ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Ali Can ÖZDEMİR

KÖMÜR AÇIK OCAK İŞLETMELERİNDE MADEN PLANLARININ OPTİMİZASYONU VE BU PLANLARIN OTOMASYONU

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2019

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÖMÜR AÇIK OCAK İŞLETMELERİNDE MADEN PLANLARININ OPTİMİZASYONU VE BU PLANLARIN OTOMASYONU

Ali Can ÖZDEMİR

DOKTORA TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 03/05/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

……	…….	……
Prof. Dr. Ahmet DAĞ DANIŞMAN	Prof. Dr. Suphi URAL ÜYE	Prof. Dr. Ali KOKANGÜL ÜYE
…….	…….	
Prof. Dr. Bayram KAHRAMAN ÜYE	Doç. Dr. Avni GÜNEY ÜYE	

Bu Tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FDK-2015-3892

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

KÖMÜR AÇIK OCAK İŞLETMELERİNDE MADEN PLANLARININ OPTİMİZASYONU VE BU PLANLARIN OTOMASYONU

Ali Can ÖZDEMİR

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Ahmet DAĞ
Yıl: 2019, Sayfa: 149
Jüri : Prof. Dr. Suphi URAL
: Prof. Dr. Ahmet DAĞ
: Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
: Prof. Dr. Bayram KAHRAMAN
: Doç. Dr. Avni GÜNEY

Termik santralin yakıt ihtiyacını karşılayan linyit üretiminde en önemli sorun, santralin çalışma şartlarına uygun kalitede üretimin sürekliliğinin sağlanamamasıdır ve bu durum hem enerji üretim maliyetinin artmasına hem de enerji veriminin azalmasına yol açmaktadır. Bu tez çalışmasının amacı, üretilen linyitin ısıl değerine ait standart sapma değerinin minimum olmasını sağlayan kazı parametrelerinin belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda, düşük ısıl değere sahip ve döner kepçeli ekskavatör ile üretim yapılan linyit sahalarına uygun olarak üretim panolarına ait özet istatistik hesaplarını, hacim-kalite hesaplarını ve kısa vadeli üretim planlarını gerçekleştiren farklı algoritmalardan oluşan bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Bu yazılım ile farklı kazı parametreleri kullanılarak belirlenen olası tüm alternatifler değerlendirilmekte ve optimum alternatif belirlenmektedir.

Bu çalışmada geliştirilen yazılım Kışlaköy linyit sahasına uygulanmış ve ortalama ısıl değer varyansı 22467,7 olan üretim panoları için toplam 576 alternatif değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, varyans değeri en kötü kazı alternatifi için 8714,2, optimum kazı alternatifi için 3192,3 olarak hesaplanmıştır ve bu sonuç geliştirilen yazılımının başarısını ve kullanılmasının önemini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Termik Santral, Linyit, Üretim Planları, Optimizasyon, Varyans

ABSTRACT

PhD THESIS

OPTIMIZATION OF MINING PLANS IN COAL OPEN PIT AND AUTOMATION OF THESE PLANS

Ali Can ÖZDEMİR

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Ahmet DAĞ
Year: 2019, Pages: 149
Jury : Prof. Dr. Suphi URAL
: Prof. Dr. Ahmet DAĞ
: Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
: Prof. Dr. Bayram KAHRAMAN
: Assoc. Prof. Dr. Avni GÜNEY

The most important problem in the production of lignite, which meets the fuel needs of the thermal power plant, is the inability to ensure the continuity of production in accordance with the working conditions of the power plant and this leads not only to an increase in the cost of energy production but also to a decrease in energy efficiency. The purpose of this thesis study is to determine the excavation parameters which provide the minimum standard deviation value that belongs to the calorific value of lignite produced. For this purpose, a computer software with different algorithms including summary statistical calculations, quantity-quality calculations and short-term production plans of the production boards was developed in accordance with the lignite fields, where lignite with a low calorific value was produced using a bucket wheel excavator. With this software, all possible alternatives are determined by using different excavation parameters are evaluated and optimum alternative is determined.

The software developed in this study was applied to Kışlaköy lignite field and 576 alternatives were evaluated for the production boards with an average calorific value variance of 22467.7. As a result, the variance value was calculated as 18714.2 for the worst excavation alternative and 3192.3 for the optimum excavation alternative and this result indicates the success and importance of using the developed software.

Key Words: Thermal Power Plant, Lignite, Production Plans, Optimization, Variance

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Termik santrallerin yakıt ihtiyacını karşılamak için linyit üretimi yapılan maden sahalarında, istenilen ısıl değere sahip linyit üretiminde sürekliliğinin sağlanamamasının ve standart sapma değerinin minimum seviyelere düşürülememesinin enerji verimini olumsuz yönde etkileyen en önemli faktörler olduğu tespit edilmiştir. Bu soruna çözüm olması amacıyla, farklı kazı parametreleri ile üretim alternatifleri oluşturan ve bu alternatifler içerisinde ısıl değere ait standart sapma değerini minimum yapan alternatifi belirleyerek üretim planlarının hazırlanmasına yardımcı olan bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Ayrıca, bu yazılım üretim panolarına ait özet istatistik ve hacim-kalite hesaplarını gerçekleştirerek ürettiği sonuçlar ile daha verimli linyit üretimi yapılması imkânı sağlamaktadır.

Bilgisayar yazılımının uygulanabilirliği, Türkiye'nin en büyük açık ocak linyit havzası olan Afşin-Elbistan linyit havzasında yer alan ve termik santrale enerji hammaddesi temin eden döner kepçeli ekskavatör + bant konveyör sistemi ile üretim yapılan Kışlaköy linyit sahası üzerinde test edilmiştir. Kışlaköy linyit sahasında farklı zamanlarda yapılmış olan toplam 208 adet rezerv araştırma sondajı değerlendirilmiş olup çalışmada kullanılmak üzere toplam 84 adet rezerv araştırma kuyusu seçilmiştir. Rezerv araştırma kuyularından elde edilen bilgiler, ".csv" formatında sondaj, hamörnekleme, litoloji ve açı dosyaları olmak üzere toplam dört adet veri seti dosyasına yazılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bu çalışma kapsamında hem iki hem de üç boyutlu tüm işlemlerde Netcad yazılımı ve Netpro/Mine madencilik modülü kullanılmıştır. Bilgisayar ortamına aktarılan veri seti dosyaları Netpro/Mine yazılımına okutularak ".mdb" uzantılı veri tabanı dosyası oluşturulmuştur. Sondaj verileri kullanılarak linyit damarının üç boyutlu taban ve tavan yüzeylerinin yanı sıra katı modeli elde edilmiştir. Katı modeli elde edilen linyit damarı 20 x 20 x 2 m boyutlarına sahip küplerden oluşan bloklara

bölünmüştür. Blok model oluşturma işlemi sırasında alt blok sayısı 1, blok kabul yüzdesi 10 (%) olarak belirlenmiştir. Sondaj verileri üzerinde kompozitleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sırasında kompozit uzunluk değeri 2 m, kabul yüzdesi 10 (%) olarak belirlenmiş ve ısıl değer, kül, nem özniteliklerine uygulanmıştır.

Netcad yazılımı kullanılarak ocak vaziyet planını gösteren fiili haritalar üzerinden kısa zaman içerisinde kazısı gerçekleştirilecek olan üretim panolarının sınırları belirlenmiştir. Kışlaköy sahasında linyit üretim ağırlıklı olarak 6. ve 5. Basamakta yapıldığından dolayı üretim panoları bu basamaklardan seçilmiş ve sırasıyla üretim panosu-1 ve üretim panosu-2 olarak isimlendirilmiştir. Üretim panolarına ait sınırlar üç boyutlu Netpro/Mine ortamına aktarılmış taban ve tavan yüzeyleri oluşturulduktan sonra katı modelleri elde edilmiştir. Netpro/Mine yazılımının katı model içerisinde kalan blokları sınırla yöntemi kullanılarak üretim panolarına ait bloklar elde edilmiştir. Üretim panolarına ait bloklara en yakın komşu yöntemi ile kestirim (öznitelik değerlerinin aktarılması) işlemi uygulanmış ve her bir bloğa ısıl değer, kül ve nem öznitelik değerleri aktarılmıştır. Kestirim işlemi yapılmış olan blok modeller üzerinden blok raporları alınmıştır. Sondaj bilgileri içerisinde yoğunluk değeri olmadığından dolayı ısıl değer-yoğunluk arasındaki ilişki değerlendirilerek her bir bloğun yoğunluk değeri hesaplanmış ve blok raporu içerisine eklenmiştir. Bu sayede, geliştirilen bilgisayar yazılımında kullanılmak üzere ".xls" formatında her iki üretim panosunun blok bilgilerini içeren veri seti dosyası oluşturulmuştur.

Bu aşamadan sonra Visual Basic .NET programlama dili kullanılarak geliştirilen bilgisayar yazılımının uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ana ekran üzerinden özet istatistik hesapları, hacim-kalite hesapları ve kısa vadeli üretim planı modülleri seçilmiş ve ilk olarak üretim panolarına ait veri seti dosyası okutularak işlemler gerçekleştirilmiştir.

Kısa vadeli üretim planları modülü içerisinde bulunan algoritmaların sonuç üretebilmesi için gerekli olan kazı parametrelerine ait değerler linyit sahasının basamak geometrisi, kullanılan kazı makineleri vb. kriterler göz önünde

bulundurularak belirlenmiştir. Kazı genişliği; minimum 20 m, maksimum 60 m ve artırım değeri 20 m, kazı yüksekliği; minimum 2 m, maksimum 8 m ve artırım değeri 2 m, kazı kapasitesi 3000 m^3/saat ve ısıl değer alt limit 750 Kcal/kg olarak veri girişi yapılmıştır. Kısa vadeli üretim planlarının sonuçları ayrıntılı olarak incelendiğinde toplam 576 adet alternatif oluşturulduğu ve bu alternatiflerden ısıl değer parametresine göre standart sapma değerinin minimum olmasını sağlayan alternatifin 4 ve 36 alternatifi (üretim panosu-1 için 4, üretim panosu-2 için 36) olduğu tespit edilmiştir. Bu alternatiflere ait kazı parametrelerine göre linyit üretimi yapıldığında standart sapma değeri 56,5, ortalama ısıl değeri 959,3 Kcal/kg, ortalama kül değeri % 18,1 ve ortalama nem değeri % 55,5 olarak belirlenmiştir.

Optimum kazı parametrelerine bakıldığında kazı yönü her iki üretim panosu için "tahrik – kuyruk", kazı genişliği; üretim panosu-1 için 20 m, üretim panosu-2 için 60 m ve kazı yüksekliği her iki üretim panosu için de 8 m olarak tespit edilmiştir.

Varyans azaltma oranı 0,14 olarak hesaplanmış ve 0'a yakın bir değer elde edildiğinden dolayı optimizasyon veriminin yüksek olduğu sonucu elde edilmiştir. Başka bir ifade ile geliştirilen bilgisayar yazılımı ile belirlenen alternatif doğrultusunda kazı yapıldığında ısıl değere ait varyans değerinin yaklaşık 7 kat düşeceği tespit edilmiştir.

Kazı genişliği, kazı yüksekliği ve kazı yönü parametrelerinin standart sapma üzerindeki etkisi incelenmiş olup elde edilen sonuçlara göre; en etkin parametrenin kazı yüksekliği parametresi olduğu tespit edilmiştir.

Aynı zamanda en iyi alternatife ait kazı parametrelerinin sahada uygulanamadığı bir durumda bu alternatife en yakın on adet alternatif belirlenmiş ve standart sapma değişimleri tespit edilmiştir.

Geliştirilen bilgisayar yazılımının sahada uygulanabilirliği açısından Kışlaköy sahasında Ekim 2017 ve Şubat 2018 dönemi (5 aylık dönem) içerisinde gerçekleştirilen linyit üretimine ait ısıl değer bilgileri ile geliştirilen bilgisayar yazılımı kullanılarak hazırlanan üretim planlarına ait ısıl değer bilgileri

karşılaştırılmıştır. Planlanan ısıl değer ile gerçekleşen ısıl değer arasındaki korelasyon katsayısı 0,96 olarak hesaplanmıştır ve bu değer üretim planlarına ait sonuçların kabul edilebilir ve geliştirilen bilgisayar yazılımının sahada uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Aynı döneme ait diğer sonuçlar incelendiğinde; maksimum hata değerinin 9,4 (%) ile Şubat 2018 döneminde olduğu diğer aylarda ise 9 (%)'un altında kaldığı tespit edilmiş ve ortalama hata değeri (%) 7,4 olarak hesaplanmıştır. Isıl değer bazında ise ortalama 74,4 Kcal/kg hata değeri belirlenmiş ve bu hataların standart sapma değerinin 18,7 olduğu tespit edilmiştir.

Son olarak geliştirilen bilgisayar yazılımı ve içerisindeki algoritmaların madencilik sektöründe kullanılan yazılımlara bir modül olarak entegre edilmesi veya farklı kalite özelliklerine ve kazı sistemlerine sahip maden ocaklarına uyarlanması önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Öncelikle, bu tezin oluşumunda, yönetiminde, aynı zamanda çalışmalarım sırasında karşılaştığım sorunların çözümünde desteğini esirgemeyen, çalışmalarımda beni yönlendiren, çalışmalarımda için bütün olanakları sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet DAĞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezim süresince bana destek olan ve çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Tez İzleme Komitesi hocalarım Sayın Prof. Dr. Suphi URAL ile Sayın Prof. Dr. Ali KOKANGÜL'e sonsuz teşekkür ederim.

Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölüm Hocalarıma, Araştırma Görevlisi arkadaşlarıma, Bölüm sekreterimiz Mustafa DOĞANTİMUR'a ve bölüm çalışanlarımıza teşekkür ederim.

Her zaman her durumda yanımda olan ve hayatım boyunca beni destekleyen başta dedem Ali ÖZDEMİR olmak üzere, annem Tülay ÖZDEMİR'e, babam Ferudun ÖZDEMİR'e, kardeşlerim Özge ÖZDEMİR ve Yusuf Efe ÖZDEMİR'e sonsuz teşekkürler sunar ve minnettar olduğumu belirtirim.

Doktora çalışmalarım süresince bana her zaman destek olan, doktoramın her aşamasında yardımlarını benden esirgemeyen ve büyük fedakârlıklar gösteren değerli eşim Şehpal ÖZDEMİR'e en içten sevgilerimi sunar ve sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VII
İÇİNDEKİLER VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ XII
ŞEKİLLER DİZİNİ XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR XX
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 9
2.1. Maden Planlaması ile İlgili Çalışmalar 9
2.2. Afşin-Elbistan Linyit Havzası ile İlgili Çalışmalar 18
3. MATERYAL VE YÖNTEM 25
3.1. Materyal 25
3.1.1. Çalışma Sahası 25
3.1.1.1. Çalışma Sahasının Konumu 26
3.1.1.2. İklim, Bitki Örtüsü ve Morfoloji 28
3.1.1.3. İşletme Yöntemi 29
3.1.1.4. Havzanın Genel Jeolojisi 33
3.1.1.5. Havzanın Hidrojeolojik Özellikleri 36
3.1.2. Sondaj Verileri 37
3.1.3. Netpro/Mine Programı 38
3.2. Yöntem 42
3.2.1. Veri Seti 42
3.2.2. Yüzey Modelleme 44
3.2.3. Katı Modelleme 48
3.2.4. Blok Modelleme 51

3.2.5. Kompozitleme Kavramı 53
3.2.6. Blok Kestirimi 55
3.2.7.Raporlama 57
3.3. Döner Kepçeli Ekskavatör ve Çalışma Prensipleri 58
4. ARAŞTIRMA BULGULARI 63
4.1. Geliştirilen Bilgisayar Yazılımı 64
4.1.1. Özet İstatistik Hesapları 67
4.1.2. Hacim-Kalite Hesapları 70
4.1.3. Kısa Vadeli Üretim Planı 78
4.2. Çalışma Sahasının Modellenmesi 86
4.2.1. Sondaj Verilerinin Değerlendirilmesi 86
4.2.2. Proje Veri Tabanı Dosyasının Oluşturulması 88
4.2.3. Yüzey Modellerinin Elde Edilmesi 88
4.2.4. Katı Modelin Elde Edilmesi 89
4.2.5. Blok Modelleme 91
4.2.6. Kompozitleme İşlemi 93
4.3. Üretim Planlarının Hazırlanması 94
4.3.1. Üretim Panolarının Belirlenmesi 95
4.3.2. Üretim Panolarının Yüzey Modellerinin Oluşturulması 96
4.3.3. Üretim Panolarının Katı Modellerinin Oluşturulması 98
4.3.4. Üretim Panolarının Blok Modellerinin Oluşturulması 99
4.3.5. Üretim Panoları Bloklarının Kestirimi 101
4.3.6. Üretim Panolarına Ait Veri Dosyalarının Hazırlanması 103
4.4. Geliştirilen Bilgisayar Yazılımının Uygulanması 106
4.4.1. Özet İstatistik Hesaplarının Değerlendirilmesi 107
4.4.2. Hacim-Kalite Hesaplarının Değerlendirilmesi 108
4.4.2.1. Üretim Panolarının Alt Isıl Değer Aralıklarına Göre Değerlendirilmesi 109

4.4.2.2. Selektif Kazı ile Isıl Değer Dağılım Değişiminin Değerlendirilmesi 112
4.4.2.3. Üretim Panolarının Sektör Bazında Değerlendirilmesi 114
4.4.2.4. Üretim Panolarının Kalite-Tonaj Parametrelerinin Değerlendirilmesi 118
4.4.3. Kısa Vadeli Üretim Planlarının Değerlendirilmesi 121
4.5. Üretim Planlarının Sahadan Alınan Sonuçlar ile Karşılaştırılması 130
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 133
KAYNAKLAR 139
ÖZGEÇMİŞ 149

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. Kömür üretim miktarlarının yılara ve kurumlara göre dağılımı (ton) (http://www.migem.gov.tr/Istatistik.aspx) 4
Çizelge 3.1. Örnek blok listesi raporu..... 58
Çizelge 3.2. Döner kepçeli ekskavatör avantaj ve dezavantajları..... 59
Çizelge 3.3. Döner kepçeli ekskavatör teknik özellikleri (Ural, 1994)..... 60
Çizelge 4.1. Isıl değer parametresinin istenilen sınıf aralıklarında miktar dağılımlarını gösteren örnek çıktı..... 77
Çizelge 4.2. Selektif kazı ile ısıl değer dağılım değişimini gösteren örnek çıktı.... 77
Çizelge 4.3. Üretim panolarının sektör bazında değerlendirilmesinde kullanılan örnek çıktı..... 77
Çizelge 4.4. Isıl değer-Tonaj eğrisinin çizdirilmesinde kullanılan örnek çıktı 78
Çizelge 4.5. Afşin-Elbistan linyitlerinin alt ısıl değerine göre yoğunluk değerleri (Çöllolar kömür sahası genel teknik şartnamesi Madde 1.5'ten alınmıştır) 104
Çizelge 4.6. Üretim panosu-1 veri seti dosyası..... 105
Çizelge 4.7. Üretim panosu-2 veri seti dosyası..... 105
Çizelge 4.8. Üretim panosu-1 Alt Isıl Değerlerine göre dağılımları..... 110
Çizelge 4.9. Üretim panosu-2 Alt Isıl Değerlerine göre dağılımları..... 111
Çizelge 4.10. Üretim panosu-1 selektif kazı ile ısıl değer dağılım değişimi 112
Çizelge 4.11. Üretim panosu-2 selektif kazı ile ısıl değer dağılım değişimi 112
Çizelge 4.12. Üretim panosu-1 sektörlere göre değerlendirme sonuçları..... 115
Çizelge 4.13. Üretim panosu-2 sektörlere göre değerlendirme sonuçları..... 117
Çizelge 4.14. Üretim panosu-1 kalite-tonaj hesapları..... 119
Çizelge 4.15. Üretim panosu-2 kalite-tonaj hesapları..... 120
Çizelge 4.16. Üretim panosu-1 saatlik kazı yapılacak bloklar..... 126
Çizelge 4.17. Üretim panosu-2 saatlik kazı yapılacak bloklar..... 126
Çizelge 4.18. Optimum alternatif hariç en iyi on alternatife ait değerler..... 127
Çizelge 4.19. En kötü alternatife ait değerler..... 128

Çizelge 4.20. Planlanan ısıl değer, gerçekleşen ısıl değer ve fark değerleri 130

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. 2017 yılında Dünya genelinde üretilen elektriğin kaynaklara göre dağılımı (BP 2018 Dünya Enerji İstatistik Görünümü Raporu) 2
Şekil 1.2. Türkiye'de 2018 yılı içinde üretilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı (Enerji İstatistik Bülteni, 2018) 3
Şekil 3.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası 27
Şekil 3.2. Çalışma alanının Google Earth görüntüsü 28
Şekil 3.3. Döner kepçeli ekskavatör görünümü 29
Şekil 3.4. Döner kepçeli ekskavatörde kazı işlemini yapan kısmın görünümü..... 30
Şekil 3.5. Kazı sahasının genel görünümü 31
Şekil 3.6. Döküm sahasının genel görünümü 31
Şekil 3.7. Dökücü makinenin görünümü 32
Şekil 3.8. Afşin-Elbistan ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası ve kesiti (Gökmen ve ark., 1993: Mert, 2010) 34
Şekil 3.9. Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit (Akbulut ve ark., 2007: Mert, 2010)..... 35
Şekil 3.10. Linyit damarına ait bir görünüm 36
Şekil 3.11. Sondaj lokasyonlarının dağılımı 38
Şekil 3.12. Netpro/Mine programının ana ekran görüntüsü..... 40
Şekil 3.13. Proje dosyasının oluşturulması ekranı 40
Şekil 3.14. Örnek bir proje dosyasının içeriği 41
Şekil 3.15. Veri dosyası okutma ekranı 42
Şekil 3.16. Sondaj kategorisi üzerinden yapılabilecek işlemler..... 44
Şekil 3.17. Yüzey model oluşturma ekranı 45
Şekil 3.18. Yüzey model üzerinden yapılabilecek işlemler 46
Şekil 3.19. Yüzey modelleme yöntemleri ve model üzerinden yapılabilecekler 47
Şekil 3.20. Önek yüzey model görünümü..... 48
Şekil 3.21. Yüzeyler arası katı model oluşturma ekranı 49

Şekil 3.22. Kısa yol sekmesi ile katı model üzerinden yapılabilecek işlemler 50
Şekil 3.23. Kategoriler altında katı model üzerinden yapılabilecek işlemler..... 50
Şekil 3.24. Örnek katı model görünümü 51
Şekil 3.25. Blok model oluşturma ekranı..... 52
Şekil 3.26. Blok model üzerinden yapılabilecek işlemler..... 52
Şekil 3.27. Örnek blok model görünümü..... 53
Şekil 3.28. Kompozitleme işleminin ekran görünümü..... 54
Şekil 3.29. Kompozitleme işleminin görsel anlatımı, (a) kompozitleme öncesi, (b) kompozitleme sonrası..... 55
Şekil 3.30. Kestirim yöntemleri 56
Şekil 3.31. Örnek kestirim yapılmış ve tematize edilmiş blok model görünümü ... 57
Şekil 3.32. Blok model üzerinden rapor alınması 58
Şekil 3.33. Çalışma sahasında kullanılan döner kepçeli ekskavatör çizimi 61
Şekil 3.34. Döner kepçeli ekskavatör üretim panosunun çizimi 61
Şekil 4.1. Geliştirilen bilgisayar yazılımının genel algoritması 64
Şekil 4.2. Geliştirilen bilgisayar yazılımının ana ekran görünümü..... 66
Şekil 4.3. Örnek veri seti dosyası seçim ekranının görünümü..... 67
Şekil 4.4. Özet istatistik hesaplama sonuçlarını gösteren ekran 69
Şekil 4.5. Hacim-Kalite hesapları için veri girişi ekranı..... 70
Şekil 4.6. Isıl değer parametresinin istenilen sınıf aralıklarında miktar dağılımlarını hesaplayan algoritma 73
Şekil 4.7. Selektif kazının ısıl değer dağılımı üzerindeki etkisini belirleyen algoritma 74
Şekil 4.8. Üretim panolarının sektör bazında değerlendirilmesinde kullanılan algoritma 75
Şekil 4.9. Isıl değer-Tonaj eğrisinin çizdirilmesinde kullanılan algoritma 76
Şekil 4.10. Kısa vadeli üretim planı ekran görünümü..... 78
Şekil 4.11. Bloklar üzerinden saatlik üretim kavramının gösterimi..... 83
Şekil 4.12. Optimum alternatif belirlenirken kullanılan algoritmanın genel yapısı 84

Şekil 4.13. Optimum kazı parametrelerini gösteren çıktı ekranı 85
Şekil 4.14. Çalışmada kullanılan sondaj lokasyonlarının dağılımı 87
Şekil 4.15. Linyit damarına ait taban ve tavan yüzey görünümü 89
Şekil 4.16. Linyit damarına ait taban ve tavan yüzey özellikleri 89
Şekil 4.17. Linyit damarına ait katı model görünümü 90
Şekil 4.18. Linyit damarına ait katı model özellikleri 90
Şekil 4.19. Blok model parametreleri 91
Şekil 4.20. Linyit damarına ait blok modelin sondajlar ile beraber üst görünümü . 92
Şekil 4.21. Linyit damarına ait blok modelin sondajlar ile yakın plan görünümü .. 92
Şekil 4.22. Linyit damarına ait blok model özellikleri 93
Şekil 4.23. Kompozitleme işleminin uygulama ekranı görünümü 94
Şekil 4.24. Uygulamalarda kullanılacak olan üretim panolarının iki boyutlu ortamda görünümü 95
Şekil 4.25. Üretim panolarına ait taban ve tavan yüzeylerin topoğrafya yüzeyi ile beraber üç boyutlu görünümü 96
Şekil 4.26. Üretim panosu–1 taban ve tavan yüzey modellerinin özellikleri 97
Şekil 4.27. Üretim panosu–2 taban ve tavan yüzey modellerinin özellikleri 97
Şekil 4.28. Üretim panolarına ait katı modellerin topoğrafya yüzeyi ile beraber üç boyutlu görünümü 98
Şekil 4.29. Üretim panolarına ait katı modellerin özellikleri 99
Şekil 4.30. Blok sınırlama ekranı 100
Şekil 4.31. Üretim panolarına ait blok modellerin topoğrafya yüzeyi ile beraber üç boyutlu görünümü 100
Şekil 4.32. Üretim panolarına ait blok modellerin özellikleri 101
Şekil 4.33. En yakın komşu kestirim yöntemi ekranı 102
Şekil 4.34. Kestirimi yapılan ve ısıl değere göre tematize edilen blok modellerin topoğrafya yüzeyi ile beraber üç boyutlu görünümü 102
Şekil 4.35. Üretim panolarına ait blok modellerin kestirim sonrası özellikleri 103
Şekil 4.36. Alt ısıl değer ve yoğunluk değeri arasındaki ilişki 104

Şekil 4.37. Ana ekran üzerinden modüllerin seçimi 106
Şekil 4.38. Veri seti dosyası seçimi ekranı 107
Şekil 4.39. Özet istatistik hesaplama sonuçları 108
Şekil 4.40. Hacim-Kalite hesapları parametreleri 109
Şekil 4.41. Üretim panosu-1 ısıl değer histogram grafiği 110
Şekil 4.42. Üretim panosu-2 ısıl değer histogram grafiği 111
Şekil 4.43. Üretim panosu-1 selektif kazı ile doğrudan kazı arasındaki ısıl değer dağılım değişimi grafiği 113
Şekil 4.44. Üretim panosu-2 selektif kazı ile doğrudan kazı arasındaki ısıl değer dağılım değişimi grafiği 113
Şekil 4.45. Üretim panosu-1 blokları ve sektörlerin bant ile beraber görünümü .. 114
Şekil 4.46. Üretim panosu-1 mesafeye göre ısıl değer değişimi 115
Şekil 4.47. Üretim panosu-1 mesafeye göre kül değeri değişimi 115
Şekil 4.48. Üretim panosu-1 mesafeye göre nem değeri değişimi 116
Şekil 4.49. Üretim panosu-2 blokları ve sektörlerin bant ile beraber görünümü .. 116
Şekil 4.50. Üretim panosu-2 mesafeye göre ısıl değer değişimi 117
Şekil 4.51. Üretim panosu-2 mesafeye göre kül değeri değişimi 118
Şekil 4.52. Üretim panosu-2 mesafeye göre nem değeri değişimi 118
Şekil 4.53. Üretim panosu-1 ısıl değer-tonaj grafiği 119
Şekil 4.54. Üretim panosu-2 ısıl değer-tonaj grafiği 120
Şekil 4.55. Kısa vadeli üretim planı ekran görünümü 121
Şekil 4.56. Kısa vadeli üretim planları sonuç ekranı 122
Şekil 4.57. Üretim panosu-1 saatlik ısıl değer değişimi 124
Şekil 4.58. Üretim panosu-1 saatlik kül değeri değişimi 124
Şekil 4.59. Üretim panosu-1 saatlik nem değeri değişimi 124
Şekil 4.60. Üretim panosu-2 saatlik ısıl değer değişimi 125
Şekil 4.61. Üretim panosu-2 saatlik kül değeri değişimi 125
Şekil 4.62. Üretim panosu-2 saatlik nem değeri değişimi 125
Şekil 4.63. Optimum alternatif hariç en iyi on alternatif 127

Şekil 4.64. Kazı yüksekliği ile standart sapma arasındaki ilişki 128
Şekil 4.65. Kazı genişliği ile standart sapma arasındaki ilişki 129
Şekil 4.66. Kazı yönü ile standart sapma arasındaki ilişki 129
Şekil 4.67. Planlanan ısıl değer ile gerçekleşen ısıl değer grafiği 131
Şekil 4.68. Planlanan ısıl değer ile analiz sonucu ısıl değer grafiği 131

SİMGELER VE KISALTMALAR

m^3	: Hacim birimi
ton	: Hacim birimi
Kcal/kg	: Isıl değer birimi
ton/m^3	: Yoğunluk birimi
m	: Uzunluk (Mesafe) birimi
km	: Mesafe birimi
MW	: Enerji miktarı birimi
TWh	: Enerji miktarı birimi
HES	: Hidro Elektrik Santrali
CaO	: Kalsiyum Oksit
SiO_2	: Silisyum
km^2	: Alan birimi
m^3/sn	: Debi birimi
X	: Doğu yönü
Y	: Kuzey yönü
Z	: Yükseklik (Seviye)
DKE	: Döner Kepçeli Ekskavatör
aıd	: Alt ısıl değer
uıd	: Üst ısıl değer
ıdartıs	: Isıl değer artış miktarı
toplmiktar	: Toplam linyit miktarı (ton birimi ile)
toplhacim	: Toplam linyit miktarı (m^3 birimi ile)
topakhacim	: Toplam ara kesme miktarı (m^3 birimi ile)
minx	: En küçük X koordinat değeri
maxx	: En büyük X koordinat değeri
miny	: En küçük Y koordinat değeri
maxy	: En büyük Y koordinat değeri

xbb : X yönünde blok boyutu

ybb : Y yönünde blok boyutu

ortıds : Selektif kazı ile ortalama ısıl değer

ortıd : Doğrudan kazı ile ortalama ısıl değer

sbs : Bir sektördeki blok sayısı

ortıd : Ortalama ısıl değer

ortkül : Ortalama kül değeri

ortnem : Ortalama nem değeri

1. GİRİŞ

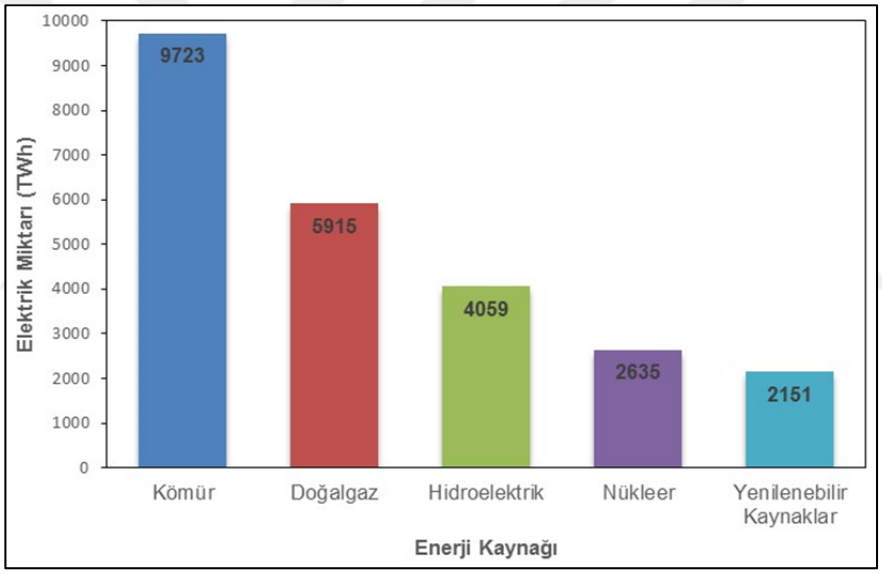
Ülkelerin enerji ihtiyacı; nüfus, sosyal ve ekonomik gelişme düzeyi, sanayileşme, kentleşme, teknolojik gelişmişlik gibi birçok sosyo-ekonomik faktöre bağlı olarak şekillenmektedir. Sosyo-ekonomik kalkınmanın en önemli girdilerinden biri olan elektrik enerjisinin, ekonomik şartlar ve çevre etkileri de dikkate alınarak, zamanında, kaliteli ve yeterli miktarda, temin edilebilmesi büyük önem taşımaktadır (EÜAŞ Yıllık Faaliyet Raporu, 2017).

Dünyadaki önemli enerji hammaddelerinden birisi olan kömür elektrik üretimindeki yerini her zaman korumuştur. Uluslararası enerji ajansına göre, kömür yakıtlı elektrik üretiminin 2040 yılına kadar ortalama % 1,7 artması beklenmektedir (IEA, 2017). BP 2018 Dünya Enerji İstatistik Görünümü Raporu'na göre, 2017 yılında gerçekleşen toplam küresel elektrik üretim miktarının 25 551 TWh olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynakları incelendiğinde 2017 yılı içerisinde Dünya genelinde en fazla elektriğin 9 723 TWh ile kömürden üretildiği açıklanmıştır. Kömürden sonra, 5 915 TWh ile doğalgaz, 4 059 TWh ile hidroelektrik, 2 635 TWh ile nükleer ve 2 151 TWh ile yenilenebilir enerji kaynakları gelmektedir (Şekil 1.1).

Ülkelerin geneline bakıldığında toplam küresel elektrik üretiminde Çin, ABD ve Hindistan önde gelmektedir. Son yıllarda Çin'de elektrik üretimi 6 495 TWh'e yükselmiştir ve bu da küresel elektrik üretiminin % 25'inin Çin'de gerçekleştiğini göstermektedir. Küresel elektrik üretiminde Çin'i sırasıyla, % 16,8 ile ABD ve % 5,9 ile Hindistan ülkelerinin takip ettiği açıklanmıştır (Maden ve İnsan, 2018; BP Energy Outlook, 2018).

Dünya Enerji Konseyi tarafından, kömür rezervlerinin yaklaşık 80 ülkede bulunduğu raporlanmıştır. Bu ülkelerin en başında 250,9 milyar tonluk rezerv miktarı ile ABD'de yer almaktadır. ABD'yi sırasıyla, Rusya (160,4 milyar ton), Avustralya (144,8 milyar ton), Çin (138,8 milyar ton), Hindistan (97,7 milyar ton), Almanya (36,1 milyar ton), Ukrayna (34,4 milyar ton), Polonya (25,8 milyar ton),

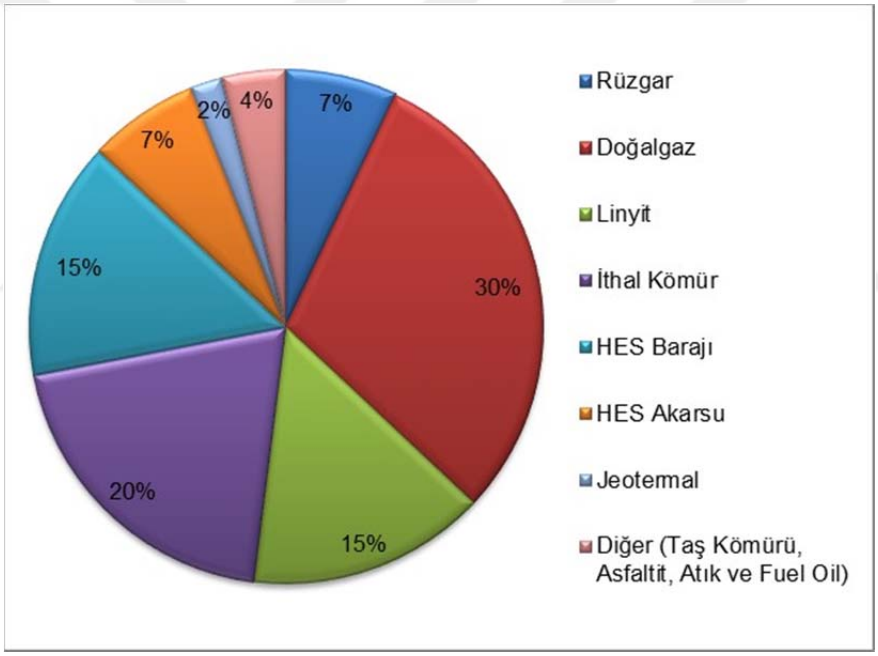
Kazakistan (25,6 milyar ton) ve Endonezya (22,6 milyar ton) izlemektedir. Buradan anlaşılacağı üzere dünya kömür rezervlerinin % 90'dan fazlası bu on ülkenin sınırları içinde yer almaktadır. Dünyada bulunan kanıtlanmış işletilebilir kömür rezerv miktarı toplam 892 milyar ton olarak bilinmektedir. Bu rezerv; 403 milyar ton antrasit ve bitümlü kömür, 287 milyar ton alt bitümlü kömür ve 201 milyar ton ise linyit olmak üzere üç kategoriye ayrılmıştır. Son yıllardaki dünya genelinde yapılan toplam kömür üretimi dikkate alındığında, kömür rezervinin yaklaşık 134 yıl ömrü bulunduğu hesaplanmaktadır (http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur).



Şekil 1.1. 2017 yılında Dünya genelinde üretilen elektriğin kaynaklara göre dağılımı (BP Energy Outlook, 2018)

Linyit, ısıl değeri düşük, barındırdığı kül ve nem miktarı fazla olduğu için genellikle termik santrallerde yakıt olarak kullanılan bir kömür çeşididir. Son yıllarda yürütülen ciddi kömür arama faaliyetleri sonuç vermiş ve ülkemizin linyit rezervi önemli ölçüde artmıştır. Ayrıca, söz konusu rezervin uluslararası standartlara göre sınıflandırılması ve ekonomik olarak işletilebilir rezervlerinin

belirlenmesi gibi çalışmalar devam etmektedir. Toplam dünya linyit rezervinin yaklaşık olarak % 3,2'si ülkemizde bulunmaktadır. Ülkemiz linyit rezervinin yaklaşık % 46'sı da Afşin-Elbistan havzasında bulunmaktadır. Ülkemizin 2018 ilk yarısı dikkate alındığında kömür ile çalışan santral kurulu gücü 18 666 MW olup toplam kurulu gücün % 21,4'üne karşılık gelmektedir. Bu kurulu gücün dağılımı ise 10 221 MW yerli kömür ve 8 445 MW ithal kömür şeklindedir. Şekil 1.2'de, 2018 yılı içerisinde Türkiye'de elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynaklarının miktarlarına göre dağılımı verilmiştir. Burada linyit ve HES barajı enerji kaynaklarının % 15'lik eşit oran ile üçüncü sırada geldiği görülmektedir.



Şekil 1.2. Türkiye'de 2018 yılı içinde üretilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı (Enerji İstatistik Bülteni, 2018)

2005 yılından itibaren enerji üretiminde dışa bağımlılığın azaltılması hedeflenmiş olup, sanayileşme ve nüfus artışının da etkisiyle artan enerji talebinin yerli kaynaklar ile karşılanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yeni kömür

sahalarının bulunması ve bilinen sahaların geliştirilmesi çalışmaları ivme kazanmıştır. Son yıllarda Eskişehir/Alpu, Konya/Karapınar ve Afyon/Şuhut'ta kömür rezervleri tespit edilmiştir. Türkiye'de 2005 yılında 8,3 milyar ton olan görünür linyit rezervi 17,3 milyar ton değerine ulaşarak, toplam 9 milyar ton rezerv artışı sağlanmıştır. Elektrik üretiminde, yurtdışından ithal edilen bir enerji kaynağı olan doğal gazın yerine, rezervleri belirlenmiş olan ve termik santral kurulması mümkün özellikte olan linyit sahalarının hızlı bir şekilde işletmeye alınmasına ve aktif olarak çalışan santrallere yeni üniteler ilave edilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir (http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur). Çizelge 1.1'de enerji hammaddesi olarak kömür üretim miktarlarının kurum bazında yıllara göre dağılımı verilmiştir.

Çizelge 1.1. Kömür üretim miktarlarının yıllara ve kurumlara göre dağılımı (ton) (http://www.mapeg.gov.tr/maden_istatistik.aspx)

Kurum	2013	2014	2015	2016	2017
TKİ	23 257 009	22 854 114	12 432 171	24 330 886	23 307 478
EÜAŞ	16 011 459	18 987 907	10 855 125	13 267 974	15 245 265
Diğer Kamu	11 245 055	1 063 927	399 816	213 501	84 501
Özel Sektör	12 810 342	23 301 062	35 043 058	40 083 687	45 666 248
Toplam	63 323 865	66 207 010	58 730 170	77 896 048	84 303 492

Türkiye'de toplam linyit kaynaklarının % 71'i 1500 Kcal/kg'ın altında ısıl değere sahiptir ve yarısından fazlasında nem oranı % 20'nin üzerindedir. Bundan dolayı ülkemiz sınırlarında bulunan linyitlerin büyük bir kısmı termik santrallerde yakıt olarak kullanılmaktadır. Isıl değeri yüksek olan linyitler ise konutların ısıtılmasında ve sanayide kullanılmaktadır (EÜAŞ Yıllık Faaliyet Raporu, 2017).

Türkiye'nin en büyük linyit rezervi Kahramanmaraş İli sınırları içerisinde bulunan Afşin-Elbistan Havzasında bulunmaktadır ve havzada toplam 4,8 milyar

tonluk linyit rezervi EÜAŞ' a aittir. Bu rezervin yaklaşık 1 milyar tonu halen işletilmekte olup geriye kalan 3,8 milyar tonluk rezervin işletilebilmesi için çalışmalar devam etmektedir (EÜAŞ Yıllık Faaliyet Raporu, 2017).

Bir enerji hammaddesi olan linyitin hem dünya hem de ülkemiz açısından ne kadar önemli olduğu yukarıdaki verilerden anlaşılmaktadır. Linyitin kalitesini belirleyen en önemli parametreler; ısıl değer, nem ve kül içeriğidir. Bunların yanı sıra pH değeri, CaO ve SiO_2 içerikleri de önem arz etmektedir. Termik santraller, enerji hammaddesi olarak kullanılacak olan linyitin bu kalite parametreleri dikkate alınarak tasarlanmaktadır. Bu nedenle, maden sahasından üretilen linyitin termik santrale belirli bir kalite standardında beslenmesi oldukça önem arz etmektedir. Aksi durumda termik santralin enerji üretim verimi düşmektedir ve istenilen verimin elde edilmesi için linyitin yanında fuel oil v.b. gibi destekleyici enerji hammaddeleri kullanılması gerekmektedir. Bu gereklilik beklenmedik maliyetler doğurmaktadır ve birim enerji üretim maliyetini arttırmaktadır. Bu nedenle termik santral tarafından istenilen kalite parametrelerine sahip linyit üretimi için üretim planlarının optimum şekilde hazırlanması ve uygulanması gerekmektedir. Bu sayede, termik santralin enerji veriminin arttırılması sağlanacak ve ek maliyetlerin oluşması önlenecektir. Üretim planlarının hazırlanması, maden sahasında yapılan sondajların analiz edilmesi ve veri setinin oluşturulması ile başlayan, genel olarak üç boyutlu modelleme, rezerv tahmini, ocak planlaması gibi çalışmaların yapıldığı uzun bir proje sürecidir. Bu çalışmalar, gelişen teknoloji ve bilgisayar yazılımları sayesinde oldukça ayrıntılı ve güvenilir şekilde yapılmaktadır.

Madencilik sektöründe yaygın olarak kullanılan Surpac, Micromine, Datamine, Vulcan v.b. gibi bilgisayar programları mevcuttur. Ancak, bu yazılımlar yurtdışı kaynaklı olduklarından dolayı herhangi bir olumlu veya olumsuz durumda yetkili kişiler ile iletişim sağlanması konusunda problemler yaşanmaktadır. Son yıllarda, Türkiye'nin ilk yerli ürünü olan Netcad programının sürekli güncellenip geliştirilen Netpro/Mine modülü, madencilik sektöründe gün geçtikçe önem kazanmakta ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Netpro/Mine modülü, kullanım

dilinin Türkçe olması, komutların anlaşılabilir olması ve uygulamaların kolay bir şekilde yapılması sayesinde diğer madencilik yazılımlarına göre avantajlı hale gelmektedir. Ayrıca, Netcad teknik destek ve eğitim birimi personelleri ile uzaktan erişim kurularak sorunların kolayca çözülebilmesi de önemli bir avantajı olarak değerlendirilmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı; termik santrale enerji hammaddesi sağlayan ve döner kepçeli ekskavatör + bant konveyör sistemi ile linyit üretimi yapılan açık ocak işletmelerinde, enerji üretim maliyetinin azaltılması, performans dalgalanmasının önlenmesi ve enerji veriminin arttırılması için istenilen kalite değerlerinden minimum standart sapma ile linyit üretimi gerçekleştirecek kazı planlarının hazırlanmasını sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda, Visual Basic programlama dili kullanılarak içerisinde birçok yeni algoritma bulunan bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, uygulama alanı olarak açık ocak üretimi yapılan, Afşin-Elbistan linyit havzasında yer alan Kışlaköy sektörü seçilmiştir. Sahada daha önce yapılan rezerv araştırma sondajları değerlendirilmiş ve proje veri seti elde edilmiştir. Bu veri seti Netpro/Mine madencilik yazılımına aktarılarak proje veri tabanı dosyası oluşturulmuştur. İlk olarak, linyit damarının giriş ve çıkış seviyelerini temsil eden üç boyutlu taban ve tavan yüzeyleri oluşturulmuştur. Bu yüzeylerden faydalanılarak yüzeyler arası katı modelleme yöntemi ile çalışma sahasının katı modeli elde edilmiştir. Sonrasında, blok boyutları belirlenmiş olup katı model üzerinden blok modelleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamanın ardından planlaması yapılacak olan üretim panolarının sınırları belirlenmiştir. Aynı yöntemler ile üretim panolarının yüzey ve katı modelleri oluşturulmuştur. Daha sonra, çalışma sahasının blok modeli üzerinden üretim panolarının katı modelleri içerisinde kalan bloklar ayıklanmış ve böylece üretim panolarına ait blok modeller elde edilmiştir. Bu bloklar üzerinde ısıl değer, nem ve kül değerlerinin kestirimi yapılarak her bir bloğa öznitelik değeri atanmıştır. Geliştirilen bilgisayar yazılımında kullanılması için kestirimi yapılan blok modellerin raporları alınarak

veriler excel ortamına aktarılmıştır. Bu aşamadan sonra yeni oluşturulan veri seti kullanılarak, belirlenen üretim panoları içerisinde, farklı kazı parametreleri ile üretim alternatifleri elde edilmiştir. Bu alternatifler içerisinde minimum standart sapma ile üretim yapılmasını sağlayacak alternatif belirlenmiştir. Ayrıca, geliştirilen bilgisayar yazılımı ile üretim panolarının kalite dağılımları ve selektif kazının ısıl değer dağılımı üzerindeki etkisi belirlenmiş, ısıl değer–tonaj eğrileri çizilmiş, üretimin saatlik kalite-miktar değişimleri tespit edilmiş ve sektör bazında değerlendirilmesi yapılmıştır.

Sonuç olarak, geliştirilen bilgisayar yazılımı Kışlaköy açık ocak linyit sahasına uygulanmış ve üretim planları hazırlanmıştır. Daha sonra sahada gerçekleştirilen linyit üretimi ile hazırlanan planlar karşılaştırılmış ve tahmin edilen ile gerçekleşen ısıl değer arasındaki korelasyon katsayısı 0,96, ortalama fark değeri ise 74,4 Kcal/kg olmak üzere sonuçların birbirleri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca, kısa vadeli üretim planlaması ile belirlenen optimum kazı planı uygulandığı zaman stok sahasına giden linyitin ısıl değer standart sapma değerinin (56,5) ham verilerin standart sapma değerinden (150,3) çok daha düşük olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla bu çalışma, açık ocak linyit sahalarından, termik santrallerde enerji hammaddesi olarak kullanılan linyitin istenilen kalite parametrelerinde üretilemediğinden dolayı enerji veriminin düşmesi ve ek maliyetlerin ortaya çıkması problemine çözüm olmuştur. Bir bilgisayar yazılımının geliştirilmesi çalışmanın yenilikçi yönünü, bu yazılımın örnek bir maden sahasına başarı ile uygulanması ise çalışmanın sanayiye olan katkısını ortaya koymaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Maden Planlaması ile İlgili Çalışmalar

Literatürde maden planlaması üzerine farklı alanlarda birçok çalışma yapılmış olup bu çalışmaların bazıları bu bölümde özetlenmiştir.

Çetiner (1991) tarafından yapılan, bilgisayar destekli maden yatağı modellemesi ve kesit yöntemiyle rezerv tahmininin Hüsamlar kömür sahasına uygulanması konulu yüksek lisans tezinde, sondaj araştırması yapılmış bir maden yatağını değerlendirmekte kullanılan bir program geliştirmiştir. MADMOD adı verilen söz konusu paket program, yatağın modellenmesinde sıkça kullanılmakta olan kesit yöntemleri ile rezerv tahmini yapabilmektedir. Bunların yanı sıra program harita çizimi, üç boyut yüzey çizimi, hacim hesabı ve kriging veya inverse distance (mesafenin tersi) interpolasyonları ile gridleme vb. yapabilmektedir. Programın güvenilirliğini kontrol etmek amacı ile adı geçen saha ve mevcut maden damarı üzerinde denemiştir. Sonuçları, Surfer adlı programın sonuçları ile karşılaştırarak değerlendirmiştir. Ayrıca programın rezerv hesabı kısmının doğruluğunu ortaya koymak amacıyla hacmi bilinen bir dikdörtgenler prizması üzerinde test etmiştir.

Uysal (1995), Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi'nde (ELİ) üretim ve randımanı artırmak için hazırlanan bir mekanize uzunayak projesinin tanıtımı ve bu yönteme alternatif olarak kömür kazısında birincil olarak sürekli kazı makinası kullanılan bir kısaayak (Shortwall) üretim projesinin planlanmasını gerçekleştirmiştir. Planlama aşamasını takiben 7,5 m kalınlığında bir pano baz alarak her iki yöntemin üretim maliyetlerini hesaplamıştır. Maliyet analizlerine ek olarak her iki yöntemi "Çok Boyutlu Amaçlar Düzeni" ile değerlendirmiştir. Bu değerlendirmede alternatif üretim yöntemlerinin amaç verim değerleri sentezi oransal skalalama metodunu kullanarak yapmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar ışığında, kısa ayak üretim yönteminin daha rasyonel sonuçlar verdiğini belirlemiştir.

Doğruöz (2003), Surpac Vision 4.1-F bilgisayar paket programını tanıtmış, TKİ Seyitömer Linyit İşletmesine ait 613 adet sondaj kuyusunu kullanarak, maden değerlendirmesini ve projelendirmesini yapmıştır. Topoğrafik ve yapısal kontur haritalarını çıkarmış, kuyu loglarını hazırlamış, cevher kesitlerini çıkarmış, açık ocak tasarımını yapmış ve elde edilen bilgilerin rapor haline getirilmesi işlemlerini yapmıştır. Dekapaj hacmi ve kömür rezervini hesaplamıştır.

Erarslan (2003) tarafından yapılan, jeoloji ve madencilik sistemi (JMS) ve bir bakır sahasının değerlendirmesi konulu çalışmada, jeolojik modelleme ve maden değerlendirme konularında kullanılmak üzere Jeoloji ve Madencilik sistemi (JMS) olarak adlandırılan bir yazılım paketi geliştirmiştir. Bu yazılım sistemi yardımıyla, üç boyutlu cevher modelleme yeteneğinin yanı sıra harita ve kesit çizimi gibi görsel, istatistik ve hacim hesaplamaları gibi matematiksel işlemleri de gerçekleştirmektedir. Sorgulama araçları, bir bakır sahasında kullanılarak uygulama sonuçlarını değerlendirmiştir.

Özkan (2006), açık işletmelerde nihai sınır tespitini belirleyen yöntemleri genel olarak incelemiş ve özellikle Lerchs-Grossmann algoritmasını detaylı olarak ele almıştır. Eti-Bor Kestelek A.Ş. işletme sahasından elde edilen sondaj ve topoğrafik verileri Vulcan programıyla değerlendirmiştir. Blok modelleme yapmış ve bu bloklara cevher içeriğine göre değerler vermiştir. Daha sonrasında ise Lerchs-Grossmann algoritmasını kullanarak ocağın nihai açık işletme sınırlarını belirlemiştir. Cevher fiyatlarına göre ocağın sınırlarının değişimini, ocağın nihai durumdayken bulunduğu derinliği ve genel dekapaj oranını, rezerv miktarlarını ve ocak net değerini hesaplamıştır.

Yalnız (2006), farklı kimyasal yapıya sahip hammaddelerin kullanıldığı bir proseste, üretim devamlılığını sağlamak amacı ile işletme ömrü boyunca hammadde kullanımının optimizasyonunu gerçekleştirecek bir algoritma ve bilgisayar programı üretmiştir.

Alkan (2007) tarafından yapılan, jeoistatistik ve bulanık yaklaşımlar ile Adana çimento hammadde sahasının değerlendirilmesi konulu yüksek lisans tezi

çalışmasında, sondaj bilgileri uygun veri dosyaları haline getirerek çeşitli kestirim yöntemlerini kullanmış ve Adana çimento hammadde sahasını modellemiştir. Rezerv hesaplarken poligon, kriging ve mamdani tipi bulanık modelleme yöntemlerini ilgili sahaya uygulamıştır. Söz konusu tekniklerden elde ettiği sonuçları metot bazında birbirleri ile kıyaslarken, aynı zamanda daha önce yapılan etüt çalışması sonuçları ile karşılaştırmıştır.

Doğan (2007), Ovacık Altın Madeninin 3,5 km kuzey doğusunda keşfedilen Narlıca altın yatağının bilgisayar destekli tasarım ve planlamasını yapmıştır. Bilgisayar destekli madencilik yazılımlarından Datamine programını kullanarak cevher yatağının bir blok modelini oluşturmuş ve bu blok model üzerinden rezerv hesaplamalarını yapmıştır. Elde edilen rezerv sonuçları ve oluşturulan blok model doğrultusunda bir maden yatağının üretim yönteminin nasıl seçileceği üzerinde durmuş ve seçim kriterlerini değerlendirerek yeraltı üretim yöntemini belirlemiştir.

Şahin (2007), ülkemizin önemli linyit rezervlerinden birine sahip olan Tunçbilek Bölgesinde yer alan Büyükdüz Yeraltı Ocağının planlamasını yapmıştır. Öncelikle saha sınırlarındaki sondaj kuyu verilerini dikkate alarak sahanın tektonik ve jeolojik yapısını tespit etmiş ve cevher rezervini hesaplamıştır. Belirlenen fiziksel şartlara uygulanabilecek en uygun üretim yöntemini seçmiş, oluşturulacak panoların konumunu ve sayısını belirlemiş, tahkimat ve nakliyat sistemini, kazı ekipmanlarını, su atımı ve havalandırma yöntemini seçmiştir.

Takmak (2007), Eskişehir İli, Beylikova İlçesinde bulunan Beylikova manyezit açık ocağının 2003-2006 yılları arası yıllık projelerini yaparak hayata geçirmiştir. Sahadan numuneler alarak ocak hakkında ön bilgi edinmiş, sondajlardan sahanın görünür rezervini çıkartmış ve ocağın hangi yöne doğru ilerleyeceğini belirlemiştir. Firmanın ihtiyacı doğrultusunda yıllara göre üretim miktarlarını hesaplamış, ocağın basamaklarının oluşturulmasını ve üretimde kullanılacak makine parkı seçimlerini yapmıştır.

Gülmez (2008) tarafından yapılan, bir maden yatağının katı modelinin oluşturulması konulu yüksek lisans tezi çalışmasında, sondaj verilerinden elde edilen üç boyutlu koordinat verileri kullanılarak, maden yataklarının 3 boyutlu katı modellerini oluşturan bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Bu amaç doğrultusunda, Visual Basic dilinde iki yazılım geliştirmiş ve veri üretimi ile AutoCAD ortamında katı model otomasyonu sağlamıştır. Sonuçların güvenilirliğini test etmek için modeli iki farklı saha üzerinde denemiş ve kabul edilebilir sonuçlar elde etmiştir. Bu sonuçları, örnek bir bölge üzerinde daha önce yapılmış araştırmalar ile karşılaştırmıştır.

Öngen (2008), açık işletme dizaynını bilgisayar destekli olarak Surpac Vision paket programı yardımıyla Muğla Milas mevkiinde bulunan Yeniköy Linyitleri İşletmesine bağlı Işıkdere linyit yatağına uygulamıştır. Sahadaki sondaj verilerinin jeoistatistiksel değerlendirilmesini, damarın üç boyutlu dizaynını, rezerv hesaplamalarını, blok model oluşturulmasını, üç boyutlu basamak dizaynını yapmıştır.

Aydın (2010), bir dolomit açık ocak işletmesinin üç boyutlu modellenmesi ve üretim kalitesinin kontrol edilebilirliği üzerine araştırma yapmıştır. Sondaj verilerinin jeoistatistiksel analizi, üç boyutlu rezerv kestirimi ile blok model ve açık ocak tasarımı üzerine çalışmıştır. Dolomit üretimini doğrudan etkileyen kimyasal komponentlerin (% Fe_2O_3 ve % MgO) cevher yatağındaki dağılımını klasik jeoistatistiksel yöntem ile kestirmiştir. Dizayn aşamasında ise, ocak basamaklarının yükseklik, eğim ve genişlik verilerini kullanarak üretim sonrası ocağın alacağı şekli ve kaldırılması gereken dekapaj miktarlarını belirlemiştir.

Göksüner (2010), kalker sahasına ait sondajlardan oluşturulan analiz verileri ile bilgisayar programında sahada bulunan cevhere ait variogram modellerini oluşturmuş ve sahanın jeoistatistiğini yapmıştır. Jeoistatistik işlemleri sonucunda blok modeli oluşturmuş, açık işletmenin ocak tasarımını yapmış ve ardından üretim planlamasına geçmiştir.

Aliyazıcıoğlu (2011), madencilik sektöründe, açık ocak ve yeraltı madenciliğinde aktif olarak kullanılan Gemcom Surpac programı ile modelleme işlemini anlatmıştır. Trabzon Sürmene Kutlular bölgesinde Karadeniz Bakır İşletmeleri bünyesinde açık ocak işletmeye elverişli bakır madeni projelendirmiştir. Cevherin bulunduğu bölgenin 3 boyutlu modellenmesini, sondaj verilerinin jeoistatistiksel değerlendirilmesini, cevherin 3 boyutlu oluşturulmasını, rezerv hesaplamalarını, blok model oluşturulmasını ve 3 boyutlu basamak dizaynını yapmıştır. Bilgisayar destekli modellemenin klasik modelleme metotlarına göre üstünlüğünü ortaya koymuş ve Kutlular Bakır Madeninin rezerv hesabını ve proje çalışmasını yapmıştır.

Çakır (2011), çalışmasında Harbul ve Üçkardeşler Asfaltit filonlarının Micromine 11.0 programı ile modellemesini, rezerv hesaplamalarını, yeraltı ve açık işletme dizaynını yaparak uygun işletme ve üretim yöntemine karar verme aşamalarını sunmuştur.

Ercins (2011), derin örtü tabakaları altında yatay olarak istiflenmiş kalın bir kömür damarını üretmede kullanılan birleşik örtü kazı sistemlerinin teknik yapabilirliklerini araştırmıştır. Birleşik metodoloji yöntemini, Türkiye'nin elektrik üretimindeki en önemli kaynaklarından ve en büyük linyit havzası olan Afşin-Elbistan linyit havzası D-Sektörü verileri ile test etmiştir. Madencilik yazılımı olarak Surpac programını kullanmıştır. Ortalama linyit ve örtü kalınlıkları değerlerine dayanarak yılda 25 milyon ton linyit üretimi ve yerinde 50 milyon m^3 örtü dekapajı yapılmasını öngörmüştür.

Fidan (2011), Hınıs/Zırnak (Erzurum) civarındaki linyit yatağının değerlendirilmesini ve rezerv belirleme çalışmalarını yapmıştır. Sahada daha önce yapılmış olan sondaj ve yarma bilgilerinden oluşturulan veri tabanını kullanarak indicator jeoistatistik ile kömür sınırlarını belirlemiş, belirlenen sınır içerisindeki kömür kalınlık parametresinin mesafeye göre değişiminin matematiksel fonksiyonlarını bulmuştur. Elde edilen fonksiyonları kullanarak yatak rezervini belirlemiş ve klasik bir yöntem olan poligon yöntemiyle karşılaştırmıştır.

Kıvrak (2011) tarafından yapılan, Himmetoğlu (Bolu-Göynük) linyit sahasının jeoistatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi konulu yüksek lisans tezi çalışmasında, Himmetoğlu Linyit Sahası'nın jeoistatistiksel bir incelemesi gerçekleştirilmiştir. Mevcut sondaj verileri kullanarak A, B ve K panolarının katı modellerini oluşturmuştur. A panosunu 50 m x 50 m x 2 m boyutlarındaki bloklara bölmüş ve ortalamasız kriging yöntemi kullanarak her bir bloğun ısıl değer, nem, kül içeriklerini tahmin etmiştir. Ayrıca, koşullu ardışık normal benzetim yöntemi ile A panosunun bu değişkenler için 100 farklı kalite modelini üretmiştir. Kestirim ve benzetim sonuçlarını kalite/tonaj eğrilerinin üretilmesi için kullanmış ve bu eğrilerdeki belirsizliği değerlendirmiştir.

Dautov (2012), Konya-Ilgın linyit ocağının Micromine 11.0 programı ile modellemesini, rezerv hesaplamalarını, açık işletme dizaynını yaparak uygun işletme ve üretim yöntemine karar verme aşamalarını sunmuştur. Sahanın modellemesi için daha önce MTA ve John T. Boy Company (American Coal Company) tarafından yapılmış olan sondaj verilerini kullanmıştır. Sondajlardan kesit alarak kömürün katı modelini tasarlamıştır. Kesit yöntemi ve Grid-tavan-taban izohips yönteminde gridding metodu ile iki metod kullanarak rezerv hesabı yapmıştır ve ortalama rezervi bulmuştur. Ekonomik olarak uygun kömür için ekskavatör-mobil kırıcı-bantlı konveyör yöntemini, dekapaj için yolun yarısına kadar ekskavatör-kamyon yöntemini ve döküm sahasına kadar kalan mesafede ise mobil kırıcı-bantlı konveyör yöntemini seçmiş ve açık ocak maliyeti bakımından incelemiştir.

Açan (2013), Surpac entegre madencilik yazılımı ile üretim planlamasına yönelik yapılan modellemeler ve ayrıntıları anlatmıştır. Sivas ili Kangal ilçesi yakınlarında bulunan ve uzun yıllardır çalışmakta olan bir demir cevheri yatağını ve açık işletmesini yeniden projelendirmiştir. Sahada yapılmış olan 124 Adet sondaja ait verileri kullanarak veri tabanı oluşturmuş, kesitler almış, cevher ve topografya katı modeli oluşturmuştur. Blok model oluşturmuş, yatağın jeoistatistiksel değerlendirilmesini yapmış, yataktaki tenör dağılımını tespit etmiştir

ve proje basamaklarını oluşturarak temsili açık işletme tasarımını yapmıştır. Ayrıca, yapılan çalışmalar neticesinde sahadaki ekonomik rezervi ve tenör dağılımını tespit etmiş, yapılabilecek ocak tasarımları ile kotlara ve ocağın mevcut konumuna göre planlanan sürede üretilecek cevherin yapısını ve miktarını tespit etmiştir.

Efe (2013), günümüz madencilik çalışmalarındaki bilgisayar uygulamaları, harita bilgisi, jeoistatistik, coğrafi bilgi sistemleri, üç boyutlu modelleme üzerine bilgiler vermiştir. Netcad ve Surpac programlarıyla, bir topoğrafik haritanın sayısallaştırılarak üç boyutlu hale getirilmesini, şev ve basamak oluşturma çalışmalarını, alan ve hacim hesaplamalarını yapmıştır. Jeoistatistiksel yöntemlerle üç boyutlu blok model tasarımlarını incelenmiş, mevcut analiz sonuçlarına ve belirlenen kısıtlara bağlı raporlamalar yapmıştır.

Türe (2014), ülkemizin kömür üretim bölgelerinden birisi olan Koyunağılı (Mihalıççık-Eskişehir) havzasında, özel sektör tarafından kurulmakta olan 2x145 MW kapasiteli Yunus Emre Termik Santrali'nin ihtiyaç duyduğu kömürün üretimi için E Sektörü açık ocak işletme şartlarını belirlemiştir. E Sektöründe yapılan 24 adet sondaj verilerine göre, kömür tabakalarına giriş ve çıkış derinliklerini, kömür tabakalarının ortalama kalınlığını ve orijinal kömürde ortalama ısı değerini tespit etmiştir. Maden yatağının işletilmesi aşamasına geçilmeden önce; coğrafya, hukuki durum, jeoloji, rezerv, madencilik şartları, açık ocak planlaması, kazı-yükleme makine ekipmanı ve maliyet gibi etkenleri incelemiştir.

Aktan (2015), Bursa ili sınırlarında yer alan Sağırlar ve Çivili kömür sahasında yapılan sondajları, jeolojik haritaları ve raporları kullanarak bir veri tabanı oluşturmuştur. Bu veri tabanının doğruluğunu kontrol ettikten sonra her iki saha için katı modeller ve blok modeller oluşturmuş olup her bir bloğun kalite özniteliklerini sondaj verisi azlığından dolayı 2 boyutta Jeoistatistiksel yöntemle (Kriging) kestirmiştir. Ayrıca kalite tonaj eğrilerini üretmiş ve çapraz doğrulama yapmıştır. Sonuç olarak, iki sahanın aralarında yaklaşık 2 km'lik bir mesafe

bulunmasına rağmen, farklı kömür oluşumuna sahip olduklarını, kalite özellikleri açısından benzeşmediklerini tespit etmiştir.

Çakmak (2015), maden şirketleri tarafından kullanılan Surpac programını Seyitömer Linyitleri İşletmesi'ne bağlı S-49 Panosuna uygulamıştır. Çalışması sondaj verilerinin değerlendirilmesini, linyit damarlarının üç boyutlu dizaynını, rezerv hesaplamalarını, her linyit damarı için kontur çizgilerinin oluşturulmasını ve üç boyutlu basamak dizaynını kapsamaktadır.

Özdemir (2015), özel bir şirket bünyesinde bulunan bir kömür sahasının üç boyutlu olarak rezerv-açık ocak çalışması, saha jeolojisi, kaya mekaniği ve zemin mekaniği çalışmalarını yapmıştır. Üç boyutlu olarak dizayn çalışmalarında Micromine programını kullanmıştır. Rezerv hesaplama çalışmalarında, sahayı faylı bir zon göstermesi sebebiyle panolara ayırmış (Pano I, II, III ve IV), kriging ve uzaklığın tersi yöntemlerini kullanmıştır. Nihai rezerv tespitinden sonra açık ocak dizaynı yaparak çalışmasını tamamlamıştır.

Özkan (2015), açık ocak işletmelerinde uzun vadeli üretim planlaması üzerine yapılan çalışmaları incelemiş ve bu çalışmalara alternatif olabilecek MS Visual Basic programlama dili ile ekonomik değerleri girilmiş olan blok model üzerinden çalışan bir algoritma geliştirmiştir. Geliştirilen algoritma hem 2B hem de 3B örnek üzerinde olumlu sonuçlar vermiştir. Geliştirilen yöntemin (Gelişmiş Hareketli Koni) açık ocaklarda nihai sınırların belirlenmesi ve üretim sıralamasının optimizasyonu için alternatif olarak kullanılabileceğini düşünmektedir.

Turan (2015), optimum ocak sınırını sezgisel olarak tespit etmeyi amaçlayan hareketli koni algoritmasını geliştirmeye yönelik yapılan çalışmaları aktarmıştır. Geliştirilen algoritmanın doğruluk testlerine ve gerçek bir kömür madenine uygulamasına yer vermiştir.

Olonbayar (2016), bir paket programı yardımıyla açık ocak kömür madeni işletmesinin sondaj verilerinin üç boyutlu dizaynını, rezerv hesaplamalarını, blok model oluşturulmasını, bloklara değer atamasını, optimum blok karışım oranlarını, üç boyutlu basamak dizaynını, nihai ocak sınırını, kömür ve ocak özelliklerine

dayanarak doğru ekipman seçimini, kaldırılacak dekapaj miktarını, yıllık ve aylık üretim miktarını ve buna bağlı olarak oluşturulan harmanlama metodunu gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak kömür kalitesinin sürekliliğinin sağlanması için, en uygun kömür harmanlama modelini oluşturmuş ve bu modelin Monzol işletmesi açısından kullanılabilirliğini ortaya koymuştur.

Altıparmak (2018), üretilmesi planlanan bir bakır madeninin, jeolojik araştırmalar sonucu elde edilen 145 adet sondaj verisini dijitalleştirerek ve Micromine paket programını kullanarak günümüzün ekonomik şartlarına göre üretim planlamasını ve tasarımını yapmıştır. Ayrıca, üretilebilir rezervi hesaplamış, tenör dağılımını yapmış, maliyet ve satış fiyatlarını girerek nihai ocak sınırını ve ekonomik derinliği bulmuş, toplam dekapaj ile toplam cevher miktarlarını ve işletme ömrünü hesaplamıştır. Daha sonra, basamak ve yol tasarımını, konsantre cevher miktarına göre makina-ekipman seçimini yapmış ve işletmenin ekonomik modelini oluşturarak net kar miktarını hesaplamıştır.

Küçükakçalı (2018), Tufanbeyli maden yatağının keşif ve araştırması üzerine bir çalışma yapmıştır. Maden yatağının güneyden kuzeye doğru gelişim gösterdiğini ortaya koymuştur ve çalışmanın 2012 ve 2025 yılları arasındaki döneminde ortalama örtü-kazı oranı değerini 1,2:1 olarak hesaplamıştır. Sahadaki en önemli sorunlardan birinin linyit ve üst tabaka materyalinde saptanan yeraltı suyu sızıntısı ve yağmurlu dönemlerde yüzey suyu drenajı olduğunu belirtmiştir. Madendeki şev sistemlerinin güvenliğini temsili kesitler aracılığıyla değerlendirmiştir. Dairesel kayma yüzeyleri açısından yeterli şev duyarlılığı kanıtlamıştır; fakat önceden belirlenmiş kayma yüzeyleri kullanıldığında, şev duraylılığını arttırmak için özel tedbirler alınması gerektiğini tespit etmiştir.

Urazel (2018), Kırka Bor İşletme Müdürlüğü Sarıkaya Açık Ocağında Slide sınır denge analiz programını kullanarak şev duraylılık analizi ve Micromine üç boyutlu cevher modelleme programını kullanarak da açık ocak planlama çalışmasını gerçekleştirmiştir. Açık ocak proje çalışmasında kullanılacak basamak geometrisini belirlemiş ve mevcut sondaj loglarını kullanarak 3D cevher

modellemesini yapmıştır. Bu model üzerinden de Kırka Bor İşletme Müdürlüğü Sarıkaya Açık Ocağının 10 (on) yıllık üretim ve dekapaj planlamasını oluşturmuştur.

2.2. Afşin-Elbistan Linyit Havzası ile İlgili Çalışmalar

Afşin-Elbistan linyit havzasında yapılan ilk çalışmalar kömür etüdü ve rezervi üzerine olmuştur. Daha sonra kömür sahasının fizibilitesi, jeofizik ve jeoteknik çalışmaları yapılmıştır. Bu havzada yapılan belli başlı çalışmalar kronolojik sırayla aşağıda verilmiştir.

Önen (1936) tarafından bölgedeki ilk çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Sivas, Malatya, Kahramanmaraş ve Gaziantep illeri civarındaki linyit yataklarını incelemiş ve Kahramanmaraş ili çevresinde dört ayrı yerde kömür oluşumunun bulunduğunu, ancak bunların ekonomik değere sahip olmadıklarını belirtmiştir.

Otto-Gold (1969), Müşavir-Mühendislik firması olarak Alman teknik yardımı çerçevesinde Afşin-Elbistan linyitlerinin varlığına ve daha sonra da fizibilitesine yönelik ayrıntılı çalışmalar yapmıştır. Bu amaçla 1966-1969 yılları arasında linyitlerin aranması, oluşumu, yayılımı, rezervi ve özelliklerine yönelik arazi, sondaj, analiz ve benzeri çalışmalarla Afşin-Elbistan linyitlerinin fizibilite etütlerini gerçekleştirmiştir.

Rheinbraun Consulting (1976) tarafından hazırlanan Kışlaköy Açık İşletmesi üretim planlaması ve rezerv hesaplaması raporunda, Kışlaköy sahasında 1.576×10^6 m^3 örtü + ara kesme ve $577,9 \times 10^6$ ton linyit olduğunu belirtmiştir.

Özbek ve Güçlüer (1977), Maraş–Elbistan Çöllolar linyit sektöründe yaptıkları hidrojeolojik çalışmalar sonucunda, temel formasyonlardan kireçtaşlarının akifer özellik taşıdığını saptamış ve faylanmalar ile bu seviyelerden kömür işletme sahasına etkili miktarda su gelişi olacağını belirtmişlerdir.

Aydoğan (1978), Elbistan-Çöllolar sektöründe daha önce varlığı saptanan linyit yatağının fizibilite çalışmalarında 245 adet sondajın yapıldığını ve bu sondaj

verilerine göre kömür kalınlığının doğudan batıya ve kuzeybatıya gidildikçe azaldığını belirtmiştir.

Gürsoy ve ark. (1981), Çöllolar, Hurman ve Sinekli köyleri arasında kalan sahanın kömür rezervine yönelik yapmış olduğu çalışmada 466 milyon ton linyit rezervi tespit etmişlerdir. Linyit damarlarından alınan numunelerden, linyitin yaşı Pliyosen olarak, gidya birimi içinde bulunan Ostrocod'lara göre bu çökeller için Pliyo–Pliyostesen yaşını vermişlerdir.

Perinçek ve Kozlu (1984), Afşin, Elbistan, Doğanşehir arasında kalan alandaki birimlerin stratigrafisi ve bunların birbirleriyle ilişkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, sondaj verilerine göre Kızıldağ ve Afşin arasında kalan alanda kalın kömür damarlarının bulunduğunu belirtmişlerdir.

Yörükoğlu (1991), Kışlaköy Açık işletmesinin jeolojisi–hidrojeolojisi, planlama kriterleri, kömür üretim miktarı ile kullanılan makine ve ekipmanları konusunda bir çalışma yapmıştır.

Gökmen ve ark. (1993), Afşin-Elbistan linyit havzası ile ilgili bilgiler derlemiştir. Derlemeye göre; Neojen öncesi yaşlı kayaçların, linyit içeren birimlerin temelini oluşturduğunu, Neojen yaşlı çökellerin limnik fasiyeste geliştiğini bildirmişlerdir.

Kürkçü ve ark. (1993), daha önce yapılan çalışmalarla belirlenmiş olan Afşin-Elbistan Çöllolar (B) sektörünü jeoistatistiksel yöntem kullanılarak yeniden irdelenmesini amaçlamışlardır. Çalışmalarının sonucunda, Taylor yaklaşımını kullanan 'Contur-II ve Reserve-Coal' programlarıyla elde edilen rezerv miktarı ile kriging yöntemini kullanan 'GEO-EAS' programından elde edilen rezerv miktarı arasında büyük bir fark olmadığını anlamışlardır. Bunun nedeni, kömür yataklarının sedimanter bir yapıda olmasıdır. Bir başka değişle jeoistatistik yöntemi ile daha çok uygulama alanı bulan metalik madenlerin yapılaşmasından farklı olmasına bağlanabilir. Yapılan çalışmada hata oranının en aza indirgenmesi yönünde istatistiksel irdelemelere olanak sağlaması nedeniyle jeoistatistiksel yöntemin uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

Öztürk (1994) tarafından, Afşin-Elbistan açık işletmesinde sert kayaç problemi ortaya konmuş ve işletmeyi ne derecede etkilediği gösterilmiştir. Kazıcıların durma sebepleri içindeki payını ortaya koymuştur. Ayrıca işletmede TKİ ve Rheinbraun Consulting tarafından yapılan sondajlara istinaden basamaklara göre sert kayaç hacimlerini tespit etmiştir. Sert kayaç tabakasının şevdeki pozisyonuna bağlı olarak kazıcıların çalışma tekniklerini incelemiştir. Sonuç olarak taşların bertaraf edilmesi için uygulanabilecek yöntemler ortaya koymuştur. Özel taş işletmesi için makine parkı seçmiş, yatırımların spesifikasyonunu yapmıştır. Ayrıca delme-patlatma ile döner kepçeli kazıcılar için yüklenebilir malzeme oluşturulmasını incelemiştir.

Saydam (1995) çalışmasına, her biri koordinat değerleri (x,y,z) ve kömür kalınlık bilgilerini içeren 305 adet sondaj verilerini bilgisayar ortamına aktararak bir veri tabanının oluşturulması ile başlamıştır. Bu veri tabanını kullanarak kömür kalınlıklarının istatistiksel ve variogram analizlerini yapmıştır. Variogram analizinden elde edilen verileri kullanarak, kriging yarıçapı sabit tutulmak suretiyle 100 x 100 m'den başlayarak 1000 x 1000 m'ye kadar olan kuramsal bloklara bölünen cevher yatağındaki her bloğun kömür kalınlık tahminlerini Kriging Yöntemi ile yapmıştır. Daha sonra blok boyutlarını sabit tutup, 300-150 m, 600-300 m, 600-400 m, 800-400 m ve 1200-600 m kriging yarıçaplarının kalınlık tahminine etkisini araştırmıştır. Sabit kriging yarıçapında, blok boyutunun kömür kalınlık tahminini çok az etkilediğini ve kriging yarıçapı arttıkça tahmin edilen kömür kalınlığının düştüğünü belirlemiştir.

Kılıç (1996) tarafından Kışlaköy sahasında stabilite analizleri yapılmıştır. Sahadaki şevlerin stabilitesi için en önemli tabakanın, içsel sürtünme açısı ve kohezyonu en düşük linyitin hemen altındaki kil tabakasının olduğunu, bu tabakanın su ile birleştiğinde çok kritik bir hal aldığını vurgulamıştır. Ayrıca kömür tabakası üstündeki birkaç metrelik kaliç olarak adlandırılan tatlı su kalkerlerinin döner kepçeli ekskavatörlerin çalışma performansını olumsuz etkilediğini belirtmiştir. Sahanın yeraltı ve yerüstü suyu bakımından zengin olduğunu ve

stabiliteyi olumsuz etkileyecek birkaç akiferin (Kuvaterner, Gidya, Karstik Kireçtası, Kızıldağ Akiferleri) bulunduğunu, bu akiferlerin bulunduğu basamakların mutlak suretle drenaj kuyuları vasıtasıyla yeraltı suyunun drenajının sağlanması gerektiğini ifade etmiştir.

Dağ (1997) tarafından, Çöllolar sektörü üzerinde yapılmış 305 adet sondaj verisi jeoistatistiksel yöntemler ile değerlendirilerek sektörün blok modeli oluşturulmuş, bilgisayar destekli üretim planlaması için bir yazılım geliştirilerek, açık işletmenin nihai sınırları tespit edilmiş ve üretim planlaması yapılmıştır.

Ural (1999) tarafından, Afşin-Elbistan (A) Termik Santrali'nin performansının düşük olmasının nedenleri araştırılmış ve bu nedenlerin birisi de yakıt olarak kullanılan linyitlerin kalitesini belirleyen sınırlayıcı parametrelerin yetersizliği olarak tespit edilmiştir. Satılabilir kömürün kalitesini belirleyen en önemli iki sınırlayıcı parametre Afşin-Elbistan linyitlerinin dayanım özellikleri ve ısıl değeri ile kül oranı arasındaki orantıdır. Linyitlerin dayanımlarını belirleyebilmek için düzeltilmiş darbe dayanım deneyi adı verilen bir yöntem geliştirmiştir. Afşin- Elbistan linyitlerinin darbe dayanım değerleri % 9,8 ile % 56 arasında değişmektedir. Satılabilir linyitlerin ortalama darbe dayanım değeri % 45 ve varyansı da % 4 olmalıdır. Bu nedenle farklı özelliklere sahip linyitlerin harmanlanması gerektiğini tespit etmiştir.

Ergüder ve ark. (2000), Kışlaköy Açık İşletmesi doğu nihai şevlerinde jeofizik etüdü kapsamında bu yöredeki fayların doğrultu ve eğimlerinin tespitine yönelik çalışmalar yapmışlardır. Mevcut fayların ocak işletme yönünde devam ettiğini saptamışlardır.

Koçak (2000) tarafından, Elbistan Linyit Havzasındaki Hurman Çayı'nın batısında yer alan C ve E sektörleri güncel veriler ile yeniden değerlendirilmiş, iki sektörde 796 milyon ton işletilebilir linyit rezervinin bulunduğu ve havzanın batısında sondaj yapılması durumunda rezervin artabileceği belirtilmiştir.

Kılıç ve Onur (2001) tarafından, Afşin-Elbistan Linyitleri Kışlaköy açık işletmesinin iç döküm sahası ile ilgili dinamik duraylılık analizleri, bölgenin

deprem önemi de dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen dinamik duraylılık hesaplama programları ile üç değişik su durumu ve deprem etkisi göz önüne alınarak, "Bishop, Carter, Sarma" yöntemleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda, döküm sahası şevinde bütün olasılıklar ve deprem katsayısının hesaba katılması durumunda bile herhangi bir kayma tehlikesinin olmadığını tespit etmişlerdir.

Koçak ve ark. (2003), bölgenin linyit rezervine yönelik yaptıkları çalışmalarda, havzada görünür rezervin 4,3 milyar ton, ekonomik işletilebilir linyit rezervinin ise 3,8 milyar ton olduğunu belirlemiştir.

Ural ve Yüksel (2004), Kışlaköy Açık İşletmesinde duraylılık konusunda yaptıkları araştırmalarda, stabiliteyi etkileyen faktörlerin; yeraltı suyu seviyesinin yüksek olması, gidya biriminin zayıf zon olması, linyit altındaki kilin potansiyel kaymaya neden olabileceğini ve çalışma alanında yer alan birimlerin makaslama dayanımı değerlerinin, artık makaslama dayanımı değerleri ile temsil edildiğini belirtmişlerdir.

Cankaya (2005), güncel, teknik ve ekonomik verileri kullanarak Afşin-Elbistan (B) Çöllolar sektörünün optimum ocak sınırlarını belirlemiştir. MTA Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen 156 adet karotlu sondaja ait bilgileri kullanarak kuyu koordinatları, kömüre giriş ve çıkış kotları, ısıl değer, kül içeriği değeri, kuyunun toplam derinliği gibi bilgileri içeren bir veri dosyası oluşturmuştur. Bu veri dosyasına kriging yöntemi ile bloklara değerleri atanarak sahanın blok modelini oluşturmuştur. Daha sonra yoğunluk, örtü-kazı ve kömür üretim maliyetlerini, her bir bloğun üretim maliyetini ve parasal değerini dikkate alarak, sahanın ekonomik modelini üretmiştir. Son olarak yazılıma olası nihai şevlerin değişik yönlerdeki genel eğim açılarını girerek pozitif hareketli koni yöntemi ile optimum ocak sınırlarını elde etmiştir.

Mert (2010) tarafından yapılan doktora tezi çalışmasında, öncelikle Afşin-Elbistan linyit havzasına ait jeolojik ve sondaj verileri analiz edilerek tablosal veri tabanları hazırlanmış, daha sonra madencilik faaliyetlerinde kullanılan sayısal

tematik haritalar oluşturularak CBS çatısı altında birleştirilmiştir. Bunun sonucunda, grafik ve grafik olmayan veriler ile bu veriler arasındaki mantıksal ve topolojik ilişkileri bütünleşik olarak işleyebilme ve böylece konuma bağlı analizleri gerçekleştirme olanağına sahip "Üretim Takip ve Planlama Bilgi Sistemi" yazılımı geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yazılım yardımıyla, ekskavatörlerin üzerine bir GPS alıcısı yerleştirilerek, sayısal haritalar üzerinden izlenebilmeleri mümkün kılınmış, linyit üretimiyle eş zamanlı olarak üretim miktarı, ısıl değer, % nem, % kül gibi kalite verilerinin takip edilmesi ve stok kayıtlarının veri tabanı olarak saklanması sağlanmıştır. Ayrıca, harmanlama ve diğer prosesler açısından önem arz eden bu veri tabanları ve geliştirilen bilgi sistemi sayesinde arazi kullanım haritalarının hazırlanabileceği veya ekrandan tanımlanan bir alandaki rezerv-kalite dağılımlarının tespitinin mümkün olacağı ortaya konmuştur.

Arıöz (2011), Afşin-Elbistan linyit sahası Çöllolar sektörünün Netpro/Mine yazılımı ile değerlendirilmesi konulu yüksek lisans tezi çalışmasında, MTA tarafından yapılan sondaj verilerinden faydalanmıştır. Netpro/Mine programını kullanarak linyit sahasının jeoistatistiksel değerlendirilmesini, yatağın üç boyutlu dizaynını, blok model oluşturulmasını, tematik haritaların hazırlanmasını ve ayrıntılı rezerv hesaplamalarını gerçekleştirmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar daha önceden yapılan çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmış olup aralarındaki farkın kabul edilebilir olduğu görülmüştür.

Gharehoghlani (2014), Netpro/Mine programını ülkemizin önemli linyit rezervlerinden birine sahip olan Afşin-Elbistan linyit havzasındaki Kışlaköy sahasına uygulamıştır. Çalışmasında, linyit sahasına ait sondaj verilerini değerlendirmiş ve Netpro/Mine yazılımını kullanarak yatağın katı ve blok modellerini oluşturmuştur. Blok model üzerinden ayrıntılı hacim ve kütle hesaplamalarını yapmıştır.

Ural (2018), Afşin–Elbistan Havzası, C ve D Sektörlerinin optimum üretim kapasitesi şartlarını incelemiştir. Bu doğrultuda 52 farklı kuyuya ait karotlu sondaj verisi ile Netpro/Mine programını kullanarak bu sahanın bir katı modelini

oluşturmuştur. Bu katı modeli ve Netpro/mine yazılımının optimizasyon modülünü kullanarak net bugünkü değeri maksimum yapan yıllık üretim kapasitesini belirlemiş ve duyarlılık analizi yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre net bugünkü değer miktarının, yıllık enflasyon oranı ve kömür satış fiyatına bağlı olduğunu belirtmiştir.

Üredi (2018), Surpac yazılımını kullanarak Afşin-Elbistan Kömür Havzası E-Sektörü Kömür Sahası ile ilgili verilerin değerlendirilmesini ve açık ocak planlamasını yapmıştır. Çalışmasında ticari veriler kullandığından dolayı değerlendirmeleri sahanın küçük bir bölümü ile sınırlandırmış ve on yıllık üretim planını yapmıştır. Sahanın örtü-kazı oranını, ısıl değerini ve toplam kömür üretim miktarını tespit etmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada uygulama alanı olarak, Kahramanmaraş iline bağlı Afşin-Elbistan ilçeleri arasında bulunan Linyit havzasına ait Kışlaköy sektörü seçilmiştir. Sahada geçmiş yıllarda Maden Tetkik Arama (MTA) Enstitüsü tarafından 208 adet rezerv araştırma sondajı yapılmıştır. Bu sondajlardan elde edilen veriler değerlendirilerek veri seti hazırlanmıştır.

Tez kapsamında yapılan 2 boyutlu çalışmalarda Netcad, 3 boyutlu çalışmalarda ise Netpro/Mine madencilik yazılımları kullanılmıştır. Ayrıca, bilgisayar yazılımının geliştirilmesi çalışmalarında Visual Basic programlama dili kullanılmıştır.

3.1.1. Çalışma Sahası

Ülkemiz linyit yatakları içerisinde en büyük rezerve sahip olan Afşin-Elbistan linyit havzası, Kahramanmaraş iline bağlı Afşin ve Elbistan ilçeleri arasında bulunmaktadır. Bu havza yaklaşık 120 km^2'lik bir alana yayılmıştır ve havzanın büyüklüğü nedeniyle Kışlaköy (A), Çöllolar (B), C, D, E ve F olmak üzere toplam altı sektöre bölünmüştür. Havzada yaklaşık 4,8 milyar ton linyit rezervi olduğu düşünülmektedir.

Çalışma sahası olan Kışlaköy sektörü ise havzada 28 $km^{2'}$lik bir alanı kapsamaktadır ve deniz seviyesinden yaklaşık 1150 m yüksekliktedir. Afşin-Elbistan havzasındaki ilk çalışmalar 1966 yılında bir Alman firması olan Otto Gold GmbH ile Maden Tetkik Arama Enstitüsü'nün (MTA) işbirliği ile başlamış ve ilk linyit, rezerv araştırma sondajları neticesinde 1967 yılında keşfedilmiştir. Havzanın fizibilite raporları 1969-1970 yıllarında hazırlanmış ve 1973 yılından itibaren yatırım faaliyetlerine başlanmıştır. Mevcut linyit rezervi, ulaşılabilirliği ve jeolojik-hidrojeolojik değerlendirmeler neticesinde Kışlaköy sektörü ilk üretim bölgesi seçilmiş ve faaliyetlere başlanmıştır. Sahada 1984 yılında kömür üretimine

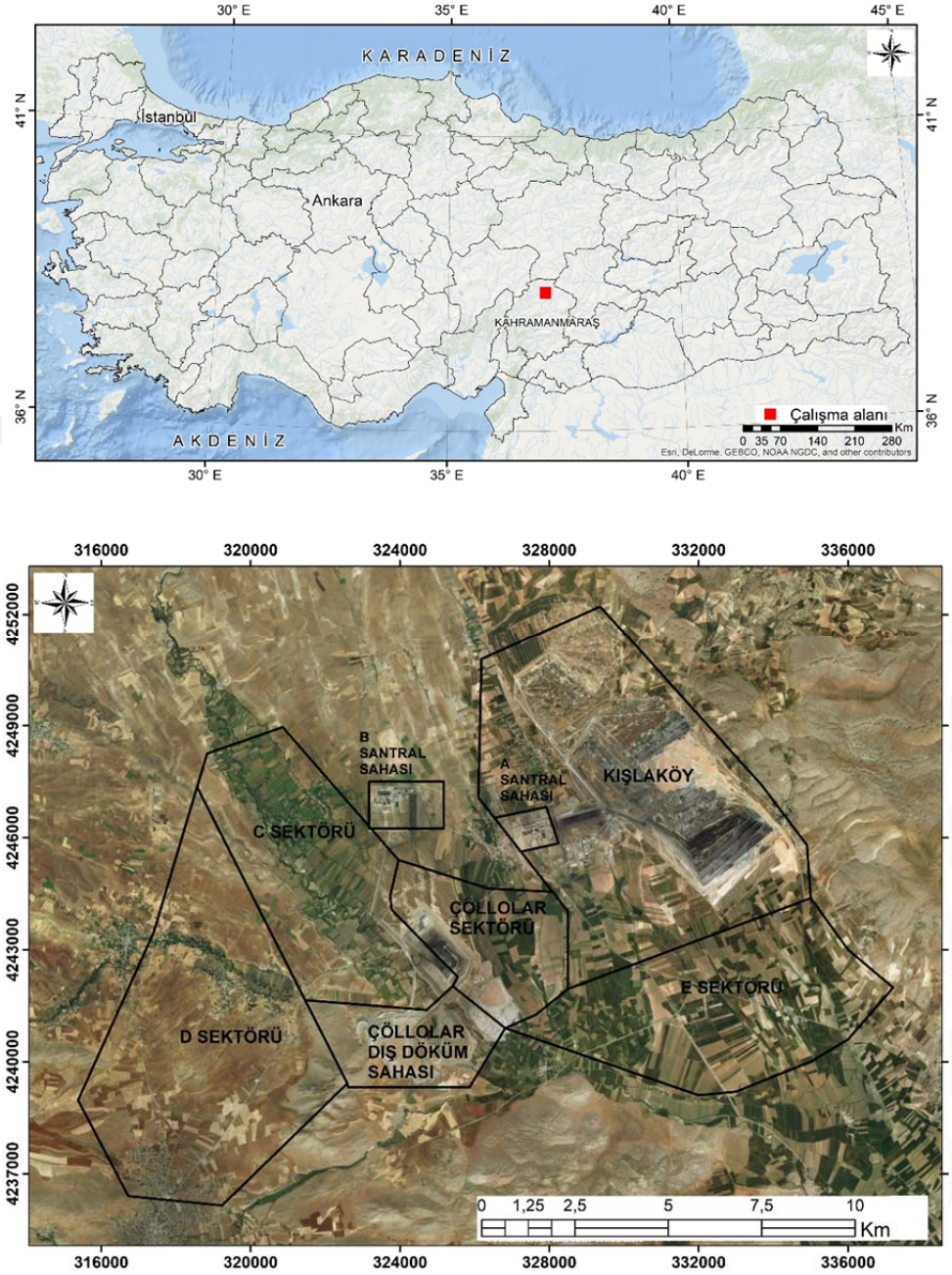
başlanmış olup 2017 yılı sonu itibari ile toplam 401 Milyon ton kömür üretilmiştir. Önümüzdeki 29 yıllık süreç içerisinde sahadan toplam 580 milyon ton kömür üretilmesi öngörülmektedir.

Kışlaköy sahasında üretilen linyit, kurulu gücü 1355 MW olan A termik santrali ve kurulu gücü 1440 MW olan B termik santralinin enerji hammaddesi ihtiyacını karşılamaktadır. Türkiye'nin elektrik ihtiyacının dışa bağımlılığını asgari düzeyde tutulması amacıyla uzun vadeli yatırım planlamalarında Afşin-Elbistan bölgesi önemli bir yer tutmaktadır (EÜAŞ İşletme Projesi, 2018).

3.1.1.1. Çalışma Sahasının Konumu

Afşin-Elbistan havzası Kışlaköy linyit sahası, Afşin İlçe Merkezine 15 km, Elbistan İlçe Merkezine 30 km ve Kahramanmaraş İline 165 km uzaklıktadır. Çalışma sahası 1/25.000 ölçekli Afşin L 38 a4 paftasında yer almaktadır. Afşin–Elbistan havzasının kuzeybatısında Alemdar, batısında Çoğulhan, güneyinde Balıkçıl ve güneydoğusunda Kışlaköy yerleşim alanları bulunmaktadır. Ayrıca, sahanın etrafı Binboğa, Nurhak ve Engizek dağları ile çevrilmiştir. Elbistan İlçe merkezinin yaklaşık 3 km güneydoğusunda yer alan Pınarbaşı mevkiinden doğan ve Elbistan İlçesinin ortasından geçen Ceyhan nehrinin Hurman kolu havzanın içerisinden geçmektedir (EÜAŞ İşletme Projesi, 2018).

Kışlaköy linyit sahasının yer bulduru haritası Şekil 3.1'de görülmektedir. Şekil 3.2'de ise çalışma sahasının Google Earth görüntüsü verilmiştir



Şekil 3.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası



Şekil 3.2. Çalışma alanının Google Earth görüntüsü

3.1.1.2. İklim, Bitki Örtüsü ve Morfoloji

Afşin-Elbistan linyit havzası Doğu Anadolu bölgesinin güneybatı kısmında yer almakta olup aynı zamanda Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerine de komşu durumundadır. Bu nedenle hem ait olduğu bölgenin iklim özelliklerini hem de komşu olduğu bölgelerin iklim özelliklerini taşımaktadır. Özellikle havzanın batı tarafında daha çok Akdeniz ikliminin bir geçiş tipi görülmektedir. Bu kısımda kış mevsimi soğuk ve nemli, doğu kısmında ise daha karasal bir iklime sahip soğuk yaşanmaktadır. Havzada yaz mevsimi ise sıcak ve kurak geçmektedir.

Yağışlar, ilkbahar da Mart-Nisan, sonbahar da Ekim-Kasım aylarında görülmektedir. Havzada, Kuzeyden esen ve kışın kar getiren poyraz rüzgârları ile güneybatıdan esen ve bol miktarda yağmur getiren lodos rüzgârları daha çok görülmektedir.

Bölge yarı kurak iklime sahip olduğundan dolayı bitkiler ve ağaçlar yavaş büyüme göstermektedir. Bu nedenle, bölgede yarı kurak iklime uygun Ardıç, Meşe, Karaçam ve Sedir gibi ağaç türleri yetişmektedir. Özellikle dere kenarlarında söğüt ve selvi ağaçları bulunmaktadır. Çevrede bulunan dağlık kesimde kireçtaşları hakim olup, bu çevre bitki örtüsü bakımından çıplaktır. Ovada ise buğday, pancar, fasulye, patates ve ayçiçeği ekimi yapılmaktadır. Hayvancılık az gelişmiş olmasına rağmen sığır ve koyun yetiştirilmektedir (Mert, 2010).

3.1.1.3. İşletme Yöntemi

İşletme ilk kurulduğu zaman üretim planları yeraltı madenciliğine göre yapılmış ve bu kapsamda galeriler açılmıştır. Ancak, sonrasında açık ocak madenciliği daha uygun bulunmuş ve Döner Kepçeli Ekskavatörler ile kazı yapılacak şekilde yatırım ve üretim planlaması yapılmıştır. Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te Kışlaköy linyit sahasında kazı çalışmalarında kullanılan döner kepçeli ekskavatöre ait görüntüler bulunmaktadır.



Şekil 3.3. Döner kepçeli ekskavatör görünümü



Şekil 3.4. Döner kepçeli ekskavatörde kazı işlemini yapan kısmın görünümü

Sahada dekapaj, üretim ve dolgu çalışmaları kuzey-kuzeydoğu/güney-güneybatı doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. Kışlaköy linyit sahası ocak derinliği yaklaşık 120 m olmak üzere toplam 6 basamaktan oluşmaktadır. İlk 3 basamakta dekapaj, 4. basamakta dekapaj ve linyit, son 2 basamakta ise linyit kazısı yapılmaktadır. Kazıcılar tarafından kazılan dekapaj ve linyit nakliyesi bant yolları ile sağlanmaktadır. Açık ocak geometrisi; kazıcı makine özellikleri, sahasının jeolojisi, yapılan jeolojik ve hidrojeolojik teknik raporlar dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu parametreler doğrultusunda; basamak yükseklikleri maksimum 25 m, basamak genişlikleri 75-120 m basamak şev açıları 60-70°, doğu ve batı nihai genel şev açıları 10°, ilerleme yönündeki genel şev açısı ise 8-9° derece olacak şekilde planlanmıştır. Şekil 3.5'te kazı sahasını genel görünümü, Şekil 3.6'da ise döküm sahasının genel görünümü verilmiştir.



Şekil 3.5. Kazı sahasının genel görünümü



Şekil 3.6. Döküm sahasının genel görünümü

Kışlaköy linyit sahasında kazı faaliyetleri döner kepçeli ekskavatörler ile yürütülmektedir. Ancak, sadece en üst basamakta nebati toprak ve kil malzemesinin yanı sıra orta sert veya sert özellikli kireçtaşı bulunmaktadır. Bu durum döner kepçeli ekskavatörün çalışmasını zorlaştırmakta olduğundan dolayı bölgesel olarak delme-patlatma yöntemine ihtiyaç duyulmuştur. Son yıllarda, bu

faaliyet kamyon-ekskavatör sistemiyle kazı yapan ve çıkarılan dekapaj malzemesini döküm sahasına nakleden yüklenici firma tarafından yürütülmektedir. Yani işletmede hem kamyon-ekskavatör hem de tam mekanize sürekli madencilik sistemiyle (döner kepçeli ekskavatör-bant konveyör-dökücü serisi) kazı yapılmaktadır.

Linyit harici dekapaj malzemesi döküm sahasına bant konveyörler ile taşınmakta ve dökücü makineler ile kazı sonunda oluşan boşlukları doldurarak planlı bir şekilde dökülmektedir. Kışlaköy linyit sahasında, dış döküm ve iç döküm olmak üzere iki adet döküm sahası bulunmaktadır. İşletmede döküm basamaklarının genişlikleri 200-300 m, genel şev açısı 8-9°, basamak şev açıları ise 50-60° olacak şekilde planlanmıştır. Ayrıca, madencilik faaliyetlerinin sonunda rekültüvasyon işleminin uygulaması kapsamında en üst basamağa tarım ve orman için elverişli olan toprak dökülmektedir (EÜAŞ İşletme Projesi, 2018). Şekil 3.7'de Kışlaköy linyit sahasında döküm işlemlerinde kullanılan dökücü makine görülmektedir.



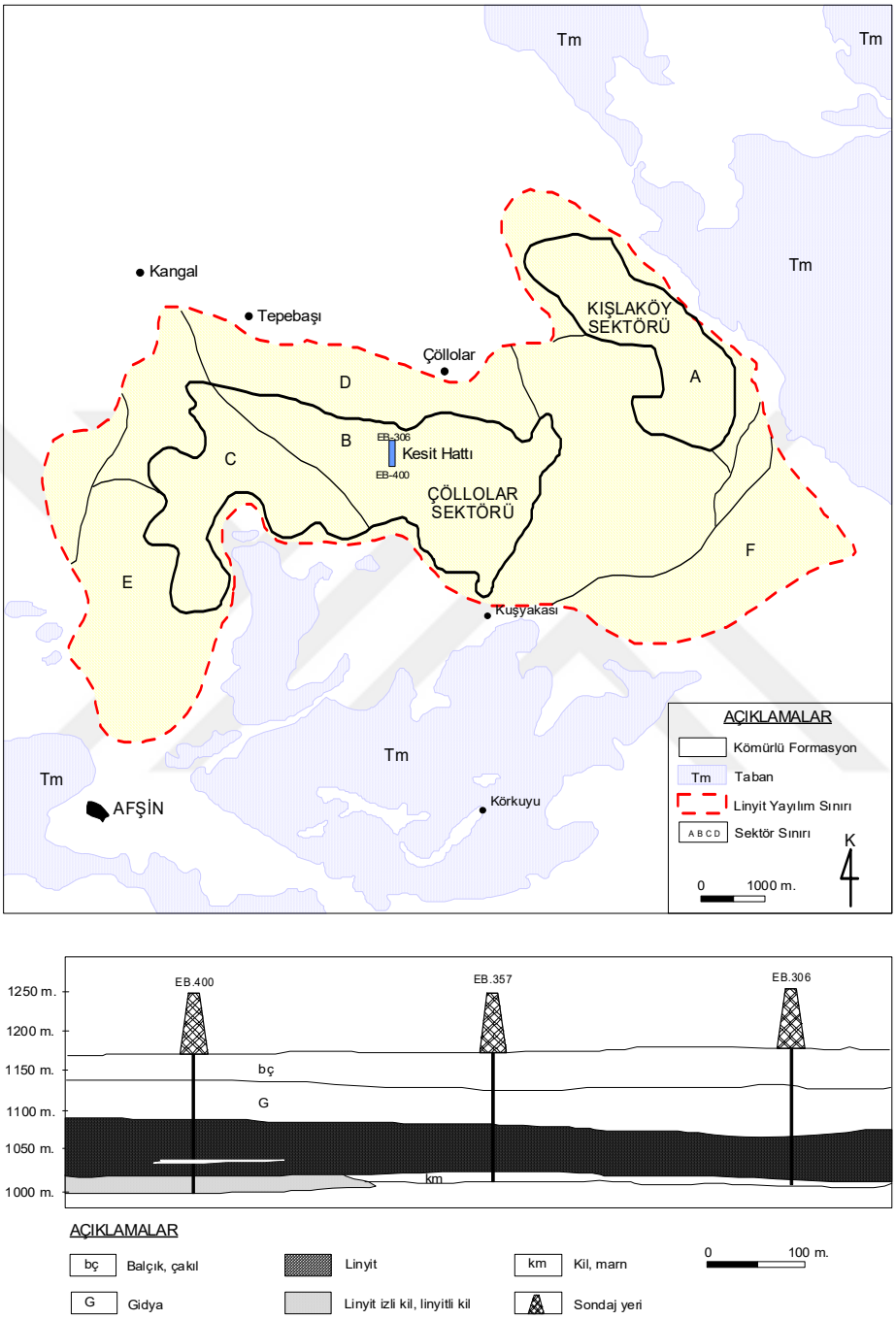
Şekil 3.7. Dökücü makinenin görünümü

3.1.1.4. Havzanın Genel Jeolojisi

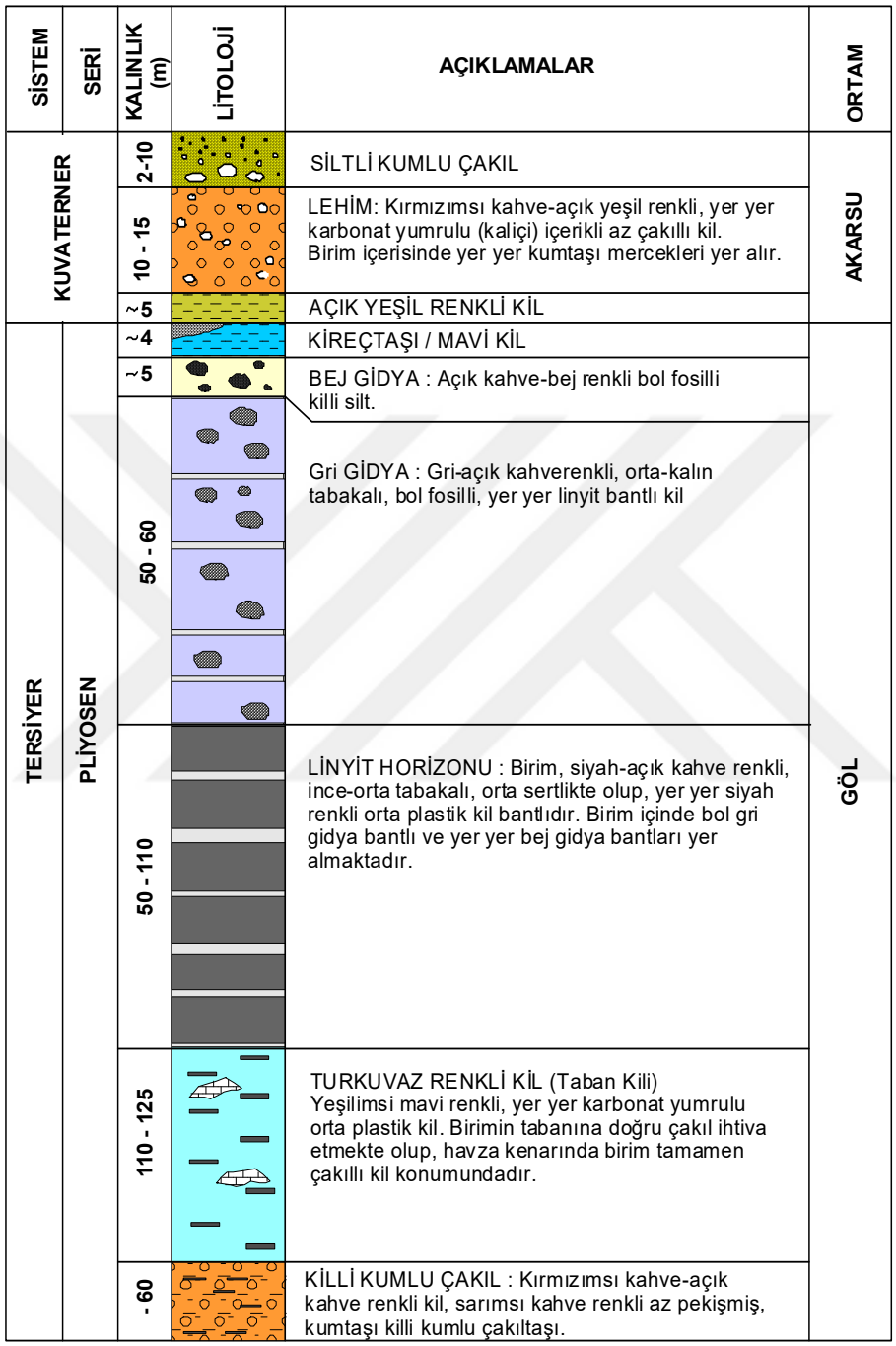
Afşin–Elbistan Havzası Alp Orojenezi sonunda Toros Dağları'nın yükselmesi sırasında oluşmuş kapalı bir basendir. Bölgenin tabanını Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşları oluşturmuştur. Kışlaköy sahasının Kuzeydoğu-Doğu'sunda yer alan Kızıldağ'da ise Üst Kretase yaşlı, grimsi-beyaz renkli kireçtaşları yüzeylenmiştir (Gökmen ve ark., 1993; Mert, 2010). Neojen formasyonlar Kızıldağ güneyinde mostra vermekte olup diğer yerlerde Kuvaterner yaşlı çökeltiler tarafından örtülmüştür ve kalınlığı genel olarak 300-400 m'dir. Neojen formasyonları alttan üste doğru şöyle sıralanmaktadır;

- Kırmızı, kahverengi iri taneli klastik çökeller,
- Kızıl kahverengi, kumlu, marnlı sedimentler,
- Yeşilimsi, mavimsi-plastik kömür altı kil ve marnları,
- Kömür,
- Gidya,
- Yeşilimsi, mavimsi, plastik kömür üstü kil ve marnları (Yörükoğlu, 1991; Mert,2010).

Afşin-Elbistan havzasında Pliyosen-Pliyostesen yaşlı gölsel çökellerle Kuvaterner yaşlı akarsu ve yamaç molozu ürünü olan litolojik birimler yer almaktadır. Çalışma sahasında Neojen birimler alttan üste doğru; kırmızı kahve renkli killi-kumlu-çakıllı birim, turkuaz renkli taban kili, linyit horizonu, gri gidya, bej gidya ve kireçtaşları şeklinde sıralanmıştır. Kuvaterner yaşlı birimler; çalışma sahasının batısında akarsu çökeli doğusunda ise yamaç molozu çökelleri şeklinde yer almaktadır (Mert, 2010). Şekil 3.8'de Afşin-Elbistan ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası ve kesiti, Şekil 3.9'da ise, çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit verilmiştir.



Şekil 3.8. Afşin-Elbistan ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası ve kesiti (Gökmen ve ark., 1993; Mert, 2010).



Şekil 3.9. Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit (Akbulut ve ark., 2007; Mert, 2010)

Afşin-Elbistan havzasında çökeller genel olarak yatay veya yataya yakın tabakalıdır. Havza kenarında yer alan doğu şevlerinde, faylanmanın da etkisiyle, tabakaların eğim açıları artmakta ve 2–40° arasında değişmektedir. Ayrıca, doğu şevinde yine faylanmanın etkisiyle K65°B yönelimli, KB yönünde yaklaşık 2° dalımlı bir antiklinal gelişmiştir. Havza kenarından batıya doğru (havza ortasına) gidildikçe tabaka eğimleri 2–5° arasında değişmektedir. Havza ortasında ise yatay veya yataya yakın olan tabaka eğimleri batı şevlerinde 1–2° olarak ölçülmektedir (EÜAŞ İşletme Projesi, 2018). Şekil 3.10'da linyit damarına ait bir görünüm verilmiştir.



Şekil 3.10. Linyit damarına ait bir görünüm

3.1.1.5. Havzanın Hidrojeolojik Özellikleri

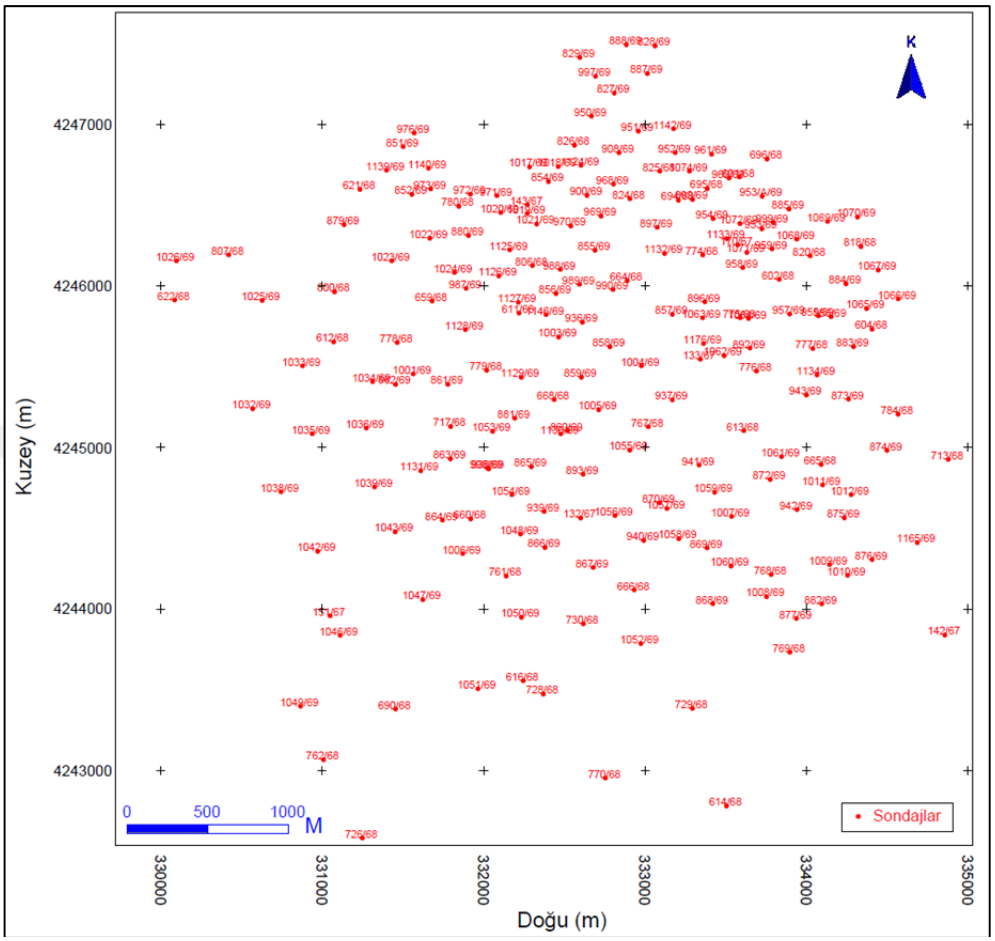
Afşin-Elbistan linyit havzasında bulunan en önemli akarsu ortalama 8 m^3/sn'lik debisi ile Ceyhan nehridir. Ceyhan nehrinin toplam beslenme alanı 4,200 m^2 olup, havza içindeki kolları Hurman çayı, Söğütlü ve Sarsap dereleridir. Ancak Kışlaköy açık işletmesini Çoğulhan ve Derindere gibi küçük çaylar da etkilemektedir. Kızıldağ'ın batı ve kuzey yamaçlarından çıkan yüzey sularını

kontrolde tutmak için doğu çevre kanalı ve batı çevre kanalı adı verilen iki büyük kanal yapılmıştır. Doğu çevre kanalı hem yüzey sularını hem de karstik sahadan pompalanan suları toplamaktadır. Batı çevre kanalı ise, çevre suları yanı sıra üst Akifer ve Gidya kuyularından pompalanan suları toplamaktadır (Öztürk, 1994; EÜAŞ İşletme Projesi, 2018).

Kışlaköy açık işletmesinin kuruluşundan Aralık-2017 tarihine kadar sahadaki birimlerin susuzlaştırılması kapsamında 1663 adet gidya ve 154 adet karst drenaj kuyusu olmak üzere toplam 1817 adet drenaj kuyusu açılmıştır. Ayrıca, birimlerin su seviyelerinin takip edilmesi için toplam 169 adet gözlem kuyusu yapılmıştır. Drenaj kuyularından alınan sular, beton kanal ile Hurman Çayına bağlanarak ocak sahasından uzaklaştırılmaktadır. Aynı zamanda, bu sular yörede bulunan verimli arazilerinde uygulanan sulu tarım için köylülerin sulama ihtiyaçlarının karşılamasına da yardımcı olunmaktadır (EÜAŞ İşletme Projesi, 2018).

3.1.2. Sondaj Verileri

Madencilik sektöründe planlama çalışmalarının yapılacağı saha hakkında bilgilerin detaylı bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bilgilerin önemli bir kısmı rezerv araştırma sondajlarından elde edilmektedir. Afşin-Elbistan linyit sahasında önceki yıllarda Maden Tetkik ve Arama (MTA) Enstitüsü tarafından toplam 208 adet rezerv araştırma sondajı yapılmıştır (Karot verimi %95). Bu sondajlardan elde edilen bilgiler ile veri setinin hazırlanması ve Netpro/Mine yazılımına aktarılması planlama çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Veri seti; sondaj numaralarını, sondaj noktalarının 3 boyutlu koordinat değerlerini (X, Y, Z), açı (Doğrultu, Eğim) bilgilerini, linyit giriş ve çıkış kot değerlerini, linyit gözlenen seviyelerde ısıl değer, kül ve nem analiz değerlerini içermektedir. Sondaj lokasyonlarının dağılımı Şekil 3.11'de görülmektedir.



Şekil 3.11. Sondaj lokasyonlarının dağılımı

3.1.3. Netpro/Mine Programı

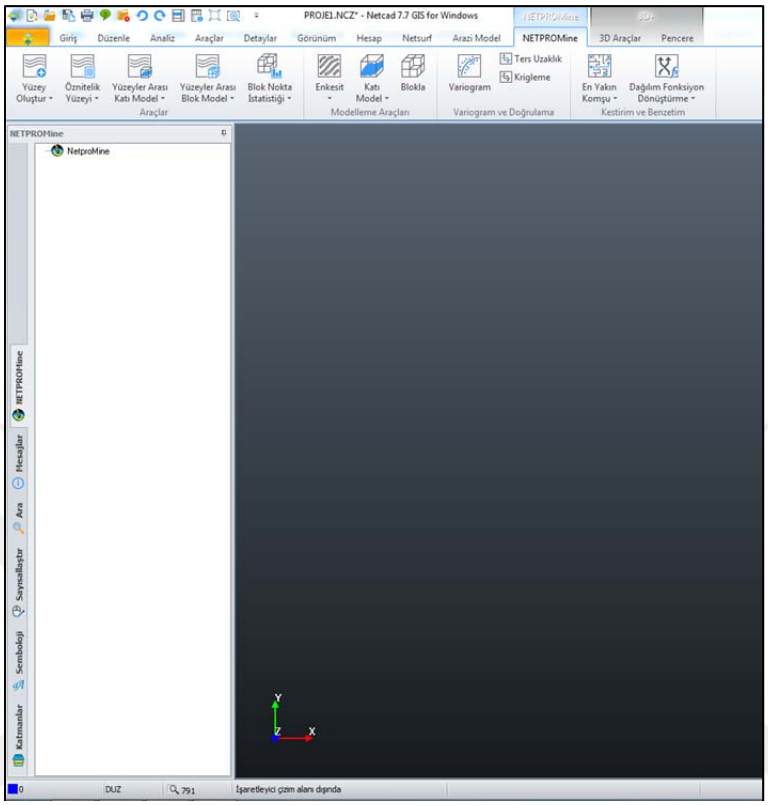
Netcad, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) ve TÜBİTAK işbirliğiyle madencilik sektöründe cevherin bulunması aşamasından üretimin tamamlanması aşamasına kadar bütün mühendislik tasarımlarının uygulanmasını sağlayan Türkiye'nin ilk yerli ürünü olan Netpro/Mine programını 2010 yılının Aralık ayında kullanıma sunmuştur. Netpro/Mine, % 100 yerli kaynaklar ile geliştirilmiştir. Mevcut durumda Türkçe ve İngilizce olmak üzere iki farklı dilde sürüme sahiptir.

Netpro/Mine, yer altı ve açık maden işletmeciliği kapsamında yapılabilecek uygulamaların tamamını bir arada gerçekleştirebilmektedir. Ayrıca, iki ve üç boyutlu ortamlarda jeolojik projelendirme süreçlerini bütünleşik yapıda yönetebilmektedir. Netpro/Mine, sondajların geometrik ve litolojik girdileri ile üç boyutlu yüzey, katı ve blok model oluşturma, jeoistatistiksel kestirim, ocak optimizasyonu, üretim planı, açık ocak tasarımı, yer altı galeri tasarımları vb. projelendirme işlemlerinin tüm aşamalarını güncel mevzuatlarla uyumlu olacak şekilde gerçekleştirilebilmektedir (http://portal.netcad.com.tr).

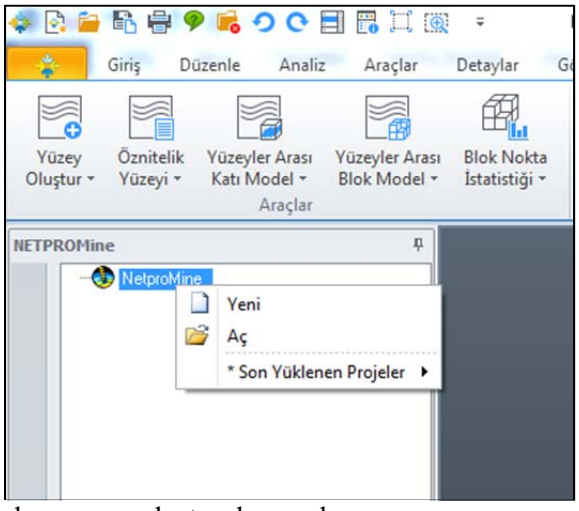
Madencilik programları arasında Türkiye'nin ilk yerli ürünü olan Netpro/Mine yazılımının en büyük avantajı kullanım dilinin Türkçe olmasıdır. Diğer madencilik programlarının neredeyse tamamı yabancı dillerde yazılmıştır. Ayrıca, Netpro/Mine programının menüleri ve kısayolları oldukça kullanışlı olup bu özelliği ile programı kullanacak olan kişilere büyük kolaylık sağlamaktadır. Netpro/Mine programı, kullanıcılara sunulduğundan itibaren gerek değişen maden mevzuatları gerekse kullanıcılardan gelen geri dönüş ve talepler doğrultusunda sürekli güncellenmektedir. Netpro/Mine programının ana ekran görüntüsü Şekil 3.12'de görülmektedir.

Netpro/Mine programı ".mdb" uzantılı veri tabanı dosyaları ile çalışmaktadır. Proje çalışmaları, yeni bir veri tabanı dosyası oluşturularak veya mevcut bir veri tabanı dosyası üzerinden yapılabilmektedir (Şekil 3.13).

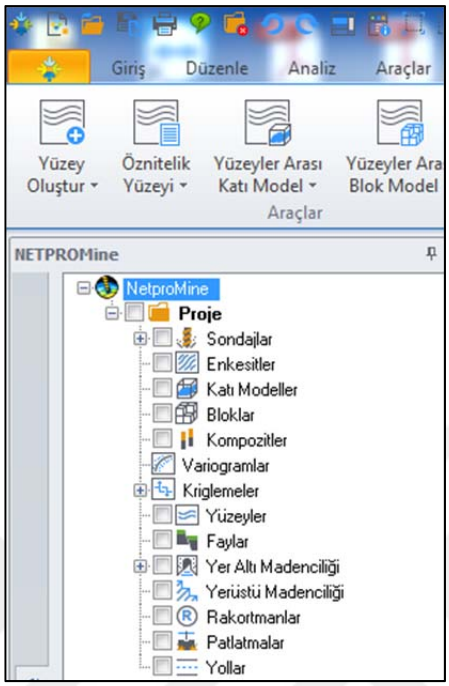
Yeni veya mevcut bir veri tabanı dosyası açıldıktan sonra Netpro/Mine ana ekranının katman yöneticisi penceresinde uygulanabilecek işlem kategorileri görünmektedir (Şekil 3.14). Madencilik çalışmaları yürütülürken elde edilen modeller veya çıktılar ilgili kategoriler altında yer almaktadır. Örneğin; sondajların değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve raporlanması gibi işlemler; sondajlar kategorisi, jeoistatiksel kestirim işlemleri; variogramlar ve kriglemeler kategorileri, açık ocak geometrisinin belirlenmesi ve üç boyutlu ocak çukurunun oluşturulması gibi işlemler ise yerüstü madenciliği kategorisi altında yapılmaktadır.



Şekil 3.12. Netpro/Mine programının ana ekran görüntüsü



Şekil 3. 13. Proje dosyasının oluşturulması ekranı



Şekil 3. 14. Örnek bir proje dosyasının içeriği

Madencilik sektöründe Netpro/Mine programı kullanılarak yapılabilecek uygulamalar genel olarak şunlardır;

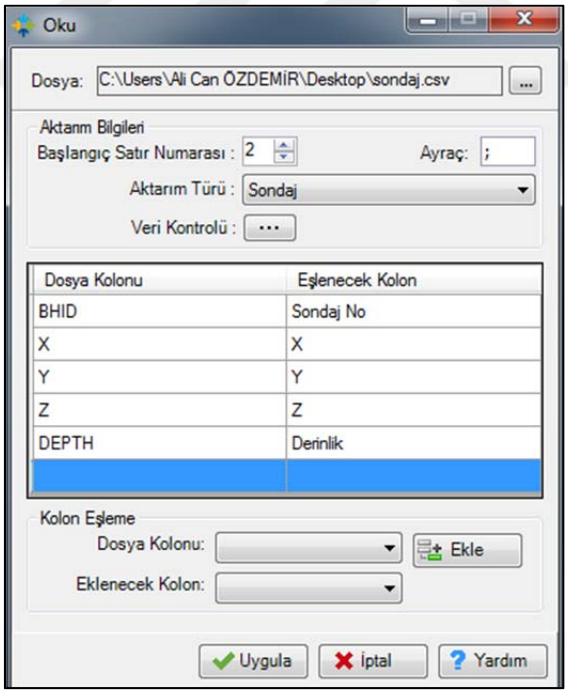
- Sondaj verilerinin değerlendirilmesi,
- Enkesit işlemleri,
- Katı model işlemleri,
- Blok model işlemleri,
- Kompozit işlemleri,
- Jeoistatistiksel uygulamalar (variogram, kriging),
- Yüzey işlemleri,
- Fay işlemleri,
- Yer altı madenciliği,
- Yerüstü madenciliği,

- Rakortman uygulamaları,
- Patlatma işlemleri,
- Yol işlemleri,

3.2. Yöntem

3.2.1. Veri Seti

Netpro/Mine programında yapılabilecek uygulamaların temelini çalışma sahasına ait sondaj bilgileri oluşturmaktadır. Bu bilgiler; sondaj, litoloji, açı ve hamörnekleme olmak üzere ".csv" uzantılı dört ayrı dosya halinde hazırlanmaktadır. Daha sonra proje veri tabanı dosyası üzerinden veri okuma işlemi uygulanır ve öncelikle sondaj dosyasından başlanması şartıyla sondaj bilgileri Netpro/Mine ortamına aktarılmaktadır. Şekil 3.15'de veri dosyalarının Netpro/Mine programına okutulması ekranı görülmektedir.



Şekil 3. 15. Veri dosyası okutma ekranı

Veri dosyası okutma ekranında,

- Dosya; sondaj bilgileri aktarılacak olan dosyanın konumunu,
- Başlangıç satır numarası; sondaj bilgilerinin veri dosyası içerisinde başladığı satır numarasını,
- Ayraç; veri dosyası içerisinde bulunan bilgileri birbirinden ayıran simge türünü,
- Aktarım türü; Sondaj bilgilerinin aktarılacağı veri türünü (Sondaj, Açı, Litoloji, Hamörnekleme),
- Veri kontrolü; veri dosyası içerisinde bulunan bilgilerin detaylı ayarlarını

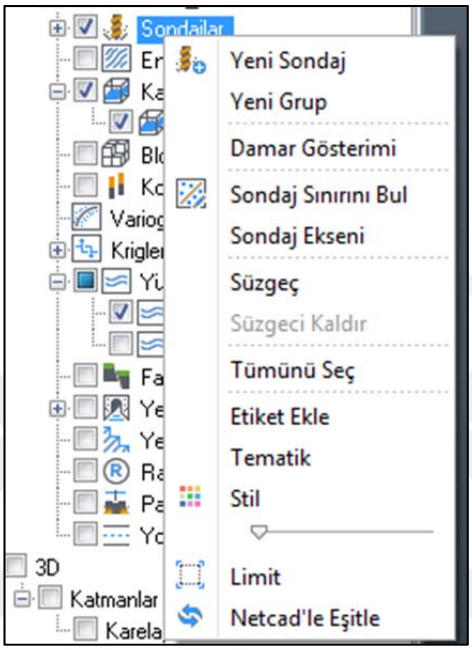
ifade etmektedir (http://portal.netcad.com.tr).

Kolon eşleme işlemi ile sondaj bilgilerini içeren veri dosyasında bulunan her kolon ile proje veri dosyasındaki ilgili kolonun eşleştirilmesi yapılmaktadır. Tüm veri dosyaları (sondaj, litoloji, açı ve Hamörnekleme) için bu eşleştirme işlemi gerekmektedir. Hatalı bir eşleştirme yapıldığında, bu eşleştirme silinip doğru olan eşleştirme tekrar eklenebilmektedir. Veri dosyalarının içerisinde hangi sondaj bilgilerin bulunması gerektiği aşağıda verilmiştir;

Sondaj : Sondaj No, X (Yukarı), Y (Sağa), Z, Derinlik
Litoloji : Sondaj No, Başlangıç, Bitiş, Litoloji
Açı : Sondaj No, Doğrultu, Eğim, Derinlik
Hamörnekleme : Sondaj No, Başlangıç, Bitiş, Öznitelik (Isıl değer vb.) Değerleri

Bu parametreler Netpro/Mine ortamında proje süreçlerinin yürütülmesinde yeterli olacaktır. Ancak, maden sahası ile ilgili veri tabanı dosyasına aktarılacak ekstra bilgiler var ise bu bilgiler de formata uygun olarak veri dosyalarının içerisine eklenebilmektedir. Netpro/Mine veri tabanı dosyasına aktarılan sondaj bilgileri

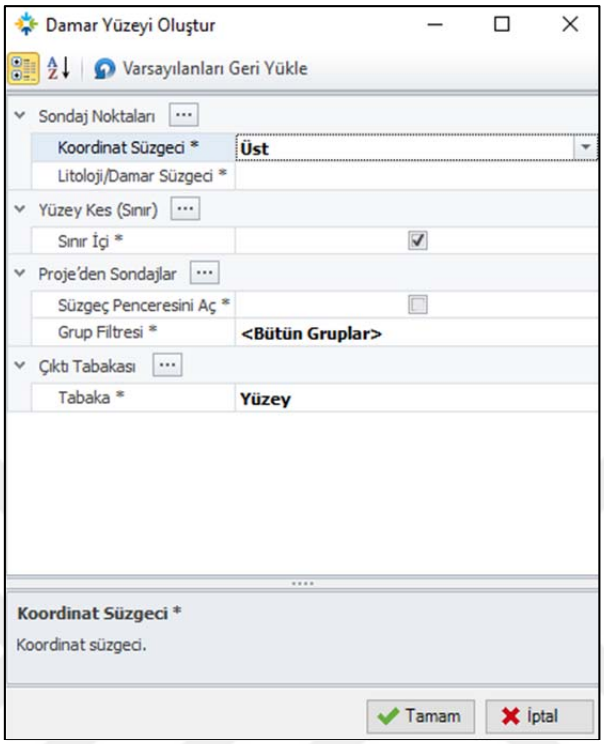
sondajlar kategorisinin altında yer almaktadır. Şekil 3.16'da sondajlar kategorisi üzerinden yapılabilecek işlemler görülmektedir.



Şekil 3.16. Sondajlar kategorisi üzerinden yapılabilecek işlemler

3.2.2. Yüzey Modelleme

Maden cevherinin, bölgesel olarak değişkenlik göstermesinden dolayı doğada belirli bir standarda sahip veya homojen olarak bulunmadığı bilinmektedir. Bu nedenle, maden planları hazırlanırken cevherin doğadaki konumunun bilinmesi ve sınırlandırılması oldukça önemlidir. Madencilik programları sayesinde üç boyutlu yüzeyler oluşturularak cevher sınırları belirlenebilmekte ve maden sahası içerisindeki değişimleri ayrıntılı şekilde gözlenebilmektedir. Netpro/Mine programı içerisinde kullanıcılara alternatif olması açısından farklı modelleme yöntemleri bulunmaktadır. Ancak, genellikle "damar yüzeyi oluştur" komutu ile yüzey modelleme yapılmaktadır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Yüzey model oluşturma ekranı

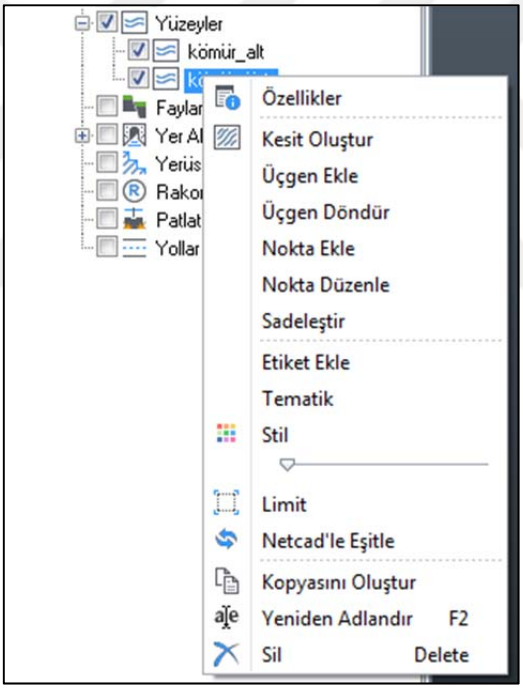
Burada,

- Koordinat süzgeci; yüzey modelin oluşturulacağı cevher seviyesi (üst, alt, en alt) seçilmektedir,
- Litoloji/Damar süzgeci; yüzey modelin oluşturulacağı litoloji veya damar belirtilmektedir,
- Sınır içi; yüzey modelleme işlemi belirli bir sınır içerisinde yapılacak ise bu seçenek aktif hale getirilmektedir,
- Süzgeç penceresini aç; süzgeç penceresinin açılması isteniyorsa aktif hale getirilmesi gerekmektedir,
- Grup filtresi; yüzey modelleme işlemi belirli bir sondaj grubuna yapılacak ise bu sondaj grubunun belirtildiği kısımdır,

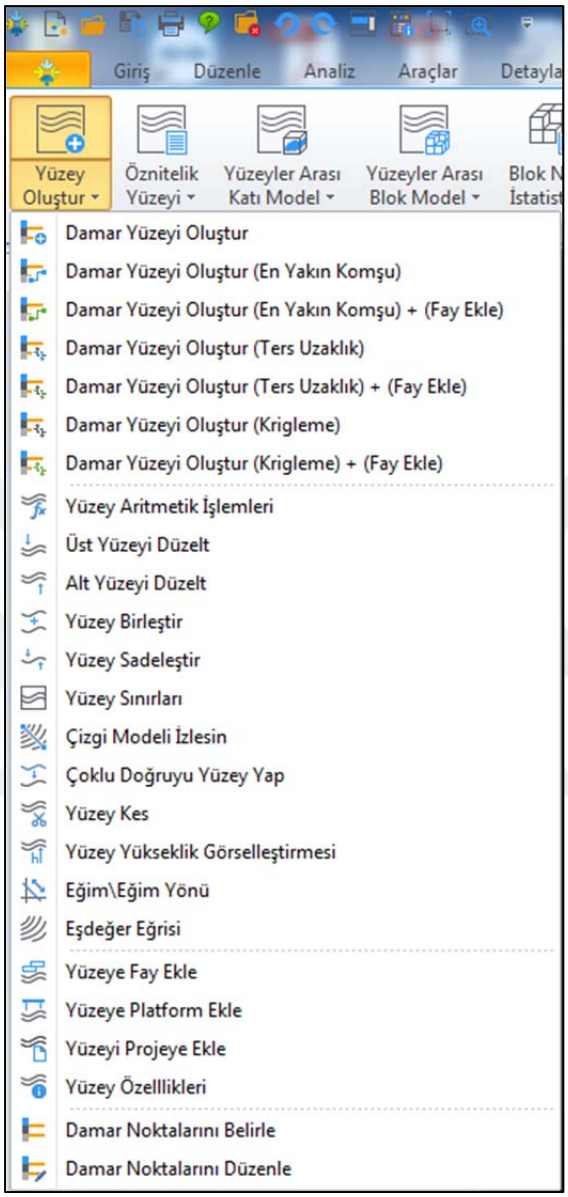
- Tabaka ise oluşturulacak olan yüzey modele verilecek ismi,

ifade etmektedir.

Cevherin sınırlarını temsil eden yüzey modeller elde edildikten sonra bu modeller üzerinden birçok işlem uygulanarak proje çalışmasına devam edilmektedir. Yüzey model üzerinden yapılabilecek işlemlerin bir kısmı Şekil 3.18'de, diğer işlemler ve yüzey modelleme yöntemleri Şekil 3.19'da verilmiştir. Planlama çalışmalarında kullanılacak olan yüzey modelleme yöntemi çalışma sahasının özelliklerine ve kullanıcının tercihine göre değişebilmektedir.

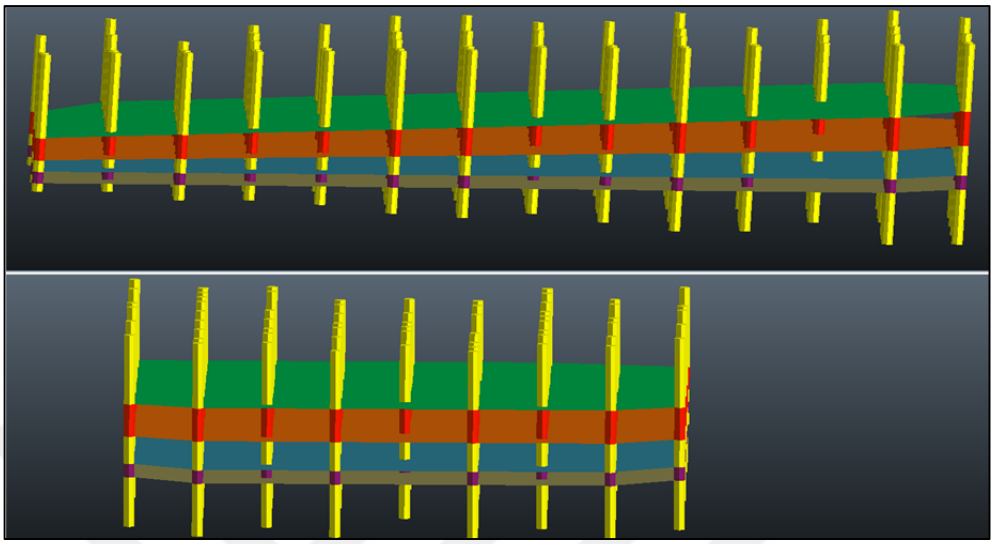


Şekil 3. 18. Yüzey model üzerinden yapılabilecek işlemler



Şekil 3. 19. Yüzey modelleme yöntemleri ve model üzerinden yapılabilecekler

Netpro/Mine programı ile örnek bir maden sahasına ait sondaj bilgilerinden faydalanılarak oluşturulan farklı seviyelerde ki yüzey modeller ve sondajlar üç boyutlu olarak Şekil 3.20'de görülmektedir.



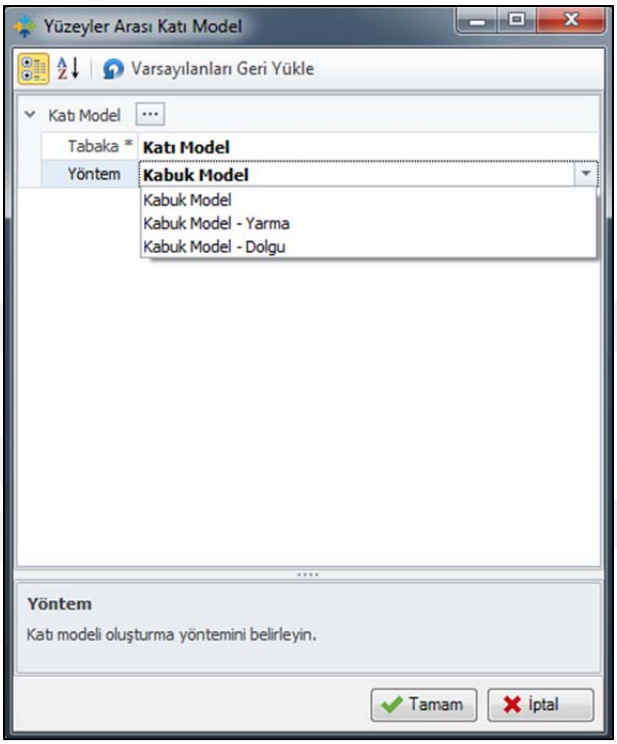
Şekil 3.20. Örnek yüzey model görünümü

3.2.3. Katı Modelleme

Katı modellemenin amacı, maden sahasında bulunan cevherin, içerisi tamamen dolu olarak üç boyutlu temsil edilmesini ve hacim hesaplamalarının yapılabilmesini sağlamaktır. Pratikte uygulanan birbirinden farklı birçok katı modelleme tekniği bulunmaktadır. Farklı madencilik yazılımları farklı modelleme teknikleri kullanabilmektedir. Katı modelleme işleminde kullanılacak olan modelleme tekniğinin seçiminde, maden yatağında bulunan cevherin tipi, cevherin yataklanma türü, çalışma arazisinin jeolojisi gibi birçok parametre göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak bu parametreler değerlendirildikten sonra doğru ve güvenilir bir şekilde katı modelleme işlemi yapılabilir. Bunun dışında planlama yapacak olan kişinin modelleme yöntemleri hakkında bilgi ve tecrübe sahibi olması gerekmektedir.

Netpro/Mine programı içerisinde yüzeyler arası, kotlar arası, enkesitten noktaya ve enkesitlerden katı modelleme yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemlerden herhangi biri seçilerek katı modelleme işlemi hızlı bir şekilde

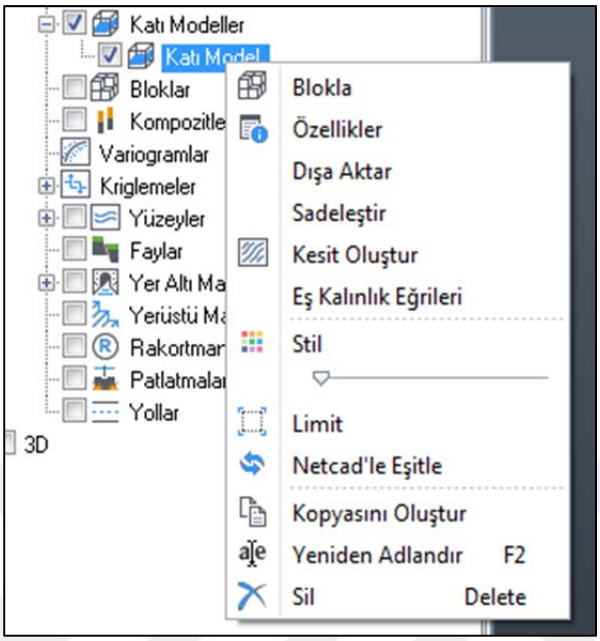
uygulanabilmektedir. Şekil 3.21'de yüzeyler arası katı model oluşturma ekranı görülmektedir.



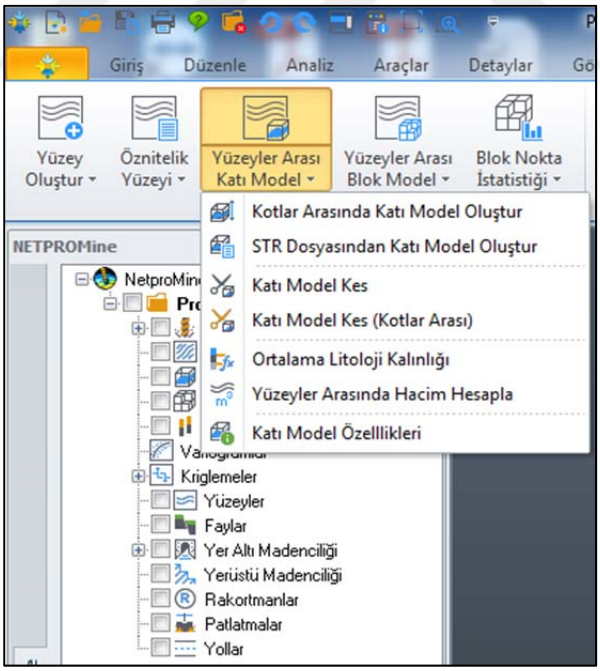
Şekil 3.21. Yüzeyler arası katı model oluşturma ekranı

Bu ekranda bulunan tabaka sekmesinden katı modelin isim bilgisi girilmektedir ve yöntem sekmesinden uygulanacak olan katı model yöntemi seçilmektedir. Daha sonra ise sırası ile katı modeli elde edilecek cevher damarının alt ve üst yüzeyleri seçilerek katı model oluşturulmaktadır.

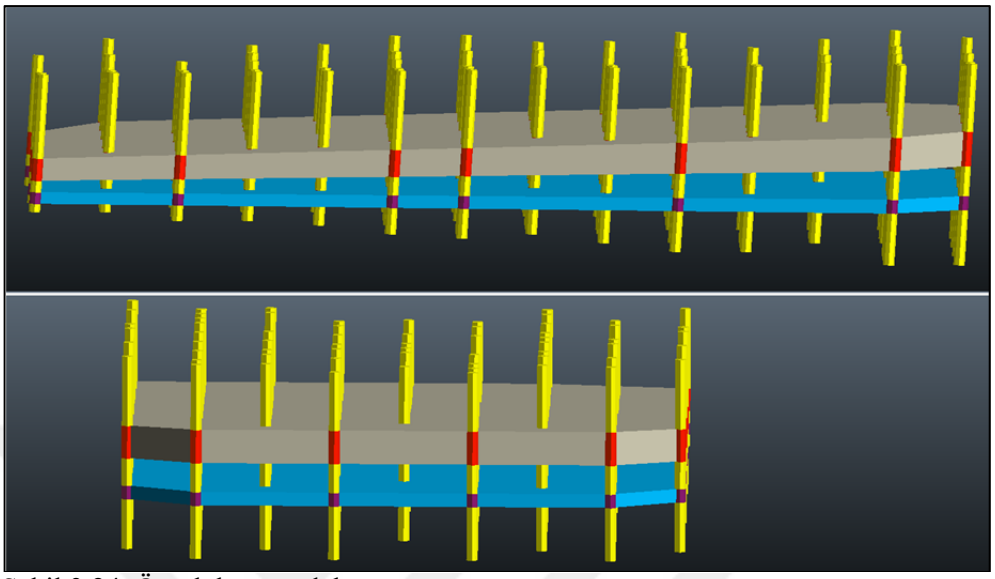
Katı model üzerinden kısa yol sekmesi ile yapılabilecek işlemler Şekil 3.22'de, kategoriler altında yapılabilecek işlemler Şekil 3.23'de verilmiştir. Yüzeyler arası katı modelleme yöntemiyle elde edilen örnek katı model ve sondajlar üç boyutlu olarak Şekil 3.24'de görülmektedir.



Şekil 3.22. Kısa yol sekmesi ile katı model üzerinden yapılabilecek işlemler



Şekil 3.23. Kategoriler altında katı model üzerinden yapılabilecek işlemler

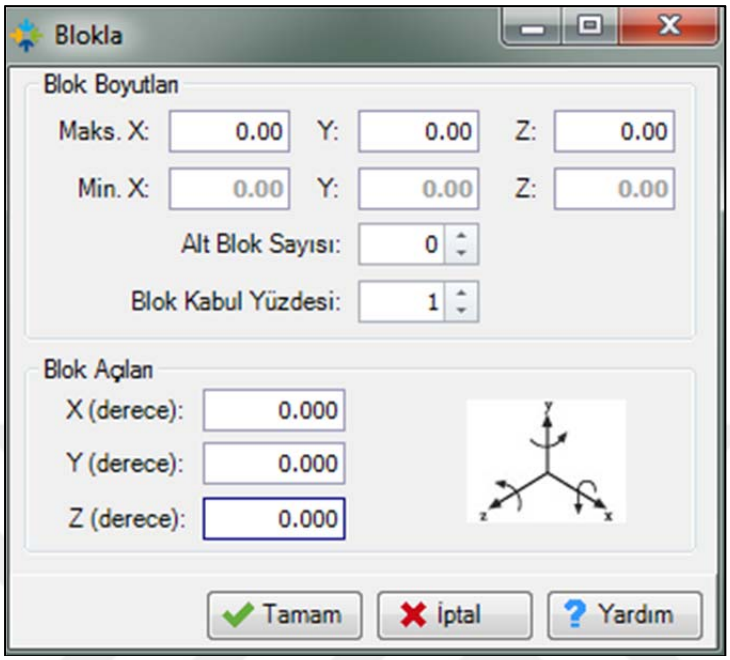


Şekil 3.24. Örnek katı model görünümü

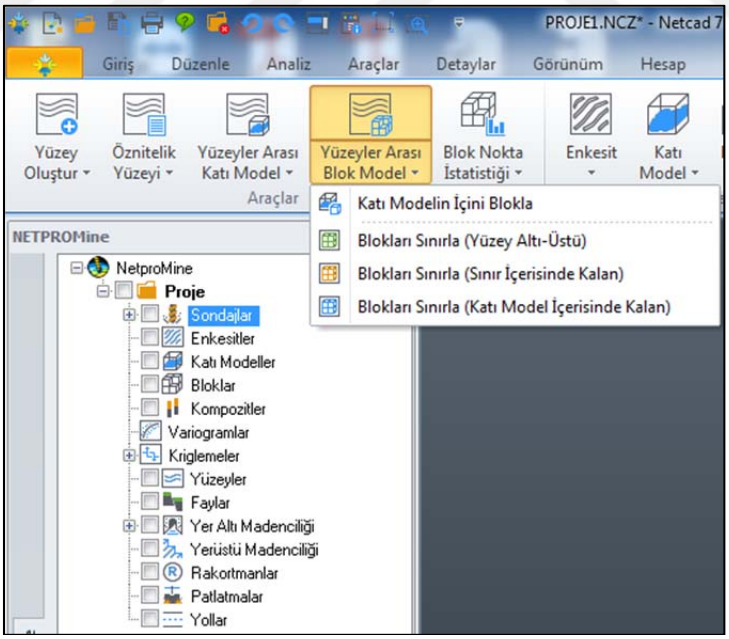
3.2.4. Blok Modelleme

Blok model, cevherin istenilen boyutlarda bloklara bölünmesi ile elde edilmektedir. Blok modelleme işlemi daha önce oluşturulan katı model üzerinden yapılmaktadır. Netpro/Mine programı kullanılarak yapılan blok modelleme işlemi sırasında; blok boyutları, alt blok sayısı, blok kabul yüzdesi ve blok açıları bilgilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Blok boyutları; blok modeli oluşturacak blokların X, Y ve Z yönündeki boyutlarını, alt blok sayısı; girilen maksimum blok boyutunun yarılanma sayısını, blok kabul yüzdesi; blokların yüzde kaçının katı model sınırları içerisinde kalması gerektiğini ve blok açıları ise blokların eğimli oluşması için yatay eksenden ne kadar sapacağını göstermektedir.

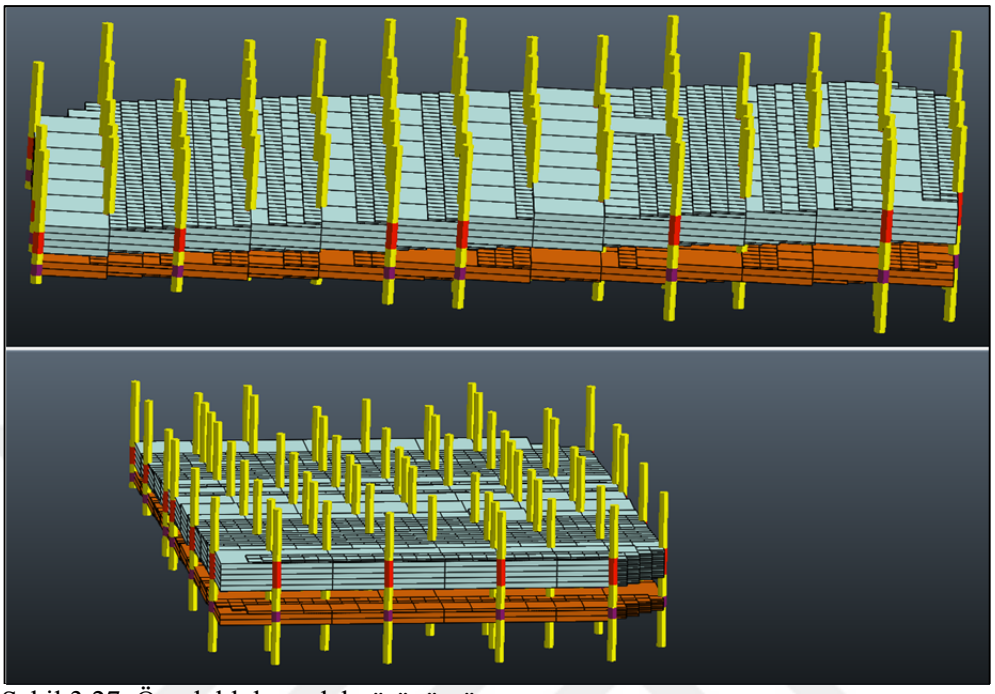
Şekil 3.25'de Netpro/Mine programı ile blok model oluşturulması işleminde kullanılan ekran görünümü, Şekil 3.26'da blok model üzerinden bazı kriterler doğrultusunda yapılabilecek filtreleme işlemleri ve Şekil 3.27'de ise örnek blok model görünümü sondajlar ile beraber üç boyutlu olarak verilmiştir.



Şekil 3.25. Blok model oluşturma ekranı



Şekil 3.26. Blok model üzerinden yapılabilecek işlemler



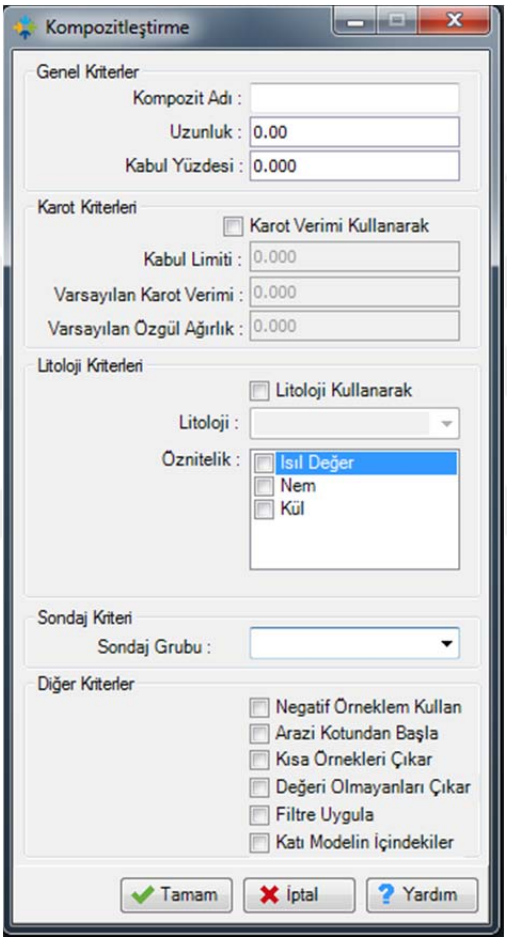
Şekil 3.27. Örnek blok model görünümü

3.2.5. Kompozitleme Kavramı

Kestirim işleminden önce veri seti üzerinde kompozitleme yapılması gerekmektedir. Kompozitleme işleminin amacı; farklı kalınlık ve kalite değerlerine sahip verilerin, kompozit uzunluğuna göre kalınlık değerlerinin eşitlenmesini ve kalite değerlerinin de ağırlıklı ortalamalarının alınmasını sağlayarak ile verileri standardize edip kestirim hatalarının azaltılmasıdır.

Şekil 3.28'de Netpro/Mine programı içerisinde bulunan kompozitleme işleminin ekran görüntüsü verilmiştir. Burada, genel kriterler içerisinde kompozit adı, uzunluk ve kabul yüzdesi bilgileri bulunmaktadır. Kompozitleme işleminde en önemli parametre kompozit uzunluğudur ve bu değer genellikle ortalama karot uzunluğunun yarısından büyük olacak şekilde hesaplanmaktadır. Kabul yüzdesi ise, kompozitleme sırasında kompozit uzunluğundan daha kısa örneklerin olabileceği düşünülerek, kabul edilebilir en küçük örnek uzunluğunu belirlemek için

kullanılmaktadır. Kompozitleme işleminin uygulanacağı öznitelik (Kalite parametresi); litoloji kriterleri altında, sondaj grubu ise sondaj kriteri altında belirtilmektedir. Karot kriterleri ve diğer kriterler de kullanıcıların tercihine bırakılmıştır (http://portal.netcad.com.tr).



Şekil 3. 28. Kompozitleme işleminin ekran görünümü

Şekil 3.29'da örnek bir sondaj verisinin kompozitleme öncesi ve sonrası değerleri verilmiştir (örnekte kompozit uzunluğu 2 m, kabul yüzesi % 10 alınmıştır).

Başlangıç	Bitiş	kalori/Kcal/kg/Min
55.30	83.20	1.000
83.20	84.30	1,222.000
84.30	85.20	1.000
85.20	86.10	1,222.000
86.10	87.20	1.000
87.20	92.10	960.000
92.10	97.50	1,507.000
97.50	98.70	1.000
98.70	99.50	1,031.000
99.50	100.60	1.000
100.60	103.10	1,031.000
103.10	105.10	1.000
105.10	107.50	1,058.000
107.50	111.50	1,281.000
111.50	114.50	1.000
114.50	115.95	1,281.000
115.95	119.50	1,140.000
119.50	123.60	1,140.000
123.60	127.60	1,314.000
127.60	131.00	1,425.000
131.00	134.15	1,425.000
134.15	135.00	1.000
135.00	176.50	1.000
176.50	177.70	1.000
177.70	216.40	1.000

(a)

Başlangıç ▲	Bitiş	kalori/Kcal/kg/Min
80.00	82.00	1.000
82.00	84.00	489.400
84.00	86.00	672.550
86.00	88.00	445.650
88.00	90.00	960.000
90.00	92.00	960.000
92.00	94.00	1,479.650
94.00	96.00	1,507.000
96.00	98.00	1,130.500
98.00	100.00	413.000
100.00	102.00	722.000
102.00	104.00	567.500
104.00	106.00	476.650
106.00	108.00	1,113.750
108.00	110.00	1,281.000
110.00	112.00	961.000
112.00	114.00	1.000
114.00	116.00	957.475
116.00	118.00	1,140.000
118.00	120.00	1,140.000
120.00	122.00	1,140.000
122.00	124.00	1,174.800
124.00	126.00	1,314.000
126.00	128.00	1,336.200
128.00	130.00	1,425.000
130.00	132.00	1,425.000
132.00	134.00	1,425.000
134.00	136.00	107.800
136.00	138.00	1.000
138.00	140.00	1.000

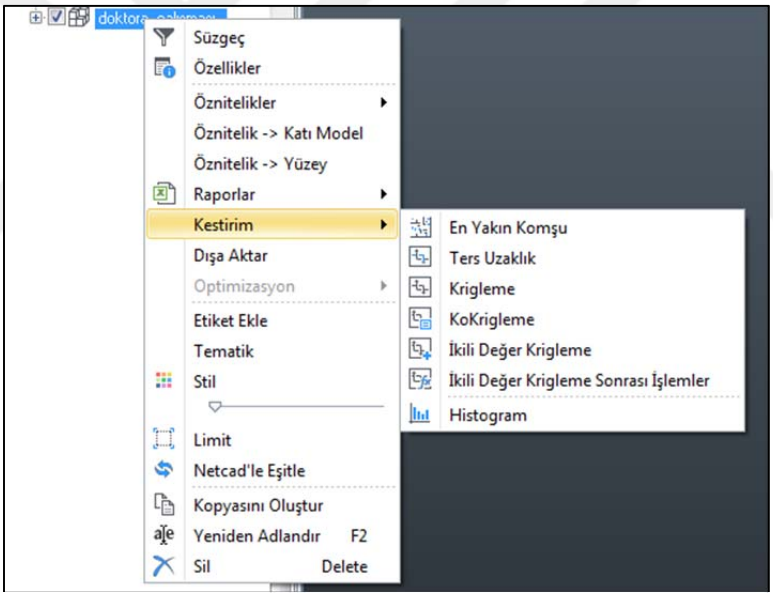
(b)

Şekil 3.29. Kompozitleme işleminin görsel anlatımı, (a) kompozitleme öncesi, (b) kompozitleme sonrası

3.2.6. Blok Kestirimi

Yöresel değişken ifadesi, belirli bir yöreye özgü olan ve en azından bir koordinat ile ifade edilen değişkenler olarak tanımlanmaktadır. Maden sahalarında cevherin kalitesini belirleyen parametreler de yöresel değişkenlerdir ve sahada sondaj yapılan noktalarda bu değişkenlerin aldığı değerler bilinmektedir. Ancak, maden sahasının tamamında sondaj yapmak mümkün değildir. Bu nedenle, bilinmeyen bir değerin hesaplanması, sondajlar ile elde edilen bilinen değerler yardımıyla yapılır ve bu işlem kestirim olarak adlandırılır (Mert, 2010).

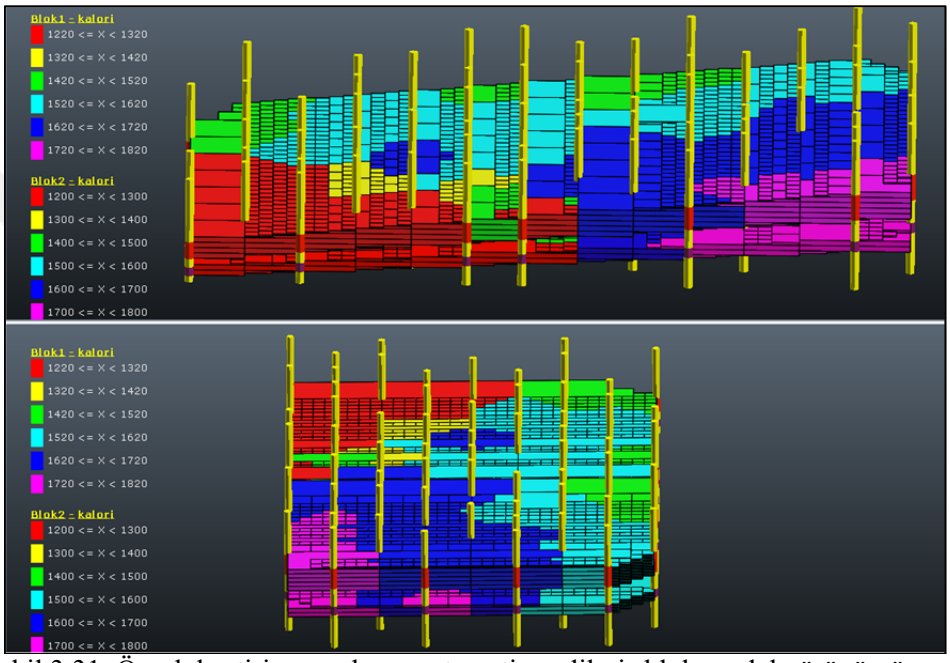
Genel olarak geçmişte kullanılan üçgen, kesit, poligon gibi klasik kestirim yöntemleri, günümüzde yerini en yakın komşu, mesafenin tersi, blok kriging, indikatör kriging, koşullu ve koşulsuz similasyon gibi yöntemlere bırakmıştır (Wackernagel, 1998; Hengl ve ark., 2007; Fotheringham ve ark., 2002; Goovaerts, 1997; Schabenberger ve Gotway, 2005). Son zamanlarda ise bulanık mantık (Pham, 1997; Bardossy ve Fodor, 2004; Tütmez ve Dağ, 2007) ve yapay sinir ağları gibi yöntemler de kestirim işlemlerinde kullanılmaktadır (Wu ve Zhou, 1993; Yama ve Lineberry, 1999; Ke, 2002; Koike ve ark., 2002; Koike ve Matsuda, 2003). Şekil 3.30'da Netpro/Mine programında kullanıcılara sunulmuş olan kestirim yöntemleri görülmektedir.



Şekil 3.30. Kestirim yöntemleri

Blok model üzerinde kestirim işlemi yapıldıktan sonra her bir blok kestirimi yapılan kalite parametresi değerine sahip olmaktadır. Kestirim işleminden sonra farklı kalite değerlerine sahip blokların daha kolay ayırt edilebilmesi, sınıflandırılması ve dağılımlarının belirlenmesi için tematize işlemi

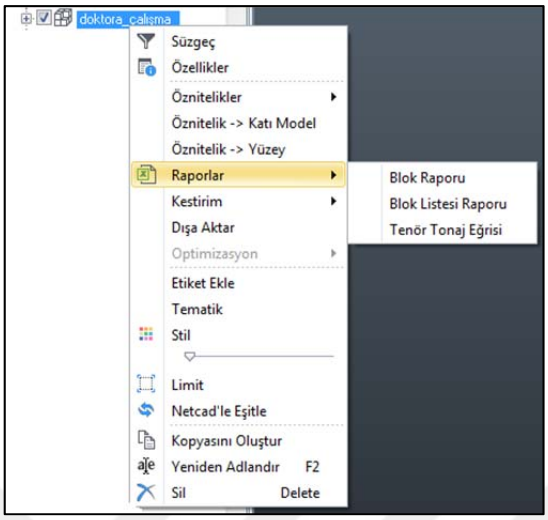
uygulanmaktadır. Tematize işlemi ile bloklar eşit aralıklı kalite değerinde her biri farklı renkte olan sınıflara ayrılmaktadır. Şekil 3.31'de kestirimi yapılmış ve tematize edilmiş örnek blok model sondajlar ile beraber üç boyutlu olarak görülmektedir.



Şekil 3.31. Örnek kestirim yapılmış ve tematize edilmiş blok model görünümü

3.2.7. Raporlama

Maden sahasını temsil eden blok model üzerinde kestirim işlemi yapıldıktan sonra farklı raporlama seçenekleri kullanılarak Excel (.xls) formatında ayrıntılı blok raporları elde edilmektedir. Netpro/Mine programı içerisinde blok raporu, blok listesi raporu ve tenör-tonaj eğrisi olmak üzere üç farklı raporlama türü bulunmaktadır. Bu raporlar; her bir bloğun koordinat değerini (X, Y, Z), boyutlarını, % hacim, kümülatif hacim, tonaj ve kalite (kalori, kül, nem) bilgilerini içermektedir. Şekil 3.32'de blok model üzerinden elde edilecek raporlar görülmektedir. Ayrıca, Çizelge 3.1'de örnek blok listesi raporu verilmiştir.



Şekil 3.32. Blok model üzerinden rapor alınması

Çizelge 3.1. Örnek blok listesi raporu

Blok No	Blok X Koordinatı	Blok Y Koordinatı	Blok Z Koordinatı	Blok X Boyutu	Blok Y Boyutu	Blok Z Boyutu	Bloğun Katı Model İçindeki Oranı (%)	Kül (%)	Nem (%)	Isıl Değer (Kcal/kg)
1	332686	4245431	1069	12.5	12.5	1.0	38.0	17.2	57.3	1125
2	332686	4245431	1070	12.5	12.5	1.0	44.0	17.2	57.3	1125
3	332686	4245431	1071	12.5	12.5	1.0	44.0	16.7	57.1	1109
4	332686	4245431	1072	12.5	12.5	1.0	44.0	16.7	57.1	1109
5	332686	4245431	1073	12.5	12.5	1.0	44.0	16.7	57.1	1109
6	332686	4245431	1074	12.5	12.5	1.0	44.0	16.7	57.1	1109
7	332686	4245431	1075	12.5	12.5	1.0	44.0	16.7	57.1	1109
8	332686	4245431	1076	12.5	12.5	1.0	29.0	16.7	57.1	1109
9	332686	4245419	1078	12.5	12.5	1.0	11.0	20.0	57.6	965
10	332686	4245431	1077	12.5	12.5	1.0	30.0	20.0	57.6	965
11	332686	4245431	1078	12.5	12.5	1.0	37.0	20.0	57.6	965
12	332686	4245419	1079	12.5	12.5	1.0	11.0	20.0	57.6	965
13	332686	4245419	1080	12.5	12.5	1.0	11.0	20.0	57.6	965
14	332686	4245431	1079	12.5	12.5	1.0	33.0	20.0	57.6	965
15	332686	4245431	1080	12.5	12.5	1.0	36.0	20.0	57.6	965

3.3. Döner Kepçeli Ekskavatör ve Çalışma Prensipleri

Döner kepçeli ekskavatör (DKE) malzeme üretim sistemleri açısından değerlendirildiğinde sürekli üretim sağlayan kazıcı-yükleyici makinalar grubunda yer almaktadır. Genel çalışma prensibi; dönen tekerlek üzerinde bulunan kepçeler

ile malzemenin kazılması ve kazılan malzemenin dönen teker içerisindeki oluk ile nakliye bantı üzerine dökülmesi şeklindedir. Bu makinalar ile en yüksek verim zayıf pekişmemiş zeminlerde elde edilmektedir ve faylanmış veya karışık madenlerde seçici kazı yapabilmektedir. Çizelge 3.2'de döner kepçeli ekskavatör' ün diğer kazıcı-yükleyici makinalara göre avantaj ve dezavantajları verilmiştir (Eskikaya, vd., 2008).

Çizelge 3.2. Döner kepçeli ekskavatör avantaj ve dezavantajları

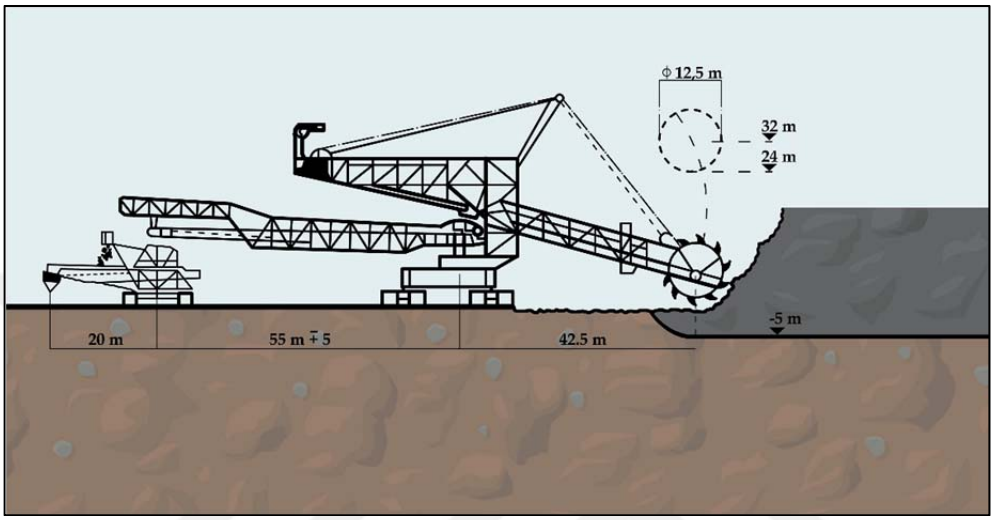
Avantajları	**Dezavantajları**
Sürekli çalışmaya uygun, dönüş gerektirmez	Sert malzemeleri (sağlam kaya kütlesi) kazamaz
Uzun nakletme mesafesine sahiptir	İlk yatırım maliyeti yüksektir
Kömür üstü basamakta veya kömür damarı üzerinde çalışabilir	Geniş bakım ekibi gerekir
Zayıf duraylılıktaki örtü malzemesin kolaylıkla taşıyabilir	Hareket yeteneği zayıftır
Ortam iyileştirme işlemlerinde kullanılabilir	Malzeme kaymasına ve su baskınına karşı hassastır

Döner kepçeli ekskavatör paletli taşıyıcılar üzerine oturtularak hareket serbestliğinin sağlanması amaçlanmıştır. Kazı işlemi şev üstünden başlamaktadır, kademeli ve düşey kazı olmak üzere iki kazı sistemi bulunmaktadır. Kademeli kazıda DKE ilerleme yönünde makinanın paletleri şev dibine dayanıncaya kadar ilerlemeye devam etmektedir. Daha sonra DKE geri çekilir ve bom aşağıya indirilerek kazı işlemini sürdürülmektedir. Düşey kazıda ise, ilk önce belirli bir talaş derinliği kazanmak için DKE düşey yönde ve sonrasında yatay yönde kazı yapılmaktadır. Çizelge 3.3'te, Kışlaköy linyit sahasında kullanılan döner kepçeli ekskavatöre ait teknik özellikler verilmiştir (Ural, 1994).

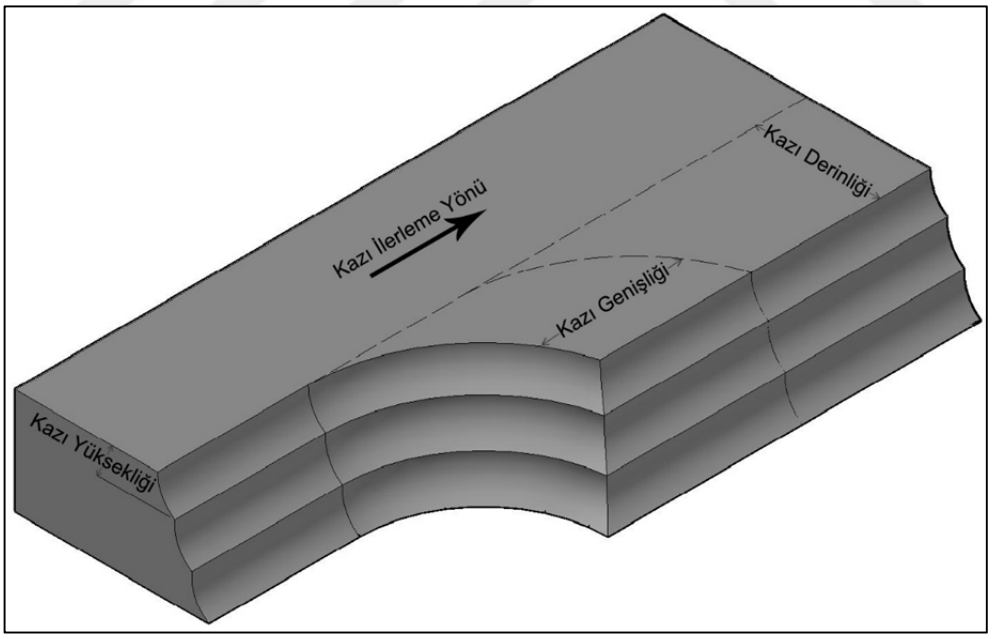
Çizelge 3.3. Döner kepçeli ekskavatör teknik özellikleri (Ural,1994)

Yapıcı Firma		Krupp Industrietechnik
Tipi		Sch Rs $\frac{2300}{5}$ x 32 + VR
Sch		Döner Kepçe
Rs		Paletli
2300 (lt)		Nominal Kova Hacmi
32 (m)		Maksimum Basamak Yüksekliği
5 (m)		Maksimum Kazı Derinliği
VR		Paletli Yükleme Arabası
Döner Kepçe	**Tipi**	Hücresiz (cell-less) Dizayn
	Düşeyle Yaptığı Açı	0°
	Yatayla Yaptığı Açı	4°
	Çapı	12,5 m
	Kova Sayısı (adet)	10 adet
	Önkesici Sayısı (adet)	10 adet
	Kova Hacmi (l1)	1750 lt
	Ring Boşluğu (l2)	1100 lt
	Nominal Kova Hacmi	2300 lt
	Kova Boşaltma Sayısı	44 adet/dk
	Kesme Hızı	2,83 m
Bom	**Uzunluğu**	42,5 m
	Yatay Hareket Hızı	5,65-33,9 m/dk
Teorik kapasite	**Gevşek**	6072 m^3/sa
	Yerinde	3917 m^3/sa
Garanti Edilen Kapasite	**Örtü Kazıda**	3000 m^3 (yerinde)/sa
	Linyit Üretiminde	3900 ton/sa
Döner Kepçenin Çevresel Kuvveti		282 kN
Özgül Kesme Kuvveti		87 kN/m
Serbest kesme açısı	**Dişli Kutusu Tarafı**	40°
	Bant Tarafı	44°
Döner Kepçe Tahrik Ünitesinin Gücü		2 x 460 KW
Yardımcı Tahrik Ünitesinin Gücü		30 KW
Paletlerin Zemine Yaptığı Basınç		1 kg/cm^2
İşletme Ağırlığı		3115 ton
Çalışma Eğimi		Maksimum 1/20
Besleme Gerilimi		20 KV, 50 Hz.
Toplam Kurulu Güç		4000 KW
İdeal Pano Genişliği		58 m
Yürüyüş Hızı		2-10 m/dk

Döner kepçeli ekskavatör'ün şematik çizimi Şekil 3.33'te ve kazı yaptığı üretim panosunun şematik çizimi ise Şekil 3.34'te görülmektedir.



Şekil 3.33. Çalışma sahasında kullanılan döner kepçeli ekskavatör çizimi



Şekil 3.34. Döner kepçeli ekskavatör üretim panosunun çizimi

Döner kepçeli ekskavatör'ün çalışma performansını etkileyen faktörler genel olarak aşağıda verilmiştir (Ural, 1994);

- Döner kepçenin üretim panosuna göre konumu,
- Kova ve uç seçimi,
- Zeminlerin kesme kuvveti,
- Sert zeminler (sağlam kaya kütlesi),
- Döner kepçe bomunun yatay hareket hızı,
- Döner kepçe bomunun uzunluğu,
- Döner kepçenin çapı,
- Pano yüksekliği,
- Basamak yüksekliği,
- Pano genişliği ve yatay hareket açısı,
- Döner kepçe devir sayısı.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

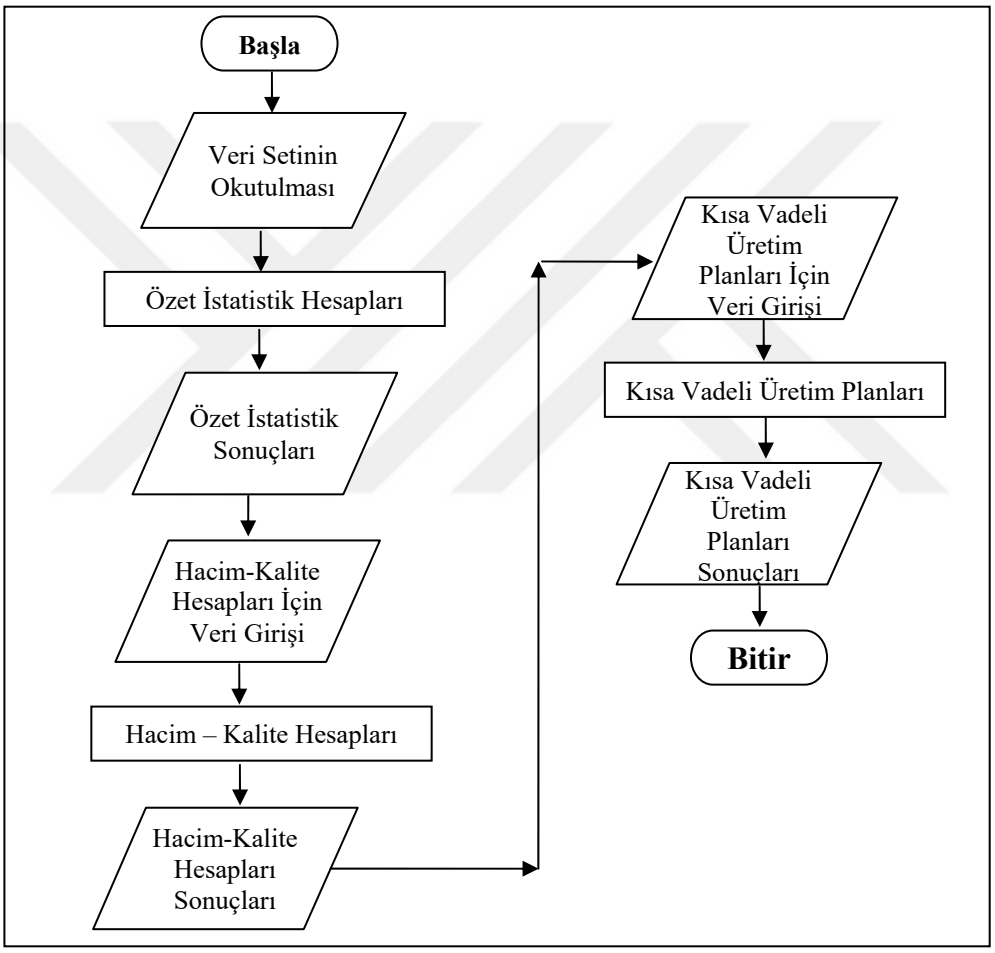
Termik santrallerin yakıt ihtiyacını karşılamak üzere linyit üretimi yapılan maden sahalarında uzun, orta ve kısa vadeli üretim planları hazırlanmaktadır. Bu planlarının ortak amacı, maden ocağının sürdürülebilirliğini sağlayacak optimum kazı parametreleri ile termik santralin istediği kriterlere sahip linyit ihtiyacını karşılamaktır. Ancak, sahada gerçekleştirilen uygulamaların gözlemlenmesi sonucunda; termik santralin istediği ısıl değere sahip linyit üretiminin sürekliliğinin sağlanamadığı ve üretilen linyitin ısıl değerine ait standart sapmanın oldukça büyük olduğu ($\sigma > \pm 100$) tespit edilmiştir. Termik santralin yakıt ihtiyacını karşılayacak olan linyitin ısıl değerindeki bu dalgalanma hem enerji üretim verimini azaltmakta hem de sistem içerisinde mekanik arızalara sebebiyet vererek önemli bir ekonomik problem oluşturmaktadır. Bu tez çalışmasının amacı, yaygın olarak karşılaşılan bu problemi ortadan kaldıracak bir çözümün elde edilmesidir.

Bu çalışma kapsamında, ısıl değeri düşük ve döner kepçeli ekskavatör + bant konveyör kazı sistemi ile üretim gerçekleştirilen linyit sahalarında ısıl değere ait standart sapma değerini minimum yapan kazı parametrelerini (kazı genişliği, kazı yüksekliği, kazı yönü) belirleyen algoritmaya sahip bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Bu bilgisayar yazılımı içerisinde çalışan algoritma; kullanıcı tarafından belirtilen kazı parametreleri ile olası tüm alternatifleri değerlendirerek optimum alternatifi (minimum standart sapma) tespit etmekte ve bu alternatif ile üretim yapıldığında öznitelik değerlerinin saatlik değişimini belirlemektedir. Ayrıca, bu bilgisayar yazılımında; üretim panolarının öznitelik değerlerinin özet istatistiklerinin hesaplanması ve hacim-kalite hesaplarının yapılmasını sağlayan algoritmalar da yer almaktadır.

Bu bölümde, çalışma alanı olarak seçilen Kışlaköy linyit sahasında iki adet üretim panosu belirlenmiş olup geliştirilen bilgisayar yazılımının aşamaları bu üretim panoları üzerinde uygulamalı olarak açıklanmış ve elde edilen sonuçlar detaylı olarak değerlendirilmiştir.

4.1. Geliştirilen Bilgisayar Yazılımı

Geliştirilen bilgisayar yazılımı üç ayrı modülden oluşmaktadır. Bu modüller sırasıyla; Özet İstatistik Hesapları, Hacim-Kalite Hesapları ve Kısa Vadeli Üretim Planı olarak isimlendirilmiştir. Bilgisayar yazılımının genel bir algoritması Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Geliştirilen bilgisayar yazılımının genel algoritması

Yazılım, Excel programının ".xls" uzantılı veri dosyasını kullanarak işlem yapmaktadır. Yazılım çalışmaya başlatıldığında üzerinde çalışacak olan ".xls"

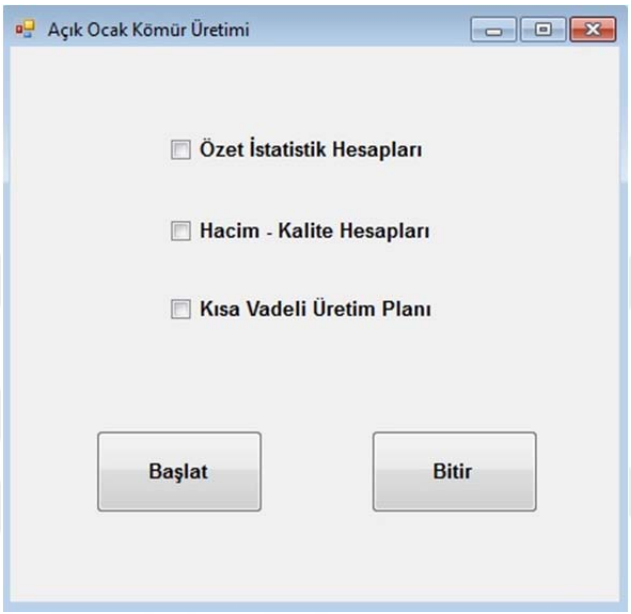
uzantılı veri seti dosyasının bulunduğu konuma gidilerek dosyanın seçilmesi gerekmektedir. Yazılımın çalışması sırasında elde edilen sonuçların bir kısmı form üzerinde ekrana bir kısmı ise veri girişi için kullanılan Excel dosyasına aktarılmaktadır. Excel programının hafızasını aşacak büyüklükte çıktı verileri (65536 satırdan fazla) olduğu zaman alternatif olarak ".txt" uzantılı metin belgesine yazdırma işlemi yapılmaktadır. Veri seti dosyası içerisinde bulunması gereken bilgiler aşağıda ayrıntılı şekilde verilmiştir;

- Blok No; blok model içerisindeki her bir bloğun numarasını,
- Blok X Koordinatı; her bir bloğun orta noktasına ait X koordinat değerini,
- Blok Y Koordinatı; her bir bloğun orta noktasına ait Y koordinat değerini,
- Blok Z Koordinatı; her bir bloğun orta noktasına ait Z koordinat değerini,
- Blok X Boyutu; her bir bloğun X yönündeki boyutunu,
- Blok Y Boyutu; her bir bloğun Y yönündeki boyutunu,
- Blok Z Boyutu; her bir bloğun Z yönündeki boyutunu,
- Bloğun Katı Model İçindeki Oranı (%); her bir bloğun hacimsel değerinin (%) olarak ne kadarının katı model içerisinde olduğunu,
- Kül (%); her bir bloğa ait kül değerini,
- Nem (%); her bir bloğa ait nem değerini,
- Isıl Değer (Kcal/kg); her bir bloğa ait ısıl değeri,
- Yoğunluk (ton/m^3); her bir bloğa ait yoğunluk değerini,

ifade etmektedir.

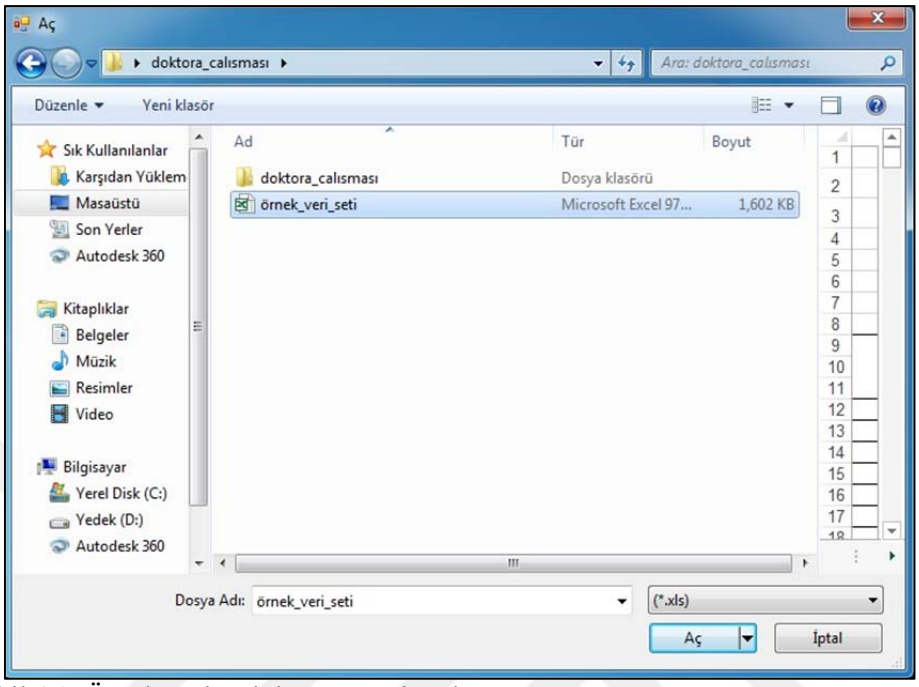
Bu bilgisayar yazılımı, ısıl değer bazında düşük kaliteli ve döner kepçeli ekskavatör + bant konveyör kazı sistemi ile üretim gerçekleştirilen linyit sahalarına uygulanmak üzere tasarlanmıştır. Ancak, arka planda kullanılan değişkenlerin, algoritmaların ve kod dizinlerinin, farklı kaliteye sahip veya farklı bir kazı sistemi ile üretim yapılan maden sahalarına uyarlanabilmektedir. Bu da yazılımın kullanım alanını genişletmektedir.

Bilgisayar yazılımı açıldığında Şekil 4.2'de görülmekte olan ana ekran gelmektedir. Burada üç adet seçenek bulunmaktadır ve kullanıcı bu üç modülü de, istediği herhangi bir modülü de seçerek çalışmasını gerçekleştirebilmektedir.



Şekil 4.2. Geliştirilen bilgisayar yazılımının ana ekran görünümü

Kullanıcı çalışmak istediği modülü veya modülleri seçtikten sonra BAŞLAT butonu ile yazılımın çalışmasını sağlamaktadır. İlk olarak yukarıda verilen açıklamalar doğrultusunda kullanıcının hazırlamış olduğu veri seti dosyasının yazılıma okutulması gerekmektedir. Bu nedenle yazılım çalıştığında kullanıcının veri setini tanıtacağı örnek olarak Şekil 4.3'de verilen bir ekran gelecektir ve kullanıcının veri seti dosyasını seçmesini sağlayacaktır. Bu aşamadan sonra veri seti içerisinde bulunan bilgiler hafızaya alınacak ve bu bilgiler modüllerin arka planlarında yer alan algoritmaların çalışmasında kullanılacaktır.



Şekil 4.3. Örnek veri seti dosyası seçim ekranının görünümü

4.1.1. Özet İstatistik Hesapları

Bu seçenek seçilerek üretim panolarına ait blokların öznitelik değerinin özet istatistik değerleri hesaplanmaktadır. Kullanıcı buradan elde edilen sonuçlar ile üretim panoları hakkında bilgi sahibi olacak ve bu bilgileri diğer aşamalarda kullanabilecektir. Özet istatistik hesapları tamamlandıktan sonra elde edilen sonuçlar Şekil 4.4'de görülmekte olan sonuç ekranına yazdırılmaktadır. Sonuç ekranında yer alan bilgiler ve hesaplamalarda kullanılan denklemler (Eşitlik 4.1-6) aşağıda verilmiştir;

- Kalori, Kül, Nem; üretim panolarını temsil eden blok modeli oluşturan her bir bloğun sahip olduğu öznitelik parametrelerini,
- Minimum; öznitelik parametrelerinin minimum değerini,
- Maksimum; öznitelik parametrelerinin maksimum değerini,

- Ortalama; öznitelik parametrelerinin ortalama değerini,

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N} \tag{4.1}$$

- Standart Sapma; öznitelik parametrelerinin standart sapma değerini,

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (X_i - \bar{X})^2}{N}} \tag{4.2}$$

- Varyans; öznitelik parametrelerinin varyans değerini,

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} (X_i - \bar{X})^2}{N} \tag{4.3}$$

- Değişim Katsayısı; öznitelik parametrelerinin değişim katsayısı değerini,

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \tag{4.4}$$

- Çarpıklık; öznitelik parametrelerinin çarpıklık değerini,

$$\gamma_3 = \frac{\sum_{i=1}^{N} (X_i - \bar{X})^3 / N}{\sigma^3} \tag{4.5}$$

- Basıklık; öznitelik parametrelerinin basıklık değerini,

$$\gamma_4 = \frac{\sum_{i=1}^{N} (X_i - \bar{X})^4 / N}{\sigma^4} - 3 \tag{4.6}$$

- Veri Sayısı; üretim panosunu temsil eden blok modeli oluşturan toplam blok sayısını,
- En Küçük; (X), (Y) ve (Z) yönünde en küçük blok boyutlarını,
- En Büyük; (X), (Y) ve (Z) yönünde en büyük blok boyutlarını,

ifade etmektedir.

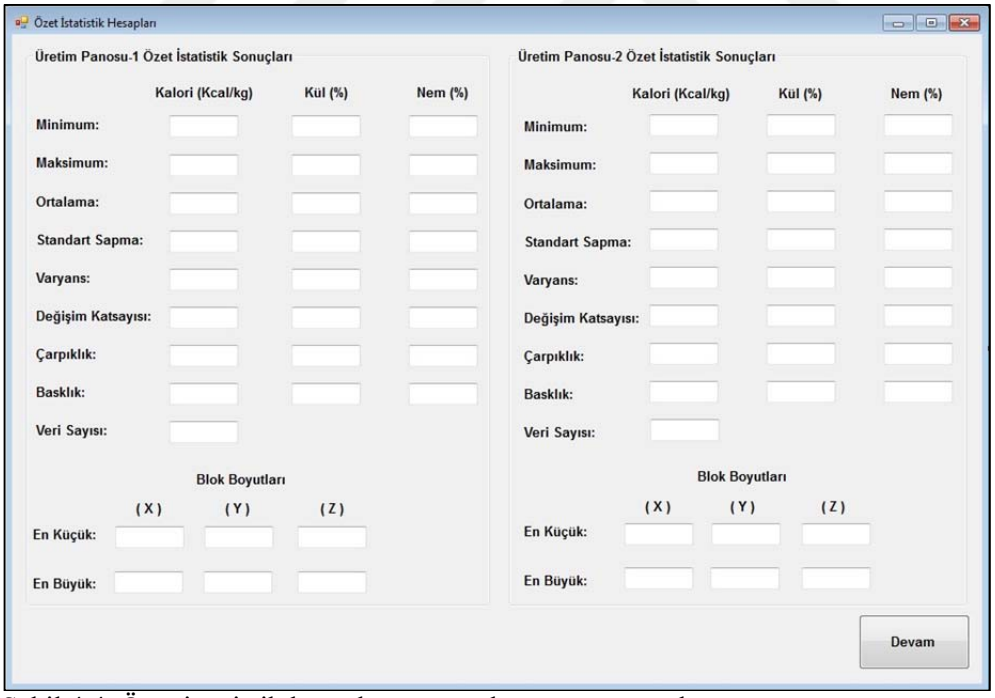
Yukarıdaki denklemlerde yer alan;

X_i : X değişkenin i. değerini,

$\overline{X}$: X değişkeninin ortalama değerini,

N : Veri sayısını

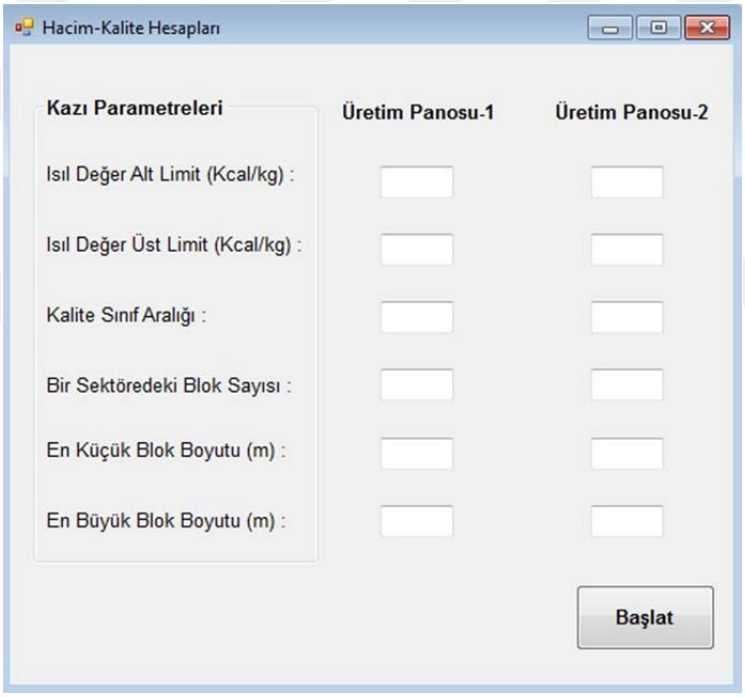
ifade etmektedir.



Şekil 4.4. Özet istatistik hesaplama sonuçlarını gösteren ekran

4.1.2. Hacim – Kalite Hesapları

Bu seçenek seçildiği zaman üretim panolarına ait hacim ve kalite hesaplamaları yapılmaktadır. Hacim-kalite hesapları kapsamında; ısıl değer parametresinin istenilen sınıf aralıklarında miktar dağılımları, selektif kazının ısıl değer dağılımı üzerindeki etkisi, üretim panolarının sektör bazında değerlendirilmesi ve ısıl değer-tonaj eğrisinin çizdirilmesi uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.5'de hacim-kalite hesaplarının yapılabilmesi için kullanıcının veri girişini yapacağı ekran görülmektedir.



Şekil 4.5. Hacim-Kalite hesapları için veri girişi ekranı

Burada;

- Isıl Değer Alt Limit (Kcal/kg); üretim panosu içerisinde ekonomik olarak üretilebilecek minimum ısıl değeri,

- Isıl Değer Üst Limit (Kcal/kg); üretim panosu içerisinde bulunan maksimum ısıl değeri,
- Kalite Sınıf Aralığı; minimum ısıl değer ile maksimum ısıl değer arasında kalite sınıflarının hangi aralıkta oluşturulacağını,
- Bir Sektördeki Blok Sayısı; üretim panolarının sektörlere bölünmesi sırasında bir sektör içerisinde kaç blok bulunması gerektiğini,
- En Küçük Blok Boyutu (m); üretim panosu içerisinde yer alan en küçük blok boyutunu,
- En Büyük Blok Boyutu (m); üretim panosu içerisinde yer alan en büyük blok boyutunu

ifade etmektedir.

Yukarıda açıklamaları verilen kazı parametreleri üretim panosu-1 ve üretim panosu-2 için özet istatistik modülü çalıştığında hesaplanmaktadır ve hacim-kalite hesapları veri girişi ekranına otomatik olarak yansıtılmaktadır. Ancak, kullanıcı istediği parametre üzerinde değişiklik yapabilme imkanına sahiptir.

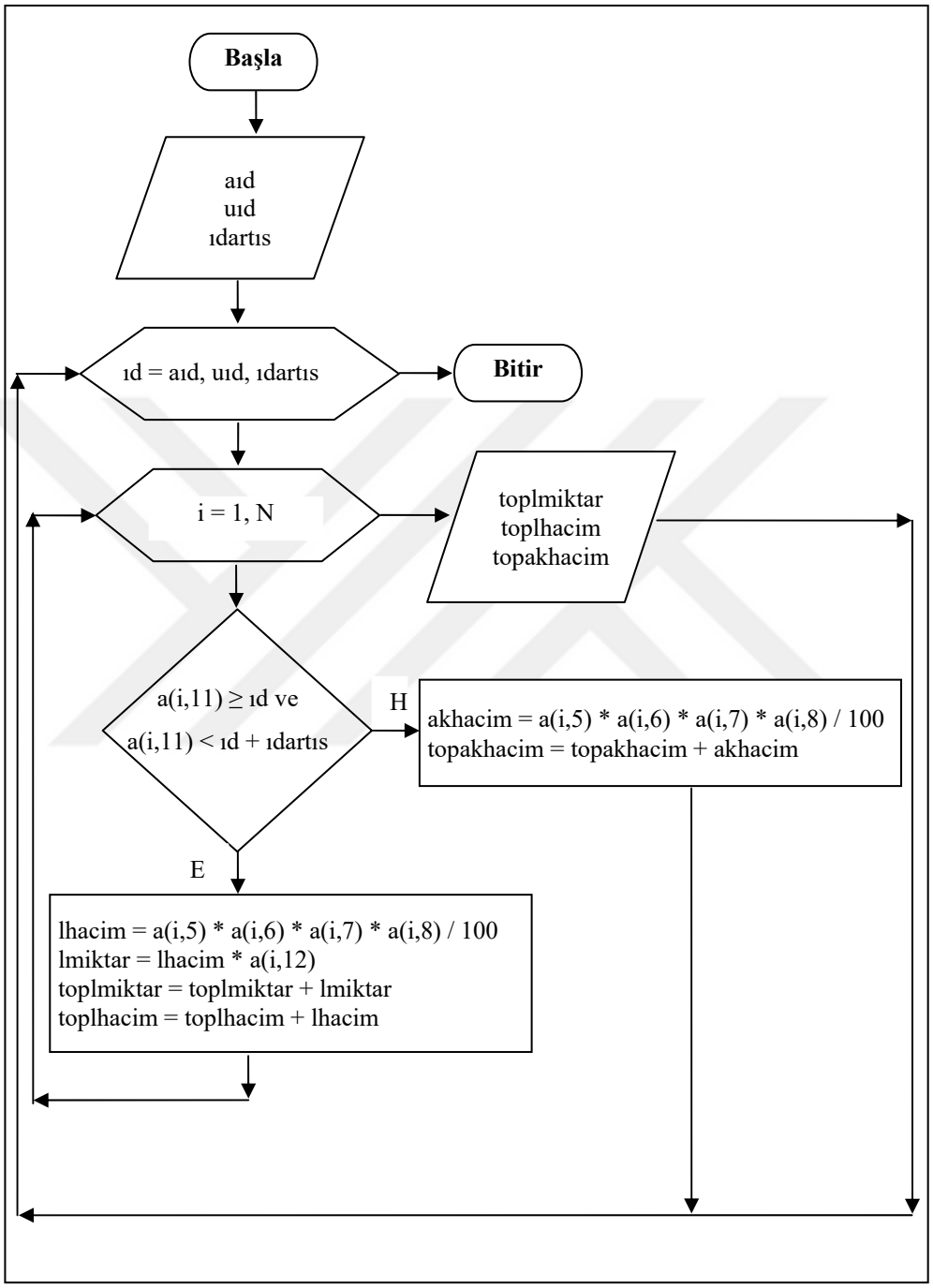
Hacim-Kalite hesapları, yazılımın arka planında yer alan toplam 4 farklı algoritmadan oluşmaktadır. İlk olarak, ısıl değer parametresinin istenilen sınıf aralıklarında miktar dağılımlarını hesaplayan algoritma çalışmaktadır. Veri girişinden sonra iki döngü, bir karar yapısı ve hesaplamalardan oluşan algoritmanın akış diyagramı Şekil 4.6'da verilmiştir. Bu algoritma ile belirtilen ısıl değer alt limiti (aıd) ile ısıl değer üst limiti (uıd) arasında kalite sınıf aralığı değeri (ıdartıs) kadar artışlar ile sınıf aralıkları oluşturulmakta ve bu sınıf aralıklarına ait linyit miktarları m^3 (toplhacim) ve ton (toplmiktar) birimlerinde hesaplanmaktadır. Ayrıca, toplam ara kesme miktarı (topakhacim) da m^3 biriminde çıktı olarak verilmektedir.

Bu modül içerisinde yer alan ikinci algoritma selektif kazının ısıl değer dağılımı üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi kapsamında işlemleri gerçekleştirmektedir. Bu algoritma; üç döngü, bir karar yapısı ve hesaplamalardan

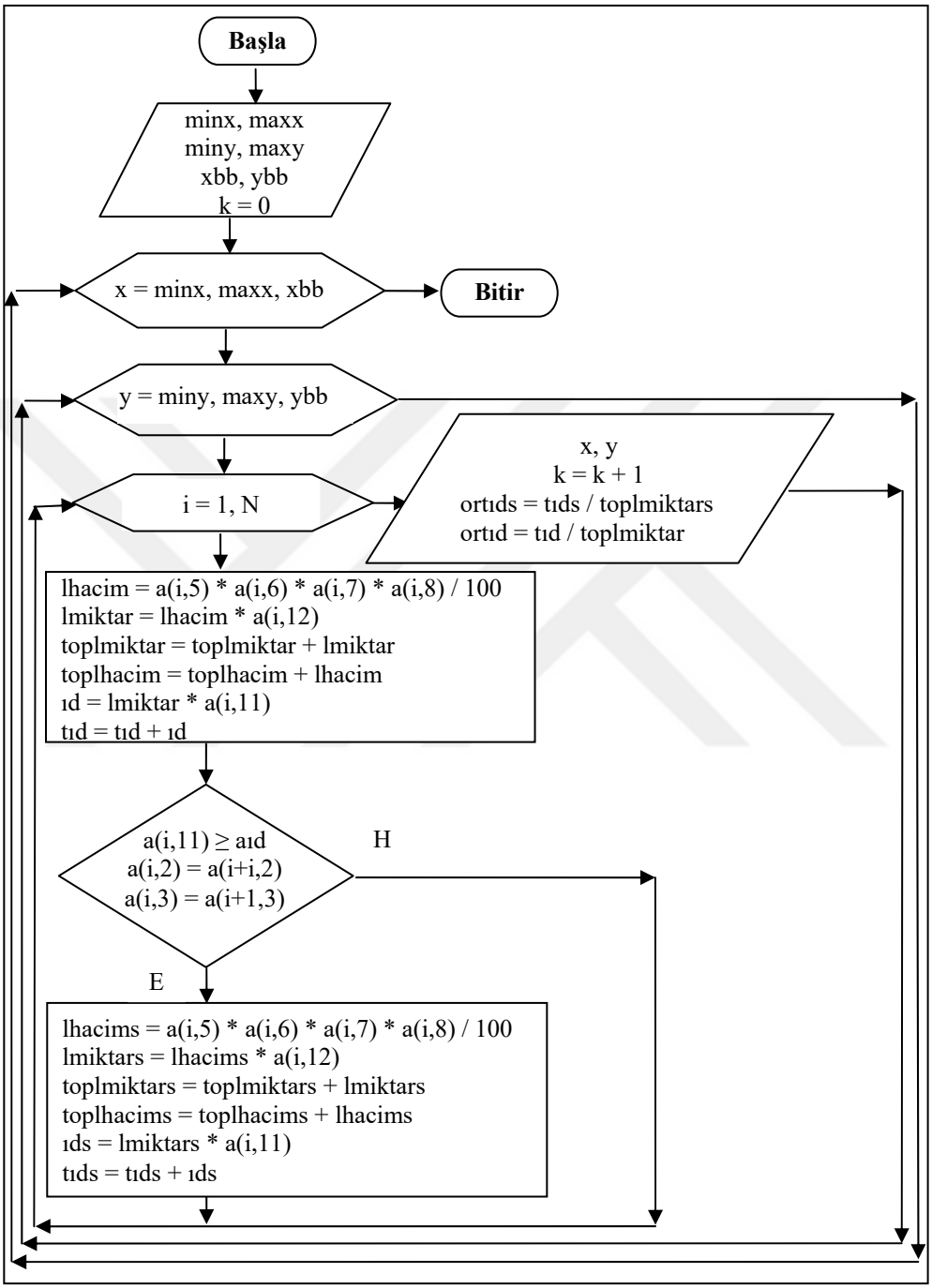
oluşmakta olup algoritmaya ait akış diyagramı Şekil 4.7'de görülmektedir. Burada; yazılım Doğu ve Kuzey yönünde minimum ve maksimum koordinat değerlerini (minx, maxx, miny, maxy) ve bu yönlerde ki blok boyut değerlerini (xbb, ybb) hesaplamaktadır. Daha sonra aynı lokasyonda bulunan blokların (Doğu ve Kuzey koordinat değerleri aynı ancak yükseklik değerleri farklı) selektif kazı yapıldığında ve doğrudan kazı yapıldığında elde edilecek hacim ağırlıklı ortalama ısıl değerlerini (ortıds, ortıd) hesaplamaktadır.

Üçüncü algoritma ise, üretim panolarının sektör bazında değerlendirilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Bu algoritmanın içerisinde; iki döngü, bir karar yapısı ve hesaplamalar bulunmaktadır. Şekil 4.8'de algoritmanın akış diyagramı görülmektedir. Burada; yazılım Doğu yönünde minimum ve maksimum koordinat değerlerini (minx, maxx) hesaplamakta, aynı yönde blok boyutu (xbb) ve bir sektörde yer alacak blok sayısı (sbs) girilmektedir. Daha sonra aynı minimum ve maksimum koordinat değerleri arasında kalan her bir sektöre ait linyit miktarları m^3 (toplhacim) ve ton (toplmiktar) birimlerinde, hacim ağırlıklı öznitelik değerleri (ortıd, ortkül, ortnem) ve ara kesme miktarı (topakhacim) m^3 biriminde hesaplanmaktadır.

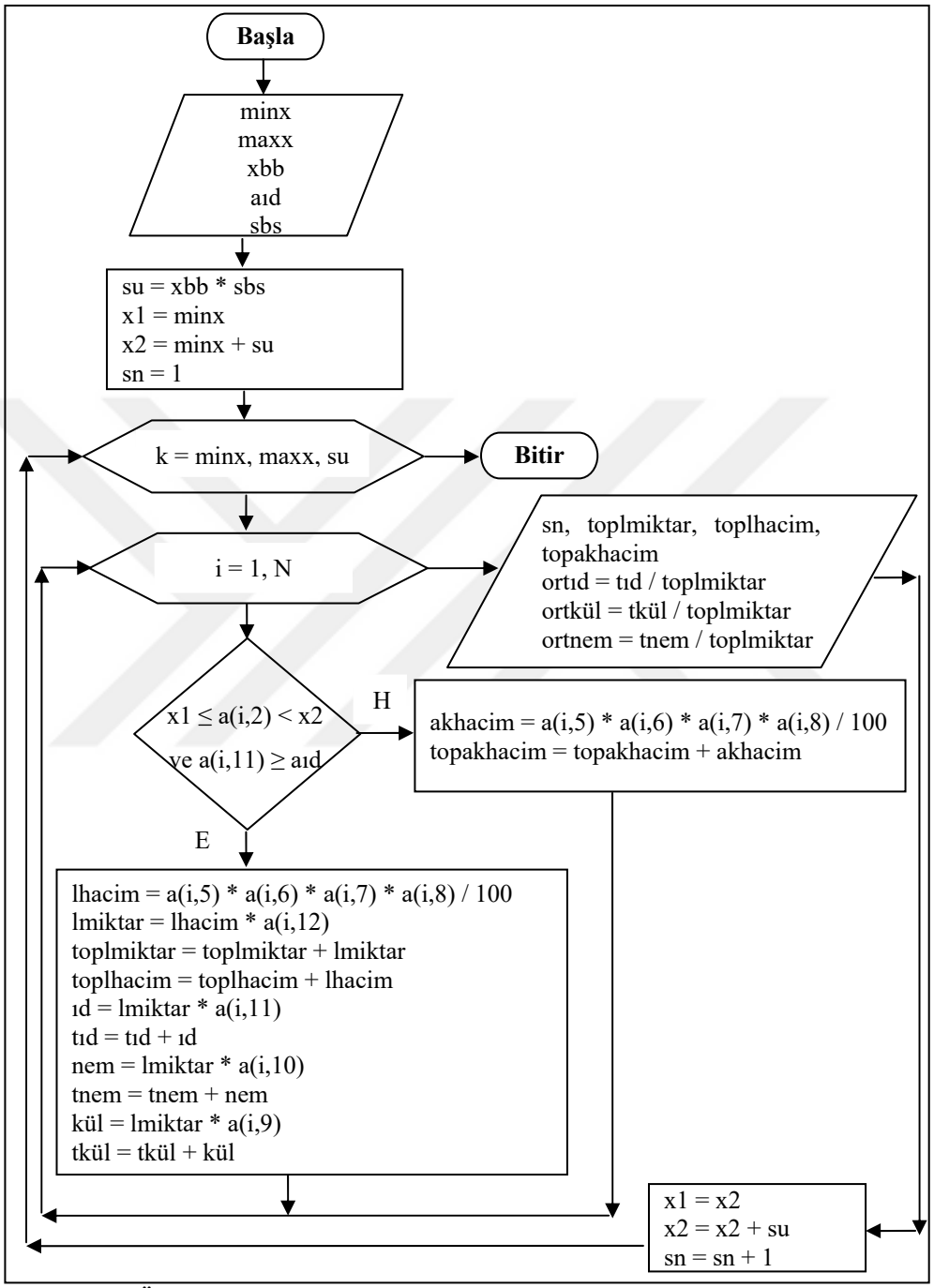
Bu modül içerisinde yer alan son algoritma ısıl değer-tonaj eğrisinin çizdirilmesi ve ayrıntılı değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bu algoritma içerisinde iki döngü bir karar yapısı ve hesaplamalar bulunmakta olup Şekil 4.9'da algoritmanın akış diyagramı görülmektedir. Burada; belirtilen ısıl değer alt limitinden (aıd) ısıl değer üst limitine (uıd) kadar arada kalan ısıl değere sahip linyit miktarları m^3 (toplhacim) ve ton (toplmiktar) birimlerinde hesaplanmakta olup hacim ağırlıklı ortalama öznitelik değerleri (ortıd, ortkül, ortnem) de belirlenmektedir. Daha sonra ısıl değer alt limiti üzerinden kalite sınıf aralığı değeri (ıdartıs) kadar artış yapılarak aynı hesaplamalar tekrar yapılmaktadır. Bu şekilde ısıl değer üst limitine kadar işlemler tekrarlanmaktadır.



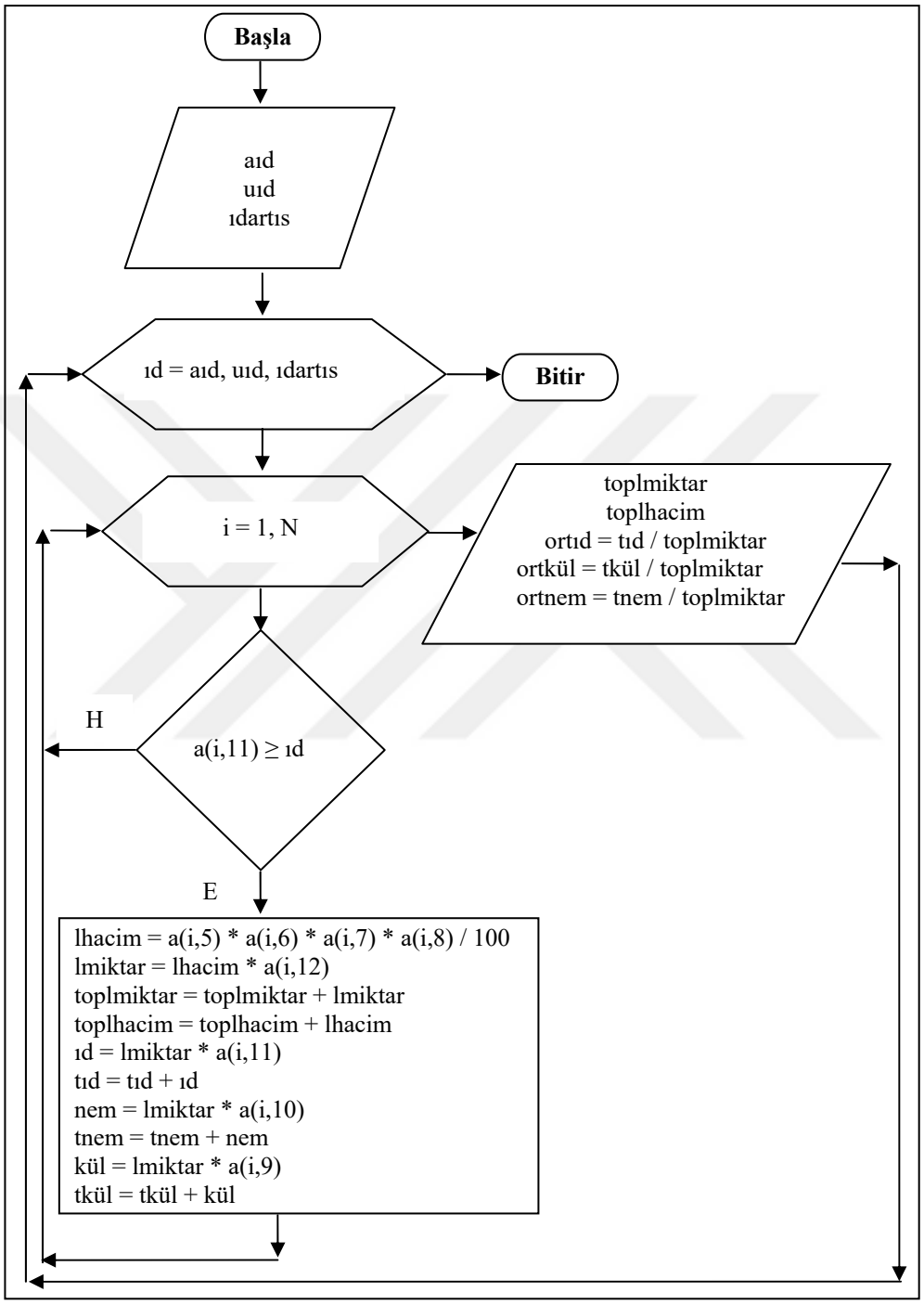
Şekil 4.6. Isıl değer parametresinin istenilen sınıf aralıklarında miktar dağılımlarını hesaplayan algoritma



Şekil 4.7. Selektif kazının ısıl değer dağılımı üzerindeki etkisini belirleyen algoritma



Şekil 4.8. Üretim panolarının sektör bazında değerlendirilmesinde kullanılan algoritma



Şekil 4.9. Isıl değer-Tonaj eğrisinin çizdirilmesinde kullanılan algoritma

Buradan elde edilen çıktılar veri seti dosyasına aktarılmaktadır ve bu çıktılar kullanılarak, ısıl değer parametresinin istenilen sınıf aralıklarında miktar dağılımlarının elde edilmesi ve histogramların oluşturulması (Çizelge 4.1), selektif kazı ile ısıl değer dağılım değişiminin değerlendirilmesi (Çizelge 4.2), üretim panolarının sektör bazında değerlendirilmesi (Çizelge 4.3) ve ısıl değer-tonaj eğrisinin çizdirilmesi (Çizelge 4.4) işlemleri yapılmaktadır.

Çizelge 4.1. Isıl değer parametresinin istenilen sınıf aralıklarında miktar dağılımlarını gösteren örnek çıktı

Toplam Ara Kesme Miktarı (m^3)		
Toplam Linyit Miktarı (m^3)		
Toplam Linyit Miktarı (ton)		
Isıl Değer Aralığı (Kcal/kg)	**Linyit Miktarı (m^3)**	**Linyit Miktarı (ton)**
750 - 850	150000	198000
Toplam		

Çizelge 4.2. Selektif kazı ile ısıl değer dağılım değişimini gösteren örnek çıktı

Lokasyon No	**Doğu (Y)**	**Kuzey (X)**	**Isıl Değer (Kcal/kg)**	
			Selektif Kazı	**Doğrudan Kazı**
1	332185	4245324	1099	938

Çizelge 4.3. Üretim panolarının sektör bazında değerlendirilmesinde kullanılan örnek çıktı

Sektör No	**Ara Kesme Miktarı (m^3)**	**Linyit Miktarı (m^3)**	**Linyit Miktarı (ton)**	**Ort. Isıl Değer (Kcal/kg)**	**Ort. Kül (%)**	**Ort. Nem (%)**
1. sektör (332147-332347)	62026	122823	86553	1049	22	53
Toplam						

Çizelge 4.4. Isıl değer-Tonaj eğrisinin çizdirilmesinde kullanılan örnek çıktı

Isıl Değer >= (Kcal/kg)	Linyit Miktarı (m^3)	Linyit Miktarı (ton)	Ort. Isıl Değer (Kcal/kg)	Ort. Kül (%)	Ort. Nem (%)
750	3440156	2424272	1080	23	51

4.1.3. Kısa Vadeli Üretim Planı

Geliştirilen bilgisayar yazılımının son modülü olan kısa vadeli üretim planı tercih edildiğinde, ısıl değer özniteliğine ait standart sapma değerini minimum yapan üretimi sağlayacak kazı parametreleri belirlenmektedir. Bu modülün ana ekran görünümü Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Kısa vadeli üretim planı ekran görünümü

Burada;

- Kazı Genişliği (m); alternatif kazı planları oluşturulurken üretim panosunda bulunan kazıcının hangi genişlikte kazı yapacağını ifade etmektedir. Burada, minimum, maksimum ve artırım değeri olmak üzere 3 farklı kazı genişliği değeri girilmesi gerekmektedir. Bu sayede kazı genişliği değeri minimum değerden maksimum değere her seferinde artırım değeri kadar artış gösterecektir.
- Kazı Yüksekliği (m); alternatif kazı planları oluşturulurken üretim panosunda bulunan kazıcının hangi yükseklikte kazı yapacağını ifade etmektedir. Burada, minimum, maksimum ve artırım değeri olmak üzere 3 farklı kazı yüksekliği değeri girilmesi gerekmektedir. Bu sayede kazı yüksekliği değeri minimum değerden maksimum değere her seferinde artırım değeri kadar artış gösterecektir.
- Kazı Kapasitesi (m^3/saat); üretim panosunda bulunan kazıcının saatlik kazı kapasitesini,
- Isıl Değer Alt Limit (Kcal/kg); üretim panosu içerisinde ekonomik olarak üretilebilecek minimum ısıl değeri,

ifade etmektedir.

Veri girişi için kazı genişliği, kazı yüksekliği ve kazı kapasitesi parametreleri belirlenirken; çalışma sahasının ocak geometrisi, döner kepçeli ekskavatörün teknik özellikleri ve üretim panolarını temsil eden blokların boyutları göz önünde bulundurulmalıdır. Isıl değer alt limit değerinin ise çalışma sahasının genel kalite dağılımı değerlendirilerek tespit edilmesi gerekmektedir.

Isıl değere ait standart sapma değerinin minimum olmasını sağlayan minimizasyon problemi içerisinde her hangi bir bilinmeyen parametre olmadığından ve denenecek alternatif çözüm sayısı sınırlı olduğundan dolayı literatürde bulunan bir optimizasyon modeli yerine problemin çözümünü

gerçekleştirmek için tüm kombinasyonları deneyerek en uygun çözümü bulan bilgisayar yazılımının en kapsamlı algoritması geliştirilmiştir. Birçok sonuç üreten bu algoritmanın en önemli çıktı verisi kazı parametrelerine göre olası tüm alternatifleri değerlendirerek ısıl değere ait standart sapma değerinin minimum olmasını sağlayan alternatifin ve bu alternatife ait kazı bilgilerinin belirlenmesidir. Algoritma, genel optimizasyon problemlerinde olduğu gibi Eşitlik 4.7'de verilen amaç fonksiyonu (minimizasyon) ve kısıtlar kullanılarak oluşturulmuştur.

$$\text{Min } Z = \text{Mini}\{\sigma i\} \tag{4.7}$$

Kısıtlar;

$\text{Min}_{kg} \leq kg_i \leq \text{Max}_{kg}$
$\text{Min}_{ky} \leq ky_i \leq \text{Max}_{ky}$
kyön $\in \{1,2\}$

Üretim panolarında kazı alternatifi sayısının belirlenmesinde kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir (Eşitlik 4.8-11). Optimum kazı alternatifi belirlenirken üretim panoları beraber kazı yaptıklarından dolayı her bir üretim panosunun alternatif sayılarının çarpımı kadar alternatif değerlendirilecektir.

$$\text{Alternatif}_{kg} = ((\text{Max}_{kg} - \text{Min}_{kg}) / \text{Artırım}_{kg}) + 1 \tag{4.8}$$

$$\text{Alternatif}_{ky} = ((\text{Max}_{ky} - \text{Min}_{ky}) / \text{Artırım}_{ky}) + 1 \tag{4.9}$$

$$\text{Alternatif}_{kyön} = 2 \tag{4.10}$$

$$\text{Alternatif Sayısı} = (\text{Alternatif}_{kg} * \text{Alternatif}_{ky} * \text{Alternatif}_{kyön}) \tag{4.11}$$

Burada;

Max_{kg} = Maksimum kazı genişliğini (m),
Min_{kg} = Minimum kazı genişliğini (m),
$Artırım_{kg}$ = Kazı genişliği artırım değerini (m),
$Alternatif_{kg}$ = Kazı genişliğinin alacağı değerlerin sayısını,
Max_{ky} = Maksimum kazı yüksekliği değerini (m),
Min_{ky} = Minimum kazı yüksekliği değerini (m),
$Artırım_{ky}$ = Kazı yüksekliği artırım değerini (m),
$Alternatif_{ky}$ = Kazı yüksekliğinin alacağı değerlerin sayısını,
$Alternatif_{kyön}$ = Kazı yönünün alacağı değerlerin sayısını,
ifade etmektedir.

Döner kepçeli ekskavatörün hareket kabiliyetinin sınırlı olduğu ve sadece bir doğrultu üzerinde kazı yapabildiği bilinmektedir. Bu çalışmada döner kepçeli ekskavatör ile üretim yapılan linyit sahasına uygulandığı için kazı yönü alternatifleri belirlenirken bu kısıtlar değerlendirilmiş olup iki farklı kazı yönü belirlenmiştir. Kazı yönleri, madencilik terimi olan kuyruk ve tahrik terimlerinden yola çıkılarak; döner kepçeli ekskavatörün ilerleme yönü bant konveyör baz alınarak kuyruktan tahrik tarafına ise "kuyruk – tahrik" eğer tersi yönde ise, "tahrik – kuyruk" olarak isimlendirilmiştir. Böylece, optimum alternatif belirlenirken bu iki adet kazı yönü parametresi değerlendirilmiştir.

Bu algoritma, temel olarak kazı makinesinin farklı kazı parametrelerinde her bir üretim panosunda gerçekleştirdiği saatlik kazı bilgilerinden faydalanılarak geliştirilmiştir. Bu nedenle, her iki üretim panosunun saatlik kazı yapılan blok bilgileri, kazı miktarları (linyit ve ara kesme) ve öznitelik değerleri tüm alternatifler kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen çıktı verileri hafızaya alınmıştır. Bu veriler alternatiflere ait ısıl değer standart sapma değerleri hesaplanırken kullanılmıştır. Üretim panolarının oluşturduğu her alternatif için saatlik ısıl değer Eşitlik (4.12)'de verilen denklem ile hesaplanmıştır.

$$ıd_{j\&k,i} = \frac{(ıd_{j,1,i} * th_{j,1,i}) + (ıd_{k,2,i} * th_{k,2,i})}{th_{j,1,i} + th_{k,2,i}} \quad (4.12)$$

Burada;

$ıd_{j,1,i}$ = Üretim panosu-1 için j. alternatif, i. saatteki ısıl değeri (Kcal/kg),
$th_{j,1,i}$ = Üretim panosu-1 için j. alternatif, i. saatteki toplam hacim değerini (m^3),
$ıd_{k,2,i}$ = Üretim panosu-2 için k. alternatif, i. saatteki ısıl değeri (Kcal/kg),
$th_{k,2,i}$ = Üretim panosu-2 için k. alternatif, i. saatteki toplam hacim değerini (m^3),
ifade etmektedir.

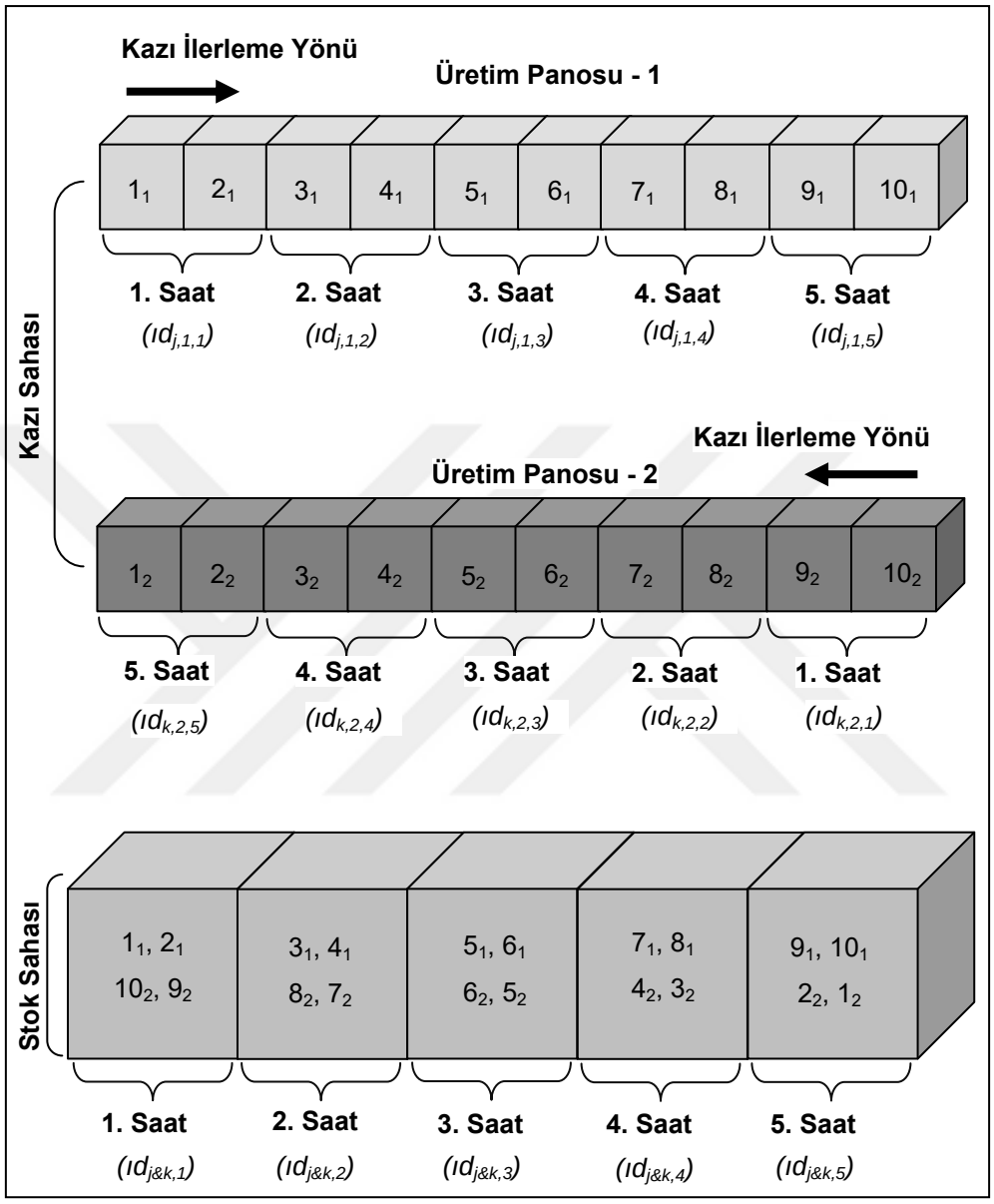
Eşitlik (4.13) kullanılarak her alternatifin ısıl değere ait standart sapma değeri hesaplanmaktadır.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (ıd_{j,i} - \overline{ıd}_j)^2}{N}} \quad (4.13)$$

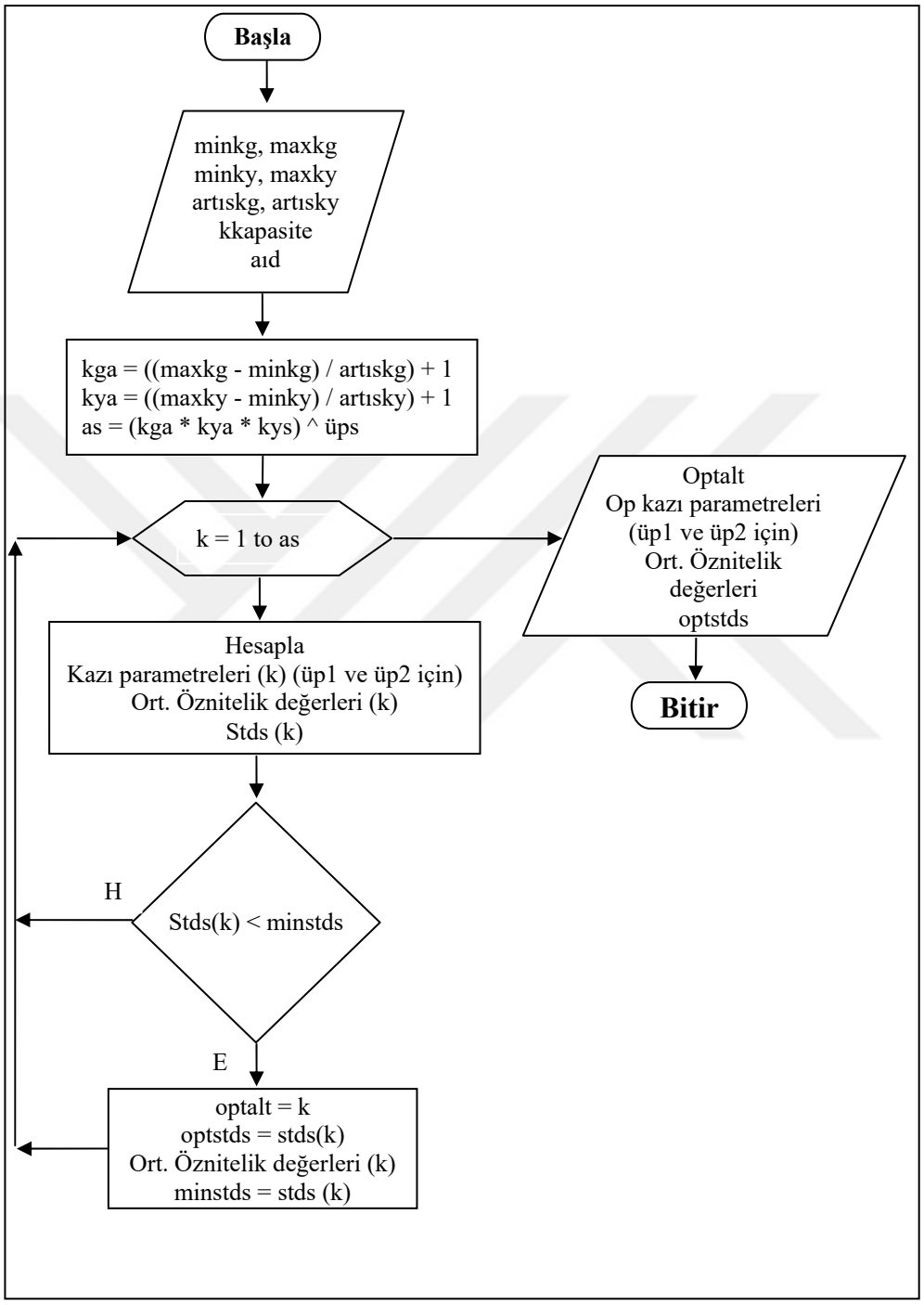
Burada;

$ıd_{j\&k,i}$ = Stok sahasında j. ve k. alternatif, i. saatteki ısıl değeri (Kcal/kg),
N = Kazı yapılan toplam saat değerini (saat),
ifade etmektedir.

Üretim panolarına ait blokların kazı yönüne göre üretilip stok sahasına gönderilmesi, kazı ilerleme yönü ve saatlik üretim kavramı Şekil 4.11'de ,optimum alternatifi belirleyen algoritmanın genel yapısı Şekil 4.12'de verilmiştir.

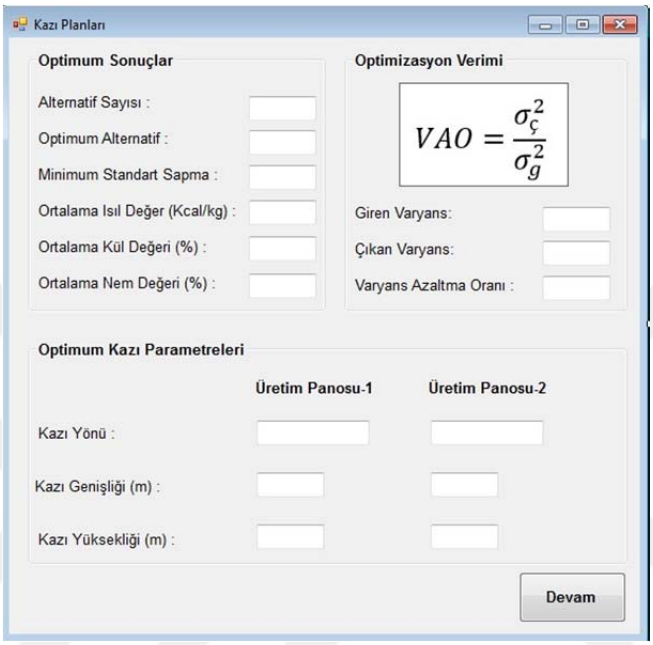


Şekil 4.11. Bloklar üzerinden saatlik üretim kavramının gösterimi



Şekil 4.12. Optimum alternatif belirlenirken kullanılan algoritmanın genel yapısı

Kısa vadeli üretim planı içerisinde yer alan algoritmalar hesaplamaları gerçekleştirdikten sonra çıktı verileri Şekil 4.13'te verilen ekrana yazdırılmaktadır.



Şekil 4.13. Optimum kazı parametrelerini gösteren çıktı ekranı

Optimum sonuçlar kısmında;

- Alternatif Sayısı; optimum alternatif belirlenirken değerlendirilen toplam alternatif sayısını,
- Optimum Alternatif; minimum standart sapma ile istenilen ısıl değerde üretim yapılmasını sağlayacak olan optimum alternatifi
- Minimum Standart Sapma; optimum alternatif ile üretim yapıldığında stok sahasına gönderilecek olan linyitin standart sapma değerini,
- Ortalama Isıl Değer (Kcal/kg); optimum alternatif ile üretim yapıldığında stok sahasına gönderilecek olan linyitin ortalama ısıl değerini,

ifade etmektedir.

Optimum kazı parametreleri kısmında ise;

- Kazı Yönü; optimum alternatifin elde edildiği kazı yönünü,
- Kazı Genişliği (m); optimum alternatifin elde edildiği kazı genişliğini,
- Kazı Yüksekliği (m); optimum alternatifin elde edildiği kazı yüksekliğini,

ifade etmektedir.

Optimizasyon verimi kısmı elde edilen optimum kazı parametreleri ile üretim yapıldığında ısıl değer varyans verimini göstermektedir. Bu değer 0'a yaklaştıkça optimizasyon başarılı anlamına gelmektedir. Varyans azaltma oranı (VAO) olarak isimlendirilen verim değeri Eşitlik 4.14 ile hesaplanmaktadır;

$$VAO = \frac{\sigma_ç^2}{\sigma_g^2} \tag{4.14}$$

Burada;

$\sigma_ç^2 =$ Üretim sonrası ısıl değere ait varyans değerini,

$\sigma_g^2 =$ Üretim öncesi ısıl değere ait varyans değerini,

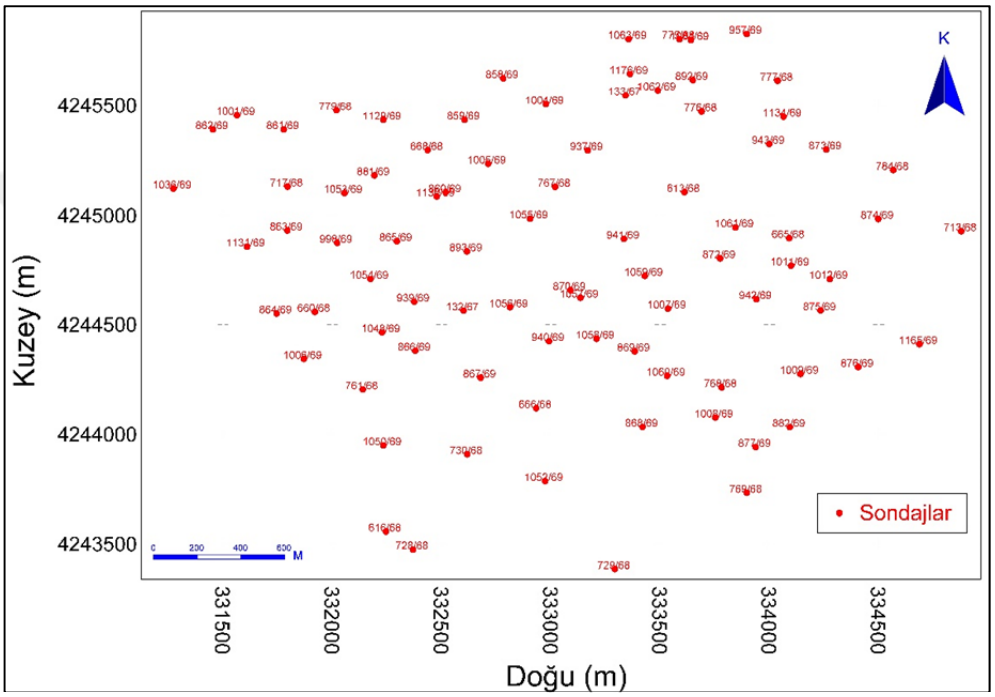
ifade etmektedir (Schofield, 1980).

4.2. Çalışma Sahasının Modellenmesi

4.2.1. Sondaj Verilerinin Değerlendirilmesi

Afşin-Elbistan linyit sahasında önceki yıllarda Maden Tetkik ve Arama (MTA) Enstitüsü tarafından toplam 208 adet rezerv araştırma sondajı yapılmıştır. Ancak, 3 boyutlu ortamda, bu rezerv araştırma sondajları ile çalışma sahasının vaziyet planı birlikte bulundukları lokasyona göre değerlendirildiğinde; bazılarının kazı çalışmaları tamamlanmış ve üzerine iç döküm yapılmış olduğu, bazılarının nihai şev içerisinde kalmış olduğu ve bazılarının da koridor sahasında yer aldığı

tespit edilmiştir. Bu rezerv araştırma sondajlarının herhangi bir etkisi olmayacağı düşünüldüğünden dolayı veri setinden çıkarılmış olup çalışmalarda geriye kalan 84 adet rezerv araştırma sondajı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan rezerv araştırma sondajlarının lokasyon dağılım haritası Şekil 4.14'de görülmektedir.



Şekil 4.14. Çalışmada kullanılan sondaj lokasyonlarının dağılımı

Bu sondajlara ait bilgilerin veri dosyalarına aktarılması işlemi aşağıda verilen kriterler değerlendirilerek yapılmıştır.

- Döner kepçeli ekskavatör 0,5 m'den küçük birimleri ayıramayacağı için selektif kazı kalınlığı 0,5 m olarak belirlenmiştir. Bu nedenle ara kesme tabakası arasında bulunan ve kalınlığı 0,5 m'den küçük olan linyitler arakesme olarak değerlendirilmiştir,

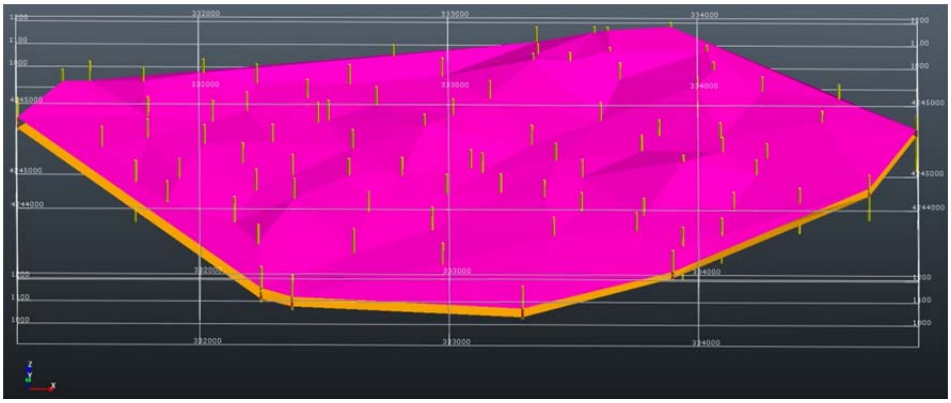
- Üretilebilir linyit olarak belirlenen her katmanının üst ve alt kotlarından 0,15 m kalınlığındaki bir kısım üretim kaybı olarak değerlendirilmiştir,
- Kül içeriği (kuru bazda) ≤ %50 ve/veya ≤ 250 g kül (orijinal bazda) /1000 Kcal olan kömürler rezerve dâhil edilmiştir,
- Kömürün sınır ısıl değeri 750 Kcal/kg alınmıştır. Bu değerin altındaki linyitler rezerve dâhil edilmemiştir,

4.2.2. Proje Veri Tabanı Dosyasının Oluşturulması

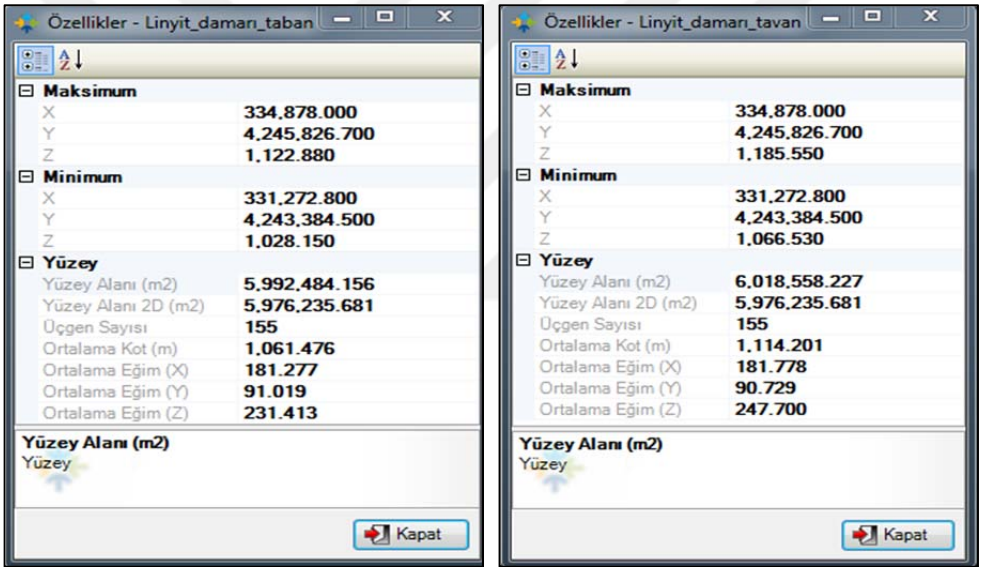
Bölüm 3.2.1'de detaylı ayrıntıları verilen ".csv" uzantılı Sondaj, Litoloji, Açı ve Hamörnekleme dosyaları hazırlanmıştır. Sonrasında ise; Netpro/Mine yazılımı içerisinde ".mdb" uzantılı yeni bir proje veri tabanı dosyası oluşturulmuş olup veri dosyalarının okutulmasından önce gerekli bilgiler girilmiş ve öznitelikler belirtilmiştir. Bu aşamada ilk olarak sondaj veri dosyasının okutulması şartıyla diğer veri dosyalarının sıraları fark etmeksizin okutulması ve tüm verilerin proje veri tabanı dosyasına aktarılması işlemi tamamlanmıştır. İlerleyen süreçlerde yapılacak çalışmalar bu proje veri tabanı dosyası üzerinden gerçekleştirilecektir.

4.2.3. Yüzey Modellerinin Elde Edilmesi

Netpro/Mine programında proje veri tabanı dosyası oluşturulduktan sonra ilk işlem linyit damarının konumunun belirlenmesidir. Bu nedenle damar yüzeyi oluştur komutu ile yüzey modelleme işlemi uygulanmıştır. Sondajlar arasında herhangi bir gruplandırma olmadığından sondajların tamamı kullanılarak linyit damarının taban ve tavan yüzey modelleri oluşturulmuştur. Şekil 4.15'de sondajlar ile beraber linyit damarına ait taban ve tavan yüzeyleri görülmektedir. Bu yüzeylere ait özellikler Şekil 4.16'da verilmiştir. Buradan linyit damarının tabanda 5 992 484,156 m^2, tavanda ise 6 018 558,227 m^2'lik bir alana yayıldığı görülmektedir.



Şekil 4.15. Linyit damarına ait taban ve tavan yüzey görünümü

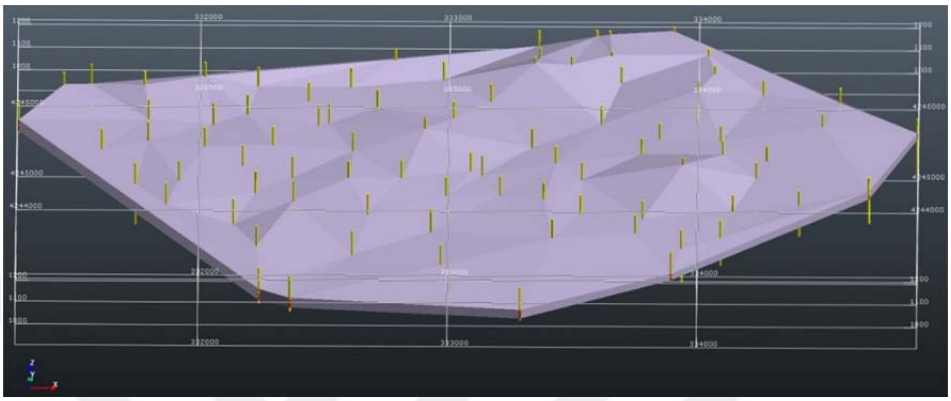


Şekil 4.16. Linyit damarına ait taban ve tavan yüzey özellikleri

4.2.4. Katı Modelin Elde Edilmesi

Linyit damarının konumu yüzey modeller ile belirlendikten sonra içerisi dolu olan hacim hesabının yapılabileceği katı modelin elde edilmesi gerekmektedir. Netpro/Mine programında yer alan yüzeyler arası katı modelleme yöntemi ile linyit damarına ait katı model oluşturulmuştur (Şekil 4.17). Şekil 4.18'de linyit damarına

ait katı model özellikleri görülmektedir. Linyit damarının ara kesmeler dahil toplam hacmi 299 574 358,897 m^3 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.17. Linyit damarına ait katı model görünümü

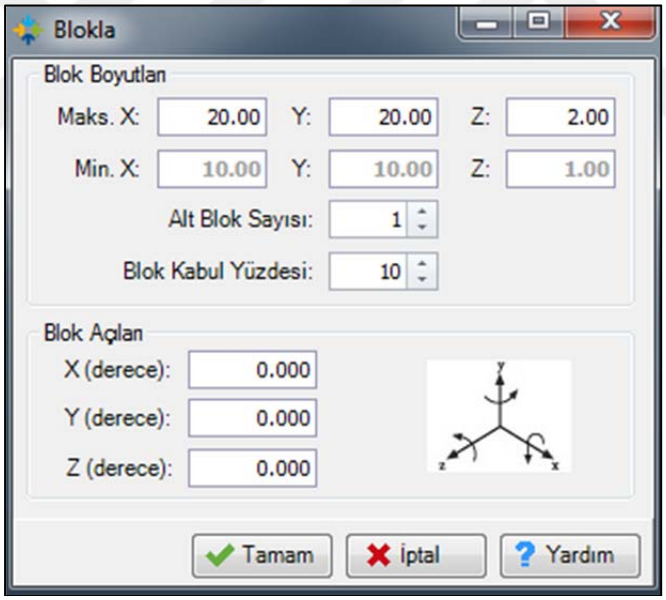


Şekil 4.18. Linyit damarına ait katı model özellikleri

4.2.5. Blok Modelleme

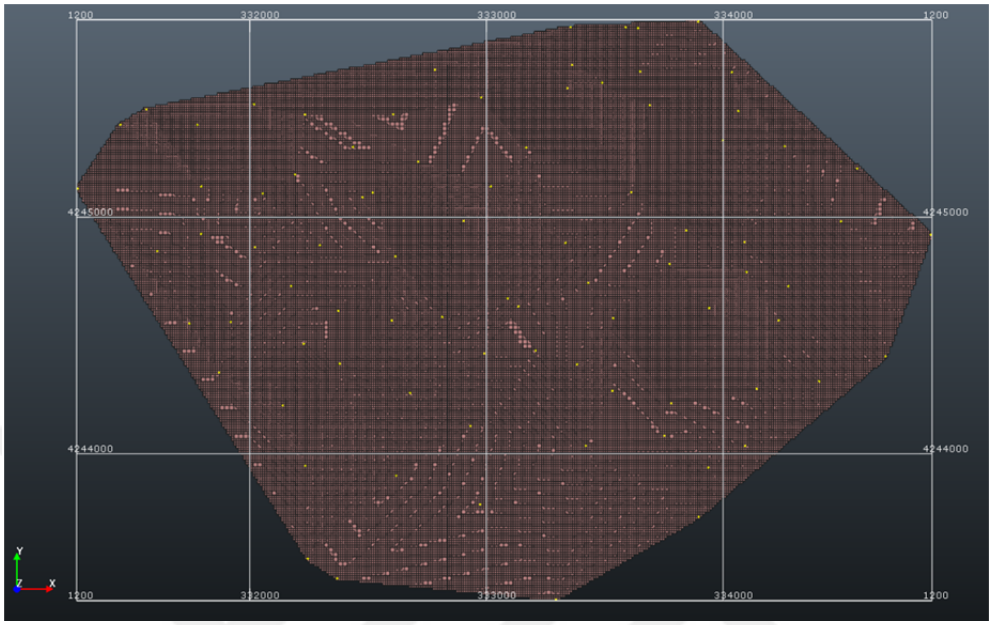
Katı modelin oluşturulmasından sonra X, Y ve Z boyutları belirtilen küplerden oluşan ve katı modeli temsil eden blok modelleme işlemi yapılmıştır. Blok boyutları belirlenirken çalışma sahasında uygulanan işletme yöntemi, basamak yüksekliği ve elde edilecek blok modelin katı modeli ne kadar temsil ettiği gibi birkaç faktör değerlendirilmiştir.

Çalışma sahası için optimum blok boyutları 20 x 20 x 2 m olarak belirlenmiştir. Bu boyutlardan daha küçük blokların oluşabileceği düşünülerek alt blok sayısı değeri 1 ve blok kabul yüzdesi değeri de 10 (%) alınmıştır. Şekil 4.19'da blok modelleme işlemi sırasında açılan pencere ve çalışmada kullanılan parametrelerin değerleri görülmektedir.

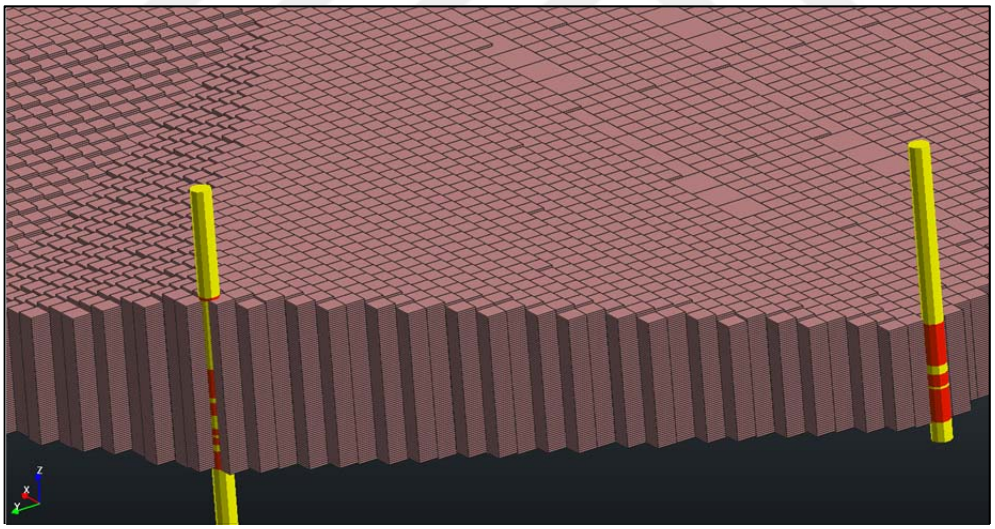


Şekil 4.19. Blok model parametreleri

Şekil 4.20'de elde edilen blok modelin üst görünümü, Şekil 4.21'de ise farklı boyutta blokların görülebilmesi için blok modelin sondajlar ile beraber yakın plan görünümü verilmiştir.



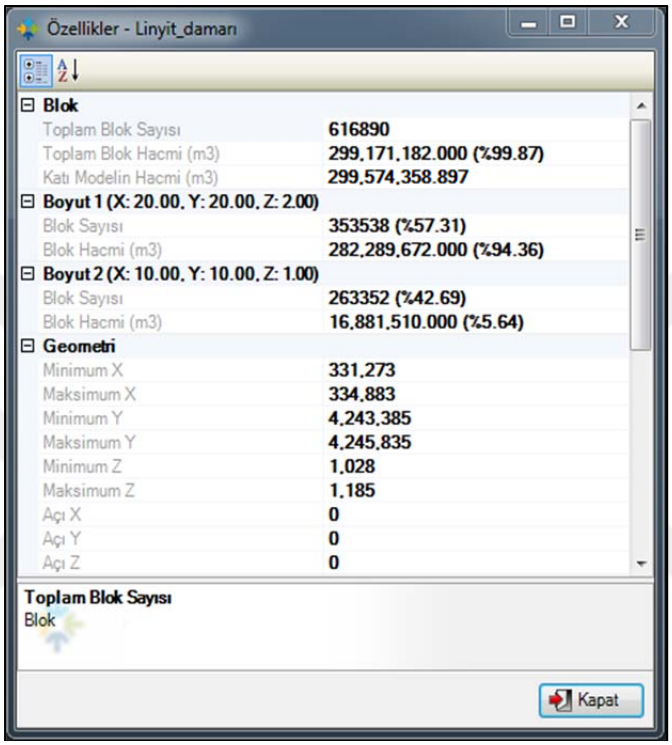
Şekil 4.20. Linyit damarına ait blok modelin sondajlar ile beraber üst görünümü



Şekil 4.21. Linyit damarına ait blok modelin sondajlar ile yakın plan görünümü

Blok model üzerinden özellikler komutu ile açılan pencerede linyit damarına ait blok modelin özellikleri görülmektedir (Şekil 4.22). Buradan,

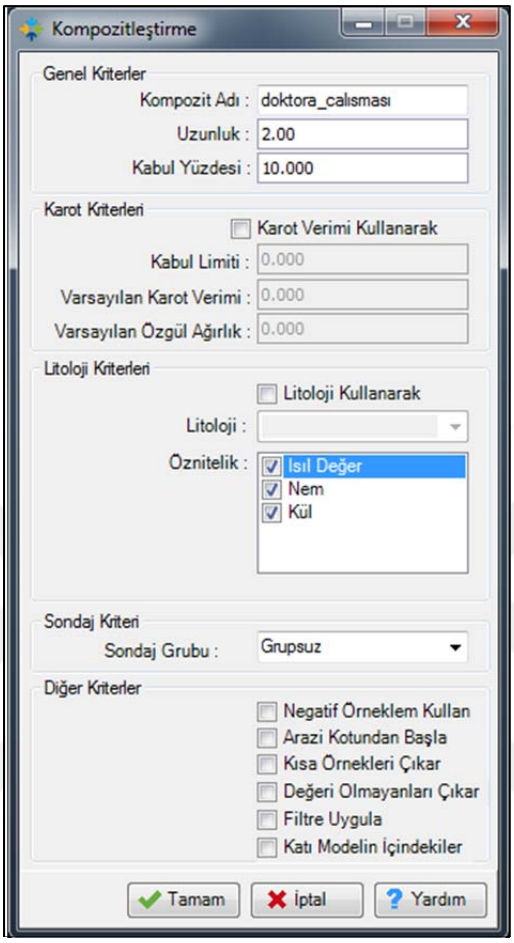
oluşturulan blok modelin % 99,87 oranında katı modeli temsil ettiği ve ara kesmeler dahil toplam hacim değerinin 299 171 182,0 m^3 olduğu görülmektedir.



Şekil 4.22. Linyit damarına ait blok model özellikleri

4.2.6. Kompozitleme İşlemi

Çalışma sahasının blok modeli elde edildikten sonra bu blok model üzerinde kompozitleme işlemi uygulanmıştır. Kompozit adı "doktora_calısması" olarak girilmiş olup kompozit uzunluğunun belirlenmesi için ortalama karot uzunluğu 5,0 m olarak hesaplanmıştır. Buradan yola çıkılarak kompozit uzunluk değeri 2 m ve kabul yüzesi değeri de % 10 olarak belirlenmiştir. Bu işlem, litoloji ve sondaj kriteri olmadan bütün sondajlar kullanılarak öznitelikler (ısıl değer, nem, kül) üzerinde uygulanmıştır. Şekil 4.23'de kompozitleme işleminin uygulama ekranı görülmektedir.



Şekil 4.23. Kompozitleme işleminin uygulama ekranı görünümü

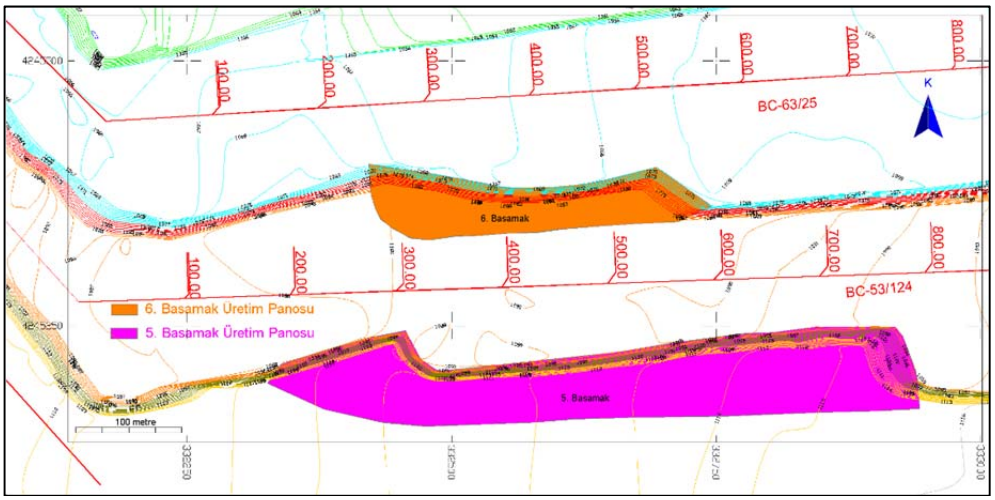
4.3. Üretim Planlarının Hazırlanması

Bu aşamaya kadar çalışma sahasında yer alan tüm sondajlar değerlendirilerek linyit damarını temsil eden taban ve tavan yüzeyleri, katı model ve blok model oluşturulmuş olup kestirim öncesi kompozitleme işlemi yapılmıştır. Üretim planlarının içeriği kısa, orta veya uzun vadeli olması durumuna göre değişmektedir. Bu nedenle öncelikle amaca yönelik uygun plan ve bu planların uygulanacağı üretim panoları belirlenmelidir. Bu çalışma kısa vadeli üretim planlarının hazırlanması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

4.3.1. Üretim Panolarının Belirlenmesi

Kısa vadeli üretim planları hazırlanırken öncelikle kazı yapılacak olan üretim panosunun belirlenmesi gerekmektedir. Kışlaköy linyit sahasında, ilk üç basamakta sadece dekapaj, dördüncü basamakta dekapaj ve linyit, son iki basamakta ise sadece linyit kazısı yapılmaktadır. Bu nedenle çalışma kapsamında değerlendirilecek olan üretim panoları 6. ve 5. basamaklardan elde edilmiş olup sırasıyla, Üretim Panosu-1 ve Üretim Panosu-2 olarak isimlendirilmiştir ve çalışmanın ilerleyen kısımların bu şekilde ifade edilecektir.

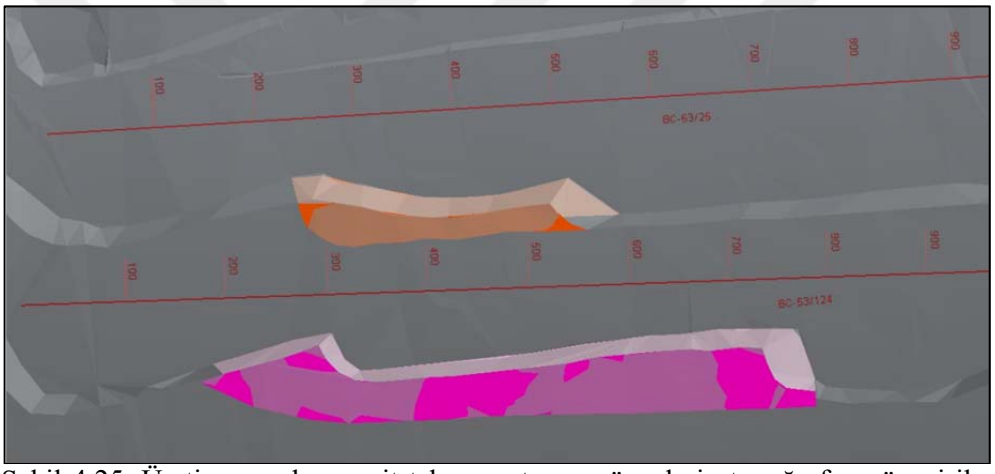
Bu çalışma kapsamında, üretim panolarının şev altı ve şev üstü sınırları; güvenli kazı yapılabilmesi için bant konveyör ile döner kepçeli ekskavatör arasında emniyet mesafesi bırakılarak ve döner kepçeli ekskavatörün maksimum kazı yapabileceği mesafe dikkate alınarak (bant konveyörden itibaren 120 m) Netcad ortamında çoklu doğru çiz komutu ile belirlenmiştir. Daha sonra, bu çoklu doğrular üzerindeki noktaların kot değerleri kontrol edilmiş, hatalı kot değerleri düzeltilmiştir. Şekil 4.24'de çalışma kapsamında planları hazırlanan ve değerlendirilmesi yapılan üretim panoları iki boyutlu ortamda görülmektedir.



Şekil 4.24. Uygulamalarda kullanılacak olan üretim panolarının iki boyutlu ortamda görünümü

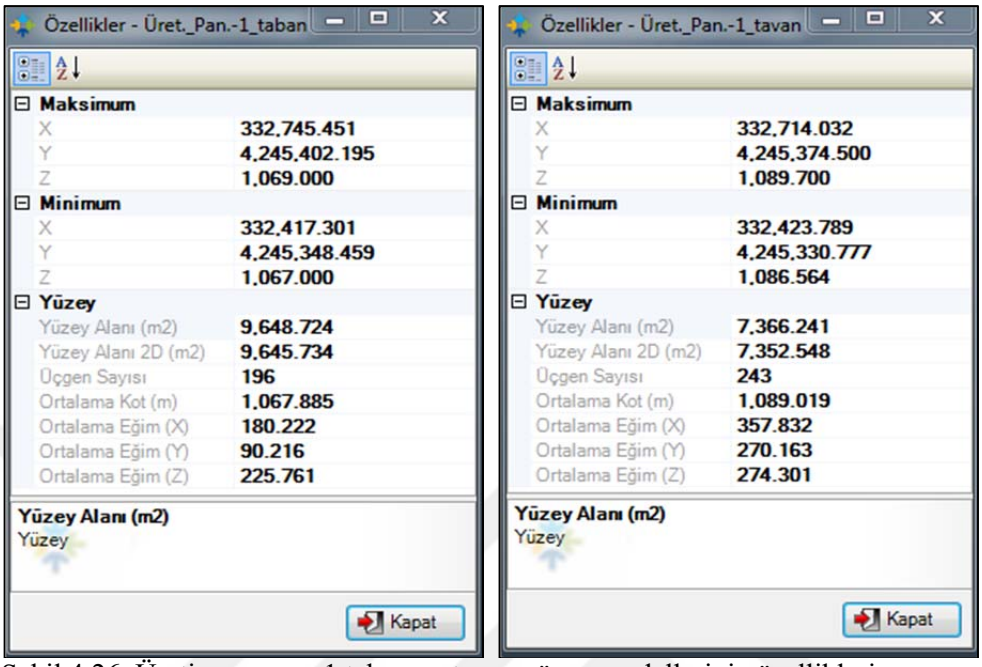
4.3.2. Üretim Panolarının Yüzey Modellerinin Oluşturulması

İki boyutlu ortamda üretim panolarının sınırlarını belirleyen kot (Z) değerlerine sahip şev altı ve şev üstü çoklu doğruları elde edildikten sonra üç boyutlu Netpro/Mine ortamına geçiş yapılmıştır. Burada, "çoklu doğruyu yüzey yap" komutu ile üç boyutlu ortama aktarılan çoklu doğrular kullanılarak üretim panosunu sınırlayan alt ve üst yüzeyler oluşturulmuştur. Bu işlem her iki üretim panosu için gerçekleştirilmiş olup Şekil 4.25'de, bant konveyörlerin konumu, topoğrafya yüzeyi ve aynı zamanda üretim panolarına ait alt ve üst yüzeyler görülmektedir.

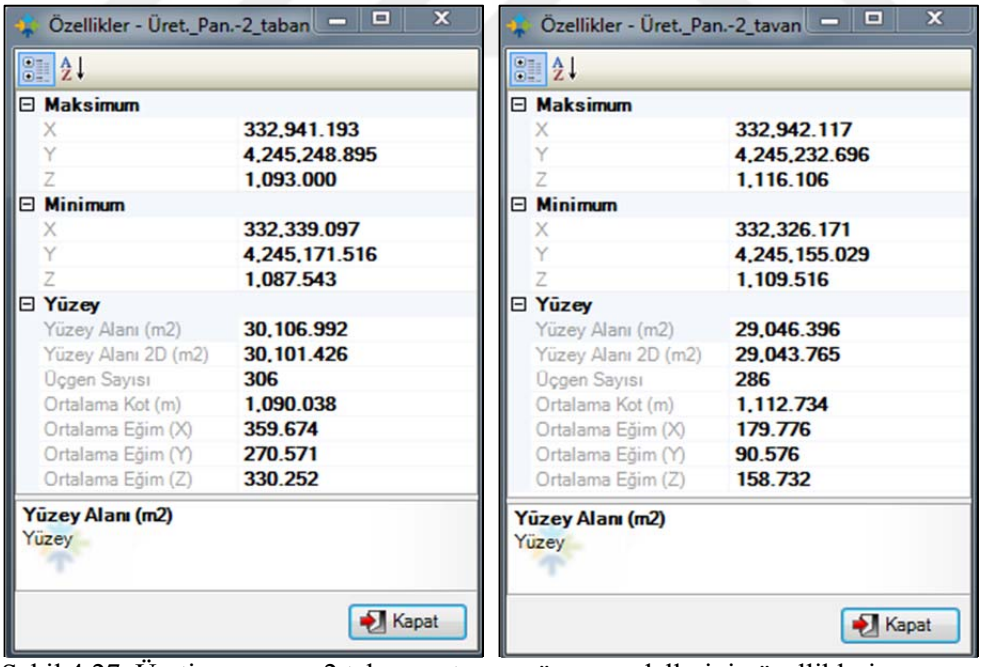


Şekil 4.25. Üretim panolarına ait taban ve tavan yüzeylerin topoğrafya yüzeyi ile beraber üç boyutlu görünümü

Üretim panosu-1 için taban yüzey alanı 9 648, 724 m^2, tavan yüzey alanı 7 366,241 m^2, üretim panosu-2 için ise taban yüzey alanı 30 106,992 m^2, tavan yüzey alanı 29 046,396 m^2 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, yüzey modellerin diğer özellikleri üretim panosu-1 için Şekil 4.26'da, üretim panosu-2 için Şekil 4.27'de verilmiştir. Yüzey modeller elde edilerek üç boyutlu uzayda üretim panolarının sınırları belirlenmiştir.



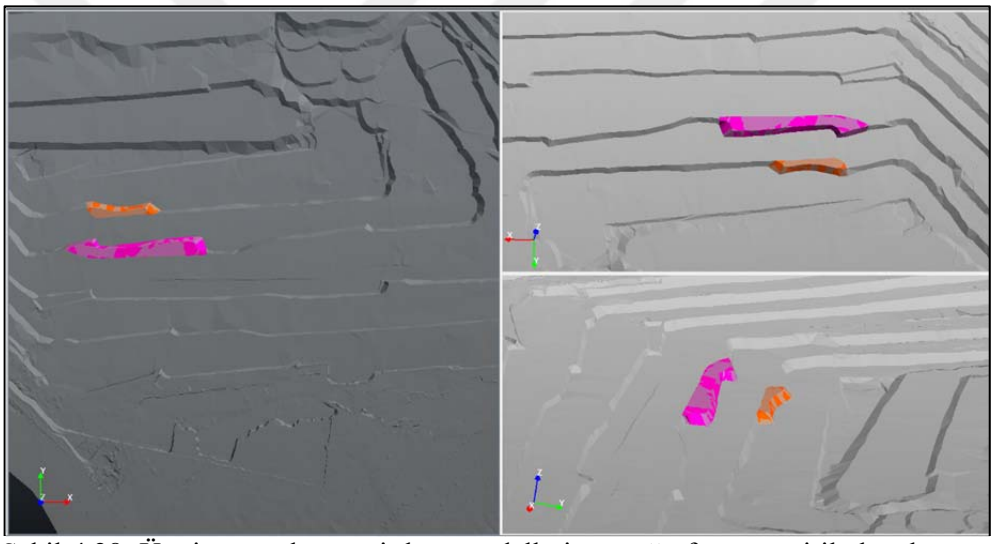
Şekil 4.26. Üretim panosu–1 taban ve tavan yüzey modellerinin özellikleri



Şekil 4.27. Üretim panosu–2 taban ve tavan yüzey modellerinin özellikleri

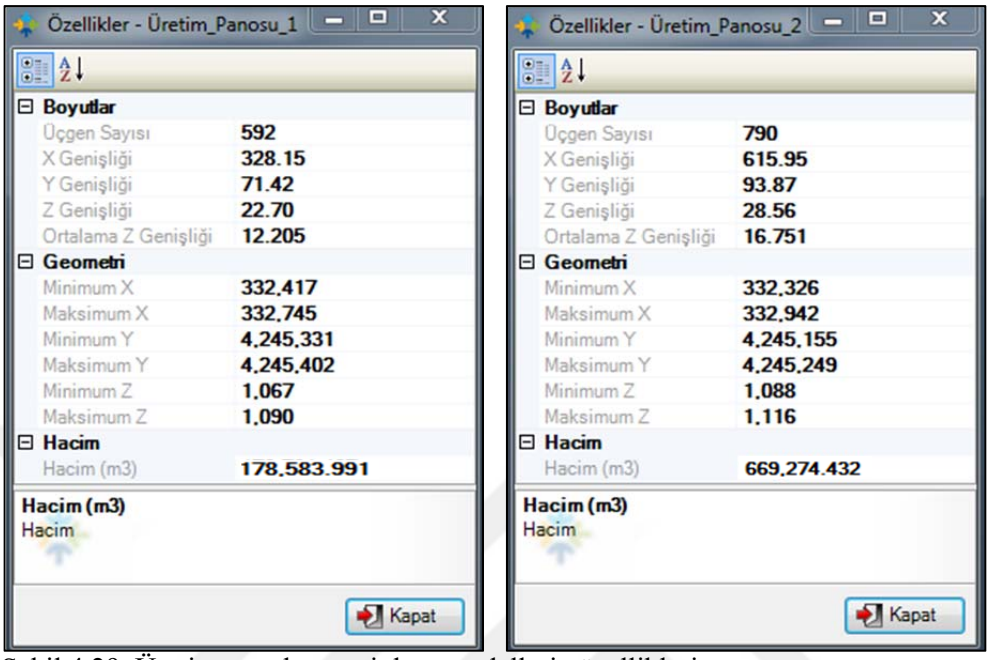
4.3.3. Üretim Panolarının Katı Modellerinin Oluşturulması

Blok modelleme işleminden önce taban ve tavan yüzey modelleri ile sınırları belirlenen üretim panolarının içinin tamamen dolu olduğu ve hacim hesaplarının yapılabileceği katı modellerinin elde edilmesi gerekmektedir. Katı modelleme işlemi Netpro/Mine yazılımı içerisinde "yüzeyler arası katı modelleme" komutu ile gerçekleştirilmiştir. Bu işlem üretim panolarına ait daha önce elde edilmiş olan tavan ve taban yüzeyleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.28'de farklı açılardan üretim panolarına ait katı modeller ile beraber topoğrafya yüzeyi görülmektedir.



Şekil 4.28. Üretim panolarına ait katı modellerin topoğrafya yüzeyi ile beraber üç boyutlu görünümü

Üretim panosu-1 ve üretim panosu-2 için oluşturulan katı modellerin hacim değerleri sırasıyla 178 583,991 m^3 ve 669 274,432 m^3 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Şekil 4.29'da her iki üretim panosu için oluşturulan katı modellerin diğer özellikleri de (boyutlar, geometri) verilmiştir. Bir sonraki aşamada üretim panolarına ait blok modeller elde edilirken burada oluşturulan katı modellerden faydalanılacaktır.

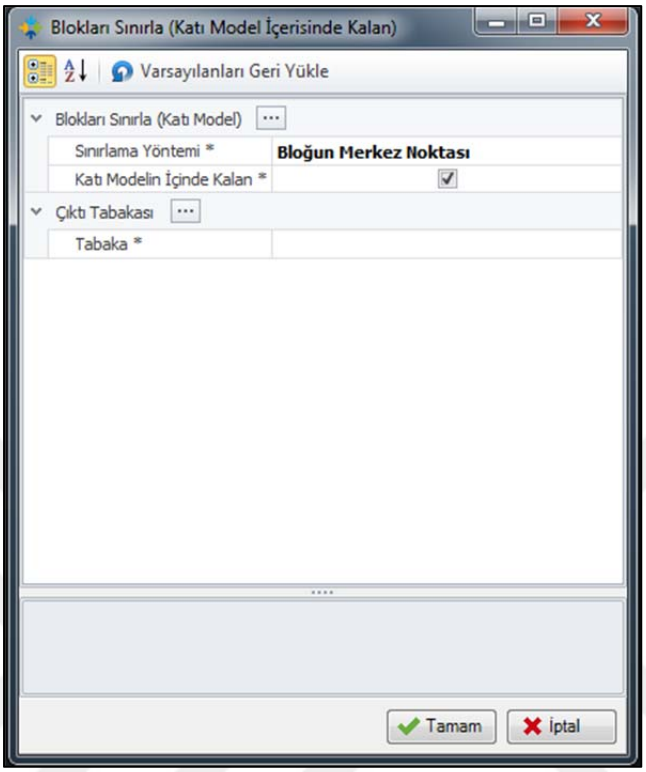


Şekil 4.29. Üretim panolarına ait katı modellerin özellikleri

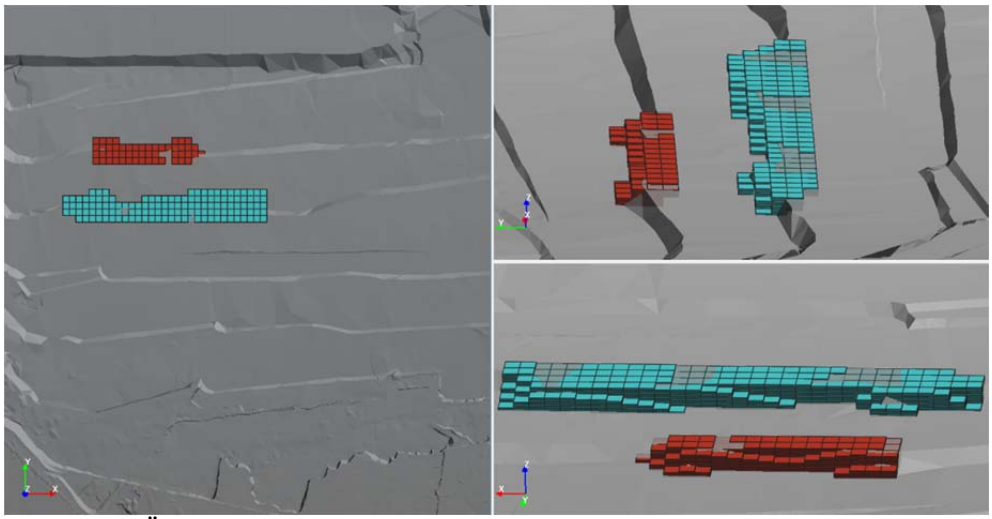
4.3.4. Üretim Panolarının Blok Modellerinin Oluşturulması

Üretim panolarına ait bloklar elde edilirken Netpro/Mine yazılımının katı model içerisinde kalan blokları sınırla yöntemi kullanılmıştır (Şekil 4.30). Bu yöntem bir blok modelin; herhangi bir katı model, yüzey model veya alan ile sınırlandırılması şeklinde ifade edilebilir. Bu sınırlama yöntemi; bloğun merkez noktası, bloğun herhangi bir noktası veya bloğun tamamı olmak üzere üç farklı şekilde uygulanmaktadır.

Bu çalışmada sahanın tamamını temsil eden blok model elde edildikten sonra üretim panolarının katı modelleri içerisinde kalan bloklar ayrı ayrı sınırlandırılmıştır. Hacim-miktar hesaplarındaki hataları minimum seviyede tutmak için bu yöntemlerden bloğun merkez noktası tercih edilmiş ve katı modelin içinde kalan blokların sınırlandırılması tercih edilmiştir. Böylece üretim panolarına ait bloklar elde edilmiştir. Şekil 4.31'de üretim panolarına ait bloklar ve topoğrafya yüzeyi 3 boyutlu olarak görülmektedir.

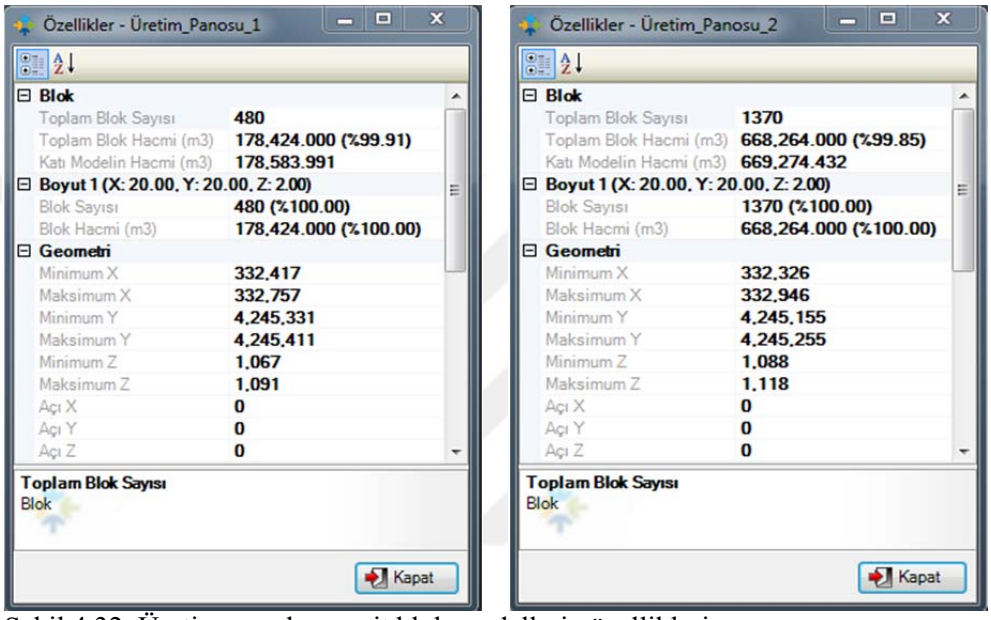


Şekil 4.30. Blok sınırlama ekranı



Şekil 4.31. Üretim panolarına ait blok modellerin topoğrafya yüzeyi ile beraber üç boyutlu görünümü

Elde edilen blok modellerin özellikleri incelendiğinde; üretim panosu-1'de toplam 178 424,0 m^3 hacim miktarı olduğu ve katı modelini % 99,91 oranında temsil ettiği, üretim panosu-2'de ise toplam 668 264,0 m^3 hacim miktarı olduğu ve katı modelini % 99,85 oranında temsil ettiği görülmektedir (Şekil 4.32).

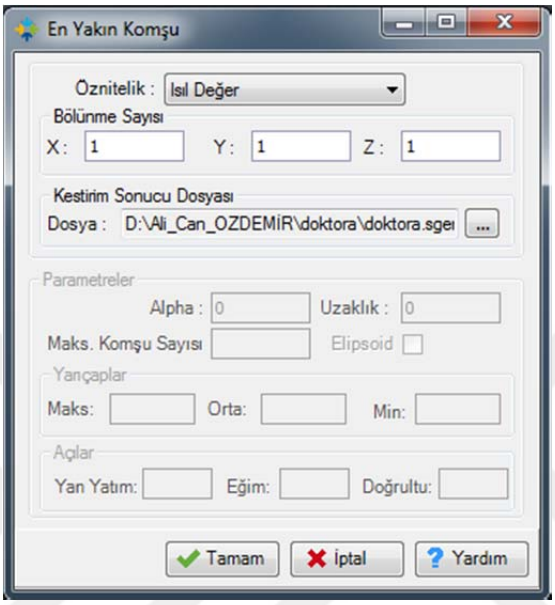


Şekil 4.32. Üretim panolarına ait blok modellerin özellikleri

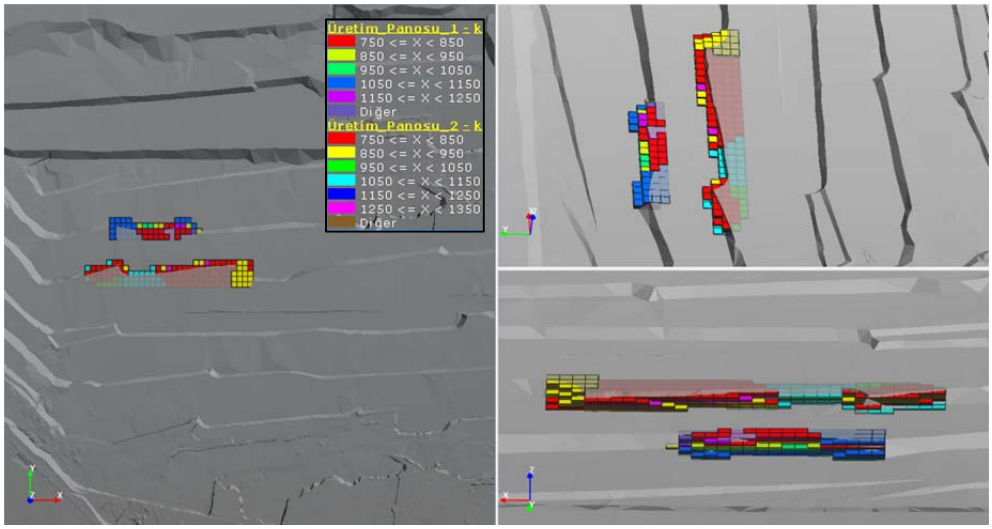
4.3.5. Üretim Panoları Bloklarının Kestirimi

Blok sınırlama işlemi ile üretim panolarına ait blok modeller elde edildikten sonra blokların kestirimi (öznitelik değerlerinin aktarılması) işlemi uygulanmıştır. Linyit sahasının sedimanter yataklanma gösterdiği, üretim panolarının kapladığı alanlar ve ara kesme dalgalanmaları düşünülerek kestirim yöntemi olarak en yakın komşu yöntemi seçilmiştir. Şekil 4.33'de, en yakın komşu kestirim yöntemi ekranı görülmektedir. Burada kestirimi yapılacak öznitelik değerleri sırasıyla seçilmiştir ve bloklara tek merkezli değer atanacağı için bölünme sayısı 1 olarak girilmiştir. Ayrıca, kestirim sonucu dosyasının kayıt edileceği konum belirtilmiştir. Bu yöntem ile her bir bloğa ısıl değer, kül ve nem öznitelik

değerleri aktarılmıştır. Kestirimi yapılan bloklar ısıl değerlerine göre tematize edilmiştir ve topoğrafya yüzeyi ile beraber Şekil 4.34'de görülmektedir.

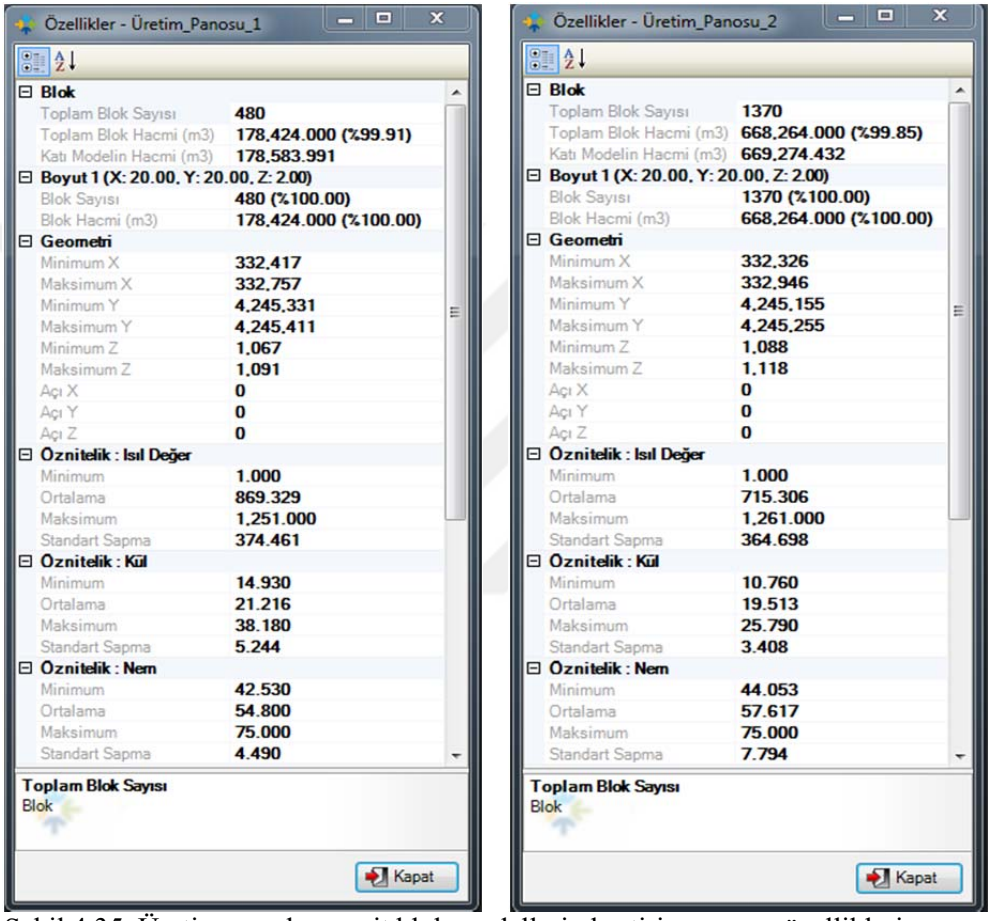


Şekil 4.33. En yakın komşu kestirim yöntemi ekranı



Şekil 4.34. Kestirimi yapılan ve ısıl değere göre tematize edilen blok modellerin topoğrafya yüzeyi ile beraber üç boyutlu görünümü

Üretim panolarına ait blokların kestirimi yapıldıktan sonra öznitelik değerlerinin bilgileri de (minimum, ortalama, maksimum ve standart sapma) özellikler penceresinde görülmektedir (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Üretim panolarına ait blok modellerin kestirim sonrası özellikleri

4.3.6. Üretim Panolarına Ait Veri Dosyalarının Hazırlanması

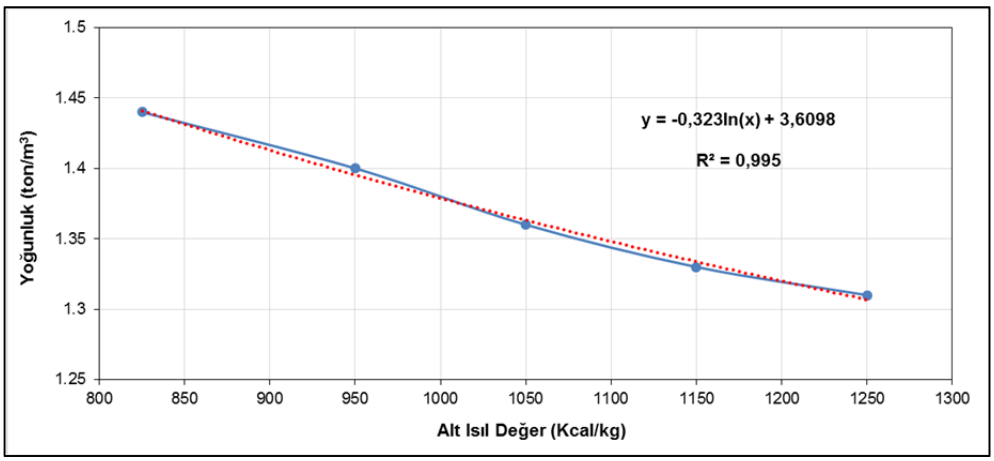
Üretim panosu bloklarına kestirim işlemi uygulandıktan sonra geliştirilen bilgisayar yazılımında veri seti dosyası olarak kullanılacak olan ".xls" uzantılı blok raporları elde edilmiştir. Kışlaköy linyit sahasına ait rezerv araştırma sondajlarından elde edilen bilgiler içerisinde herhangi bir yoğunluk değerinin

olmadığı görülmüştür. Ancak, yoğunluk değerinin ısıl değere bağlı olarak değişim gösterdiği bilinmektedir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Afşin-Elbistan linyitlerinin alt ısıl değerine göre yoğunluk değerleri (Çöllolar kömür sahası genel teknik şartnamesi Madde 1.5'ten alınmıştır)

Linyit Isıl Değer Aralığı	Yoğunluk (ton/m^3)
750 ≤ Alt Isıl Değer ≤ 900	1,44
900 ≤ Alt Isıl Değer ≤ 1000	1,40
1000 ≤ Alt Isıl Değer ≤ 1100	1,36
1100 ≤ Alt Isıl Değer ≤ 1200	1,33
1200 ≤ Alt Isıl Değer ≤ 1300	1,31
1300 ≥ Alt Isıl Değer	1,32

Bu çalışmada, Çizelge 4.5'deki veriler kullanılarak alt ısıl değer ile yoğunluk arasındaki ilişkiyi en iyi logaritmik modelin temsil ettiği (R^2=0,995) belirlenmiş ve bu iki parametre arasındaki matematiksel model elde edilmiştir (Şekil 4.36). Bu model ile her bir bloğa ısıl değerine bağlı olarak yoğunluk değeri aktarılmış ve veri seti dosyası hazırlanmıştır.



Şekil 4.36. Alt ısıl değer ve yoğunluk değeri arasındaki ilişki

Geliştirilen bilgisayar yazılımında kullanılması için hazırlanan üretim panolarına ait veri seti dosyaları sırasıyla Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de görülmektedir. Veri seti dosyaları içerisinde; üretim panosu-1'e ait toplam 480 adet ve üretim panosu-2'ye ait toplam 1370 adet blok bilgisi olduğundan dolayı burada veri seti dosyalarının içerisinden rastgele seçilen bloklara ait bilgiler verilmiştir.

Çizelge 4.6. Üretim panosu-1 veri seti dosyası

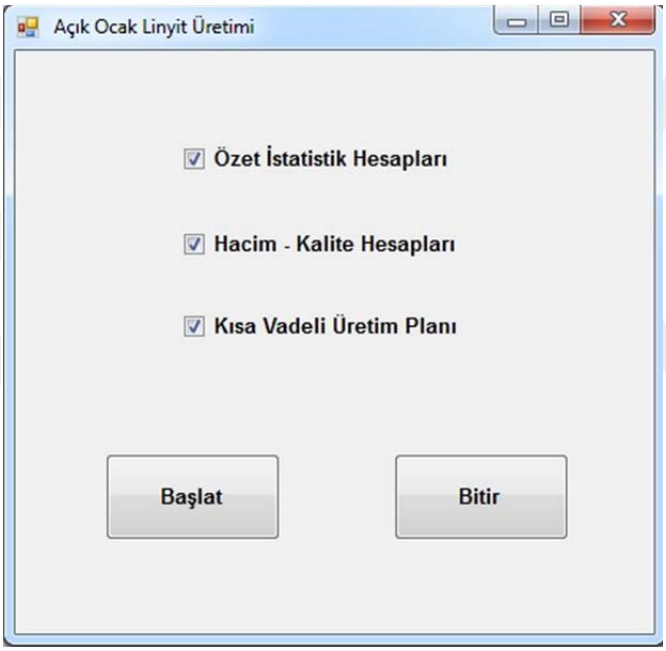
Blok No	Blok X Koordinatı	Blok Y Koordinatı	Blok Z Koordinatı	Blok X Boyutu	Blok Y Boyutu	Blok Z Boyutu	Bloğun Katı Model İçindeki Oranı (%)	Kül (%)	Nem (%)	Isıl Değer (Kcal/kg)	Yoğunluk (ton/m^3)
1	332427	4245341	1084	20.0	20.0	2.0	2.0	26.8	59.9	1	3.61
2	332427	4245341	1086	20.0	20.0	2.0	7.0	16.2	58.6	1067.5	1.36
18	332427	4245381	1074	20.0	20.0	2.0	67.0	22.3	52.3	1092	1.35
49	332447	4245361	1086	20.0	20.0	2.0	100.0	16.2	58.6	1067.5	1.36
57	332447	4245381	1078	20.0	20.0	2.0	80.0	21.6	53.3	1092	1.35
79	332467	4245361	1068	20.0	20.0	2.0	58.0	23.7	49.8	964	1.39
104	332467	4245401	1070	20.0	20.0	2.0	29.0	23.0	51.2	1053.6	1.36
118	332487	4245341	1088	20.0	20.0	2.0	80.0	16.0	56.0	1097.1	1.35
195	332527	4245361	1074	20.0	20.0	2.0	100.0	16.7	57.1	1109	1.35
230	332547	4245361	1080	20.0	20.0	2.0	80.0	21.3	56.8	892.7	1.42
285	332587	4245361	1078	20.0	20.0	2.0	94.0	20.0	57.6	965	1.39
308	332607	4245361	1072	20.0	20.0	2.0	66.0	16.7	57.1	1109	1.35
389	332667	4245361	1084	20.0	20.0	2.0	100.0	19.4	58.6	796.15	1.45
424	332687	4245381	1070	20.0	20.0	2.0	100.0	17.0	57.2	1117	1.34
476	332727	4245381	1070	20.0	20.0	2.0	22.0	17.0	57.2	1117	1.34

Çizelge 4.7. Üretim panosu-2 veri seti dosyası

Blok No	Blok X Koordinatı	Blok Y Koordinatı	Blok Z Koordinatı	Blok X Boyutu	Blok Y Boyutu	Blok Z Boyutu	Bloğun Katı Model İçindeki Oranı (%)	Kül (%)	Nem (%)	Isıl Değer (Kcal/kg)	Yoğunluk (ton/m^3)
1	332336	4245185	1103	20.0	20.0	2.0	7.0	15.6	55.9	960	1.39
70	332376	4245205	1097	20.0	20.0	2.0	100.0	22.3	48.1	750	1.47
140	332416	4245165	1109	20.0	20.0	2.0	51.0	25.0	75.0	1	3.61
215	332436	4245205	1107	20.0	20.0	2.0	100.0	19.1	52.3	753	1.47
290	332476	4245165	1093	20.0	20.0	2.0	36.0	11.8	60.0	1068	1.36
356	332496	4245205	1091	20.0	20.0	2.0	60.0	11.8	60.0	1068	1.36
444	332556	4245165	1093	20.0	20.0	2.0	20.0	11.8	60.0	1068	1.36
445	332556	4245165	1095	20.0	20.0	2.0	20.0	21.0	70.5	321	1.75
580	332616	4245185	1103	20.0	20.0	2.0	100.0	17.2	51.4	1257	1.30
678	332656	4245205	1107	20.0	20.0	2.0	87.0	18.9	55.4	812.70001	1.45
880	332756	4245165	1103	20.0	20.0	2.0	20.0	17.2	51.4	1257	1.30
978	332776	4245245	1091	20.0	20.0	2.0	15.0	21.0	51.7	600.5	1.54
1101	332836	4245185	1093	20.0	20.0	2.0	59.0	16.3	58.2	903	1.41
1196	332876	4245165	1107	20.0	20.0	2.0	17.0	16.5	58.6	915	1.41
1359	332936	4245205	1095	20.0	20.0	2.0	52.0	17.9	57.1	795	1.45

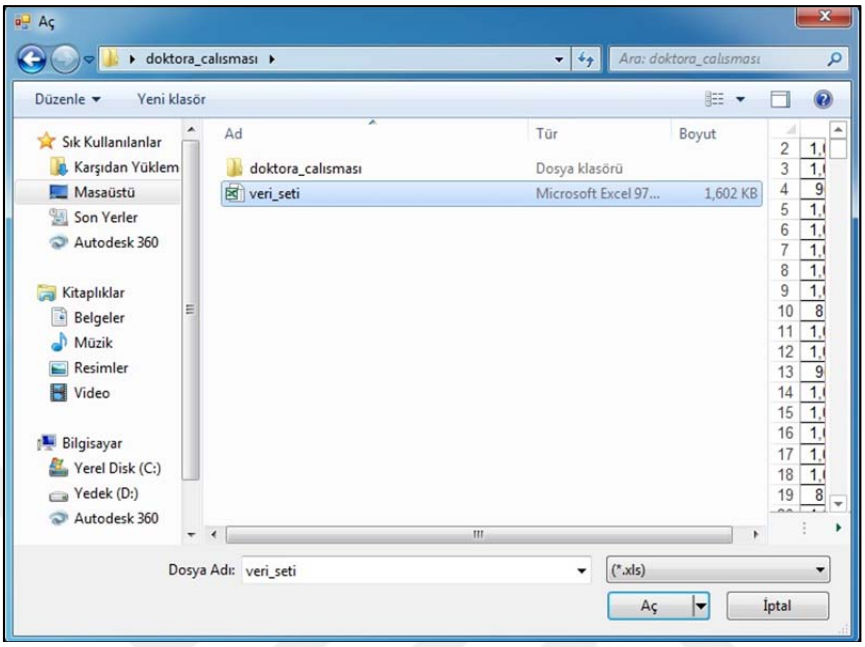
4.4. Geliştirilen Bilgisayar Yazılımının Uygulanması

Üretim panolarına ait veri seti dosyaları hazırlandıktan sonra geliştirilen bilgisayar yazılımının uygulanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Yazılım içerisinde bulunan algoritmaların tamamının test edilmesi amacıyla üç modül de seçilmiştir. Şekil 4.37'de ana ekran üzerinden üç ayrı modülün de seçilmiş olduğu görülmektedir.



Şekil 4.37. Ana ekran üzerinden modül seçimi

Başlat komutu seçildiğinde Şekil 4.38'de görülmekte olan ve veri seti dosyasının seçilmesini sağlayan ekranın açılması ile yazılım çalışmaya başlamaktadır. Burada, üretim panolarına ait içerisinde yazılımın gereksinimlerini karşılayan bilgilerin bulunduğu ".xls" uzantılı ve "veri_seti" isimli dosya seçilmiştir. Bu aşamadan sonra veri girişleri, hesaplama işlemleri ve çıktı işlemleri bu dosya üzerinden gerçekleştirilecektir.

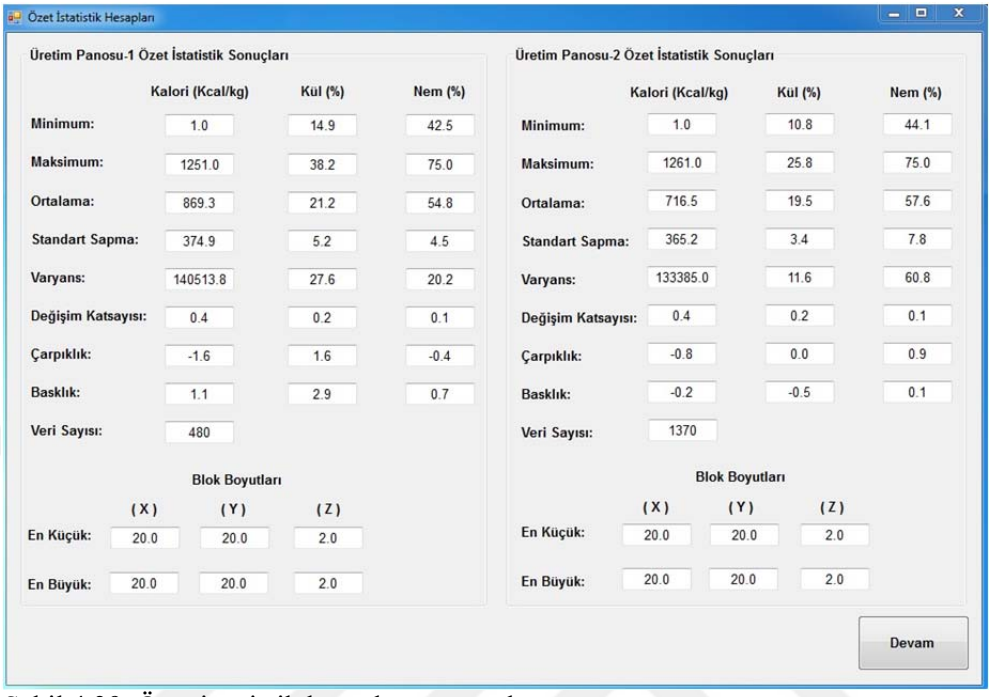


Şekil 4.38. Veri seti dosyası seçimi ekranı

4.4.1. Özet İstatistik Hesaplarının Değerlendirilmesi

Özet istatistik hesapları seçili olduğundan dolayı ilk olarak bu modül çalışmaya başlamıştır. Elde edilen sonuçlar hesaplamalar tamamlandığında ekrana gelen özet istatistik hesapları formuna yazdırılmıştır.

Burada her iki üretim panosuna ait öznitelik değerlerinin (ısıl değer, kül, nem) özet istatistik değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, X, Y ve Z yönlerinde en büyük ve en küçük blok boyutları belirlenmiştir. Veri sayısı değeri her iki üretim panosu için de tüm blokların okutulduğunu ve bütün bilgilerin kullanıldığını göstermektedir. Özniteliklerden ısıl değer parametresinin sonuçları her iki üretim panosu için değerlendirildiğinde değişim katsayısı değerlerinin; 0,4 ve 0,4, çarpıklık değerlerinin; -1,6 ve -0,8, basıklık değerlerinin ise 1,1 ve -0,2 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan her iki üretim panosu için de ısıl değer parametresinin normal dağılıma yakın olduklarını göstermektedir. Diğer ayrıntılı bilgiler Şekil 4.39'da görülmektedir.

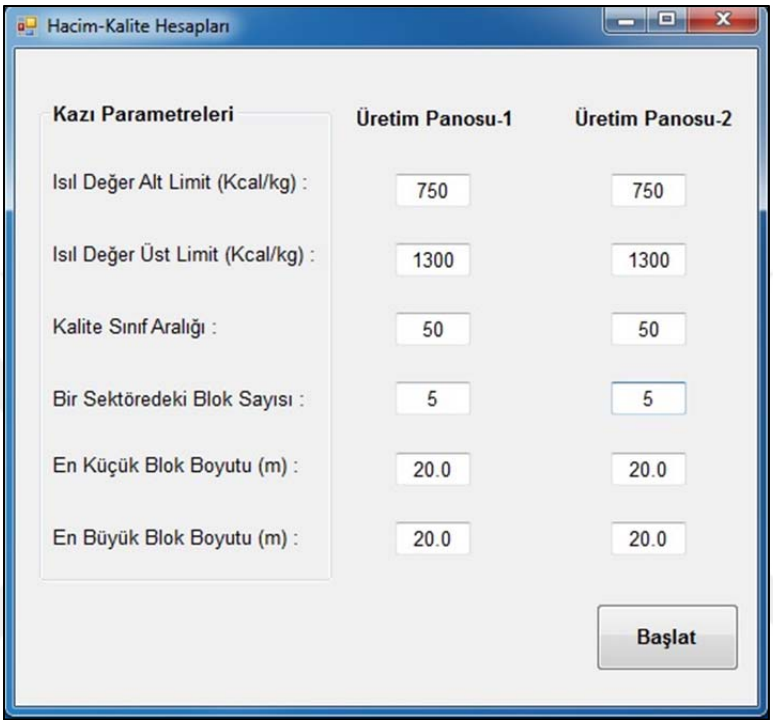


Şekil 4.39. Özet istatistik hesaplama sonuçları

4.4.2. Hacim-Kalite Hesaplarının Değerlendirilmesi

Üretim panoları üzerinde geliştirilen bilgisayar yazılımının ikinci modülü olan hacim-kalite hesapları uygulanmıştır. Bu aşamada, üretim panolarına ait kazı parametreleri özet istatistik hesaplarının sonuçları göz önünde bulundurularak belirlenmiş ve bu parametrelerin algoritmalarda kullanılması için veri girişi yapılmıştır (Şekil 4.40). Her iki üretim panosu için de geçerli olmak üzere ısıl değer alt limit 750 Kcal/kg, ısıl değer üst limit 1300 Kcal/kg, kalite sınıf aralığı değeri ise 50 olarak belirlenmiştir. En küçük ve en büyük blok boyutu 20 m ve bir sektörün 100 m uzunluğunda olması planlandığından dolayı bir sektördeki blok sayısı değeri 5 olarak tespit edilmiştir. Bu modül içerisinde yer alan algoritmalar ile üretim panolarının alt ısıl değer aralıklarına göre değerlendirilmesi, selektif kazı ile ısıl değer dağılım değişiminin belirlenmesi, üretim panolarının sektör bazında

değerlendirilmesi ve üretim panolarının kalite-tonaj parametrelerinin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.



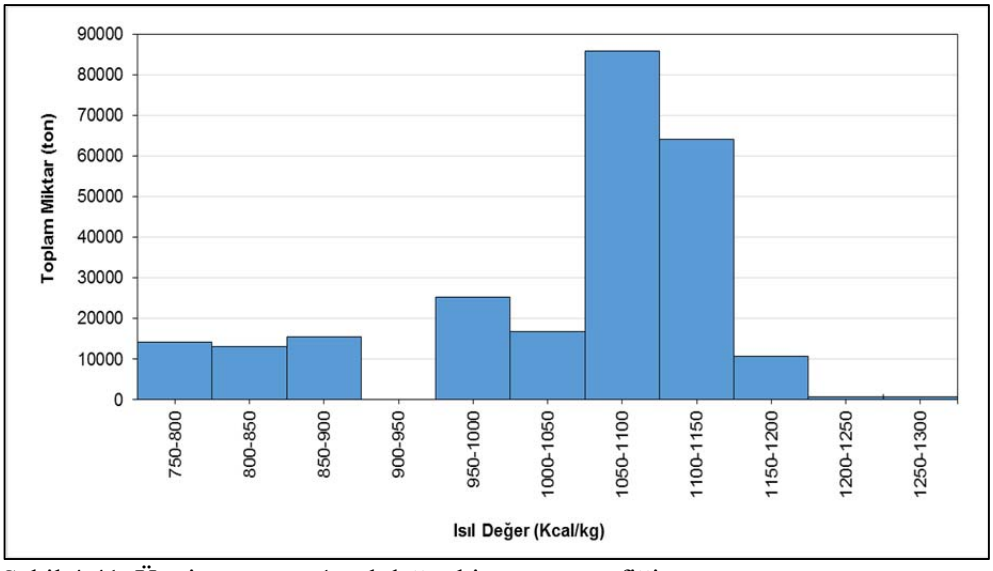
Şekil 4.40. Hacim-Kalite hesapları parametreleri

4.4.2.1. Üretim Panolarının Alt Isıl Değer Aralıklarına Göre Değerlendirilmesi

Hacim-kalite hesapları modülü içerisinde üretim panolarına ait linyit ısıl değer dağılımlarının değerlendirmesi yapılmıştır. Özet istatistik sonuçları göz önünde bulundurularak 750-1300 Kcal/kg arasında 50 Kcal/kg'lık artışlar ile her sınıf aralığına ait linyit miktarı (m^3 ve ton) ve dekapaj miktarı (m^3) hesaplanmıştır. Çizelge 4.8'de üretim panosu-1 ve Çizelge 4.9'da üretim panosu-2 için elde edilen sonuçlar verilmiştir. Ayrıca, her iki üretim panosu için elde edilen sonuçlardan faydalanılarak kömür miktarı ve ısıl değer arasındaki ilişkiyi gösteren histogram grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.41 ve Şekil 4.42).

Çizelge 4.8. Üretim panosu-1 Alt Isıl Değerlerine göre dağılımları

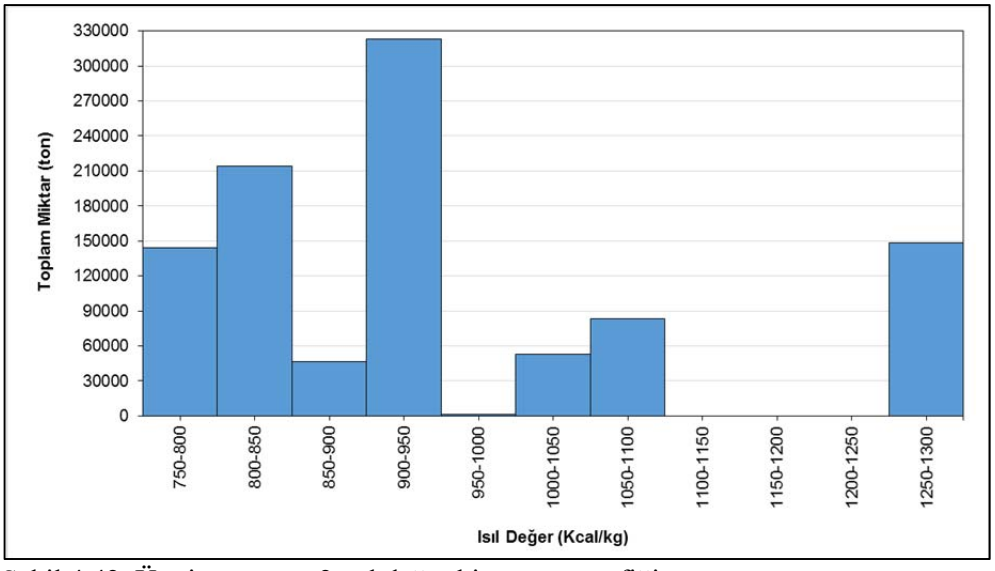
Toplam Arakesme Miktarı (m^3)	31 976,0	
Toplam Linyit Miktarı (m^3)	146 448,0	
Toplam Linyit Miktarı (ton)	247 061,5	
Isıl Değer Aralığı (Kcal/kg)	**Linyit Miktarı (m^3)**	**Linyit Miktarı (ton)**
750 - 800	8 472,0	14 292,5
800 - 850	7 784,0	13 131,8
850 - 900	9 184,0	15 493,6
900 - 950	0,0	0,0
950 - 1000	14 992,0	25 291,9
1000 - 1050	9 936,0	16 762,3
1050 - 1100	50 888,0	85 849,3
1100 - 1150	37 984,0	64 080,0
1150 - 1200	6 328,0	10 675,5
1200 - 1250	384,0	647,8
1250 - 1300	496,0	836,8
Toplam	146 448,0	247 061,5



Şekil 4.41. Üretim panosu-1 ısıl değer histogram grafiği

Çizelge 4.9. Üretim panosu-2 Alt Isıl Değerlerine göre dağılımları

Toplam Arakesme Miktarı (m^3)	238 912,0	
Toplam Linyit Miktarı (m^3)	429 352,0	
Toplam Linyit Miktarı (ton)	1 013 547,7	
Isıl Değer Aralığı (Kcal/kg)	**Linyit Miktarı (m^3)**	**Linyit Miktarı (ton)**
750 - 800	61 040,0	144 093,8
800 - 850	90 816,0	214 384,3
850 - 900	19 640,0	46 363,1
900 - 950	136 784,0	322 898,5
950 - 1000	472,0	1 114,2
1000 - 1050	22 504,0	53 124,0
1050 - 1100	35 192,0	83 075,8
1100 - 1150	0,0	0,0
1150 - 1200	0,0	0,0
1200 - 1250	0,0	0,0
1250 - 1300	62 904,0	148 494,0
Toplam	429 352,0	1 013 547,7



Şekil 4.42. Üretim panosu-2 ısıl değer histogram grafiği

Bu sonuçlara göre, üretim panosu-1 için en fazla linyit miktarının 1050-1100 Kcal/kg aralığında olduğu, 900-950 Kcal/kg aralığında ise linyit olmadığı, üretim panosu-2 için en fazla linyit miktarının 900-950 Kcal/kg aralığında olduğu, 1100-1250 Kcal/kg aralığında ise linyit olmadığı tespit edilmiştir.

4.4.2.2. Selektif Kazı ile Isıl değer Dağılım Değişiminin Değerlendirilmesi

Linyit üretimi sırasında selektif kazı yapılmasının önemini ortaya koymak amacı ile hazırlanan algoritma her iki üretim panosuna da uygulanmıştır. Burada selektif kazı ve doğrudan kazı yapıldığında ısıl değer dağılımları elde edilmiş ve bu sonuçlar veri seti dosyasına aktarılmıştır. Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11'de üretim panolarına ait sonuçlardan rastgele seçilen bir kısım verilmiştir.

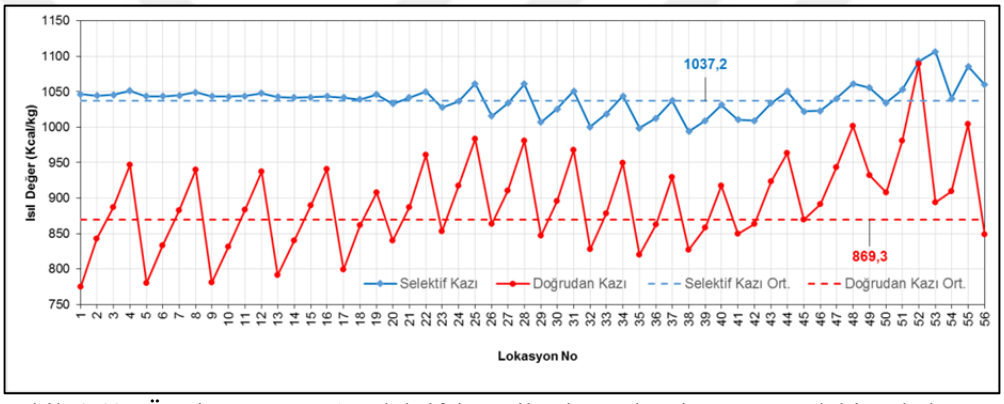
Çizelge 4.10. Üretim panosu-1 selektif kazı ile ısıl değer dağılım değişimi

Lokasyon No	Doğu (Y)	Kuzey (X)	Isıl Değer (Kcal/kg)	
			Selektif Kazı	Doğrudan Kazı
1	332427	4245341	1046,7	775,0
2	332467	4245361	1042,9	831,7
3	332507	4245381	1046,0	908,2
4	332587	4245341	1007,1	846,8
5	332647	4245361	1009,2	858,4

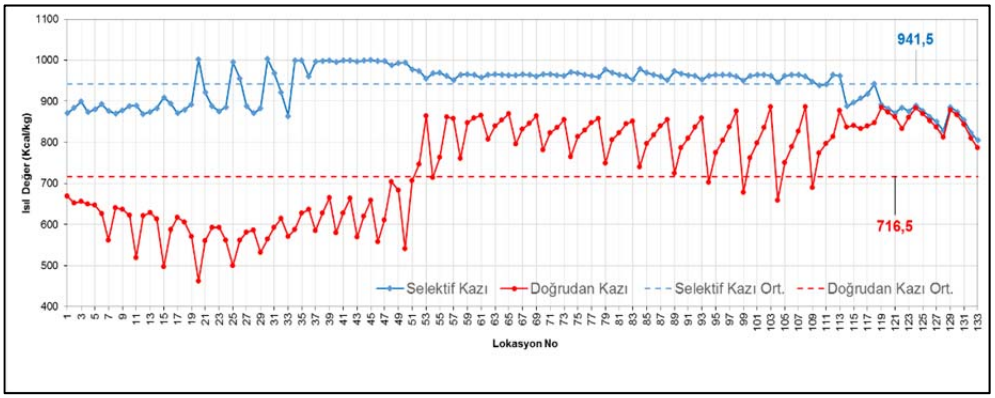
Çizelge 4.11. Üretim panosu-2 selektif kazı ile ısıl değer dağılım değişimi

Lokasyon No	Doğu (Y)	Kuzey (X)	Isıl Değer (Kcal/kg)	
			Selektif Kazı	Doğrudan Kazı
1	332336	4245185	871,3	668,7
2	332396	4245165	890,1	519,4
3	332436	4245185	921,4	560,9
4	332476	4245185	968,8	593,2
5	332536	4245205	1000,1	664,3

Ayrıca, selektif kazı ile doğrudan kazı arasındaki ısıl değer dağılım değişimi arasındaki fark Şekil 4.43 ve Şekil 4.44'de grafiksel olarak ifade edilmiştir. Üretim panosu-1'in selektif kazı ile ortalama ısıl değeri 1037,2 Kcal/kg iken doğrudan kazı yapıldığında bu değer 869,3 Kcal/kg değerine düşmektedir. Aynı şekilde üretim panosusu-2 için selektif kazı yapıldığında hesaplanan ortalama ısıl değer 941,5 Kcal/kg iken doğrudan kazı yapıldığında bu değer 716,5 Kcal/kg değerine düşmektedir. Grafiklerden, selektif kazı yapıldığında ısıl değere ait standart sapma değerinin daha düşük olduğu anlaşılmaktadır.



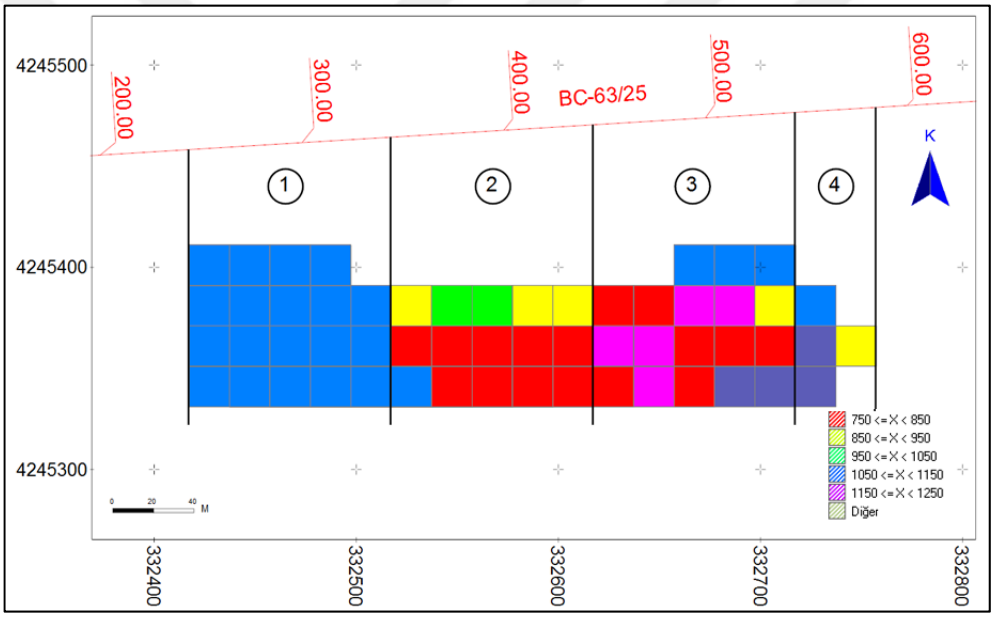
Şekil 4.43. Üretim panosu-1 selektif kazı ile doğrudan kazı arasındaki ısıl değer dağılım değişimi grafiği



Şekil 4.44. Üretim panosu-2 selektif kazı ile doğrudan kazı arasındaki ısıl değer dağılım değişimi grafiği

4.4.2.3. Üretim Panolarının Sektör Bazında Değerlendirilmesi

Geliştirilen bir diğer algoritma ile her iki üretim panosunun eşit aralıklarda sektörlere bölünerek değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, bir sektördeki blok sayısı 5 olarak belirlenmiş ve üretim panoları genişlik değeri 100 m olan sektörlere bölünmüştür. Üretim panosu-1 için toplam 4 adet, üretim panosu-2 için ise toplam 7 adet üretim sektörü oluşturulmuştur. Üretim panosu-1'e ait tematize edilmiş bloklar (üst görünüm), bant konveyörün konumu ve sektör sınırları Şekil 4.45'de görülmektedir.

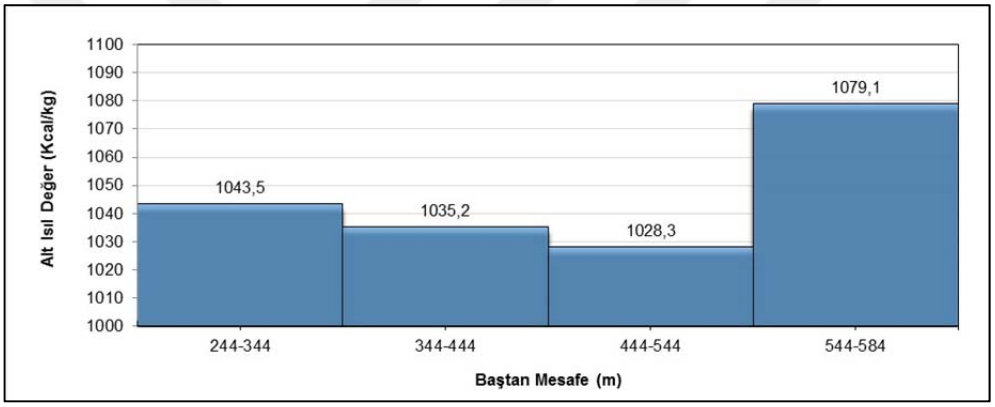


Şekil 4.45. Üretim panosu-1 blokları ve sektörlerin bant ile beraber görünümü

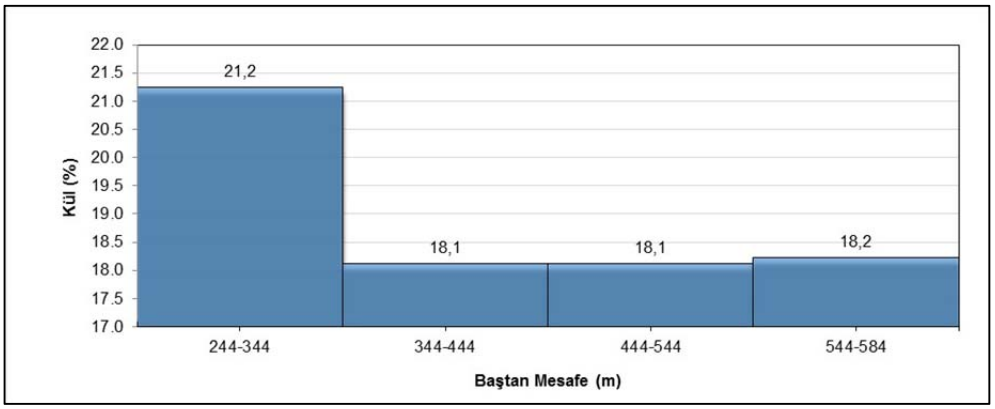
Ayrıca, sektörlere ait ara kesme - linyit miktarları ve ortalama öznitelik değerleri veri seti dosyasına aktarılmıştır. Üretim panosu-1 için elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12'de verilmiştir. Bu çizelgede ki veriler kullanılarak sektörlere göre ısıl değer, kül ve nem değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler çizdirilmiştir (Şekil 4.46-48).

Çizelge 4.12. Üretim panosu-1 sektörlere göre değerlendirme sonuçları

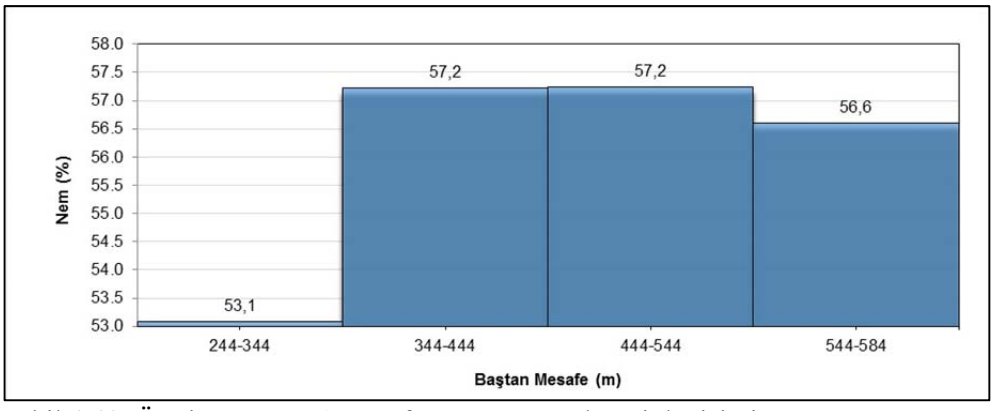
Sektör No (Baştan mesafe (m))	Arakesme Miktarı (m^3)	Linyit Miktarı (m^3)	Linyit Miktarı (ton)	Ort. Isıl Değer (Kcal/kg)	Ort. Kül (%)	Ort. Nem (%)
1. sektör (332417-332517)	13 824,0	60 664,0	102 341,7	1043,5	21,2	53,1
2. sektör (332517-332617)	9 440,0	46 040,0	77 670,6	1035,2	18,1	57,2
3. sektör (332617-332717)	8 216,0	38 592,0	65 105,7	1028,3	18,1	57,2
4. sektör (332717-332757)	496,0	1 152,0	1 943,5	1079,1	18,2	56,6
Toplam	31 976,6	146 448,0	247 061,5			



Şekil 4.46. Üretim panosu-1 mesafeye göre ısıl değer değişimi



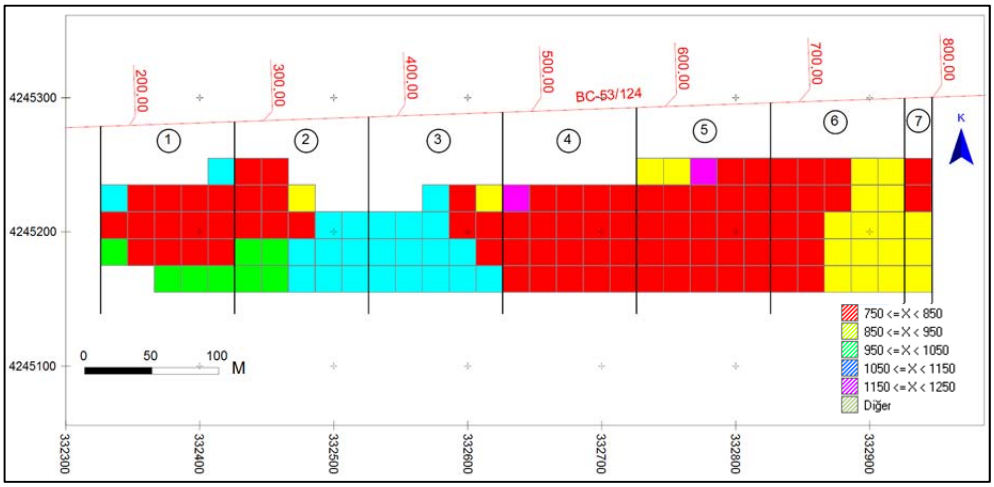
Şekil 4.47. Üretim panosu-1 mesafeye göre kül değeri değişimi



Şekil 4.48. Üretim panosu-1 mesafeye göre nem değeri değişimi

Üretim panosu-1 sektör bazında değerlendirildiğinde en yüksek ısıl değerin 1079,1 Kcal/kg ile 4 no'lu sektörde olduğu, bunun yanında en az linyit miktarının 1 943,5 ton ile yine bu sektörde olduğu tespit edilmiştir. En yüksek linyit miktarı ise 102 341,7 ton ve ortalama 1043,5 Kcal/kg ısıl değer ile 1 no'lu sektördedir.

Üretim panosu-2'ye ait tematize edilmiş bloklar (üst görünüm), bant konveyörün konumu ve sektör sınırları Şekil 4.49'da görülmektedir. Üretim panosu-2 için elde edilen sonuçlar Çizelge 4.13'de verilmiştir.

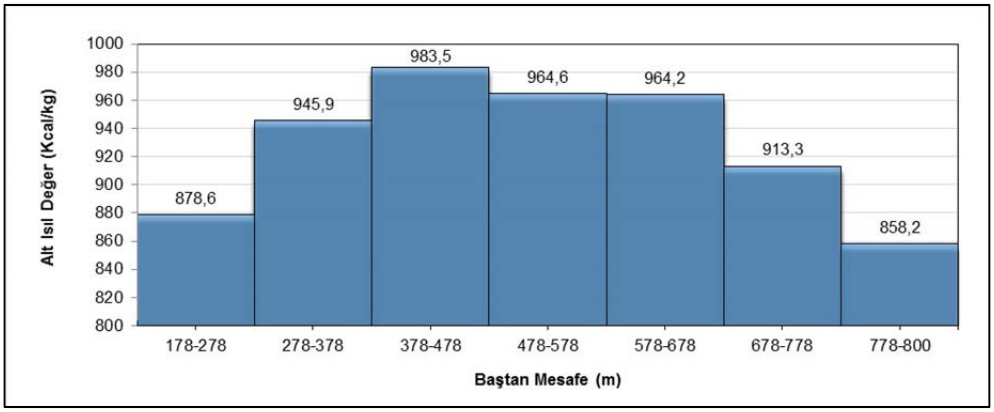


Şekil 4.49. Üretim panosu-2 blokları ve sektörlerin bant ile beraber görünümü

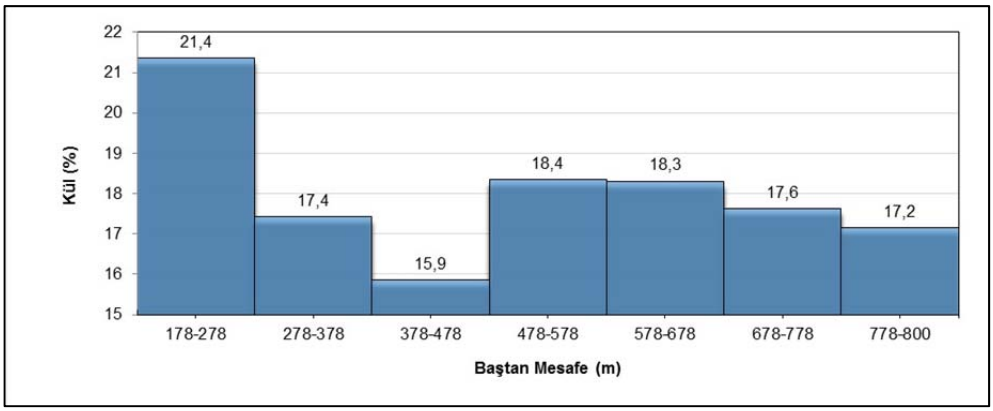
Çizelge 4.13. Üretim panosu-2 sektörlere göre değerlendirme sonuçları

Sektör No (Baştan mesafe (m))	Arakesme Miktarı (m^3)	Linyit Miktarı (m^3)	Linyit Miktarı (ton)	Ort. Isıl Değer (Kcal/kg)	Ort. Kül (%)	Ort. Nem (%)
1. sektör (332326-332426)	31 120,0	43 224,0	102 036,5	878,6	21,4	51,2
2. sektör (332426-332526)	58 984,0	51 656,0	121 941,5	945,9	17,4	56,3
3. sektör (332526-332626)	47 480,0	46 696,0	110 232,7	983,5	15,9	58,6
4. sektör (332626-332726)	34 656,0	80 592,0	190 249,1	964,6	18,4	54,3
5. sektör (332726-332826)	42 040,0	94 824,0	223 845,8	964,2	18,3	54,4
6. sektör (332826-332926)	24 240,0	106 888,0	252 324,6	913,3	17,6	56,4
7. sektör (332926-332946)	392,0	5 472,0	12 917,5	858,2	17,2	57,9
Toplam	238 912,0	429 352,0	1 013 547,7			

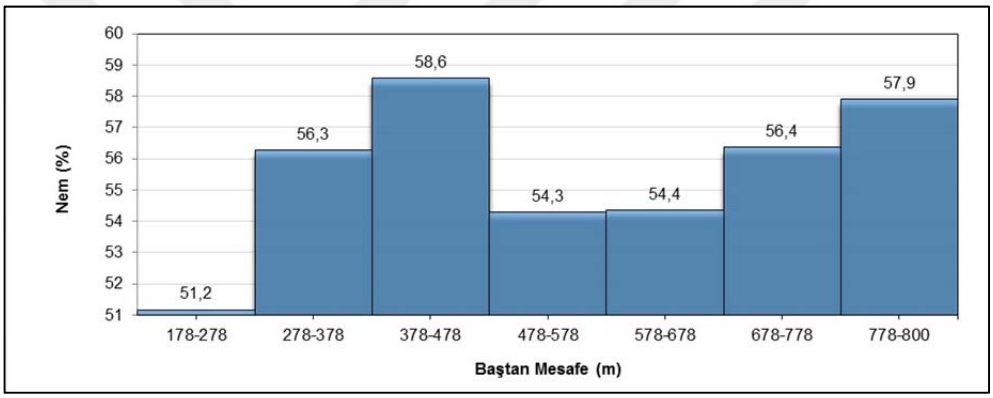
Üretim panosu-2 sektörleri değerlendirildiğinde en yüksek ısıl değerin 983,5 Kcal/kg ile 3 no'lu sektörde olduğu tespit edilmiştir. En fazla linyit miktarı 252 324,6 ton ile 6 no'lu sektörde, en az linyit miktarı ise 12 917,5 ton ile 7 no'lu sektörde görülmüştür. Şekil 4.50-52'de sektörlere göre ısıl değer, kül ve nem değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler verilmiştir.



Şekil 4.50. Üretim panosu-2 mesafeye göre ısıl değer değişimi



Şekil 4.51. Üretim panosu-2 mesafeye göre kül değeri değişimi



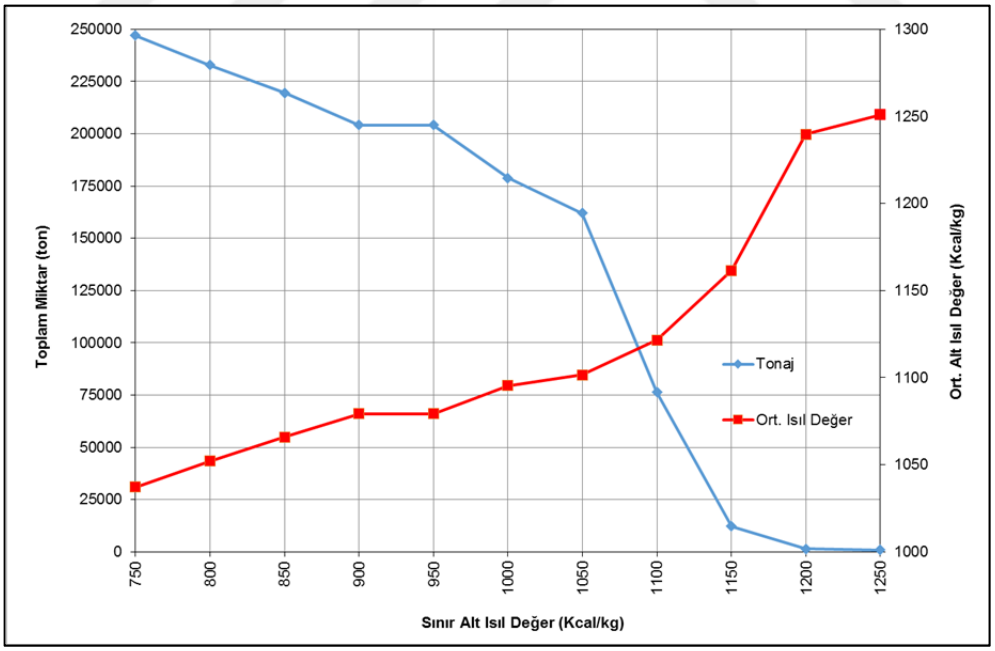
Şekil 4.52. Üretim panosu-2 mesafeye göre nem değeri değişimi

4.4.2.4. Üretim Panolarının Kalite-Tonaj Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Üretim panolarının kalite-tonaj değerleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla geliştirilen algoritma uygulanmıştır. Burada herhangi bir ısıl değer üzerindeki linyit miktarı ve bu linyite ait kalite parametrelerinin değerleri hesaplanmaktadır. Üretim panolarına ait sonuçlar sırasıyla Çizelge 4.14-15'de verilmiştir. Bu çizelgelerden yola çıkılarak ısıl değer-tonaj grafikleri elde edilmiştir (Şekil 4.53-54). Buradan elde edilen sonuçlar ile istenilen ısıl değere sahip linyit üretimi yapılabilmesi için hangi ısıl değer limitlerinde çalışılması gerektiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.14. Üretim panosu-1 kalite-tonaj hesapları

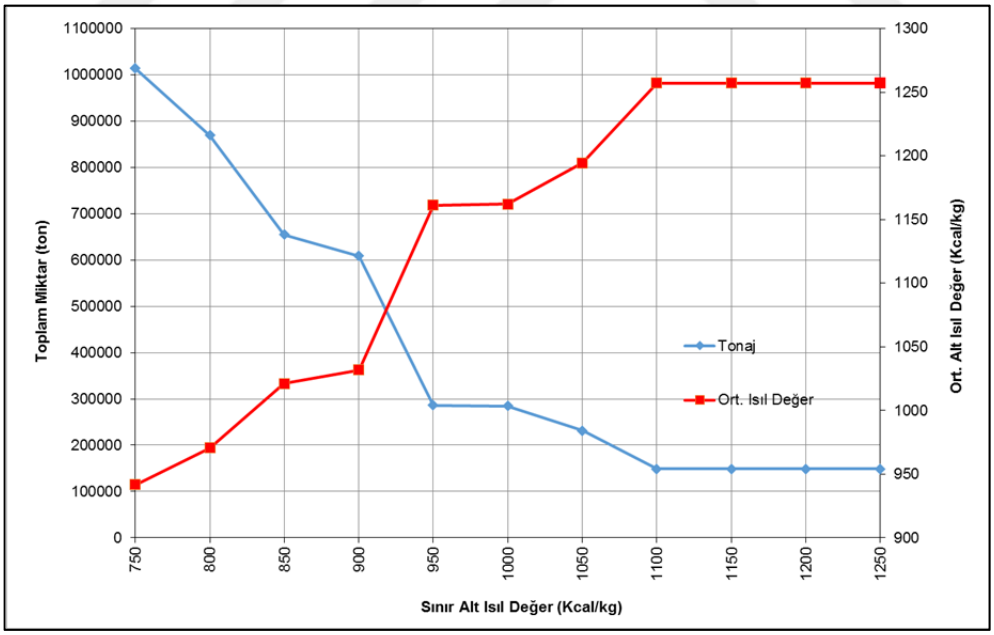
Isıl Değer >= (kcal/kg)	Linyit Miktarı (m^3)	Linyit Miktarı (ton)	Ort. Isıl Değer (kcal/kg)	Ort. Kül (%)	Ort. Nem (%)
750	146 448,0	247 061,5	1037,2	19,4	55,5
800	137 976,0	232 769,0	1052,0	19,4	55,3
850	130 192,0	219 637,2	1066,0	19,2	55,5
900	121 008,0	204 143,5	1079,2	19,0	55,4
950	121 008,0	204 143,5	1079,2	19,0	55,4
1000	106 016,0	178 851,7	1095,4	18,7	55,5
1050	96 080,0	162 089,4	1101,5	18,8	55,3
1100	45 192,0	76 240,0	1121,5	16,7	57,0
1150	7 208,0	12 160,1	1161,4	15,5	56,4
1200	880,0	1 484,6	1239,8	19,2	48,0
1250	496,0	836,8	1251,0	20,6	42,5



Şekil 4.53. Üretim panosu-1 ısıl değer-tonaj grafiği

Çizelge 4.15. Üretim panosu-2 kalite-tonaj hesapları

Isıl Değer >= (kcal/kg)	Linyit Miktarı (m^3)	Linyit Miktarı (ton)	Ort. Isıl Değer (kcal/kg)	Ort. Kül (%)	Ort. Nem (%)
750	429 352,0	1 013 547,7	941,5	18,1	55,3
800	368 312,0	869 453,9	970,5	17,9	55,3
850	277 496,0	655 069,6	1021,2	17,5	55,3
900	257 856,0	608 706,5	1031,8	17,3	55,3
950	121 072,0	285 808,0	1161,3	16,3	54,7
1000	120 600,0	284 693,8	1162,1	16,3	54,8
1050	98 096,0	231 569,8	1194,4	15,4	54,4
1100	62 904,0	148 494,0	1257,2	17,0	51,8
1150	62 904,0	148 494,0	1257,2	17,0	51,8
1200	62 904,0	148 494,0	1257,2	17,0	51,8
1250	62 904,0	148 494,0	1257,2	17,0	51,8

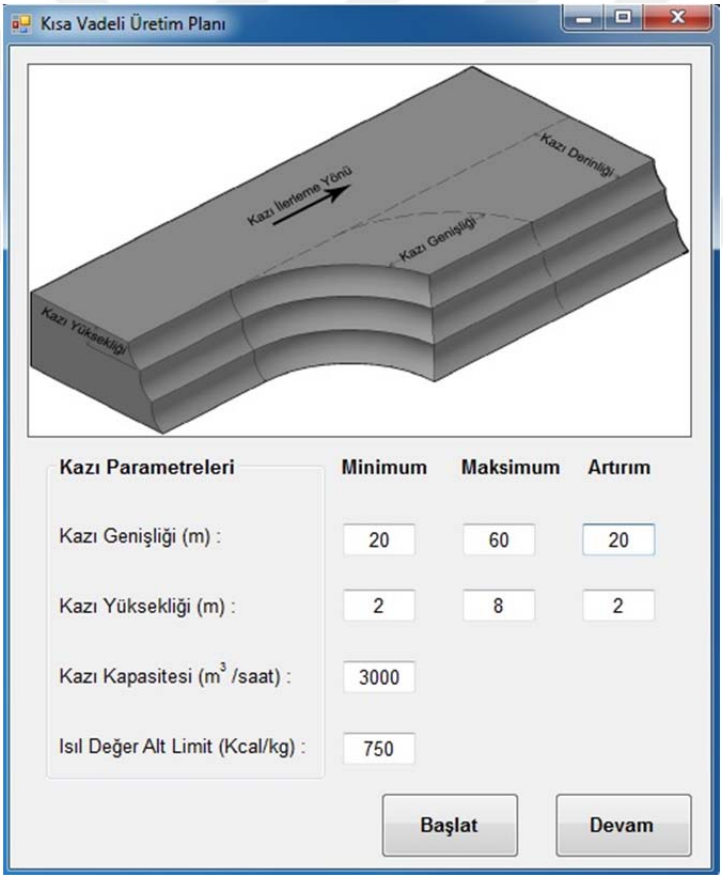


Şekil 4.54. Üretim panosu-2 ısıl değer-tonaj grafiği

Alt ısıl değer limiti 750 Kcal/kg seçilerek ısıl değer-tonaj hesaplama sonuçları değerlendirildiğinde; üretim panosu-1 için toplam 247 061,5 ton linyit üretileceği ve bu linyitin ortalama ısıl değerinin 1037,2 Kcal/kg olacağı, üretim panosu-2 için toplam 1 013 547,7 ton linyit üretileceği ve bu linyitin ortalama ısıl değerinin 941,5 Kcal/kg olacağı tespit edilmiştir.

4.4.3. Kısa Vadeli Üretim Planlarının Değerlendirilmesi

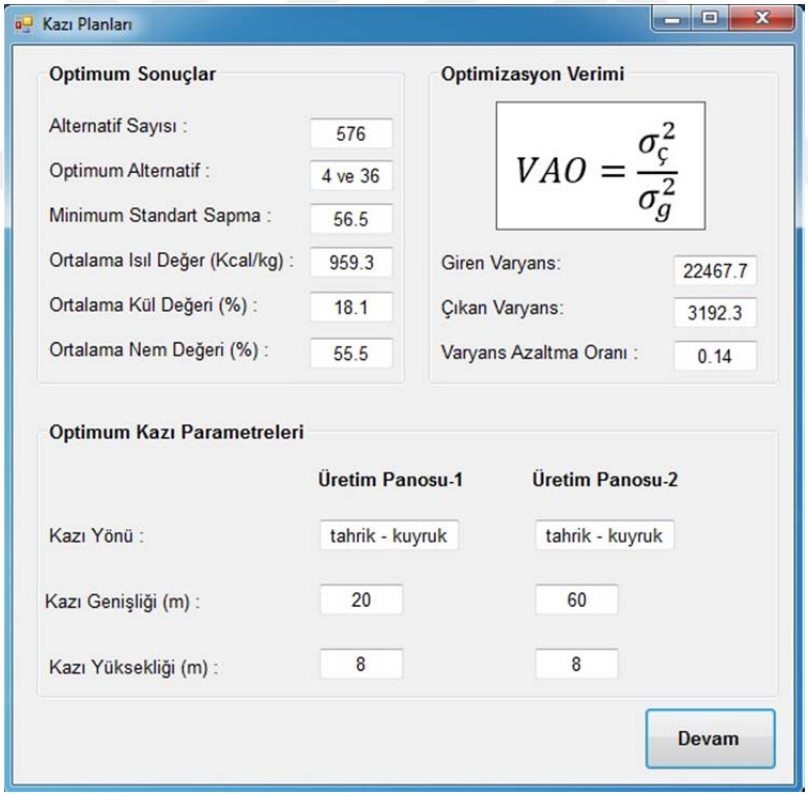
Geliştirilen bilgisayar yazılımının üçüncü modülü olan kısa vadeli üretim planları da üretim panoları üzerinde uygulanmıştır.



Şekil 4.55. Kısa vadeli üretim planı kazı parametreleri veri giriş ekranı

Şekil 4.55'de kısa vadeli üretim planı ekranı ve veri girişi için belirlenen kazı parametreleri değerleri görülmektedir. Kazı parametrelerinden; kazı genişliği, kazı yüksekliği ve kazı kapasitesi değerleri döner kepçeli ekskavatörün teknik özellikleri ve üretim panolarının boyutları (yükseklik, genişlik) dikkate alınarak, artırım miktarı ise üretim panolarına ait blok modellerin boyutları göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Isıl değer alt limit ise Bölüm 4.2.1'de belirtildiği gibi 750 Kcal/kg alınmıştır.

Kısa vadeli üretim planları hesaplamaları tamamlandıktan sonra elde edilen sonuçlar yeni bir form üzerinde optimum sonuçlar, optimum kazı parametreleri ve optimizasyon verimi olmak üzere üç farklı grupta ekrana yansıtılmaktadır. Üretim panoları değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlar Şekil 4.56'da görülmektedir.



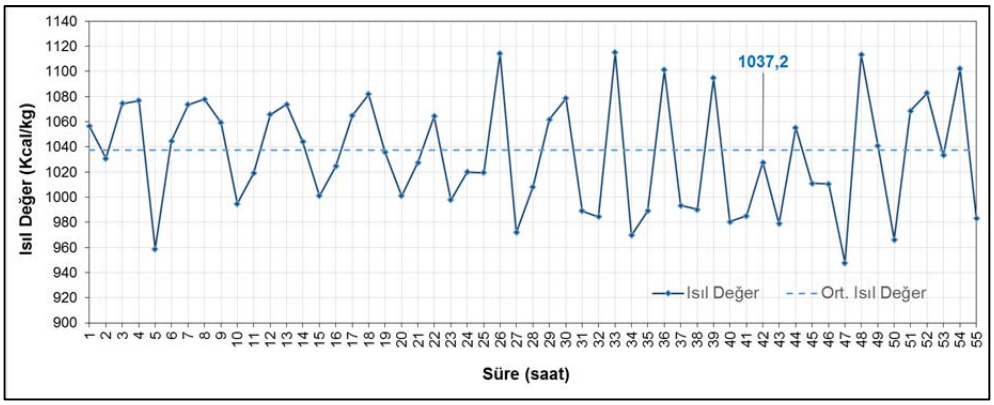
Şekil 4.56. Kısa vadeli üretim planı sonuç ekranı

Optimum sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde toplam 576 adet alternatif oluşturulduğu ve bu alternatifler değerlendirildiğinde ısıl değer parametresine göre standart sapma değerini minimum yapan alternatifin 4 ve 36 alternatifi (üretim panosu-1 için 4, üretim panosu-2 için 36) olduğu tespit edilmiştir. Bu alternatiflere ait kazı parametrelerine göre linyit üretimi yapıldığında standart sapma değeri 56,5, ortalama ısıl değeri 959,3 Kcal/kg, ortalama kül değeri % 18,1 ve ortalama nem değeri % 55,5 olarak belirlenmiştir.

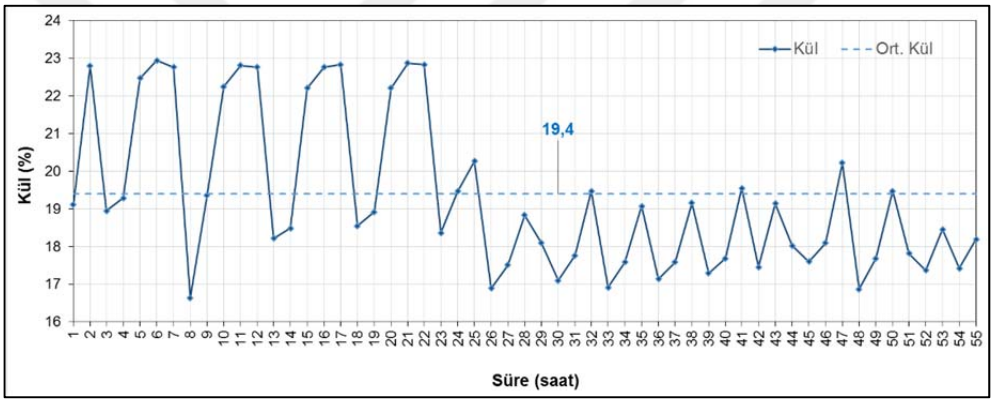
Optimum kazı parametrelerine bakıldığında kazı yönü her iki üretim panosu için "tahrik – kuyruk", kazı genişliği; üretim panosu-1 için 20 m, üretim panosu-2 için 60 m ve kazı yüksekliği her iki üretim panosu için 8 m olarak tespit edilmiştir.

Optimizasyon verimi kısmında ise giren varyans değeri 22467,7, çıkan varyans değeri 3192,3 olarak hesaplanmıştır. Buradan elde edilen varyans azaltma oranı 0,14 olarak tespit edilmiş ve 0'a yakın bir değer elde edildiğinden dolayı optimizasyon veriminin yüksek olduğu anlaşılmıştır. Başka bir ifade ile üretim panolarında belirlenen alternatifler doğrultusunda kazı yapılması durumunda ısıl değere ait varyans değerinin yaklaşık 7 kat düşeceği tespit edilmiştir.

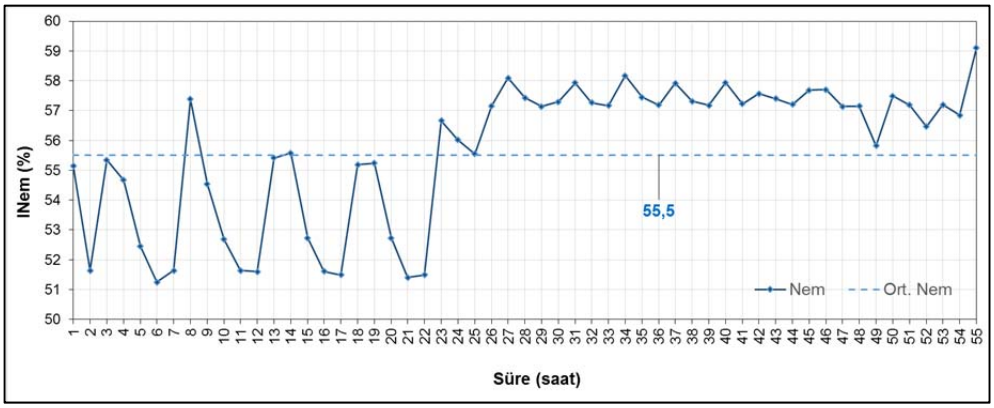
Form üzerine yazılması mümkün olmayan çıktılar ise veri seti dosyasına aktarılmıştır. Bu çıktılardan birisi her iki üretim panosuna ait kazı sırasında elde edilecek olan saatlik öznitelik değerleridir. Bu çıktı verileri kullanılarak saatlik öznitelik değişim grafikleri çizdirilmiş ve üretim panosu-1 için Şekil 4.57 - 59'da, üretim panosu-2 için Şekil 4.60 - 62'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde üretim panosu-1'de arakesme kazısı görülmemektedir. Bu nedenle ortalama ısıl değeri daha yüksektir. Ancak, üretim panosu-2'de grafik üzerinde gösterilen saatlerde (33, 37 40, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 69, 70, 71, 72, 86, 87, 107, 108, 109, 130, 131, 132, 133, 155, 156, 157, 158, 159) arakesme kazısı yapılmaktadır. Bu durum üretim panosunun ortalama ısıl değerini düşürmektedir.



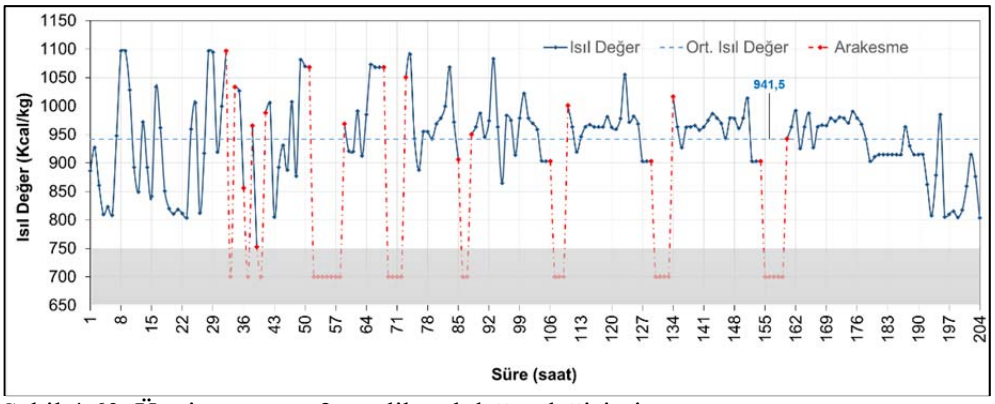
Şekil 4.57. Üretim panosu-1 saatlik ısıl değer değişimi



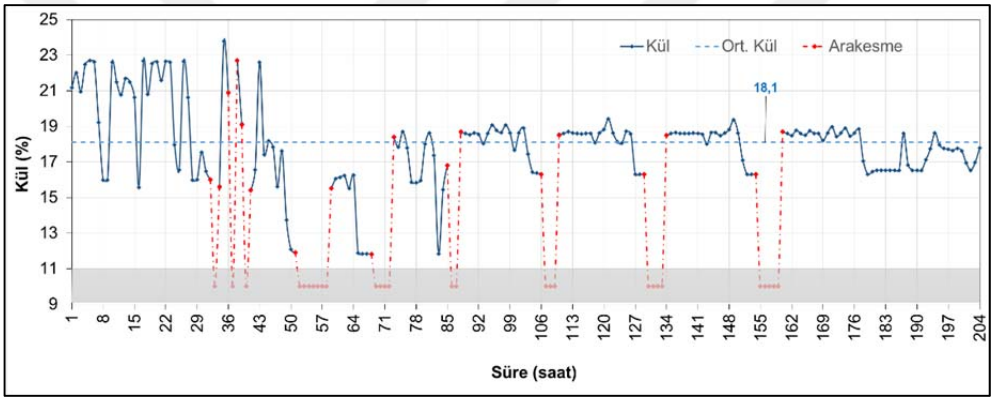
Şekil 4.58. Üretim panosu-1 saatlik kül değeri değişimi



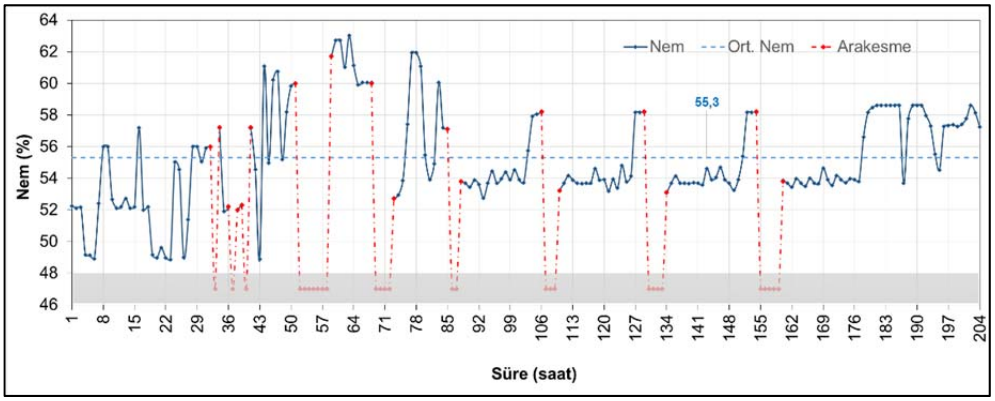
Şekil 4.59. Üretim panosu-1 saatlik nem değeri değişimi



Şekil 4.60. Üretim panosu-2 saatlik ısıl değer değişimi



Şekil 4.61. Üretim panosu-2 saatlik kül değeri değişimi



Şekil 4.62. Üretim panosu-2 saatlik nem değeri değişimi

Form üzerinde yer almayan bir diğer çıktı, üretim sırasında saatlik kazı yapılan blok numaralarıdır. Üretim panolarına ait blokların hangi saatte kazı işlemlerinin yapıldığı tespit edilerek veri seti dosyasına aktarılmıştır. Bu çıktı verileri, üretim panosu-1 için 55 saat, üretim panosu-2 için 204 saat olduğu için sadece ilk 10 saatlik veriler sırasıyla Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. Üretim panosu-1 saatlik kazı yapılacak bloklar

Saat	Blok No
1	1, 2, 3, 12, 13, 14, 23, 24, 25, 8, 9, 10, 11, 19
2	20, 21, 22, 30, 4, 5, 6, 7, 15, 16, 17
3	18, 26, 27, 28, 29, 36, 37, 38, 39, 48, 49
4	50, 51, 60, 61, 62, 32, 33, 34, 35, 44, 45
5	46, 47, 56, 57, 58
6	59, 67, 31, 40, 41, 42, 43, 52
7	53, 54, 55, 63, 64, 65
8	66, 75, 76, 77, 78, 87, 88
9	89, 90, 99, 100, 101, 102, 71, 72, 73, 74, 83
10	84, 85, 86, 95

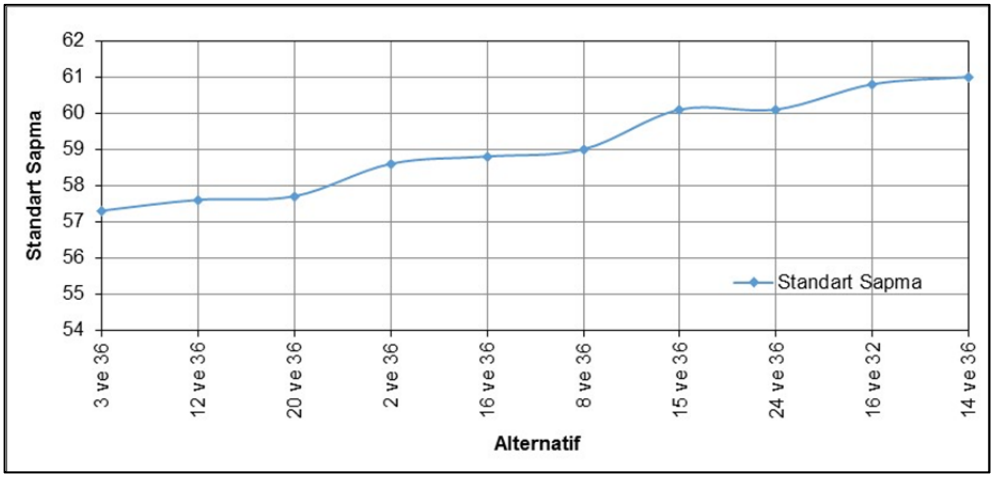
Çizelge 4.17. Üretim panosu-2 saatlik kazı yapılacak bloklar

Saat	Blok No
1	5, 17, 30, 42, 53, 65, 77, 1, 2, 3, 4, 13, 14, 15, 16, 26, 27, 28, 29
2	38, 39, 40, 41, 49, 50, 51, 52, 61, 62
3	63, 64, 73, 74, 75
4	76, 85, 86, 87, 88, 9, 10, 11, 12, 22, 23, 24, 25, 34, 35
5	36, 37, 46, 47, 48, 57, 58, 59, 60
6	69, 70, 71, 72
7	81, 82, 83, 84, 6, 7, 8, 18, 19, 20, 21, 31, 32, 33
8	43, 44, 45, 54, 55, 56, 66, 67, 68
9	78, 79, 80, 95, 107, 119, 131, 141, 153, 165
10	177 193, 205, 217, 229, 91, 92, 93, 94, 103

Üretilen linyitin ısıl değerine ait minimum standart sapmayı veren alternatifin yanı sıra diğer alternatiflerin de standart sapma değerleri veri seti dosyasına yazdırılmıştır. Optimum alternatifin uygulanamayacağı ihtimali düşünülerek en iyi 10 alternatif belirlenmiş ve bu alternatiflere ait bilgiler Çizelge 4.18'de verilmiştir. Bu verilerden elde edilen standart sapma değişim grafiği Şekil 4.63'de görülmektedir.

Çizelge 4.18. Optimum alternatif hariç en iyi on alternatife ait değerler

Alternatif	Standart Sapma	Isıl Değer (Kcal/kg)	Kül (%)	Nem (%)
3 ve 36	57,3	957,7	18,1	55,5
12 ve 36	57,6	958,7	18,1	55,5
20 ve 36	57,7	958,9	18,0	55,6
2 ve 36	58,6	958,2	18,1	55,5
16 ve 36	58,8	959,1	18,0	55,6
8 ve 36	59,0	959,0	18,1	55,5
15 ve 36	60,1	957,5	18,0	55,5
24 ve 36	60,1	959,0	18,0	55,6
16 ve 32	60,8	960,2	18,0	55,6
14 ve 36	61,0	957,6	18,0	55,6



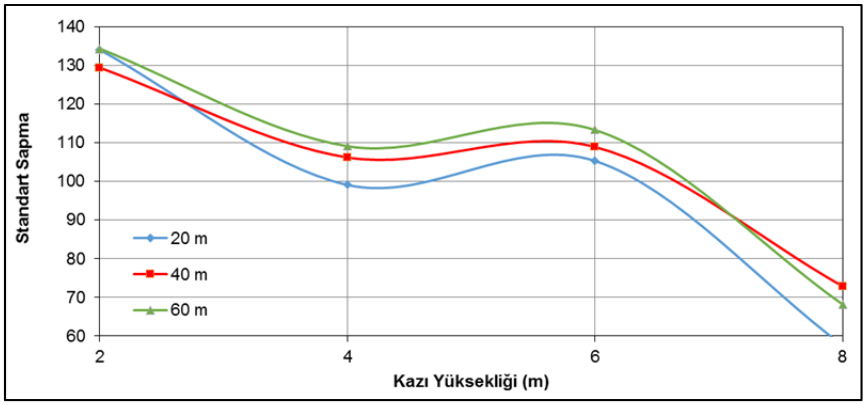
Şekil 4.63. Optimum alternatif hariç en iyi on alternatif

Aynı zamanda geliştirilen bilgisayar yazılımı kullanılmadan uygulanabilecek herhangi bir alternatifin en kötü alternatif olması durumu da değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, eğer 21 ve 33 alternatifine göre kazı yapılırsa linyit ısıl değerine ait standart sapma değerinin 136,8 ile en yüksek değerde olacağı tespit edilmiştir (En iyi alternatifin standart sapma değeri 56,5 olarak hesaplanmıştır). Bu alternatif ile ilgili ayrıntılı bilgiler Çizelge 4.19' da verilmiştir.

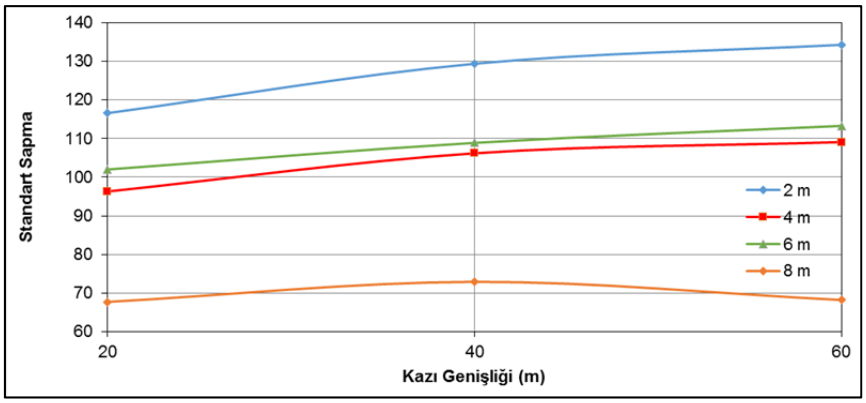
Çizelge 4.19. En kötü alternatife ait değerler

Alternatif	Standart Sapma	Isıl Değer (Kcal/kg)	Kül (%)	Nem (%)
21 ve 33	136,8	950,5	18,1	55,4

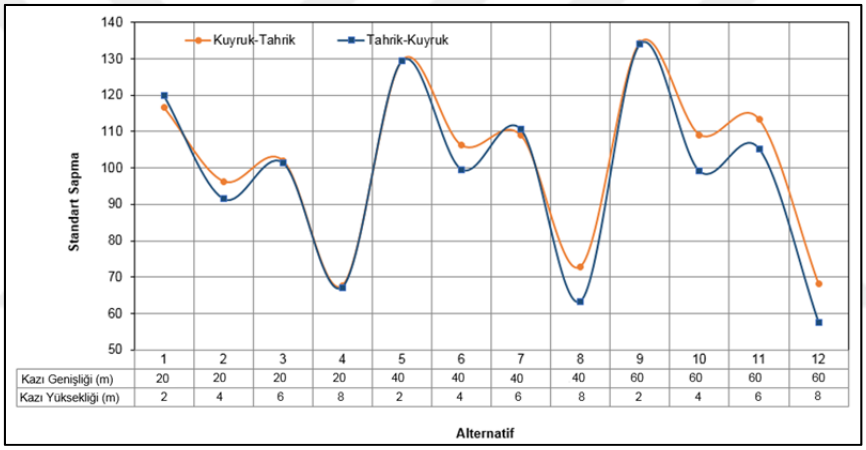
Optimum alternatif tespit edilirken değerlendirilen tüm alternatiflerin ayrıntılı bilgileri bir dosyaya aktarılmıştır. Bu veriler kullanılarak optimum alternatifin tespit edilmesinde değişken olarak belirlenen kazı parametrelerinin (kazı yüksekliği, kazı genişliği, kazı yönü) standart sapma üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla sırasıyla bir parametre değiştirilip diğer parametreler sabit tutularak değiştirilen parametrenin standart sapma üzerindeki etkisi tespit edilmiştir. Standart sapmanın; sırasıyla kazı yüksekliği, kazı genişliği ve kazı yönü ile ilişkileri Şekil 4.64-4.66'da görülmektedir.



Şekil 4.64. Kazı yüksekliği ile standart sapma arasındaki ilişki



Şekil 4.65. Kazı genişliği ile standart sapma arasındaki ilişki



Şekil 4.66. Kazı yönü ile standart sapma arasındaki ilişki

Grafiklerden elde edilen sonuçlara göre; standart sapma değeri üzerinde en çok etkisi olan parametrenin kazı yüksekliği olduğu tespit edilmiştir. Standart sapma değerinin, farklı kazı genişliği değerlerinde (20 m, 40 m, 60 m) benzer dağılım gösterdiği ancak, kazı yüksekliği arttıkça azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.64). Kazı genişliği parametresi incelendiğinde aynı şekilde standart sapma değerinin farklı kazı yüksekliği değerlerinde (2 m, 4 m, 6 m, 8 m) benzer dağılım gösterdiği ancak kazı yüksekliği arttıkça azaldığı görülmektedir (Şekil 4.65). Kazı yönü parametresi değerlendirildiğinde ise, standart sapma değerinde dikkat

edilecek seviyede bir değişim olmadığı ve her iki kazı yönünde benzer bir dağılım elde edildiği tespit edilmiştir (Şekil 4.66).

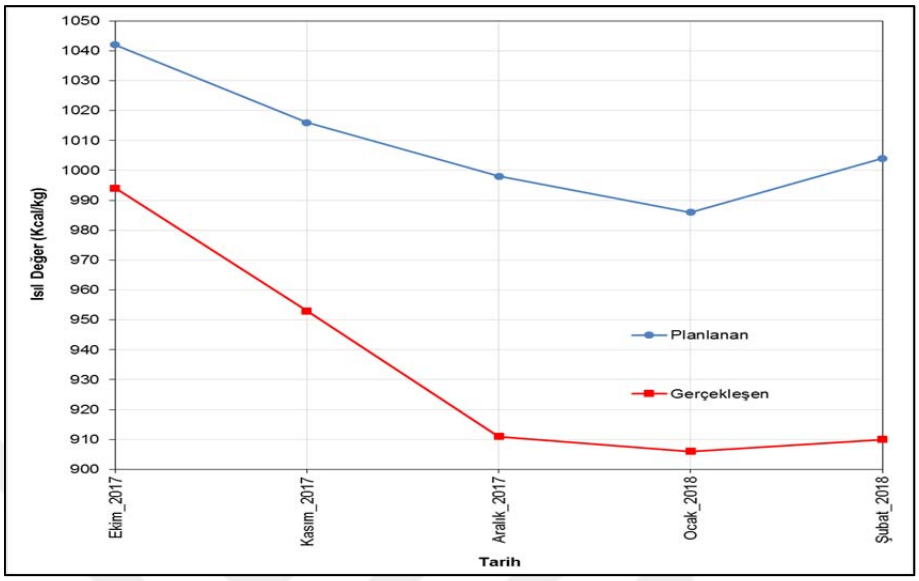
4.5. Üretim Planlarının Sahadan Alınan Sonuçlar ile Karşılaştırılması

Geliştirilen bilgisayar yazılımının kullanılabilirliğinin ve üretilen sonuçların geçerliliğinin tespit edilmesi için 5 aylık bir dönem (Ekim_2017 – Şubat_2018) boyunca çalışma sahasında gerçekleşen linyit üretime ait ısıl değer verileri takip edilmiştir. Bu dönem süresince kazı yapılacak üretim panoları belirlenmiş olup geliştirilen bilgisayar yazılımının özet istatistik hesapları ve hacim-kalite hesapları modülleri kullanılarak üretim planları hazırlanmıştır. Planlanan ısıl değer ile gerçekleşen ısıl değer verileri ve bu iki değer arasındaki fark Çizelge 4.20'de verilmiştir.

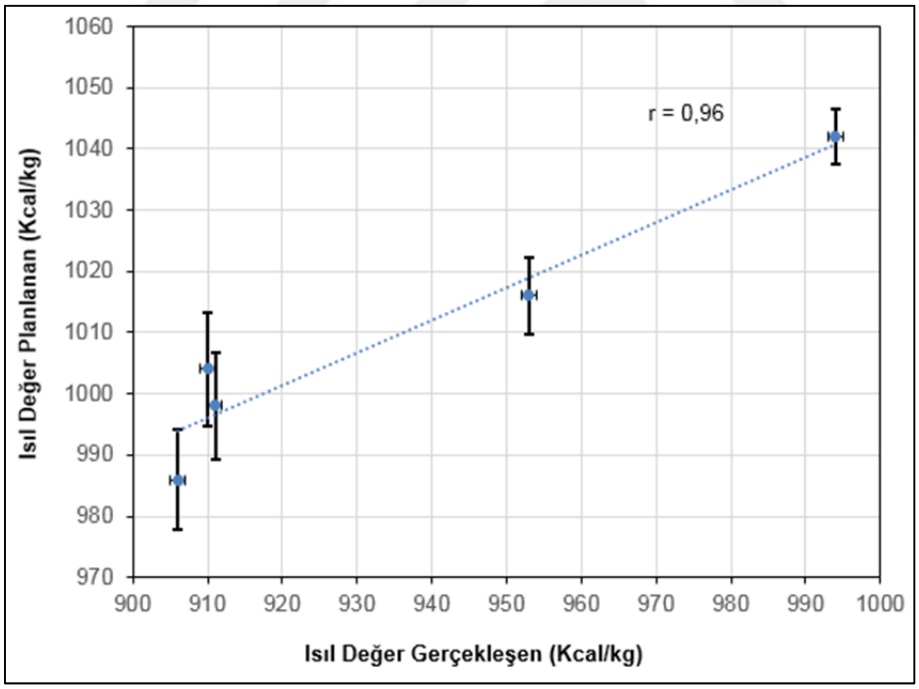
Çizelge 4.20. Planlanan ısıl değer, gerçekleşen ısıl değer ve fark değerleri

Tarih	Isıl değer (Kcal/kg)		Fark (Kcal/kg)	Fark (%)
	Planlanan	Gerçekleşen		
Ekim_2017	1042	994	48	4,6
Kasım_2017	1016	953	63	6,2
Aralık_2017	998	911	87	8,7
Ocak_2018	986	906	80	8,1
Şubat_2018	1004	910	94	9,4

Bu verilerden faydalanılarak belirtilen dönem içerisinde planlanan ve gerçekleşen ısıl değer değişimleri Şekil 4.67'de gösterilmiştir. Ayrıca, Şekil 4.68'de planlanan ve gerçekleşen ısıl değer arasındaki ilişki hata çubukları (%) ile beraber görülmektedir.



Şekil 4.67. Planlanan ısıl değer ile gerçekleşen ısıl değer grafiği



Şekil 4.68. Planlanan ısıl değer ile analiz sonucu ısıl değer grafiği

Bu çizelge ve grafikler incelendiğinde fark değerinin Şubat_2018 döneminde maksimum 9,4 (%) olduğu diğer aylarda ise 9 (%)'un altında kaldığı görülmüş ve ortalama fark değeri (%) 7,4 olarak hesaplanmıştır. Isıl değer bazında ise ortalama 74,4 Kcal/kg fark değeri hesaplanmış ve bu farkların standart sapma değerinin 18,7 olduğu tespit edilmiştir. Planlanan ısıl değer ile gerçekleşen ısıl değer arasındaki korelasyon katsayısı ise 0,96 olarak hesaplanmıştır ve bu değer sonuçların kabul edilebilir olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Doktora çalışmaları kapsamında geliştirilen bilgisayar yazılımının uygulanabilirliği Kışlaköy linyit sahası üzerinde test edilmiş ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi aşağıda özetlenmiştir;

1. Sondaj verileri kullanılarak linyit damarının üç boyutlu taban ve tavan yüzeylerinin yanı sıra katı modeli elde edilmiştir. Linyit damarının, tabanda 5 992 484,156 m^2, tavanda ise 6 018 558,227 m^2'lik bir alanı kapladığı ve ara kesmeler dâhil toplam 299 574 358,897 m^3 hacim değerine sahip olduğu belirlenmiştir.
2. Katı modeli elde edilen linyit damarı 20 x 20 x 2 m boyutlarında küplerden oluşan bloklara bölünmüştür. Blok model oluşturma işlemi sırasında alt blok sayısı 1, blok kabul yüzdesi 10 (%) olarak belirlenmiştir. Elde edilen blok modelin ara kesmeler dahil toplam 299 171 182,0 m^3 hacim değeri ile katı modelin % 99,87'sini temsil ettiği görülmüştür.
3. Sondaj verileri üzerinde kompozitleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sırasında kompozit uzunluk değeri 2 m, kabul yüzdesi 10 (%) olarak belirlenmiş ve ısıl değer, kül, nem özniteliklerine uygulanmıştır.
4. Netcad yazılımı kullanılarak ocak vaziyet planını gösteren fiili haritalar üzerinden kısa zaman içerisinde kazısı gerçekleştirilecek olan üretim panolarının sınırları belirlenmiştir. Kışlaköy sahasında linyit üretim ağırlıklı olarak 6. ve 5. Basamakta yapıldığından dolayı üretim panoları bu basamaklardan seçilmiş ve sırasıyla üretim panosu-1 ve üretim panosu-2 olarak isimlendirilmiştir.
5. Üretim panolarına ait sınırlar üç boyutlu Netpro/Mine ortamına aktarılmış taban ve tavan yüzeyleri oluşturulduktan sonra katı modelleri elde edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; üretim panosu-1 için taban yüzey alanı 9 648, 724 m^2, tavan yüzey alanı 7 366,241 m^2, üretim panosu-2 için ise

taban yüzey alanı 30 106,992 m^2, tavan yüzey alanı 29 046,396 m^2 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, üretim panosu-1 ve üretim panosu-2 için oluşturulan katı modellerin hacim değerleri sırasıyla 178 583,991 m^3 ve 669 274,432 m^3 olarak belirlenmiştir.

6. Netpro/Mine yazılımının katı model içerisinde kalan blokları sınırla yöntemi kullanılarak üretim panolarına ait bloklar elde edilmiştir. Bu blok modellerin özellikleri incelendiğinde; üretim panosu-1'in toplam hacim miktarı 178 424,0 m^3 ve katı modelini temsil ettiği oran % 99,91, üretim panosu-2'nin ise toplam hacim miktarı 668 264,0 m^3 ve katı modelini temsil ettiği oran % 99,85 olarak belirlenmiştir.

7. Üretim panolarına ait bloklara en yakın komşu yöntemi ile kestirim (öznitelik değerlerinin aktarılması) işlemi uygulanmış ve her bir bloğa ısıl değer, kül ve nem öznitelik değerleri aktarılmıştır.

8. Kestirim işlemi yapılmış olan blok modeller üzerinden blok raporları alınmıştır. Sondaj bilgileri içerisinde yoğunluk değeri olmadığından dolayı ısıl değer-yoğunluk arasındaki ilişki değerlendirilerek her bir bloğun yoğunluk değeri hesaplanmış ve blok raporu içerisine eklenmiştir. Böylece, geliştirilen bilgisayar yazılımında kullanılmak üzere ".xls" formatında her iki üretim panosunun blok bilgilerini içeren veri seti dosyası oluşturulmuştur.

9. Bu aşamadan sonra Visual Basic .NET programlama dili kullanılarak geliştirilen bilgisayar yazılımının uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ana ekran üzerinden özet istatistik hesapları, hacim-kalite hesapları ve kısa vadeli üretim planı modülleri seçilmiş ve ilk olarak üretim panolarına ait veri seti dosyası okutulmuştur.

10. Özet istatistik hesaplarının sonuçları açılan yeni bir form üzerine yazdırılmıştır. Bu sonuçlar incelendiğinde; üretim panosu-1'in 480 adet, üretim panosu-2'nin ise 1370 adet bloktan oluştuğu ve minimum ısıl değerlerinin eşit ve 1 Kcal/kg olduğu, maksimum ısıl değerlerinin sırasıyla

1251 Kcal/kg ve 1261 Kcal/kg olduğu, ortalama ısıl değerlerinin sırasıyla 869,3 Kcal/kg ve 716,5 Kcal/kg olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca her iki üretim panosu için de standart sapma değerlerinin oldukça yüksek olduğu (sırasıyla 374,9 ve 365,2) belirlenmiştir.

11. Hacim-Kalite hesapları modülü uygulanırken özet istatistik hesaplarının sonuçları göz önünde bulundurularak veri girişi yapılmıştır. Her iki üretim panosu için de eşit olmak üzere; ısıl değer alt limit 750 Kcal/kg, ısıl değer üst limit 1300 Kcal/kg, kalite sınıf aralığı değeri 50, bir sektördeki blok sayısı 5, en küçük ve en büyük blok boyutları; X ve Y yönünde 20 m, Z yönünde ise 2 m olarak belirlenmiştir.

12. Hacim-Kalite hesapları modülü içerisinde yer alan algoritmaların ürettiği sonuçlar veri seti dosyasına aktarılmıştır. Burada; her iki üretim panosu için 750-1300 Kcal/kg arasında 50 birim artışlar ile sınıf aralıkları belirlenmiş ve bu sınıf aralıklarına ait linyit miktarı m^3 ve ton olarak hesaplanmıştır. Üretim panosu-1 için en fazla linyit miktarının 1050-1100 Kcal/kg aralığında olduğu, 900-950 Kcal/kg aralığında ise linyit olmadığı, üretim panosu-2 için en fazla linyit miktarının 900-950 Kcal/kg aralığında olduğu, 1100-1250 Kcal/kg aralığında ise linyit olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, üretim panosu-1 için toplam 247 061,5 ton (146 448,0 m^3) linyit ve 31 976,0 m^3 ara kesme, üretim panosu-2 için 1 013 547,7 ton (429 352,0 m^3) linyit ve 238 912,0 m^3 ara kesme hesaplanmıştır.

13. Üretim panolarında selektif kazı yapılması ile doğrudan kazı yapılması arasındaki ısıl değer dağılım değişimi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; üretim panosu-1'in selektif kazı ile ortalama ısıl değeri 1037,2 Kcal/kg iken doğrudan kazı yapıldığında bu değerin 869,3 Kcal/kg değerine düştüğü, üretim panosu-2'nin selektif kazı ile ortalama ısıl değeri 941,5 Kcal/kg iken doğrudan kazı yapıldığında bu değerin 716,5 Kcal/kg değerine düştüğü tespit edilmiştir.

14. Üretim panoları her biri 100 m uzunluğunda sırasıyla 4 ve 7 adet sektöre bölünmüş ve her sektöre ait hacim-kalite hesapları yapılmıştır. Üretim panosu-1 için en yüksek ısıl değerin 1079,1 Kcal/kg ile 4 no'lu sektörde olduğu, en az linyit miktarının 1 943,5 ton ile yine 4 no'lu sektörde olduğu ve en yüksek linyit miktarının ise 102 341,7 ton ile 1 no'lu sektörde olduğu belirlenmiştir. Üretim panosu-2 için en yüksek ısıl değerin 983,5 Kcal/kg ile 3 no'lu sektörde olduğu, en fazla linyit miktarının 252 324,6 ton ile 6 no'lu sektörde olduğu ve en az linyit miktarının ise 12 917,5 ton ile 7 no'lu sektörde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, sektörlere göre ısıl değer, kül ve nem değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler çizdirilmiştir.

15. Isıl değer-tonaj hesaplama sonuçları değerlendirilirken her iki üretim panosu için alt ısıl değer limiti 750 Kcal/kg seçildiğinde; üretim panosu-1 de toplam 247 061,5 ton linyit üretileceği ve bu linyitin ortalama ısıl değerinin 1037,2 Kcal/kg olacağı tespit edilmiştir. Üretim panosu-2 de ise toplam 1 013 547,7 ton linyit üretileceği ve bu linyitin ortalama ısıl değerinin 941,5 Kcal/kg olacağı belirlenmiştir.

16. Kısa vadeli üretim planları modülü içerisinde bulunan algoritmaların sonuç üretebilmesi için gerekli olan kazı parametrelerine ait değerler linyit sahasının basamak geometrisi, kullanılan kazı makineleri vb. kriterler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Kazı genişliği; minimum 20 m, maksimum 60 m ve artırım değeri 20 m, kazı yüksekliği; minimum 2 m, maksimum 8 m ve artırım değeri 2 m, kazı kapasitesi 3000 m^3/saat ve ısıl değer alt limit 750 Kcal/kg olarak veri girişi yapılmıştır.

17. Kısa vadeli üretim planlarının sonuçları ayrıntılı olarak incelendiğinde toplam 576 adet alternatif oluşturulduğu ve bu alternatiflerden ısıl değer parametresine göre standart sapma değerinin minimum olmasını sağlayan alternatifin 4 ve 36 alternatifi (üretim panosu-1 için 4, üretim panosu-2 için 36) olduğu tespit edilmiştir. Bu alternatiflere ait kazı parametrelerine göre linyit üretimi yapıldığında standart sapma değeri 56,5, ortalama ısıl

değeri 959,3 Kcal/kg, ortalama kül değeri % 18,1 ve ortalama nem değeri % 55,5 olarak belirlenmiştir.

18. Optimum kazı parametrelerine bakıldığında kazı yönü her iki üretim panosu için "tahrik – kuyruk", kazı genişliği; üretim panosu-1 için 20 m, üretim panosu-2 için 60 m ve kazı yüksekliği her iki üretim panosu için de 8 m olarak tespit edilmiştir.

19. Varyans azaltma oranı 0,14 olarak hesaplanmış (giren varyans 22467,7, çıkan varyans 3192,3) ve 0'a yakın bir değer elde edildiğinden dolayı optimizasyon veriminin yüksek olduğu sonucu elde edilmiştir. Başka bir ifade ile geliştirilen bilgisayar yazılımı ile belirlenen alternatif doğrultusunda kazı yapıldığında ısıl değere ait varyans değerinin yaklaşık 7 kat düşeceği tespit edilmiştir.

20. Üretim panosu-1'de arakesme kazısı görülmediğinden dolayı ortalama ısıl değeri daha yüksektir. Ancak, üretim panosu-2'de 33, 37, 40, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 69, 70, 71, 72, 86, 87, 107, 108, 109, 130, 131, 132, 133, 155, 156, 157, 158, 159 saatlerinde arakesme kazısı yapılmaktadır ve bu durum ortalama ısıl değeri düşürmektedir.

21. Kazı genişliği, kazı yüksekliği ve kazı yönü parametrelerinin standart sapma üzerindeki etkisi incelenmiş olup elde edilen sonuçlara göre; en etkin parametrenin kazı yüksekliği parametresi olduğu tespit edilmiştir.

22. Aynı zamanda en iyi alternatife ait kazı parametrelerinin sahada uygulanamadığı bir durumda bu alternatife en yakın on adet alternatif belirlenmiş ve standart sapma değişimleri tespit edilmiştir.

23. Geliştirilen bilgisayar yazılımının sahada uygulanabilirliği açısından Kışlaköy sahasında Ekim 2017 ve Şubat 2018 dönemi (5 aylık dönem) içerisinde gerçekleştirilen linyit üretimine ait ısıl değer bilgileri ile geliştirilen bilgisayar yazılımı kullanılarak hazırlanan üretim planlarına ait ısıl değer bilgileri karşılaştırılmıştır. Planlanan ısıl değer ile gerçekleşen ısıl değer arasındaki korelasyon katsayısı 0,96 olarak hesaplanmıştır ve bu

değer üretim planlarına ait sonuçların kabul edilebilir ve geliştirilen bilgisayar yazılımının sahada uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

24. Aynı döneme ait diğer sonuçlar incelendiğinde; maksimum fark değerinin 9,4 (%) ile Şubat_2018 döneminde olduğu diğer aylarda ise 9 (%)'un altında kaldığı tespit edilmiş ve ortalama fark değeri (%) 7,4 olarak hesaplanmıştır. Isıl değer bazında ise ortalama 74,4 Kcal/kg fark değeri belirlenmiş ve bu farkların standart sapma değerinin 18,7 olduğu tespit edilmiştir.

25. Son olarak geliştirilen bilgisayar yazılımı ve içerisindeki algoritmaların madencilik sektöründe kullanılan yazılımlara bir modül olarak entegre edilmesi veya farklı kalite özelliklerine ve kazı sistemlerine sahip maden ocaklarına uyarlanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Açan, H., 2013. Bir demir Sahasının Surpac Entegre Madencilik Yazılımı İle Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 184s.

Akbulut, İ., Aksoy, T., Çağlan, D., Ölmez, T., 2007. Afşin-Elbistan Kışlaköy Açık Kömür İşletmesi Şev Stabilitesi Çalışması. MTA, Rapor, Ankara, s.130.

Akçakoca, H.,2001. Maden Yataklarının Üç Boyutlu Olarak Modellenmesinde Yapay Sinir Ağı Sistemlerinin Kullanılması ve İntegrasyonu. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, Ankara, 205s.

Aktan, M., 2015. Sağırlar ve Çivli (Bursa-Orhaneli) Kömür Sahaları Kaynak Kestirimi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 104s.

Aliyazıcıoğlu, Ş., 2011. Örnek Bir Bakır Madeninin Surpac programı İle Modellenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 95s.

Alkan, B., 2007. Jeoistatistik ve Bulanık Yaklaşımlar ile Adana Çimento Hammadde Sahasının Değerlendirmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 75s.

Altıparmak, H., 2018. Bir Bakır Yatağının Bilgisayar Destekli Açık İşletme Tasarımı ve Planlaması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 107s.

Arıöz, D., 2011. Afşin-Elbistan linyit sahası Çöllolar sektörünün Netpro/Mine yazılımı ile değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 91s.

Aydın, S., 2010. Bir Dolomit İşletmesinde Üç Boyutlu Modelleme İle Üretim Kalitesinin Kontrolü, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 98s.

Aydoğan, M., 1978. K.Maraş-Elbistan-Çöllolar Kömür Yatağı Fizibilite Araştırması. MTA Raporu. Derleme No: 6413, Ankara (Yayınlanmamış).

Bardossy, G., Fodor J., 2004. Evaluation of Uncertainties and Risks in Geology, Springer, 221.

BP Energy Outlook, 2018. https://www.bp.com/energyoutlook

Braid, I., C., 1975. The Synthesis of Solids Bounded by many Faces. Communications of the ACM, 18 (4), pp. 209-216.

Cankaya, F., 2005. Afşin-Elbistan (B) Açık İşletmesinde Optimum Ocak Sınırlarının Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 65s.

Çakır, B., 2011. Silopi (Harbul-Üçkardeşler) Asfaltit Filonunun Micromine Madencilik Tasarımı Programı Kullanılarak İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 129s.

Çakmak, M., 2015. EÜAŞ Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü S-49 Panosu Kömür Ocağının Bilgisayar Yazılımı İle Planlanması, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 123s.

Çetiner, E., 1991. Bilgisayar Destekli Maden Yatağı Modellemesi ve Kesit Yöntemiyle Rezerv Tahmininin Hüsamlar Kömür Sahasına Uygulanması. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 71s.

Dağ, A., 1997. Döner Kepçeli Ekskavatör Açık İşletme Yönteminde Bilgisayar Destekli Üretim Planlaması: Afşin-Elbistan Linyit İşletmesi Çöllolar Sahasına Uygulanması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Doktora Tezi, Adana, 184s.

Dautov, K., 2012. Konya-Ilgın Çavuşçu linyit sahasının bilgisayar destekli tasarımı ve planlaması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 99s.

Doğan, E., 2007. Narlıca Altın Yatağı Bilgisayar destekli Tasarım ve Planlaması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 109s.

Doğruöz, C., 2003. T.K.İ. Seyitömer Linyit Sahasının SURPAC Vision Madencilik Programı İle Değerlendirilmesi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, 102s.

Efe, U., 2013. Maden İşletmelerinin Planlamasında Üç Boyutlu Modelleme (3D) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Uygulamaları, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 170s.

Enerji İstatistik Bülteni, 2018. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Enerji İstatistikleri Dairesi Başkanlığı, Sayı: 301/2018, 35. Hafta http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Istatistik-Raporlari.

Erarslan, K., 2003. Jeolojik ve Madencilik Sistemi (JMS) ve Bir Bakır Sahasının Değerlendirilmesi. Madencilik, Cilt: 42, Sayı: 4, Sayfa: 3-13, Aralık, 2003.

Ercins, S., 2011. Bir Linyit Sahasının Maden Planlama Programı İle Modellenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sivas, 95s.

Ergüder, G., Kızıldağ, G. ve Günkel, G., 2000. AEL Kışlaköy Açık İşletmesi Doğu Nihai Şevi Jeofizik Rezistivite Etüdü raporu. TKİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

Eskikaya, Ş., Karpuz, C., Hindistan, M. A., Tamzok, N., 2008. Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı. TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 2. Baskı, Ankara.

EÜAŞ İşletme Projesi, 2018.

EÜAŞ Yıllık Faaliyet Raporu, 2017. Ankara, 93s.

Fang, T. F., Piegl, L. A., 1992. Algorithm for Delaunay Triangulation and Convex-hull Computation Using a Sparse Matrix. Computer Aided Design. Vol. 24, No. 8, s. 425-426.

Fidan, F., 2011. Hınıs-Zırnak (Erzurum) Yöresi Linyit Yatağının Değerlendirilmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 102s.

Fotheringham, A. S., Brunsdon, C. and Charlton, M. E., 2002. Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships, Wiley, Chichester

Gharehoghlani, A., 2014. Afşin-Elbistan Linyitleri Kışlaköy Açık İşletmesinin Bilgisayar Yardımıyla Kazı ve Üretim Planlaması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 98s.

Goovaerts, P., 1997. Geostatistics for natural resources evaluation, Oxford Univ. Press, New York.

Gökmen, V., Memikoğlu, O., Dağlı, M., Öz, D., Tuncalı, E., 1993. Türkiye Linyit Envanteri. MTA, Ankara, s. 269-272.

Göksüner, E., 2010. Bilgisayar Destekli Maden İşletme Tasarımının Kalker Ocaklarına Uygulanması, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 85s.

Gülmez, A., 2008. Bir maden yatağının katı modelinin oluşturulması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, s. 93.

Gürsoy, E., Özcan, K., Yücel, A.R., 1981. K.Maraş Elbistan D1 Sektörü Kömür Yatağı Jeoloji Raporu. MTA Raporu. Ankara.

Hengl, T., Heuvelink, G. B. M. and Rossiter, D. G., 2007. About regression-kriging: from equations to case studies, Comput. Geosci., 33(10), 1301-1315.

International Energy Agency, 2017. https://www.iea.org/newsroom/news/2017.

Ke, J., 2002. Neural-network modeling of placer ore grade spatial variability: doctoral dissertation: University of Alaska Fairbanks, USA, p. 251.

Kılıç, A. M., 1996. Analyse de la Stabilité Des Talus de la Mine de Lignite D'Afşin-Elbistan. Pour Obtenir la Grade de Docteur de I'école Nationale Supérieure Des Mines de Paris en Géologie de L'ingéieur. Paris.

Kılıç, A. M., Onur, A. H., 2001. Afşin-Elbistan Linyitleri Açık İşletmesi İç Döküm Sahası Dinamik Duraylılık Analizi. Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, s. 11-16.

Kıvrak, H., 2011. Himmetoğlu (Bolu-Göynük) Linyit Sahasının Jeoistatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 118s.

Koçak, Ç., 2000. Afşin-Elbistan Linyit Havzasının Yeniden Değerlendirilmesi. Enerji Dünyası Dergisi, Sayı:32.

Koçak, Ç., Kürkçü, S. N., Yılmaz, S., 2003. Afşin-Elbistan Linyit Havzasının Yeniden Değerlendirilmesi ve Linyit Kaynakları Arasındaki Yeri. 24-27 Eylül 2003, Türkiye 9. Enerji Kongresi, İstanbul.

Koike, K., Matsuda, S., Suzuki, T., and Ohmi, M., 2002. Neural network-based estimation of principal metal contents in the Hokuroku district, Northern Japan, for exploring Kurokotype deposits: Nat. Resour. Res., v. 11, no. 2, p. 135–156.

Koike, K., and Matsuda, S., 2003. Characterizing content distributions of impurities in a limestone mine using a feed-forward neural network: Nat. Resour. Res., v. 12, no. 3, p. 209–223.

Küçükakçalı, M., 2018. Adana Tufanbeyli Linyitleri Maden Geliştirme Planı ve Optimizasyonu, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 199s.

Kürkçü, S. N., Ersoy M., Ersun, E., 1993. Jeoistatiksel Yöntem Kullanılarak A fşin-Elbistan Havzası Çöllolar B Sektörü Rezerv Belirleme Çalışması. Türkiye 13. Madencilik Kongresi, Ankara.

Maden ve İnsan, 2018. Maden İşleri Genel Müdürlüğü, Yıl: 1, Sayı: 3, Eylül 2018, 86s.

Mert, B.A., 2010. Afşin-Elbistan Kömür Havzasındaki Madencilik Faaliyetlerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Küresel Konumlama Sistemlerinin Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Çukurova Üniveristesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 323s.

Olonbayar, U., 2016. Umungobi Khuren Tsaw Kömür Yatağının En Uygun Ocak Tasarımının Geliştirilmesi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 90s.

Otto Gold, 1969. Lignite Deposit of Afsin-Elbistan Feasibility Report. Vol 1, Köln, p.123

Önen, N., 1936. Orta Anadolu Linyit Yatakları Hakkında Rapor. MTA, Ankara.

Öngen, Ö., 2008. Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları ve Surpac Yazılımı ile Bir Ocak Planlaması, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 129s.

Özbek, T., ve Güçlüer, S., 1977. K.Maraş Elbistan Çöllolar – B Linyit Sektörü 1977 Yılı Faaliyet Raporu. MTA Raporu, Ankara.

Özdemir, M., 2015. Bir Kömür Sahasının Bilgisayar Destekli Tasarım Programları İle Değerlendirilmesi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, 71s.

Özkan, M., 2006. Açık Ocak İşletmelerinde Optimum Nihai Sınırın Belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 120s.

Özkan, M., 2015. Açık İşletmelerde Optimum Üretim Planlamasında Yeni Bir Yöntem Geliştirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 186s.

Öztürk, T., 1994. A.E.L. İşletmesi Kazı Sahasında Karşılaşılan Sert Kayaçların Kazı Yöntemlerinin İncelenmesi, İatanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s.4-5.

Pham, T. D., 1997. Grade Estimation Using Fuzzy-Set Algorithms, Mathematical Geology, 29, 291-304.

Perinçek, D., and Kozlu, H., 1984. Stratigraphy and Structural Relations of the Units in the Afşin-Elbistan-Doğanşehir Region (Eastern Taurus): in Tekeli. O. and Göncüoğlu, M.C. (Eds), Geology of Taurus Belt, Ankara- Turkey, p.181-198.

Rheinbraun Consulting, 1976. Quality and Quantity Calculations For Kışlaköy Open Cast Mine. Cologne (yayınlanmamış).

Saydam, S., 1995. Blok boyutu seçiminin kömür rezerv tahminine etkisi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 58s.

Schabenberger, O. and Gotway, C. A., 2005. Statistical methods for spatial data analysis, CRC Press, Boca Raton.

Schofield, C. G., 1980. Homogenisation/Blending Systems Desing and Control for Minerals Processing (with Fortran Programs), Trans Tech Publications, USA.

Şahin, M., 2007. Bir Yer altı Kömür Ocağının Planlaması ve Büyükdüz Sahası Uygulaması, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, 155s.

Takmak, T. Ö., 2007. Beylikova Manyezit Açık Ocağının Üretim Planlaması, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 97s.

Turan, G., 2015. Kömür Sahalarında Nihai Ocak Sınırı Tespiti, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 105s.

Türe, A., 2014. Sondaj Verilerine Göre Koyunağlı Kömür Havzası E Sektörünün Açık Ocak Planlaması, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyon, 174s.

Tütmez, B., Dağ, A., 2007. Use of Fuzzy Logic in Lignite Reserve Estimation, Energy Sources, Energy Sources Part B (1):93-103.

Ural, O. B., 2018. Afşin-Elbistan Havzası, C ve D Sektörlerinin Optimum Ocak Sınırlarının Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 150s.

Ural, S., 1994. Döner Kepçeli Ekskavatörlerin Performansını Etkileyen Faktörlerin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 83s.

Ural, S., 1999. Afşin-Elbistan Linyitlerinin Sınıflandırılarak Termik Santralin Performansı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 140s.

Ural, S., ve Yüksel, F., 2004. Geotechnical Characterization Of Lignite-Bearing Horizons In The Afsin-Elbistan Lignite Basin, SE Turkey. Engineering Geology 75 (2004), 129-146.

Urazel, F., 2018. Kırka Bor İşletmesi Sarıkaya Açık Ocağında Bilgisayar Destekli Orta Vadeli Üretim Planlaması, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 113s.

Uysal, Ö., 1995. T.K.İ. E.L.İ. Eynez Yeraltı İşletmesinde Üretim Planlaması ve Mekanizasyon, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sivas, 130s.

Üredi, T., 2018. Bilgisayar Destekli Cevher Modellemesi ve Açık İşletme Tasarımı, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sivas, 86s.

Wackernagel, H., 1998. Multivariate geostatistics: An introduction with applications, Springer, Berlin.

Wu, X., and Zhou, Y., 1993. Reserve estimation using neural network techniques: Comput. Geosci., v. 19, no. 4, p. 567–575.

Yalnız, H., 2006. Çimento Sanayii Hammadde Ocağı Üretim Planlaması, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 192s.

Yama, B. R., and Lineberry, G. T., 1999. Artificial neural network application for a predictive task in mining: Mining Eng., v. 51,no. 2, p. 59–64.

Yörükoğlu, M., 1991. Afşin-Elbistan Projesi ve TKİ Kurumu AELÎ Müessesesinde Madencilik Çalışmaları. Madencilik Dergisi, Eylül 1991, Sayı No:3, Ankara, s.13-29.

http://portal.netcad.com.tr

http://www.mapeg.gov.tr/maden_istatistik.aspx, Erişim Tarihi, Mart 2019.

http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur, Erişim Tarihi, Mart 2019.

ÖZGEÇMİŞ

23 Eylül 1988 yılında Adana'da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise eğitimini Adana'da tamamladıktan sonra 2005 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği bölümünde lisans öğrenimine başladı. 2009 yılında Maden Mühendisi unvanını almaya hak kazandı.

2009 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2010 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2013 yılında yüksek lisansı bitirdi ve aynı yıl doktora eğitimine başladı.