya dirsek seti) ortamında gelişmiştir. İkinci alt seviye, kalınlıkları 1-4 m arasında değişen düzlemsel çapraz katman takımları halindeki çakıllı kumtaşlarından oluşmaktadır ve birinci alt seviye ile yanal geçiş göstermektedirler. Bunlar, kanal içi kum dalgası (sand wave) çökelleridir. Üçüncü alt seviye formasyon içinde çok az rastlanmakta ve teknesel çapraz laminalı, paralel laminalı, ripıl laminalı, siltli ince-çok ince kumtaşları ile paralel laminalı silttaşlarından oluşmaktadır. Bunlar, kanal kenar seti (natural levee) ve set yarığı (crevasse splay) çökelleridir. Taşkın düzlüğü çökellerini içeren dördüncü alt seviye, ince killi kireçtaşı arakatmanlı, paralel laminalı silttaşı ve kiltaşlarından oluşmaktadır. Birkaç mm-1,8 m arası kalınlıklarda kömür (linyit) damarları ve yumrulu kaliş düzeyleri ile bitki ve tatlı su kökenli gastropod fosilleri içermektedir. Çalışma kapsamında incelenen kömür damarlarıyla ilgili daha fazla bilgi, aşağıda ve tez metni kapsamında açıklanmıştır. Beşinci alt seviye yoğun canlı eşelemeli olan bu birim, siltli

ince kumtaşları ile silttaşlarından oluşmaktadır. Bunlar terkedilmiş (bırakılmış) menderes gölü (ox-bow lake) gölü çökelleridir.

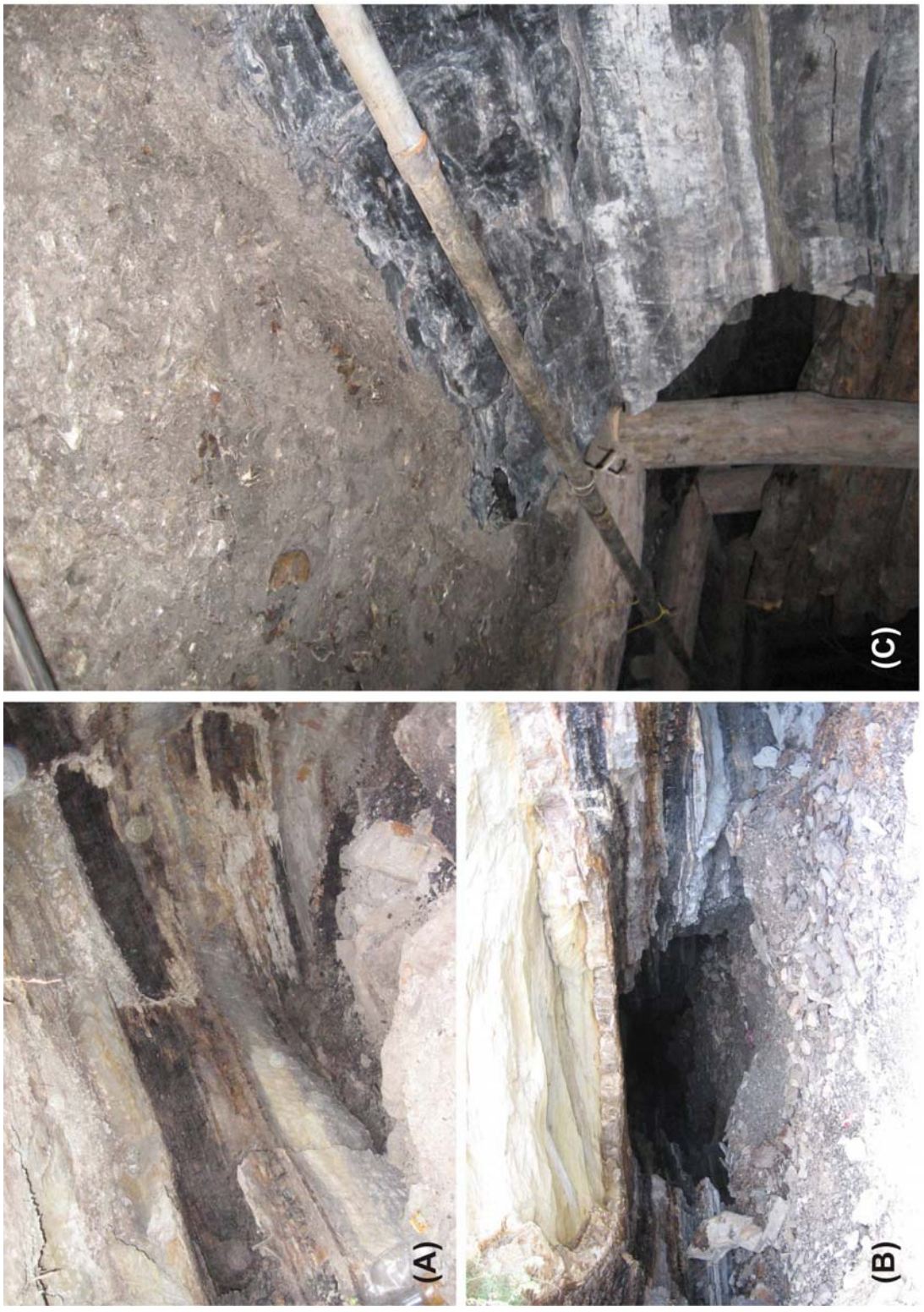
- Dördüncü seviye (dördüncü düzey veya ince taneli çökeller), lagüner fosiller tarafından karakterize edilmektedir. Bu seviye alttan üstte doğru, dört alt seviyeye ayrılmaktadır. Birinci alt seviye ince kumtaşı arakatmanlı, gastropodlu, pelesipodlu, kıt foraminiferli, balık dişi içerikli, bitki fosilli ve canlı eşelemeli silttaşı ve kiltaşından oluşmaktadır. İkinci alt seviye 30-80 cm kalınlığındaki katmanlar halinde bulunan ve ince ağır mineral laminaları içeren dalga ripıllı kumtaşlarından meydana gelmektedir. Üçüncü alt seviye, tüysü (flaser) katmanlı silttaşı-dalga ve akıntı ripıl çapraz laminalı ince-orta kumtaşı ardalanması ile kaba kumtaşı-silttaşı ardalanmasından oluşan birimleri kapsamaktadır. Son alt seviye maksimum 10^{o}'lik eğimlere sahip çapraz katmanlı veya paralel katmanlı ince-orta kumtaşlarından oluşmaktadır. Makro kavkı ve kavkı kırıntısı içerir. Dördüncü seviye tipik lagün ortamlarını karakterize etmektedir.
- Beşinci seviye (beşinci düzey veya kumtaşları), sığ denizel makro fosiller içeren çökellerden oluşmaktadır. Bu seviye düşük açılı çapraz katmanlı, yer yer denizel makro fosil içerikli kumtaşı ile teknesel-düzlemsel çapraz katmanlı ve canlı eşelemeli kumtaşlarından oluşmaktadır. Bu seviye kumsal ortamları karakterize etmektedir.

Yenidere Formasyonu içinde, yukarıda da açıklandığı gibi, işletilebilir kömür damarları bulunmaktadır. Bu damarlar özellikle incelenen alanda Emre ve Özberil Kömür İşletmelerine ait yeraltı ocaklarında görülebilmektedir (Ek Şekil 2). İncelenen alanda işletilebilir kalınlığa sahip Meriç, Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş kömür damarları bulunmaktadır (Şekil 3.11). Bu damarlara ait makroskopik görüntüler ise Şekil 3.12 ve 3.13'de verilmiştir.



Şekil 3.11. İncelenen alanda işletilen kömür damarlarının stratigrafik konumu. Not: Örneklenen kömür damarlarında kömür kalınlığı ortalama 95-115 cm arasındadır.

Kömür damarlarından Polat ve özellikle Meriç damarı madencilik problemleri (taban ve tavan kayaç problemleri, damar kalınlığının değişmesi, su problemleri, v.b.) nedeniyle işletilmemiş veya işletilememektedir. Diğer taraftan, havza kenarlarında bulunan Çoşkun Madenciliğe ait sahada toplam kalınlığı 1,8 m olan sadece bir kömür damarı işletilmektedir. Şekil 3.14 ve 3.15 Çoşkun Madenciliğe ait işletme sahası ve işletilen kömür damarını göstermektedir. Bu damarların dışında incelenen alanda daha ince ve bu nedenle işletilmeyen kömür damarları da bulunmaktadır.



Şekil 3.12. Yenidere Formasyonu içinde açılmış yeraltı kömür ocaklarında ve ocak girişlerinde kömür damarlarının görünümleri. (A) Meriç, (B) Polat ve (C) Şentürk damarları (Emre Madencilik'ten).



Şekil 3.13. Yenidere Formasyonu içinde yer alan Şerif (A) ve Ziyaçavuş (B) kömür damarlarının yeraltı ocak girişlerindeki görünümleri.

Şekil 3.13. Yenidere Formasyonu içinde yer alan Şerif (A) ve Ziyaçavuş (B) kömür damarlarının yeraltı ocak girişlerindeki görünümleri.



Şekil 3.14. Yenidere Formasyonu içinde açılmış kömür ocakları (Çoşkun Madencilik).



Şekil 3.15. Yenidere Formasyonu içinde açılmış kömür ocaklarında işletilen kömür damarının yeraltındaki durumu (Çoşkun Madencilik).

Yenidere Formasyonu, 830 m' den itibaren fosil içermektedir. Formasyonun tavanına doğru foraminiferler, gastropod ve pelesipod fosilleri bulunmuştur. Gastropod ve pelesipod fosillerine dayanılarak, formasyonun yaşının Erken Miyosen (Akitaniyen) olduğu saptanmıştır.

Tez kapsamında yürütülen çalışmalar sırasında Yenidere Formasyonunda bulunan kömür damarlarının tavan-taban ve arakesmelerinde yaygın fosil kavkıları gözlenmiş (Şekil 3.16; 3.17). Bunlardan örnekler alınmış ve paleontolojik yaş tayinleri gerçekleştirilmiş (Şekil 3.18; 3.19) ve ortamsal yorumları yapılmıştır (Çizelge 3.1).

Genel olarak istifte sığ deniz-lagün-tatlı su ortamına doğru bir geçiş olduğu görülmektedir. Özellikle sığ deniz–lagüner ortamlar birkaç defa ardışıklı olarak (deniz düzeyi salınımları ve buna bağlı olarak kısa sürelerle denizin ilerlemesi ve gerilemesi şeklinde) ortamsal değişliklerin olduğu düşünülmektedir. Yaş olarak Akitaniyen kabul edilebilir. Yapılan çalışma Hakyemez (1987;1989)'in yaptığı çalışmayla büyük uyumluluk göstermektedir.

3.2.2.4. Künar Formasyonu

Künar Formasyonu, incelenen alanda Kurbalık beldesi, Yenidere, Karakaya, Künar köyleri çevresinde görülmektedir (Ek Şekil 1; 2). Formasyon sarımsı gri renkli görünümüyle kolayca ayırt edilebilmektedir. Hakyemez (1987;1989) tarafından tanımlanan bu formasyon, tipik olarak Yenidere köyü çevresinde görülmektedir (Ek 1; 2). Tip kesitinde bu formasyonun litolojisini alttan üstte doğru kötü boylanmalı çakıltaşı, çapraz ve paralel katmanlı çakıltaşı-kumtaşı, çapraz laminalı kumtaşı-paralel laminalı silttaşı oluşturmaktadır. Bunlar içersinde çapraz ve paralel katmanlı çakıltaşı-kumtaşı daha yaygın olarak bulunmaktadır. İncelenen alandan alınmış bazı görüntüler, Şekil 3.20 ve 3.21 de sunulmuştur. Formasyonun kalınlığı çoğunlukla 50-70 m arasında değişmektedir (Şekil 3.1).

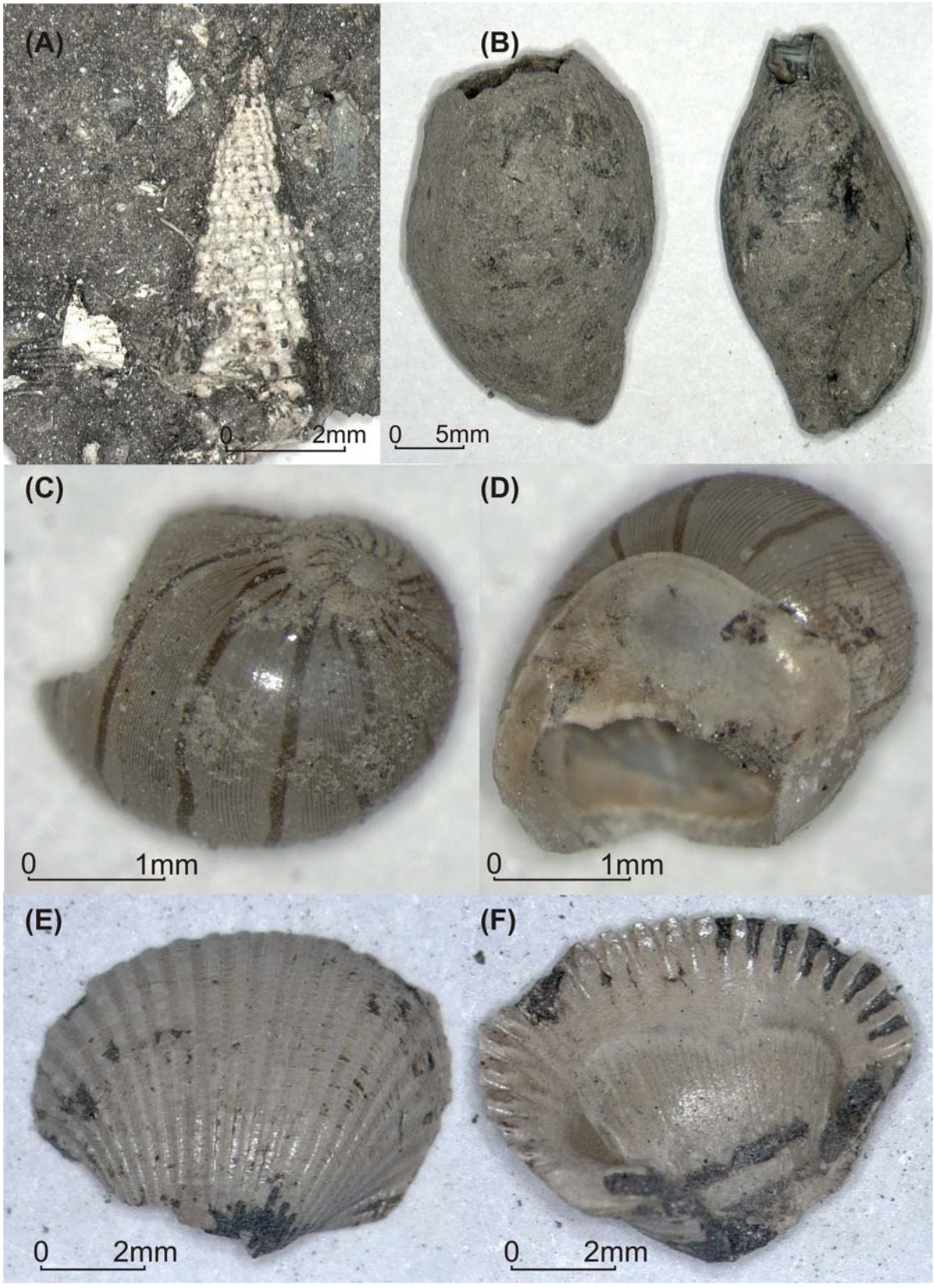
Kötü boylanmalı çakıltaşı; matriks destekli, kötü boylanmalı, düz veya aşındırmalı tabanlara sahip paralel katmanlı, kuvarsit, mermer ve radyolaritlerden türemiş yarı köşeli-yarı yuvarlak çakıllı, bloklu çakıltaşlarıdır. Saha incelemeleri sırasında yeşilimsi renkli metamorfik şist çakılları da bu seviye içerisinde görülmektedir.



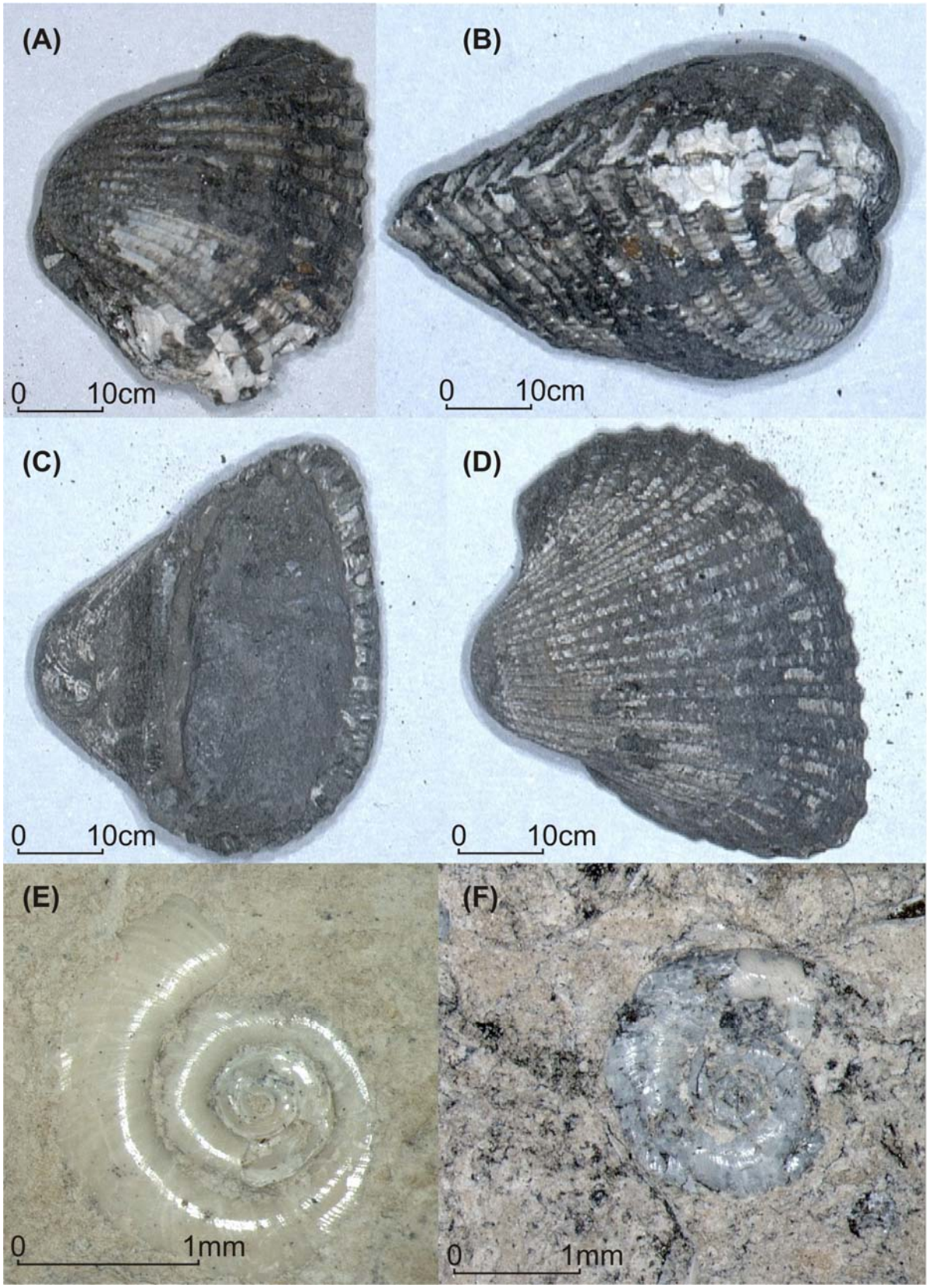
Şekil 3.16. Yenidere Formasyonu içindeki Şentürk kömür damarının tavan kayacı içindeki Mytilus (Crenomytilus) aquitanicus (Mayer-Eymar, 1858) fosilleri.



Şekil 3.17. Yenidere Formasyonu içindeki Şentürk kömür damarının tavan kayacı içindeki Mytilus (Crenomytilus) aquitanicus (Mayer-Eymar, 1858) fosillerinin daha yakından görünümleri.



Şekil 3.18. Şerif kömür damarına komşu kayaçlardan alınan örneklerde gözlenen makro fosiller (A:Tympanotonos margaritaceus (Brocchi), B:Melanopsis impressa Krauss, C-D:Agapilia picta (Férussac), E-F:Anadara cardiiformis (Basterot)).



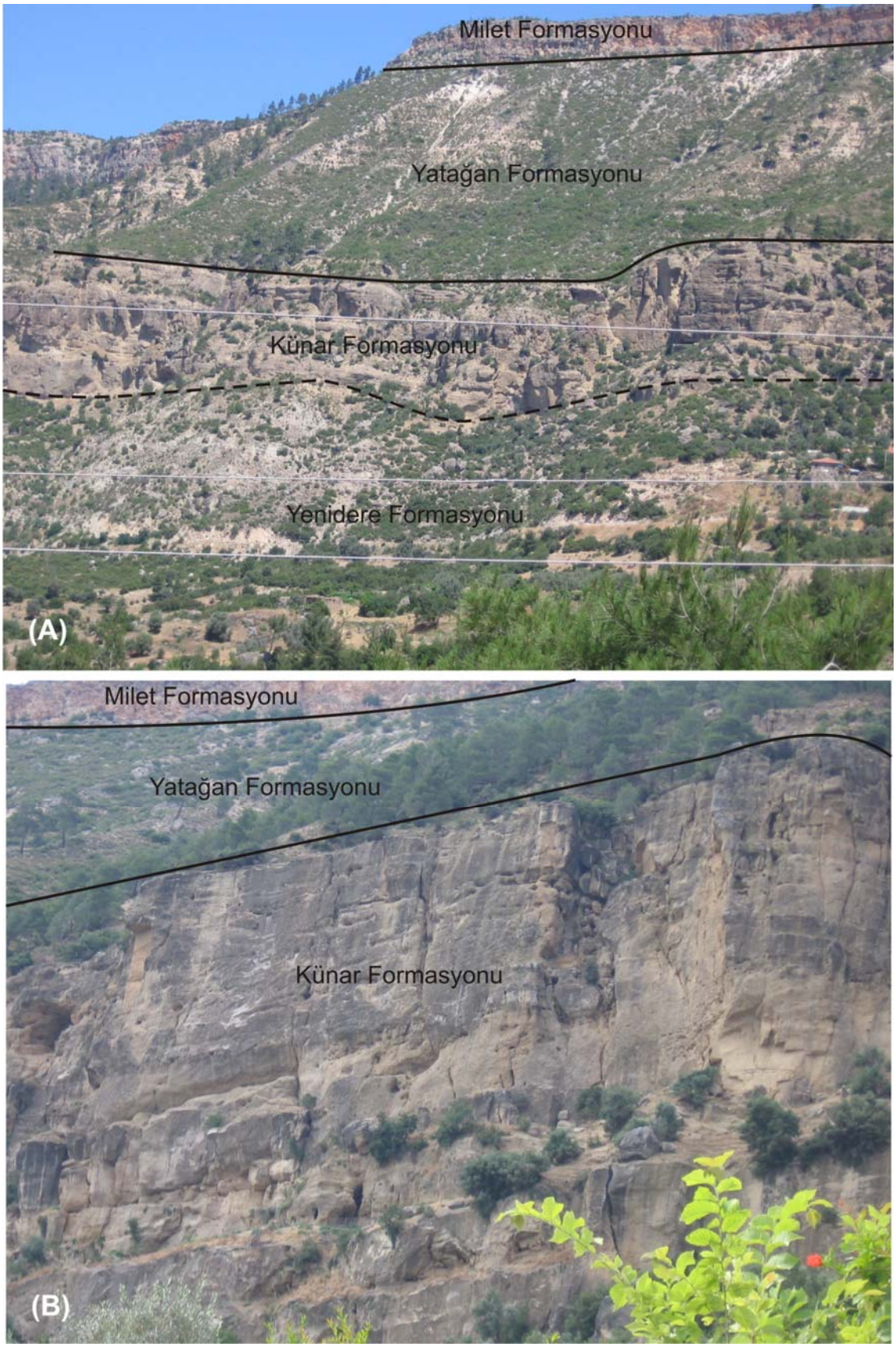
Şekil 3.19. Şentürk kömür damarına komşu kayaçlardan alınan örneklerde gözlenen makro fosiller (A-B-C-D:Anadara cardiiformis (Basterot)), Ziyaçavuş kömür damarına komşu kayaçlardan alınan örneklerde gözlenen makro fosiller (E-F: Planorbis sp.).

Çizelge 3.1. Saha çalışmaları sırasında kömür tabakalarına komşu kayaçlardan alınan örneklerin paleontolojik yaş tayinleri ve ortamsal yorumlamaları. Not: Alınan örneklerin paleontolojik yaş tayinleri ve ortamsal yorumlamaları Dr. Yeşim İslamoğlu (MTA) tarafından yapılmıştır.

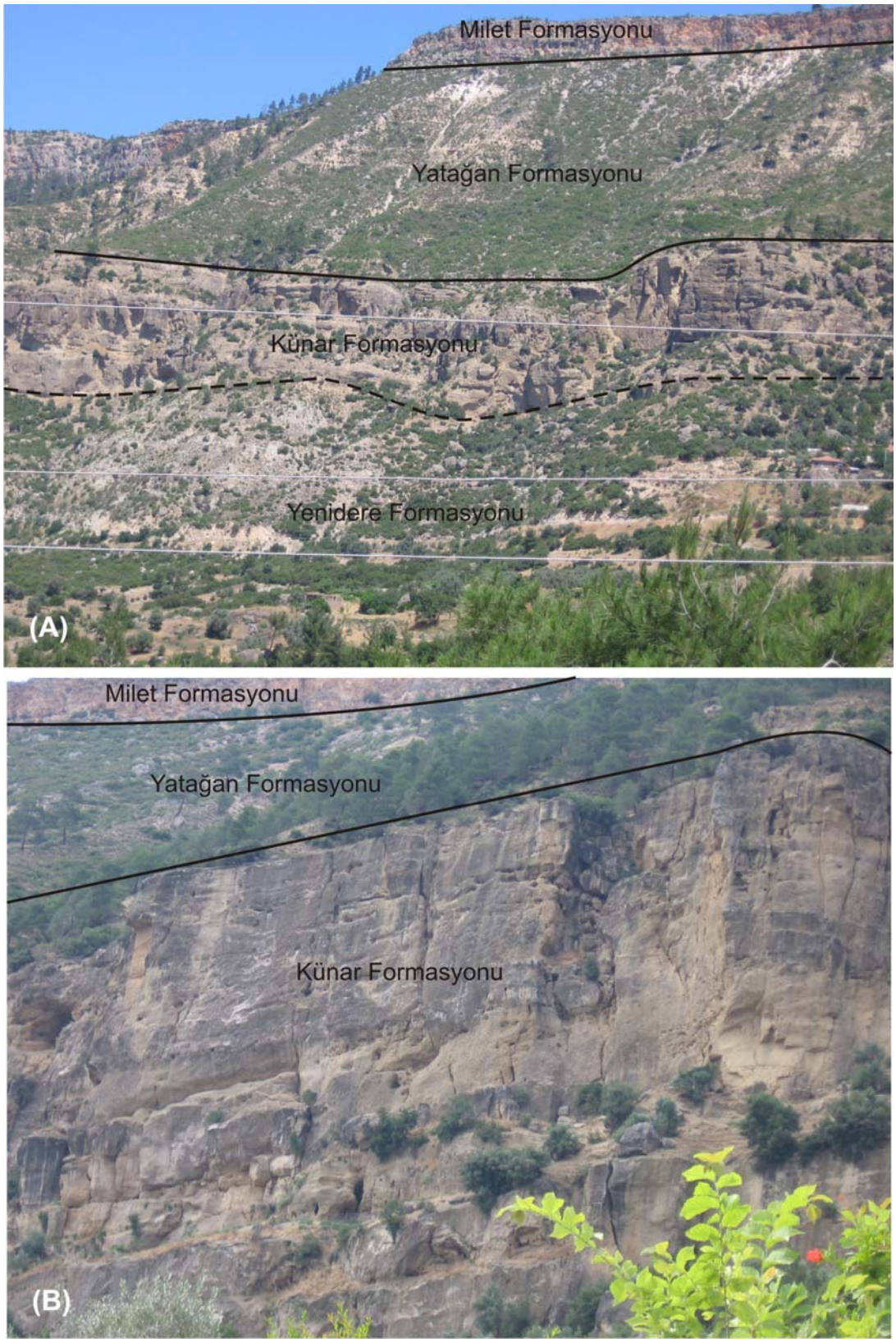
KÖMÜR DAMARI	ÖRNEK NO	FOSİL TANIMI	ORTAM	YAŞ
ZİYAÇAVUŞ	**MC1/01**	*Planorbis* sp.	Gölsel ortam	
	MC3/01	*Planorbis* sp.	Gölsel ortam	
	MC4/01	*Planorbis* sp.	Gölsel ortam	
	MC5/01	*Planorbis* sp.	Gölsel ortam	
	MC6/01	*Planorbis* sp.	Gölsel ortam	
	MC7/01	*Planorbis* sp.	Gölsel ortam	
ŞERİF	**YC1/01**	*Melanopsis impressa* Krauss *Terebralia subcorrugata* d'Orbigny *Tympanotonos* cf. *margaritaceus* (Brocchi) *Ostrea* sp. (jüvenil)	Lagüner (brakiş= düşük tuzluluğa sahip ortam)	Akitaniyen - Burdigaliyen
	YC2/01	*Congeria* sp.	Acı – tatlı su (gölsel)	
	YC3/01	*Terebralia subcorrugata* d'Orbigny *Tympanotonos margaritaceus* (Brocchi) *Ostrea* sp. (jüvenil= ergin hale ulaşmamış yavru form) *Anadara cardiiformis* (Basterot) *Agapilia picta* (Férussac) *Congeria* sp. *Ocenebra* sp.	Lagüner-sığ deniz geçiş	Akitaniyen - Burdigaliyen
	YC4/06	*Tympanotonos margaritaceus* (Brocchi) *Melanopsis impressa* Krauss *Terebralia subcorrugata* d'Orbigny *Anadara cardiiformis* (Basterot) (jüvenil= ergin hale gelmemiş bir form) *Crassostrea* cf. *gryphoides* (Schlotheim) *Agapilia picta* (Férussac) *Congeria* sp.		Akitaniyen - Burdigaliyen
	YC5/01	*Anadara cardiiformis* (Basterot) *Crassostrea* cf. *gryphoides* (Schlotheim) (jüvenil form) *Congeria* sp.	Lagüner-sığ deniz geçiş	Akitaniyen
	YC6/01	*Tympanotonos margaritaceus* (Brocchi) *Agapilia picta* (Férussac) *Terebralia subcorrugata* d'Orbigny *Melanopsis impressa* Krauss *Anadara cardiiformis* (Basterot) *Congeria* sp.	Lagüner-çok sığ denizel geçiş	
	YC7/01	*Terebralia subcorrugata* d'Orbigny *Crassostrea* cf. *gryphoides* (Schlotheim) (jüvenil form) *Tympanotonos margaritaceus* (Brocchi) *Melanopsis impressa* Krauss	Lagüner	Akitaniyen
	YC8/01	*Crassostrea gryphoides* (Schlotheim) *Congeria* sp. *Tympanotonos margaritaceus* (Brocchi)	Acı su (lagüner) ortam	Olasılıkla Akitaniyen

Çizelge 3.1. (devam ediyor)

KÖMÜR DAMARI	ÖRNEK NO	FOSİL TANIMI	ORTAM	YAŞ
ŞENTÜRK	**EC1/01**	Melongena cf. lainci (kırık kavkı parçası) *Terebralia bidentata* (Defrance) *Terebralia subcorrugata* d'Orbigny *Anadara* cf. *cardiiformis* (Basterot) (kavkı parçaları) Pelesipod kavkı parçası	Lagüner-sığ denizel geçiş ortamı	Akitaniyen
	EC2/01	*Melanopsis impressa* Krauss Pelesipod (kavkı) parçası *Terebralia subcorrugata* d'Orbigny *Anadara cardiiformis* (Basterot) *Tympanotonos margaritaceus* (Brocchi)	Lagüner-sığ denizel geçiş ortamı	
	EC3/02	Büyük Pelesipod? *Terebralia subcorrugata* d'Orbigny	Lagüner-sığ denizel geçiş ortamı	Akitaniyen
	EC4/01	*Terebralia subcorrugata* d'Orbigny *Terebralia bidentata* (Defrance) *Anadara cardiiformis* (Basterot) Pelesipod iç kalıp fosili.	Lagüner-sığ denizel geçiş ortamı	Akitaniyen
	EC5/01	*Terebralia subcorrugata* d'Orbigny *Terebralia bidentata* (Defrance) Tanımlanamayan bir pelesipod kavkısı		Akitaniyen - Burdigaliyen
	EC6/01	*Terebralia subcorrugata* d'Orbigny *Polmesoda* ? sp. (iç kalıp halinde) *Anadara* ? sp . (iç kalıp halinde)	Lagüner (brakiş=düşük tuzlulukta) ortam	Akitaniyen-Burdigaliyen
	EC7/01	Pelesipod kavkısı *Tympanotonos cf. margaritaceus* (Brocchi) *Anadara cardiiformis* (Basterot) *Terebralia subcorrugata* d'Orbigny *Melongena* sp. (kavkı parçası)	Lagüner- (brakiş)	Akitaniyen
	EC7/06	Tanımlanamayan gastropod Kavkı parçaları ve kalıpları. (*Melanopsis* ? ve *Planorbis* ?)		
	EC9/02	*Terebralia subcorrugata* d'Orbigny Kavkı parçaları	Lagüner	Akitaniyen - Burdigaliyen



Şekil 3.20. İncelenen alanda Yenidere Köyü çevresindeki Künar Formasyonunun uzaktan (A) ve daha yakından (B) görünümleri.



Şekil 3.21. İncelenen alanda Künar Formasyonunun daha yakından görünümleri. (A) Yenidere kuzeydoğusunda Künar Formasyonunun taban seviyesindeki kötü boylanmalı çakıltaşları. (B) Muslugüme Köyü yolu üzerinde yer alan tipik sarımsı gri renkli Künar Formasyonu çakıltaşları-kumtaşlarının görünümü.

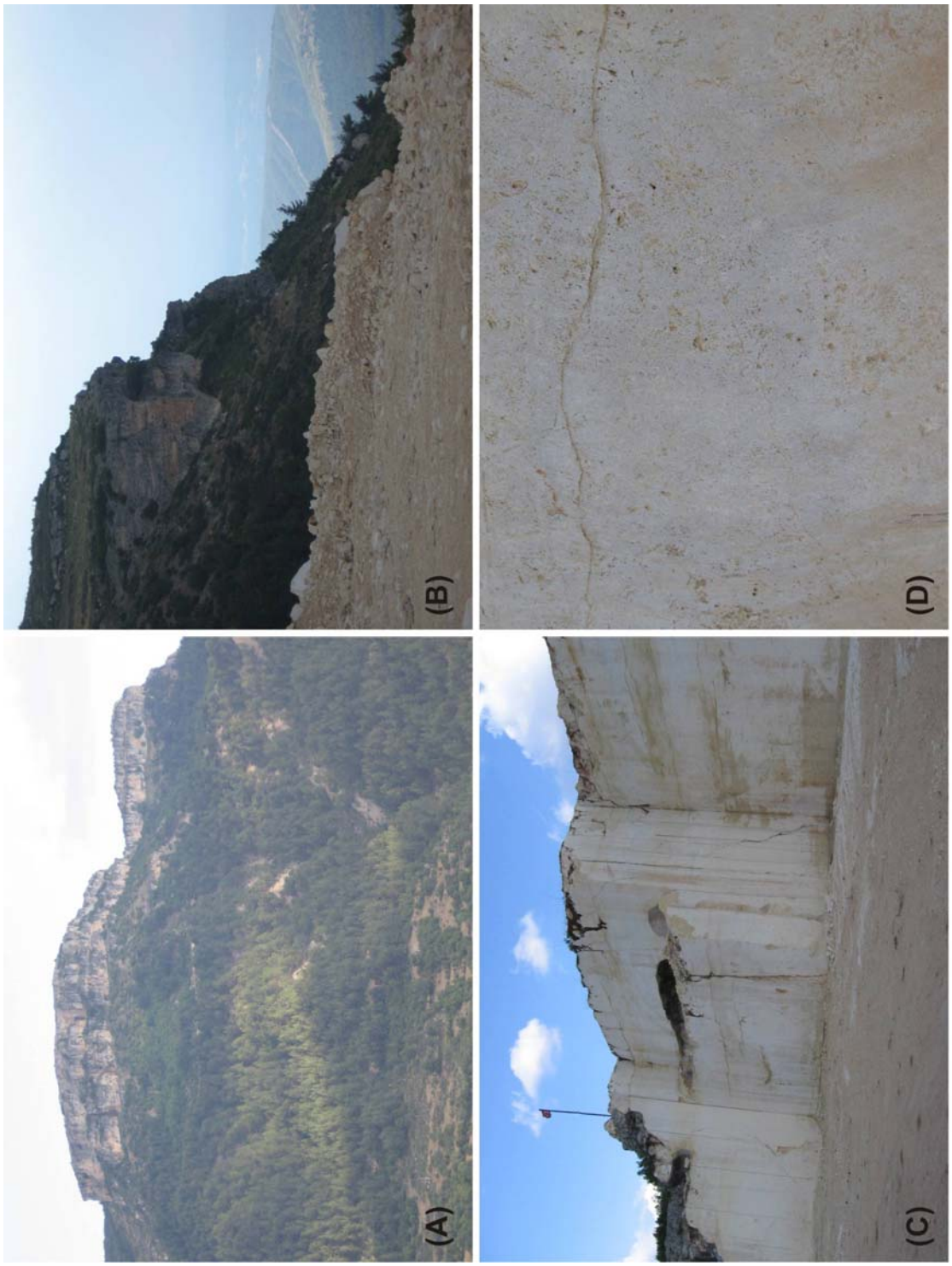
Bunlar, moloz akması çökelleridir. Çapraz ve paralel katmanlı çakıltaşı-kumtaşları; teknesel ve düzlemsel çapraz katmanlı ve paralel katmanlı çakıltaşı ve çakıllı kumtaşları bu birimi oluşturmaktadır. Çakıltaşları orta-iyi boylanmalı, yer yer biniklenmeli, çakılları şist, kuvarsit, mermer ve radyolaritlerden türemiştir. Çakıltaşları ile kumtaşları yanalda geçiş ve düşeyde ardalanma sunarlar. Kumtaşları birim içerisinde daha egemendir. Bu çökeller, örgülü-az büklümlü akarsu kanal ve setlerini karakterize etmektedir. Çapraz laminalı kumtaşı-paralel laminalı silttaşı; altta teknesel çapraz laminalı ince kumtaşlarıyla başlayıp, üstte paralel laminalı silttaşlarıyla biten ve birkaç on santimetre kalınlıkta birimler halinde bulunan çökellerden oluşur. Bunlar, terkedilmiş örgülü akarsu kanallarında ve/veya düşük akma evrelerinden önce setlerin üzerinde oluşmuştur.

Tez kapsamında yürütülen saha çalışmaları sırasında Künar Formasyonunu oluşturan çakılların tane boyunun, incelenen alanda kuzeyden (Kurbalık beldesi) güneye doğru (Künar köyü) azaldığı görülmüştür. Tez kapsamında Künar Formasyonunu oluşturan çökellerin deltayik bir ortamda oluştuğu düşünülmektedir. Ancak konunun ayrıntısı tez kapsamı dışında olduğu için burada değinilmemiştir.

Formasyonda, yaş verebilecek fosil tanımlanamamıştır. Yaşı, Kale Formasyonuna göre korelatif olarak belirlenmiş olup, Burdigaliyen (Erken Miyosen)'dir. Künar Formasyonu, Yenidere Formasyonunun üzerine uyumlu olarak gelmektedir ve Kale Formasyonunun karasal eşdeğeri olarak kabul edilmektedir. Bu formasyonun üzerine, incelenen alanın dışında, Sekköy Formasyonu uyumsuzlukla gelmektedir (Ek Şekil 1). Ancak inceleme alanında, Künar Formasyonunun üzerine doğrudan Yatağan Formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir (Ek Şekil 2).

3.2.2.5. Kale Formasyonu

Formasyon, genelde sarımsı beyaz ve beyaz renkli olup, incelenen alan ve çevresinde sadece Kale ilçesi çevresinde yüzeylenmektedir (Ek Şekil 1; Şekil 3.22). Altınlı (1955) tarafından "Kale Denizel Helvesiyen" olarak tanımlanan bu birim, Hakyemez ve Örçen (1982) tarafından Kale Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Hakyemez, 1989). Formasyonun kalınlığı yaklaşık 100 m civarındadır (Şekil 3.1). Kale Formasyonu, tabanda bazen birkaç metrelik çakıltaşı-kumtaşı ardalanması ve genellikle de 30-70 cm kalınlığında bir transgresif kalıntı çökeli (transgressive lag



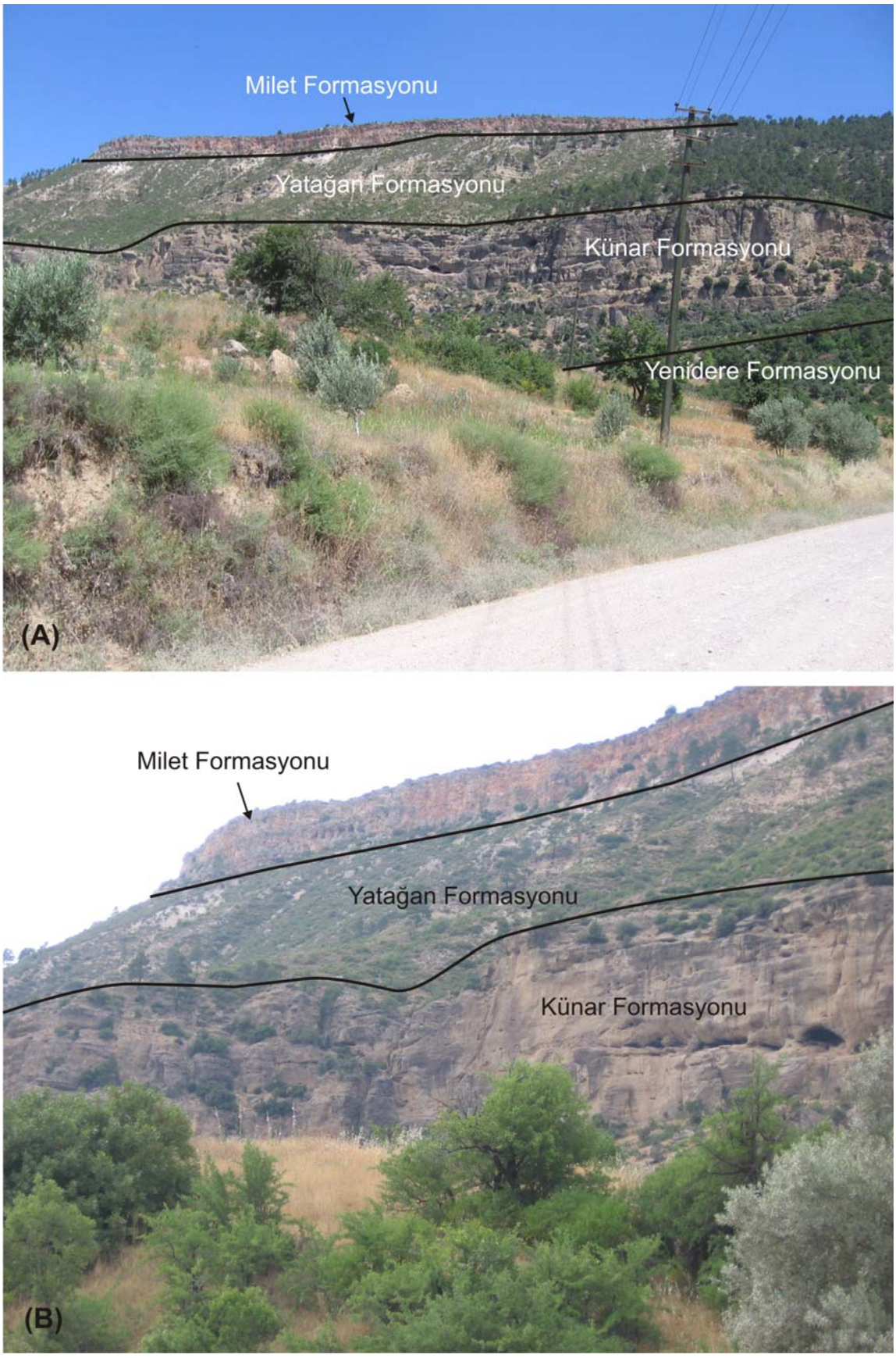
Şekil 3.22. Kale Formasyonu karstik kireçtaşlarının uzaktan (A) ve daha yakından (B-D) görünümleri.

deposits), üzerinde ince bir kumtaşı-çakıltaşı ardalanması yer alır. Daha üstte ise kalın, karstik, fosilli, resifal kireçtaşları bulunur (Şekil 3.22).

Kale Formasyonu inceleme alanında Mortuma Formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla gelmektedir (Şekil 3.1; Ek Şekil 1 ve 2). Kale Formasyonu, kronostratigrafik olarak Yenidere Formasyonunun üzerindedir ve Künar Formasyonunun sığ denizel eşdeğeri olarak kabul edilmektedir. İnceleme alanında Kale Formasyonun üzerinde herhangi bir birim görülememektedir. Formasyon çok bol foraminifer, ostrakod, mercan, alg, gastropod ve pelesipod fosilleri içermektedir. Fosillere ve özellikle foraminiferlerden *M. (Miogypsina) intermedia* türüne dayanılarak formasyonun yaşı Burdigaliyen (Erken Miyosen) olarak belirlenmiştir. Tabandaki fosilsiz çakıltaşı ve kumtaşları alüvyon yelpazesinin alt bölümünde, fosilli kumtaşı ve çakıltaşları transgresif kumsalda ve kireçtaşları ise sığ karbonat platformunda çökeldiği belirtilmiştir.

3.2.3. Muğla Grubu

Gölsel-karasal çökellerden oluşan bu grup, alttan üstte doğru, birbiriyle uyumlu Sekköy, Yatağan ve Milet Formasyonlarından oluşmaktadır (Şekil 3.1; Şekil 3.23). İnceleme alanı ve yakın çevresinde Karaköy, Avdan, Karagöl, Yukarıgörle ve Muslugüme köyleri ile Belenköy çevresinde yüzeylemektedir (Ek Şekil 1). İnceleme alanı dışında, Muğla ile Denizli arasındaki bölgede geniş bir yüzeysel yayılıma sahiptir. Muğla Grubu'nun en alt birimi olan Sekköy Formasyonu, incelenen alan ve çevresinde Mortuma Formasyonu ve Yenidere Formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla gelmektedir (Ek Şekil 1; 2). Tez kapsamında gerçekleştirilen saha çalışmaları sırasında incelenen alanda Sekköy Formasyonu ile Künar Formasyonu arasındaki ilişki görülememektedir. Sekköy Formasyonunun üzerinde Yatağan Formasyonu uyumlu ve geçişli olarak bulunmaktadır. Yatağan Formasyonu üzerine uyumlu ve geçişli olarak Milet Formasyonu gelir. Muğla Grubu üzerine Kuvaterner yaşlı çökeller uyumsuz olarak bulunmaktadır. Grup, yaklaşık 550 m kalınlıktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.23. Yenidere, Künar, Yatağan ve Milet Formasyonlarının uzaktan (A) ve daha yakından görünümleri.

3.2.3.1. Sekköy Formasyonu

Sekköy Formasyonu tez kapsamında ayrıntılı incelenen bölgede, sadece Doğanköy'ün batısındaki vadi içindeki küçük bir alanda yüzeylemektedir (Ek Şekil 2). Becker-Platen (1970)'in Sekköy tabakaları, Atalay (1980)'ın Sekköy üyesi adını verdiği bu birim, Hakyemez ve Örçen (1982) tarafından formasyon olarak tanımlanmıştır. Formasyonun tip yeri Narlı köyü kuzeyi olup, tip kesiti aynı köyün kuzeyindeki kuru dereden alınmıştır (Ek Şekil 1). Narlı köyü çevresindeki kömür içeren Sekköy Formasyonunun uzaktan ve daha yakından görünümleri, Şekil 3.24'de sunulmuştur.

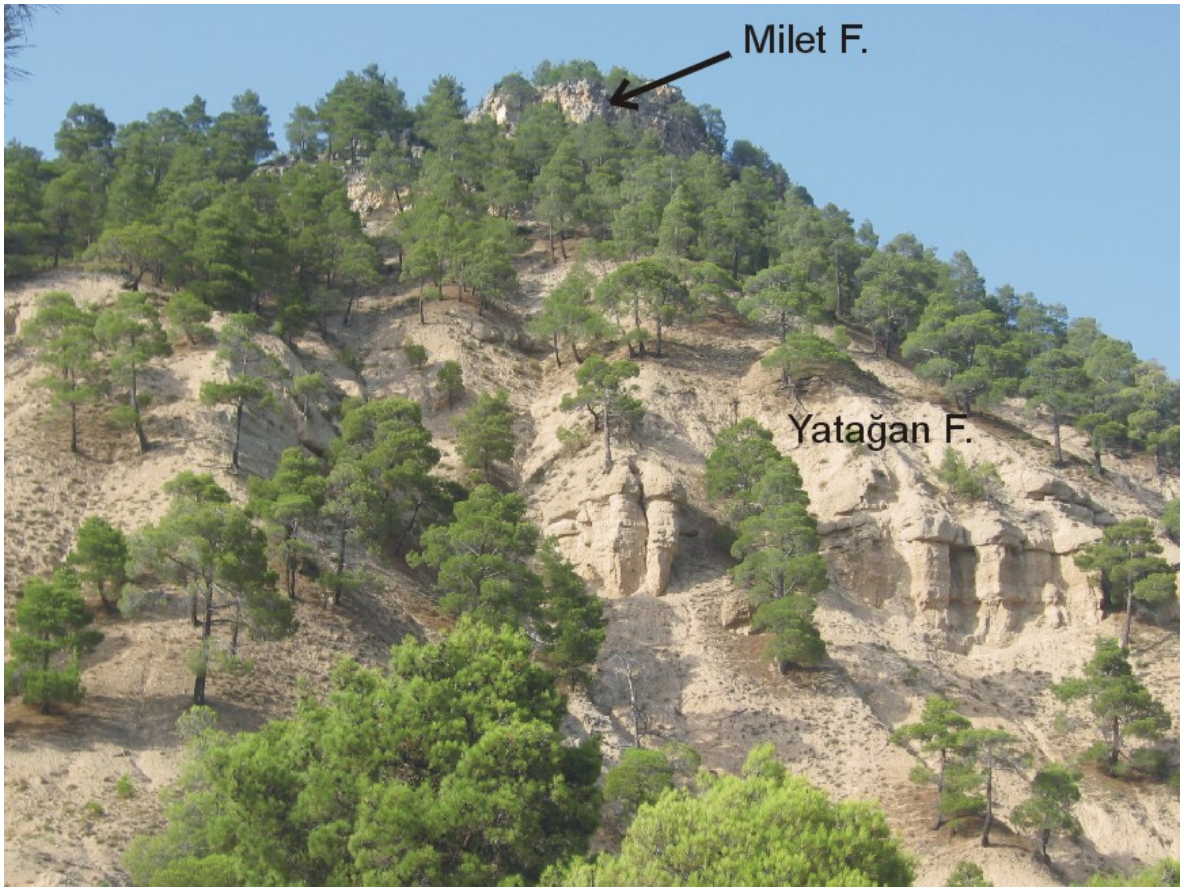
Sekköy Formasyonu, alttan üstte doğru, üç seviyeden oluşmaktadır. Bunlar; kömür (linyit) arakatmanlı silttaşı, kırıntılı kireçtaşı ve killi kireçtaşı-mikritik kireçtaşı-karbonatlı silttaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Kömür arakatmanlı silttaşı, formasyonun en alttaki 50 metrelik kesimini oluşturur (Şekil 3.24). Bu seviye içersinde 1-200 cm arası kalınlıklarda kömür tabakaları içeren birim, gri renkli, ince-orta paralel katmanlı ve laminalı silttaşlarından oluşur. Kömür tabakaları içinde kalınlığı 1,6 m ve 2 m olan iki kömür tabakası işletilebilir seviyeleri oluşturmaktadır. Silttaşları çok bol miktarda kömürleşmiş bitki kalıntıları içermektedir. Bazen bu bitki kalıntıları, kayacın %60'ını oluşturmaktadır. Kömür tabakalarının tavanlarında 1 cm kadar kalınlıkta gastrapod kavkı yığınları bulunmaktadır. Bitki kalıntıları, gastropod kavkıları yer yer bolluk zonları halindedir ve canlı eşelemesi yoğundur. Kırıntılı kireçtaşı, silttaşlarının üzerinde 1-2 metrelik bir düzey halinde bulunan, ince-orta paralel katmanlı ve yer yer çapraz laminalı, beyaz renkli kırıntılı kireçtaşlarıdır. Killi kireçtaşı-mikritik kireçtaşı-karbonatlı silttaşı ardalanması, formasyonun en üstteki ve en kalın kesimi olup, beyaz renkli, ince-orta paralel katmanlı, bol organik gereç içerikli ve yer yer ince tüf ve tüfit arakatmanlıdır. Sekköy Formasyonunu oluşturan kömür içeren silttaşları, bataklık ortamında, kırıntılı kireçtaşları göl kıyısında ve kireçtaşları göl çanağında çökelmiştir. Tüf ve tüfitlerin varlığı, çevredeki çağdaş volkanik faaliyeti ve volkanik malzeme getirimini göstermektedir.



Şekil 3.24. İncelenen alanda Narlı Köyü çevresinde yüzeyleyen kömür içeren Sekköy Formasyonunun uzaktan (A) ve daha yakından (B) görünümleri.

3.2.3.2. Yatağan Formasyonu

İncelenen alanda Karaköy, Kurbalık Beldesi, Yenidere, Muslugüme köyleri ve Belenköy çevresinde görülmektedir (Ek Şekil 1). Formasyonun tip yeri, Avdan güneybatısındaki Adamharmanı köyü dolayı (Ek Şekil 1) ve tip kesiti de aynı köyün 1-2 km doğusundaki K-G doğrultulu kuru dere içinden alınmıştır. Yatağan Formasyonu genel olarak bej-kızıl kahverengidir (Şekil 3.25). Formasyonun litolojisini, çok kötü boylanmalı çakıltaşı ve çamurtaşı, çapraz ve paralel katmanlı çakıltaşı-kumtaşı, paralel katmanlı, iyi boylanmalı çakıltaşı, paralel laminalı ve çapraz katmanlı kumtaşı ve ince katmanlı çamurtaşı oluşturur. Formasyon, içinde yer yer 5-30 cm kalınlığında pembe renkli tüf ve tüfit arakatmanlarını da kapsamaktadır. Düşey istifte kaba ve ince taneli bölümler sıkça ardalanır.



Şekil 3.25. Yatağan ve Milet Formasyonlarının görünümü.

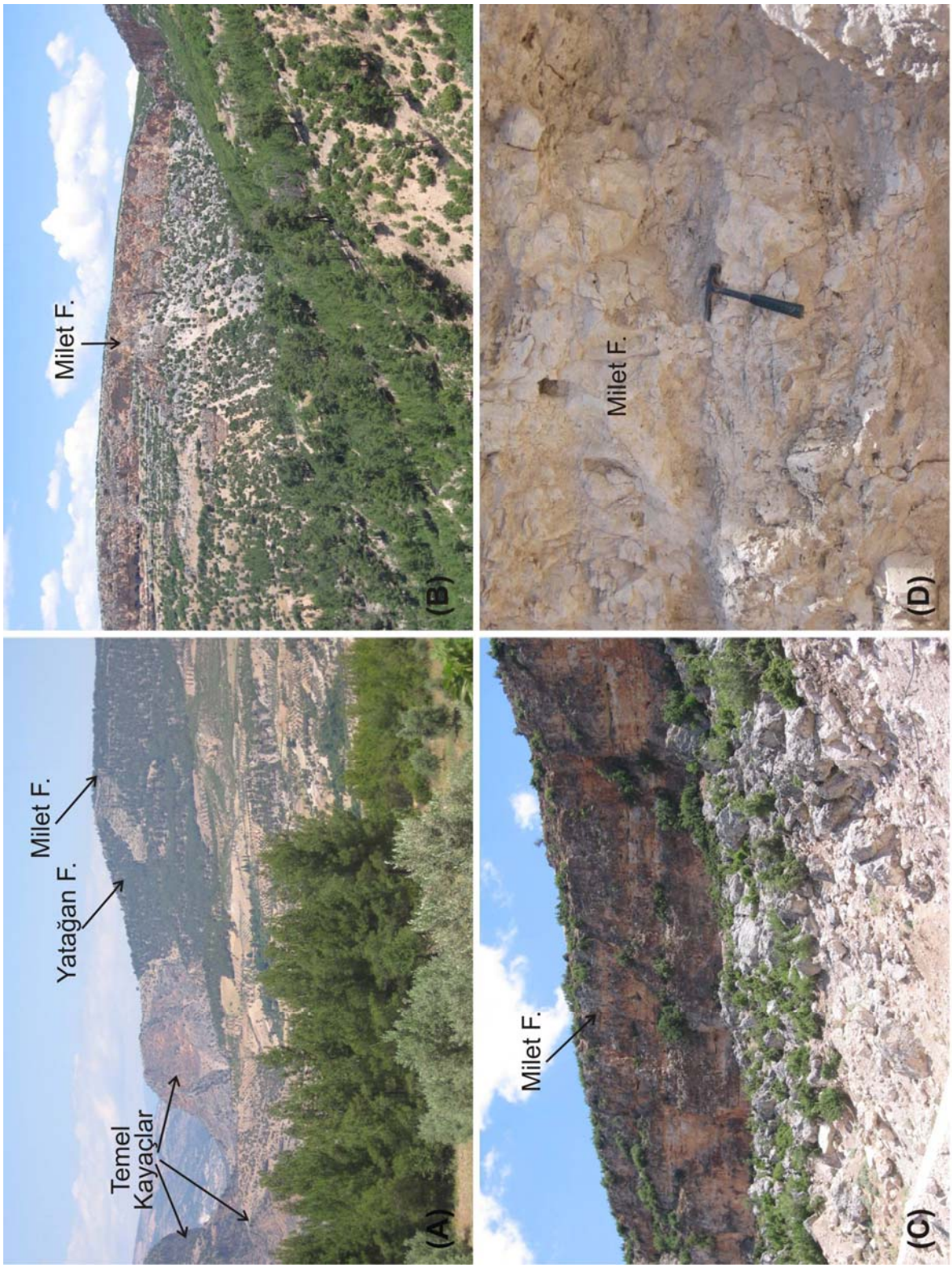
Formasyonun altında Sekköy Formasyonu ve üzerinde Milet Formasyonu ile uyumlu ve geçişli olarak yer almaktadır (Şekil 3.1). Kalınlığı en fazla 250 metredir. Yatağan Formasyonunun orta boylanmalı ve paralel laminalı çamurtaşları içinde yalnızca yer arısı yuvaları ile Hipparion dişi bulunmuştur. Bu nedenle yaş belirlemesi korelatif olarak yapılmış ve Atalay'ın (1980) omurgalı fosil verileri ve Becker-Platen vd. (1977) izotop yaş tayinleri verileri esas alınarak Vallesiyen-Türoliyen (Geç Miyosen) yaşı kabul edilmiştir. Formasyonun çökelme ortamı kurak-yarı kurak tipte alüvyon yelpazesi olup, yelpazeler zaman içinde ilerleme ve gerileme dönemleri gösterdiği belirtilmektedir.

3.2.3.3. Milet Formasyonu

İncelenen alanda Doğanköy ve Muslugüme köyleri çevresinde geniş yüzeysel yayılıma sahiptir (Ek Şekil 1; 2). Becker-Platen'in (1970) Milet tabakaları adı ile tanıttığı birimi, Atalay (1980) Bozarmut Üyesi, Hakyemez ve Örçen (1982) tarafından ise Milet Formasyonu olarak tanımlamıştır. Formasyonun tip yeri ve tip kesiti, Yukarıgörle köyü civarıdır (Ek Şekil 1). Milet Formasyonu başlıca kırmızımsı bej renkli mikritik kireçtaşlarından oluşur ve yer yer ince killi kireçtaşı arakatmanlarını kapsar (Şekil 3.26). Kireçtaşlarında karstlaşma yaygındır (Şekil 3.26). Birim, Yatağan Formasyonunun üzerine uyumlu ve geçişli olarak gelir. Üzerinde uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı çökeller bulunur. Kalınlığı en çok 140 metredir (Şekil 3.1). Formasyon içinde yalnızca kristalize gölsel gastropod fosilleri bulunmuştur ve bu nedenle Atalay (1980)'ın omurgalı fosil verilerine de dayanılarak Turoliyen (Geç Miyosen)-Pliyosen yaşlı olduğu kabul edilmiştir. Milet Formasyonu yoğun karbonat çökeliminin gerçekleştiği bir gölde oluşmuştur.

3.2.4. Kuvaterner Yaşlı Çökeller

Bu çökeller Hakyemez ve Örçen (1982)' e göre Pleyistosen yaşlı çökeller ve Güncel yaşlı çökeller olarak iki bölümde incelenmiştir. Bu çökeller daha sonra Hakyemez (1989) tarafından Kuvaterner yaşlı çökeller olarak adlandırılmıştır. Bu çökeller, incelenen alanda alüvyonla temsil edilmektedir. Alüvyonlar, geniş ölçüde Yenidere Çayı, Akçay vadisinde görülmektedir (Ek Şekil 1; 2). Kuvaterner çökeller, kendilerinden yaşlı tüm birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir.

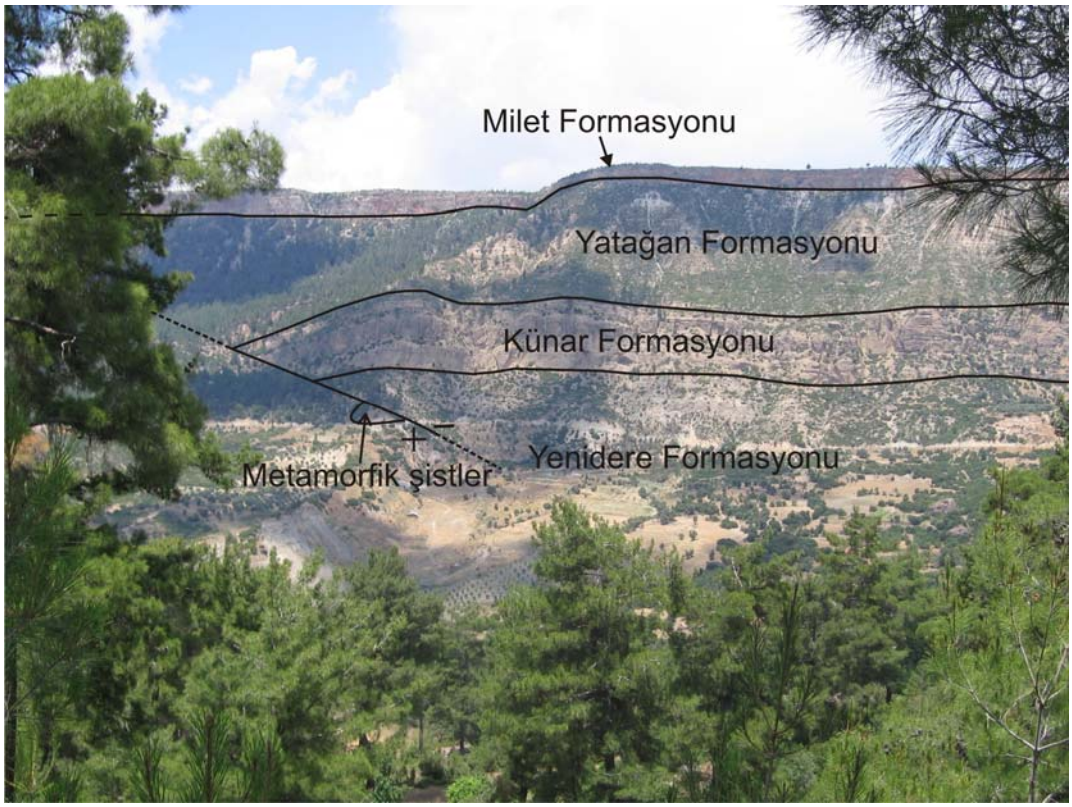


Şekil 3.26. Milet Formasyonu mikritik kireçtaşlarının uzaktan (A-B) ve daha yakından (C-D) görünümleri.

3.3. Tektonik

Yilmaz et al. (2000) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar, Batı Anadolu'da başlangıçta kuzey-güney uzanımlı grabenlerin Alt Miyosen sırasında doğu-batı yönlü gerilme rejimi altında oluştuğunu göstermiştir. Gerilme açılımlarını eşlik eden yaklaşık kuzey-güney uzanımlı verev (oblik) atımlı faylar, kalk-alkalin, hibrid magmaların yeryüzüne ulaşmasını sağlamıştır. Bölgede kuzey-güney gerilme rejimi, Üst Miyosen sırasında başlamıştır. Bu sırada tüm istifi kesen fay oluşmuştur. Kuzey-güney gerilmesi, Üst Miyosen sonunda veya Alt Pliyosen sırasında yarıda kesilmiştir.

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen saha ve özellikle yeraltı çalışmaları kapsamında elde edilen veriler, incelenen alanın jeoloji haritası üzerine işlenmiştir (Ek Şekil 2). İncelenen alanda, daha önce açıklandığı gibi, Karadere ve özellikle Mortuma Formasyonları hafifçe eğimlidir. Bunun üzerinde yer alan daha genç formasyonlar ise yatay konumludur (Ek Şekil 1; 2). Bu nedenle incelenen alanda kıvrımlanma görülmemektedir. Ancak, küçük atımlı faylar gerek yüzeyde ve gerekse yeraltında görülebilmektedir. Saha çalışmaları sırasında Hakyemez ve Örçen (1982) ve özellikle Hakyemez (1987; 1989) tarafından belirlenen faylara ilave olarak belirlenenler Ek Şekil 2'de sunulan jeoloji haritası üzerinde gösterilmiştir. Bu çalışmalar sırasında eğim atımlı normal faylar belirlenmiştir. Bunların atımları santimetre-metre düzeyindedir (Şekil 3.27-3.30).



Şekil 3.27. Yenidere köyünün batısında gözlenen normal fay.



Şekil 3.28. Coşkun madenciliğe ait kömür ocaklarının bulunduğu bölgede tanımlanan normal fay.



Şekil 3.29. İncelenen alanda Çoşkun Madencilik sahasında yeraltında tanımlanan normal fay. (A) Fay zonunun, (B) fay zonundaki temel kayaçların görünümleri.



Şekil 3.30. Yenidere köyünün doğusunda gözlenen normal faylar ve kömür damar çıkmaları.

Şekil 3.30. Yenidere köyünün batısında gözlenen normal faylar ve kömür damar çıkmaları.

4. KİMYASAL (PROXIMATE) ANALİZLER

Bu bölümde Kurbalık kömür sahasından oluk örneklemesi yöntemiyle alınan toplam 30 adet kömür örneğinin kimyasal (proximate) analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Örnekleme işlemi, daha önce açıklandığı gibi, 4 damarda gerçekleştirilmiştir.

Tez kapsamında alınan kömür örnekleri üzerinde nem, kül, uçucu madde, toplam kükürt, toplam karbon ve ısıl değeri analizleri yapılmıştır. Kömür örneklerinin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ve yorumu aşağıda özetlenmiştir.

Nem (Su): Kömürlerdeki nem; havada kuruma nedeniyle kaybedilen yüzey nemi, havada kuruduktan sonra örnekte kalan nem (kalıntı nemi), organik maddenin bozunma nemi ve minerallerin hidrasyon suyu olmak üzere dört şekilde bulunur (ASTM, 1991 ve 2005; Carpenter, 1988). Bu çalışma kapsamında toplam nem (örneğin laboratuvara getirildiği durumda içerdiği toplam nem) ve havada kurutulduktan sonra örnekte kalan nem analizleri yapılmıştır.

Toplam Nem: Tez kapsamında araziden ağzı bağlı naylon torbalarda alınan kömür örnekleri zaman kaybedilmeden laboratuvara getirilerek toplam nem analizleri yapılmıştır. Kömürlerin laboratuvara getirildiği durumda ortalama toplam nem içerikleri Ziyaçavuş damarı için %29,21, Şerif damarı için %29,46, Şentürk damarı için %27,25 ve Polat damarı için %28,72 olarak birbirlerine yakın değerler bulunmuştur. Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi kömürlerin nem içerikleri nispeten yüksek değerlerde tespit edilmiştir.

Havada Kuruma Sonrası Kalan Nem (Kalıntı Nemi): Kömürlerin sahip oldukları toplam nemin önemli bir miktarını havada kurutulma sırasında kaybetmekte ve havada kurutulmuş örneklerde nispeten düşük nem içerikleri saptanmaktadır. Kömürlerin havada kuru bazda ortalama nem içerikleri Ziyaçavuş damarı için %14,44, Şerif damarı için %15,24, Şentürk damarı için %14,26 ve Polat damarı için %15,51 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Çalışma kapsamında Kale-Kurbalık kömür sahasından alınan kömür örneklerinin havada kuru bazda kimyasal analiz sonuçları. Kısaltmalar: as-rec=örneğin laboratuvara getirildiği durumda.

Kömür Damarı	Örnek No	Lab No	% Toplam Nem (as-rec)	% Nem	% Uçucu Madde	% Kül	%Bağlı Karbon	Üst Isıl Değer (kcal/kg)	Alt Isıl Değer (kcal/kg)	% Toplam Kükürt	% Toplam Karbon
Ziyaçavuş	Kale-1	04-53	29,60	13,37	34,70	23,47	28,46	4030	3762	3,83	51,96
	MC1/02	04-65	29,57	14,53	39,75	18,34	27,38	4420	4133	4,17	55,22
	MC2/03	04-66	29,86	14,62	38,97	18,60	27,81	4378	4092	3,68	54,75
	MC3/02	04-67	29,12	13,84	37,65	24,78	23,73	3980	3715	3,91	49,58
	MC4/03	04-68	30,33	16,15	39,54	15,45	28,86	4457	4157	3,55	56,28
	MC5/02	04-69	25,82	13,85	41,61	15,18	29,36	4639	4345	4,20	56,88
	MC6/02	04-70	31,12	14,49	42,21	12,53	30,77	4742	4438	3,06	59,34
	MC7/04	04-71	27,96	14,25	40,59	16,97	28,19	4409	4119	4,15	55,39
	MC8/02	04-72	29,50	14,90	40,66	15,20	29,24	4438	4141	4,04	56,29
	Ortalama		**29,21**	**14,44**	**39,52**	**17,84**	**28,20**	**4388**	**4100**	**3,84**	**55,08**
Şerif	Kale-4	04-52	30,77	14,31	35,94	21,51	28,24	4177	3901	5,07	53,34
	YC1/02	04-73	30,19	15,71	39,89	17,29	27,11	4296	4003	4,00	54,84
	YC2/02	04-74	29,79	15,10	39,19	18,34	27,37	4356	4068	4,80	54,47
	YC3/03	04-75	29,58	15,76	39,07	16,37	28,80	4356	4060	4,15	55,01
	YC4/01	04-76	30,45	15,56	39,26	19,10	26,08	4196	3909	4,20	53,17
	YC5/03	04-77	30,15	15,75	39,82	17,22	27,21	4362	4068	3,89	54,83
	YC6/02	04-78	27,69	13,86	40,44	19,05	26,65	4283	4001	4,86	53,7
	YC7/02	04-79	26,91	15,54	41,88	12,63	29,95	4561	4254	3,32	58,2
	YC8/02	04-80	29,62	15,57	39,22	18,61	26,60	4147	3858	3,60	52,86
	Ortalama		**29,46**	**15,24**	**39,41**	**17,79**	**27,56**	**4304**	**4013**	**4,21**	**54,49**
Şentürk	Kale-7	04-51	31,50	15,04	35,94	17,06	31,96	4444	4152	4,29	56,95
	EC1/02	04-56	28,23	13,79	40,92	15,79	29,50	4554	4262	3,66	57,25
	EC2/02	04-57	30,35	15,24	41,47	13,61	29,68	4720	4417	4,06	59,08
	EC3/03	04-58	27,94	14,36	43,16	10,71	31,77	4944	4635	4,23	60,75
	EC4/02	04-59	24,70	12,42	36,98	24,78	25,82	4045	3784	3,69	49,49
	EC5/02	04-60	28,71	14,24	40,03	16,03	29,70	4536	4243	3,29	57,35
	EC6/02	04-61	24,03	14,89	42,39	13,46	29,26	4712	4410	3,85	59
	EC7/02	04-62	21,40	14,07	39,76	18,94	27,23	4374	4091	4,34	54,55
	EC8/03	04-63	26,89	14,24	41,34	15,23	29,19	4692	4397	3,93	58,4
	EC9/03	04-64	28,79	14,28	40,75	16,18	28,79	4599	4307	4,17	56,96
	Ortalama		**27,25**	**14,26**	**40,27**	**16,18**	**29,29**	**4562**	**4270**	**3,95**	**56,98**
Polat	AC1/02	04-54	29,32	15,07	40,23	14,19	30,51	4577	4276	2,72	58,33
	AC2/02	04-55	28,12	15,94	40,46	13,62	29,98	4529	4224	2,31	58,51
	Ortalama		**28,72**	**15,51**	**40,35**	**13,91**	**30,25**	**4553**	**4250**	**2,51**	**58,42**

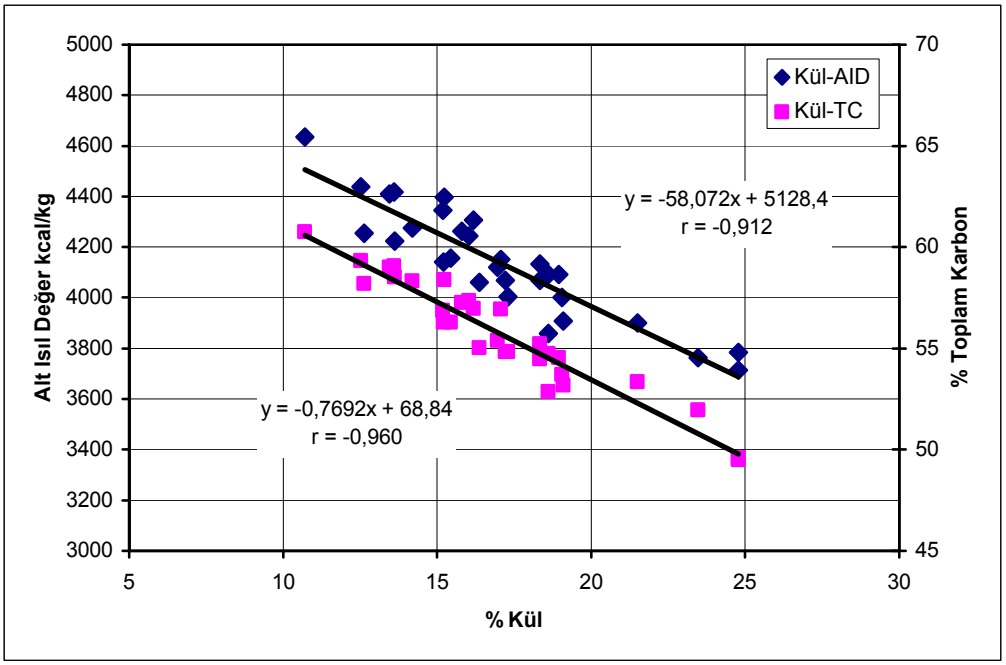
Uçucu Madde: Kömürlerdeki uçucu madde, nem (organik maddenin bozunma nemi ve minerallerin hidrasyon suyu), hidrojen, karbondioksit, karbonmonoksit, hidrojen sülfür, organik sülfür bileşikleri, organik bileşikler, katran, klorürler ve amonyak gibi bileşikleri içermektedirler. Kömürleşme derecesine bağlı olarak uçucu madde içeriği azalmaktadır. Kömürün yaşı arttıkça içerdiği uçucu maddenin miktarı azalır. Kurbalık kömür havzasından alınan kömür örneklerinin havada kuru bazda ortalama uçucu madde içerikleri Ziyaçavuş damarı için %39,52, Şerif damarı için %39,41, Şentürk damarı için %40,27 ve Polat damarı için %40,35 olarak bulunulmuştur (Çizelge 4.1).

Kül: Tez kapsamında alınan kömür örneklerinin havada kuru bazda ortalama kül içerikleri, Ziyaçavuş damarı için %17,84, Şerif damarı için %17,79, Şentürk damarı için %16,18 ve Polat damarı için %13,91 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Bu verilere göre kömür damarlarının kül içerikleri benzer düzeyde olduğu gözlenmiştir.

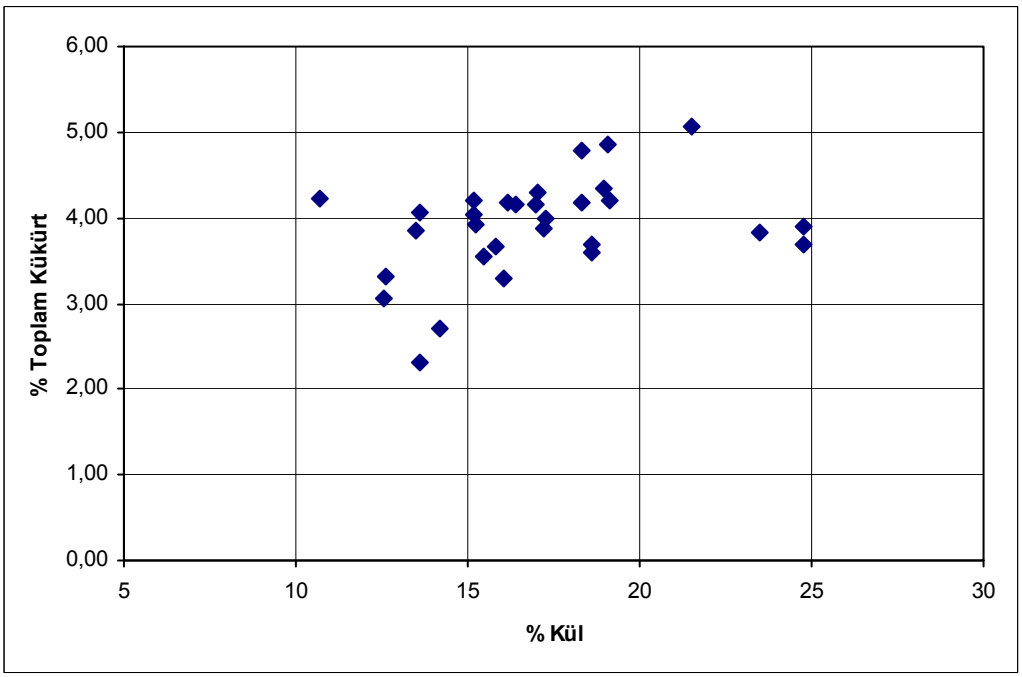
Toplam Kükürt: Tez kapsamında Kurbalık kömür havzasından alınan kömürlerin havada kuru bazda toplam kükürt içerikleri Ziyaçavuş damarı için %3,84, Şerif damarı için %4,21, Şentürk damarı için %3,95 ve Polat damarı için %2,51 olarak bulunulmuştur. Görüldüğü gibi kömür damarlarını toplam kükürt içerikleri birbirine yakın değerler bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Isıl Değer: Bir kömürün ısıl değeri, türüne ve organik yapısına karışmış olan yanmayan maddelerin miktarına bağlıdır. Kömürün mineral miktarı (kül içeriği) arttıkça ısıl değeri azalmaktadır. Ayrıca kömürün yüzeyde altere olması ısıl değerinin azalmasına neden olmaktadır. Kömürün ısıl değeri jeolojik yaşına bağlı olarak da değişir. Genel olarak, genç kömürlerin ısıl değerleri oksijen ve nem içeriğinin yüksek olması nedeniyle düşüktür.

İncelenen kömürlerin havada kurutulmuş bazdaki üst ısıl değerlerinin ortalamaları sırasıyla Ziyaçavuş damarı için 4388 kcal/kg, Şerif damarı için 4304 kcal/kg, Şentürk damarı için 4562 kcal/kg ve Polat damarı için 4553 kcal/kg, alt ısıl değerleri ise Ziyaçavuş damarı için 4100 kcal/kg, Şerif damarı için 4013 kcal/kg, Şentürk damarı için 4270 kcal/kg ve Polat damarı için 4250 kcal/kg olarak tespit



Şekil 4.1. İncelenen örneklerde havada kuru bazda kül-alt ısıl değer (AID) ve kül-toplam karbon (TC) içeriklerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.2. İncelenen örneklerde havada kuru bazda kül-toplam kükürt içeriklerinin karşılaştırılması.

edilmiştir (Çizelge 4.1). Kömürlerde kül-alt ısıl değer ve kül-toplam karbon içerikleri arasındaki ilişki Şekil 4.1 ve kül-toplam kükürt içerikleri arasındaki karşılaştırma ise Şekil 4.2'de sunulmuştur. Kömürlerin kül-alt ısıl değer ve kül-toplam karbon içerikleri arasında beklendiği gibi negatif doğrusal ilişki, kül-toplam kükürt içerikleri arasında ise pozitif doğrusal bir ilişki vardır. Kül-toplam kükürt içerikleri arasındaki ilişki zayıf ve önemsizdir.

5. MİNERALOJİ

5.1. Giriş

Bu bölümde, tez kapsamında Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarından derlenen kömür, kömür damarının taban, tavan ve arakesmelerinden alınan kayaç örneklerinin mineralojisi incelenmiştir. Tez kapsamında, kömür damarlarının tavan, taban ve arakesmelerinden alınan toplam 32 adet kayaç örneğinin X-ışınları toz difraktogramları yardımıyla mineralleri ve bunlardan seçilen 22 adet örneğin kil fraksiyonu mineralleri; alınan toplam 30 adet kömür örneğinin hem X-ışınları toz difraktogramları yardımıyla mineralleri hem de bunlardan seçilen 17 adet örneğin SEM-EDX yardımıyla mikron büyüklüğündeki mineralleri tez kapsamında değerlendirilmiştir.

Kömürlerdeki inorganik bileşenlerin cins ve miktarları, bilindiği gibi, kömürlerin jeolojik, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi açısından önemlidir. Çizelge 5.1'de kömür içinde gözlenen bazı mineraller Ward (2002)'den özetlenerek sunulmuştur (Bulut, 2004). Kömürlerde gözlenen önemli inorganik bileşenler sinjenetik olarak oluşmakta ve bunlar ya kömürü oluşturan turba bataklığına detritik olarak havza dışından taşınmakta ve/veya turbalaşma ortamında turbalaşma sırasında çökelme ortamında doğrudan oluşmaktadır. Bir kısım mineraller ise, turbalaşma sonrası kömürün çatlak-yarıklarında epijenetik olarak oluşmaktadır. Kömürlerde yaygın olarak rastlanılan ve sinjenetik (early diagenetic) olarak oluşmuş kuvars, feldispat ve kil mineralleri çoğunlukla kömür oluşumu sırasında havza dışından taşınmış; kaolinit ve pirit gibi mineraller ise turba oluşumu sırasında meydana gelen (otijenik) önemli mineralleri oluşturmaktadır. Kömürlerin çatlak-yarıklarında gözlenebilen kalsit, pirit v.b mineraller ise turba oluşumu sonrası epijenetik (late diagenetic) olarak oluşan minerallerdir (Spears and Caswell, 1986; Spears et al., 1994). Ancak bazı mineraller örneğin kalsit, kuvars, hem detritik ve otijenik hem de epijenetik olarak oluşabilmektedir.

Çizelge 5.1. Kömürlerde gözlenen mineraller (Ward, 2002'den)

Silikalar	**Karbonatlar**
Kuvars	Kalsit
Kalsedon	Aragonit
Kil Minarelleri	Dolomit
Kaolinit	Ankerit
İllit	Siderit
Simektit	Davsonit
Klorit	Stronsiyonit
İnterstratifiye kil mineralleri	Viterit
Feldispatlar	Alstonit
Turmalin	**Sülfatlar**
Analsim	Jips
Klinoptilolit	Bassanit
Höylandit	Anhidrit
Sülfidler	Barit
Pirit	Rozenit
Markasit	Natrojarosit
Pirotit	Globerit
Sfalerit	**Diğer Mineraller**
Galen	Anataz
Stibnit	Rutil
Millerit	Böhmit
Fosfatlar	Götit
Apatit	Krokoit
Krandallit	Kromit
Ksenotim	Zirkon
Monazit	İlmenit
Goyazit	
Gorseiksit	

5.2. Kayaç Örneklerinin Mineralojisi

Tez kapsamında, kömür damarlarının tavan-taban ve arakesmelerinden alınan toplam 32 adet kayaç örneğinin X-ışınları toz difraktogramları yardımıyla mineralleri ve bunlardan seçilen 22 adet örneğin kil fraksiyonu mineralleri bu alt bölümde incelenmiştir. Orijinal toz ve kil difraktogramlarda tanımlanan mineraller Çizelge 5.2'de sunulmuştur.

Tez kapsamında Polat kömür damarının bir örnekleme noktasındaki tavan-taban ve arakesmelerinden alınan toplam dört adet kayaç örneğinin (AC2/01, AC2/04-06; Şekil 2.2) mineralojisi incelenmiştir. Bu örneklerin toz difraktogramlarında kil mineralleri en önemli bileşeni oluşturmaktadır. Bunlara ilave olarak toz difraktogramlarında kuvars, kalsit, dolomit, feldispat ve çok az oranda da olasılı siderit ve pirit tanımlanmıştır. Kil fraksiyonu minerallerini ise illit, klorit, kaolinit, simektit ve çok az oranda da serpantin, klorit-simektit, pirofillit, talk ve paragonit, oluşturur.

Şentürk kömür damarından alınan toplam 8 adet kayaç örneği tez kapsamında değerlendirilmiştir (Çizelge 5.2). Bunlardan Kale-8, EC1/01 ve EC5/01 tavan kayacını; EC1/04-05 arakesmeleri; Kale-9, EC7/06 ve EC8/06 ise taban kayacını oluşturmaktadır (Şekil 2.2-2.5). Tüm örneklerde kil mineralleri en önemli bileşeni oluşturmaktadır (Çizelge 5.2). Kayaç bileşimine göre incelenen örneklerde kuvars, aragonit, kalsit, dolomit, feldispat, pirit, jips ve çok az oranda siderit saptanmıştır. Aragonit, özellikle fosilce zengin örneklerde belirlenmektedir. Diğer taraftan bazı örnekler, örneğin EC1/01, EC5/01 fosil içermesine karşılık aragonitin saptanamaması, analiz sırasında örnek içerisinde fosil kavkısının olmayışı veya yeterli miktarda olmayışı ve/veya o örneklerdeki fosil kavkılarının tümüyle kalsit bileşimli olmasıyla açıklanabilir. Analiz edilen dört örneğin kil fraksiyonu minerallerinde, simektit, illit, klorit, kaolinit ve çok az oranda da illit-simektit klorit-simektit, serpantin, pirofillit, talk ve paragonit saptanmıştır (Çizelge 5.2).

Şerif kömür damarından alınan toplam 7 adet kayaç örneği tez kapsamında değerlendirilmiştir (Çizelge 5.2). Bunlardan Kale-5 ve YC5/01 tavan kayacını;

Çizelge 5.2. Alınan kayaç örneklerinin X-Işınları toz ve kil difraktogramlarında tanımlanan mineraller.

Kısaltmalar: Kil min.=kil mineralleri, Q=kuvars, F= feldispat,C=kalsit, D=dolomit, A=aragonit, S=siderit, P=pirit, G=jips, I=illit, Ch=klorit, K=kaolinit, Sm=simektit, Pyro=pirofillit, Sp=serpantin, Pg=paragonit, C-S=klorit-simektit, I-S=illit-simektit, C-V=klorit-vermikülit

Damar Adı	Stamp No	Örnek No	XRD Toz Difragtogramlarında Tanımlanan Mineraller	XRD Kil Difragtogramlarında Tanımlanan Mineraller
Ziyaçavuş	Kale	Kale-3	C±P	
		Kale-2	Kil Min.+Q+F	I±Ch±K±Sm
	MC1	MC1/01	C±A	
		MC1/05	Q+Kil Min.+F±D±P±S	
		MC1/07	Kil Min.+Q+C+D+F±S	I+Ch+K±Sp±Sm±Pyro±Pg±Talk
	MC2	MC2/01	C±A	
		MC2/02	Kil Min.+C+Q+D+P±F	I+Ch+K+Sp+Pyro+Talk±Sm±C-S
	MC4	MC4/04	Kil Min.+Q+F±S	
	MC5	MC5/02	Kil Min.+Q+C+D+A+F+G±S	I+Sm+Ch+K+Sp±Pyro.±Talk
		MC5/03	Kil Min.+C+Q+D+F+P	I+Ch+Sm+K+Sp+Pyro.±C-V±Talk
		MC5/04	Kil Min.+Q+C+D+F±S	I+Ch+K+Sm+Pyro.+Sp±Pg±Talk
	MC6	MC6/05	Kil Min.+Q+F+P±S	I+Ch+K±Pg±C-V±Pyro.±Talk
	MC7	MC7/06	Kil Min.+Q+F+P±S	I+Ch+K+Sm±Pg±Talk
Şerif	Kale	Kale-5	Kil Min.+Q+C+D+A+F+P	
		Kale-6	Kil Min.+Q+D+F±C±P	Sm+I+K±Ch
	YC1	YC1/04	Kil Min.+Q+F+C±D±S	I+Ch+K+Sm±I-S±Pg±Talk
		YC1/05	Kil Min.+Q+C+D+F±S	I+Ch+K+Sm+Sp±Pg±Pyro.±Talk
	YC4	YC4/05	Kil Min.+Q+F+P±G±S	I+Ch+K+Sm±I-S±Pg
	YC5	YC5/01	Kil Min.+Q+C+D+A+F+G±P±S	I+Sm+Ch+K+Sp±Pyro.±Pg±Talk
		YC5/07	Kil Min.+Q+C+D+F±S	I+Ch+K+Sm+Sp±Pyro.±Pg±Talk
Şentürk	Kale	Kale-8	Kil Min.+Q+A+P+F+C+D	
		Kale-9	Kil Min.+Q+C+D+F	Sm+I+K+Ch
	EC1	EC1/01	Kil Min.+Q+C+D+F+G+P±S	Sm+I+Ch+K±C-S±Pg±Talk
		EC1/04	Kil Min.+Q+C+D+F±S	I+Ch+K+Sm±Pyro.±Sp±Pg±Talk
		EC1/05	Kil Min.+C+A±G	
	EC5	EC5/01	Kil Min.+Q+C+D+F+P+G±S	
	EC7	EC7/06	Kil Min.+C+A±G	
	EC8	EC8/06	Kil Min.+Q+F±D±S	I+Ch+K+I-S±Pg±Talk
Polat	AC2	AC2/01	Kil Min.+Q+D+F±S	I+Ch+K+Sm+Sp±Pg±Pyro±Talk
		AC2/04	Kil Min.+Q+C+D+F±S	I+Ch+K+Sm±Pyro.±Pg±Talk
		AC2/05	Kil Min.+Q+F±C±P±S	Sm+I+Ch+K±Pyro.±C-S±Pg±Talk
		AC2/06	Kil Min.+Q+C+D+F±S	I+Ch+K+Sm±Pyro.±Pg±Talk

YC1/04 ve YC5/07 arakesmeleri; Kale-6, YC1/05 ve YC4/05 ise taban kayacını oluşturmaktadır (Şekil 2.6-2.8). Tüm örneklerde, Polat ve Şentürk damarlarında olduğu gibi, kil mineraleri en önemli bileşeni oluşturmaktadır ve kayaç bileşimine göre incelenen örneklerde kuvars, kalsit, dolomit, aragonit, feldispat, pirit, jips ve çok az oranda da siderit saptanmıştır (Çizelge 5.2). Aragonit, özellikle fosilce zengin örneklerde belirlenmektedir. Analiz edilen altı örneğin kil fraksiyonu minerallerinde illit, simektit, klorit, kaolinit, serpantin ve çok az oranda da illit-simektit, pirofillit, talk ve paragonit saptanmıştır (Çizelge 5.2).

Ziyaçavuş kömür damarından alınan toplam 13 adet kayaç örneği tez kapsamında değerlendirilmiştir (Çizelge 5.2). Bunlardan Kale-3, MC1/01, MC2/01-02 tavan kayacını; MC1/05, MC4/04, MC5/02-03, MC6/05 ve MC7/06 arakesmeleri; Kale-2, MC1/07 ve MC5/04 ise taban kayacını oluşturmaktadır (Şekil 2.9-2.11). Çoğu örnekte, Polat, Şentürk ve Şerif damarlarında olduğu gibi, kil mineraleri en önemli bileşeni oluşturmaktadır. Ancak fosilli kireçtaşı olan tavan kireçtaşlarında ana bileşeni az oranda aragonit veya pirit içeren kalsit oluşturmaktadır (Çizelge 5.2). Killi kayaçlarda kil mineralleri dışında incelenen örneklerde kuvars, kalsit, dolomit, aragonit, feldispat, pirit, jips ve çok az oranda olasılı siderit saptanmıştır (Çizelge 5.2). Analiz edilen sekiz örneğin kil fraksiyonu minerallerinde illit, simektit, klorit, kaolinit, serpantin ve çok az oranda da illit-simektit, klorit-vermikülit, pirofillit, talk ve paragonit saptanmıştır (Çizelge 5.2).

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında kayaç örneklerinde saptanan minerallerden kuvars ve kalsitin bir kısmı ile dolomit, feldispat, illit, klorit, serpantin, pirofillit, talk, paragonitin turbalaşma sırasında detritik olarak kaynak alandan taşınabileceği; buna karşın, simektit ve kaolinitlerin, Hasdiğen (2001) tarafından da açıklandığı gibi, feldispatlardan itibaren yerinde alterasyonla neoformasyon ürünü oluşumlar olabileceği düşünülmektedir. Detritik minerallerin, bölgede kaynak alanı oluşturan Menderes Metamorfik Masifi, Likya Napları ve ofiyolitik kayaçlardan türediği; pirit, bir kısım kuvars ve kalsitin otijenik olarak turbalaşma sırasında turba bataklığında meydana gelebileceği düşünülmektedir.

5.3. Kömür Örneklerinin Mineralojisi

Tez kapsamında, alınan toplam 30 adet kömür örneğinde X-ışınları toz difraktogramları yardımıyla belirlenen mineraller bu altbölümde açıklanmıştır. Kömür örneklerinde tanımlanan mineraller, Çizelge 5.3'de ve her bir örneğin orijinal X-ışınları toz difraktogramları Ek Şekil 3-32'de verilmiştir.

İncelenen örneklerde önemli kısmı organik (amorf) madde oluşturmaktadır. Kömür damarlarının inorganik kısmını oluşturan mineraller genelde düşük düzeydedir ve bunlarda tanımlanan mineraller, Çizelge 5.3'de listelenmiştir. İlgili listede de görüldüğü gibi, çoğu kömür örneğinde tanımlanan mineraller büyük benzerlikler göstermektedir.

Polat damarından alınan ve tez kapsamında değerlendirilen iki örnekte kil mineralleri ve pirit saptanmıştır. Diğer örnekte buna ilave olarak kuvars belirlenmiştir.

Şentürk damarından alınan 10 örneğin altısında kil mineralleri, örneklerin en önemli minerallerini oluşturmaktadır. Bunlara ilave olarak örneklerde pirit, kuvars ve kalsit ile bir örnekte ikincil olarak oluşmuş jips saptanmıştır. Geri kalan dört örnekte en önemli mineralleri kuvars ve pirit ile kalsit oluşturmaktadır.

Şerif damarından alınan 9 örneğin beşinde kil mineralleri, örneklerin en önemli mineralleridir. Bunlara ilave olarak örneklerde kuvars, pirit, kalsit ile bir örnekte aragonit, feldispat ve ikincil olarak oluşmuş jips saptanmıştır. Geri kalan dört örnekte en önemli mineralleri kuvars ve pirit oluşturmaktadır. İncelenen örneklerde aragonitin, fosil kavkılarıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Ziyaçavuş damarından alınan 9 örneğin tümünde kil mineralleri, örneklerin en önemli minerallerini oluşturmaktadır. Bu bize bu damarın daha fazla oranda killi seviyeler içerdiğini işaret etmektedir. Bunlara ilave olarak örneklerde kuvars ve pirit ile bir örnekte feldispat ve beş örnekte ikincil olarak oluşmuş jips belirlenmiştir.

Çizelge 5.3. Çalışma kapsamında Kurbalık kömür sahasından alınan kömür örneklerinin XRD toz difraktogramlarında tanımlanan mineraller.

Kısaltmalar: Kil min.=kil mineralleri, Q=kuvars, F= feldispat, C=kalsit, A=aragonit, P=pirit G=jips, I=illit, Ch=klorit, K=kaolinit, Sm=simektit,

Kömür Damarı	Örnek No	Lab No	Kömürlerin XRD Toz Difraktogramlarında Tanımlanan Mineraller
Ziyaçavuş	Kale-1	04-53	Kil Min. (I+Ch+K) + Q + P + F
	MC1/02	04-65	Kil Min. (I+K+Sm) + Q + P + G
	MC2/03	04-66	Kil Min. (I+K+Sm) + Q + P + G
	MC3/02	04-67	Kil Min. (I+K+Sm) + Q + P
	MC4/03	04-68	Kil Min. (I+K) + Q + P
	MC5/02	04-69	Kil Min. (I+K+Ch) + Q + P
	MC6/02	04-70	Kil Min. (I) + Q + P + G
	MC7/04	04-71	Kil Min. (I+Sm) + Q + P + G
	MC8/02	04-72	Kil Min. (I) + Q + P + G
Şerif	Kale-4	04-52	Kil Min. (I+K) + P + Q + C+ A + F
	YC1/02	04-73	Q + P
	YC2/02	04-74	Q + P
	YC3/03	04-75	Kil Min. (K) + Q + P
	YC4/01	04-76	Kil Min. (I+K+Ch) + Q + P + C
	YC5/03	04-77	Kil Min. (K) + Q + P
	YC6/02	04-78	Kil Min. (K+I) + Q + P + G
	YC7/02	04-79	Q + P
	YC8/02	04-80	Q + P
Şentürk	Kale-7	04-51	Kil Min. (I) + P + Q + C
	EC1/02	04-56	Kil Min. (I+Ch) + Q + P
	EC2/02	04-57	Q + P
	EC3/03	04-58	Q + P
	EC4/02	04-59	Kil Min. (I+K+Ch) + Q + P + G
	EC5/02	04-60	Kil Min. (I+K+Sm) + Q + P
	EC6/02	04-61	Kil Min. (I) + Q + P + C
	EC7/02	04-62	Kil Min. (I+Ch) + Q + P
	EC8/03	04-63	Q + P +C
	EC9/03	04-64	Q + P +C
Polat	AC1/02	04-54	Kil Min. (I+Ch) + P
	AC2/02	04-55	Kil Min. (K+Ch) + Q + P

5.4. Kömürlerde Gerçekleştirilen SEM-EDX Çalışmaları

Çalışma kapsamında Kurbalık kömür sahasından alınan ve petrografik analizleri için parlak kesitleri hazırlanan kömür örneklerinden seçilen 17 örnekte SEM-EDX çalışmaları, H.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Zeiss marka taramalı elektron mikroskobu-enerji dağılım spektrometresi (SEM-EDX) gerçekleştirilmiştir. Analiz yöntemleri kısmında açıklandığı gibi, SEM-EDX analizleri Polat damarından alınan 2, Şentürk damarından 5, Şerif damarından 4 ve Ziyaçavuş damarından 6 adet örnekte yapılmıştır. Tez kapsamında SEM-EDX çalışmaları sırasında örnek seçimi, örneklere ait eser element analiz sonuçları dikkate alınmıştır, yani SEM-EDX analizleri daha çok eser elementçe zengin örnekler üzerinde yürütülmüştür. Bunda amaç, yüksek konsantrasyona sahip bazı eser elementlerin organik madde ve/veya minerallere mi bağlı olduğunun ortaya konması amacı taşımaktadır. Bu nedenle SEM-EDX çalışmalarının bazı sonuçları bu alt bölümde ve bir kısmı da esas ve eser element sonuçlarıyla birlikte değerlendirilmiştir. Ek Şekil 33-75'de incelenen örneklerden çekilen SEM görüntüleri ve bazı örneklere ait seçilmiş EDX grafikleri sunulmuştur. Tüm görüntüler, yukarıda da belirtildiği gibi kömür örneklerinin parlak kesitlerinde ve geri saçınım (back scattered; QBSD) dedektörü sinyalleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İncelenen dört damarda saptanan ortak özellikler ve mineraller ile damarlarda saptanan ilginç bazı mikron büyüklüğündeki mineraller aşağıda açıklanmıştır.

Ortak özellikler ve mineraller:

- Tüm kömür örneklerinde organik madde (OM), az oranda Ca, S ve iz oranda Mg ve bazı örneklerde de Al ve Na içermektedir.
- İncelenen tüm kömür örneklerinin SEM-EDX analizleri, kömürlerin genelde benzer mineralojik bileşime sahip olduğunu ve tanımlanan minerallerin XRD çalışmalarıyla tanımlanan minerallerle büyük benzerlik gösterdiği saptanmıştır.
- Tüm kömür örneklerinde kil mineralleri (klorit, illit ve kaolinit) tanımlanmıştır. Kil minerallerinin bir kısmı bantlar halinde olup, organik madde ile bantlı bir ardalanmaya sahiptir (Ek Şekil 43; 48; 59; 65). Tanımlanan kil minerallerinden kaolinit, bazı örneklerde neredeyse saf olmakla birlikte bazı örneklerde iz oranda Mg, K, Fe içermektedir (Ek Şekil 35-36; 43; 45; 48-49; 51; 56; 61). Tanımlanan illit çoğu örnekte nereyse

saf bileşimlidir, ancak çok az sayıdaki örnekte illitlerin iz oranda Na ve Mg içerdiği belirlenmiştir (Ek Şekil 35-39; 43-45; 47; 49; 54; 56-59; 61; 63; 66-72). Kloritler ise çoğunlukla Mg-klorit, bir kısmı ise Mg-Fe-klorit şeklindedir (Ek Şekil 34; 36; 39, 44-45; 47; 49; 42; 54-55; 57-61; 63; 66; 68; 70).

- İncelenen örneklerde framboidal ve mikron büyüklüğündeki pirit kristalleri, yaygın olarak görülmektedir (Ek Şekil 34; 46-49; 60-62; 72-75). Masif piritler nadir olarak izlenmektedir.
- İncelenen örneklerin tümünde silika (Q) yaygın olarak görülmektedir (Ek Şekil 34-36; 39-40; 44-49; 51-59; 63; 67-71).
- İncelenen örneklerde tanımlanan fosil kavkıları, $CaCO_3$ bileşimindedir (Ek Şekil 50-51).
- İncelenen örneklerde feldispat mineralleri saptanmaktadır. Bunlar Na-feldispat, K-feldispat ve alkali-feldispat şeklindedir (Ek Şekil 34-36; 39; 43-45; 47; 53-55; 57-58; 63; 65-71). Ayrıca, plajiyoklazlar da incelenen örneklerde tespit edilmiştir (Ek Şekil 39; 51; 63; 66-70).
- İncelenen örneklerde $CaCO_3$ ve Polat damarı hariç olmak üzere dolomit saptanmıştır (Ek Şekil 39; 42-43; 45; 49; 52-53; 55-56; 58-59; 67; 69-71; 75). Kalsiyum karbonatların bir kısmı iz oranda Mg içermektedir.
- Ziyaçavuş damarı hariç olmak üzere tüm örneklerde Sr içeren barit saptanmıştır. Bunların bir kısmı izole taneler (Ek Şekil 39; 54), bir kısmı kil mineralleri içinde (Ek Şekil 37-39) ve bir kısmı da organik madde içinde (Ek Şekil 35) tanımlanmıştır.
- Tüm örneklerde ve daha çok oranda Şentürk damarında olmak üzere Ca-fosfat (apatit) oluşumu tanımlanmıştır. İncelenen örneklerde apatit, kömür maserallerinin hücre, diğer boşluklarında (Ek Şekil 33; 41; 52; 64) ve bazı örneklerde yalnız başlarına (Ek Şekil 33; 40-41; 52-53; 62-64) oluştukları saptanmıştır. Bu minerallerde oluşmuş fosforun çoğu, Ward et al. (1996) tarafından da Avustralya kömürlerinde açıklandığı gibi, turba bataklığındaki bitkilerin organik maddelerindeki fosfo-proteinlerden türemiştir. Buna ilave olarak yalnız başına görülen mikron büyüklüğündeki bazı kalsium-fosfatların (Ek Şekil 40-41), fosil kavkıları ve daha çok fosil kemiklerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ward et al. (1996) tarafından da açıklandığı gibi fosfor, turbalaşma ortamında bitkinin bozunması

sırasında organik maddeden fosfor kolayca çözeltiye geçebilmekte ve daha sonra diğer mevcut iyonlarla birlikte kömür maserallerinin hücre ve diğer boşluklarında tekrar çökelebilmektedir. Burada etkili olabilecek faktörler, örneğin pH ve metal varlığı herhalde apatit oluşumu açısından kritik olanlardır.

İlginç bazı mikron büyüklüğündeki mineraller:

- Polat kömür damarında mikron büyüklüğünde sfalerit, rutil, kromit (Ek Şekil 35).
- Şentürk damarında mikron büyüklüğünde kromit ve piroksen? (Ek Şekil 39; 43).
- Şerif damarında mikron büyüklüğünde zirkon, sfalerit, sfen (Ek Şekil 54).
- Ziyaçavuş damarında mikron büyüklüğünde sfen, rutil, ilmenit, horndbled? (Ek Şekil 63; 68-69).

6. KÖMÜRLERİN ESAS VE ESER ELEMENT ANALİZLERİ

6.1. Giriş

Bu bölümde, tez kapsamında analiz analiz yöntemleri bölümünde de açıklandığı gibi, ICP-AES ve ICP-MS yardımıyla Kale-Kurbalık kömür sahasından alınan ve çalışma kapsamında bazı kimyasal analizleri, mineralojisi ve petrografisi incelenen Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarına ait tüm kömür örneklerinin (30 adet) bazı esas element (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Ti ve S) ve eser element içerikleri (As, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Ge, Hf, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Th, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr ve nadir toprak elementleri (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu; REEs)) değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları Ek Çizelge 3'de sunulmuştur. Bu analizlerden Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P ve S analizleri genelde ICP-AES'de ve geri kalanları ICP-MS'de yapılmıştır. Analizler, yöntemler kısmında da belirtildiği gibi, doğrudan kömür örnekleri üzerinde yürütülmüştür. Analizi yapılan toplam 30 adet örneğin sonuçlarının değerlendirilmesi aşağıda sunulmuştur. Analizler, Polat damarı için 2, Şentürk damarı için 10, Şerif damarı için 9 ve Ziyaçavuş damarı için 9 örnekte yapılmıştır.

Kömürde bulunan eser elementler, kömürleşme sırasında farklı aşamalarla kömürün bünyesine girebilmektedir. Eser elementlerin çoğu kömürdeki minerallerle ile ilişkili iken bazıları organik madde ile birliktelik, bazıları da hem minerallerle hem de organik madde ile birliktelik gösterebilmektedir (Finkelman, 1994). Özellikle, kömürde bulunan 25 adet element, çevre ve sağlık açısından duyarlı elementler olarak değerlendirilmektedir. Bu elementler ve kömürde bulunuş şekilleri Çizelge 6.1'de sunulmuştur. İlgili çizelgede yer alan elementlerden Sb, As, Be, Hg, F, Cd, Cl, Co, Cr, Pb, Mn, Ni, Se ve U, 1990 Amerika Temiz Hava Kanununa göre, potansiyel tehlikeli hava kirleticiler (HAPs) olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan güncel literatür bilgileri, kömürlerde zenginleşen diğer eser elementler de, günümüzde tehlikeli hava kirletici olarak görülmektedir.

Çizelge 6.1. Kömürlerde rastlanılan, çevre ve sağlık açısından duyarlı 25 element ve kömürde çoğunlukla bulunuş şekilleri (Finkelman and Gross, 1999).

ELEMENT	**BULUNUŞ ŞEKLİ**
Antimon	Organik madde, pirit ve nadiren sülfitler
Arsenik	Pirit
Berilyum	Organik madde
Civa	Pirit
Flor	Çeşitli mineraller
Kadmiyum	Sfalerit
Klor	Gözenek suyunda klor iyonlarında veya organik maddeye adsorbe şeklinde
Kobalt	Değişken birliktelik
Krom	Organik madde, illit ve kromit
Kurşun	Galen
Mangan	Siderit ve ankerit
Nikel	Değişken birliktelik
Selenyum	Organik madde, pirit ve nadiren selenit
Uranyum	Organik madde, zirkon ve silikatlar
Bakır	Kalkopirit ve pirit
Baryum	Barit ve baryum içeren diğer mineraller
Bor	Organik madde
Çinko	Sfalerit
Fosfor	Fosfatlar
Gümüş	Sülfitler
Kalay	Oksitler ve sülfitler
Molibden	Nadiren sülfitler ve organik madde
Talyum	Pirit
Toryum	Monazit, zenotim, zirkon ve kil mineralleri
Vanadyum	Kil mineralleri ve organik madde

6.2. Kömürlerin Esas ve Eser Element İçerikleri

Tez kapsamında Kale-Kurbalık kömür sahasından alınan örneklerinin esas element ve eser element içeriklerinin sınır değerleri ve ortalamaları, Ek Çizelge 3'den belirlenmiş ve sınır değerleri Çizelge 6.2'de ve hesaplanan aritmetik ve geometrik ortalamaları Çizelge 6.3'de sunulmuştur. Karşılaştırmalarda ve özellikle örneklerdeki zenginleşmeleri görebilmek amacıyla Swaine (1990) tarafından verilen çoğu Dünya kömürlerine ait element içeriklerinin sınır değerleri de, Çizelge 6.2 ve 6.3'de gösterilmiştir.

Kömürlerde kül içeriği genellikle esas ve çok az oranda da eser element içeriği ile ilgilidir. Genel olarak kül içeriğiyle önemli pozitif korelasyon gösteren elementler inorganik, negatif korelasyona sahip olanlar ise organik birlikteliği ifade etmektedir. Kale-Kurbalık kömür sahasından alınan tüm kömür örneklerinin element içeriklerinin kül içerikleriyle karşılaştırılmasından elde edilen pearson korelasyon katsayıları Çizelge 6.4'de sunulmuştur.

İncelenen örneklere tüm esas ve eser element analiz sonuçlarının geometrik ortalamaları birlikte değerlendirildiğinde, örneklere ait analiz sonuçlarının genelde damarlar arasında benzer seviyelerde oldukları görülmektedir (Çizelge 6.3). Bu bize tez kapsamında incelenen damarların benzer esas element ve eser element içeriklerine sahip olduklarını işaret etmektedir. Ancak, bazı farklılıklar da tesbit edilebilmektedir. Şöyleki, Polat damarına ait Na, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Ge, Ni, Sb, Se, Sn, U, V ve Zn içeriklerinin geometrik ortalamaları diğer damarlardan daha yüksektir. Benzer şekilde Şentürk damarına ait Bi ve Mo, Şerif damarına ait Ca, Mg, S, P, As, Hf, Mn, Sr, Ta ve Zr , Ziyaçavuş damarına ait Al, Fe, K, Ti, Be, Ga, Li, Nb, Pb, Rb, Sc, Th, Tl, W, Y ve REEs içeriklerinin geometrik ortalama değerleri diğer damarlardan daha yüksek bulunulmuştur (Çizelge 6.3). Bu farklılıkların, incelenen örneklerdeki mineral bileşiminden ve mikron büyüklüğündeki minerallerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

İncelenen tüm kömür örneklerinde organik maddenin az oranda Ca, S ve bazı organik maddelerin iz oranlarda da Al, Mg ve Na içerdiği saptanmıştır. Kalsiyum ve S'ün organik maddenin bünyesinde yer aldığı, Al, Mg ve Na'un organik madde içindeki mikron büyüklüğündeki minerallerle (örneğin kil mineralleri) ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 6.2. Kale-Kurbalık kömür sahası Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarından alınan kömür örneklerinin bazı esas ve eser element içeriklerinin sınır değerleri. bdl: Dedeksiyon limitinin altında. Not: Aksi belirtilmedikçe değerler ppm'dir.

Damar	Polat	Şentürk	Şerif	Ziyaçavus	Dünya kömürleri, Swaine (1990), ppm
Element	Sınır Değerleri	Sınır Değerleri	Sınır Değerleri	Sınır Değerleri	
(%) Al	0,72 - 0,79	0,27 - 2,41	0,47 - 1,11	0,68 - 2,22	-
(%) Ca	1,69 - 1,80	1,49 - 2,25	1,85 - 2,41	1,38 - 1,72	-
(%) Fe	1,43 - 1,64	1,17 - 2,71	1,39 - 3,05	1,68 - 2,84	-
(%) K	0,14	0,04 - 0,53	0,07 - 0,19	0,12 - 0,43	-
(%) Mg	0,82 - 0,83	0,69 - 0,84	0,87 - 1,10	0,77 - 1,00	-
(%) Na	0,13	0,03 - 0,15	0,08 - 0,14	0,07 - 0,16	-
(%) S	2,30 - 2,65	3,32 - 4,29	3,33 - 4,95	3,08 - 4,12	-
P	120,00 - 140,00	90,00 - 280,00	150,00 - 370,00	140,00 - 328,00	10 - 3000
Ti	395,26 - 431,89	105,19 - 867,36	207,95 - 607,27	302,75 - 1039,49	10 - 2000
As	33,98 - 52,39	16,96 - 60,25	21,00 - 74,42	27,44 - 64,60	0,5 - 80
B	100,99 - 432,88	82,52 - 435,95	111,14 - 156,52	119,14 - 194,38	5 - 400
Ba	85,94 - 205,69	10,02 - 399,61	55,56 - 117,28	74,18 - 168,46	20 - 1000
Be	0,37	0,22 - 0,78	bdl - 0,59	0,47 - 0,95	0,1 - 15
Bi	bdl	bdl - 0,23	bdl - 0,08	bdl - 0,18	2 - 20
Cd	0,25 - 0,36	bdl - 0,27	bdl - 0,25	bdl - 0,55	0,1 - 3
Co	7,89 - 8,12	1,68 - 14,29	2,02 - 4,86	2,80 - 6,81	0,5 - 30
Cr	251,58 - 261,83	18,70 - 281,98	42,14 - 183,14	54,99 - 242,94	0,5 - 60
Cs	1,15 - 1,19	0,24 - 2,11	0,48 - 0,94	0,63 - 2,21	0,3 - 5
Cu	14,58 - 26,24	6,91 - 33,39	8,81 - 15,73	8,29 - 26,68	0,5 - 50
Ga	2,21 - 2,67	0,88 - 7,08	1,37 - 3,20	2,34 - 6,53	1 - 20
Ge	0,75 - 2,00	0,40 - 2,77	0,33 - 2,15	0,47 - 1,85	0,5 - 50
Hf	bdl	bdl - 0,17	bdl - 0,29	bdl - 0,33	0,4 - 5
Li	5,43 - 7,28	1,35 - 22,77	3,73 - 12,61	4,95 - 30,37	1 - 80
Mn	34,64 - 38,30	30,99 - 133,14	42,09 - 87,46	41,82 - 83,69	5 - 300
Mo	9,24 - 12,42	10,27 - 19,23	7,20 - 12,67	7,43 - 14,93	0,1 - 10
Nb	1,95 - 2,07	0,84 - 3,15	2,23 - 4,03	2,11 - 4,87	1 - 20
Ni	198,81 - 266,34	52,51 - 396,96	21,06 - 67,73	13,21 - 69,99	0,5 - 50
Pb	6,17 - 8,36	2,61 - 14,09	4,11 - 6,03	4,31 - 24,08	2 - 80

Çizelge 6.2. devam ediyor.

Damar	Polat	Şentürk	Şerif	Ziyaçavus	Dünya kömürleri, Swaine (1990), ppm
Element	Sınır Değerleri	Sınır Değerleri	Sınır Değerleri	Sınır Değerleri	
Rb	8,76 - 9,17	2,19 - 29,14	3,70 - 10,51	7,22 - 24,55	2 - 50
Sb	4,06 - 4,46	0,54 - 4,92	1,29 - 7,42	2,02 - 5,33	0,1 - 10
Sc	4,91 - 5,60	4,01 - 7,70	2,97 - 6,19	5,12 - 7,52	1 - 10
Se	6,44 - 6,76	1,37 - 7,86	0,27 - 3,31	1,71 - 5,21	0,2 - 10
Sn	1,10 - 1,80	0,39 - 1,59	0,56 - 1,18	0,95 - 1,67	1 - 10
Sr	235,23 - 238,24	169,87 - 220,32	251,17 - 378,20	248,82 - 342,77	15 - 500
Ta	0,77 - 1,00	0,28 - 1,66	0,24 - 6,83	0,39 - 2,74	0,1 - 1
Th	1,24 - 1,54	0,94 - 6,29	1,28 - 2,94	1,82 - 5,01	0,5 - 10
Tl	bdl	bdl - 0,32	bdl - 0,22	bdl - 0,35	< 0,2 - 1
U	18,17 - 18,27	8,36 - 22,64	10,20 - 20,20	11,33 - 21,97	0,5 - 10
V	41,91 - 46,60	11,68 - 60,67	18,95 - 37,44	18,60 - 63,58	2 - 100
W	1,20 - 1,22	0,27 - 2,28	1,24 - 3,83	1,85 - 4,26	0,5 - 5
Y	4,69 - 5,17	3,87 - 11,46	4,65 - 11,84	10,89 - 19,23	2 - 50
Zn	63,21 - 89,70	39,20 - 84,34	42,62 - 141,93	46,87 - 87,97	5 - 300
Zr	7,44 - 8,37	1,41 - 9,38	4,13 - 15,02	5,45 - 14,26	5 - 200
La	3,50 - 3,97	2,06 - 11,43	2,69 - 5,59	3,83 - 10,61	1 - 40
Ce	7,06 - 7,89	5,24 - 27,81	6,77 - 14,01	9,82 - 24,65	2 - 70
Pr	0,82 - 0,91	0,49 - 2,85	0,71 - 1,38	0,97 - 2,63	1 - 10
Nd	3,64 - 3,95	2,20 - 12,15	3,18 - 5,98	4,39 - 11,20	3 - 30
Sm	0,57 - 0,62	0,36 - 1,93	0,51 - 1,00	0,76 - 1,89	0,5 - 6
Eu	bdl	bdl - 0,45	bdl - 0,22	bdl - 0,43	0,1 - 2
Gd	0,76 - 0,81	0,49 - 2,40	0,65 - 1,39	1,13 - 2,56	0,4 - 4
Tb	bdl	bdl - 0,37	bdl - 0,24	0,20 - 0,44	0,1 - 1
Dy	0,67 - 0,70	0,52 - 2,15	0,70 - 1,73	1,49 - 2,75	0,5 - 4
Ho	bdl	bdl - 0,40	bdl - 0,38	0,32 - 0,58	0,1 - 2
Er	0,35 - 0,39	0,30 - 1,04	0,38 - 1,09	0,91 - 1,57	0,5 - 3
Tm	bdl	bdl - 0,08	bdl - 0,20	bdl - 0,28	0,5 - 3
Yb	0,36 - 0,41	0,32 - 1,06	0,41 - 1,32	1,06 - 1,66	0,3 - 3
Lu	bdl	bdl - 0,07	bdl - 0,20	bdl - 0,26	0,03 - 1

Çizelge 6.3. Kale-Kurbalık kömür sahası Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarından alınan kömür örneklerinin bazı esas ve eser element içeriklerinin geometrik ve aritmetik ortalama değerleri.
Not: Aksi belirtilmedikçe değerler ppm'dir.

Damar	Polat		Şentürk		Şerif		Ziyaçavuş		Dünya kömürleri, Swaine (1990), ppm
Element	Geometrik Ortalama	Aritmetik Ortalama	Geometrik Ortalama	Aritmetik Ortalama	Geometrik Ortalama	Aritmetik Ortalama	Geometrik Ortalama	Aritmetik Ortalama	
(%) Al	0,76	0,76	0,96	0,81	0,89	0,86	1,24	1,13	-
(%) Ca	1,75	1,75	1,74	1,73	2,08	2,07	1,56	1,56	-
(%) Fe	1,54	1,53	1,97	1,92	2,23	2,17	2,30	2,27	-
(%) K	0,14	0,14	0,19	0,15	0,15	0,14	0,24	0,21	-
(%) Mg	0,82	0,82	0,75	0,75	0,98	0,97	0,89	0,89	-
(%) Na	0,13	0,13	0,08	0,07	0,11	0,11	0,10	0,10	-
(%) S	2,48	2,47	3,95	3,94	4,10	4,06	3,81	3,79	-
P	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	10 - 3000
Ti	413,58	413,17	362,57	307,79	457,19	440,72	537,27	490,53	10 - 2000
As	43,19	42,20	45,06	42,84	51,67	48,21	45,09	43,94	0,5 - 80
B	266,93	209,08	134,61	116,44	124,62	123,99	138,44	136,95	5 - 400
Ba	145,82	132,95	92,90	63,15	101,24	99,31	115,17	111,11	20 - 1000
Be	0,37	0,37	0,38	0,36	0,41	0,00	0,63	0,62	0,1 - 15
Bi	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	2 - 20
Cd	0,30	0,30	0,07	0,00	0,12	0,00	0,16	0,00	0,1 - 3
Co	8,00	8,00	5,70	4,85	2,95	2,83	4,30	4,10	0,5 - 30
Cr	256,70	256,65	122,62	102,76	96,92	89,66	120,32	109,17	0,5 - 60
Cs	1,17	1,17	0,91	0,77	0,77	0,76	1,15	1,05	0,3 - 5
Cu	20,41	19,56	14,90	13,54	11,49	11,19	16,24	15,43	0,5 - 50
Ga	2,44	2,43	2,71	2,33	2,55	2,48	3,86	3,60	1 - 20
Ge	1,37	1,22	0,83	0,68	0,76	0,65	0,90	0,84	0,5 - 50
Hf	0,00	0,00	0,02	0,00	0,14	0,00	0,12	0,00	0,4 - 5
Li	6,35	6,29	8,07	6,30	8,56	8,16	14,28	11,50	1 - 80
Mn	36,47	36,43	59,33	54,62	62,78	61,62	55,38	54,14	5 - 300
Mo	10,83	10,71	13,39	13,19	9,98	9,80	10,99	10,80	0,1 - 10
Nb	2,01	2,01	1,73	1,62	2,96	2,92	3,04	2,91	1 - 20
Ni	232,58	230,11	150,12	129,64	36,73	34,28	36,42	32,92	0,5 - 50
Pb	7,27	7,18	6,62	5,90	5,27	5,21	9,41	8,24	2 - 80

Çizelge 6.3. devam ediyor.

Damar / Element	Polat		Şentürk		Şerif		Ziyaçavuş		Dünya kömürleri, Swaine (1990), ppm
	Geometrik Ortalama	Aritmetik Ortalama	Geometrik Ortalama	Aritmetik Ortalama	Geometrik Ortalama	Aritmetik Ortalama	Geometrik Ortalama	Aritmetik Ortalama	
Rb	8,96	8,96	10,24	8,19	7,89	7,54	13,03	11,74	2 - 50
Sb	4,26	4,26	3,31	2,90	3,59	3,04	3,72	3,60	0,1 - 10
Sc	5,25	5,24	5,54	5,42	5,02	4,92	5,99	5,95	1 - 10
Se	6,60	6,59	4,84	4,42	2,25	1,93	3,45	3,20	0,2 - 10
Sn	1,45	1,41	1,00	0,95	1,00	0,98	1,17	1,16	1 - 10
Sr	236,74	236,73	197,94	197,22	322,04	319,23	313,59	312,16	15 - 500
Ta	0,88	0,87	1,00	0,90	1,79	1,20	1,23	1,06	0,1 - 1
Th	1,39	1,38	2,29	1,98	2,21	2,15	3,08	2,95	0,5 - 10
Tl	0,00	0,00	0,07	0,00	0,04	0,00	0,10	0,00	< 0,2 - 1
U	18,22	18,22	15,49	14,90	14,99	14,63	17,01	16,63	0,5 - 10
V	44,26	44,19	33,84	31,09	27,09	26,59	38,09	36,23	2 - 100
W	1,21	1,21	1,36	1,21	2,20	2,03	3,12	3,00	0,5 - 5
Y	4,93	4,92	5,55	5,26	7,53	7,23	13,40	13,20	2 - 50
Zn	76,45	75,30	57,77	55,75	74,45	70,25	65,00	63,72	5 - 300
Zr	7,90	7,89	5,26	4,70	10,45	9,76	9,23	8,69	5 - 200
La	3,73	3,72	4,68	4,23	4,84	4,74	6,53	6,15	1 - 40
Ce	7,47	7,46	10,81	9,74	11,62	11,38	15,96	15,29	2 - 70
Pr	0,87	0,87	1,14	1,02	1,19	1,17	1,66	1,57	1 - 10
Nd	3,80	3,79	4,92	4,45	5,19	5,10	7,26	6,91	3 - 30
Sm	0,59	0,59	0,77	0,69	0,83	0,81	1,22	1,17	0,5 - 6
Eu	0,00	0,00	0,09	0,00	0,12	0,00	0,24	0,00	0,1 - 2
Gd	0,78	0,78	1,00	0,91	1,08	1,06	1,69	1,63	0,4 - 4
Tb	0,00	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00	0,29	0,28	0,1 - 1
Dy	0,69	0,69	0,93	0,86	1,15	1,11	1,96	1,92	0,5 - 4
Ho	0,00	0,00	0,08	0,00	0,18	0,00	0,41	0,40	0,1 - 2
Er	0,37	0,37	0,46	0,43	0,64	0,61	1,14	1,12	0,5 - 3
Tm	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,10	0,00	0,5 - 3
Yb	0,39	0,39	0,48	0,45	0,73	0,68	1,28	1,27	0,3 - 3
Lu	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,10	0,00	0,03 - 1

Çizelge 6.4. Çalışma kapsamında Kale-Kurbalık kömür sahasından alınan kömür örneklerinin kül ve element içeriklerinin Pearson korelasyon katsayıları. (**): %99 güven aralığında, (*): %95 güven aralığında

Element	Kül
Al	0,908(**)
Ca	-0,032
Fe	0,818(**)
K	0,863(**)
Mg	0,444(*)
Na	0,628(**)
S	0,35
P	0,541(**)
Ti	0,909(**)
As	0,412(*)
B	-0,078
Ba	0,450(*)
Be	0,755(**)
Bi	0,616(**)
Cd	0,525(**)
Co	0,381(*)
Cr	0,18
Cs	0,772(**)
Cu	0,666(**)
Ga	0,881(**)
Ge	-0,196
Hf	0,515(**)
Li	0,880(**)
Mn	0,255
Mo	-0,281
Nb	0,717(**)
Ni	-0,064
Pb	0,683(**)

Element	Kül
Rb	0,838(**)
Sb	0,393(*)
Sc	0,485(**)
Se	-0,011
Sn	0,289
Sr	0,177
Ta	0,09
Th	0,822(**)
Tl	0,767(**)
U	0,244
V	0,649(**)
W	-0,022
Y	0,547(**)
Zn	0,156
Zr	0,618(**)
La	0,911(**)
Ce	0,863(**)
Pr	0,896(**)
Nd	0,886(**)
Sm	0,860(**)
Eu	0,820(**)
Gd	0,810(**)
Tb	0,607(**)
Dy	0,662(**)
Ho	0,626(**)
Er	0,561(**)
Tm	0,328
Yb	0,515(**)
Lu	0,321

Çizelge 6.4. Çalışma kapsamında Kale-Kurbalık kömür sahasından alınan kömür örneklerinin kül ve element içeriklerinin Pearson korelasyon katsayıları. (**): %99 güven aralığında, (*): %95 güven aralığında

Element	Kül
Al	0,908(**)
Ca	-0,032
Fe	0,818(**)
K	0,863(**)
Mg	0,444(*)
Na	0,628(**)
S	0,35
P	0,541(**)
Ti	0,909(**)
As	0,412(*)
B	-0,078
Ba	0,450(*)
Be	0,755(**)
Bi	0,616(**)
Cd	0,525(**)
Co	0,381(*)
Cr	0,18
Cs	0,772(**)
Cu	0,666(**)
Ga	0,881(**)
Ge	-0,196
Hf	0,515(**)
Li	0,880(**)
Mn	0,255
Mo	-0,281
Nb	0,717(**)
Ni	-0,064
Pb	0,683(**)

Element	Kül
Rb	0,838(**)
Sb	0,393(*)
Sc	0,485(**)
Se	-0,011
Sn	0,289
Sr	0,177
Ta	0,09
Th	0,822(**)
Tl	0,767(**)
U	0,244
V	0,649(**)
W	-0,022
Y	0,547(**)
Zn	0,156
Zr	0,618(**)
La	0,911(**)
Ce	0,863(**)
Pr	0,896(**)
Nd	0,886(**)
Sm	0,860(**)
Eu	0,820(**)
Gd	0,810(**)
Tb	0,607(**)
Dy	0,662(**)
Ho	0,626(**)
Er	0,561(**)
Tm	0,328
Yb	0,515(**)
Lu	0,321

İncelenen örneklerde kömür damarı ayrımı yapmaksızın esas elementlerden kül içeriği ile %99 güven düzeyinde pozitif koralasyona sahip olanları, Al, Fe, K, Na, P ve Ti; %95 güven düzeyinde pozitif koralasyona sahip olanı ise sadece Mg oluşturmaktadır. İncelenen örneklerde Ca ve S, kül içeriği ile bir ilişki göstermemektedir. Tez çalışması kapsamında mineraloji bölümünde açıklanan bilgiler ışığında Al, Fe, K, Na, P ve Ti incelenen örneklerde minerallerle ilişkilidir. Bunlardan Al içeriği başlıca kil mineralleri, feldispat; Fe içeriği başlıca pirit ve daha az oranda diğer mineraller; K içeriği başlıca kil mineralleri (illit, karışık katmanlı kil mineralleri) ve feldispatlar; Na içeriği başlıca feldispatlar; P içeriği başlıca apatit ve ve diğer mineraller; Ti içeriği başlıca mineraller ve mikron büyüklüğündeki rutil, ilmenit, sfen'le ilişkili görülmektedir. Kalsiyum, incelenen örneklerde farklı mineraller, örneğin karbonatlar, kil mineralleri, feldispat, apatit, fosil kavkıları, jips, ve organik maddede görülmektedir. Kükürt ise pirit, jips ve mikron büyüklüğündeki sfalerit ve barit gibi cevher minerallerinde ve organik madde bünyesinde yer almaktadır.

İncelenen örneklere tüm eser element analiz sonuçları ve her damara ait geometrik ortalamalar birlikte değerlendirildiğinde, örneklere ait analiz sonuçlarının genelde Dünya'daki çoğu kömür örneklerine ait sınır değerlerinin arasında kaldığı görülmektedir (Çizelge 6.2; 6.3). Bu bize Kale-Kurbalık kömürlerinde çok önemli eser element zenginleşmelerinin olmadığını göstermektedir. Ancak, Polat ve Şentürk damarlarında birer örneğe ait toplam 2 örneğin B değerleri; Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarına ait birer örnek dışındaki toplam 27 örnekte Cr değerleri; Polat damarında bir, Şerif damarında üç, Ziyaçavuş damarında iki örnek dışındaki toplam 24 örnekte Mo değerleri; Şerif ve Ziyaçavuş damarında yedişer örnek dışındaki toplam 16 örnekte Ni değerleri; Polat damarında bir, Şentürk damarında altı, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarında dörter örnek dışındaki toplam 15 örnekte Ta değerleri; Şentürk damarında bir örnek dışındaki 29 örnekte U değerleri Dünya'daki çoğu kömüre ait sınır değerlerini aşmaktadır (Ek Çizelge 3; Çizelge 6.2). Bu veri Cr, Mo, Ni, Ta ve U'un incelenen çoğu örnekte zenginleştiğini de göstermektedir.

İncelenen tüm kömür örneklerinde eser elementlerden kül içeriği ile %99 güven düzeyinde pozitif koralasyona sahip olanları, Be, Bi, Cd, Cs, Cu, Ga, Hf, Li, Nb,

Pb, Rb, Sc, Th, Tl, V, Y, Zr, Tm ve Lu hariç olmak üzere tüm nadir toprak elementleri; %95 güven düzeyinde pozitif koralasyona sahip olanları As, Ba, Co, Sb; kül içeriği ile bir ilişki göstermeyen eser elementleri ise B, Cr, Ge, Mn, Mo, Ni, Se, Sn, Sr, Ta, U, W, Zn, Tm ve Lu oluşturmaktadır (Çizelge 6.4). Tez kapsamında kül içeriği ile istatistiksel olarak önemli pozitif bir ilişki gösterenlerin çoğunlukla minerallerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ancak, kül içeriği ile bir ilişki göstermeyenler, farklı kökenlere sahip mikron büyüklüğündeki minerallerde veya organik madde bünyesinde tutulmuş olabilirler.

İncelenen örneklerde zenginleşme gösteren Cr, yapılan SEM-EDX çalışmalarında da açıklandığı gibi, bir kısım mikron büyüklüğündeki kromitlerle ilişkili olabilir (Ek Şekil 94). Ancak bir kısım Cr ve Ni, mikron büyüklüğündeki serpantin grubu minerallerinde ve nadiren kil minerallerinde de tutulmuş olabilir. İncelenen örneklerde diğer zenginleşme gösteren elementlerden Mo, Ni, Ta ve U içeren mineraller, SEM-EDX çalışmaları ile belirlenememiştir. Bu nedenle tez kapsamında bunların kökenleriyle ilgili bir yorum yapılamamıştır.

Kömürlerde bulunan HAPs (potansiyel tehlikeli hava kirletici) elementler (As, Be, Cd, Co, Cr, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Th, Tl, ve U) ve kükürt kullanım ve çevre sorunları açısından önem taşıyan elementlerdir. Bu elementlerden Ni, Cr, U incelenen örneklerde nispeten zenginleşme göstermektedir. Diğer taraftan bazı örneklerin As, Sb ve Se içerikleri çoğu Dünya kömürünün maksimum sınırına yakın değerlere sahip olduğu saptanmıştır (Ek Çizelge 3; Çizelge 6.2). tez kapsamında yapılan SEM-EDX çalışmalarıyla bu elementleri içeren mikron büyüklüğündeki mineraller saptanamamıştır. Bu elementlerden As, incelenen örneklerde Fe, S ve Sb ile %99 güven düzeyinde önemli pozitif korelasyona sahiptir. Bu veri, incelenen örneklerde As ve Sb'nun piritlerle ilişkili olduğunu göstermektedir. Benzer durum bazı yazarlar örneğin Finkelman and Gross (1999) ve Karayigit et al. (2001) tarafından da ortaya konulmuştur.

7. KÖMÜRLERİN PETROGRAFİSİ

7.1. Giriş

Tez kapsamında Kale-Kurbalık sahasından alınan tüm kömür örneklerinin petrografik inceleme sonuçları bu bölümde sunulmuştur. İncelemeler sırasında Leitz marka MPV II tip üstten aydınlatmalı kömür araştırma mikroskobu kullanılmıştır. İlgili mikroskop, üstten aydınlatma dışında mavi ışık (fluoresans) ve yansıtma ölçümüne uygun ışık kaynaklarına ve düzeneklerine sahiptir. Bu incelemeler sırasında, daha önce analiz yöntemleri bölümünde açıklandığı gibi, kömür örneklerinin parlatma briketleri kullanılmıştır. Parlatma briketleri üzerinde maseral-minerallerin hacimce yüzde bileşenleri ve rastgele (random) hüminit yansıtmalarının ölçümü ICCP (1963, 1971, 1995) ve Stach et al. (1982)'da verilen yöntemlere göre yapılmıştır. Modal analiz için kömür parlatma briketleri üzerinde minimum 500 noktada maseral ve mineraller tanımlanmış ve sayım sırasında Swift marka nokta sayıcısı kullanılmıştır. Modal analiz sırasında mineraller (örneğin kil mineralleri) ile liptinit maserallerin ayrılmasında mavi ışık ve sarı filtre (K510) kullanılmıştır. Modal analiz sonuçlarından yararlanılarak maserallerin ve minerallerin ve daha sonra da maseral gruplarının hacimce yüzde değerleri hesaplanmıştır.

Kömürlerin hüminit yansıtma değerleri için mikroskop önce yansıtması 0,551 olan safir standarda göre kalibre edilmiş ve daha sonra her örnekte 50 ölçüm olmak üzere ülminit (eu-ulminit ve tekstoülminit) maseralinin rastgele yansıtmaları ölçülmüştür. Her örneğe ait ortalama yansıtma değeri (%Rr) ve ortalamanın değişim ölçüsü olan standart sapma (s), ölçüm sonuçlarından hesaplanmıştır.

Kömür petrografisi çalışmaları; kömürü oluşturan bileşenlerin tanımlanması, kömürün oluşumunun geliştiği ortamın koşullarının ve kömür kullanım alanlarının (örneğin koklaştırmada ve sıvılaştırmada) tanımlanması hakkında önemli bilgiler vermektedir. Ayrıca petrografik veriler, yeraltı maden ocaklarında kömür damarlarının korelasyonunda da kullanılmaktadır (Stach et al., 1982; Karayiğit, 1989). Tez kapsamında kömür petrografisi çalışmaları, daha çok incelenen kömür damarlarının organik madde bileşimleri hakkında bilgi edinmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Kömürler, bilindiği gibi, kayaçlardaki minerallere eşdeğer olarak maserallerden oluşmaktadır (Çizelge 7.1). Kayaçların bileşimini oluşturan minerallerden farklı olarak maseraller, çok geniş aralıkta değişen kimyasal bir bileşime ve organik bir kökene sahiptirler. Tez çalışmaları kapsamında kullanılan terimlerin daha kolay anlaşılabilmesi amacıyla maseral grupları, maseral altgrupları ve maseraller ile minerallerin bazı özellikleri Stach et al. (1982) ve Sýkorová et al. (2005)'dan özetlenerek aşağıda sunulmuştur.

Uluslararası Kömür ve Organik Petroloji Komitesi (ICCP), maserallerin sınıflandırmasıyla ilgili çalışmaları devamlı olarak revize etmektedir. Yeni vitrinit sınıflama sistemi 1998 ve 2001 yıllarında, yeni inertinit sınıflama sistemini 2001 yıllarında yayınlamıştır (Sýkorová et al.,2005; ICCP, 2001). Bu sistemler, birlikte "ICCP Sistem 1994" olarak bilinmektedir (Sýkorová et al., 2005). Aşağıda maseral gruplarının genel özellikleri, Stach et al. (1982), Sýkorová et al. (2005) ve ICCP (2001)'den özetlenerek sunulmuştur. Daha ayrıntılı bilgiler, ilgili kaynaklarda bulunmaktadır.

Hüminit Maseral Grubu: Bu maseral grubu; telohüminit, detrohüminit ve jelohüminit maseral alt gruplarından ve tekstinit, ülminit, atrinit, densinit, gelinit, ve korpohümünit maserallerinden oluşmaktadır (Çizelge 7.1). Tez kapsamında alınan kömür örneklerinin tümü, diğer gruplarla birlikte hüminit grubu da maseral düzeyinde analiz edilmiş ve hacimce yüzde bileşenleri belirlenmiştir. Hüminit grubu, kahverengi kömürlerin vitrinite benzer şekillerde dokusal özellik gösteren maseral grubudur. Hüminit grubu, aynı kömür içerisinde daha açık renkli inertinit ile daha koyu renkli liptinit arasında orta gri renkli maseralleri içermektedir. Bu grup, üç alt maseral grubuna ve altı maserali kapsamaktadır (Çizelge 7.1). Maseral alt grupları, yapılarına (bitkisel dokuların korunma derecesi) ve jelohüminit hariç olmak üzere maserallerin jelleşme derecelerine göre ayrılmaktadır. Hüminit grubunun rengi ve ışığı yansıtması, hem kömürleşme derecesi, jelleşme derecesi ve botanik kökeni hem de hüminit maserallerinin kimyasal bileşimine dayanmaktadır. Renk, koyu-orta gri arasındadır. İmmersiyon yağında ölçülen rastgele hüminit yansıtmaları, ~0,2 ve 0,4 %Rr değerleri arasındadır. Genelde hüminit, izotropiktir. Anizotropi, selüloz kalıntılarına bağlı olarak görülebilir.

Çizelge 7.1. Linyitlerin maseral grupları, maseral alt grupları, maseralleri ve maseral tipleri (Stach et al., 1982; ICCP, 2001; Sýkorová et al., 2005).

MASERAL GRUBU	MASERAL ALT GRUBU	MASERALLER	MASERAL TİPİ
HÜMİNİT	TELOHÜMİNİT	Tekstinit	Tekstoülminit Eu-ülminit
		Ülminit	
	DETROHÜMİNİT	Atrinit	
		Densinit	
	JELOHÜMİNİT	Gelinit	Levigelinit Porigelinit
		Korpohüminit	Filobafinit Psödofilobafinit
LİPTİNİT		Sporinit	
		Kütinit	
		Resinit	
		Süberinit	
		Alginit	
		Fluorinit	
		Bitüminit	
		Eksudatinit	
		Liptodetrinit	
		Sporonjium	
İNERTİNİT		Füsinit	
		Semifüsinit	
		Funginit	
		Sekretinit	
		Makrinit	
		Mikrinit	
		İnertodetrinit	

Fluoresans rengi ve şiddeti, kömürleşme derecesine, bozunma derecesine, hümifikasyona ve bitümleşme derecesine bağlıdır. Fluoresans rengi, sarı-kahverengiden kırmızı-kahverengiye kadar değişir ve bunlar tekstinit A ve ülminit A'da görülebilir. Hüminit grubunun, korpohüminit hariç olmak üzere parlatılması kolaydır. Bu grup parlatma örneklerinde, birlikte bulunduğu liptinit ve inertinitle bir röliyef farkı göstermemektedir. Diğer maseral gruplarına göre hüminit grubu, daha yüksek oranda oksijen ve daha düşük oranda karbon içerir. Elementel bileşimi, kömürleşme derecesine bağlıdır. Artan kömürleşme derecesine bağlı olarak karbon içeriği artmakta ve oksijen içeriği azalmaktadır. Hüminit grubu, bitkilerin kök, gövde ve yapraklarını oluşturan selüloz, lignin ve tannin bileşimli parankima, odun dokuları ve hücre içeriklerinden türemiştir. Bozunma süreçlerine, hümifikasyon, jelleşme ve kömürleşme derecelerine bağlı olarak hüminitlerdeki hücre yapıları korunabilir ve bunlar değişik derecelerde görünebilir. Hüminit, bataklıklarda linyoselüloz maddesinin anaerobik korunmanın bir sonucu olarak kömür damarlarında oluşur. Tersiyer kömürlerinde hüminitler yaygın olarak oluşmakta ve miktarları %90'ı aşabilmektedir.

Telohüminit, hücre yapılı hümininiti göstermektedir. Bu yapı, üstten aydınlatmalı mikroskopta görülebilmektedir. Bu grup, tekstinit ve ülminit maserallerini içermektedir. Tekstinit, ayrılmış hücre duvarlarını ve ülminit daha belirgin olarak tanınabilir sıkışmış ve jelleşmiş hücre duvarlarını göstermektedir. Detrohüminit, hüminit grubunun küçük hümik parçaları (<10 μm) için kullanılmaktadır. Jelleşme derecesine bağlı olarak, detrohüminit atrinit ve densinite ayrılmaktadır. Atrinit, jelleşmemiş ve densinit jelleşmiş hümik malzemeyi içermektedir. Jelohüminit, amorf hümik maddeleri göstermektedir. Bu grup, gri renkli, yapısız ve homojen maddelerini kapsamaktadır. Bu grup, korpohüminit ve gelinit maserallerini içermektedir. Korpohüminit, hücre içlerindeki boşlukları dolduracak şekilde ve izole olarak oluşabilen hümik maddeleri göstermektedir. Gelinit ise yapısız hüminitik jelleri tanımlamaktadır.

Liptinit Maseral Grubu: Sporin, kütin, süberin, reçine, mum, hayvansal ve bitkisel yağlardan oluşur. Hüminite göre daha fazla hidrojen içerir. Liptinitin rengi koyu griden siyaha kadar değişir. Turba ve kahverengi kömürlerde liptinitin flouresans özelliği daha fazladır. Kömürleşme derecesi arttıkça flouresans şiddeti azalmaktadır. Bu grup, çoğunlukla bitkilerin üreme ve yaralandıkları zaman salgıladıkları maddeleri kapsamaktadır.

İnertinit Maseral Grubu: Bu grup, füsinit, semifüsinit, funginit, sekretinit, makrinit, mikrinit ve inertodetrinit maserallerini kapsamaktadır. Bu grup, diğer maseral gruplarından optik ve teknolojik özelliklerine göre ayrılmaktadır. Bu grup içerisindeki funginit ve sekretinit, daha önce tanımlanmış sklerotinit yerine kullanılmaktadır. Tez kapsamında, funginit ve sekretinit ayrımı henüz literatürde halen tartışıldığından sklerotinit olarak tanımlanmış ve bir ayrıma gidilmemiştir. İnertinitler, diğer iki gruba göre karbonizasyonda inert davrandıkları için bu isimle adlandırılmışlardır. Başlangıç maddeleri lignin ve selülozdur. Yansıtma miktarı, hüminite göre çok daha fazladır. İnertinitler, kömürleşme sırasında her maseral grubunun maserallerinden de oluşabilmektedir.

Mineraller: Kömürler içerisinde organik madde dışında minerallere de rastlanılmaktadır. Tez kapsamında üstten aydınlatmalı kömür mikroskobundaki tanımlama zorlukları nedeniyle mineraller, pirit ve diğer mineraller olarak ayrılmıştır. Ancak, tanımlanabilir fosil kavkılarının sayımları da yapılabilmiştir.

7.2. Kömürlerde Optik Mikroskop Çalışmaları

İncelenen tüm kömür örneklerinin (30 adet) maseral-mineral modal analiz sonuçlarının orijinal sayım sonuçları, kömür damarlarına göre Çizelge 7.2'de verilmiştir. Maserallerin ve minerallerin hacimce yüzde değerleri, Çizelge 7.2'den hesaplanmış ve hesaplanan hacimce yüzde değerleri Çizelge 7.3'de sunulmuştur. Çizelge 7.3'de verilen analiz sonuçları, mineral içeriğine göre bir düzeltme yapılmadan doğrudan ölçüm sonuçlarından hesaplanan değerleri göstermektedir.

Tez kapsamında kimyasal analiz yoluyla kömür örneklerinde saptanan ağırlıkça yüzde kül değerleri, kömür petrografisi yöntemiyle saptanan minerallerin hacimce yüzdesiyle karşılaştırılmıştır (Şekil 7.1).İlgili şekilde de görüldüğü gibi havada kuru bazdaki kül içeriği ile mineral içeriği arasında, bazı örneklerde saçınım olsa da

Çizelge 7.2. İncelenen kömürlerde tanımlanan maseral ve minerallerin modal analiz orijinal sonuçları.

Kömür Damarı	Lab No	Tekstinit+Tekstoülminit	Ülminit	Atrinit	Densinit	Gelinit	Korpohüminit	Sporinit	Resinit	Alginit	Liptodetrinit	Kütinit	Süberinit	Füsinit	Semifüsinit	İnertodetrinit	Sklerotinit	Pirit	Diğer Min.+Karbonat	Fosil Kavkısı
Ziyaçavuş	04-53	44	97	22	174	43	42	3	2	0	2	0	0	1	0	2	0	27	50	0
	04-65	61	125	37	119	30	21	3	0	0	1	0	0	0	0	7	1	48	59	0
	04-66	60	123	27	133	19	18	3	1	0	5	0	0	0	0	2	1	33	80	0
	04-67	30	111	70	73	15	26	1	1	0	3	0	0	1	0	8	0	67	112	0
	04-68	59	113	28	138	19	23	7	0	0	3	0	0	2	0	10	0	37	62	0
	04-69	55	100	32	137	44	30	2	0	0	11	0	0	3	0	3	1	42	50	0
	04-70	60	155	18	111	21	81	5	0	0	3	0	0	3	0	3	1	20	34	0
	04-71	72	148	32	114	28	15	2	0	0	12	0	0	0	0	13	0	40	42	0
	04-72	62	115	19	184	37	23	3	0	0	4	0	0	1	0	3	0	34	16	0
Şerif	04-52	23	100	26	141	28	10	0	5	0	0	0	0	13	0	0	1	71	84	1
	04-73	25	101	21	168	35	17	3	1	0	6	0	0	4	0	10	0	33	95	4
	04-74	38	119	38	115	22	40	0	0	0	7	0	0	1	0	5	0	55	64	0
	04-75	47	74	7	161	27	22	3	1	0	5	0	0	1	0	14	0	53	103	0
	04-76	47	86	5	193	26	19	0	1	0	6	0	0	6	0	17	0	33	83	1
	04-77	30	159	21	102	23	3	1	0	0	3	1	0	1	0	10	0	50	102	0

Çizelge 7.2. devam ediyor.

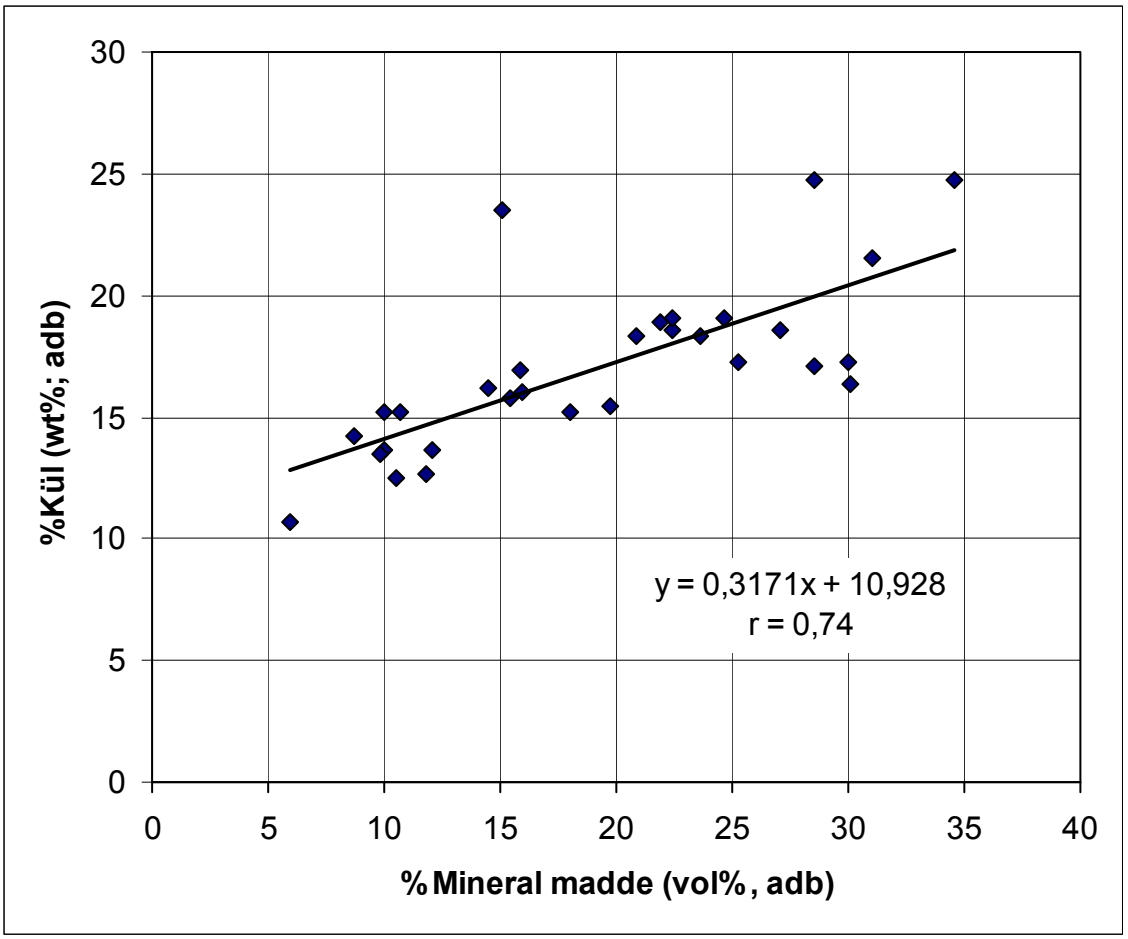
Kömür Damarı	Lab No	Tekstinit+Tekstoülminit	Ülminit	Atrinit	Densinit	Gelinit	Korpohüminit	Sporinit	Resinit	Alginit	Liptodetrinit	Kütinit	Süberinit	Füsinit	Semifüsinit	İnertodetrinit	Sklerotinit	Pirit	Diğer Min.+Karbonat	Fosil Kavkısı
Şerif	04-78	37	157	30	95	29	19	1	0	0	6	0	0	2	0	5	1	52	73	0
	04-79	43	211	8	117	34	25	0	0	0	8	0	0	3	5	3	0	26	35	0
	04-80	31	92	13	141	33	32	2	3	0	9	0	1	4	0	13	0	43	96	0
Şentürk	04-51	39	95	25	156	25	13	2	2	0	4	1	1	5	0	6	1	44	106	0
	04-56	74	117	24	153	22	22	2	1	0	3	0	0	0	0	3	2	25	52	0
	04-57	41	109	39	188	43	21	7	2	0	2	0	0	1	0	4	1	27	24	0
	04-58	80	101	20	195	48	36	1	0	0	3	0	0	0	0	4	0	17	14	0
	04-59	42	80	45	157	29	19	3	1	0	1	0	0	0	0	3	0	30	122	0
	04-60	71	113	39	136	47	31	3	1	0	6	0	0	2	0	3	0	35	51	0
	04-61	95	70	19	179	60	43	2	0	0	6	0	0	0	0	2	1	24	28	0
	04-62	84	58	40	152	20	24	2	1	0	5	0	0	0	0	6	1	42	68	0
	04-63	125	47	16	176	41	37	1	1	1	9	0	0	0	0	2	3	31	24	0
	04-64	83	65	29	168	30	51	0	0	0	2	0	0	2	0	4	2	32	42	0
Polat	04-54	29	99	33	241	0	33	2	3	0	1	0	0	10	0	11	1	18	26	0
	04-55	39	85	29	169	34	74	4	1	1	1	0	0	1	0	6	1	21	40	0

Çizelge 7.3. İncelenen kömürlerde tanımlanan maseral ve minerallerin hesaplanan hacimce yüzde değerleri

Kömür Damarı	Lab No	Tekstinit+Tekstoülminit	Ülminit	Atrinit	Densinit	Gelinit	Korpohüminit	Sporinit	Resinit	Alginit	Liptodetrinit	Kütinit	Süberinit	Füsinit	Semifüsinit	İnertodetrinit	Sklerotinit	Pirit	Diğer Min.+Karbonat	Fosil Kavkısı
Ziyaçavuş	04-53	8,64	19,06	4,32	34,18	8,45	8,25	0,59	0,39	0,00	0,39	0,00	0,00	0,20	0,00	0,39	0,00	5,30	9,82	0,00
	04-65	11,91	24,41	7,23	23,24	5,86	4,10	0,59	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,37	0,20	9,38	11,52	0,00
	04-66	11,88	24,36	5,35	26,34	3,76	3,56	0,59	0,20	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,20	6,53	15,84	0,00
	04-67	5,79	21,43	13,51	14,09	2,90	5,02	0,19	0,19	0,00	0,58	0,00	0,00	0,19	0,00	1,54	0,00	12,93	21,62	0,00
	04-68	11,78	22,55	5,59	27,54	3,79	4,59	1,40	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,40	0,00	2,00	0,00	7,39	12,38	0,00
	04-69	10,78	19,61	6,27	26,86	8,63	5,88	0,39	0,00	0,00	2,16	0,00	0,00	0,59	0,00	0,59	0,20	8,24	9,80	0,00
	04-70	11,65	30,10	3,50	21,55	4,08	15,73	0,97	0,00	0,00	0,58	0,00	0,00	0,58	0,00	0,58	0,19	3,88	6,60	0,00
	04-71	13,90	28,57	6,18	22,01	5,41	2,90	0,39	0,00	0,00	2,32	0,00	0,00	0,00	0,00	2,51	0,00	7,72	8,11	0,00
	04-72	12,38	22,95	3,79	36,73	7,39	4,59	0,60	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,20	0,00	0,60	0,00	6,79	3,19	0,00
	Ortalama	**10,97**	**23,67**	**6,19**	**25,84**	**5,58**	**6,07**	**0,63**	**0,09**	**0,00**	**0,96**	**0,00**	**0,00**	**0,24**	**0,00**	**1,11**	**0,09**	**7,57**	**10,99**	**0,00**
Şerif	04-52	4,57	19,88	5,17	28,03	5,57	1,99	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	2,58	0,00	0,00	0,20	14,12	16,70	0,20
	04-73	4,78	19,31	4,02	32,12	6,69	3,25	0,57	0,19	0,00	1,15	0,00	0,00	0,76	0,00	1,91	0,00	6,31	18,16	0,76
	04-74	7,54	23,61	7,54	22,82	4,37	7,94	0,00	0,00	0,00	1,39	0,00	0,00	0,20	0,00	0,99	0,00	10,91	12,70	0,00
	04-75	9,07	14,29	1,35	31,08	5,21	4,25	0,58	0,19	0,00	0,97	0,00	0,00	0,19	0,00	2,70	0,00	10,23	19,88	0,00
	04-76	8,99	16,44	0,96	36,90	4,97	3,63	0,00	0,19	0,00	1,15	0,00	0,00	1,15	0,00	3,25	0,00	6,31	15,87	0,19
	04-77	5,93	31,42	4,15	20,16	4,55	0,59	0,20	0,00	0,00	0,59	0,20	0,00	0,20	0,00	1,98	0,00	9,88	20,16	0,00

Çizelge 7.3. devam ediyor.

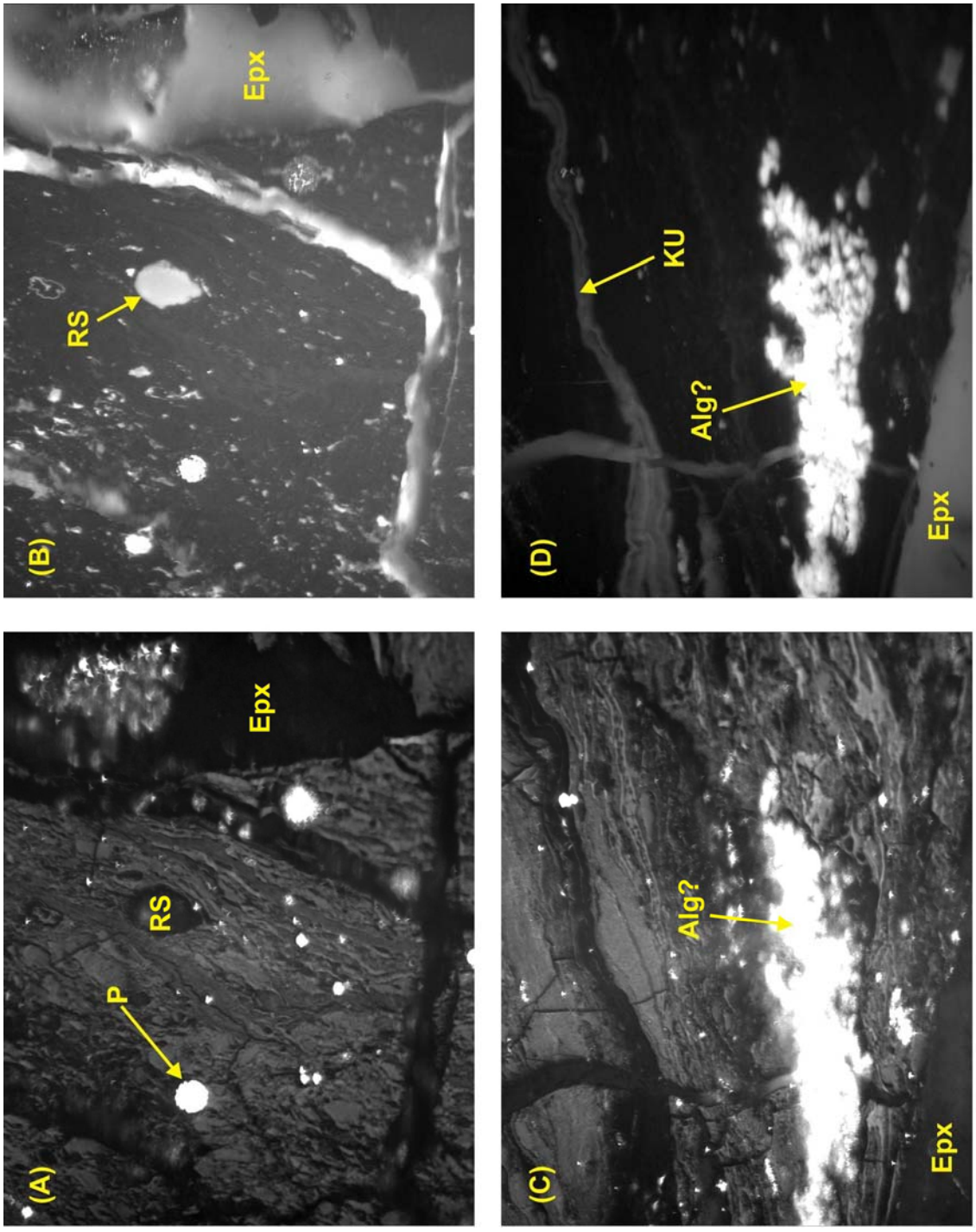
Kömür Damarı	Lab No	Tekstinit+Tekstoülminit	Ülminit	Atrinit	Densinit	Gelinit	Korpohüminit	Sporinit	Resinit	Alginit	Liptodetrinit	Kütinit	Süberinit	Füsinit	Semifüsinit	İnertodetrinit	Sklerotinit	Pirit	Diğer Min.+Karbonat	Fosil Kavkısı
Şerif	04-78	7,30	30,97	5,92	18,74	5,72	3,75	0,20	0,00	0,00	1,18	0,00	0,00	0,39	0,00	0,99	0,20	10,26	14,40	0,00
	04-79	8,30	40,73	1,54	22,59	6,56	4,83	0,00	0,00	0,00	1,54	0,00	0,00	0,58	0,97	0,58	0,00	5,02	6,76	0,00
	04-80	6,04	17,93	2,53	27,49	6,43	6,24	0,39	0,58	0,00	1,75	0,00	0,19	0,78	0,00	2,53	0,00	8,38	18,71	0,00
	Ortalama	**6,95**	**23,84**	**3,69**	**26,66**	**5,56**	**4,05**	**0,22**	**0,24**	**0,00**	**1,08**	**0,02**	**0,02**	**0,76**	**0,11**	**1,66**	**0,04**	**9,05**	**15,93**	**0,13**
Şentürk	04-51	7,43	18,10	4,76	29,71	4,76	2,48	0,38	0,38	0,00	0,76	0,19	0,19	0,95	0,00	1,14	0,19	8,38	20,19	0,00
	04-56	14,80	23,40	4,80	30,60	4,40	4,40	0,40	0,20	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,40	5,00	10,40	0,00
	04-57	8,06	21,41	7,66	36,94	8,45	4,13	1,38	0,39	0,00	0,39	0,00	0,00	0,20	0,00	0,79	0,20	5,30	4,72	0,00
	04-58	15,41	19,46	3,85	37,57	9,25	6,94	0,19	0,00	0,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	0,00	3,28	2,70	0,00
	04-59	7,89	15,04	8,46	29,51	5,45	3,57	0,56	0,19	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	5,64	22,93	0,00
	04-60	13,20	21,00	7,25	25,28	8,74	5,76	0,56	0,19	0,00	1,12	0,00	0,00	0,37	0,00	0,56	0,00	6,51	9,48	0,00
	04-61	17,96	13,23	3,59	33,84	11,34	8,13	0,38	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,19	4,54	5,29	0,00
	04-62	16,70	11,53	7,95	30,22	3,98	4,77	0,40	0,20	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	1,19	0,20	8,35	13,52	0,00
	04-63	24,32	9,14	3,11	34,24	7,98	7,20	0,19	0,19	0,19	1,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,58	6,03	4,67	0,00
	04-64	16,27	12,75	5,69	32,94	5,88	10,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,39	0,00	0,78	0,39	6,27	8,24	0,00
	Ortalama	**14,20**	**16,51**	**5,71**	**32,09**	**7,02**	**5,74**	**0,44**	**0,17**	**0,02**	**0,79**	**0,02**	**0,02**	**0,19**	**0,00**	**0,72**	**0,22**	**5,93**	**10,21**	**0,00**
Polat	04-54	5,72	19,53	6,51	47,53	0,00	6,51	0,39	0,59	0,00	0,20	0,00	0,00	1,97	0,00	2,17	0,20	3,55	5,13	0,00
	04-55	7,71	16,80	5,73	33,40	6,72	14,62	0,79	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,20	0,00	1,19	0,20	4,15	7,91	0,00
	Ortalama	**6,71**	**18,16**	**6,12**	**40,47**	**3,36**	**10,57**	**0,59**	**0,39**	**0,10**	**0,20**	**0,00**	**0,00**	**1,09**	**0,00**	**1,68**	**0,20**	**3,85**	**6,52**	**0,00**



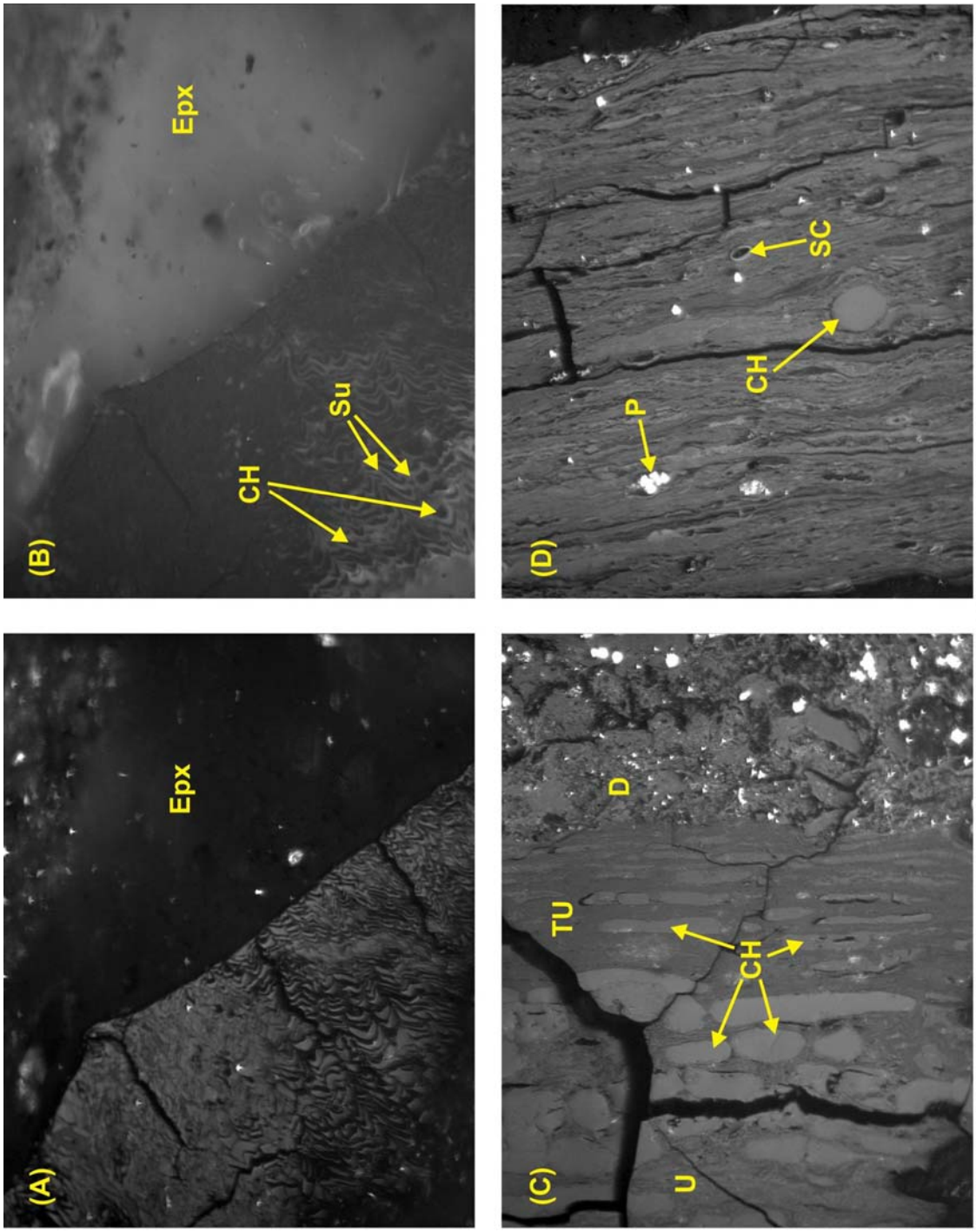
Şekil 7.1. İncelenen kömürlerde havada kuru bazda (adb) maseral analizi ile belirlenen hacimce yüzde mineral içeriğinin, kimyasal analizle saptanan ağırlıkça kül miktarlarıyla karşılaştırılması.

pozitif doğrusal bir ilişki görülmektedir. Bu ilişki bize, petrografi çalışmalarıyla kömürlerdeki mineral içeriği hakkında bir fikir elde edilebileceğini göstermektedir. Ayrıca, tez kapsamında kükürdün incelenen örneklerdeki oluşum şekilleri (modları), mineraloji bölümünde tartışılmış olmakla birlikte havada kuru bazda toplam kükürt içeriği ile maseral analizinden saptanmış hacimsel yüzde pirit içeriği karşılaştırılmış ve ikisi arasında da korelasyon katsayısı r=0,65 olan pozitif doğrusal bir ilişki saptanmıştır. Bu veri, incelenen örneklerdeki toplam kükürt içeriğinin çoğunluğunun örneklerdeki piritle alakalı olduğunu göstermektedir.

Mikroskop çalışmaları sırasında çekilen bazı görüntüler ve bunlar üzerindeki maseral ve mineral tanımlamaları, Şekil 7.2-7.12'de sunulmuştur. Kömür petrografisi incelemeleri sonucu incelenen örneklerde hüminit grubunda tekstinit+tekstoülminit, ülminit, atrinit, densinit, gelinit ve korpohüminitin hacimce yüzde değerleri saptanmıştır. Liptinit grubunda hacimce yüzde oluşturabilen

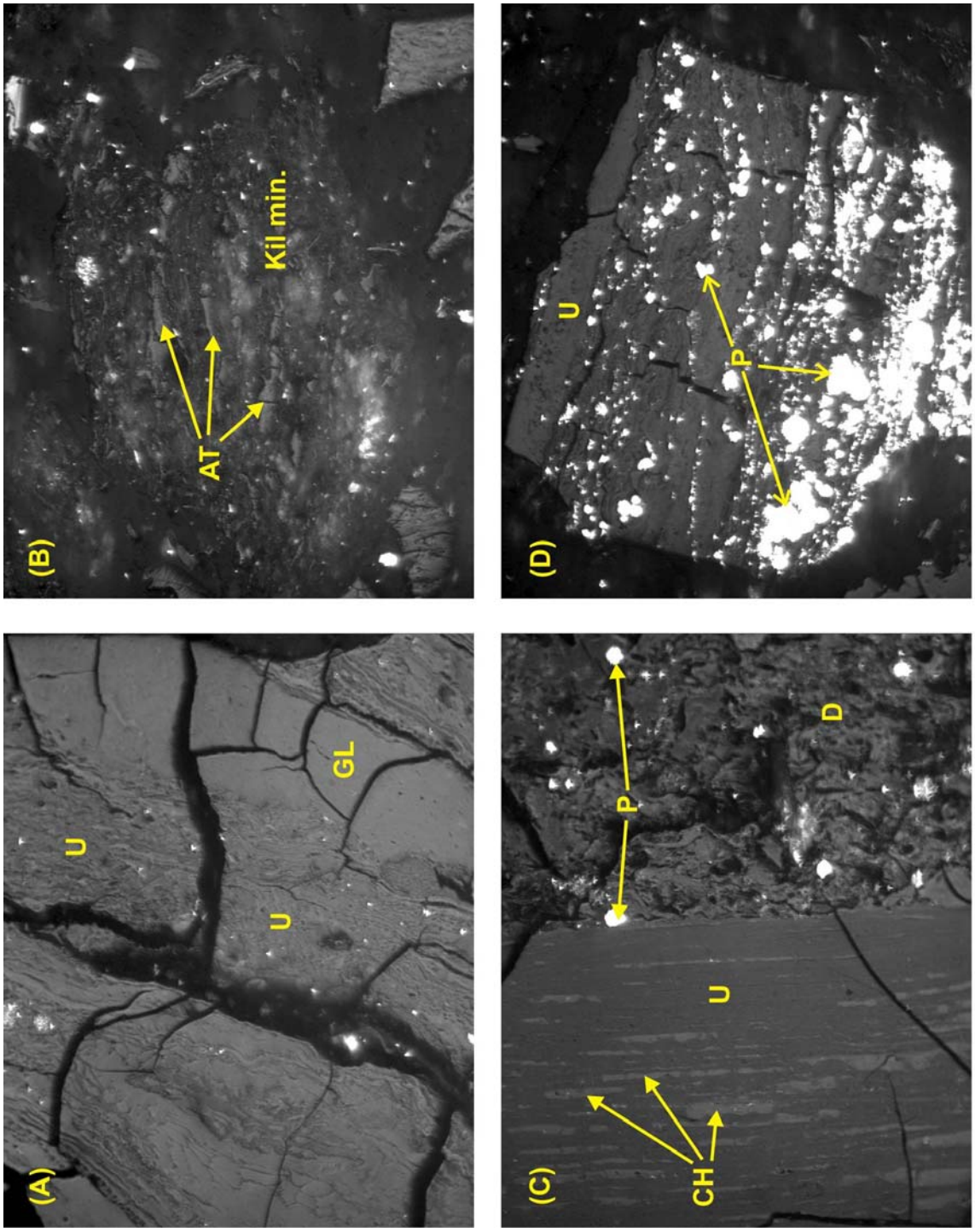


Şekil 7.2. Polat damarından alınan 04-55 lab nolu örnekten çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (B) ve (D) sırasıyla foto (A) ve (B)'nin mavi ışık ve sarı filtredeki görünümleri. Kısaltmalar: P= pirit, RS= resinit, Alg?= alginit?, KU= kütinit, Epx= epofix bağlayıcı madde.

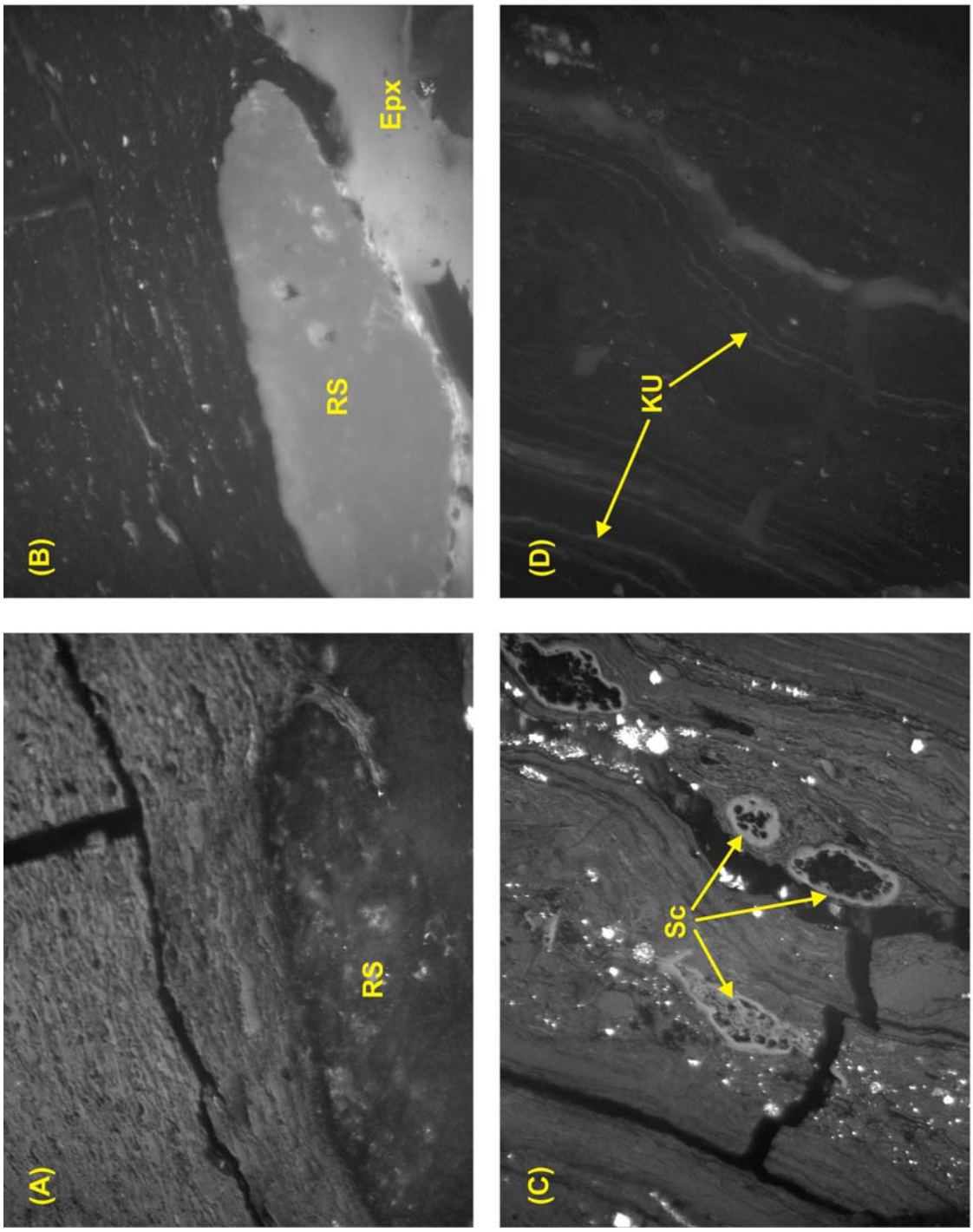


Şekil 7.3. Şentürk damarından alınan 04-51 lab nolu örnekten çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (B) foto (A)'nın mavi ışık ve sarı filtredeki görünümü. Kısaltmalar: Su= süberinit , CH= korpohüminit, D= densinit, Sc= sklerotinit, TU= tekstoülminit, U= ülminit, P= pirit, Epx= epofix bağlayıcı madde.

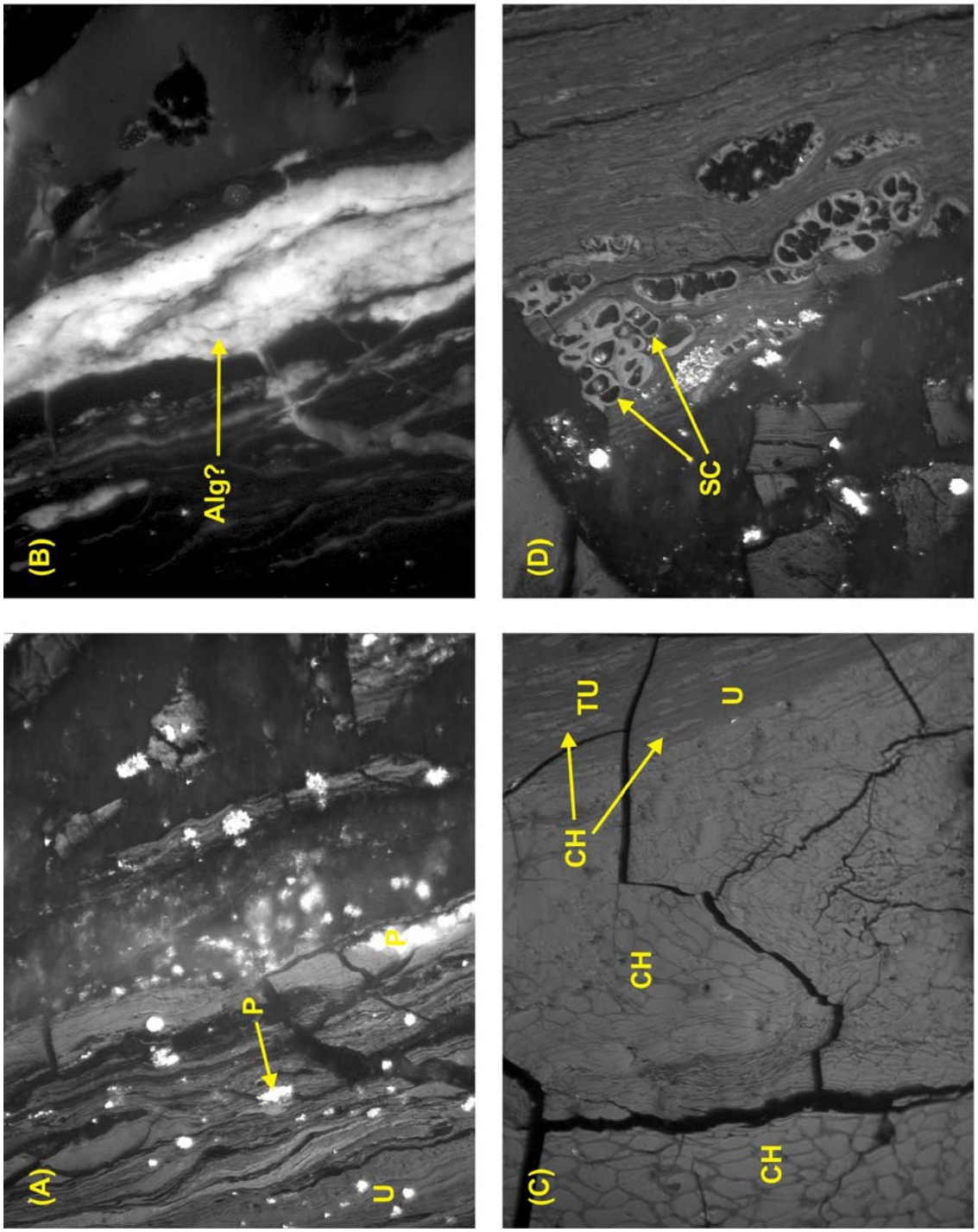
Şekil 7.3. Şentürk damarından alınan 04-51 lab nolu örnekten çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (B) foto (A)'nın mavi ışık ve sarı filtredeki görünümü. Kısaltmalar: Su= süberinit , CH= korpohüminit, D= densinit, Sc= sklerotinit, TU= tekstoülminit, U= ülminit, P= pirit, Epx= epofix bağlayıcı madde.



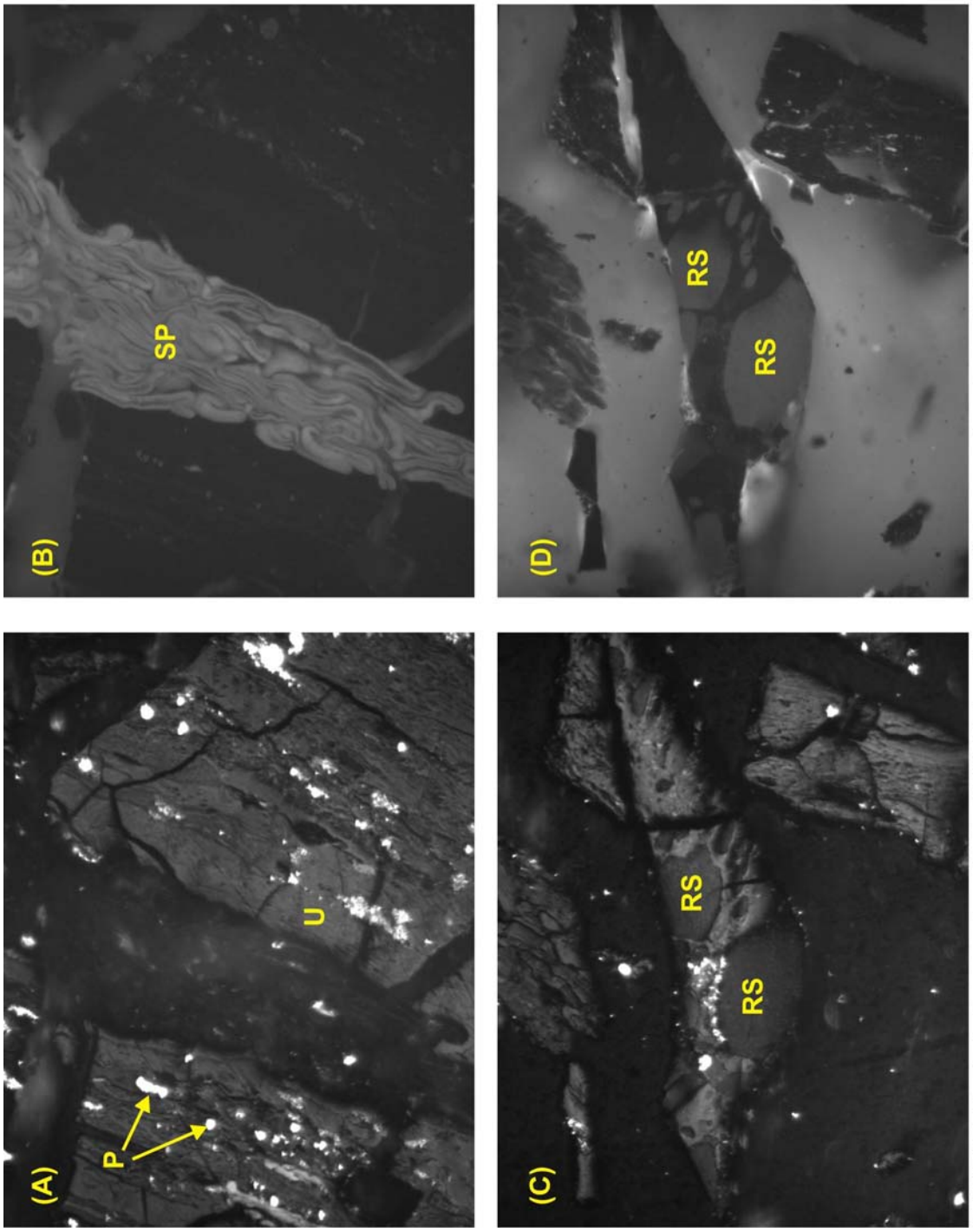
Şekil 7.4. Şentürk damarından alınan 04-51 lab nolu örnekten çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Kısaltmalar: GL= gelinit, AT= atrinit, CH= korpohüminit, U= ülminit D= densinit, P= pirit, Kil min.= kil mineralleri.



Şekil 7.5. Şentürk damarından alınan 04-61 ve 04-62 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (B) ve (D) sırasıyla foto (A) ve (B)'nin mavi ışık ve sarı filtredeki görünümleri. Kısaltmalar: RS= resinit, Sc= sklerotinit, KU= kütinit, Epx= epofix bağlayıcı madde.

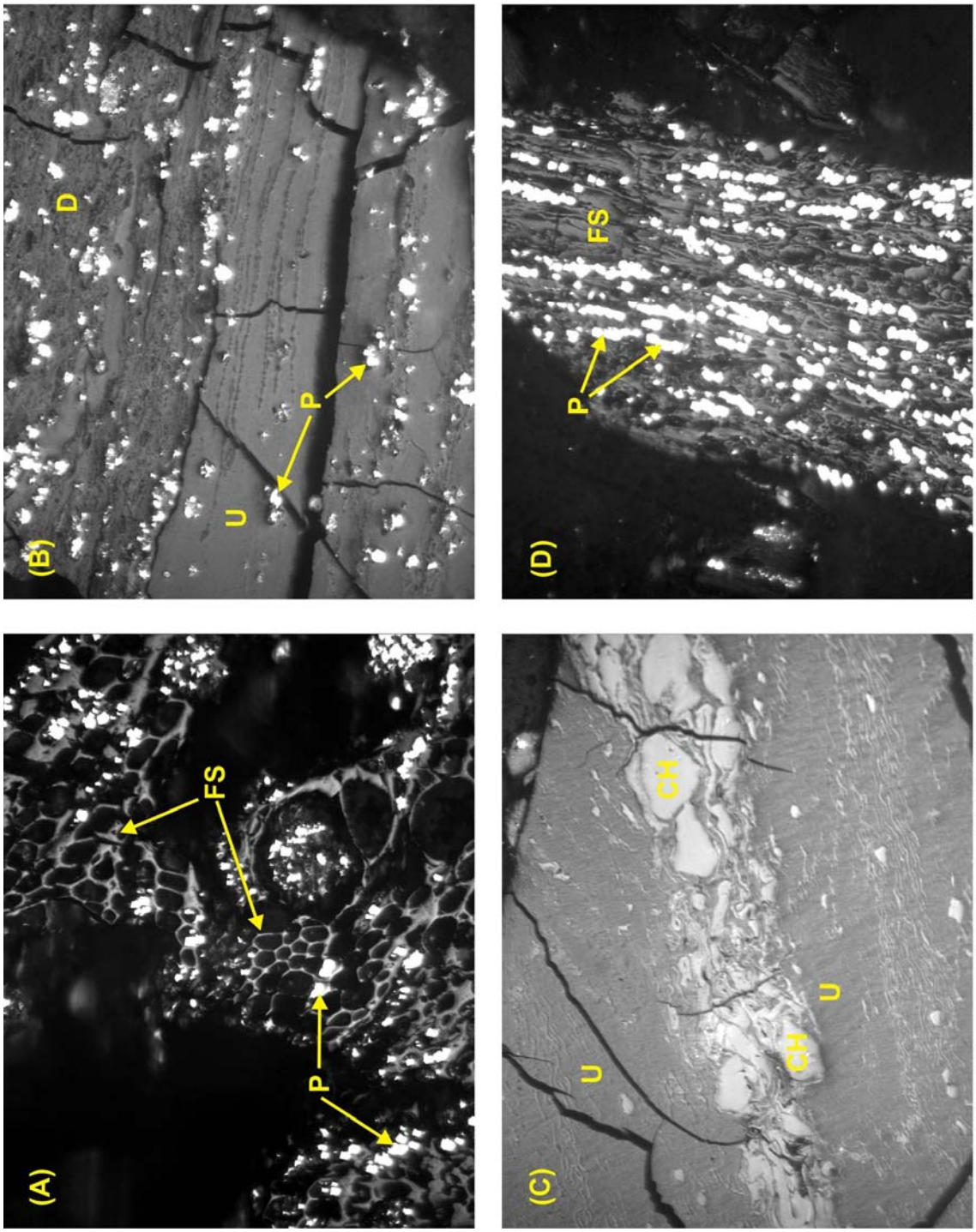


Şekil 7.6. Şentürk damarından alınan 04-51 ve 04-64 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (D) foto (C)'nın mavi ışık ve sarı filtredeki görünümü. Kısaltmalar: Alg= alginit?, P= pirit, U= ülminit, CH= korpohüminit, TU= trkstoülminit, SC= sklerotinit.



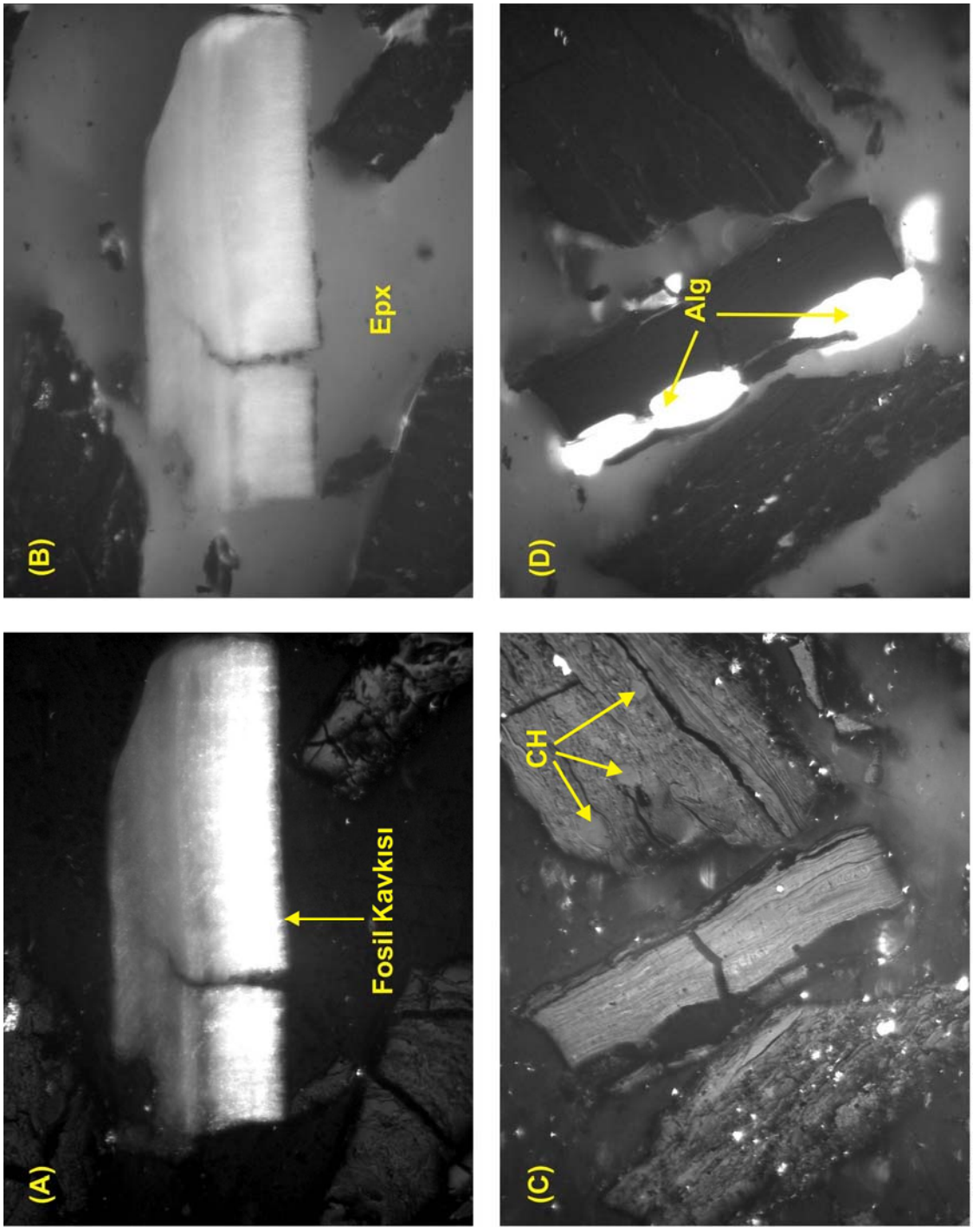
Şekil 7.7. Şentürk damarından alınan 04-64 lab nolu ve Şerif damarından alınan 04-75 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (A) ve (C) sırasıyla foto (B)ve (D)'nin mavi ışık ve sarı filtredeki görünümleri. Kısaltmalar: P= pirit, U= ülminit, RS= resinit SP= sporonjium.

Şekil 7.7. Şentürk damarından alınan 04-64 lab nolu ve Şerif damarından alınan 04-75 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (A) ve (C) sırasıyla foto (B)ve (D)'nin mavi ışık ve sarı filtredeki görünümleri. Kısaltmalar: P= pirit, U= ülminit, RS= resinit SP= sporonjium.



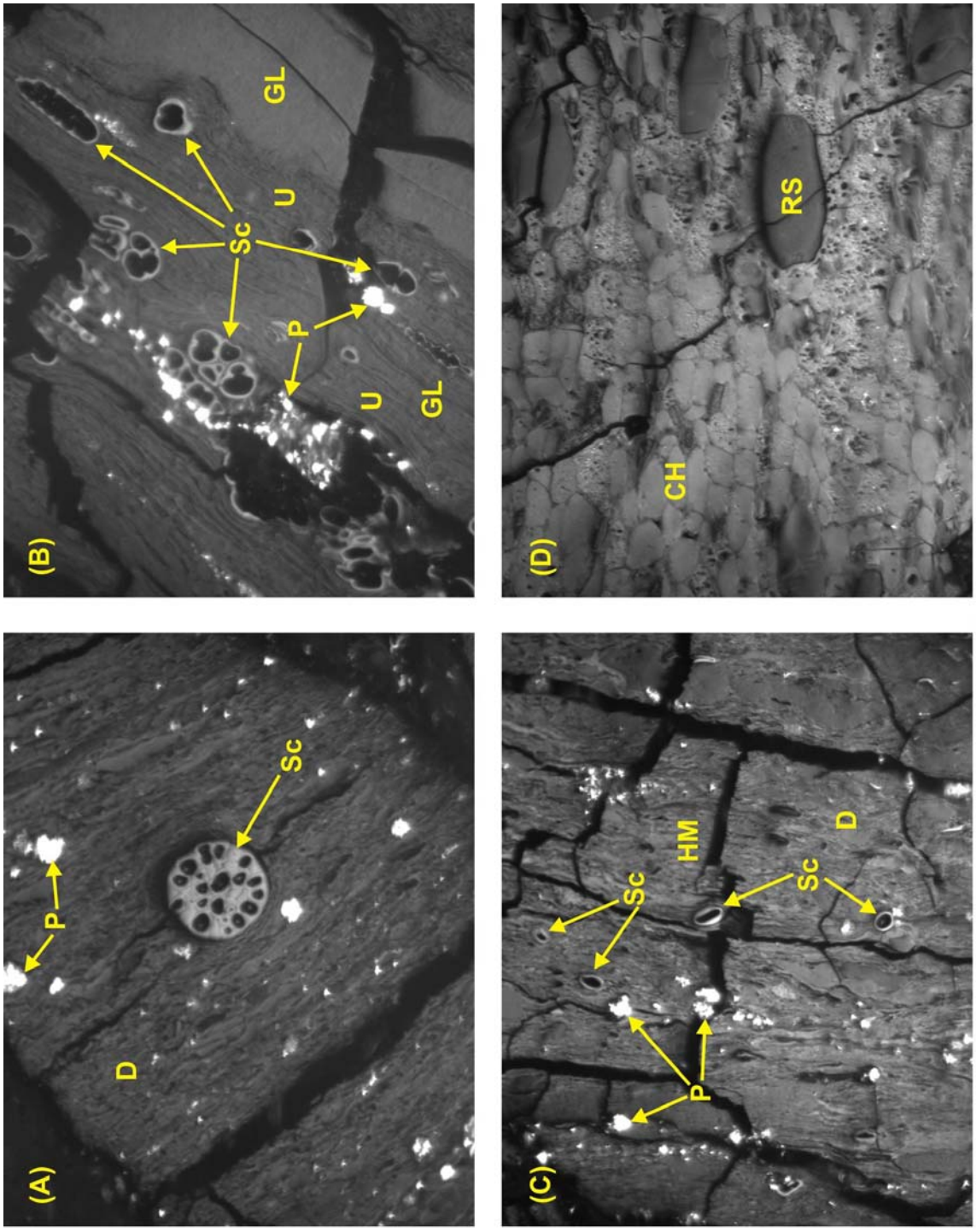
Şekil 7.8. Şerif damarından alınan 04-73 lab nolu örnekten çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Kısaltmalar: FS= fusinit, P= pirit, U= ülminit, D= densinit, CH= korpohüminit.

Şekil 7.8. Şerif damarından alınan 04-73 lab nolu örnekten çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Kısaltmalar: FS= fusinit, P= pirit, U= ülminit, D= densinit, CH= korpohüminit.

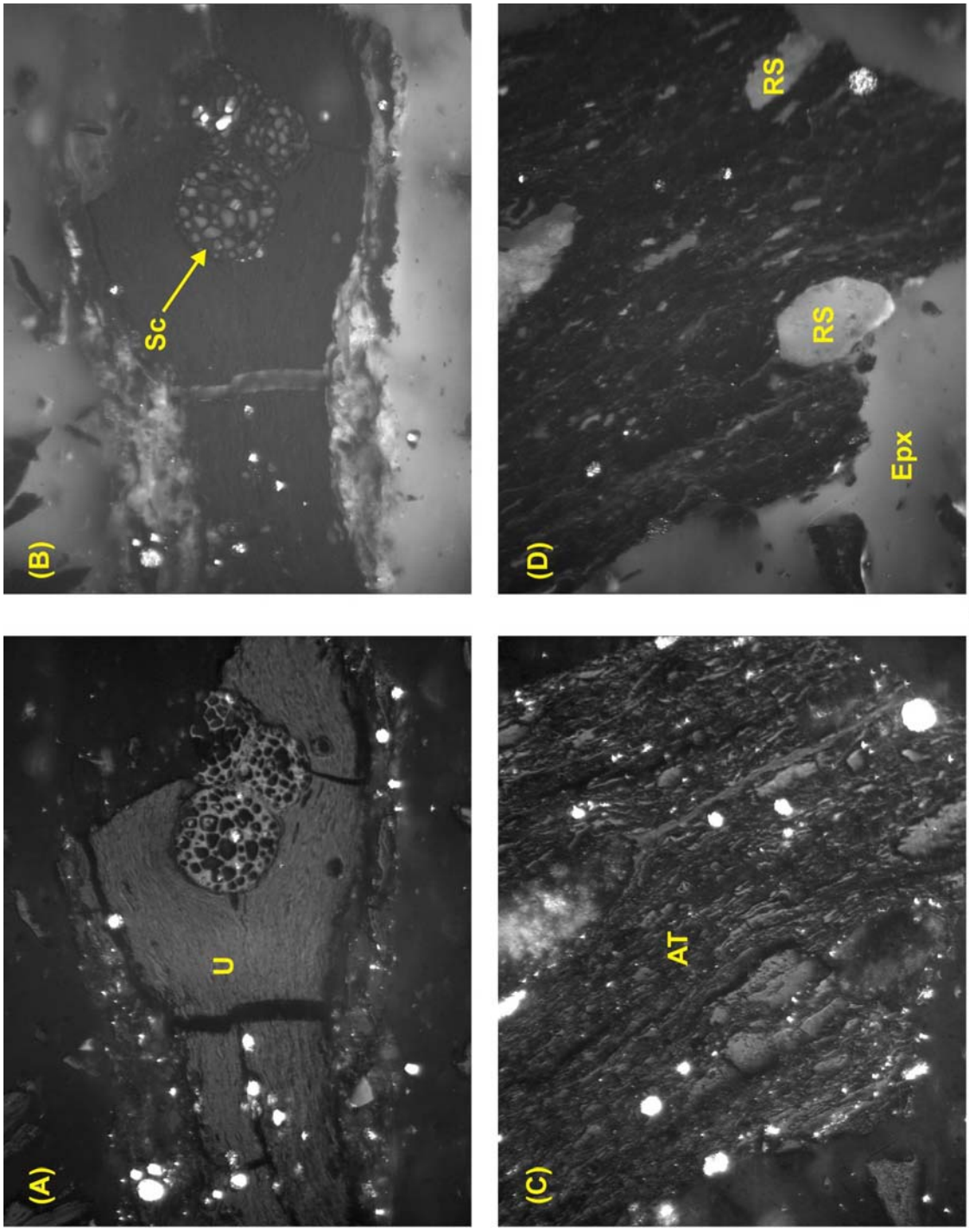


Şekil 7.9. Şerif damarından alınan 04-73 ve 04-74 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (B) ve (D) sırasıyla foto (A) ve (B)'nin mavi ışıkta ve sarı filtredeki görünümleri. Kısaltmalar: Alg= alginit, CH= korpohüminit, Epx= epofix bağlayıcı madde.

Şekil 7.9. Şerif damarından alınan 04-73 ve 04-74 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (B) ve (D) sırasıyla foto (A) ve (B)'nin mavi ışıkta ve sarı filtredeki görünümleri. Kısaltmalar: Alg= alginit, CH= korpohüminit, Epx= epofix bağlayıcı madde.

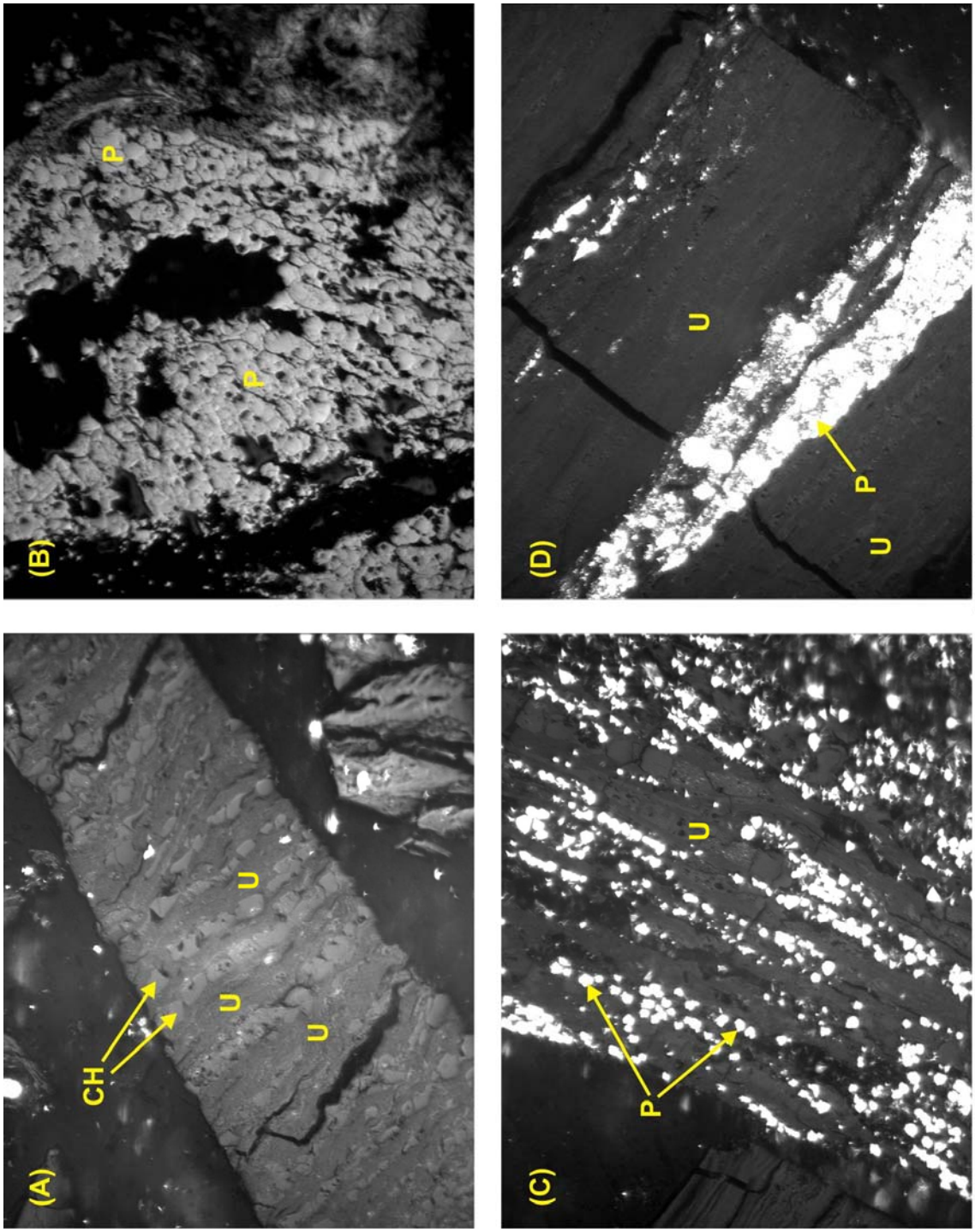


Şekil 7.10. Şerif damarından alınan 04-75 ve 04-80 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Kısaltmalar: SC= sklerotinit, P= pirit, U= ülminit, GL= gelinit, HM= hüminit, CH= korpohüminit, RS= resinit.



Şekil 7.11. Ziyaçavuş damarından alınan 04-53 ve 04-67 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (B) ve (D) sırasıyla foto (A) ve(B)'nin mavi ışık ve sarı filtredeki görünümleri. Kısaltmalar: Sc= sklerotinit, AT= atrinit, RS= resinit, U= ülminit, Epx= epofix bağlayıcı madde.

Şekil 7.11. Ziyaçavuş damarından alınan 04-53 ve 04-67 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Not: Foto (B) ve (D) sırasıyla foto (A) ve(B)'nin mavi ışık ve sarı filtredeki görünümleri. Kısaltmalar: Sc= sklerotinit, AT= atrinit, RS= resinit, U= ülminit, Epx= epofix bağlayıcı madde.



Şekil 7.12. Ziyaçavuş damarından alınan 04-65 ve 04-67 lab nolu örneklerden çekilen optik mikroskop görüntüleri (A-D). Her bir fotoğraf boyutu 270 x 340 µm'dir. Kısaltmalar: U= ülminit, CH= korpohüminit, P= pirit.

maseralleri sporinit, resinit, alginit, liptodetrinit, kütinit ve süberinit; inertinit grubunda füsinit, semifüsinit, inertodetrinit ve sklerotinit oluşturmaktadır. Tanımlanabilen mineraller ise pirit, diğer mineraller+karbonat ve fosil kavkıları oluşturmaktadır (Çizelge 7.3).

Maseral gruplarının ve minerallerin hacimce yüzdeleri ile mineral-maddesiz bazdaki maseral gruplarının hacimce yüzde değerleri, Çizelge 7.3'den hesaplanmış ve hesaplanan hacimce yüzde değerler Çizelge 7.4'de gösterilmiştir. Ayrıca, kömür damarlarına ait maseral, maseral alt grubu, maseral grubu ve minerallerin hacimce yüzde değerlerinin ortalamaları da Çizelge 7.5'de verilmiştir.

Çizelge 7.3-7.5'de verilen bilgiler birlikte değerlendirildiğinde, incelenen örneklerde en önemli ve yaygın maseral grubunu hüminitin oluşturduğu saptanmıştır. Hüminit grubunun kömür damarlarına göre ortalama değerleri, Polat damarında %85,39, Şentürk damarında %81,27, Şerif damarında %70,75 ve Ziyaçavuş damarında %78.33 olarak bulunulmuştur (Çizelge 7.4;7.5). Bu veri, kömür damarlarında hüminit maseral grubunun benzer seviyede hüminit içerdiğini göstermekle birlikte, ortalama hüminit içeriğinin Polat damarından Şerif damarına doğru azaldığını ve Ziyaçavuş damarında tekrar arttığını göstermektedir. Bu artış ve azalış, ilgili damarlardaki mineral miktarlarıyla ilgilidir. Çünkü mineral-maddesiz bazda incelenen dört damar da sırasıyla %95,29, %96,86, %94,43 ve %96,15 ortalama hüminit maseral grubu içeriğine sahiptirler (Çizelge 7.4;7.5).

Çizelge 7.5'de de görüldüğü gibi, tez kapsamında incelenen kömür damarlarında hüminit maseral grubu içinde telohüminit ortalama hacimce yüzde miktarı, Polat damarında %24,88, Şentürk damarında %30,71, Şerif damarında %30,79 ve Ziyaçavuş damarında %34,64 olarak bulunulmuştur. Ortalama telohüminit miktarı, Polat damarından Ziyaçavuş damarına doğru artmaktadır. Bu alt grup içinde en önemli maserali ise ülminit oluşturmaktadır. Ortalama detrohüminit miktarı, Polat damarında %46,59, Şentürk damarında %37,80, Şerif damarında %30,34 ve Ziyaçavuş damarında %32,03 olarak bulunulmuştur. Bu veri, telohümit miktarının aksine, detrohüminit miktarının Polat damarından Şerif ve Ziyaçavuş damarlarına doğru azaldığını göstermektedir. Detrohüminit alt grubu içinde, en önemli maserali densinit oluşturmaktadır. Ortalama jelohüminit miktarı ise, Polat damarında %13,93, Şentürk damarında %12,76, Şerif damarında %9,61 ve Ziyaçavuş

Çizelge 7.4. İncelenen kömürlerde tanımlanan maseral gruplarının ve minerallerin hesaplanan hacimce yüzde değerleri. Kısaltmalar: H= hüminit, L= liptinit, I= inertinit, MM= mineral madde, mmf= mineral maddesiz bazda.

Çizelge 7.5. Çizelge 7.5. Kömür damarlarına göre maseral, maseral alt grubu,maseral grubu ve minerallere ait ortalama hacimce yüzde değerleri. Not: Parantez içinde verilenler mineral-maddesiz bazdadır.

damarında %11,65 olarak bulunulmuştur. Bu değişim, damarlara göre detrohüminit miktarının değişimine benzerlik göstermektedir. Bu alt grup içinde en önemli maseralleri ise Polat damarında korpohüminit, diğer damarlarda ise benzer seviyede gelinit ve korpohüminit oluşturmaktadır.

Tez kapsamında incelenen kömür damarlarında telohüminit, detrohüminit ve jelohüminitin ortalama miktarları birlikte değerlendirildiğinde, Polat damarında en önemli alt grubu detrohüminit oluşturmasına karşın, bitki kök, gövde ve dallarını oluşturan hücre yapılı telohüminit miktarları Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarında hüminit grubunun küçük hümik parçalarından oluşan detrohüminit miktarları birbirine yakın bulunulmuştur. Amorf hümik maddelerden oluşan jelohüminitin ortalama miktarları ise, incelenen kömür damarlarında diğer alt gruplara göre daha az olarak bulunulmuştur.

Liptinit grubu, incelenen örneklerde düşük oranda hacimsel yüzdeye sahiptir (Çizelge 7.3-7.5). Liptinit grubunun kömür damarlarına göre ortalama değerleri, Polat damarında %1,28, Şentürk damarında %1,47, Şerif damarında %1,58 ve Ziyaçavuş damarında %1,68 olarak bulunulmuştur (Çizelge 7.4; 7.5). Bu veri, kömür damarlarında liptinit maseral grubunun benzer seviyede liptinit içerdiğini göstermekle birlikte, ortalama liptinit içeriğinin Polat damarından Ziyaçavuş damarına doğru çok zayıfta olsa arttığını göstermektedir. Bu artış, ilgili grupdaki sporinit ve özellikle liptodetrinit ile ilgilidir. Mineral-maddesiz bazda incelenen dört damarda ortalama liptinit içeriği sırasıyla %1,43, %1,76, %2,11 ve %2,05 olarak bulunulmuştur (Çizelge 7.4; 7,5).

Tez kapsamında, analiz yönteminde de açıklandığı gibi, gerçekleştirilen kömür petrografisi incelemeleri sırasında incelenen örneklerdeki liptinit grubu maserallerinin tanımlanmasında mavi ışık ve sarı filtre kullanılmıştır. Bunlarla ilgili bazı görüntüler, Şekil 7.2; 7.3; 7.5-7.7; 7.9; 7.11'de sunulmuştur. Bu çalışmalar sırasında incelenen örneklerde önemli bir hacimsel yüzdeye sahip olmamakla birlikte tipik alginit oluşumları saptanmıştır. Bilindiği gibi alginitler, turbalaşma ortamında nispeten yüksek su seviyesini göstermektedir.

İnertinit grubu, liptinit grubu gibi, incelenen örneklerde düşük oranda hacimsel yüzdeye sahiptir (Çizelge 7.3-7.5). İnertinit grubunun kömür damarlarına göre

ortalama değerleri, Polat damarında %2,96, Şentürk damarında %1,12, Şerif damarında %2,57 ve Ziyaçavuş damarında %1,44 olarak bulunulmuştur (Çizelge 7.4; 7.5). Kömür damarlarında ortalama inertinit maseral grubu içeriğinin çok zayıfta olsa sırasıyla azalışı ve artışı görülmektedir. Bu durum mineral-maddesiz bazda da görülmektedir. Şöyleki ortalama inertinit içeriği kömür damarlarında sırasıyla %3,27, %1,37, %3,46 ve %1,79 olarak bulunulmuştur (Çizelge 7.4; 7,5). İnertinit grubundaki artış ve azalış, bu grup içindeki özellikle füsinit ve inertodetrinittin varlığıyla ilgilidir (Çizelge 7,5).

İncelenen örneklerde tanımlanabilen mineralleri pirit, ve diğer mineraller (örneğin karbonatlar, kil mineralleri, kuvars, v.b.) oluşturur. İncelenen örneklerde fosil kavkılarına rastlanmasına karşılık, sadece Şerif damarına ait 2 örnekte fosil kavkılarının hacimsel yüzdeye sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7.3; Şekil 7.9). Ortalama mineral yüzdeleri, Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarında sırasıyla %10,37, %16,14, %25,10 ve %18,56 olarak bulunulmuştur (Çizelge 7.4;7,5). Bu veri, ortalama mineral madde hacimsel yüzdesinin Polat damarından Şerif damarına doğru arttığını ve Ziyaçavuş damarında nispeten tekrar azaldığını göstermektedir. Kömür damarlarında artış ve azalış, pirit ve diğer mineraller+karbonatlarla ilgilidir (Çizelge 7.4; 7.5).

7.3. Hüminit Yansıtması Ölçümü Sonuçları

Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş kömür damarlarından alınan tüm örneklerde gerçekleştirilen rastgele hüminit yansıtması ölçüm sonuçlarının her bir örnekteki ortalama değerleri, Çizelge 7.6'da sunulmuştur. Ortalama hüminit yansıtması değerlerinin ortalaması, Polat kömür damarında %0,29 %Rr, Şentürk damarında %0,29 %Rr, Şerif damarında %0,28 %Rr ve Ziyaçavuş damarında %0,29 %Rr değerleri bulunulmuştur (Çizelge 7.6). Ortalama rastgele hüminit yansıtma değerlerine göre incelenen Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarının aynı kömürleşme derecesinde oldukları ortaya çıkmaktadır. Kömür damarları arasında aynı/benzer yansıtma değerlerinin ölçülmesi, kömür damarları arasındaki stratigrafik seviye farklılığının düşük olmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir.

Kale-Kurbalık sahası kömürlerinin kömürleşme derecesi, Stach et al. (1982) tarafından verilen ASTM sınıflamasına göre "linyit" ve Alman DIN sınıflamasına göre "yumuşak kahverengi kömür" aşamasında kömürleşme derecesine sahip

Çizelge 7.6. İncelenen kömürlerde ölçülen rastgele hüminit yansıtma sonuçları. Kısaltmalar: n=ölçüm sayısı, %Rr=yüzde rastgele hüminit yansıtması, s=standart sapma.

oldukları tespit edilmiştir. Bu kömürleşme derecesine göre incelenen kömürler, sırasıyla %0,29-0,31 %Rr ve %0,27-0,31 arasında ortalama hüminit yansıtmasına sahip Kütahya-Seyitömer ve Bursa-Orhaneli kömürlerine benzerlik göstermektedir (Kırdım, 2006; Yerin, 2006).

8. GENEL SONUÇLAR

Tez çalışması kapsamında elde edilen genel sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

a) Tez kapsamında Kale-Kurbalık kömür ocakları çevresini kapsayan mevcut jeoloji haritaları ve formasyon sınırları yerinde kontrol edilmiş, yeraltı imalat haritalarında tanımlanmış faylar, jeoloji haritalarıyla deneştirilmiştir. Bölgeye ait LANDSAT 7 uydusu görüntüleri Global Mapper programı kullanılarak bölgeye ait jeoloji haritası ile birleştirilerek, çalışma alanının renkli görüntüsü elde edilmiştir. Daha sonra bu görüntülerin yardımı ile arazide gerçekleştirilen GPS ölçümleri ve saha gözlemleri değerlendirilerek bölgeye ait mevcut jeoloji haritaları güncellenmiştir.

b) İncelenen alanda temel kayaçlarını, mermer, kristalize kalker ve dolomit oluşturmaktadır. Bunların üzerine uyumsuz olarak Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Akçay Grubu gelmektedir. Başlıca karasal ve kısmen lagüner-denizel kırıntılı ve karbonat kayalarından oluşan bu grup, alttan üstte doğru, Karadere, Mortuma, Yenidere, Künar ve bunun yanal eşdeğeri olan Kale Formasyonlarını kapsamaktadır. İncelenen alanda işletilen ve tez kapsamında değerlendirilen kömür damarları, Yenidere Formasyonu içinde yer almaktadır. Akçay Grubunun üzerine uyumsuz olarak Orta Miyosen-Pliyosen yaşlı ve gölsel-karasal çökellerden oluşan Muğla Grubu gelmektedir. Bu grup, alttan üstte doğru, birbiriyle uyumlu Sekköy, Yatağan ve Milet Formasyonlarından oluşmaktadır. İncelenen alanda, Karadere ve özellikle Mortuma Formasyonları hafifçe eğimlidir. Bunun üzerinde yer alan daha genç formasyonlar ise yatay konumludur.

c) Yenidere Formasyonunda işletilebilir kalınlığa sahip Meriç, Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş kömür damarları bulunmaktadır. Bu damarlardan Meriç damarı, günümüzde işletilememektedir. Tez kapsamında yürütülen çalışmalar sırasında kömür damarlarının tavan-taban ve arakesmelerinde yaygın fosil kavkıları gözlenmiş, bunlardan örnekler alınmış, paleontolojik yaş tayinleri gerçekleştirilmiş ve ortamsal yorumları yapılmıştır. Paleontolojik çalışmalar,

önceki çalışmalarla uyumlu olarak, Yenidere Formasyonunun Erken Miyosen (Akitaniyen) yaşlı olduğunu göstermektedir.

d) Tezin amacına uygun olarak yeraltı ocaklarında kömür örneklemesi sırasında önce kömür damarının yerinde makroskopik kesitleri çıkarılmıştır. Daha sonra oluk örneklemesi şeklinde kömür örneği alınmıştır. Yeraltı çalışmaları sırasında alttan üstte doğru Polat damarından 2, Şentürk damarından 10, Şerif damarından 9 ve Ziyaçavuş damarından 9 olmak üzere toplam 30 kömür örneği alınmıştır. Ayrıca, bu çalışmalar sırasında çoğu makrofosilli olmak üzere kömür damarlarına komşu kayaçlardan (tavan, taban ve arakesmelerden) toplam 126 adet örnek derlenmiştir.

e) Kömürlerin laboratuvara getirildiği durumda ortalama toplam nem içerikleri Ziyaçavuş damarı için %29,21, Şerif damarı için %29,46, Şentürk damarı için %27,25 ve Polat damarı için %28,72 olarak saptanmıştır. Havada kuru bazda ortalama nem, uçucu madde, kül, alt ısıl değer ve toplam kükürt içerikleri Ziyaçavuş damarı için %14,44, %39,52, %17,84, 4100 kcal/kg, %3,84; Şerif damarı için %15,24, %39,41, %17,79, 4013 kcal/kg, %4,21; Şentürk damarı için %14,26, %40,27, %16,18, 4270 kcal/kg, %3,95; Polat damarı için %15,51, %40,35, %13,91, 4250 kcal/kg,%2,51 olarak saptanmıştır.

f) Tez kapsamında, kömür damarlarından alınan 30 örneğin, kömür damarlarının tavan-taban ve arakesmelerinden alınan toplam 32 adet kayaç örneğinin X-ışınları toz difraktogramları yardımıyla mineralleri ve kayaç örneklerinden seçilen 22 adet örneğin kil fraksiyonu mineralleri incelenmiştir. İncelenen kömür örneklerinde önemli kısmı organik (amorf) maddenin oluşturduğu belirlenmiştir. Kömür damarlarının inorganik kısmını oluşturan minerallerin genelde düşük düzeyde olduğu saptanmıştır.

g) Tez çalışması kapsamında XRD çalışmalarına ilave olarak seçilen 17 örnekte SEM-EDX çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İncelenen tüm kömür örneklerinin SEM-EDX analizleri, kömürlerin genelde benzer mineralojik bileşime sahip olduğunu ve tanımlanan minerallerin XRD çalışmalarıyla tanımlanan minerallerle büyük benzerlik gösterdiği saptanmıştır. SEM-EDX analizleri, kömürlerdeki organik maddenin az oranda Ca, S ve iz oranda Mg ve bazı

örneklerde de Al ve Na içerdiği saptanmıştır. SEM-EDX çalışmaları ile incelenen örneklerde kil mineralleri (klorit, illit ve kaolinit), yaygın olarak framboidal ve mikron büyüklüğündeki pirit kristalleri, silika, saf $CaCO_3$ bileşimli fosil kavkıları, feldispat, dolomit, Ziyaçavuş damarı hariç olmak üzere tüm örneklerde Sr içeren barit, tüm örneklerde ve daha çok oranda Şentürk damarında olmak üzere Ca-fosfat (apatit) oluşumları tanımlanmıştır. SEM çalışmaları sırasında saptanan ilginç bazı mikron büyüklüğündeki mineralleri ise ilmenit, kromit, rutil, sfalerit, sfen, zirkon, piroksen? ve hornblend? oluşturmaktadır.

h) İncelenen örneklere tüm esas ve eser element içeriklerinin geometrik ortalamaları birlikte değerlendirildiğinde, örneklere ait analiz sonuçlarının genelde damarlar arasında benzer seviyelerde oldukları belirlenmiştir. Bu bize tez kapsamında incelenen damarların benzer esas element ve eser element içeriklerine sahip olduklarını işaret etmektedir. Ancak, bazı farklılıklar da tespit edilmiştir. Şöyle ki, Polat damarına ait Na, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Ge, Ni, Sb, Se, Sn, U, V ve Zn içeriklerinin geometrik ortalamaları diğer damarlardan daha yüksektir. Benzer şekilde Şentürk damarına ait Bi ve Mo, Şerif damarına ait Ca, Mg, S, P, As, Hf, Mn, Sr, Ta ve Zr, Ziyaçavuş damarına ait Al, Fe, K, Ti, Be, Ga, Li, Nb, Pb, Rb, Sc, Th, Tl, W, Y ve REEs içeriklerinin geometrik ortalama değerleri diğer damarlardan daha yüksek bulunulmuştur. Bu farklılıkların, incelenen örneklerdeki mineral bileşiminden ve mikron büyüklüğündeki minerallerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. İncelenen örneklere tüm eser element analiz sonuçları ve her damara ait geometrik ortalamalar birlikte değerlendirildiğinde, örneklere ait analiz sonuçlarının genelde Dünya'daki çoğu kömür örneklerine ait sınır değerlerinin arasında kaldığı saptanmıştır. Ancak, Cr, Mo, Ni, Ta ve U'un incelenen çoğu örnekte, Dünya'daki çoğu kömür örneklerine ait sınır değerlerini aştığı da saptanmıştır.

ı) İncelenen örneklerde en önemli ve yaygın maseral grubunu hüminitin oluşturduğu saptanmıştır. Hüminit grubunun kömür damarlarına göre ortalama değerleri, Polat damarında %85,39, Şentürk damarında %81,27, Şerif damarında %70,75 ve Ziyaçavuş damarında %78.33 olarak

bulunulmuştur. Bu veri çok zayıfta olsa ortalama hüminit içeriğinin Polat damarından Şerif damarına doğru azaldığını ve Ziyaçavuş damarında tekrar arttığını göstermektedir. Bu artış ve azalış, ilgili damarlardaki mineral miktarlarıyla ilgilidir. Çünkü mineral-maddesiz bazda incelenen dört damar da sırasıyla %95,29, %96,86, %94,43 ve %96,15 ortalama hüminit maseral grubu içeriğine sahiptirler.

i) Kömür damarlarından alınan tüm örneklerde gerçekleştirilen rastgele hüminit yansıtması ölçüm sonuçlarının her bir damar için ortalamaları, 0,28-0,29 %Rr değerleri arasındadır. Ortalama rastgele hüminit yansıtma değerlerine göre incelenen Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarının aynı kömürleşme derecesine sahip oldukları ortaya çıkmaktadır. Kömür damarları arasında aynı/benzer yansıtma değerlerinin ölçülmesi, kömür damarları arasındaki stratigrafik seviye farklılığının düşük olmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Kale-Kurbalık sahası kömürlerinin kömürleşme derecesi, Stach et al. (1982) tarafından verilen ASTM sınıflamasına göre “linyit” ve Alman DIN sınıflamasına göre “yumuşak kahverengi kömür” aşamasındadır.

KAYNAKLAR

Akgün, F. and Sözbilir, H., 2001, A palynostratigraphic approach to the SW Anatolian molasse basin: Kale-Tavas molasse and Denizli molasse, Geodinamica Acta, 14, s.71-93.

Altınlı, İ.E., 1955, Denizlinin güneyinin jeolojik incelemesi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, İstanbul, XX, s.1-47.

ASTM, 1991, Annual book of ASTM standarts, Gaseous Fuels; Coal and Coke, 1916 Race Street, Philadelphia, PA19103, 05.05, 520 p.

ASTM, 2005, Annual book of ASTM standarts, Gaseous Fuels; Coal and Coke, American Society for Testing Materials, West Conchohacken,PA, vol 05.06.

Atalay, Z., 1980, Muğla-Yatağan ve yakın dolayı karasal Neojen'inin stratigrafi araştırması, Türkiye jeoloji Kurumu Bülteni, 23 (1), s.93-99.

Becker-Platen, J.D., 1970, Lithostratigraphische Unterschungen in Kanozoikum Südwest-Anatoliens (Kanozoikum und Braunkohlen der Türkei, 2): Beih. Geol. Jb., Hannover, 97, 244 s.

Becker-Platen, J.D., Benda, L. and Steffens, P., 1977, Litho-und biostratigraphiscne Deutung radiometrischer Altersbestim-mungen aus dem Jungtertiar der Türkei (Känozoikum und Braun-kohlen der Türkei, 18), Geol. Jahr., B25, s.139-167.

Bulut, Y., 2004, Soma Termik Santralında Yanan Kömürlerin ve Katı Atıkların Mineralojisi, Petrografisi ve Element İçeriği, Manisa Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 202 s.

Carpenter, A.M., 1988, Coal classification, IEA Coal Research, IEACR/12, 104 p.

Enerji Raporu, 2004, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi yayını, Ankara.

Finkelman, R.B., 1994, Modes of occurrence of potentially hazardous elements in coal: Level of confidence, Fuel Proc. Technol. 39, 21-34.

Finkelman, R. B. and Gross, P.M.K., 1999, The types of data needed for assessing the environmental and human health impacts of coal, Int. Journal of Coal Geology, 40, s.91-101.

Gökçen, N., 1982, Denizli ve Muğla çevresi Neojen istifinin oskrakod biyostratigrafisi, Yerbilimleri, HÜ Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayını, Ankara, Sayı 9, s.111-131.

Gökmen, V., Memikoğlu, O., Dağlı, M., Öz, D. ve Tuncalı, E., 1993, Türkiye linyit envanteri, MTA yayını, s. 122-123.

Gündoğdu, N., 1982, Neojen yaşlı Bigadiç sedimanter baseninin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelemesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 368 s.

Hakyemez, H.Y. ve Örçen, S., 1982, Muğla-Denizli arasındaki (GB Anadolu) Senozoyik yaşlı çökel kayaların sedimantolojik ve biyostratigrafik incelemesi, MTA Rapor No: 7311.

Hakyemez, H.Y., 1987, Kale-Kurbalık (Güneybatı Denizli) Bölgesindeki Senozoyik Yaşlı Çökel Kayaların Jeolojisi ve Stratigrafisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 84 s.

Hakyemez, H.Y., 1989, Kale-Kurbalık (GB Denizli) bölgesindeki Senozoyik yaşlı çökel kayaların jeolojisi ve stratigrafisi, MTA Dergisi, Sayı 109, s.9-21.

Hasdiğen, S., 2001, Kale (GB Denizli) Bölgesindeki Tersiyer Yaşlı Kayaçların Kil Mineralojisi ve Sedimanter Petrografik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 125 s.

I.C.C.P., 1963, Internationales Lexikon für Kohlenpetrologie: Centre National de la Recherche Scientifique 15, Quai-Anatole-France,Paris.

I.C.C.P., 1971, Internationales Lexikon für Kohlenpetrologie: Centre National de la Recherche Scientifique 15, Quai-Anatole-France,Paris.

I.C.C.P., 1995, Vitrinite classification, International Commite for Coal and Organic Petrology, Aachen, 24 p.

I.C.C.P., 2001, The new inertinite classification (ICCP System 1994), The Science and Technology of Fuel and Energy, 80, pp.459-471.

Işıganer, T., 1972, Karakaya (Denizli-Kale) civarındaki linyit ihtiva eden sahanın jeolojik raporu, MTA Rapor No: 4850.

İnternet: Minerals Arranged by X-Ray Powder Diffraction, 2006, In Web Mineral, http://webmineral.com/X-Ray.shtml

İslamoğlu, Y., Gedik, F., Aydın, A., Atay, G., Hakyemez, A. ve Babayiğit, S., 2006, Denizli Bölgesi'ndeki (GB Türkiye) Oligosen yaşlı lagüner ve Denizli çökellerin mollusk, foraminifera, nannoplankton, mercan ve sstrakoda biyostratigrafisi, 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildirileri, 20-24 Mart 2006, Ankara, s. 245-249.

Kara, H., 1976, Acıpayam (Denizli) ovasının ve civarindaki Neojen havzasının jeolojik etüdü, MTA Rapor No: 6153.

Karayiğit, A.İ., 1989, Zonguldak ve Amasra Kömürlerinin Petrografik Özellikleri, Doktora Tezi, Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 315 s.

Karayigit, A.İ., Gayer, R.A., Ortac, F.E. and Goldsmith, S., 2001, Trace elements in the Lower Pliocene fossiliferous Kangal lignites, Sivas, Turkey, Int. Journal of Coal Geology, 47, pp.73-89.

Kırdım, Ö., 2006, Seyitömer (Kütahya-Türkiye) Santralında Yanan Kömürlerin ve Oluşan Katı Atıkların Mineralojisi ve Petrografisi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 149 s.

Luttig, G. and Steffens, P., 1976, Explanatory notes for the Paleogeographic Atlas of Turkey from the Oligocene to the Pleistocene, Bund. für. Geow. Und Rahst. 64, Hannover.

Moore, D.M. and Reynolds, Jr. C.J., 1997, X-Ray diffraction and the idenditification and analysis of clay minerals, Oxford University Press, 378 p.

Palmer, C.A., Tuncalı, E., Dennen, K.O., Coburn, T.C. and Finkelman, R.B., 2004, Characterization of Turkish coals: a nationwide perspective, Int. Journal of Coal Geology, 60, pp.85-115.

Querol, X., Whateley, M.K.G., Fernandez-Turiel, J. L. and Tuncalı, E., 1997, Geological controls onthe mineralogy and geochemistry of the Beypazarı lignite, central Anatolia, Turkey, Int. Journal of Coal Geology, 33, pp.255-271.

Selvi, B., 1974, Denizli-Kale civarında yapılan sondajlı çalışmalara ait ön rapor, MTA Rapor No: 327.

Seyitoglu, G. and Scott, B.C., 1996, The cause of N-S extensional tectonics in western Turkey: Tectonıc escape vs back-arc spreading vs orogenic collapse, Jounal of Geodynamics, 22, pp.145-153.

Sözbilir, H., 2005, Oligo-Miocene extension in the Lycian orogen: evidence from the Lycian molasse basin, SW Turkey. Geodinamica Acta, 18, pp.255-282.

Spears, D.A. and Caswell, S.A., 1986, Mineral matter in coals: cleat minerals and their origin in some coals from the english midlands, Int. Journal of Coal Geology,6, pp.107-125.

Spears, D.A., Martinez Tarazona, M.R. and Lee, S., 1994, Pyrite in UK coals: its environmental significance, Int. Journal of Coal Geology,73, pp.1051-1055.

Stach, E., Mackowsky, M.TH., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra, D. and Teichmüller, R., 1982, Stach's textbook of coal petrology, Gebruder Borntraeger, Berlin, 535 p.

Sýkorová, I., Pickel, W., Christanis, K., Wolf, M., Taylor, G.H. and Flores, D., 2005, Classification of huminite-ICCP System 1994, Int. Journal of Coal Geology, 62, pp.85-106.

Swaine, D. J. , 1990, Trace elements in coal, Butterwarh, London, 278 p.

Taner, G., 1974, Denizli Bölgesi Neojeninin paleontolojik ve stratigrafik etüdü, MTA Dergisi, Sayı 82, s.89-127.

TKİ, 1998, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu internet sayfası, 1. Enerji Şurası Alt Komisyon Raporu, http://www.tki.gov.tr

TKİ, 2001, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu internet sayfası, Genel Enerji Politikaları İçerisinde Kömürün Yeri, http://www.tki.gov.tr

Tuncalı, E., Çiftci, B., Yavuz, N., Toprak, S., Köker, A., Gencer, Z., Ayçık, H. ve Şahin, N., 2002, Türkiye Tersiyer kömürlerinin kimyasal ve teknolojik özellikleri, MTA Genel Müdürlüğü, 402 s.

TÜBİTAK, 2003, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu internet sayfası, TÜBİTAK Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Raporu, http://www.tubitak.gov.tr

Ward, C.R., Corcoran, J.F., Saxby, J.D. and Read, H.W., 1996, Occurrence of phosphorus minerals in Australian coal seams, Int. Journal of Coal Geology, 30, pp.185-210.

Ward, C.R., 2002, Analysis and significance of mineral matter in coal seams, Int. Journal of Coal Geology, 50, pp.135-168.

Yerin, O.Ü., 2006, Orhaneli Kömürlerinin Mineralojisi, Petrografisi ve Element İçeriği, Bursa-Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 180 s.

Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş. ve Elmas, A., 2000, When did the western Anatolian grabens begin to develop? Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Bozkurt, E. , Winchester, J.A. and Piper, J.D.A. (eds.), Geological Society, London, Special Publication, 173, pp.353-384.

EKLER

Ek Çizelge 1. Çalışma kapsamında kömür damarlarından alınan örneklere uygulanan analiz yöntemleri.

Damar Adı	Örnek No	Lab No	Makroskopik Tanımlama	Kimyasal (Proximate) Analiz	XRD	Petrografik Analiz	SEM-EDX çalışması	Esas/Eser Element Analizi
ZİYAÇAVUŞ	Kale-1	04-53	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	MC1/02	04-65	✓	✓	✓	✓		✓
	MC2/03	04-66	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	MC3/02	04-67	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	MC4/03	04-68	✓	✓	✓	✓		✓
	MC5/02	04-69	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	MC6/02	04-70	✓	✓	✓	✓		✓
	MC7/04	04-71	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	MC8/02	04-72	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ŞERİF	Kale-4	04-52	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	YC1/02	04-73	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	YC2/02	04-74	✓	✓	✓	✓		✓
	YC3/03	04-75	✓	✓	✓	✓		✓
	YC4/01	04-76	✓	✓	✓	✓		✓
	YC5/03	04-77	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	YC6/02	04-78	✓	✓	✓	✓		✓
	YC7/02	04-79	✓	✓	✓	✓		✓
	YC8/02	04-80	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ŞENTÜRK	Kale-7	04-51	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	EC1/02	04-56	✓	✓	✓	✓		✓
	EC2/02	04-57	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	EC3/03	04-58	✓	✓	✓	✓		✓
	EC4/02	04-59	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	EC5/02	04-60	✓	✓	✓	✓		✓
	EC6/02	04-61	✓	✓	✓	✓		✓
	EC7/02	04-62	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	EC8/03	04-63	✓	✓	✓	✓		✓
	EC9/03	04-64	✓	✓	✓	✓	✓	✓
POLAT	AC1/02	04-54	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	AC2/02	04-55	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Ek Çizelge 2. Çalışma kapsamında kömür damarlarına komşu kayaçlardan alınan örneklere uygulanan analiz yöntemleri.

Damar Adı	Stamp No	Örnek No	Makroskopik Tanımlama	XRD-Toz	XRD-Kil	Paleontolojik Tanımlama
Ziyaçavuş	Kale	Kale-3	√	√		
		Kale-2	√	√	√	
	MC1	MC1/01	√	√		√
		MC1/04	√			
		MC1/03	√			
		MC1/05	√	√		
		MC1/06	√			
		MC1/07	√	√	√	
	MC2	MC2/01	√	√		
		MC2/02	√	√	√	
		MC2/04	√			
		MC2/05	√			
	MC3	MC3/01	√			√
		MC3/03	√			
		MC3/04	√			
		MC3/05	√			
		MC3/06	√			
	MC4	MC4/01	√			√
		MC4/04	√	√		
		MC4/05	√			
	MC5	MC5/01	√			√
		MC5/02	√	√	√	
		MC5/03	√	√	√	
		MC5/04	√	√	√	
	MC6	MC6/01	√			√
		MC6/03	√			
		MC6/04	√			
		MC6/05	√	√	√	
		MC6/06	√			
		MC6/07	√			
	MC7	MC7/01	√			√
		MC7/02	√			
		MC7/03	√			
		MC7/05	√			
		MC7/06	√	√	√	
		MC7/07	√			
	MC8	MC8/01	√			
		MC8/03	√			
		MC8/04	√			
Şerif	Kale	Kale-5	√	√		
		Kale-6	√	√	√	
	YC1	YC1/01	√			√
		YC1/03	√			
		YC1/04	√	√	√	
		YC1/05	√	√	√	
	YC2	YC2/01	√			√
		YC2/03	√			
		YC2/04	√			
		YC2/05	√			

Ek Çizelge 2. devam ediyor.

Damar Adı	Stamp No	Örnek No	Makroskopik Tanımlama	XRD-Toz	XRD-Kil	Paleontolojik Tanımlama
Şerif	YC3	YC3/01	√			√
		YC3/02	√			
		YC3/04	√			
		YC3/05	√			
	YC4	YC4/06	√			√
		YC4/02	√			
		YC4/03	√			
		YC4/04	√			
		YC4/05	√	√	√	
	YC5	YC5/01	√	√	√	√
		YC5/02	√			
		YC5/04	√			
		YC5/06	√			
		YC5/07	√	√	√	
		YC5/05	√			
	YC6	YC6/01	√			√
		YC6/03	√			
		YC6/04	√			
	YC7	YC7/01	√			√
		YC7/03	√			
		YC7/04	√			
		YC7/05	√			
	YC8	YC8/01	√			√
		YC8/03	√			
		YC8/04	√			
Şentürk	Kale	Kale-8	√	√		
		Kale-9	√	√	√	
	EC1	EC1/01	√	√	√	√
		EC1/03	√			
		EC1/04	√	√	√	
		EC1/05	√	√		
		EC1/06	√			
	EC2	EC2/01	√			√
		EC2/03	√			
		EC2/04	√			
		EC2/05	√			
		EC2/06	√			
		EC2/07	√			
	EC3	EC3/01	√			
		EC3/02	√			√
		EC3/04	√			
		EC3/05	√			
	EC4	EC4/01	√			√
		EC4/03	√			
		EC4/04	√			
		EC4/05	√			
	EC5	EC5/01	√	√		√
		EC5/03	√			
		EC5/04	√			
		EC5/05	√			

Ek Çizelge 2. devam ediyor.

Damar Adı	Stamp No	Örnek No	Makroskopik Tanımlama	XRD-Toz	XRD-Kil	Paleontolojik Tanımlama
Şentürk	EC6	EC6/01	√			√
		EC6/03	√			
		EC6/04	√			
		EC6/05	√			
		EC6/06	√			
	EC7	EC7/01	√			√
		EC7/03	√			
		EC7/04	√			
		EC7/05	√			
		EC7/06	√	√		√
	EC8	EC8/01	√			
		EC8/02	√			
		EC8/04	√			
		EC8/05	√			
		EC8/06	√	√	√	
	EC9	EC9/02	√			√
		EC9/04	√			
		EC9/06	√			
Polat	AC1	AC1/01	√			
		AC1/03	√			
		AC1/04	√			
		AC1/05	√			
		AC1/06	√			
	AC2	AC2/01	√	√	√	
		AC2/04	√	√	√	
		AC2/05	√	√	√	
		AC2/06	√	√	√	

Ek Çizelge 3. Kale-Kurbalık kömür sahasından alınan Polat, Şentürk, Şerif ve Ziyaçavuş damarlarına ait 30 adet kömür örneğinin bazı esas element ve eser element bileşimleri. bdl: Dedeksiyon limitinin altında. Not: Aksi belirtilmedikçe değerler ppm'dir. [a]: ICP-AES, diğerleri ICP-MS ile analiz edilmiştir.

ÖrnekNo/	**Polat**		**Şentürk**									
Element	04-54	04-55	04-51	04-56	04-57	04-58	04-59	04-60	04-61	04-62	04-63	04-64
(%) Al[a]	0,72	0,79	0,84	1,06	0,64	0,27	2,41	0,97	0,38	1,40	0,76	0,85
(%) Ca[a]	1,80	1,69	1,77	1,72	1,61	1,73	1,49	1,57	2,25	1,60	1,77	1,90
(%) Fe[a]	1,64	1,43	2,25	1,87	1,63	1,17	2,71	1,77	1,63	2,40	2,09	2,21
(%) K[a]	0,14	0,14	0,14	0,18	0,12	0,04	0,53	0,20	0,06	0,27	0,15	0,18
(%) Mg[a]	0,83	0,82	0,81	0,78	0,70	0,69	0,84	0,73	0,72	0,81	0,76	0,72
(%) Na[a]	0,13	0,13	0,11	0,09	0,07	0,03	0,15	0,08	0,06	0,10	0,06	0,06
(%) S[a]	2,65	2,30	4,13	3,77	3,82	4,28	3,73	3,32	4,06	4,29	3,95	4,16
(%) P[a]	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
As	52,39	33,98	39,15	35,05	57,01	16,96	40,90	52,20	47,21	53,75	60,25	48,11
B	100,99	432,88	435,95	107,48	113,57	101,40	82,52	108,94	114,12	100,20	94,27	87,66
Ba	85,94	205,69	71,60	68,35	61,64	10,02	399,61	77,30	56,41	93,14	48,33	42,57
Be	0,37	0,37	0,31	0,28	0,33	0,36	0,78	0,33	0,22	0,53	0,31	0,39
Bi	bdl	bdl	0,05	bdl	bdl	bdl	0,23	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Cd	0,25	0,36	0,15	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0,27	bdl	bdl
Co	8,12	7,89	7,13	4,72	4,71	1,68	9,35	4,00	3,55	14,29	3,40	4,21
Cr	251,58	261,83	169,95	127,52	114,26	18,70	130,57	106,09	123,92	281,98	73,80	79,39
Cs	1,19	1,15	0,63	0,92	0,74	0,24	2,11	1,03	0,37	1,46	0,75	0,85
Cu	14,58	26,24	12,42	15,54	10,24	6,91	33,39	14,76	9,88	22,01	11,69	12,12
Ga	2,21	2,67	2,27	2,57	1,91	0,88	7,08	2,86	1,22	3,73	2,13	2,42
Ge	0,75	2,00	0,41	0,42	0,85	2,77	0,84	0,40	0,56	0,85	0,40	0,78
Hf	0,00	0,00	0,17	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Li	5,43	7,28	7,95	7,51	5,90	1,35	22,77	7,40	2,49	13,03	5,70	6,60
Mn	38,30	34,64	66,99	30,99	36,82	63,84	63,35	40,75	133,14	43,94	53,80	59,65
Mo	9,24	12,42	10,27	14,15	12,69	19,23	12,57	11,20	14,77	14,89	11,50	12,66
Nb	1,95	2,07	1,24	1,75	1,77	0,84	3,15	1,85	1,11	2,42	1,49	1,67
Ni	198,81	266,34	174,18	131,80	136,09	52,51	166,37	90,99	171,08	396,96	74,55	106,69
Pb	6,17	8,36	5,94	8,79	4,29	2,61	14,09	6,69	3,33	9,68	4,99	5,83
Rb	8,76	9,17	7,74	9,47	6,83	2,19	29,14	11,49	3,26	14,74	8,21	9,32
Sb	4,06	4,46	4,00	4,06	2,64	0,54	4,89	3,94	2,32	4,92	2,57	3,26
Sc	4,91	5,60	6,87	4,71	4,65	4,01	7,70	4,84	4,88	7,34	5,29	5,12
Se	6,44	6,76	1,37	5,03	5,53	3,81	7,86	5,49	4,86	7,26	3,79	3,39
Sn	1,10	1,80	0,39	1,08	0,98	0,93	1,59	1,11	0,84	1,18	0,92	1,02
Sr	238,24	235,23	217,10	178,86	208,65	185,81	220,32	206,19	206,57	205,39	169,87	180,63
Ta	0,77	1,00	0,28	1,37	0,92	0,59	1,66	1,11	0,79	1,50	0,93	0,80
Th	1,24	1,54	1,39	2,27	1,94	0,94	6,29	2,19	0,99	2,72	2,08	2,10
Tl	bdl	bdl	0,16	bdl	bdl	bdl	0,32	bdl	bdl	0,24	bdl	bdl
Ti	395,26	431,89	319,78	343,67	228,71	105,19	867,36	408,84	146,18	591,87	292,57	321,53
U	18,17	18,27	22,64	17,82	14,70	8,36	18,83	12,09	19,41	16,71	11,25	13,10
V	41,91	46,60	35,56	36,49	30,81	11,68	60,67	34,02	27,94	52,19	23,55	25,50
W	1,22	1,20	0,27	1,13	2,28	1,73	1,57	1,12	0,84	1,74	1,35	1,60
Y	4,69	5,17	6,00	4,71	5,23	4,09	11,46	3,87	4,23	6,20	5,49	4,22
Zn	63,21	89,70	40,68	68,94	41,13	39,20	61,38	53,59	84,34	62,73	79,26	46,47
Zr	7,44	8,37	8,28	5,57	4,53	1,41	6,63	5,58	3,07	9,38	4,27	3,89
La	3,50	3,97	4,36	4,46	3,78	2,06	11,43	4,11	2,79	5,72	4,26	3,86
Ce	7,06	7,89	8,25	10,23	8,84	5,24	27,81	9,49	6,59	12,80	9,85	8,97
Pr	0,82	0,91	1,05	1,05	0,95	0,49	2,85	0,99	0,67	1,37	1,02	0,92
Nd	3,64	3,95	4,53	4,60	4,04	2,20	12,15	4,27	3,04	5,97	4,41	4,01
Sm	0,57	0,62	0,76	0,71	0,63	0,36	1,93	0,63	0,47	0,91	0,68	0,62
Eu	bdl	bdl	0,19	bdl	bdl	bdl	0,45	bdl	bdl	0,20	bdl	bdl
Gd	0,76	0,81	1,00	0,90	0,86	0,49	2,40	0,80	0,66	1,19	0,91	0,79
Tb	bdl	bdl	0,15	bdl	bdl	bdl	0,37	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Dy	0,67	0,70	0,92	0,82	0,87	0,52	2,15	0,66	0,63	1,05	0,90	0,76
Ho	bdl	bdl	0,18	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00
Er	0,35	0,39	0,45	0,40	0,45	0,30	1,04	0,33	0,33	0,53	0,45	0,38
Tm	bdl	bdl	0,08	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Yb	0,36	0,41	0,44	0,43	0,47	0,32	1,06	0,34	0,34	0,56	0,47	0,41
Lu	bdl	bdl	0,07	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl

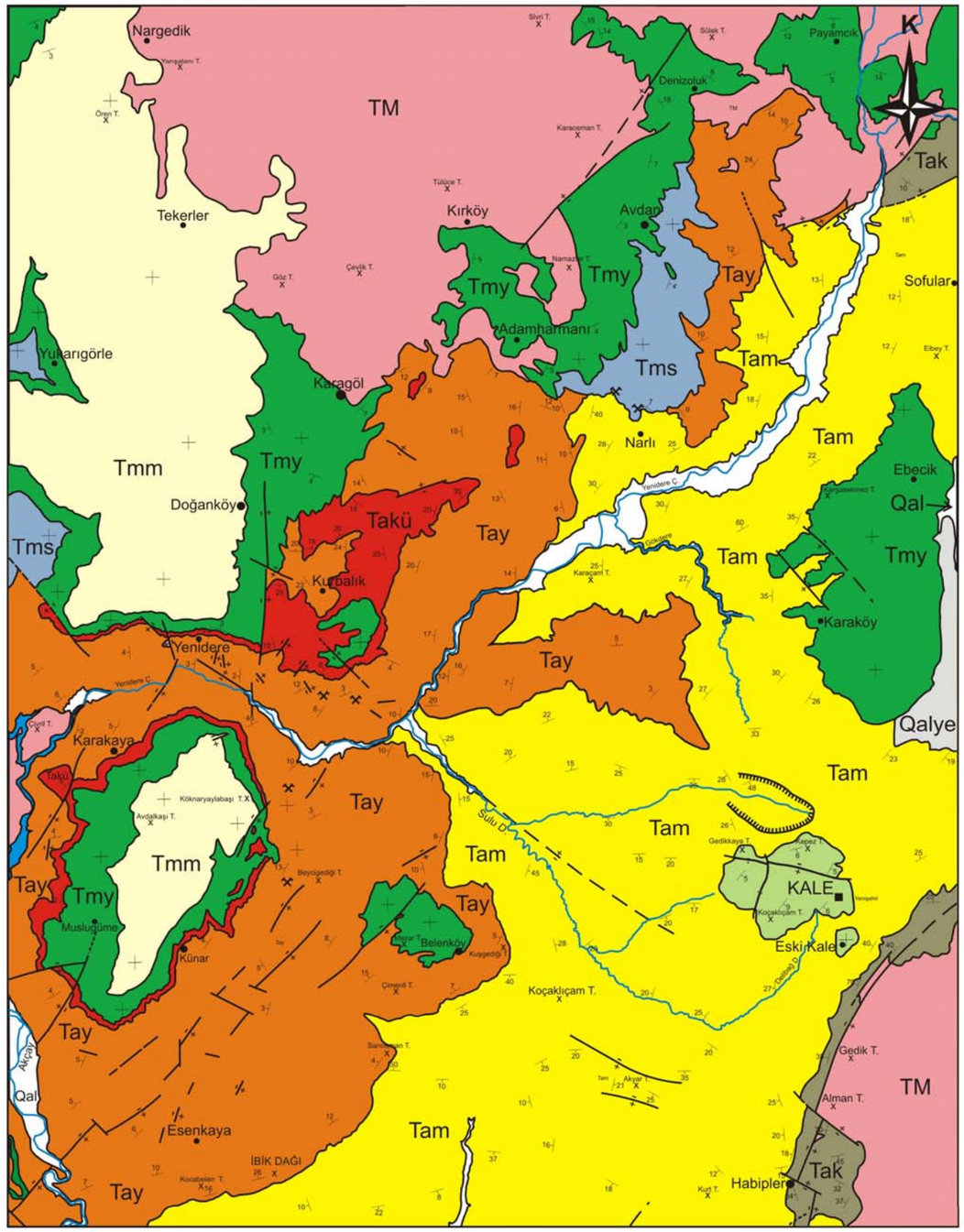
Ek Çizelge 3. (devam ediyor)

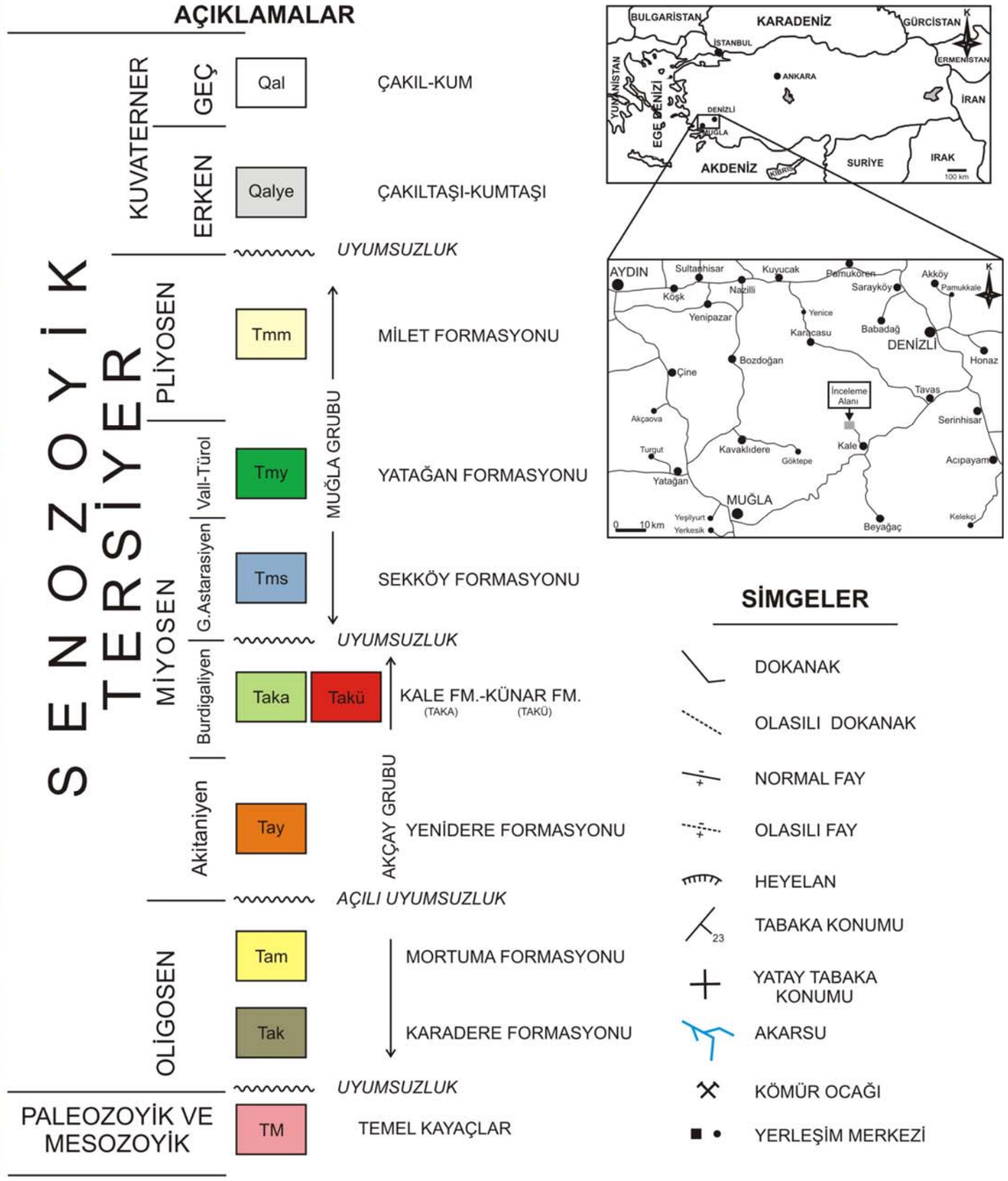
ÖrnekNo/	Şerif								
Element	04-52	04-73	04-74	04-75	04-76	04-77	04-78	04-79	04-80
(%) Al[a]	1,11	0,80	0,95	0,74	1,01	0,81	0,98	0,47	1,11
(%) Ca[a]	2,16	2,41	1,85	1,86	2,26	2,15	1,91	1,95	2,14
(%) Fe[a]	3,05	1,96	2,86	1,72	1,97	2,24	2,92	1,39	1,99
(%) K[a]	0,18	0,12	0,18	0,11	0,17	0,12	0,19	0,07	0,17
(%) Mg[a]	0,87	0,96	0,90	0,95	1,08	1,05	0,88	1,00	1,10
(%) Na[a]	0,08	0,10	0,11	0,11	0,14	0,14	0,09	0,11	0,11
(%) S[a]	4,86	3,91	4,93	3,54	3,78	3,96	4,95	3,33	3,66
(%) P[a]	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
As	74,42	34,51	67,91	39,37	41,72	70,45	62,83	21,00	52,81
B	156,52	121,22	123,24	118,36	111,14	124,88	119,61	134,69	111,95
Ba	102,51	110,96	106,67	109,27	117,28	109,61	55,56	96,88	102,39
Be	0,57	0,36	0,41	0,30	0,53	0,57	0,59	0,00	0,36
Bi	0,08	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Cd	0,19	bdl	bdl	0,21	0,22	0,00	0,00	0,25	0,24
Co	3,79	2,11	3,56	2,02	2,93	2,72	4,86	2,07	2,50
Cr	86,84	61,53	42,14	131,07	89,58	89,69	78,54	183,14	109,75
Cs	0,76	0,72	0,83	0,71	0,92	0,71	0,94	0,48	0,91
Cu	15,73	8,90	14,34	8,81	11,71	10,29	15,05	8,89	9,67
Ga	3,20	2,29	2,92	2,26	2,72	2,22	2,95	1,37	2,98
Ge	0,53	0,33	0,57	0,87	0,42	2,15	0,84	0,50	0,62
Hf	0,28	bdl	bdl	0,23	0,22	0,23	bdl	bdl	0,29
Li	12,61	7,18	9,77	7,31	9,17	7,00	9,94	3,73	10,34
Mn	59,42	65,35	87,46	56,92	69,52	55,06	72,33	42,09	56,83
Mo	10,49	7,20	12,64	8,96	8,66	10,71	12,67	10,69	7,79
Nb	3,03	2,48	2,23	2,59	2,81	3,51	2,89	3,05	4,03
Ni	39,96	22,70	32,58	24,30	33,35	67,73	52,26	36,62	21,06
Pb	5,99	4,19	6,03	4,90	5,73	4,11	5,95	4,75	5,73
Rb	10,51	6,87	9,53	6,06	9,07	6,28	10,21	3,70	8,77
Sb	4,74	1,29	3,66	1,74	2,84	6,55	7,42	2,12	1,95
Sc	2,97	4,99	6,19	4,78	5,14	5,14	5,90	4,50	5,51
Se	0,27	2,09	2,61	2,61	2,26	1,96	2,14	3,03	3,31
Sn	0,56	1,06	1,17	0,99	1,04	0,94	1,18	0,93	1,16
Sr	251,17	336,35	282,94	352,10	350,24	347,50	267,06	332,75	378,20
Ta	0,24	0,78	0,74	1,48	1,50	0,72	1,41	2,38	6,83
Th	2,02	2,04	2,88	1,85	2,53	1,99	2,94	1,28	2,33
Tl	0,18	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0,22	bdl	bdl
Ti	526,76	432,27	386,47	474,19	544,57	459,85	475,39	207,95	607,27
U	16,25	10,31	13,70	16,42	13,03	16,64	18,19	20,20	10,20
V	33,89	18,95	29,15	23,51	24,86	26,92	37,44	24,06	25,06
W	1,30	1,50	2,88	1,24	2,15	3,83	3,44	1,61	1,82
Y	9,45	6,48	9,52	5,31	6,62	6,74	11,84	4,65	7,13
Zn	54,05	141,93	52,62	42,62	81,11	71,26	64,98	89,35	72,13
Zr	13,14	10,12	6,79	11,70	11,63	13,93	7,59	4,13	15,02
La	5,59	4,65	5,53	4,50	5,45	4,35	5,30	2,69	5,52
Ce	11,28	11,60	14,01	10,34	12,97	10,55	13,56	6,77	13,46
Pr	1,36	1,12	1,35	1,08	1,33	1,07	1,34	0,71	1,38
Nd	5,70	4,94	5,98	4,68	5,74	4,70	5,82	3,18	5,97
Sm	0,95	0,76	0,98	0,69	0,87	0,75	1,00	0,51	0,93
Eu	0,22	bdl	0,22	bdl	0,20	bdl	0,22	bdl	0,21
Gd	1,31	0,98	1,31	0,89	1,11	0,96	1,39	0,65	1,14
Tb	0,22	bdl	0,20	bdl	bdl	bdl	0,24	bdl	bdl
Dy	1,35	1,03	1,42	0,83	1,10	1,09	1,73	0,70	1,11
Ho	0,29	bdl	0,29	bdl	0,20	0,22	0,38	bdl	0,21
Er	0,77	0,52	0,81	0,43	0,57	0,60	1,09	0,38	0,57
Tm	0,15	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0,20	bdl	bdl
Yb	0,86	0,58	0,92	0,46	0,65	0,72	1,32	0,41	0,62
Lu	0,15	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0,20	bdl	bdl

Ek Çizelge 3. (devam ediyor)

ÖrnekNo/	Ziyaçavuş								
Element	04-53	04-65	04-66	04-67	04-68	04-69	04-70	04-71	04-72
(%) Al[a]	2,02	1,26	1,56	2,22	0,91	0,71	0,68	1,08	0,73
(%) Ca[a]	1,48	1,53	1,57	1,65	1,72	1,53	1,38	1,57	1,64
(%) Fe[a]	2,70	2,46	2,12	2,84	1,80	2,31	1,68	2,39	2,38
(%) K[a]	0,43	0,29	0,26	0,42	0,14	0,13	0,13	0,20	0,12
(%) Mg[a]	0,93	0,90	0,89	1,00	0,94	0,83	0,77	0,86	0,88
(%) Na[a]	0,13	0,10	0,11	0,16	0,09	0,08	0,07	0,08	0,08
(%) S[a]	3,79	4,05	3,70	4,02	3,43	4,03	3,08	4,12	4,05
(%) P[a]	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02
As	50,98	44,67	38,76	52,71	36,50	43,12	27,44	46,98	64,60
B	194,38	125,27	136,09	120,14	119,14	138,90	139,96	124,85	147,23
Ba	74,18	89,30	128,21	164,46	114,45	102,36	168,46	85,15	109,92
Be	0,95	0,55	0,73	0,83	0,54	0,47	0,51	0,63	0,50
Bi	0,18	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Cd	0,29	0,39	0,21	0,55	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
Co	6,81	4,49	4,40	6,18	3,17	2,96	2,80	4,51	3,36
Cr	176,99	88,19	94,45	242,94	104,49	54,99	66,30	120,24	134,26
Cs	1,49	1,28	1,59	2,21	0,78	0,63	0,63	0,96	0,76
Cu	21,28	15,67	17,45	26,68	14,82	13,51	8,29	17,34	11,09
Ga	6,11	3,85	4,67	6,53	2,86	2,39	2,34	3,33	2,68
Ge	1,01	0,80	0,73	0,90	0,67	0,70	0,47	1,85	0,97
Hf	0,33	bdl	0,22	0,26	bdl	bdl	bdl	bdl	0,23
Li	29,17	11,45	21,23	30,37	8,93	5,58	4,95	10,64	6,23
Mn	67,09	59,23	51,38	83,69	52,51	47,46	41,82	42,92	52,29
Mo	7,43	10,67	11,90	11,54	10,83	12,22	8,70	14,93	10,72
Nb	4,12	2,67	3,48	4,87	2,12	2,11	2,15	2,77	3,05
Ni	34,02	30,26	33,71	53,65	43,73	69,99	13,21	26,43	22,81
Pb	10,87	7,55	8,72	24,08	6,13	5,38	4,31	6,29	11,35
Rb	24,55	16,27	14,17	21,07	7,30	7,24	8,41	11,09	7,22
Sb	3,55	3,25	3,12	3,87	4,56	4,07	2,02	5,33	3,69
Sc	5,37	5,93	6,54	7,52	6,06	5,12	5,51	6,11	5,74
Se	1,72	3,91	4,35	5,21	3,46	2,23	1,71	4,76	3,70
Sn	1,00	1,25	1,34	1,67	1,15	0,95	1,00	1,12	1,09
Sr	248,82	291,48	328,96	341,36	342,77	300,79	305,39	322,79	339,98
Ta	0,39	1,00	1,46	1,62	0,55	0,97	0,92	1,43	2,74
Th	3,50	3,35	3,62	5,01	2,66	2,26	1,82	3,26	2,22
Tl	0,35	bdl	bdl	0,32	bdl	bdl	bdl	0,20	bdl
Ti	824,82	517,74	675,50	1039,49	338,57	302,75	335,85	431,93	368,80
U	18,25	14,05	14,49	20,80	20,57	13,95	11,33	21,97	17,65
V	63,58	34,41	37,19	49,80	31,06	30,91	18,60	36,51	40,73
W	1,88	2,92	3,59	1,85	2,61	4,26	4,16	3,73	3,10
Y	19,23	12,08	13,24	13,01	12,36	10,89	11,96	16,10	11,75
Zn	87,97	61,97	54,81	86,66	69,80	46,87	61,35	59,80	55,74
Zr	14,26	6,25	10,95	13,02	5,95	5,45	6,43	9,31	11,42
La	10,17	6,25	7,20	10,61	5,34	4,19	3,83	6,43	4,71
Ce	21,37	15,96	18,18	24,65	14,15	10,49	9,82	16,93	12,08
Pr	2,58	1,57	1,83	2,63	1,41	1,08	0,97	1,70	1,19
Nd	10,86	6,88	7,99	11,20	6,29	4,72	4,39	7,53	5,49
Sm	1,89	1,13	1,28	1,78	1,07	0,83	0,76	1,32	0,93
Eu	0,43	0,24	0,29	0,41	0,26	bdl	bdl	0,30	0,22
Gd	2,56	1,52	1,77	2,23	1,52	1,20	1,13	1,94	1,35
Tb	0,44	0,26	0,28	0,35	0,27	0,21	0,20	0,33	0,24
Dy	2,75	1,76	1,92	2,18	1,93	1,49	1,51	2,37	1,69
Ho	0,58	0,36	0,40	0,43	0,39	0,32	0,33	0,49	0,36
Er	1,57	1,02	1,13	1,12	1,12	0,91	0,97	1,38	1,02
Tm	0,28	bdl	0,20	bdl	0,20	bdl	bdl	0,25	bdl
Yb	1,66	1,16	1,29	1,20	1,25	1,06	1,13	1,56	1,21
Lu	0,26	bdl	0,20	bdl	bdl	bdl	bdl	0,24	0,19

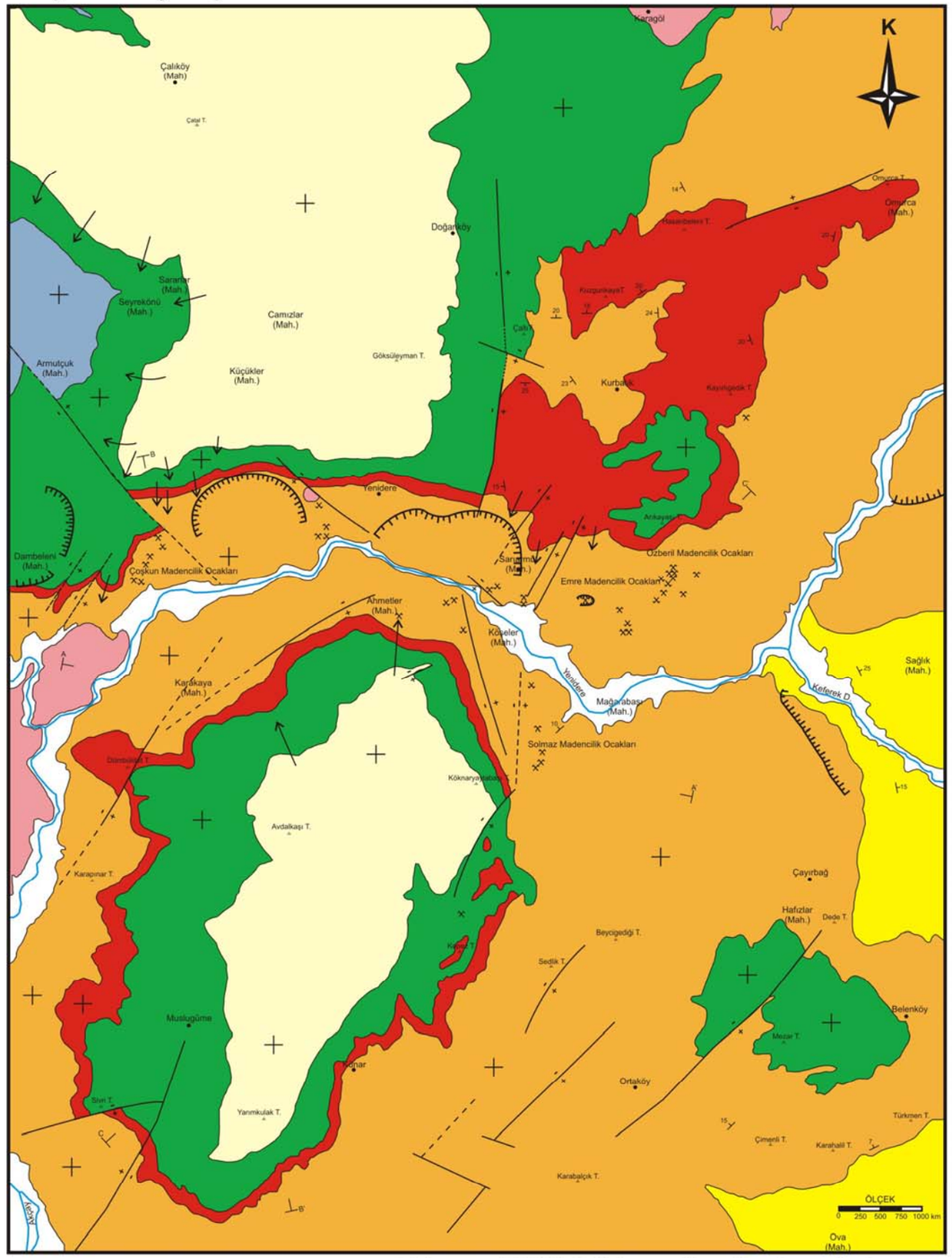
EK ŞEKİL 1. ÇALIŞMA ALANI VE ÇEVRESİNİN JEOLOJİ HARİTASI





Hakyemez H.Y. (1987)'den alınmıştır.

EK ŞEKİL 2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİ HARİTASI



Hakyemez H.Y. (1987)'den yeniden düzenlenerek alınmıştır.

AÇIKLAMALAR

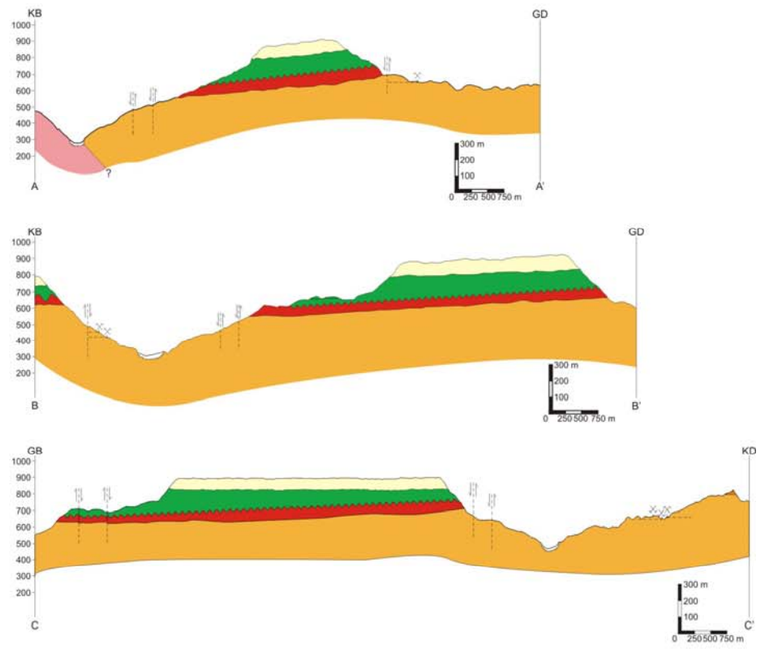
- Qal — ÇAKIL-KUM
- *UYUMSUZLUK*
- Tmm — MİLET FORMASYONU
- Tmy — YATAĞAN FORMASYONU
- Tms — SEKKÖY FORMASYONU
- *UYUMSUZLUK*
- Taka / Takü — KALE FM.-KÜNAR FM. (TAKA) (TAKÜ)
- Tay — YENİDERE FORMASYONU
- *AÇILI UYUMSUZLUK*
- Tam — MORTUMA FORMASYONU
- Tak — KARADERE FORMASYONU
- *UYUMSUZLUK*
- TM — TEMEL KAYAÇLAR

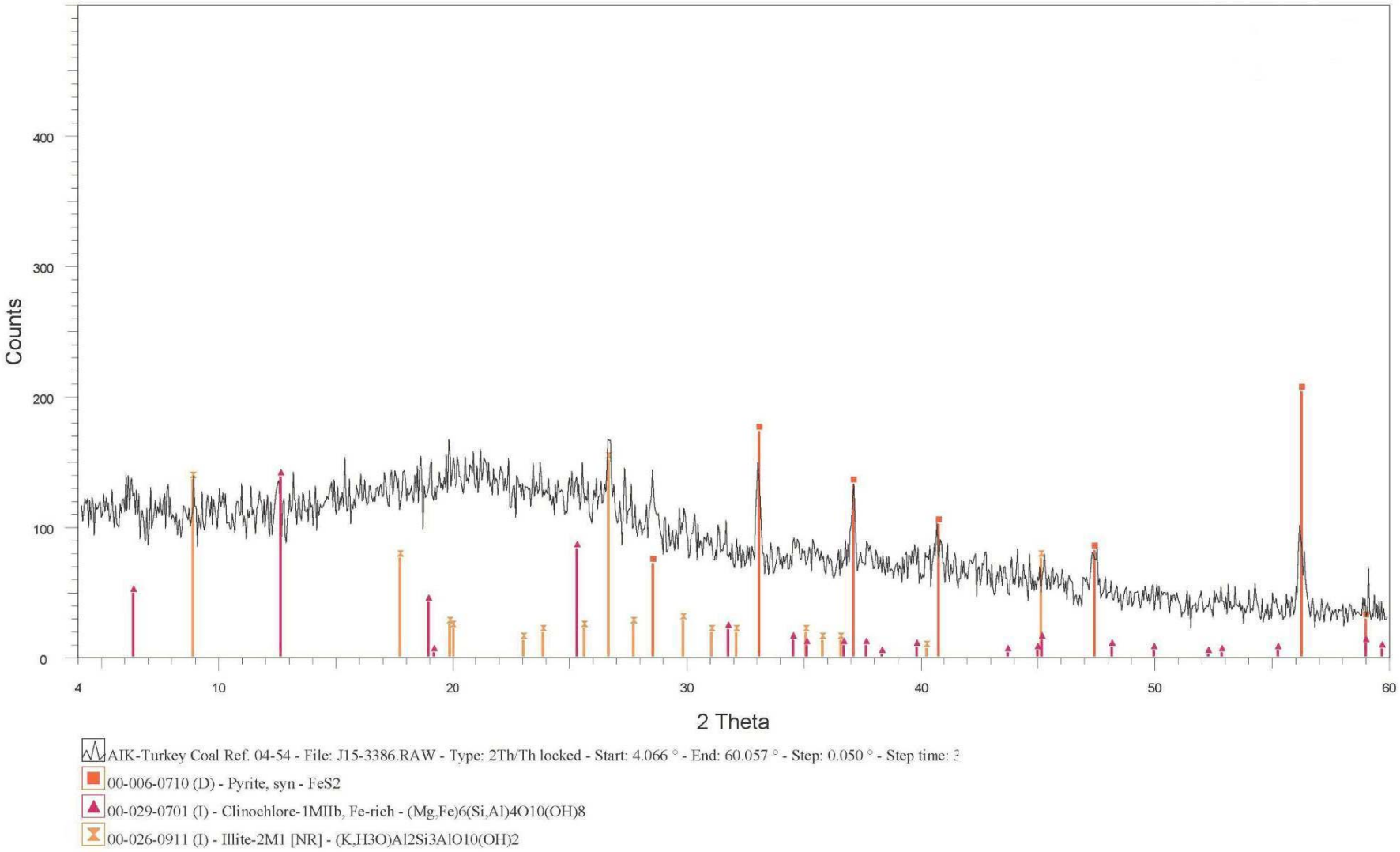
MUĞLA GRUBU

AKÇAY GRUBU

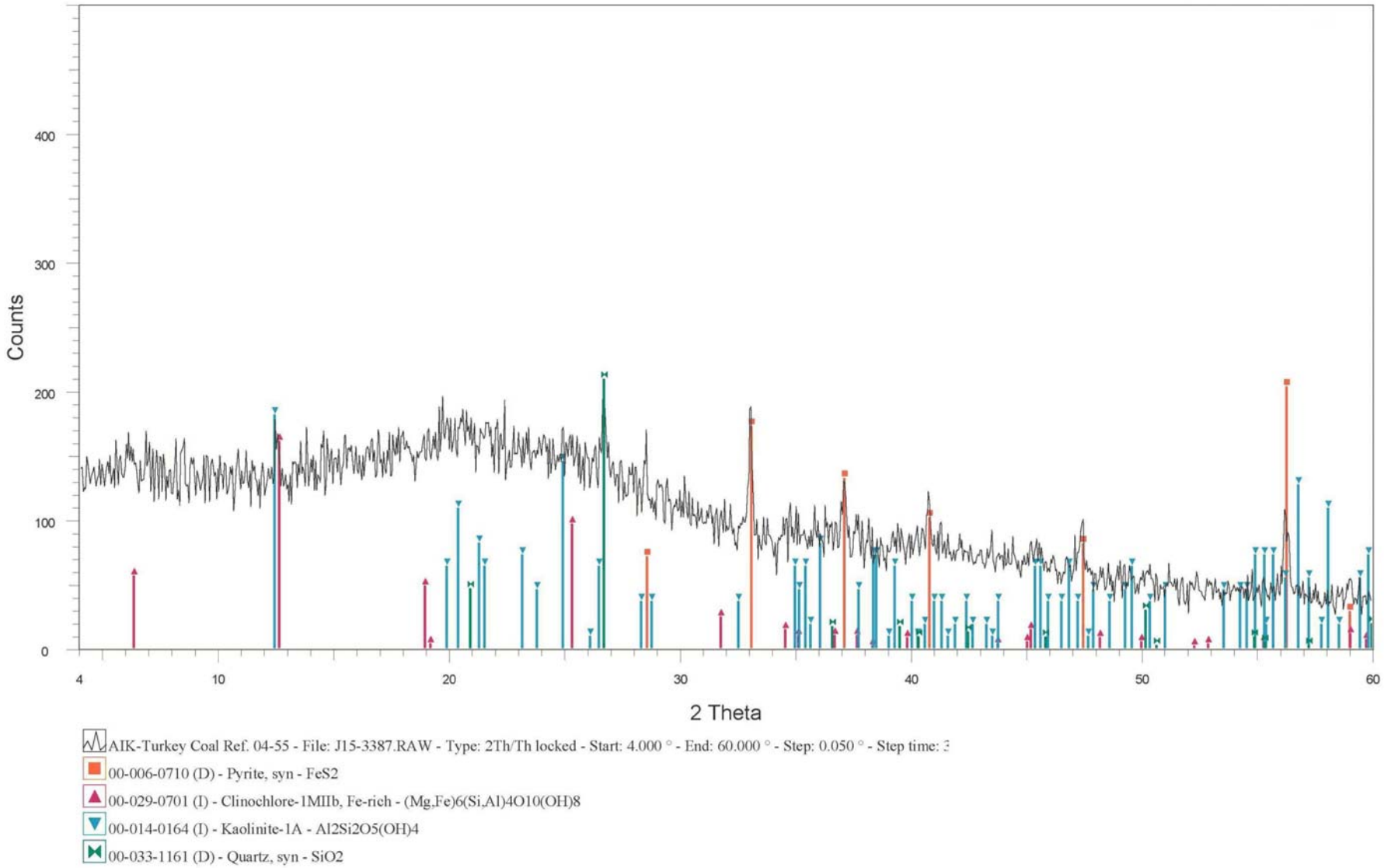
SİMGELER

- DOKANAK
- OLASILI DOKANAK
- NORMAL FAY
- OLASILI FAY
- HEYELAN
- TABAKA KONUMU
- YATAY TABAKA KONUMU
- AKARSU
- KÖMÜR OCAĞI
- İŞLEMEYEN KÖMÜR OCAĞI
- KAYA DÜŞMESİ
- NİRENGİ NOKTASI
- KESİT HATTI
- YERLEŞİM MERKEZİ

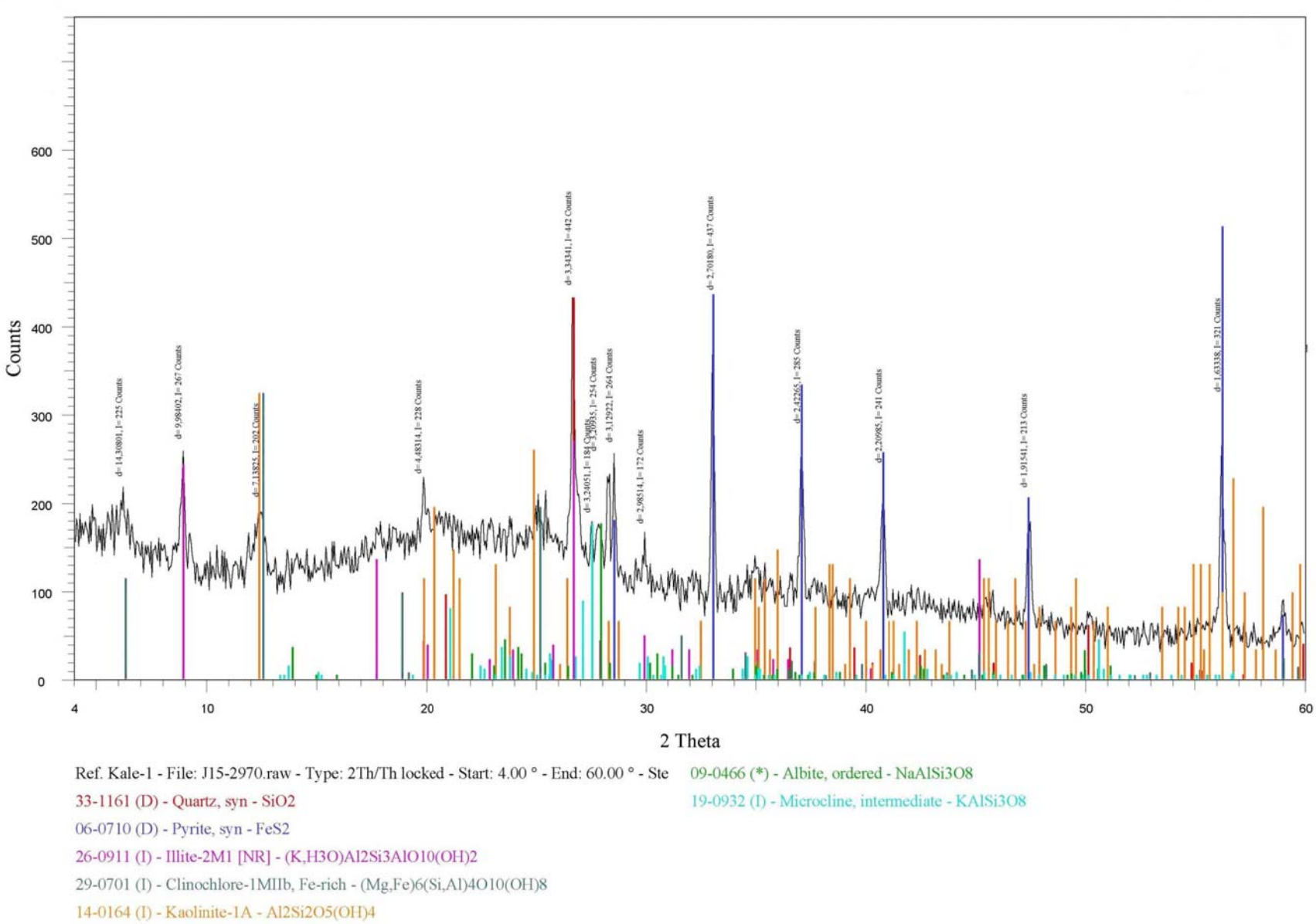




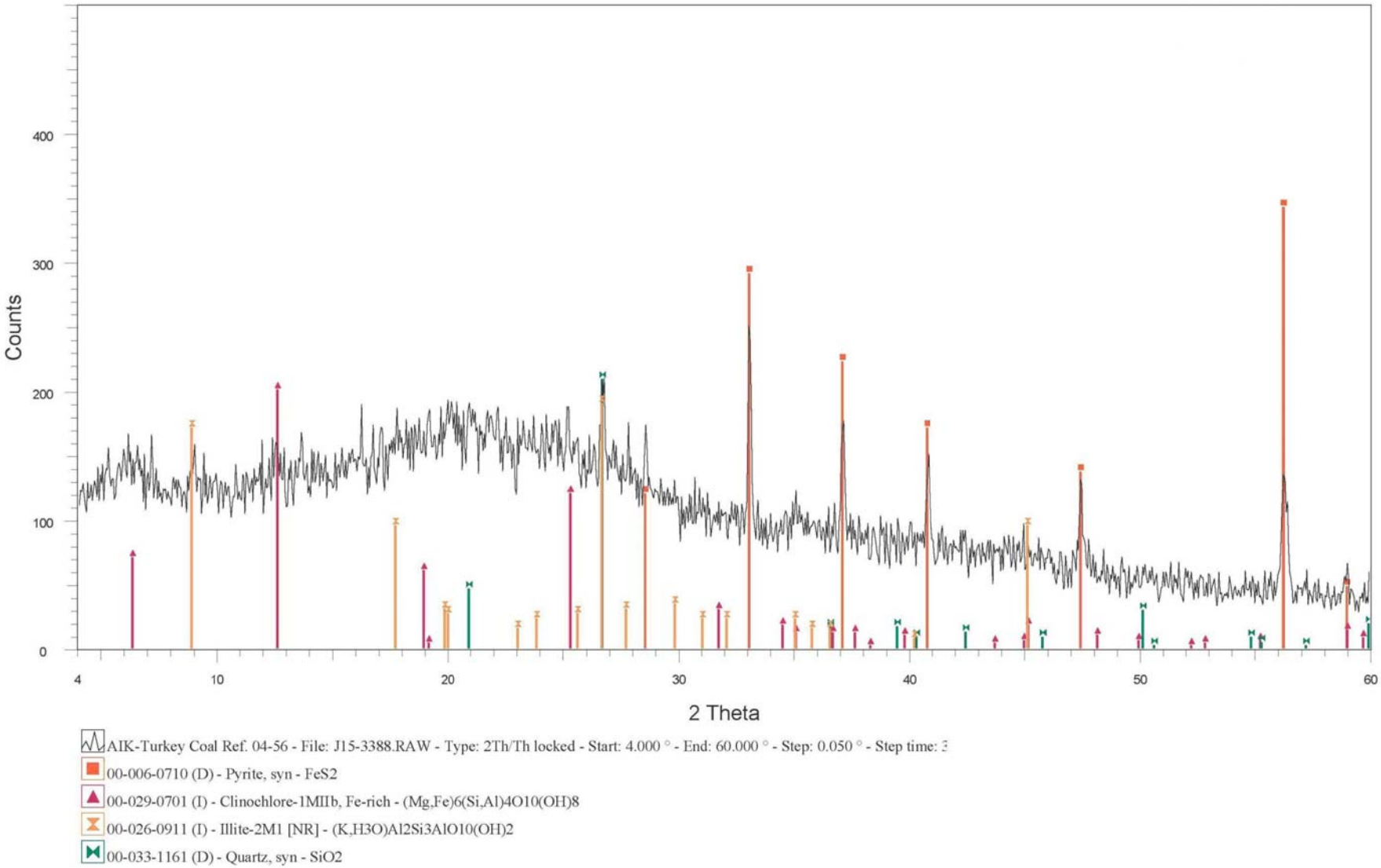
Ek Şekil 3. Polat damarına ait 04-54 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



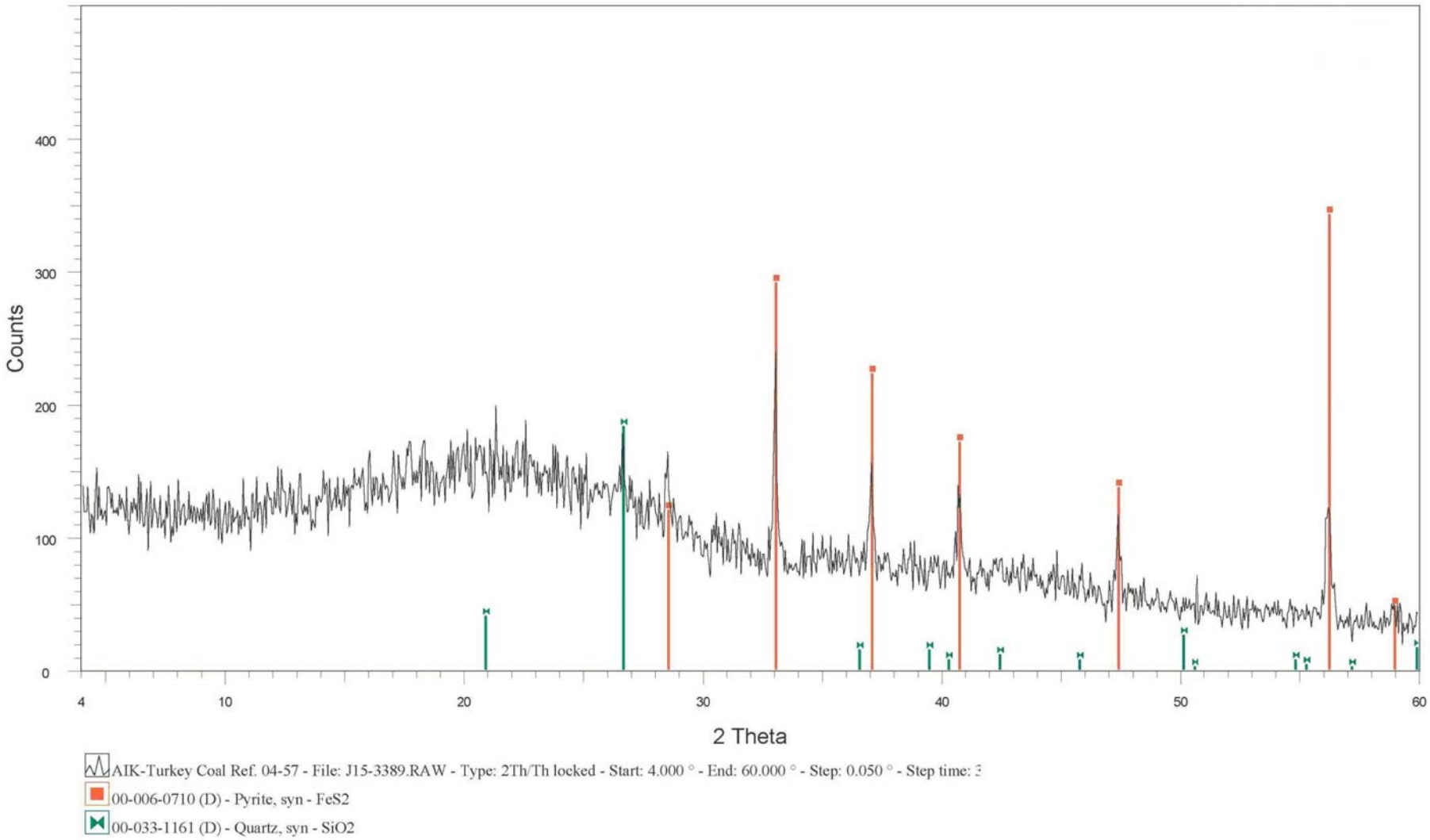
Ek Şekil 4. Polat damarına ait 04-55 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



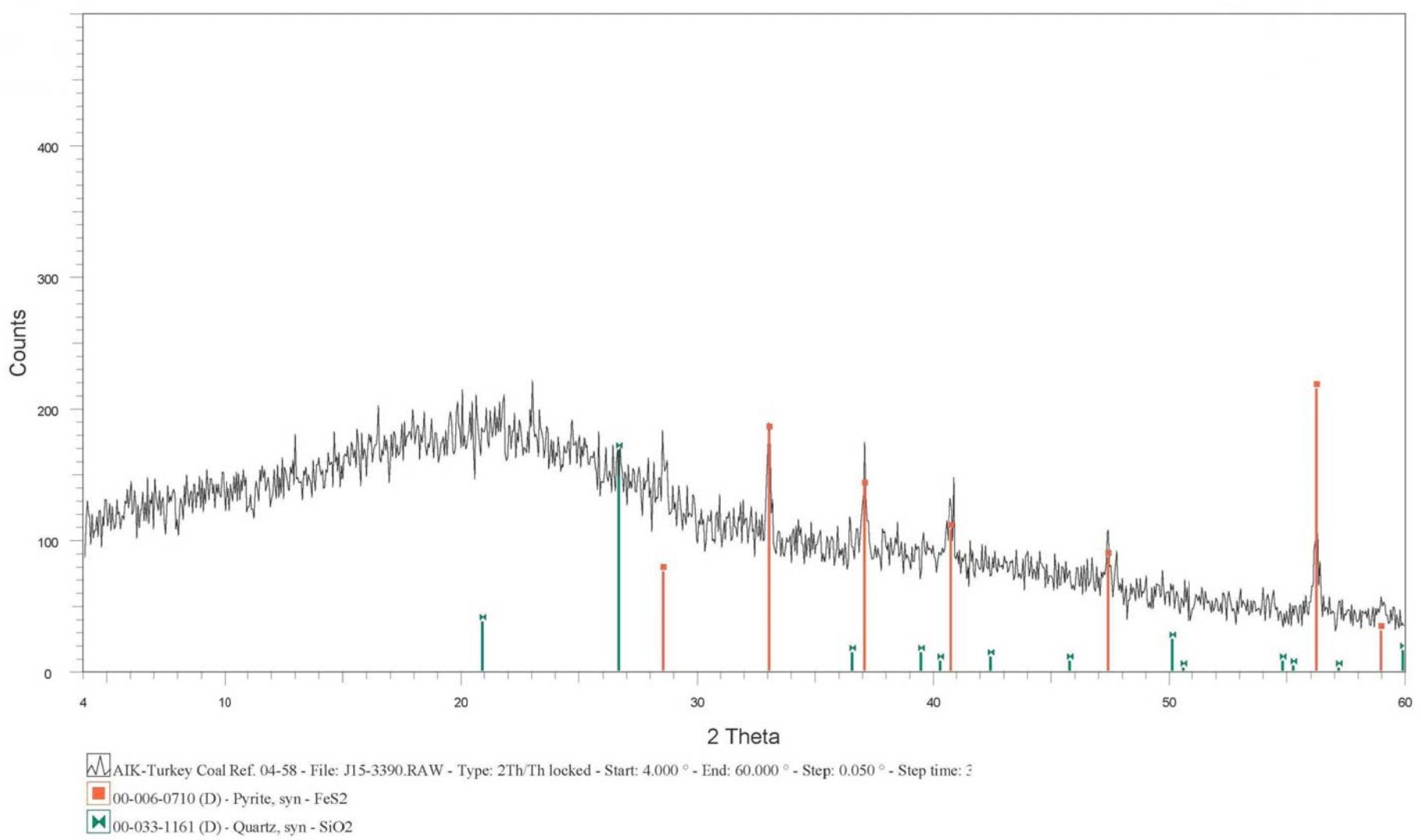
Ek Şekil 5. Şentürk damarına ait 04-51 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



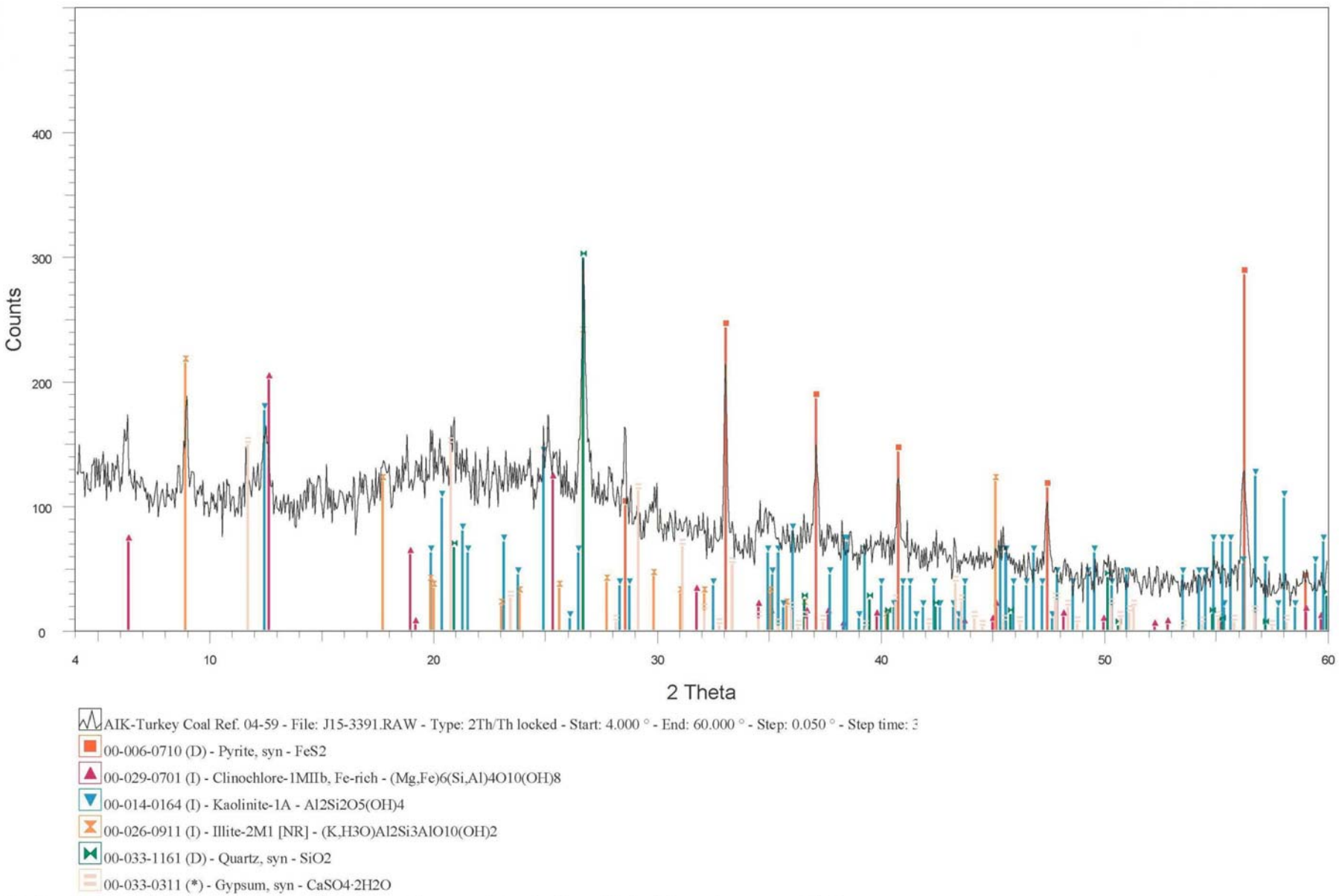
Ek Şekil 6. Şentürk damarına ait 04-56 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



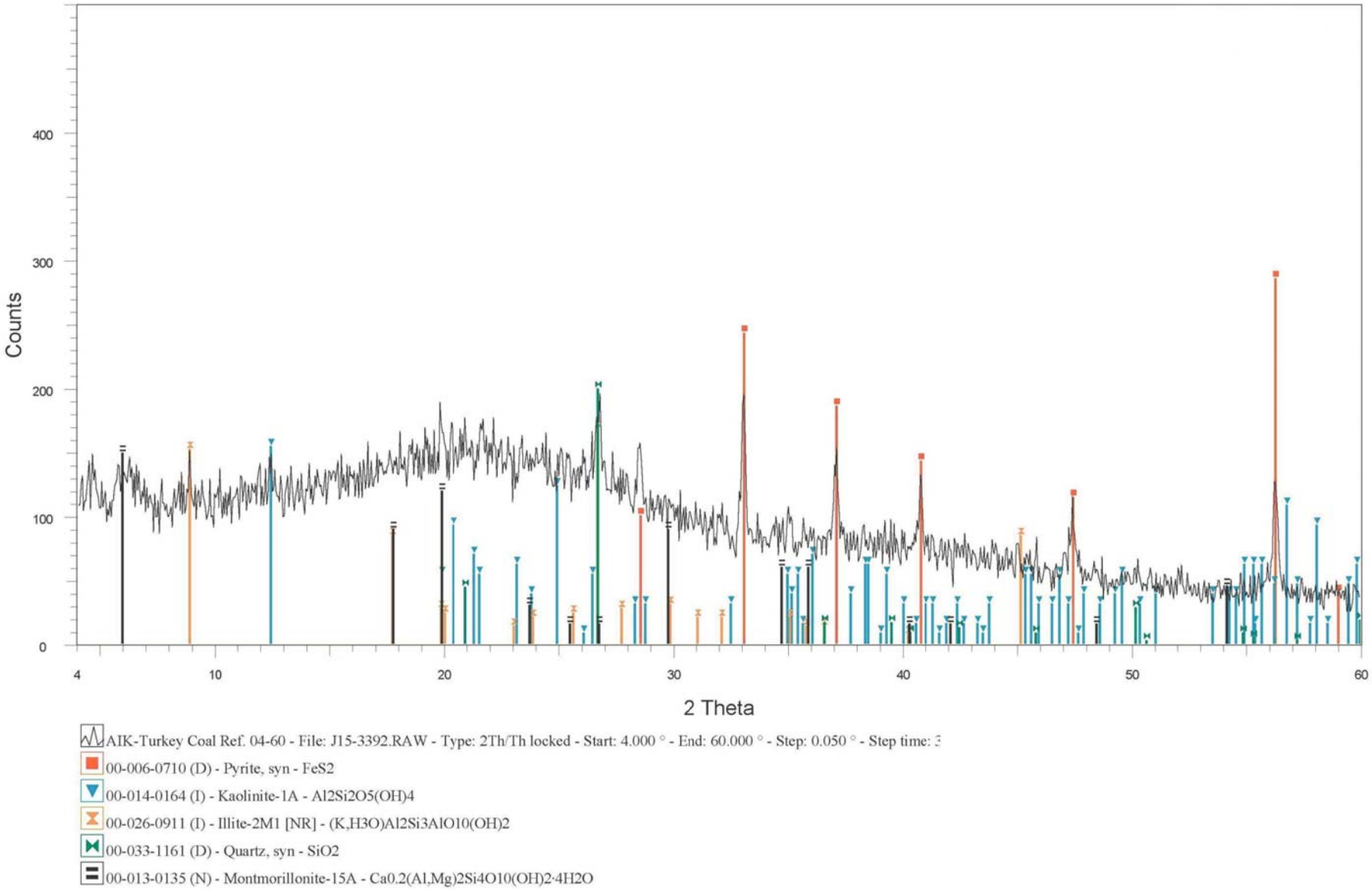
Ek Şekil 7. Şentürk damarına ait 04-57 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



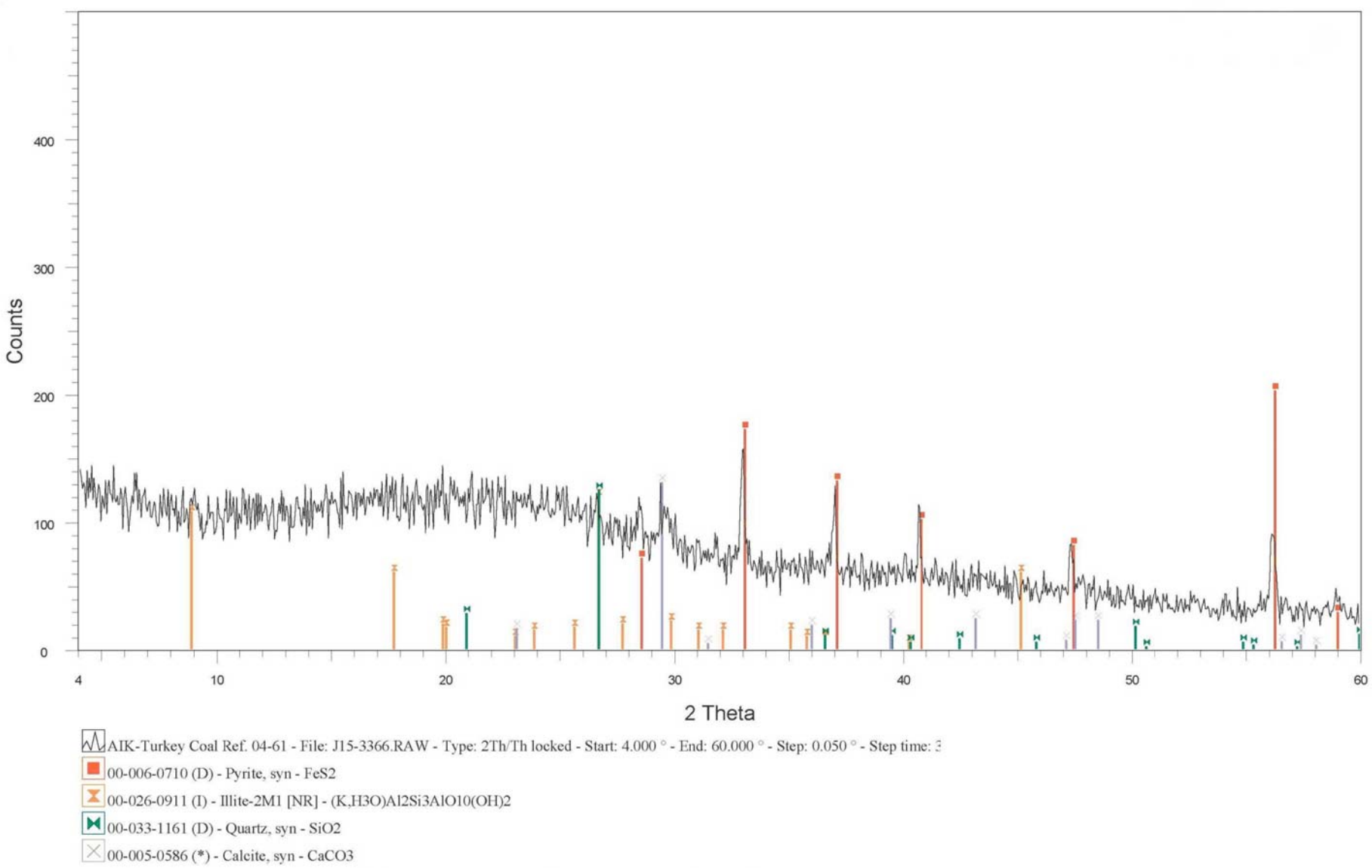
Ek Şekil 8. Şentürk damarına ait 04-58 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



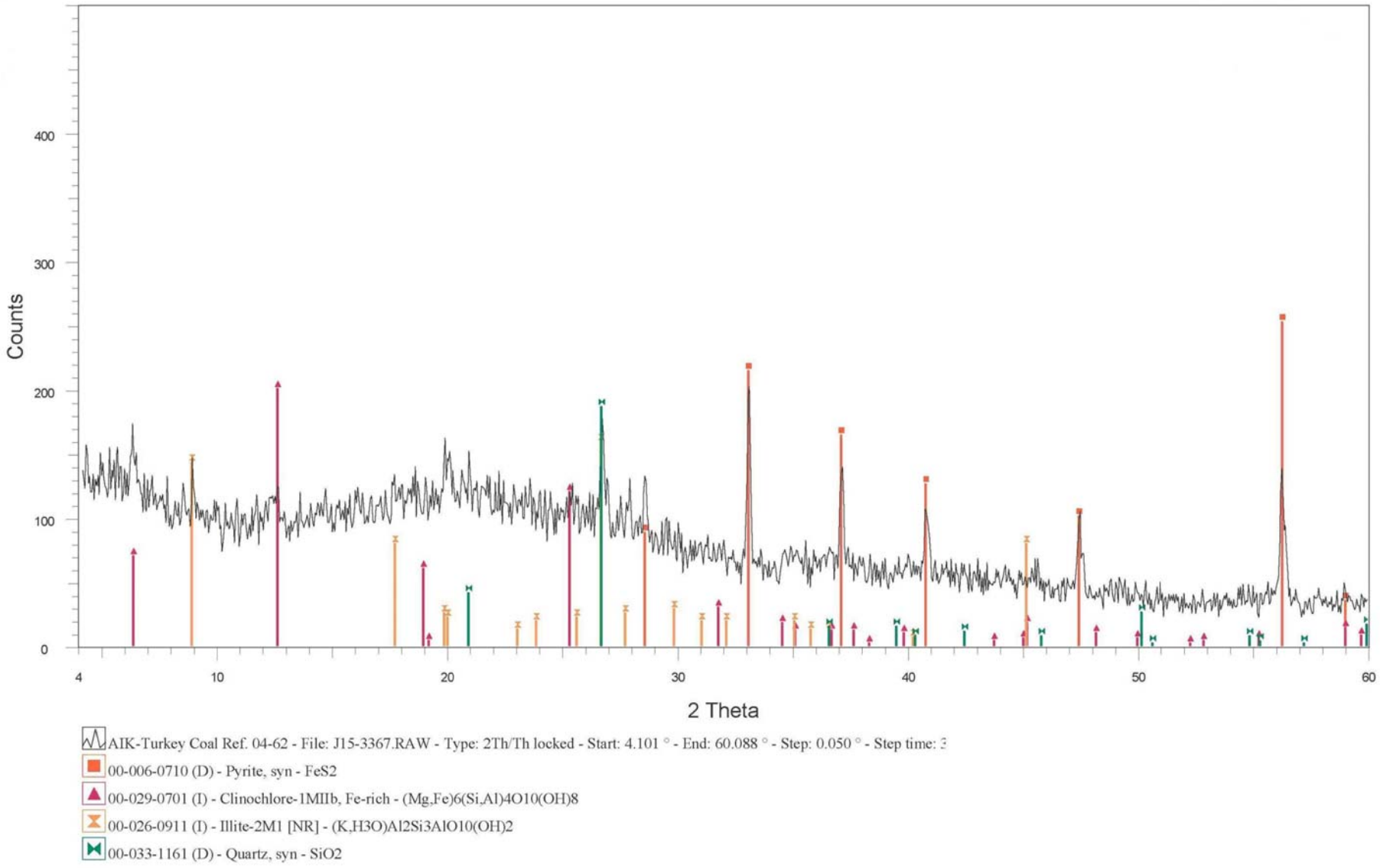
Ek Şekil 9. Şentürk damarına ait 04-59 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



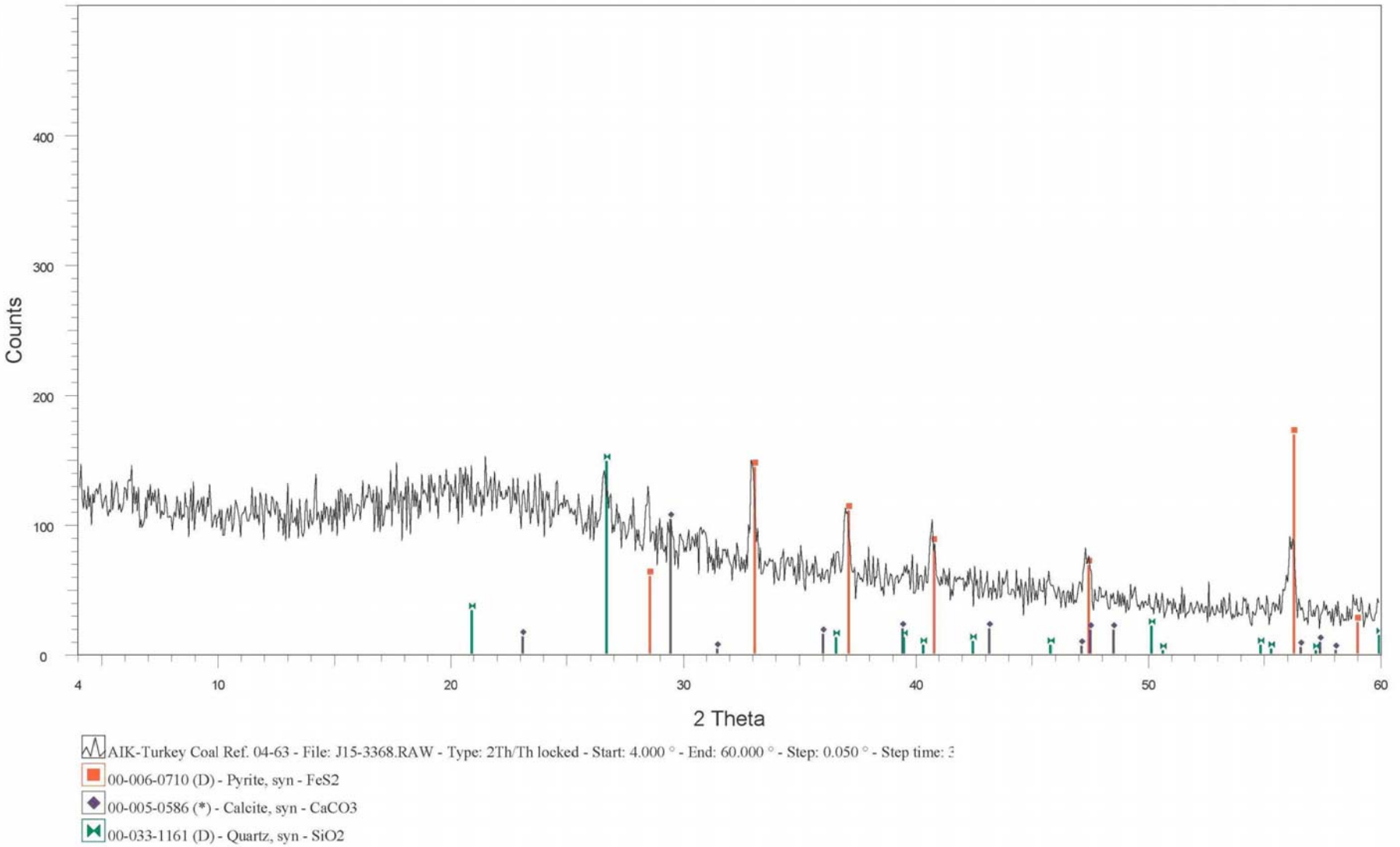
Ek Şekil 10. Şentürk damarına ait 04-60 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



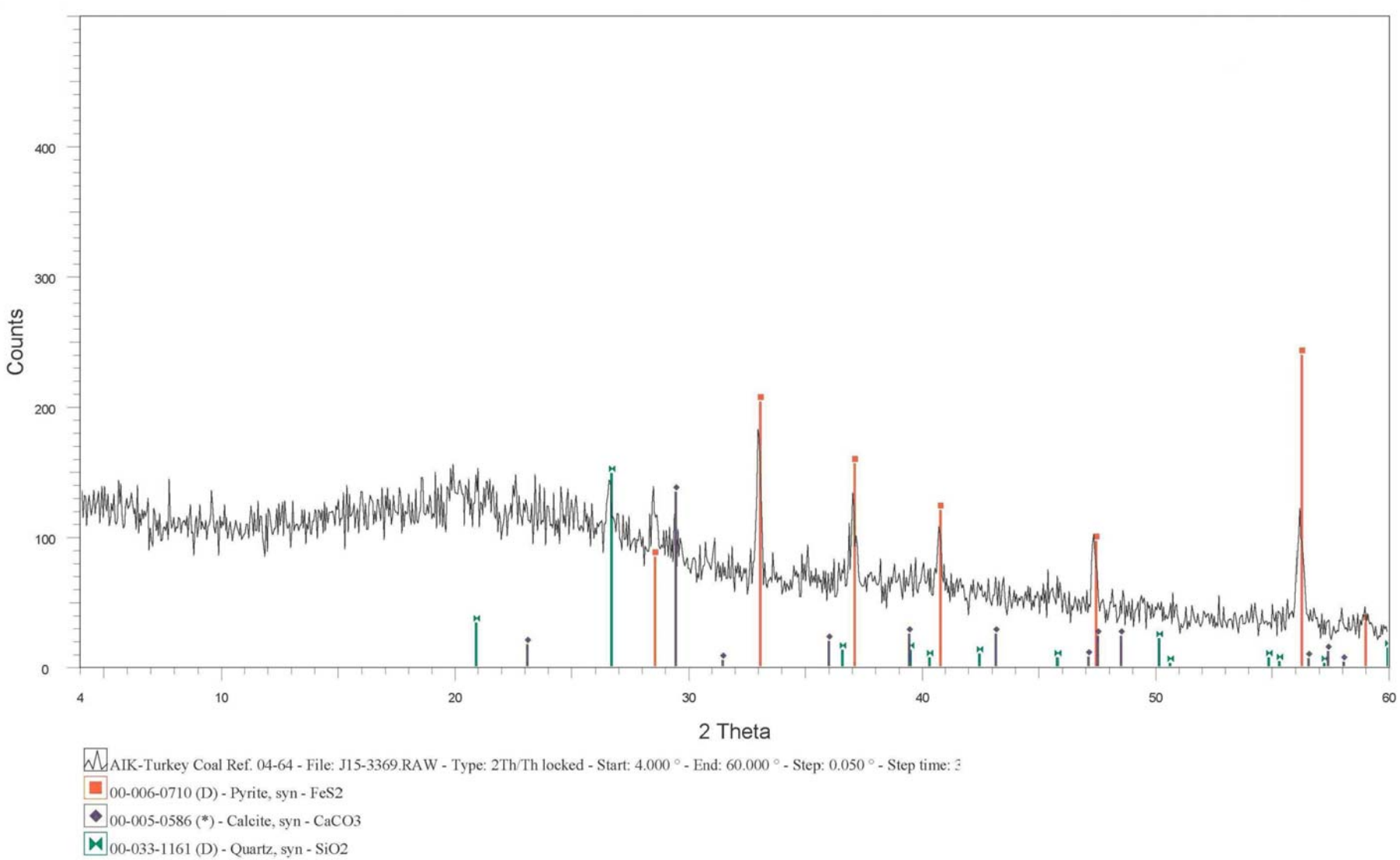
Ek Şekil 11. Şentürk damarına ait 04-61 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



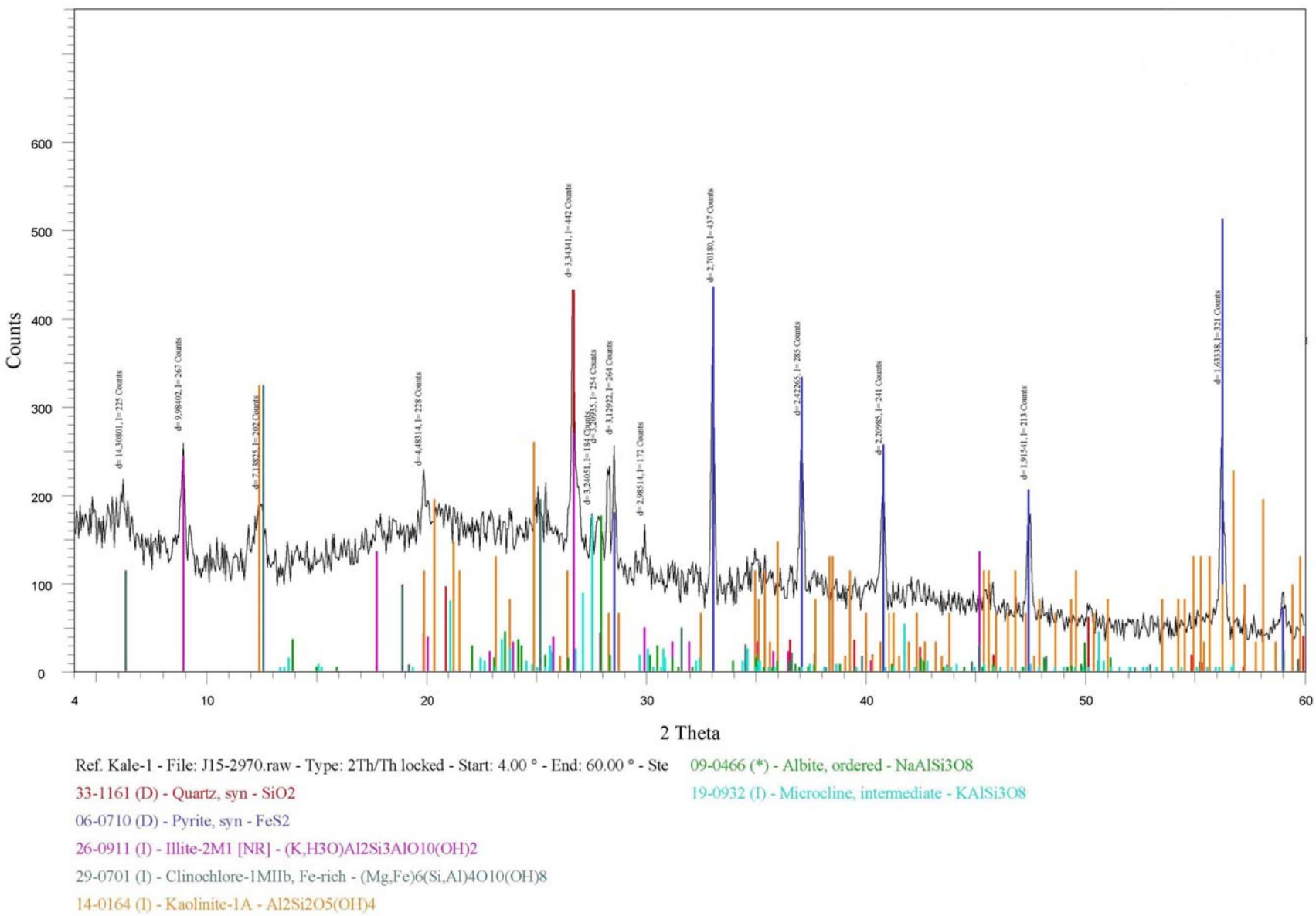
Ek Şekil 12. Şentürk damarına ait 04-62 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



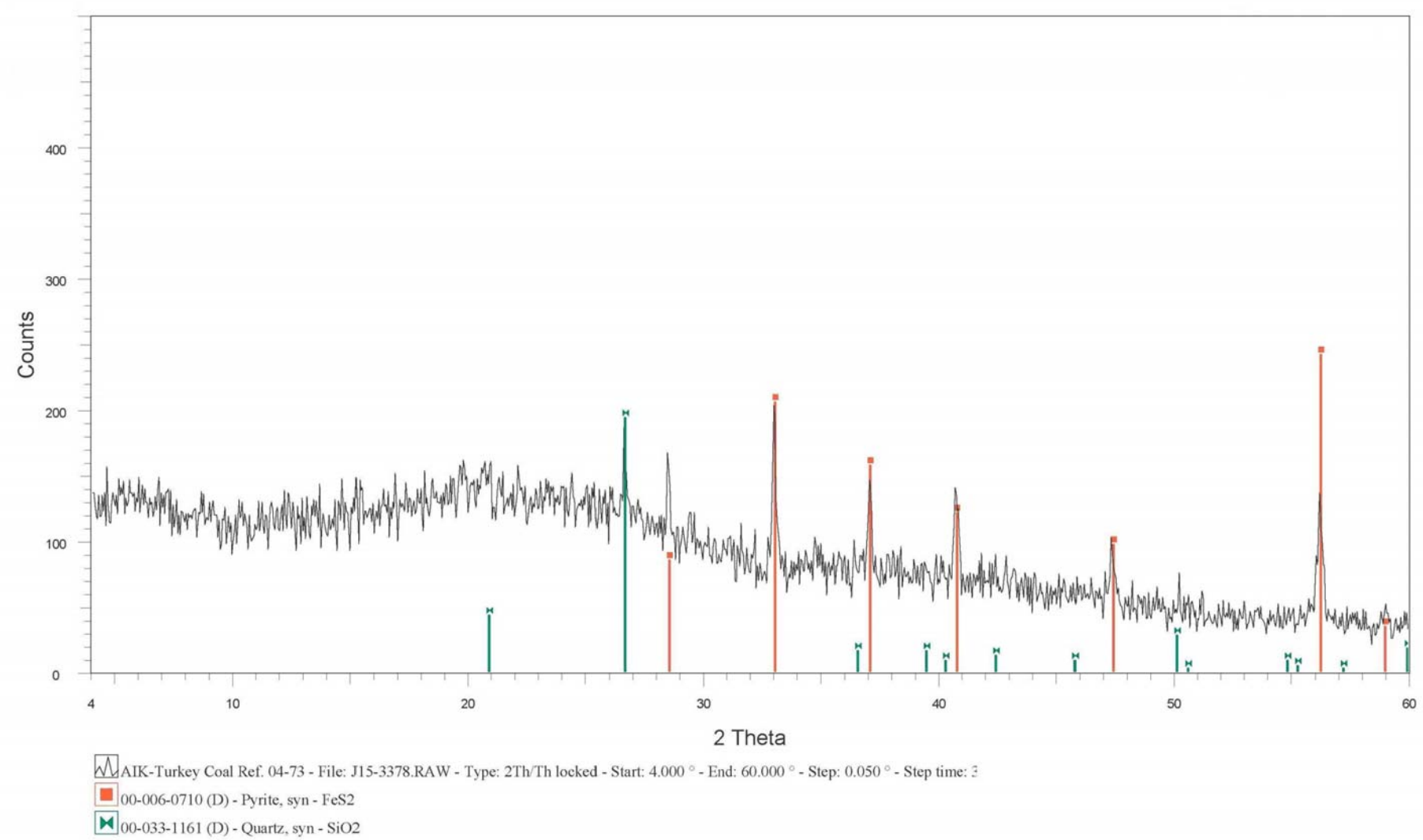
Ek Şekil 13. Şentürk damarına ait 04-63 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



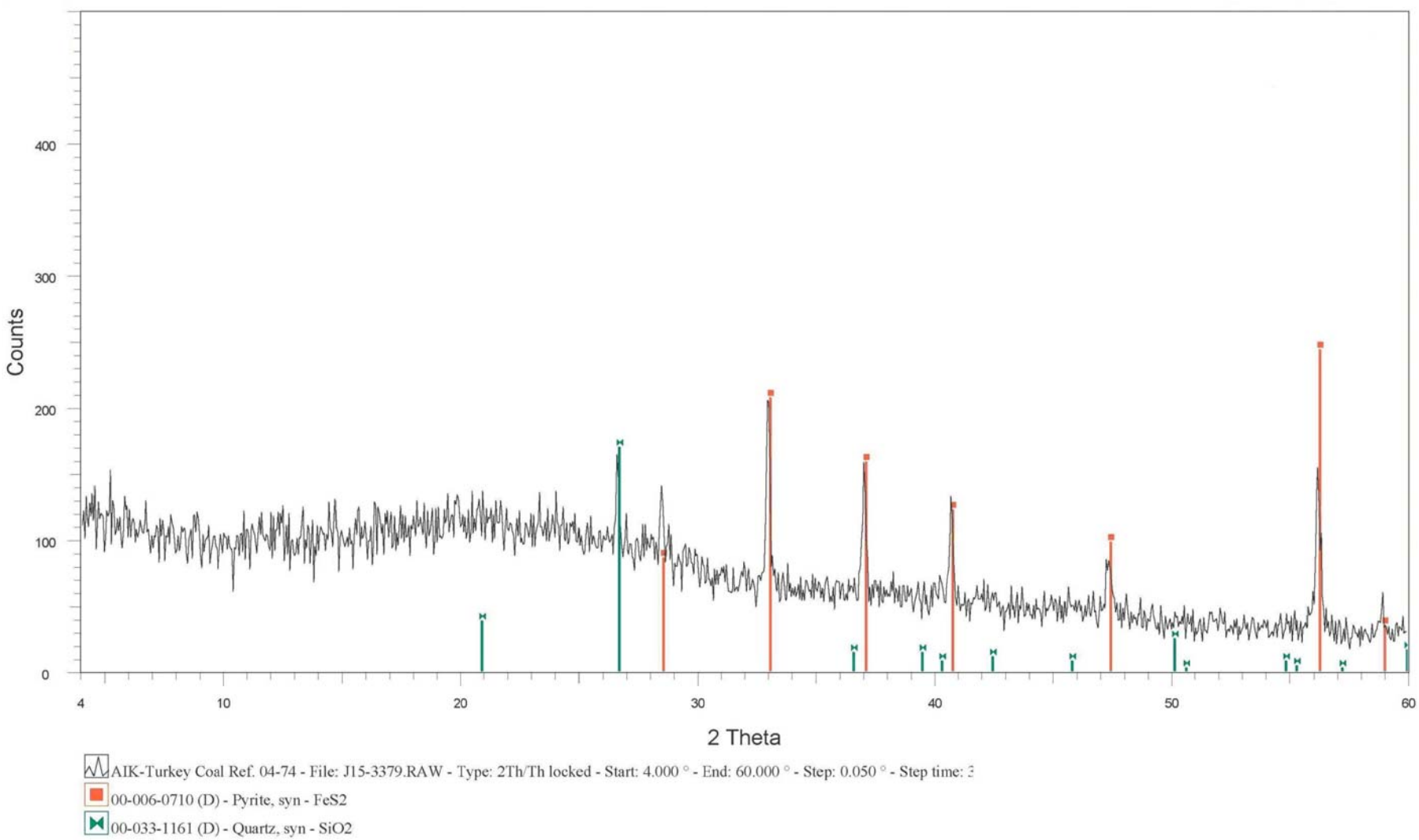
Ek Şekil 14. Şentürk damarına ait 04-64 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



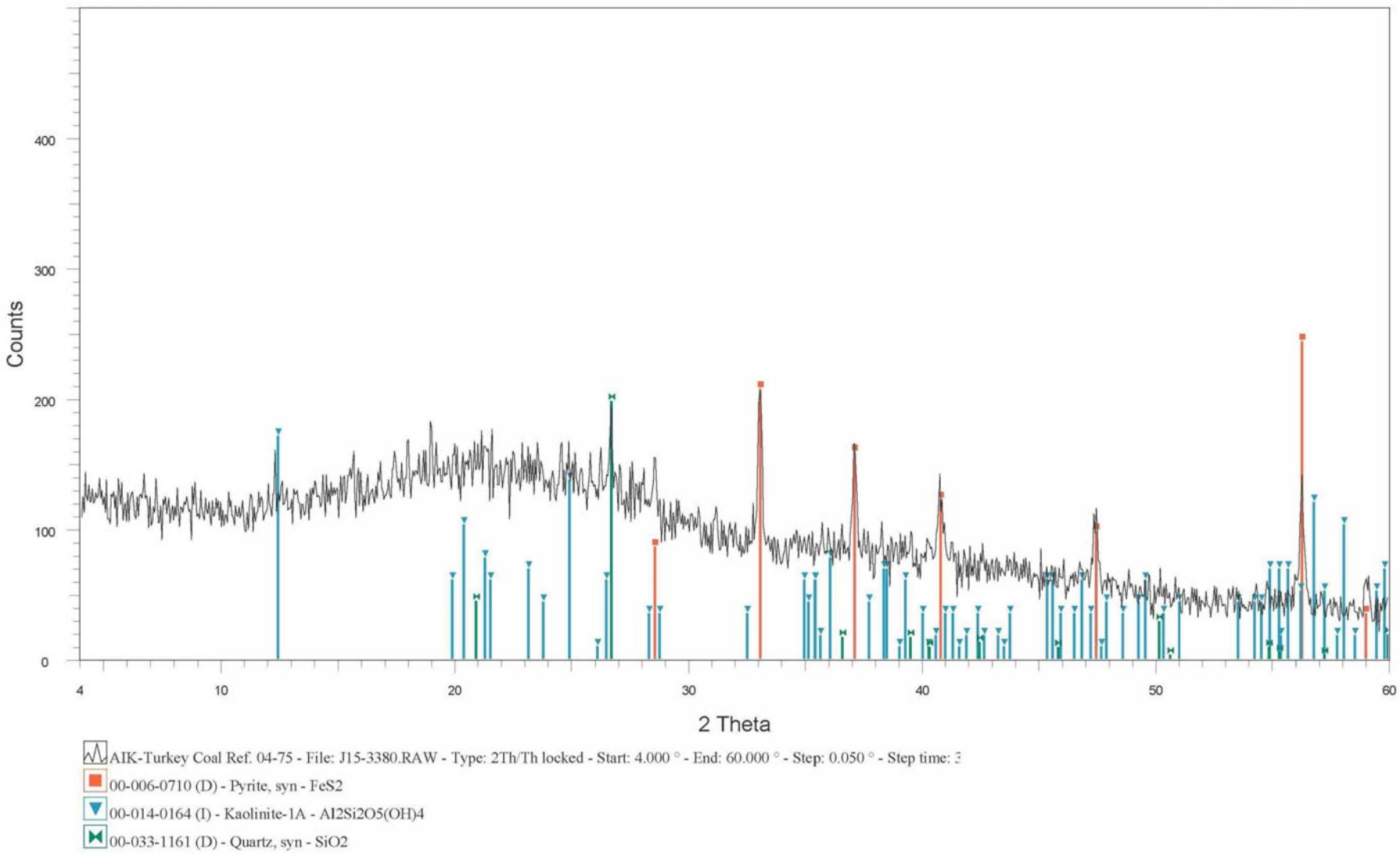
Ek Şekil 15. Şerif damarına ait 04-52 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



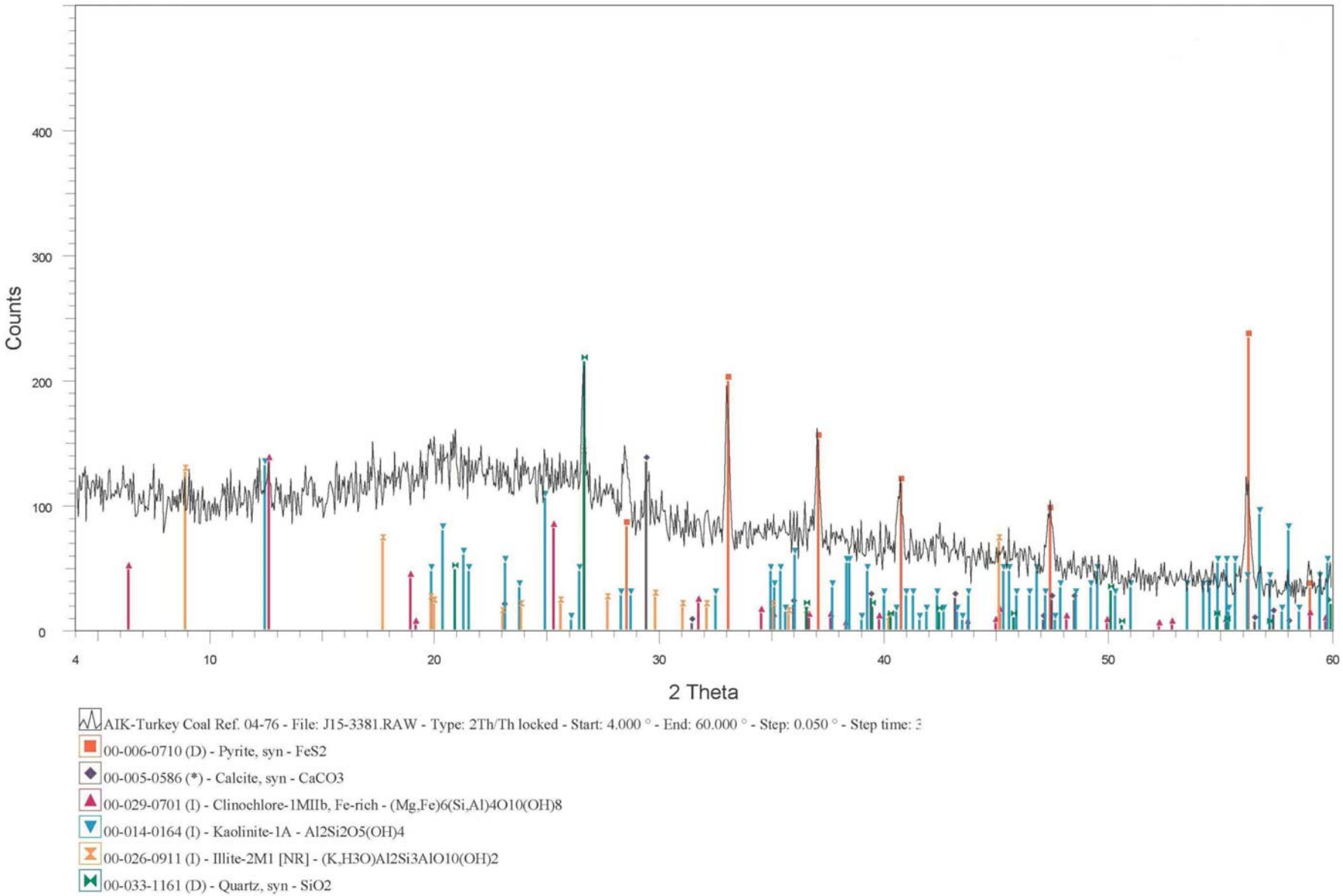
Ek Şekil 16. Şerif damarına ait 04-73 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



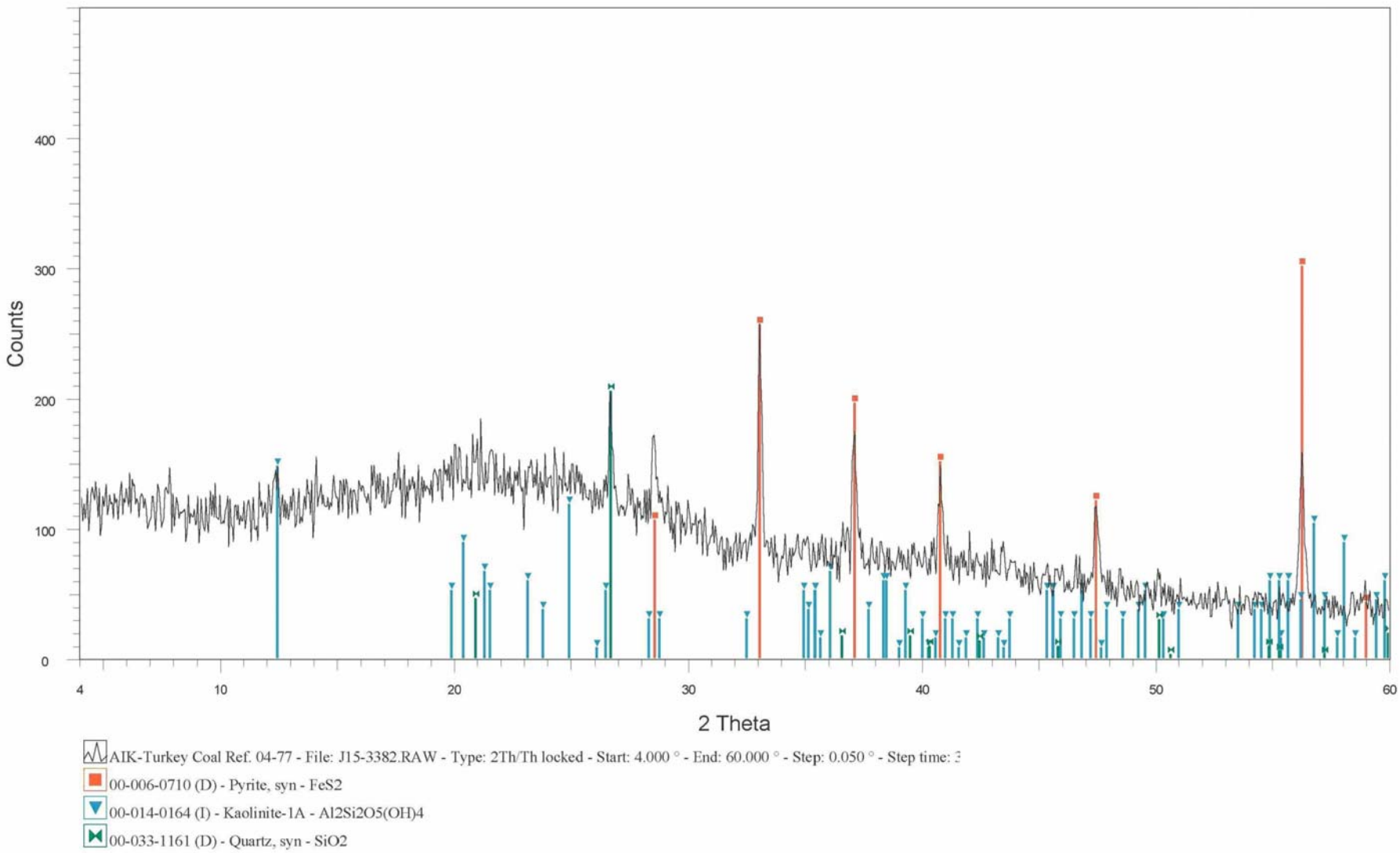
Ek Şekil 17. Şerif damarına ait 04-74 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



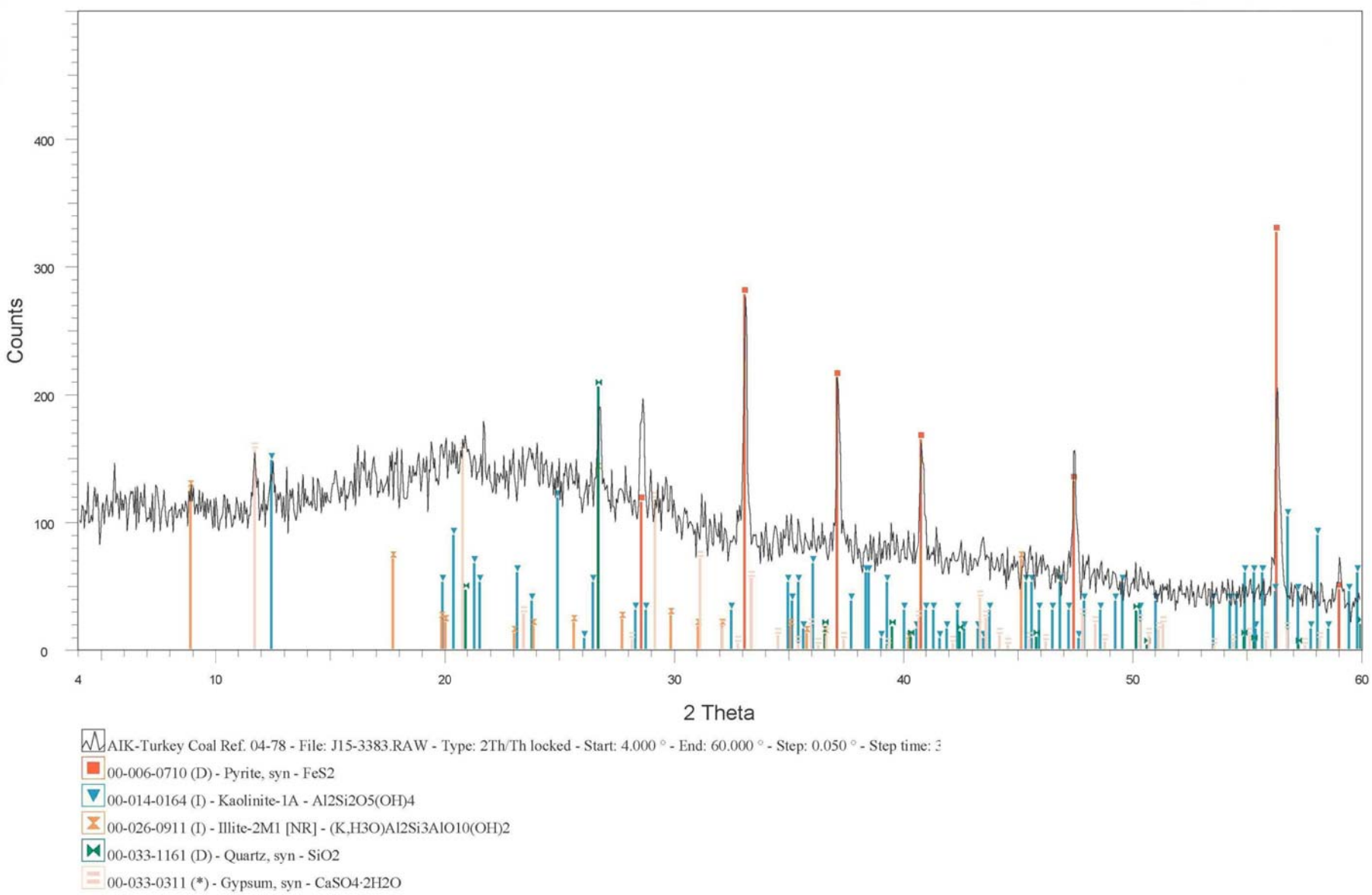
Ek Şekil 18. Şerif damarına ait 04-75 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



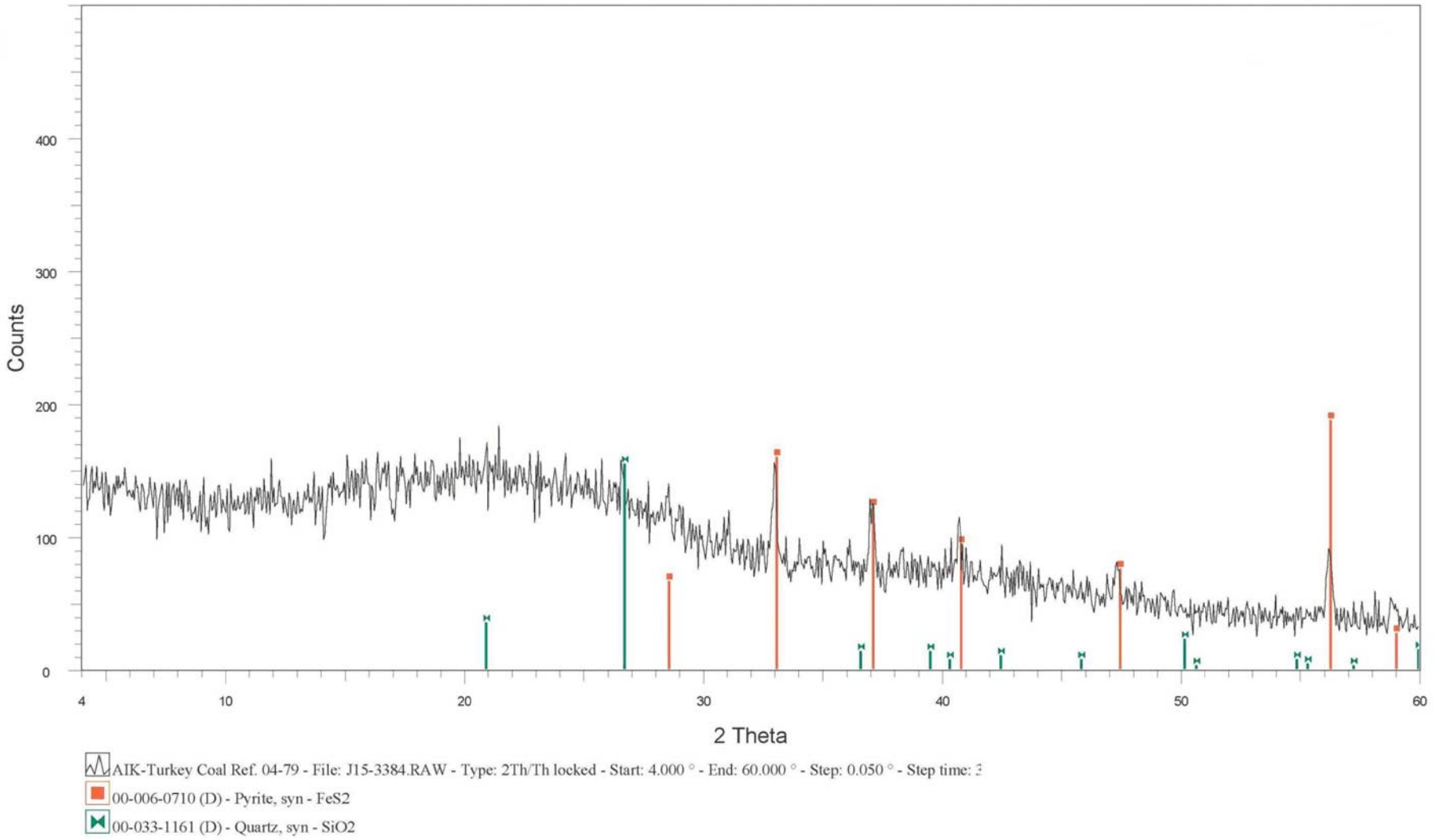
Ek Şekil 19. Şerif damarına ait 04-76 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



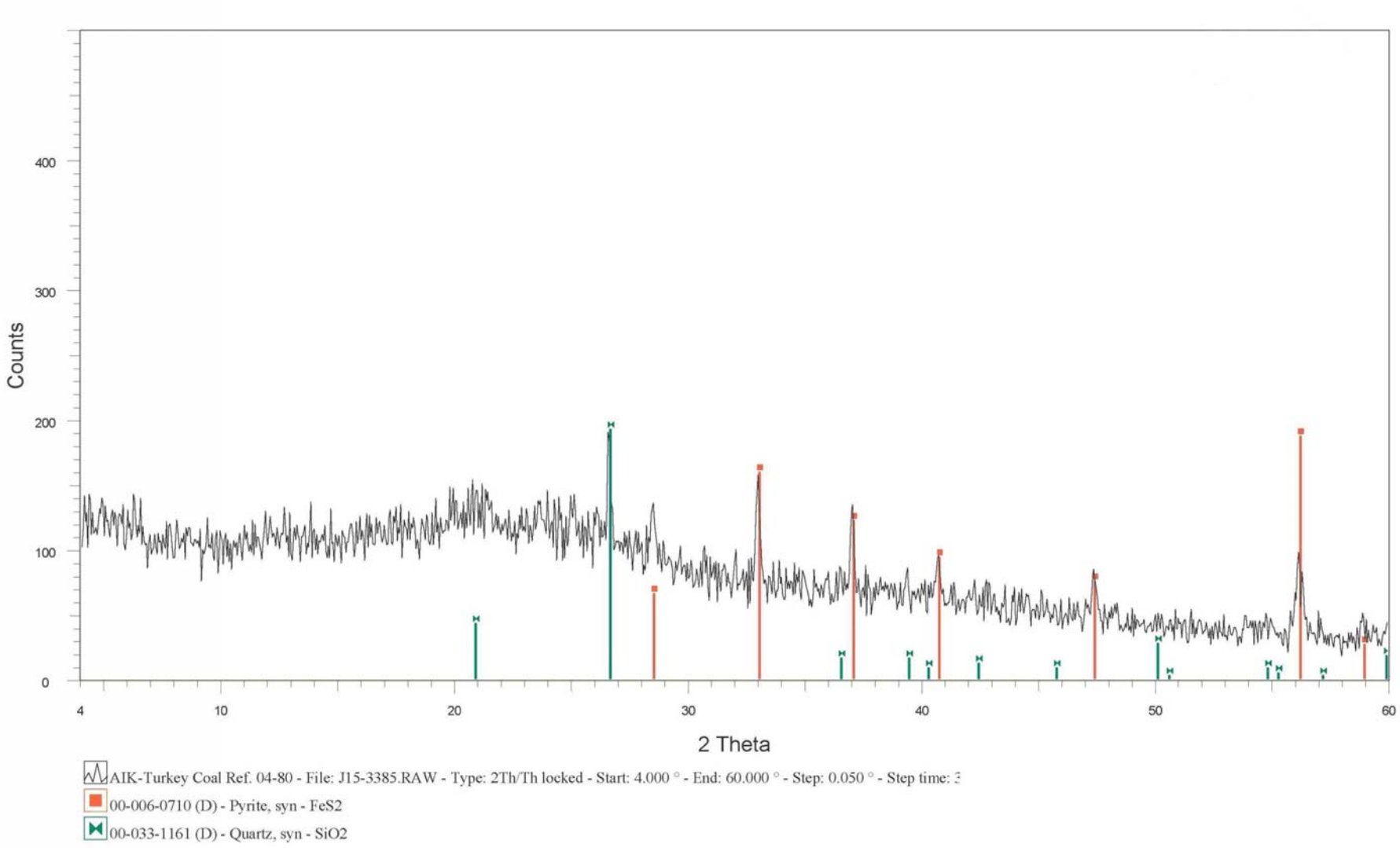
Ek Şekil 20. Şerif damarına ait 04-77 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



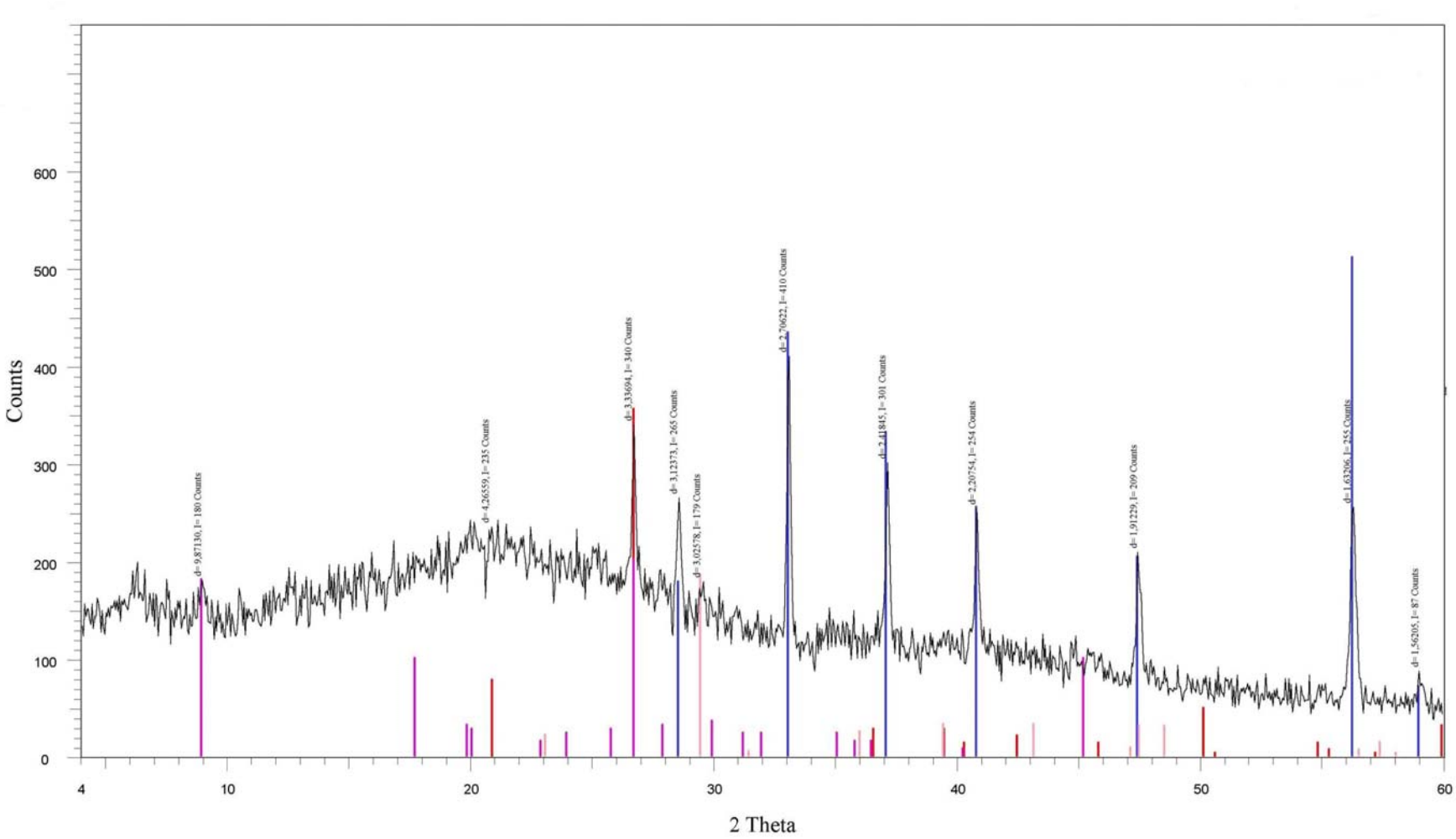
Ek Şekil 21. Şerif damarına ait 04-78 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



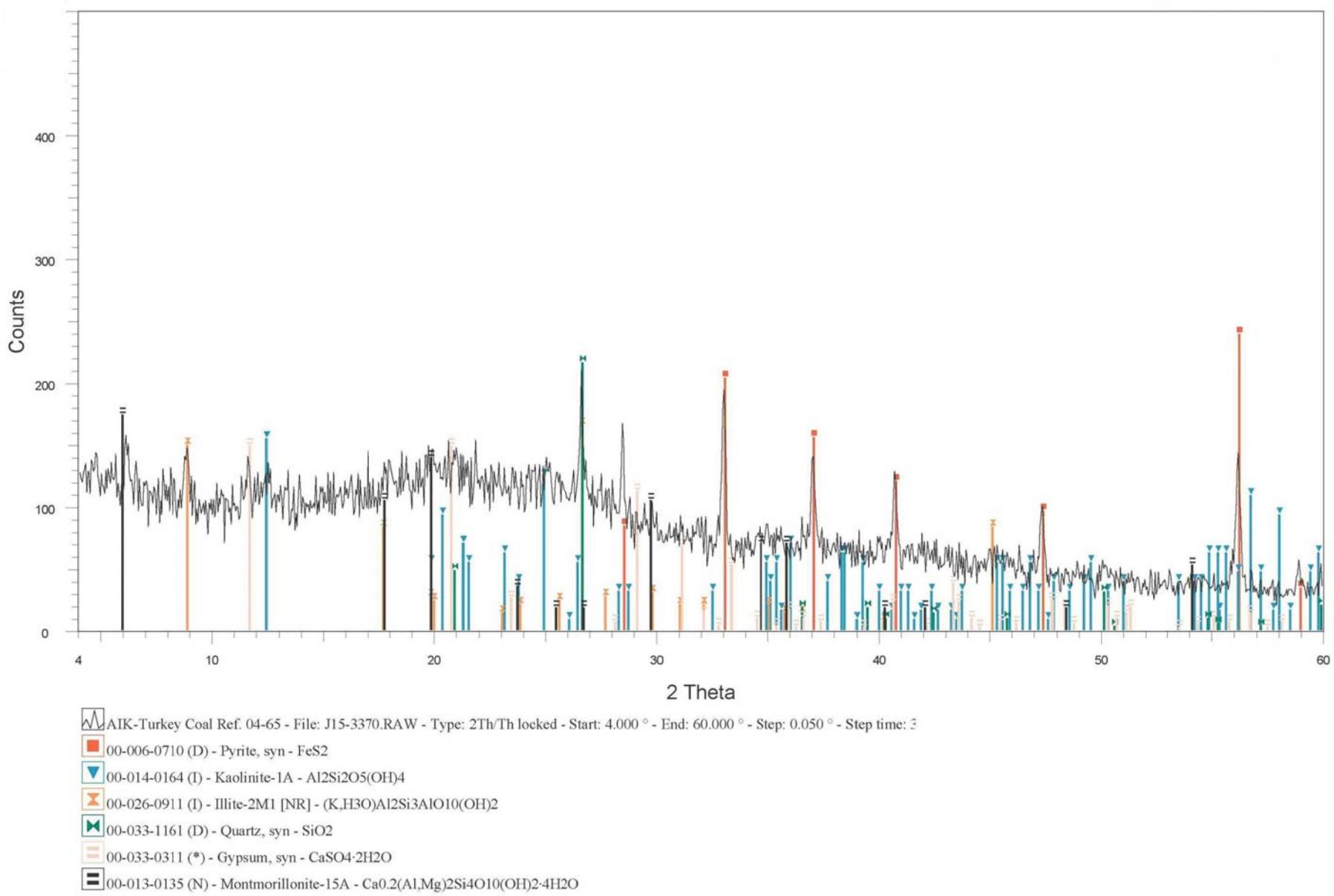
Ek Şekil 22. Şerif damarına ait 04-79 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



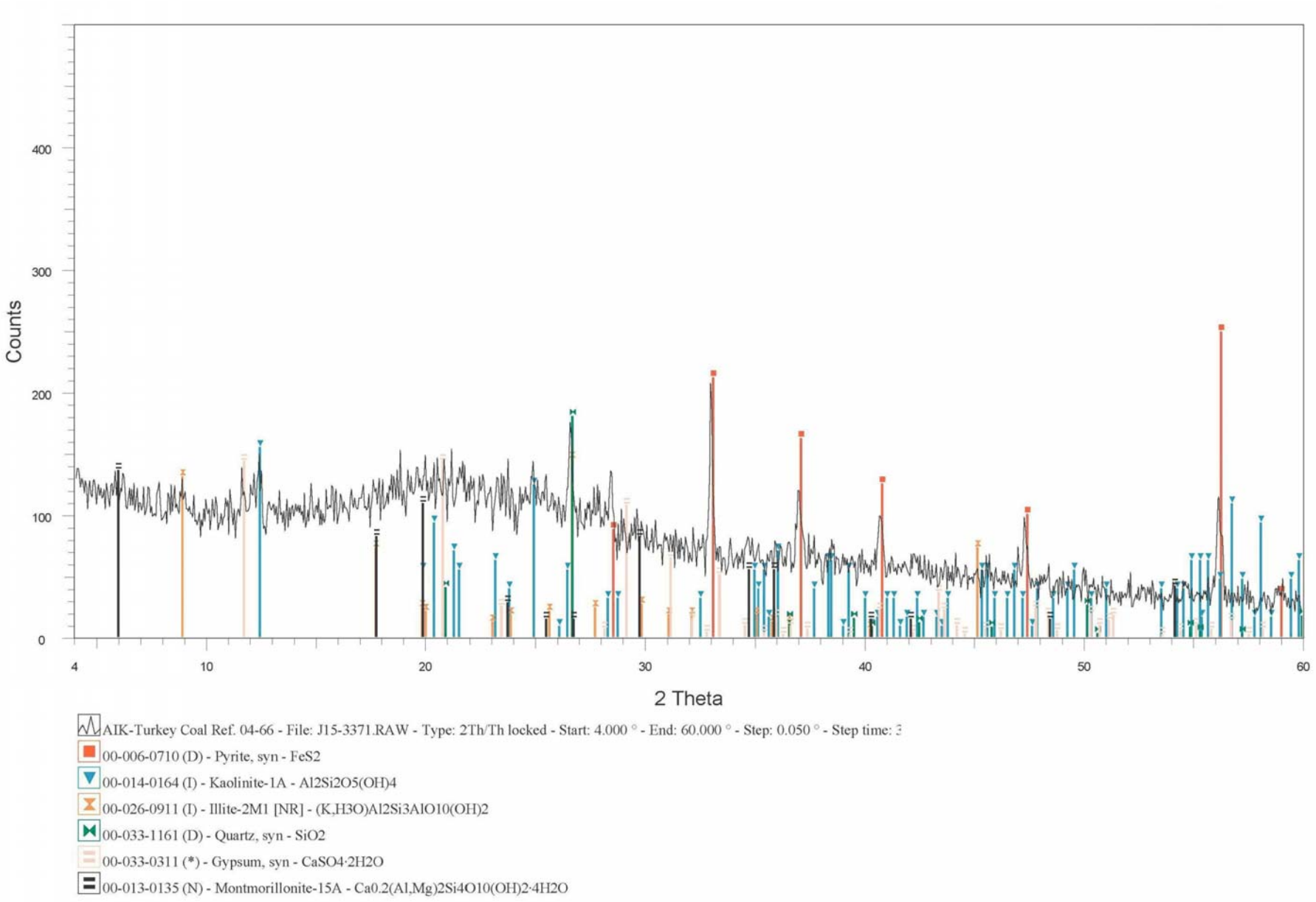
Ek Şekil 23. Şerif damarına ait 04-80 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



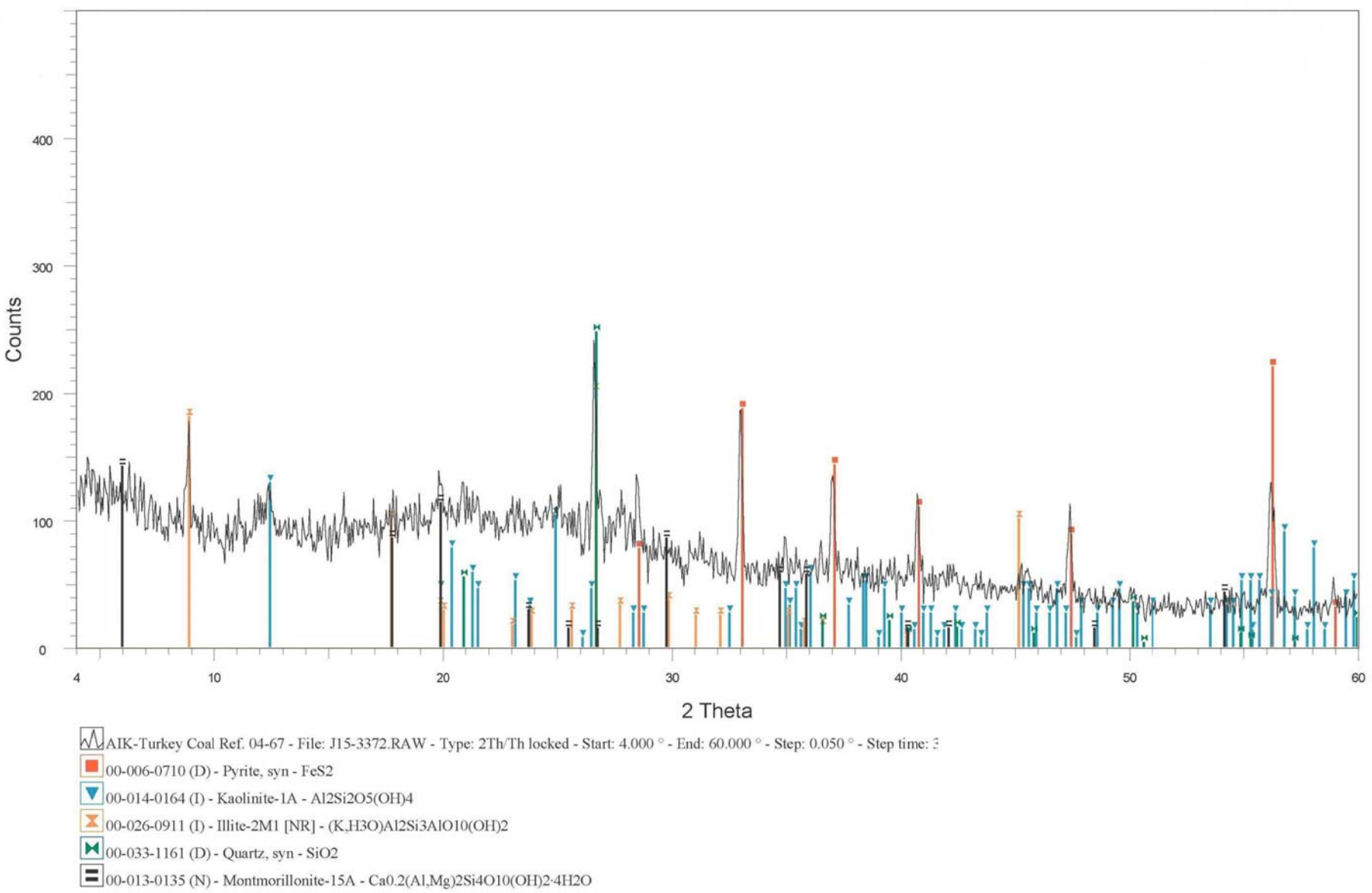
Ek Şekil 24. Ziyaçavuş damarına ait 04-53 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



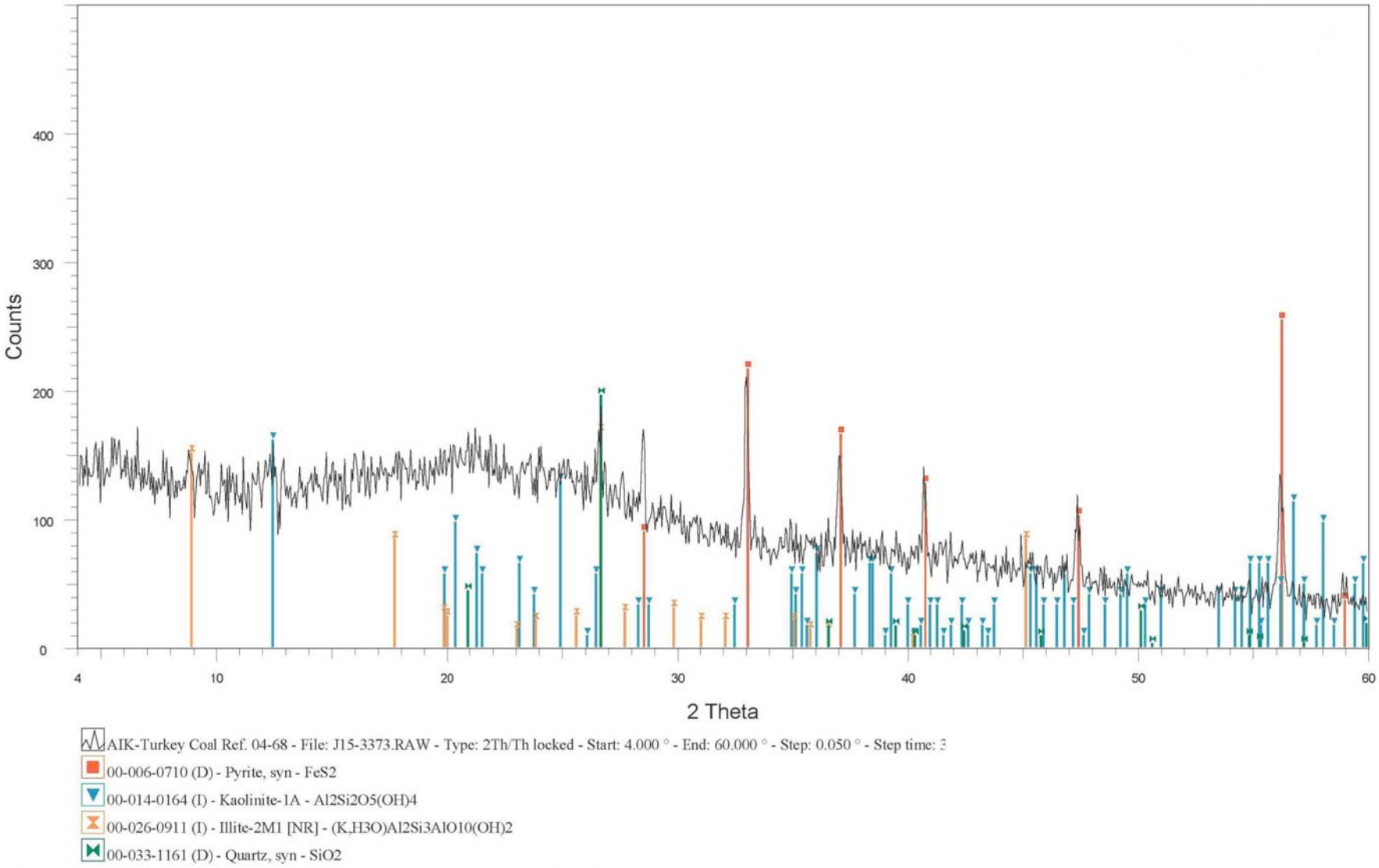
Ek Şekil 25. Ziyaçavuş damarına ait 04-65 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



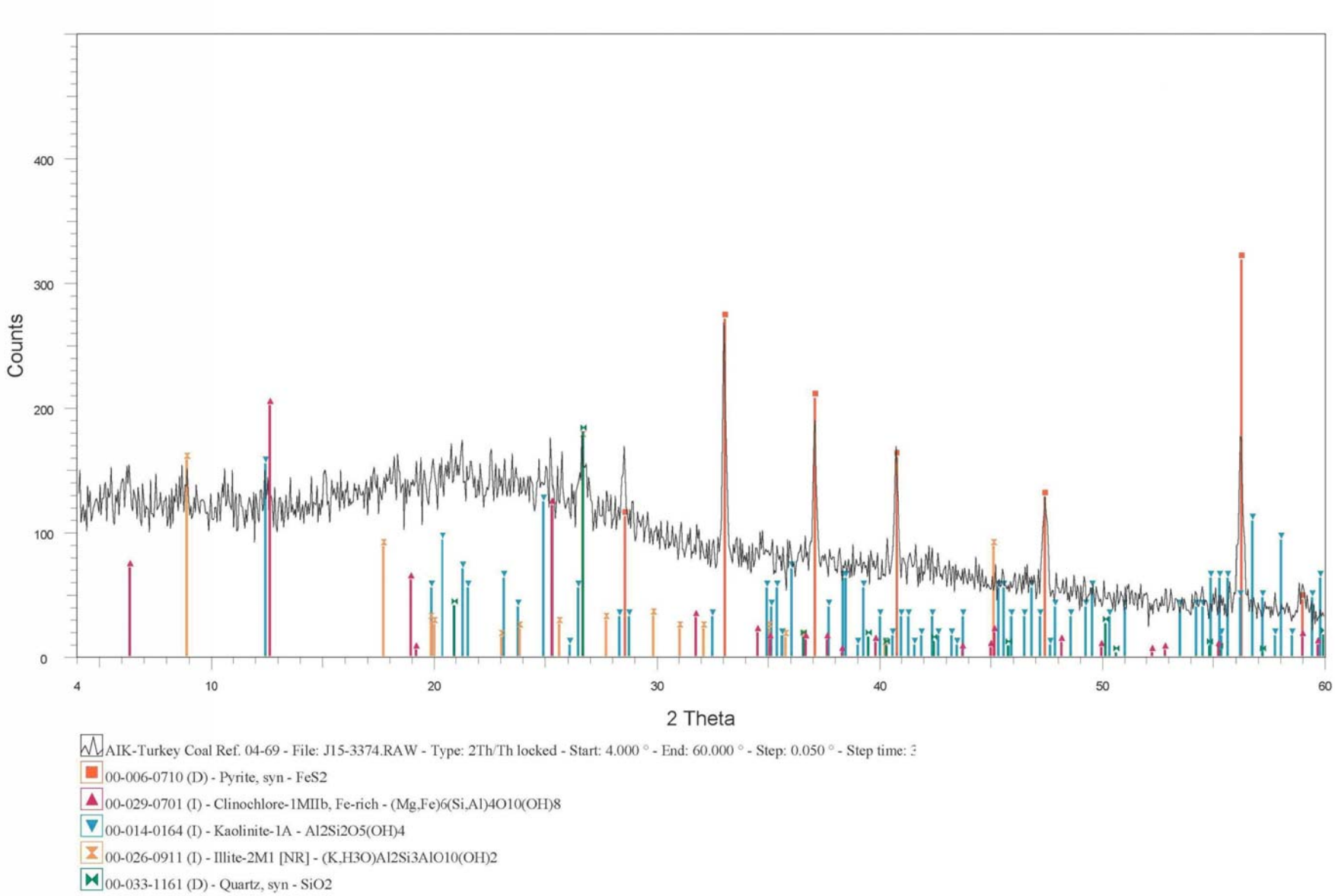
Ek Şekil 26. Ziyaçavuş damarına ait 04-66 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



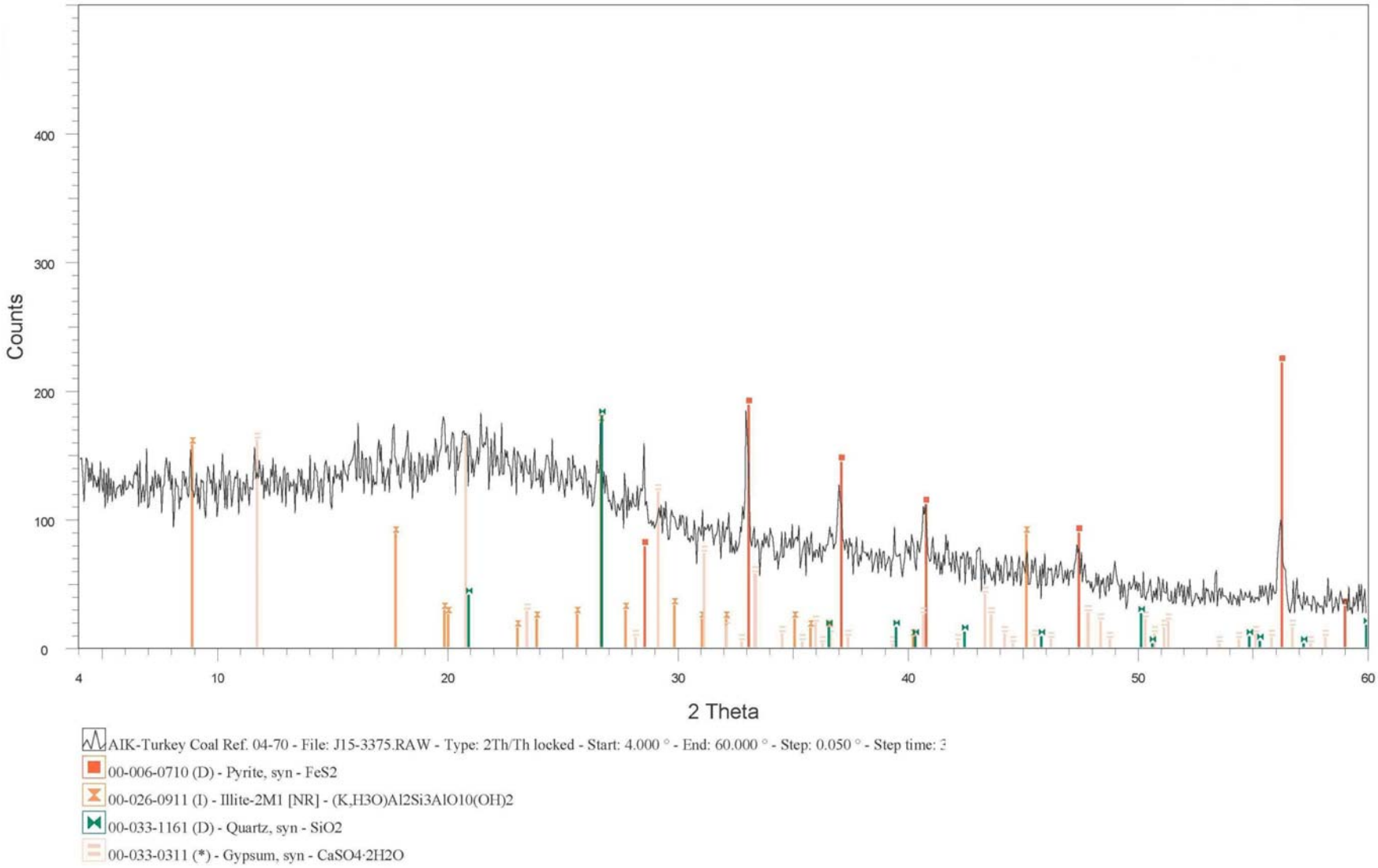
Ek Şekil 27. Ziyaçavuş damarına ait 04-67 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



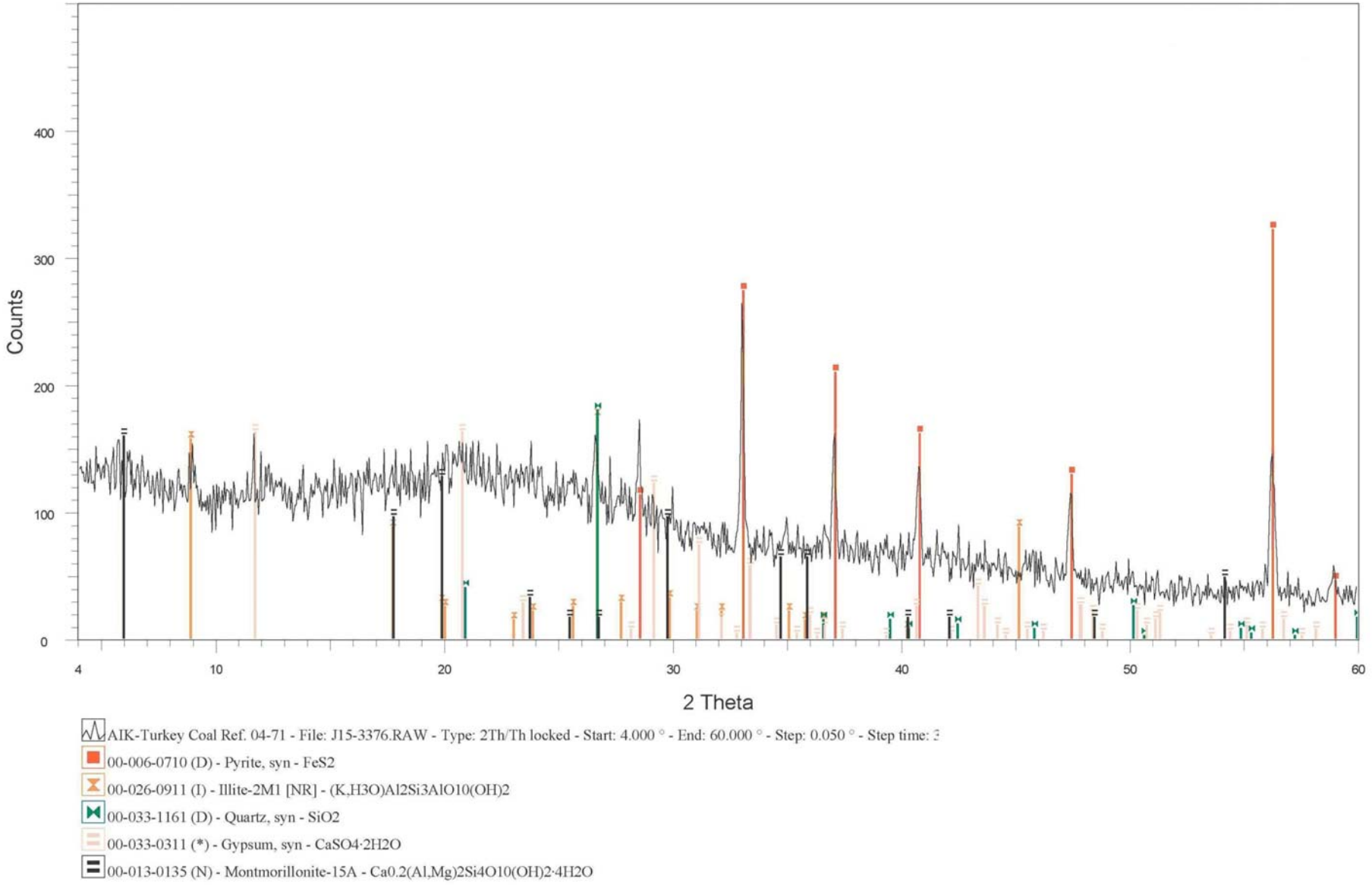
Ek Şekil 28. Ziyaçavuş damarına ait 04-68 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



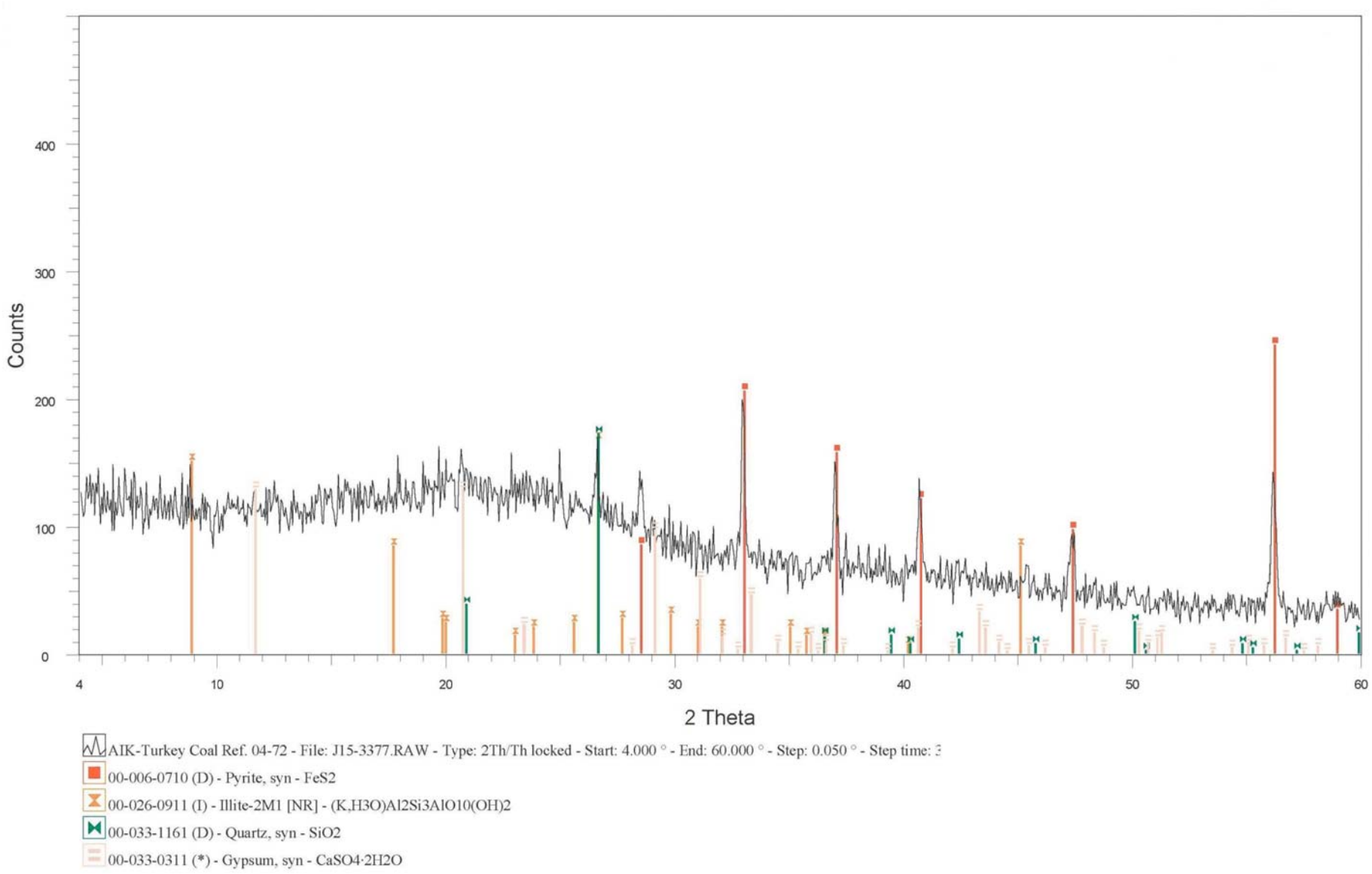
Ek Şekil 29. Ziyaçavuş damarına ait 04-69 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



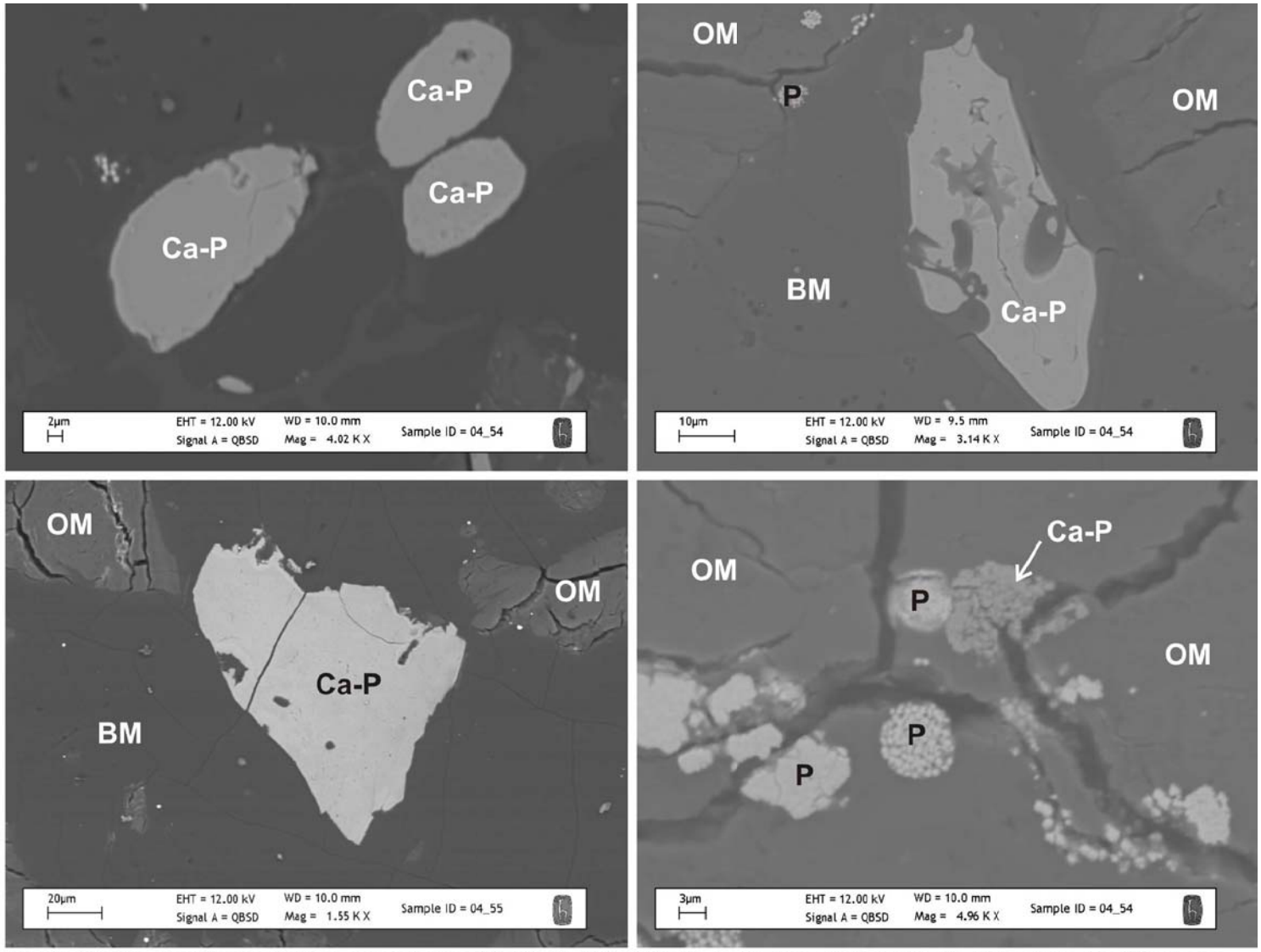
Ek Şekil 30. Ziyaçavuş damarına ait 04-70 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



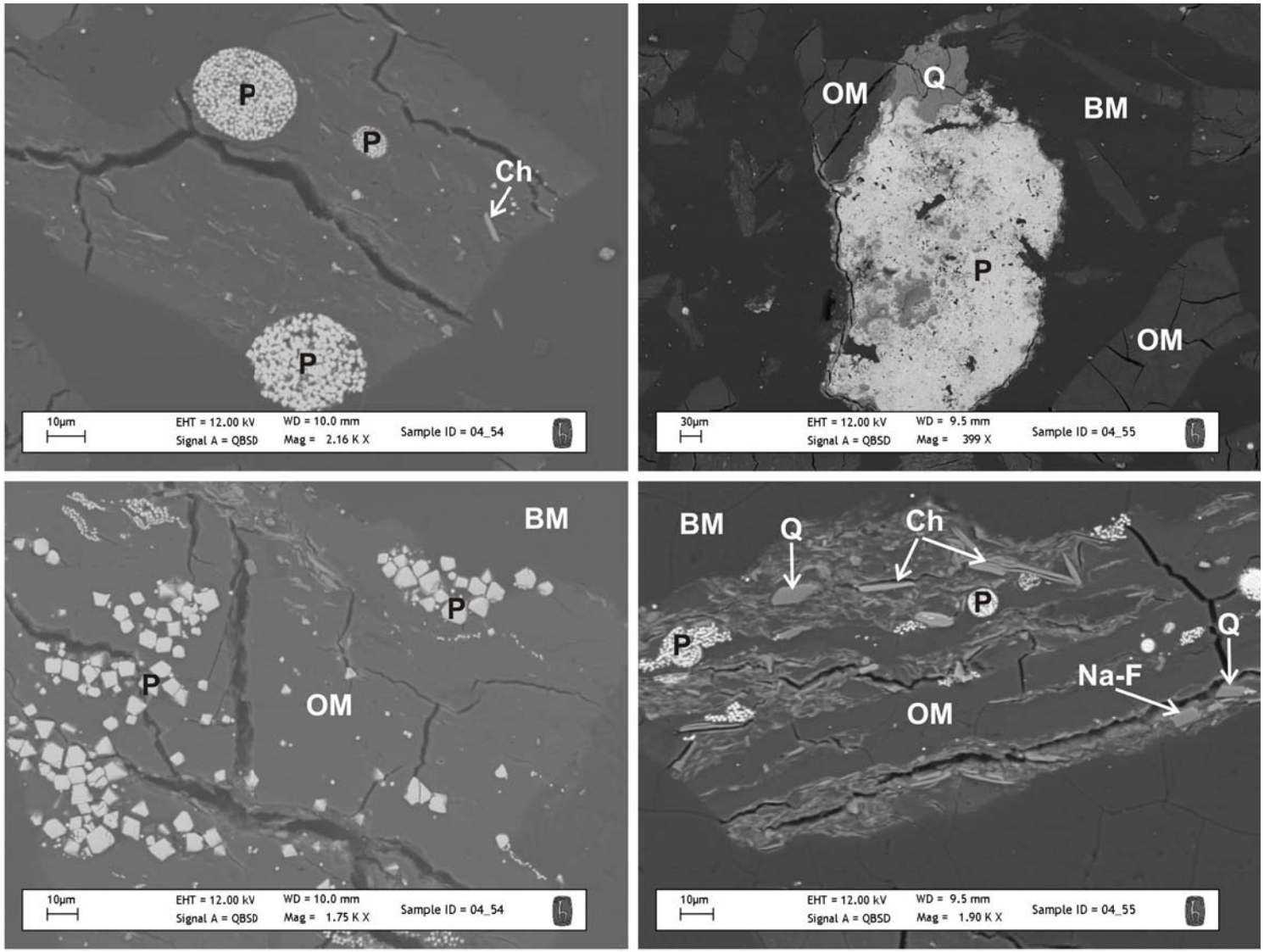
Ek Şekil 31. Ziyaçavuş damarına ait 04-71 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



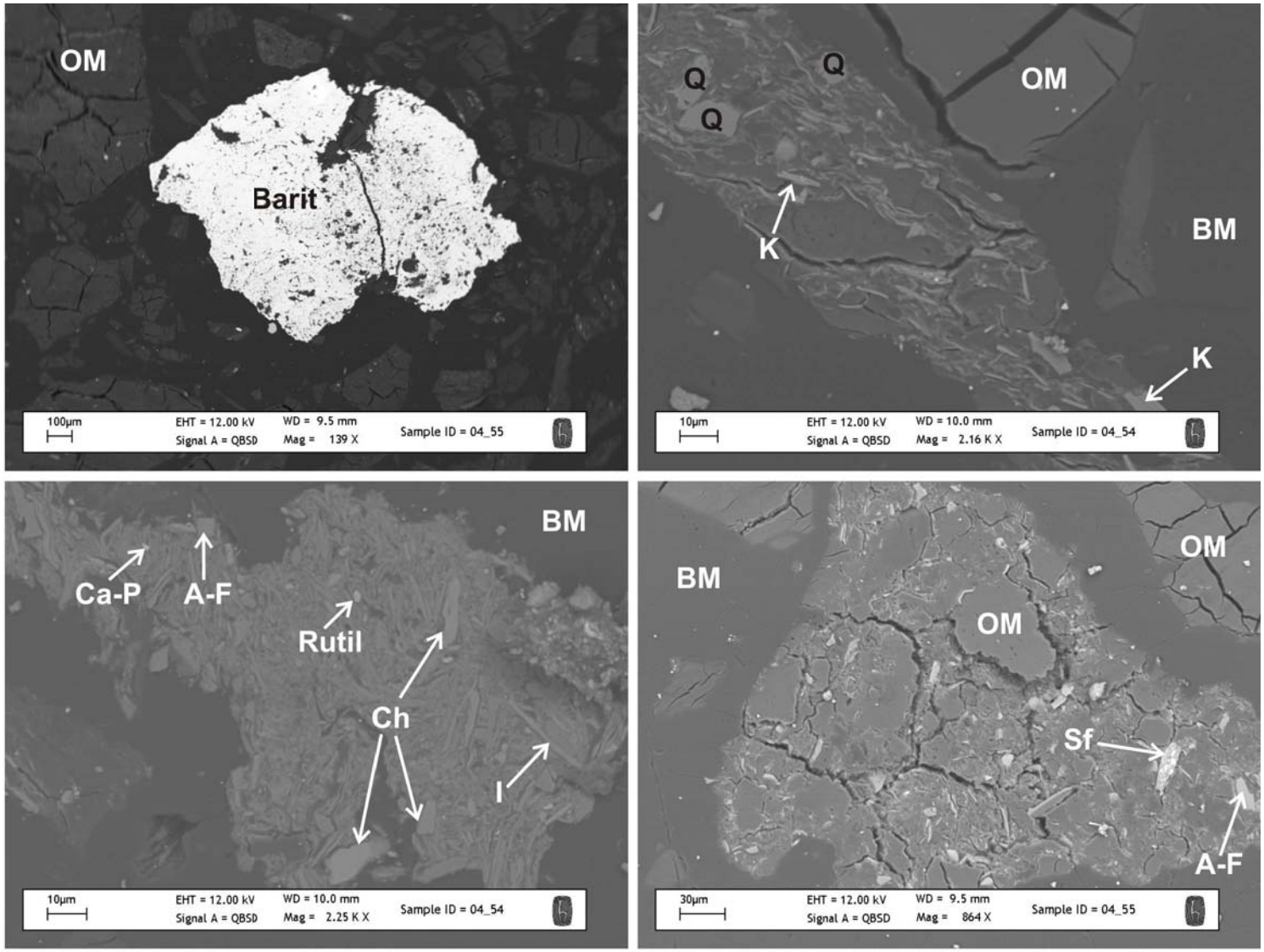
Ek Şekil 32. Ziyaçavuş damarına ait 04-72 lab nolu kömür örneğinin X-ışınları toz difraktogramı.



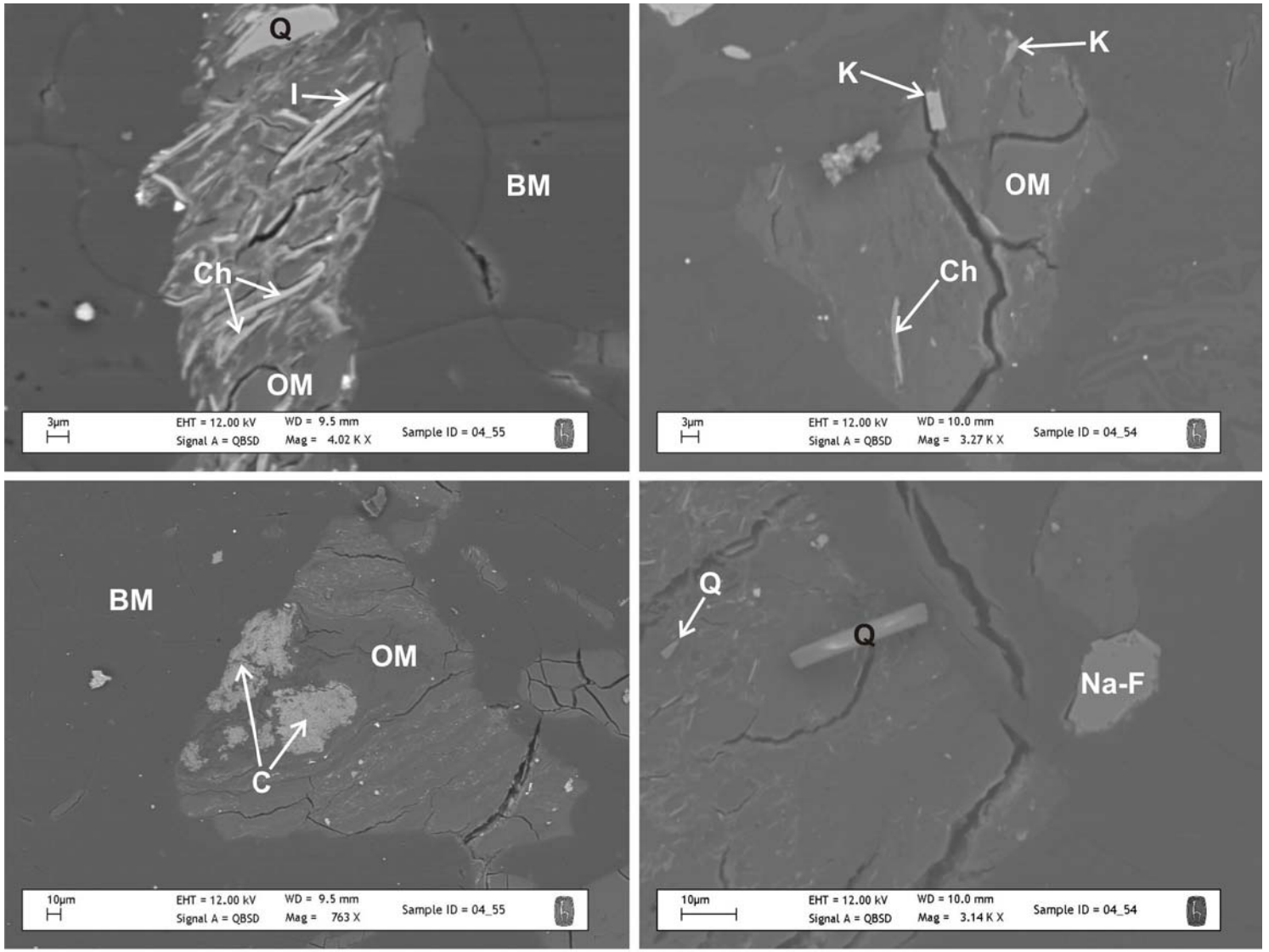
Ek Şekil 33. Polat damarından alınmış 04-54 ve 04-55 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Ca-P=apatit, P=pirit.



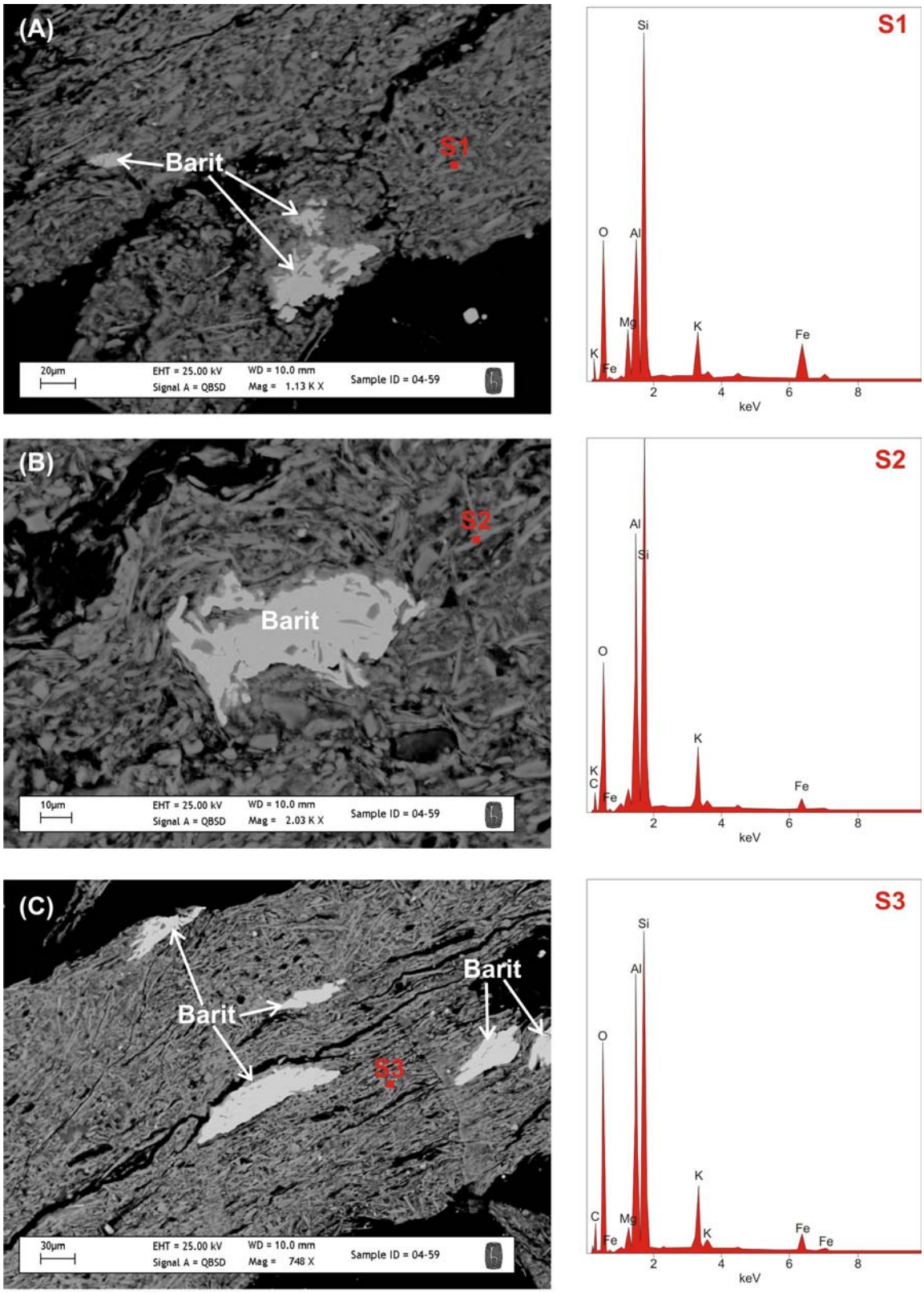
Ek Şekil 34. Polat damarından alınmış 04-54 ve 04-55 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit, Q=silika, Ch=klorit, Na-F=sodyum feldispat.



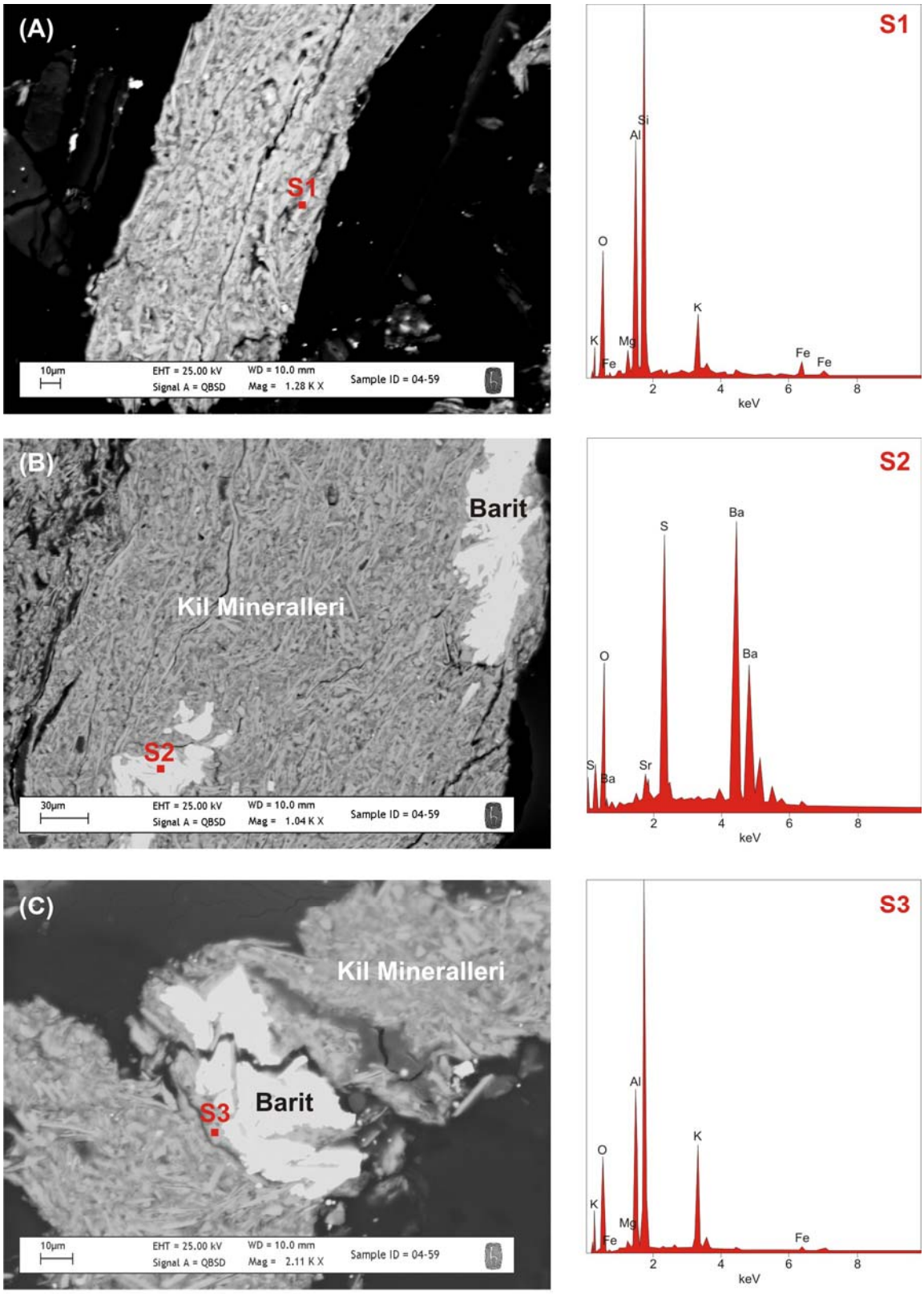
Ek Şekil 35. Polat damarından alınmış 04-54 ve 04-55 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Ca-P=apatit, Sf=sfalerit, A-F= alkali feldispat, K=kaolinit, I= illit



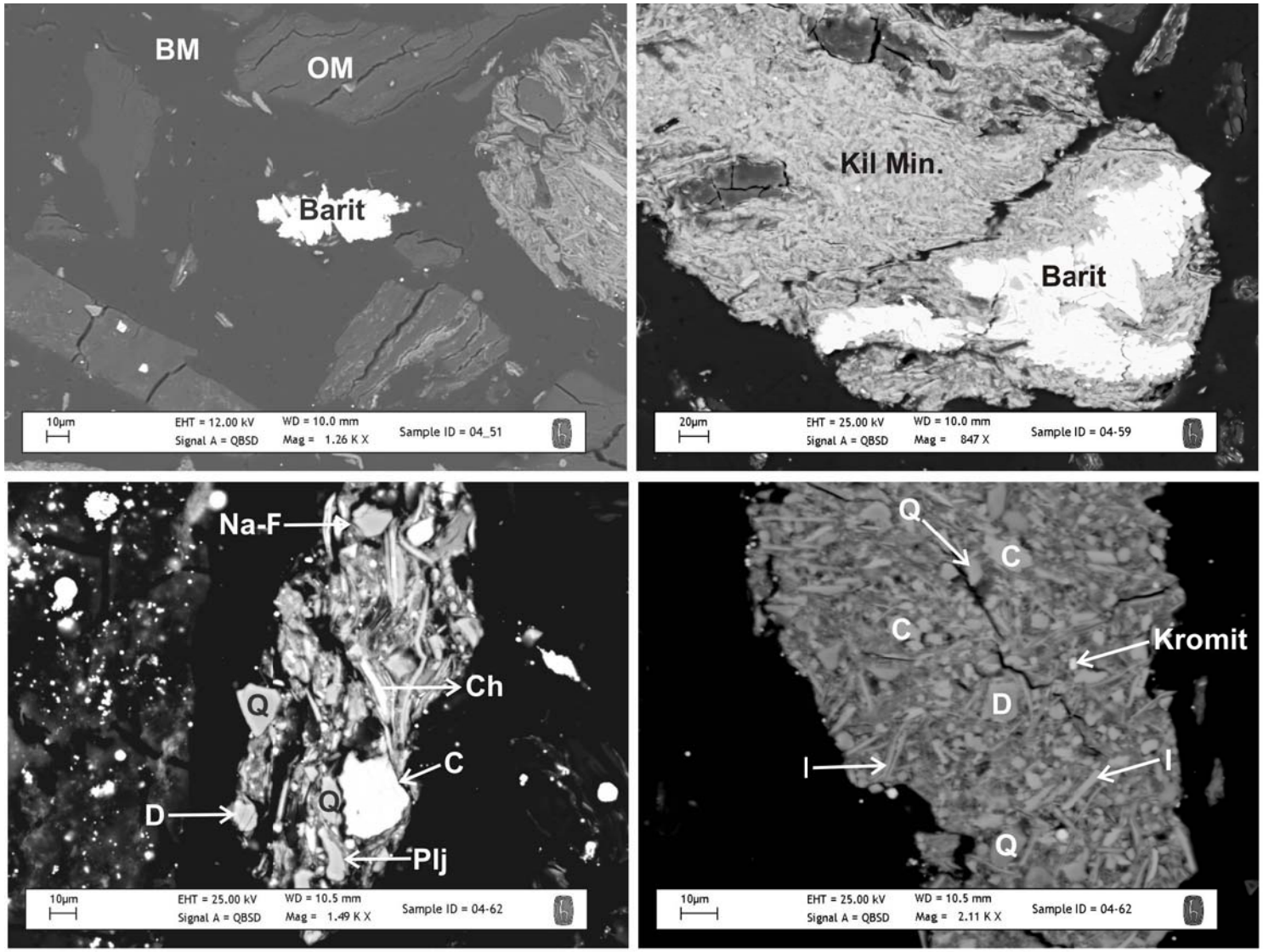
Ek Şekil 36. Polat damarından alınmış 04-54 ve 04-55 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Na-F= Sodyum feldispat, K=kaolinit, I= illit, Ch=klorit, Q=silika, C=$CaCO_3$.



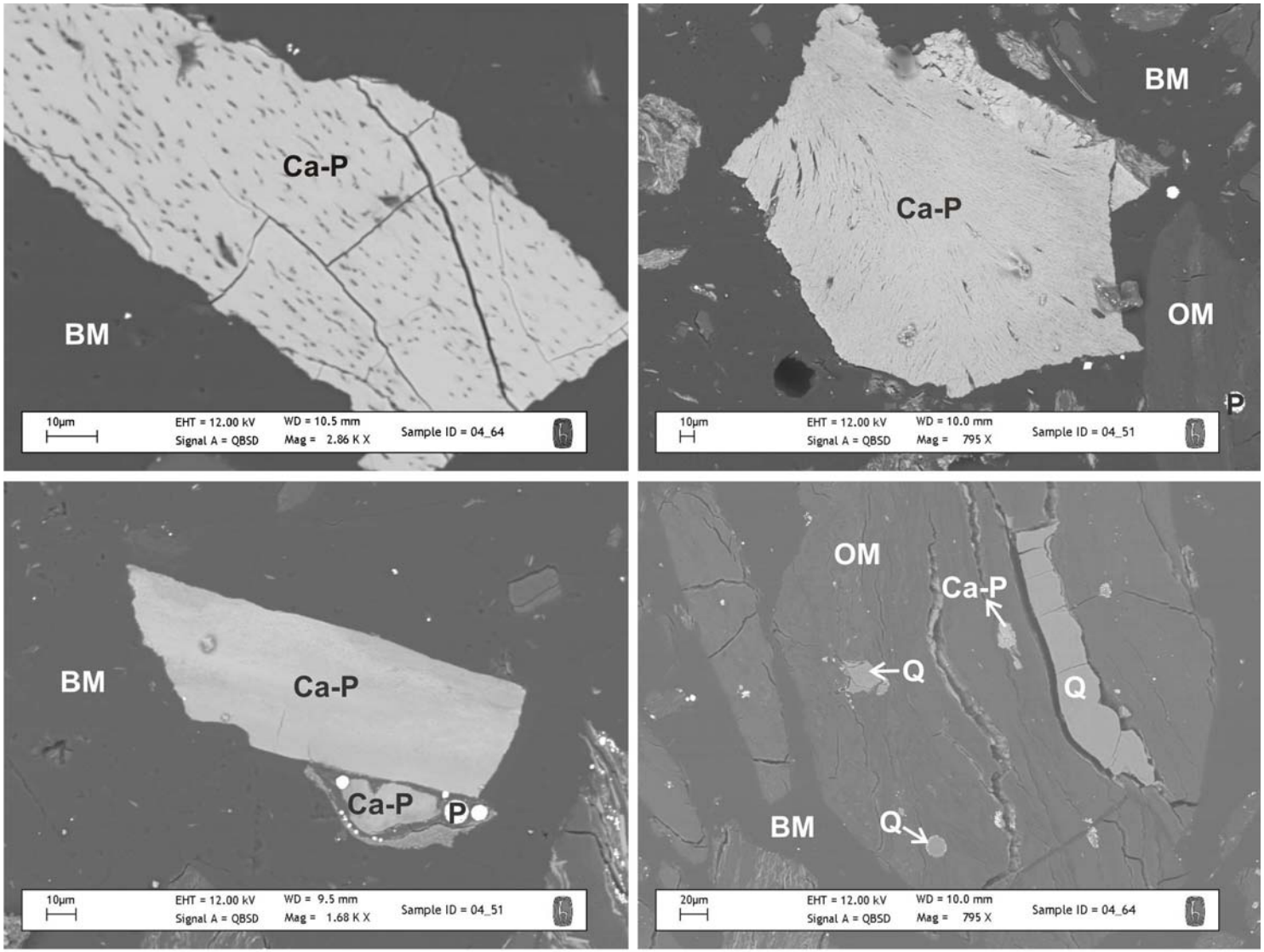
Ek Şekil 37. Şentürk damarından alınan 04-59 lab nolu kömür örneğine ait SEM görüntüleri ve EDX grafikleri. (A) Barit ve kil mineralleri (S1). (B ve C) Barit ve iz oranda Fe, Mg içeren illit (S2,S3).



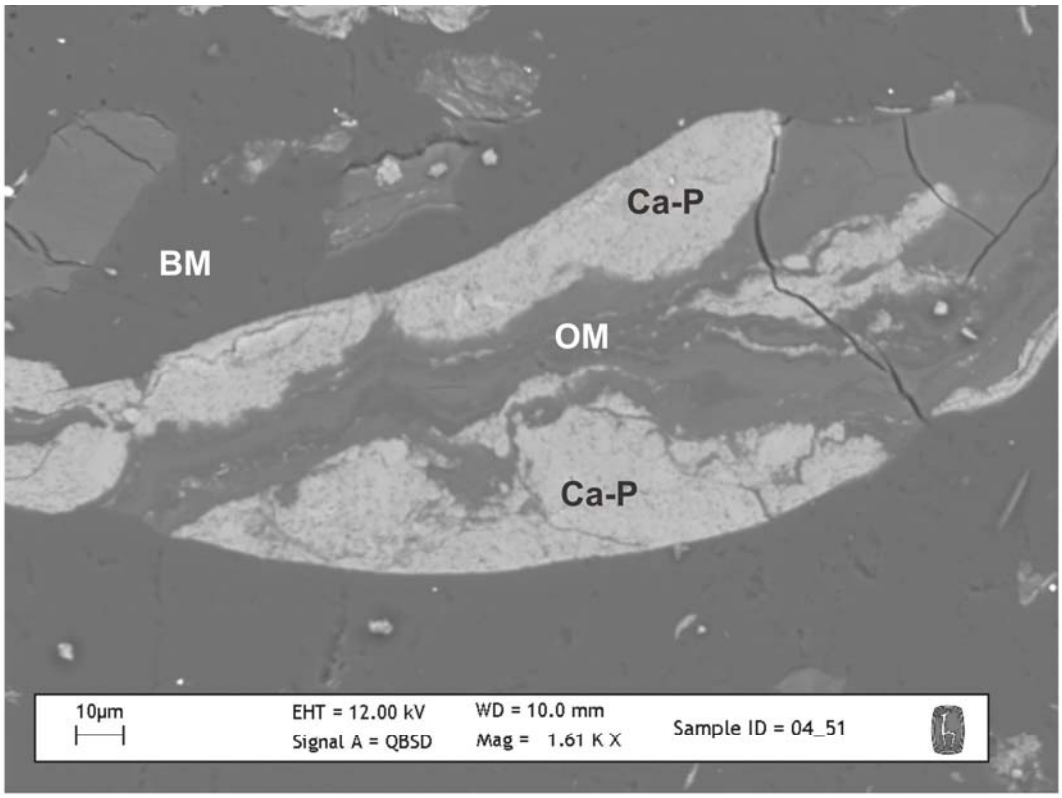
Ek Şekil 38. Şentürk damarından alınan 04-59 lab nolu kömür örneğine ait SEM görüntüleri ve EDX grafikleri. (A) Kil mineralleri içinde illit (S1). (B) Kil mineralleri (hakim mineral illit), iz oranda Sr içeren barit (S2). (C) İz oranda Sr içeren barit, illit (S3).

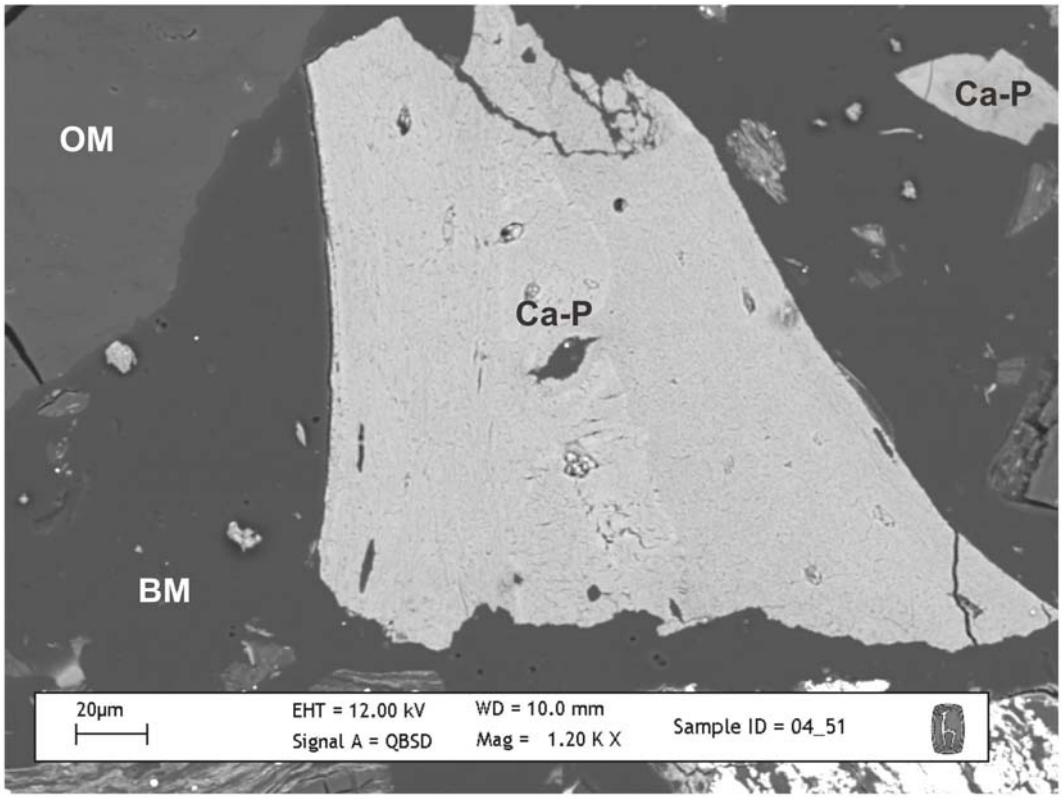


Ek Şekil 39. Şentürk damarından alınmış 04-51, 04-59 ve 04-62 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Q=silika, Na-F=sodyum feldispat, D=dolomit, Plj= plajiyoklaz, C=$CaCO_3$, I=illit, Kil Min.= kil mineralleri, Ch=klorit.

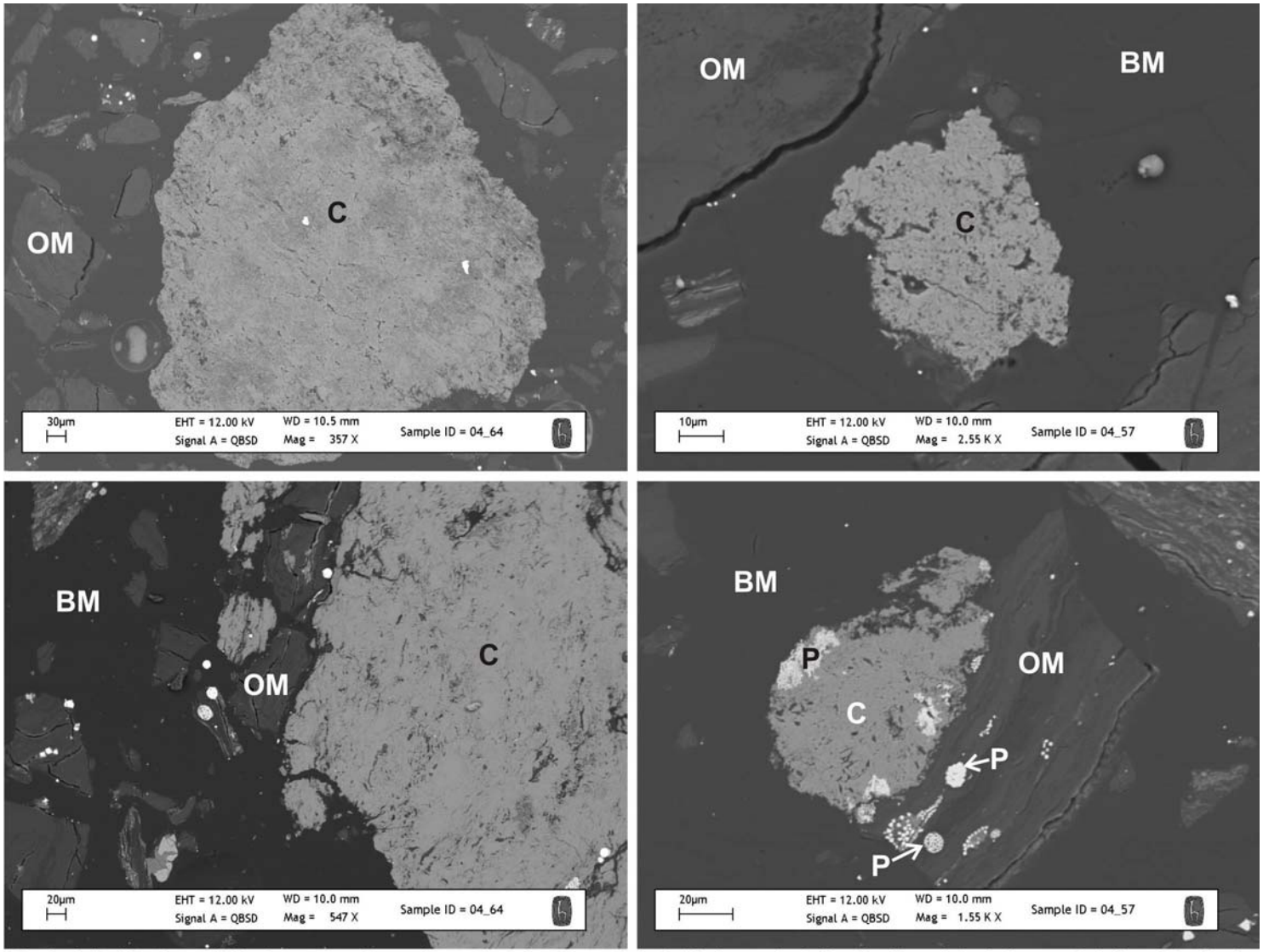


Ek Şekil 40. Şentürk damarından alınmış 04-51 ve 04-64 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Ca-P=apatit, P=pirit, Q=silika.

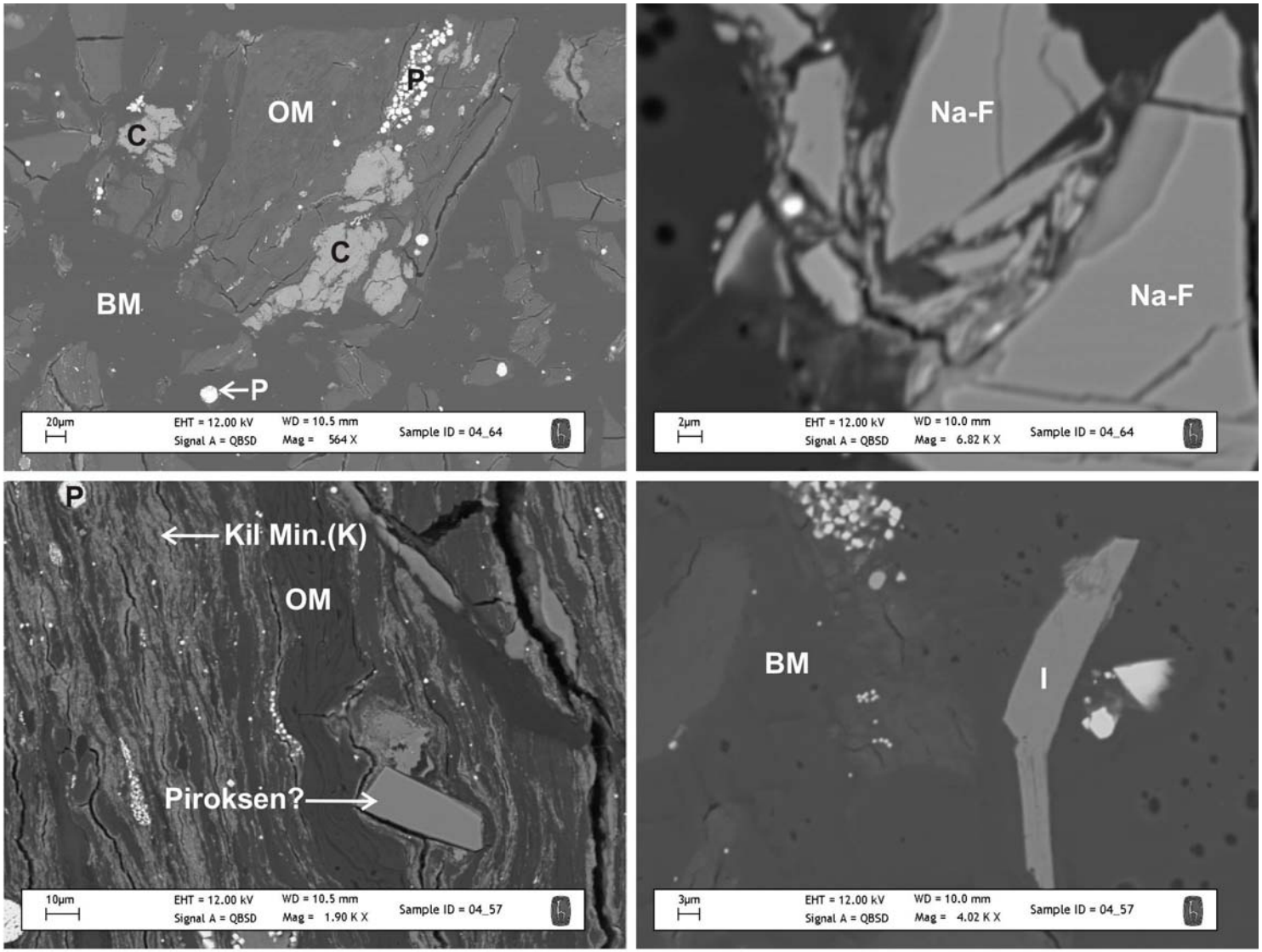




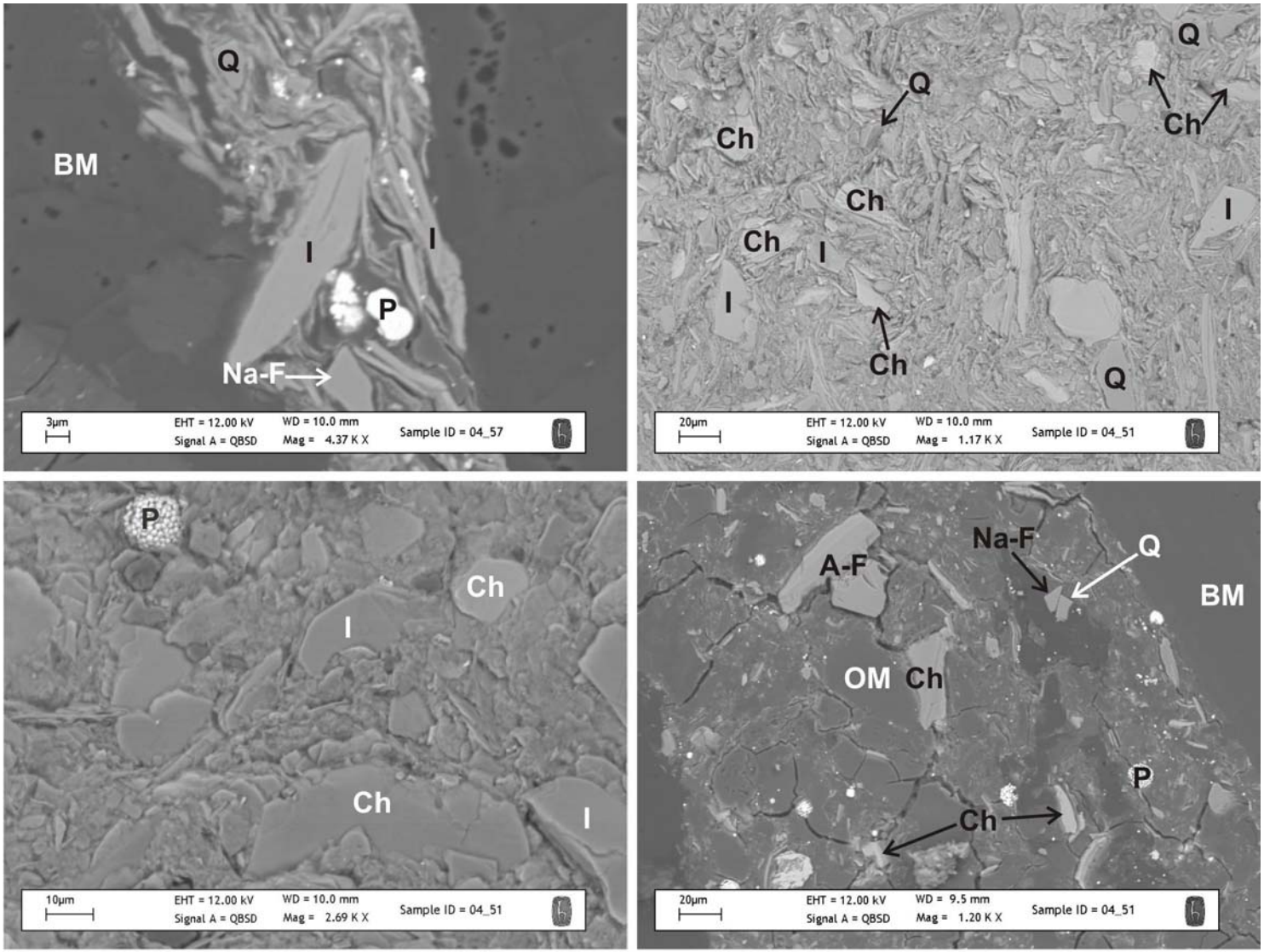
Ek Şekil 41. Şentürk damarından alınmış 04-51 lab. nolu kömür örneğinin parlak kesitinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Ca-P=apatit.



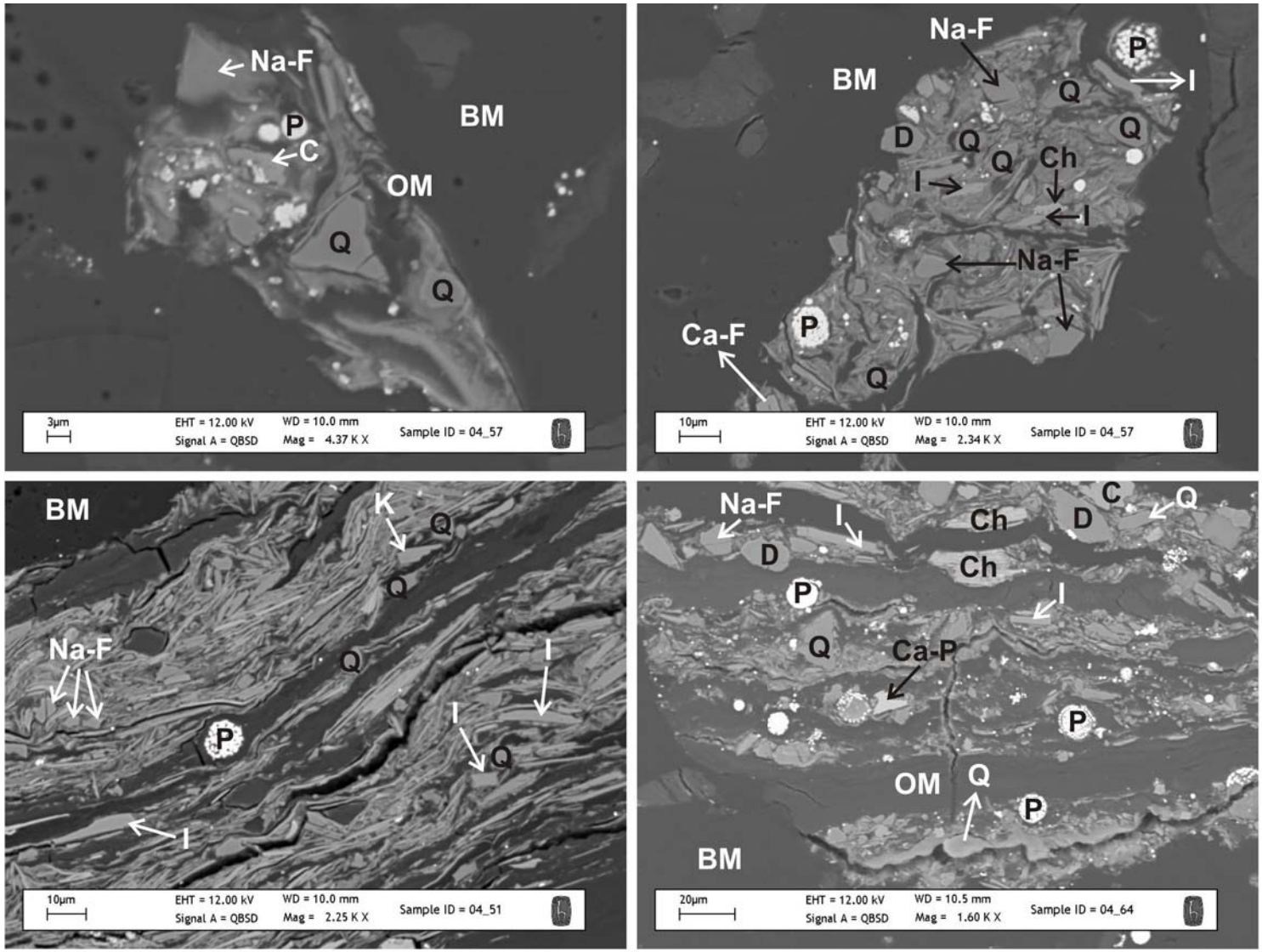
Ek Şekil 42. Şentürk damarından alınmış 04-57 ve 04-64 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, C=$CaCO_3$, P=pirit.



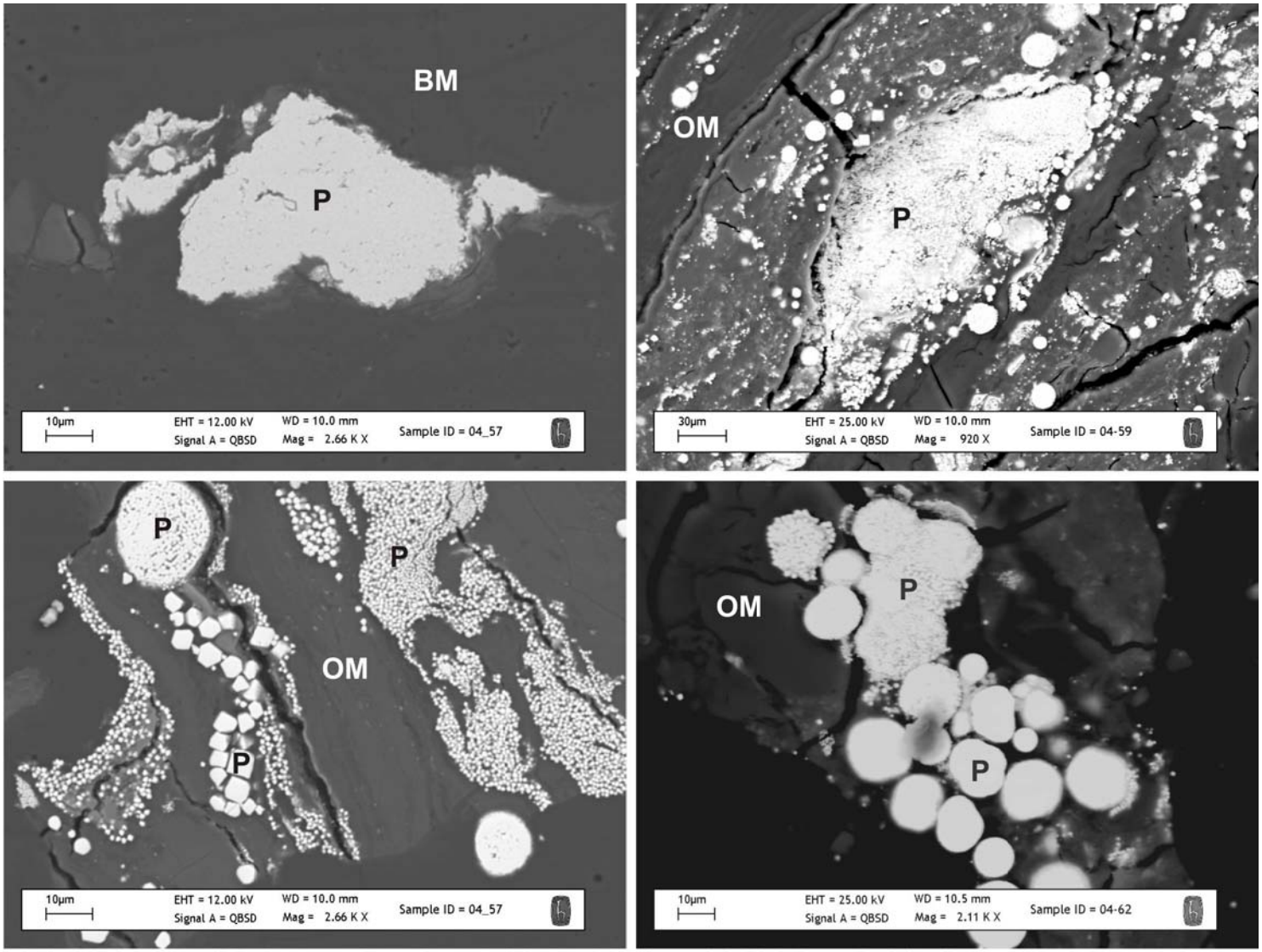
Ek Şekil 43. Şentürk damarından alınmış 04-57 ve 04-64 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Na-F=sodyum feldispat, C=$CaCO_3$, I=illit, K=kaolinit, P=pirit, Kil Min.= kil mineralleri.



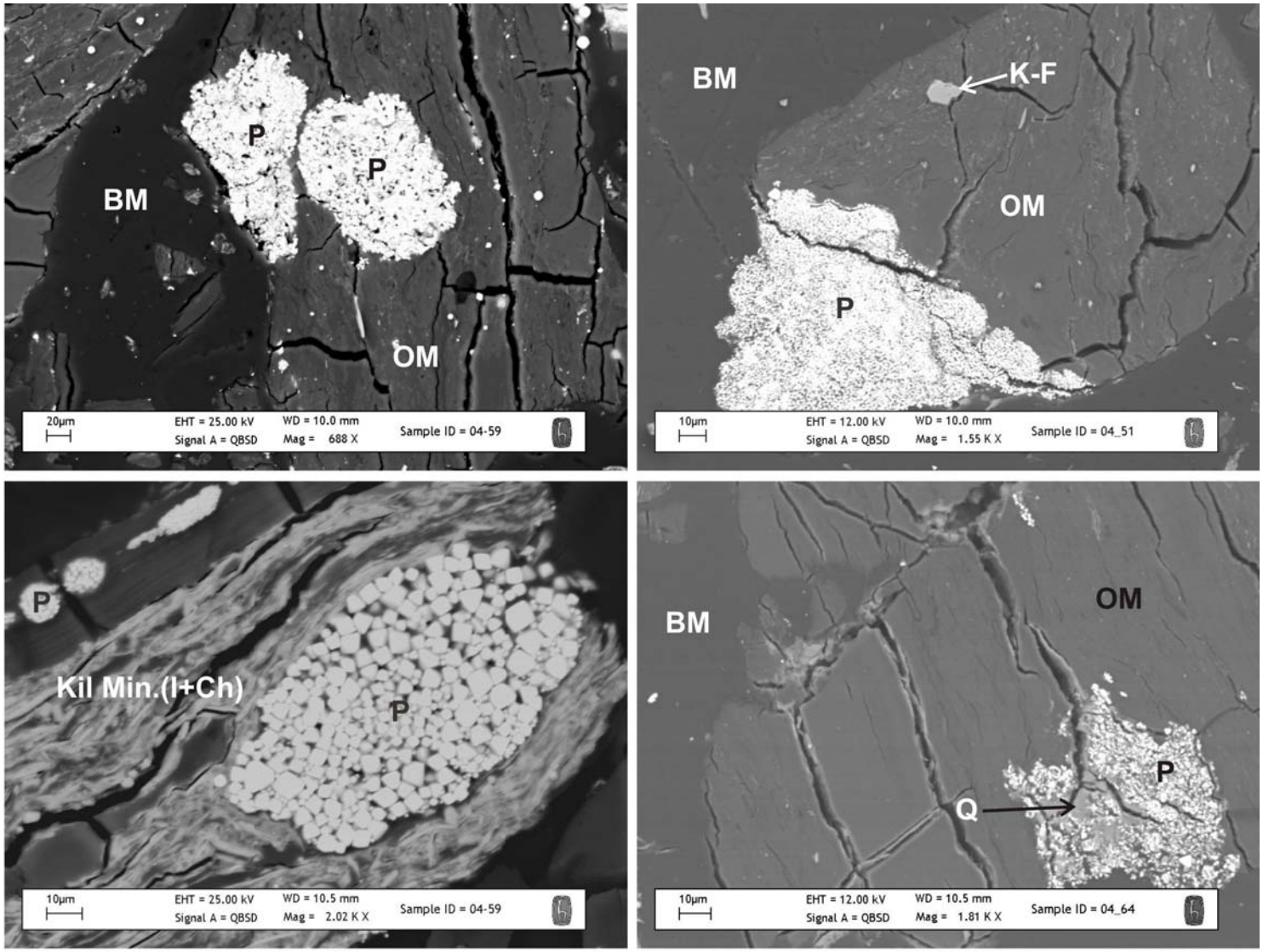
Ek Şekil 44. Şentürk damarından alınmış 04-51 ve 04-57 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit, Q=silika, I=illit, Ch=klorit, A-F=alkali feldispat, Na-F=sodyum feldispat.



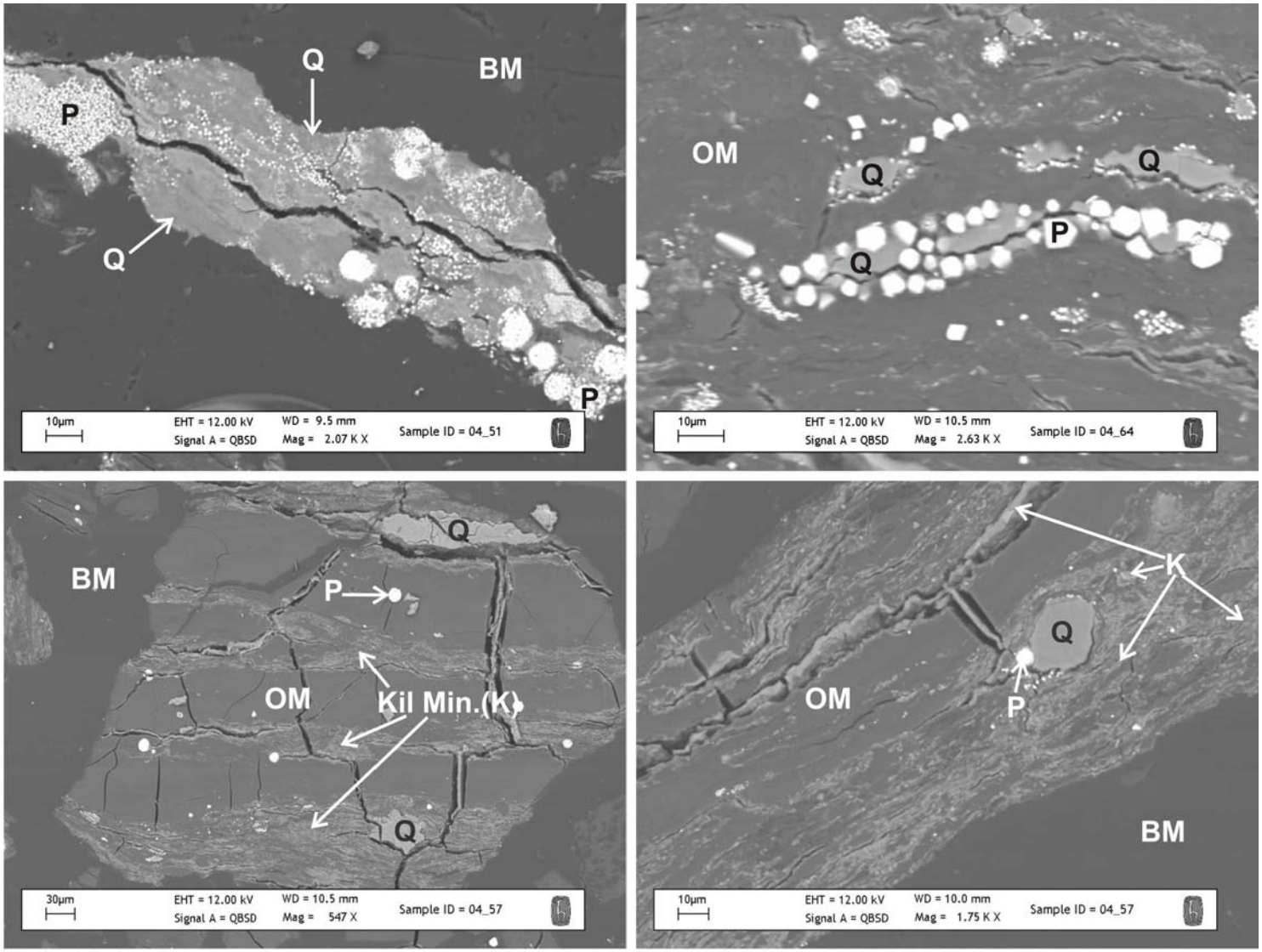
Ek Şekil 45. Şentürk damarından alınmış 04-51, 04-57 ve 04-64 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit, Q=silika, I=illit, Ch=klorit, Ca-F=kalsiyum feldispat, Na-F=sodyum feldispat, K=kaolinit, D=dolomit, Ca-P=apatit, C=$CaCO_3$.



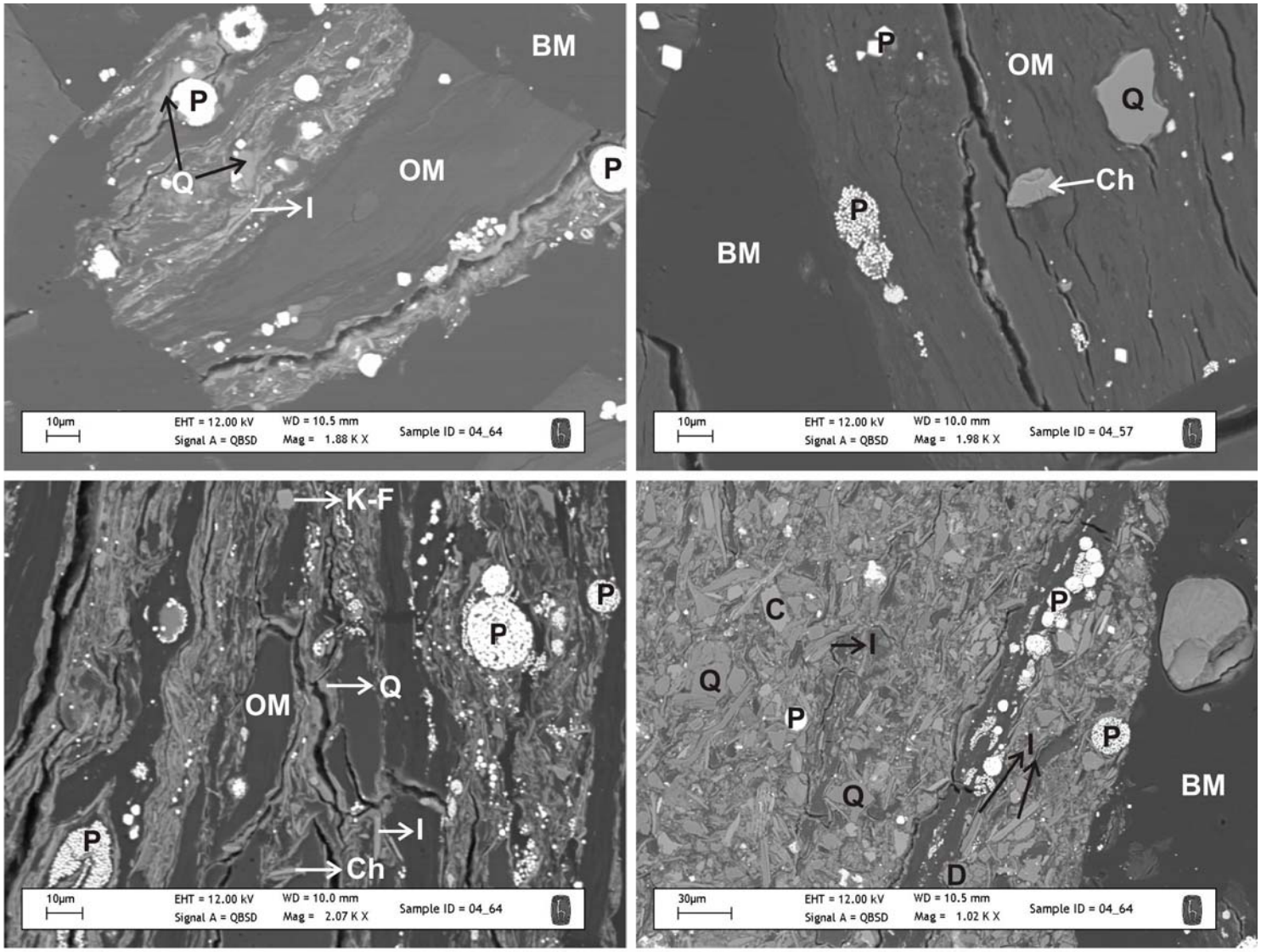
Ek Şekil 46. Şentürk damarından alınmış 04-57, 04-59 ve 04-62 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit.



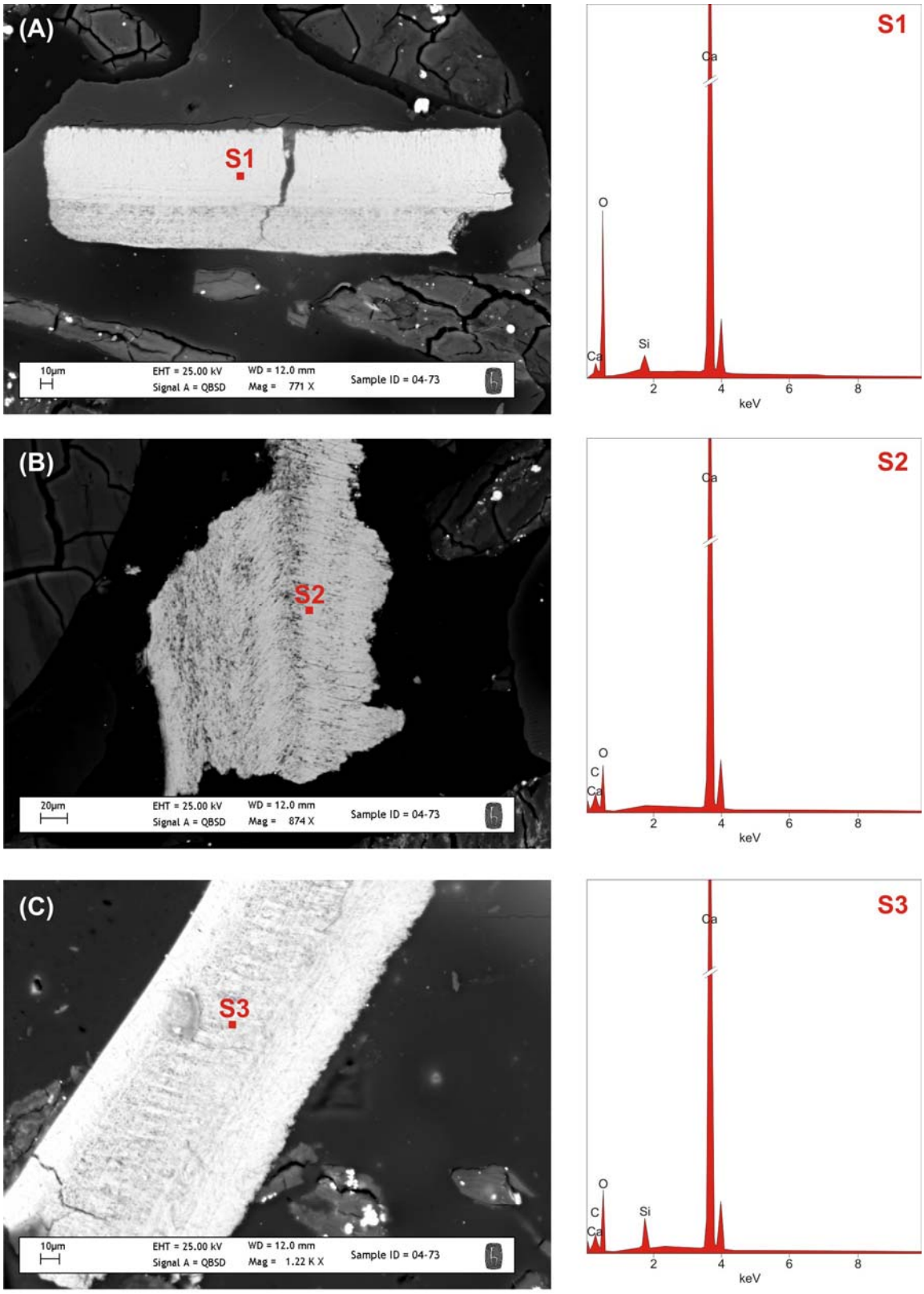
Ek Şekil 47. Şentürk damarından alınmış 04-51, 04-59 ve 04-64 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, K-F=potasyum feldispat, I=illit, Ch=klorit, P=pirit, Q=silika, Kil Min.= kil mineralleri.



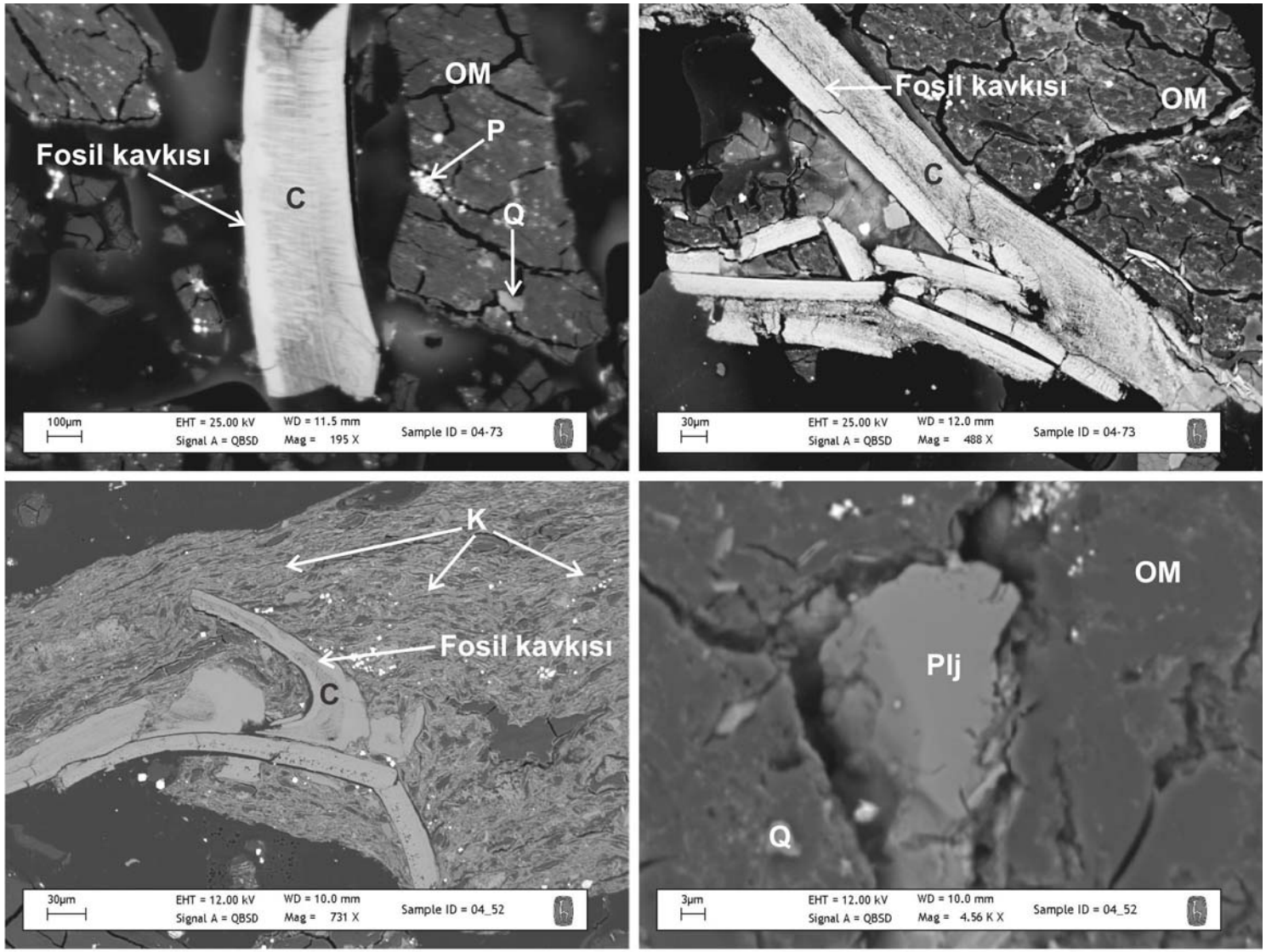
Ek Şekil 48. Şentürk damarından alınmış 04-51, 04-57 ve 04-64 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit, Q=silika, K=kaolinit, Kil Min.= kil mineralleri.



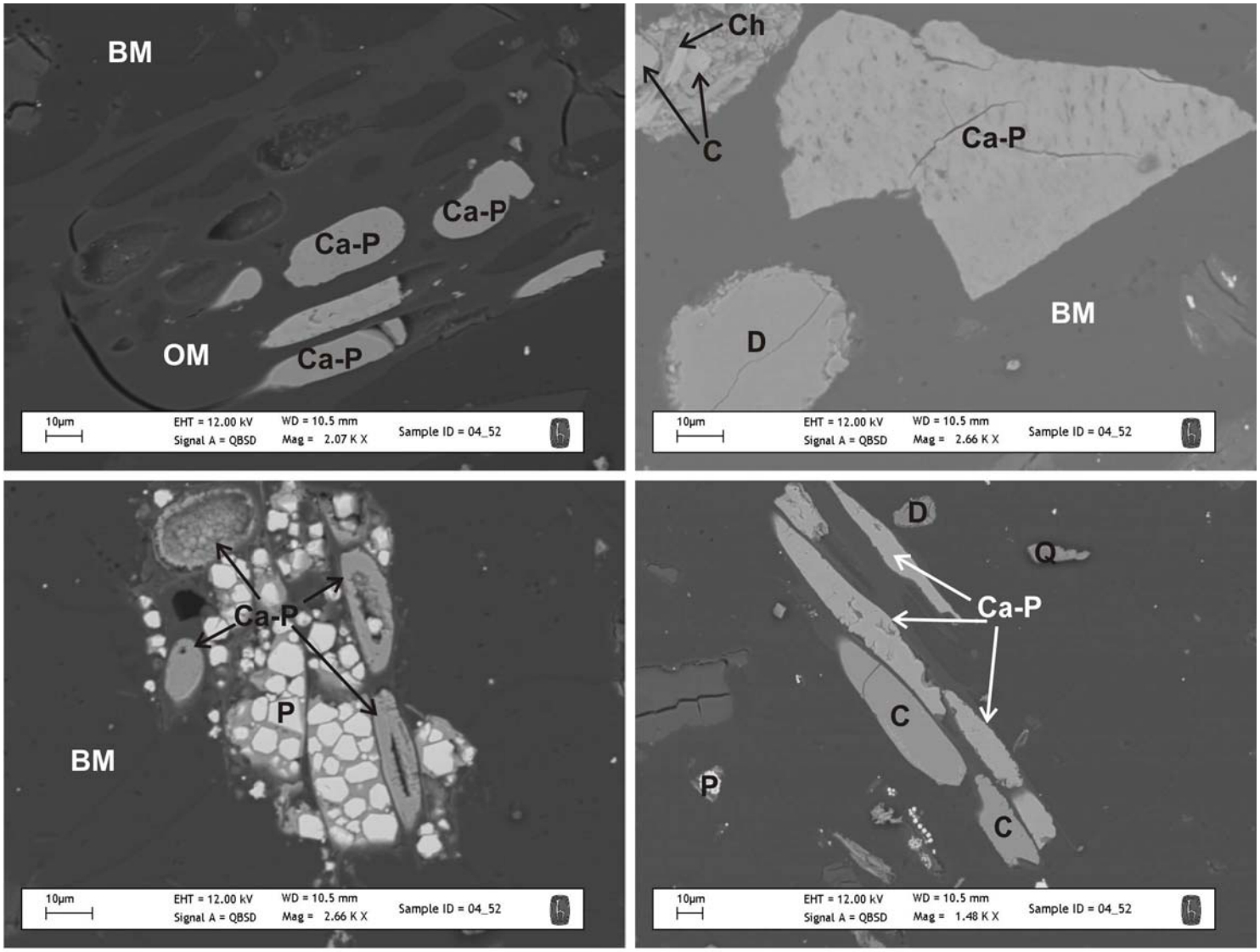
Ek Şekil 49. Şentürk damarından alınmış 04-57 ve 04-64 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit, Q=silika, K=kaolinit, I=illit, Ch=klorit, K-F=potasyum feldispat, C=$CaCO_3$, D=dolomit.



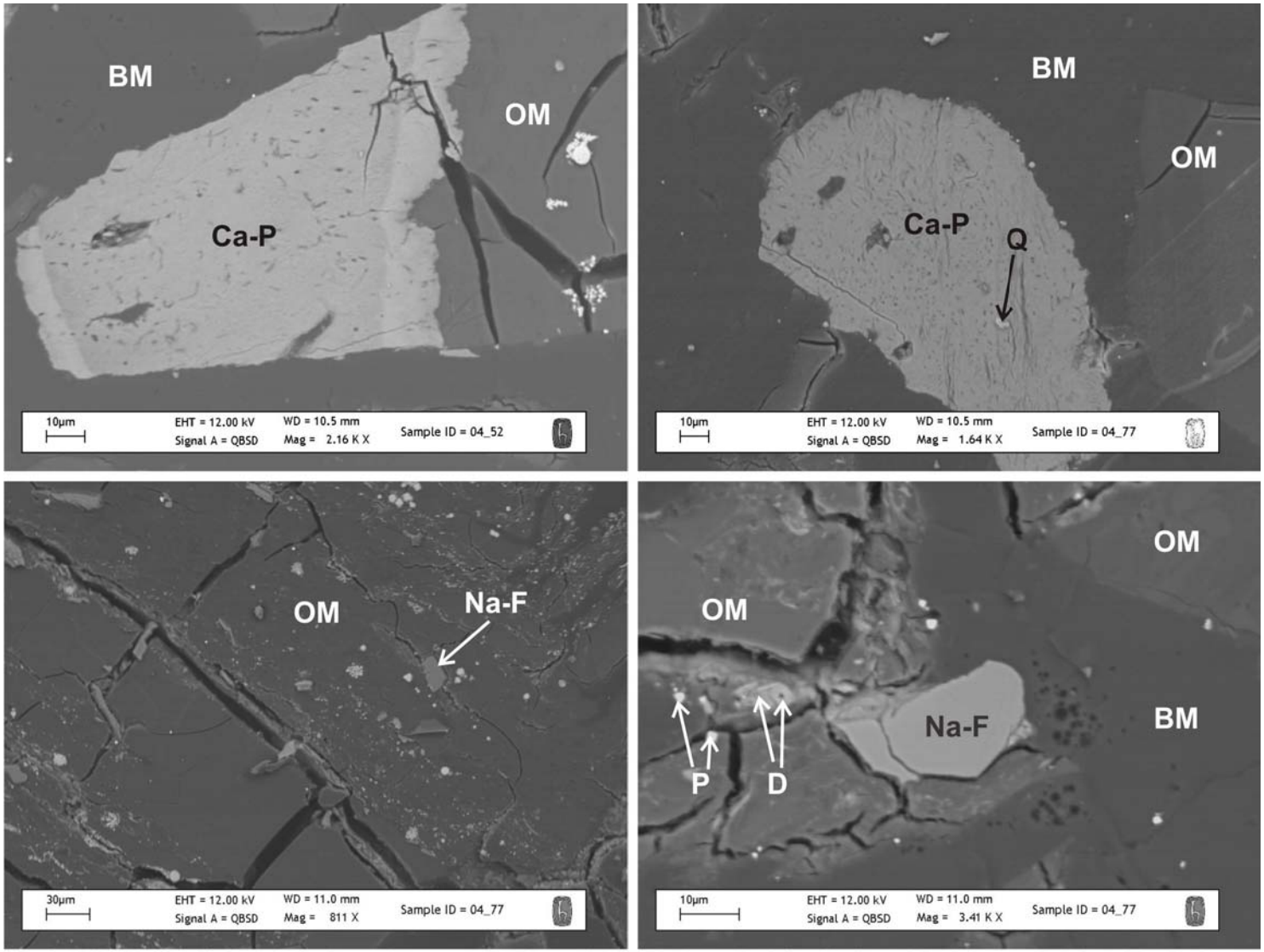
Ek Şekil 50. Şerif damarından alınan 04-73 lab nolu kömür örneğine ait SEM görüntüleri ve spektrumların EDX grafikleri. (A ve C) İz oranda Si içeren $CaCO_3$ bileşimli fosil kavkısı (S1, S3). (B) Kömür içerisinde $CaCO_3$ bileşimli fosil kavkısı (S2).



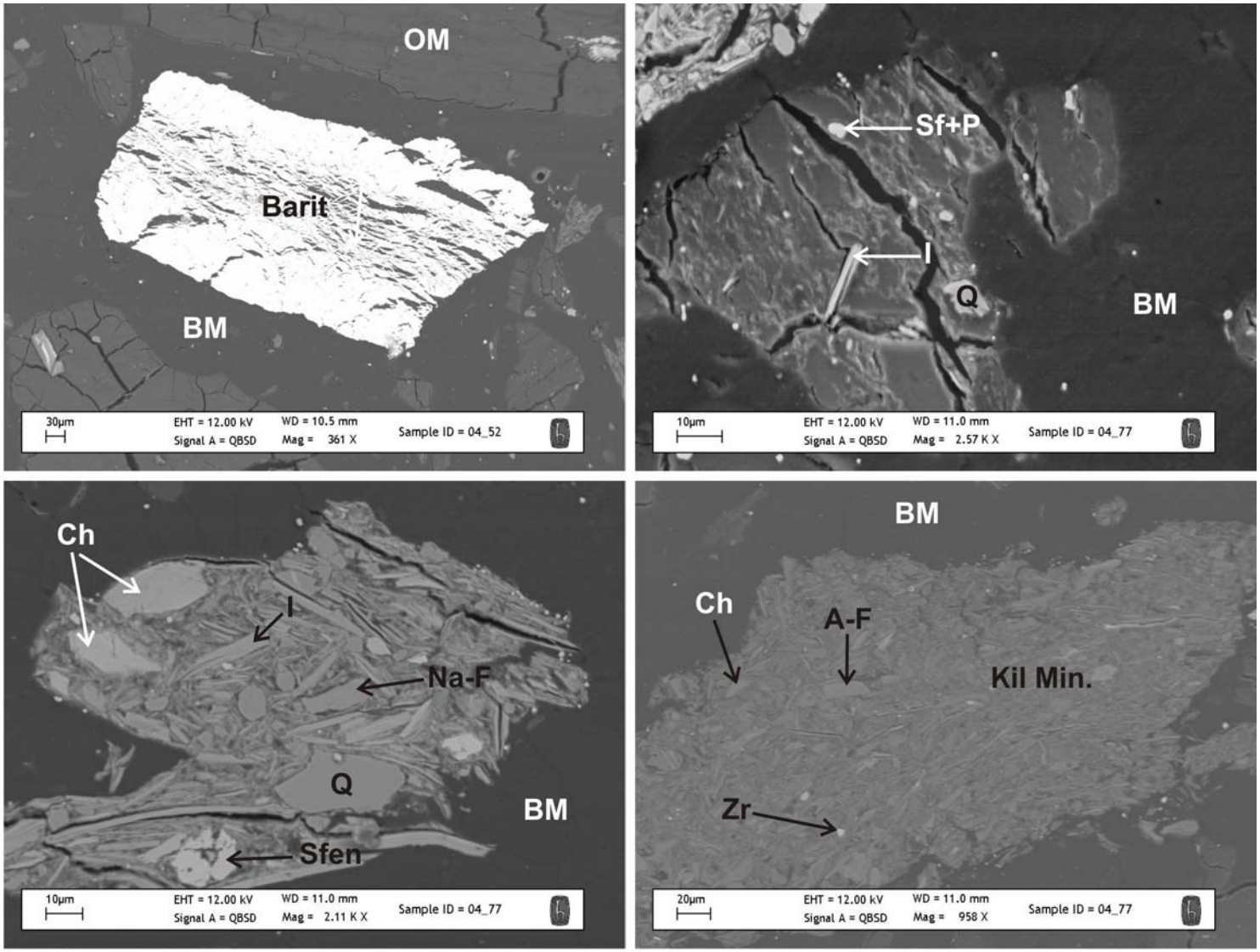
Ek Şekil 51. Şerif damarından alınmış 04-52 ve 04-73 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=Bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit, Q=silika, Plj=plajiyoklaz, C=$CaCO_3$, K=kaolinit.



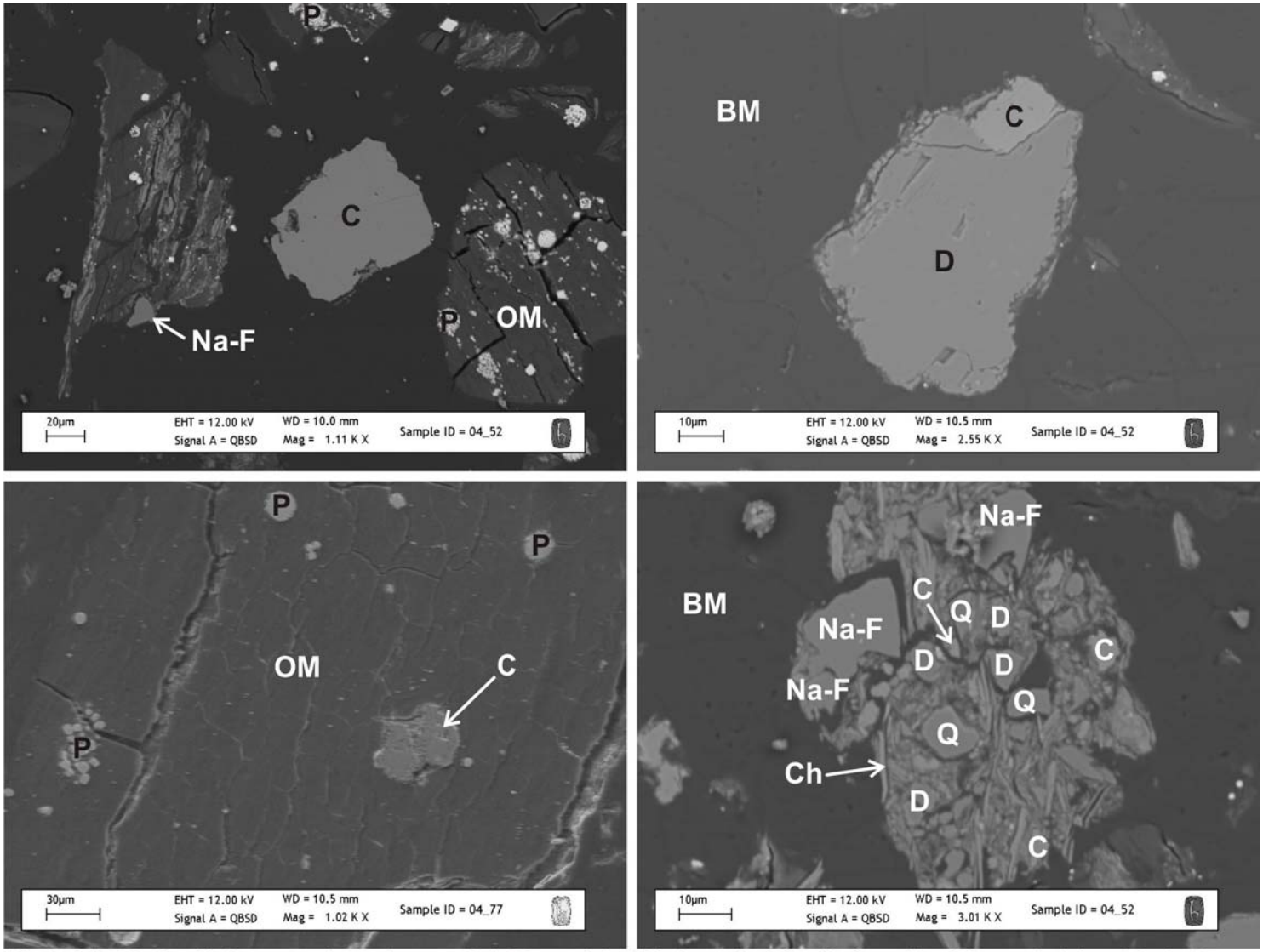
Ek Şekil 52. Şerif damarından alınmış 04-52 lab. nolu kömür örneğinin parlak kesitinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Ca-P=apatit, D=dolomit, P=pirit, Q=silika, Ch=klorit, C=$CaCO_3$.



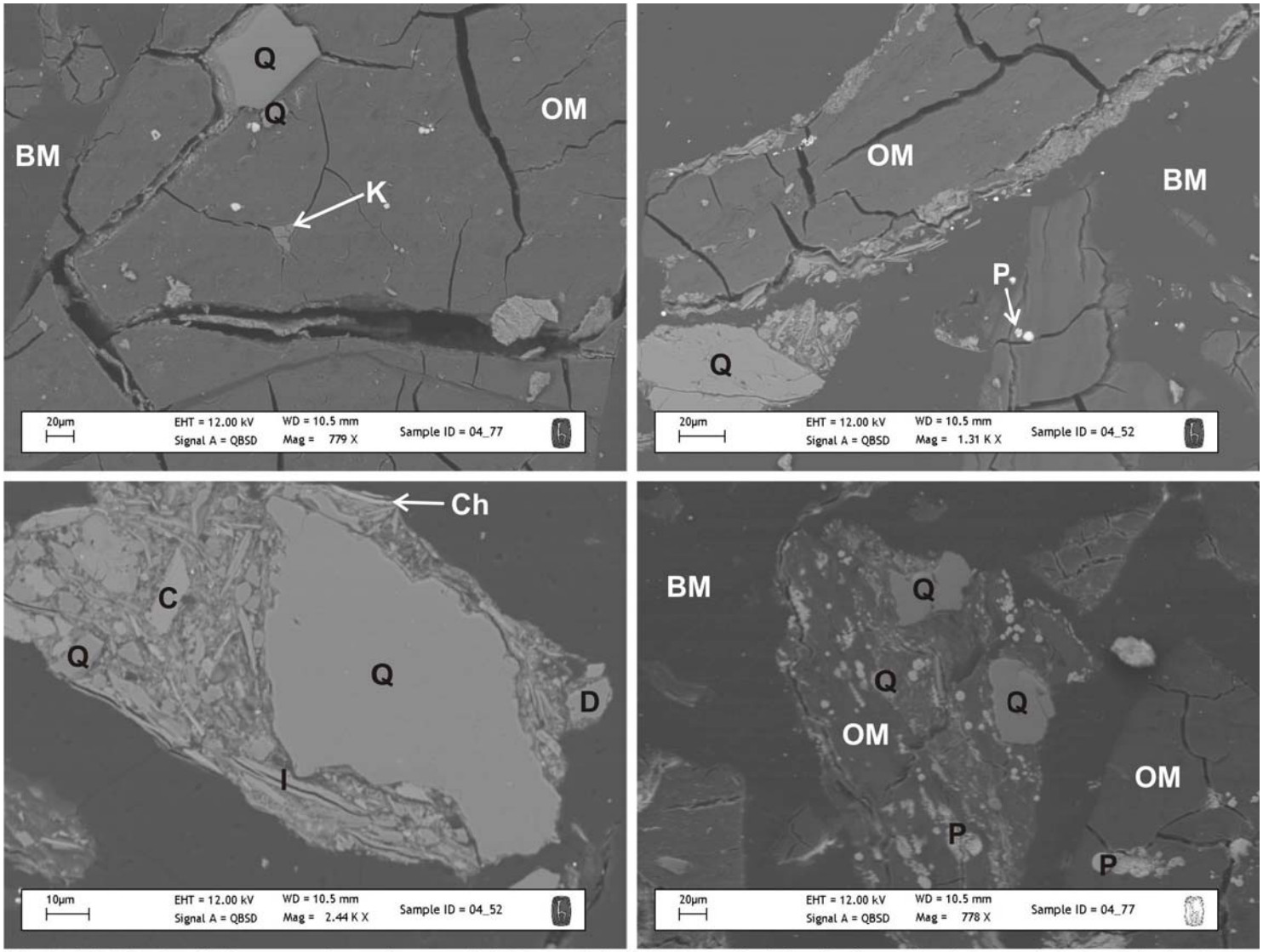
Ek Şekil 53. Şerif damarından alınmış 04-52 ve 04-77 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Ca-P=apatit, D=dolomit, P=pirit, Q=silika, Na-F=sodyum feldispat.



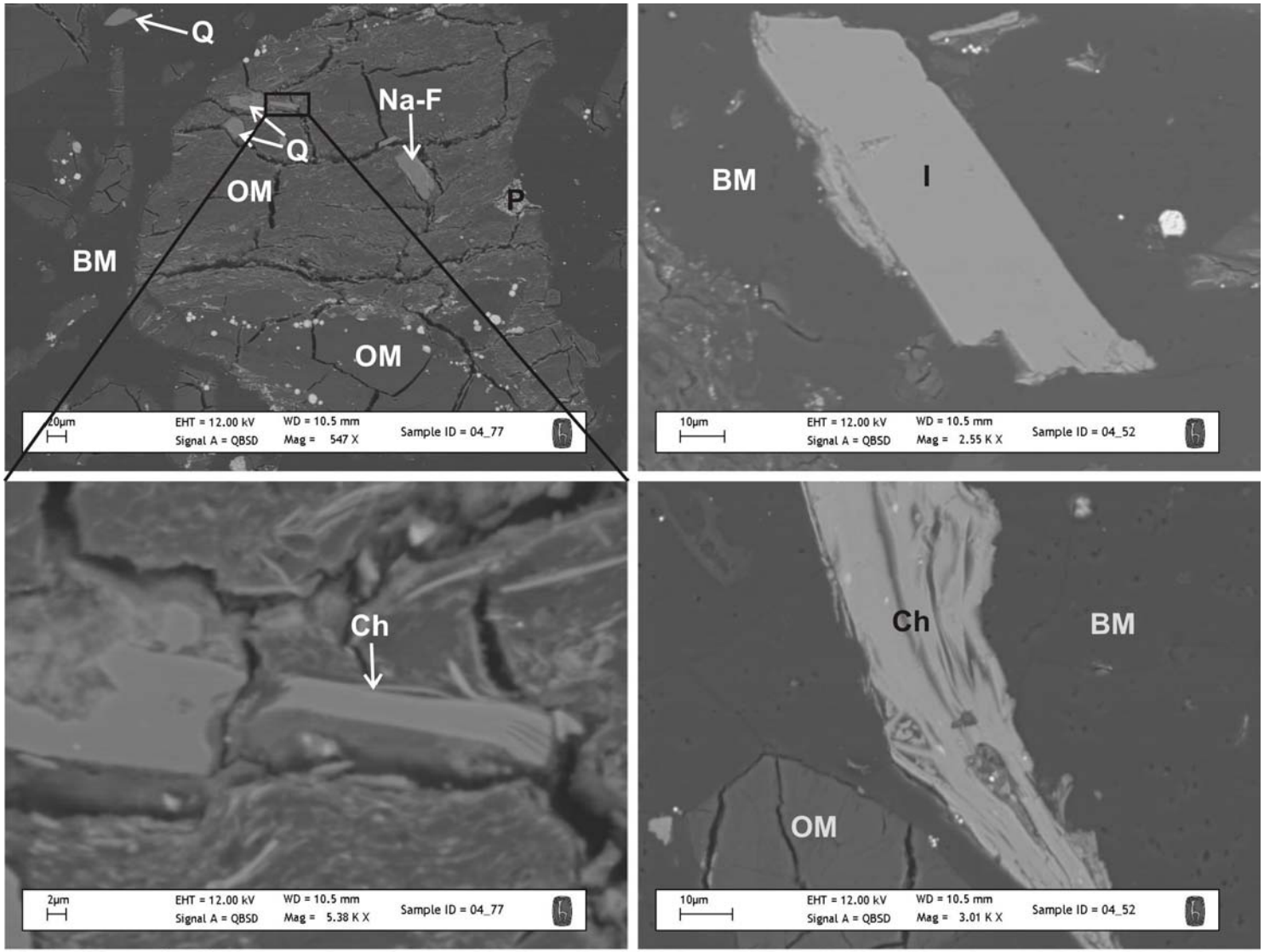
Ek Şekil 54. Şerif damarından alınmış 04-52 ve 04-77 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Sf=sfen, I=illit, Ch=klorit, P=pirit, Q=silika, Na-F=sodyum feldispat, A-F=alkali feldispat, Zr=zirkon, Kil min.=kil mineralleri.



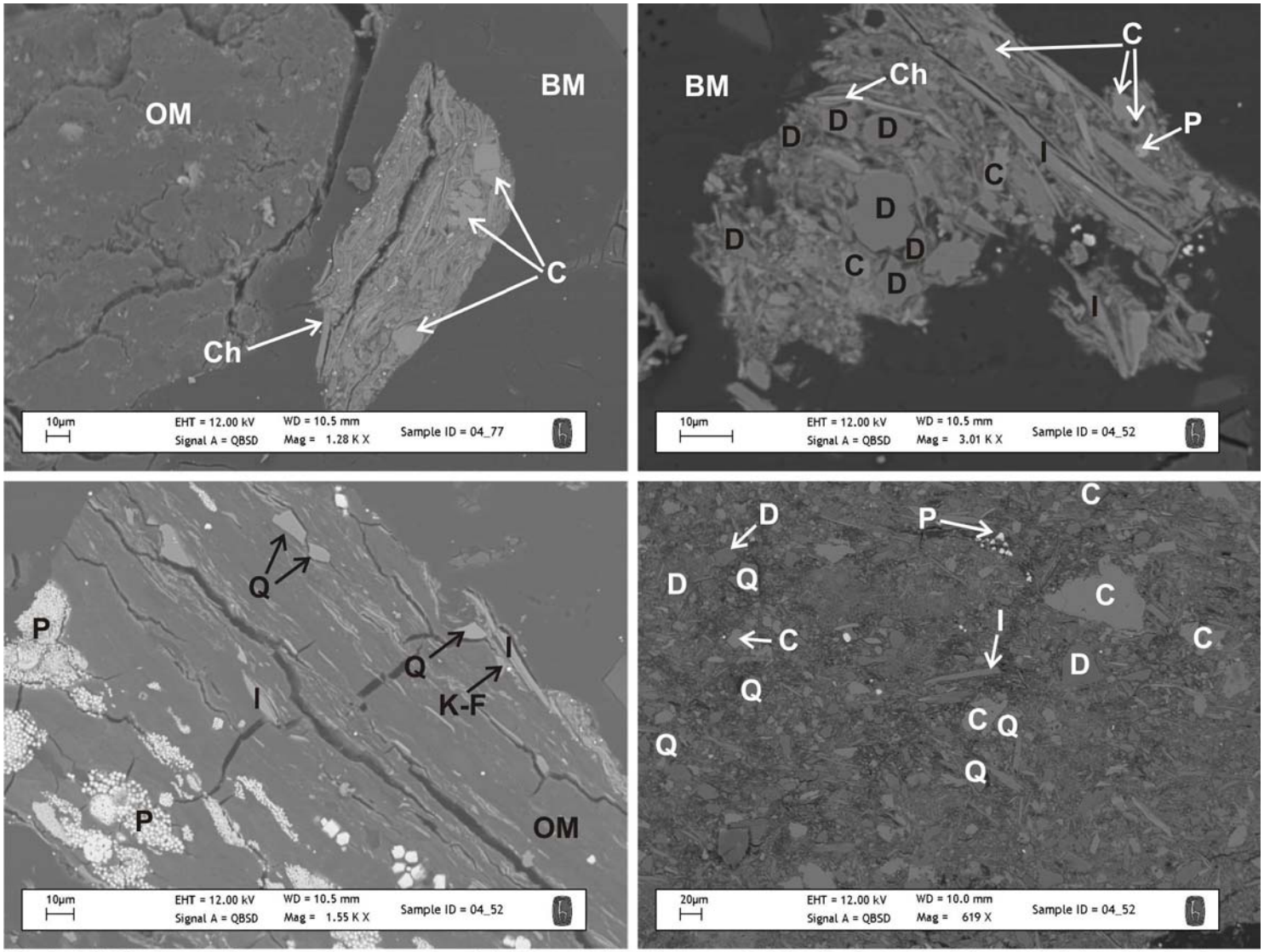
Ek Şekil 55. Şerif damarından alınmış 04-52 ve 04-77 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, D=dolomit, C=$CaCO_3$, Ch=klorit, P=pirit, Q=silika, Na-F=sodyum feldispat.



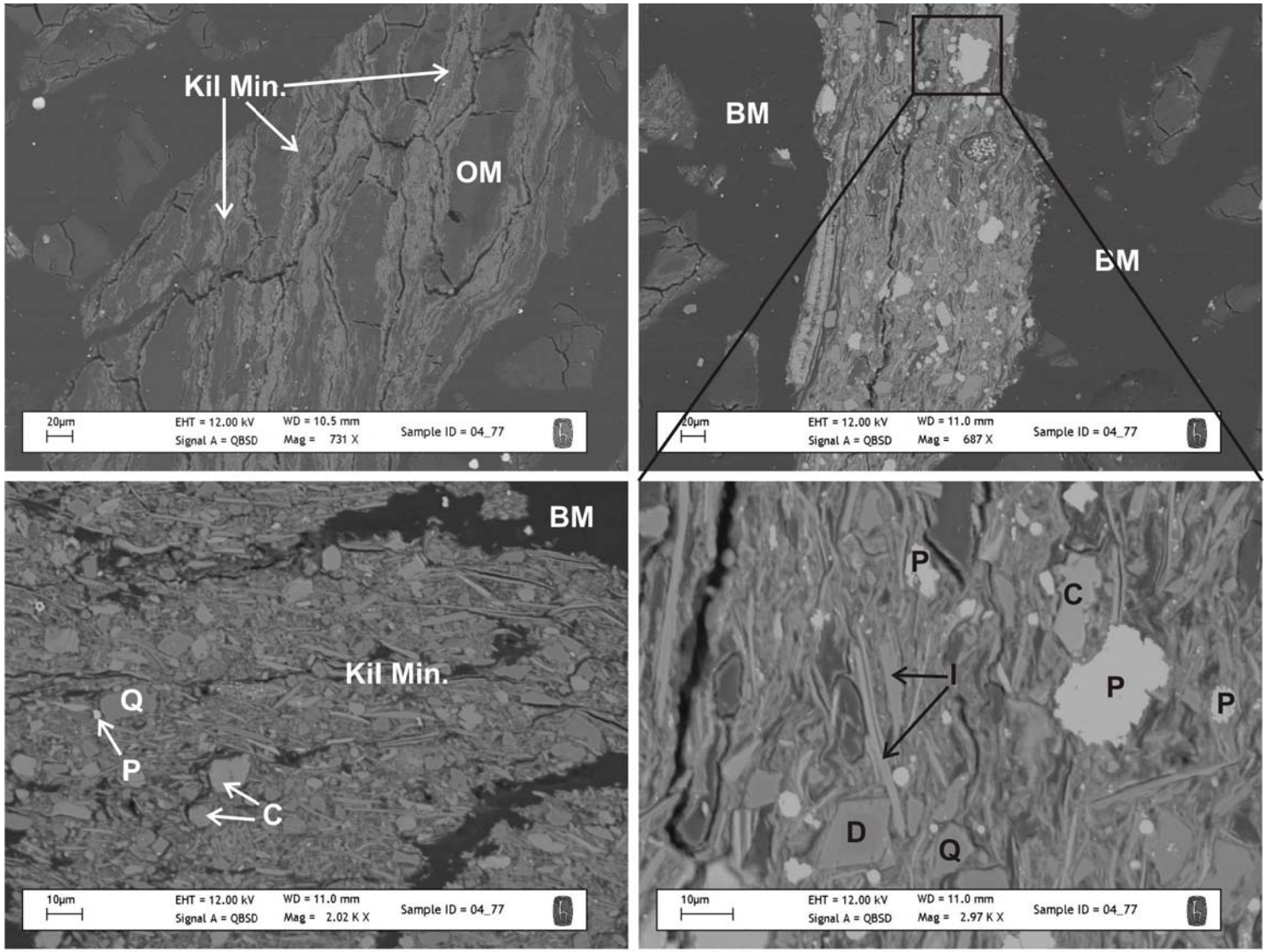
Ek Şekil 56. Şerif damarından alınmış 04-52 ve 04-77 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit, K=kaolinit, I=illit, C=$CaCO_3$, D=dolomit, Ch=klorit, Q=silika.



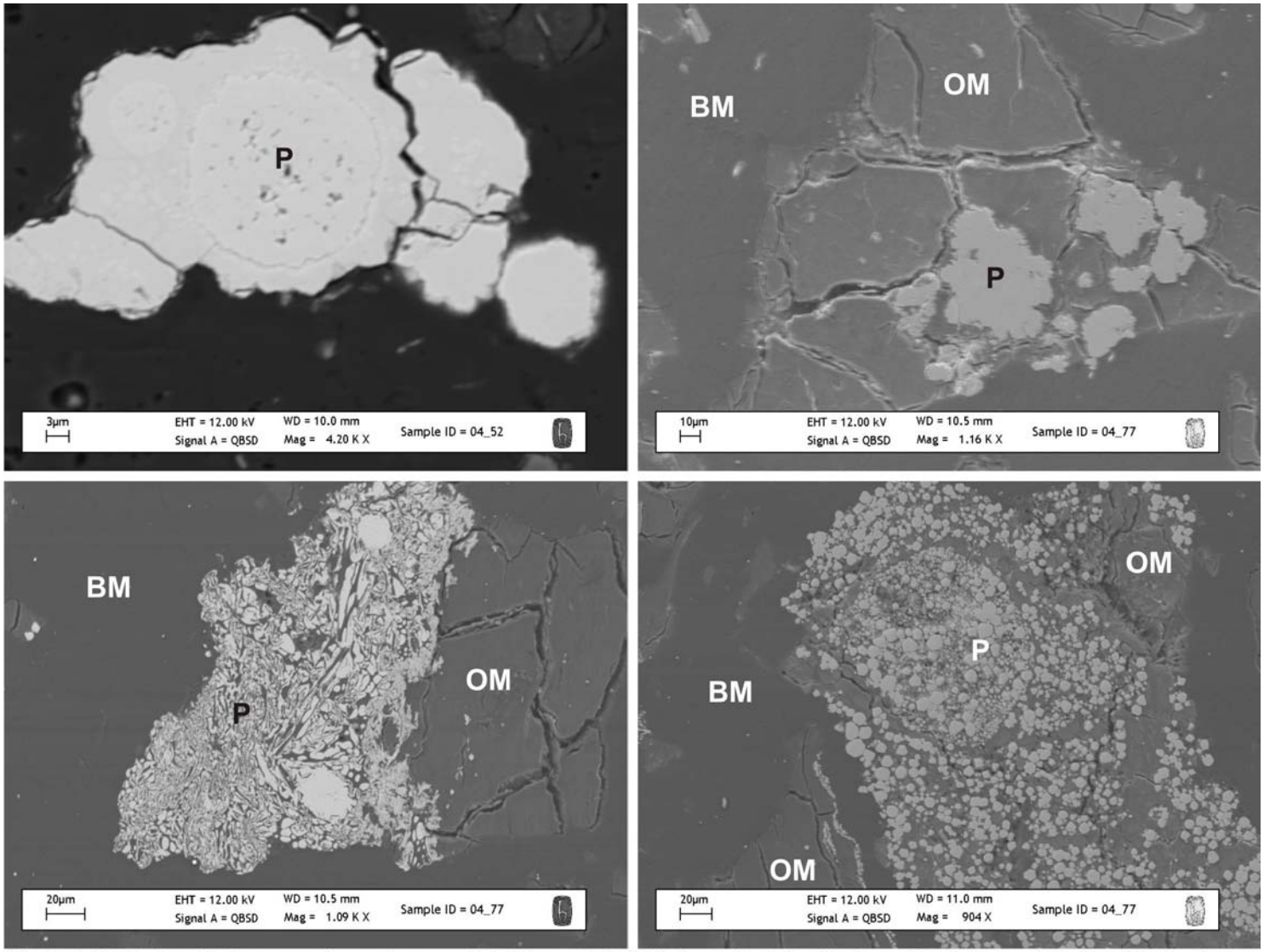
Ek Şekil 57. Şerif damarından alınmış 04-52 ve 04-77 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit, I=illit, Ch=klorit, Q=silika, Na-F=sodyum feldispat.



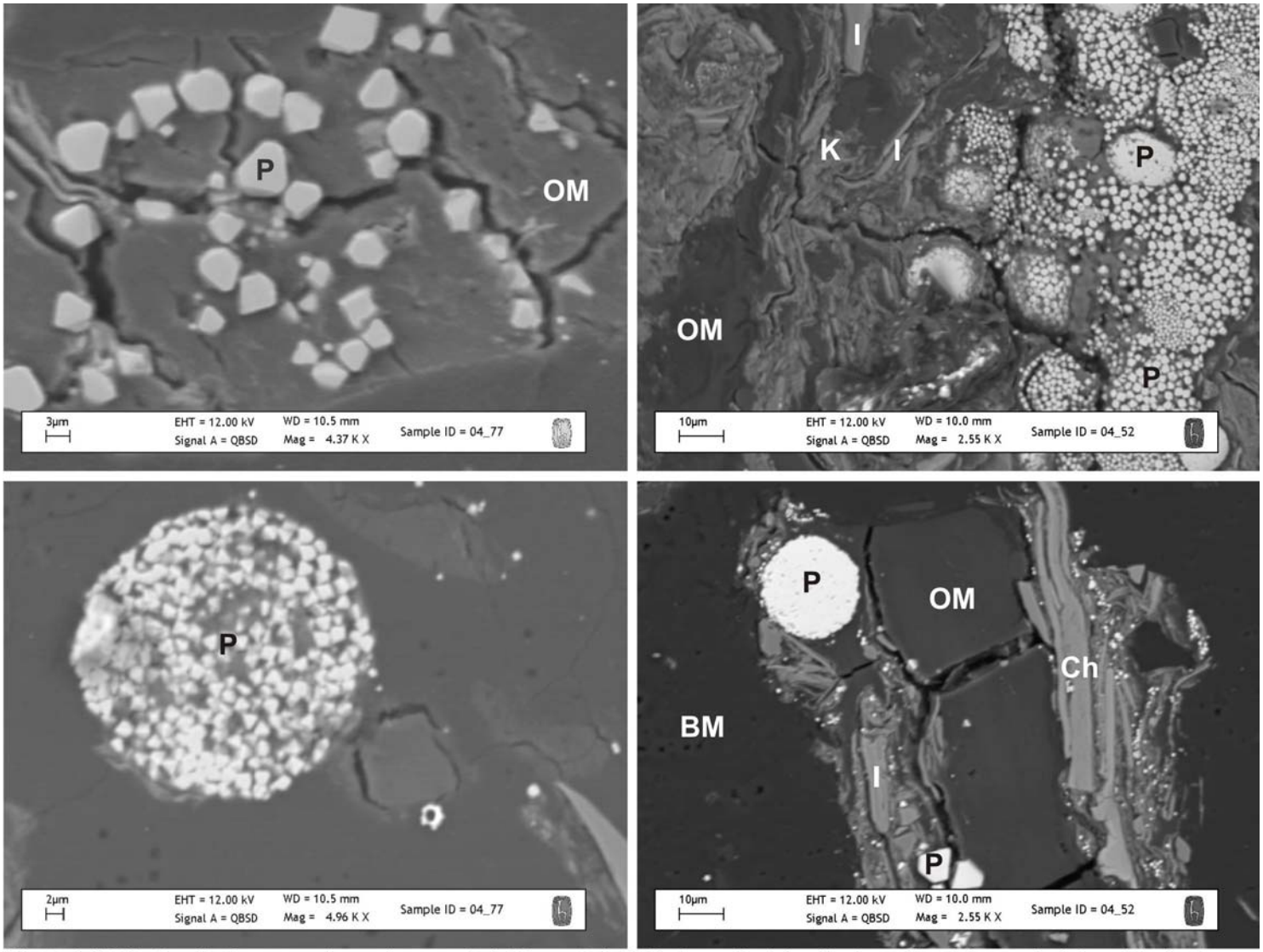
Ek Şekil 58. Şerif damarından alınmış 04-52 ve 04-77 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit, I=illit, Ch=klorit, C=$CaCO_3$, D=dolomit, Q=silika, K-F=potasyum feldispat.



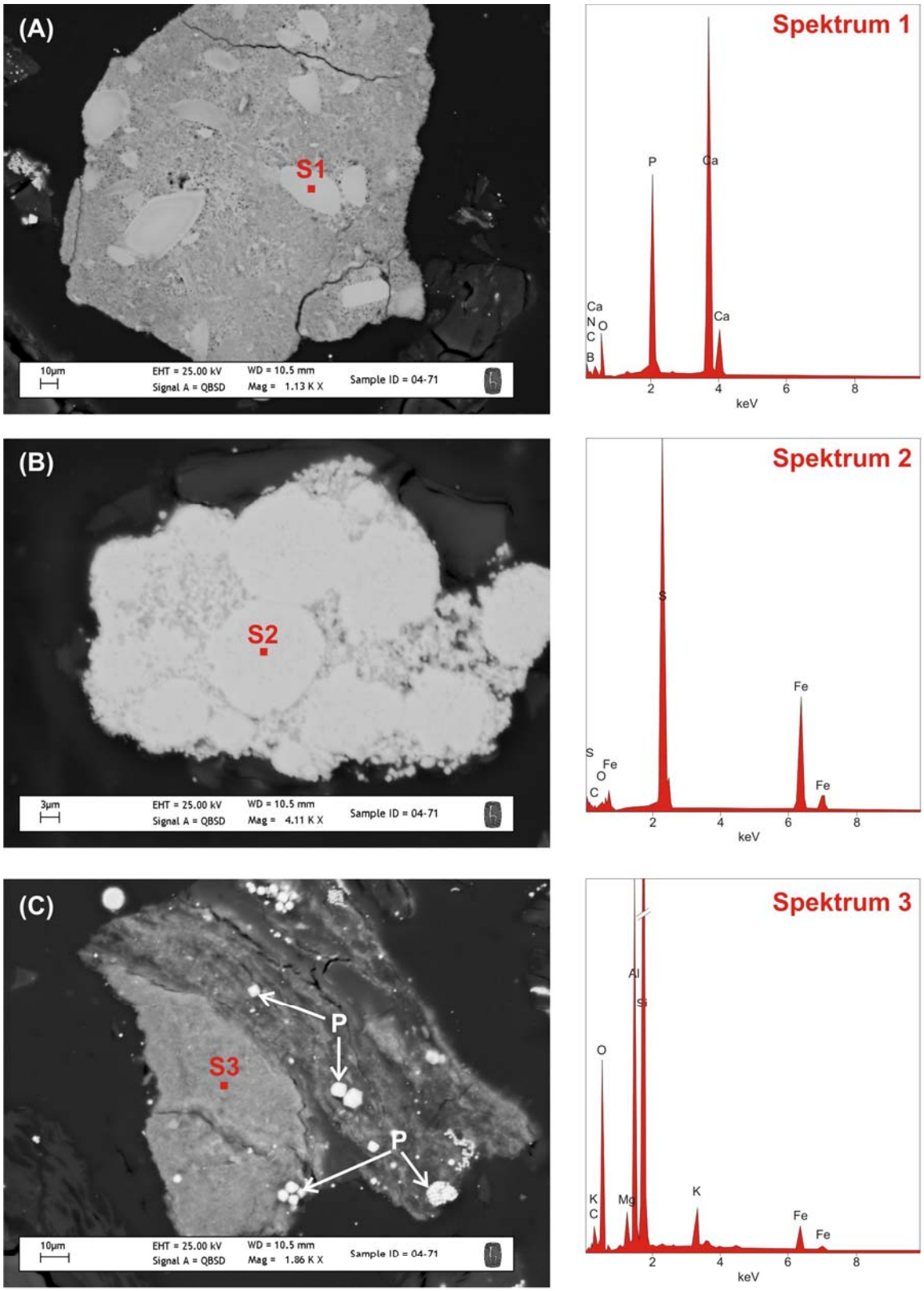
Ek Şekil 59. Şerif damarından alınmış 04-77 lab. nolu kömür örneğinin parlak kesitinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit, I=illit, C=$CaCO_3$, D=dolomit, Ch=klorit, Q=silika, Kil min.=kil mineralleri.



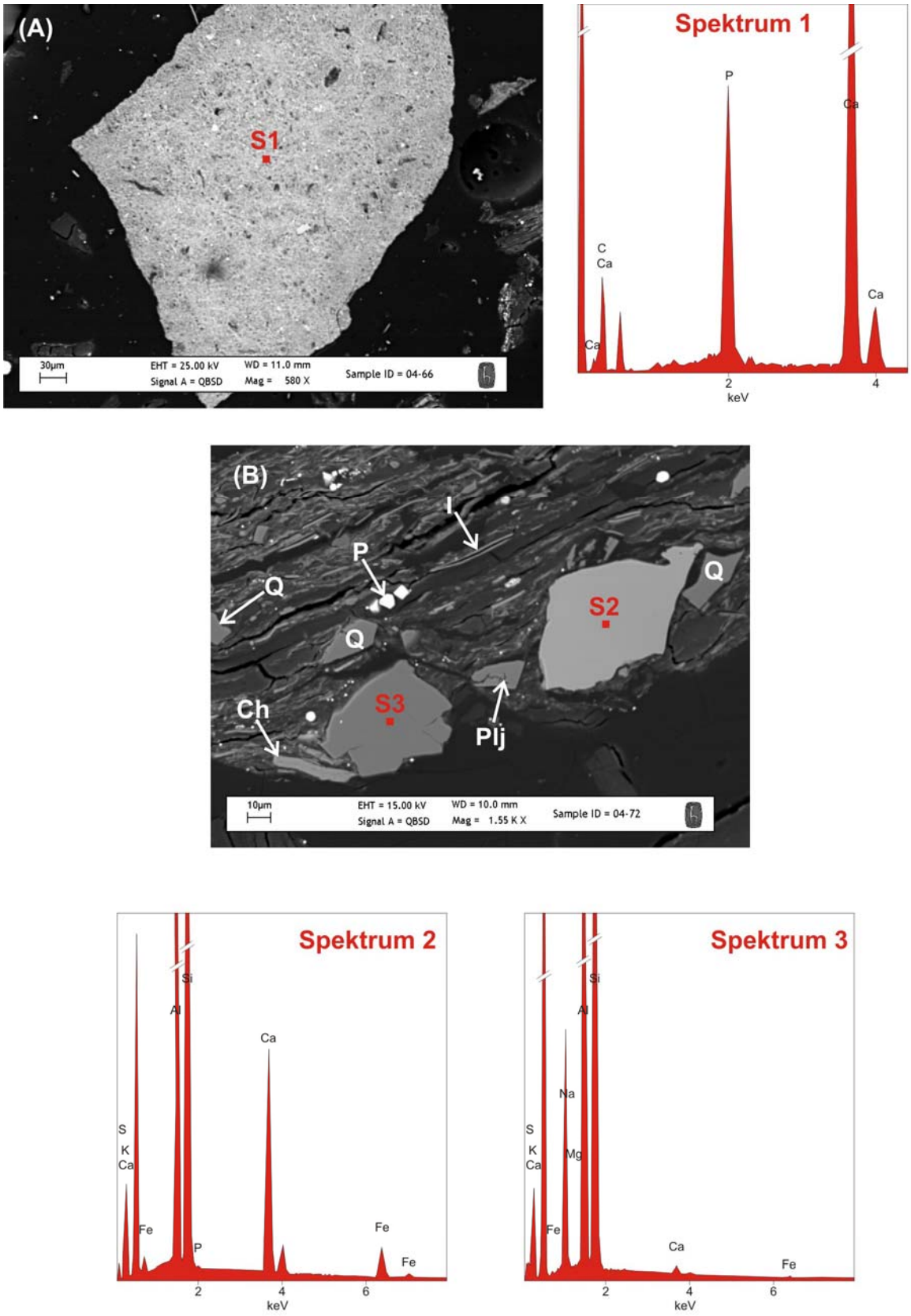
Ek Şekil 60. Şerif damarından alınmış 04-52 ve 04-77 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit.



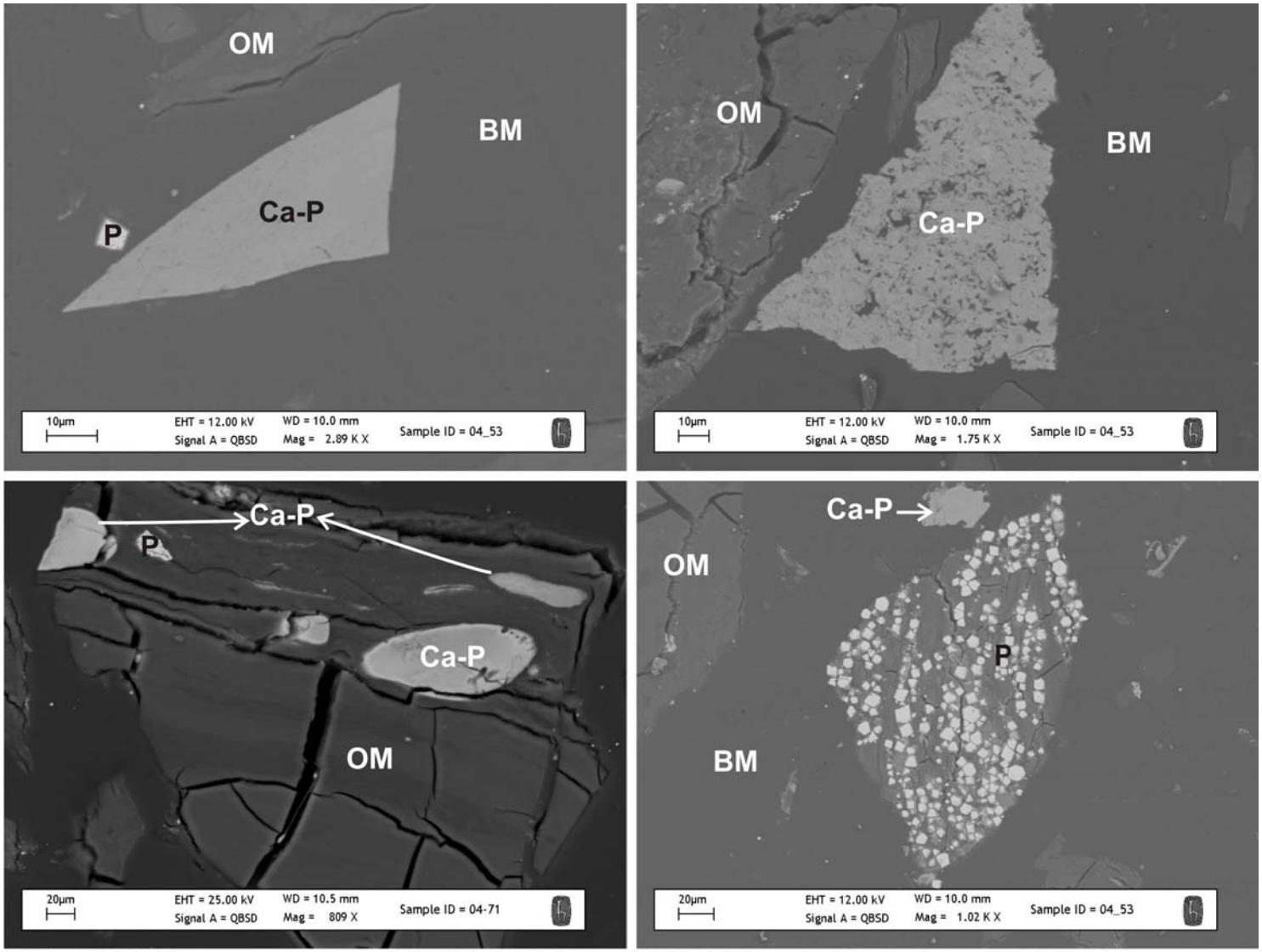
Ek Şekil 61. Şerif damarından alınmış 04-52 ve 04-77 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit I=illit, K=kaolinit, Ch=klorit.



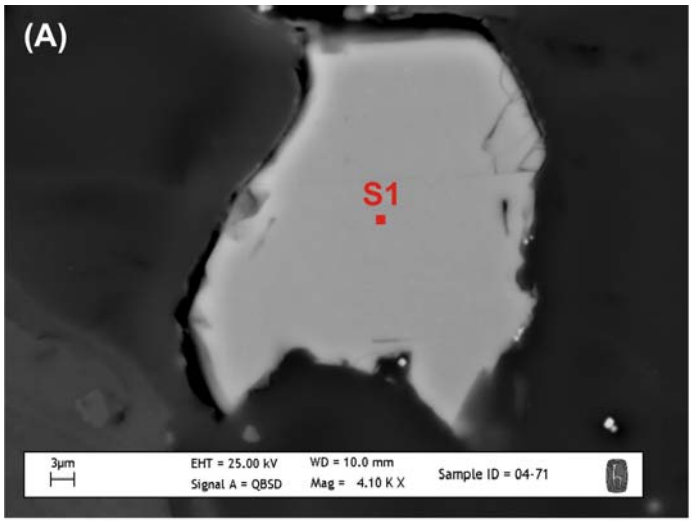
Ek Şekil 62. Ziyaçavuş damarından alınan 04-71 lab nolu kömür örneğine ait SEM görüntüleri ve EDX grafikleri. (A) Ca-P (Apatit) (S1). (B) Kömür içinde frombodial pirit (S2). (C) Kömür içerisinde frombodial ve kristal şekilli pirit, iz oranda K, Fe, Mg içeren kaolinit (S3).

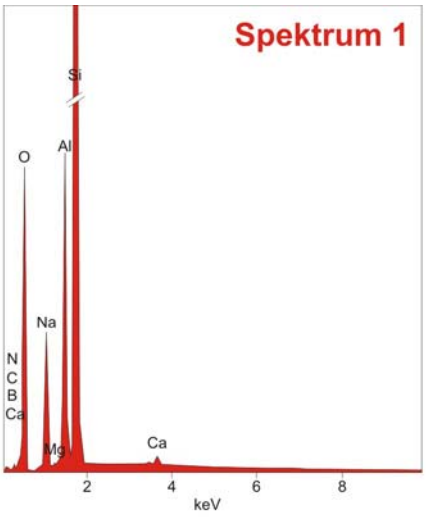


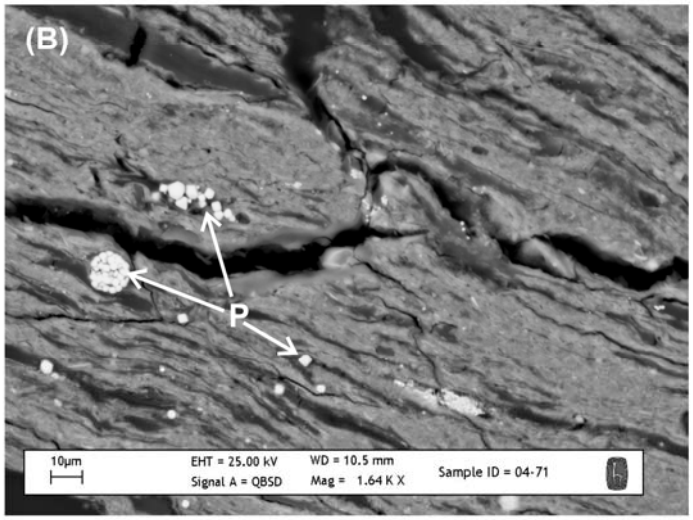
Ek Şekil 63. Ziyaçavuş damarından alınan 04-66 ve 04-72 lab nolu kömür örneklerine ait SEM görüntüleri ve EDX grafikleri. (A) Ca-P (Apatit). (B) Kömür içinde silika (Q), pirit (P), klorit (Ch), illit (I), FeCaAlSilikat (Hornblend?) (S2), Na-Feldispat (S3).

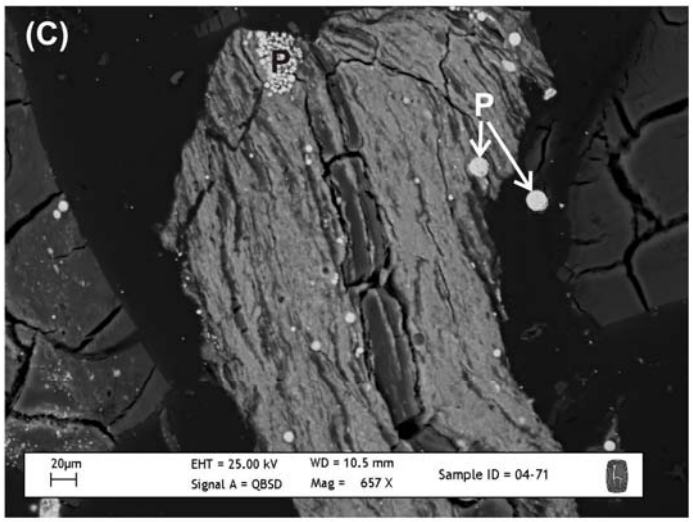


Ek Şekil 64. Ziyaçavuş damarından alınmış 04-53 ve 04-71 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit, Ca-P=apatit.

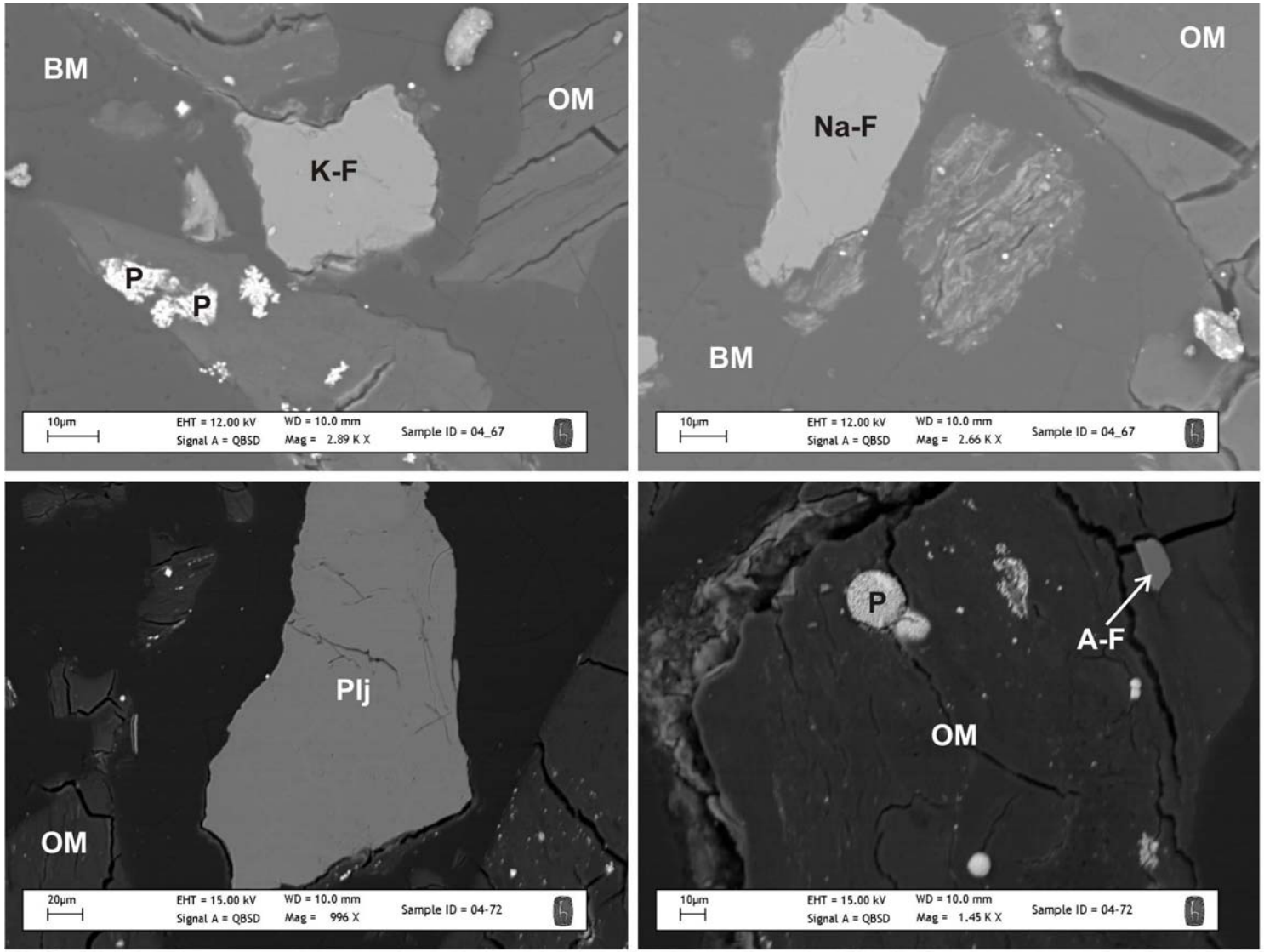




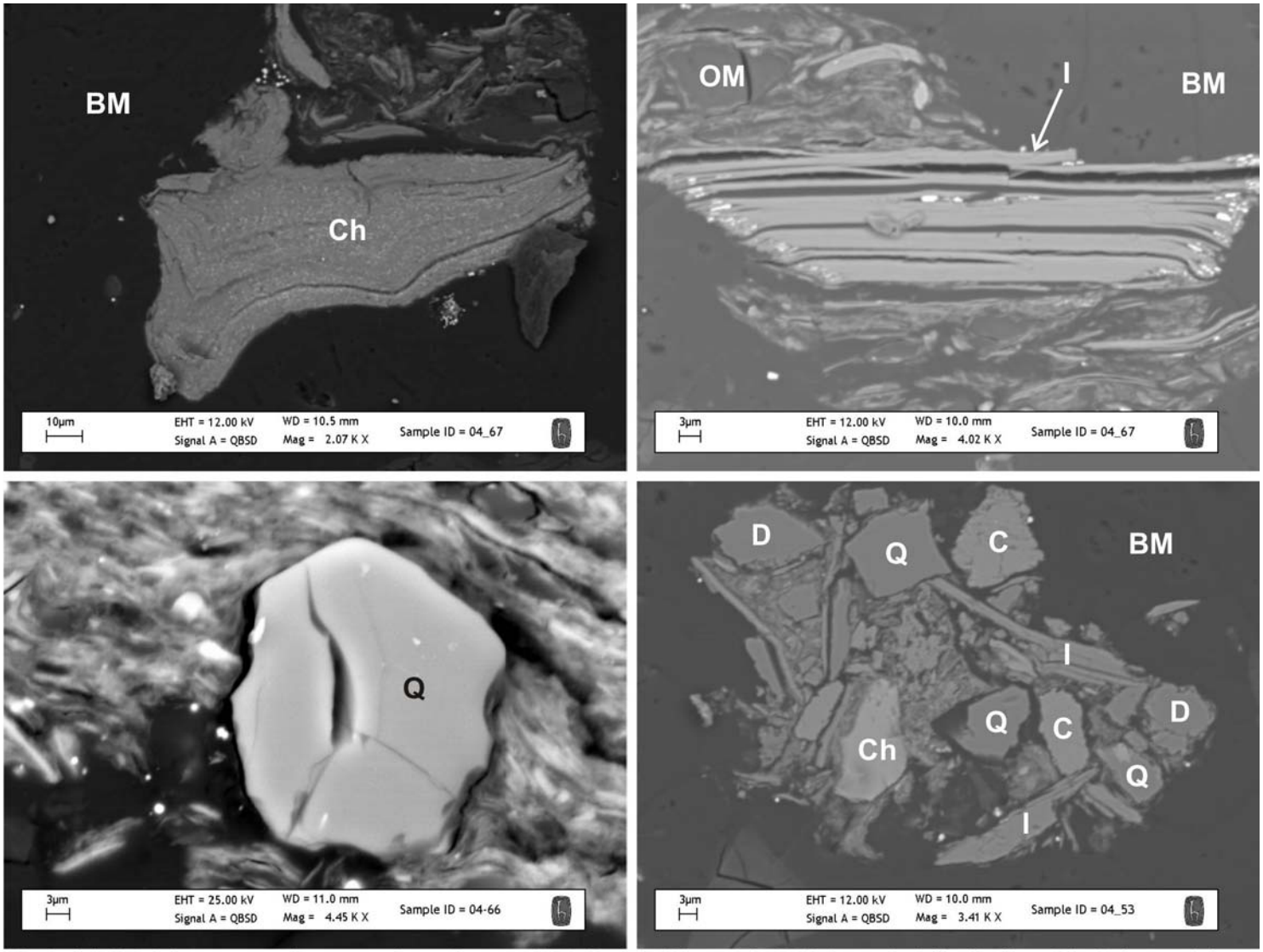




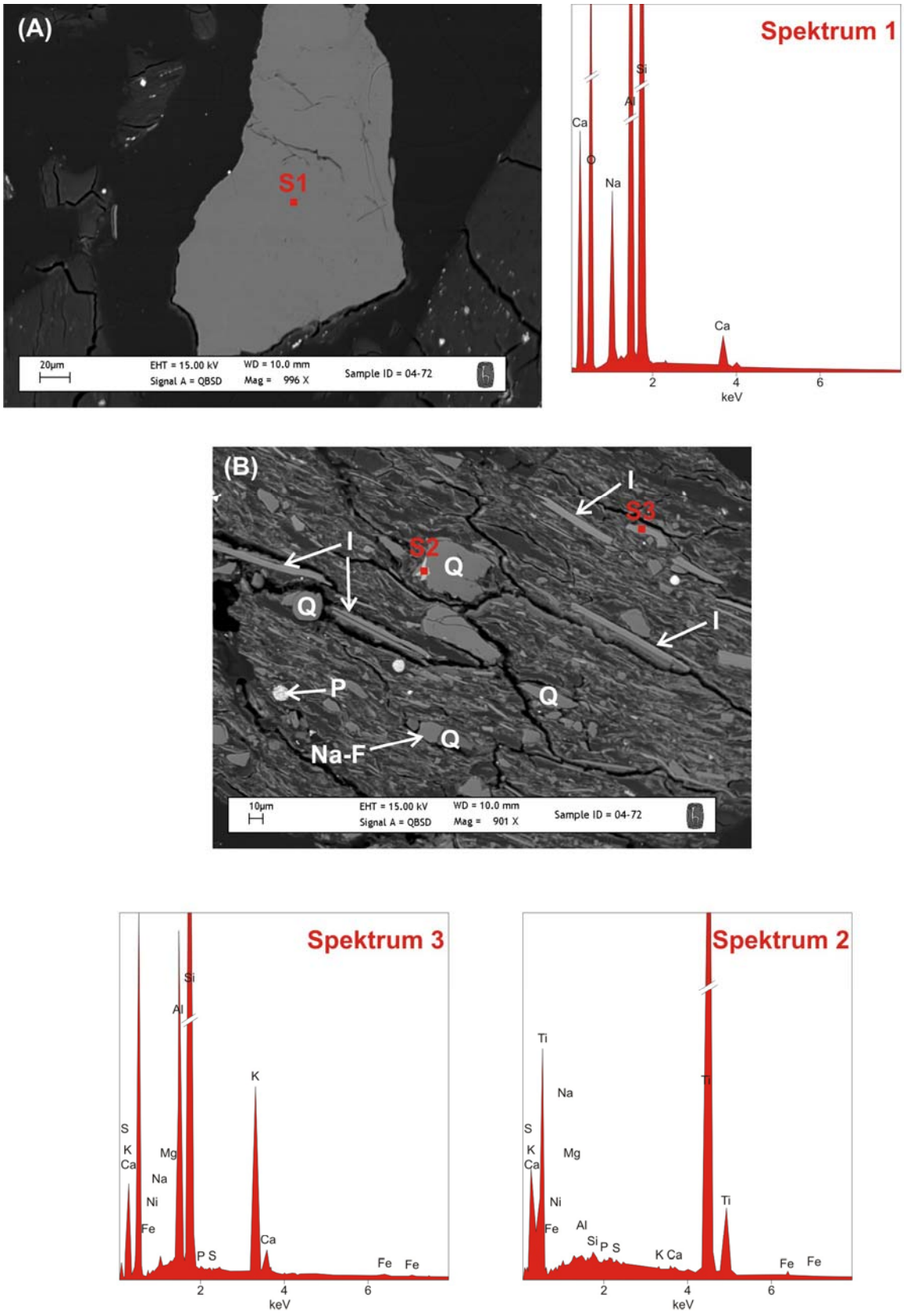
Ek Şekil 65. Ziyaçavuş damarından alınan 04-71 lab nolu kömür örneğine ait SEM görüntüleri ve EDX grafikleri. (A) Na-Feldispat (S1). (B) Kömür içinde iz oranda K, Fe, Mg içeren kil mineralleri, pirit. (C) Kömür içinde kil mineralleri, pirit.



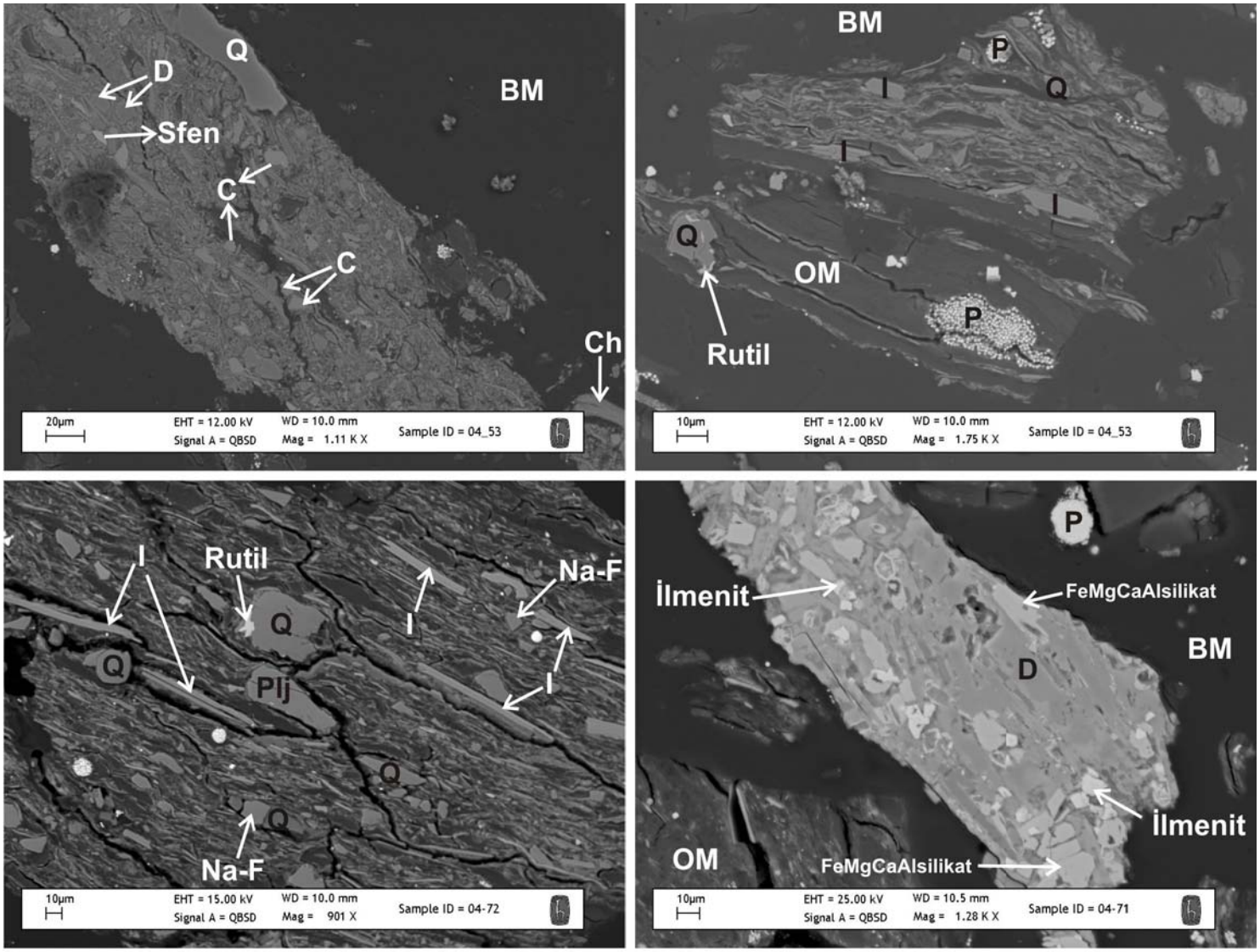
Ek Şekil 66. Ziyaçavuş damarından alınmış 04-67 ve 04-72 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit, K-F=potasyum feldispat, Na-F=sodyum feldispat, A-F=alkali feldispat, Plj=plajiyoklaz.



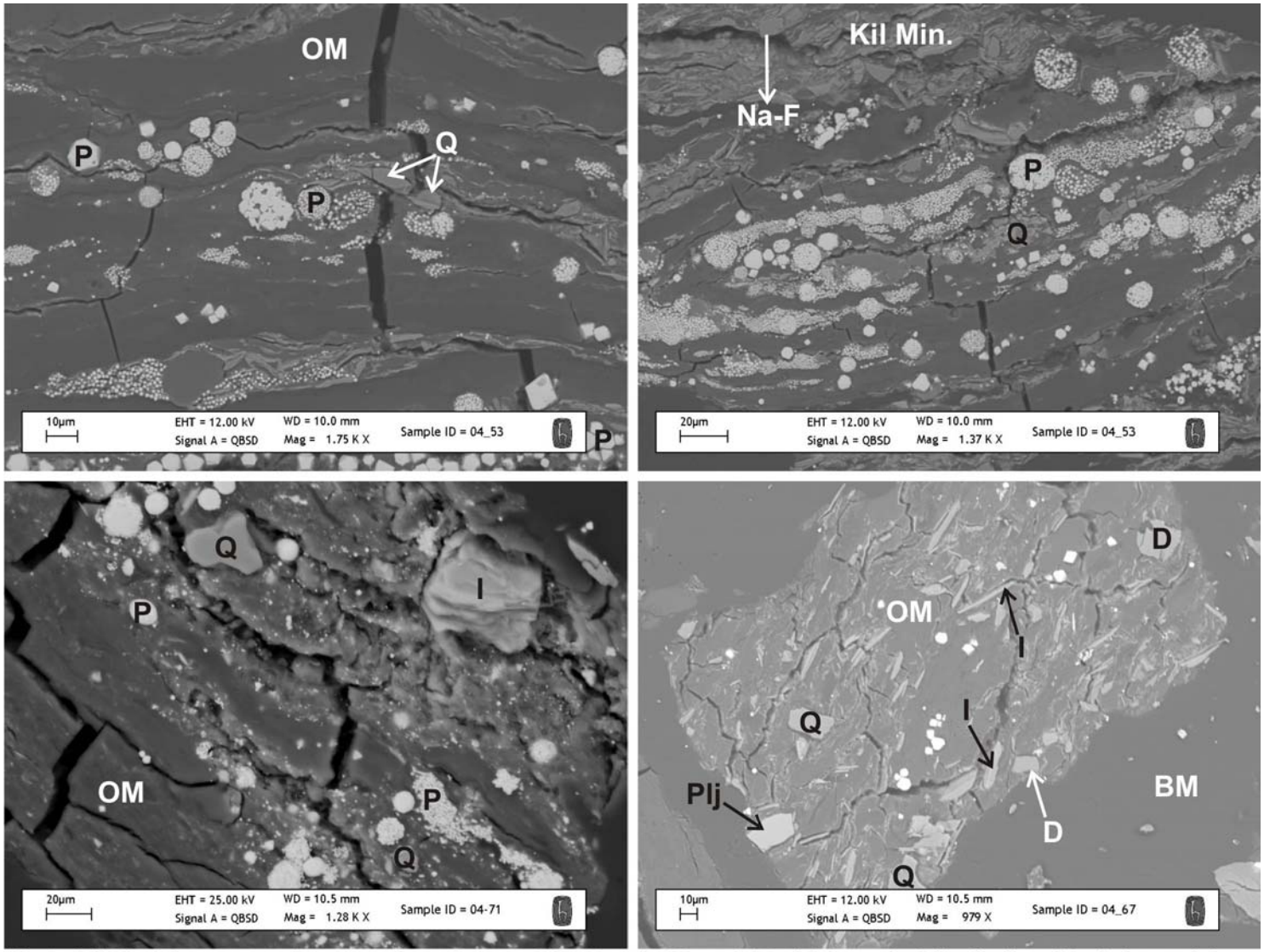
Ek Şekil 67. Ziyaçavuş damarından alınmış 04-53, 04-66 ve 04-67 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Ch=Klorit, Q=silika, I=illit, D=dolomit, C=$CaCO_3$.



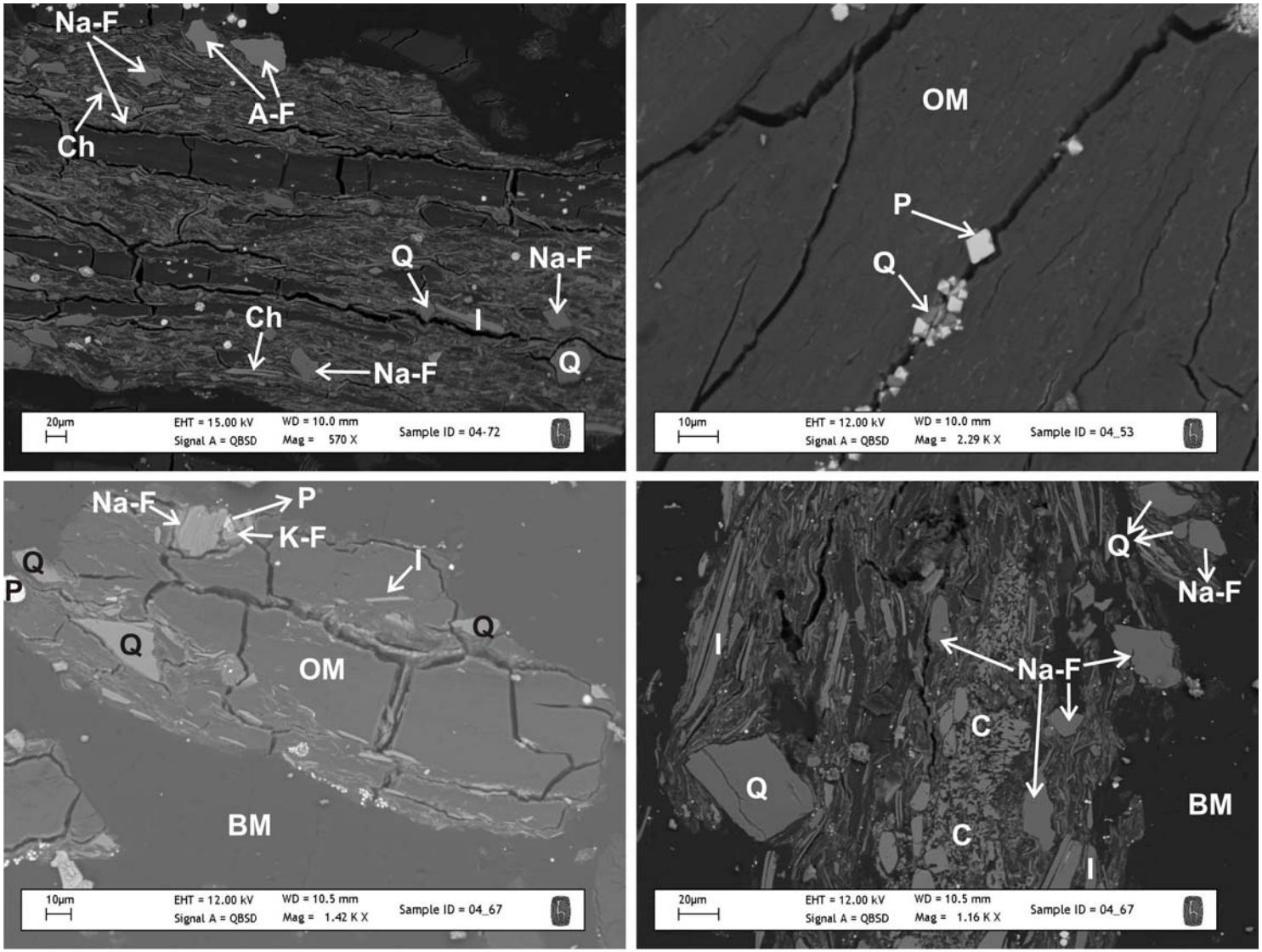
Ek Şekil 68. Ziyaçavuş damarından alınan 04-72 lab nolu kömür örneğine ait SEM görüntüleri ve EDX grafikleri. (A)Kömür içerisinde plajiyoklaz(S1). (B)Kömür içerisinde pirit (P), silika (Q), rutil (Ti-oksit) (S2), illit (I)(S3), Na-Feldispat (Na-F).



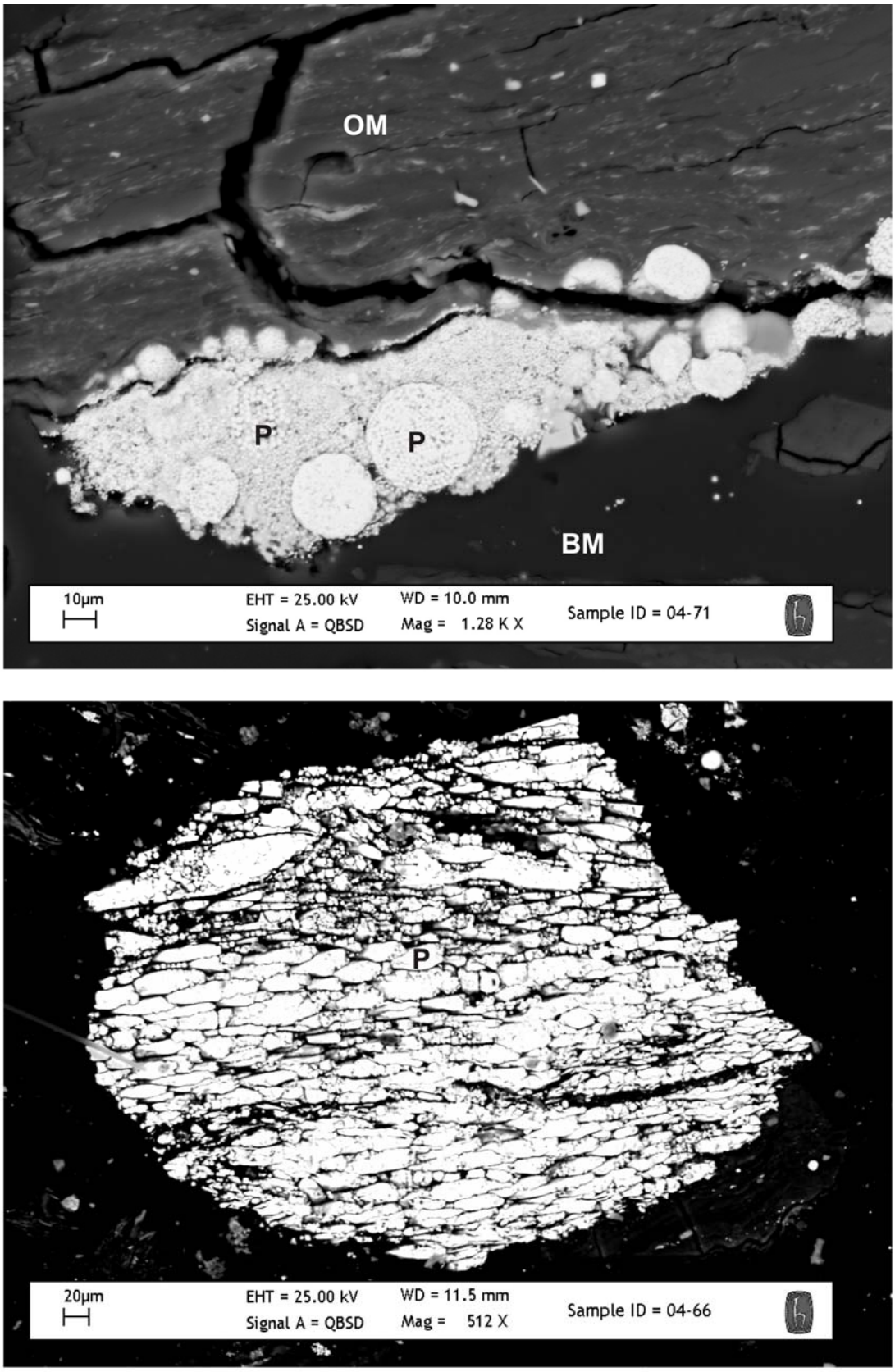
Ek Şekil 69. Ziyaçavuş damarından alınmış 04-53, 04-71 ve 04-72 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Ch=Klorit, Q=silika, I=illit, D=dolomit, Plj=plajiyoklaz, Na-F=sodyum feldispat, P=pirit, C=$CaCO_3$.



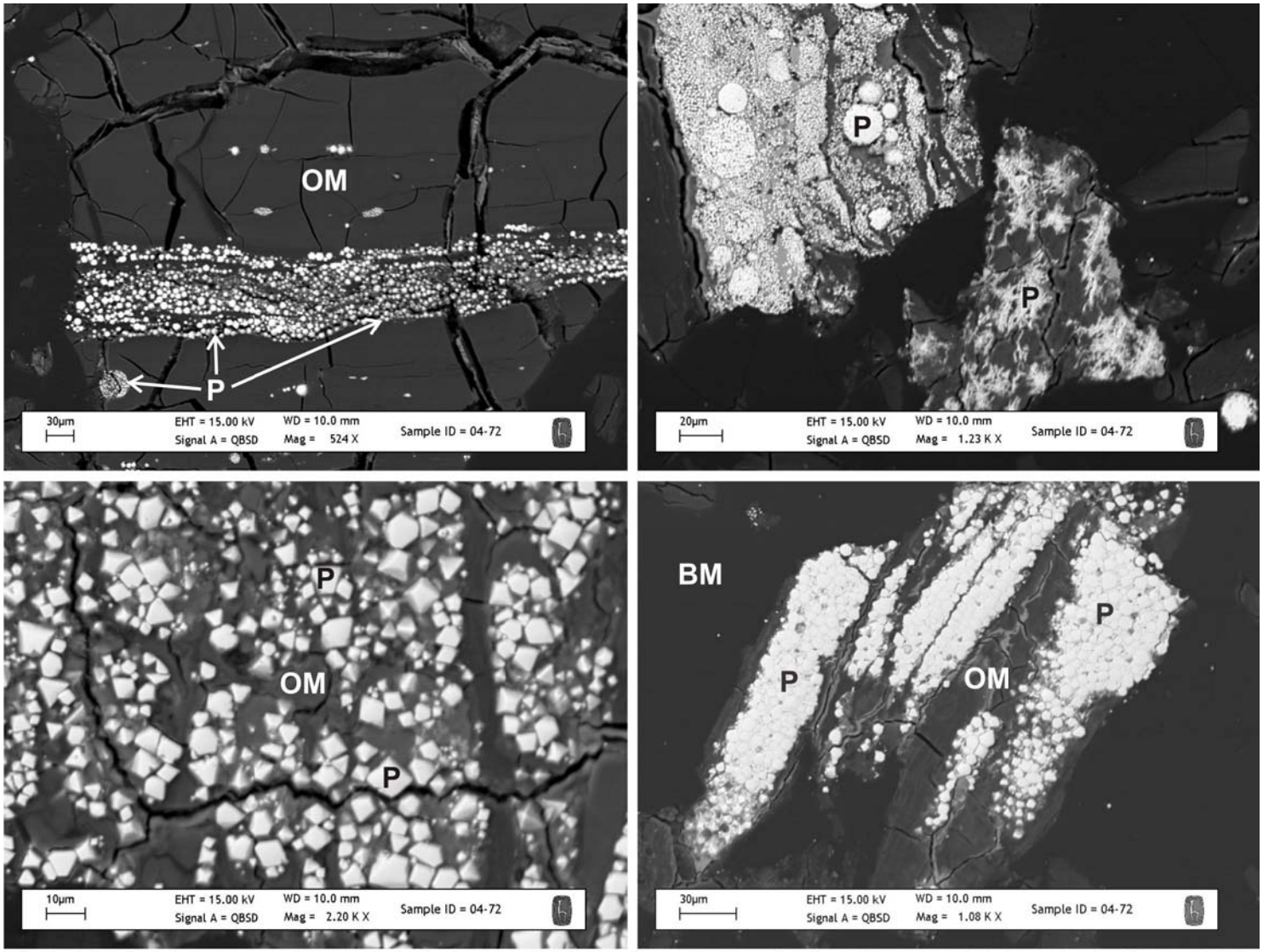
Ek Şekil 70. Ziyaçavuş damarından alınmış 04-53, 04-67 ve 04-71 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Q=silika, I=illit, D=dolomit, Plj=plajiyoklaz, Na-F=sodyum feldispat, Kil Min.=kil mineralleri, P=pirit.



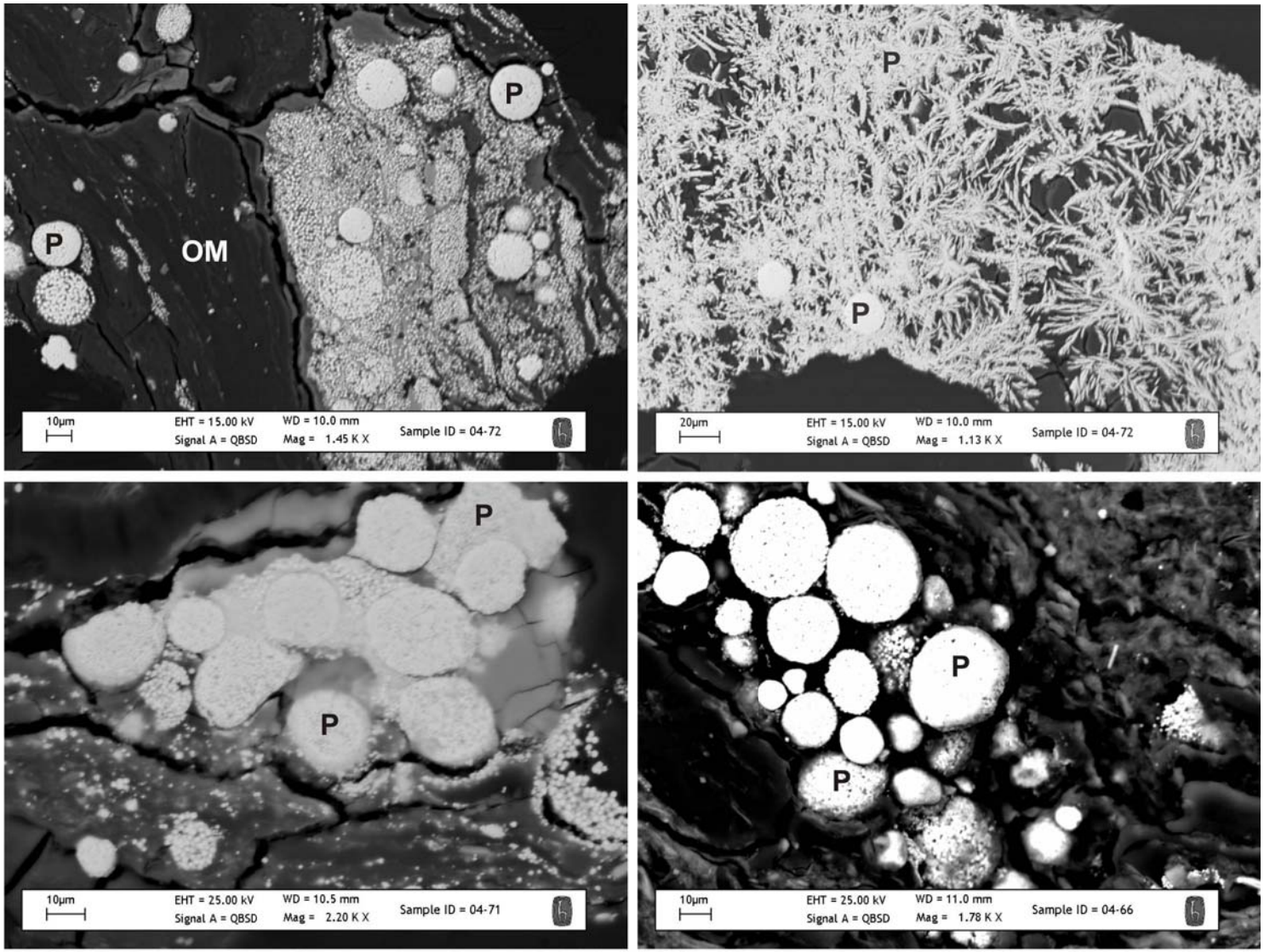
Ek Şekil 71. Ziyaçavuş damarından alınmış 04-53, 04-67 ve 04-72 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, Q=silika, Ch=klorit, I=illit, D=dolomit, Plj=plajiyoklaz, Na-F=sodyum feldispat, P=pirit, K-F=potasyum feldispat, A-F=alkali feldispat, C=$CaCO_3$.



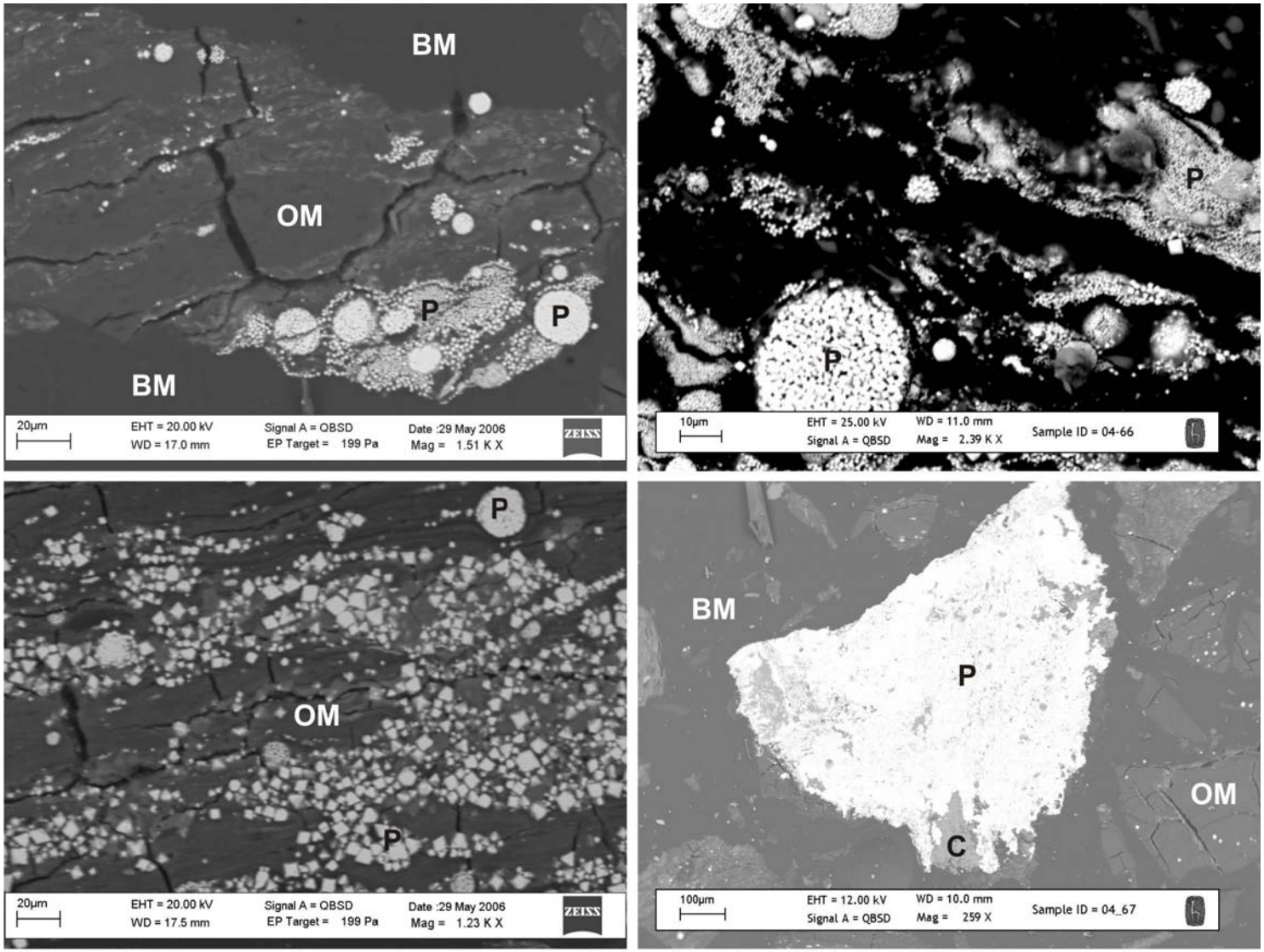
Ek Şekil 72. Ziyaçavuş damarından alınmış 04-66 ve 04-71 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit.



Ek Şekil 73. Ziyaçavuş damarından alınmış 04-72 lab. nolu kömür örneğinin parlak kesitinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit.



Ek Şekil 74. Ziyaçavuş damarından alınmış 04-66, 04-71 ve 04-72 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: OM=kömür, P=pirit.



Ek Şekil 75. Ziyaçavuş damarından alınmış 04-66, 04-67 ve 04-69 lab. nolu kömür örneklerinin parlak kesitlerinde SEM-EDX çalışmalarıyla tanımlanan mineraller. Kısaltmalar: BM=bağlayıcı madde (epofix), OM=kömür, P=pirit, C=$CaCO_3$.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa Atalay

Doğum Yeri : İstanbul

Doğum Yılı : 1977

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lisans 1997-2003 : Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

Yabancı Dil: İngilizce