

**KAYALAR İÇİN BAZI KAZILABİLİRLİK YÖNTEMLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE GSI İLE NOKTA YÜKÜ
DAYANIM İNDEKSİNİ ESAS ALAN GRAFİK YÖNTEMİN
TAHMİN PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI**

**ASSESSMENT OF SOME EXCAVABILITY METHODS
FOR ROCKS AND INVESTIGATION OF PREDICTION
PERFORMANCE OF THE GRAPHICAL METHOD BASED
ON GSI AND POINT LOAD STRENGTH INDEX**

ERKİL ONUR TARI

PROF. DR REŞAT ULUSAY

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2019

ERKİL ONUR TARI'nın hazırladığı "Kayalar İçin Bazı Kazılabilirlik Yöntemlerinin Değerlendirilmesi Ve GSI İle Nokta Yükü Dayanım İndeksini Esas Alan Grafik Yöntemin Tahmin Performansının Araştırılması" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından JEOLoji MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ergün TUNCAY
Başkan



Prof. Dr. Reşat ULUSAY
Danışman



Prof. Dr. Adil BİNAL
Üye



Doç. Dr. Mehmet Ali HİNDİSTAN
Üye



Doç. Dr. Hasan KARAKUL
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak / /..... tarihinde onaylanmıştır.


Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

17 / 06 / 2019

(imza)
ERKİL ONUR TARI

YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir.
- Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

17.06.2019
(imza)

ERKİL ONUR TARI

ÖZET

KAYALAR İÇİN BAZI KAZILABİLİRLİK YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GSI İLE NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİNİ ESAS ALAN GRAFİK YÖNTEMİN TAHMİN PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI

Erkil Onur TARI

Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Reşat ULUSAY

Haziran 2019, 91 sayfa

Kaya ortamlarında yapılacak mühendislik kazılarında hangi kazı yönteminin uygulanacağı belirlenmesi; yapım sürelerinin, imalat aşamalarının, maliyetlerin, üretim miktarının, estetik koşulların, orta ve uzun dönem güvenliklerin ve çevresel etkilerin kontrol edilebilmesini sağlayan ve bu nedenle pek çok mühendislik disiplininin ilgilendiği önemli konular arasında yer almaktadır. Günümüze değin herhangi bir sahada başlıca kazı yöntemlerinden (doğrudan kazma, sökme, kırma ve patlatma) hangisinin uygulanabileceğinin belirlenmesi amacıyla bazı yöntemler ve/veya sınıflama sistemleri geliştirilmiş olmakla birlikte, bunların uygun kazı yöntemini tahmin etme performanslarıyla ilgili bazı sınırlamalarla karşılaşmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu bu sınırlamalar dikkate alınarak; mevcut çok parametrelili kazı yöntemini belirleme sistemlerinden bazılarının tahmin performanslarının araştırılması ve ayrıca Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) ile nokta yükü dayanım indeksini ($I_{s(50)}$) esas alan yöntemin zengin bir veri tabanı kullanılarak modifiye edilmesi (değişiklik yapılması) amaçlanmıştır. Bu amaçla, Türkiye’de kazı işleminin hangi yöntemle

yapıldığı bilinen proje sahalarına ait jeoteknik veri dikkate alınarak ve belirlenmiş ölçütlere göre 280 lokasyona ait bir veri tabanı oluşturulmuştur. Yapılan çalışmalarda bu veri tabanından yararlanılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda; süreksizlik aralığı ve $I_{s(50)}$ 'yi dikkate alan sistemlerden birinin; sökerek kazılan lokasyonlar dışında, uygulanmış kazı yöntemini doğru tahmin edemediği belirlenmiştir. Bu durumun başlıca nedeni, günümüzde iş makinelerindeki performans artışına bağlı olarak bu sistemlerde kazı türleri arasında önerilmiş sınırların tahmin başarısını bir ölçüde yitirmiş ve bu sınırların dar bir veri tabanı kullanılarak önerilmiş olmasıdır. Diğer kazı tahmin sisteminin ise, doğrudan kazma ve sökme yöntemlerinin uygulanabileceği sahaları başarılı şekilde tahmin ettiği, ancak kırma ve patlatma yöntemleri için aynı başarıyı gösteremediği anlaşılmıştır. Kırma yöntemiyle ilgili bu uyumsuzluğun, kayaların uygun özelliklere sahip olduğu durumlarda bile, Türkiye'de genel olarak inşaat sektöründe sökme yönteminin sistematik olarak uygulanmaması nedeniyle bunun yerine kırma yönteminin tercih edilmesinden ve bu yöntemin ekonomik / pratik olmadığı durumlarda patlatma yönteminin uygulanmasından kaynaklanmış olması söz konusudur. Tez çalışması kapsamında incelenen diğer yöntem GSI ve $I_{s(50)}$ 'yi dikkate almaktadır. Yöntemde $I_{s(50)}$ için belirlenmiş iki eşik değere göre kazı türünü belirlemek üzere iki ayrı GSI abağının kullanılması, bu abaklardaki kazı yöntemlerini birbirinden ayıran sınırların yetersiz sayıda veriyle çizilmiş olması ve görsel değerlendirmeyi esas alan subjektif bir GSI belirleme yaklaşımının kullanılması gibi nedenlerle yöntem, tez çalışmasına ait veri tabanı kullanılarak değiştirilmiştir. Bu değişiklik sonucunda; bu çalışmada oluşturulan veri tabanındaki tüm veri çiftlerinin belirgin şekilde gruplanarak başlıca dört kazı türünü ayırtlayacak şekilde bunlar arasındaki sınırların elde edildiği ve herhangi bir sahada belirlenecek GSI ve $I_{s(50)}$ değerleri kullanılarak tek bir abaktan sahada uygulanabilecek kazı yönteminin tahmin edilebilmesinin mümkün olacağı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kazı türü, GSI, nokta yükü dayanım indeksi, doğrudan kazma, sökme, kırma, patlatma, tahmin performansı.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF SOME EXCAVABILITY METHODS FOR ROCKS AND INVESTIGATION OF PREDICTION PERFORMANCE OF THE GRAPHICAL METHOD BASED ON GSI AND POINT LOAD STRENGTH INDEX

Erkil Onur TARI

Master of Science, Geological Engineering Department

Supervisor: Prof. Dr. Reşat ULUSAY

June 2019, 91 pages

Determining the excavation method, which is applied in engineering excavations in rock environments, enables to control construction period, manufacturing stages, costs, production quantity, aesthetic conditions, mid and long term safety factors and environmental impacts, and therefore, it takes a place among the most significant issues that concern several engineering disciplines. Despite the fact that certain methods and/or classification systems have been recently developed in order to determine which one of the major excavation methods (digging, ripping, breaking and blasting) should be used at any site, certain limitations have been encountered with respect to their performance in estimating the applicable excavation method. In this study, by considering these limitations, it is aimed to investigate the prediction performance of the existing multi-parameter excavation methods and to modify the method based on Geological Strength Index (GSI) and point load strength index ($I_{s(50)}$) using a database. For this purpose, a database was established for 280 locations considering the specified criteria and the geotechnical data related to particular project sites

located in Turkey where the applied excavation methods are known, and subsequently this database has been utilized in the assessments. As a result of the evaluations conducted using the database, it was understood that no data has matched with the excavation types estimated as per the excavation methods determined by considering the fracture frequency and $I_{s(50)}$ excluding some locations where ripping was made. The main reason for this situation is that the success of the estimation of the proposed boundaries between the types of excavations in these systems have failed to a certain extent due to the performance increase in the performance of the construction machines recently, and due to suggestions of these boundaries on the basis of a limited database. On the other hand, the other excavation system has successfully estimated the sites, where the methods of digging and ripping could be applied; however, it could not achieve the same success with respect to the methods of breaking and blasting. The mismatch observed in the breaking method may result from the fact that the ripping method has not been applied systematically in the construction industry in Turkey in places, where rocks have suitable properties and replacing the breaking method and applying the blasting method where the breaking method is not economical / practical. The other method examined within the scope of this thesis takes GSI and $I_{s(50)}$ into account. The method was modified using the database obtained in the thesis study because of the following reasons two different GSI based excavation diagrams have been used in order to determine the excavation type according to two threshold $I_{s(50)}$ values, the boundaries between the excavation methods, set forth in such diagrams from each other, have been drawn using insufficient data, a subjective GSI determination approach based on visual evaluation has been used in this method. As a result of such modification, it was understood that distinct boundaries between the excavation types are obtained in a manner that all data pairs included in the substantial database formed during the thesis study are prominently grouped and the main four excavation types are distinguished; and that it is possible to estimate the excavation method that can be applied at any site from a single excavation estimation chart by using the GSI and $I_{s(50)}$ values.

Keywords: Type of excavation, Geological Strength Index, point load strength index, direct digging, ripping, breaking, blasting, performance estimation.

TEŞEKKÜR

Tez çalışması boyunca, çalışmanın ilerlemesi, geliştirilmesi ve derinleştirilmesi aşamalarında engin deneyimini aralıksız olarak benimle paylaşan, sonsuz enerjisi, titizliği, araştırmacı / sorgulayıcı tavrı ile bana tez çalışmasının da ötesinde büyük bir deneyim yaşatan değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Reşat ULUSAY'a,

Tez savunması sırasındaki değerlendirmeleri ve katkıları için tez jürisi üyeleri Prof. Dr. Ergün TUNCAY, Prof. Dr. Adil BİNAL, Doç. Dr. Mehmet Ali HİNDİSTAN ve Doç. Dr. Hasan KARAKUL'a

Bilgi, deneyim ve kaynaklarıyla aradığım cevapları bulma yolculuğumda beni tüm imkânlarıyla destekleyen Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. ve çatısı altında birlikte çalışma şansına eriştiğim Mustafa Kemal AKMAN, Ali BAYRAM, Şaban MOLAK, Hasan ÖZASLAN, Talip ERBAY, Mine AREL ve değerli çalışma arkadaşlarıma,

Tez kapsamında saha çalışmalarına eşlik eden Sabri Cansu AKBAY ve Saha Araştırmaları Grubu'nun çok kıymetli üyelerine,

Tez çalışmasında veri tabanını oluşturan sahalara ait verileri kullanmama izin veren Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü, Cengiz İnşaat ve Ticaret A.Ş., Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve Karayolları Genel Müdürlüğü yetkililerine,

Tez çalışması sırasında bilgi, deneyim ve çalışmalarını paylaşma nezaketini gösteren Sina KIZIROĞLU, Hakan BAŞARIR, Cüneyt ŞENTÜRK, Celal KARPUZ ve Atilla CEYLANOĞLU'na,

Hayatım boyunca yapmaktan keyif aldığım işlere yönelmem konusunda beni motive eden, her başlıkta kendi paylarına düşenden de fazlasını ortaya koyarak o sırada gündemimde olan konularda saatin kaç olduğunu bile düşünmek durumunda kalmadan dolu dolu vakit geçirmemi sağlayan fedakâr aileme,

TEŞEKKÜR EDERİM.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAZI YÖNTEMİNİN BELİRLENMESİYLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
2.1. Kayaların Kazılabilirliği, Önemi ve Kazı Türleri	7
2.2. Kazı Yöntemini Tahmin Eden Sistemlerde / Yöntemlerde Kullanılan Özellikler	10
2.3. Kazı Yönteminin Tahmini İçin Kayaların Jeo-mühendislik Özelliklerini Esas Alan Sistemler / Yöntemler	14
3. VERİ TABANININ OLUŞTURULMASI VE ÇALIŞMADA KULLANILAN KAYA BİRİMLERİNİN KARAKTERİZASYONU	42
3.1. Veri Tabanının Oluşturulması	42
3.2. Çalışmada Kullanılan Kaya Türlerinin Dağılımı ve Başlıca Özellikleri	48
3.3. Veri Hesaplama Yöntemi ve Sonuçları	55
3.4. Verinin Elenmesi	65
4. MEVCUT BAZI KAZILABİLİRLİK YÖNTEMLERİNİN İRDELENMESİ	67
4.1. Franklin, Broch ve Walton (1971) Kazılabilirlik Yönteminin İrdelenmesi	67
4.2. Pettifer ve Fookes (1994)'un Kazılabilirlik Yönteminin İrdelenmesi	69
4.3. Tsiambaos ve Saroglou (2010)'nun Önerdiği Kazılabilirlik Yönteminin İrdelenmesi	75

5. NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ VE JEOLJİK DAYANIM İNDEKSİNİ ESAS ALAN YÖNTEMİN MODİFİKASYONU.....	82
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	88
KAYNAKLAR.....	91



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Farklı kazı yöntemleri ve kullanılan ekipman / iş makineleri: (a) doğrudan kazma (www.scania.com, 2019a), (b) sürüklenme (www.vannatabros.com, 2019b), (c) sökme (http://s7d2.scene7.com, 2019c), (d) kırma (www.aggbusiness.com, 2019d), (e) patlatma (https://kalgoorlie.assets-be, 2019e) ve (f) döner kepçeli yerkazar (https://commons.wikimedia.org, 2019f) uygulamalarına örnekler.....	9
Şekil 2.2. Değişik kazılabilirlik sistemleri tarafından kullanılan özellikler (Çubukların ucundaki ilk rakam yöntemin geliştirilmesinde kullanılan toplam veri sayısını, ikinci rakam yöntemin kaç adet özellik kullandığını ifade etmektedir.)	14
Şekil 2.3. Caterpillar D8N model dozerler için sismik hızı esas alan sökülebilirlik abağı (Anonim, 1998).....	15
Şekil 2.4. Komatsu D275A model dozerler için sismik hızı esas alan sökülebilirlik abağı (Anonim, 2006).....	16
Şekil 2.5. Bazı sürekli kazı makineleri için sismik hız değerlerini esas alan kazılabilirlik abağı (Atkinson, 1971).....	17
Şekil 2.6. Magmatik, sedimanter ve metamorfik kaya grupları için sismik hızı esas alan sökülebilirlik abağı (W: Bozunma derecesi) (Church, 1981).....	18
Şekil 2.7. J_s ve $I_{s(50)}$ değerlerini esas alan kazı yöntemini dolaylı olarak belirleme abağı (Franklin, Broch ve Walton, 1971).....	20
Şekil 2.8. J_s ile $I_{s(50)}$ değerleri kullanılarak kazı işleminin hangi model iş makinesi ile yapılabileceğinin tahmin edilmesi için önerilmiş abak (Bozdağ, 1988)	21
Şekil 2.9. J_s ile $I_{s(50)}$ değerlerini esas alan kazılabilirlik abağı (Pettifer ve Fookes, 1994)	22
Şekil 2.10. EI ve Q değerlerini esas alan kazılabilirlik indeksi abağı (Kramadibrata,1998).....	23
Şekil 2.11. EI-RMR değerlerini esas alan kazılabilirlik tayini abağı (Kramadibrata,1998).....	23

Şekil 2.12. Kaya kütlelerinde kazı yönteminin belirlenmesi için önerilmiş GSI abağı (orijinal verisiyle birlikte) ($I_{s(50)} < 3$ MPa durumu için) (Tsiambaos ve Saroglou, 2010)	25
Şekil 2.13. Kaya kütlelerinde kazı yönteminin belirlenmesi için önerilmiş GSI abağı (orijinal verisiyle birlikte) ($I_{s(50)} \geq 3$ MPa durumu için) (Tsiambaos ve Saroglou, 2010)	26
Şekil 2.14. BV ve RMI değerlerini esas alan kazı türünü belirleme abağı (Khomehchiyana, Dizadji ve Esmaeli, 2014) (D7 - D9 ile ilgili açıklamalar için Şekil 2.8'e bakınız).....	27
Şekil 2.15. Uygulanan kazı yönteminin bilindiği 23 lokasyonda belirlenen (a) J_s - $I_{s(50)}$ veri çiftlerini gösteren grafik, (b) aynı lokasyonlar için hesaplanan Q-RMR veri çiftlerinin aynı grafikteki dağılımı (Abdullatif ve Cruden, 1983)..	30
Şekil 2.16. Smith (1986)'in RR'yi esas alan iş makinesi beygir gücü grafiği ...	34
Şekil 3.1. Veri tabanının oluşturulmasında yararlanılan tüm projelerin lokasyonları (Kırmızıyla gösterilen proje sahalarına ait veri, veri tabanına alınmış, maviyle gösterilenler ise alınmamıştır 1-Düzce, 2-Bartın, 3-Sinop, 4-Gümüşhane, 5- Artvin, 6-Çorum, 7-Siirt, 8-Van, 9- İstanbul, 10-Ankara, 11-Bartın, 12-Amasya, 13-Diyarbakır, 14-Batman, 15-Van).....	43
Şekil 3.2. Bu çalışma kapsamında derlenen veri tabanının oluşturulmasında izlenen akış ağı şeması.....	46
Şekil 3.3. Veri tabanında yer alan litolojik birimlere ait histogram	50
Şekil 3.4. Doğrudan kazma yönteminin uygulandığı sahalardan örnekler: (a) DEL (çamurtaşı) (b) HVL (kumtaşı) (c) GSL (silttaşı) (d) CKL (silttaşı)	52
Şekil 3.5. Kırma yönteminin uygulandığı sahalardan örnekler: (a) AEL (silttaşı) (b) CKL (kumtaşı) (c) GBL (diyorit) (d) CDL (killi kireçtaşı)	53
Şekil 3.6. Patlatma yönteminin uygulandığı sahalardan örnekler (a) AEL (andezit) (b) KGL (kireçtaşı/çamurtaşı) (c) KKL (dasit) (d) VYL (traverten)54	54
Şekil 3.7. Veri tabanında yer alan bir lokasyona ait örnek karot sandıklarının görüntüsü	59
Şekil 3.8. Kantitatif GSI abağı (Sönmez ve Ulusay, 2002).....	61
Şekil 3.9. Seçilmiş bir lokasyonda GSI'ın ağırlıklı ortalamasının hesaplanması ile ilgili örnek	64
Şekil 4.1. Tezde kullanılan verinin Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından geliştirilen kazı abağındaki dağılımı	68

Şekil 4.2. Bu teze ait verinin Pettifer ve Fookes (1994) tarafından geliştirilen kazı abağındaki dağılımı.....	70
Şekil 4.3. Pettifer ve Fookes (1994)'nun önerdiği kazılabilirlik abağının geliştirilmesinde kullanılan orijinal verinin dağılımı	73
Şekil 4.4. Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından yapılan çalışmada kullanılan verinin Pettifer ve Fookes (1994)'un kazılabilirlik abağındaki dağılımı.....	74
Şekil 4.5. Tsiambaos ve Saroglou (2010)'nun veri tabanına göre farklı kazı yöntemleri için $I_{s(50)}$ – GSI veri çiftlerinin dağılımı ve farklı kazı yöntemleri için ayrılan zonların sınırları.	76
Şekil 4.6. Tsiambaos ve Saroglou (2010)'un kullandıkları verinin dağılımına göre farklı kazı yöntemlerini ayırtlamak için önerdikleri sınırlara (kesikli siyah çizgiler) alternatif olabilecek farklı ayırtlama sınırları (kesikli yeşil ve kırmızı çizgiler).....	78
Şekil 5.1. Bu tez çalışmasında oluşturulan verinin Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından da kullanılan çift logaritmik GSI- $I_{s(50)}$ grafiğindeki dağılımı (uygulanan kazı yöntemleri ve bunları ayırdığı düşünülen sınırlarla birlikte)	84
Şekil 5.2. Tez çalışması kapsamında GSI ve $I_{s(50)}$ 'yi esas alan kazı türünü tayin yönteminin değiştirilmiş versiyonu	86
Şekil 5.3. Tez çalışması kapsamında oluşturulan verinin Tsiambaos ve Saroglou (2010)'nun verisi ile GSI ve $I_{s(50)}$ 'yi esas alan modifiye edilmiş kazı yöntemi belirleme grafiğindeki dağılımı (İçi dolu simgeler tez çalışması kapsamında oluşturulan veri tabanına, içi boş simgeler ise Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından oluşturulmuş olan veri tabanına aittir.)	87

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Farklı araştırmacılar tarafından önerilen kazılabilirlik yöntemlerinde kullanılan kaya malzemesi ve kaya kütlesi özellikleri (Karpuz ve Başarır, 2015'ten alınarak düzenlenmiştir).	12
Çizelge 2.2. V_p verisine göre hazırlanan sökülebilirlik sınıfı (Bailey, 1975).....	17
Çizelge 2.3. Orta ve yüksek ağırlıktaki iş makineleri için sismik hız verisini esas alan kazılabilirlik sınıfı (Church, 1981)	18
Çizelge 2.4. UCS, W, G_s , J_g , J_{or} , J_{cont} ve SV parametrelerini esas alan (Weaver, 1974)'in önerdiği kazı yöntemi puanlama sistemi.....	29
Çizelge 2.5. W, UCS veya $I_{s(50)}$, J_s ve BS, parametrelerini esas alan kazı yöntemi puanlama sistemi (Scoble ve Müftüoğlu, 1984)	31
Çizelge 2.6. Kazılabilirlik İndeksi puanına göre seçilebilecek kazı yöntemi ve "Açık İşletme Madencilik Makineleri" (Scoble ve Müftüoğlu, 1984)	32
Çizelge 2.7. UCS, W, J_s , J_g , J_{cont} ve J_{or} , parametrelerini esas alan sökülebilirlik sınıflama sistemi puan çizelgesi (Smith, 1986)	33
Çizelge 2.8. Ab, UTS, W, J_s , ve SV parametrelerini esas alan sökülebilirlik sınıflama sistemi puan çizelgesi (Singh, Denby ve Egretli, 1987)	35
Çizelge 2.9. UCS veya $I_{s(50)}$, J_s , SV, W ve SHV'yi esas alan kazılabilirlik sınıflama sistemi puan çizelgesi (Karpuz, 1990)	36
Çizelge 2.10. "Kazılabilirlik sınıflama sistemi puan çizelgesi"nden elde edilen toplam puana göre kazı yöntemini ve iş makinesini belirleme çizelgesi (Karpuz, 1990)	37
Çizelge 2.11. Eşitlik 2.5'teki $I_{s(50)}$, J_v , W ve J_s gibi özellikleri esas alan puanlama çizelgesi (Hadjigeorgiou ve Poulin, 1998)	39
Çizelge 2.12. Kazı indeksi (EI) değerlerine karşılık gelen kazı güçlüğü sınıflaması (Hadjigeorgiou ve Poulin, 1998).....	39
Çizelge 2.13. V_p , UCS veya $I_{s(50)}$, J_s ve SHH sökülebilirlik puanlama sistemi çizelgesi (Başarır ve Karpuz, 2004)	40
Çizelge 2.14. Sökülebilirlik puanlama sistemi çizelgesinden elde edilen değere karşılık gelen üretim miktarını belirleme ve iş makinesi seçim çizelgesi (Başarır ve Karpuz, 2004).....	41

Çizelge 3.1. Çalışmada verisi kullanılan proje sahalarında uygulanan kazı türleri	47
Çizelge 3.2. Veri tabanında yer alan sahalara ait temel jeolojik bilgiler.....	48
Çizelge 3.2. (devam ediyor)	49
Çizelge 3.4. Bir lokasyona ait GSI değerinin hesaplanması için oluşturulan veri paketi	62
Çizelge 3.5. Şekil 3.8'de karot fotoğrafları verilen örnek olarak seçilmiş bir lokasyona ait R_r , R_w ve R_f özelliklerinin TIA'daki oranları ve ağırlıklı ortalama değerleri	63
Çizelge 3.6. Şekil 3.8.'de karot fotoğrafları verilen örnek lokasyona ait veri ...	64



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

D	Süreksizlik Yüzey Koşulu
e	Ekspansiyel
$I_{s(50)}$	Nokta Yükü Dayanım İndeksi
J_a	Süreksizlik Yüzeyinin Bozunması
J_{cont}	Süreksizlik Devamlılığı
J_s	Süreksizlik Aralığı
J_f	Süreksizlik Dolgu Türü
J_g	Süreksizlik Dolgusu
J_n	Süreksizlik Takım Sayısı
J_{or}	Süreksizlik Yönelimi
J_r	Süreksizlik Pürüzlülüğü
J_w	Süreksizlik Bozunma Derecesi
J_v	Hacimsel Eklem Katsayısı
Q	Q Sistemi
RMi	Kaya Kütle İndeksi
RMR	Kaya Kütle Sınıflama Sistemi
V_b	Blok Hacmi
V_p	Sismik Hız (P-dalga Hızı)
V_s	Sismik Hız (S-dalga Hızı)
β	Blok Şekli Faktörü
λ	Ortalama Süreksizlik Sayısı

Kısaltmalar

a	Karot eksenine ile aynı doğrultuda (aksiyel)
Ab	Aşındırıcılık
Ark.	Arkadaşları
BS	Tabaka Aralığı
BV	Blok Hacmi

Cat 245	Caterpillar 245 Model Dozer
d	Karot eksenine dik (Diyametral)
D6	Caterpillar D6 Model Dozer
D7	Caterpillar D7 Model Dozer
D8	Caterpillar D8 Model Dozer
D9	Caterpillar D9 Model Dozer
D9G	Caterpillar D9G Model Dozer
DD9G	Caterpillar DD9G Model Dozer
D11	Caterpillar D11 Model Dozer
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EI	Kazılabilirlik İndeksi
EH	Aşırı Yüksek
EL	Aşırı Düşük
EP	Aşırı Zayıf
F	Orta
G	İyi
GS	Dane Boyu
GSI	Jeolojik Dayanım İndeksi
GSI ₁	Jeolojik Dayanım İndeksi
GSI ₂	Jeolojik Dayanım İndeksi
H	Yüksek
HP	Beygir Gücü
ISRM	Uluslararası Kaya Mekaniği ve Kaya Mühendisliği Birliği
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
L	Düşük
M	Orta
M _s	Kütle Dayanımı
N	Kazılabilirlik İndeksi
P	Zayıf
RQD	Kaya Kalite Göstergesi
RR	Sökülebilirlik Değeri
S	Yapı
SE	Özgül Enerji
SHH	Schmidt Çekici Geri Sıçrama Değeri

SHV	Shore Sertlik Değeri
SCR	Süreksizlik Yüzey Koşulu
SR	Yapısal Özellik Koşulu
SV	Sismik Hız
TCR	Toplam Karot Verimi
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü
TİA	Toplam İlerleme Aralığı
UCS	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı
UTS	Dolaylı Çekme Dayanımı
W	Bozunma Derecesi
VH	Çok Yüksek
VL	Çok Düşük
VP	Çok Zayıf
YP	Yüksel Proje Uluslararası A.Ş.

1. GİRİŞ

Kayaların kazılabilirliği açısından uygulanacak kazı türünün (yönteminin) belirlenmesi; inşaat ve madencilik çalışmalarında gereksinim duyulan üretim miktarını, maliyeti, bakım – onarım – lojistik gereksinimlerini, iş güvenliğini ve zaman koşullarını denetleyen önemli bir faktördür. Bu husus, günümüzde artan makine performanslarına ve malzeme bilimindeki gelişmelere rağmen, halen pek çok mühendislik disiplininin ilgilendiği önemli konular arasında yer almaktadır. GCP Global ve Oxford Economics tarafından hazırlanan “Global Construction 2030 Tahmin Raporu” özet kitapçığında küresel inşaat pazarının 2030 yılında 17,5 trilyon dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir (GCP Global ve Oxford Economics, 2015). Price Waterhouse Coopers tarafından yayınlanan “Mine 2018” raporuna göre dünyanın en büyük 40 maden şirketinin toplam piyasa değeri, 2017 yılında bir önceki yıla göre %30 büyüme göstererek 926 milyar dolara ulaşmıştır. Aynı raporda, bu şirketlerin 2017 yılı aktif varlıklar toplamının 1,129 trilyon dolar olduğu da ifade edilmektedir (PriceWaterhouseCoopers, 2018). Sadece bu örneklerden bile, ana faaliyetlerinden biri kazı operasyonları olan bu iki büyük sektörün dünya ekonomisindeki yeri ve kazı çalışmalarının önemi anlaşılmaktadır. Maden sahalarından, yerleşim alanlarına, yeraltı / yerüstü ulaşım projelerinden, karada ve denizde öngörülen inşaatlara kadar oldukça geniş uygulama alanlarında gereksinim duyulan uygun kazı yönteminin önceden belirlenmesi veya tahmin edilmesi amacıyla ilk metodolojik çalışmalar 1958 yılında bir iş makinesi üreticisi tarafından gerçekleştirilmiştir. 1970’lerden itibaren ise, konu çeşitli mühendislik disiplinlerine mensup araştırmacılar tarafından ele alınarak günümüze değin irdelenmiştir.

Kayaların kazılabilirliği; kaya malzemelerinin ve kaya kütlelerinin davranışını etkileyen bazı mühendislik özelliklerini esas alan grafik veya görgül (ampirik) yöntemlerden yararlanılarak; doğrudan kazma (digging), sökme (ripping), kırma (breaking) veya patlatma (blasting) şeklinde dört gruba ayrılan kazı yöntemlerinden uygun olanının belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Bu kapsamda; kaya kütlelerinin kazılabilirliğini belirleyeceği öngörülen tek ve çok parametrelili yöntemler geliştirilmiş olup, bu sistemlerde kazı türünün tayininde

etkin rol oynadığı saptanan özelliklerinden sadece biri ya da bir kaç birlikt kullanılmıştır. Bununla birlikte, gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda tek bir parametre üzerinden kazı türünü tayin etmede kullanılan bazı verilerin arazide uygulanması güç ve pahalı yöntemler aracılığıyla belirlenmeye çalışıldığı, ya da zaman zaman ölçüm yapılan alanlarda kazı türünün hatalı şekilde tahmin edilebildiği görülmüştür. Bu durum; özellikle geniş yayımlı ve heterojen özellikler sergileyen kazı sahalarında çok daha büyük alanları dikkate alan, uzun süren ve masraflı çalışmaların yapılmasını gerektirmekte ve elde edilen sonuçlar yine de yanıltıcı olabilmektedir.

Araştırmacıların kaya kütlelerinin kazılabilirliğini denetlediği hususunda görüş birliği içinde oldukları (en çok kullanılan) özellikler; Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (UCS), Nokta Yüğü Dayanım İndeksi ($I_{s(50)}$), Bozunma Derecesi (W), süreksizlik aralığı (J_s) ve Sismik Hız (P-dalga hızı V_p , S-dalga hızı V_s , genel adlandırma, SV)'dir. Birden fazla sayıda özellik kullanılarak kazı türünün tahmin edildiği yöntemlerin ise,

- (a) bir kısmının çok fazla sayıda özelliği kullandığı,
- (b) birkaçının kullandığı özelliklerin arazide tayin edilmesinin güç olduğu,
- (c) bir bölümünün çok sınırlı bir veri tabanı esas alınarak geliştirildiği,
- (d) farklı jeolojik – jeoteknik koşullara sahip kaya ortamlarının durumlarını yansıtacak özellikler ve hesaplama yöntemleri kullanılarak hazırlanmadığı durumlarda, seçilen girdi parametrelerinin bazılarının (örneğin, RQD ve süreksizlik aralığı, J_s) doğrudan ya da dolaylı yoldan aynı özelliği temsil edecek şekilde tekrarlı değerlendirmelere neden olduğu belirlenmiştir.

Yukarıda ifade edilen hususlara bağlı olarak elde edilen sonuçların uygulamacıları uygun olmayan kazı yöntemlerinin seçimine zorladığı görülmüştür. Çok parametrelı yöntemlerin bir bölümünün ise, “kazı türü” yerine seçilen kazı türüyle ilgili “kazı güçlüğü”nü belirledikleri ve bu yöntemin artık

uygulanamayacağı, belirli bir sınırdan sonra patlatma yönteminin kullanılmasını önerdikleri anlaşılmaktadır (Bailey, 1975; Weaver 1975; Church, 1981; Müftüoğlu, 1983; MacGregor, 1994). Süreç içerisinde makine performanslarında kaydedilen gelişmeler doğrultusunda çok parametrelili bazı yöntemlerin de zaman zaman doğru sonuçlar vermediği anlaşılmış ve bu durumun doğal bir sonucu olarak, kayalarda kazı türünün belirlenmesini amaçlayan yeni bazı yöntemlerin geliştirilmesine devam edilmiştir.

Mevcut kazılabilirlik yöntemleriyle ilgili yukarıda kısaca değinilen sınırlamaların dikkate alındığı bu tez çalışmasında mevcut yöntemler arasından,

- (i) kazı yöntemini arazi koşullarında daha pratik şekilde ve güçlülükle karşılaşılmadan belirleyebilen,
- (ii) tek bir özelliği esas alan ya da aşırı sayıda özellik içermeyen,
- (iii) mevcutlarına göre daha zengin bir veri tabanı kullanılarak geliştirilmiş ve
- (iv) günümüzde kullanılan başlıca 4 kazı türünü de belirleyebilen

çok parametrelili sistemler seçilerek ve yeni bir veri tabanı kullanılmak suretiyle bunların değerlendirilmesi ve uygun kazı yöntemini tahmin etme performanslarının sınanması, ayrıca bunlar arasında Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) ile nokta yükü dayanım indeksini ($I_{s(50)}$) esas alan mevcut bir kazı yöntemini belirleme sisteminin (Tsiambaos ve Saroglou, 2010) değiştirilebilirliği amaçlanmıştır. Bu kapsamda; 2009 yılından bu yana bu tezin yazarının da yer aldığı Türkiye’de farklı kazı sahalarında jeoteknik veri toplama amacıyla yapılmış çalışmalardan elde edilen oldukça geniş bir veri tabanı yukarıda ifade edilen seçili koşulları içerdiği belirlenen bazı kazılabilirlik yöntemleri (Franklin, Broch ve Walton, 1971; Pettifer ve Fookes, 1994; Tsiambaos ve Saroglou, 2010) için kullanılarak bu yöntemlerin kazı türü tahmin performansları değerlendirilmiştir. Tez çalışması kapsamında ayrıca; Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından geliştirilen ve $I_{s(50)}$ ile Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) gibi iki girdi parametresini kullanarak kazı türünü belirleyen yöntemin süreksizlik aralığı özelliğini kullanmamasından kaynaklanan sınırlama, Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından geliştirilen ve süreksizlik özelliklerini de kullanan GSI abağı ile değerlendirilerek,

uygulamada daha verimli şekilde kullanılabilirliğinin sağlanmasına yönelik amaçlarla bu yöntemin değiştirilip değiştirilemeyeceği de araştırılmıştır. Bu amaçla; uygulanan kazı türünün de kesin olarak bilindiği ve performansı değerlendirilecek olan yöntemler için gerekli girdi özelliklerinin (parametrelerinin) tayin edildiği Türkiye’de inşaat ve madencilik çalışmalarının yapıldığı bazı yerlere ait veriden yararlanılarak oluşturulan oldukça geniş bir veri tabanı (280 adet GSI ve $I_{s(50)}$ verisinden oluşan veri çifti) kullanılmıştır. Mühendislik kazılarının teknik ve ekonomik yönden taşıdığı önem dikkate alındığında; bu çalışmada başlıca 4 kazı türünün tahmin edilmesi amacıyla geliştirilmiş 3 farklı kazılabilirlik yönteminin performanslarının daha geniş bir veri tabanı kullanılarak değerlendirilmesi ve uygulamada daha verimli şekilde kullanılabilmesi açısından bunlardan birinin değiştirilebilirliğinin araştırılması, bu çalışmanın başlıca özgün değeri olarak düşünülmüştür.

Yukarıda belirtilen amaç doğrultusunda bu tez çalışması, aşağıda tanımlanan aşamalar izlenerek yürütülmüştür:

- (1) Kazılabilirlik konusunda yapılmış önceki çalışmalar ve geliştirilen sistemler taranarak söz konusu sistemlerin üzerinde durdukları kaya malzemesi ve kaya kütlesi özellikleri, hesaplama yöntemleri ve veri tabanları incelenmiştir.
- (2) Önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlar da dikkate alınarak; kullanılacak parametrelerin neler olması gerektiği belirlenmiş ve aynı özelliği tanımlayan (temsil eden) parametrelerin kullanılmasından kaçınılarak, yüksek doğrulukta, olabildiğince sayısal, hızlı, yaygın, basit, pratik ve ucuz şekilde belirlenebilecek özellikler seçilmiştir. Bu doğrultuda arazide kaya malzemesi dayanımının pratik ve ucuz şekilde tayin edebilme özelliği dikkate alınarak nokta yükü dayanım indeksinin ($I_{s(50)}$), hem kaya yüzleklerden hem de sondaj karotlarından belirlenebilmesi nedeniyle GSI’in kullanılması ve dolayısıyla bu iki parametreyi esas alan kazı yöntemini belirleyen sisteminin (Tsiambaos ve Saroglou, 2010) tahmin performansı araştırılmıştır.

- (3) 2009 yılından bu yana tamamı yurtiçinde ve karada gerçekleştirilmiş, karayolu, raylı sistem, maden işletmesi, yeni yerleşim alanı ve havalimanı projelerinden $I_{s(50)}$ sonuçlarını içeren oldukça büyük bir ana veri tabanı oluşturulmuştur.
- (4) Kazı yapılmayan ve imalat çalışmalarının bitmediği lokasyonlar, kazı yapılan ancak ilgili derinliklerde $I_{s(50)}$ verisini içermeyen lokasyonlar ile eksik (yanıltıcı) veri içerdiği düşünülen tüm çalışmalar veri tabanına dahil edilmemiştir. Geriye kalan lokasyonlar için uygulama ekipleri ile temasa geçilerek sahada uyguladıkları kazı yöntemlerinin (doğrudan kazma, sökme / ripperleme, kırma veya patlatma) hangileri olduğu öğrenilerek bu lokasyonlar veri tabanına dahil edilmiştir.
- (5) Uygulanan kazı türlerinin tespiti sırasında veri tabanında sökme (riperleme) verisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Sökme yöntemine ait verinin temini amacıyla geniş bir literatür taraması yapılmış ve tez çalışmasında kullanılmak üzere 32 adet sökme verisinin yanı sıra, 10 adet patlatma ve 4 adet doğrudan kazma verisi de literatürden temin edilmiştir.
- (6) Ayrıca ek veri temini amacıyla seçilen iki farklı sahaya gidilerek toplam 12 lokasyonda hat etütleri yapılmış ve $I_{s(50)}$ deneyleri gerçekleştirilip, kaya kütlesi için GSI değerleri belirlenmiştir. Tüm bu çalışmalar sonucunda 280 lokasyona ait veriyi içeren bir veri tabanı oluşturulmuştur.
- (7) Veri tabanında yer alan her bir lokasyonda kazı alanı içerisinde kalan yaklaşık 2500 ilerleme aralığı (manevra) için tek tek J_s ve Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından önerilen kantitatif GSI abağı kullanılarak GSI değerleri tayin edilmiş ve 234 lokasyona ait $I_{s(50)}$ değerleri hesaplanmıştır.
- (8) Elde edilen sonuçlarla J_s , $I_{s(50)}$ ve GSI değerlerini kullanan Franklin, Broch ve Walton, (1971); Pettifer ve Fookes, (1994) ve Tsiambaos ve Saroglou, (2010) tarafından önerilmiş kazı türünü belirleme sistemlerinin performansları değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra, ayrıntıları tezin

ilerleyen bölümlerinde belirtilen gerekçeler dikkate alınarak, Tsiambaos ve Saroglou (2010)'nun önerdikleri kazı türünü belirleme yöntemi, bu tez çalışmasında oluşturulan veri tabanı kullanılarak değiştirilmiştir.

Altı bölümden oluşan bu tezin, çalışmanın amaç ve kapsamının tanımlandığı "Giriş" başlıklı 1. Bölüm'ünü izleyen 2. Bölüm'ünde; kayalarda kazılabilirlik, kazı yöntemleri, kazılabilirliğin belirlenmesinin önemi ve kazılabilirliği etkileyen

faktörler değerlendirilmiş, kazı yönteminin belirlenmesi için geliştirilmiş sistemler ve bu sistemlerin kullandığı jeomühendislik özellikleri konusunda yapılmış önceki çalışmalar iki alt başlık altında sunulmuştur. 3. Bölüm'de, bu tez çalışması kapsamında kullanılan veri tabanının oluşturulması için belirlenen ölçütler, ve izlenen aşamalar sunulmuş, veri tabanını oluşturan verinin kaya türüne, lokasyona, kazı türüne göre dağılımı ve özellikleri, veri tabanının oluşturulmasında kullanılan hesaplama yaklaşım ve yöntemleri ve yapılan veri eliminasyon işlemi anlatılmıştır. Tezin 4. Bölüm'ünde; bazı araştırmacılar (Franklin, Broch ve Walton, 1971; Pettifer ve Fookes, 1994 ve Tsiambaos ve Saroglou, 2010) tarafından geliştirilmiş ve kazı yöntemini belirlemede kullanılan sistemlerin tahmin performansları, tez çalışması kapsamında oluşturulan veri tabanı kullanılarak değerlendirilmiş ve tartışılmıştır. Tezin 5. Bölümü, tez çalışması kapsamında oluşturulan veri tabanı kullanılarak Tsiambaos ve Saroglou (2010)'nun önerdiği $GSI-I_{s(50)}$ verisini esas alan kazı yöntemi tahmin sisteminin değiştirilmesini içermektedir. 6. Bölüm'de ise, bu çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlara yer verilmiştir.

2. KAZI YÖNTEMİNİN BELİRLENMESİYLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Kayaların Kazılabilirliği, Önemi ve Kazı Türleri

Kayaların iş makineleri ile ilksel konumlarından bir seferde ayrılarak uzaklaştırılması “doğrudan kazma” uygulamasıdır. Doğrudan kazma işleminin gerçekleştirilemediği durumlarda, malzemenin makine maharetiyle kaya kütlesi ile olan bağlantısının ortadan kaldırılması “sökme”, bu işlemin yapılamadığı durumlarda iş makinesi kullanılarak malzemenin yerinde parçalanması ise “kıрма”dır. Yerinden ayırma işleminin bir ya da birkaç seferde; doğrudan kazarak, sökerek ya da kırarak yapılamadığı durumlarda malzemenin yeryüzü ile olan koparılamaz bağlantısının kimyasallar kullanılarak ortadan kaldırılması “patlatma” işlemiyle yapılmaktadır. Doğrudan kazma, sökme, kırma ve patlatma olarak sınıflandırılan işlemlerin bütünü bu tez çalışması kapsamında “kazı” olarak ifade edilmiştir. Kayanın yerindeki özelliklerine göre yukarıda değinilen yöntemlerden hangisinin kullanılmasıyla yerinden ayrılabilceğinin belirlenmesi “kazı yönteminin belirlenmesi” ya da “kazılabilirliğin belirlenmesi” olarak adlandırılmaktadır.

Doğrudan kazma uygulamasında kullanılan iş makineleri malzemeyi naklediciye transfer edebilir. Sökme işlemi sonrasında iş makineleri yardımıyla sökülen malzemenin yerinden kaldırılarak naklediciye aktarılması gerekir. Doğrudan kazma, sökme ve kırma işlemleri yapılan alanların yakınında güvenlik önlemleri alınarak çalışılabilir. Kazı ile etkileşime girecek yakınlıkta bulunmadıkları takdirde, civardaki yapıların varlığı kazı çalışmasına engel değildir. Ayrıca gerekmesi durumunda çok sayıda doğrudan kazma / sökme / kırma işlemi yapabilen iş makinesi de uygun şekilde planlanarak birlikte çalıştırılabilir. Ancak, patlatma işlemi başlamadan önce uygulama yapılacak saha ve etki alanının boşaltılması, bunun yapılamadığı durumlarda patlayıcı maddenin kimyasında ve/veya miktarında düzenlemelere gidilerek yapıların titreşimden ve akustik etkiden korunması gerekmektedir. Yerinden ayırma faaliyeti; toplam üretim miktarı, harcanan toplam süre ve toplam maliyet açısından kolaydan (azdan) zora (çoğa) doğrudan kazma, sökme, kırma ve patlatma olarak sıralanmaktadır.

Söz konusu bu yöntemler (Şekil 2.1.a-2.1.e); değişik büyüklükte (güç, boyut) ve farklı amaçlar için geliştirilmiş iş makineleri kullanılarak uygulanabildikleri gibi, belirli özelliklere sahip bazı iş makinelerine entegre edilebilen ekipmanlar ile de uygulanabilmektedir. Ortalama beygir gücündeki iş makinelerinin kazı faaliyetini yürütemediği kaya ortamlarda daha büyük boyutlara ve beygir gücüne sahip özel kazıcılar (Şekil 2.1.f) kazı yapabilmektedir. Ancak bu durumda genellikle yakıt tüketimi ve yedek parça bakım maliyetleri ciddi oranda artmakta veya üretim kapasiteleri azalmaktadır.

Güçlülükle kazılabilen bazı kaya malzemeleri, kaya kütlelerinin özelliklerinin değişmemesine rağmen sökme yöntemleri kullanılarak yerinden ayrılabilirler. Bu durumun gerçekleşmesinin başlıca nedeni, kayanın yerindeki özelliklerinin sökme işlemine uygun olmasıdır. Doğrudan kazma işlemi, kaya yüzeyinden kazı ekipmanının kovanına parçalar alınarak uygulanırken, sökme işleminde iş makinesi kaya kütlelerinin üzerinde dururken sökme işlemini gerçekleştirecek ekipman belirli büyüklükteki açılı tırnaklarını yere saplayıp hareket ederek kayanın ana kütle ile olan bağlantısını ortadan kaldırmaktadır. Benzer şekilde, kırma işlemi yüzleklerde kayanın süreksizliklerinden ve/veya tümleşik kütlelerinden ayrılarak serbest hale geçmesini sağlayan bir kazı yöntemidir. Sökme işlemi, ekipman yer yüzeyine saplanarak uygulanabilirken, kırma işlemi her yönde uygulanabilir. Doğrudan kazma, sökme ve kırma uygulamalarının yapılamadığı durumlarda kayanın yerinden ayrılması gerekiyorsa patlatma seçeneği tercih edilir. Uygun teknikle gerçekleştirilen patlatma işlemleri bile, uygulanan alanda ve kazısı yapılan malzemedeki bir miktar örselenmeye neden olmaktadır.

Kazılabilirlik ile ilgili geliştirilmiş sistemler öncelikle, doğrudan ve dolaylı kazılabilirlik tayini yöntemleri olarak ikiye ayrılabilir (Karpuz ve Başarır, 2015). Doğrudan tayin yöntemleri saatlik üretim miktarını; “Ağırlıkça Hacim”, “Kesitsel Hacim” ve “Uzunlukça Hacim” yöntemleri ile belirlemekte olup (Caterpillar, 1998), iş makinelerinin yerinde pilot kazı uygulamalarına ait sonuçlar dikkate alınarak, makine tipine ve modellerine göre sökülebilirlik / kazılabilirlik güçlüğünün ya da doğrudan kazma / sökme miktarlarının tayin edilmesi esasına dayanmaktadır.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 2.1. Farklı kazı yöntemleri ve kullanılan ekipman / iş makineleri: (a) doğrudan kazma (www.scania.com), (b) sürükleme (www.vannattabros.com), (c) sökme (<http://s7d2.scene7.com>), (d) kırma (www.aggbusiness.com), (e) patlatma (<https://kalgoorlie.assets-be>) ve (f) döner keççeli yerkazar (<https://commons.wikimedia.org>) uygulamalarına örnekler

Dolaylı kazılabilirlik tayini yöntemleri ise; tek parametrelili tahmin yöntemleri, grafik yöntemler ve puanlama sistemleri olmak üzere 3 ana başlık altında toplanabilir (Karpuz ve Başarır, 2015). Tek parametrelili yöntemlerde kazılabilirliği etkilediği belirlenen bir özelliğe ait sonuçlar üzerinden kazı türü ya da kazı güçlüğü ortaya konmaktadır. Grafik yöntemler, kayacın kazılabilirliğini belirleyen birden çok özelliği esas alınarak kazı türünü ve/veya kazı güçlüğü tahmin etmektedir. Puanlama sistemlerinde ise, kayanın kazılabilirliğini etkilediği belirlenen özelliklere atanan puanlar dikkate alınarak, kayanın kazılabilirliğinin ve/veya kazı güçlüğüünün tayin edilmesi amaçlanmıştır.

Kayaların en pratik ve ekonomik yöntemle kazılabilirliği; zaman, maliyet, üretim miktarı, gibi hususları doğrudan etkileyen bir konu olup, bu nedenle geçmişten günümüze pek çok araştırmacı ve üretici tarafından araştırılmış ve farklı tekil kazı türleri ve birkaç kazı türü arasından kazı yöntemini belirleyebilen yöntemler

geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden bazıları kayacın dayanım ve süreksizlik özelliklerine göre kazılabileceği en uygun kazı makinesini belirlerken, bazıları kayacın bu özellikleri ile kazı performansı arasındaki ilişkiyi belirlemektedir. Bazı yöntemler ise, kayacın bu özelliklerinin tayini üzerinden en uygun kazı yöntemini belirlemektedir. Tez kapsamında, makine performansları ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamış olup, kayacın dayanım ve süreksizlik özelliklerinin belirlenmesi suretiyle kazı yöntemini tahmin eden yöntemler ele alınmıştır.

2.2. Kazı Yöntemini Tahmin Eden Sistemlerde / Yöntemlerde Kullanılan Özellikler

Kazı yönteminin tahmininde en yoğun şekilde kullanılan özelliklerden biri kaya malzemesinin dayanımıdır. Düşük dayanımlı kayalarda hiç zorlanılmadan doğrudan kazma yöntemi uygulanabilir. Bozunma derecesi, kayacın dayanımını da etkileyen bir parametre olup, kazılabilirlik ile ilişkilidir. Yüksek dayanımlı kayaları bile metrelerce büyüklükte bloklardan daha küçük dilimlere dönüştürdüğü için kaya kütlelerinin süreksizlik özellikleri kazılabilirliği etkileyen bir diğer parametredir. Süreksizlik yüzeylerinin özellikleri ve süreksizlik düzlemleri

arasındaki dolgu malzemesinin türü ve kalınlığının kaya kütlelerinin davranışını etkileyen bir diğer parametredir. Benzer şekilde, sismik hız verisi kaya malzemesi ve süreksizlik özelliklerini birlikte içeren kaya kütlelerinin niteliğini belirlemede yararlanılan bir özelliktir. Bir başka ifadeyle, kazılabilirliği etkileyen özellikler kaya malzemesi ve kaya kütlesi özellikleri olarak ikiye ayrılabilir.

Farklı araştırmacılar tarafından günümüze değin önerilmiş dolaylı kazılabilirlik tayini yöntemlerinde, kaya kütlelerinin kazılabilirliğinin belirlenmesinde etkin rol oynadığı saptanan özellikler; kaya malzemesi özellikleri olarak, tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS), nokta yükü dayanım indeksi ($I_{s(50)}$), Shore sertlik değeri (SHV), aşındırıcılık (A_b) ve süreksizlik özellikleri olarak, süreksizlik devamlılığı (J_{cont}), süreksizlik takım sayısı (J_n), bozunma derecesi (W), süreksizlik yüzeyinin bozunması (J_a), süreksizlik pürüzlülüğü (J_r), süreksizlik aralığı (J_s), süreksizlik dolgusu (J_g), süreksizlik yönelimi (J_{or}), tabaka aralığı (BS), sismik hız (SV), tane boyu (GS) kaya kalite göstergesi (RQD), jeolojik dayanım indeksi (GSI), kaya kütle indeksi (RMI) ve blok hacmi (BV)'dir (Çizelge 2.1).

Kaya kütlelerinde uygulanabilecek kazı yöntemini, kaya kütlelerinin yerinde saptanan dayanım ve süreksizlik özellikleri belirlemede olup, araştırmacılar tarafından 1970'lerden günümüze değin yürütülen çalışmalar ve geliştirilen sistemler (yöntemler) hangi parametrenin kazılabilirliği doğrudan etkilediğinin belirlenmesine odaklanmıştır. Geliştirilen kazı yöntemini belirleme sistemlerinin girdi parametresi olarak tek bir özelliğin kullanılması durumunda, zaman zaman o ortam için uygun olmayan kazı türlerinin seçimi söz konusu olabilmektedir. Kayanın karakteristik özelliklerinin belirlenmesinde daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi amacıyla kayanın davranışını da sergileyen değişkenlerin dikkate alınması gerektiği araştırmacılar tarafından vurgulanan önemli bir husustur (Franklin, Broch ve Walton, 1971). Bu kapsamda, kaya kütlelerinde uygulanabilecek kazı türünün belirlenmesi için geliştirilen sistemlerin kullandığı ve Çizelge 2.1'de sunulan parametrelerin kullanılma sayılarına göre araştırmacıların kaya kütlelerinin kazılabilirliğini denetlediği hususunda görüş birliği içinde oldukları en çok kullanılan özellikler sırasıyla; J_s , $I_{s(50)}$, SV, UCS ve W 'dir.

Çizelge 2.1. Farklı araştırmacılar tarafından önerilen kazılabilirlik yöntemlerinde kullanılan kaya malzemesi ve kaya kütlesi özellikleri (Karpuz ve Başarır, 2015'ten alınarak düzenlenmiştir).

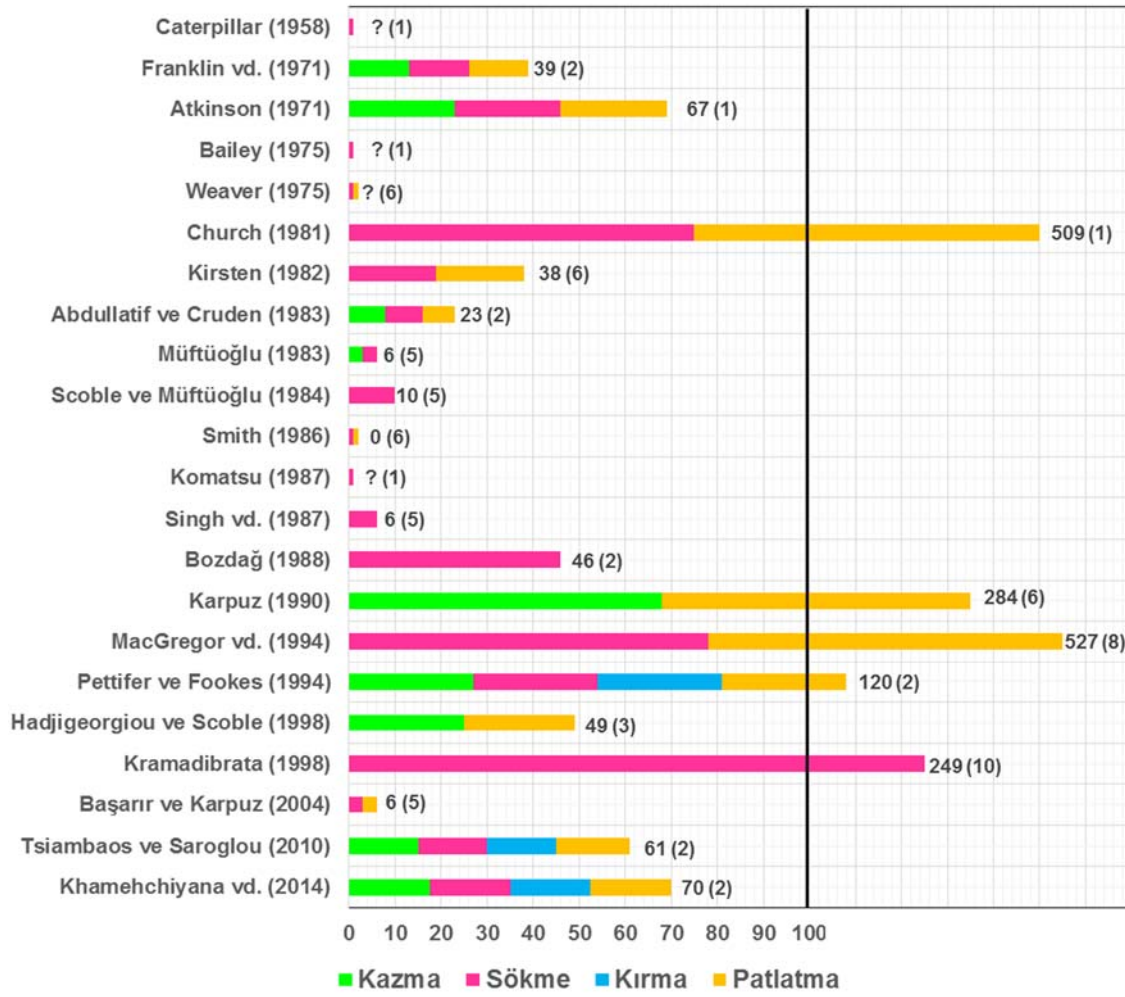
Yöntem	Kaya Malzemesi Özellikleri						Kaya Kütlesi Özellikleri													
	UCS	I _{s(50)}	SHV	Ab	J _{cont}	J _n	W	J _a	J _r	J _s	J _g	J _{or}	BS	SV	GS	RQD	GSI	RMI	BV	
Caterpillars (1958)														X						
Franklin, Broch ve Walton (1971)		X								X										
Atkinson (1971)														X						
Bailey (1975)														X						
Weaver (1975)	X						X			X	X	X		X						
Church (1981)														X						
Kirsten (1982)	X					X		X	X	X		X								
Abdullatif ve Cruden (1983)		X								X										
Scoble ve Müftüoğlu (1984)	X	X					X			X			X							
Smith (1986)						X				X	X	X								
Komatsu (1987)														X						
Singh, Denby, Egretli (1987)		X		X			X			X				X						
Bozdağ (1988)		X								X										
Karpuz (1990)	X	X	X				X			X				X						
MacGregor, Fell ve Mostyn (1994)	X					X	X		X	X			X	X	X					
Pettifer ve Fookes (1994)		X								X										
Hadjigeorgiou ve Poulis (1998)		X				X	X													
Kramadibrata (1998)	X	X		X					X	X	X				X	X	X	X	X	X
Basarır ve Karpuz (2004)	X	X	X							X				X						
Tsiambaos ve Saroglou (2010)		X															X			
Khamehchiyana, Dizadji ve Esmaili (2014)																				X
Kullanılma sayısı	7	11	2	2	1	3	7	1	3	13	3	3	2	10	1	1	2	2	2	2

Kazı türünün belirlenmesine yönelik amaçlarla yapılan çalışmalarda; kazı türünü tek bir parametreyle tahmin eden yöntemlerde, tek bir özellik üzerinden kaya ortamının bütünüyle tanımlanmasındaki güçlük nedeniyle, en uygun kazı türünün her zaman doğru tayin edilemediği bilinmektedir (Kirsten, 1982; Smith, 1986; Kramadibrata, 1998; Hadjigeorgiou ve Poulin, 1998). Bu durumun başlıca nedeni, kaya ortamlarda kayacın davranışını kayanın malzeme ve süreksizlik özelliklerinin birlikte kontrol ediyor olmasıdır. Bu nedenle, kazı yöntemini tahmin eden sınıflama sistemlerinin kayanın dayanım ve süreksizlik özelliklerini temsil eden birden fazla özelliği dikkate alması durumunda, yerinde uygulanacak gerçek kazı yöntemine daha yakın sonuçlar verdiği bilinmektedir.

Bazı kazılabilirlik yöntemlerinin geliştirilmesinde kullanılan veri sayısı, bu yöntemlerde girdi parametresi olarak dikkate alınan özellik sayısı ile bu yöntemler tarafından hangi kazı türlerinin belirlenebildiği Şekil 2.2'te sunulmuştur. Şekil 2.2'ten de görülebileceği üzere, önerilen yöntemler en çok veri sayısından (527 adet) en az veri sayısına (20 adet) kadar;

- (a) MacGregor, Fell ve Mostyn (1994),
- (b) Church (1981),
- (c) Karpuz (1990),
- (d) Kramadibrata (1998),
- (e) Pettifer ve Fookes (1994),
- (f) Khomehchiyana, Dizadji ve Esmaeili (2014),
- (g) Atkinson (1971),
- (h) Tsiambaos ve Saroglou (2010),
- (i) Hadjigeorgiou ve Poulin (1998),
- (j) Bozdağ (1988),
- (k) Franklin, Broch ve Walton (1971),
- (l) Kirsten (1982) ve
- (m) Abdullatif ve Cruden (1983)

şeklinde sıralanmaktadır.



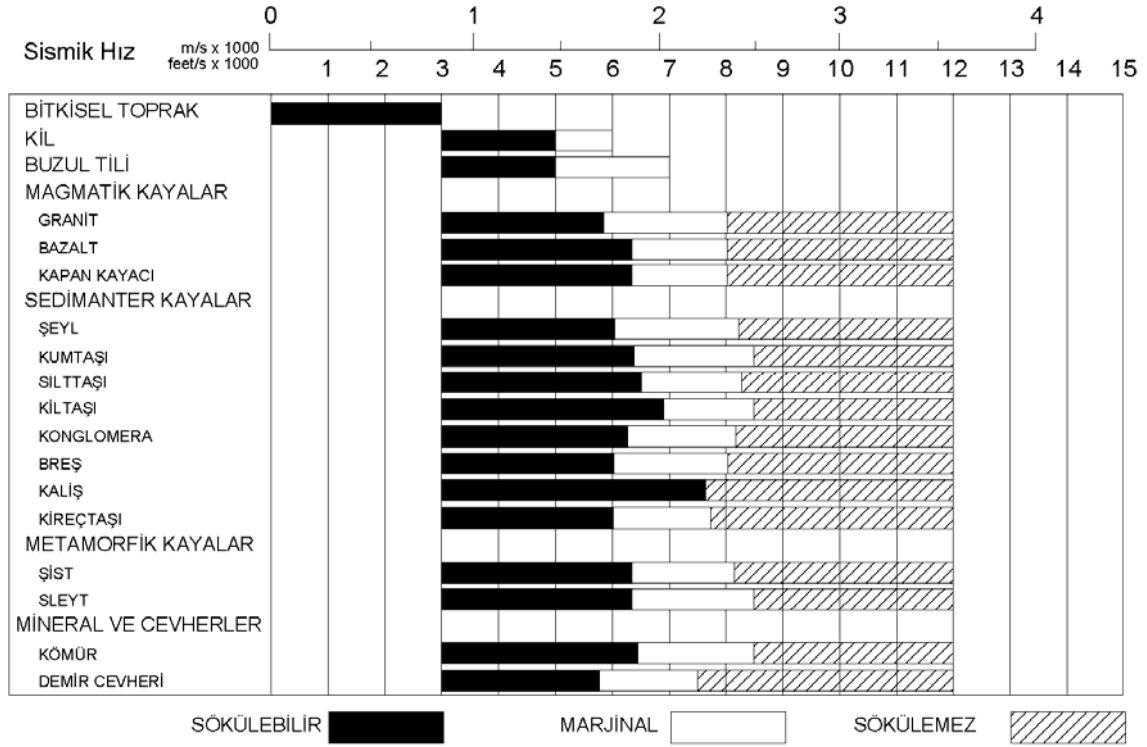
Şekil 2.2. Değişik kazılabilirlik sistemleri tarafından kullanılan özellikler (Çubukların ucundaki ilk rakam yöntemin geliştirilmesinde kullanılan toplam veri sayısını, ikinci rakam yöntemin kaç adet özellik kullandığını ifade etmektedir.)

2.3. Kazı Yönteminin Tahmini İçin Kayaların Jeo-mühendislik Özelliklerini Esas Alan Sistemler / Yöntemler

2.3.1. Tek Parametrelî Yöntemler

Uzun yıllar boyunca genellikle sismik hız (SV) ölçümleriyle oluşturulan ve kaya kütlelerinin sökülebilirliğinin tayinine yönelik olan ilk çalışmalar bir iş makinesi üreticisi tarafından geliştirilmiştir (Caterpillar, 1958, 1998). Caterpillar; hazırlamış olduğu çizelgelerde, üretmekte olduğu farklı iş makinesi modellerinin sismik

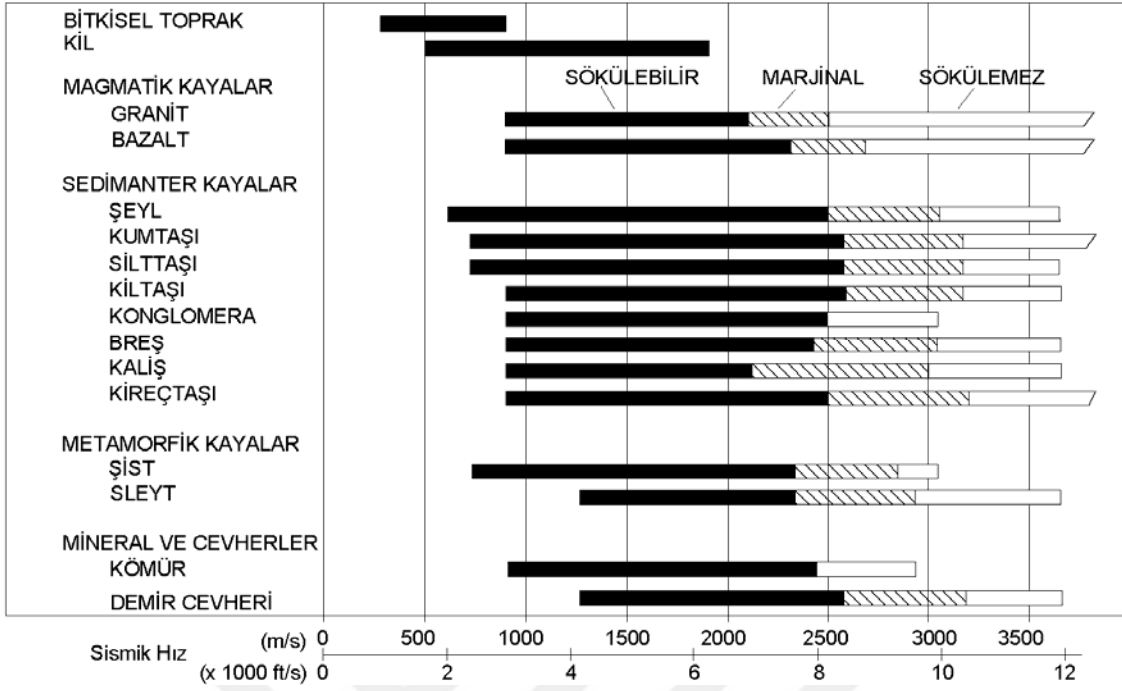
refraksiyon yönteminden elde edilen sonuçlara göre hangi sismik hız değer aralığında nasıl bir sökülebilirlik koşulunun oluşacağını tanımlamıştır. Sökülebilirlik durumu Caterpillar tarafından “sökülebilir”, “marjinal” ve “sökülemez” şeklinde ifade edilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Caterpillar D8N model dozerler için sismik hızı esas alan sökülebilirlik abacı (Anonim, 1998)

Benzer şekilde, Komatsu firması da 1987 yılında kendi ürettiği iş makinesi modelleri için sismik hız sonuçlarını esas alan sökülebilirlik tayini abaklarını yayınlamıştır (Komatsu, 1987, 2006) Komatsu firmasının D275A model dozerler için yayınlamış olduğu örnek bir sökülebilirlik abacı Şekil 2.4’te sunulmuştur.

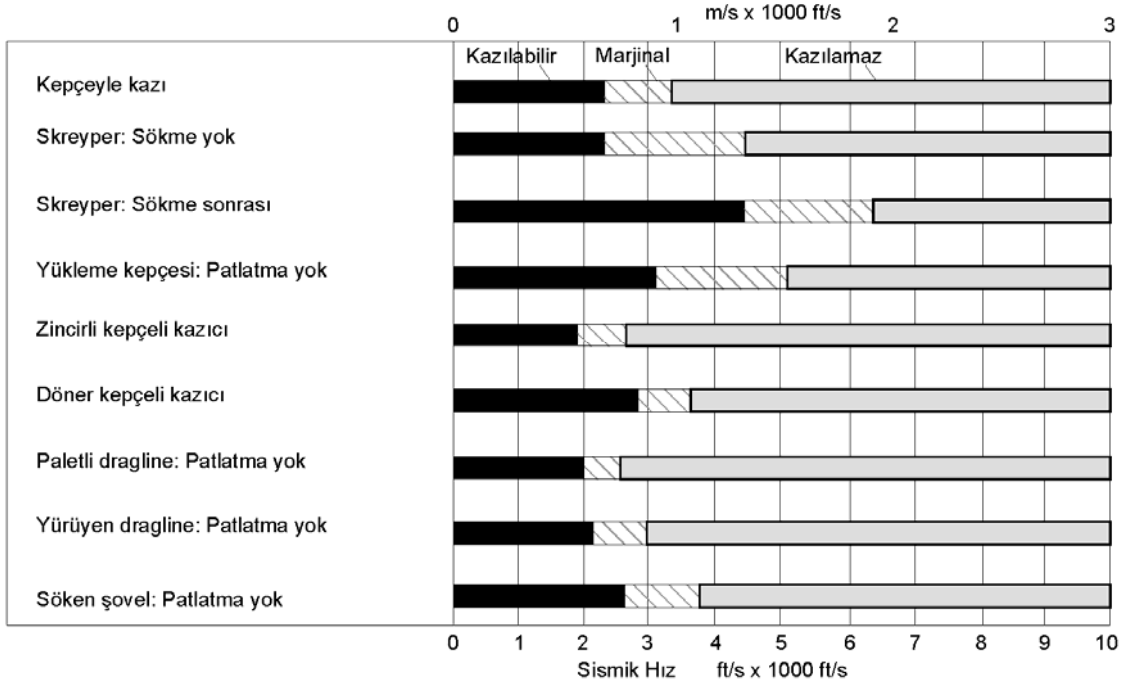
Martin (1986) ve MacGregor (1993); iş makineleri üreticileri tarafından geliştirilen SV verisine dayalı sökülebilirlik abaklarının bazı durumlarda sökülemeyen kayaları dahi sökülebilir şekilde tanımlaması nedeniyle iyimser (hataya kadar varabilen) yaklaşımlar içerdiğini belirtmişlerdir.



Şekil 2.4. Komatsu D275A model dozerler için sismik hızı esas alan sökülebilirlik abağı (Anonim, 2006)

Atkinson (1971), “Açık Ocak Kazıları ve Yükleme Ekipmanları Seçimi” başlıklı çalışmasında SV sonuçlarını kullanarak şovel, skreyper, kepçeli kablolu kazıcı, çeneli kazıcı gibi farklı kazıcılar için kazı durumunu gösteren bir abak geliştirmiştir. Söz konusu abak, bir anlamda Caterpillar firmasının yayınladığı abakların bu araştırmacı tarafından seçilen sürekli kazıcılar için hazırlanmış versiyonuna karşılık gelmektedir. Bu nedenle, Şekil 2.5’te de sunulan bu kazılabilirlik abağı belirli iş makineleri ve kazı ön koşulları ile sınırlıdır.

Kaya türü ve bozunma derecesi dikkate alınmaksızın, P-dalga hızını (V_p) kullanarak sökülebilirlik açısından kazı güçlüğüne ortaya koyan Bailey (1975), farklı P-dalgası hızlarında kayaların “Çok kolay”dan “Çok zor”a doğru sökülebilirlik durumunu belirlemiş ve bunlara puan vermiştir (Çizelge 2.2). En düşük puan en düşük P-dalga hızını ve en kolay sökülebilirliği, en yüksek puan ise en yüksek P-dalga hızı ile en zor sökülebilirliği temsil etmektedir.



Şekil 2.5. Bazı sürekli kazı makineleri için sismik hız değerlerini esas alan kazılabilirlik abağı (Atkinson, 1971)

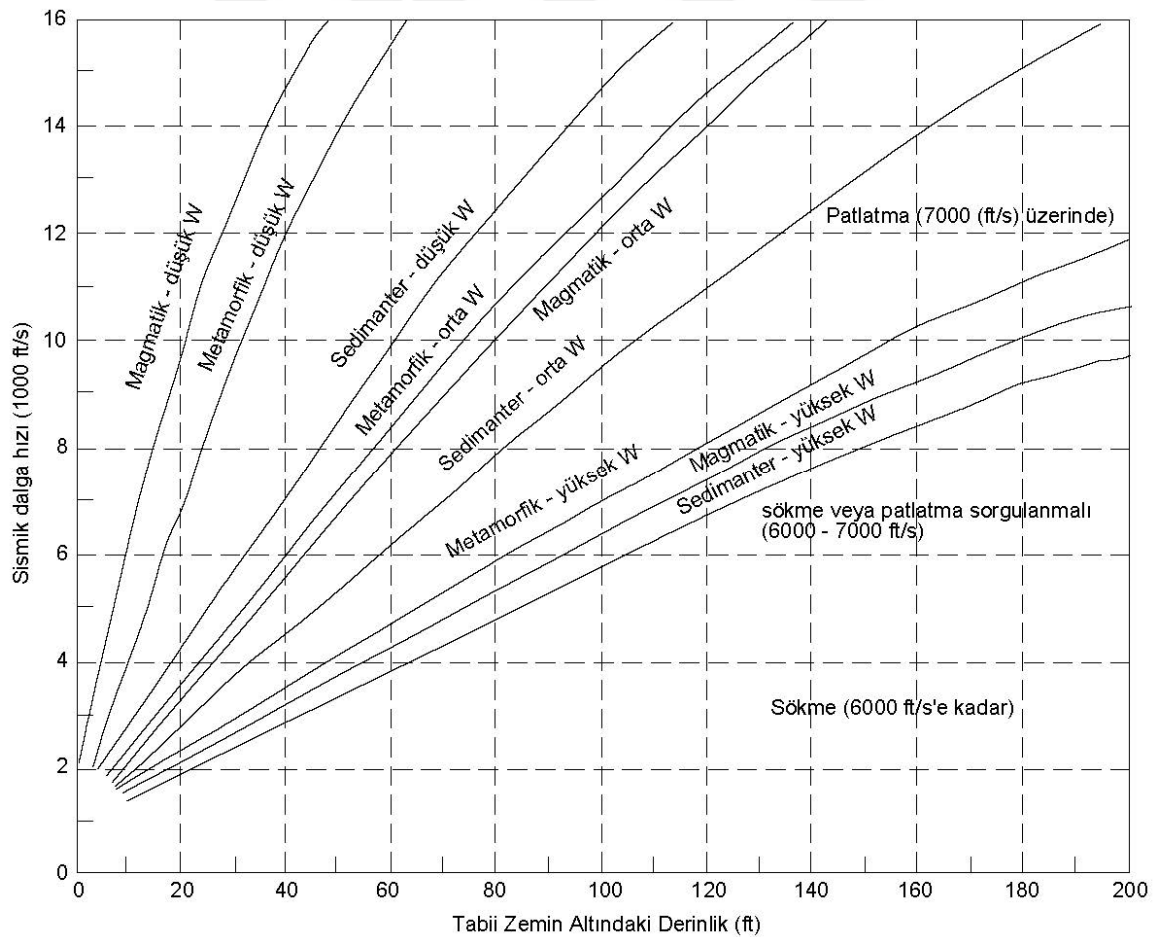
Çizelge 2.2. V_p verisine göre hazırlanan sökülebilirlik sınıfı (Bailey, 1975)

P-Dalga Hızı		Sökülebilirlik Sınıfı	
m/s	ft/s	Tanım	Puan
305-610	1000-2000	Çok kolay	1-3
610-915	2000-3000	Kolay	3-4
915-1525	3000-5000	Orta	4-6
1525-2135	5000-7000	Zor	6-7
2135-2440	7000-8000	Çok zor	7-8
2440-2743	8000-9000	Aşırı zor	8-10

İş makinelerinin kazı operasyonlarındaki verimliliğini makinenin ağırlığının ve beygir gücünün belirlediğini değerlendiren Church (1981), bu özelliklere göre orta ve yüksek ağırlıkta iş makineleri için sismik hız verisini esas alan kazılabilirlik sınıflamasını geliştirmiştir (Çizelge 2.3). Bunun yanı sıra, 509 adet kazı alanından derlenmiş 6100 adet sismik kırınım verisini kullanarak sismik hızla bağlı doğrudan kazı, sökülebilirlik ve patlatma durumunu ve bu işlemin hangi derinliğe kadar uygulanabileceğini de öngören bir abak oluşturmuştur (Şekil 2.6).

Çizelge 2.3. Orta ve yüksek ağırlıktaki iş makineleri için sismik hız verisini esas alan kazılabilirlik sınıfı (Church, 1981)

Kazılabilirlik Sınıfı	Orta Ağırlıkta İş Makineleri	Yüksek Ağırlıkta İş Makineleri
	Sismik hız (m/s)	Sismik hız (m/s)
Sökülebilir değil	<455	<455
Kolay sökülebilir	455-909	455-1212
Orta sökülebilir	909-1212	1212-1515
Zor sökülebilir	1212-1515	1515-1818
Çok zor sökülebilir veya patlatılabilir	1515-1818	1818-2121
Patlatılabilir	>1818	>2121



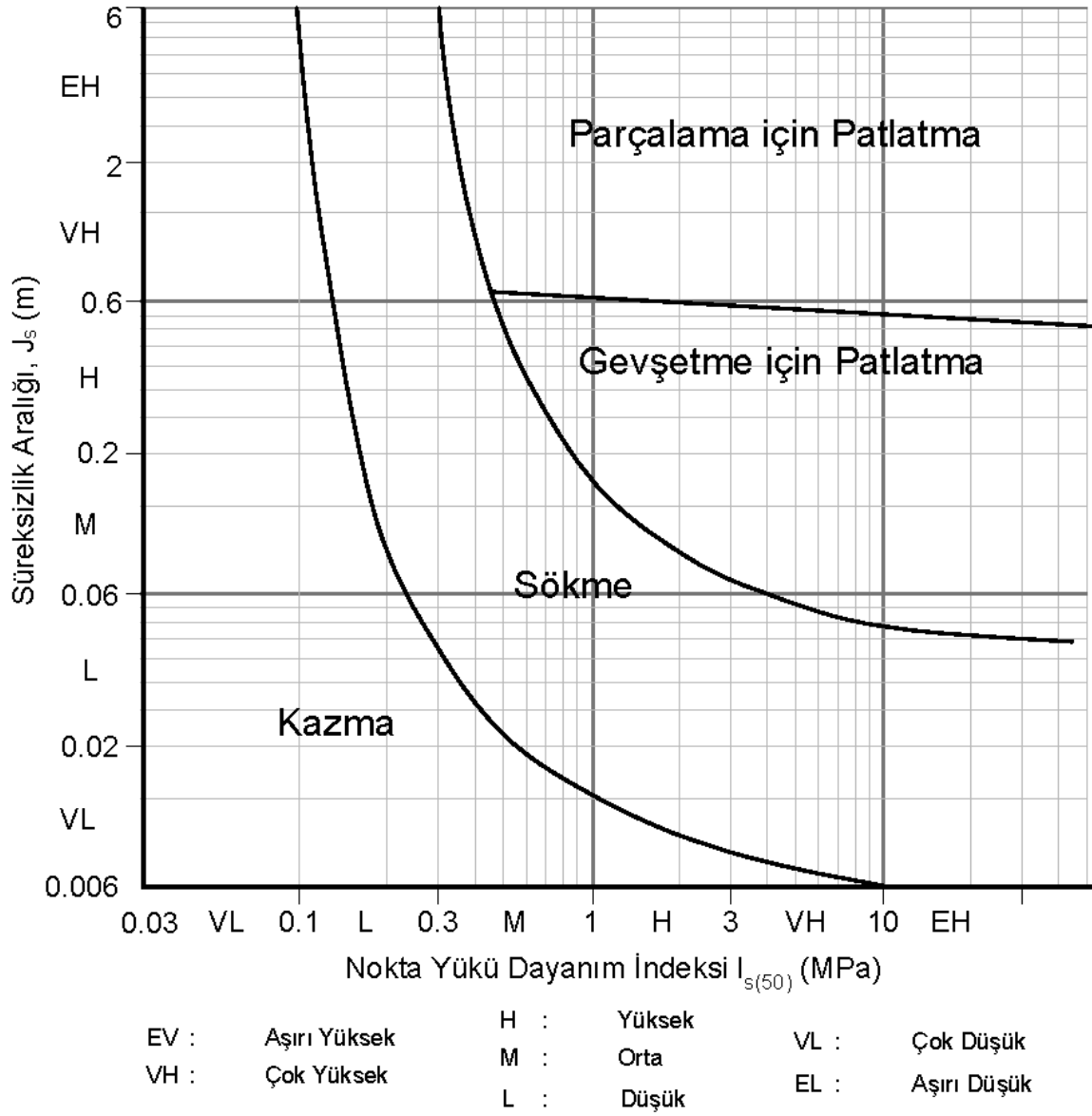
Şekil 2.6. Magmatik, sedimanter ve metamorfik kaya grupları için sismik hızı esas alan sökülebilirlik abağı (W: Bozunma derecesi) (Church, 1981)

2.3.2. Grafik Yöntemler

Kazı türünü dolaylı yoldan tahmin etmek üzere geliştirilmiş grafik yöntemler bu başlık altında değerlendirilmiştir. Bu yöntemler genel olarak kazı türünün bilindiği lokasyonlarda, seçilmiş özelliklere ait sonuçların birbirleriyle ve kazı türü ile ilişkisi değerlendirilerek genelleştirilmiş grafiklerin oluşturulması esasına dayanmaktadır.

Franklin, Broch ve Walton (1971), "Kayanın Mekanik Özelliklerinin Loglanması" isimli çalışmalarında kayaların kazılabilirliğini etkileyen koşulları irdelemişlerdir. Çalışma kapsamında, 39 sahadan elde edilmiş J_s ile $I_{s(50)}$ sonuçları kullanılarak bir sahanın doğrudan kazma, sökme ve patlatma yöntemlerinden hangisi ile kazılabileceğini tahmin eden bir grafik yöntem önerilmiştir (Şekil 2.7). Araştırmacılar, dayanım özelliklerinin belirlenmesi için pratik bir yöntem olması ve arazide de uygulanabilmesi nedeniyle nokta yükleme deneyini seçtiklerini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada düşey ekseninde J_s ve yatay ekseninde $I_{s(50)}$ değerlerinin kullanıldığı çift logaritmik grafiğe ait aksenal sistem uzun yıllar boyunca farklı araştırmacılar tarafından (Bozdağ, 1988; Pettifer ve Fookes, 1997) kullanılmıştır. Bu konuda çalışan araştırmacıların büyük bölümü yapmış oldukları ilave çalışmalarla Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından önerilen sınırların geçerliliğini araştırmışlar ve/veya yeni sınırlar önermişlerdir.

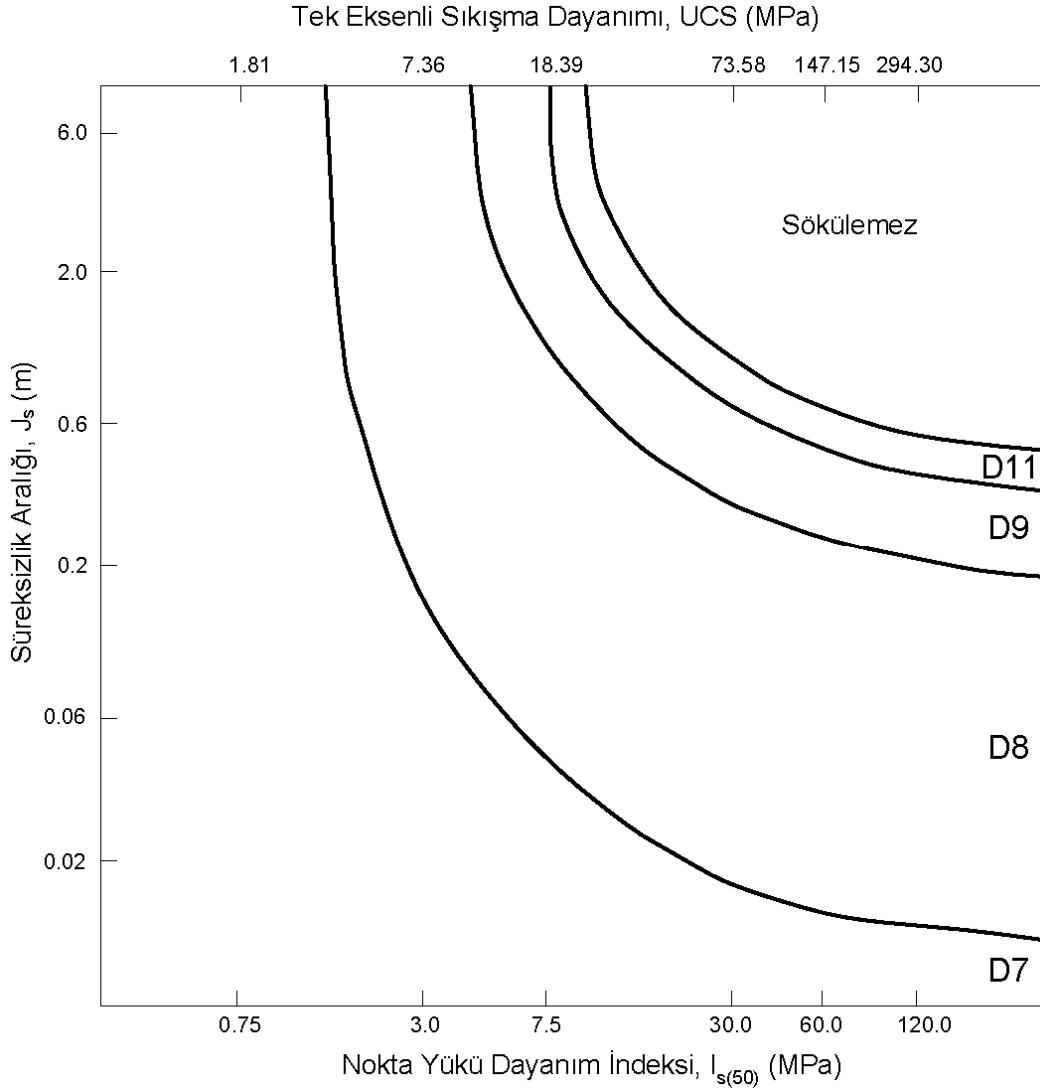
Bozdağ (1988); yüksek lisans tezi kapsamında 46 adet veri kullanarak Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından geliştirilen ve Şekil 2.7'de sunulmuş olan kazı yöntemini belirleme abağının sınırlarının yeniden düzenlenmesini içeren bir çalışma yapmıştır. Araştırmacı, kazı türü bilinen 46 lokasyonda, J_s ve $I_{s(50)}$ değerlerini bu grafik üzerine aktararak Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından önerilen sınırları değerlendirmiş ve buna ek olarak kendi çalışmasına ait lokasyonlarda kazı faaliyetlerini yürütmüş olan iş makinelerinin modellerini de abağa işleyerek Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından geliştirilen abaktaki sınırları Caterpillar firmasının iş makinesi modellerine göre modifiye etmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.7. J_s ve $I_{s(50)}$ değerlerini esas alan kazı yöntemini dolaylı olarak belirleme abağı (Franklin, Broch ve Walton, 1971)

Pettifer ve Fookes (1994), artan makine performansları nedeniyle geçmiş yıllarda geliştirilmiş kazılabilirlik grafiklerini güncellenmesi gerektiği düşüncesinden yola çıkarak; Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından oluşturulan "kazılabilirlik abağını" ek veri kullanarak revize etmiştir. Bu çalışma sonucunda araştırmacılar ilgili abağın hem sınır değerlerini değiştirmiş, hem de revize edilen sınırlara göre oluşan yeni kazı türü alanlarında Caterpillar firmasının hangi modelleri ile

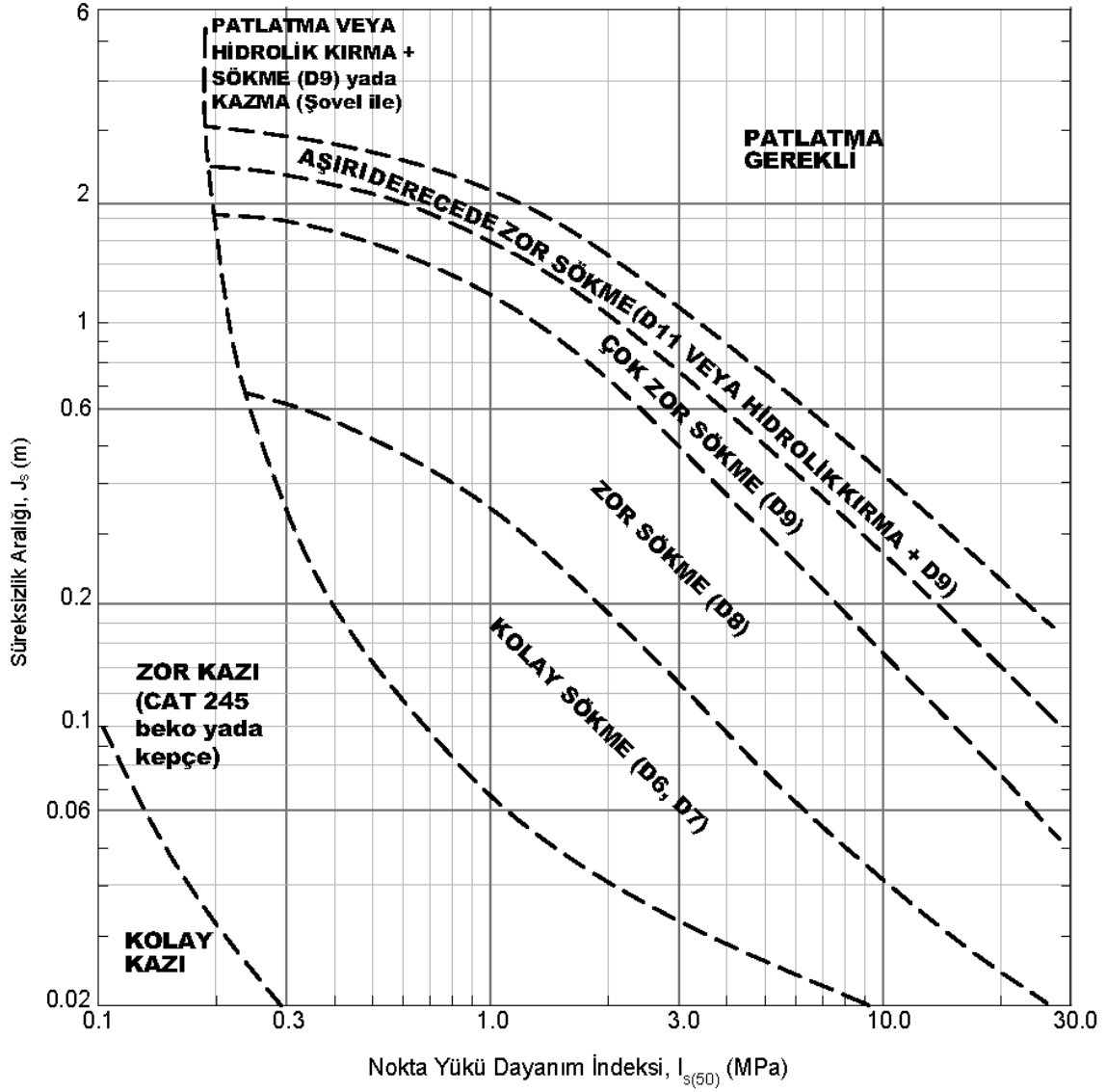
çalışılabileceği belirlemişlerdir (şekil 2.9). Araştırmacılar, blok büyüklüğünün ve süreksizlik yöneliminin de özellikle sökme işleminde etken rol aldığının ve şekilsiz blokların izlenmesi durumunda kazı yöntemine ait tahminler ile uygulama arasında farklılıklar oluşabileceğinin altını çizmişlerdir.



Caterpillar	Beygir Gücü
D6 Serisi	130-185 hp
D7 Serisi	235-240 hp
D8 Serisi	285-305 hp
D9 Serisi	410-436 hp
D10 Serisi	570-600 hp
D11 Serisi	850 hp

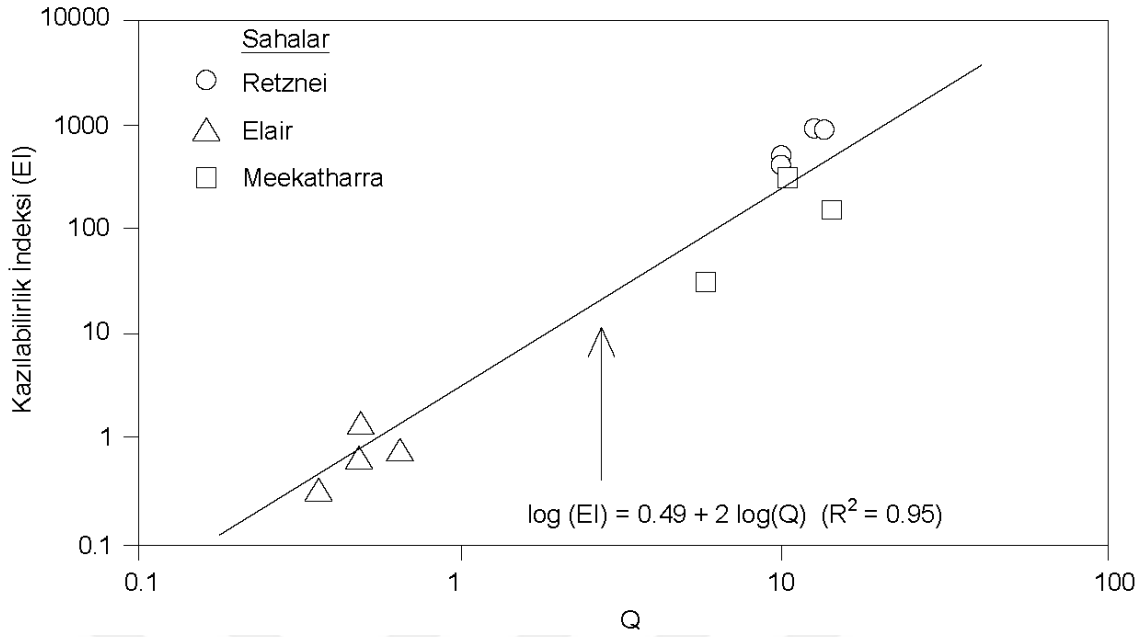
Komatsu	Beygir Gücü
D85	240-264 hp
D155	354 hp
D275	410-449 hp
D375	525-610 hp
D475	890 hp
D575	1150 hp

şekil 2.8. J_s ile $I_{s(50)}$ değerleri kullanılarak kazı işleminin hangi model iş makinesi ile yapılabileceğinin tahmin edilmesi için önerilmiş abak (Bozdağ, 1988)

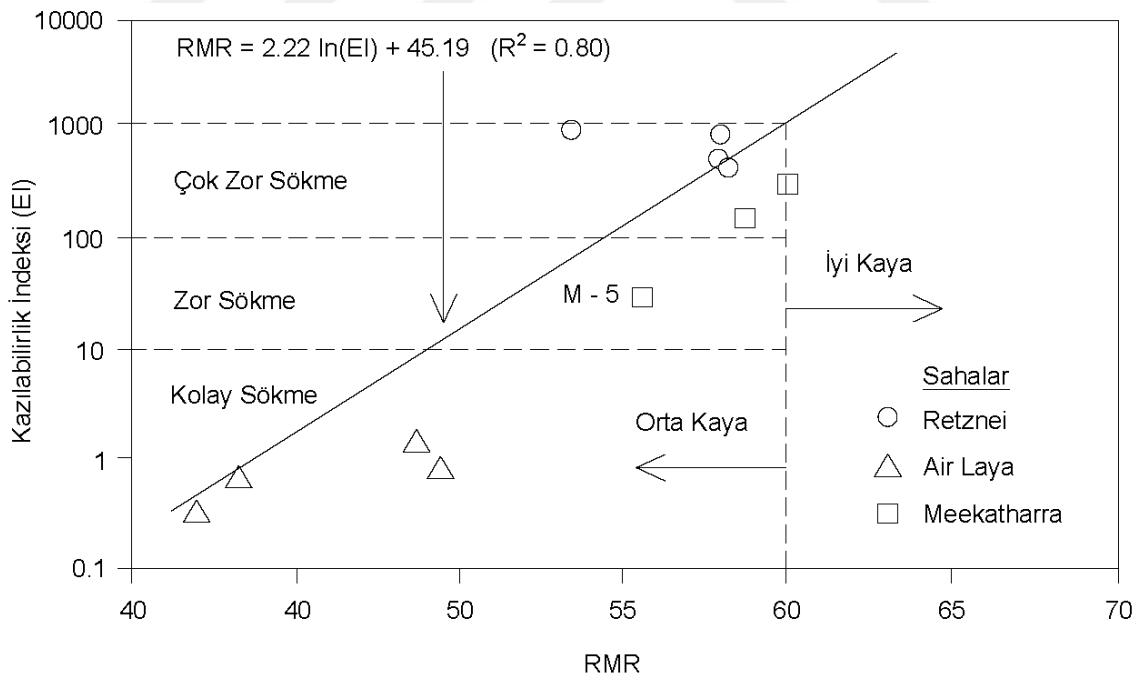


Şekil 2.9. J_s ile $I_{s(50)}$ değerlerini esas alan kazılabilirlik abağı (Pettifer ve Fookes, 1994)

Kramadibrata (1998), kaya kütlelerinin kazılabilirliğini belirlemek için kaya kütlesi sınıflama sistemlerinden de yararlanılması amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu araştırmacı; Q ve RMR sistemlerine ait parametreleri kullanarak 249 lokasyondan elde ettiği veriyi kullanarak, ilk kez Kirsten (1982) tarafından geliştirilen (puanlama sistemleri bölümünde sunulmaktadır) ve seçili parametrelere ait değerlerin bir eşitlikle hesaplanması sonucu kazılabilirlik durumunu ifade eden Kazılabilirlik İndeksi (EI) sonuçlarıyla Q ve RMR değerleri arasındaki ilişkiyi ayrı ayrı gösteren abaklar geliştirmiştir (Şekil 2.10 ve 2.11).



Şekil 2.10. EI ve Q değerlerini esas alan kazılabilirlik indeksi abağı (Kramadibrata, 1998)

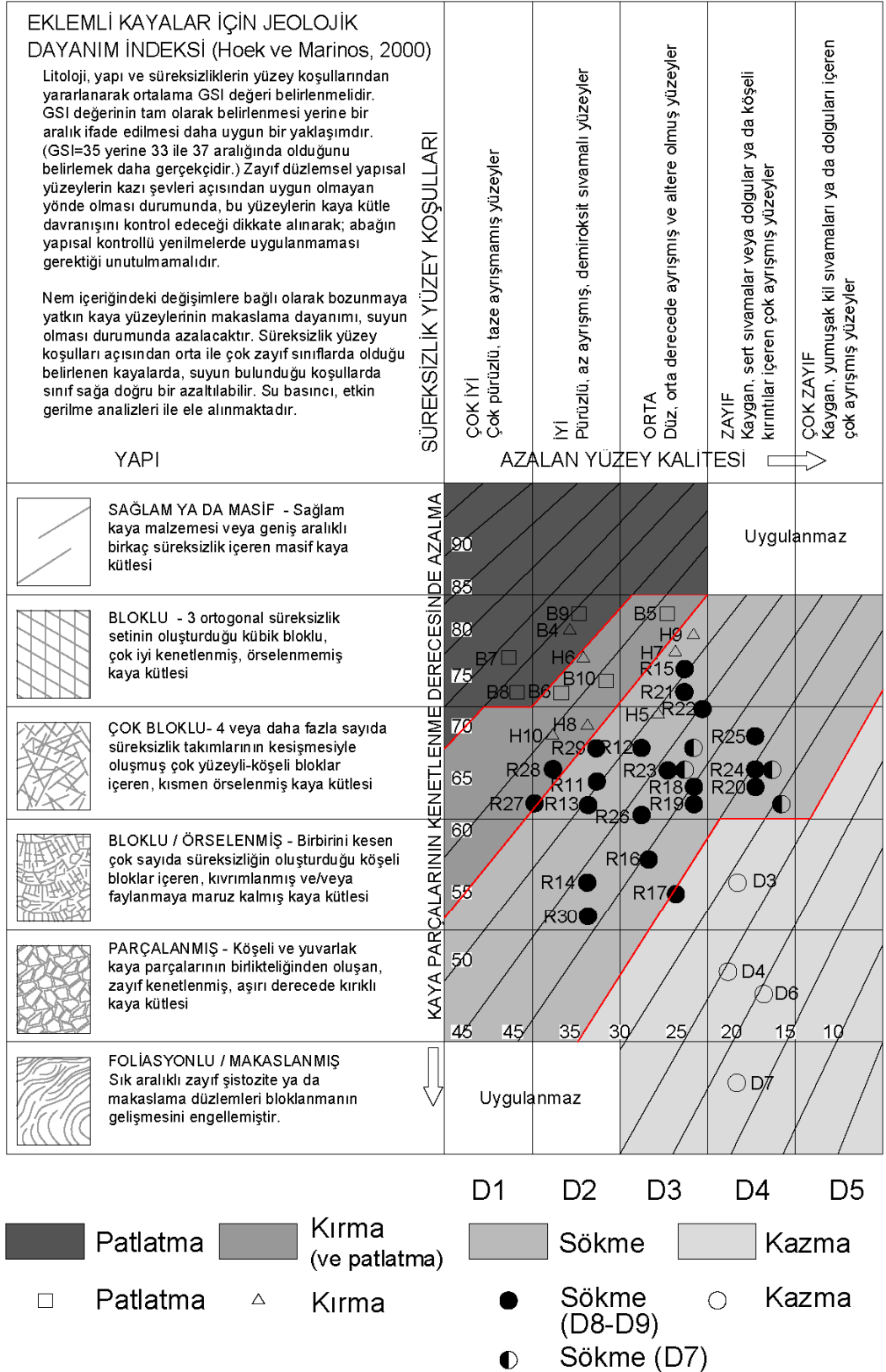


Şekil 2.11. EI-RMR değerlerini esas alan kazılabilirlik tayini abağı (Kramadibrata, 1998)

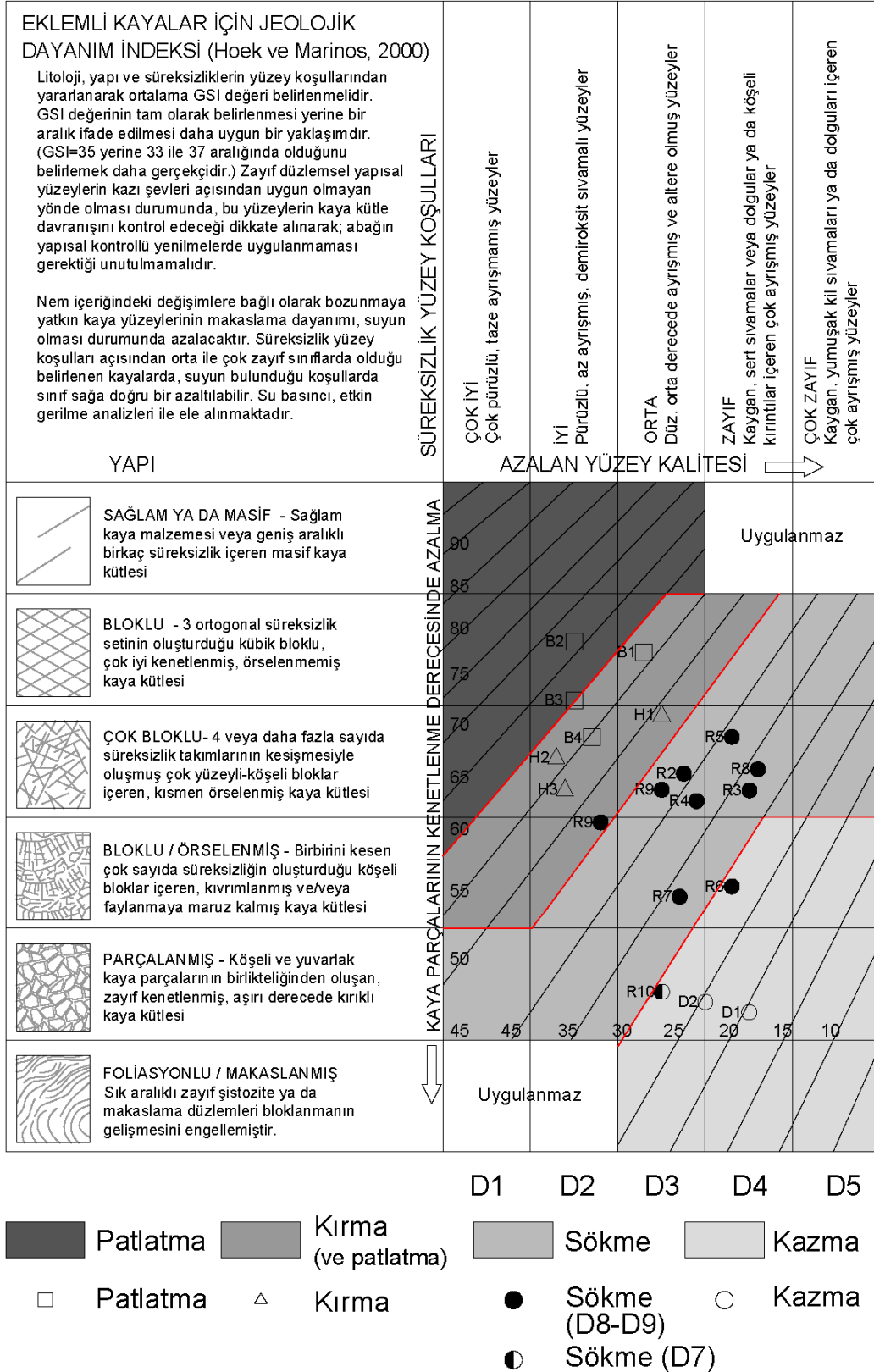
Kramadibrata (1998)'nin önerdiği söz konusu abaklar, kolaydan çok zora sökülebilirliği tayin etmektedir. Araştırmacı aynı zamanda, 1998 yılına kadar genel bir kanı olarak, yeraltı kazılarında gerekli desteğin sağlanması için kullanılabileceği yaygın görüşü olan Q sisteminin açık kazılarda da kullanılabileceğini göstermiştir.

Kaya kütlelerinin kazılabilirlik durumunun tahmin edilmesi için GSI ve $I_{s(50)}$ değerlerini kullanan sistem Tsimbaos ve Saroglou (2010) tarafından önerilmiştir. Araştırmacılar makine performanslarında gelişen artışa bağlı olarak, kayada kazı yönteminin tahmin edilmesinde kullanılan abaklardaki sınırların güncelliğini kaybettiğini, bu sınırlarda revizyona gidilmesi gerektiğini ve kazılabilirliğin tahmini için kaya kütlelerinin özelliklerini dikkate almanın daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlayacağını belirlemişler ve GSI ile $I_{s(50)}$ özelliklerini kullanarak kazı yöntemini tahmin eden bir sistem üzerinde çalışmışlardır. Bu amaçla, araştırmacılar tarafından uygulanan kazı yönteminin bilindiği lokasyonlarda GSI, J_s ve $I_{s(50)}$ değerleri belirlenerek bu değerler ile kazı yöntemi arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu işlem sonucunda $J_s = 0,3$ m ve $I_{s(50)} = 3$ MPa'ın eşik değerler olduğu belirlenmiş ve $I_{s(50)}$ 'nin 3 MPa'dan küçük veya büyük olduğu lokasyonlara ait GSI değerleri bu sınır koşul için yeniden derlenip gruplanarak farklı kazı yöntemleri için GSI abaklarına aktarılmış ve bu lokasyonlarda uygulanan kazı yöntemleri arasındaki ayırtlayıcı sınırlar çizilerek iki adet kazı abağı oluşturulmuştur. (Şekil 2.12 ve 2.13).

Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından önerilen ve GSI'ı esas alan kazı abağı üzerinde doğrudan kazma, sökme, kırma ve patlatma için ayrılmış bölgeler bulunmaktadır. Bir sahada uygulanacak kazı yönteminin tahmin edilmesi için $I_{s(50)}$ değerlerinin belirlenmesi, bu değer 3 MPa'dan küçük veya büyük olması durumuna göre ilgili abağın seçilmesi, Yapı (S) ve Süreksizlik Yüzey Koşulu (D) bilgileri yardımıyla GSI değerinin abağa işlenmesi gerekmektedir. Bu işlem sonrasında ilgili lokasyona ait elde edilen S-D veri çifti noktaları ilgili abakta (Şekil 2.12 veya 2.13) hangi kazı türü sınırları içerisinde kalıyorsa, o sahada o kazı yönteminin uygulanabileceği öngörülmektedir. Söz konusu abaklar toplam 61 lokasyondan elde edilen veri ile oluşturulmuş olup, bu veri de Şekil 2.12 ve 2.13'te sunulan abaklar üzerine işlenmiştir.

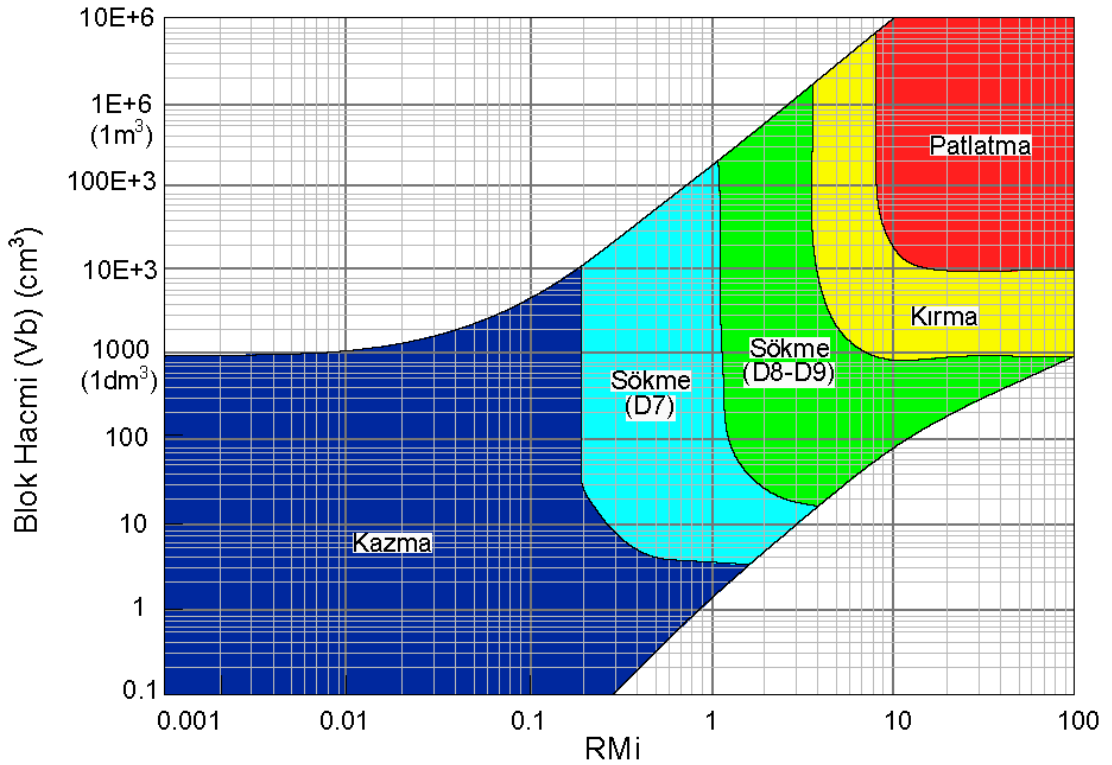


Şekil 2.12. Kaya kütlelerinde kazı yönteminin belirlenmesi için önerilmiş GSI abağı (orijinal verisiyle birlikte) ($I_{s(50)} < 3$ MPa durumu için) (Tsiambaos ve Saroglou, 2010)



Şekil 2.13. Kaya kütlelerinde kazı yönteminin belirlenmesi için önerilmiş GSI abağı (orijinal verisiyle birlikte) ($I_{s(50)} \geq 3$ MPa durumu için) (Tsiambaos ve Saroglou, 2010)

Khamehchiyana, Dizadji ve Esmaeli (2014); Kaya Kütle İndeksi (RMi)'ni ve blok hacmini (BV) kullanarak bir kazılabilirlik abağı geliştirmiştir (Şekil 2.14). Gotvand Barajı'ndaki 70 lokasyondan elde edilen veri ile oluşturulan sistem kullanılarak RMi ve BV'nin tayin edildiği sahalarda doğrudan kazma, sökme, kırma ve patlatma yöntemlerinden hangisinin uygulanabileceği tahmin edilmektedir. Bu abakta ayrıca, bazı kazı türleri için kullanılacak Caterpillar marka iş makinesi modelleri (D7, D8 ve D9) de gösterilmiş olup, abaktaki beyaz alanlar veri olmadığı için kazı türünün belirlenmesinde kullanılmamaktadır.



Şekil 2.14. BV ve RMi değerlerini esas alan kazı türünü belirleme abağı (Khamehchiyana, Dizadji ve Esmaeli, 2014) (D7 - D9 ile ilgili açıklamalar için Şekil 2.8'e bakınız)

2.3.3. Puanlama Sistemleri

Kazı yönteminin dolaylı yoldan tahmin edilmesi amacıyla geliştirilmiş sistemlerin gruplandırıldığı üçüncü grup "Puanlama Sistemleri"dir. Bu sistemlerde genel olarak, kayanın kazı türünü etkileyecek özellikler seçilmiş ve bu özellikler için her özelliğe puanlar atanarak çizelgeler oluşturulmuştur. Kazı türü tahmin edilecek

sahalar için bu çizelgelerden her özellik için belirlenen puanların toplanmasıyla elde edilen değere göre uygulanabilecek kazı yöntemi belirlenmektedir.

Weaver (1975) tarafından kayanın sökülebilirliğinin tayini için RMR sisteminin ilk versiyonundaki (Bieniawski, 1974) girdi parametrelerinden bazılarını da içeren bir puanlama sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde, UCS, W, J_s , J_g , J_{or} , J_{cont} ve SV'yi esas alan puanlama çizelgesi (Çizelge 2.4) kullanılmaktadır. Araştırmacı tabaka yöneliminin sökülebilirlik açısından önemli olduğunun altını çizmiş ve optimum tabaka eğiminin 45° civarında olması durumunda en uygun sökme koşulunun sağlandığını ifade etmiştir. Weaver'ın çalışmasında değindiği sökülebilirliği etkileyen bir diğer husus J_s 'dir. Süreksizlik aralığının, kayacın masifliğini azaltıp yüzey alanını arttırdığı için dolaylı olarak dayanımı ve bozunma derecesini de etkilemekte olduğu düşünülmüştür. Bu yöntemde kaya malzemesinin belirlenen özelliklerine ait farklı durumlar için puanlar verilmiş ve elde edilen toplam puana göre sökülebilirlik koşulu belirtilmiştir.

Barton ve ark. (1974) tarafından geliştirilen Q Sisteminde yer alan girdi parametrelerinden Kaya Kalitesi Göstergesi (RQD), Süreksizlik Takımı Sayısı (J_n), Süreksizlik Pürüzlülük Sayısı (J_r) ve Süreksizlik Alterasyon Sayısı (J_a) ile zemin ve kayalar için Kirsten (1982) tarafından geliştirilen ve zeminin kazılabilirliğini etkileyen unsurlarla olan ilişkisini temsil eden Görelî Zemin Yapısı (G_s) ile dayanımı temsil eden Kütle Dayanımı (M_s) kullanılarak formülûze edilen Kazılabilirlik İndeksi (N) zemin ve kayaların sökülebilirlik durumunu tayin etmektedir (Eşitlik 2.1). Bu eşitliğe göre; kütle dayanımı, blok büyüklüğü, görelî zemin yapısı ve eklem dayanımının kazılabilirliği denetlediğini ifade edilmektedir.

$$N = M_s \times (RQD / J_n) \times J_s \times (J_r / J_a) \quad (2.1)$$

Kirsten (1982), Eşitlik 2.1'in dört bölümden oluştuğunu ifade etmiştir. Bunlar;

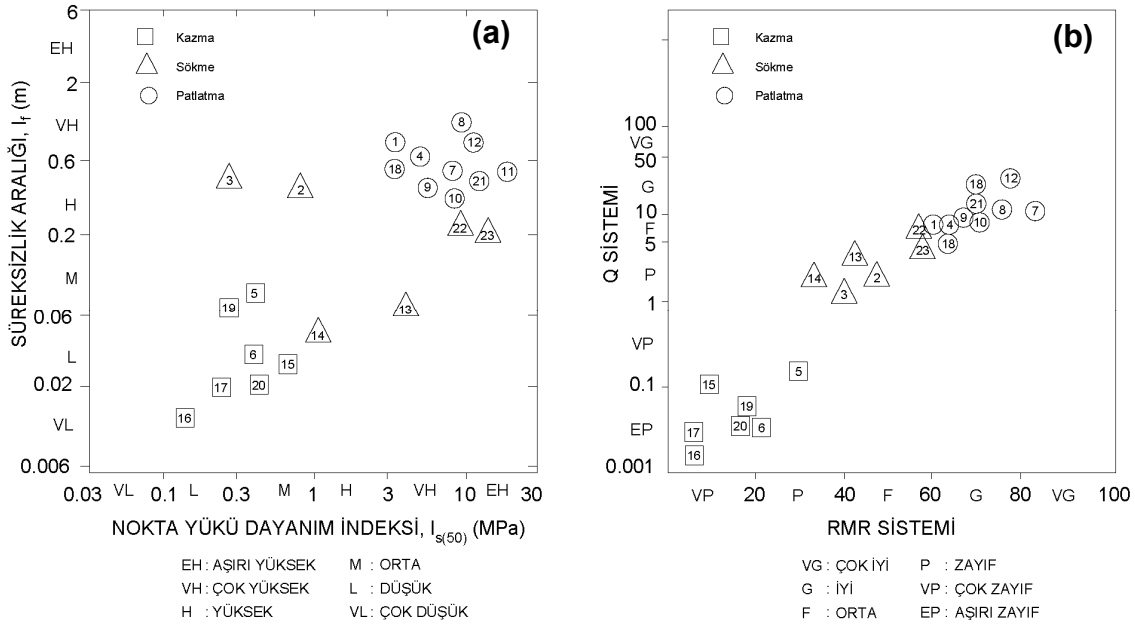
- M_s : Kütle dayanımı,
- RQD / J_n : Blok büyüklüğü,
- G_s : Görelî zemin yapısı ve
- J_r / J_a : Süreksizlik dayanımıdır.

Çizelge 2.4. UCS, W, G_s, J_g, J_{or}, J_{cont} ve SV parametrelerini esas alan (Weaver, 1974)'in önerdiği kazı yöntemi puanlama sistemi

Kaya Kütlesi Tanımı	I		II		III		IV		V	
	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya					
Sismik hız (m/s)	>2150	2150-1850	1850-1500	1500-1200	1200-450					
<i>Puan</i>	26	24	20	12	5					
Kaya sertliği	Aşırı sert kaya	Çok sert kaya	Sert kaya	Yumuşak kaya	Çok yumuşak kaya					
<i>Puan</i>	10	5	2	1	0					
Bozunma derecesi	Taze	Az bozunmuş	Bozunmuş	Çok bozunmuş	Tümüyle bozunmuş					
<i>Puan</i>	9	7	5	3	1					
Sür. aralığı (mm)	>3000	3000-1000	1000-300	300-50	<50					
<i>Puan</i>	30	25	20	10	5					
Sür. devamlılığı	Devamsız	Az devamlı	Devamlı-dolgu yok	Devamlı-az dolgu	Devamlı-dolgulu					
<i>Puan</i>	5	5	3	0	0					
Sür. dolgusu	Kapalı	Az ayrık	Ayrıklık <1mm	Dolgu<5mm	Dolgu>5mm					
<i>Puan</i>	5	5	4	3	1					
Doğrultu, eğim, yönelim	Çok olumsuz	Olumsuz	Az olumsuz	Olumlu	Çok Olumlu					
<i>Puan</i>	15	13	10	5	3					
TOPLAM	100-90	90-70	70-50	50-25	<25					
Sökülebilirlik değerlendirmesi	Patlatma	Aşırı zor sökme ve patlatma	Çok zor sökme	Zor sökme	Kolay sökme					
Makine seçimi	-	DD9G/D9G	D9/D8	D8/D7	D7					
Beygir gücü	-	770/385	385/270	270/180	180					
Kilowatt	-	570/290	290/200	200/135	135					
Sür.: Süreksizlik										

Bunun yanı sıra araştırmacı, 2.1'deki eşitliğin zeminlerin kazılabilirliği için de kullanılabileceğini belirtmiş olup, ilgili değerlendirmelerde kullanılmak üzere onbir ayrı çizelge sunmuştur.

Abdullatif ve Cruden (1983) tarafından gerçekleştirilen çalışmada; doğrudan kazma, sökme ve patlatma yöntemlerinin uygulandığı 23 lokasyona ait J_s ve $I_{s(50)}$ değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından geliştirilen abağın üzerine işlenerek değerlendirilmiştir. Daha sonra, bu lokasyonlar için Q ve RMR değerleri hesaplanarak Q değerlerine karşılık gelen RMR değerlerinin doğrudan kazma, sökme ve patlatma yöntemine göre karşılaştırıldığı bir grafik (Şekil 2.15) oluşturulmuş ancak bu grafik üzerinde kazı türlerini birbirinden ayıran sınırlar çizilmemiştir. Araştırmacılar, kendi verilerinin Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından önerilen kazı grafiğindeki dağılımı ve mevcutta uygulanan kazı yöntemlerini dikkate aldıklarında kazı yönteminin tahmin edilmesi noktasında RMR'a ait elde etmiş oldukları sonuçların Q değerlerinden daha tutarlı olduğunu ifade etmişler ve RMR değerlerine göre kazı türlerini sınıflamışlardır.



Şekil 2.15. Uygulanan kazı yönteminin bilindiği 23 lokasyonda belirlenen (a) J_s - $I_{s(50)}$ veri çiftlerini gösteren grafik, (b) aynı lokasyonlar için hesaplanan Q-RMR veri çiftlerinin aynı grafikteki dağılımı (Abdullatif ve Cruden, 1983)

Abdullatif ve Cruden (1983); $RMR \leq 30$ olan kaya ortamlarda doğrudan kazma işlemi yapılabileceğini $30 \leq RMR \leq 60$ aralığında sökme işleminin uygulanabileceğini ve $RMR \geq 60$ olması koşulunda ise delme patlatma yapılması gerekeceğini belirtmektedirler.

Scoble ve Müftüoğlu (1984); kazı ekipmanının performansını etkileyen kaya özelliklerinin blok büyüklüğü ve şekli, dayanım, yoğunluk, aşındırıcılık, nem içeriği ve bozunma derecesi olduğunu belirtmektedir. Bu çerçevede bozunma derecesi (W), dayanım (UCS veya $I_{s(50)}$), süreksizlik aralığı (J_s) ve tabakalanma aralığı (BS) olduğunu belirtmişler ve bu özellikleri dikkate alan ve puanlamaya dayalı kazılabilirlik indeksi puanına göre kazı yöntemlerini belirleme amaçlı sistemi önermişlerdir (Çizelge 2.5). Scoble ve Müftüoğlu (1984) tarafından önerilen ikinci çizelgede (Çizelge 2.6) ise, Kazılabilirlik İndeksi Puanına göre seçilebilecek “Açık İşletme Madencilik Makineleri” verilmektedir.

Çizelge 2.5. W , UCS veya $I_{s(50)}$, J_s ve BS , parametrelerini esas alan kazı yöntemi puanlama sistemi (Scoble ve Müftüoğlu, 1984)

PARAMETRE	SINIF					
	I	II	III	IV	V	
Bozunma derecesi <i>Puan (W)</i>	Tümüyle <0	Çok 5	Orta 15	Az 20	Taze 25	
Dayanım (MPa)	UCS	<20	20-40	40-60	60-100	>100
	$I_{s(50)}$	<0.5	0.5-15	15-20	20-35	>35
<i>Puan (St)</i>	0	10	15	20	25	
Sür. Aralığı (m) <i>Puan (J_s)</i>	<0.3 5	0.3-0.6 15	0.6-1.5 30	1.5-2.0 45	>2.0 50	
Tabaka Aralığı (m) <i>Puan (BS)</i>	<0.1 0	0.1-0.3 5	0.3-0.6 10	0.6-1.5 20	>1.5 30	

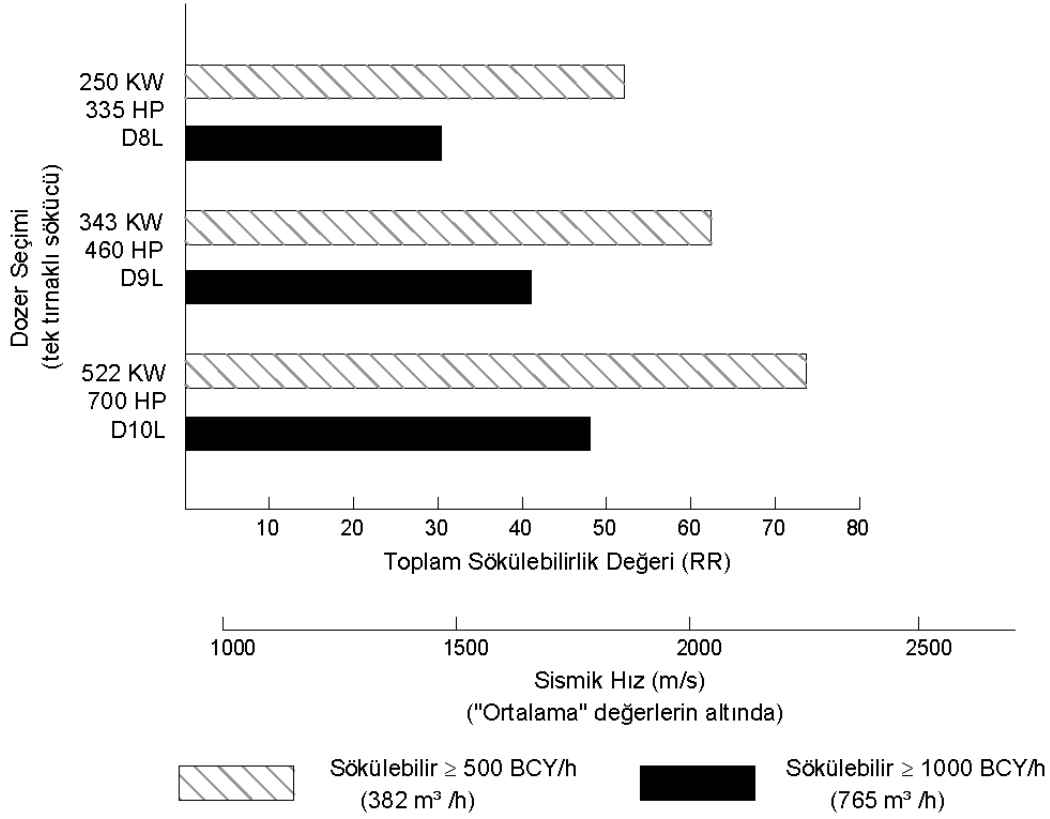
Çizelge 2.6. Kazılabilirlik İndeksi puanına göre seçilebilecek kazı yöntemi ve “Açık İşletme Madenciliği Makineleri” (Scoble ve Müftüoğlu, 1984)

Sınıf	Kazı Kolaylığı	İndeks (W+S+J+B)	Kazı Metodu	Patlatmaya Başvurmadan Yapılacak Uygulama (Örneklerle)
I	Çok kolay	<40	1.Sökme 2.Dragline 3.Şovelle kazma	A. Riper-Skreyper (Cat D8) B. Dragline > 5m ³ (Lima 2400) C. Halatlı Şovel >3m ³ (RB 71)
II	Kolay	40-50	1.Sökme 2.Dragline 3.Şovelle kazma	A. Riper-Skreyper (Cat D9) B. Dragline > 8m ³ (Marion 195) C. Halatlı Şovel >5m ³ (RB150)
III	Orta zor	50-60	1.Sökme 2.Şovelle kazma	A. Riper-Şovel (Cat D9) B. Hidrolik Şovel > 3m ³ (Cat245)
IV	Zor	60-70	1.Sökme 2.Şovelle kazma	A. Riper-Şovel (Cat D10) B. Hidrolik Şovel > 3m ³ (Cat 245, O&K RH40)
V	Çok zor	70-95	Şovelle kazma	Hidrolik Şovel > 3m ³ (Cat 245, O&K RH40)
VI	Aşırı zor	95-100	Şovelle kazma	Hidrolik Şovel > 7m ³ (Demag H111, O&K RH75, Poclain 1000CK, P&H 1200)
VII	Patlatmasız marjinal	>100	Şovelle kazma	Hidrolik Şovel > 10m ³ (Demag H185 / H241, O&K RH300)

Smith (1986); Weaver (1975) tarafından geliştirilen ve 7 parametreyi esas alarak toplam 100 puan üzerinden değerlendirme yapan Sökülebilirlik Puanlama Çizelgesi'ndeki sismik hız (SV)'ı çıkartıp Bozunma Derecesi (W) için tanımlanan puanları revize ederek 75 puan üzerinden değerlendirme yapacak şekilde çizelgeyi yeniden düzenlemiş (Çizelge 2.7) ve bu çizelgeden hesaplanan “sökülebilirlik değeri”ne (RR) karşılık gelecek bir sismik hız / iş makinesi beygir gücü grafiğini oluşturmuştur (Şekil 2.16).

Çizelge 2.7. UCS, W, J_s, J_g, J_{cont} ve J_{or}, parametrelerini esas alan sökülebilirlik sınıflama sistemi puan çizelgesi (Smith, 1986)

Tanımlayıcı Sınıflama	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya
Kaya sertliği	Çok sert kaya (≥ 70 MPa)	Sert kaya (70-25 MPa)	Orta sert kaya (25-10 MPa)	Yumuşak kaya (10-3 MPa)	Çok yumuşak kaya (< 3 MPa)
<i>Puan</i>	10	5	2	1	0
Bozunma derecesi	Taze	Az bozunmuş	Orta d. bozunmuş	Çok bozunmuş	Tümüyle bozunmuş
<i>Puan</i>	10	7	5	3	1
Sür. aralığı (mm)	>3000	3000-1000	1000-300	300-50	<50
<i>Puan</i>	30	25	20	10	5
Sür. devamlılığı	Devamsız	Az devamlı	Devamlı-dolgu yok	Devamlı-az dolgu	Devamlı-dolgulu
<i>Puan</i>	5	5	3	0	0
Sür. dolgusu	Kapalı	Az ayrık	Ayrıklık <1mm	Dolgu<5mm	Dolgu>5mm
<i>Puan</i>	5	5	4	3	1
Süreksizlik yönelimi	Çok olumsuz	Olumsuz	Az olumsuz	Olumlu	Çok Olumlu
<i>Puan</i>	15	13	10	5	3
Sür.: Süreksizlik					



Şekil 2.16. Smith (1986)'in RR'yi esas alan iş makinesi beygir gücü grafiği

Aşındırıcılık (A_b), süreksizlik aralığı (J_s), sismik hız (SV), bozunma derecesi (W), ve dolaylı çekme dayanımı (UTS) dikkate alınarak Singh, Denby ve Egretli (1987) tarafından önerilen Sökülebilirlik İndeksi'nin geliştirilmesinde 6 lokasyondan elde edilen veri kullanılmıştır. Bu sisteme ait puanlama çizelgesinden (Çizelge 2.8) elde edilen toplam puana göre kaya malzemesinin sökülebilirlik durumu; kolay sökülebilirten marjinala kadar tahmin edilmekte, ayrıca 90 puanın üzeri için patlatma yönteminin kullanılması önerilmektedir.

Birden fazla özelliğin dikkate alınmasıyla kazılabilirlik tayininin yapıldığı bir diğer sistem Karpuz (1990) tarafından geliştirilmiş olup, sistem, tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS) veya nokta yükü dayanım indeksi ($I_{s(50)}$), süreksizlik aralığı (J_s), sismik hız (SV), bozunma derecesi (W) ve Shore sertliği (SHV) gibi özellikler için puan aralıklarının verildiği bir puanlama çizelgesini içermektedir (Çizelge 2.9). "Kazılabilirlik sınıflama sistemi puan çizelgesi"nden elde edilen toplam puana göre hangi kazı yönteminin kullanılacağı ve hangi iş makinesiyle kazı yapılabileceği belirlenebilmektedir (Çizelge 2.10).

Çizelge 2.8. Ab, UTS, W, J_s ve SV parametrelerini esas alan sökülebilirlik sınıflama sistemi puan çizelgesi (Singh, Denby ve Egretli, 1987)

Parametreler	Kaya Sınıfı				
	1	2	3	4	5
UTS (MPa) <i>Puan</i>	< 2 0-3	2-6 3-7	6-10 7-11	10-15 11-14	>15 14-17
Bozunma derecesi <i>Puan</i>	Tümüyle 0-2	Çok 2-6	Orta derecede 6-10	Az 10-14	Taze 14-18
Sismik hız (m/s) <i>Puan</i>	400-1100 0-6	1100-1600 6-10	1600-1900 10-14	1900-2500 14-18	>2500 18-25
Aşındırıcılık <i>Puan</i>	Çok az 0-5	Az 5-9	Orta 9-13	Yüksek 13-18	Çok yüksek 18-22
Sür. aralığı (mm) <i>Puan</i>	<0.06 0-7	0.06-0.3 7-15	0.3-1.0 15-22	1.0-2.0 22-28	>2.0 28-33
TOPLAM	<30	30-50	50-70	70-90	>90
Sökülebilirlik değerlendirilmesi	Kolay	Orta	Zor	Marjinal	Patlatma
Önerilen dozer	Yok-Sınıf 1 Hafif kapasite	Sınıf 2 Orta kapasite	Sınıf 3 Ağır kapasite	Sınıf 4 Çok ağır kapasite	-
Çıktı (kW)	<150	150-250	250-350	>350	-
Ağırlık (ton)	<25	25-35	35-55	>55	-

Sür.: Süreksizlik

Çizelge 2.9. UCS veya $I_{s(50)}$, J_s , SV, W ve SHV'yi esas alan kazılabilirlik sınıflama sistemi puan çizelgesi (Karpuz, 1990)

Parametre	Sınıf				
	1	2	3	4	5
UCS (MPa)	< 5	5-20	20-40	40-110	> 110
$I_{s(50)}$ (MPa)	< 0.2	0.2-0.8	0.8-1.6	1.6-4.4	> 4.4
<i>Puan</i>	2	5	10	20	25
Ort. Sür. aralığı (m)	< 0.3	0.3-0.6	0.6-1.2	1.2-2.0	> 2.0
<i>Puan</i>	5	10	15	20	25
Sismik dalga hızı (m/s)	> 1600	1600-2000	2000-2500	2500-3000	> 3000
<i>Puan</i>	5	10	15	20	25
Bozunma derecesi	Tümüyle	Çok	Orta	Az-Taze	Az-Taze
<i>Puan</i>	0	3	6	10	10
Shore sertliği (SHV)	< 20	20-30	30-45	45-55	> 55
<i>Puan</i>	3	5	8	12	15

*Sınıflama sistemi tabaka ve 2 süreksizlik takımı bulunması durumunda geçerlidir. Eğer tabaka ve bir süreksizlik takımı varsa toplam puana 5 eklenmelidir. Sadece tabaka varsa 10 puan, eğer gözle görülebilir bir süreksizlik yoksa 15 puan eklenmelidir. (Sür.: Süreksizlik)

Çizelge 2.10. "Kazılabilirlik sınıflama sistemi puan çizelgesi"nden elde edilen toplam puana göre kazı yöntemini ve iş makinesini belirleme çizelgesi (Karpuz, 1990)

Sınıf	Kazı güçlüğü	İndeks	Kazı yöntemi			Patlatma gerektiğinde	
			Kablolu Kazıcı ¹	Hidrolik Ekskavatör ²	Sökme, Dozer tipi	Delme oranı (m/min)	Özgül şarj (kg/m ³)
1	Kolay	0-25	Kaz	Kaz	Kolay (D7)	-	-
2	Orta	25-45	Patlat	Kaz	Orta-zor (D8/D9)	1.48	0.130-0.200
3	Kısmen Zor	45-65	Patlat	Patlat	Zor-çok zor (D9/D11)	1.28	0.200-0.280
4	Zor	65-85	Patlat	Patlat	Marjinal-sökülemez (D11)	0.57	0.280-0.350
5	Çok zor	85-100	Patlat	Patlat	Sökülemez (Patlatma)	< 0.42	> 0.350

¹ 7.65-19.11 m³ (10-25 yd³) kepçe kapasitesine sahip kablolu kazıcılar için geçerlidir.

² Kepçe kapasitesi 8.03 m³ (10.5 yd³)'ün altında olan hidrolik ekskavatörler için geçerlidir.

MacGregor, Fell ve Mostyn (1994) tarafından geliştirilen sökülebilirlik sistemi, tez kapsamında incelenen yöntemler arasında 527 lokasyondan derlenen en büyük veri tabanı kullanılarak oluşturulmuş olan çalışmadır. Araştırmacılar oluşturdukları veri tabanı yardımıyla dozerlerin farklı kayalardaki saatlik üretim miktarını tahmin eden eşitlikler geliştirmiştir (sedimanter kayalar için Eşitlik 2.2, volkanik kayalar için Eşitlik 2.3 ve tüm kayalar için Eşitlik 2.4). Sistem; UCS, W, SV, GS, J_n, J_r, J_s ve jeolojik yapı (SR) özelliklerinden yararlanarak sökme yöntemiyle oluşturulan üretim miktarını belirlemektedir. Bunun yanı sıra araştırmacılar, çalışmada Komatsu marka buldozer modellerinin çalışabileceği en yüksek UCS değerlerini de vermişlerdir.

$$(\sqrt{Q}) / H = 0,866 - 0,00736\mathbf{UCS} - 0,000119\mathbf{SV} + 0,0496\mathbf{J}_r - 0,00004\mathbf{J}_s \quad (2.2)$$

$$(\sqrt{Q}) / H = -0,138 + 0,112\mathbf{W} - 0,599\mathbf{GS} - 0,000084\mathbf{SV} + 0,106\mathbf{J}_r - 0,000225\mathbf{J}_s \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} (\sqrt{Q}) / H = 0,469 - 0,00321\mathbf{UCS} + 0,023\mathbf{W} - 0,020\mathbf{GS} - 0,00011\mathbf{SV} + 0,0535 \mathbf{J}_r \\ + 0,0524\mathbf{J}_n + 0,0114\mathbf{SR} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Eşitlik 2.2, 2.3 ve 2.4'te;

Q : Yerinde saatlik kazı miktarı (m³ / h)

H : İş makinesinin ağırlığı (ton)'dır.

Kazı yönteminin belirlenmesinde puanlama sistemi kullanan bir diğer yöntem Hadjigeorgiou ve Poulin (1998) tarafından geliştirilmiştir. Araştırmacıların; I_{s(50)}, J_v, W ve Görelî Zemin Yapısı (J_s) gibi özellikleri kullanarak oluşturdukları eşitlikten "kazı indeksi (EI)" değerini (Eşitlik 2.5) hesaplamaktadır. "EI" değerinin hesaplandığı parametrelere ait puan çizelgesi Çizelge 2.11'de ve elde edilen sonuç değere göre öngörülen kazı güçlüğü Çizelge 2.12'de verilmiştir.

$$EI = (I_{s(50)} + J_v) \times W \times J_s \quad (2.5)$$

Araştırmacılar, Eşitlik 2.5'te kullanmış oldukları parametreler dışında, çalışmanın yapıldığı dönemde yaygın kullanılan bir parametre olmasa da, kayanın

aşındırıcılık özelliğinin de kazılabilirliği etkilediği, ancak tayin edilmesinde standart bir deney yönteminin bulunmadığını belirtmişlerdir. Araştırmacıların kazı yönteminin belirlenmesinde kullanımı açısından değerlendirdikleri bir diğer özellik sismik hız değeridir. Sismik hızın kaya karakterizasyonunu ifade eden bir deney olduğu, kolay sökülebilir kaya kütlesi ortamlarında sökülemez blokları belirleyemediği, yeraltısuyla ilgili suya doygun seviyeleri ayırt edemediğini belirtmişlerdir.

Çizelge 2.11. Eşitlik 2.5'teki $I_{s(50)}$, J_v , W ve J_s gibi özellikleri esas alan puanlama çizelgesi (Hadjigeorgiou ve Poulin, 1998)

Puanlar	I	II	III	IV	V
$I_{s(50)}$ (MPa)	0.5	0.5-1.5	1.5-2.0	2.0-3.5	> 3.5
<i>Puan</i>	0	10	15	20	25
	Çok küçük	Küçük	Orta	Büyük	Çok büyük
J_v (eklem/m³)	30	30-10	10-3	3-1	1
<i>Puan</i>	5	15	30	45	50
W	Tümüyle	Çok	Orta	Az	Taze
<i>Puan</i>	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
J_s	Çok uygun	Uygun	Az Uygun	Uygun değil	Hiç uyg. değil
<i>Puan</i>	0.5	0.7	1.0	1.3	1.5

Çizelge 2.12. Kazı indeksi (EI) değerlerine karşılık gelen kazı güçlüğü sınıflaması (Hadjigeorgiou ve Poulin, 1998)

Sınıf	Kazı güçlüğü	Kazı indeksi aralığı
I	Çok kolay	< 20
II	Kolay	20-30
III	Zor	30-45
IV	Çok zor	45-55
V	Patlatma gerekli	> 55

Sökülebilirlik durumunun tahmin edildiği bir diğer puanlama sistemi, Türkiye Linyit İşletmeleri (TKİ) Genel Müdürlüğü'ne bağlı 6 panodan elde edilen veri kullanılarak Başarır ve Karpuz (2004) tarafından geliştirilmiştir. V_p , UCS veya $I_{s(50)}$, J_s ve Schmidt çekici geri sıçrama değerini (SHH) kullanarak kaya özelliklerinin puanlandırıldığı bu sistemde, ilk puanlama çizelgesinden (Çizelge 2.13) bu özelliklere ait puanlar belirlenip toplanmakta, Çizelge 2.14'ten ise; Çizelge 2.13'ten elde edilen puana karşılık gelen Caterpillar marka dozer modellerinin saatlik üretim miktarlarına göre makine seçimi yapılabilmektedir. Bunun yanı sıra, Çizelge 2.13'den belirlenen puanın Çizelge 2.14'te karşılık geldiği sınıfa ait özgül enerji (SE) değerleri de belirlenebilmektedir.

Çizelge 2.13. V_p , UCS veya $I_{s(50)}$, J_s ve SHH sökülebilirlik puanlama sistemi çizelgesi (Başarır ve Karpuz, 2004)

Parametre	Sınıf				
	1	2	3	4	5
V_p (m/s)	0-800	800-1000	1000-2000	2000-2500	> 2500
<i>Puan</i>	0-5	5-15	15-20	20-30	30
$I_{s(50)}$ (MPa)	< 0.1	0.1-0.5	0.5-1.0	1.0-2.0	> 2.0
UCS (MPa)	< 5	5-15	15-25	25-45	> 45
<i>Puan</i>	0-5	5-15	15-25	25-35	35
J_s (m)	< 0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.5	> 2.5
<i>Puan</i>	0-3	3-10	10-14	14-20	20
SHH	< 15	15-35	35-45	45-50	> 50
<i>Puan</i>	0-2	2-7	7-10	10-15	15

Çizelge 2.14. Sökülebilirlik puanlama sistemi çizelgesinden elde edilen değere karşılık gelen üretim miktarını belirleme ve iş makinesi seçim çizelgesi (Başarı ve Karpuz, 2004)

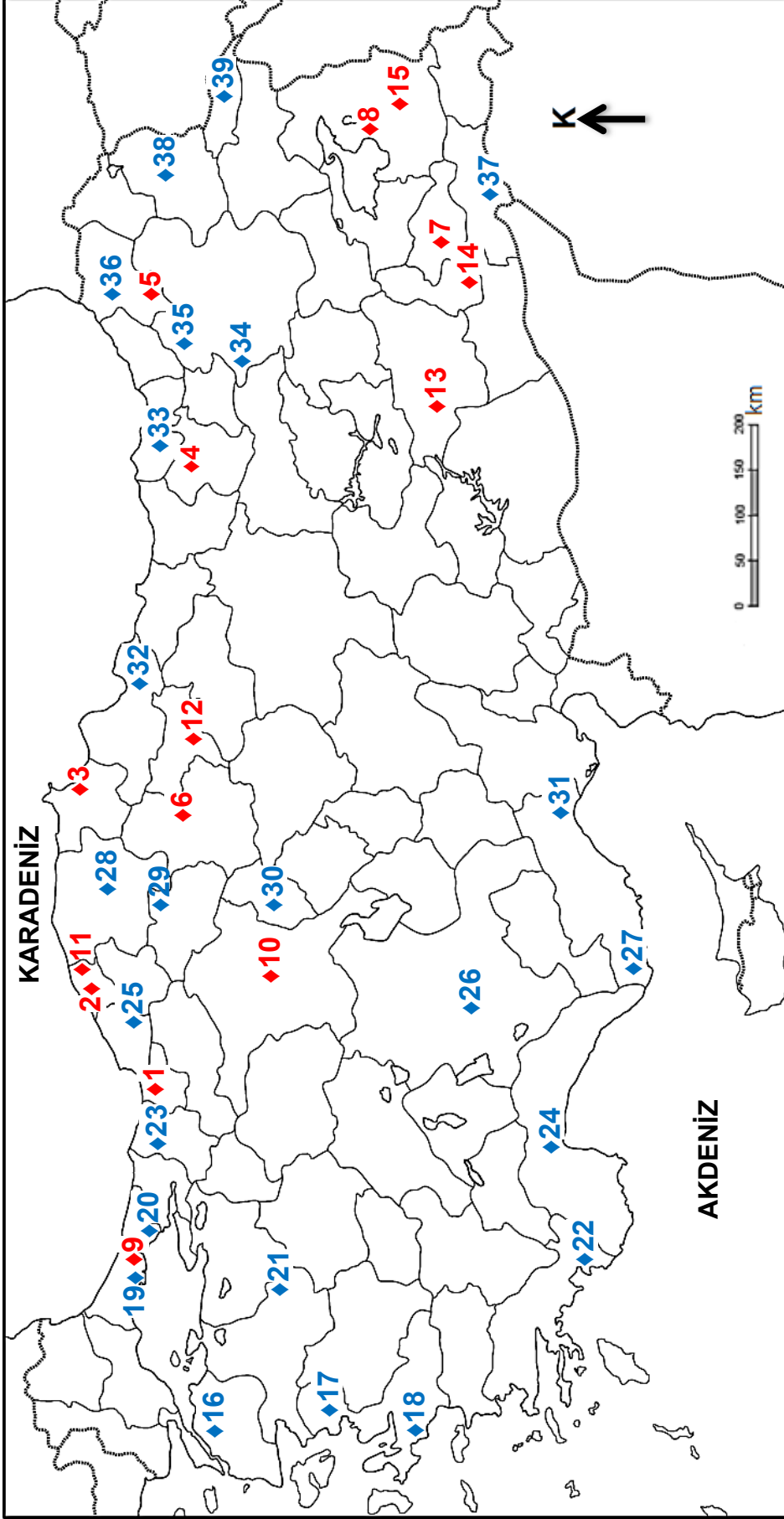
Sınıf	Puan	D8		D9		D10		D11		Dozer	Dozer	Dozer
		Özgül	Üretim m ³ /h	Belirlenen Sınıf	Üretim m ³ /h	Belirlenen Sınıf	Üretim m ³ /h	Belirlenen Sınıf	Üretim m ³ /h			
1	0-20	< 3.75	> 1300	Çok kolay	> 1500	Çok kolay	> 6000	Çok kolay	> 10000	Çok kolay	Çok kolay	Çok kolay
2	20-55	3.75-5.25	900-1300	Kolay	1000-1500	Kolay	4300-6000	Çok kolay	7000-10000	Çok kolay	Çok kolay	Çok kolay
3	55-70	5.25-7.00	400-900	Orta	450-1000	Orta	1900-4300	Çok kolay	3000-7000	Çok kolay	Çok kolay	Çok kolay
4	70-85	7.00-9.00	250-400	Güç	285-450	Zor	1200-1900	Kolay	2000-3000	Kolay	Çok kolay	Çok kolay
5	85-95	> 9.00	< 250	Çok güç	<285	Çok zor	<600	Zor	< 800	Zor	Kolay	Kolay
6	95-100	-	0	Patlatma	0	Patlatma	<150	Çok zor	< 250	Çok zor	Zor	Zor

3. VERİ TABANININ OLUŞTURULMASI VE ÇALIŞMADA KULLANILAN KAYA BİRİMLERİNİN KARAKTERİZASYONU

3.1. Veri Tabanının Oluşturulması

Tez çalışması kapsamında, kayaların kazılabilirlik değerlendirmesinde kullanılan bazı grafik yöntemlerin uygulama performansının denetlenmesi amaçlanmış olup, bu bağlamda ilk aşamada grafik yöntemlerde kullanılan ortak parametreler belirlenmiştir. Bu işlem sonucunda, yaygın kullanılan sayısal, hızlı, ucuz ve pratik olarak belirlenebilen parametrelerin kullanımının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Kaya malzemesinin dayanım özelliklerini ortaya koymak için Nokta Yüğü Dayanım İndeksinin ($I_{s(50)}$), kaya kütlesi özelliklerini belirlemek için ise süreksizlik aralığı (J_s) ve kantitatif GSI abağındaki (Sönmez ve Ulusay, 2002) parametrelerin kullanılmasına karar verilmiştir. Veri tabanının oluşturulması işlemi sırasında öncelikle Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. Jeolojik Hizmetler Grup Müdürlüğü interaktif arşivlerinde 2009 yılından bu yana kayıt altına alınmış yaklaşık 5700 adet sondaj ve 2200 adet $I_{s(50)}$ verisi arasından Türkiye’de ve karada gerçekleştirilmiş jeoteknik çalışmalar belirlenmiştir. Bu çalışmalar arasından kazı yapılması öngörülen 39 proje seçilerek 2087 adet tekil sondaj ve 1704 adet $I_{s(50)}$ ’den oluşan bir veri kümesi oluşturulmuştur. Bu işlem sonrasında veri kalitesini kontrol etmek amacıyla, seçilen bu 39 projeden aşağıda belirtilen ölçütleri sağlamayan lokasyonlar (Şekil 3.1’de maviyle gösterilen) ayıklanarak, sonuçta 15 projeyi kapsayan bir veri tabanı elde edilmiştir.

- (a) Araştırma çalışmaları arasında $I_{s(50)}$ değeri bulunmayan lokasyonlar,
- (b) Kaya birimler içerisinde yerüstü veya yeraltı kazısı bulunmayan lokasyonlar,
- (c) Kazı işleminin tamamlanmadığı lokasyonlar,
- (d) Kazı yönteminin öğrenilemediği ve/veya tereddüt edildiği lokasyonlar,
- (e) $I_{s(50)}$ değeri bulunan ancak deney seviyesinin kazı kotuna ya da yakınına denk gelmediği lokasyonlar,



Şekil 3.1. Veri tabanının oluşturulmasında yararlanılan tüm projelerin lokasyonları (Kırmızıyla gösterilen projeler için veri tabanına ait veri, mavile gösterilenler ise alınmamıştır 1-Düzce, 2-Bartın, 3-Sinop, 4-Gümüşhane, 5- Artvin, 6- Çorum, 7-Siirt, 8-Van, 9- İstanbul, 10-Ankara, 11-Bartın, 12-Amasya, 13-Diyarbakır, 14-Batman, 15-Van).

- (a) Volkanik breş ve iri taneli aglomera / konglomera birimlerinin bulunduğu lokasyonlar (bu tür birimlerde $I_{s(50)}$ 'nin tayin edilmemesi gerektiğinden)
- (b) Kazı yapılan bir lokasyonda, birden fazla seviyede nokta yükleme deneyi sonucunun bulunması durumunda; deney seviyelerinin kazı kotları içerisinde kalması ve bu seviyelerde belirlenmiş $I_{s(50)}$ değerlerinin aynı olmaması kaydıyla ilgili verinin tamamı veri tabanına eklenmiştir.

Arazide bu tezin yazarı tarafından amaca yönelik olarak yapılan ek çalışmalar (arazi, literatür) dışında, veri tabanının tamamına Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. (YP)'nin arşivlerinden ulaşılmış ve belirlenen ölçütlerde veri içerdiği saptanan raporlar / projeler için Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü'nden, Cengiz İnşaat ve Sanayi Ticaret A.Ş.'den, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden, ve Karayolları Genel Müdürlüğü'nden Ek – 1 'de resmi yazıları sunulan izinler alınmıştır. Derlenen veri tabanlarına ait projelerdeki lokasyonların tamamının Türkiye haritasındaki dağılımları Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

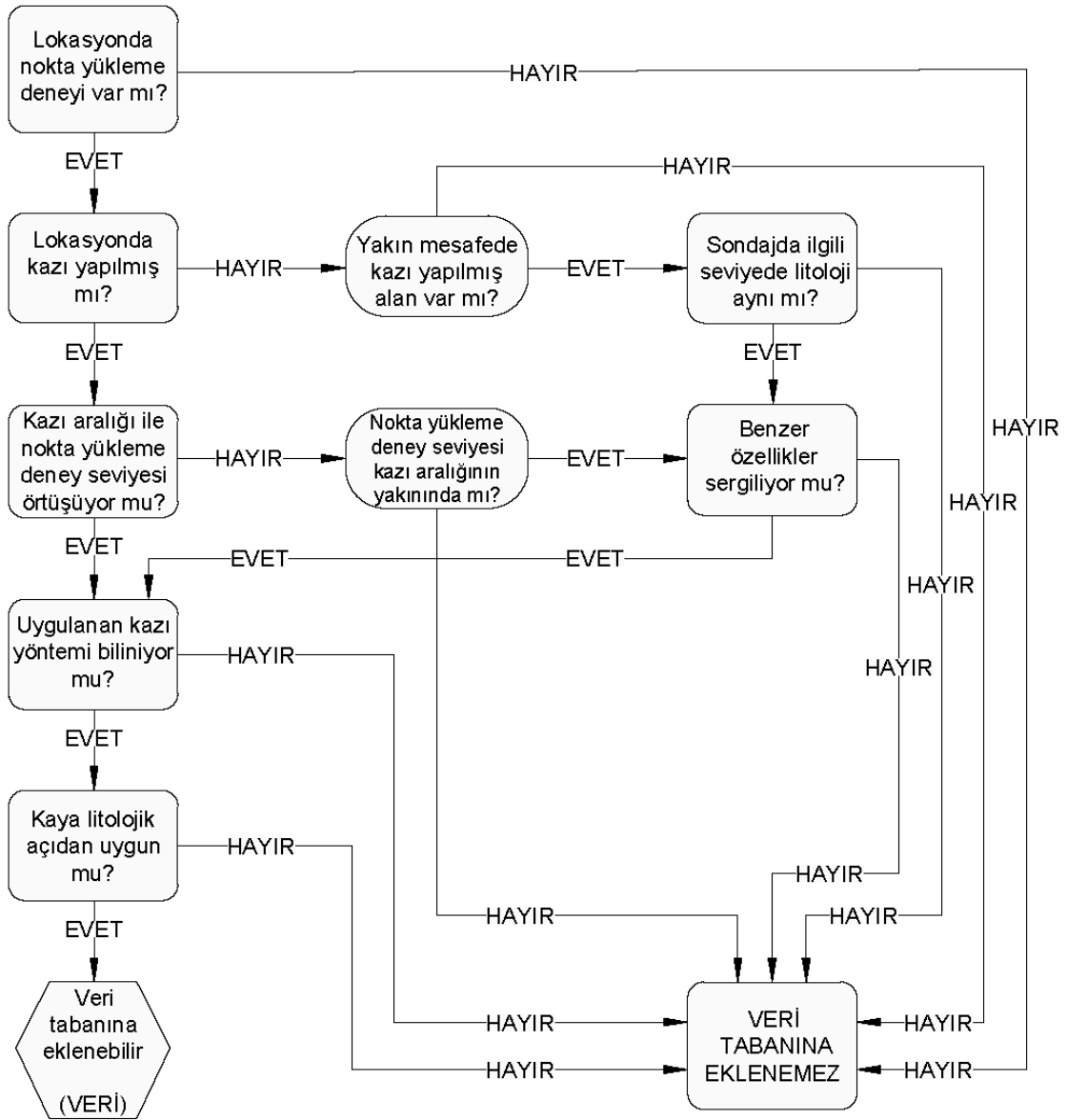
Tez kapsamında yapılan değerlendirmeler sonucunda, toplam 1704 veriden bu çalışmada esas alınan veri seçme ölçütlerini sağlayan 234 tanesi veri tabanına aktarılmıştır. Ancak, farklı lokasyonlarda uygulanan kazı türlerinin dağılımları incelendiğinde, veri tabanında herhangi bir “sökme (riper)” verisinin olmadığı, veri tabanındaki imalatlarda bunun yerine kırma yönteminin uygulandığı anlaşılmıştır. Türkiye’de madencilik uygulamaları dışında yaygın kullanımı bulunmayan “sökme” işlemine ait verinin temini için Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Genel Müdürlüğü'nden sökme yönteminin uygulandığı kömür işletmelerine ait jeoteknik veri talep edilmiş, ancak verinin varlığı ve temini konusunda sonuç alınamamıştır. Sökme verisinin temini amacıyla ayrıca kazılabilirlik konusunda çalışmaları bulunan Orta Doğu Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Celal Karpuz ile görüşülerek (Karpuz, 2019) 1988 yılında TKİ Genel Müdürlüğü için hazırlanan bir rapora ulaşılmıştır. Söz konusu raporda 284 lokasyondan sadece 9 tanesinde $I_{s(50)}$ verisinin bulunduğu belirlenmiş, ancak bu lokasyonlara ait diğer veri (kaya kütlesi parametreleri) belirlenen ölçütlere bütünüyle uymadığı için veri tabanına eklenememiştir.

Benzer şekilde, Başarır (2018)'dan da 6 adet sökme verisi temin edilmiş olup, verinin bu çalışmada esas alınan ölçütlere uygunluğu kontrol edilerek bunlardan 5'i veri tabanına eklenmiştir. Ceylanoğlu (2018) ile de iletişim kurularak Akın (2006) tarafından 14 lokasyona ait veri kullanılarak hazırlanmış olan yüksek lisans tezine ait bilgi alınmış, ancak söz konusu çalışmada ilgili lokasyonlarda hangi tür kazı yönteminin uygulandığı bilinmediği için bu çalışmadan da veri tabanına eklenebilecek veri elde edilememiştir.

Yeterli sayıda veri temin edilemediği için, doğrudan erişim çalışması sonlandırılmış ve literatürde 527 veri ile sökülebilirlik konusunda en fazla veriyi içeren çalışma olan MacGregor (1993)'a ait doktora tezi incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, söz konusu çalışmada veri tabanına alınabilmesi için belirlenen ölçütlere uygun olarak $I_{s(50)}$ değerlerinin mevcut olduğu 110 lokasyon olduğu belirlenmiş, ancak nokta yükleme deneylerinin hangi lokasyonlarda yapıldığına ilişkin bir bilgiye söz konusu tezde ulaşılamamıştır.

Kazının sökme yöntemi uygulanarak yapıldığı sahalara ait veri temin etmek amacıyla yeniden ayrıntılı bir literatür araştırması yapılarak yurtiçi ve yurtdışında sökülebilirlik konusunda gerçekleştirilmiş çalışmalar incelenmiş ve ulaşılabilen çalışmalardaki verinin ilgili ölçütlere uygunluğu değerlendirilmiştir. Doğrudan erişim ve literatürden temin yöntemleriyle veri tabanının oluşturulması çalışmaları sonucunda sökme yönteminin uygulandığı 1116 lokasyona ait veriye ulaşılmış ve bunların arasından bu ölçütleri sağlayan 32 tanesi veri tabanına eklenmiştir (Abdullatif ve Cruden, 1983; Başarır, 2002; Avchar ve ark., 2018). Ayrıca literatürden doğrudan kazma ve patlatma yöntemleri için sırasıyla 4 ve 10 adet verinin kullanılabilceği anlaşılacak bunlar da veri tabanına alınmıştır. Bu verilerin de eklenmesiyle toplam 279 adetlik bir veri tabanı oluşmuştur.

Veri temini ile ilgili son olarak tezin yazarı tarafından iki sahaya gidilerek 12 lokasyonda hat etütleri yapılmış ve her lokasyondan kaya malzemesini temsil edecek örnekler alınarak nokta yükleme deneyleri gerçekleştirilip, lokasyonlarda izlenen kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri ölçülmüştür. Bu lokasyonların da eklenmesiyle veri tabanı 291'e ulaşmıştır. Veri tabanının oluşturulması sırasında izlenen akış ağı şeması Şekil 3.2'de sunulmuştur.



Şekil 3.2. Bu çalışma kapsamında derlenen veri tabanının oluşturulmasında izlenen akış ağı şeması

Yapılan çalışmalar sonucunda 291 adetlik bir veri tabanı oluşturulmuştur. Son olarak detayları “Bölüm 3.4”te sunulan veri kontrol aşamasında 15 adet veride farklılıklar izlenmiş, kazı konusunda deneyimli bir uzmandan görüş alınarak bunlardan 11 lokasyonda uygulanan kazı yönteminin kazı planlaması ve inşaat tekniği gibi nedenlerle kazı abağında anomaliler yarattığı sonucuna varılarak veri tabanından çıkartılmıştır. Sonuç olarak tez çalışması kapsamında, 280 adet veriyi içeren bir veri tabanı kullanılmıştır. Bu veri tabanını oluşturan ve Şekil 3.1’de

verilmiş olan proje sahalarında uygulanan farklı kazı yöntemlerinin projelere göre dağılımı (literatürden derlenen verilere ait bilgiler ile birlikte) Çizelge 3.1’de verilmiştir. Bu çizelgede ilgili proje sahaları için belirtilen uygulanmış kazı yöntemleri, bu sahalarda kazı işlemlerini gerçekleştiren kurum ve kuruluşların ilgililerinden temin edilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada verisi kullanılan proje sahalarında uygulanan kazı türleri

KODU	KAZI TÜRÜ VE SAYISI				TOPLAM
	Doğrudan Kazma	Sökme	Kırma	Patlatma	
^a AEL (1)	2	-	12	15	29
^b CKL (2)	2	-	10	8	19
^c GSL (3)	24	-	1	-	25
[*] KKL (4)	-	-	-	10	10
^d YYL (5)	-	-	-	60	60
^e KGL (6)	-	-	-	16	16
^f MML (7)	-	-	-	28	28
^g VYL (8)	-	-	1	22	23
^h SGL (9)	-	-	-	4	4
^j CDL (10)	1	-	1	-	2
^k BKL (11)	1	-	-	-	1
^m AHL (12)	-	-	-	1	1
ⁿ DEL (13)	7	-	-	-	7
^o HVL (14)	8	-	-	-	8
^p GBL (15)	-	-	1	-	1
^r LAC	4	3	-	10	17
^s LAV	-	24	-	-	24
^t LBH	-	5	-	-	5
TOPLAM	49	32	25	174	280

^(a)YP (2009a, 2009b, 2009c, 2009d, 2009e, 2010a, 2010b, 2010c), ^(b)YP (2012c, 2013a, 2013c, 2016d), ^(c)YP (2011a, 2011b, 2011c, 2012a), ^(d)YP (2015e, 2016e, 2016f, 2016g), ^(e)YP (2017a, 2017b), ^(f)YP (2017c, 2017d, 2017e), ^(g)YP (2012b), ^(h)YP (2015d, 2016a, 2016b), ⁽ⁱ⁾YP (2013b), ^(k)YP (2016c), ^(m)YP (2015a), ⁽ⁿ⁾YP (2015b), ^(o)YP (2014), ^(p)YP (2015c), ^(r)Abdullatif ve Cruden (1983), ^(s)Avchar ve ark. (2018), ^(t)Başarır (2002), *Arazi çalışmasıyla veri elde edilen proje alanı (YP: Yüksel Proje Uluslararası A.Ş.), (1-15): Şekil 3.1’de kırmızıyla gösterilen ve veri tabanında yer alan lokasyonların numaralarıdır.

3.2. Çalışmada Kullanılan Kaya Türlerinin Dağılımı ve Başlıca Özellikleri

Tez çalışmasında kullanılan veri tabanı, Türkiye'deki sahalardan 20 jeolojik formasyon içerisindeki 40 farklı kaya türünü kapsamaktadır. Veri tabanını oluşturan kayaçlara ait bilgiler Çizelge 3.2'de, veri tabanında yer alan sahalarda litolojik birimlere ait histogram Şekil 3.3'te verilmiştir.

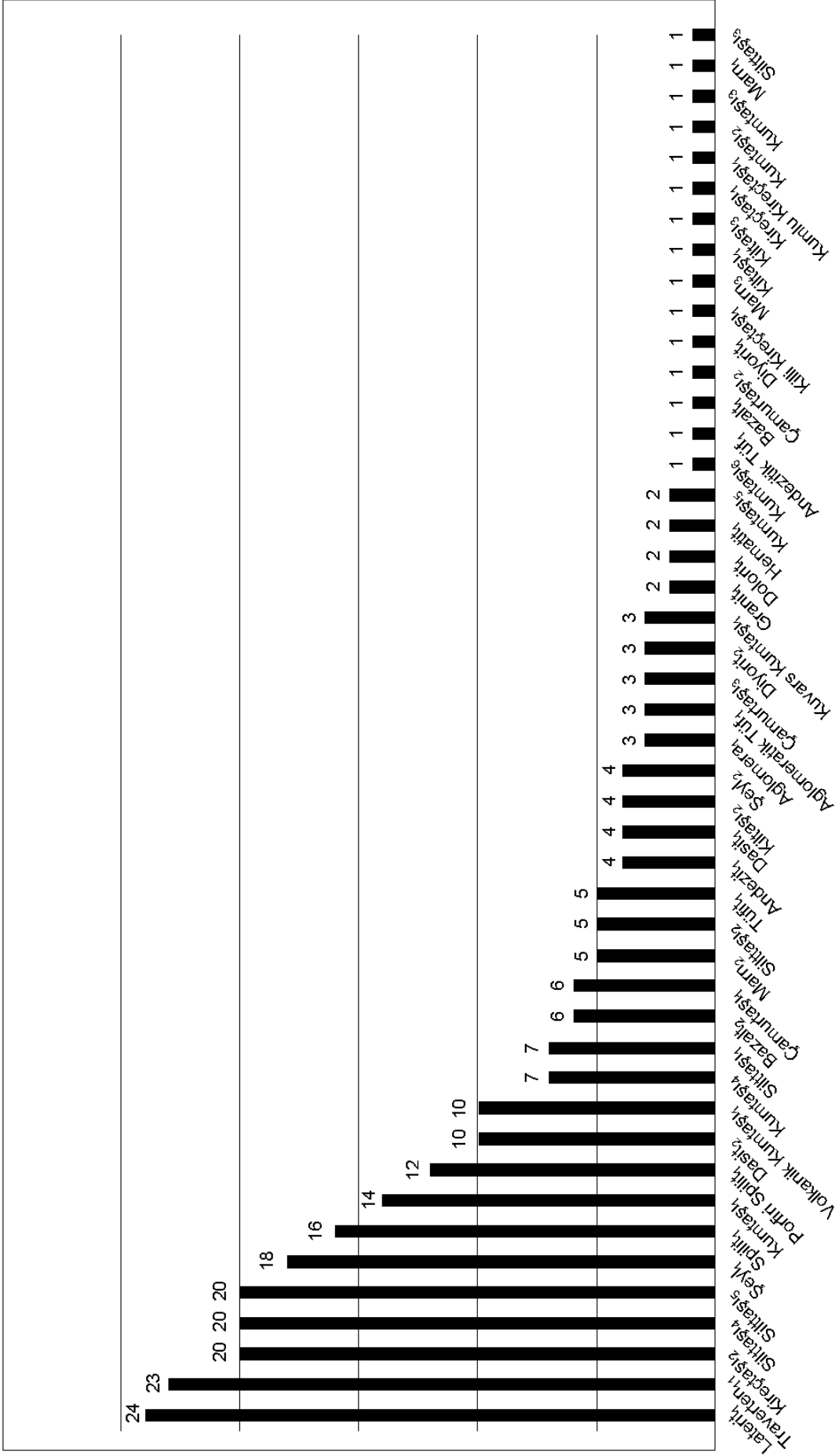
Çizelge 3.2. Veri tabanında yer alan sahalara ait temel jeolojik bilgiler

Saha Kodu	Genel Konumu	Formasyon Adı	Jeolojik Yaş	Kaya Türü	Veri Adedi
AHL	Amasya	^a Ferhatkaya Fm.	^a Jura-Kreatase	Kireçtaşı ₁	1
CDL	Ankara	^b Alacaatlı Fm.	^b Kretase	Marn ₁	1
				Killi Kireçtaşı ₁	1
				Aglomera ₁	3
				Aglomeratik Tüf ₁	3
				Andezitik Tüf ₁	1
YYL	Artvin	^c Yusufeli Fm.	^c Üst Kretase	Bazalt ₂	6
				Dasit ₁	4
				Diyorit ₂	3
				Hematit ₁	2
				Kiltaşı ₃	1
				Kumtaşı ₅	2
				Silttaşı ₅	20
				Tüfit ₁	5
				Volkanik Kumtaşı ₁	10
				CKL BKL	Bartın
Silttaşı ₂	5				
		^d Ulus Fm.	^d Alt Kretase	Kiltaşı ₁	1
HVL	Batman	^e Şelmo Fm.	^e Miyosen	Çamurtaşı ₂	1
				Kumtaşı ₄	7
KGL	Çorum	^f Beynamaz Volkanit	^f Üst Eosen	Bazalt ₁	1
		^f Meryemdere Fm.	^f Eosen	Çamurtaşı ₃	3
		^f Kızılcın Kireçtaşı	^f Jura-Kretase	Kireçtaşı ₂	12
DEL	D.bakır	^g Yeniköy Fm.	^g Üst Miyosen - Pliyosen	Çamurtaşı ₁	6
				Kumtaşı ₂	1

Çizelge 3.2. (devam ediyor)

Saha Kodu	Genel Konumu	Formasyon Adı	Jeolojik Yaşı	Kaya Türü	Veri Adedi
AEL	Düzce	^h Kuşça Fm.	^h Devoniyen	Silttaş ₁	7
				Şeyl ₁	18
		^h Acar Fm.	^h Kretase	Andezit ₁	4
KKL	G.hane	^k Kızılkaya Fm.	^k Üst Kretase	Dasit ₂	10
SGL	İstanbul	^m Gözdağ Fm.	^m Ordovisiyen	Killi Kumtaş ₁	3
		^m Dolayoba Fm.	^m Silüriyen	Kumlu Kçt. ₁	1
MML	Siirt	ⁿ Maden Fm.	ⁿ Tersiyer	Porfiri Spilit ₁	12
				Spilit ₁	16
GSL	Sinop	^o Atbaşı Fm.	^o Paleosen - Eosen	Silttaş ₁₃	1
				Kumtaş ₁₃	1
		^o Sinop Fm.	^o Miyosen	Kiltaş ₁₂	4
				Silttaş ₁₄	19
VYL	Van	^p Edremit Traverteni	^p Pleyistosen - Holosen	Traverten ₁	23
		^r Gedikbaşı Mag.	^r Paleosen	Diyorit ₁	1
LBH	Kütahya	^s Tunçbilek Fm.	^s Miyosen	Marn ₂	4
	Sivas	^t Kangal Fm	^t Pliyosen	Marn ₃	1
LAV	Hindistan	^u Dharwar Süper Grup	^u Archean - Proterozoyik	Laterit ₁	24
LAC	?	?	?	Granit ₁	3
				Kireçtaş ₁₂	8
				Kumtaş ₁₆	2
				Şeyl ₂	4
				Dolorit ₁	2

^aMTA (1980), ^bMTA (1997), ^cMTA (2009), ^dMTA (2002a), ^eMTA (2007), ^fMTA (2013), ^gMTA (2008), ^hMTA (2002b), ^kMTA (1998), ^mMTA (2010), ⁿMTA (2002), ^oMTA (2008), ^pMTA (2008), ^rMTA (2008), ^sMTA (1997), ^tMTA Rapor (1997), ^uAvchar ve ark., (2018), (?) ilgili kaynakta (Abdullatif ve Cruden, 1983) verilmemiş, kaya türleri yanında yer alan rakamlar farklı sahalarda izlenen aynı litolojik birimleri ayırmak için verilmiş numaralar olup, veri tabanında aynı litolojik birime ait kaçınıcı farklı kaya türü olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 3.3. Veri tabanında yer alan litolojik birimlerin türlerini ve lokasyon sayılarını gösteren histogram

Tez çalışması kapsamında oluşturulan veri tabanının büyük bir bölümü ulaştırma projelerine ait çalışmalardan sağlanmıştır. Jeoteknik araştırmaların yapılmış olduğu bu ulaştırma hatlarında birbirinden farklı yerlerde çok sayıda lokasyon bulunduğundan Şekil 3.1 ve Çizelge 3.2’de belirtilen konum bilgileri genelleştirilerek ifade edilmiştir.

Veri tabanına alınan lokasyonlardaki kayaçlar, özellikleri bakımından; düşük dayanımlıdan, yüksek dayanımlıya, az ayrışmıştan çok ayrışmışa kadar çeşitlilik sunmaktadır. Süreksizlik yüzeyleri açısından ise, çok pürüzlüden – düz ve kaygana, sert dolgudan yumuşak dolguya birbirinden farklı özellikler sergilemektedir. Bu açıdan bakıldığında, veri tabanına dahil edilmiş lokasyonlar farklı kaya gruplarına ait farklı koşulları temsil etmesi açısından geniş bir yayılım göstermektedir. Lokasyonlardaki kaya birimlerine ait sayısallaştırılmış özelliklere bu bölümdeki “Veri Hesaplama Yöntemi ve Sonuçları” başlıklı alt bölümde değinilmiştir.

Literatür taraması sonucunda verinin temin edildiği lokasyonlar dışında kalan diğer sahalarda, uygulandığı bilinen kazı yöntemi esas alınarak derlenmiş olup; doğrudan kazma, kırma ve patlatma yöntemlerinin uygulandığı bazı lokasyonlara ait görüntüler sırasıyla Şekil 3.4, 3.5 ve 3.6’da verilmiştir. Bu fotoğraflar Yüksel Proje Jeolojik Hizmetler arşivinden temin edilmiş olup, tamamına yakını bu tezin yazarının bizzat kendisi ve/veya fotoğrafın bulunduğu saha çalışmasına eşlik eden ekiplerdeki meslektaşları ya da insansız hava aracı pilotu tarafından çekilmiştir.



Şekil 3.4. Doğrudan kazma yönteminin uygulandığı sahalardan örnekler: (a) DEL (çamurtaşı) (b) HVL (kumtaşı) (c) GSL (silttaşı) (d) CKL (silttaşı)



(a)



(b)

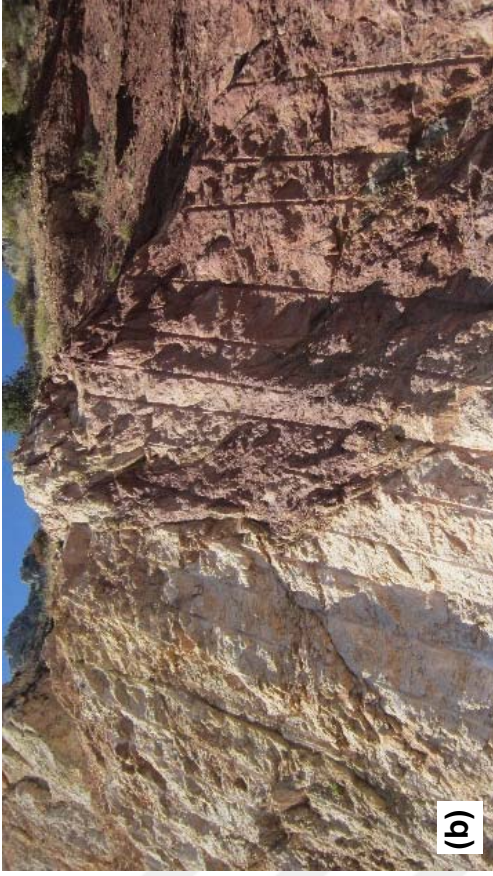


(c)



(d)

Şekil 3.5. Kırma yönteminin uygulandığı sahalardan örnekler: (a) AEL (siltaşı) (b) CKL (kumtaşı) (c) GBL (diyorit) (d) CDL (killi kireçtaşı)



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.6. Patlatma yönteminin uygulandığı sahalardan örnekler (a) AEL (andezit) (b) KGL (kireçtaşı/çamurtaşı) (c) KKL (dasit) (d) VYL (traverfen)

3.3. Veri Hesaplama Yöntemi ve Sonuçları

Veri tabanına aktarılması uygun bulunan lokasyonlarda veri kalitesinin sağlanması amacıyla tüm veri altlıkları (sondaj logları, karot fotoğrafları, deney sonuç formları, mühendislik jeolojisi haritalaması notları, jeoteknik raporlar) incelenmiştir. Bu kapsamda,

- (i) Her lokasyon için o kesimde öngörülen kazı uygulamasının kotları belirlenmiş,
- (ii) Sondaj loglarında nokta yükleme deneyinin yapıldığı aralık ile kazı uygulamasının gerçekleştirildiği seviyelere ait ölçülebilen jeoteknik veriler (ilerleme aralığı, toplam karot verimi, J_v 'nin hesabı için RQD) derlenmiş,
- (iii) Her lokasyonda yapılan nokta yükleme deneylerinin hesaplamaları ilgili deney formlarından kontrol edilerek düzenlenmiş,
- (iv) Her lokasyonda izlenen kayalara ait süreksizlik özellikleri incelenerek GSI'nin belirlenmesinde esas alınan hacimsel eklem katsayısı (J_v), bozunma derecesi, pürüzlülük ve dolgu türü saptanmış ve
- (v) Her lokasyon için J_s değerleri hesaplanmıştır.

3.3.1. Nokta Yüğü Dayanım İndeksiyle İlgili Hesaplamalar

Veri tabanına aktarılan lokasyonların tamamında nokta yükleme dayanım indeksi deneyleri ISRM tarafından önerilmiş yöntem (ISRM, 1985, 2007) uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. tarafından nokta yükleme deneyleri sahada yapılmaktadır. Deney sonuçlarında farklılıklar olmaması amacıyla kPa mertebesinde yüksek hassasiyette ölçüm yapabilen aynı marka ve model deney aletleri kullanılmakta olup, bunların bakım, kontrol ve kalibrasyonları periyodik olarak yapılmaktadır. Her set 15 örnek deneye tabi tutularak oluşturulmakta ve sonuçlardan en yüksek ve en düşük iki değer atıldıktan sonra kalan değerlerin ortalaması hesaplanarak $I_{s(50)}$ değeri bulunmaktadır.

Deney formlarının incelenmesi sonucunda, 15 örnekten oluşan deney setleri içerisinde çapsal (d; karot eksenine dik) ve eksenel (a; karot eksenine paralel) deneylerin bir arada bulunduğu, ancak sonuçların bir arada verildiği belirlenmiştir. Veri tabanındaki çapsal ve eksenel deneylere ait sonuçlar incelenmiş ve bunlara ait hesaplamalar aşağıdaki ölçütlere göre düzenlenmiştir.

- (a) Her sette çapsal ve eksenel yönde yapılan deneyler gruplandırılarak her gruptaki deney sonucu sayısı değerlendirmeye alınmıştır.
- (b) 15 örnekten oluşan bir deney setinde çapsal deneylerin çoğunlukta olması durumunda (örneğin; 14 adet çapsal - 1 adet eksenel deney, 9 adet çapsal - 6 adet eksenel deneye kadar), azınlıkta kalan eksenel deney sonuçları iptal edilerek $I_{s(50)}$ değeri sadece çapsal deneylere ait sonuçlar esas alınarak yeniden hesaplanmıştır.
- (c) Bir deney seti içerisinde eksenel deneylerin çapsal deneylere kıyasla sayıca çok olması durumunda çapsal deneylere ait $I_{s(50)}$ değerlerinin ortalamasının, eksenel deneylere ait $I_{s(50)}$ değerlerinin ortalamasından daha büyük olup olmadığı araştırılmış ve değerce yüksek olan yükleme yönüne ait sonuçların ortalaması esas alınmıştır.
- (d) Deneylerde sayıca az olan eksenel veya çapsal deney sonuçlarının çıkartılması sonucunda geriye kalan örnek sayısına göre; 10 ile 15 arasında $I_{s(50)}$ deney sonucunun bulunması durumunda en düşük dört $I_{s(50)}$ değeri atılmış, 8 – 10 arasında deney sonucunun kalması durumunda ise en düşük 2 değer iptal edilerek $I_{s(50)}$ ortalama değerleri hesaplanmıştır.

Elde edilen $I_{s(50)}$ sonuçları Ek 2'de sunulmuştur.

3.3.2. Süreksizlik Aralığı Hesaplamaları

Kaya kütlelerinde gerçekleştirilen bir hat etüdünde uzunluğu bilinen bir doğru boyunca o doğruyu kesen süreksizliklerin sayısı o hat etüdü için süreksizlik yoğunluğunu temsil eder (Deere ve ark., 1966). Hat etüdünün uzunluğunun, izlenen toplam süreksizlik sayısına bölünmesiyle elde edilen özellik bu hat etüdü

için birim süreksizlik aralığı (J_s) olup, hat etüdü boyunca gözlenen toplam süreksizlik sayısının hat etüdü uzunluğuna bölünmesi durumunda ise, metredeki ortalama süreksizlik sayısı (λ) elde edilir (Priest ve Hudson, 1976). Abdullatif ve Cruden (1983) tarafından geliştirilen kazı türü tayin sisteminde J_s değerleri λ 'dan bulunmuştur.

Priest ve Hudson (1976), bir hat etüdünde λ 'nın en doğru şekilde hesaplanmasının negatif üstel dağılım ile ilişkili olduğunu belirlemiş ve metredeki ortalama süreksizlik sayısı ile RQD arasındaki ilişkiyi Eşitlik 3.1 ile tanımlamışlardır.

$$RQD = 100 e^{-0.1 \lambda} (0.1 \lambda + 1) \quad (3.1.)$$

Benzer şekilde, Palström (1974) hacimsel eklem sayısı (J_v) ile RQD arasındaki ilişkiyi Eşitlik 3.2 ile vermektedir. Pettifer ve Fookes (1994) tarafından geliştirilen kazılabilirlik yönteminde Eşitlik 3.2 ve 3.3 kullanılmıştır.

$$RQD = 115 - 3.3 J_v \quad (3.2.)$$

$$J_v = 3 / J_s \quad (3.3.)$$

Palmström (2005) tarafından RQD ve J_v arasındaki ilişki için önerilen Eşitlik 3.2 yerine, yine aynı araştırmacı tarafından Eşitlik 3.4 önerilmiştir.

$$RQD = 110 - 2.5 J_v \quad (3.4)$$

Bu tez çalışmasında, süreksizlik aralığının (J_s) hesaplanmasında her lokasyonda gerçekleştirilen kazı uygulamasının alt ve üst kotları dikkate alınmıştır. Sondajlarda nokta yükleme deneyinin yapıldığı derinlikler ile kazı uygulamasının yapıldığı kotlara karşılık gelen derinliklerin karşılaştırılmasıyla belirlenen ilerleme aralıklarına ait TCR ve RQD değerleri derlenmiştir.

Her lokasyonda hesaplama yapılacağı belirlenen aralıklarda her ilerleme için GSI değerleri ayrı ayrı hesaplanmış, söz konusu işlemin yapıldığı aralıktaki ilerlemelerin RQD ölçümüne dahil edilen karot uzunlukları toplamının toplam ilerleme boyuna oranı üzerinden ilgili lokasyonların RQD değerleri bulunmuştur. Bu işlem sonrasında Palmström (2005) tarafından önerilen Eşitlik 3.4'ten ilgili her aralık için J_v değeri hesaplanmıştır. Bu çalışmada, oluşturulan veri tabanı kullanılarak Pettifer ve Fookes (1974) tarafından geliştirilen kazı türü değerlendirme abağının performansının da araştırılacak olması nedeniyle, benzer hesaplama yaklaşımının kullanması amacıyla Eşitlik 3.3'ten J_s değerleri hesaplanmıştır (Ek 2). Veri tabanında yer alan bir lokasyona ait örnek karot sandığının fotoğrafı Şekil 3.7'de verilmiştir.

3.3.3. Jeolojik Dayanım İndeksinin (GSI) Hesaplanması

Tez çalışması kapsamında oluşturulan veri tabanı kullanılarak performansı araştırılacak olan kazı türünü belirlemeye yönelik bazı grafik yöntemlerden birinin (Tsiambaos ve Saroglou, 2010) dikkate aldığı bir diğer özellik GSI'dir. GSI belirlenirken; Hoek (1999) tarafından önerilen abaktan; kayanın genel görünümünü temsil eden düşey ekseninde yer alan "yapı (S)" ve yatay ekseninde bulunan "süreksizlik yüzey koşulları (D)" özellikleri görsel olarak seçilmekte, yatay ve düşey eksenlerde seçilen bu özellikler karşılaştırılarak grafiğin içerisinde birbirleriyle kesiştikleri yerde bulunan kutucuğun orta noktasındaki değer GSI değeri olarak tayin edilmektedir (bkz Şekil 2.12 ve 2.14). S ve D'yi tanımlayan kutucuklarda birbirine yakın özelliklerin bulunması, kullanıcıyı salt bu kutucuklarda verilen özelliklerle sınırlaması bu özelliklere birebir sahip olmayan kaya kütleleri için GSI değerinin sağlıklı şekilde belirlenmesine engel olmakta ve sübjektif değerlendirmeler yapılabilmesinin önünü açmaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında; Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından açıklanan gerekçeler de dikkate alınarak, GSI değerinin hesaplanmasında Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından geliştirilen ve Şekil 3.8'de sunulan kantitatif GSI abağı kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Veri tabanında yer alan bir lokasyona ait örnek karot sandıklarının görüntüsü

Veri tabanına aktarılmış her lokasyona ait GSI değerlerinin belirlenmesi için ilk olarak, nokta yükleme deneyi için örneklerin seçildiği derinlikler ile o lokasyon için projede belirlenen kazı tavan ve taban kotları dikkate alınarak GSI'in hesaplanacağı aralıklar belirlenmiştir. İkinci aşamada, sondaj loglarından o lokasyon için GSI'in hesaplanacağı seviyedeki tüm ilerleme aralıkları ve her ilerleme aralığına ait TCR ve RQD ölçümleri kaydedilmiştir. GSI'in hesaplanacağı ilerleme aralıklarına ait veri derlendikten sonra her bir ilerleme aralığı için Yapısal Özellik (SR) ve Süreksizlik Yüzey Koşulu (SCR) puanları belirlenmiştir.

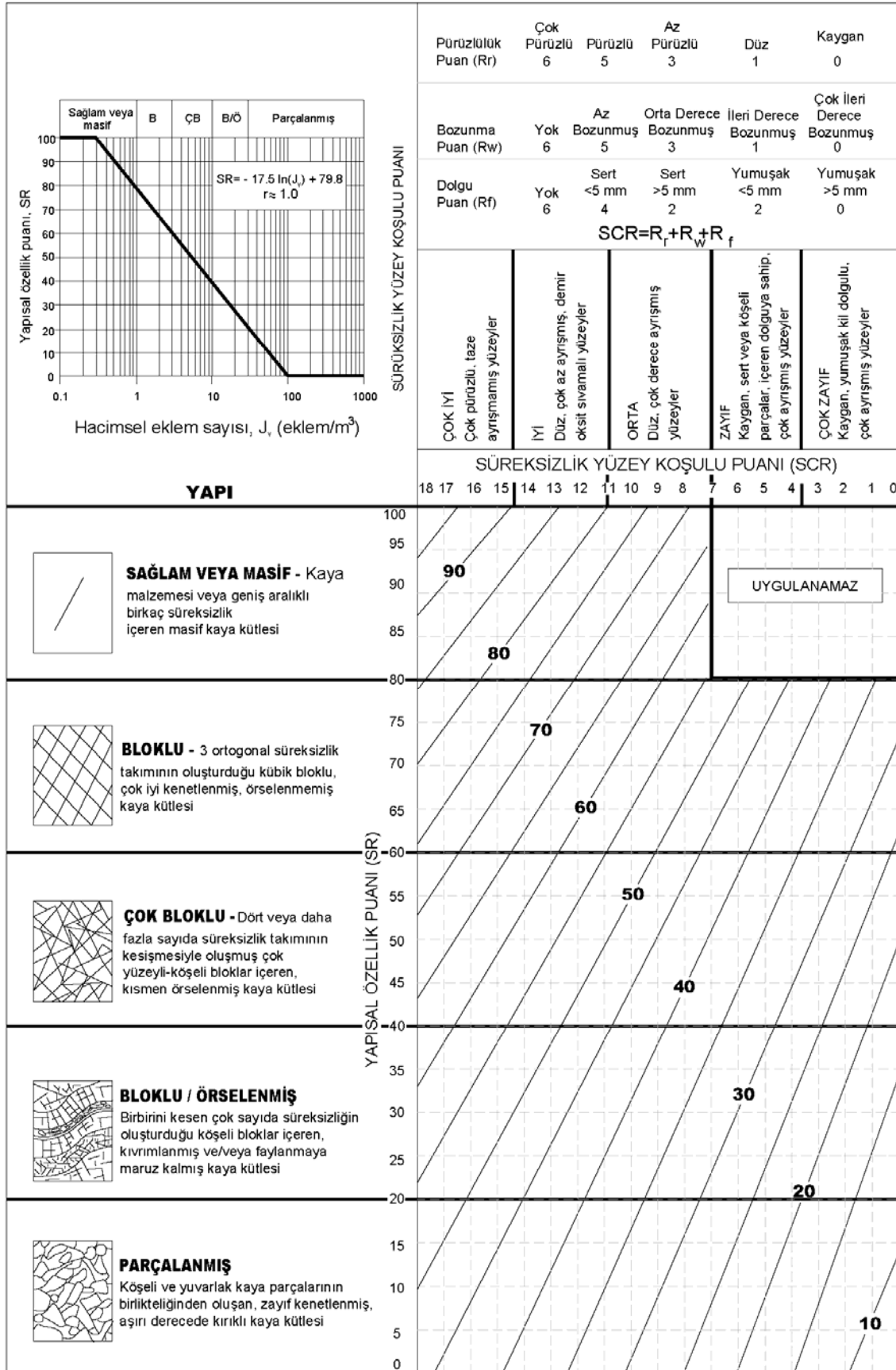
SR değerinin belirlenmesinde; Türkiye'de yapılmış bazı projelerden veri tabanına aktarılan lokasyonlarda Palmström (2005) tarafından güncellenen Eşitlik 3.4 yardımıyla her ilerleme aralığı için ayrı birer J_v değeri ve Şekil 3.8'den SR değerleri hesaplanmıştır.

Literatürden temin edilerek veri tabanına eklenen verilerde ise, kaynak çalışmasında J_v değerinin yer alması durumunda Şekil 3.8'de verilen Eşitlik 3.5 yardımıyla SR değeri hesaplanmış, eklem aralığına ait bilginin yer alması durumunda ise, Eşitlik 3.4 kullanılarak J_v değerleri belirlenmiştir.

$$SR = - 17,5 \ln (J_v) + 79,8 \quad (3.5.)$$

Ek veri toplanması amacıyla tezin yazarı tarafından hat etüdü yapılan 12 lokasyonda ise, veri tabanında yer alan diğer lokasyonlar ile özdeş hesaplama yönteminin kullanılması amacıyla, hat etüdü içerisinde kalan süreksizlik sayıları esas alınarak sırasıyla Eşitlik 3.1 ve 3.4 ile aşağıda verilen eşitlik yardımıyla RQD, J_v ve SR değerleri hesaplanmıştır.

SCR; RMR Kaya Kütleli Sınıflama Sisteminin (Bieniawski, 1989) "Süreksizlik Koşulları" bölümünde yer alan 3 özellik (süreksizlik yüzeyinin bozunma derecesi (R_w), pürüzlülüğü (R_r) ve dolgu tipi (R_f)) için ayrı ayrı belirlenmiş puanların toplanması ile elde edilmektedir (Şekil 3.8). Veri tabanındaki lokasyonlarda her ilerleme aralıkları için tutulmuş ayrıntılı jeoteknik loglar ve ilgili karot fotoğrafları kullanılarak, R_w , R_r ve R_f değerleri belirlenip SCR değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 3.8. Kantitatif GSI abağı (Sönmez ve Ulusay, 2002)

SR ve SCR değerleri belirlendikten sonra, Şekil 3.8'deki abaktan her ilerleme aralığı için GSI değerleri belirlenmiştir. Bu işlemin de tamamlanması sonucunda kayıt altına alınan veriyi içeren ve Şekil 3.7'deki karot sandıklarına ait örnek veri paketi, ilgili hesaplamalara örnek olarak Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Yararlanılan jeoteknik sondajlarda standart ilerleme boyu 1,50 m ve/veya 3,00 m olmakla birlikte, sondaj tekniğinden kaynaklı olarak ilerleme aralıkları yer yer değişebilmektedir. Bunun yanı sıra, ilerleme bazlı GSI hesaplamaları sırasında, ilgili derinlikteki kaya kütlelerinin yerindeki özellikleri dikkate alınarak, gerekmesi durumunda, ilerleme aralıkları kendi aralarında daha küçük aralıklara ayrılarak bu aralıklar için GSI hesaplamaları ayrı ayrı yapılmıştır. Örneğin az bozunmuş, pürüzlü ve 5 mm'den küçük sert dolgu içeren süreksizliklerin gözlemlendiği bir ilerleme aralığında orta derecede bozunmuş, az pürüzlü ve yumuşak dolgulu bir seviyenin de izlenmesi durumunda bu seviye için GSI ayrıca hesaplanmıştır.

Kendi içerisinde yeniden bölümlendirilen ilerleme aralıklarında ilgili karot boylarının belirlenmesinde Rasband (1997-2018) tarafından geliştirilmiş olan açık kaynak kodlu görüntü işleme programı kullanılmıştır. Program, yüklenen görüntü içerisindeki bir uzunluğun gerçek boyutunun sisteme tanıtılması koşuluyla seçilen mesafelerin gerçek uzunluklarını listelemektedir.

Çizelge 3.4. Bir lokasyona ait GSI değerinin hesaplanması için oluşturulan veri paketi

İlerleme aralığı (m)	İlerleme boyu (cm)	TCR (cm)	RQD (cm)	RQD (%)	J _v	SR	R _r	R _w	R _f	SCR	GSI
1,50-3,00	150	135	80	53	22,7	25,2	5	3	2	10	37
3,00-3,60	60	30	30	50	24,0	24,2	5	3	2	10	36
3,60-4,50	90	90	20	22	35,1	17,5	3	3	2	8	30
4,50-4,70	20	20	20	100	4,0	55,5	5	3	2	10	50
4,70-6,00	130	130	130	100	4,0	55,5	5	5	2	12	55
6,00-6,45	45	45	45	100	4,0	55,5	5	5	2	12	55
6,45-7,35	90	90	55	61	19,6	27,8	1	1	2	4	29
7,35-7,50	15	15	0	0	44,0	13,6	5	3	2	10	34
7,50-9,00	150	150	150	100	4,0	55,5	5	5	2	12	55
9,00-10,0	100	100	100	100	4,0	55,5	5	5	2	12	55

Her bir lokasyon için kontrol amaçlı iki GSI değeri (GSI_1 , GSI_2) hesaplanmış olup, bunların belirlenmesinde aşağıdaki yöntem izlenmiştir.

(a) Her lokasyonda GSI'in hesaplandığı aralıkların başlangıç ve bitiş seviyeleri birbirinden çıkartılarak "Toplam İlerleme Aralığı (TİA)" bulunmuştur.

(b) Her R_r ve R_w (0, 1, 3, 5 veya 6) ve R_f puanı (0, 2, 4 veya 6) için o parametrede aynı puanı alan ilerleme aralıklarının uzunlukları toplanıp o lokasyona ait TİA'ya oranı belirlenmiştir (R_r ve R_w 'de 0, 1, 3, 5 ve 6 ve R_f 'de 0, 2, 4 ve 6 puanlarına ait oranların toplamı %100'dür). Bu işlem sayesinde R_r , R_w ve R_f parametrelerindeki puan aralıklarının TİA'daki oranları dikkate alınarak oluşan ağırlıklı ortalama değerleri hesaplanmıştır. Buna örnek olarak verisi Çizelge 3.4'te sunulan lokasyona ait SCR parametresi için hesaplanan yüzde ağırlık oranları ve bu oranlara bağlı oluşan ağırlıklı ortalama Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Şekil 3.8'de karot fotoğrafları verilen örnek olarak seçilmiş bir lokasyona ait R_r , R_w ve R_f özelliklerinin TİA'daki oranları ve ağırlıklı ortalama değerleri

Özellik	SCR Puanlarının Yüzde Ağırlık Oranları							Toplam	Ağırlıklı Ort. Değeri
	0	1	2	3	4	5	6		
R_r	%0	%11	-	%11		%78	%0	%100	4,33
R_w	%0	%11	-	%36		%53	%0	%100	3,83
R_f	%0	-	%100	-	%0	-	%0	%100	2,00

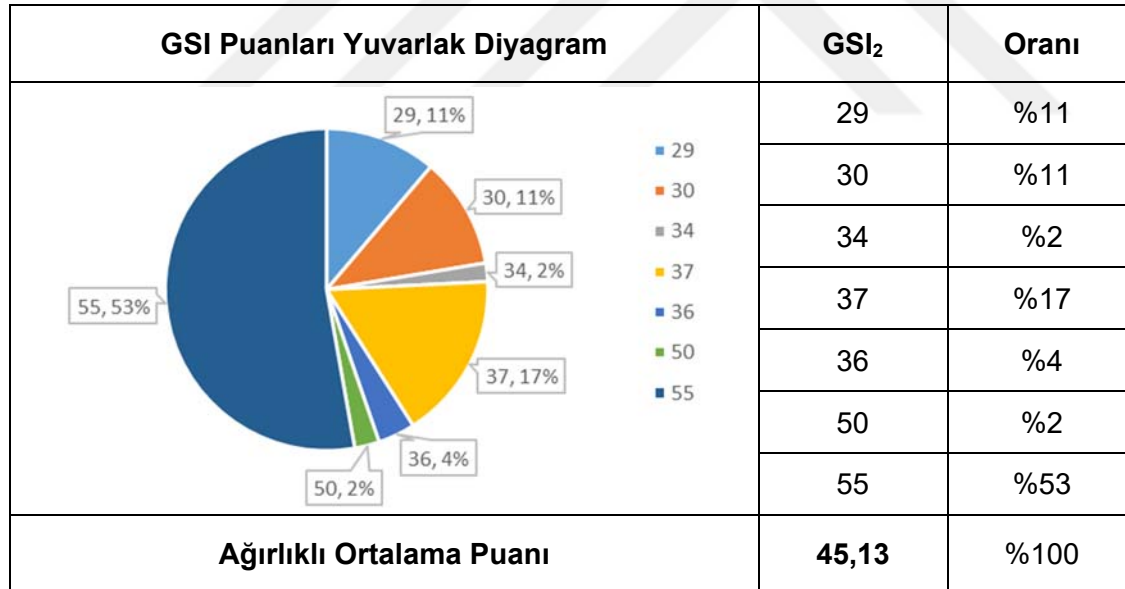
(c) Her lokasyon için tekilleştirilen R_r , R_w ve R_f değerlerinin toplanması sonucunda bulunan SCR ve toplam RQD boyunun TİA'ya oranından hesaplanan J_v ile bulunan SR değerinin Sönmez ve Ulusay (2002)'in önerdiği kantitatif GSI abağına aktarılmasıyla o lokasyona ait GSI değeri (GSI_1) bulunmuştur (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Şekil 3.8.'de karot fotoğrafları verilen örnek lokasyona ait veri

İlerleme aralığı (m)	İlerleme boyu (cm)	TCR (cm)	RQD (cm)	RQD (%)	J _v	SR	R _r	R _w	R _f	SCR	GSI ₁
1,50-10,00	850	805	630	74,1	14,4	33,2	5	4	2	11	43

(d) Benzer şekilde, aynı GSI puanının hesaplandığı ilerleme aralıklarının uzunlukları toplamının, o lokasyona ait TİA'ya oranı belirlenmiş ve her GSI puanının ağırlıklı ortalaması bulunmuştur (GSI₂) (Şekil 3.9).

(e) Yapılan bu hesaplamalar sonucunda, GSI₁ ve GSI₂ değerleri birbirleriyle karşılaştırılarak olası hatalar denetlenmiş, bunlar arasında büyük farklılıkların söz konusu olması durumunda hesaplamalar tekrar gözden geçirilmiştir.



Şekil 3.9. Seçilmiş bir lokasyonda GSI'nin ağırlıklı ortalamasının hesaplanması ile ilgili örnek

Literatürden derlenen verinin R_r, R_w ve R_f değerleri, alındıkları kaynaklarda sunulan kaya kütleli özelliklerine ilişkin açıklamalar esas alınarak belirlenmiştir. Literatür verisi dışında kalan lokasyonların tamamı ilerleme aralığı bazlı GSI

hesaplama yöntemi ile oluşturulmuş olup, toplamda 2500 civarında GSI hesaplanmış ve işlenmiş tüm veri Ek 2'de sunulmuştur.

3.4. Verinin Elenmesi

Bölüm 3.3'te ayrıntıları verilen yöntemlerle $I_{s(50)}$, J_s ve GSI'nin hesaplandığı lokasyonlara ait veri Bölüm 5'te sunulan GSI- $I_{s(50)}$ grafiğine taşındığında, verinin uygulanan kazı türüne göre kendi içerisinde uyumlu sınır koşulları oluşturduğu (aynı kazı yöntemi uygulanan lokasyonların birbirine yakın alanlarda toplandığı) gözlenmiştir. Bununla birlikte, 15 lokasyona ait veri çiftlerinin gerçek durumda uygulanmış kazı yönteminin aksine, farklı kazı türü alanlarının içerisinde kaldığı belirlenmiştir. Bu durumun anlaşılabilmesi amacıyla bazı lokasyonlar için kazı uygulamaları konusunda deneyimli bir uzmandan (Şentürk, 2018) görüş alınmıştır. Görüş alma süreci sonucunda; 5'i aynı sahaya ait toplam 11 adet lokasyonun sonuçlarının veri tabanından çıkartılmasına karar verilmiştir. Söz konusu verinin çıkartılma gerekçeleri aşağıda sunulmuştur.

- (i) İki lokasyonda kazının üst kotlarında kayanın düşük dayanım özellikleri sergilemesi nedeniyle nokta yükleme deneyinin bulunmadığı, deneyin yapıldığı alt seviyelerin ise kazı yapılan alanı bütünüyle temsil etmediği sonucuna varılmıştır. Bu nedenle söz konusu lokasyonlarda kazı uygulaması yapılmış olmasına rağmen, nokta yükleme deneyi sonuçlarının patlatma yöntemini işaret ettiği gözlenmiştir.
- (ii) İki lokasyon kazılabilecek durumdayken, kazının yapıldığı üst kotlardaki daha zayıf dayanımlı kaya malzemesinin kazılmak yerine daha derin patlatma delikleri açılarak patlatma yöntemi ile alındığı belirlenmiştir.
- (iii) Beş lokasyonda patlatma yönteminin uygulandığı bilinmektedir. Ancak bu lokasyonlara ait veri çiftlerinin tamamının ilgili abakta sökme uygulamasını işaret eden alanın ortasında kaldığı saptanmıştır. Patlatma yönteminin, melanj içerisinde karşılaşılan heterojen ortam koşulları nedeniyle uygulandığı düşünülmüştür.

(iv) İki lokasyonda patlatma yönteminin uygulanabileceğine işaret eden sonuçlar bulunmasına rağmen, kırma yöntemi tercih edilmiştir. Söz konusu uyumsuzluğunun ise, örselenme etkisini azaltmak amacıyla kırma yönteminin uygulanmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

15 lokasyonun kalan 4 tanesinde ise, bu lokasyonlara ait veri çiftlerinin kazı yöntemi sınırlarında ve yakın çevresinde kaldığı ve çeşitli nedenlerle (zaman baskısı, ekipman yetersizliği ya da örselenme etkisinin azaltılması) makine performanslarından da yararlanarak gerçekleşen kazı yöntemlerinin uygulanmış olabileceği değerlendirilmiş ve bu 4 lokasyon veri tabanından çıkartılmamıştır.

Elde edilen $I_{s(50)}$, J_s ve GSI değerleri Ek 2'de sunulmuştur.

4. MEVCUT BAZI KAZILABİLİRLİK YÖNTEMLERİNİN İRDELENMESİ

Tezin bu bölümünde; veri tabanındaki lokasyonlara ait $I_{s(50)}$, J_s ve GSI değerlerinin Bölüm 3'te ayrıntıları sunulan yaklaşımlarla hesaplanması sonucunda elde edilen veri, tez çalışması kapsamında kazı türünü dolaylı yoldan tahmin eden grafik yöntemler arasında en çok veri kullanılarak hazırlanan "Franklin, Broch ve Walton, 1971", "Pettifer ve Fookes, 1994" ve "Tsiambaos ve Saroglou, 2010" tarafından önerilen kazılabilirlik yöntemlerinde kullanılmış ve bunların kazı türünü tahmin etme performansları irdelenmiştir. Kazı türünü dolaylı yoldan tahmin eden bir grafik yöntem olan Khamehchiyana, Dizadji ve Esmaili (2014) tarafından geliştirilmiş sistemde UCS verisi gerektiğinden, bu sistemin performansına ilişkin bir değerlendirme ise yapılmamıştır.

4.1. Franklin, Broch ve Walton (1971) Kazılabilirlik Yönteminin İrdelenmesi

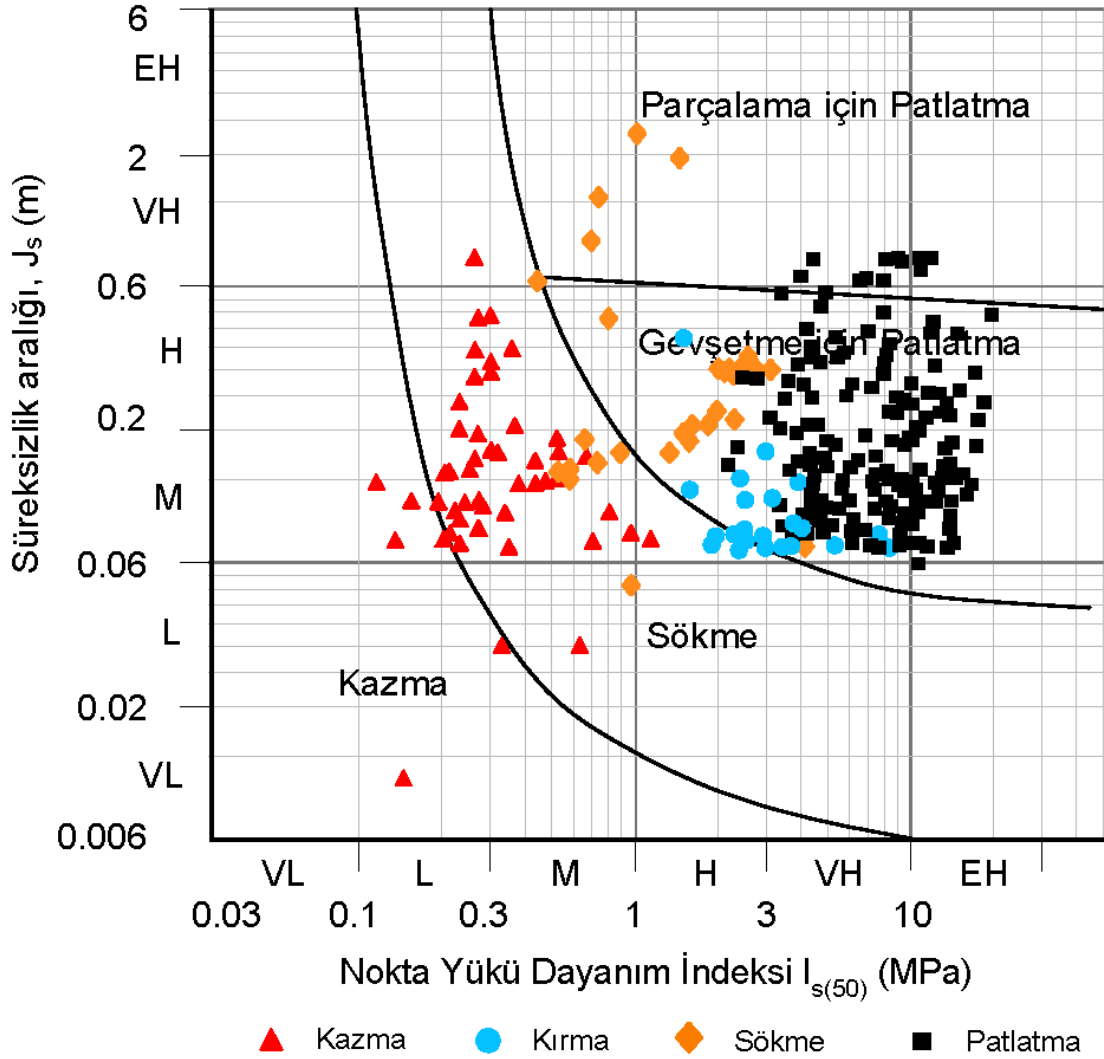
Bu yöntemde; herhangi bir lokasyona ait belirlenen J_s ile o lokasyon için hesaplanan $I_{s(50)}$ değeri Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından geliştirilen abağın üzerine aktararak veri noktalarının denk geldiği yerin sınırlarına göre 3 kazı türünden hangisiyle kazı yapılabileceği belirlenmektedir.

Bu tez çalışmasında oluşturulan veri tabanının Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından geliştirilen kazılabilirlik abağındaki dağılımı Şekil 4.1'de, elde edilen sonuçlarla ilgili saptama ve değerlendirmeler ise aşağıda sunulmuştur.

- (a) "Doğrudan kazma" yönteminin uygulandığı lokasyonların tamamına yakını Franklin, Broch ve Walton (1971)'in abağına göre "sökme" işleminin uygulanabileceği ifade edilen alan içerisinde kalmıştır.
- (b) "Sökme" işleminin uygulandığı lokasyonların sadece 8 adedi sökme zonu içinde kalmış, 4 lokasyon ise patlatma (parçalama için patlatma) için sınırlandırılmış alanda yer almıştır. Geriye kalan sökme verisinin tamamı ise, yine patlatma (gevşetme için patlatma) olarak tanımlanan bölgeye düşmüştür.

(c) Kırma işleminin uygulandığı sahalara ait verinin 5 tanesi sökme zonu içinde kalmış, geri kalanın tamamı patlatma (gevşetme için patlatma) zonu içerisinde konumlanmıştır.

(d) Kullanılan veride sadece patlatma uygulanan lokasyonlar patlatma zonları (ağırlıklı olarak gevşetme için patlatma) içerisinde kalmıştır.



Şekil 4.1. Tezde kullanılan verinin Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından geliştirilen kazı abağındaki dağılımı

Verinin Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından geliştirilen abağa aktarılması sonucunda belirlenen uyumsuzluklar, önceki yıllarda bazı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiş çalışmalarda da (Bozdağ, 1988; Pettifer ve Fookes,

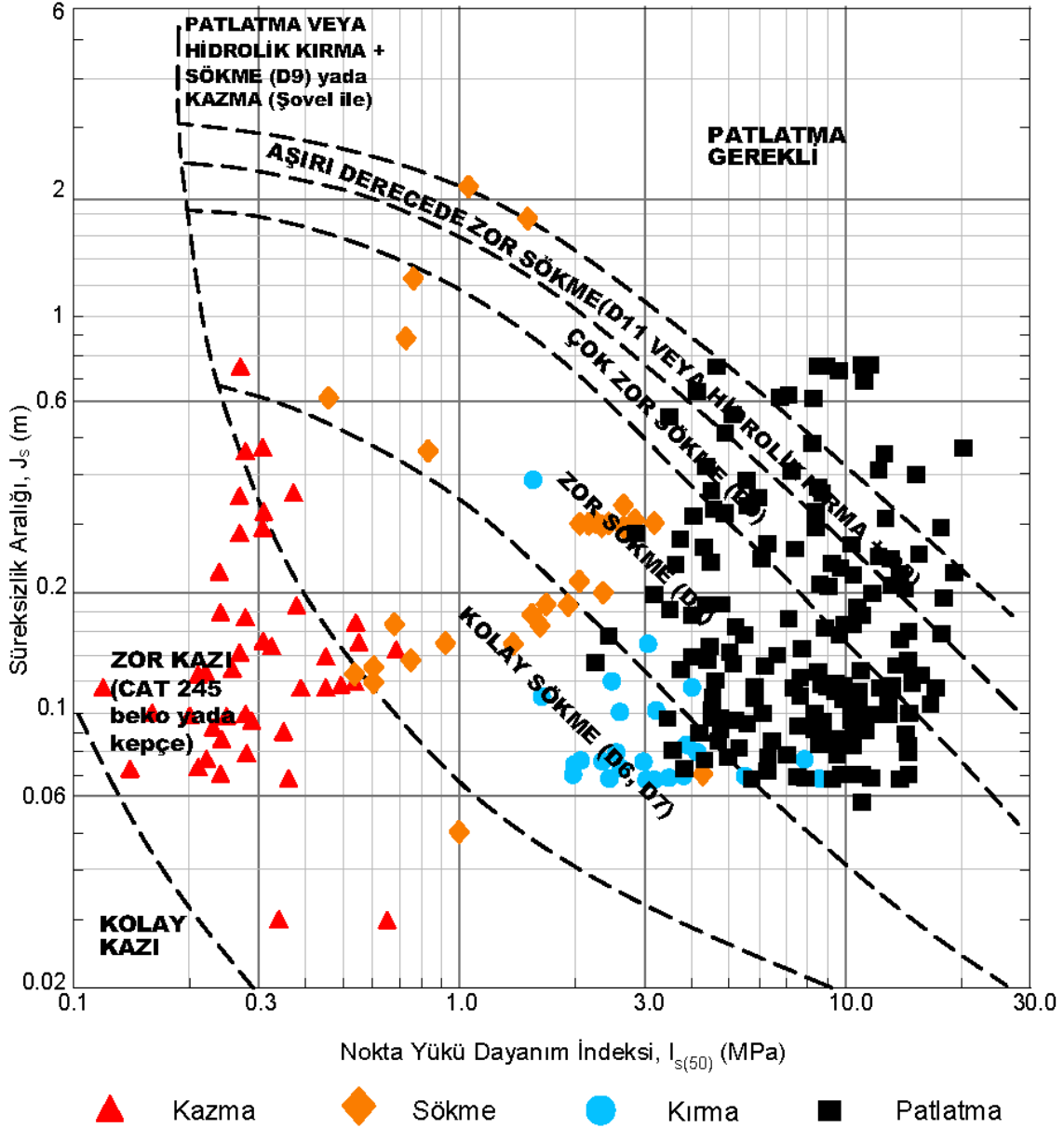
1994, Tsiambaos ve Saroglou, 2010) izlenmiş bir durum olup, söz konusu uyumsuzluğun nedeni aşağıda verilen 3 başlık altında toplanabilir.

- (i) Tez çalışması kapsamında oluşturulan veri tabanının abakta ilgili kazı yöntemleri için tanımlanan sınırlar içerisinde yer almamasının, günümüzde giderek artan makine ve ekipman performanslarının ilgili çalışmada kazı yöntemlerini ayıran sınır değerlerini değiştirmesine bağlı olabileceği değerlendirilmiştir.
- (ii) İlgili abak, sökme sınırı için J_s değerlerinin yüksek olması durumunda $I_{s(50)}$ değerlerinin düşük olacağı varsayımıyla sınırlandırılmıştır. Bu nedenle veri tabanındaki yüksek J_s ve düşük $I_{s(50)}$ değerleri ve ortalama J_s ve nispeten yüksek $I_{s(50)}$ değerlerine sahip lokasyonlar bu abakta öngörülen sınırların dışında kalmıştır. Bu durumun Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından sadece 39 veriyle oluşturulan ilgili abakta farklı kaya gruplarının yer almamış olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.
- (iii) Kazı uygulamalarıyla ilgili olarak saptanan genel bir husus, kazıyı planlayan ekiplerin zaman zaman özel koşulları ya da kısmi güçlükleri aşmak için kazı yönteminde değişikliklere gidebildikleri yönündedir. Bazı lokasyonlarda patlatmanın yaratacağı örselenmeden kaçınılması için kırıcı yönteminin tercih edilmesi, malzeme içerisinde yer yer yüksek dayanımlı seviyelerin olması durumunda kazı alanının tamamında doğrudan patlatma yönteminin uygulanması bu saptamayla ilgili örnekler olarak verilebilir. Bu şekilde kazı yapılmış lokasyonların verisiyle oluşturulmuş kazı yöntemi sınırları ile uygulama arasında farklılıklar oluşması mümkündür.

4.2. Pettifer ve Fookes (1994)'un Kazılabilirlik Yönteminin İrdelenmesi

Pettifer ve Fookes (1994); makine performanslarında kaydedilen gelişmeler sonucunda Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından önerilen kazılabilirlik sisteminin geçerliliğini yitirmeye başladığını saptayarak, 69'u yeni ve 51'i ise literatürden derlenmiş toplam 120 lokasyona ait veriyi içeren yeni bir veri tabanı

yardımla Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından geliştirilen kazı yöntemini belirleme abağını değiştirmişlerdir. Bu nedenle, bu araştırmacıların geliştirdikleri abağa veri aktarımı, Bölüm 4.1'de belirtilen Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından geliştirilen yöntem ile aynıdır. Bu teze ait veri tabanındaki verinin Pettifer ve Fookes (1994) tarafından geliştirilen kazılabilirlik abağındaki dağılımı Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Bu teze ait verinin Pettifer ve Fookes (1994) tarafından geliştirilen kazı abağındaki dağılımı

Şekil 4.2’de görülen veri dağılımına ilişkin saptamalar ve değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

- a) “Doğrudan kazma” yönteminin uygulandığı lokasyonların tamamı “doğrudan kazma” için tanımlanmış alan içerisinde veya doğrudan kazma-sökme sınırının hemen yakınında yer almaktadır. Sadece tek bir lokasyon “zor sökülebilir” alan içerisinde yer almakta olup, söz konusu değer kazı türü sınırına yakın olduğu için bu durum marjinal kabul edilebilir.
- b) “Sökme” yönteminin uygulandığı lokasyonların da tamamı “sökme” işleminin uygulanabileceği ifade edilen alanlar (kolay ve zor sökme) içinde dağılım göstermektedir. Sadece 2 lokasyonun “patlatma” sınırı üzerinde ve bir lokasyonun da “zor kazılabilir” alan içerisinde kaldığı görülmektedir.
- c) “Kırma” yönteminin uygulandığı lokasyonların tamamı “kolay – zor sökülebilir” şeklinde tanımlanmış alanlar içerisinde kalmıştır.
- d) “Patlatma” uygulanan lokasyonların küçük bir bölümü “patlatma” zonu içerisinde yer alırken, diğer lokasyonlar farklı iş makineleri kullanılarak gerçekleştirilebilecek sökme uygulamaları için tanımlanan alanlarda kalmıştır.

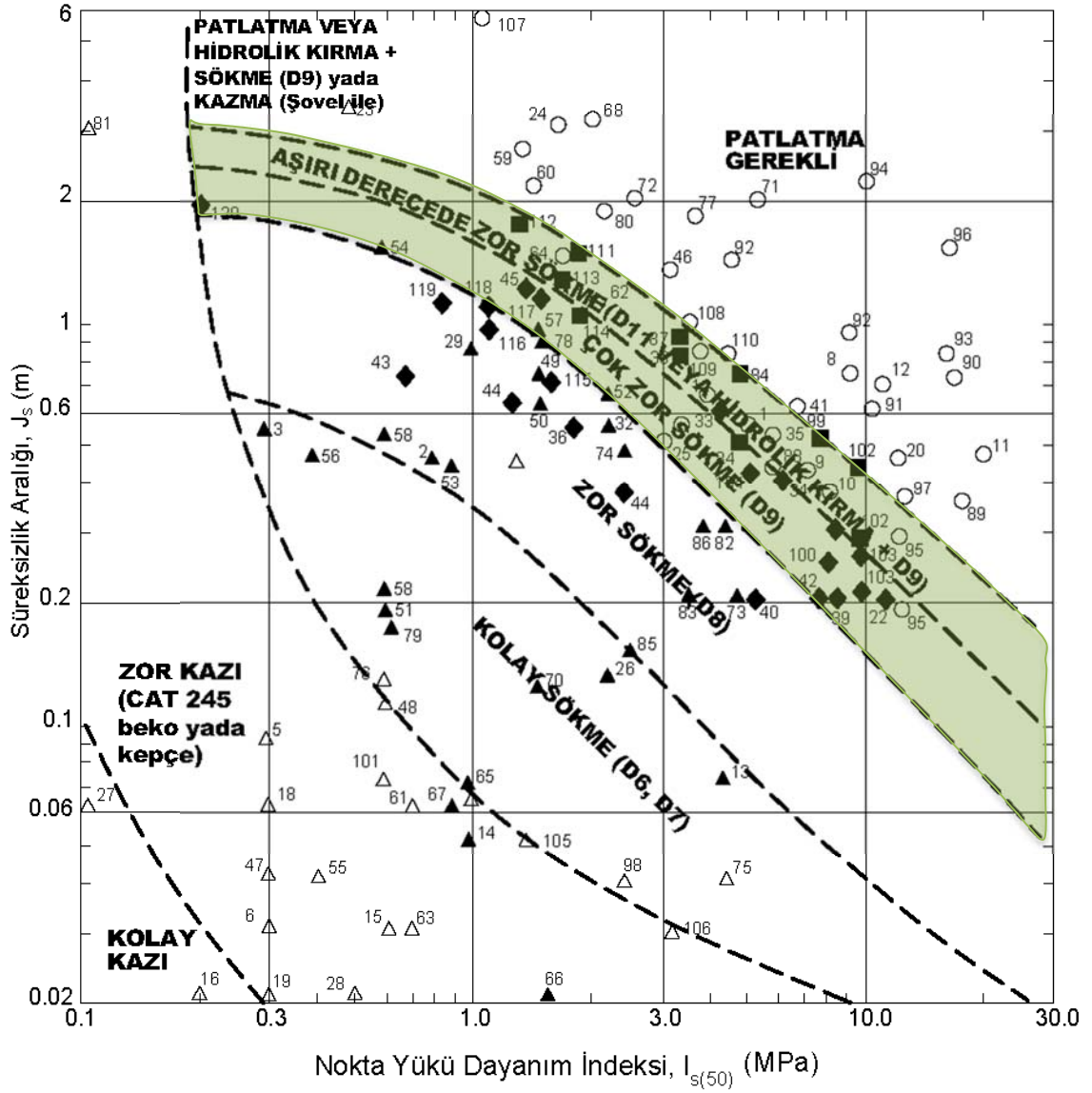
Tezde esas alınan verinin Pettifer ve Fookes (1994) tarafından geliştirilen abağa aktarılması sonucunda; “doğrudan kazma” ve “sökme” yöntemlerinin ilgili abakta farklı kazı yöntemleri için önerilmiş alanlar içinde kaldığı ve ilgili tanımlamalarla uyumlu oldukları anlaşılmaktadır. Verinin dağılımında “kırma” ve “patlatma” uygulanmış lokasyonlar için saptanan uyumsuzlukların nedenleri ise, aşağıdaki paragraflarda tartışılmıştır.

Kırma yönteminin uygulandığı lokasyonlara ait veri tabanında süreksizlik aralığı değerlerinin düşük olduğu gözlenmekte olup, bu lokasyonlarda kayanın kırıklı / parçalanmış özellikler sunduğu söylenebilir. Parçalı kaya koşullarında sökme işlemi de yapılabilecekken, kırma işleminin tercih edilmesinin başlıca nedeninin inşaat (ulaşım yapıları) sektöründe sökme yönteminin sistematik olarak

uygulanmamasından kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir. İkinci neden olarak ise, sökme yöntemi kazılacak yüzeye paralel yönde ve düşük açılarda uygulanabilirken; kırma işleminin farklı açılarda yapılabilmesi nedeniyle, ilgili lokasyonlarda sökme yerine yön faktöründen kaynaklı kırma yönteminin uygulanmış olduğu düşünülmektedir. Kırma yönteminin de bir çeşit sökme yöntemi olduğu düşünüldüğünde, Şekil 4.2'deki dağılımların büyük sapsmalar içermediği düşünülmektedir.

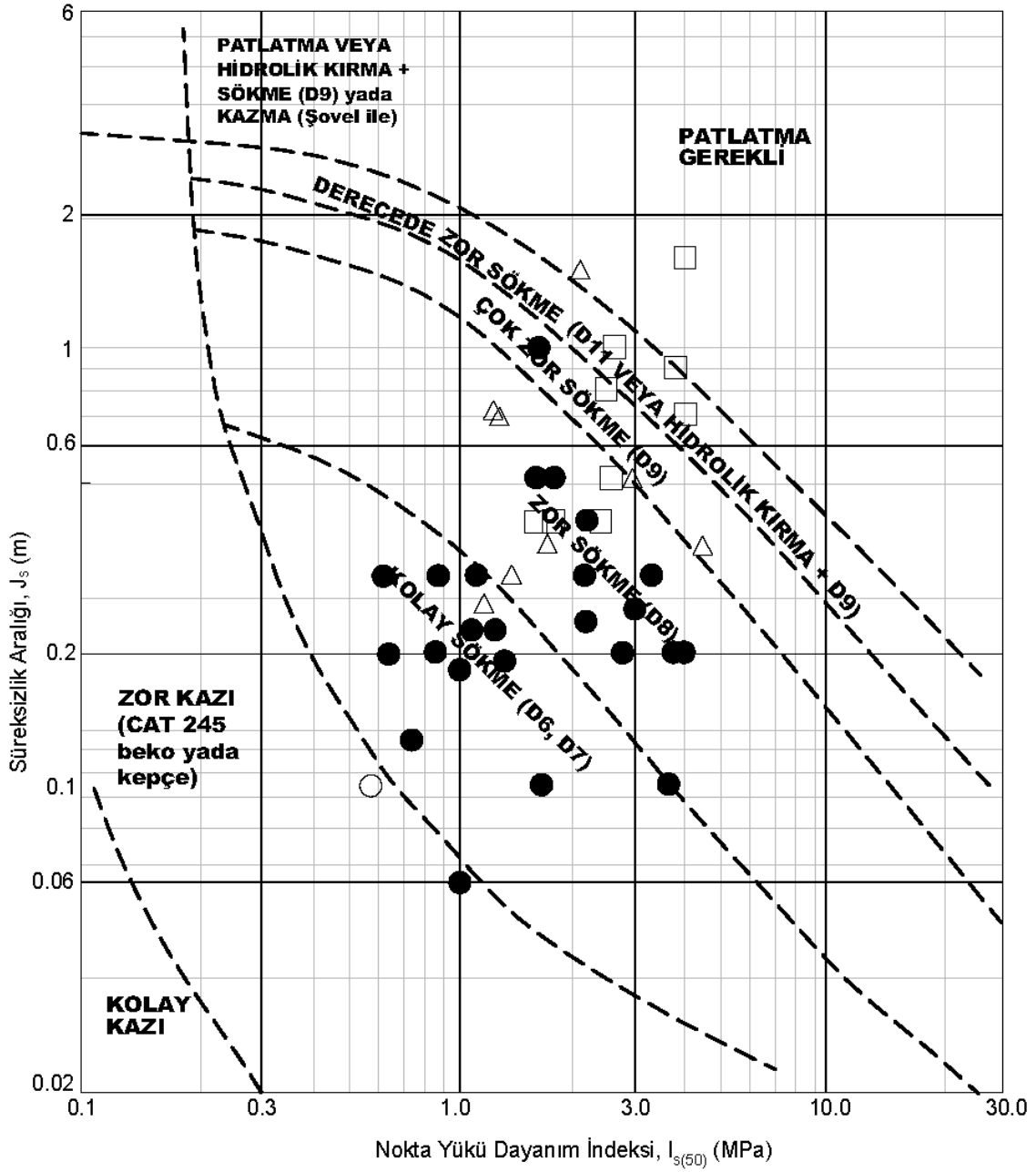
Benzer şekilde, tez çalışması kapsamında oluşturulan veri tabanında patlatma yapılan lokasyonların bir bölümünün zor sökülebilir alan içerisinde kalmasının nedeninin, yüksek $I_{s(50)}$ değerlerine rağmen, süreksizlik aralığı değerlerine göre parçalı kaya özellikleri sunması olduğu düşünülmektedir. Bu durumda çeşitli nedenlerle sökme uygulaması yapılamadığında, geriye patlatma seçeneği kalmaktadır. “Çok zor sökülebilir (D9)” ve “aşırı derecede zor dökülebilir (D11) + kırılabilir (D9)” alanlar içerisinde kalan lokasyonlar için ise durum farklıdır. Pettifer ve Fookes (1994) tarafından abağın geliştirilmesinde kullanılan orijinal veri incelendiğinde, D9 ve D11 iş makinesi modelleriyle sınırlandırılan bu kesimlerde sökme uygulaması yapılan lokasyonlar arasında kırma ve patlatma uygulaması yapılan lokasyonların da bulunduğu saptanmıştır (Şekil 4.3). Dolayısıyla Pettifer ve Fookes'un D9 ve D11 alanlarında patlatma uygulamasının yanında gerçekleştirilebilen “sökme + kırma” işlemini artan makine performanslarını da gözetererek bu zonları yüksek kapasiteli iş makineleri yardımıyla sökme işlemi uygulanabilecek bölgeler olarak değerlendirdikleri sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumun bir benzeri Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada oluşturulan veri tabanının Pettifer ve Fookes (1994)'ün abağına işlenmesi sonucunda da görülmüş olup, Tsiambaos ve Saroglou (2010)'nun verisinin Pettifer ve Fookes (1994) tarafından önerilen kazı yöntemini belirleme abağı üzerinde dağılımı Şekil 4.4'te sunulmuştur.

Bununla birlikte, tez çalışması kapsamında oluşturulan veri tabanı Pettifer ve Fookes (1994) tarafından geliştirilen kazı yöntemini tayin abağına aktarıldığında her ne kadar doğrudan kazma ve sökme yöntemleri için uyumlu sonuçlar elde edilse de, kırma ve patlatma yöntemleri için tanımlanan alanlar ve sınır ilişkileri dikkate alındığında, elde edilen sonuçların uyumsuz olduğu görülmektedir.



- △ Kazma veya kazıma işlemleri uygulanan lokasyonlar
- ▲ D8 veya daha güçsüz dozerle ya da ekipman haricen takılarak sökme işlemi uygulanan lokasyonlar
- ◆ D9 ile sökme işlemi uygulanan lokasyonlar
- D11, D10 (700 ftp), Darbeli D9 veya kırma işlemi sonrası D9 kullanılarak sökme uygulanan malzemeler
- Kazı işleminin Patlatma yöntemi kullanılarak yapıldığı malzemeler

Şekil 4.3. Pettifer ve Fookes (1994)'nin önerdiği kazılabilirlik abağının geliştirilmesinde kullanılan orijinal verinin dağılımı



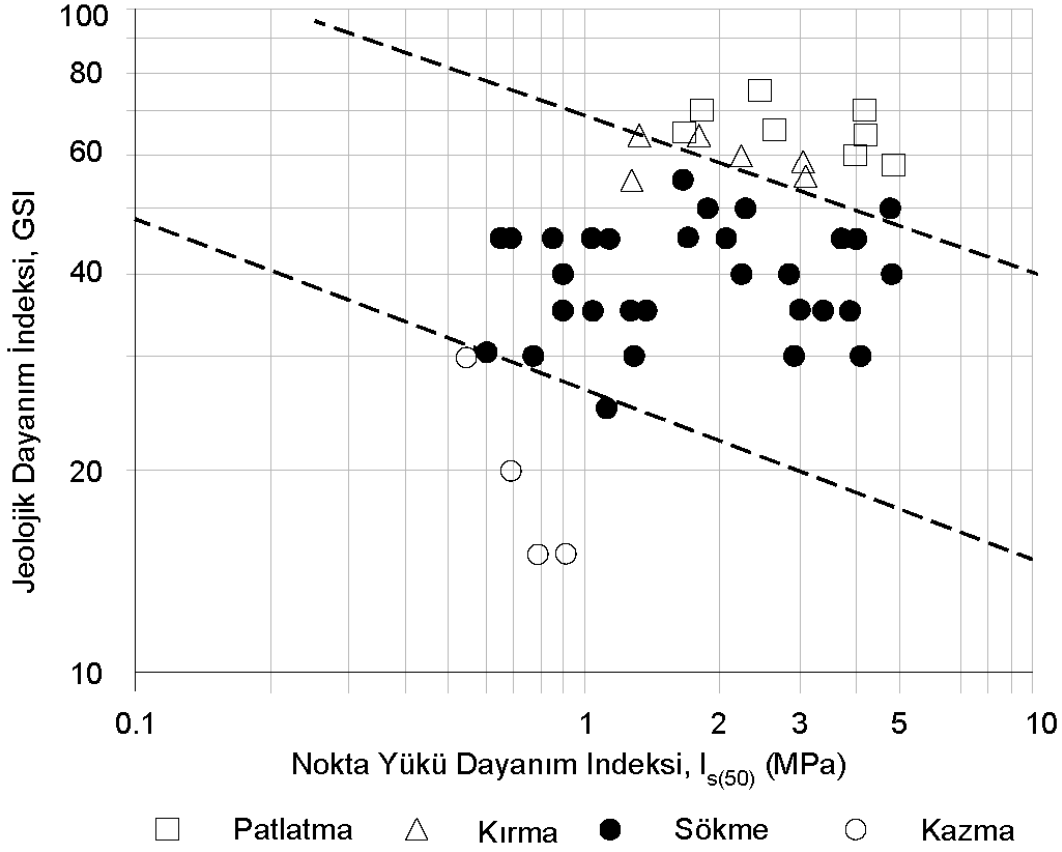
Şekil 4.4. Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından yapılan çalışmada kullanılan verinin Pettifer ve Fookes (1994)'un kazılabilirlik abağındaki dağılımı

4.3. Tsiambaos ve Saroglou (2010)'nun Önerdiği Kazılabilirlik Yönteminin İrdelenmesi

Tsiambaos ve Saroglou (2010), ölçülmüş $I_{s(50)}$ ve Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) değerlerini esas alarak herhangi bir sahada başlıca 4 kazı türünden (doğrudan kazma, sökme, kırma, patlatma) hangisinin uygulanabileceğinin belirlenmesi amacıyla 2 abaktan oluşan bir yöntem önermişlerdir. Söz konusu abakların oluşturulması için bu araştırmacılar, Yunanistan'da kazı yapılan ve hangi kazı yönteminin uygulandığı bilinen bazı sahalardan derledikleri $I_{s(50)}$ ve GSI verisini kullanmışlardır. Bu araştırmacılar, Franklin, Broch ve Walton (1971) ve Pettifer ve Fookes (1994) abaklarına kendi verilerini işlemişler, kazı yönteminin belirlenmesinde "süreksizlik aralığı"nın doğru şekilde tayin edilmesinin önemli olduğu sonucuna varmışlar ve GSI sınıflamasının kaya malzemesinin dayanımıyla birlikte kullanılması halinde kaya kütleleri için sayısal anlamda kazı yöntemlerinin kategorize edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Tsiambaos ve Saroglou (2010); söz konusu abakların oluşturulması amacıyla düşey ekseninde GSI, yatay ekseninde ise $I_{s(50)}$ olacak şekilde ve ilgili lokasyonlarda uygulanmış olan kazı yöntemlerini de dikkate alarak, veriyi çift logaritmik bir grafiğe aktarmışlar (Şekil 4.5) ve bu grafikteki veri kümelenmelerine göre uygulanan kazı yöntemlerini ayıran sınırları Şekil 4.5'te kesikli çizgilerle göstermişlerdir. Buna göre, belirli bir kaya malzemesi dayanımı için doğrudan kazma kolaylığı; kaya kalitesi azaldıkça (GSI değerleri küçüldükçe) artmakta, böylelikle örneğin "patlatma" yerine sökme ve hatta doğrudan kazma yöntemi geçmektedir.

Bu araştırmacılar ayrıca, kullandıkları veri tabanına göre $J_s = 0,3$ m ve $I_{s(50)} = 3,0$ MPa olan veri çiftinin eşik değerler olduğunu ve veriyi derledikleri sahaların önemli bir kısmında bu eşik değerlerin altında sökme yönteminin kullanıldığını belirlemişlerdir. Bu çalışmaya göre araştırmacılar, kaya kütlelerinin ancak patlatma yapılarak kazılmasının gerektiği kaya malzemesinin dayanımı için eşik değerinin 3 MPa'ya eşit olacağını da belirtmektedirler.



Şekil 4.5. Tsiambaos ve Saroglou (2010)'nun veri tabanına göre farklı kazı yöntemleri için $I_{s(50)}$ – GSI veri çiftlerinin dağılımı ve farklı kazı yöntemleri için ayrılan zonların sınırları.

Yukarıdaki paragrafta kaya malzemesinin dayanımı için belirtilen eşik değere ($I_{s(50)} = 3 \text{ MPa}$) göre, mevcut veri yeniden gruplanarak $I_{s(50)} < 3,0 \text{ MPa}$ ve $I_{s(50)} \geq 3,0 \text{ MPa}$ durumları için farklı kazı yöntemlerini temsilen farklı simgeler kullanılarak Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından tüm veri Hoek ve Marinos (2000) tarafından önerilen GSI abacı üzerine aktarılmıştır (bkz. Şekil 2.12 ve 2.13).

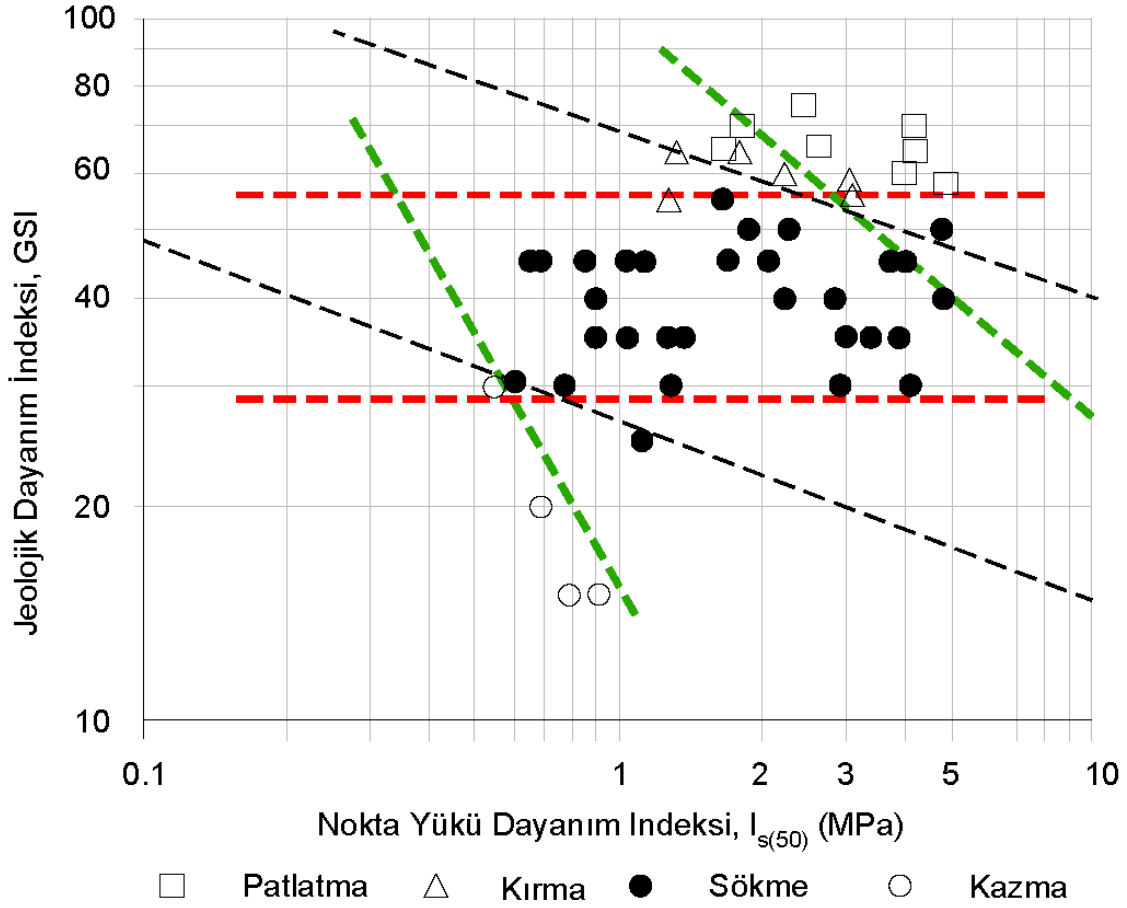
Tsiambaos ve Saroglou (2010), Şekil 2.12 ve 2.13'teki GSI abakları üzerine işlenen verinin temsil ettiği kazı yöntemlerinin dağılımını esas alarak, her bir kazı yönteminin uygulanacağı alanların sınırlarını belirlemişler ve kazı yönteminin değerlendirilmesi amacıyla $I_{s(50)} < 3 \text{ MPa}$ ve $I_{s(50)} \geq 3 \text{ MPa}$ koşulları için kaya kütlelerinde uygulanacak kazı yönteminin tahmini için 2 abak önermişlerdir.

Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada 61 lokasyondan elde edilen veri kullanılmıştır. Bununla birlikte, bu veriden 34 tanesi kazı güçlüğüne göre orta sırada kalan “sökme” uygulamasına aittir. Bu araştırmacılara ait veri tabanında yer alan lokasyonlara ait en düşük ve en yüksek $I_{s(50)}$ değerleri 0,5 – 5,0 MPa, GSI değerleri ise 15 ile 75 arasında değişmektedir.

Şekil 4.5'te verilen verinin dağılımıyla ve Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından önerilen kazılabilirlik değerlendirme yöntemiyle ilgili olarak yukarıdaki paragraflarda değinilen hususlara yönelik değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

(a) Şekil 4.5'teki grafik incelendiğinde, farklı lokasyonlarda gerçekleştirilen kazı uygulamalarını ayırtlamak için farklı kazı yöntemlerine ait veri dağılımına göre siyah kesik çizgilerle gösterilmiş olan sınırların neden bu şekildeki gibi çizilmiş olduğu tartışmaya açıktır. Bu sınırların Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından kullanılan verinin dağılımına göre Şekil 4.6'da yatay kırmızı ve eğimli yeşil kesikli çizgilerle de gösterilebilmesinin mümkün olabileceği de dikkate alınır, bu sınırların farklı şekilde de belirlenebileceği görülmektedir. Burada özellikle doğrudan kazma, kırma ve patlatma yöntemlerinin uygulandığı yerlere ait verinin oldukça sınırlı sayıda olması kazı yöntemleri arasındaki sınırın belirgin şekilde belirlenmesini güçleştirmekte ve bu belirlemenin çok daha fazla sayıda veriyle yapılmasının gerekli olduğuna işaret etmektedir.

(b) Şekil 4.5'teki grafikte siyah kesikli çizgilerle gösterilen sınırlar tüm grafiği boydan boya kat etmekte olup, bu sınırların uzanımı veri tabanında yer alan en büyük ve en küçük $I_{s(50)}$ ve GSI değerleri dikkate alınarak sınırlandırılmamıştır. Diğer bir ifadeyle, örneğin en yüksek $I_{s(50)}$ 'nin 5,0 MPa olmasına rağmen, çizilen sınır $I_{s(50)} = 10$ MPa'ı da kapsayacak şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Tsiambaos ve Saroglou (2010)'un kullandıkları verinin dağılımına göre farklı kazı yöntemlerini ayırtlamak için önerdikleri sınırlara (kesikli siyah çizgiler) alternatif olabilecek farklı ayırtlama sınırları (kesikli yeşil ve kırmızı çizgiler)

(c) Şekil 4.5'te siyah kesikli çizgilerle gösterilen sınırlarla ilgili diğer bir husus da, doğrudan kazma ve sökme yöntemleri arasındaki sınırın üst kısmıdır. Tüf - tüfit gibi yüksek GSI değerlerine sahip olabilen, ancak gözenekli ve gevşek yapıları nedeniyle kolaylıkla kazılabilen kayalar "yüksek GSI - düşük $I_{s(50)}$ " özelliğine sahip olabilirler. Böyle bir durumda söz konusu kayacın GSI ve $I_{s(50)}$ değerlerinin Şekil 4.5'teki grafiğe işlenmesi halinde; veri noktası "sökme" bölgesi içine düşecek, dolayısıyla kolayca kazılacak bu kaya türleri için kazı türü olarak sökme işleminin yapılması gerekiyormuş gibi o ortam için uygun olmayan bir kazı yöntemi seçilmiş olacaktır.

(d) Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada makine performansı yardımıyla bir alt kazı yönteminin (örneğin, patlatma yerine kırma) uygulandığı lokasyonların sınırlarda yarattığı değişikliğin dikkate alınmadığı düşünülmektedir. Daha açık bir ifadeyle, D9 ve/veya D10 model dozerler ile yapılmış olan sökme uygulamalarının veri tabanından ayrılarak sınır ilişkilerinin belirlenmesi, bu işlem sonrasında yüksek piston gücünde iş makineleri ile yapılmış kazı uygulamalarına ait sonuçların abaklara geri aktarılacak olan değişimlerin incelenmesi ve bu çerçevede kazı türleri arasındaki sınırlarda geçiş zonlarının işaretlenmesi önemlidir. Örneğin, ortalama beygir / piston gücüne sahip iş makineleri ile sökme işlemi uygulanamayan ya da çok zor sökülebilen bir kaya, yüksek beygir / piston gücüne sahip bir iş makinesi kullanılarak sökülebilir. Bu durumda, yüksek güce sahip bir makine ile sökme yönteminin uygulandığı kazı sahası ilgili abağa, GSI ve $I_{s(50)}$ değeri değişmemesine rağmen, sökme uygulaması yapılmış bir saha olarak işaretlenecektir. Bunun gibi uygulamalarla oluşturulmuş bir veri tabanı üzerinden belirlenen sınırlarda ise, bu sahalarda sökme yöntemi uygulanan zonun içerisinde kalacak ve uygulama aşamasına gelindiğinde sökme işleminin yapıldığı iş makinesi modeli (beygir gücü) de bilinmediği için daha düşük iş gücündeki makineler ile benzer özelliklerdeki sahalarda yerinde sökme işlemi uygulanamayacaktır. Pettifer ve Fookes (1994) tarafından geliştirilen sistemde makine performansının devreye girdiği kazı türleri arasındaki sınır ilişkilerinin ve geçiş zonlarının iş makinesi modelleri de dikkate alınarak nasıl belirlendiği önceki bölümlerde sunulmuştur. Söz konusu örnekte olduğu gibi, bu durumda çok sayıda lokasyonun veri tabanında yer alması sökme ve patlatma arasındaki sınırı değiştirecek olup, Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından yapılan çalışmada bu durum dikkate alınmamıştır.

(e) Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından oluşturulan veri tabanı incelendiğinde, GSI değerlerinin tamamına yakınının 5 ve 5'in katları ve çok az bir kısmının ise 5'lik değer aralıkları (40-45, 50-55 gibi) şeklinde olduğu görülmektedir. GSI abağının 1999'daki versiyonunu (Hoek, 1999) baz alan bir revizyonunun (Hoek ve Marinos, 2000) kullanıldığı bu

çalışmada, kayanın yapısal anlamda genel görüntüsüne bakılarak “Yapı (S)” ve içermiş olduğu süreksizlikler açısından da “Süreksizlik Yüzey Koşulları (D)” için sınıflandırılmış alanlardan hangisine girdiği belirlenmektedir (bkz. Şekil 2.12 ve 2.13). Hangi koşulu sağladığı belirlenen S ve D özelliklerinin grafikte birbirini kestiği kutunun ortasında kalan değer esas alınarak GSI değeri abaktan belirlenmektedir. Ancak görsel ve öznel olabilecek bir değerlendirmeyi (belirlemeyi) esas alan bu yöntem, özellikle kaya yapısıyla ilgili kategorilerde birbirine çok yakın koşullar arasında geçişler ve ayrıca süreksizlik yüzey koşulları açısından düşey ekseninde verilen tanımlamalarla ilgili kısıtlar nedeniyle hatalı ya da kaya kütlelerini tam yansıtamayan değerlendirmelere neden olabilmektedir. Bu sorun dikkate alınarak, Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından önerilen “kantitatif GSI abağı”nda ilgili girdi parametreleri ölçülebilir ve puanlanabilir şekilde tanımlanarak Hoek (1999)’un önerdiği GSI abağından belirlenmesiyle ilgili olarak yukarıda değinilen sınırlamalar giderilmeye çalışılmıştır. Tsiambaos ve Saroglou, (2010)’nun veri tabanındaki GSI değerlerinin 5 ve 5’in katları şeklinde olması, bu araştırmacıların Hoek (1999)’un önerdiği GSI abağının kullanımıyla ilgili sınırlamalarından kaynaklanmaktadır. Ancak, Şekil 2.12 ve 2.13’teki abaklardan görüleceği gibi, GSI’in 5’in katları dışında kalan ara değerlerinin de bu iki araştırmacı tarafından kullanılan veri tabanında yer aldığı ve GSI abağına işlendiği görülmektedir. Ancak bu ara değerlerin Hoek (1999)’un abağından nasıl belirlendiği bilinmemekte olup, GSI’ı belirleme yönteminin deneyime dayalı ve öznel değerlendirmelere açık olduğu şeklindeki düşüncüyü doğrulamaktadır. Buna bağlı olarak, gerekçeleri önceki bölümlerde anlatılan nedenlerle tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen GSI hesaplarında Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından geliştirilen kantitatif GSI abağı kullanılmıştır. Kayaya ait özelliklerin belirlenmesindeki yaklaşım farklılığına bağlı olarak iki yöntemin GSI sonuçları arasında bir miktar farklılık oluşacağı değerlendirilmekte olup, GSI sonuçlarındaki bu farklılık; Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından da ifade edilmiştir. Bu durumun doğal bir sonucu olarak, bu tez çalışması kapsamında oluşturulan veri tabanı Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından önerilen GSI bazlı kazı yöntemi tayin abaklarına aktarılamamıştır.

(f) Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından $I_{s(50)} < 3$ MPa dayanım koşuluna göre önerilmiş abağa işlenmiş olan veri incelendiğinde (bkz. Şekil 2.12); R12, R17, R21 (R: sökme) ve D4 (D: doğrudan kazma) no.lu lokasyonlara ait $I_{s(50)}$ veri ilgili yayında bulunmamaktadır. Buna rağmen bu lokasyonlara ait GSI değerlerinin abaklara işlenmiş olduğu ve R17 no.lu lokasyona ait $I_{s(50)}$ -GSI veri çiftinin “doğrudan kazma – sökme” uygulamaları arasındaki sınırı belirleyen eşik değeri olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, B5 ve B10 (B: patlatma) no.lu lokasyonlar kırma yönteminin uygulanması için tanımlanan alan, H5 (H: kırma) no.lu lokasyon ise sökme yönteminin uygulanması öngörülen alan içerisinde kalmaktadır.

(g) Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından $I_{s(50)} \geq 3$ MPa dayanım koşuluna göre önerilmiş abakta (bkz. Şekil 2.13) “doğrudan kazma” yöntemi için tanımlanan bir alan bulunmaktadır. Ancak bu abağa işlenen ve Tsiambaos ve Saroglou (2010)’na ait veri tabanı incelendiğinde, $I_{s(50)} \geq 3$ MPa olan ve “doğrudan kazma” yönteminin uygulandığı sadece 2 lokasyon bulunmaktadır. Abağa işlenen veri tabanında D1, D2 ve R10 no.lu lokasyonlarına ait $I_{s(50)}$ değeri ise bulunmamaktadır. Bununla birlikte, bu lokasyonlara ait $I_{s(50)}$ değerleri olmadığı halde bu lokasyonlar için belirlenmiş GSI değerlerinin abaklara işlendiği ve doğrudan kazma - sökme yöntemi uygulanacak alanlar arasındaki sınırın veri tabanında $I_{s(50)}$ verisi bulunmayan D1 ve D2 no.lu lokasyonlara ait veri esas alınarak çizildiği görülmektedir. Benzer şekilde, R9 no.lu lokasyonda sökme yönteminin uygulandığının belirtilmiş olmasına rağmen, bu lokasyona ait veri çifti noktası “kırma” yöntemi için öngörülen alanın içerisinde kalmaktadır (bkz. Şekil 2.13).

Yukarıda tartışılan hususlar ve vurgulanan belirsizlikler dikkate alındığında; bu araştırmacılar tarafından önerilen ve GSI- $I_{s(50)}$ veri çiftini kullanan kazı yöntemini belirleme sisteminin daha fazla sayıda veri ve kaya türü esas alınarak değiştirilmesinin, yöntemin uygulamada daha etkin ve verimli şekilde kullanılabilirliği açısından yararlı olacağı anlaşılmaktadır. Bu çerçevede, bu tez çalışmasında oluşturulan daha geniş veri tabanı ile yapılan değerlendirmeler ve önerilen değişiklik 5. Bölüm’de ayrıntılı şekilde verilerek tartışılmıştır.

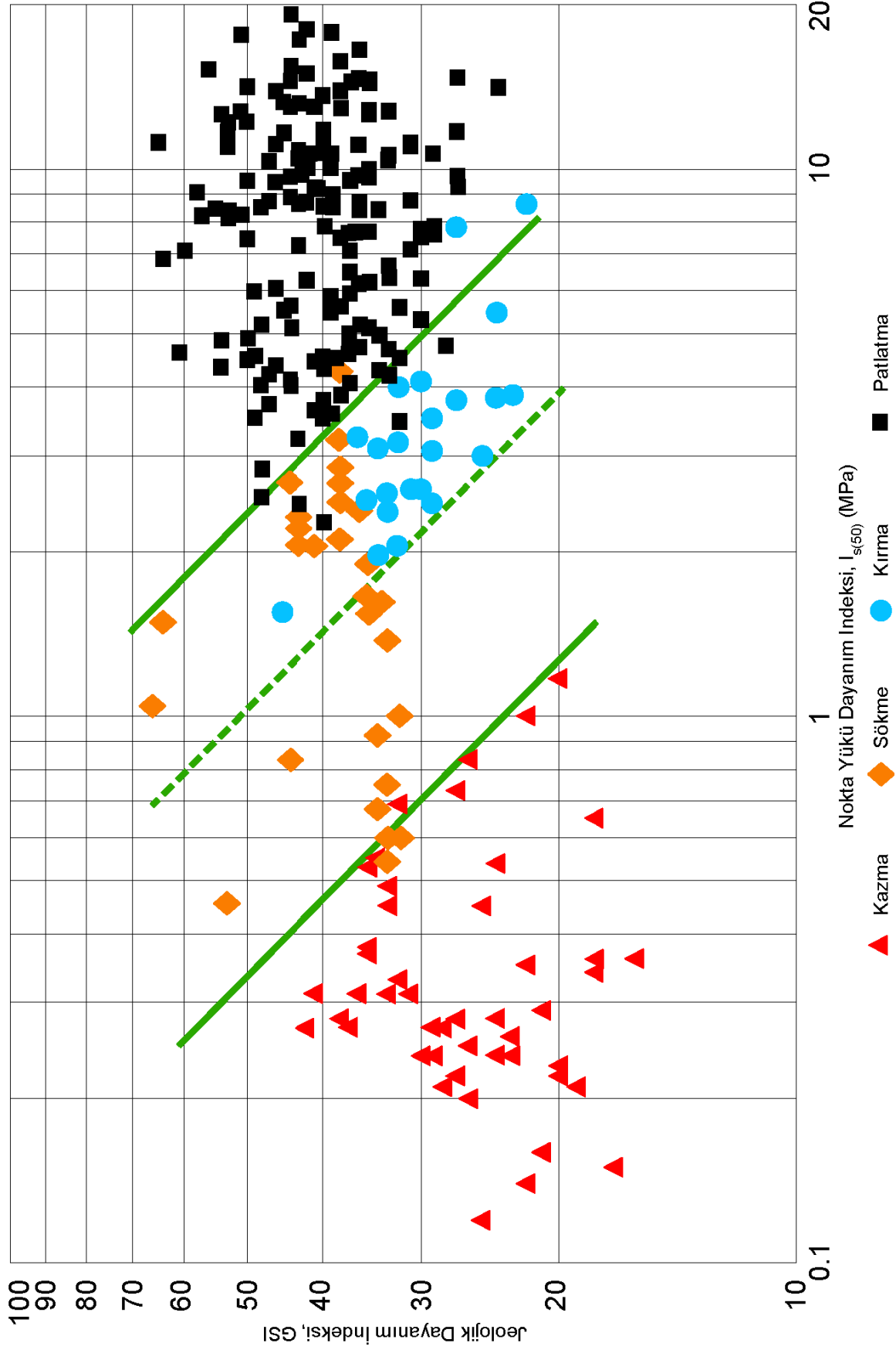
5. NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ VE JEOLJİK DAYANIM İNDEKSİNİ ESAS ALAN YÖNTEMİN MODİFİKASYONU

Tez çalışması kapsamında; süreksizlik pürüzlülüğü, bozunma derecesi, dolgu türü ve hacimsel eklem sayısı gibi parametreler kullanılarak GSI'ı görelî olarak daha hassas şekilde belirlemesi nedeniyle Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından geliştirilen kantitatif GSI abağı kullanılmıştır. Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından geliştirilen GSI bazlı kazı yöntemi tahmin sistemi ise, Hoek ve Marinos (2000) tarafından önerilen GSI abağı kullanılarak hazırlanmıştır. Bu iki sistemin birbirinden farklı yaklaşımlara sahip olması nedeniyle elde edilen sonuçlarda farklılıkların söz konusu olduğu Sönmez ve Ulusay (1999)'ın yanı sıra Duran (2016) tarafından da ifade edilen bir durum olup, bu nedenle tez çalışması kapsamında kullanılan veri tabanı Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından önerilen GSI bazlı kazı abaklarına aktarılamamıştır. Elde edilen sonuçlar çerçevesinde kazı türünü dolaylı olarak belirlemek için bu araştırmacılar tarafından seçilen özellikler uygun görülse de, ilgili çalışmada izlenen bir takım belirsizlikler ve GSI değerinin belirlenmesiyle ilgili farklılık nedeniyle $I_{s(50)}$ -GSI veri çiftini kullanan kazı abağının daha büyük bir veri tabanı esas alınarak değiştirilmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır.

MacGregor, Fell ve Mostyn (1994) tarafından yürütülen çalışmada sadece UCS değerleri dikkate alınarak kayanın hangi iş makineleri ile kazılabileceği belirlenebilmektedir. Bu husus dikkate alındığında, "dayanım"ın kazı yönteminin belirlenmesi açısından ne kadar önemli olduğu görülmektedir. Her tür kayada ve/veya lokasyonda farklı sonuçlar verebilen (değişebilen) $I_{s(50)}$ değerlerinin 3. bir parametre olarak doğrudan GSI abağına aktarılamadığı durumlarda, farklı dayanım ve süreksizlik özelliklerine sahip kaya kütlelerinin hangi kazı yöntemiyle kazılabileceğinin abaklardan her zaman için doğru bir şekilde tayin edilemeyeceği anlaşılmaktadır. Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından geliştirilen GSI'ı esas alan kazı yöntemini tayin abaklarında bu durum $I_{s(50)}$ ve J_s için belirlenen eşik değerleri ile aşılmaya çalışılmıştır. Ancak bu araştırmacıların bu durum nedeniyle ilgili eşik değerinde ($I_{s(50)} < 3$ MPa ya da $I_{s(50)} \geq 3$ MPa) çok az sayıda veriyle ve bazı kazı türleri ve sahaları için $I_{s(50)}$ değeri olmadığı halde, kazı yöntemleri arasındaki sınırları belirledikleri görülmektedir. Tsiambaos ve Saroglou (2010)

tarafından oluşturulan veri tabanındaki GSI değerleri Hoek ve Marinos (2000)'un önerdiği GSI abağı kullanılarak belirlendiği ve bazı lokasyonlara ait $I_{s(50)}$ değerleri mevcut olmadığı için Şekil 5.1'deki grafiğe işlenememiş, bu araştırmacıların çalışmasında puanlama yapılabilmesi için süreksizliklerin bozunma derecesi, pürüzlülük ve dolgu türü gibi özelliklerine ilişkin bilgiler mevcut olmadığı için GSI değerleri Sönmez ve Ulusay (2002)'in abağına uygun olacak şekilde hesaplanamamıştır. Buradan hareketle $I_{s(50)}$ değerlerinin GSI abağı üzerine aktarılması yerine Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından kullanılan ve Şekil 4.5'te verilmiş olan düşey ekseninde GSI ve yatay ekseninde $I_{s(50)}$ 'nin bulunduğu çift logaritmik grafiğe GSI- $I_{s(50)}$ veri çiftlerinin uygulanan kazı yöntemleri ile birlikte işlenerek bir kazı abağı oluşturulmasının dayanım ve kaya kütlesi özelliklerinin birlikte değerlendirilebilmesi açısından daha uygun bir yaklaşım olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Tez çalışması kapsamında oluşturulan veri tabanının aktarıldığı GSI- $I_{s(50)}$ grafiği Şekil 5.1'de sunulmuştur. Şekil 5.1'deki grafikte verinin dağılımıyla ilgili değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

- (a) “Doğrudan kazma” yöntemi ile “sökme” yönteminin uygulandığı lokasyonlar arasında verinin dağılımı da dikkate alınarak, belirgin bir şekilde tanımlanabilir bir sınır söz konusudur (Şekil 5.1'de soldaki eğimli yeşil çizgi) Sökme yönteminin uygulandığı 3 lokasyonun doğrudan kazma yöntemini öneren sınırın içinde kaldığı görülmekte olup, bu durumun ilgili lokasyondaki malzemeye doğrudan kazma yöntemi uygulanabilecekken sökme yöntemi uygulanmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.
- (b) Sökme yöntemi uygulanarak kazı yapılmış lokasyonlar ile kırma yönteminin uygulandığı lokasyonlar arasında yeşil kesikli çizgi ile gösterilen geçişli bir sınır söz konusudur. Daha açık bir ifadeyle; belirlenen bu geçişli sınırın doğrudan kazma yöntemine yakın olan tarafında “kırma” işleminin uygulandığı lokasyonlara ait hiçbir veri bulunmamaktadır. Ancak kırma verisinin bulunduğu alan içerisinde “sökme” işleminin uygulandığı bazı lokasyonlar görülmektedir (Şekil 5.1). Bu durumun kırma yönteminin de bir tür sökme yöntemi olmasından, yeryüzüne paralel yönde yapılan sökme işleminde yönlü kazı sınırlamasının kırma işlemiyle aşılmasından



Şekil 5.1. Bu tez çalışmasında oluşturulan verinin Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından da kullanılan çift logaritmik GSI- $I_{p(50)}$ grafiğindeki dağılımı (uygulanan kazı yöntemleri ve bunları ayırdığı düşünülen sınırlarla birlikte)

ve çalışmada kullanılan uygulamalarda sökme yöntemi yerine kırma yönteminin kullanılmış olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Sökme yönteminin uygulandığı bir lokasyon ise, patlatma için belirlenmiş alan içerisinde yer almaktadır. Bu durumun yüksek performansa sahip bir kazı makinesinin kullanılmasıyla gerçekleştirilmiş olması mümkündür. Yine kırma işlemi yapılmış iki lokasyon da patlatma yöntemi uygulanacak alan içerisinde kalmaktadır. Bu lokasyonlardan biri bu iki kazı türü arasındaki sınır çizgisine yakındır. Diğer ise, patlatma zonu içerisine bir miktar girmiş durumdadır. Bu lokasyonda örselenmeyi minimumda tutabilmek amacıyla kırma işleminin uygulanmış olabileceği düşünülebilir.

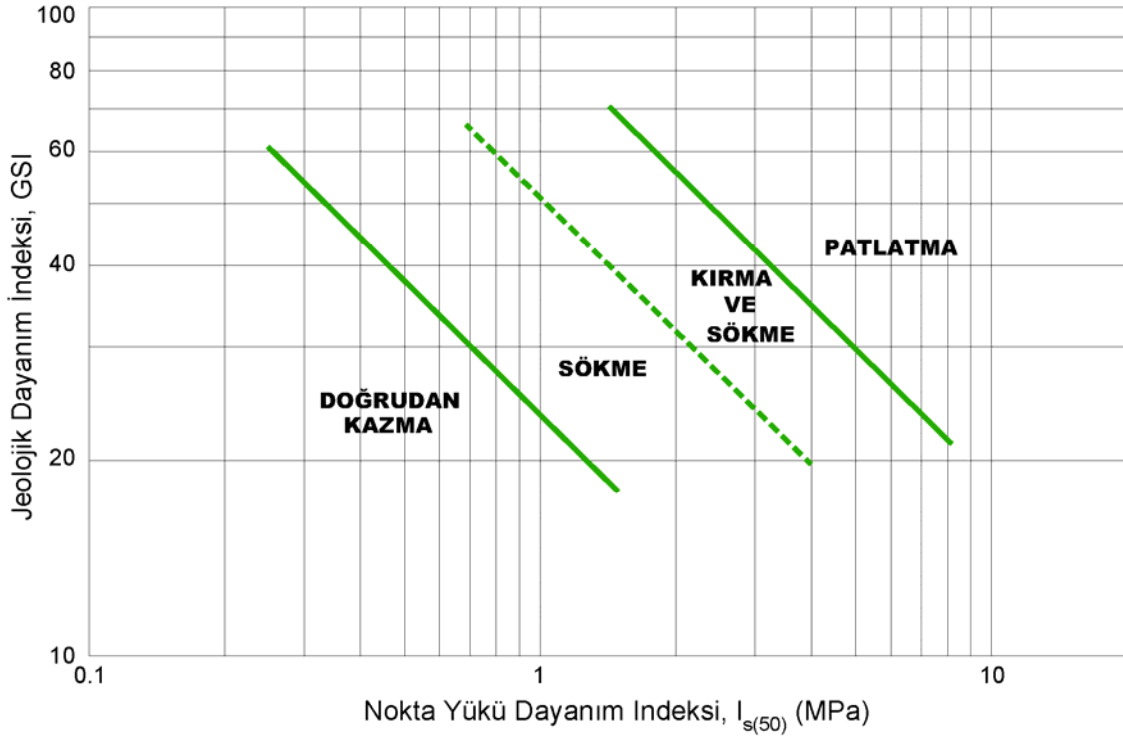
(c) Kırma yöntemi ile patlatma yönteminin uygulandığı lokasyonlar arasında grafiğin üst kesiminde düz yeşil çizgi ile gösterilen oldukça belirgin bir sınır söz konusudur. Bununla birlikte, patlatma yönteminin uygulandığı 4 lokasyonun kırma yönteminin uygulanacağı alan içerisinde kaldığı gözlenmiştir (Şekil 5.1). Bu durumun ise, bu lokasyonlarda muhtemelen kırma işleminin uzun ve zahmetli bulunması nedeniyle uygulayıcı tarafından kırma yöntemi yerine patlatma yönteminin kullanılmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.

(d) Tez çalışmasında hesaplanmış en düşük GSI 16 ve en yüksek GSI 66 olup, veri tabanında bu değerlerden daha küçük ve büyük veri bulunmadığı için, Şekil 5.1'de kazı türleri arasındaki sınırlar veri tabanındaki en büyük ve en küçük GSI değerleri dikkate alınarak grafiğin altında ve üstünde sınırlandırılmıştır.

(e) 280 lokasyona ait veri tabanı esas alınarak hazırlanan Şekil 5.1'deki grafikte görülen dağılıma göre, çok az saçılım gösteren bir kaç veri noktası dışında, farklı kazı türleri için belirlenen sınırlar ile her kazı türüne ait verinin kümelenmesi oldukça uyumludur.

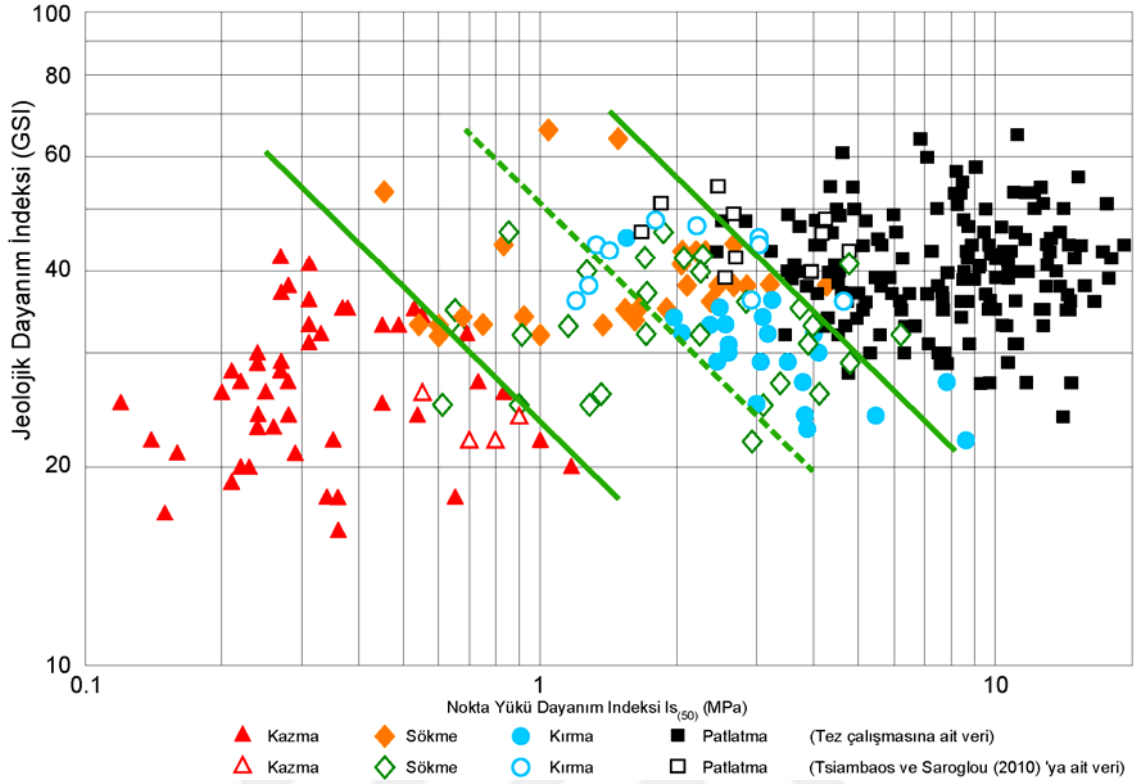
Şekil 5.1'de verilen ve üzerine verinin de işlendiği abak, veri noktaları kaldırılarak, sadece kazı türü sınırlarını gösterecek şekilde ve kazı türlerinin adları da

belirtilerek Şekil 5.2’de verilmiştir. Buradan görüleceği üzere, Tsiambaos ve Saroglou (2010)’nun önerdikleri GSI esaslı kazı yöntemini belirleme abağının bu çalışmada değiştirilmiş bu versiyonu için $I_{s(50)}$ ’nin farklı eşik değerlerine göre hazırlanmış birden fazla abağın (bkz. Şekil 2.12 ve 2.13) kullanılmasına gerek kalmamıştır. Diğer bir ifadeyle, bir kazı alanındaki kaya kütleleri için GSI ve $I_{s(50)}$ değerlerinin belirlenmesiyle Şekil 5.2’deki abaktan o ortam için hangi kazı türünün uygun olacağı tahmin edilebilmektedir.



Şekil 5.2. Tez çalışması kapsamında GSI ve $I_{s(50)}$ 'yi esas alan kazı türünü tayin yönteminin değiştirilmiş versiyonu

Kazı yöntemini tahmin eden sistemlerin performansının araştırılması çalışması sırasında her ne kadar Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından geliştirilen GSI bazlı kazı abaklarına tez çalışması kapsamında oluşturulan veri tabanı gerekçeleri önceki bölümlerde anlatılan nedenlerle aktarılamamıştı. Bununla birlikte, tez çalışması kapsamında sınırları değiştirilen kazı yöntemi belirleme abağının tahmin performansının görülebilmesi amacıyla Tsiambaos ve Saroglou (2010)'nun çalışmasında kullanılan 61 lokasyondan $I_{s(50)}$ -GSI veri çifti bulunan 54 adedi, sınırları değiştirilen $I_{s(50)}$ -GSI abağının üzerine aktarılmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Tez çalışması kapsamında oluşturulan verinin Tsiambaos ve Saroglou (2010)'nun verisi ile GSI ve $I_{s(50)}$ 'yi esas alan modifiye edilmiş kazı yöntemi belirleme grafiğindeki dağılımı (İçi dolu simgeler tez çalışması kapsamında oluşturulan veri tabanına, içi boş simgeler ise Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından oluşturulmuş olan veri tabanına aittir.)

Şekil 5.3'ten görüleceği gibi; Tsiambaos ve Saroglou (2010)'na ait doğrudan kazma verisinin tamamı bu çalışmada değiştirilmiş abaktaki doğrudan kazma sınırları içinde yer alırken, sökme ve kırma verisi de yine abakta bu iki kazı yöntemi için önerilen yeni sınırlar arasındadır. Patlatma uygulanan sahalardan dördüne ait veri hariç, diğerleri de patlatma için önerilmiş yeni sınırlar içinde kalmaktadır. Bu durum, bu tez çalışması sonucunda kazı yöntemleri arasındaki sınırlara ilişkin değişiklikle abağın yeni haliyle kazı türünü belirleme performansının arttığına işaret etmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kayalarda uygun kazı yönteminin belirlenmesi amacıyla geliştirilen grafik yöntemlerin uygulama performanslarının değerlendirilmesi ve Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından geliştirilen ve GSI ile $I_{s(50)}$ 'yi kullanan kazı yöntemi değerlendirme sınıflamasının değiştirilmesinin amaçlandığı bu çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Tez çalışması kapsamında oluşturulan ve uygulanan kazı yöntemlerinin bilindiği lokasyonlara ait veri tabanı; Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından geliştirilen kazı yöntemini dolaylı yoldan tahmin eden ve $I_{s(50)}$ ile J_s özelliklerini kullanan sisteme aktarıldığında; veri noktalarının büyük bir bölümünün Franklin, Broch ve Walton (1971) tarafından oluşturulan grafikte ilgili kazı yöntemleri için tanımlanmış sınırların dışında kaldığı belirlenmiştir. Bu durumun başlıca nedeninin günümüzde artan makine ve ekipman performanslarının bu araştırmacıların kazı yöntemlerini ayırmak için tanımladıkları sınır değerlerinde neden olduğu değişiklikler ve sadece 39 veri kullanılarak önerilmiş olan bu grafiğin sınırlı sayıda veriyi ve kaya türünü içermesi nedeniyle, yöntemin günümüzde geçerliliğinin azaldığı ve kazı yöntemini tahmin etme performansının düşük kaldığı anlaşılmaktadır.

Bu tez çalışması için oluşturulan veri tabanı; $I_{s(50)}$ - J_s veri çiftini kullanarak Pettifer ve Fookes (1994) tarafından geliştirilen kazı yöntemini dolaylı yoldan tahmin eden grafiğe işlendiğinde, veri dağılımının “doğrudan kazma” ve “sökme” yöntemi için tanımlanan sınırlar ile uyumlu olduğu, ancak “kıрма” ve “patlatma” yöntemleri için tanımlanan sınırlar ile uyumlu olmadığı saptanmıştır. Bu durumun ortaya çıkmasında; bu araştırmacılar tarafından önerilen grafikte kayalarda uygulanacak kazı yöntemi belirlenirken dayanımın yanı sıra kaya kütlesi özelliklerini tanımlamak için sadece J_s özelliğiyle grafiğin oluşturulmasının etkili olduğu, sınır değerlerin yüksek beygir gücünde iş makineleriyle sökme yönteminin uygulandığı sahalara ait verilerle belirlenmesi nedeniyle de bu araştırmacılar tarafından önerilen kazı türlerini ayıran sınırlarda uyumsuzluklar olduğu anlaşılmaktadır.

Tsiambaos ve Saroglou (2010)'nun kazı yöntemini dolaylı yoldan tahmin eden ve $I_{s(50)}$ ile GSI'ı kullanan yöntemine ait bazı sınırlamalar belirlenmiştir. Buna göre; $I_{s(50)}$ sonuçlarının dar bir dayanım aralığını temsil ettiği (0,5-5,0 MPa), buna rağmen bu sınırlı aralık üzerinden $I_{s(50)} = 3,0$ MPa ve $J_s = 0,3$ m eşik değerleri belirlenerek, görsel değerlendirmeye dayalı subjektif bir GSI belirleme yaklaşımını esas alan Hoek ve Marinos (2000)'a ait GSI abağının kullanılarak iki ayrı GSI kazı abağı hazırlandığı, $I_{s(50)} \geq 3,0$ MPa koşulu için sunulan GSI kazı abağı verisinde $I_{s(50)} \geq 3,0$ MPa koşulunu sağlayan tek bir doğrudan kazma verisi bulunmamasına rağmen bu abakta kazı zonu tanımlandığı anlaşılmaktadır.

Yukarıda değinilen sınırlamaların giderilmesi doğrultusunda dayanımın kazı yöntemine olan etkisinin doğrudan görüldüğü tek bir grafik oluşturulmuştur. Bu işlem sonucunda 280 lokasyona ait veri çiftini içeren abakta çok az saçınım gösteren birkaç veri noktası dışında, kazı türleri için belirlenen sınırlar ile her kazı türüne ait verinin kümelenmesinin oldukça uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, zaman zaman kazı yönteminin belirlenmesi sırasında sahadaki önceliklerin ve uygulamaya yönelik yerel koşulların kazı yöntemini değiştirebildiği dikkate alındığında, kırma ile patlatma arasındaki sınırın küçük bir miktarda olsa da, değişiklik gösterebileceği düşünülmektedir. Bu durum veri tabanındaki lokasyonların saha uygulamalarından temin edilmiş olmasının doğal bir sonucudur. Benzer şekilde, veri tabanının büyük oranda sondajlardan derlendiği dikkate alındığında özellikle sondaj tekniği gereği yumuşak dolgu izlenen lokasyonlarda sondaj sıvısının sirkülasyonu sırasında dolgunun tamamen yıkanabileceği ve buna bağlı olarak GSI değerlerinde birkaç puanlık değişikliğin olabileceği öngörülmektedir.

Bu çalışma sonucunda Tsiambaos ve Saroglou (2010)'nun önerdikleri GSI esaslı kazı yöntemini belirleme abağının bu çalışmada değiştirilmiş versiyonu oluşturulmuştur. Böylece $I_{s(50)}$ 'nin farklı eşik değerlerine göre hazırlanmış birden fazla abağın kullanılmasına gerek kalmadan, kazı alanındaki kaya kütleleri için GSI ve $I_{s(50)}$ değerlerinin bilinmesi durumunda o lokasyonda hangi kazı türünün uygulanabileceği tahmin edilebilmektedir.

Tez çalışması kapsamında derlenen veri tabanına ait GSI- $I_{s(50)}$ grafiğinde kazı türleri arasında çizilen sınırların veri bulunmayan alanlara doğru genişletilerek bu çalışmada değiştirilen abağın daha kapsamlı hale getirilmesi düşünülebilir. Bunun için bu tezde kullanılan kaya türleri arasında yer almayan, “yüksek GSI – düşük / ortaç $I_{s(50)}$ ” ve “düşük GSI – ortaç / yüksek $I_{s(50)}$ ” değerlerini de içeren ve uygulanan kazı yönteminin de bilindiği sahalara ait verinin bu abağa aktarılarak kazı yöntemleri arasındaki sınırların değerlendirme yapılmayan kesimleri de kapsayacak şekilde genişletilebilirliğinin araştırılması yararlı olacaktır.



KAYNAKLAR

- Abdullatif, O.M., Cruden, D.M., The relationship between rock mass quality and ease of excavation, Bulletin International Association of Engineering Geology No: 28, 183-187, **1983**.
- Akın, A., Kazılabilirlik ve riperebilirlik sınıflama sistemlerinin araştırılması ve değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 80, **2006**.
- Atkinson, T., Selection of open pit excavating and loading equipment, Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, 80, A101-A129, **1971**.
- Avchar, A., Choudhary, B., Budi, G., Sawaiker, U.G., Applicability of Size-strength Rippability Classification System for Laterite Excavation in Iron Ore Mines of Goa. ASME Journal-ASME IIETA Publication Series Modelling, Measurement and Control C 78, 378-391, **2017**.
- Bailey, A.D., Rock types and seismic velocity versus rippability, Highway Geology Symposium Proceeding 26, 135-142, **1975**.
- Barton, N., Lien, R., Lunde, J., Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support, Rock Mechanics 6(4), 189-239, **1974**.
- Başarır H., Rippability assessment based on direct ripping, specific energy concept and numerical modelling, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 174 s, **2002**.
- Başarır, H., Sözlü görüşme, University of Western Australia, Faculty of Engineering and Mathematical Sciences, **2017**.
- Başarır, H., Karpuz, C., A rippability classification system for marls in lignite mines, Engineering Geology 74, 303-318, **2004**.
- Bieniawski, Z.T., Geomechanics classification of rock masses and its application in tunneling, Proceedings of the Third International Congress on Rock Mechanics, International Society of Rock Mechanics, Denver, CO, 27-32, **1974**.
- Bieniawski, Z.T., Engineering rock mass classifications, John Wiley and Sons, 237 p. **1989**.

Bozdağ, T., Indirect rippability assessment of coal measures rocks. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 86p, **1988**.

Caterpillar Performance Handbook, Caterpillar Tractor Co., Peoria, IL, USA, **1958**.

Caterpillar Performance Handbook, 29th edition, Caterpillar, Peoria, IL, USA, **1998**.

Ceylanoğlu, A., Sözlü görüşme, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, **2018**.

Church, H.K., Excavation Handbook, McGraw-Hill, New York, **1981**.

Deere, D., Hendron, A., Patton, F., Cording, E., Design of surface and near-surface construction in rock, The 8th US symposium on rock mechanics (USRMS), American Rock Mechanics Association. **1966**.

Duran, A., Rock mass assessment–what goes wrong?, Proceedings of the 1st Asia Pacific Slope Stability in Mining Conference, Perth: Australian Centre for Geomechanics (ACG), pp. 493-506, **2016**.

Franklin, J.A., Broch, E., Walton, G., Logging the mechanical character of rock, Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy, Section A 80, 1-9, **1971**.

GCP Global Construction Perspectives and Oxford Economics, Global Construction 2030: A global forecast for the construction industry to 2030, Executive Summary, 1-15, United Kingdom, **2015**.

Hadjigeorgiou, J.A., Poulin, R., Assessment of ease of excavation of surface mines, Journal of Terramechanics 35, 137-153, **1998**.

Hoek, E., Putting numbers to geology-an engineer's viewpoint, Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology 32(1), 1-19, **1999**.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Excavator_KU_800_Lom_ČSA_Czech_Republic_2016_3.jpg (Erişim Tarihi: 21 Mart **2019**).

https://kalgoorlie.assets-be.digital/images/images/imported-migrated/The_Super_Pit_Blasting.jpg (Erişim Tarihi: 21 Mart **2019**).

<http://s7d2.scene7.com/is/image/Caterpillar/C832703> (Erişim Tarihi: 21 Mart **2019**).

<http://www.aggbusiness.com/resources/assets/inline/custom/10/8905.jpg>
(Erişim Tarihi: 21 Mart **2019**).

<https://www.scania.com/group/en/wp-content/uploads/sites/2015/08/Testing-the-excavator-of-tomorrow.jpg> (Erişim Tarihi: 21 Mart **2019**).

http://www.vannatabros.com/2009-1/ac31_9.jpg (Erişim Tarihi: 21 Mart **2019**).

ISRM (International Society for Rock Mechanics), Suggested method for determining point load strength, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, (22), No:2, 51-60, **1985**.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006, Ulusay R. and Hudson J.A., (Eds), Kozan Ofset, Ankara, **2007**.

Karpuz, C., A classification system for excavation of surface coal measures, Mining Science Technology 11, 157-163, **1990**.

Karpuz, C., Sözlü görüşme, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, **2019**.

Karpuz, C., Basarir, H., Excavatability Assessment of Surface Coal Mine, pp. 125-147, **2015**.

Khamehchiyana, M., Dizadji, M.R., Esmaili M., Application of rock mass index (RMi) to the rock mass excavatability assessment in open face excavations, Geomechanics and Geoengineering 9, 63-71, **2014**.

Kirsten, H.A.D., A classification system for excavation in natural materials, The Civil Engineer in South Africa 24, 293-308, **1982**.

Kramadibrata, S., The influence of rockmass and intact rock properties on the design of surface mines with particular reference to the excavatability of rock, PhD thesis, Curtin University of Technology, Curtin, Australia, 524, **1998**.

Komatsu, Specifications and Application Handbook, 10th edition, Tokyo, Japan, **1987**.

Komatsu, Specifications and Application Handbook, 27th edition, Tokyo, Japan, **2006**.

MacGregor, F., Rippability of rock PhD Thesis, University of New South Wales, Australia, 899, **1993**.

MacGregor, F., Fell, R., Mostyn, G.R., The estimation of rock ripping, Quarterly Journal of Engineering Geology 27, 123-144, **1994**.

Marinos, P., Hoek, E., GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation, ISRM international symposium, International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering, **2000**.

Martin, J., Predicting the rippability of sandstones in south east Queensland, Australian Road Research Board (ARRB) Conference, 13th, Adelaide, Australia, **1986**.

Muftuoglu, Y.V., A Study of factors affecting diggability in British surface coal mines, PhD Thesis, University of Nottingham, Nottingham, **1983**.

Palmstrom, A., Characterization of jointing density and the quality of rock masses, Norway: AB Berdal, **1974**.

Palmstrom, A., RMI-a rock mass characterization system for rock engineering purposes. na, **1995**.

Palmstrom, A., Measurements of and correlations between block size and rock quality designation (RQD), Tunnelling and Underground Space Technology 20(4), 362-377, **2005**.

Pells, P.J. N., The use of the point load test in predicting the compressive strength of rock materials, Australian Geomechanics Journal, G5 (N1), 54-56, **1975**.

Pettifer, G.S., Fookes, P.G., A revision of the graphical method for assessing the excavatability of rock, Quarterly Journal of Engineering Geology 27, 145-164, **1997**.

PriceWaterhouseCoopers, Mine 2018: Tempting Times, Mine 2018 Report, 1-28, **2018**.

Priest, S., Hudson, J., Discontinuity spacings in rock, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, pp. 135-148. Elsevier, **1976**.

- Rasband, W.S., ImageJ Software, U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <https://imagej.nih.gov/ij/>, **1997-2018**.
- Scoble, M.J., Muftuoglu, Y.V., Derivation of a diggability index for surface mine equipment selection, *Mining Science and Technology* 1, 305-332, **1984**.
- Şentürk, C., Sözlü görüşme, Ordu Çevre Yolu İkmal İnşaatı Şantiyesi, **2017**.
- Singh, R.N., Denby, B., Egretli, I., Development of new rippability index for coal measures excavation, *Proceedings of the 28th US Symposium On Rock Mechanics*, Balkema, Tuscon, AZ, 935-945, **1987**.
- Smith, H.J., Estimating rippability of rock mass classification, *Proceedings of the 27th US Symposium on Rock Mechanics*, University of Alabama, Tuscaloosa, AL, 443-448, **1986**.
- Sönmez, H., Ulusay, R., Modifications to the geological strength index (GSI) and their applicability to stability of slopes, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 36(6), 743-760, **1999**.
- Sönmez, H., Ulusay, R., A discussion on the Hoek-Brown failure criterion and suggested modifications to the criterion verified by slope stability case studies, *Yerbilimleri* 26(1), 77-99 **2002**.
- Tsiambaos, G., Saroglou, H., Excavatability assessment of rock masses using the Geological Strength Index, *Bulletin of the Engineering Geology and Environment* 69, 13-27, **2010**.
- Weaver, J.M., Geological factors significant in the assessment of rippability, *Civil Engineering in South Africa* 17, 313-316, **1975**.
- Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Amasya Çevre Yolu Km: 5+700.00 – 6+300.00 Kesimi Stabilite Sorunları Geoteknik Proje Raporu, No.YJ-ACH-15-088-B, Ankara, **2015**.
- Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Ankara Metrolarının Yapım İşlerinin Kontrollük Danışmanlık Ve Mühendislik Hizmetleri Çayyolu Depo Sahası Jeolojik – Jeoteknik Ve Geoteknik Proje Raporu, No.YJ-AYM-13-102-B, Ankara, **2013**.
- Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Artvin İli Yusufeli İlçesi Yeni Yerleşim Alanı 1. Etap Ada Bazlı Zemin Etüt Raporu, No.YJ-TIP-16-183-B, **2016**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Artvin İli Yusufeli İlçesi Yeni Yerleşim Alanı 2. Etap Ada Bazlı Zemin Etüt Raporu, No.YJ-TIP-16-185-B, **2016**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Artvin İli Yusufeli İlçesi Yeni Yerleşim Alanı 3. Etap Ada Bazlı Zemin Etüt Raporu, No.YJ-TIP-16-186-B, **2016**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Artvin İli Yusufeli İlçesi Yeni Yerleşim Alanı İmar Yolları Ve Terasman Bölgesi Jeoteknik Proje Raporu, No.YJ-TIP-15-230-B, **2015**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Bartın – Amasra – Cide Devlet Yolu Çakraz – Kurucaşile Arası Etüt, Proje Ve Mühendislik Hizmetleri İşi (Km: 24+200.00 – 46+696.95) Km: 27+900.00 – 33+062.00 Kesin Proje Jeolojik – Jeoteknik Araştırma Raporu, No.YJ-CKY-13-035-B, **2013**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Bartın – Amasra – Cide Devlet Yolu Çakraz – Kurucaşile Arası Etüt, Proje Ve Mühendislik Hizmetleri İşi (Km: 24+684.55 – 49+972.58) Km: 24+200 – 27+085.484 (Geri) / 27+900 (İleri) Kesin Proje Jeolojik – Jeoteknik Araştırma Raporu, No.YJ-CKY-12-141-B, **2012**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Bartın – Amasra – Cide Devlet Yolu Çakraz – Kurucaşile Arası Etüt, Proje Ve Mühendislik Hizmetleri İşi (Km: 24+684.55 – 49+972.58) T2 Tüneli (Km: 30+104.00 – 31+663.00) Kesin Proje Jeolojik – Jeoteknik Raporu, No.YJ-CKY-13-079-B1, **2013**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Batman – Midyat Devlet Yolu Km: 32+800.000 – Km: 37+387.335 (Geri) / Km: 37+237.312 (İleri) Ripajı Hasankeyf – 2 Viyadüğü (Km: 34+443.666 – 35+444.500) Geoteknik Proje Raporu, No.YJ-HVR-14-053-B, **2014**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Cengiz İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş. Siirt İli – Şirvan İlçesi – Madenköy Bakır Madeni İşletmesi Batı Duvarı Kesimi Stabilitite Sorunları Geoteknik Proje Raporu, No.YPJ-1707-0003-1707-E0, **2017**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Cengiz İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş. Siirt İli – Şirvan İlçesi – Madenköy Bakır Madeni İşletmesi Doğu Duvarı Kesimi Stabilitite Sorunları Geoteknik Proje Raporu, No.YPJ-1707-0005-1711-E0, **2017**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Cengiz İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş. Siirt İli – Şirvan İlçesi – Madenköy Bakır Madeni İşletmesi Şaft Yapısı Kesin Proje Jeolojik - Jeoteknik Raporu, No.YPJ-1707-0004-1708-E0, **2017**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Çorum – Laçın İl Yolu Km: 17+738.000 – 26+353.180 Kesimi (Kırkdilim Geçişi) Kesin Proje Jeolojik – Jeoteknik Raporu, No.YPJ-1636-0005-1703-E0, **2017**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Çorum – Laçın İl Yolu Km: 22+000.00 – 24+500.00 Kesimi (Kırkdilim Geçişi) Sondaj Ve İnklinometre Değerlendirme Raporu, No.YPJ-1636-0004-1702-E0, **2017**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Diyarbakır – Ergani Devlet Yolu 18+500 – 20+000 Kesimi Devegeçidi Heyelanı Geoteknik Proje Raporu, No.YJ-DEY-15-126-B, **2015**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Düzce – Akçakoca – Kdz. Ereğli Yolu T1 Tüneli (Km: 43+847.00 – 44+460.00) Kesin Proje Jeoteknik Raporu, No.YJ-AEY-09-104-B, **2009**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Düzce – Akçakoca – Kdz. Ereğli Yolu T2 Tüneli (Km: 44+530.00 – 44+686.00) Kesin Proje Jeoteknik Raporu, No.YJ-AEY-09-108-B, **2009**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Düzce – Akçakoca – Kdz. Ereğli Yolu T3 Tüneli (Km: 44+742.00 – 45+207.00) Kesin Proje Jeoteknik Raporu, No.YJ-AEY-09-109-B, **2009**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Düzce – Akçakoca – Kdz. Ereğli Yolu T4 Tüneli (Km: 45+308.00 – 45+719.00) Kesin Proje Jeoteknik Raporu, No.YJ-AEY-09-124-B, **2009**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Düzce – Akçakoca – Kdz. Ereğli Yolu T5 Tüneli (Km: 45+829.00 – 45+972.00) Kesin Proje Jeoteknik Raporu, No.YJ-AEY-09-125-B, **2009**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Düzce – Akçakoca – Kdz. Ereğli Yolu T6 Tüneli (Km: 48+825.00 – 49+470.00) Kesin Proje Jeoteknik Raporu, No.YJ-AEY-10-001-B, **2010**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Düzce – Akçakoca – Kdz. Ereğli Yolu T7 Tüneli (Km: 49+945.000 – 50+808.000) Kesin Proje Jeoteknik Raporu, No.YJ-AEY-10-002-B, **2010**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Düzce – Akçakoca – Kdz. Ereğli Yolu T9 Tüneli (Km: 51+413.00 – 51+828.00 Kesin Proje Jeoteknik Raporu, No.YJ-AEY-10-004-B, **2010**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Gerze – Sinop (Sinop Şehir Geçışı Dahil) Yolu Belören Viyadüğü (Km: 124+900 – 125+400) Stabilite Sorunları Geoteknik Proje Raporu, No.YJ-GSY-11-013-B, **2011**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Gerze – Sinop (Sinop Şehir Geçışı Dahil) Yolu Çiftlikköy Tüneli (Km: 147+865 – 149+090) Kesin Proje Jeoteknik Raporu, No.YJ-GSY-12-038-B, **2012**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Gerze – Sinop (Sinop Şehir Geçışı Dahil) Yolu Demirciköy Tüneli (Km: 145+800 – 147+370) Ön Proje Jeoteknik Raporu, No.YJ-GSY-11-056-B, **2011**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Gerze – Sinop Yolu (Sinop Şehir Geçışı Dahil) Km: 154+167 – 154+380 Dayanma Yapıları Geoteknik Proje Raporu, No.YJ-GSY-11-198-B, **2011**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Güzeldere Ripajı Km: 75+905.00 – 85+785.97 (Geri) / Km: 85+837.42 (İleri) Kesimi Kesin Proje Jeolojik – Jeoteknik Raporu, No.YJ-GBP-15-102-B, **2015**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Karayolları 11. Bölge (Van) Müdürlüğü Yeni Yerleşim Alanı Zemin Etüt Raporu, No.YJ-VYA-12-107-B, **2012**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Kirazlı Köprü Baraj Varyant Yolu Km:18+300 – 18+780 Kesimi Heyelanı Geoteknik Proje Raporu (YPJ-1608-0002-1607-F0, **2016**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Sabiha Gökçen Havalimanı Raylı Sistem Bağlantısı İnşaat ve Elektromekanik Sistemleri Temin, Montaj ve İşletmeye Alma İşleri 1. Etap Araştırma Çalışmaları Değerlendirme Raporu, No.YJ-SGB-15-174-B, **2015**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Sabiha Gökçen Havalimanı Raylı Sistem Bağlantısı İnşaat Ve Elektromekanik Sistemleri Temin, Montaj Ve İşletmeye Alma İşleri Sağ Hat Km: 0+000 – 2+500 ve Sol Hat Km: 0+000 – 2+500 Kesimi Kesin Proje Jeolojik – Jeoteknik Araştırma Raporu, No.YJ-SGB-16-086-B, **2016**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Sabiha Gökçen Havalimanı Raylı Sistem Bağlantısı İnşaat Ve Elektromekanik Sistemleri Temin, Montaj Ve İşletmeye Alma İşleri Sağ Hat Km: 2+500 – 7+525 Ve Sol Hat Km: 2+500 – 7+438 Kesimi Kesin Proje Jeolojik – Jeoteknik Araştırma Raporu , No.YJ-SGB-16-054-B, **2016**.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Zonguldak – Amasra – Kurucaşile – Cide Yolu
Çakraz – Kurucaşile (Km: 31+104.00 – 37+067.95) Arasının İkmal İnşaatı İşi
T3 Tüneli (Km: 33+062 – 35+375 (Sağ Hat) / 35+392 (Sol Hat)) Kesin Proje
Jeolojik – Jeoteknik Raporu (YPJ-1622-0003-1609-F0, **2016**).





EKLER

EK 1

**Veri Kullanımı İçin Kurum ve Kuruluşlardan Alınan
İzin Belgeleri**



T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
DSİ Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı

Sayı : 96654221-770-274254
Konu : Yüksek Lisans Tezinde DSİ
Çalışmalarına Ait Veritabanının
Kullanım İzni Hk.

26.04.2019

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜNE
(Mühendislik Fakültesi 06800 Beytepe ANKARA)

İlgi : 22.04.2019 tarihli ve 11 sayılı yazı.

İlgi yazı ekinde özetle; Üniversiteniz Jeoloji Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Öğrencisi Erkil Onur TARI'nın "Kayalar İçin Bazı Kazılabilirlik Yöntemlerinin Değerlendirilmesi ve GSI İle Nokta Yüğü Dayanım İndeksini Esas Alan Grafik Yöntemin Tahmin Performansının Araştırılması" konulu tezinde kullanılmak üzere Yusufeli Yeni Yerleşim Alanında gerçekleştirilen araştırma çalışmalarının veritabanından akademik amaçlarla yararlanma konusunda izin talep edilmektedir.

Tez çalışması ve bilimsel yayınların kaynak ve teşekkür kısmında DSİ Genel Müdürlüğü'ne atıfta bulunulması ve verilerin 3. şahıslarla paylaşılmaması şartıyla, bahsi geçen verilerin akademik amaçlarla yararlanılması Daire Başkanlığımızca uygun bulunmaktadır.

Gereğini arz ederim.

Dr. Ayhan KOÇBAY
Genel Müdür a.
Daire Başkanı

**Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Orjinal elektronik belge adresi: 'https://evrakdogrula.dsi.gov.tr' Doğrulama Kodu: SBOA-SN13-JK27-2826**

Adres : Devlet Mahallesi İnönü Bulvarı NO:16 06100 Çankaya/ANKARA
Telefon : (312) 454 43 00 Belgegeçer (Fax) : (312) 454 43 05
Kep Adresi : dsi.gnlmud@hs01.kep.tr Elektronik Ağ: www.dsi.gov.tr

Bilgi İçin:
Hatice ACI Memur
Telefon : 4318
e-posta : haticeaci@dsi.gov.tr



T.C.
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
Karayolları Genel Müdürlüğü
Araştırma Ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı

Sayı : 19000828- 755.01 /
Konu : Araştırma İşleri

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜNE
Hacettepe Beytepe Kampüsü Üniversiteler Mh., 06800 Çankaya/Ankara

İlgi: 22/04/2019 tarihli /10 sayılı yazınız.

Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans öğrencisi N16120436 numaralı Erkil Onur TARI'nın "Kayalar İçin Bazı Kazılabilirlik Yöntemlerinin Değerlendirilmesi ve GSI İle Nokta Yüğü Dayanımı İndeksini Esas Alan Grafik Yöntemin Tahmin Performansının Araştırılması" konulu Yüksek Lisans Tezinde kullanılmak üzere ilgi yazı ekinde verilen dilekçede belirtilen işlere ait veri tabanlarından yararlanılması talebi Başkanlığımızca uygun bulunmuştur.

Gereğini rica ederim.

Sina KIZIROĞLU
Genel Müdür a.
Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanı

"Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır."

<http://www.kgm.gov.tr> adresinden, "lyvvy5B51F1B" DYS No ve evrak tarihi ile erişebilirsiniz.

İnönü Bulvarı No: 14 06100 Yüçetepe/ANKARA

Telefon : 312 449 73 66
Faks : 312 449 71 55
İnternet Adresi : www.kgm.gov.tr



Bilgi İçin : Murat OKTAY
: Jeolojik Etütler Mühendisi
Telefon : 312 449 73 27
e-posta : murat.oktay@kgm.gov.tr

SAYI : 2019-01-05-0103
KONU : Tez Çalışması Hk.

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ'NE
ANKARA

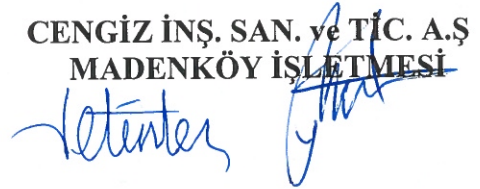
İlgi: 79829264/200-14 Sayı Numaralı, 03.05.2019 Tebellüğ Tarihli Yazınız

İlgi sayılı yazınızla Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Jeoloji Mühendisliği dalında Yüksek Lisans Programı'na kayıtlı Erkil Onur TARI'nın "Kayalar İçin Bazı Kazılabilirlik Yöntemlerinin Değerlendirilmesi ve GSI ile Nokta Yüğü Dayanım İndeksini Esas Alan Grafik Yöntemi Tahmin Performansının Araştırılması" konulu tez çalışması için, Cengiz İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş. Madenköy İşletmesi olarak tez çalışması kapsamında gerekli yardımların tarafımızca sağlanacağı hususunu,

Bilgilerinize arz ederiz.

Saygılarımızla,

CENGİZ İNŞ. SAN. ve TİC. A.Ş
MADENKÖY İŞLETMESİ





T.C.
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü

Sayı : 58891979-755.99-37858
Konu : Yüksek Lisans Tezinde Veri Kullanım
İzni Hk.

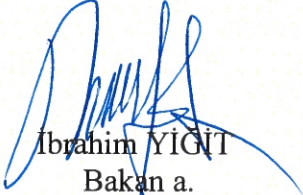
15-05-2019

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI ANONİM ŞİRKETİ'NE
450. Cad. No:23 Birlik Mah. Çankaya/ANKARA

İlgi: 03.05.2019 tarih ve 234 sayılı yazınız.

İlgi yazınız ile Erkil Onur TARI'ya ait "Kayalar İçin Bazı Kazılabilirlik Yöntemlerinin Değerlendirilmesi ve GSI ile Nokta Yüğü Esas Alan Grafik Yöntemin Tahmin Performansının Araştırılması" konulu Yüksek Lisans Tezinde, yükleniminiz altında devam eden "Ankara Metrolarının Yapım İşlerinin Kontrollük Danışmanlık ve Mühendislik Hizmetleri İşİ" ve "Sabiha Gökçen Havalimanı Raylı Sistem Bağlantısı İnşaat ve Elektromekanik Sistemleri Temin, Montaj ve İşletmeye Alma İşleri" kapsamında gerçekleştirilen araştırma çalışmalarının akademik amaçla kullanılması talep edilmiştir.

Konunun değerlendirilmesi neticesinde, Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) hesaplanan ve Nokta Yüğü Deney Sonuçları mevcut olan bazı sahalarda kazı yönteminin tahmin edilmesi konusunda Genel Müdürlüğümüze ait verilerin şahsa ait Yüksek Lisans Tezinde kullanılması uygun görülmüş olup, gerçekleştirilecek Yüksek Lisans çalışması ile ilgili Genel Müdürlüğümüz sorumluluğunun bulunmadığı hususunda bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.


İbrahim YIGİT
Bakan a.
Genel Müdür Yardımcısı V.

Hakkı Turaylıç Caddesi No:5 (D) Blok 06338 Emek / Çankaya / ANKARA
Tel: 03122033106 Faks: 0312 2031470
E-posta: kutay.guzel@udhb.gov.tr İnternet Adresi: www.udhb.gov.tr

Ayrıntılı bilgi alınacak kişi:
Kutay GÜZEL
İnşaat Mühendisi

Bağlı Kuruluşlar



İlgili Kuruluşlar



İlişkili Kurum/Kuruluşlar



EK 2

Oluşturulan Veri Tabanından Belirlenen

Parametreler ve Puanlar

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	$I_{s(50)}$ (MPa)	I_f	SR	R_r	R_w	R_f	GSI	Uygulanan Kazı Türü
AEL	01	Silttaşı	7,63	0,070	14,0	4	4	3	37	Patlatma
	02	Silttaşı	11,08	0,070	14,0	5	3	3	37	Patlatma
	03	Şeyl	8,70	0,069	13,7	5	4	2	37	Patlatma
	04	Şeyl	10,67	0,070	14,1	3	3	2	29	Patlatma
	05	Şeyl	11,71	0,068	13,6	3	2	2	27	Patlatma
	06	Şeyl	3,17	0,068	13,6	3	3	3	32	Kırma
	07	Şeyl	3,07	0,068	13,6	2	3	3	29	Kırma
	08	Şeyl	2,56	0,079	16,1	4	3	2	33	Kırma
	09	Şeyl	5,47	0,069	13,7	2	2	2	24	Kırma
	10	Şeyl	3,79	0,069	13,8	3	2	2	27	Kırma
	11	Şeyl	7,90	0,068	13,6	4	2	2	29	Patlatma
	12	Şeyl	0,36	0,068	13,6	0	1	2	17	D.Kazma
	13	Şeyl	8,60	0,068	13,6	2	2	1	22	Kırma
	14	Silttaşı	9,76	0,070	13,9	2	3	2	27	Patlatma
	15	Şeyl	5,58	0,068	13,6	5	2	2	32	Patlatma
	16	Silttaşı	2,46	0,068	13,6	3	3	2	29	Kırma
	17	Silttaşı	9,29	0,068	13,6	3	2	2	27	Patlatma
	18	Silttaşı	14,67	0,070	13,9	3	2	2	27	Patlatma

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	$I_s^{(50)}$ (MPa)	I_f	SR	R_r	R_w	R_f	GSI	Uygulanan Kazı Türü
AEL	19	Silttaşı	14,11	0,068	13,6	1	3	2	24	Patlatma
	20	Şeyl	3,51	0,068	13,6	3	3	3	32	Kırma
	21	Şeyl	2,36	0,076	15,5	3	3	3	33	Kırma
	22	Şeyl	3,01	0,075	15,2	2	2	2	25	Kırma
	23	Şeyl	1,99	0,074	15,1	4	2	3	32	Kırma
	24	Şeyl	0,73	0,072	14,5	1	3	3	27	D.Kazma
	25	Şeyl	3,82	0,069	13,7	1	2	3	24	Kırma
	26	Andezit	13,90	0,153	27,7	5	3	2	39	Patlatma
	27	Andezit	9,63	0,086	17,6	4	3	3	35	Patlatma
28	Andezit	8,54	0,092	18,9	3	3	6	40	Patlatma	
29	Andezit	6,32	0,072	14,6	3	3	2	30	Patlatma	
AHL	01	Kireçtaşı	10,40	0,091	18,7	4	3	2	33	Patlatma
BKL	01	Kilitaşı	1,00	0,077	15,7	1	2	2	22	D.Kazma
CDL	01	Marn	0,24	0,070	14,1	1	2	3	24	D.Kazma
	02	Killi Kireçtaşı	2,60	0,101	20,5	3	2	3	31	Kırma
CKL	01	Kumtaşı	0,28	0,079	16,2	2	3	2	27	D.Kazma
	02	Kumtaşı	0,83	0,091	18,6	2	2	2	26	D.Kazma
	03	Kumtaşı	7,86	0,076	15,4	3	2	2	27	Kırma

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	I _{s(50)} (MPa)	I _f	SR	R _r	R _w	R _f	GSI	Uygulanan Kazı Türü	
CKL	04	Kumtaşı	2,04	0,075	15,3	4	3	2	32	Kırma	
	05	Kumtaşı	1,64	0,110	21,9	3	3	3	34	Kırma	
	06	Kumtaşı	2,60	0,073	14,9	3	2	3	30	Kırma	
	07	Kumtaşı	3,24	0,102	20,7	5	3	2	36	Kırma	
	08	Kumtaşı	3,09	0,149	27,2	3	3	2	34	Kırma	
	09	Silttaşı	2,48	0,120	23,5	3	3	3	35	Kırma	
	10	Kumtaşı	4,02	0,116	22,8	3	2	3	32	Kırma	
	11	Kumtaşı	4,31	0,262	37,1	3	3	3	40	Patlatma	
	12	Kumtaşı	4,89	0,509	48,7	5	4	2	50	Patlatma	
	13	Kumtaşı	7,09	0,172	29,7	4	3	2	37	Patlatma	
	14	Kumtaşı	8,76	0,095	19,5	3	3	2	32	Patlatma	
	15	Kumtaşı	5,11	0,134	25,4	4	3	2	35	Patlatma	
	16	Silttaşı	7,67	0,123	23,8	4	3	2	35	Patlatma	
	17	Silttaşı	7,63	0,093	18,9	3	2	2	28	Patlatma	
	18	Silttaşı	6,66	0,140	26,2	2	3	3	33	Patlatma	
	19	Silttaşı	1,55	0,388	44,0	3	3	4	45	Kırma	
	DEL	01	Çamurtaşı	0,12	0,116	22,9	1	2	2	25	D.Kazma
		02	Çamurtaşı	0,28	0,099	20,1	1	2	2	24	D.Kazma

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	I _{s(50)} (MPa)	I _f	SR	R _r	R _w	R _f	GSI	Uygulanan Kazı Türü	
DEL	03	Çamurtaşı	0,24	0,086	17,7	2	1	2	23	D.Kazma	
	04	Çamurtaşı	0,21	0,125	24,2	3	1	2	27	D.Kazma	
	05	Kumtaşı	0,20	0,099	20,1	2	2	2	26	D.Kazma	
	06	Çamurtaşı	0,25	0,098	19,8	2	2	2	26	D.Kazma	
	07	Çamurtaşı	0,16	0,100	20,3	1	1	2	21	D.Kazma	
	GBL	01	Diyorit	1,97	0,070	13,9	5	2	3	34	Kırma
	GSL	01	Silttaşı	1,17	0,073	14,7	1	1	2	19	D.Kazma
02		Kilitaşı	0,36	0,068	13,6	0	1	2	17	D.Kazma	
03		Silttaşı	0,22	0,127	24,4	1	3	2	27	D.Kazma	
04		Kilitaşı	0,27	0,142	26,4	3	1	2	28	D.Kazma	
05		Kilitaşı	0,21	0,073	14,8	1	1	2	19	D.Kazma	
06		Silttaşı	0,26	0,130	24,9	1	1	2	23	D.Kazma	
07		Silttaşı	0,31	0,320	40,6	1	2	2	31	D.Kazma	
08		Silttaşı	0,24	0,227	34,6	1	2	2	29	D.Kazma	
09		Silttaşı	0,45	0,139	25,9	3	3	2	33	D.Kazma	
10		Silttaşı	0,28	0,459	46,9	2	3	2	38	D.Kazma	
11		Silttaşı	0,31	0,470	47,4	3	3	2	41	D.Kazma	
12		Silttaşı	0,27	0,750	55,5	2	3	2	42	D.Kazma	

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	$I_s^{(50)}$ (MPa)	I_f	SR	R_r	R_w	R_f	GSI	Uygulanan Kazı Türü	
GSL	13	Silttaşı	0,24	0,180	30,6	2	2	2	30	D.Kazma	
	14	Silttaşı	0,23	0,092	18,7	1	1	2	20	D.Kazma	
	15	Kiltaşı	0,22	0,076	15,5	1	1	2	19	D.Kazma	
	16	Silttaşı	0,28	0,173	29,8	1	2	2	27	D.Kazma	
	17	Silttaşı	0,27	0,283	38,5	3	3	2	38	D.Kazma	
	18	Silttaşı	0,54	0,168	29,4	1	1	2	24	D.Kazma	
	19	Silttaşı	0,29	0,096	19,6	1	1	2	21	D.Kazma	
	20	Silttaşı	0,27	0,352	42,3	1	1	2	29	D.Kazma	
	21	Silttaşı	0,31	0,295	39,2	1	3	2	33	D.Kazma	
	22	Silttaşı	0,45	0,116	22,9	1	2	2	25	D.Kazma	
	23	Kumtaşı	0,14	0,072	14,4	1	2	2	22	D.Kazma	
	24	Silttaşı	0,37	0,358	42,6	1	3	2	35	D.Kazma	
	25	Silttaşı	3,87	0,083	17,1	1	2	2	31	Kırma	
	HVL	01	Kumtaşı	0,39	0,116	22,8	3	2	2	30	D.Kazma
		02	Kumtaşı	0,53	0,121	23,6	4	3	2	35	D.Kazma
		03	Kumtaşı	0,31	0,152	27,6	4	3	2	36	D.Kazma
		04	Çamurtaşı	0,38	0,186	31,1	3	3	2	35	D.Kazma
		05	Kumtaşı	0,49	0,119	23,3	3	3	2	32	D.Kazma

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	$I_s^{(50)}$ (MPa)	I_f	SR	R_r	R_w	R_f	GSI	Uygulanan Kazı Türü
HVL	06	Kumtaşı	0,69	0,144	26,6	3	2	2	32	D.Kazma
	07	Kumtaşı	0,55	0,151	27,5	3	3	2	34	D.Kazma
	08	Kumtaşı	0,33	0,149	27,3	3	2	2	32	D.Kazma
KGL	01	Çamurtaşı	10,45	0,083	17,1	3	3	4	42	Patlatma
	02	Çamurtaşı	14,52	0,161	28,6	4	5	3	44	Patlatma
	03	Çamurtaşı	8,16	0,293	39,1	5	5	4	53	Patlatma
	04	Kireçtaşı	10,83	0,113	22,4	5	5	3	43	Patlatma
	05	Kireçtaşı	10,77	0,113	22,5	5	4	2	39	Patlatma
	06	Kireçtaşı	13,00	0,111	22,2	5	4	3	42	Patlatma
	07	Kireçtaşı	13,17	0,117	23,0	5	5	3	43	Patlatma
	08	Kireçtaşı	10,63	0,102	20,6	5	5	2	41	Patlatma
	09	Kireçtaşı	9,54	0,079	16,1	2	3	2	27	Patlatma
	10	Kireçtaşı	9,51	0,163	28,8	4	5	4	46	Patlatma
	11	Bazalt	4,52	0,108	21,7	3	3	2	32	Patlatma
	12	Kireçtaşı	11,58	0,099	20,0	5	5	4	45	Patlatma
	13	Kireçtaşı	8,39	0,324	40,9	5	5	4	54	Patlatma
	14	Kireçtaşı	4,60	0,121	23,6	4	4	2	37	Patlatma
	15	Kireçtaşı	8,88	0,163	30,0	5	5	2	44	Patlatma

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	$I_{s(50)}$ (MPa)	I_f	SR	R_r	R_w	R_f	GSI	Uygulanan Kazı Türü
KGL	16	Kireçtaşı	11,08	0,179	35,0	4	5	4	46	Patlatma
MML	01	Porfiri Splilit	3,86	0,072	16,6	4	4	4	39	Patlatma
	02	Splilit	4,50	0,098	19,9	5	3	3	38	Patlatma
	03	Porfiri Splilit	4,73	0,100	20,3	3	4	3	36	Patlatma
	04	Splilit	4,70	0,086	17,7	3	3	3	33	Patlatma
	05	Splilit	10,10	0,167	29,2	3	4	3	39	Patlatma
	06	Porfiri Splilit	13,07	0,244	35,9	3	5	3	44	Patlatma
	07	Splilit	4,97	0,142	26,4	3	3	2	33	Patlatma
	08	Splilit	3,50	0,182	30,8	3	4	3	40	Patlatma
	09	Porfiri Splilit	5,63	0,333	41,4	4	3	3	44	Patlatma
	10	Porfiri Splilit	3,63	0,237	35,4	4	4	2	41	Patlatma
	11	Splilit	3,57	0,081	16,5	5	3	4	39	Patlatma
	12	Splilit	5,46	0,158	28,3	4	4	2	39	Patlatma
	13	Porfiri Splilit	4,56	0,326	40,9	5	4	3	49	Patlatma
	14	Porfiri Splilit	19,10	0,226	34,6	3	5	3	44	Patlatma
	15	Porfiri Splilit	9,75	0,112	22,2	4	4	2	36	Patlatma
	16	Splilit	16,54	0,106	21,3	3	5	2	36	Patlatma
	17	Porfiri Splilit	7,68	0,145	20,7	4	3	2	36	Patlatma

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	I _{s(50)} (MPa)	I _f	SR	R _r	R _w	R _f	GSI	Uygulanan Kazı Türü
MML	18	Spilit	14,63	0,100	20,3	3	4	3	36	Patlatma
	19	Spilit	11,79	0,199	32,3	3	4	3	40	Patlatma
	20	Porfiri Spilit	5,17	0,096	19,6	4	3	3	36	Patlatma
	21	Spilit	13,61	0,132	25,1	3	5	3	40	Patlatma
	22	Porfiri Spilit	9,53	0,119	23,4	4	4	2	37	Patlatma
	23	Spilit	9,25	0,236	35,3	3	4	3	41	Patlatma
	24	Spilit	13,86	0,223	34,3	5	4	3	46	Patlatma
	25	Spilit	12,60	0,116	22,9	3	3	3	35	Patlatma
SGL	01	Kuvars Kumtaşı	14,48	0,080	16,3	4	3	3	35	Patlatma
	02	Kumlu Kireçtaşı	5,30	0,082	16,9	3	2	3	31	Patlatma
	03	Kuvars Kumtaşı	7,83	0,075	15,2	3	3	2	30	Patlatma
	04	Kuvars Kumtaşı	6,47	0,085	17,4	5	4	2	37	Patlatma
VYL	01	Traverten	9,71	0,231	34,9	4	3	4	44	Patlatma
	02	Traverten	9,20	0,208	33,1	3	3	4	41	Patlatma
	03	Traverten	9,96	0,109	21,8	4	3	2	34	Patlatma

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	$I_s(50)$ (MPa)	I_f	SR	R_r	R_w	R_f	GSI	Uygulanan Kazı Türü
VYL	04	Traverten	4,19	0,089	18,3	4	3	2	33	Patlatma
	05	Traverten	6,21	0,131	25,0	4	3	2	35	Patlatma
	06	Traverten	3,45	0,097	19,7	4	2	2	32	Patlatma
	07	Traverten	4,76	0,091	18,6	3	2	2	28	Patlatma
	08	Traverten	4,46	0,146	26,9	5	3	3	41	Patlatma
	09	Traverten	4,11	0,080	16,4	4	2	2	30	Kırma
	10	Traverten	8,42	0,092	18,9	4	3	2	33	Patlatma
	11	Traverten	12,95	0,103	20,7	5	4	2	38	Patlatma
	12	Traverten	8,95	0,116	22,9	4	3	4	39	Patlatma
	13	Traverten	8,69	0,123	23,9	4	3	2	35	Patlatma
	14	Traverten	8,72	0,118	23,1	5	4	3	42	Patlatma
	15	Traverten	10,36	0,112	22,2	5	3	3	39	Patlatma
	16	Traverten	11,17	0,090	18,4	3	3	2	31	Patlatma
	17	Traverten	9,75	0,159	28,4	5	4	3	43	Patlatma
	18	Traverten	8,64	0,209	33,2	5	4	2	43	Patlatma
	19	Traverten	10,60	0,095	19,4	4	3	2	33	Patlatma
	20	Traverten	11,10	0,128	24,7	5	4	2	40	Patlatma
	21	Traverten	10,48	0,223	34,3	5	4	2	43	Patlatma

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	I _{s(50)} (MPa)	I _f	SR	R _r	R _w	R _f	GSI	Uygulanan Kazı Türü
VYL	22	Traverten	10,48	0,168	29,3	4	4	2	39	Patlatma
	23	Traverten	9,96	0,117	22,9	5	5	2	42	Patlatma
YYL	01	VolkanikKumtaşı	5,89	0,116	22,9	3	3	4	37	Patlatma
	02	Aglomera	12,17	0,247	36,1	5	4	4	49	Patlatma
	03	Tüfit	15,80	0,124	23,9	4	4	2	37	Patlatma
	04	Tüfit	14,43	0,135	25,5	4	4	2	37	Patlatma
	05	Aglomeratik Tüf	5,14	0,138	25,9	3	4	2	35	Patlatma
	06	Aglomeratik Tüf	8,74	0,360	42,7	5	4	2	47	Patlatma
	07	Aglomeratik Tüf	6,08	0,245	35,9	5	5	2	46	Patlatma
	08	Silttaşı	5,01	0,078	16,0	5	3	3	37	Patlatma
	09	VolkanikKumtaşı	8,43	0,099	20,1	5	3	2	36	Patlatma
	10	Silttaşı	5,63	0,094	19,1	5	3	3	38	Patlatma
	11	VolkanikKumtaşı	4,55	0,186	31,1	5	3	2	40	Patlatma
	12	Silttaşı	4,30	0,076	15,5	5	3	2	35	Patlatma
	13	Kumtaşı	2,26	0,135	25,5	4	3	4	40	Patlatma
	14	Silttaşı	4,38	0,136	25,7	5	5	3	46	Patlatma
	15	Silttaşı	7,49	0,069	13,9	3	2	3	29	Patlatma
	16	Silttaşı	5,20	0,164	28,9	5	5	4	48	Patlatma

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	$I_s^{(50)}$ (MPa)	I_f	SR	R_r	R_w	R_f	GSI	Uygulanan Kazı Türü
YYL	17	Kumtaşı	4,06	0,176	30,2	5	5	2	44	Patlatma
	18	Silttaşı	4,06	0,138	25,9	4	3	3	37	Patlatma
	19	Silttaşı	3,79	0,129	24,7	5	4	2	40	Patlatma
	20	Bazalt	14,89	0,121	23,7	5	4	3	42	Patlatma
	21	Bazalt	17,20	0,115	22,7	5	4	4	43	Patlatma
	22	Silttaşı	6,32	0,077	15,8	4	3	2	33	Patlatma
	23	VolkanikKumtaşı	5,85	0,110	21,9	4	4	3	39	Patlatma
	24	Silttaşı	9,04	0,750	55,5	5	5	3	58	Patlatma
	25	Silttaşı	4,63	0,750	55,5	5	5	4	61	Patlatma
	26	Kiltaşı	4,49	0,361	42,8	5	4	3	50	Patlatma
	27	Tüfit	6,29	0,265	37,3	5	3	2	42	Patlatma
	28	Hematit	4,37	0,187	31,2	5	3	2	40	Patlatma
	29	VolkanikKumtaşı	5,96	0,343	41,8	5	4	3	49	Patlatma
	30	Tüfit	8,47	0,750	55,5	5	5	2	55	Patlatma
	31	VolkanikKumtaşı	7,47	0,259	36,9	5	5	3	50	Patlatma
	32	Tüfit	3,22	0,198	32,2	5	4	2	42	Patlatma
	33	VolkanikKumtaşı	11,61	0,750	55,5	3	5	3	53	Patlatma
	34	Dasit	11,02	0,750	55,5	5	4	2	53	Patlatma

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	$I_s^{(50)}$ (MPa)	I_f	SR	R_r	R_w	R_f	GSI	Uygulanan Kazı Türü
YYL	35	Silttaşı	8,24	0,625	52,4	4	5	2	51	Patlatma
	36	Silttaşı	12,18	0,413	45,1	4	5	4	53	Patlatma
	37	VolkanikKumtaşı	17,82	0,158	28,3	3	5	2	39	Patlatma
	38	Silttaşı	17,96	0,194	31,8	3	4	4	42	Patlatma
	39	Silttaşı	15,46	0,250	36,3	3	4	4	44	Patlatma
	40	Silttaşı	4,03	0,313	40,2	3	5	4	48	Patlatma
	41	Dasit	14,87	0,125	24,2	5	4	3	42	Patlatma
	42	Dasit	14,17	0,205	32,8	5	5	4	50	Patlatma
	43	Aglomer	3,73	0,273	37,8	5	4	3	47	Patlatma
	44	VolkanikKumtaşı	6,15	0,100	20,3	4	3	3	36	Patlatma
	45	VolkanikKumtaşı	4,51	0,239	35,5	4	3	2	39	Patlatma
	46	Hematit	8,36	0,292	39,0	5	5	4	53	Patlatma
	47	Silttaşı	4,88	0,318	40,5	3	5	6	54	Patlatma
	48	Aglomer	7,09	0,632	52,5	5	5	4	60	Patlatma
	49	Bazalt	4,23	0,263	37,2	5	4	3	47	Patlatma
	50	Andezitik Tuf	4,78	0,188	31,3	5	3	3	42	Patlatma
	51	Bazalt	17,61	0,292	39,0	5	5	3	51	Patlatma
	52	Bazalt	10,71	0,184	30,9	5	3	3	42	Patlatma

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	$I_{s(60)}$ (MPa)	I_f	SR	R_r	R_w	R_f	GSI	Uygulanan Kazı Türü	
YYL	53	Bazalt	10,33	0,268	37,5	5	4	3	47	Patlatma	
	54	Silttaşı	5,54	0,389	44,1	3	4	3	45	Patlatma	
	55	Silttaşı	4,35	0,420	45,4	3	5	5	53	Patlatma	
	56	Silttaşı	2,52	0,288	38,8	3	5	4	48	Patlatma	
	57	Diyorit	12,72	0,309	40,0	5	4	4	51	Patlatma	
	58	Diyorit	15,18	0,404	44,7	5	5	4	56	Patlatma	
	59	Dasit	6,85	0,625	52,3	5	5	6	64	Patlatma	
	60	Diyorit	2,84	0,284	38,5	5	3	4	48	Patlatma	
	KKL	01	Dasit	8,56	0,085	30,4	5	3	2	39	Patlatma
		02	Dasit	7,62	0,112	29,4	3	3	2	34	Patlatma
03		Dasit	7,45	0,116	38,7	3	3	2	38	Patlatma	
04		Dasit	8,50	0,127	42,0	3	3	2	39	Patlatma	
05		Dasit	7,86	0,146	44,5	3	3	2	40	Patlatma	
06		Dasit	7,13	0,078	18,1	3	3	2	31	Patlatma	
07		Dasit	14,38	0,088	29,9	3	3	2	35	Patlatma	
08		Dasit	12,72	0,100	26,6	3	3	2	34	Patlatma	
09		Dasit	11,03	0,060	17,1	3	3	2	31	Patlatma	
10		Dasit	13,28	0,210	55,5	5	3	2	45	Patlatma	

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	$I_{s(50)}$ (MPa)	I_f	SR	R_r	R_w	R_f	GSI	Uygulanan Kazı Türü
LAC	01	Şeyl	0,65	0,030	19,1	1	0	2	18	D.Kazma
	02	Şeyl	0,15	0,010	14,3	1	0	2	17	D.Kazma
	03	Kireçtaşı	0,35	0,090	32,3	1	0	2	22	D.Kazma
	04	Kireçtaşı	0,34	0,030	19,1	1	0	2	18	D.Kazma
	05	Kireçtaşı	4,10	0,650	54,2	1	5	2	44	Patlatma
	06	Kireçtaşı	5,13	0,570	53,7	1	5	2	44	Patlatma
	07	Kireçtaşı	8,22	0,480	52,8	3	6	4	57	Patlatma
	08	Kireçtaşı	9,51	0,740	54,4	3	5	2	50	Patlatma
	09	Kireçtaşı	7,26	0,410	52,1	1	5	2	43	Patlatma
	10	Kireçtaşı	8,50	0,370	52,1	3	5	2	48	Patlatma
	11	Dolorit	20,17	0,470	52,8	5	5	2	55	Patlatma
	12	Granit	11,17	0,700	54,4	6	6	4	65	Patlatma
	13	Granit	3,51	0,560	53,4	3	5	2	49	Patlatma
	14	Dolorit	12,59	0,450	52,5	5	5	2	54	Patlatma
	15	Kumtaşı	0,83	0,460	52,6	1	5	2	44	Sökme
	16	Şeyl	4,27	0,070	28,3	3	5	2	39	Sökme
	17	Şeyl	1,00	0,050	23,2	3	3	2	32	Sökme
LAV	01	Laterit	2,66	0,333	41,3	5	3	2	44	Sökme

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	$I_{s(50)}$ (MPa)	I_f	SR	R_r	R_w	R_f	GSI	Uygulanan Kazı Türü
LAV	02	Laterit	2,27	0,306	39,9	5	3	2	43	Sökme
	03	Laterit	2,05	0,300	39,5	5	3	2	43	Sökme
	04	Laterit	2,20	0,294	39,2	5	3	2	43	Sökme
	05	Laterit	2,35	0,291	38,9	5	3	2	43	Sökme
	06	Laterit	2,04	0,214	33,6	5	3	2	41	Sökme
	07	Laterit	1,90	0,188	31,3	3	3	2	35	Sökme
	08	Laterit	1,67	0,188	31,3	3	3	2	35	Sökme
	09	Laterit	1,58	0,167	29,2	3	3	2	34	Sökme
	10	Laterit	1,54	0,176	30,2	3	3	2	35	Sökme
	11	Laterit	1,64	0,167	29,2	3	3	2	34	Sökme
	12	Laterit	1,38	0,150	27,4	3	3	2	34	Sökme
	13	Laterit	0,92	0,150	27,4	3	3	2	34	Sökme
	14	Laterit	0,68	0,167	29,2	3	3	2	34	Sökme
	15	Laterit	0,60	0,130	24,9	3	3	2	33	Sökme
	16	Laterit	0,75	0,136	25,7	3	3	2	33	Sökme
	17	Laterit	0,60	0,120	23,5	3	3	2	32	Sökme
	18	Laterit	0,54	0,125	24,2	3	3	2	33	Sökme
	19	Laterit	3,22	0,300	39,5	3	3	2	38	Sökme

Saha Kodu	Lokasyon No.	Litoloji	$I_{s(50)}$ (MPa)	I_f	SR	R_r	R_w	R_f	GSI	Uygulanan Kazı Türü
LAV	20	Laterit	2,84	0,303	39,7	3	3	2	38	Sökme
	21	Laterit	2,10	0,303	39,7	3	3	2	38	Sökme
	22	Laterit	2,46	0,300	39,5	3	3	2	38	Sökme
	23	Laterit	2,66	0,294	39,2	3	3	2	38	Sökme
	24	Laterit	2,37	0,200	32,4	3	3	2	36	Sökme
LBH	01	Marn	0,76	1,250	64,5	1	5	6	61	Sökme
	02	Marn	1,50	1,765	70,5	1	6	6	64	Sökme
	03	Marn	0,46	0,625	52,4	1	5	6	54	Sökme
	04	Marn	0,72	0,882	58,4	1	5	6	58	Sökme
	05	Killi Marn	0,07	0,370	43,2	1	6	6	53	Sökme
	06	Marn	1,05	2,143	73,9	1	5	6	66	Sökme

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Erkil Onur TARI
Doğum yeri : Yomra / TRABZON
Doğum tarihi : 10.08.1982
Medeni hali : Evli
Yazışma adresi : Birlik Mah. 450.Cd. No:23 06610 Çankaya / ANKARA
Telefon : +90 312 495 70 00 - 186
Elektronik posta adresi : erkilonur@gmail.com
Yabancı dili : İngilizce

EĞİTİM DURUMU

Lisans : Hacettepe Üniversitesi – Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi – Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Doktora :

İş Tecrübesi

2009 - Halen : Yüksel Proje Uluslararası A.Ş.



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
UYGULAMALI JEOLJİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih: 08 /07 / 2019

Tez Başlığı / Konusu: KAYALAR İÇİN BAZI KAZILABİLİRLİK YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GSI İLE NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİNİ ESAS ALAN GRAFİK YÖNTEMİN TAHMİN PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 97 sayfalık kısmına ilişkin, 08 / 07 / 2019 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 3 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

08.07.2019

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Erkil Onur TARI

Öğrenci No: N16120436

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Programı:

Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Reşat ULUSAY

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

