

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TEPEKİŞLA BARAJI VE HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALİ (HES)
DERİVASYON TÜNELİ (ERBAA, TOKAT) KAYA KÜTLESİ JEOMEKANİK
KARAKTERİZASYONU VE TAHKİMAT SİSTEMLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Şeydanur TECİMER

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TEPEKİŞLA BARAJI VE HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALİ (HES)
DERİVASYON TÜNELİ (ERBAA, TOKAT) KAYA KÜTLESİ JEOMEKANİK
KARAKTERİZASYONU VE TAHKİMAT SİSTEMLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Şeydanur TECİMER

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2018

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**TEPEKİŞLA BARAJI VE HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALİ (HES)
DERİVASYON TÜNELİ (ERBAA, TOKAT) KAYA KÜTLESİ JEOMEKANİK
KARAKTERİZASYONU VE TAHKİMAT SİSTEMLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Şeydanur TECİMER
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez Sanko Rüzgar Enerjisi Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından desteklenmiştir.

ŞUBAT 2018

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**TEPEKİŞLA BARAJI VE HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALİ (HES)
DERİVASYON TÜNELİ (ERBAA, TOKAT) KAYA KÜTLESİ JEOMEKANİK
KARAKTERİZASYONU VE TAHKİMAT SİSTEMLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Şeydanur TECİMER
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 15/02/2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Hakan Ahmet NEFESLİOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZÇELİK

ÖZET

TEPEKİŞLA BARAJI VE HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALİ (HES) DERİVASYON TÜNELİ (ERBAA, TOKAT) KAYA KÜTLESİ JEOMEKANİK KARAKTERİZASYONU VE TAHKİMAT SİSTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Şeydanur TECİMER

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hakan Ahmet NEFESLİOĞLU

Şubat 2018; 95 sayfa

Bu çalışmada Tepekışla Barajı ve Hidroelektrik Enerji Santrali kapsamında yaklaşık 504 m uzunluğunda ve 6.30 m çapında inşa edilen derivasyon tünelinin kaya kütlesi jeomekanik karakterizasyonu ve tahkimat sistemlerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada ön araştırmalar kapsamında tünel güzergâhının jeolojik incelemesi, temel jeolojik ve jeomekanik değerlendirmeler ve jeoteknik saha inceleme planı yapılmıştır. Müteakiben gerçekleştirilen tasarım aşaması araştırmaları kapsamında; tünel güzergâhı ve portalların belirlenmesi, ayrıntılı jeolojik ve jeomekanik incelemeler, jeolojik ve jeoteknik problemlerin değerlendirilmesi, malzemelerin jeomekanik özelliklerinin ve tasarım ölçütlerinin Q, RMR ve GSI sistemlerine göre belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Ampirik yöntemlere bağlı olarak önerilen destek sistemlerinin doğrulanması ve performanslarının değerlendirilmesi için tünel güzergâhı boyunca kritik kesitlerde sonlu elemanlar analiz yöntemi kullanılarak gerilme ve deformasyon analizleri yapılmıştır. Son aşama olan inşaat aşaması araştırmaları kapsamında ise jeolojik ve jeoteknik izleme, inceleme, gözlem ve deformasyon okumaları ile elde edilen parametreler sonucunda, söz konusu tahkimatların yer koşullarına göre modifikasyonları gerçekleştirilmiş ve revize destek sistemleri önerilerek uygulanmıştır. Sayısal analiz sonuçlarının sınır değer çıktığı bölgede göçük meydana gelmesi sayısal analiz sonuçlarının önemini vurgulamıştır. Tasarım aşaması önerilen tahkimat sistemleri ile inşaat aşaması uygulanan tahkimat sistemlerinin birbiri ile %62 oranında tutarlılık sergilediği ve %38'lik tutarsızlığın veri yetersizliğinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Bu %38'lik tutarsızlık inşaat aşamasında maliyet artışına ve zaman kaybına neden olmuştur. Söz konusu çalışma alanı için, tasarım aşamasında daha fazla veri ile tahkimat sisteminin belirlenmesinin önemi anlaşılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Deformasyon analizi, Derivasyon tüneli, GSI, Kaya kütlesi sınıflama sistemleri, Q, RMR, Sonlu elemanlar yöntemi, Zayıf kaya tünelticiliği

JÜRİ: Doç. Dr. Hakan Ahmet NEFESLİOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Yasemin LEVETELİ

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZÇELİK

ABSTRACT

ROCK MASS GEOMECHANICAL CHARACTERIZATION AND EVALUATION OF THE SUPPORT SYSTEMS OF TEPEKİSLA DAM AND HYDROELECTRIC POWER PLANT DERIVATION TUNNEL (ERBAA- TOKAT)

Şeydanur TECİMER

MSc Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan Ahmet NEFESLİOĞLU

Şubat 2018; 95 pages

In this study, geomechanical characterization of the rock mass and the support systems of the derivation tunnel, which was constructed at a diameter of about 504 m and a diameter of 6.30 m within the scope of Tepekışla Dam and Hydroelectric Power Plant, were evaluated. Within the scope of the preliminary researches in the study, geological survey of the tunnel route, basic geological and geomechanical evaluations and plan of geotechnical site investigation were made. In the scope of design phase studies which were subsequently; detailed geological and geomechanical analyzes, evaluation of geological and geotechnical problems, determination of geomechanical properties of materials and design criteria according to Q, RMR and GSI systems were carried out. Stress and deformation analyzes were performed by using finite element analysis method in the critical sections along the tunnel route to evaluate the validity and performance of the proposed support systems depending on the empirical methods. In the last stage of the construction phase investigations, modifications were made according to the ground conditions of the fortifications as a result of the parameters obtained by geological and geotechnical monitoring, analysis, observation and deformation readings and revised support systems have been proposed and implemented. Numerical analysis results highlighted the importance of numerical analysis results in the occurrence of dent in valley regions which have limit value. The result was that the design phase of the proposed support systems and the construction stages of the support systems were 62% coherent and also 38% inconsistent due to data inadequacy. This 38% inconsistency caused cost increase and waste of time in the construction phase. It was understood that It was important to determine the support system with more data during the design phase, for the field of study in question.

KEYWORDS: Deformation analysis, Derivation tunnel, GSI, Rock mass classification systems, Q, RMR, Finite element method, weak rock tunnelling

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Hakan Ahmet NEFESLİOĞLU

Asst. Prof. Dr. Yasemin LEVENTELİ

Asst. Prof. Dr. Mehmet ÖZÇELİK

ÖNSÖZ

Çalışmamda temel olarak Tokat Erbaa Tepekışla Barajı ve Hidroelektrik Enerji Santrali (HES)'nde bulunan Derivasyon Tüneli'nin içerisinden geçeceği kaya kütlelerinin jeomekanik karakterizasyonu ve bu karakterizasyona bağlı olarak tahkimat sistemleri önerilmiştir. İnşaat aşamasında jeolojik ve jeoteknik izleme, inceleme, gözlem ve deformasyon okumaları ile elde edilen parametreler sonucunda, söz konusu tahkimatların yer koşullarına göre modifikasyonları gerçekleştirilmiş ve revize destek sistemleri önerilerek uygulanmıştır. Sayısal analiz sonuçlarının sınır değer çıktığı bölgede göçük meydana gelmesi sayısal analiz sonuçlarının önemini vurgulamıştır. Tasarım aşaması önerilen tahkimat sistemleri ile inşaat aşaması uygulanan tahkimat sistemlerinin birbiri ile %62 oranında tutarlılık sergilediği ve %38'lik tutarsızlığın veri yetersizliğinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Bu %38'lik tutarsızlık inşaat aşamasında maliyet artışına ve zaman kaybına neden olmuştur. Söz konusu çalışma alanı için, tasarım aşamasında daha fazla veri ile tahkimat sisteminin belirlenmesinin önemi anlaşılmıştır.

Tez çalışmamın planlanmasında, uygulamaya geçilmesinde ve bu aşamaya gelmesi hususunda desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, değerli zamanını ayırarak büyük bir sabırla bana faydalı olabilmek için elinden gelenin fazlasını sunan kıymetli ve saygı değer hocam Doç. Dr. Hakan Ahmet NEFESLİOĞLU'na teşekkür ederim.

Çalışmalarında arazi verilerini, dökümanlarını ve bilgilerini kullanmama izin veren ve benimde üyesi bulunduğum Sanko Rüzgar Enerjisi San. ve Tic. A.Ş. Yatırım Koordinatörlüğü'ne desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Lisans öğrenimimi tamamladığım Cumhuriyet Üniversitesi'ndeki hocalarımdan bana 4 yıl boyunca kattıkları ve kazandırdıkları her şey için teşekkürlerimi sunuyorum ve son olarak da çalışmamda desteklerini ve bana olan güvenlerini benden esirgemeyen, beni sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştiren bu hayattaki en büyük şansım olan aileme sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
2.1. Kaya Kütlelerinin Tanımlanması	4
2.1.1. Süreksizlik türü.....	5
2.1.2. Süreksizlik aralığı	6
2.1.3. Süreksizliklerin devamlılığı.....	7
2.1.4. Süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülüğü ve dalgalılığı	8
2.1.5. Süreksizlik yüzeyinin açıklığı	9
2.1.6. Dolgu malzemesinin özellikleri.....	10
2.1.7. Süreksizlik yüzeylerinin dayanımı ve bozunma derecesi.....	11
2.1.8. Süreksizlik yüzeylerindeki su durumu	13
2.1.9. Süreksizlik yönelimi ve süreksizlik takım sayısı.....	14
2.1.9.1. Gül diyagramları ve histogramlar	15
2.1.9.2. Stereografik izdüşüm tekniği	16
2.2. Önceki Çalışmalar	16
3. MATERYAL VE METOT	23
3.1. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	23
3.1.1. Stratigrafi	23

3.1.1.1. Turhal grubu.....	24
3.1.1.2. Seyfe formasyonu	24
3.1.1.3. Doğdu kireçtaşı	24
3.1.1.4. Tekkeköy formasyonu	25
3.1.1.5. Çerkeş formasyonu	25
3.1.1.6. Yamaç molozu	25
3.1.1.7. Kolüvyal.....	25
3.1.1.8. Birikinti konisi	25
3.1.1.9. Alüvyon.....	25
3.1.2. Yapısal jeoloji.....	27
3.1.2.1. Tabakalanma	27
3.1.2.2. Kıvrımlanma	27
3.1.2.3. Eklemlenme	27
3.1.2.4. Faylanma.....	27
3.1.2.5. Uyumsuzluklar	29
3.2. Derivasyon Tüneli Jeolojisi.....	29
3.3. Jeolojik Alan Araştırmaları	33
3.3.1. Sondaj çalışmaları.....	33
3.3.2. Laboratuvar deneyleri.....	34
3.4. Kaya Kütlelerinin Sınıflama Sistemleri	35
3.4.1. Kaya kütle değeri (Rock mass rating, RMR).....	35
3.4.2. Kaya kütle kalitesi (Q sistemi)	38
3.4.3. Kaya kütlelerinin dayanım özellikleri ve jeolojik dayanım indeksi (GSI)....	44
3.5. Seyfe Formasyonuna Göre Q Destek Sınıflarının Tanımlanması	46
3.6. Seyfe Formasyonuna Göre RMR Destek Sınıflarının Tanımlanması	49
3.7. Seyfe Formasyonuna Göre Kazı Yönteminin Belirlenmesi	50

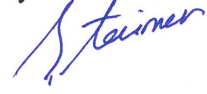
4. BULGULAR.....	53
4.1. Ampirik Yöntemlerle Önerilen Destek Sistemlerinin Performans Analizleri....	53
4.1.1. Seyfe formasyonu tasarım parametreleri	53
4.1.2. Seyfe formasyonu derivasyon tüneli güzergahı sonlu elemanlar analizi....	56
4.1.2.1. Derivasyon tüneli için sayısal modellemenin tanımlanması.....	58
4.1.2.2. Tasarım parametrelerinin en düşük ve en yüksek değerlerde olması durumu	62
4.1.2.3. Tasarım parametresinin en düşük değerine karşılık destek aralığının üst değer alınması durumu.....	65
4.1.2.4. Tasarım parametresinin en yüksek değerine karşılık destek aralığının alt değer alınması durumu	66
4.1.2.5. Örtü yükünün en düşük ve en yüksek değerlerde olması durumu	68
5. SONUÇLAR	72
6. KAYNAKLAR	87
7. EKLER.....	90
EK-1. Tepekışla Barajı derivasyon tüneli güzergahında açılan sondajlara ait karot fotoğrafları	91
EK-2. Derivasyon tüneli güzergahında açılan kuyu logları	92
EK-3. Derivasyon tüneli güzergah çalışmaları kapsamında yapılan laboratuvar deney raporları.....	93
EK-4. Derivasyon tüneli jeolojik açılım haritası.....	94
EK-5. Derivasyon tüneli 7 bölgede alınan deformasyon kesitleri.....	95
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ Tepekışla Barajı ve Hidroelektrik Enerji Santrali (HES) Derivasyon Tüneli (Erbaa, Tokat) Kaya Kütlesi Jeomekanik Karakterizasyonu ve Tahkimat Sistemlerinin Değerlendirilmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

Tarih 15/02/2018

Şeydanur TECİMER



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a : Kaya kütlesinin karakteristiklerine bağlı sabitler

B : Tabakalanma

C : Dilinim

Co : Dokanak

De : Eşdeğer Boyut

Df : Örselenme faktörü

E_i : Sağlam kaya elastisite modülü

F : Fay

Fo : Foliasyon

FZ : Fay zonu

g : Gram

J : Eklem

J_a : Eklem Alterasyon Sayısı

J_n : Eklem Takım Sayısı

J_r : Eklem Pürüzlülük Sayısı

J_v : Hacimsel eklem sayısı

J_w : Eklem Su Azaltma Faktörü

kWh : Kilowatt Saat

Km : Kilometre

kN : KiloNewton

L : Laminasyon

m_b : Kaya kütlesini temsil eden m sabitinin değeri

MW_m : Megawatt Mekanik

MW_e : Megawatt Elektriksel

m_1 : Sağlam kaya sabiti
 m : Metre
 mm : Milimetre
 m_2 : Metrekare
 MPa : Megapaskal
 S : Şistozite
 s : Kaya kütlelerinin karakteristiklerine bağlı sabitler
 ν : Poisson oranı
 σ_{ci} : Sağlam kayanın tek eksenli basınç (serbest sıkışma) dayanımı
 σ_1' : Yenilme anındaki en büyük asal gerilme
 σ_3' : Yenilme anındaki en küçük asal gerilme

Kısaltmalar

AFAD : Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
DSİ : Devlet Su İşleri
FEM : Sonlu Elemanlar Analizi
GB : Güney Batı
GD : Güney Doğu
GSI : Jeolojik Dayanım İndeksi
HES : Hidroelektrik Enerji Santrali
ISRM : Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği
JSC : Süreksizlik yüzeyinin dayanımı
KB : Kuzey Batı
KD : Kuzey Doğu
KGM : Karayolları Genel Müdürlüğü
MTA : Maden Tetkik Arama

NATM: Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu

Q : Kaya Kütle Kalitesi

RM_i : Kaya Kütle İndeksi

RMR : Kaya Kütle Sınıflaması

RQD : Kaya Kütle İndisi

SAM : Yatay Kaplan Tipi

SRF : Gerilme Azaltma Faktörü

SZ : Makaslama zonu

TSK : Tepekışla Sondaj Kuyusu

V : Damar

YİD : Yap – İşlet – Devret

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Tepekışla Barajı ve HES derivasyon tüneli yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2. Tez çalışmasına ilişkin iş-akış şeması	3
Şekil 2.1. Kaya malzemesi, süreksizlikler ve kaya kütlesi kavramları (Hudson 1989)...	4
Şekil 2.2. Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizlikleri temel alınan başlıca özellikleri (Ulusay ve Sönmez 2007).....	5
Şekil 2.3. Ölçüm hattı boyunca ortama süreksizlik aralığı ve süreksizlik sıklığı (Hudson 1989).....	6
Şekil 2.4. Süreksizliklerin devamlılığını gösteren izometrik diyagram (Golder Hoek ve Associates 1979)	7
Şekil 2.5. Süreksizliklerin devamlılığının şevlerde duraysızlık üzerindeki etkisi (Ulusay ve Sönmez 2007)	8
Şekil 2.6. Süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülüğü ve dalgalılığı (Golder Hoek ve Associates 1979)	8
Şekil 2.7. Pürüzlülüğün kalitatif olarak belirlenmesinde kullanılan pürüzlülük profilleri (ISRM 1981)	9
Şekil 2.8. Kapalı, açık ve dolgulu süreksizlikler (ISRM 2007).....	10
Şekil 2.9. Schimdt geri sıçrama deneyi ile kaya yüzeyinin sıkışma dayanımı arasındaki ilişki (Hoek ve Brown 1981)	13
Şekil 2.10. Süreksizliklerin yönelimlerinin tanımlanması ile ilgili kavramlar (Ulusay 2010).....	14
Şekil 2.11.a) Tepekışla Barajı ve HES sağ ve sol sahildeki süreksizliklere ait gül diyagramı (Tepekışla Barajı ve HES Jeoteknik Etüt Raporu 2012)	15
Şekil 2.11.b) Histogram örneği.....	15
Şekil 2.12.a) Tepekışla Barajı ve HES sağ sahildeki süreksizliklere ait stereografik izdüşüm örneği (Tepekışla Barajı ve HES Jeoteknik Etüt Raporu 2012).....	16
Şekil 2.12.b) Tepekışla Barajı ve HES sol sahildeki süreksizliklere ait stereografik izdüşüm örneği (Tepekışla Barajı ve HES Jeoteknik Etüt Raporu 2012).....	16
Şekil 3.1. Tepekışla Barajı ve HES inşaat bölgesi genel jeoloji haritası (Blumenthal (1950)'den düzenlenmiştir.).....	23
Şekil 3.2. Çalışma alanı ve yakın çevresine ilişkin genelleştirilmiş stratigrafik istif (Niksar-Erbaa-Destek Dolayının Jeolojisi Aktimur vd. (1992)'den düzenlenmiştir.)... 26	

Şekil 3.3.a) Çalışma alanı ve yakın çevresindeki diri fayların Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasındaki yeri (Amasya) (Deprem Dairesi Başkanlığı AFAD 2017)	28
Şekil 3.3.b) Çalışma alanı ve yakın çevresindeki diri fayların Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasındaki yeri (Tokat) (Deprem Dairesi Başkanlığı AFAD 2017).....	29
Şekil 3.4. Derivasyon tüneli jeolojik boy kesiti	30
Şekil 3.5. Derivasyon tüneli güzergah mostra görünümü.....	30
Şekil 3.6. Derivasyon tüneli çıkışında gözlenen birimler	31
Şekil 3.7. Derivasyon tüneli giriş güzergahı seyfe formasyonuna ait birimler.....	31
Şekil 3.8. Seyfe formasyonuna ait tünel aynasında gözlenen gelişli güzel eklemler.....	32
Şekil 3.9. Seyfe formasyonuna ait tünel aynasında gözlenen killeşme zonları	32
Şekil 3.10. RMR'a göre yeraltı açıklıklarının destek olmadan kalabilme süresini tahmin abağı (Bieniawski 1989)	38
Şekil 3.11. Q sisteminde D_e ve Q parametreleri arasındaki ilişki (Barton vd. 1974)	42
Şekil 3.12. Q sistemi için güncellenmiş destek sistemi grafiğı (Grimstad ve Barton 1993)	43
Şekil 3.13. GSI sınıflama sistemi (Sönmez ve Ulusay (2002)'den düzenlenmiştir.)	45
Şekil 3.14.a) Çalışma sahasında GSI=30 olarak tanımlanan kaya kütlelerinin yapı ve süreksizlik yüzey koşulları görünümü	45
Şekil 3.14.b) Çalışma sahasında GSI=40 olarak tanımlanan kaya kütlelerinin yapı ve süreksizlik yüzey koşulları görünümü	45
Şekil 3.15.a) Çalışma sahasında GSI=40 olarak tanımlanan kaya kütlelerinin yapı ve süreksizlik yüzey koşulları görünümü	46
Şekil 3.15.b) Çalışma sahasında GSI=50 olarak tanımlanan kaya kütlelerinin yapı ve süreksizlik yüzey koşulları görünümü	46
Şekil 3.16. Derivasyon tüneline ilişkin yeniden düzenlenmiş tünel destek sistemi abağı (Grimstad ve Barton 1993).....	48
Şekil 3.17. Derivasyon tüneli kaya kütleleri sınıflaması ve Q destek sınıfı boy kesiti	48
Şekil 3.18. Derivasyon tüneli mekanik kazı çalışması	51
Şekil 3.19. Derivasyon tüneli patlatma için delgi çalışması	52
Şekil 3.20. Derivasyon tüneli patlatma sonrası malzeme görünümü.....	52

Şekil 4.1. Derivasyon tüneli modelinin oluşturulması.....	58
Şekil 4.2. Programa kaya kütle özelliklerinin tanımlanması	59
Şekil 4.3. Derivasyon tüneli destekleme elemanlarının özelliklerinin tanımlanması....	59
Şekil 4.4. Açık sahada gözlenen killeşmiş zayıflık zonları	60
Şekil 4.5. Derivasyon tüneli güzergahında gözlenen zayıflık düzlemlerine ilişkin aşırı sökümler	61
Şekil 4.6. Tasarım parametreleri minimum değerlerinin olduğu V.Bölgede en büyük asal gerilme	62
Şekil 4.7. Tasarım parametreleri minimum değerlerinin olduğu V.Bölgede en küçük asal gerilme.....	62
Şekil 4.8. Tasarım parametreleri minimum değerlerinin olduğu V.Bölgede toplam yer değiştirme.....	63
Şekil 4.9. Tasarım parametreleri maksimum değerlerinin olduğu IV.Bölgede en büyük asal gerilme	63
Şekil 4.10. Tasarım parametreleri maksimum değerlerinin olduğu IV.Bölgede en küçük asal gerilme.....	64
Şekil 4.11. Tasarım parametreleri maksimum değerlerinin olduğu IV.Bölgede toplam yer değiştirme.....	64
Şekil 4.12. Tasarım parametreleri minimum değerlerine karşılık tahkimat aralığının üst değer alındığı V.Bölgedeki en büyük asal gerilme	65
Şekil 4.13. Tasarım parametreleri minimum değerlerine karşılık tahkimat aralığının üst değer alındığı V.Bölgedeki en küçük asal gerilme.....	66
Şekil 4.14. Tasarım parametreleri minimum değerlerine karşılık tahkimat aralığının üst değer alındığı V.Bölgedeki toplam yer değiştirme.....	66
Şekil 4.15. Tasarım parametreleri maksimum değerlerine karşılık tahkimat aralığının alt değer alındığı IV.Bölgedeki en büyük asal gerilme.....	67
Şekil 4.16. Tasarım parametreleri maksimum değerlerine karşılık tahkimat aralığının alt değer alındığı IV.Bölgedeki en küçük asal gerilme	67
Şekil 4.17. Tasarım parametreleri maksimum değerlerine karşılık tahkimat aralığının alt değer alındığı IV.Bölgedeki toplam yer değiştirme.....	68
Şekil 4.18. Örtü yükünün minimum değer olduğu VII.Bölge destekleme öncesi en büyük asal gerilme	68

Şekil 4.19. Örtü yükünün minimum değeri olduğu VII.Bölge destekleme öncesi en küçük asal gerilme.....	69
Şekil 4.20. Örtü yükünün minimum değeri olduğu VII.Bölge destekleme öncesi toplam yer değiştirme.....	69
Şekil 4.21. Örtü yükünün minimum değeri olduğu VII.Bölge destekleme sonrası toplam yer değiştirme.....	70
Şekil 4.22. Örtü yükünün maksimum değeri olduğu IV.Bölge destekleme öncesi en büyük asal gerilme	70
Şekil 4.23. Örtü yükünün maksimum değeri olduğu IV.Bölge destekleme öncesi en küçük asal gerilme.....	71
Şekil 4.24. Örtü yükünün maksimum değeri olduğu IV.Bölge destekleme öncesi toplam yer değiştirme.....	71
Şekil 5.1. Derivasyon tüneli çıkış ağız kazı çalışmaları	73
Şekil 5.2. Derivasyon tüneli giriş ağız kazı çalışmaları.....	73
Şekil 5.3. Derivasyon tüneli çıkış portal kemerlenmeyi sağlama çalışmaları	74
Şekil 5.4. Derivasyon tüneli giriş portal kemerlenmeyi sağlama çalışmaları.....	74
Şekil 5.5. Derivasyon tüneli kazı aşamasında karşılaşılan zayıflık düzlemleri	75
Şekil 5.6. Derivasyon tüneli ayna çizimlerinde gözlenen su geliş bölgeleri	76
Şekil 5.7. Derivasyon tüneli güzergahı revize boy kesiti	76
Şekil 5.8. Total station ile derivasyon tüneline deformasyon okuması	78
Şekil 5.9. Derivasyon tüneli deformasyon ölçüm noktaları.....	79
Şekil 5.10. Derivasyon tüneli ilk kazı sırasında deformasyon bölgesinde iksada yaşanan hasar durumunun görünümü.....	80
Şekil 5.11. Derivasyon tüneli kazı tamamlandıktan sonra deformasyonun meydana gelmesi	81
Şekil 5.12.a) Deformasyon bölgesinin kapatılması	81
Şekil 5.12.b) Dolgu içerisine drenaj için boru bırakılması.....	81
Şekil 5.13. Deformasyon bölgesine yapılan enjeksiyon tabakası.....	82
Şekil 5.14. Açık sahadan deformasyon bölgesine iyileştirme çalışmaları.....	82
Şekil 5.15. Deformasyon bölgesinde tekrar kazıya başlanması.....	83

Şekil 5.16. Deformasyon bölgesinin gözlemi ve destek sisteminin incelenmesi	83
Şekil 5.17. Deformasyon bölgesinin yeniden desteklenmesi	84
Şekil 5.18. Derivasyon tünelinin tamamen açılması.....	84



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Süreksizlik aralığını tanımla ölçütleri (ISRM 2007)	7
Çizelge 2.2. Süreksizliklerin devamlılığını tanımlama ölçütleri (ISRM 2007)	8
Çizelge 2.3. Süreksizlik açıklığının tanımlanması ile ilgili ölçütler (ISRM 2007)	10
Çizelge 2.4. Kaya kütlelerinin bozunma derecesi ile ilgili sınıflama (ISRM 2007)	11
Çizelge 2.5. Kaya malzemesinin bozunma derecesi ile ilgili sınıflama (ISRM 2007) ..	11
Çizelge 2.6. Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli sıkışma dayanımına ve arazi tanımlamalarına göre sınıflandırılması (ISRM 2007)	12
Çizelge 2.7. Kaya kütleleri için su sızıntılarının sınıflama ve tanımlama ölçütleri (ISRM 2007)	14
Çizelge 3.1. Derivasyon tüneli güzergahında kesin inşaat aşamasında açılan temel araştırma kuyu bilgileri	33
Çizelge 3.2. Derivasyon tüneli güzergahında kesin inşaat aşamasında açılan temel araştırma kuyuları yer altı su seviyeleri	34
Çizelge 3.3. Derivasyon tüneli güzergahında kesin inşaat aşamasında yapılan laboratuvar deneyleri	34
Çizelge 3.4. RMR kaya kütlesi sınıflama sistemi (Bieniawski 1989)	36
Çizelge 3.5. Süreksizlik yüzeyi koşulunun puanlandırılması için önerilen kılavuz (Bieniawski 1989)	37
Çizelge 3.6. Q sisteminin girdi parametreleri ve değerleri (Barton vd. 1974)	39
Çizelge 3.7. ESR Güvenlik katsayısının belirlenmesi	42
Çizelge 3.8. Seyfe formasyonuna ilişkin Q kaya sınıflaması	47
Çizelge 3.9. Q destek sınıfları ve destek malzemesi özellikleri	49
Çizelge 3.10. Seyfe formasyonuna ilişkin RMR kaya sınıflaması (Bieniawski 1989) ..	50
Çizelge 4.1. Derivasyon tüneli güzergahında tanımlanan kaya kütlesi sınıflama sistemleri değerlerine ait özet	53
Çizelge 4.2. Derivasyon tüneli kaya kütlesi parametreleri (Tepekışla Barajı ve HES derivasyon tüneli statik betonarme hesap raporu (2013)'den düzenlenmiştir.)	54
Çizelge 4.3. Derivasyon tüneli güzergahındaki formasyonlar için arazi ve laboratuvar verilerine göre belirlenmiş sayısal analizlerde kullanılacak parametreler ..	55

Çizelge 4.4. Sayısal analizlerde kullanılan tahkimat sistemi üst değerleri	65
Çizelge 4.5. Sayısal analizlerde kullanılan tahkimat sistemi alt değerleri.....	67
Çizelge 4.6. Kritik bölgeler için yapılan sayısal analiz sonuçları özeti	71
Çizelge 5.1. Derivasyon tüneli revize kaya sınıflaması özeti	77
Çizelge 5.2. Derivasyon tüneli 7 bölgede yapılan deformasyon ölçüm değerleri özeti	79
Çizelge 5.3. Derivasyon tüneli için planlanan ve uygulanan revize destek sistemlerinin tutarlılıklarının karşılaştırılması	85

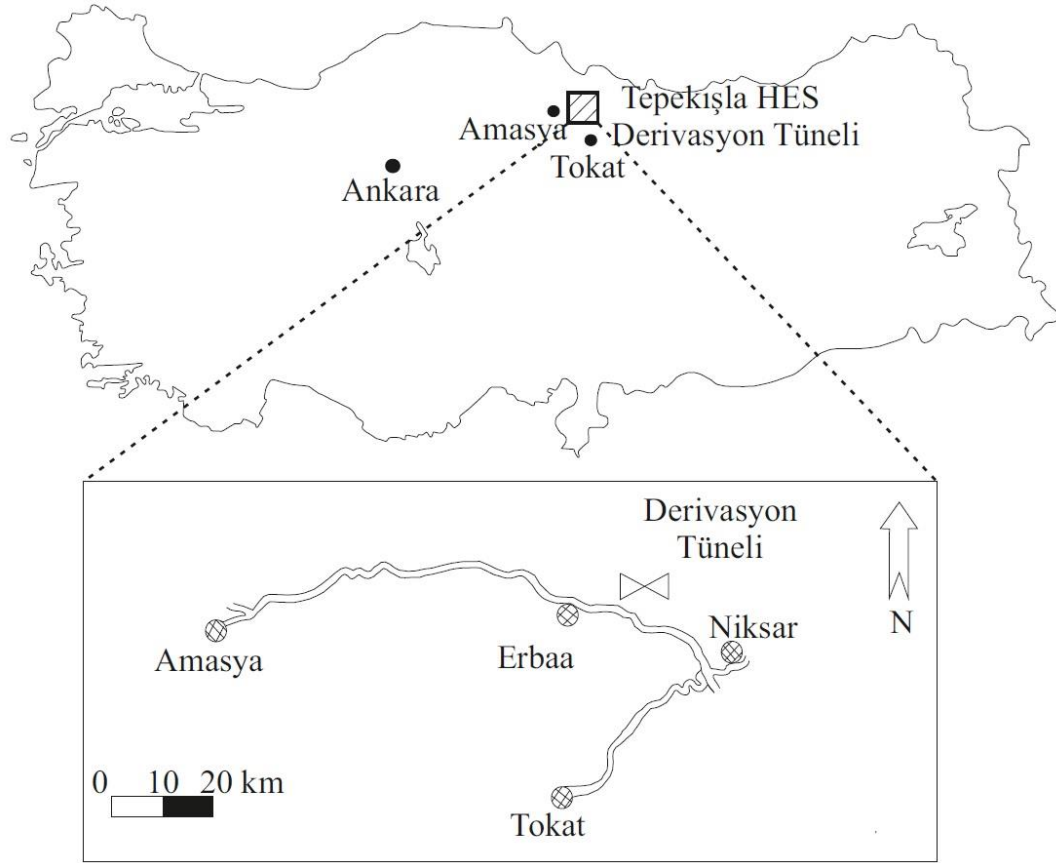


1. GİRİŞ

Teknoloji ve sanayide meydana gelen hızlı gelişmeler ve dünya nüfusunun gittikçe artması enerji ihtiyacını da hızla arttırmaktadır. Enerji, üretim için zorunludur. Bir ülkenin ekonomik ve sosyal kalkınmasının bir göstergesidir. Türkiye enerji ihtiyacının büyük bir kısmını ithal etmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2017). Enerji tüketimiyle sosyal kalkınma arasında doğrusal bir ilişki olup ülke ekonomisinin gelişmesi ve refah düzeyinin artması için enerji ihtiyacının karşılanması gerekmektedir.

Günlük yaşamın her alanında kullanılan enerji; kimyasal, mekanik (potansiyel ve kinetik), nükleer, termal (ısı), jeotermal, hidrolik, güneş, rüzgâr, elektrik enerjisi gibi değişik şekillerde bulunabilmekte ve uygun yöntemlerle birbirine dönüştürülebilmektedir. Kullanılışlarına göre enerji kaynakları yenilenemeyen ve yenilenebilir olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynakları kısa sürede biteceği ön görülen kaynaklar olup fosil (kömür, petrol, doğalgaz) ve çekirdek (uranyum, toryum) kaynaklı enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise doğada sürekli var olan faktörlere dayalı kaynaklar olup tükenmemekte ve doğaya da herhangi bir zarar vermemektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik, güneş, biyokütle, rüzgâr, jeotermal, dalga (gel-git), hidrojenidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan hidrolik enerji kısaca; suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanan bir enerjidir. Hidrolik gücün, ekonomik olarak işletilebilir potansiyelinin halen 1/3'ü kullanılarak dünya elektrik üretiminin %16'sı karşılanmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2017). Hidroelektrik santraller ile elektrik üretimi, dünyada toplam elektrik üretimine yaklaşık %20 oranında katkıda bulunmaktadır (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi 2017).

Tepekışla Barajı ve HES inşaat alanı Tokat ili Erbaa ilçe sınırları içerisinde 1/100 000 ölçekli G-37 paftasında bulunmaktadır. Orta Karadeniz Bölgesinde Tokat ili Erbaa ilçesinin doğusunda Kelkit ırmağının aşağı havzasındadır. Erbaa ilçesi Amasya Erzincan devlet yolunun üzerindedir. Baraj yerine ulaşmak için 336 m uzunluğundaki devlet karayoluyla Ankara'dan Amasya'ya varılır. 81 km'lik yol katedilerek Amasya'dan önce Erbaa'ya, daha sonra Niksar ilçesine doğru devam edilerek baraj yerine birinci sınıf devlet karayolu ile ulaşılır. İnşaat alanının Türkiye'deki yeri Şekil 1.1'de verilmiştir.



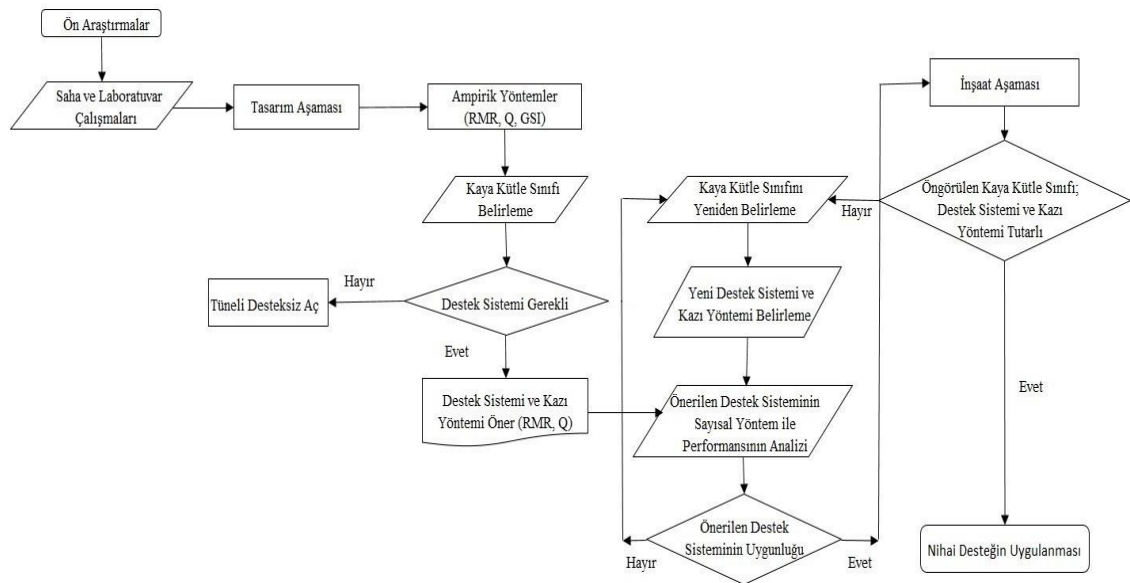
Şekil 1.1. Tepekışla Barajı ve HES derivasyon tüneli yer bulduru haritası

Toplam lisans kurulu gücü 70,617MWm/69,627MWe olan Tepekışla Barajı ve Hidroelektrik Enerji Santrali (HES) yıllık 240 milyon kWh enerji üretimi ile ülke enerji sektörüne katkı sağlayacaktır. Tepekışla Barajı ve HES yıllık 133.000 evin enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir (www.sankoenerji.com 2017). İnşaatı gerçekleştirecek taraf olarak Sanko Rüzgar Enerjisi Sanayi ve Ticaret A.Ş. Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından, Tepekışla Barajı ve HES Projesini Yap, İşlet, Devret (YİD) sözleşmesi çerçevesinde 49 yıl süre ile üretim faaliyeti göstermek üzere seçilmiştir. Proje kil çekirdekli kaya dolgu baraj olarak planlanmıştır. Bu kapsamda sağ sahilde; 4 radyal kapaklı, kontrollü dolusavak, atnalı şeklinde betonarme kaplamalı derivasyon tüneli ve gövde içinden geçen dairesel kesitli derivasyon kondüvisi, sol sahilde ise su alma yapısı ve santral $[2 \times (33,431 \text{ MWm} / 32,993 \text{ MWe}) + 1 \times (3,755 \text{ MWm} / 3,641 \text{ MWe})]$ planlanmıştır. Tepekışla Barajı ve HES'e Türkiye'nin ilk ve tek, dünyanın da en büyük yatay kaplan (SAM) tipi türbinleri kurulmuştur.

Tepekışla Barajı ve Hidroelektrik Enerji Santrali kapsamında sağ sahilde planlanan derivasyon tüneli giriş ve çıkış yapısı olmak üzere hidrolik sistemli radyal

kapaklarla manuel olarak kontrol edilecektir. Yaklaşık 504 m uzunluğunda ve 6.30 m çapında olması planlanan derivasyon tüneli ayrıca işletme aşamasında dipsavak olarak kullanılması planlanmıştır.

Çalışmada temel olarak ön araştırmalar kapsamında tünel güzergâhının jeolojik incelemesi, temel jeolojik ve jeomekanik değerlendirmeler ve jeoteknik saha inceleme planı yapılmıştır. Müteakiben gerçekleştirilen tasarım aşaması araştırmaları kapsamında; tünel güzergâhı ve portalların belirlenmesi, ayrıntılı jeolojik ve jeomekanik incelemeler, jeolojik ve jeoteknik problemlerin değerlendirilmesi, malzemelerin jeomekanik özelliklerinin ve tasarım ölçütlerinin Q, RMR ve GSI sistemlerine göre belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Ampirik yöntemlere bağlı olarak önerilen destek sistemlerinin doğrulanması ve performanslarının değerlendirilmesi için tünel güzergâhı boyunca kritik kesitlerde sonlu elemanlar analiz yöntemi kullanılarak gerilme ve deformasyon analizleri yapılmıştır. Son aşama olan inşaat aşaması araştırmaları kapsamında ise jeolojik ve jeoteknik izleme, inceleme, gözlem ve deformasyon okumaları ile elde edilen parametreler sonucunda, söz konusu tahkimatların yer koşullarına göre modifikasyonları gerçekleştirilmiş ve revize destek sistemleri önerilerek uygulanmıştır. Sayısal analiz sonuçlarının sınır değer çıktığı bölgede göçük meydana gelmesi sayısal analiz sonuçlarının önemini vurgulamıştır. Tasarım aşaması önerilen tahkimat sistemleri ile inşaat aşaması uygulanan tahkimat sistemlerinin karşılaştırması yapılarak tutarlılık oranları belirlenmiştir. Söz konusu çalışma alanı için, tasarım aşamasında daha fazla veri ile tahkimat sisteminin belirlenmesinin inşaat aşamasında maliyet artışını ve zaman kaybını engelleyeceğinin önemi anlaşılmıştır. Bu bağlamda tez çalışmasına ilişkin iş-akış şeması Şekil 1.2’de verilmiştir.



Şekil 1.2. Tez çalışmasına ilişkin iş-akış şeması

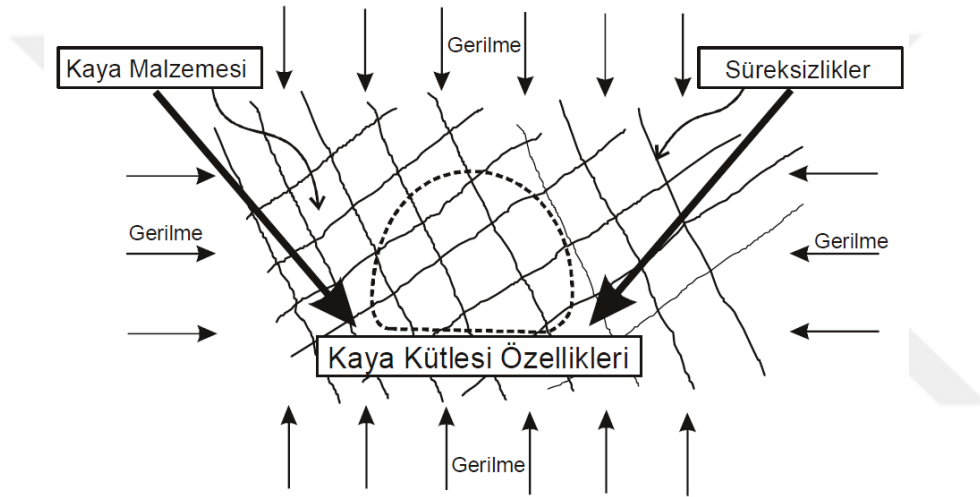
2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Kaya Kütlelerinin Tanımlanması

Doğal süreksizliklerin (fay, eklem vb.) arasında kalan en küçük kaya elemanı olan kaya malzemesi, malzemenin çekilme dayanımını etkileyecek her hangi bir kırık da içermemektedir (Şekil 2.1).

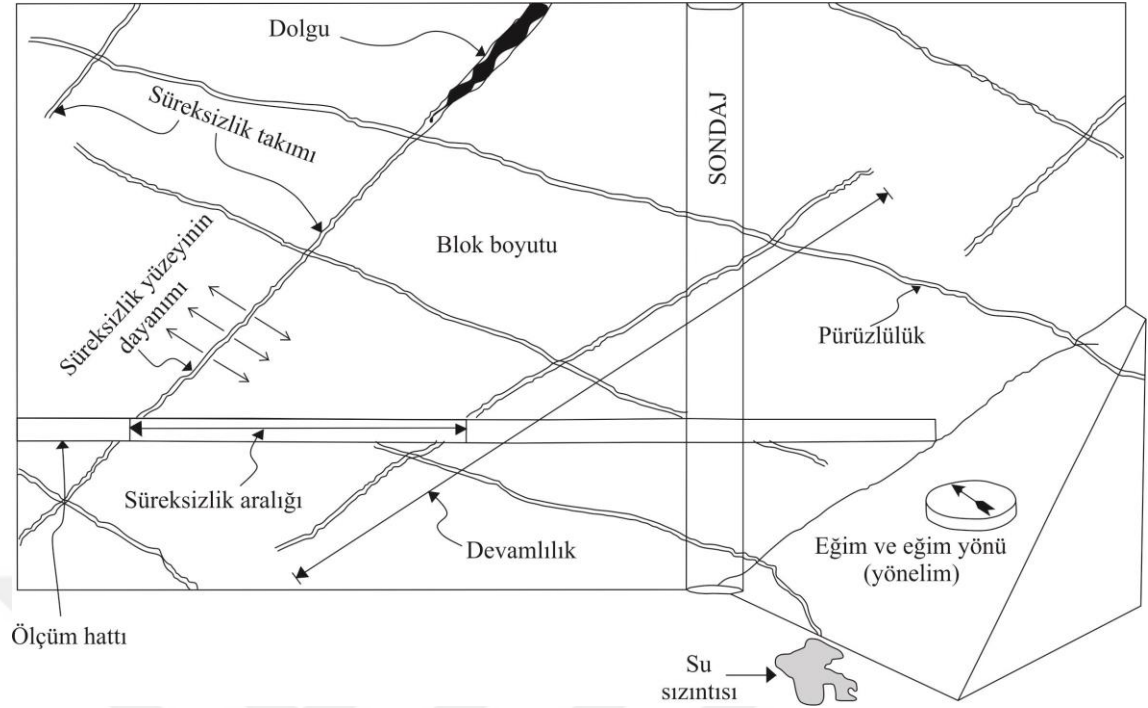
Çekilme dayanımı içermeyen veya çok az çekilme dayanımı içeren ancak buna karşılık jeolojik açıdan bakıldığında fay, kıvrım, klivaj, foliasyon gibi zayıflık düzlemlerinin hepsini içeren oluşumlar süreksizlik olarak tanımlanır (Şekil 2.1).

Kaya malzemesinin süreksizlik ağı ile oluşturdukları kütle kaya kütlesi olarak tanımlanır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Kaya malzemesi, süreksizlikler ve kaya kütlesi kavramları (Hudson 1989)

Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerle ilgili; tür, aralık, devamlılık, yüzey pürüzlülüğü ve dalgalılık, yüzey açıklığı, yüzey dayanımı ve bozunma derecesi, su durumu, yönelim ve süreksizlik seti sayısı, blok boyutundan oluşan fiziksel parametreler kullanılır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerin temel alınan başlıca özellikleri (Hudson 1989)

2.1.1. Süreksizlik türü

Bir süreksizliğin özelliklerini tanımlamak için ilk olarak süreksizliğin türü tayin edilir. Bu kısımda en çok karşılaşılan süreksizlik türü tanımlarına yer verilmiştir.

Dokanak (Co): Farklı jeolojik birimleri birbirinden uyumlu-uyumsuz-geçişli bir şekilde ayıran sınırdır.

Tabaka düzlemi (B): Tanelerin boyuna ve yönelimine, mineralojik bileşimlerine, renk ve sertlik değişimlerine göre gelişen yüzeydir.

Eklem (J): Doğal bir kırık olup bu kırık yüzeyi boyunca yer değiştirme gözlenmemektedir.

Dilinim (klivaj) (C): Basınca maruz kalan ince taneli kayalarda bu basınca dik yönde oluşmuş aralıkları sık zayıflık düzlemleridir.

Yapraklanma (foliasyon) (Fo): Basınç ve/veya sıcaklığın yüksek olduğu ortamlarda minerallerin farklı yönelimleri ile ortaya çıkan kökeni metamorfik olan zayıflık düzlemleridir.

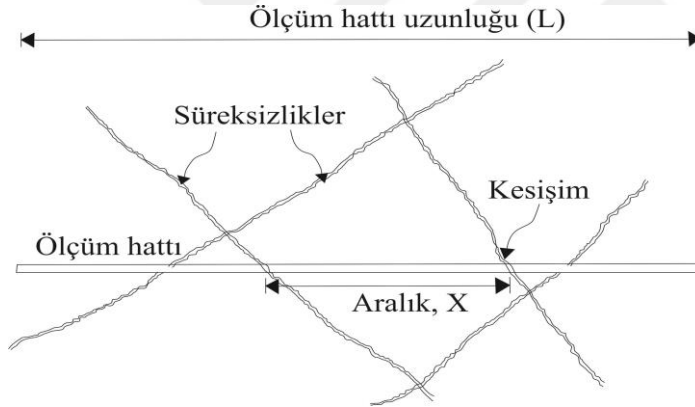
Damar (V): Çevresindeki kayadan farklı bir nitelikteki malzeme ile dolmuş kırıklardır. Yüzeyler ayrık değildir. Bu yüzden zayıf süreksizlik olarak değerlendirilmezler.

Fay ve makaslama zonu (FZ – SZ): Tektonik hareketler sırasında birkaç cm’den km’lerce mesafelere uzanan ve gözlem ve ölçümler ile yer değişiminin olduğu makaslama yenilmesine uğramış yüzeylerdir. Faylar genellikle birbirine paralel ya da tam paralel olmayan kümeler halinde meydana geldiklerinden fay zonu veya makaslama zonu olarak adlandırılırlar.

2.1.2. Süreksizlik aralığı

Kaya kütlelerinde, komşu olan iki süreksizlik veya birbirine paralel eklemlerden oluşan bir süreksizlik takımındaki iki süreksizlik arasındaki dik mesafe süreksizlik aralığı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.3). Kaya kütlelerinin dayanımı ve davranışı üzerinde doğrudan etkili olan bu parametre yerüstü kazılarının ve yer altı açıklıklarının duraylılıklarını da doğrudan etkilemektedir.

Süreksizlik aralığı ölçülürken gözlenen yüzey üzerine belirli bir yönde şerit metre serilir ve serilen şerit metreye denk gelen süreksizliklerden Şekil 2.3’de görüldüğü gibi ölçüm yapılır. Ayrıca “ortalama süreksizlik aralığı” ve bir metredeki süreksizliklerin sayısı olarak tanımlanan “süreksizlik sıklığı” süreksizliklerin belirlenmesi gereken diğer bir özelliğidir.



Şekil 2.3. Ölçüm hattı boyunca ortalama süreksizlik aralığı ve süreksizlik sıklığı (Hudson 1989)

Ortalama süreksizlik aralığı:

$$X = L / N \quad (2.1)$$

Süreksizlik sıklığı:

$$\lambda = N / L \quad (2.2)$$

L: Ölçüm hattının uzunluğu (m)

N: Ölçüm hattını kesen süreksizlik sayısı (adet)

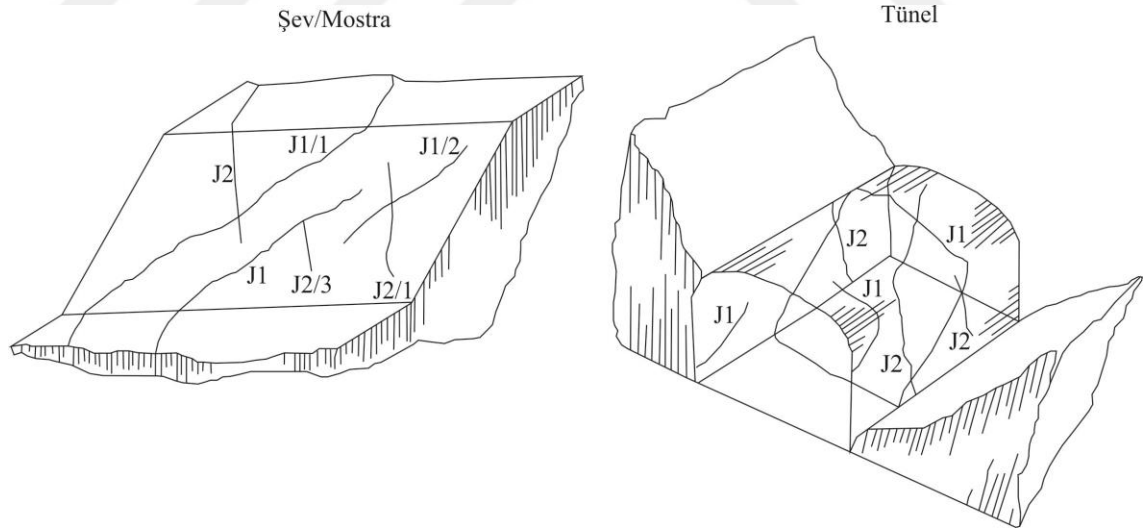
Süreksizlik aralığının tanımlanmasında ISRM (2007) tarafından önerilen ve Çizelge 2.1’de verilen tanımlamalar kullanılmaktadır.

Çizelge 2.1. Süreksizlik aralığını tanımlama ölçütleri (ISRM 2007)

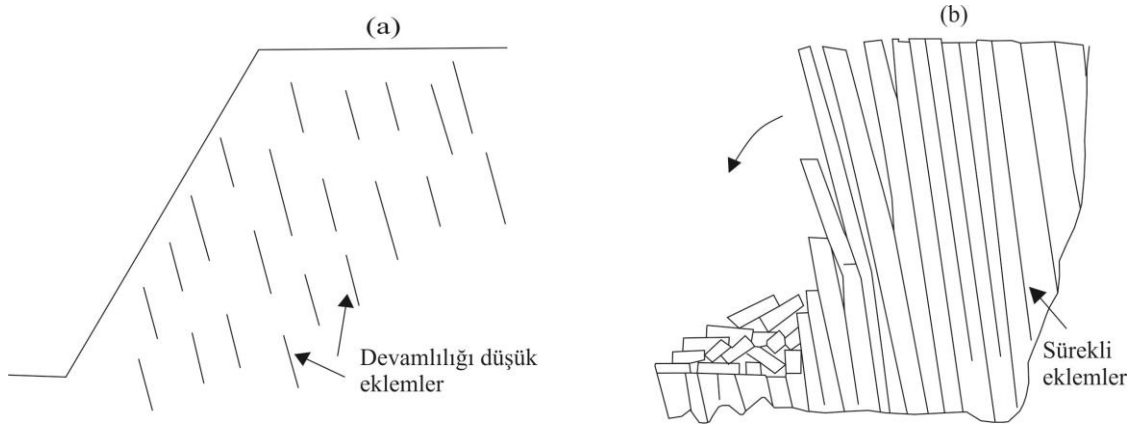
Aralık (mm)	Tanımlama
< 20	Çok dar aralıklı
20 - 60	Dar aralıklı
60 - 200	Yakın aralıklı
200 - 600	Orta derecede aralıklı
600 - 2000	Geniş aralıklı
2000 - 6000	Çok geniş aralıklı
> 6000	İleri derecede geniş aralıklı

2.1.3. Süreksizliklerin devamlılığı

Süreksizliklerin devamlılığı, süreksizliklerin bir düzlemdeki alansal dağılımının boyutlarıdır (Şekil 2.4). Duraylılığı etkileyen önemli bir parametredir. Devamlılığın artması kazı duraylılığı üzerinde olumsuz bir etki meydana getirmektedir (Şekil 2.5). Bu parametre yüzleklerden alınan ölçümlerle belirlenir ve her süreksizlik setinin devamlılığı Çizelge 2.2’de verilen ölçütlere göre tanımlanır.



Şekil 2.4. Süreksizliklerin devamlılığını gösteren izometrik diyagram (Golder Hoek ve Associates 1979)



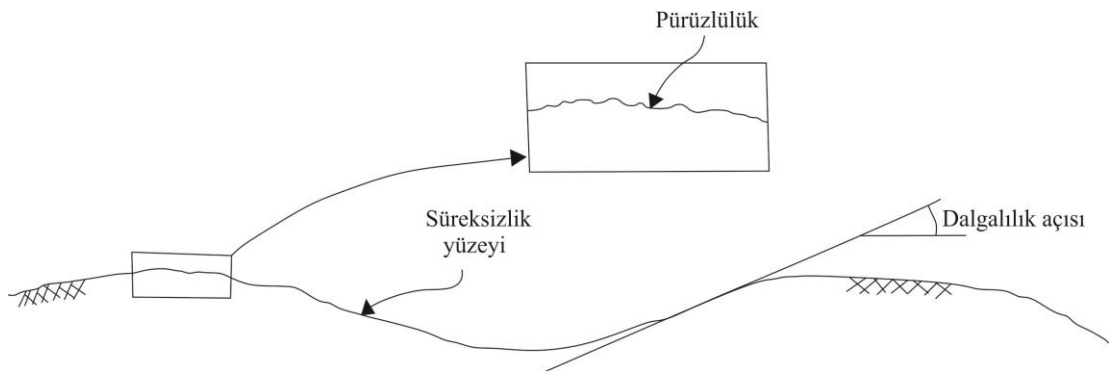
Şekil 2.5. Süreksizliklerin devamlılığının şevlerde duraysızlık üzerindeki etkisi (Ulusay ve Sönmez 2007)

Çizelge 2.2. Süreksizliklerin devamlılığını tanımlama ölçütleri (ISRM 2007)

Süreksizlik izinin uzunluğu	Tanımlama
< 1 m	Çok düşük devamlılık
1 - 3 m	Düşük devamlılık
3 - 10 m	Orta devamlılık
10 - 20 m	Yüksek devamlılık
> 20 m	Çok yüksek devamlılık

2.1.4. Süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülüğü ve dalgalılığı

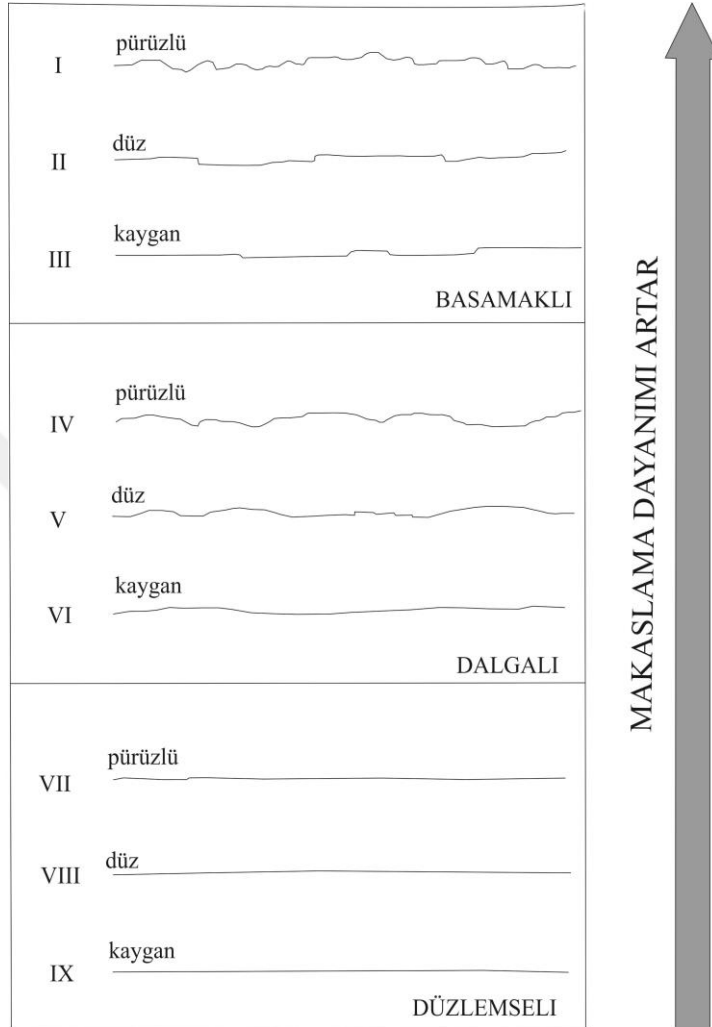
Süreksizlik yüzeyinin küçük ölçekte düzlemsellikten sapması pürüzlülük; büyük ölçekte sapması da dalgalılık olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülüğü ve dalgalılığı (Golder Hoek ve Associates 1979)

Kaya mühendisliği çalışmalarının bir çoğunda ekonomik olması ve zamandan tasarruf sağlaması sebebiyle süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülüğü kalitatif (niteleyici) tanımlama ölçütleri esas alınarak tanımlanır. ISRM (1981) önerilen ölçütlere göre, eklem yüzeyi

üzerinde gözlem yapılarak küçük (birkaç cm) ve orta ölçekte (birkaç m) olmak üzere Şekil 2.7’de verilen tipik pürüzlülük profilleri incelenen süreksizlik yüzeyi ile karşılaştırılarak pürüzlülük tanımlanır ve sınıflandırılır.



Şekil 2.7. Pürüzlülüğün kalitatif olarak belirlenmesinde kullanılan pürüzlülük profilleri (ISRM 1981)

2.1.5. Süreksizlik yüzeyinin açıklığı

Süreksizlikte karşılıklı iki yüzey arasındaki dik uzaklık açıklık olarak tanımlanır. Bu açıklık boş veya bir dolgu malzemesi ile dolu olabilir (Şekil 2.8). Süreksizlik yüzeyinin temiz ve kapalı (sıkı) olması durumunda diğer süreksizlik parametreleri kullanılarak jeoteknik tanımlama yapılabilir. Ancak süreksizlik yüzeyi açık ise, bu açıklık basit ve uygulama da pratik olan milimetre bölmeli şerit metre veya mikrometre ile ölçülmelidir.



Şekil 2.8. Kapalı, açık ve dolgulu süreksizlikler (ISRM 2007)

Açıklık parametresi, kaya kütlelerinin gevşemesi ya da sıkı olması ve sıvı iletme gücü bakımından önemlidir. Ortalama açıklık değeri her süreksizlik seti için belirlenir ve değerler ISRM (2007)’ye göre tanımlanır (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Süreksizlik açıklığının tanımlanmasına ilişkin ölçütler (ISRM 2007)

Açıklık	Tanımlama	
< 0.1 mm 0.1 - 0.25 mm 0.25 - 0.5 mm	Çok sıkı Sıkı Kısmen açık	“Kapalı” yapılar
0.5 - 2.5 mm 2.5 - 10 mm > 10 mm	Açık Orta derecede geniş Geniş	“Boşluklu” yapılar
1 - 10 cm 10 - 100 cm > 100 cm	Çok geniş Aşırı geniş Boşluklu	“Açık” yapılar

2.1.6. Dolgu malzemesinin özellikleri

Süreksizliklerin birbirine bakan yüzeyleri arasını dolduran, genellikle ana kayadan farklı dayanıma sahip malzemeler dolgu malzemesi olarak tanımlanmaktadır. Dolgu malzemeleri kum, silt, kil, breş ve milonit gibi malzemelerdir. Dolgu içeren süreksizliklerin tanımlanması için; mineraloji, tane boyu dağılımı, su içeriği ve geçirirliliği, aşırı konsolidasyon oranı, dolgunun daha önce maruz kaldığı makaslama yer değiştirmesi ve süreksizlik yüzeyini oluşturan kayacın kırılma ve parçalanma özelliği gibi parametreleri (ISRM 2007) bilmek gerekir.

2.1.7. Süreksizlik yüzeylerinin dayanımı ve bozunma derecesi

Süreksizlik yüzeyleri bulunan kayacın dayanımı, özellikle süreksizlik yüzeylerinde dolgu olmaması ve birbiriyle temas durumunda, makaslama dayanımı ve deformasyon açısından son derece önemlidir. Bozunma derecesinin süreksizlik yüzeylerinin dayanımına etkisi son derece önemlidir. Bu yüzden bozunma derecesinin kaya kütlesi ve kaya malzemesi için tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla saha çalışmaları sırasında kolaylıkla kullanılabilecek bozunma sınıflaması kıstasları, kaya kütlesi ve kaya malzemesi için sırasıyla Çizelge 2.4, Çizelge 2.5 ve Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.4. Kaya kütlelerinin bozunma derecesi ile ilgili sınıflama (ISRM 2007)

Tanım	Tanımlama Ölçütü	Bozunmanın Derecesi
Bozunmamış (Taze)	Kayanın bozulduğunu gösteren bir iz yoktur. Çok önemli olmayan renk değişimleri ana süreksizlik yüzeylerinde gözlenebilir.	W ₁
Az bozunmuş	Kaya malzemesinde ve süreksizlik yüzeylerinde renk değişimi gözlenir. Bozunma nedeniyle tüm kayacın rengi değişmiş ve kaya taze halinden daha zayıf olabilir.	W ₂
Orta derecede bozunmuş	Kayanın yarısından az bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Kaya; taze ya da renk değişimine uğramış olup, sürekli bir kütle veya çekirdek taşı halindedir.	W ₃
Tamamen bozunmuş	Kayanın tümü toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Ancak orijinal kaya kütlelerinin yapısı halen korunmaktadır.	W ₄
Artık zemin	Kayanın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kaya kütlelerinin yapısı ve dokusu kaybolmuştur. Hacim olarak büyük bir değişiklik olmakla birlikte, zemin taşınmamıştır.	W ₅

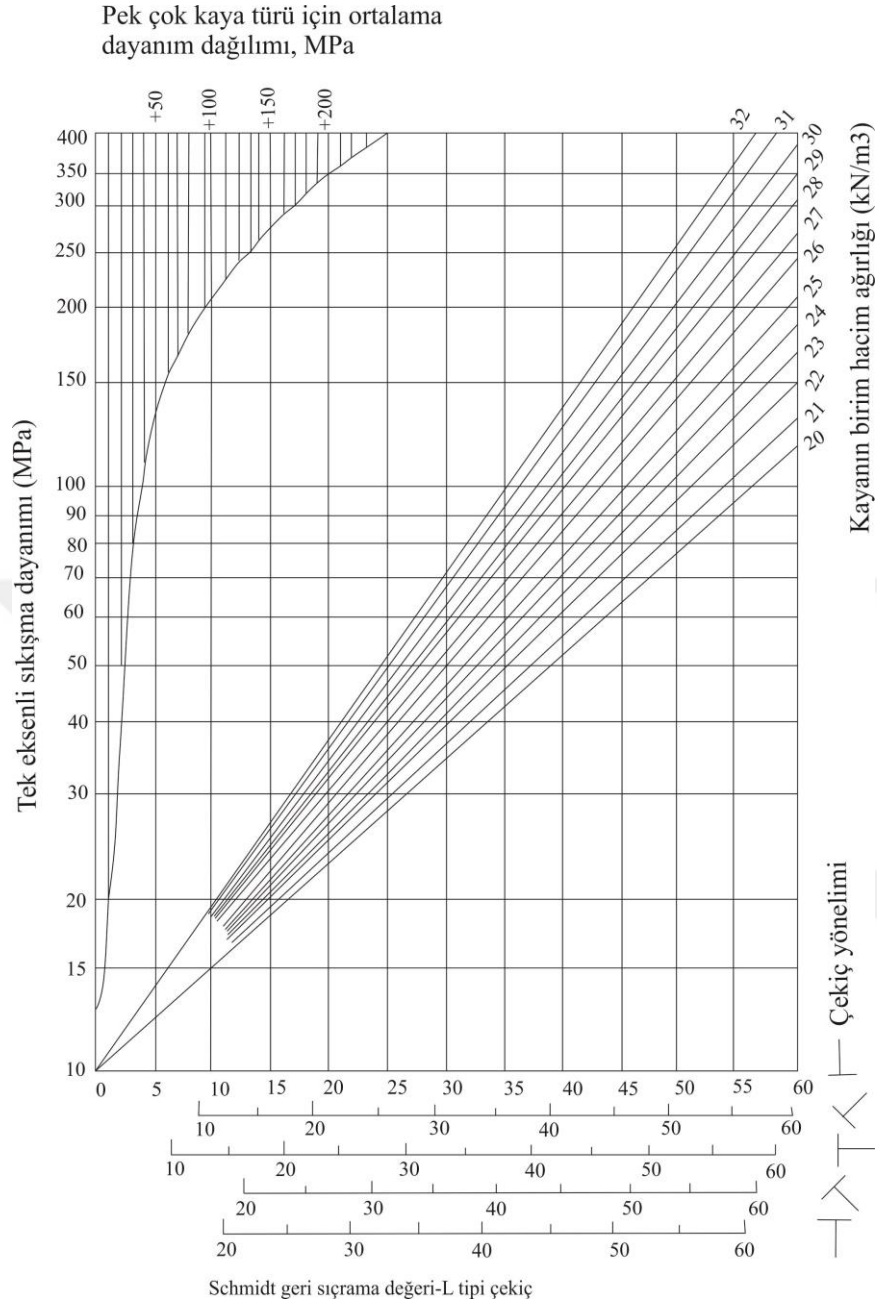
Çizelge 2.5. Kaya malzemesinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM 2007)

Tanım	Tanımlama Ölçütü
Taze (Bozunmamış)	Kaya malzemesinin bozulduğuna ilişkin belirgin bir gösterge yoktur.
Rengi değişmiş	Orijinal kaya malzemesinin rengi değişmiş olup, renkteki değişimin derecesi belirgindir. Renk değişimi sadece bazı mineral taneleriyle sınırlı ise, bu durum kayıtlarda belirtilmelidir.
Bozunmuş	Kaya malzemesi orijinal dokusunu korumakla birlikte, toprak zemine dönüşmüştür. Ancak minerallerin bir kısmı veya tamamı bozunmuştur.
Bozunmuş-dağılmış	Kayanın orijinal dokusu korunmakla birlikte, kaya malzemesi tamamen bozunarak toprak zemine dönüşmüş olup, kırılındır.

Çizelge 2.6. Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli sıkışma dayanımına ve arazi tanımlamalarına göre sınıflandırılması (ISRM 2007)

Simge	Tanım	Saha Tanımlaması	Tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)
R0	Aşırı derecede zayıf kaya	Kayanın üzerine tırnak ile çentik oluşturulabilir.	0,25-1,10
R1	Çok zayıf kaya	Jeolog çekiciyle sert bir darbeye ufalanan kaya, çakı ile doğranabilir.	1,0-5,0
R2	Zayıf kaya	Kaya, çakı ile güçlkle doğranır. Jeolog çekici ile yapılacak sert bir darbe kayacın yüzeyinde iz bırakır.	5,0-25
R3	Orta derecede sağlam kaya	Kaya, çakı ile doğranamaz. Kaya örneği, jeolog çekici ile yapılacak tek ve sert bir darbeye kırılabilir.	25-50
R4	Sağlam kaya	Kaya örneğinin kırılabilmesi için jeolog çekici ile birden fazla darbenin uygulanması gerekir.	50-100
R5	Çok sağlam kaya	Kayanın kırılabilmesi için jeolog çekici ile çok sayıda darbe uygulanması gerekir.	100-250
R6	dercede sağlam	Kaya örneği, jeolog çekici ile sadece yontulabilir.	<250

Schmidt çekici deneyi, bilindiği üzere eklem yüzeylerinin sıkışma dayanımının sahada tahmin edilmesi bakımından basit bir yöntemdir. Deneye başlandığında çekiç süreksizlik yüzeyine dik yöneltir. Deneyin yapılacağı süreksizlik yüzeyi ıslatılır. Deney, kaya veya süreksizlik yüzeyine yirmi ayrı nokta da uygulanır ve en düşük on geri sıçrama değeri iptal edilir. Kalan on değer ortalaması alınır. Bulunan değer ile kayanın birim hacim ağırlığı ve kayacın yönelimi kullanılarak Şekil 2.9’da bulunan grafikten tek eksenli sıkışma dayanımı belirlenir (Ulusay ve Sönmez 2007).



Şekil 2.9. Schmidt geri sıçrama değeri ile kaya yüzeyinin sıkışma dayanımı arasındaki ilişki (Hoek ve Brown 1981)

Şekil 2.9’da ye alan; JSC: Süreksizlik yüzeyinin dayanımı (MPa), γ : Birim hacim ağırlık (kN/m³), R: Schmidt geri sıçrama değeridir.

2.1.8. Süreksizlik yüzeylerindeki su durumu

Kaya kütlelerinde su birbiri ile ilişkili süreksizlikler boyunca sızarak akar. Bu suyun sızma hızı süreksizlik hattı boyunca geçtiği malzemenin geçirgenliğine ve bölgesel hidrolik eğim ile ilişkilidir.

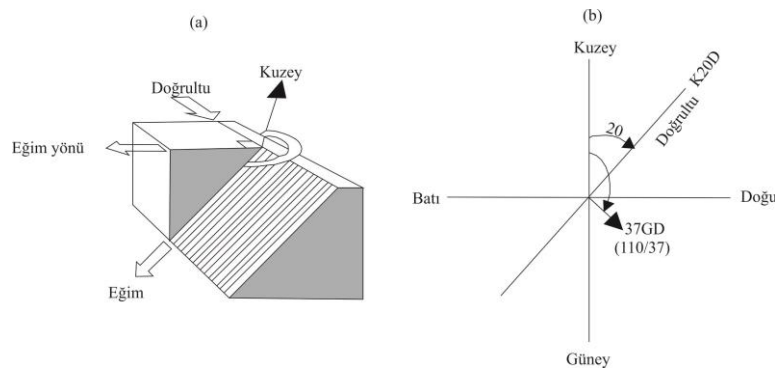
Kaya kütleindeki suyun drenajı kaya mühendisliği uygulamalarında bil hassa da tüneller için oldukça önemlidir. Bu sebeple, kaya kütlelerinden gelen suyun tanımlanması mühendislik yapısının belirli bir bölümü için önemli bir parametredir. Bu değerlendirme, Çizelge 2.7’de verilen tanımlama kıstaslarına göre, kazı sırasında ve/veya kazıdan hemen sonra yapılmalıdır.

Çizelge 2.7. Kaya kütleleri için su sızıntılarının sınıflama ve tanımlama ölçütleri (ISRM 2007)

Sızıntı Sınıflaması	Tanımlama
1	Süreksizlik yüzeyleri kuru, sızıntı yok
2	Çok az sızıntı gözleniyor
3	Orta derecede akış, sürekli akışın gözleendiği süreksizlikler
4	Önemli miktarda akış gözlenen süreksizlikler belirlenmeli
5	Ender olarak yüksek miktarda su akışı gözleniyor

2.1.9. Süreksizliklerin yönelimi ve süreksizlik takım sayısı

Süreksizliklerin uzaydaki konumları, eğim ve doğrultuları ile tanımlanır. Bu iki parametre jeolog pusulası ile ölçülür. Jeoteknik araştırmalarda bir süreksizliğin yönelimi eğim ve eğim yönü değerleri ile tanımlanır (Ulusay 2010). Süreksizlik düzleminin yatay düzlemle yaptığı açı eğimdir. Eğim yönü ise, kuzeyden itibaren saat yönünde ölçülen ve kuzey yönü ile eğim çizgisinin yatay düzlemdeki izdüşümü ile arasındaki açı olarak tanımlanır (Şekil 2.10).



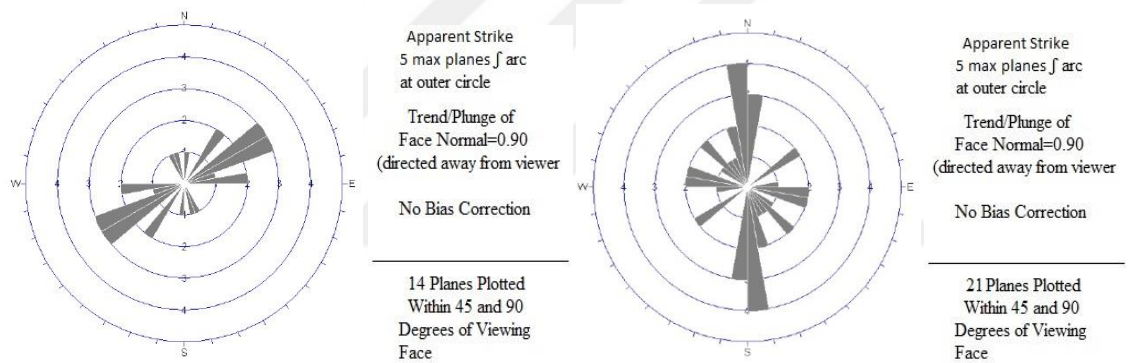
Şekil 2.10. Süreksizliklerin yönelimlerinin tanımlanmasıyla ilgili kavramlar (Ulusay 2010)

Süreksizlik seti veya süreksizlik takımı, yönelimleri hemen hemen birbirleriyle aynı olan süreksizlikler topluluğudur. Kaya kütleleri yaygın olarak birden fazla süreksizlik seti tarafından bölünmüştür. Süreksizlik setlerinin en çok gözleendiği yönelim ile mühendislik yapılarının veya kazılarının (yeraltı açıklıkları veya şevler) yönelimi arasındaki ilişki, duraysızlık modelinin ve potansiyelinin değerlendirilmesinde büyük

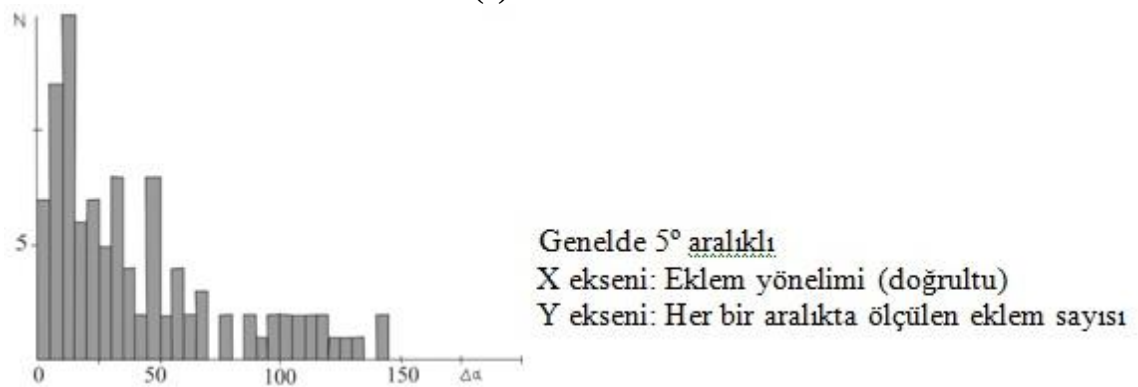
önem taşımaktadır. Bu nedenle, arazide ölçülmüş çok sayıdaki süreksizlik yönelimi verileri, grafiksel olarak gül diyagramları, histogramlar ve stereografik izdüşüm teknikleri ile değerlendirilir.

2.1.9.1. Gül diyagramları ve histogramlar

Çok sayıda süreksizlik verisinin kolayca değerlendirilmesi ve grafik sunumu açısından pratik bir yöntem olan gül diyagramları, grid sistemi, halkasal daireler ve ışınsal çizgilerden oluşur. Standart 20 cm olan diyagram çapında merkezden itibaren ölçülen birim mesafe eklem sayısını belirtir. Her birim mesafenin ifade edeceği eklem sayısı belirlenir. Böylece hakim eklem yönü belirlenir. Genelde 5°'lik aralıklarla çizilirler ve bölüm aralığını tanımlar. Her bir bölüm aralığına düşen eklem sayısı belirlenir ve diyagrama işaretlenir. Gül diyagramlarında eğim ile doğrultu birlikte gösterilemediğinden, eğim değerleri histogram çizilerek gösterilir. Şekil 2.11 a, b'de Tepekışla Barajı ve HES inşaat alanı sağ ve sol yakalardaki süreksizliklerden elde edilen gül diyagramları bulunmaktadır.



(a)



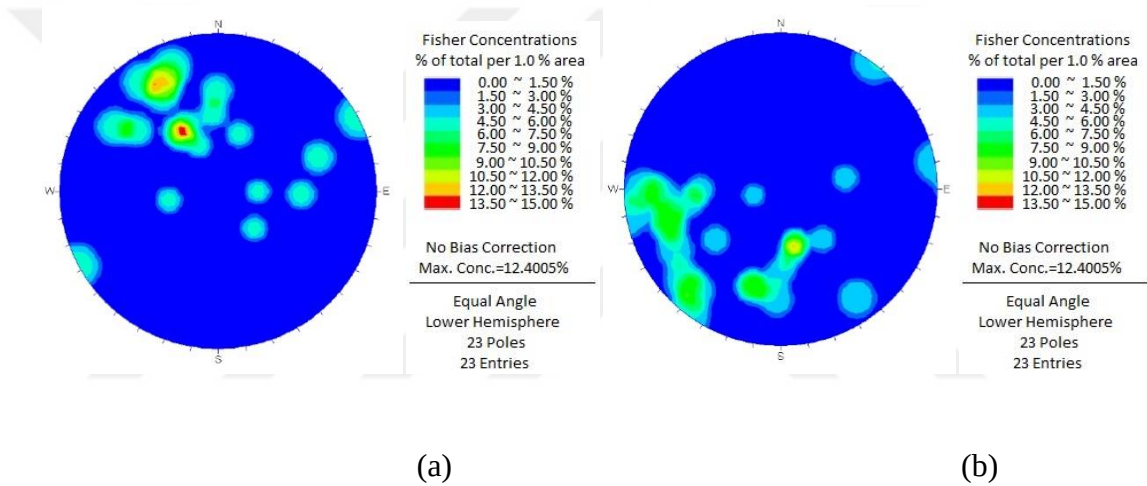
(b)

Şekil 2.11. a) Tepekışla Barajı ve HES sağ ve sol sahildeki süreksizliklere ait gül diyagramı (Tepekışla Barajı ve HES Jeoteknik Etüt Raporu 2012); b) Histogram örneği.

2.1.9.2. Stereografik izdüşüm tekniği

Stereografik izdüşüm tekniği izdüşüm ağı kullanılarak düzlemsel ya da çizgisel yapıların ve bu yapıların kendileri arasında olan ilişkilerini birlikte gösterebilmek ve birbirleri ile olan bu ilişkilerini üç boyutlu biçimde yorumlamaya dayanır. Bu metot kullanılarak süreksizliklerin dağılım, takım sayısı ve buna bağlı olarak karşılaşılabilecek duraysızlık türleri belirlenebilir.

Bir bölgede yapılan çok sayıda süreksizlik yönelimi ölçümlerinin bir eş-alan ağına yerleştirilmesi ve yapılan belirli bir istatistik değerlendirme sonucu, bölgedeki süreksizlik yönelimlerinin sıklık dağılımları bir kontur diyagramı şeklinde elde edilir. Şekil 2.12'de Tepekışla Barajı ve HES inşaat alanı sol ve sağ yakadaki süreksizliklere ait diyagramlar verilmiştir.



Şekil 2.12. a) Tepekışla Barajı ve HES sağ sahildeki süreksizliklere b) Sol sahildeki süreksizliklere ait stereografik izdüşüm örneği (Tepekışla Barajı ve HES Jeoteknik Etüt Raporu 2012)

2.2. Önceki Çalışmalar

Ayhan ve Topal (2005) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Türkiye Dicle Kralkızı su tüneli tasarımında kazı ve destekleme sırasında kazanılan deneyimler aktarılmaktadır. Fazla kazı (aşırı sökülme) ve yüzey çökmesi dâhil olmak üzere tünel stabilite problemleri değerlendirilmektedir. Yapı analizinde, kazı ilerleme oranı ve tünel genel performansını etkileyen faktörler tespit edilmiştir. Burada toplanan bilgi ve deneyimlerin karşılaşılabilecek benzer oluşumlarda başarılı bir tünel kazısının tamamlanması için yararlı ve güvenilir olacağına inanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında 3 adet sondaj kuyusu açılarak tünel seviyesinde genel jeolojik ve kaya kütleline ilişkin mekanik özellikler özetlenmiştir. 475 m uzunluğundaki tünel, çapının büyük olması ve tünel güzergahı boyunca jeolojik oluşumların sık sık değişmesi sebebiyle Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu (NATM) kullanılarak alt (56.52 m²) ve üst (68.4 m²) yarı halinde

açılmıştır. Elde edilen jeoteknik verilere ve Terzaghi sınıflandırma sistemine dayanarak destekleme tipi, tünel tip 4 zemin koşullarına sahip olarak kategorize edilmiştir. İlk gözlenen çökme üst yarı kazısı sırasında, hızı 10 lt/sn'ye ulaşan aşırı su girişi nedeniyle birçok ezilmiş ve parçalanmış çakıl-kumtaşı dilinimi içeren tünel yay hattında meydana gelmiştir. Çatıdaki bu aşırı sökülme, 10-20 cm kazı boşlukları oluşturmuş ve derinlemesine yaklaşık 330 m³ ilave hacim üretmiştir. Bu alanlar püskürtme beton ile doldurulmuştur. Sonuç olarak Ayhan ve Topal (2005) tarafından gerçekleştirilen araştırmada; yeraltısuyu ve tünel göçmesinin tünelin kazı hızını önemli ölçüde etkilediği ifade edilmiştir. Sığ tünel ilkelerinin uygulandığı tünelde kontrollü kazı (%27.23) ve destekleme (%34.51) tünel açmada zaman almıştır. Kontrollü kazı ve çatı destekleme mesafesinin kısa olması nedeniyle, kazı sırasında büyük çökmeler olmamıştır. Tünel yüzeyinde alınan ölçümler çökme ve deformasyon için önemli seviyeler değildir. Ekskavatörün çalışma pozisyonu nedeniyle hidrolik kırıcıda meydana gelen arızalar kazıda gecikmeye neden olmuştur.

Basarir (2006) tarafından yapılan bu çalışma Ankara'nın kuzeydoğusunda yer alan Sulakyurt barajında yürütülen mühendislik jeolojisi araştırmaları ve tünel destekleme tasarım çalışmalarının sonuçlarını sunmaktadır. Çalışmalar hem arazi hem de laboratuvar koşullarında yürütülmüştür. Saha çalışmaları; mühendislik jeolojisi haritalarını, yoğun süreksizlik ölçümünü, laboratuvar testleri için temel sondaj ve numune alma çalışmalarını içermektedir. Derivasyon tüneli için ampirik, analitik ve sayısal yöntemler kullanılarak güvenli tünel tasarımı tamamlanmıştır. Derivasyon tüneli için kaya kütle sınıflamaları RMR, Q ve GSI sistemlerine göre yapılmıştır. Derivasyon tüneli destek tipleri Q sistemine göre belirlenmiştir. Sayısal modelleme, önerilen destekleme sisteminin performansını değerlendirmek için kullanılmıştır. Sayısal analizlere bağlı olarak tavsiye edilen destekleme sistemleri uygulandığı zaman çökme bölgelerinin ve yer değiştirmelerin sayısı önemli ölçüde azalmıştır. Bununla birlikte, Q sistemine göre yapılan destekleme elemanlarının montajı sonrasında; sayısal yöntemler, tünel etrafındaki plastik bölge ve çökme elemanlarının her ikisinin sayısında keskin bir düşüş olduğunu göstermektedir. Sonuçlar; ampirik, analitik ve sayısal yöntemlerin birbirleri ile mutabık olduğunu kanıtlamıştır. Ancak, inşaat sırasında yapılan ölçümler önerilen destek sisteminin geçerliliğini kontrol etmek veya destek sisteminin tasarımını revize etmek için kullanılabilir.

Özsan vd. (2007) bu çalışmada Sulakyurt Baraj bölgesi mühendislik jeolojisi araştırmalarını, derivasyon tüneli destek tasarımını ve yürütülen şev stabilitesi değerlendirme çalışmalarını tartışmaktadır. 41 m yüksekliğinde ve 350 m uzunluğundaki Sulakyurt barajı Taretözü ırmağına inşa edilecek olup sulamada taşkın kontrolü ve su depolama için kullanılacaktır. Derivasyon tüneli 3 m çaplı ve 260 m uzunluğunda olacaktır. Bu çalışma kapsamında mühendislik jeolojisi haritalaması, süreksizlik ölçme, sondaj çalışmaları, su emme ve laboratuvar testleri yapılmıştır. RMR, Q ve GSI gibi yaklaşımlar kullanılarak kaya kütle kalitesi, baraj yeri özellikleri, kaya kütle

parametrelerine uygun tünel destek unsurları tahmin edilmektedir. Rezervuarın sağındaki ve solundaki yamaçlarda farklı yeraltısuyu seviyeleri için kinematik ve limit denge analizi yapılmıştır. Sulakyurt barajı mağmatikler, orta-yüksek derecede bozunmuş granit ve diyoritten oluşmaktadır. 10 adet sondajda 75 tane su çekme testi (pumping test) yapılmış ve lugeon değerleri ve mağmatik kayaçların kümülatif eğrisi çizilmiştir. Hem granit hem de diyoritte birim hacim ağırlığı, tek eksenli basınç dayanımı ve gerilme mukavemeti belirlenmiştir. Buna ek olarak üç eksenli basınç dayanımı testi sağlam kayada Hoek-Brown sabitleri “m” ve “s” belirlemek amacıyla yapılmıştır. Tünelin konumlandırılacağı kaya kütlesi mühendislik jeolojisi özelliklerine göre iki bölgeye ayrılmıştır. RMR, 10 m çaplı tünel için destek sistemleri önermekte ve mevcut tünel çapı 3 m olduğundan Q sisteminin kullanılmasının daha uygun olacağı kabul edilmiştir. Yerleşim yeri verileri dikkate alınarak ve laboratuvarda belirlenen kaya malzemesi özelliklerine göre, granit ve diyorit oluşumları RMR, Q ve GSI kaya kütle sınıflama sistemleri vasıtasıyla karakterize edilmiştir. Kaya kütle parametreleri RMR, Q ve GSI kullanılarak ampirik denklemlere bağlı olarak belirlenmiştir. Q sistemine göre hem diyorit hem de granitte derivasyon tüneli için gerekli olan önemli destek sistemi geliştirilmiştir. Kinematik analiz sonuçlarıyla; sol yakada 3 adet kamasal kayma ve 1 adet düzlemsel kayma tespit edilmiş, kinematik dengesizliğin daha çok sağ yakada olası olduğunu göstermiştir. Emniyet faktörü 1.5 varsayıldığında uzun süreli stabilite durumlarında yamaçlar kuru iken sol yamaçta kopma olması son derece düşüktür. Bununla birlikte, tam olarak doymuş koşullarda; 1 kamasal kayma ve 1 düzlemsel kayma beklenebilir ve önlemler olası şev kaymasını önlemek için gerekli olacaktır.

Genis vd. (2007) tarafından hazırlanan bu çalışma, bir karayolu tüneli boyunca kaya kütlelerinin mühendislik jeolojisi araştırmalarının sonuçlarını sunmaktadır. Kaya Kütle Puanı (RMR), Kaya Kütle Kalitesi (Q) Sistemi, Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI), Kaya Kütle İndeksi (RMi) ve Yeni Avustralya Tünel Açma Yöntemi (NATM) ile tüneldeki kaya birimlerinin kaya kütlesi nitelikleri belirlenmiştir. Q, RMR, RMi ve NATM sınıflandırma sistemlerine dayanarak, tünel güzergâhındaki kaya birimleri için gerekli destek sistemleri ve kazı yöntemleri önerilmiştir. Önerilen destek sistemlerinin geçerliliğini ve verilen kazı yöntemlerini kontrol etmek için sayısal modelleme kullanılmıştır. Önerilen destek sistemleri uygulandığında, sayısal analizde yalnızca verilen öğelerin sayısı değil, aynı zamanda en büyük toplam yer değiştirmeler önemli ölçüde azalmıştır. Sayısal analizlerin tümü, mühendislik jeolojisi araştırmalarından elde edilen kaya özelliklerinin ve ampirik ilişkilerin değerlendirilmesine dayanılarak tünel yapımına başlanmadan önce yapılmıştır. Burada; kaya özelliklerine ilişkin tahminlerin kesin olmadığına; bu nedenle tasarımın hem kaya özellikleri hem de sayısal modeller ile tünel inşası sırasında kurulan enstrümantasyonun gözlemlerine ve yerinde deformasyon ölçümlerine bağlı olarak revize edilmesi gerektiğine dikkat edilmelidir.

Rasouli (2009) tarafından yapılan bu çalışmada, Garmsi Chay baraj yerindeki kaya kütlelerinin ayrıntılı bir mühendislik jeolojisi değerlendirme ve destek tasarımı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu proje İran'ın kuzeybatısında yer almakta, akış kontrolü ve su depolaması sağlamaktadır. Barajın derivasyon tüneli 5.5 m çapına ve 420 m uzunluğuna sahiptir. İncelemeler sırasında tünel güzergahı boyunca 6 adet sondaj açılmış ve sonuçlara göre tünelin jeolojik kesitleri oluşturulmuştur. Derivasyon tüneli güzergahı, alınan örnekler ve yapılan ince kesit çalışmaları sonuçlarına dayanarak gri mikasist ve trakit andezit kaya birimlerinden oluşmaktadır. Tünel güzergahı, doğru bir şekilde incelenebilmesi için litoloji ve mühendislik jeolojisi özellikleri temel alınarak üç farklı bölgeye ayrılmıştır. Bu çalışmada her bölgenin (Zone 1, Zone 2, Zone 3) güvenli tünel tasarımı için ampirik, analitik ve sayısal yöntemlerin bir kombinasyonu uygulanmıştır. Kaya kütlesi sınıflandırma sistemleri (RMR, Q, GSI, RSR, SRC ve R_{Mi}) yakınsama kısıtlama yöntemi, ampirik ve sayısal yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemlerden elde edilen sonuçlara göre bazı kararlılık sorunları tüneldeki özellikle aşırı derecede yıpranmış mikasist zonda beklenmektedir, öyle ki uygulamada iki büyük çökme meydana gelmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, önerilen destek sistemlerinin sayısal ve ampirik yöntemlerle, tünel boyunca farklı bölgeler için birbirleriyle neredeyse mutabık olduğunu göstermektedir. Önerilen destek sistemlerinin kurulumundan sonra, sayısal analizde plastik zonun kalınlığı ve yer değiştirmeler önemli ölçüde azaltılmıştır. Farklı yöntemlerin kombinasyonlarını kullanarak elde edilen sonuçlar birbiriyle uyumludur ve güvenli tünel destek tasarımı için önerilmektedir.

Özsan vd. (2009) yaptıkları çalışmada, Ankara Metrosu'nun yeni bir uzantısı olan Mecidiye ve Gazino istasyonları arasında karşılaşılabilecek kaya kütlesi mühendislik jeolojisi özelliklerinin araştırmasını ve uygun destek ve kazı yöntemlerinin değerlendirmesini yapmıştır. Bu çalışmada kaya kütlesi karakterizasyonu; tünel güzergahı boyunca jeolojik özelliklere göre tanımlanan her bir sektör için Kaya Kütle Puanı (RMR), Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) ve Kaya Kütle Kalitesi (Q) sistemlerine bağlı olarak yapılmıştır. Söz konusu sektörlerle ilişkin destek ve kazı yöntemlerini belirlemek için RMR, Q ve NATM sistemleri kullanılmıştır. Her bir tünel kesitindeki deformasyonlar ve gerilme konsantrasyonları incelenmiş ve destek sistemlerinin kaya kütlesi ile etkileşimi, sonlu elemanlar yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Kaya kütlesi sınıflandırma sistemleri kullanılarak; ampirik yöntemlere bağlı olarak önerilen destek sisteminin performansını değerlendirmek için kullanılan sonlu elemanlar analiz sonuçları, önerilen destek sistemlerinin uygulandığında, duraysız elemanların ve en büyük toplam yer değiştirmelerin önemli ölçüde azaldığını göstermiştir.

Panda vd. (2014) tarafından yapılan bu çalışmada; Hindistan'daki Teesta 3. Aşama Hidroelektrik Projesi'ne ait at nalı şeklinde bir su tüneli boyunca kaya kütlelerinin mühendislik jeolojisi özellikleri ve jeoteknik parametreleri belirlenmiş, uygun destek sistemine karar vermek için tanımlanan kaya kütlesi özellikleri değerlendirilmiştir. Kaya kütlesi sınıflandırması, tünel stabilitesinin ve gerekli destek tiplerinin

değerlendirilmesinde de kullanılan ampirik yöntemler; Q, RMR ve R_{Mi} sistemleri ile gerçekleştirilmiştir. Tünelin plastik bölgesi ve sıkışma potansiyelinin belirlenmesi için Phase2 v.6.0 programında sayısal analizler yapılmıştır. Önerilen desteğin kurulumundan sonra kazı alanını çevreleyen plastik ve deformasyon zonlarının önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir. Bununla birlikte yine önerilen destek sistemleri kurulduğunda tahkimat elemanlarının sayısı ve yer değiştirme bölgeleri tünel boyunca azalmıştır. Elde edilen sonuçlar, hem sayısal hem de ampirik yöntemlerin, uygun destek tasarımını başarıyla tamamlamak için birbirlerini tamamladığını ispatlamıştır.

Shaterpour-Mamaghani vd. (2016) bu çalışmada Gerede tüneline zor zemin koşullarında çift kalkan TBM performans analizini sunmuşlardır. İlk olarak literatür çalışması zorlu zemin koşullarının mekanik tünel açma üzerindeki etkilerini gözden geçirmek amacıyla yürütülmüştür. Sonra; proje, jeoloji ve TBM'lerin özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Daha sonra TBM'lerin performansını etkileyen faktörler, makine kullanımı ve çalıştırma parametreleri (tork, itme) ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bu gerçeklerin ışığında bu çalışmanın temel amacı olan, TBM performansı üzerindeki bu zorlukların etkisini azaltmak için mümkün iyileştirme yöntemleri tanımlamıştır. Bu projede 5.57 m çaplı 3 tane çift kalkanlı TBM kullanılmıştır. Kazı güzergahı sırasıyla TBM-1, TBM-2 ve TBM-3 için giriş portalından şafta, şafttan çıkış portalına ve çıkış portalından şafta olarak belirlenmiştir. Tünel güzergahı boyunca değişen zemin koşulları doğrudan TBM performansını etkileyebilmektedir. TBM'lerin tork değeri 0.1 ve 2 MN m arasında değişmektedir. İtme kuvveti değeri TBM-1=500 ve 13.000 kN arasında ve TBM-3=2000-5000 kN arasında uygulanmaktadır. TBM'lerin bu itme kuvvetleri arasındaki fark giriş portalı zemin oluşumları ve çıkış portalının sıkışmış zemin özelliklerine sahip olması gösterilmektedir. Bu çalışmada; TBM-1'in yüklü itme kuvveti yaklaşık 3 MN'dir. Ancak, itme kuvveti yardımcı hidrolik krikolar kullanılarak 12 MN'a kadar artırılabilir. TBM-3, kimyasal enjeksiyonda su girişini azaltmak için test edilmiştir. Yaklaşık 10° açıyla, 4 m'lik delgi yapılmıştır. Bu uygulamada su girişi miktarı 800'den 500 lt/s indirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda zor zemin şartlarında, bilimin mevcut durumu hala böyle bir sorunu çözmek için yeterli değildir. Bu nedenle, yeni yöntemler sağlamak için daha fazla araştırma yapmak gerekmektedir.

Özçelik (2016) tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada Kandil Barajı'nın mühendislik jeolojisi tasarım parametrelerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj olan Kandil Barajı Kahramanmaraş'ın güneydoğusunda Ceyhan nehri üzerine sulama, enerji üretimi ve su depolanması için yapılmıştır. Sağ yamaca atnalı şeklinde 6.5 m çaplı, 500 m uzunluğunda derivasyon tüneli, yine sağ yamaca 6 m çapında 9367 m uzunluğunda enerji tüneli inşa edilmiştir. Kandil Barajı mühendislik jeolojisi tasarım parametrelerinin değerlendirilmesi kapsamında; mühendislik jeolojisi haritalama, süreksizlik sisteminin analizi, sondaj, aşınma testleri, lugeon su basınç testleri ve laboratuvar testleri yapılmıştır. Kaya kütle sınıflandırmaları derivasyon tüneli için Kaya Kütle Değerlendirme (RMR) sistemlerine uygun olarak

yapılmıştır. Amfibollerden oluşan anakaya RMR yöntemine göre iyi kaya olarak tanımlanmıştır. Mühendislik jeolojisi araştırmaları ve kaya mekaniği çalışmaları ağırlıklı süreksizlik ölçme, yerinde karot alma ve laboratuvar testlerini içermektedir. Proje aşamasında detaylı jeolojik ve jeoteknik veri elde etmek, derivasyon tünel güzergahında mühendislik jeolojisi özelliklerini değerlendirebilmek için ayrıntılı sondaj çalışmaları yapılmış, sonuçlar değerlendirilerek kaya kütlesi destek tasarımı önerilmiştir. Tünel için uygun destek sistemi RMR yöntemi kullanılarak önerilmiştir. RMR' ye göre; özellikle zayıf bölgelerde gerilmemiş kaya bulonu, tel örgülü püskürtme beton ve çelik çubuk kullanılmıştır. RMR sistemi tünel güzergahı boyunca kaya kütle kalite sınıflandırması için kullanılmıştır.

Riaz ve Jamil (2016) yaptıkları çalışma kapsamında Nahakki tüneli inşaatı için çalışma alanının jeolojik koşullarına ve kaya kütlesi parametrelerine göre uygun destek sistemi önermişlerdir. Tünel destek türleri RMR ve Q sınıflandırma sistemlerine göre seçilmiştir. Bilgisayar destekli Sonlu Elemanlar Analizi (FEM) tasarım için farklı bir yaklaşım vermiştir. Bu kapsamda Phase2 7.017 yazılımı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen sayısal analize bağlı olarak tünelin etrafındaki deformasyonlar ve stres konsantrasyonları değerlendirilmiş, kazılan kaya kütleleri ile destek sistemlerinin etkileşimi incelenmiş ve ampirik olarak tespit edilen kazı ve destek sistemlerinin geçerliliği kontrol edilmiştir. Buna göre; RMR, GSI ve Q kaya kütlesi sınıflama sistemlerine göre tanımlanan kaya sınıfının jeoteknik koşulları dikkate alınarak kazılan bölüm değerlendirildiğinde; destek yükünün doğru tahmin edildiği ve önerilen desteğin yeterli olduğu tespit edilmiştir.

Kaya ve Sayın (2017) yaptıkları bu çalışmada kuzeydoğuda bulunan Salarha Tüneli için kaya kütlelerinin mühendislik jeolojisi özelliklerini belirlemek ve uygun bir destek tasarımı önermeyi amaçlamışlardır. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından Rize çevre ve Küçükkayır devlet karayolları (KM: 0 + 000-4 + 289) arasında kısa bir bağlantı için Salarha Tüneli KM: 0 + 200-3 + 150 (2.950 km) inşa etmeye karar verilmiştir. Tünel, mevcut zemin koşullarına ve davranışlarına bağlı olarak geleneksel delme-patlatma ve mekanik kazma yöntemleri kullanılarak çift borulu at nalı şeklinde bir tünel olarak inşa edilecektir. Tünelin planlanan açıklığı ve yüksekliği sırasıyla 12 m ve 9 m'dir. Ayrıntılı jeoteknik çalışmalar; temel olarak sedimanter ve volkanik kayalardan oluşan kaya kütlelerini değerlendirmek için arazi, yeraltı ve laboratuvar çalışmaları şeklinde üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Emniyetli tünel tasarımı için ampirik, analitik ve sayısal yöntemler birlikte kullanılmıştır. Kaya kütlelerini tanımlamak ve ön destek tasarımını belirlemek için arazi ve laboratuvar çalışmalarından toplanan verilere dayanarak, tüneldeki kaya kütlesi, ampirik yöntem olarak RMR, Q ve NATM sınıflandırma sistemleri vasıtasıyla karakterize edilmiş, kaya kütlesi sınıflandırmalarının uygulanmasından sonra, tüneli oluşturan üç ön destek kategorisi ve ilgili jeoteknik kaya kütlesi parametreleri belirlenmiştir. Destek gereksinimlerini analitik olarak tanımlamak için yakınsama-sınırlama yöntemi kullanılmıştır. Analitik analizlere ek olarak, ampirik destek tasarımının geçerliliğini kontrol etmek ve tüneli çevreleyen kaya kütleleri etrafında

gelişen deformasyonlar ve yenilme bölgelerini belirlemek için 2D ve 3D FEM analizleri de kullanılmıştır. Destek sistemlerinin kurulumundan sonra, tünel çevresindeki yenilme bölgelerinin genel olarak azaldığı tespit edilmiştir. Sayısal simülasyonların geçerliliği yakınsama-sınırlama metodu kullanılarak kontrol edilmiştir. Yakınsama-sınırlama ve 3D sayısal modellemelerden elde edilen sonuçlara göre, maksimum deformasyon değerleri birbirine benzediği gözlenmiştir. Bu nedenle ampirik destek önerilerinin genellikle yeterli olduğu ve 3D FEM analizi, 2D FEM analizine kıyasla tünel destek tasarımında en iyi çözümü verdiği sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak, bu konuda ileride yapılacak araştırma çalışmalarının önemli bir tamamlayıcısı olarak, sayısal modellerin kalibrasyonu ve önerilen destek sisteminin geçerliliğini kontrol etmek için Salarha Tünelinin inşası aşamasında gerçek saha izleme verilerinin toplanması önerilmiştir.



Çalışma alanına ilişkin genelleştirilmiş stratigrafik istif Şekil 3.2’de verilmiş olup baraj çevresinde yüzeylenen formasyonlar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.1.1.1. Turhal grubu (Permo-Triyas Tptg)

Tokat masifi metamorfikleri şeklinde Blumenthal (1950) tanımlamıştır. Çalışma alanının kuzey-kuzeybatısında, Kuzey Anadolu Fayının kuzeyinde yüzeylenmektedir. Genel olarak yüksek basınç-düşük ısı metamorfizma koşulları altında değişime uğramış kayalardan oluşan ve bölgenin temelini oluşturan bu birim kalkışist, kloritli şist, rekristalize kireçtaşı-mermer, Permiyen yaşlı kireçtaşı, amfibolit, meta-tortul ve meta-volkanitten oluşmaktadır.

3.1.1.2. Seyfe formasyonu (Alt-Orta Jura Js)

Baraj yerinin her iki yakasında andezit-aglomeralardan oluşan birim Öztürk (1979) tarafından tanımlanmıştır. Birim, Turhal Grubu metamorfik kayaların üzerini uyumsuz olarak örtmektedir. Gri renkli, kalın tabakalı, sıkı tutturulmuş; bileşenleri genel olarak Turhal Grubu metamorfiklerine ait çakıllardan oluşmuş karbonat çimentolu konglomera ile başlamaktadır. Konglomera üstte gri, kahverengi renkli, ince taneli, sert, dayanımlı, orta kalınlıkta tabakalanmalı, küresel ayrışmalı kumtaşına geçmektedir. Kumtaşını yeşilimsi renkli, ince tabakalı çamurtaşı ile gri, mavi, kırmızı renklerde ince tabakalı, eklemlili, marn ve killi kireçtaşı takip etmektedir. Çökelleme sürecinde çökel ortamına koyu kahverengi renkli, kalın-çok kalın tabakalı, aglomera, ince ve orta tabakalı tüf ve andezitler katılmıştır. Baraj yerinde volkanik kaya türlerinde andezit, aglomera ve tüfler yer almaktadır. Denizaltı volkanizmasının etkili olduğu neritik ortam koşullarında çökelen formasyon dereceli olarak Doğdu kireçtaşına geçmektedir.

3.1.1.3. Doğdu kireçtaşı (Üst Jura-Alt Kretase Jkd)

Öztürk (1979) tarafından tanımlanan birim kelkit ırmağı vadisi boyunca, baraj yerinin memba ve mansabında yüzeylenmekte ve Seyfe formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Gri, beyaz renkli, orta-kalın tabakalı, oolitik kireçtaşı ile başlayan birim kirli beyaz, yer yer pembemsi renkli, ince taneli kireçtaşına geçmektedir. Doğdu kireçtaşı, yer yer çok karstik, mağaralı seviyeler içermektedir. Üste doğru çört yumrulu, beyaz-gri kireçtaşı ve biyomikrit ile devam eder. Birim ince tabakalı, pembe renkli, marn ve kil taşı ara katları içermektedir.

3.1.1.4. Tekkeköy formasyonu (Eosen Tt)

Çalışma alanının kuzeydoğusunda, baraj yerine 10 km mesafede geniş alanlarda yüzeylenmekte olan birimi Yoldaş vd. (1985) tarafından tanımlanmıştır. Bazalt, andezit, tüf, tüfit, kumtaşı, silttaşı ve aglomera ardalanmasından oluşan birim volkano-sedimanter karakterlidir. Çerkeş formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

3.1.1.5. Çerkeş formasyonu (Pliyosen Tç)

Öztürk (1979) tarafından tanımlanan birim çalışma alanının kuzey-kuzeydoğusunda yüzeylenmektedir. Formasyon kirli sarı renkli, gevşek tutturulmuş, konglomera ve kumtaşından oluşmaktadır. Yer yer ara tabaka şeklinde killi, kireçli düzeyler içermektedir. Baraj bölgesinde Kuzey Anadolu Fay zone boyunca oluşan çukurluklarda ve karasal ortam koşullarında çökelmiştir. Bu birim alüvyon tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

3.1.1.6. Yamaç molozu (Kuvarterner Qym)

Çalışma alanında yer yer kaya birimleri üzerinde kalınlığı 0.5-3 m köşeli-yarı köşeli çakıl, kum ve kilden oluşan yamaç molozu bulunmaktadır. Ancak 1/25.000'lik harita ölçeğinde haritalanabilir boyutta değildir.

3.1.1.7. Kolüvyal (Qk)

Baraj yerinin 10-12 km membasında sol sahilde Gülçeşme (Eskidir) köyü dolaylarında fay ve yamaç eteği boyunca üst kotlardan gelen 7-10 m kalınlıkta köşeli-yarı köşeli çakıl, kum ve ince malzeme karışımından oluşan kolüvyal malzeme vardır.

3.1.1.8. Birikinti konisi (Qbk)

Çalışma alanında Kelkit ırmağına dökülen yan derelerin ağzı köşeli-yarı köşeli çakıl, kum ve kilden oluşmaktadır ve yaklaşık 3-5 m arasında değişen kalınlıktadır.

3.1.1.9. Alüvyon (Qal)

Kelkit ırmağı vadisi boyunca Niksar ve Erbaa ovalarında geniş alanlar kaplar. Çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki malzemenin değişik oranlarda karışımından oluşmaktadır. Kelkit vadisi taşkın yatağında, üstte ince kum-silt; daha derinde ise az siltli, kumlu, iri çakıllı ve bloktan oluşmaktadır. Baraj yerinde açılan sondajlarda alüvyon kalınlığı en çok 11.20 m bulunmuş olup vadi ortalarına doğru 20-25 m olacağı tahmin edilmektedir.

Üst Sistem	Sistem	Seri	Grup	Formasyon	Simge	Kalınlık (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
PALEOZOYİK	SENZOYİK	KUVATERNER			Qal Qym Bk	~50		Alüvyon, Yamaç molozu, Birikinti Konisi, Kolivyon
		TERSİYER	PLİYOSEN	Çerkeş	Tç	500		Çerkeş Formasyonu Çakıltı, kumtaşı, Kalın tabakalı, gevşek, kolay ayrılan, az kumlu kil
			EOSEN	Tekkeköy	Tt	600		Tekkeköy Formasyonu Bazalt, andezit, tuf, aglomera (yer yer kumtaşı, silttaşı, aratabakalı)
	MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE	Yumaklı	Ky	~2000		Türbiditik Filiş
								Mikrit (Kapanboğazı Üyesi)
								Kristalen tuf (Harmankaya Üyesi)
								Konglomera, kumtaşı, tuf (Gökçebel Üyesi)
		JURA	ÜST JURA-ALT KRETASE	Doğdu	Jkd	350		Doğdu Formasyonu Kireçtaşı Beyaz-krem renkli, ince-orta kalınlıkta tabakalı, çok parçalı, yer yer karstlaşma
								Seyfe Formasyonu Andezit, bazalt, aglomera, tuf, kumtaşı, kiltası Boz-kahverengi, sert-sağlam, orta sık düşey-verevine açık eklemliler
		TRİYAS	ALT-ORTA JURA	Seyfe	Js	300		
		PERMO-TRİYAS	TURHAL	Akdağ	Tptça	>600		TURHAL Grubu Metamorfitle Kalkışit, meta volkanit ve meta tortul, kristalize mercekli kireçtaşı

Şekil 3.2. Çalışma alanı ve yakın çevresine ilişkin genelleştirilmiş stratigrafik istif (Niksar-Erbaa-Destek Dolayının Jeolojisi Aktimur vd. (1992)'den düzenlenmiştir.)

3.1.2. Yapısal jeoloji

3.1.2.1. Tabakalanma

Beyazımsı sarı renkli kireçtaşıdan oluşan Doğdu kireçtaşı 15°-25° eğimli tabakalanma görülmektedir. Tabakalar orta ve kalın; tabakalanma yüzeyleri pürüzlü, çoğunlukla düzlemseldir. Bu birim içinde yer alan pembemsi renkli ince tabakalı marn ve kıltaşı ara tabakaları bulunur. Pliyosen'de karasal ortamda çökelen Çerkeş formasyonunda kumtaşı, konglomeralar yatay-yataya yakın kalın tabakalıdır, yer yer ince tabakalı killi, kireçli düzeyler içerir (Öztürk 1979).

3.1.2.2. Kıvrımlanma

Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Doğdu kireçtaşı ortalı kalın tabakalar geniş açılı kıvrımlar oluşturmaktadır (Öztürk 1979). Bu kıvrımlar yer yer ikincil faylarla kesilmektedir.

3.1.2.3. Eklemlenme

Baraj yerini oluşturan volkanik kökenli Seyfe formasyonunda düşey, verev ve gelişigüzel eklemler çok iyi gelişmiştir. Eklem açıklıkları çoğunlukla 0.1-5 cm arasında, köşeli, çakıllı, kumlu kil dolgulu ya da açıktır. Eklem yüzeyleri pürüzlü, seyrek olarak düzlemseldir. Yer yer 10-15 m uzunlukta ana eklemler de vardır. Sol sahilde yaklaşık 230.00 m kotundan 290.00 m kotuna kadar ulaşan karayolu yarma şevi Seyfe formasyonu (andezit-bazalt-aglomera-tüf) ve bu formasyondaki süreksizliklerin genel yapısının gözlenmesini sağlamaktadır. Süreksizlikler genelde gelişigüzel eklemler şeklindedir. Seyfe formasyonu üzerine dereceli geçişli olarak gelen Doğdu kireçtaşları sık eklemli, eklem yüzeyleri az pürüzlü, çoğunlukla düzlemseldir (Öztürk 1979). Doğdu kireçtaşındaki tabaka yüzeyleri ana süreksizlikleri oluşturmakta ve çoğunlukla ince kil sıvamaıdır.

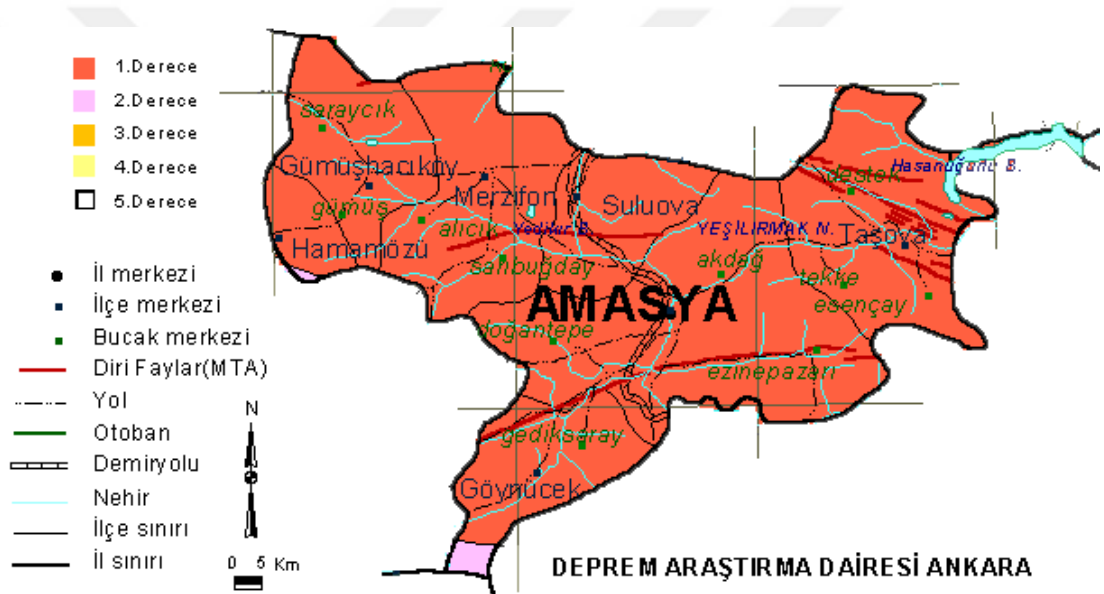
3.1.2.4. Faylanma

Baraj ekseninin yaklaşık 0.8-3 km kuzeydoğusunda yer alan Kuzey Anadolu Fayına (KAF) bağlı olarak yaklaşık 2-3 km genişlikteki zon içerisinde diri faylar bulunmaktadır (MTA 2003). Baraj yerinde açılan sondajlarda, yüzey jeolojisi ve yol kazı şevlerinde baraj yerini etkileyecek boyutta önemli faylar görülmemektedir. Ancak sondajlarda ve yol kazılarında yer yer düzensiz, 5-30 cm, seyrek 70-250 cm kalınlıkta parçalı ve killeşmeli zonlar içeren ikincil fay ve ana eklemler gözlenmektedir. Baraj yeri için önem taşıyan KAF zonu içerisinde MTA enstitüsünün çalışmalarına göre, aşağıda verilen ve depremsellik yönünden önemli olan diri faylar belirlenmiş, çalışma alanı ve yakın çevresindeki diri fayların Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasındaki yeri (Deprem Dairesi

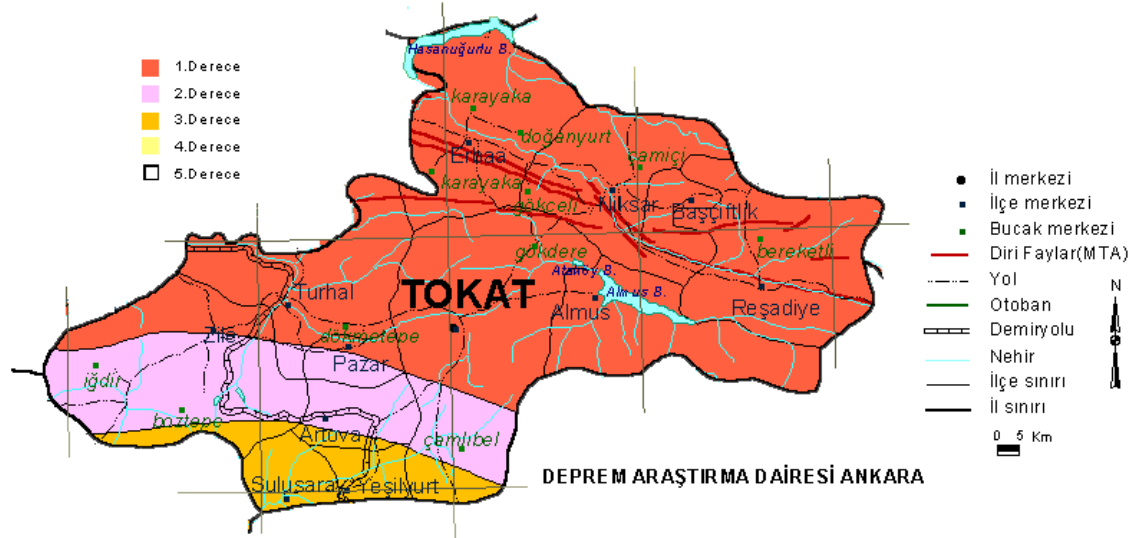
Başkanlığı AFAD 2017) Şekil 3.3.a ve Şekil 3.3.b’de gösterilmiş ve bu faylar Şekil 3.1’deki genel jeoloji haritası üzerine aktarılmıştır.

- Erbaa Deprem Fayı
- Destek Vadisi (Ladik-Tosya) Deprem Fayı
- Niksar-Kaleköy Deprem Fayı
- Erzincan Deprem Fayı
- Ezine Pazarı Deprem Fayı

Depremsellik yönünden çok önemli olan Kuzey Anadolu Fayı tek bir fay düzlemi şeklinde olmayıp Doğu'da Karlıova'dan Batı'da Saroz Körfezine kadar uzanan 1200 km uzunluğunda aktif (diri) bir fay zonudur (MTA 2003). Bu fay zonu boyunca jeolojik tarihçe içerisinde, bu yana toplam 33 km – 75 km sağ yanal ötelenmeler gelişmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.3. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki diri fayların Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasındaki yeri a) Amasya İli; b) Tokat İli (Deprem Dairesi Başkanlığı AFAD 2017)

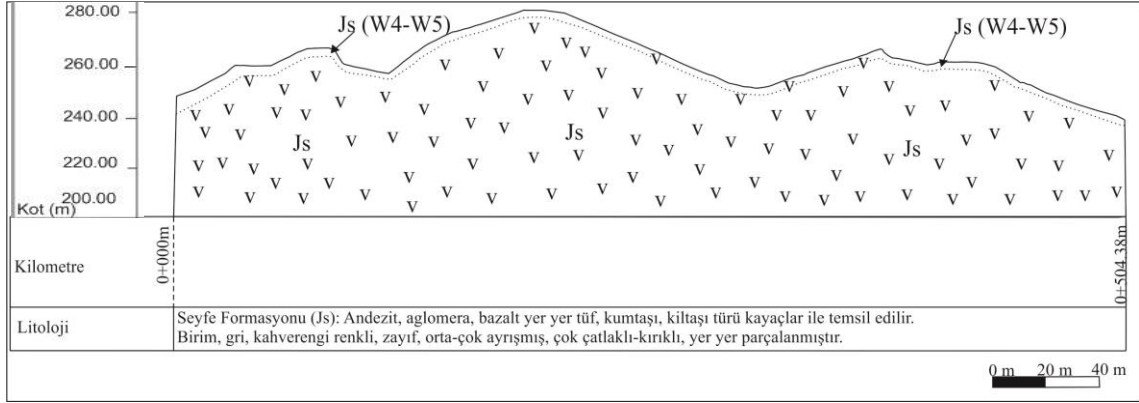
3.1.2.5. Uyumsuzluklar

Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalardan oluşan Akdağ formasyonu üzerine; baraj yerinde yüzeylenen Seyfe formasyonu (andezit, bazalt, aglomera, seyrek olarak da tuf, kumtaşı, kilaşı); Mesozoyik (kretase) yaşlı kireçtaşı (Doğdu formasyonu) üzerine Eosen yaşlı Tekkeköy formasyonu; Tekkeköy formasyonu üzerine Pliyosen yaşlı Çerkeş formasyonu; Çerkeş formasyonu üzerine Kuvarterner yaşlı birimler (kolüvyal, alüvyon vd.) uyumsuz olarak gelmektedir (Öztürk 1979).

3.2. Derivasyon Tüneli Jeolojisi

Baraj yeri sol sahilinde yer alan derivasyon tünelinde Seyfe formasyonu hakimdir (Şekil 3.4, Şekil 3.5). Andezit, bazalt, aglomera, tuf, kumtaşı, kilaşı içeren birim gri, kahverengi renkli, zayıf orta-çok ayrılmış, çok çatlaklı kırıklı, yer yer parçalanmıştır (Şekil 3.6, Şekil 3.7). Arazi çalışmaları, sondaj karotları ve süreksizliklerde yapılan gözlemlerde derivasyon tüneli üst kısımlarındaki bazalt, andezit, aglomera ve tüflerin ayrışma derecesi ISRM (1981) sınıflamasına göre çok ayrılmış W4 - tamamen ayrılmış W5 kaya olarak belirlenmiş olup tünel genelinde az ayrılmış W2 – orta ayrılmış W3 hakimdir. Volkanik kökenli Seyfe formasyonunda düşey, verrev ve gelişigüzel eklemler çok iyi gelişmiştir (Şekil 3.8). Eklem açıklıkları çoğunlukla 0.1-15 cm arasında, köşeli, çakıllı, kumlu kil dolgulu, seyrek olarak da açıktır. Eklem yüzeyleri kapalı pürüzlü, seyrek olarak düzlemseldir. Derivasyon tünelinde süreksizliklerin yanı sıra ikincil faylar

da mevcuttur. Süreksizlik düzlemlerinde sıkça ezilme ve killeşme zonları gözlenmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.4. Derivasyon tüneli jeolojik boy kesiti



Şekil 3.5. Derivasyon tüneli güzergah mostra görünümü



Şekil 3.6. Derivasyon tüneli çıkışında gözlenen birimler



Şekil 3.7. Derivasyon tüneli giriş güzergahı seyfe formasyonuna ait birimler



Şekil 3.8. Seyfe formasyonuna ait tünel aynasında gözlenen gelişli güzel eklemler



Şekil 3.9. Seyfe formasyonuna ait tünel aynasında gözlenen killeşme zonları

3.3. Jeolojik Alan Araştırmaları

3.3.1. Sondaj çalışmaları

Tepekışla Barajı’da ön inceleme aşamasında 4 adet 383 m; planlama aşamasında 24 adet toplam 1172 m; kesin inşaat aşamasında 13 adet 394 m temel araştırma sondajı Eren Jeoteknik Hizmetler Mühendislik Şirketi tarafından açılmıştır. Bu sondajlarda sürekli karot alınmış ve 254 adet BST (Basıncılı Su Testi); 13 adet serbest permeabilite deneyi yapılmıştır. Bu sondajlardan derivasyon tüneli güzergahında kesin inşaat aşamasında tünel girişi ve çıkışında olmak üzere 2 adet toplam 70 m temel araştırma kuyusu açılmıştır.

Temel araştırma kuyusu verileri yardımıyla yapı yerlerindeki formasyonların jeolojik ve mühendislik özellikleri ve ilgili temel değerlendirmeleri, yüzey jeolojisi ile denştirilerek irdelenmiştir. Derivasyon tüneli kesin inşaat aşamasında açılan temel araştırma kuyu karot fotoğrafları EK-1’de; kuyu logları EK-2’de, kuyulara ilişkin bilgiler Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Derivasyon tüneli güzergahında kesin inşaat aşamasında açılan temel araştırma kuyu bilgileri

Kuyu No	Yer	Kot	Derinlik (m)
TSK-1	Derivasyon tüneli giriş	247.50	40
TSK-2	Derivasyon tüneli çıkış	243.10	30

Derivasyon tüneli güzergahında kesin inşaat aşamasında Eren Jeoteknik Hizmetler Mühendislik Şirketi tarafından açılan temel araştırma kuyularında yas seviyelerine ilişkin değerler Çizelge 3.2’de verilmiştir. Tünel kazısı sırasında karşılaşılan yeraltı suyu damlama ve su kaynağı şeklindedir. Derivasyon tüneli güzergahı boyunca kazı sırasında bir noktadaki su kaynağından gelen su miktarı 1.5 lt/dk’dır. Neredeyse tüm tünel güzergahı boyunca bir çok noktadan damlama şeklinde su gelişi ile karşı karşıya kalınmıştır. Tünel içerisinde su bir noktada toplanıp buradan pompalarla tünel dışına drenajı sağlanmıştır.

Çizelge 3.2. Derivasyon tüneli güzergahında kesin inşaat aşamasında açılan temel araştırma kuyuları yas seviyeleri

Kuyu No	Yer	Yas Seviyesi (m)	Ölçüm Tarihi
TSK-1	Derivasyon Tüneli	27.75	27.01.2012
		27.50	29.01.2012
TSK-2		27.10	7.02.2012
		yok	21.02.2012

3.3.2. Laboratuvar deneyleri

Derivasyon tüneli güzergahında açılan sondajlardan alınan karotlar üzerinde laboratuvar deneyleri Imaksu Müh. İnş. Jeolojik Sondaj Şirketi'nin Türkak onaylı Ankara laboratuvarlarında yapılmıştır. Bu deneyler tek eksenli basınç dayanımı, elastisite modülü ve poisson oranı, birim ağırlıktır. Bu laboratuvar deneylerine ait sonuçlar Ek.3'de verilmiştir. Özet deney sonuçları Çizelge 3.3'de görülmektedir.

Çizelge 3.3. Derivasyon tüneli güzergahında kesin inşaat aşamasında yapılan laboratuvar deneyleri

Yer	Sondaj No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı (%)
Derivasyon Tüneli	TSK-1	12.50-12.70	2,78	20,63		
	TSK-1	15.25-15.45	2,62	77,30	22,96	0,28
	TSK-1	34.50-34.63	2,86	215,09	71,32	0,28
	TSK-1	38.57-38.74	2,66	47,67		
	TSK-2	14.37-14.50	2,21	4,20		
	TSK-2	18.00-18.18	2,43	20,95	3,39	0,3
	TSK-2	21.70-21.90	2,36	18,67	4,38	0,31
	TSK-2	28.65-28.85	2,42	11,15		

3.4. Kaya Kütlelerinin Sınıflama Sistemleri

Kaya kütlesi sınıflama sistemleri, mühendislik tasarımının doğrudan yapılmasını sağlayacak araçlar gibi düşünülmemelidir. Bu sistemler, son tasarımın yapılabilmesi için, tasarım hedefleri ve sahanın jeolojisi de dikkate alınarak, gözleme dayanan, analitik ve sayısal çözümleme teknikleriyle birlikte kullanılmalıdır. Bu sistemler doğru bir şekilde kullanılırlarsa, ön tasarım aşamasında faydalı birer araç olacaktırlar. Bieniawski (1989), kaya kütlesi sınıflama sistemlerinin başlıca amaçlarını şu şekilde sıralamıştır;

1. Kaya kütlesinin davranışını etkileyen başlıca özellikleri tayin etmek,
2. Kaya kütlelerini aralarında benzer özellikler gösteren bölgelere ayırarak değişik kaya kütlesi sınıflarını belirlemek,
3. Her kaya kütlesi sınıfının karakteristiklerini anlamak amacıyla ölçütler oluşturmak,
4. Bir sahada kaya kütlesi koşullarıyla ilgili kazanılan deneyimi diğer sahalarda karşılaşılan koşullarla karşılaştırılıp ilişki kurmak,
5. Mühendislik tasarımı için sayısal veri ve bir kılavuz elde etmek,
6. Mühendisler arasında ortak bir temele dayalı bilimsel ve teknik iletişimi sağlamak.

Herhangi bir kaya kütlesi sınıflama sisteminden elde edilen sonuçlar, doğrudan o sistem tarafından kullanılan girdi parametreleri ile ilgilidir. Bu yüzden girdi parametreleri belli edilebilir ve kaya kütlesinin özelliklerini yansıtabilir nitelikte olmasına dikkat edilmelidir. Bu bölümde tünelcilikte yaygın olarak uygulanan kaya kütle sınıflama sistemleri açıklanmıştır.

3.4.1. Kaya kütle değeri (Rock mass rating, RMR)

Kaya kütle değeri (RMR) başlangıçta Güney Afrika Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Konseyi (CSIR)'nde Bieniawski (1974) tarafından tortul kayalardaki sığ tünellerde yaşanan deneyimlere dayanarak geliştirilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı (σ_c), kaya kalite göstergesi (RQD), eklem veya süreksizlik aralığı, süreksizlik koşulları, yeraltı suyu durumu ve eklem yönelimleri RMR için kullanılan parametrelerdir.

Sınıflama sisteminin son haline ait çizelge aşağıda verilmektedir (Çizelge 3.4). RMR sınıflama sistemi uygulanırken, Çizelge 3.4'de verilen her parametre için değerler esas alınır. Süreksizliklerin durumları ile ilgili puanlamanın daha doğru bir şekilde yapılması amacıyla Çizelge 3.5'den yararlanılır.

Çizelge 3.4. RMR Kaya kütlesi sınıflama sistemi (Bieniawski 1989)

A. Sınıflama Parametreleri ve Puanları									
1	Kaya malzemesinin dayanımı	Nokta yükü dayanım indeksi	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Düşük aralıklar için tek eksenli dayanım		
		Tek eksenli sıkışma dayanımı	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1MPa
	Puan		15	12	7	4	2	1	0
2	Kaya kalite göstergesi, RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Puan		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik aralığı		>2m	0.6-2 m	100-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Puan		20	15	10	8	5		
4	Süreksizlik koşulu		Çok kaba yüzeyler Sürekli değil Ayrılma yok Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler Ayrılma <1mm Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler Ayrılma <1mm Yumuşak eklem yüzeyleri	Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu <5 mm veya 1-5 mm açık eklemle, sürekli eklemeler	Yumuşak fay dolgusu >5 mm kalınlıkta veya açık eklemeler >5 mm devamlı süreksizlikler		
	Puan		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı suyu	Tünelin 10 m'lik kısmından gelen su	Yok	10 lt/dk	<25 lt/dk	25-125 lt/dk	>125 lt/dk		
		Eklemdaki su basıncı	Veya 0	Veya 0.0-0.1	Veya 0.1-0.2	Veya 0.2-0.5	Veya >0.5		
		En büyük asal gerilme							
		Oranı	Veya tamamen kuru	Veya nemli	Veya ıslak	Veya damlama	Veya su akışı		
	Genel koşullar		Veya tamamen kuru	Veya nemli	Veya ıslak	Veya damlama	Veya su akışı		
Puan		15	10	7	4	0			
B. Tüneldeki Süreksizlik Eğim ve Doğrultusunun Etkisi									
Doğrultu tünel eksenine dik					Doğrultu tünel eksenine paralel				
Eğim yönünde ilerleme			Eğime karşı ilerleme		Doğrultu tünel eksenine paralel			Doğrultuya bakılmaksızın eğim 0°-20° arasında	
Eğim 45°-90°	Eğim 45°-90°	Eğim 45°-90°	Eğim 45°-90°	Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°				
Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil	Orta	Orta			

(Devamı Arkada)

Çizelge 3.4'in devamı

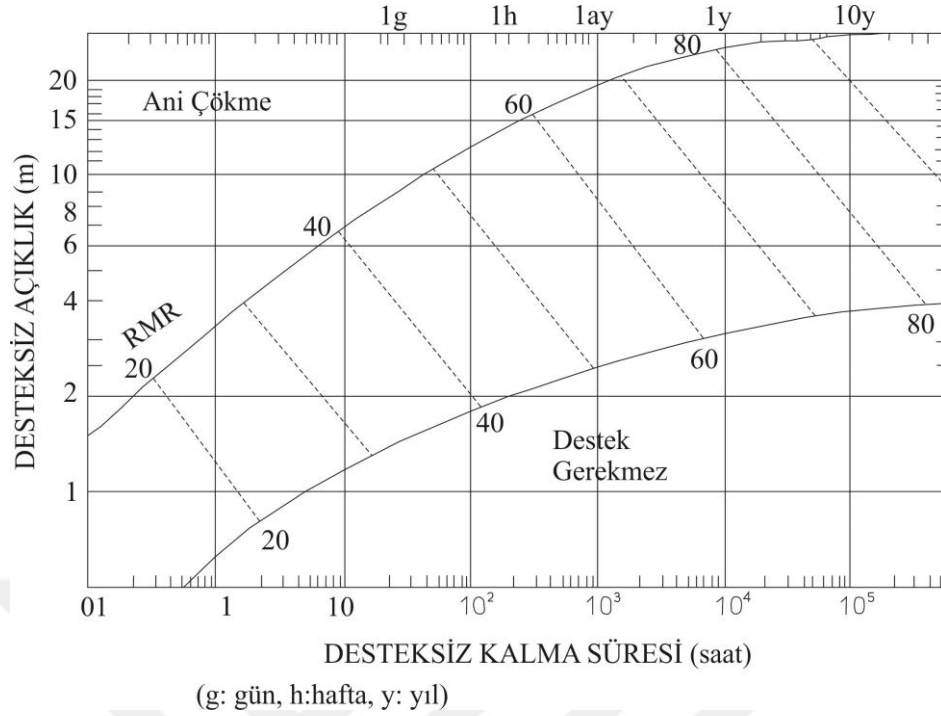
C. Süreksizlik Yönelimine Göre Düzeltme						
Süreksizliklerin doğrultu ve eğimi		Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil
Puan	Tüneller	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60
D. Kaya Sınıfları ve Puanları						
Sınıf No.	I	II	III	IV	V	
Tanımlama	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya	
Puan	100←81	80←61	60←41	40←21	<20	
E. Kaya Sınıflarının Bazı Özellikleri						
Sınıf No.	I	II	III	IV	V	
Ortalama desteksiz kalabilme süresi	15 m açıklık için 20 yıl	10 m açıklık için 1 yıl	5 m açıklık için 1 hafta	1.5 m açıklık için 10 saat	1 m açıklık için 30 dk.	
Kaya kütlesi kohezyonu (kPa)	<400	300-400	200-300	100-200	<100	
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı	>45	35-45	25-35	15-25	<15	

Çizelge 3.5. Süreksizlik yüzeyi koşulunun puanlandırılması için önerilen kılavuz (Bieniawski 1989)

Parametre	Puanlar				
Devamlılık	< 1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)
Açıklık	Yok (6)	< 0,1 mm (5)	< 0,1-1 mm (4)	1-5 mm (1)	> 5 mm (0)
Pürüzlülük	Çok pürüzlü (6)	Pürüzlü (5)	Az pürüzlü (3)	Düz (1)	Kaygan (0)
Dolgu	Yok (6)	Sert dolgu		Yumuşak dolgu	
		< 5 mm (4)	> 5 mm (2)	< 5 mm (2)	> 5 mm (0)
Bozunma	Bozunmamış (6)	Az bozunmuş (5)	Orta derecede bozunmuş (3)	Bozunmuş (1)	Çok bozunmuş (0)

Desteksiz durma süresi

Herhangi bir yer altı açıklığının destek olmadan durma süresi, açıklığın genişliğine veya destek olmayan bölgenin mesafesine bağlıdır. Yeraltı açıklığının desteksiz durma süresi tavan açıklığı boyutu (tahkimatsız açıklık) ve RMR puanına bağlı olarak Şekil 3.10'daki grafikten belirlenir.



Şekil 3.10. RMR'a göre yeraltı açıklıklarının destek olmadan durabilme süresini tahmin abağı (Bieniawski 1989)

3.4.2. Kaya kütle kalitesi (Q Sistemi)

Norveç Jeoteknik Enstitüsü (NGI) sistemi olarak da bilinen Q sistemi, Barton vd. (1974) tarafından geliştirilmiştir. Q değerinin hesaplanmasında kullanılan girdi parametreleri; RQD, eklem seti sayısı (J_n), pürüzlülük sayısı (J_r), bozunma sayısı (J_a), su azaltma faktörü (J_w) ve gerilim azaltma faktörü (SRF)'dir. Bu girdi parametreleri Çizelge 3.6'de verilen ölçütlere göre belirlenir ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak "Kaya Kütle Kalitesi, Q" hesaplanır.

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \times \left(\frac{J_w}{SRF} \right) \quad (3.1)$$

Q kaya kütle sınıflama sisteminde yeraltı açıklığının ebatlarının tahmini için önemli bir parametre olan "Eşdeğer boyut-De" tanımı da kullanılmakta olup (Şekil 3.11);

$$D_e = \frac{E_n, \text{çap veya yükseklik (m)}}{\text{Kazı destek oranı (ESR)}} \quad (3.2)$$

eşitliği ile belirlenir. Eşitlikte ESR, yeraltı kazısının türüne göre değişen (Çizelge 3.7) bir çeşit güvenlik katsayısıdır.

Çizelge ve abaklardan elde edilen Q kaya kütle sınıflamasına ilişkin değerler Şekil 3.12'deki Q Sistemi için güncellenmiş destek sistemi grafiğinde işaretlenerek kaya sınıfları ve buna bağlı gerekli destek sınıfları belirlenir.

Çizelge 3.6. Q Sisteminin girdi parametreleri ve değerleri (Barton vd. 1974)

RQD	Kaya Kalite Göstergesi Tanımı
0-25	Çok zayıf
25-50	Zayıf
50-75	Orta
75-90	İyi
90-100	Çok iyi (mükemmel)
Not: RQD < 10 (0 dahil) ise Q'nun hesaplanmasında RQD için 10 gibi nominal bir değer kullanılır. RQD için 100, 95, 90... vb. gibi 5'lik aralıklar yeterlidir.	

Eklem Takım Sayısı	(J _n)
A. Masif, eklem çok az veya hiç yok	0.5-1.0
B. Bir eklem takımı	2
C. Bir eklem takımı ve gelişigüzel eklemler	3
D. İki eklem takımı	4
E. İki eklem takımı ve gelişigüzel eklemler	6
F. Üç eklem takımı	9
G. Üç eklem takımı ve gelişigüzel eklemler	12
H. Dört veya daha fazla eklem takımı, gelişigüzel çok fazla sayıda, küp şeker görünümünde	15
I. Parçalanmış kaya, toprak görünümünde	20
Not: Arakesitler (kesişen tüneller) için (3.0 x J _n) kullanılır. Tünel girişleri için (2.0 x J _n) kullanılır.	

(Devamı Arkada)

Çizelge 3.6'nın devamı

Eklem Pürüzlülük Sayısı (J _r)	
a) Süreksizlik-kaya dokanağı ve b) 10 cm'lik bir makaslamadan önceki süreksizlik-kaya dokanağı	
A. Süreksiz eklemeler	4
B. Pürüzlü veya düzensiz, dalgalı	3
C. Düz, dalgalı	2
D. Kaygan, dalgalı	1.5
E. Pürüzlü veya düzensiz, düzlemsel	1.5
F. Düz, düzlemsel	1.0
G. Kaygan, düzlemsel	0.5
Not: Bu sıralamada tanımlamalar, küçük ve ara ölçekli özellikleri göstermektedir.	
b) Makaslanmış kesimde süreksizlik-kaya dokanağı yok	
H. Süreksizlik yüzeylerinin birbirine temasını önleyecek yeterli kalınlıkta kil minerali içeren zon	1.0
I. Süreksizlik yüzeylerinin birbirine temasını önleyecek yeterli kalınlıktaki kumlu, çakıllı ya da parçalanmış zon	1.0
Not: İlgili eklem takımının ortalama aralığı 3 m'den büyük ise, J _r 'ye 1.0 eklenebilir. Çizgiselliklerin en düşük dayanımı verecek şekilde yönlendirilmesi koşuluyla, çizgisellik içeren düzlemsel ve kaygan süreksizlik yüzeyleri için J _r = 0.5 alınabilir. J _r ve J _a sınıflaması, yönelim ve makaslama dayanımı açısından duyarlılık için hiç uygun olmayan eklem takımına veya süreksizliklere uygulanır.	

Eklem Alterasyon Sayısı	(J _a)	φ (yaklaşık)
A. Sıkıca bağlanmış, sert, yumuşamayan, geçirimsiz dolgu	0.75	-
B. Altere olmamış eklem yüzeyleri, yalnızca yüzeysel kirlenme	1	25-35
C. Az altere olmuş eklem yüzeyleri, yumuşamayan mineral kaplamaları, kum taneleri, kil içermeyen kaya parçaları	2	25-30
D. Siltli veya kumlu-kil kaplamaları, küçük kil fraksiyonu (yumuşak değil)	3	20-25
E. Yumuşamayan veya düşük sürtünmeli kil minerali kaplamaları	4	8-16
F. Kum taneleri, kil içermeyen parçalanmış kaya vs.	4	25-30
G. Aşırı konsolide, yumuşamayan kil dolgulu (sürekli ancak 5 mm'den az kalınlıkta)	6	16-24
H. Orta veya düşük derecede konsolide yumuşamayan kil dolgulu (sürekli ancak 5 mm'den az kalınlıkta)	8	12-16
I. Şişen kil dolguları (sürekli ancak 5 mm'den az kalınlıkta)	8-12	6-12
J. Parçalanmış kaya veya kil zonları veya bantları (kil tanımı için bkz. G, H, I)	6-8/8-12	6-24
K. Siltli veya kumlu kil zonları/bantları, düşük kil fraksiyonu	5	-
L. Kalın, sürekli kil zonları veya bantları	10-13/13-20	6-24

(Devamı Arkada)

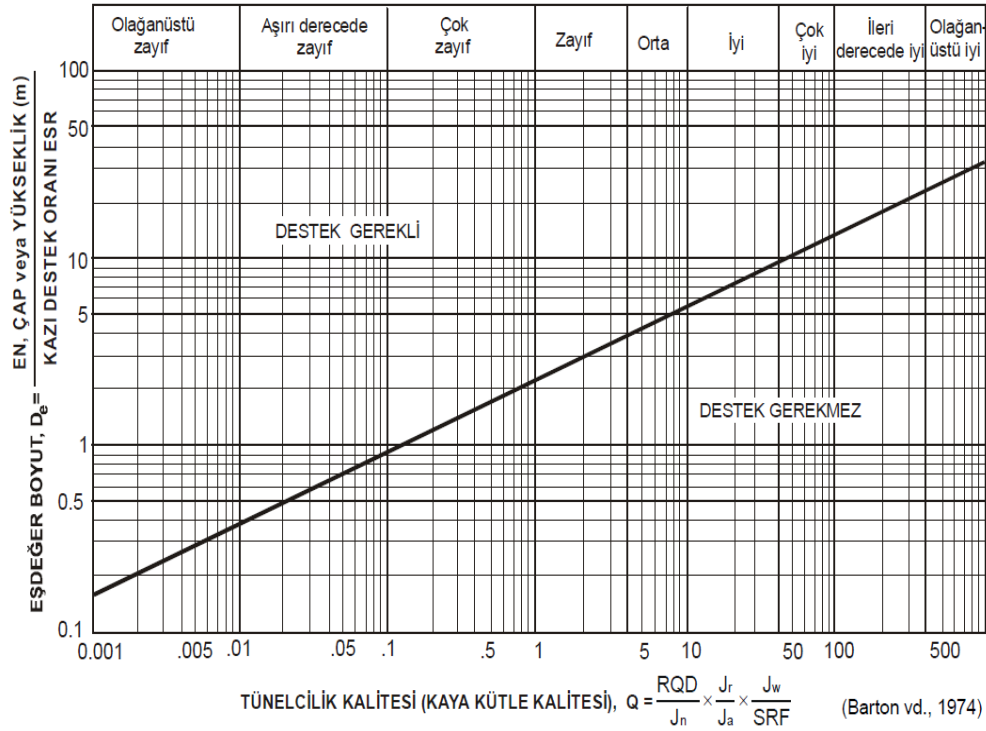
Çizelge 3.6'ün devamı

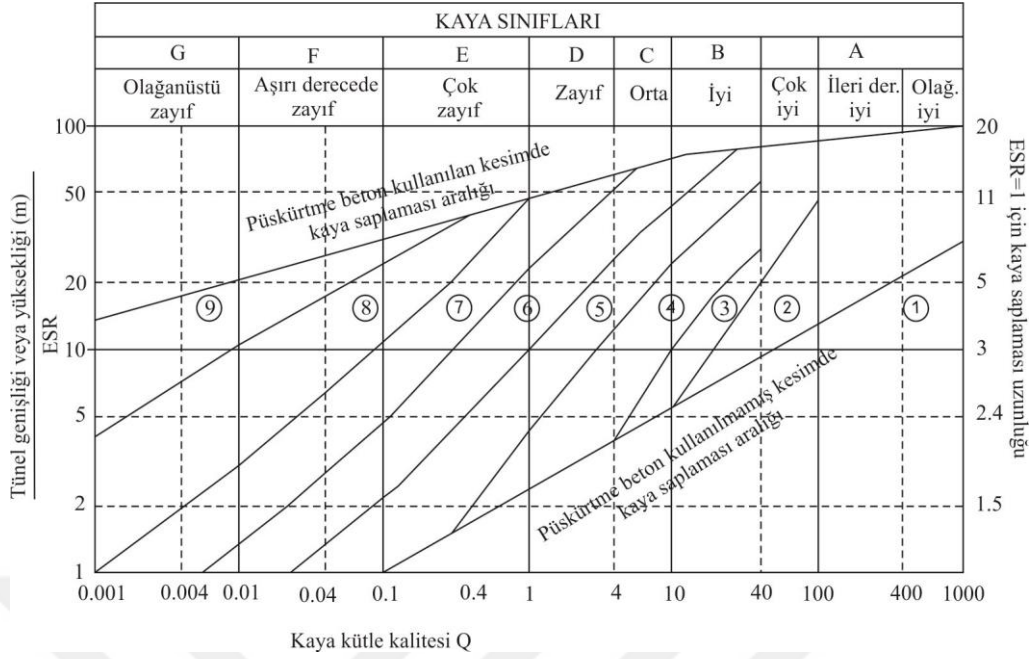
Eklem Su Azaltma Faktörü	(J_w)	Su basıncı
A. Kuru kazılar ya da küçük sızma, örneğin lokal olarak < 5 lt/dk	1.0	< 1
B. Orta derecede su gelişi veya basınç, yer yer eklem dolgularının yıkanması	0.66	1-2.5
C. Dolgusuz, eklemli, dayanıklı kayada büyük miktarda su gelişi veya yüksek basınç	0.5	2.5-10
D. Büyük miktarda su gelişi veya yüksek basınç, eklem dolgularının fazlaca yıkanması	0.33	2.5-10
E. Patlatmada son derece fazla su gelişi veya su basıncı, zamanla azalan	0.2-0.1	10
F. Zamanla azalmaksızın devam eden son derece fazla su gelişi veya basıncı	0.1-0.05	> 10
Not: C ile F kaba tahminlerdir. Şayet drenaj ölçümleri yapılırsa J _w artırılır.		

Gerilme Azaltma Faktörü	(SRF)
A. Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren zayıf zonlar, çok gevşek çevre kayacı (herhangi bir derinlikte)	10
B. Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon (kazı derinliği ≤ 50 m)	5
C. Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon (kazı derinliği ≥ 50 m)	2.5
D. Kil içermeyen dayanıklı kayada birden fazla makaslama zonu, gevşek çevre kayacı (herhangi bir derinlikte)	7.5
E. Kil içermeyen dayanıklı kayada tek bir makaslama zonu (kazı derinliği ≤ 50 m)	5.0
F. Kil içermeyen dayanıklı kayada tek bir makaslama zonu (kazı derinliği ≥ 50 m)	2.5
G. Gevşek ve açık eklemli, fazla eklemli (herhangi bir derinlikte)	5.0

Çizelge 3.7. ESR güvenlik katsayısının belirlenmesi

Kazı Tipi	ESR
A. Geçici maden kazıları	3-5
B. Uzun süreli maden kazıları, hidrolik amaçlı su tünelleri, büyük kazılar için pilot tüneller, geniş yer altı kazıları için yarmalar ve aynalar.	1.6
C. Geniş yeraltı odaları, su tasfiye tesisleri, küçük kara ve demiryolu tünelleri, yaklaşım tünelleri, denge bacaları	1.3
D. Enerji santralleri, büyük (ana) kara ve demiryolu tünelleri, sivil savunma sığınakları, tünel ağzları ve yer altında birbirini kesen açıklıkların kesişme bölgeleri	1.0
E. Yeraltı nükleer enerji santralleri, demiryolu istasyonları, spor ve kamu tesisleri, fabrikalar.	0.8

Şekil 3.11. Q sisteminde D_e ve Q parametreleri arasındaki ilişki (Barton vd. 1974)



Şekil 3.12. Q Sistemi için güncellenmiş destek sistemi grafiği (Grimstad ve Barton 1993)

Q indeksi kullanılarak RMR değerine yaklaşım

$$RMR = 9 \ln Q + 44 \quad (3.3)$$

Destek Kategorileri

1. Destek yok
2. Yerel bulon çakma
3. Sistemli bulon çakma
4. Sistemli bulon çakma; 40-100 mm donatısız püskürte beton ile
5. Lifle güçlendirilmiş 50-90 mm püskürtme beton ve bulon çakma
6. Lifle güçlendirilmiş 90-120 mm püskürtme beton ve bulon çakma
7. Lifle güçlendirilmiş 120-150 mm püskürtme beton ve bulon çakma
8. Lifle güçlendirilmiş >150 mm püskürtme beton; çelik hasırla güçlendirilmiş püskürtme beton ile; ve bulon çakma
9. Beton kaplama

3.4.3. Kaya kütlesinin dayanım özellikleri ve jeolojik dayanım indeksi (GSI)

Jeolojik Dayanım İndeksi Hoek (1994) ve Hoek vd. (1995) tarafından geliştirilen sınıflandırma sistemidir. Bu sınıflandırma sistemi kaya kütlesinin görünümüne dayanmaktadır. Kayaç kalitesi ile GSI arasında doğrudan bir ilişki vermemektedir. Bu nedenle RMR ve GSI değerleri arasındaki korelasyona dayanarak kaya kütlelerinin mekanik özellikleri tahmin edilmektedir.

$$\frac{m_b}{m_i} = \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right) \quad (3.4)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right) \quad (3.5)$$

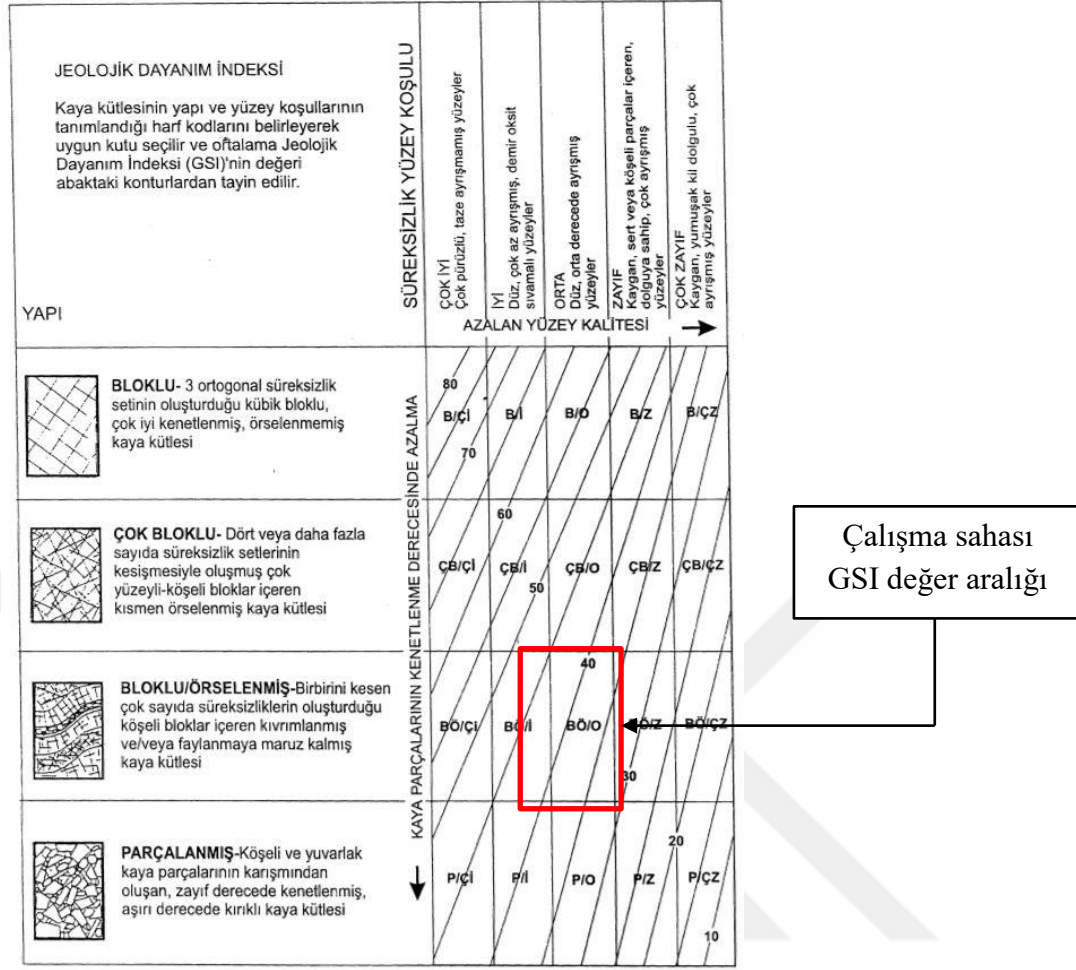
$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right) \quad (3.6)$$

m_b : kaya kütlesini temsil eden m sabitinin değeri

s ve a: kaya kütlesinin karakteristiklerine bağlı sabitler

m_i : malzeme faktörü

buradaki “D” faktörü kayacın örselenme derecesini tanımlamaktadır. Bu değer “0” (kaya kütlesinde örselenmenin olmadığı) ile 1.0 (kaya kütlesinde örselenmenin çok olduğu) arasında değişmektedir. Şekil 3.14’deki GSI abağı yardımı ile kaya kütlesinin özellikleri kantitatif olarak belirlenmektedir. Çalışma sahasında gözlenen kaya kütlesinin yapısı ve süreksizlik yüzey koşullarına göre GSI değerlerimiz genel olarak 30 ile 50 arasında değişim göstermektedir. Daha hassas çalışılması amacıyla GSI değerleri Şekil 3.14’deki abakta 5 ve 5 in katları olarak değil de yaklaşık değerler (31, 37, 41, 46) verilerek tanımlanmış ve sayısal analizlerde girdi parametresi olarak kullanılmıştır.



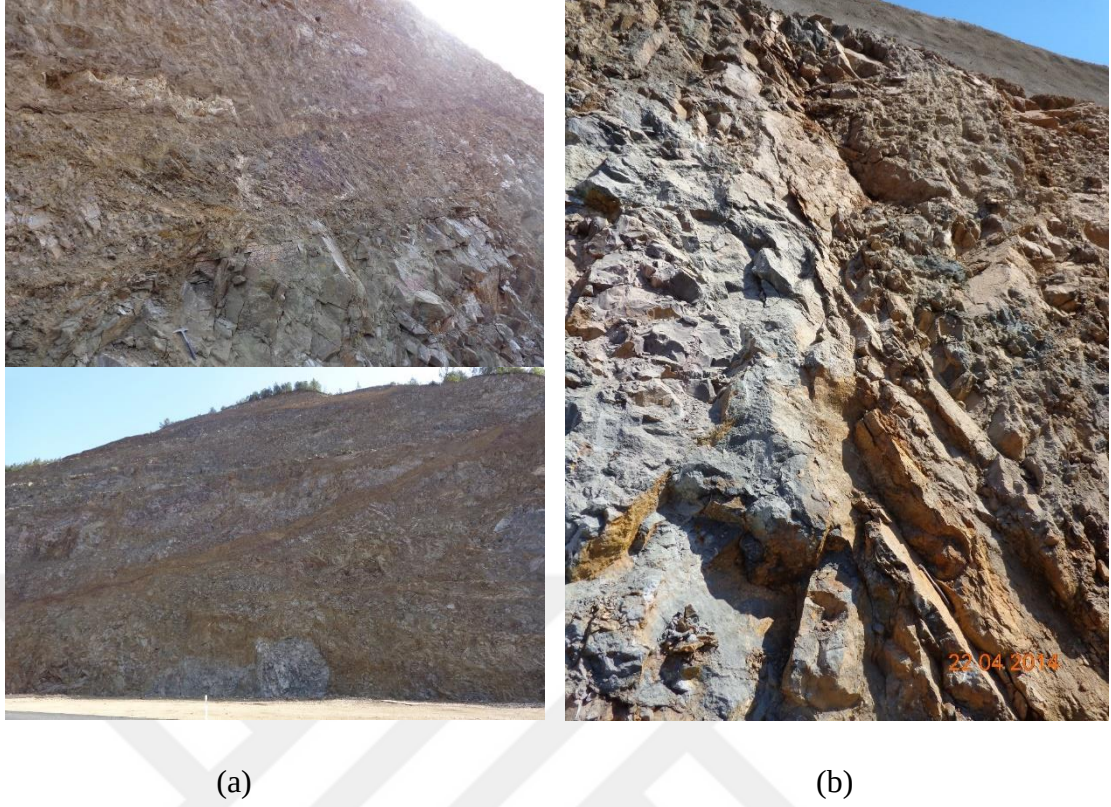
Şekil 3.13. GSI sınıflama sistemi (Sönmez ve Ulusay (2002)'den düzenlenmiştir.)



(a)

(b)

Şekil 3.14.a) Çalışma sahasında GSI=30 olarak tanımlanan kaya kütlelerinin yapı ve süreksizlik yüzey koşulları görünümü; b) GSI=40 olarak tanımlanan kaya kütlelerinin yapı ve süreksizlik yüzey koşulları görünümü



Şekil 3.15.a) Çalışma sahasında $GSI=40$ olarak tanımlanan kaya kütleinin yapı ve süreksizlik yüzey koşulları görünümü; **b)** $GSI=50$ olarak tanımlanan kaya kütleinin yapı ve süreksizlik yüzey koşulları görünümü

3.5. Seyfe Formasyonuna Göre Q Destek Sınıflarının Tanımlanması

Derivasyon tüneli güzergahında hakim olan Seyfe formasyonunda kaya niteliğini belirlemek için sondaj karotları, süreksizliklerin özelliklerinden yararlanılarak Q-Tünel kalite indeksi sınıflaması (Barton vd. 1974) yapılmıştır. Formasyonu oluşturan volkanikler Q sınıflama sistemine göre 5 puanla orta kaya sınıfındadır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Seyfe formasyonuna ilişkin Q kaya sınıflaması

Kaya Kütleli Özellikleri	Seyfe Formasyonu	
	En Kötü	En İyi
Kaya Kalite Göstergesi (RQD)	10%	75%
Eklemler Takımı Sayısı (Jn)	12	9
Eklemler Pürüzlülük Sayısı (Jr)	1.5	1
Eklemler Yüzeyi Ayrışma Sayısı (Ja)	3	1
Eklemler Su Azaltma Faktörü (Jw)	0.66	1
Gerilim Azaltma Faktörü (SRF)	5	2.5
Q Değeri ve Kaya Sınıfı	0.055	5
	Son Derece Zayıf Kaya	Orta Kaya
ESR	1.6	
Eşdeğer Boyut	4.7	
En Büyük Desteksiz Açıklık, Bmax, m	1.00	6.10

Kaya türlerine ilişkin Q değeri ve derivasyon tüneline ilişkin eşdeğer boyutun (De) işaretlendiği modifiye edilmiş tünel destek sistemi abağı (Grimstad ve Barton 1993) Şekil 3.16’da gösterilmiştir, kaya kütleli sınıflama sistemleri çerçevesinde, ara sınıflar da dikkate alınarak belirlenen destekleme önlemleri aşağıda verilmiştir.

Q sınıflama standartlarına göre bulon uzunlukları;

Tavanda $L=(2+0.15B)/(ESR)$

Duvarı $L=(2+0.15H)/(ESR)$

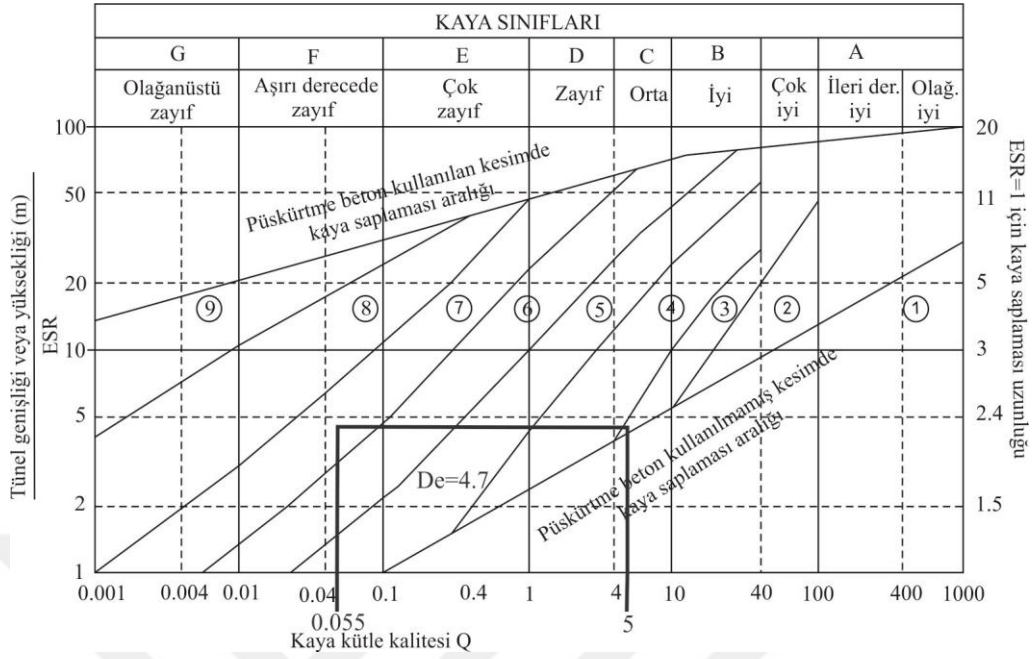
L: Bulon boyu (m)

B: Tünelin taban açıklığı (m)

H: Tünelin yüksekliği (m)

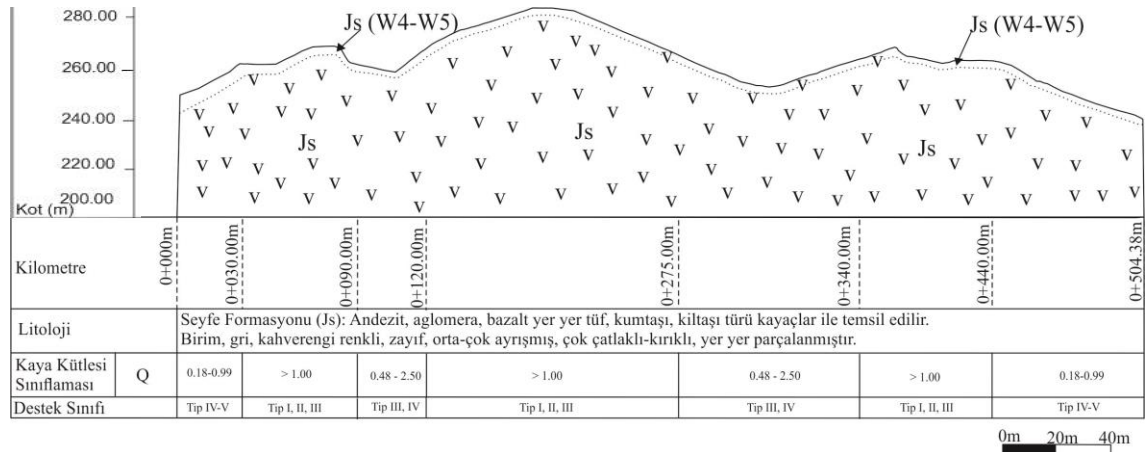
bağıntılarına göre 2.00 m olarak bulunur. Kamalanmış bloklar için kaya bulonu boyları kazı sırasında belirlenecektir.

Şekil 3.16’daki destekleme sınıflarına göre tünelde sistematik bulonlama yapılmalı ve kalınlığı 5 cm ile 13 cm arasında değişen püskürtme betonu uygulanmalıdır. Kayacın parçalanmışlık derecesine göre püskürtme betonu çelik hasırla desteklenmelidir. Tünel kazısında TSK-2 nolu sondajdaki gibi zayıf-çok zayıf, ayrılmış aglomera seviyeleri ile karşılaşılması durumunda, aralıkları yerinde belirlenecek çelik iksa kullanılmalıdır. Ayrıca tünel giriş ve çıkış ağzlarında gerekli emniyeti sağlamak ve örtü yükünün 20 m’den düşük olduğu kısımlarda kemerlenmeyi sağlamak amacıyla 1.50 m aralıkla çelik iksa uygulanmalıdır.



Şekil 3.16. Derivasyon tüneline ilişkin yeniden düzenlenmiş tünel destek sistemi abağı (Grimstad ve Barton 1993)

Derivasyon tüneli güzergah boyu mostra yüzeylerine göre jeolojik değerlendirme sonu tünel güzergahındaki jeolojinin 7 bölgede değişebileceğinin tahmini yapılmıştır (Şekil 3.17). Bu bölgeler için Çizelge 3.9’da yer alan Q destek sınıfları ve burada kullanılacak malzeme özellikleri belirtilmiştir.



Şekil 3.17. Derivasyon tüneli kaya kütle sınıflaması ve Q destek sınıfı boy kesiti

Çizelge 3.9. Q destek sınıfları ve destek malzemesi özellikleri

Destek Sınıfı	Destek Malzemesi			
	Püskürtme Beton	Hasır Çelik	İksa	Kaya Bulonu
Tip I	5 + 5 cm	1 sıra Q 131/131	yok	Gerekirse Ø26/3.0 m L=4.00 m (şaşırtmalı)
Tip II	5 + 5 cm	1 sıra Q 131/131	yok	Ø26/3.0 m L=4.00 m (şaşırtmalı)
Tip III	5 + 5 + 5 cm	1 sıra Q 131/131	I 140	Ø26/1.5 m L=4.00 m (şaşırtmalı)
Tip IV	5 + 10 + 5 cm	2 sıra Q 131/131	I 200	Ø26/1.0 m L=6.00 m (şaşırtmalı)
Tip V	5 + 10 + 5 cm	2 sıra Q 131/131	I 200	Ø26/0.5 m L=6.00 m (şaşırtmalı)

3.6. Seyfe Formasyonuna Göre RMR Destek Sınıflarının Tanımlanması

Derivasyon tüneli güzergahında hakim olan Seyfe formasyonunda kaya niteliğini belirlemek için sondaj karotları, süreksizliklerin özelliklerinden yararlanılarak RMR Kaya Kütle Sınıflaması (Bieniawski 1989) yapılmıştır. Formasyonu oluşturan volkanikler Bieniawski sınıflamasına göre RMR puanı 47-50 ile orta kaya sınıfındadır (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10. Seyfe formasyonuna ilişkin RMR kaya sınıflaması (Bienawski 1989)

Sınıflama Parametreleri		Değerlendirme ve Derecelendirme
		Seyfe Formasyonu
Tek Eksenli Basınç Dayanımı		50 – 100 MPa
		7
Kayaç Kalite Göstergesi (RQD)		% 50 - 75
		13
Süreksizlik Aralığı		60 – 200 mm
		8
Süreksizliklerin Durumu	Devamlılık	1 – 3 m
		4
	Açıklık	1 – 5 mm
		1
	Pürüzlülük	Az Pürüzlü
		3
	Dolgu	< 5 mm
		3
	Bozunma	Az – Orta bozunmuş
		4
Yeraltı suyu		Nemli - Kuru
		12
Süreksizliklerin Yönelimi	Temel	Uygun
		-2
	Tünel	Uygun
		-2
	Şev	Uygun
		-2
Kaya Sınıfı	Temel	53
	Tünel	53
	Şev	50
Düzeltilmiş Kaya Sınıfı	Denetimli patlatma, katsayı=0.955	
	Temel	50 Orta Kaya
	Tünel	50 Orta Kaya
	Şev	47 Orta Kaya
Ortalama Desteksiz Kalabilme Süresi		7.50 m açıklık için yaklaşık 1 hafta
Kaya Kütleinin Kohezyonu (kPa)		200 – 300
Kaya Kütleinin İçsel Sürtünme Açısı		25 - 35

3.7. Seyfe Formasyonuna Göre Kazı Yönteminin Belirlenmesi

Yeraltı kazısı, sert kayalarda ön çatlatma yöntemi kullanılarak delme ve patlatma veya yumuşak patlatma teknikleriyle ilerleme sağlanırken yumuşak ve orta sertlikteki (kum, silt gibi.) zeminlerde makine gücü ile açılmaktadır (Şekil 3.18).

Yer altı kazılarında uzun yıllardır kullanılan delme – patlatma yönteminde ilk aşama kayada delik açmadır (Şekil 3.19). Bu aşamada Jumbo adı verilen delici makine kullanılır. Açılan delikler önceden belirlenmiş türdeki ve miktardaki patlayıcı ile

doldurulur. Uzaktan ateşleme mekanizmasıyla patlatma gerçekleştirilir (Şekil 3.20). Duman ve tozun dağılmasının ardından yükleyici makine ile içeri girilerek malzeme boşaltılır. Aynaya kadar püskürtme beton atılır.

Delme ve patlatma yönteminden daha az yıkıcı ve bozucu olan makine ile kazı veya patlatmada az iksa kullanılmakta ve delme ve patlatma yöntemine göre daha stabil tünel koşulları sağlayan bir yöntemdir. Tepekışla Barajı ve HES, derivasyon tüneline açılmasında hem makine ile kazı hem de delme-patlatma yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 3.18. Derivasyon tüneli mekanik kazı çalışması



Şekil 3.19. Derivasyon tüneli patlatma için delgi çalışması



Şekil 3.20. Derivasyon tüneli patlatma sonrası malzeme görünümü

4. BULGULAR

4.1. Ampirik Yöntemlerle Önerilen Destek Sistemlerinin Performans Analizleri

4.1.1. Seyfe formasyonu tasarım parametreleri

Derivasyon tüneli güzergahı boyunca tespit edilen kaya kütlelerinin teknik ve ekonomik bir biçimde açılabilmesi için gerekli kazı ve destek sistemleri ampirik olarak geliştirilmiş kaya sınıflandırma sistemleri yardımıyla belirlenmiştir.

Derivasyon tüneli güzergahında 7 bölge için tanımlanan kaya kütleleri sınıflama sistemleri değerlerine ait özet Çizelge 4.1’de verilmiştir. Tepekışla Barajı mühendislik jeolojisi çalışmaları (sondaj çalışmaları, laboratuvar deneyleri, gözlem) sonuçlarına bakıldığında derivasyon tüneli güzergahı boyunca seyfe formasyonu içerisinde karşılaşılabilecek beklenen kaya kütlelerinin tanımı ve özellikleri Çizelge 4.2’ de, tünel güzergahındaki formasyonlar için arazi ve laboratuvar verilerine göre belirlenmiş, sayısal analizlerde derivasyon tüneli boyunca ayrılan 7 bölge için kullanılacak parametreler de Çizelge 4.3’de verilmiştir. Söz konusu tasarım parametrelerinin belirlenmesi için kaya sınıflandırma sistemlerinin tünelcilikte kullanılmasında geçmişten bu zamana kadar kabul edilen tablo ve grafiklerden faydalanılmıştır.

Çizelge 4.1. Derivasyon tüneli güzergahında tanımlanan kaya kütleleri sınıflama sistemleri değerlerine ait özet

Bölge	I.Bölge	II.Bölge	III.Bölge	IV.Bölge	V.Bölge	VI.Bölge	VII.Bölge
Km Arahğı 0 + ...	000.00- 030.00	030.00- 090.00	090.00- 120.00	120.00- 275.00	275.00- 340.00	340.00- 440.00	440.00- 504.38
Q Değeri	0.18- 0.99	> 1.00	0.48-2.50	> 1.00	0.48- 2.50	> 1.00	0.18-0.99
RMR Değeri	28.57- 43.90	> 44	37.39- 52.24	> 44	37.39- 52.24	> 44	28.57- 43.90
GSI Değeri	37	37	41	46	31	41	37

Çizelge 4.2. Derivasyon tüneli kaya kütlesi parametreleri (Tepekışla barajı ve HES derivasyon tüneli statik betonarme hesap raporu (2013)’den düzenlenmiştir.)

Tanım	Kaya Sınıfı	E _i GPa	v	σ _{ci} MPa	GSI	m _i	γ kN/m ³	D _f	E _m MPa
Çok iyi kaya	I	35	0.20	80	52	24	27	0.40	6840
İyi kaya	II	27	0.20	60	46	24	26	0.30	4430
Orta kaya	III	21	0.25	48	41	20	26	0.30	2770
Zayıf kaya	IV	14	0.30	32	37	17	25	0.20	1480
Çok zayıf kaya	V	8	0.35	15	31	15	24	0.10	625

Kaya kütlesinin özellikleri Hoek-Brown malzeme modeline göre verilmiş olup, bu modele ait parametreler aşağıda tanımlanmıştır.

- σ_{ci} : Sağlam kayanın tek eksenli basınç (serbest sıkışma) dayanımı
 GSI : Jeolojik dayanım indeksi
 m_i : Sağlam kaya sabiti
 D_f : Örselenme faktörü
 E_i : Sağlam kaya elastisite modülü
 v : Poisson oranı

Çizelge 4.3. Derivasyon tünel güzergahındaki formasyonlar için arazi ve laboratuvar verilerine göre belirlenmiş, sayısal analizlerde kullanılacak parametreler

Bölge	I.Bölge	II.Bölge	III.Bölge	IV.Bölge	V.Bölge	VI.Bölge	VII.Bölge
Km Aralığı 0 + ...	00.00 – 30.00	30.00 – 90.00	90.00 – 120.00	120.00-275.00	275.00 – 340.00	340.00 – 440.00	440.00 – 500.00
Kaya Birim Hacim Ağırlığı, γ (kN/m ³)	25	25	26	26	24	26	25
Tek Eksenli Basınç Dayanımı, σ_{ci} (MPa)	32	32	48	60	15	48	32
GSI Değeri	37	37	41	46	31	41	37
mi Değeri	17	17	20	24	15	20	17
Elastisite Modülü, E (MPa)	14000	14000	21000	27000	8000	21000	14000
Poisson Oranı, ν	0.30	0.30	0.25	0.20	0.35	0.25	0.30
Örtü Zemin Kalınlığı, Z, (m)	23	28	35	61	25	33	13
Örtü Yüğü, σ_z , (MPa)	0.575	0.70	0.91	1.586	0.6	0.858	0.325
En Büyük Asal Gerilme σ_1 (MPa)	10	10	10	10	10	10	10
En Küçük Asal Gerilme σ_3 (MPa)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Açı (°)	90	90	90	90	90	90	90

4.1.2. Seyfe formasyonu derivasyon tüneli güzergahı sonlu elemanlar analizi

Moaveni (1999) kesin çözümleri elde edemediğimiz birçok mühendislik problemi var olduğunu ve kesin çözüm bulamamadaki bu yetersizliğin, yönetim diferansiyel denklemlerinin karmaşık doğasına ya da sınır ve başlangıç koşullarıyla uğraşmaktan kaynaklanan zorluklara bağlamaktadır. Bu ve bunun gibi sorunlarda sayısal yaklaşımlara başvurulmaktadır. Bir sistemin tam davranışını gösteren analitik çözümlerin aksine, sayısal çözümler sistemin herhangi bir noktasında sadece düğümler olara adlandırılan ayı noktalarındaki tam çözümlere yaklaşır. Sayısal işlemlerin ilk adımı ayrıklaştırmadır. Bu işlem, ilgili ortamı birkaç küçük alt bölge (elemanlar) ve düğümlere böler. İki genel sayısal yöntem sınıfı vardır; sonlu farklar yöntemi ve sonlu elemanlar yöntemi.

Moaveni (1999)'ye göre sonlu elemanlar yöntemi, bir cebirsel denklem sistemi oluşturmak için integral fonksiyonlarını kullanır. Dahası sürekli bir fonksiyonun her elemanın yaklaşık çözümünü temsil ettiği varsayılmaktadır. Komple çözüm daha sonra bireysel çözümleri birleştirerek veya bağlayarak interelementel sınırlarda süreklilik sağlamak için üretilir.

Sonlu elemanlar yönteminin, mühendislikteki çeşitli problemlere çözümler üretmek için uygulanabilen sayısal bir prosedür olduğunu söyleyen Moaveni (1999); gerilim analizi, ısı transferi, akışkan akış ve elektromanyetizma problemlerinde kararlı, geçici, doğrusal veya doğrusal olmayan problemler sonlu elemanlar yöntemleri ile analiz edilebilmektedir.

Moaveni (1999) modern sonlu elemanlar yönteminin kökeni 1900'lü yılların başlarına kadar uzanmakta olduğunu yazmıştır. Bazı araştırmacılar, eşdeğerli elastik çubuklar kullanılarak elastik sürekliliği yaklaştırıp modellemişlerdir. 1940'ların başında yayınlanan bir makalede, Courant burulma problemlerini araştırmak için üçgen şeklinde oluşturulan elemanlar üzerinde polinom enterpolasyon kullanmıştır.

Sonlu elemanlar yöntemlerinin kullanılmasında bir sonraki önemli adım Boeing tarafından 1950'lerde Boeing'in izlediği uçağın kanatlarını modellemek için üçgen şekilli gerilme elemanlarını kullandı. Ancak 1960'a kadar Clough sonlu eleman terimini popüler hale getirdi. 1960'lı yıllarda araştırmacılar sonlu elemanlar metodunu ısı transferi ve akışkan akış problemleri gibi diğer mühendislik alanlarında uygulamaya başladılar. Sonlu elemanlar analizinde temel adımlar şunlardan oluşur;

Ön işleme aşaması;

1. Çözüm alanını sonlu elemanlar haline getirin ve ayrıştırın; yani problemi düğümlere ve elemanlara ayırın.
2. Bir elemanın fiziksel davranışını temsil edecek bir şekil fonksiyonu varsayalım; yani sürekli bir fonksiyonun bir elemanın yaklaşık davranışını (çözümü) temsil ettiği varsayılmaktadır.
3. Bir eleman için denklemler geliştirin.
4. Bütün sorunu sunmak için elemanları bir araya getirin.
5. Sınır koşullarını ve başlangıç koşullarını uygulayın ve yükleyin.

Çözüm aşaması;

6. Farklı düğümlerde yer değiştirme değerleri gibi düğümsel sonuçlar elde etmek için aynı anda bir dizi doğrusal veya doğrusal olmayan cebirsel denklem çözün.

İşlem aşaması;

7. Diğer önemli bilgileri edinin.

Genel olarak sonlu elemanlar problemlerini formüle etmek için çeşitli yaklaşımlar vardır; doğrudan formülasyon, minimum toplam potansiyel enerji formülasyonu (tünelcilikte kullanılır) ve ağırlıklı artık formülasyonlardır (Moaveni 1999). Yine herhangi bir sonlu elemanlar analizinde yer alan temel adımların sonlu elemanlar modelini nasıl ürettiğimizi dikkate alınmaksızın, yukarıda listelenenlerle aynı olacaktır.

Jeoteknik mühendisliğinde geleneksel yöntemlerle çözilemeyen karmaşık problemlerin çözümünde sonlu elemanlar yönteminin kullanımı hızla gelişme göstermiştir. Bu karmaşık problemlerin çözümünün yanı sıra sonlu elemanlar yöntemi; yapının son boyutlarına karar verilmesinde, ölçüm tekniklerinden elde edilmiş gözlemsel davranışların değerlendirilmesinde, değişik yükleme ve geometri şartlarının uygulanmasında ve diğer yöntemler ile yapılmış tasarımın güçlendirilmesinde etkili bir şekilde kullanılabilir.

Derivasyon tüneli güzergahı boyunca geçtiği seyfe formasyonuna göre Çizelge 4.3'deki veriler ve kabullere göre;

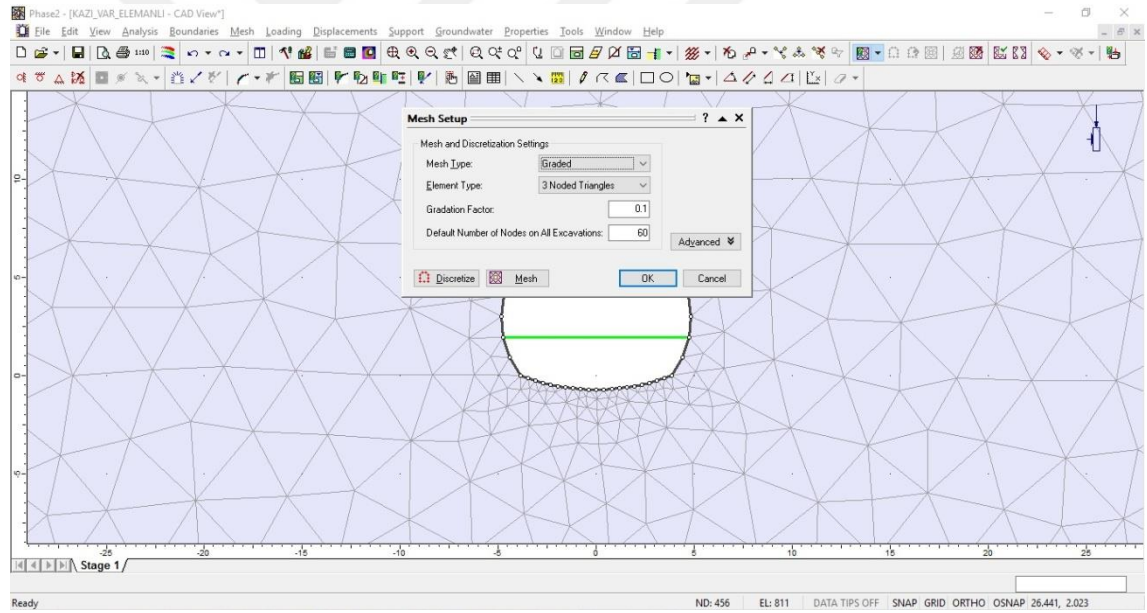
1. Tasarım parametrelerinin en düşük ve en yüksek değerlerde olması,
2. Tasarım parametresinin en düşük değerine karşılık tahkimat aralığının üst değer alınması,
3. Tasarım parametresinin en yüksek değerine karşılık tahkimat aralığının alt değer alınması,

4. Örtü yükü değerinin en düşük ve en yüksek olduğu, boy kesitte belirtilen bölgelerde,

sonlu elemanlar analizi yapılmıştır.

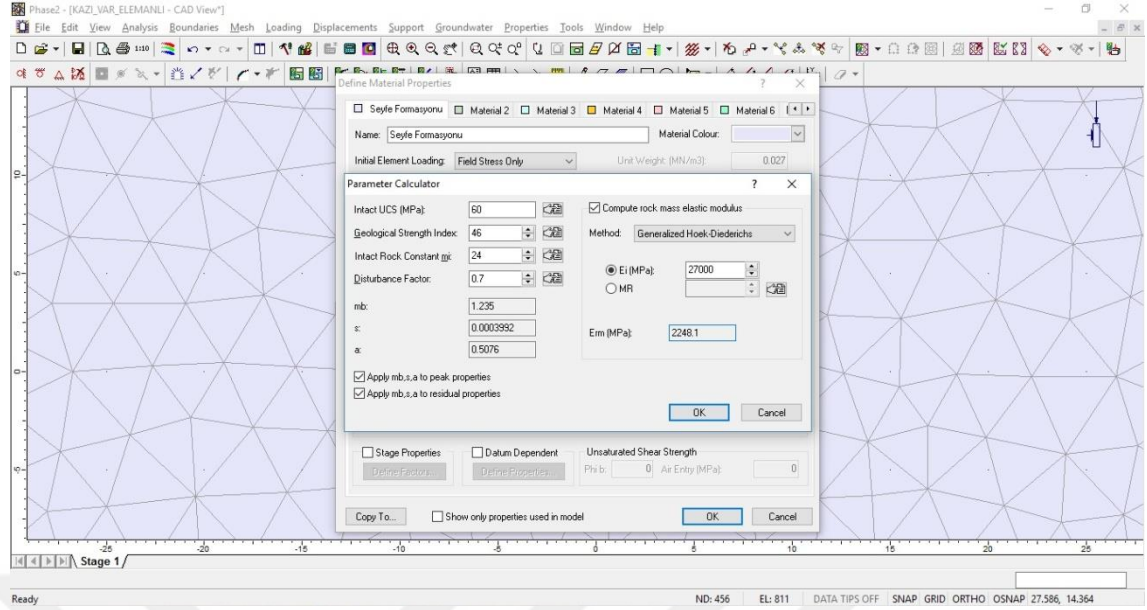
4.1.2.1. Derivasyon tüneli için sayısal modellemenin tanımlanması

Derivasyon tünelinin sayısal modellemesinin oluşturulabilmesi için ilk olarak sıfır deformasyon ve sabit (x,y) sınır koşulları, tünel çapının 5 katı mesafesinde dış sınır, üç düğümlü üçgenlerden oluşan (456 adet sonlu eleman ve 811 adet düğüm) jeolojik bir ortam belirlenir. Derivasyon tüneli tip kesiti Phase² v7.0 programı ile oluşturulur. Derivasyon tüneli için belirlenmiş imalatlara ait birimler programın analiz sekmesindeki proje ayarlarından kontrol edilir. Sınırlar (boundaries) sekmesinden tünele ait koordinatlar girilerek tünelin tip kesiti oluşturulur. Oluşturulan tip kesitte düğüm noktalarını belirlemek için kafes türü, eleman türü, derece faktörü gibi parametreler Şekil 4.1'deki gibi belirlenir.



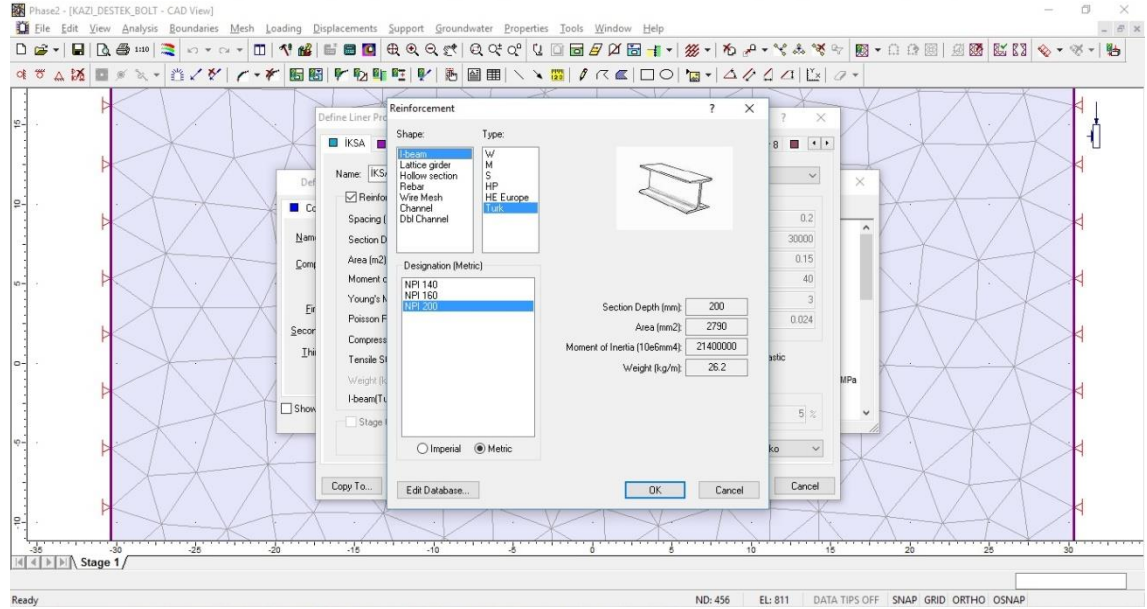
Şekil 4.1. Derivasyon tüneli modelinin oluşturulması

Modelin oluşturulmasından sonra tünelin bulunduğu bölgedeki kaya kütlelerinin özellikleri tanımlanması gerekir. Derivasyon tünelinin bulunduğu bölgede yer alan kaya kütle özellikleri Bölüm 4.1.1'de belirtilen bilgiler ve değerler programdaki malzeme (materyal) özelliklerinin tanımlandığı kısma yazılır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Programa kaya kütle özelliklerinin tanımlanması

Derivasyon tüneli güzergahında kullanılacak olan destekleme elemanlarına ait iksa tipi, iksa özelliği, iksa aralığı vb., çelik hasır tipi, çelik hasır özelliği, çelik hasır serme mesafesi vb., shotcrete (püskürtme beton) kalınlığı, püskürtme beton özellikler, vb., bulon tipi, bulon çapı, bulon uzunluğu vb. özellikler Şekil 4.3'deki sekmeden belirlenir.



Şekil 4.3. Derivasyon tüneli destekleme elemanlarının özelliklerinin tanımlanması

Derivasyon tünelinin maruz kalacağı gerilme ve sismik yükler belirlenmelidir. Derivasyon tüneli yakın çevresinde bulunan diri faylar nedeniyle maruz kalacağı yatay gerilmelerin düşey gerilmelerden daha büyük olduğu tanımlanmıştır. Bu durumda en büyük asal gerilme σ_1 yatay, en düşük yatay gerilme σ_3 düşey alınmıştır. Hoek ve Brown (1980), yerinde ölçülen düşey gerilmeler için, derinlikteki ortalama eğilim, $\sigma_v = 0.027z$ MPa olarak ifade edilebilir; burada z , metre yüzeyinin altındaki derinliktir. Kaya kütlelerinin birim ağırlığı tipik olarak yaklaşık 0.027 MN/m^3 olduğu için düşey gerilmeler aşağıdaki ilişki ile kolayca tahmin edilebilir;

$$\sigma_v = \sigma_z = \gamma z \quad (4.1)$$

burada γ üstteki kaya kütlelerinin birim ağırlığı ve z yüzeyin altındaki derinliktir. Denklem 4.2 ölçülen tüm verilerden ortalama gerilimin iyi bir tahminini sağlamaktadır. Bazı durumlarda, ölçülen düşey gerilme eşitlikten beklenenden çarpıcı bir şekilde farklı olabilir. Bu da tünel eksenine yönündeki sismik yüklerin varlığından kaynaklı olabilir. Bilindiği üzere Kuzey Anadolu Fay Zonu baraj ekseninin 0.8-3 km kuzey doğusunda yer almaktadır. Bu faya bağlı olarak yaklaşık 2-3 km genişlikteki zon içerisinde pek çok diri fay bulunmaktadır. Genel saha gözlem ve incelemelerinde aşırı derecede bozuşmuş killi zayıflık zonları belirlenmiştir (Şekil 4.4). Bu zayıflık zonları nedeniyle tünel içerisinde aşırı sökümler meydana gelmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.4. Açık sahada gözlenen killeşmiş zayıflık zonları



Şekil 4.5. Derivasyon tüneli güzergahında gözlenen zayıflık düzlemlerine ilişkin aşırı sökülmeler

Kayadaki yatay gerilmeler, düşey gerilme değerine göre daha zor tahmin edilir. Çoğu durumda, bir kaya kütleindeki aynı yerde farklı yönlerde yatay gerilmeler olabilir. maksimum yatay gerilme σ_{hmax} ve minimum yatay gerilme σ_{hmin} , aşağıdaki gibi düşey gerilme σ_v ile ilişkilendirilebilir (Anderson 1951).

normal fay alanında $\sigma_v > \sigma_{hmax} > \sigma_{hmin}$;

itme fayı alanında $\sigma_{hmax} > \sigma_{hmin} > \sigma_v$;

doğrultu atımlı fay alanındaki $\sigma_{hmax} > \sigma_v > \sigma_{hmin}$

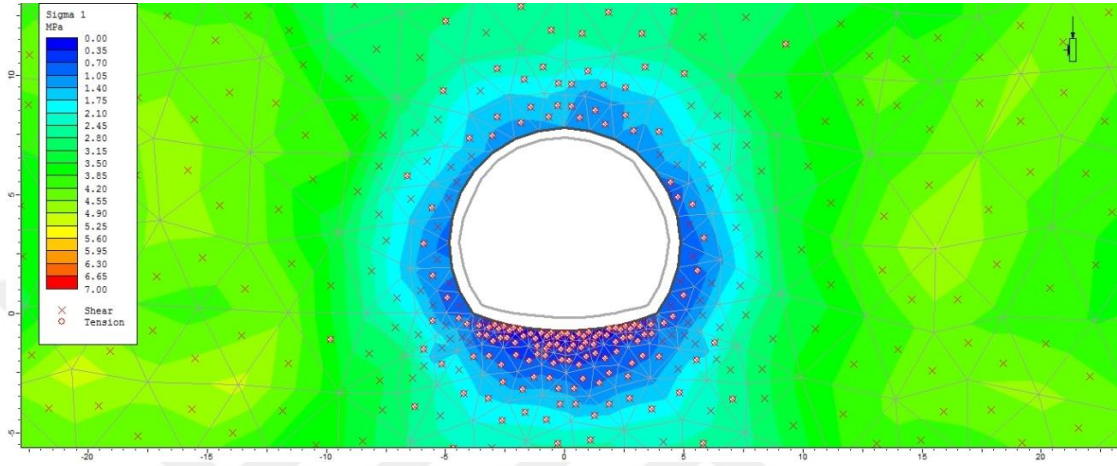
Normalde, ortalama yatay gerilme, k katsayısı ile düşey gerilmeye bağlıdır. Terzaghi ve Richard (1952), üst katmanların oluşumu sırasında herhangi bir yanal gerilmeye izin verilmeyen yerçekimi yüklü bir kaya kütlesi için, k'nin değeri derinlikten bağımsızdır ve;

$$k = \nu / 1 - \nu \quad (4.2)$$

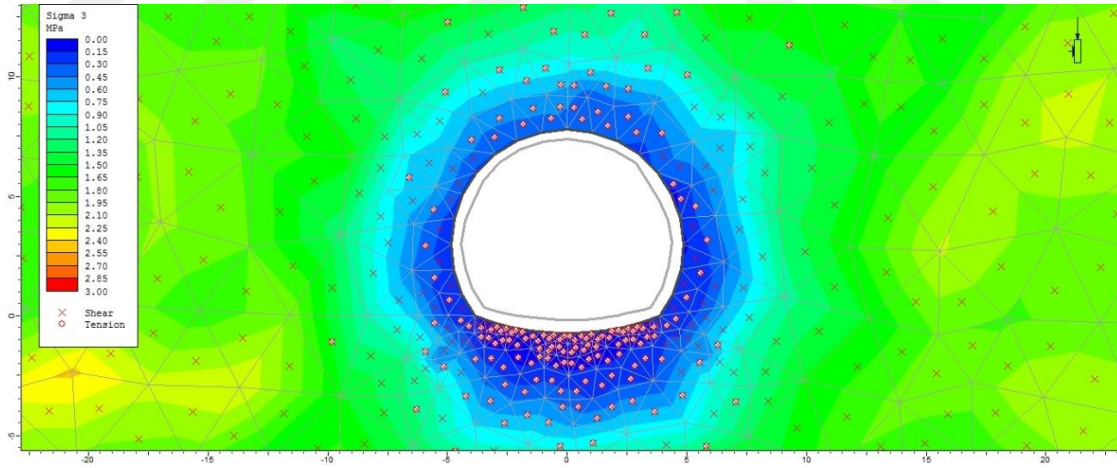
bağıntısı ile ifade edilir. Burada ν , kaya kütleinin Poisson oranını belirtir. Bağıntı 4.1 ve 4.2'den faydalanarak ve literatür araştırmalarındaki kabullere göre tanımlanan gerilme değerleri programa tanımlanır.

4.1.2.2. Tasarım parametrelerinin en düşük ve en yüksek değerlerde olması durumu

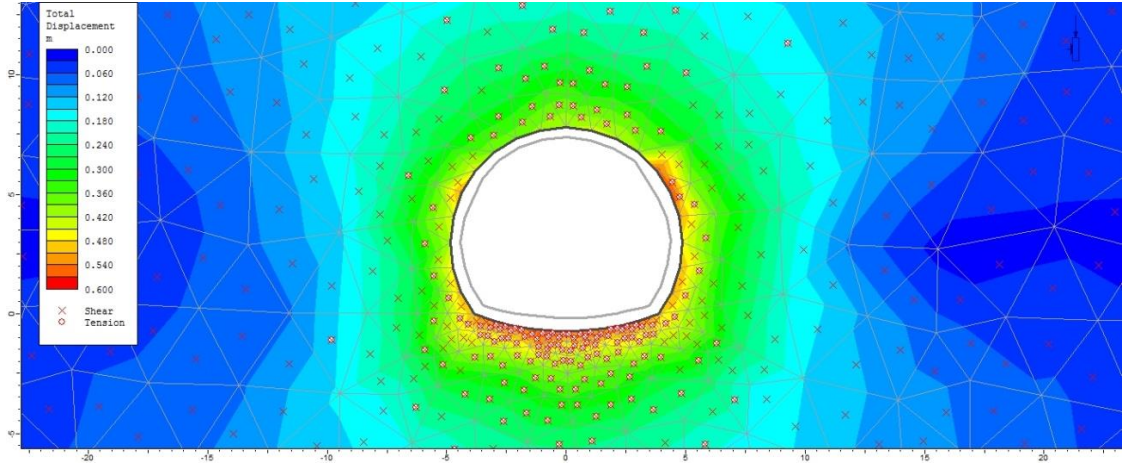
Tasarım parametrelerinin, Çizelge 4.3'deki değerlere bakıldığında en düşük olduğu Şekil 3.16'daki boy kesitte belirtilen V.Bölge'dir. Bu bölgede sayısal analiz sonucunda toplam yer değiştirme miktarı 0.580537 m olarak bulunmuştur. Destek sistemi önerilmiştir.



Şekil 4.6. Tasarım parametreleri en düşük değer olduğu V.Bölge'de en büyük asal gerilme

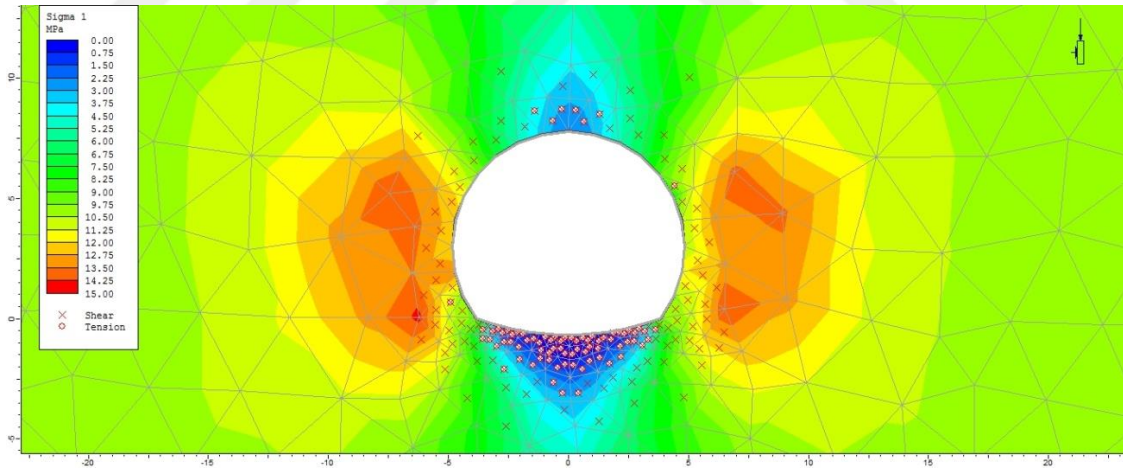


Şekil 4.7. Tasarım parametreleri en düşük değer olduğu V.Bölge'de en küçük asal gerilme

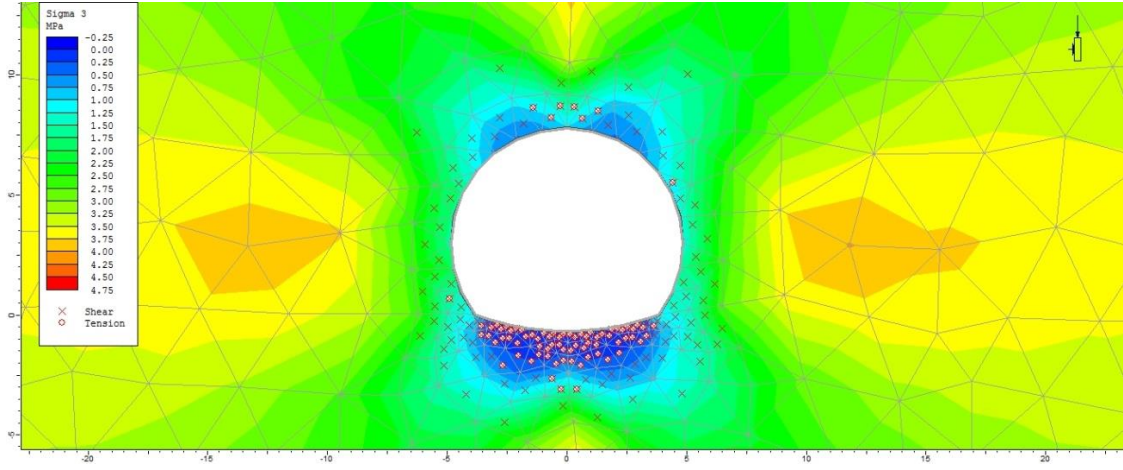


Şekil 4.8. Tasarım parametreleri en düşük değer olduğu V.Bölge’de toplam yer değiştirme

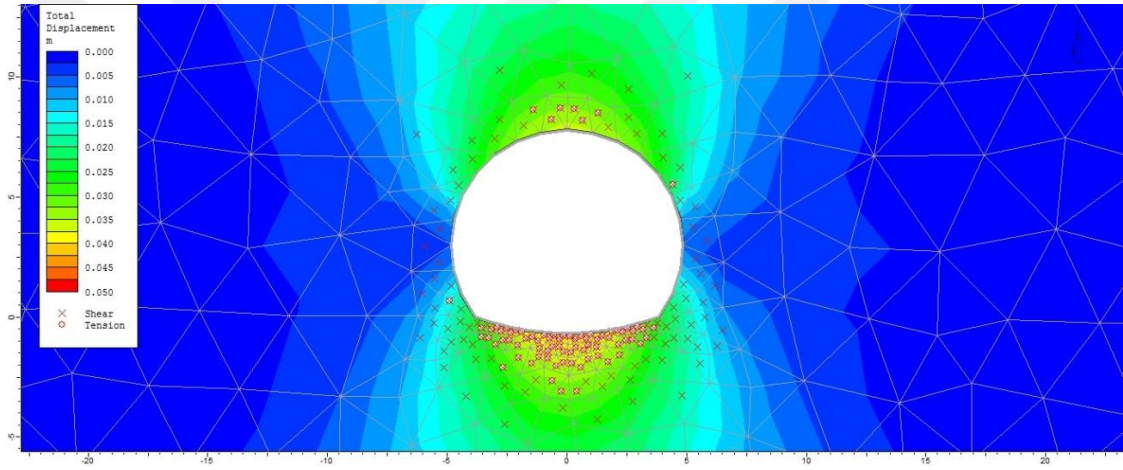
Tasarım parametrelerinin, Çizelge 4.3’deki değerlere bakıldığında en yüksek olduğu Şekil 3.16’daki boy kesitte belirtilen IV.Bölge’dir. Bu bölgede sayısal analiz sonucunda toplam yer değiştirme miktarı 0.0403034 m olarak bulunmuştur. Desteklemenin gerekmediği bir bölge olan IV. Bölge için sadece emniyet shotcrete (püskürtme beton) atılması önerilmiştir.



Şekil 4.9. Tasarım parametreleri en yüksek değer olduğu IV.Bölge’de en büyük asal gerilme



Şekil 4.10. Tasarım parametreleri en yüksek değer olduğu IV.Bölge’de en küçük asal gerilme



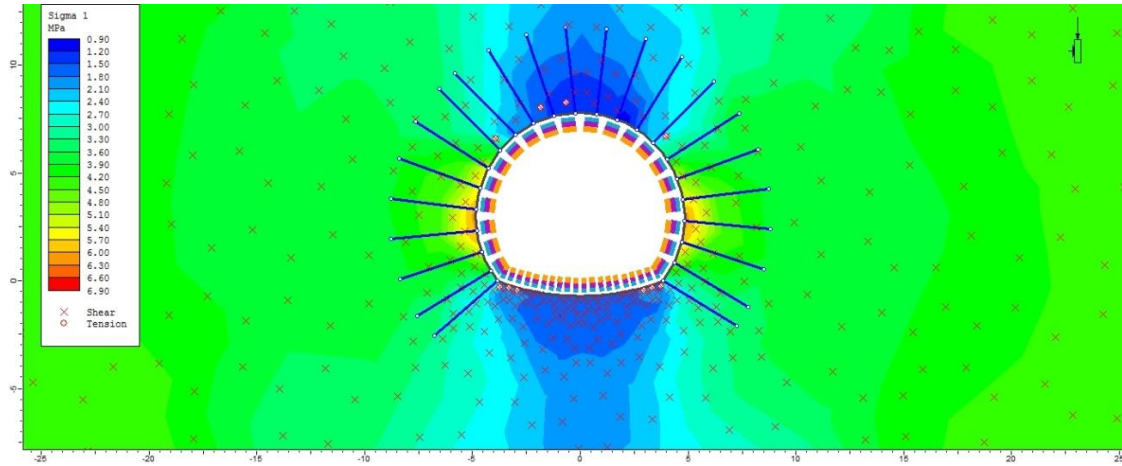
Şekil 4.11. Tasarım parametreleri en yüksek değer olduğu IV.Bölge’de toplam yer değiştirme

4.1.2.3. Tasarım parametresinin en düşük değerine karşılık destek aralığının üst değer alınması durumu

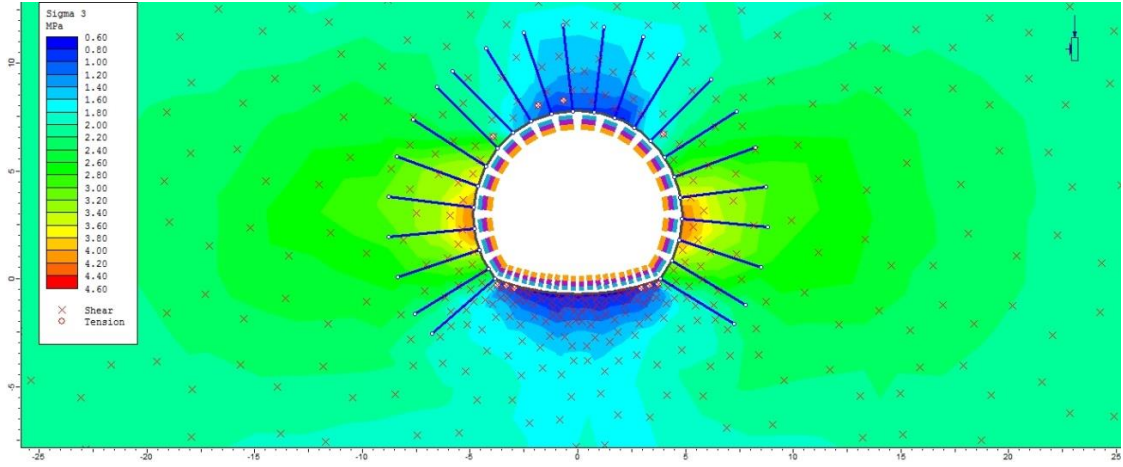
Tasarım parametrelerinin, Çizelge 4.3'deki değerlere bakıldığında en düşük değerde olduğu Şekil 3.16'daki boy kesitte belirtilen V.Bölge'ye karşılık destek aralığının üst değer alınması durumunda yapılan analizler de kullanılan tahkimat sistemi değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir. Bu tahkimat sistemlerinin uygulanması ile V. Bölge'de toplama yer değiştirme miktarı 0.580537 m'den 0.103853 m'ye düşürülmüştür. Yani tünel kabul edilebilir 10 cm değerinde-limit değerde çıkmıştır. Kazı aşamasında dikkat edilmesi gereken bir bölgedir.

Çizelge 4.4. Sayısal analizlerde kullanılan tahkimat sistemi üst değerleri

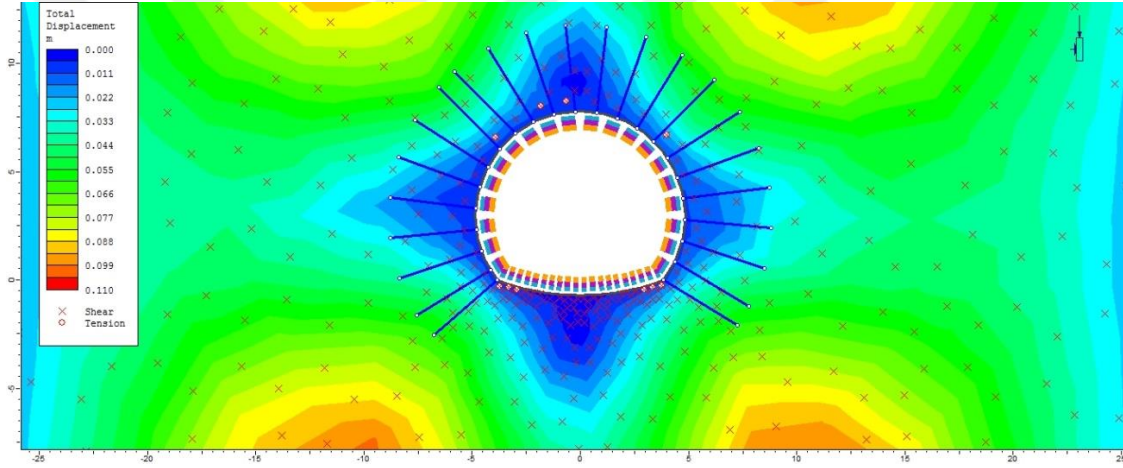
Kullanılan Tahkimat Malzemesi	Kullanılan Tahkimat Malzemesi Miktarı
Püskürtme Betonu (C20/25)	20 cm
Hasır Çelik (Q131/131)	2 sıra
Çelik İksa	NPI 200
Bulon (Ø26)	4 m
Raunt Boyu	0.5 m
Kesit Tipi	At Nalı



Şekil 4.12. Tasarım parametreleri en düşük değerine karşılık tahkimat aralığının üst değeri alındığı V.Bölgede'ki en büyük asal gerilme



Şekil 4.13. Tasarım parametreleri en düşük değerlerine karşılık tahkimat aralığının üst değer alındığı V.Bölgede’ki en küçük asal gerilme



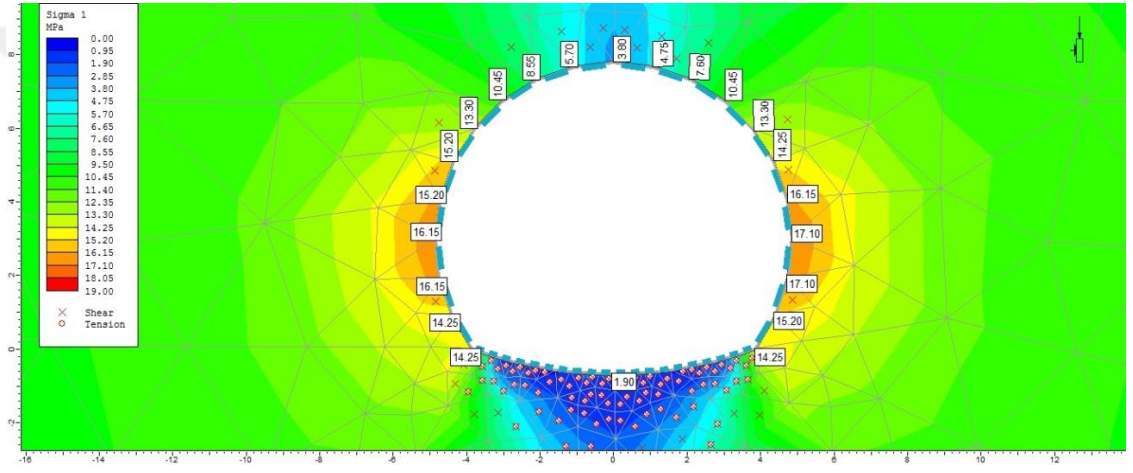
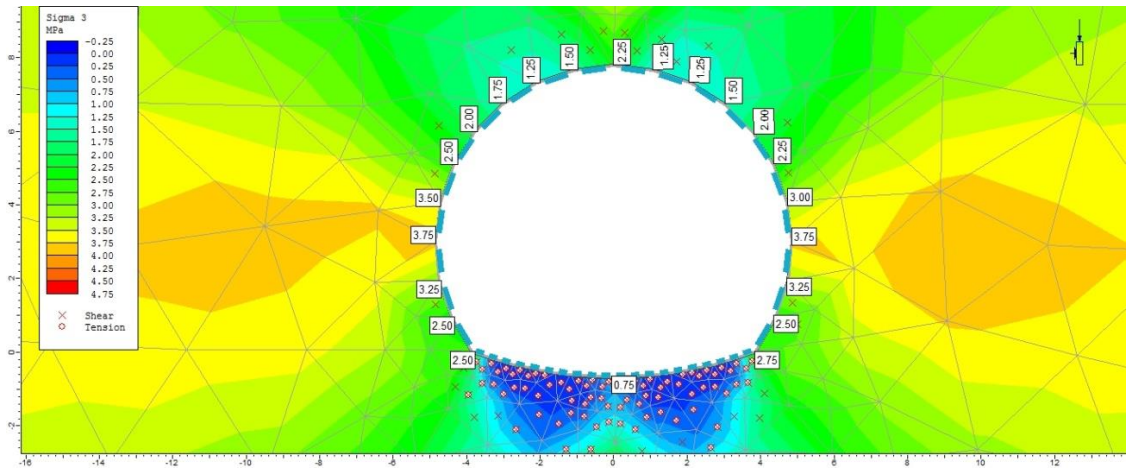
Şekil 4.14. Tasarım parametreleri en düşük değerlerine karşılık tahkimat aralığının üst değer alındığı V.Bölgede’ki toplam yer değiştirme

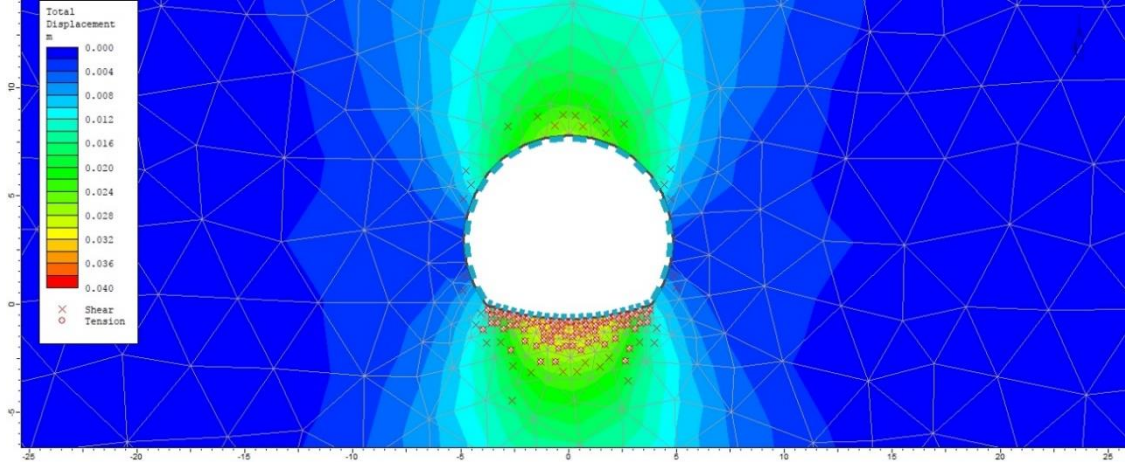
4.1.2.4. Tasarım parametresinin en yüksek değerine karşılık destek aralığının alt değer alınması durumu

Tasarım parametrelerinin, Çizelge 4.3’deki değerlere bakıldığında en yüksek olduğu Şekil 3.16’daki boy kesitte belirtilen IV.Bölge’ye karşılık destek aralığının alt değer alınması durumunda yapılan analizler de kullanılan tahkimat sistemi değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Tahkimatın gerekli olmadığı bu bölgede 10 cm emniyet püskürtme betonu atılarak toplam yer değiştirme miktarı 0.033191 m’ye düşürülmüştür.

Çizelge 4.5. Sayısal analizlerde kullanılan tahkimat sistemi alt değerleri

Kullanılan Tahkimat Malzemesi	Kullanılan Tahkimat Malzemesi Miktarı
Püskürtme Betonu (C20/25)	10 cm
Hasır Çelik (Q131/131)	-
Çelik İksa	İksasız
Bulon (Ø26)	-
Raunt Boyu	-
Kesit Tipi	At Nalı

**Şekil 4.15.** Tasarım parametreleri en yüksek değerlerine karşılık tahkimat aralığının alt değer alındığı IV.Bölgede'ki en büyük asal gerilme**Şekil 4.16.** Tasarım parametreleri en yüksek değerlerine karşılık tahkimat aralığının alt değer alındığı IV.Bölgede'ki en küçük asal gerilme

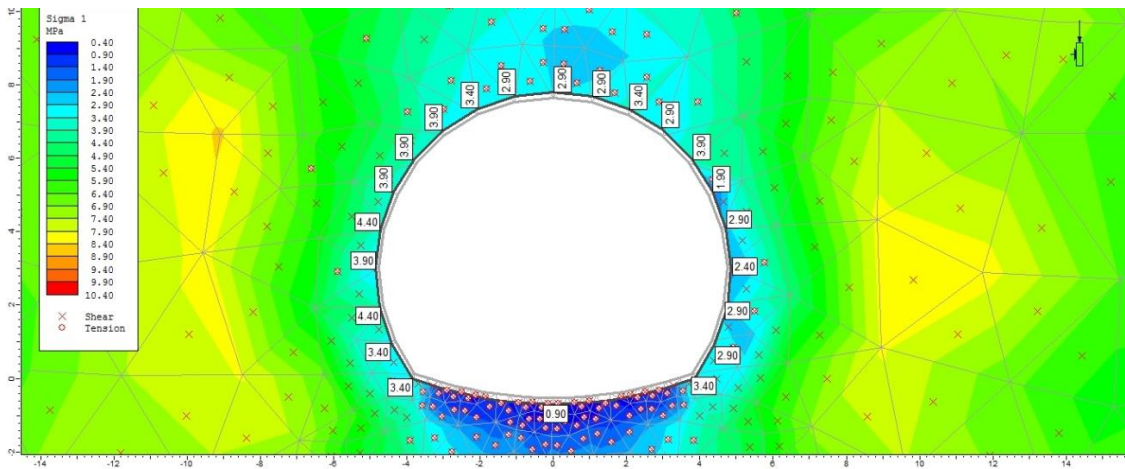


Şekil 4.17. Tasarım parametreleri en yüksek değerlerine karşılık tahkimat aralığının alt değer alındığı IV.Bölgede’ki toplam yer değiştirme

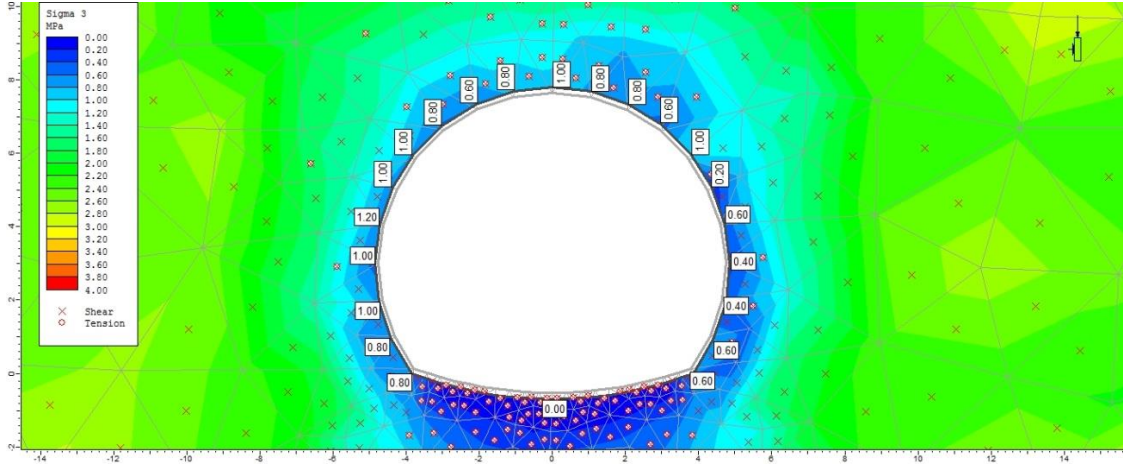
4.1.2.5. Örtü yükünün en düşük ve en yüksek değerlerde olması durumu

Örtü yükünün Çizelge 4.3’deki değerlere bakıldığında en düşük ve en yüksek değerlerde olduğu Şekil 3.16’daki boy kesitte belirtilen sırasıyla VII. ve IV.Bölge’ye karşılık yapılan analizlerdir.

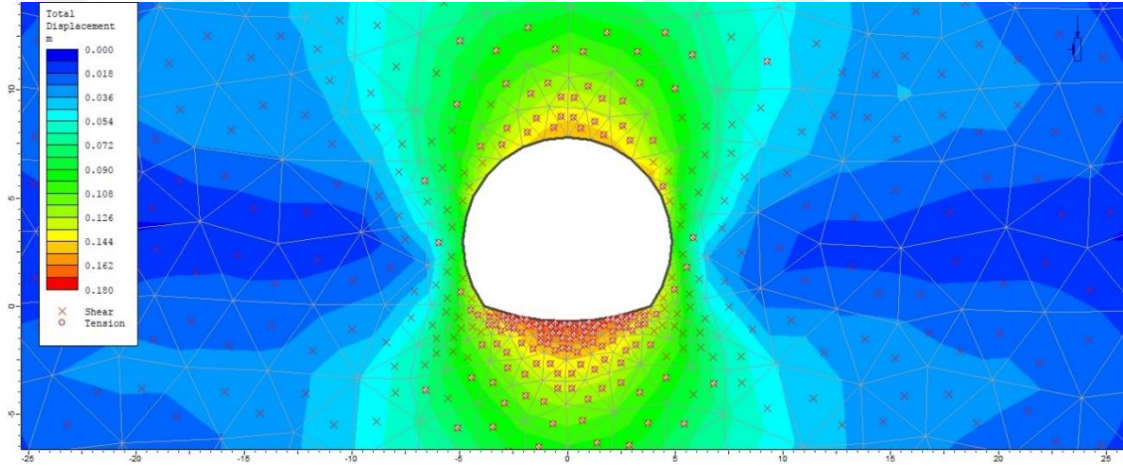
Örtü yükünün en düşük olduğu VII. Bölgede örtü derinliği 13 m, $\sigma_z=0.325$ MPa olduğu Çizelge 4.3’de görülmektedir. Bu veriler yardımıyla yapılan sayısal analiz sonucunda VII. Bölge için toplam yer değiştirme miktarı 0.173029 m olarak bulunmuştur. Bu durumda destek gerektiği düşüncesine varılmıştır. VII. Bölge’de destekleme çalışması uygulandıktan sonra toplam yer değiştirme miktarına bakıldığında 0.0711158 m’ye düştüğü tespit edilmiştir.



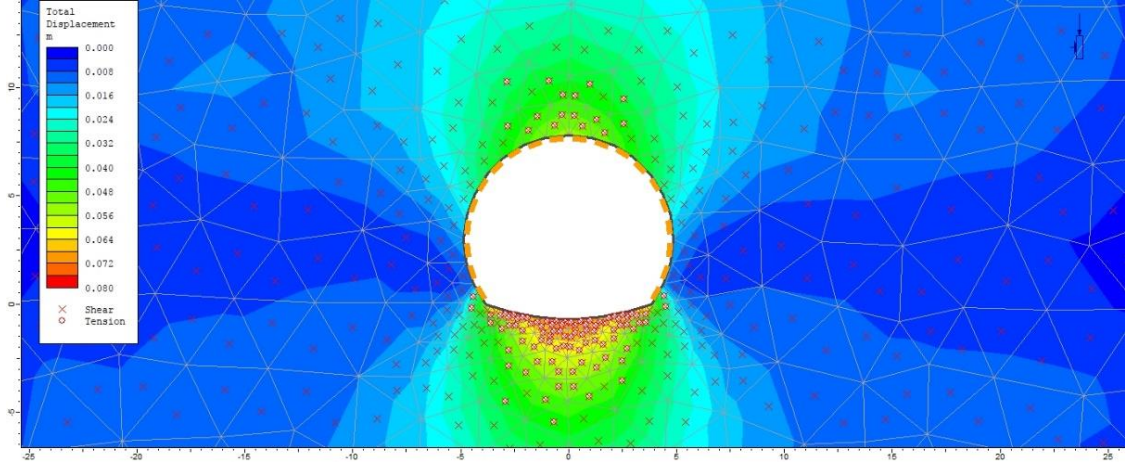
Şekil 4.18. Örtü yükünün en düşük değerde olduğu VII. Bölge destekleme öncesi en büyük asal gerilme



Şekil 4.19. Örtü yükünün en düşük değerde olduğu VII. Bölge destekleme öncesi en küçük asal gerilme

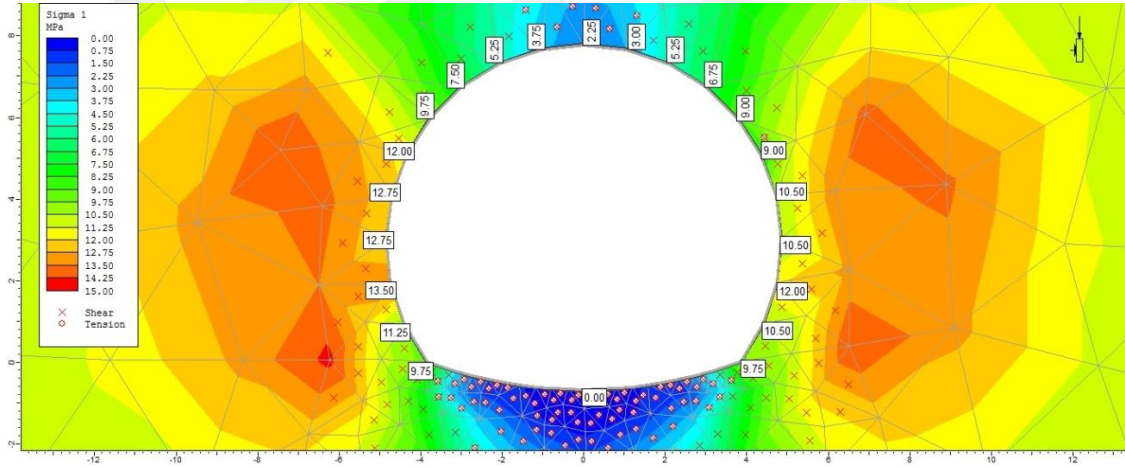


Şekil 4.20. Örtü yükünün en düşük değerde olduğu VII. Bölge destekleme öncesi toplam yer değiştirme

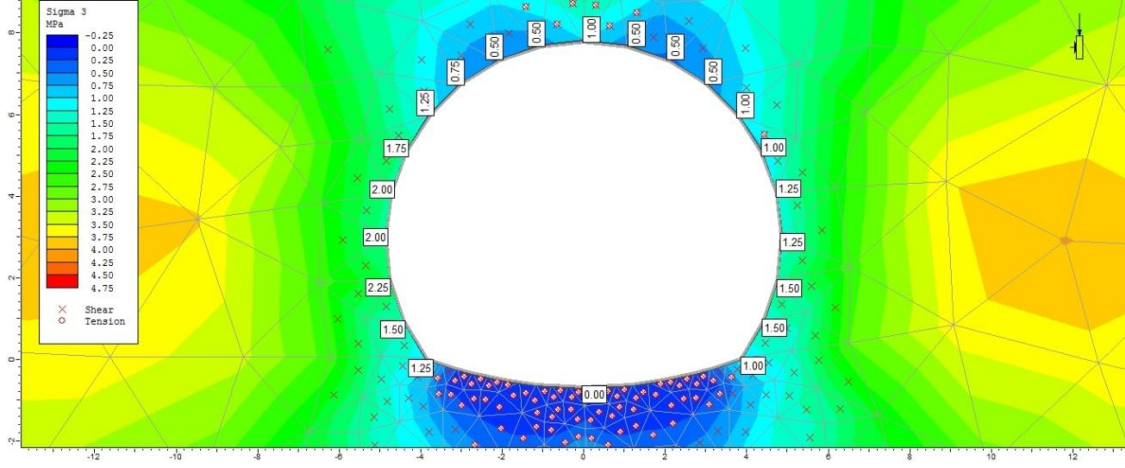


Şekil 4.21. Örtü yükünün en düşük değerde olduğu VII. Bölge destekleme sonrası toplam yer değiştirme

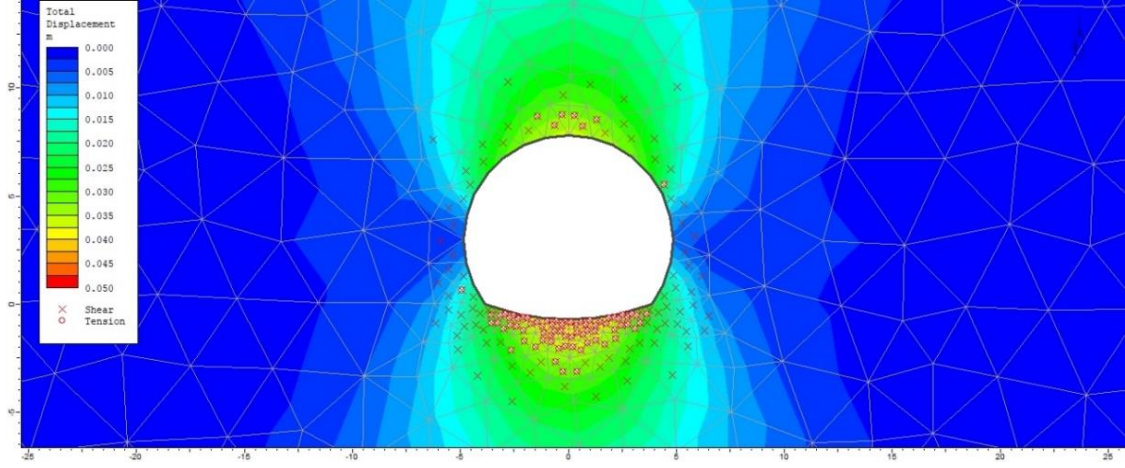
Örtü yükünün en yüksek olduğu IV. Bölgede örtü derinliği 61 m, $\sigma_z=01586$ MPa olduğu Çizelge 4.3’de görülmektedir. Bu veriler yardımıyla yapılan sayısal analiz sonucunda IV. Bölge için toplam yer değiştirme miktarı 0.403034 m olarak bulunmuştur. Bu durumda destek gerekmediği sonucuna varılmış olup sadece emniyet için 10 cm püskürtme betonu atılarak uygulamaya devam edilmiştir.



Şekil 4.22. Örtü yükünün en yüksek değerde olduğu IV. Bölge destekleme öncesi en büyük asal gerilme



Şekil 4.23. Örtü yükünün en yüksek değerde olduğu IV. Bölge destekleme öncesi en küçük asal gerilme



Şekil 4.24. Örtü yükünün en yüksek değerde olduğu IV. Bölge destekleme öncesi yer değiştirme

Çizelge 4.6. Kritik bölgeler için yapılan sayısal analiz sonuçları özeti

Koşullar	Sayısal Analiz Uygulanan Bölge	Tahkimatsız Toplam Yerdeğiştirme	Tahkimatlı Toplam Yerdeğiştirme
Tasarım parametrelerinin en düşük değerde olması	V. Bölge	0.580537 m	
Tasarım parametrelerinin en yüksek değerde olması	IV. Bölge	0.0403034 m	
Tasarım parametresinin en düşük değerine karşılık tahkimat aralığının üst değer alınması	V. Bölge		0.103853 m
Tasarım parametresinin en düşük değerine karşılık tahkimat aralığının alt değer alınması	IV. Bölge		0.033191 m
Örtü yükü değerinin en düşük değerde olması durumu	VII.Bölge	0.173029 m	0.0711158 m
Örtü yükü değerinin en yüksek değerde olması durumu	IV. Bölge	0.0403034 m	0.033191 m

5. SONUÇLAR

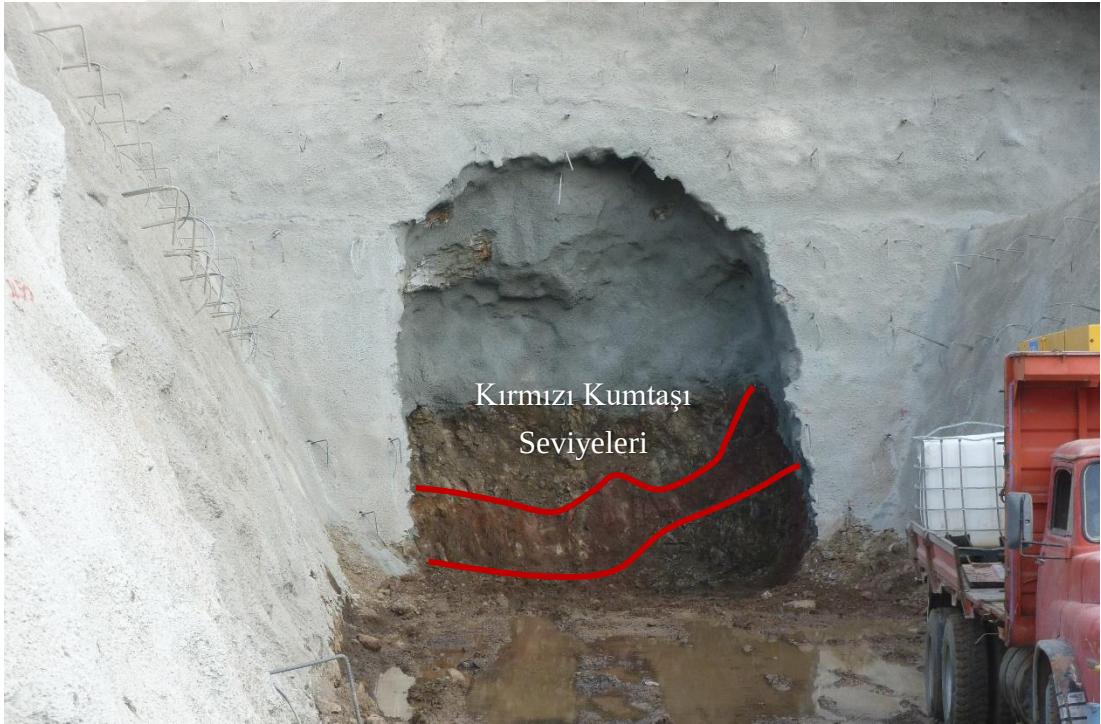
Bu çalışmada, Tokat İli Erbaa İlçe sınırları içerisinde yer alan Tepekışla Barajı ve HES inşaatında yer alan derivasyon tünelinin kaya kütlesi jeomekanik karakterizasyonu ve tahkimat sistemlerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları şu şekilde sıralanabilir;

1. Ayrıntılı mühendislik jeolojisi çalışmaları kapsamında alan araştırmaları, arazi ve laboratuvar verileri değerlendirilmiştir. Bu verilere dayanarak derivasyon tüneli güzergahı boyunca karşılaşılabilecek kaya kütlesi ve malzeme özellikleri tahmin edilmiştir. Derivasyon tüneli güzergahı boyunca tespit edilen kaya kütlelerinin teknik ve ekonomik bir biçimde açılabilmesi için gerekli kazı ve destek sistemleri ampirik olarak geliştirilmiş kaya sınıflandırma sistemleri Q, RMR, ve GSI yardımıyla belirlenmiştir. Bu verilere dayanarak derivasyon tüneli yedi bölgeye ayrılmıştır. Bu yedi bölgenin kritik noktaları için sayısal analiz yapılmıştır. Kritik noktalarda yapılan sayısal analiz sonuçlarına göre tahkimat öncesi deformasyon değerlerinin derivasyon tüneli inşaatı kapsamında kabul edilebilir 10 cm değerlerinde fazla olduğu görülmüştür. Bu kritik noktalarda tahkimat yapıldıktan sonraki deformasyon değerleri derivasyon tüneli inşaatı kapsamında kabul edilebilir 10 cm değeri sınırları içerisine düşürülmüştür. Kritik bölgelerden tasarım parametrelerinin en düşük değerlerde olduğu V. Bölge’de yapılan sayısal analiz sonucunda bu bölgede tahkimat uygulandıktan sonra toplam yer değiştirme miktarının kabul edilebilir sınır değeri olan 10 cm’e denk geldiği ve kazı sırasında dikkat edilmesi gerekliliği tespit edilmiştir.

2. Derivasyon tüneli kazısına ilk olarak çıkış ağzından başlanmıştır (Şekil 5.1). Çıkış ağzından 80 m’lik ilerlemeden sonra derivasyon tüneli giriş ağzından da kazı başlamıştır (Şekil 5.2). Gerekli emniyeti sağlamak amacıyla çıkış ağzından 1.30 m aralıkla 140’lık çelik iksa ile (Şekil 5.3), giriş ağzından da 1.00 m aralıkla tranzisyon iksaları ile kemerlenme sağlanmıştır (Şekil 5.4).



Şekil 5.1. Derivasyon tüneli çıkış ağzı kazı çalışmaları



Şekil 5.2. Derivasyon tüneli giriş ağzı kazı çalışmaları



Şekil 5.3. Derivasyon tüneli çıkış portal kemerlenmeyi sağlama çalışmaları



Şekil 5.4. Derivasyon tüneli giriş portal kemerlenmeyi sağlama çalışmaları

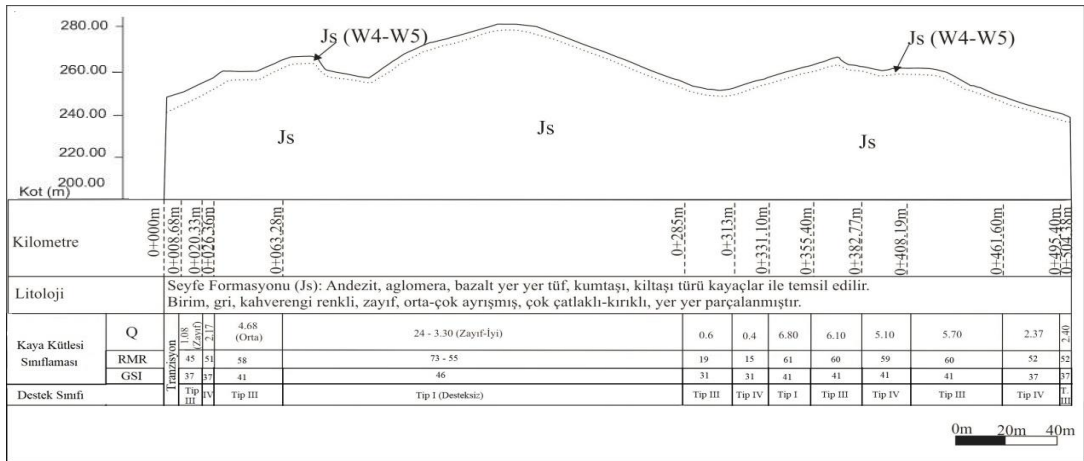
3. Derivasyon tüneli kazısı sırasında ayna çizimleri yapılmaktadır. Bu çizimlerde süreksizliklerin durumlarından, zayıflık zonlarına (Şekil 5.5) dair işaretlemeler, tünel aynasındaki jeolojik incelemeler, gözlem sonrasında elde edilen parametreler ve su gelişi (Şekil 5.6) olup olmadığına dair notlar yer almaktadır. Kazı aşamasında tünel aynası jeolojik incelemeler, gözlem ve deformasyon okumalarının doğru yorumlanmasıyla kesin proje raporunda ön görülemeyen zayıf zeminlerle karşılaşmıştır. Kazı aşamasında belirlenen destek sisteminin yetersiz olduğu yerlerde ile Q kaya kütlesi tekrar tanımlanmış olup yeni destek sistemleri belirlenmiştir. Derivasyon tüneli inşaatına destek sistemleri revize edilerek (Çizelge 5.1) ve tünel güzergahı on iki bölgeye ayrılarak (Şekil 5.7) devam edilmiştir. Tepekışla Barajı'nda yer alan derivasyon tüneli için yapılan ayna çizimlerinin derlenmesi ile 25 m'lik paftalar halinde toplam 20 paftadan oluşan açınım haritası Ek.4'de yer almaktadır.



Şekil 5.5. Derivasyon tüneli kazı aşamasında karşılaşılan zayıflık düzlemleri



Şekil 5.6. Derivasyon tüneli ayna çizimlerinde gözlenen su geliş bölgeleri



Şekil 5.7. Derivasyon tüneli güzergahı revize boy kesiti

Çizelge 5.1. Derivasyon tüneli revize kaya sınıflaması özeti

Bölge	1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	5.Bölge	6.Bölge	7.Bölge	8.Bölge	9.Bölge	10.Bölge	11.Bölge	12.Bölge
Km Aralığı 0+ ...	8.68- 20.33	20.33- 26.36	26.36- 63.28	63.28- 285.00	285.00- 313.00	313.00- 331.10	331.10- 355.40	355.40- 382.77	382.77- 408.19	408.19- 461.60	461.60- 495.40	495.40- 504.38
Q Değeri	1.08	2.17	4.68	24-3.30	0.06	0.04	6.80	6.10	5.10	5.70	2.37	2.40
RMR Değeri	45	51	58	73-55	19	15	61	60	59	60	52	52
GSI Değeri	37	37	41	46	31	31	41	41	41	41	37	37

4. Derivasyon tüneli kazı aşaması yerinde deformasyon ölçümleri total station ile yapılmıştır (Şekil 5.8). Bu ölçümlerdeki kontrol noktaları derivasyon tüneli tavanı, sağ omuz ve sol omuz olarak tanımlanan Şekil 5.9'daki işaretli noktalardır. Kazı öncesi tanımlanan 7 bölgede yerinde deformasyon ölçümleri yapılmış ve değerler Çizelge 5.2'de, derivasyon kesitleri de Ek 5'de kritik kilometreler için verilmiştir.



Şekil 5.8. Total station ile derivasyon tüneline deformasyon okuması



Şekil 5.9. Derivasyon tüneli deformasyon ölçüm noktaları

Çizelge 5.2. Derivasyon tüneli 7 bölgede yapılan deformasyon ölçüm değerleri özeti

Bölge	I.Bölge	II.Bölge	III.Bölge	IV.Bölge	V.Bölge	VI.Bölge	VII.Bölge
Km Aralığı 0 + ...	000.00- 030.00	030.00- 090.00	090.00- 120.00	120.00- 275.00	275.00- 340.00	340.00- 440.00	440.00- 504.38
Tavan	19 cm	24 cm	59 cm	90 cm	150 cm	17 cm	33 cm
Sağ Omuz	84 cm	89 cm	95 cm	96 cm	132 cm	23 cm	18 cm
Sol Omuz	57 cm	33 cm	73 cm	167 cm	77 cm	34 cm	30 cm

5. Derivasyon tüneli Km: 0+331.00 – Km: 0+300.00 arası deformasyon bölgesinde kazı sırasında 15-20 cm kalınlığında ayrılmış kaya parçası ve kil içeren bir makaslama zonunun varlığı gözlenmiştir. Ayrıca kazı sırasında tünel sağ omuzda 170 cm, sol omuzda 125 cm, sağ duvarda 90 cm, sol duvarda 100 cm, tavanda 160 cm'ye varan sökümler meydana gelmiştir. Bu sökümler, kurulan Tip III destek sınıfı 140'lık çelik iksanın kırılmasına neden olacak boyutta büyük sorunlar meydana getirmiştir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Derivasyon tüneli ilk kazı sırasında deformasyon bölgesinde yaşanan hasar durumunun görünümü

Derivasyon tüneli Km: 0+331.00 ile Km: 0+300.00 arasında tünel kazısının tamamen bitip taramalar sırasında bu bölgede deformasyon meydana gelmiştir (Şekil 5.11). Meydana gelen göçük sebebiyle tünel ile açık saha arasındaki kalınlık (et kalınlığı) bazı noktalarda 5 m'ye kadar düşmüştür. İlk kazı sırasında da bu bölgede fay zonu olarak tanımlayabileceğimiz birbirini kesen yoğun eklem sistemleri sonucu aşırı derecede killeşmiş bir zon ile karşılaşmış olup Ek.4 – Pafta No:13-14'de derivasyon tüneli jeolojik açılım haritasında belirtilmiştir. Derivasyon tüneli deformasyon bölgesindeki kayacın ayrışma durumu orta ayrışmış W3 – çok ayrışmış W4 olarak tanımlanmıştır. Yerinde süreksizlik ve deformasyon ölçümleri sonucunda kayacın dayanımı R2 (düşük 250-500 kg/cm²) – R3 (orta 500-1000 kg/cm²) olarak tespit edilmiş olup süreksizliklerin durumuna göre Q değeri 0.04 (aşırı derecede zayıf) – 0.2 (çok zayıf) olarak hesaplanmıştır.

Kazı sırasında alınan tüm tedbirler ve yapılan tüm destekleme çalışmalarına rağmen yaklaşık 30 m'lik kısım tünel kazısı tamamlandıktan sonra tekrar desteklemeye alınmıştır.



Şekil 5.11. Derivasyon tüneli kazı tamamlandıktan sonra deformasyonun meydana gelmesi

Deformasyon bölgesi destekleme çalışmaları kapsamında tavandan çökmeler meydana gelmesi ve aşırı su gelişi sebebiyle içerisine drenaj boruları bırakılacak şekilde 30 m’lik kısma dolgu yapılarak deformasyon bölgesi kapatılmıştır (Şekil 5.12).



(a)

(b)

Şekil 5.12.a) Deformasyon bölgesinin kapatılması; **b)** dolgu içerisine drenaj için boru bırakılması

Açık sahada deformasyon bölgesinin bulunduğu kısma bir platform hazırlanarak göçük bölgesine dışarıdan delgi yapılarak tünel içerisine enjeksiyon yapılmış (Şekil 5.13) ve bir kismada mortar betonu dökülmüştür (Şekil 5.14).



Şekil 5.13. Deformasyon bölgesine yapılan enjeksiyon tabakası



Şekil 5.14. Açık sahadan deformasyon bölgesine iyileştirme çalışmaları

Tünel tavanında emniyet sağlandığı durumda tekrar, tünelde dolgu yapılan 30 m'lik kısmın delgisine başlanmıştır (Şekil 5.15). Deformasyon nedeniyle kırılan iksalar emniyetli bir şekilde zeminden ayrılarak yerine yeni iksaların imalatı yapılmıştır (Şekil 5.16, Şekil 5.17). Yeraltı su seviyesin de meydana gelen artış sebebiyle tünel tabanında meydana gelen sıvılaşma iksa ayaklarının sabitlenmesinde sorunlar teşkil ettiği için iksa

ayakları tabana beton ile gömülmüştür. İksa aralarına çelik kafes bağlanmış ve 5-15 cm kalınlığında çelik tel takviyeli (dramix tel) püskürtme beton atılmıştır.



Şekil 5.15. Deformasyon bölgesinde tekrar kazıya başlanması



Şekil 5.16. Deformasyon bölgesinin gözlemi ve destek sisteminin incelenmesi



Şekil 5.17. Deformasyon bölgesinin yeniden desteklenmesi



Şekil 5.18. Derivasyon tüneline tamamen açılması

Çalışmanın temelinde derivasyon tüneli içerisinde geçeceği kaya kütlelerinin jeomekanik karakterizasyonu, bu karakterizasyona bağlı olarak önerilecek tahkimat sistemleri, bu süreç içerisinde özellikle zayıf kaya tünelticiliğine bağlı olarak karşılaşılabilecek muhtemel jeolojik ve jeoteknik problemler ve bu problemlere getirilecek çözüm önerileri bu tez çalışmasının özgün tarafını oluşturmıştır. Ayrıntılı mühendislik jeolojisi çalışmaları sonucunda ampirik yöntemlerle elde edilen kaya kütlesi jeomekanik karakterizasyonu ve buna bağlı tahkimat sistemi seçilmiş, seçilen tahkimat sisteminin performans analizi yapılmıştır. Tasarım aşaması planlanan destek tipi ile inşaat aşaması uygulanan destek tipinin birbiri ile tutarlılığı karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Derivasyon tüneli için planlanan ve uygulanan revize destek sistemlerinin tutarlılıklarının karşılaştırması

KAZI ÖNCESİ PLANLANAN		KAZI SONRASI UYGULANAN	
Kilometre aralığı	Destek Tipi	Kilometre aralığı	Destek Tipi
0+00.00-30.00	TİP IV-TİP V	0+00.00-08.68	Tranzisyon
0+30.00-90.00	TİP I-TİP II-TİP III	0+08.68-20.33	TİP III
0+90.00-120.00	TİP III-TİP IV	0+20.33-26.36	TİP IV
0+120.00-275.00	TİP I-TİP II-TİP III	0+26.36-63.28	TİP III
0+275.00-340.00	TİP III-TİP IV	0+63.28-285.00	TİP I
0+340.00-440.00	TİP I-TİP II-TİP III	0+285.00-313.00	TİP III
0+440.00-504.38	TİP IV-TİP V	0+313.00-331.10	TİP IV
		0+331.10-355.40	TİP I
		0+355.40-382.77	TİP III
		0+382.77-408.19	TİP IV
		0+408.19-461.60	TİP III
		0+461.60-495.40	TİP IV
		0+495.40-504.38	TİP III

Kırmızı ile yazılan Km: 0+000-0+30.00; Km: 0+340.00-0+440.00 ve Km: 0+440.00-504.38 olmak üzere toplam 194.38 m’lik alan için tanımlanan destek sistemleri inşaat aşamasında yetersiz kalmıştır. Bu da % 38.50’lik bir tutarsızlık oranına denk gelmektedir. Geriye kalan % 61.50’lik oran ise tanımlanan destek sistemlerinin inşaat aşaması uygulanan destek sistemleri ile tutarlılık sergilediğini göstermiştir. Koyu siyah bölgeler ise tasarım aşaması yapılan sayısal analizlerde deformasyon miktarı 10 cm limit değerinde çıkan bölgeye karşılık gelmekte olup inşaat aşamasında göçük yaşanan kilometrelerdir.

Sonuç olarak bunun gibi yer altındaki çalışmalarda maliyet artışları ve zaman kayıplarının önüne geçebilmek için tasarım aşamasında ya da ön etütlerde daha fazla veri ile tasarımın gerçekleştirilmesinin önemi daha iyi anlaşılmıştır. Eğer ki derivasyon tüneli güzergahında ön etütlerde daha fazla sondaj çalışması yapılmış olsaydı tünel hattı boyunca geçilecek birimler ile ilgili daha fazla bilgiye sahip olunacaktı. Bu da inşaat aşamasında meydana gelen deformasyonlara önceden önlem almayı getirecek, artı bir maliyet artışı oluşmayacak ve Tepekışla Barajı ve HES için su tutma ve genel bazda da işletmeye geçiş faaliyetlerinde kısıtlı zaman yaşanmayacaktı.

6. KAYNAKLAR

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, 2017. www.afad.gov.tr .
- Aktimur, K.T.; Tekirli, M.E.; Yurdakul, M. E.; Ateş, Ş.; Ürgün, B.M.; Teoman, M.Ş.; Keçer, M.; Turşucu, A. ve Genç, S., 1989, Niksar-Erbaa ve Destek Dolayının Jeolojisi; MTA Rap., 8894 (yayımlanmamış), Ankara.
- Anderson, E.M., 1951. The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Applications to Britain. Oliver and Boyd, Edinburgh, UK
- Ayhan, M., Topal, N., 2005. Excavation and support design of the Dicle Kralkızı water tunnel: an overview. Tunnelling and Underground Space Technology 20, 81-87.
- Barton, N.R., Lien, R., Lunde, J., 1974. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mech. 4, 189–239.
- Başarır, H., 2006. Engineering geological studies and tunnel support design at Sulakyurt dam site, Turkey, Engineering Geology 86 (2006) 225–237
- Bieniawski, Z.T., 1973. Engineering classification of jointed rock masses. Transaction of South African Institution of Civil Engineering, 15: 335-44.
- Bieniawski, Z.T., 1978. Determining rock mass deformability: experience from case histories. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr. 15, 237–247.
- Bieniawski, Z.T., 1988. Rock mass classifications as a design aid in tunneling. Tunnels and Tunneling International, 29 (7): 19-22.
- Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classifications. Wiley, New York.
- Blumenthal, M.M., 1950, Beitrage zur geologie des landschttten am mittleren und underen Yeşilırmak (Tokat, Amasya, Havza, Erbaa, Niksar): MTA Yayl., Seri D, no. 4, Ankara.
- Courant, R., 1943. Variational methods for the solution of problems of equilibrium and vibrations. Bulletin of the American Mathematical Society 49, 1-23.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2017. www.dektmk.org.tr .
- Eren Jeoteknik Hizmetler Mühendislik Müşavirlik Sondaş Enjeksiyon İnş. Tic. Ltd. Şti., 2012. Tepekışla Barajı ve HES Kesin Proje Aşaması Jeoteknik Etüt Raporu, Ankara, 250 s.
- Genis, M., Basarir, H., Ozarslan, A., Bilir, E., Balaban, E., 2007. Engineering geological appraisal of the rock masses and preliminary support design, Dorukhan Tunnel, Zonguldak, Turkey. Engineering Geology 92 (2007) 14–26.
- Golder Hoek and Associates, 1979. Instruction Manual – I, Geotechnical Data Collection. UNDP Training Project, Contract No. Con. 97/78, 56 p.
- Grimstad, E., Barton, N., 1993. Updating the Q-system for NMT. Proc. Int. Symp. On Sprayed Concrete, Fagernes, Norway. Norwegian Concrete Association, Oslo. 20 s.

- Hidro dizayn Mühendislik Müşavirlik İnşaat ve Tic. A.Ş., 2013. Tepekışla Barajı ve HES Derivasyon Tüneli Statik Betonarme Hesap Raporu, Ankara, 38 s.
- Hoek, E., Brown, E.T., 1980. Underground Excavations in Rock. Inst. Min. Metall., London. 527 s.
- Hoek E, Bray J (1981) Rock slope engineering, 3rd ed. The Institution of Mining and Metallurgy, London, 358 s
- Hoek, E., Kaiser, P.K., Bawden, W.F., 1995. Support of Underground Excavations in Hard Rock. Balkema, Rotterdam. 215 s.
- Hudson, J. A., Pearce, R. G., Rogers, R. M., 1989. Source type plot for inversion of the moment tensor. Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978-2012), 94(B1),765-774.
- ISRM, 1981. Rock characterization, testing and monitoring. In: Brown, E.T. (Ed.), ISRM Suggested Methods. Pergamon Press, NewYork, 211 s.
- ISRM, 2007 The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974-2006. International Society of Rock Mechanics Turkish National Group, Ankara, Turkey, 628 s.
- Kaya, A., Sayın, A., 2017. Engineering geological appraisal and preliminary support design for the Salarha Tunnel, Northeast Turkey. Bull Eng Geol Environ <https://doi.org/10.1007/s10064-017-1177-2>
- Moaveni, S., 1999. Finite element analysis: theory and application with ANSYS.-3rd cd.p. cm. Printed. in the United States of America, 861 p.
- Özçelik, M., 2016. Assessment of engineering geological design parameters for Kandil (CFRD) Dam, Kahramanmaraş-Turkey, Bull EngGeol Environ (2016) 75:439–449DOI 10.1007/s10064-015-0823-9
- Özsan, A., Öcal, A., Akın, M., Başarır, H., 2007. Engineering geological appraisal of the Sulakyurt dam site, Turkey,Engineering Geology 86 (2006) 225–237
- Özsan A., Başarır H., Yüceel S., Cücen Ö., 2009. Engineering geological evaluation and preliminary support design forthe metro extension tunnel, Ankara, Turkey Bull Eng Geol Environ (2009) 68:397–408DOI 10.1007/s10064-009-0192-3
- Öztürk, A., 1979, Ladik-Destek dolayının stratigrafisi: Türkiye Jeo. Kur. Bült., 22/1, 27-34, Ankara Palmstrom, A., 1982. The volumetric joint count-a useful and simple measure of the degree of jointing. Proceedings of the 4th International Congress of IAEG, 221-228 s, New Delphi.
- Palmstrom, A., 1996. RMi-a system for characterizing rock mass strength for use in rock engineering. Journal of Rock Mechanics and Tunneling Technology, 1 (2): 69-108.
- Panda, M. K., Mohanty, S., Pingua, B.M.P, Mishra A.K., 2014. Engineering geological and geotechnical investigations along the headrace tunnel in Teesta Stage-III hydroelectric project, India. Central Institute of Mining and Fuel Research,

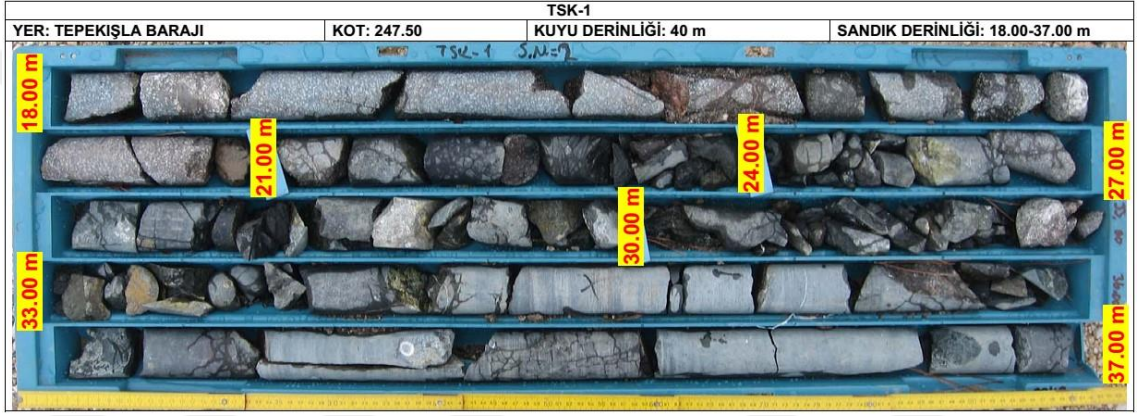
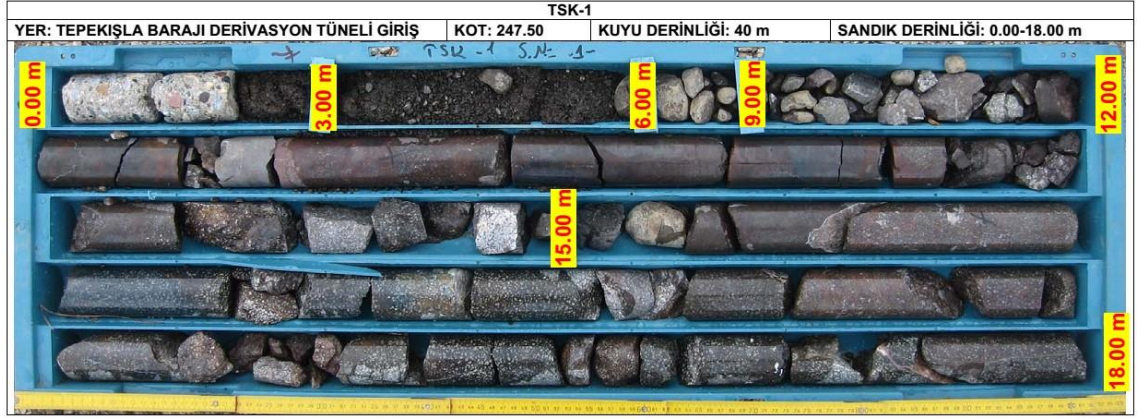
- Dhanbad 826015, India Department of Applied Geology, Indian School of Mines, Dhanbad 826004, India Department of Mining Engineering, Indian School of Mines, Dhanbad 826004, India.
- Rabcewicz, L.V., 1963. Bemessung von hohlraumbauten. Die “Neue Österreichische Bauweise” und ihr Einfluss auf Gebirgsdruckwirkungen und Dimensionierung. Felsmech und Ingenieurgeologie, 1: 374.
- Rabcewicz, L.V., 1964. The New Austrian Tunneling Method. Water Power, 12: 511-515.
- Rasouli M., 2009. Engineering geological studies of the diversion tunnel, focusing on stabilization analysis and support design, Iran. Engineering Geology 108 (2009) 208–224.
- Riaz, A. ve Jamil S. M., 2016. Tunnel support design by comparison of empirical and finite element analysis of the Nahakki tunnel in Mohmand Agency Pakistan, Studia Geotechnica et Mechanica, Vol. 38, No. 1, 2016 DOI: 10.1515/sgem-2016-0008.
- Sanko Enerji Üretim Sanayi ve Ticaret A.Ş., 2017. www.sankoenerji.com.
- Shaterpour-Mamaghani, A., Tumac, D., Avunduk, E., 2016. Double shield TBM performance analysis in difficult ground conditions a case study in the Gerece water tunnel Turkey. Bull Eng Geol Environ (2016) 75:251–262 DOI 10.1007/s10064-015-0743-8
- Sönmez, H., Ulusay, R., A discussion on the Hoek–Brown failure criterion and suggested modification to the criterion verified by slope stability case studies, Yerbilimleri (Earth Sciences), 2002, 26, 77–99
- Terzaghi, K., Richard, F.E., 1952. Measurement of stresses in rock. Geotechnique 12, 105 – 124.
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017. www.enerji.gov.tr .
- Türkiye Deprem Bölgesi Haritası, Aktif diri faylar MTA, 2003. www.mts.gov.tr .
- Ulusay, R., ve Sönmez, H., 2007. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 292 s.
- Ulusay, R., 2010. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 38, Genişletilmiş 5. Baskı, 458 s.
- Yoldaş, R.; Keskin, B.; Korkmaz, S.; Didik, S.; Kalkan, I.; Ağrıdağ, D.S. ve Besbelli, B., 1985, Samsun ve dolay (Kızılırmak-Yeşilirmak arasındaki bölgenin) jeolojisi ve petrol olanakları: MTA Rap., 8130 (yayımlanmamış), Ankara.

7. EKLER



EK-1. Tepekışla Barajı derivasyon tüneli güzergahında açılan sondajlara ait karot fotoğrafları







EK-2. Derivasyon tüneli güzergahında açılan kuyu logları

TEPEKİŞLA BARAJI ve HES (ERBAA-TOKAT)

Kuyu/Hole No : TSK-1

Sayfa/Page No : 1/3

YERALTISUYU / UGWL

Tarih - Date	h (m)
--------------	-------

27.01.2012	27.75
28.01.2012	27.75

29.01.2012	27.50
------------	-------

Yer - Location	:	Baraj Ekseni
Konum - Position	:	Düğey
Derinlik - Depth	:	40 m
Kot - Elevation	:	247,50
Koordinat - Coordinates	E	559639,843
	N	4502993,152

Başlangıç Tarihi - Start Date	: 20.01.2012
Bitiş Tarihi - Finishing Date	: 26.01.2012
Makina Tipi - Drilling Machine	: D-750
Sondör - Driller	: Ekbel Şahan
Logu Hazırlayan - Logged by	: Mûcahit Eren
	: Geo. Müh. - Geo. Eng.

[illegible]

TEPEKİŞLA BARAJI ve HES (ERBAA-TOKAT)

Kuyu/Hole No : TSK-1

Sayfa/Page No : 2/3

YERALTISUYU / UGWL

Tarih - Date	h (m)
--------------	-------

27.01.2012	27.75
28.01.2012	27.75

29.01.2012	27.50
------------	-------

Yer - Location	:	Baraj Ekseni
Konum - Position	:	Düğey
Derinlik - Depth	:	40 m
Kot - Elevation	:	247,50
Koordinat - Coordinates	E	559639,843
	N	4502993,152

Başlangıç Tarihi - Start Date	: 20.01.2012
Bitiş Tarihi - Finishing Date	: 26.01.2012
Makina Tipi - Drilling Machine	: D-750
Sondör - Driller	: Ekbel Şahan
Logu Hazırlayan - Logged by	: Mûcahit Eren
	: Geo. Müh. - Geo. Eng.

	Derinlik/Depth (m)	Günlük İlerleme (m)	Daily drilling	Günlük YASS (m)	Daily UGWT	Kuyu çapı ve kesici uç Hole diameter and diamond	Muhafaza borusu & çimento Casing & cementation	Sondaj suyu renk ve yüzdesi Circulation water colour & %	Basıncılı Su Deneyi Water Pressure Test		Basınsız Su Deneyi	SPT				Gösterim Legend	Tanımlama-Description		Kaya Özellikleri-Rock Properties											
									Basınç Pressure,kg/cm ²	1. 5 dak kayıp (L) 1st 5 minute water consumption	2. 5 dak kayıp (L) 1st 5 minute water consumption	Toplam kayıp (L) Total water consumption	Geçirimlilik (Lugeon) Permeability	Su kaybı (L) Total water consumption	Geçirgenlik katsayısı (cm/s) Permeability coefficient				Darbesayısı Blow No			TCR (%)	Core Recovery	SCR (%)	Tam çap karot	RQD (%)	Kaya Kalite gös.	Çatlak Sıklığı ad/m-FF no/m	Ayrışma-Weathering	
																			1. 15 cm için	2. 15 cm için	30 cm için top Total for 30 cm									
																														150 darbedeki ilerleme (cm) Nailing of 50 blows
-16																	83	57	20	13	W4									
-17																														
-18																														
-19																		40	17		5	W3								
-20																														
-21																														
-22																														
-23																		17	10		5	W3								
-24																														
-25																														
-26																		10	5		5	W3								
-27																														
-28																														
-29																		20	10		7	W3								
-30																														
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON) PERMEABILITY (LUGEON)		PERMEABİLİTE (cm/s) PERMEABILITY (cm/s)		KAYA NİTELİĞİ % RQD %		AYRIŞMA (W) WEATHERING (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (adet/30cm) FRACTURE FREQUENCY(No/30cm)																						
<1	Geçirimsiz Impermeable	<10 ⁻⁶	Geçirimsiz Impermeable	0-25	Çok zayıf Very Poor	W1	Taze (Ayrışmamış) Fresh	<1	Masif Massive																					
1-5	Az Geçirimli Low Impermeable	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁵	Az Geçirimli Low Impermeable	25-50	Zayıf Poor	W2	Az Ayrışmış Slightly Weathered	1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı Rarely Fractured																					
5-10	Orta Geçirimli Medium Permeable	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴	Orta Geçirimli Medium Permeable	50-75	Orta Fair	W3	Orta Derecede Ayrışmış Medium Weathered	3-10	Kırıklı Medium Fractured																					
10-25	Geçirimli Permeable	10 ⁻⁴ -10 ⁻³	Geçirimli Permeable	75-90	İyi Good	W4	Çok Ayrışmış Highly Weathered	10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı Intensely Fractured																					
>25	Çok Geçirimli Verv Permeable	>10 ⁻³	Çok Geçirimli Verv Permeable	90-100	Çok İyi Excellent	W5	Tamamen Ayrışmış Completely Weathered	>50	Parçalanmış Highly Fractured/Crushed																					

TEPEKİŞLA BARAJI ve HES (ERBAA-TOKAT)

Kuyu/Hole No : TSK-1

Sayfa/Page No : 3/3

YERALTISUYU / UGWL

Tarih - Date h (m)

27.01.2012 27.75

29.01.2012 27.50

Yer - Location : Baraj Ekseni
Konum - Position : Düşey
Derinlik - Depth : 40 m
Kot - Elevation : 247,50
Koordinat - Coordinates E : 559639,843
N : 4502993,152

Başlangıç Tarihi - Start Date : 20.01.2012
Bitiş Tarihi - Finishing Date : 26.01.2012
Makina Tipi - Drilling Machine : D-750
Sondör - Driller : Ekbel Şahan
Logu Hazırlayan - Logged by : Mücahit Eren
Jeo.Müh. - Geo. Eng.

Derinlik/Depth (m)	Günlük ilerleme (m) Daily drilling	Günlük YASS (m) Daily UGWT	Kuyu çapı ve kesici uç Hole diameter and diamond Muhafaza borusu & çimento Casing & cementation	Sondaj suyu renk ve yüzdesi Circulation water colour & %	Basıncılı Su Deneyi Water Pressure Test				Basıncsız Su Deneyi		SPT				Gösterim Legend	Tanımlama-Description		Kaya Özellikleri-Rock Properties									
					Basınç kg/cm ² Pressure kg/cm ²	1. 5 dak kayıp (L) 1st 5 minute water consumption	2. 5 dak kayıp (L) 2nd 5 minute water consumption	Toplam kayıp (L) Total water consumption	Geçirimsizlik (Lugeon) Permeability	Su kaybı (L) Total water consumption	Geçirimsizlik katsayısı (cm/s) Permeability coefficient	Darbesayısı Blow No						TCR (%)	Core Recovery	SCR (%)	Tam çap karot	RQD (%)	Kaya Kalite gös.	Çatlak Sıklığı ad/m-FF no/m	Ayrışma-Weathering		
												1. 15 cm için 1st 15 cm	2. 15 cm için 2nd 15 cm	30 cm için top Total for 30 cm												50 darbedeki ilerleme (cm) Nailing of 50 blows	
31																	17		7				8	W3			
32																											
33																											
34																		33		20		6		9	W3		
35																											
36																											
37																		95		65				11	W4		
38																											
39																		60		50		20		8	W3		
40																											
41																											
42																											
43																											
44																											
45																											
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON) PERMEABILITY (LUGEON)					PERMEABİLİTE (cm/s) PERMEABILITY (cm/s)					KAYA NİTELİĞİ % RQD %					AYRIŞMA (W) WEATHERING (W)					ÇATLAK SIKLIĞI (adet/30cm) FRACTURE FREQUENCY (No/30cm)							
<1 Geçirimsiz Impermeable					<10 ⁻⁶ Geçirimsiz Impermeable					0-25 Çok zayıf Very Poor					W1 Taze (Ayrışmamış) Fresh					<1 Masif Massive							
1-5 Az Geçirimli Low Impermeable					10 ⁻⁶ -10 ⁻⁵ Az Geçirimli Low Impermeable					25-50 Zayıf Poor					W2 Az Ayrışmış Slightly Weathered					1-3 Az Çatlaklı-Kırıklı Rarely Fractured							
5-10 Orta Geçirimli Medium Permeable					10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴ Orta Geçirimli Medium Permeable					50-75 Orta Fair					W3 Orta Derecede Ayrışmış Medium Weathered					3-10 Kırıklı Medium Fractured							
10-25 Geçirimli Permeable					10 ⁻⁴ -10 ⁻³ Geçirimli Permeable					75-90 İyi Good					W4 Çok Ayrışmış Highly Weathered					10-50 Çok Çatlaklı-Kırıklı Intensely Fractured							
>25 Çok Geçirimli Very Permeable					>10 ⁻³ Çok Geçirimli Very Permeable					90-100 Çok İyi Excellent					W5 Tamamen Ayrışmış Completely Weathered					>50 Parçalanmış Highly Fractured/Crushed							

TEPEKİŞLA BARAJI ve HES (ERBAA-TOKAT)

Kuyu/Hole No : TSK-2

Sayfa/Page No : 1/2

YERALTISUYU / UGWL

Tarih - Date h (m)

07.02.2012 27.20

Yer - Location : Baraj Ekseni
Konum - Position : Düşey
Derinlik - Depth : 30 m
Kot - Elevation : 243,100
Koordinat - Coordinates E : 559297,088
N : 4503299,039

Başlangıç Tarihi - Start Date : 30.01.2012
Bitiş Tarihi - Finishing Date : 06.02.2012
Makina Tipi - Drilling Machine : D-750
Sondör - Driller : Ekbel Şahan
Logu Hazırlayan - Logged by : Mücahit Eren
Geo.Müh. - Geo. Eng.

Derinlik/Depth (m)	Günlük ilerleme (m)	Daily drilling	Günlük YASS (m)	Daily UGWT	Kuyu çapı ve kesici uç	Hole diameter and diamond	Muhafaza borusu & çimento	Casing & cementation	Sondaj suyu renk ve yüzdesi	Circulation water colour & %	Basıncılı Su Deneyi		Basıncısız Su Deneyi	SPT			Gösterim Legend	Tanımlama-Description		Kaya Özellikleri-Rock Properties																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
											Basıncı kg/cm ²	Pressure kg/cm ²	Perm. Test	Geçirgenlik katsayısı (cm/s)	Permeability coefficient	Darbesayısı Blow No				TCR (%)	Core Recovery	SCR (%)	Tam çap karot	RQD (%)	Kaya Kalite gös.	Çatlak Sıklığı ad/m-FF no/m	Ayrışma-Weathering																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
																1. 15 cm için												1st 15 cm	2. 15 cm için	2nd 15 cm	30 cm için top	Total for 30 cm	50 darbedeki ilerleme (cm)	Nailing of 50 blows																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1																	0-1.5 m: YAMAÇ MOLOZU																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

TEPEKİŞLA BARAJI ve HES (ERBAA-TOKAT)

Kuyu/Hole No : TSK-2

Sayfa/Page No : 2/2

YERALTISUYU / UGWL

Tarih - Date h (m)

07.02.2012 27.20

Yer - Location : Baraj Ekseni
Konum - Position : Düşey
Derinlik - Depth : 30 m
Kot - Elevation : 243,100
Koordinat - Coordinates E : 559297,088
N : 4503299,039

Başlangıç Tarihi - Start Date : 30.01.2012
Bitiş Tarihi - Finishing Date : 06.02.2012
Makina Tipi - Drilling Machine : D-750
Sondör - Driller : Ekbel Şahan
Logu Hazırlayan - Logged by : Mücahit Eren
Jeo.Müh. - Geo. Eng.

Derinlik/Depth (m)	Günlük ilerleme (m) Daily drilling	Günlük YASS (m) Daily UGWT	Kuyu çapı ve kesici uç Hole diameter and diamond	Muhafaza borusu & çimento Casing & cementation	Sondaj suyu renk ve yüzdesi Circulation water colour & %	Basıncılı Su Deneyi Water Pressure Test		Basıncsız Su Deneyi		SPT			Gösterim Legend	Tanımlama-Description	Kaya Özellikleri-Rock Properties											
						Basınç kg/cm ² Pressure kg/cm ²	1. 5 dak kayıp (L) 1st 5 minute water consumption	2. 5 dak kayıp (L) 2nd 5 minute water consumption	Toplam kayıp (L) Total water consumption	Geçirimsizlik (Lugeon) Permeability	Su kaybı (L) Total water consumption	Geçirimsizlik katsayısı (cm/s) Permeability coefficient			Darbesayısı Blow No			25 TCR (%)	50 Core Recovery	75 SCR (%)	100 Tam çap karot	25 RQD (%)	50 Kaya Kalite gös.	75 Çatlak Sıklığı ad/m-FF no/m	100 Ayrışma-Weathering	
															1. 15 cm için 1st 15 cm	2. 15 cm için 2nd 15 cm	30 cm için top Total for 30 cm									50 darbedeki ilerleme (cm) Nailing of 50 blows
16														7-16 m arasındaki sandıkta aglomerayı oluşturan taneler bariz olarak görülür. Genellikle köşeli olan taneler daha dayanımlıdır. Elle muayenesinde kumlu bir birim izlenimi vermektedir. Çatlaklar verevine eğimlidir. 22-30 m arasında topraklaşmış ve killeşmiş seviyeler yaygındır.												
17																67		45						8	W3	
18																				43						
19																										
20																	65		45					15	W4	
21																										
22																										
23																										
24																										
25																										
26																										
27																35		10					>50	W5		
28																										
29																70		40					13	W4		
30																										
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON) PERMEABILITY (LUGEON)						PERMEABILITE (cm/s) PERMEABILITY (cm/s)				KAYA NİTELİĞİ % RQD %				AYRIŞMA (W) WEATHERING (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (adet/30cm) FRACTURE FREQUENCY (No/30cm)										
<1 Geçirimsiz Impermeable						<10 ⁻⁶ Geçirimsiz Impermeable				0-25 Çok zayıf Very Poor				W1 Taze (Ayrışmamış) Fresh		<1 Masif Massive										
1-5 Az Geçirimli Low Impermeable						10 ⁻⁶ -10 ⁻⁵ Az Geçirimli Low Impermeable				25-50 Zayıf Poor				W2 Az Ayrışmış Slightly Weathered		1-3 Az Çatlaklı-Kırıklı Rarely Fractured										
5-10 Yarı Geçirimli Medium Permeable						10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴ Yarı Geçirimli Medium Permeable				50-75 Orta Fair				W3 Orta Derecede Ayrışmış Medium Weathered		3-10 Kırıklı Medium Fractured										
10-25 Geçirimli Permeable						10 ⁻⁴ -10 ⁻³ Geçirimli Permeable				75-90 İyi Good				W4 Çok Ayrışmış Highly Weathered		10-50 Çok Çatlaklı-Kırıklı Intensly Fractured										
>25 Çok Geçirimli Very Permeable						>10 ⁻³ Çok Geçirimli Very Permeable				90-100 Çok İyi Excellent				W5 Tamamen Ayrışmış Completely Weathered		>50 Parçalanmış Highly Fractured/Crushed										

EK-3. Derivasyon tüneli güzergah çalışmaları kapsamında yapılan laboratuvar deney rapoları



Laboratuvarımız Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından Verilen 11 Numaralı 'Laboratuvar İzin Belgesine ' Sahiptir

TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI
Unconfined Uniaxial Compressive Test

PROJE ADI :	TEPEKİŞLA BARAJI VE HES	
<u>Project Name</u>		
KUYU NO: TSK-1	ÖRNEK NO :	DERİNLİK: 12,50-12,70
<u>Bh./Tp No</u>	<u>Sample No</u>	<u>Depth</u>
DENEYİ YAPTIRAN KURULUŞ:	TARİH:	
<u>Company which the test performed fi EREN</u>	<u>Date</u>	

ÖRNEK BOYU(cm) :	9,74 cm	
<u>Sample Height</u>		
ÖRNEK ÇAPI(cm) :	4,72 cm	KIRILMA YÜKÜ : 3680 Kg
<u>Sample Diameter</u>		<u>Yield Load</u>
ÖRNEK AĞIRLIĞI(gr)	474 gr	
<u>Weight of Sample</u>		
ÖRNEK ALANI:	17,488544 cm ²	
<u>Sample Area</u>		
DOĞAL BİRİM AĞIRLIĞI :	2,78 gr /cm ³	
<u>Natural unit weight</u>		
TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI :	210,4 Kg / cm ²	
<u>Uniaxial uncon. Compressive strength</u>		

ÖRNEĞİN KIRILMA ŞEKLİ
Fracture shape of sample



DENEYİ YAPAN: ANIL ÖĞRETİM

Bu Deney Sonuç Formu Laboratuvarın İzni Olmadan Kısmen Kopyalanamaz, Değiştirilemez
This test result sheet can not be partially copied or changed without permission of Laboratory.

Anıl ÖĞRETİM
Jeoloji Mühendisi
Oda No: 10052

Ö.Faruk ÖZTÜRK
Lab. Deneyi Müh.
Belge No: 3554

Laboratuvarımız Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından Verilen 11 Numaralı 'Laboratuvar İzin Belgesine' Sahiptir

TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI ve ELASTİSİTE MODÜLÜ
Elastic Moduli in Uniaxial Compression

PROJE ADI :	TEPEKİŞLA BARAJI VE HES	
<u>Project Name</u>		
KUYU NO: TSK-1	ÖRNEK NO :	DERİNLİK: 15.25-15.45
<u>Bh./Tp No</u>	<u>Sample No</u>	<u>Depth</u>
DENEYİ YAPTIRAN KURULUŞ:	EREN MÜH.	TARİH: 23.03.2012
<u>Company which the test performed for</u>		<u>Date</u>

ÖRNEK BOYU(cm) :	9.78 cm
<u>Sample Height</u>	
ÖRNEK ÇAPI(cm) :	4,74 cm
<u>Sample Diameter</u>	
ÖRNEK AĞIRLIĞI(gr) :	451,61 gr
<u>Weight of Sample</u>	
ÖRNEK ALANI:	17,646 cm ²
<u>Sample Area</u>	
KIRILMA YÜKÜ :	13911 Kg
<u>Yield Load</u>	

DOĞAL BİRİM AĞIRLIĞI :	2,62 gr /cm ³
<u>Natural unit weight</u>	
TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI :	788,34 Kg / cm ²
<u>Uniaxial Uncon. Compressive strength</u>	
ELASTİSİTE MODÜLÜ (E):	234186 Kg / cm ²
<u>Modulus of Elasticity (E):</u>	
POİSON ORANI (ν) :	0,28
<u>Poissons Ratio (ν):</u>	



DENEYİ YAPAN: ANIL ÖĞRETİM

Bu Deney Sonuç Formu Laboratuvarın İzni Olmadan Kısmen Kopyalanamaz, Değiştirilemez
This test result sheet can not be partially copied or changed without permission of Laboratory.

Anıl ÖĞRETİM
Jeoloji Mühendisi
Oda No: 10052

Ö. Faruk ÖZTÜRK
Yab. Deneyci Müh.
Belge No: 3554

Laboratuvarımız Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından Verilen 11 Numaralı 'Laboratuvar İzin Belgesine ' Sahiptir

TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI ve ELASTİSİTE MODÜLÜ
Elastic Moduli in Uniaxial Compression

PROJE ADI :	TEPEKİŞLA BARAJI VE HES	
Project Name		
KUYU NO: TSK-1	ÖRNEK NO :	DERİNLİK: 34.50-34.63
Bh./Tp No	Sample No	Depth
DENEYİ YAPTIRAN KURULUŞ:	EREN MÜH.	TARİH: 23.03.2012
Company which the test performed for		Date

ÖRNEK BOYU(cm) :	9.68 cm
Sample Height	
ÖRNEK ÇAPI(cm) :	4,76 cm
Sample Diameter	
ÖRNEK AĞIRLIĞI(gr) :	491,95 gr
Weight of Sample	
ÖRNEK ALANI:	17,795 cm ²
Sample Area	
KIRILMA YÜKÜ :	39031 Kg
Yield Load	

DOĞAL BİRİM AĞIRLIĞI :	2,86 gr /cm ³
Natural unit weight	
TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI :	2193,35 Kg / cm ²
Uniaxial Uncon. Compressive strength	
ELASTİSİTE MODÜLÜ (E):	727271 Kg / cm ²
Modulus of Elasticity (E) :	
POİSON ORANI (ν) :	0,28
Poissons Ratio (ν) :	



DENEYİ YAPAN: ANIL ÖĞRETİM

Bu Deney Sonuç Formu Laboratuvarın İzni Olmadan Kısmen Kopyalanamaz, Değiştirilemez
This test result sheet can not be partially copied or changed without permission of Laboratory.

ANIL ÖĞRETİM
Jeoloji Mühendisi
Oda No: 10052

Ö. Faruk ÖZTÜRK
Lab. Yönetici Müh.
Belge No: 3554



EFOL JEOTEKNİK HİZMETLER
TİCARET LİMİTED ŞTİ.
Özcanadolu Sanayi Sitesi 877. Sok. No:36 Ostim/ANKARA
Tel: (0312) 394 03 61 Faks: (0312) 394 03 62

Laboratuvarımız Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü
tarafından Verilen 11 Numaralı 'Laboratuvar İzin Belgesine' Sahiptir

TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI
Unconfined Uniaxial Compressive Test

PROJE ADI :		TEPEKİŞLA BARAJI VE HES	
<u>Project Name</u>			
KUYU NO: TSK-1	ÖRNEK NO :	DERİNLİK: 38,57-38,74	
<u>Bh./Tp No</u>	<u>Sample No</u>	<u>Depth</u>	
DENEYİ YAPTIRAN KURULUŞ:		TARİH:	
<u>Company which the test performed fi EREN</u>		<u>Date</u>	

ÖRNEK BOYU(cm) :	9,72 cm	
<u>Sample Height</u>		
ÖRNEK ÇAPI(cm) :	4,75 cm	KIRILMA YÜKÜ : 8610 Kg
<u>Sample Diameter</u>		<u>Yield Load</u>
ÖRNEK AĞIRLIĞI(gr)	458 gr	
<u>Weight of Sample</u>		
ÖRNEK ALANI:	17,7115625 cm ²	
<u>Sample Area</u>		
DOĞAL BİRİM AĞIRLIĞI :	2,66 gr /cm ³	
<u>Natural unit weight</u>		
TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI :	486,1 Kg / cm ²	
<u>Uniaxial uncon. Compressive strength</u>		

ÖRNEĞİN KIRILMA ŞEKLİ
Fracture shape of sample



DENEYİ YAPAN: ANIL ÖĞRETİM

Bu Deney Sonuç Formu Laboratuvarın İzni Olmadan Kısmen Kopyalanamaz, Değiştirilemez
This test result sheet can not be partially copied or changed without permission of Laboratory.

ANIL ÖĞRETİM
Jeoloji Mühendisi
Oda No: 10052

Ö. Faruk ÖZTÜRK
Lab. Sorumlusu Müh.
Belge No: 3554



EFOL JEOTEKNİK HİZMETLER
TİCARET LİMİTED ŞTİ.
Özenekli Sanayi Sitesi 677. Sok. No:36 Ostim/ANKARA
Tel: (0312) 394 03 61 Faks: (0312) 394 03 62

Laboratuvarımız Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü
tarafından Verilen 11 Numaralı 'Laboratuvar İzin Belgesine ' Sahiptir

TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI
Unconfined Uniaxial Compressive Test

PROJE ADI : TEPEKİŞLA BARAJI VE HES	
<u>Project Name</u>	
KUYU NO: TSK-2	ÖRNEK NO : DERİNLİK: 14,37-14,50
<u>Bh./Tp No</u>	<u>Sample No</u> <u>Depth</u>
DENEYİ YAPTIRAN KURULUŞ:	TARİH:
<u>Company which the test performed fi</u> EREN	<u>Date</u>

ÖRNEK BOYU(cm) : Sample Height	9,48 cm	
ÖRNEK ÇAPI(cm) : Sample Diameter	4,72 cm	KIRILMA YÜKÜ : Yield Load
ÖRNEK AĞIRLIĞI(gr) Weight of Sample	366 gr	
ÖRNEK ALANI: Sample Area	17,488544 cm ²	
DOĞAL BİRİM AĞIRLIĞI : Natural unit weight	2,21 gr /cm ³	
TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI : Uniaxial uncon. Compressive strength	42,9 Kg / cm ²	

ÖRNEĞİN KIRILMA ŞEKLİ
Fracture shape of sample



DENEYİ YAPAN: ANIL ÖĞRETİM

Bu Deney Sonuç Formu Laboratuvarın İzni Olmadan Kısmen Kopyalanamaz, Değiştirilemez
This test result sheet can not be partially copied or changed without permission of Laboratory.

ANIL ÖĞRETİM
Jeoloji Mühendisi
Oda No: 10052

Ö.Faruk ÖZTÜRK
Laboratuvar Müh.
Belge No: 3554

Laboratuvarımız Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü
tarafından Verilen 11 Numaralı 'Laboratuvar İzin Belgesine ' Sahiptir

TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI ve ELASTİSİTE MODÜLÜ
Elastic Moduli in Uniaxial Compression

PROJE ADI :	TEPEKİŞLA BARAJI VE HES		
Project Name			
KUYU NO: TSK-2	ÖRNEK NO :	DERİNLİK: 18.00-18.18	
Bh./Tp No	Sample No	Depth	
DENEYİ YAPTIRAN KURULUŞ: EREN MÜH.	TARİH: 23.03.2012		
Company which the test performed for	Date		

ÖRNEK BOYU(cm) :	9.74 cm
Sample Height	
ÖRNEK ÇAPı(cm) :	4,72 cm
Sample Diameter	
ÖRNEK AĞIRLIĞI(gr) :	414,1 gr
Weight of Sample	
ÖRNEK ALANI:	17,497 cm ²
Sample Area	
KIRILMA YÜKÜ :	3739,9 Kg
Yield Load	

DOĞAL BİRİM AĞIRLIĞI :	2.43 gr /cm ³
Natural unit weight	
TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI :	213.74 Kg / cm ²
Uniaxial Uncon. Compressive strength	
ELASTİSİTE MODÜLÜ (E):	85596 Kg / cm ²
Modulus of Elasticity (E) :	
POİSON ORANI (v) :	0.30
Poissons Ratio (v) :	



DENEYİ YAPAN: ANIL ÖĞRETİM

Bu Deney Sonuç Formu Laboratuvarın İzni Olmadan Kısmen Kopyalanamaz, Değiştirilemez
This test result sheet can not be partially copied or changed without permission of Laboratory.

Anıl ÖĞRETİM
Jeoloji Mühendisi
Oda No: 10052

Ö. Fatuk ÖZTÜRK
Lab. Yöneticisi/Müh.
Belge No: 3554

Laboratuvarımız Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü
tarafından Verilen 11 Numaralı 'Laboratuvar İzin Belgesine ' Sahiptir

TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI ve ELASTİSİTE MODÜLÜ
Elastic Moduli in Uniaxial Compression

PROJE ADI :	TEPEKİŞLA BARAJI VE HES		
Project Name			
KUYU NO: TSK-2	ÖRNEK NO :	DERİNLİK: 21.70-21.90	
Bh./Tp No	Sample No	Depth	
DENEYİ YAPTIRAN KURULUŞ:	EREN MÜH.	TARİH:	23.03.2012
Company which the test performed for		Date	

ÖRNEK BOYU(cm) :	9.72 cm
Sample Height	
ÖRNEK ÇAPI(cm) :	4,72 cm
Sample Diameter	
ÖRNEK AĞIRLIĞI(gr) :	400,79 gr
Weight of Sample	
ÖRNEK ALANI:	17,497 cm ²
Sample Area	
KIRILMA YÜKÜ :	3330,8 Kg
Yield Load	

DOĞAL BİRİM AĞIRLIĞI :	2,36 gr /cm ³
Natural unit weight	
TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI :	190,36 Kg / cm ²
Uniaxial Uncon. Compressive strength	
ELASTİSİTE MODÜLÜ (E):	44710 Kg / cm ²
Modulus of Elasticity (E) :	
POİSON ORANI (ν) :	0,31
Poissons Ratio (ν) :	



DENEYİ YAPAN: ANIL ÖĞRETİM

Bu Deney Sonuç Formu Laboratuvarın İzni Olmadan Kısmen Kopyalanamaz, Değiştirilemez
This test result sheet can not be partially copied or changed without permission of Laboratory.

Anıl ÖĞRETİM
Jeoloji Mühendisi
Oda No: 10052

Ö.Faruk ÖZTÜRK
Lab. Deneyi Müh.
Belge No: 3554



**EFOL JEOTEKNİK HİZMETLER
TİCARET LİMİTED ŞTİ.**

Özcanadolu Sanayi Sitesi 677. Sok. No:36 Ostim/ANKARA
Tel: (0312) 394 03 61 Faks: (0312) 394 03 62

**Laboratuvarımız Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü
tarafından Verilen 11 Numaralı 'Laboratuvar İzin Belgesine ' Sahiptir**

**TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI
Unconfined Uniaxial Compressive Test**

PROJE ADI :	TEPEKİŞLA BARAJI VE HES	
<u>Project Name</u>		
KUYU NO: TSK-2	ÖRNEK NO :	DERİNLİK: 28,65-28,85
<u>Bh./Tp No</u>	<u>Sample No</u>	<u>Depth</u>
DENEYİ YAPTIRAN KURULUŞ:	TARİH:	
<u>Company which the test performed fi EREN</u>	<u>Date</u>	

ÖRNEK BOYU(cm) :	9,99 cm	
<u>Sample Height</u>		
ÖRNEK ÇAPI(cm) :	4,71 cm	KIRILMA YÜKÜ : 1980 Kg
<u>Sample Diameter</u>		<u>Yield Load</u>
ÖRNEK AĞIRLIĞI(gr)	421 gr	
<u>Weight of Sample</u>		
ÖRNEK ALANI:	17,4145185 cm ²	
<u>Sample Area</u>		
DOĞAL BİRİM AĞIRLIĞI :	2,42 gr /cm ³	
<u>Natural unit weight</u>		
TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI :	113,7 Kg / cm ²	
<u>Uniaxial uncon. Compressive strength</u>		

**ÖRNEĞİN KIRILMA ŞEKLİ
Fracture shape of sample**



DENEYİ YAPAN: ANIL ÖĞRETİM

Bu Deney Sonuç Formu Laboratuvarın İzni Olmadan Kısmen Kopyalanamaz, Değiştirilemez
This test result sheet can not be partially copied or changed without permission of Laboratory.

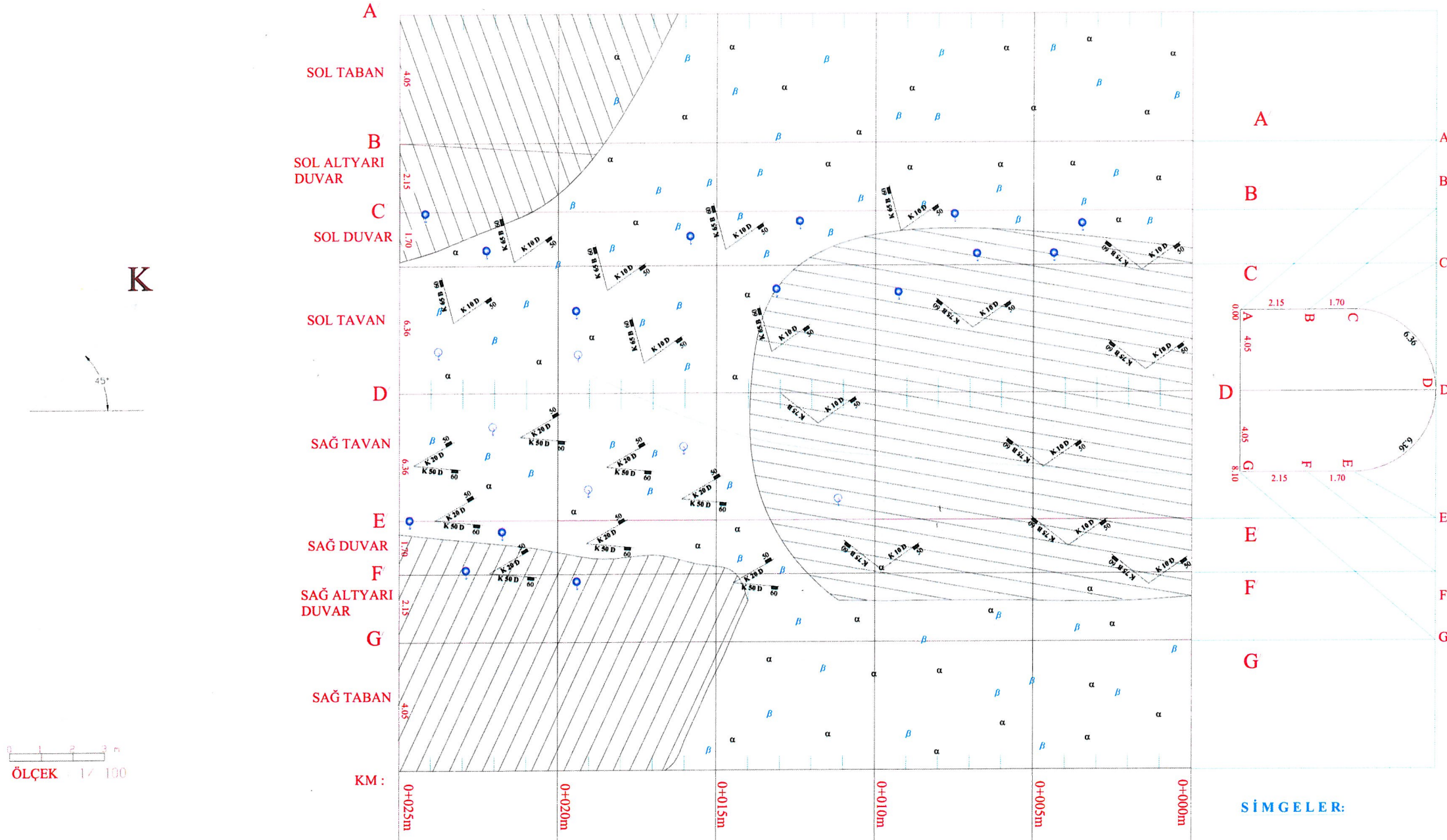
ANIL ÖĞRETİM
Jeolojik Mühendis
Oda No: 10052

Ö.F. ÖZTÜRK
Lab. Sorumlusu
Belge No: 3554

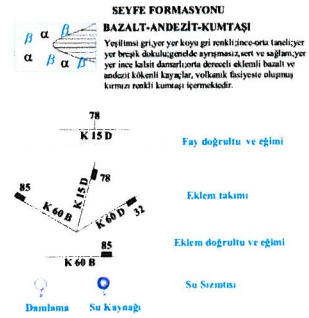
EK-4. Derivasyon tüneli jeolojik açılım haritası

TEPEKİŞLA BARAJI VE HES İNŞAATI DERİVASYON TÜNELİ JEOLojİK AÇINIM HARİTASI

10.10.2013



SİMGELER:



TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ
10.10.2013

HAZIRLAYAN
Seydanur TEÇİMER
Jeoloji Mühendisi

Muhammed DAYRAM
Jeoloji Mühendisi

KONTROL

ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.

TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ

KAYACIN CİNSİ

KAYACIN AYRIŞMA DURUMU

W1:Tamamıyla ayrışmış, W2:Orta ayrışmış, W3:Çok ayrışmış, W4:Çok ayrışmış, W5:Tamamıyla ayrışmış

KAYACIN DAYANIMI

81 Çakıl 100-200 kg/m² 82 Çakıl 200-300 kg/m² 83 Çakıl 300-500 kg/m² 84 Çakıl 500-700 kg/m² 85 Çakıl 700-1000 kg/m²

RQD:100 e^{-0.1} P₁ 0.1 +1 1 metredeki süneklik sayısı H:Dikey L:Yatay

DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI

Tip III, 140'lık İksa; 1.50 - 1.60 m ilerleme

Damlama,

Tip IV, 200'lık İksa; 1.00 - 1.70 m ilerleme

Tranzisyon İksa; 1.00 - 1.20 m ilerleme

YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dak)

SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)

D - B/50°G: Mks: 10-15cm Ayrışmış kayacın parçası +kil (kalın damarları)

SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (adet/m.)

Sol Duvar

Tavan

Sağ Duvar

Sol Taban

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

Sağ Omuz

Sağ Duvar

Sağ Taban

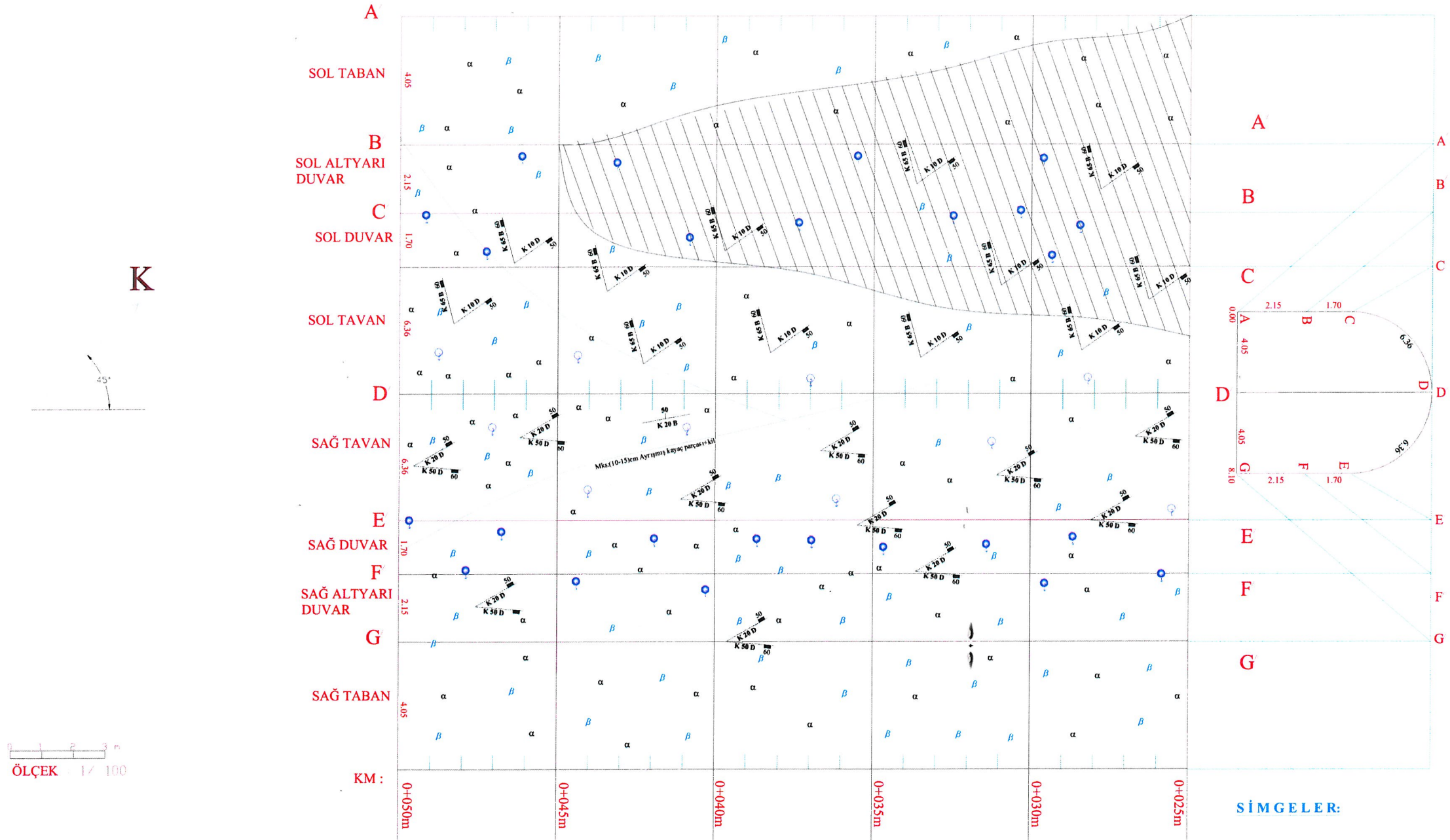
B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR

Sol Duvar

Sol Omuz

Tavan

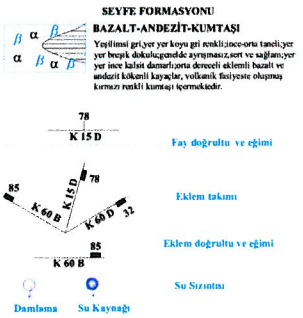
Sağ Omuz



ÖLÇEK : 1/100

TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ		K 45 D - 0.013				
KAYACIN CİNSİ		BAZALT - ANDEZİT - KUMTAŞI				
KAYACIN AYRISMA DURUMU		W2 - W3				
KAYACIN DAYANIMI		R3-R4				
RQD:100		A ₁ :11 RQD:69 Q:4,68 (Orta)				
DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI		Tip III, 140'lık İksa; 1.30 - 1.60 m ilerleme				
YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dak)		Damlama, Su Kaynağı: 1 lt/dk				
SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)		K200/50°KD: Mks: (10-15)cm Ayrışmış kayac parçası+kil (kalsit damarları)				
B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR	Sol Duvar	K100/50°GD: 12ad., (10-15cm, kapalı, pürüzlü) K65B/60°GB: 12ad., (10-15cm, kapalı, pürüzlü)				
	Tavan	K100/50°GD: 12ad., (10-15cm, kapalı, pürüzlü) K65B/60°GB: 12ad., (10-15cm, kapalı, pürüzlü)				
	Sağ Duvar	K500/60°GD: 11ad., (5-20cm, kapalı, pürüzlü) K200/50°KB: 11ad., (10-12cm, kapalı, pürüzlü)				
	Sol Taban					
	Sol Duvar	20 - 25 cm sökülme vardır.	35 - 40 cm sökülme vardır.	15 - 20 cm sökülme vardır.	40 - 45 cm sökülme vardır.	65 - 70 cm sökülme vardır.
	Sol Omuz	35 - 40 cm sökülme vardır.	25 - 30 cm sökülme vardır.	65 - 70 cm sökülme vardır.	85 - 90 cm sökülme vardır.	55 - 60 cm sökülme vardır.
	Tavan	70 - 75 cm sökülme vardır.	35 - 40 cm sökülme vardır.	40 - 45 cm sökülme vardır.	25 - 30 cm sökülme vardır.	45 - 50 cm sökülme vardır.
	Sağ Omuz	50 - 55 cm sökülme vardır.	60 - 65 cm sökülme vardır.	50 - 55 cm sökülme vardır.	40 - 45 cm sökülme vardır.	65 - 70 cm sökülme vardır.
		Sağ Duvar	25 - 30 cm sökülme vardır.	30 - 35 cm sökülme vardır.	10 - 15 cm sökülme vardır.	45 - 50 cm sökülme vardır.
		Sağ Taban				

SİMGELER:



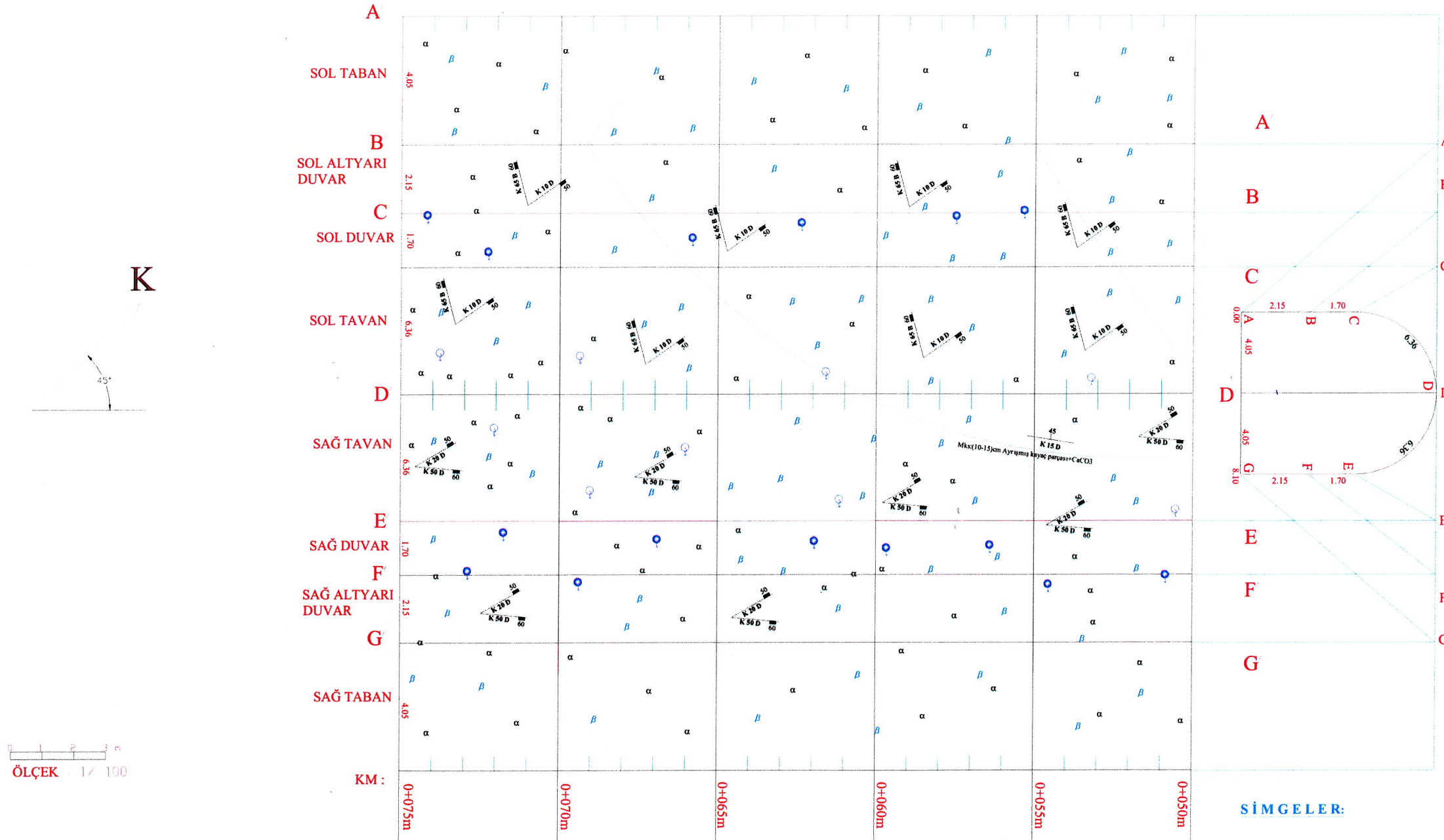
TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ
10.10.2013

HAZIRLAYAN
Seydanur TEÇMER
Jeoloji Mühendisi

Muhammet BAYRAM
Jeoloji Mühendisi

KONTROL

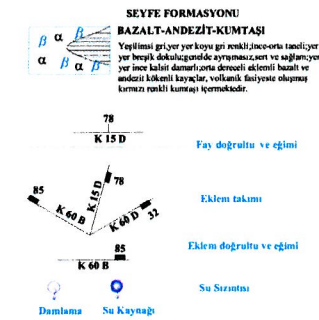
ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.



ÖLÇEK : 1 / 100

TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ		K 45 D - 0.013				
KAYACIN CİNSİ		BAZALT - ANDEZİT - KUMTAŞI				
KAYACIN AYRISMA DURUMU		W2 - W3				
KAYACIN DAYANIMI		R3-R4				
RQD:100		A : 10 RQD _p : 73 Q : 3,55 (Zayıf)				
DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI		Tip 1, İksasız ilerleme; 3,50 - 7,00 m ilerleme				
YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dk)		Damlama, Su Kaynağı: 0.5 l/dk				
SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)		K10D/45°GD:Mks(10-15cm Ayrışmış kayac parçası+CaCO ₃)				
SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (adet/m.)	Sol Duvar	K10D/50°GD:Rad,10-15cm, kapalı,pürüzlü K65B/60°GB:Rad,10-15cm , kapalı,pürüzlü				
	Tavan	K10D/50°GD:Rad,10-15cm, kapalı,pürüzlü K65B/60°GB:Rad,10-15cm , kapalı,pürüzlü				
	Sağ Duvar	K50D/60°GD:7ad,5-20cm, kapalı,pürüzlü K28D/50°KB:7ad,10-12cm, kapalı,pürüzlü				
	Sol Taban	K50D/60°GD:7ad,5-20cm, kapalı,pürüzlü K28D/50°KB:7ad,10-12cm, kapalı,pürüzlü				
	Sol Omuz	65 - 70 cm sıklıma vardır.	85 - 90 cm sıklıma vardır.	75 - 80 cm sıklıma vardır.	5 - 10 cm sıklıma vardır.	15 - 20 cm sıklıma vardır.
	Tavan	55 - 60 cm sıklıma vardır.	115 - 120 cm sıklıma vardır.	65 - 70 cm sıklıma vardır.	10 - 15 cm sıklıma vardır.	70 - 75 cm sıklıma vardır.
	Sağ Omuz	45 - 50 cm sıklıma vardır.	50 - 55 cm sıklıma vardır.	55 - 60 cm sıklıma vardır.	15 - 20 cm sıklıma vardır.	55 - 60 cm sıklıma vardır.
B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR	Sağ Duvar	65 - 70 cm sıklıma vardır.	100 - 105 cm sıklıma vardır.	85 - 90 cm sıklıma vardır.	20 - 25 cm sıklıma vardır.	55 - 60 cm sıklıma vardır.
	Sağ Duvar	85 - 90 cm sıklıma vardır.	40 - 45 cm sıklıma vardır.	25 - 30 cm sıklıma vardır.	15 - 20 cm sıklıma vardır.	65 - 70 cm sıklıma vardır.
	Sağ Taban					

SİMGELER:



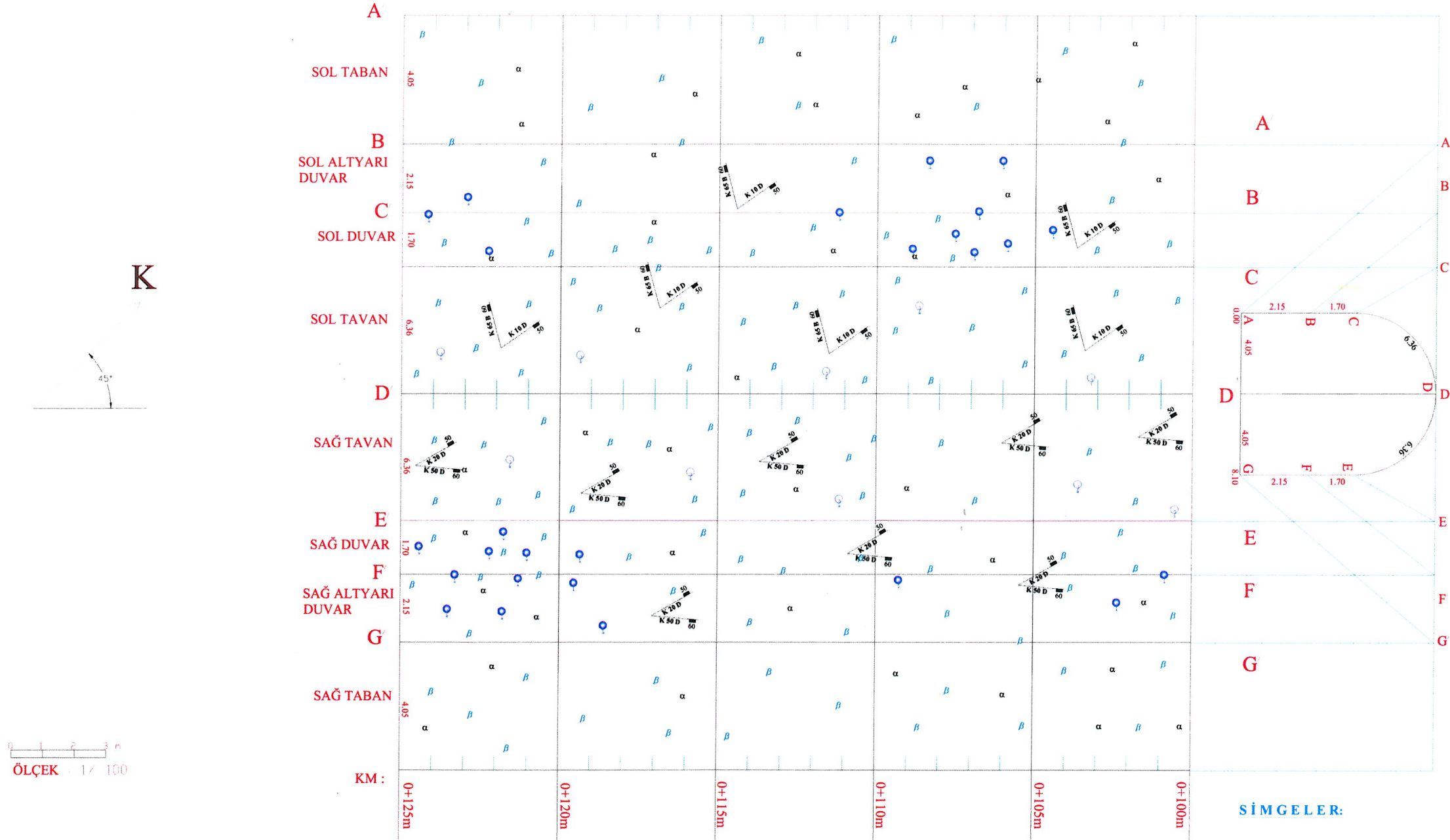
TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ
10.10.2013

HAZIRLAYAN
Şeydanur TEÇMER
Jeoloji Mühendisi

Muhammet BAYRAM
Jeoloji Mühendisi

KONTROL

ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.



TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ		K 45 D - 0.013				
KAYACIN CİNSİ		BAZALT - ANDEZİT - KUMTAŞI				
KAYACIN AYRIŞMA DURUMU		W2 - W3				
KAYACIN DAYANIMI		R3-R4				
RQD:100		RQD ₁₀ :73 RQD ₁₂ :66 Q : 14,00 (İyi)				
DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI		Tip I, İksasız ilerleme; 4,00 - 8,00 m ilerleme				
YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dak)		Damlama, Su Kaynağı: 1.5 lt/dk				
SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)		K15D/45°GD:Mks(10-15)cm Ayrışmış kayalar +CaCO ₃				
SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (adet/m.)	Sol Duvar	K10D/50°GD: 6ad, 5-15cm, kapalı, pürüzlü K65B/60°GB: 6ad, 5-15cm, kapalı, pürüzlü				
	Tavan	K10D/50°GD: 6ad, 5-15cm, kapalı, pürüzlü K65B/60°GB: 6ad, 5-15cm, kapalı, pürüzlü				
	Sağ Duvar	K50D/60°GD: 8ad, 5-12cm, kapalı, pürüzlü K20D/50°KB: 8ad, 5-12cm, kapalı, pürüzlü				
	Sağ Taban	K50D/60°GD: 8ad, 5-12cm, kapalı, pürüzlü K20D/50°KB: 8ad, 5-12cm, kapalı, pürüzlü				
B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR	Sol Duvar	35 - 40 cm sıklıkla vardır.	35 - 40 cm sıklıkla vardır.	60 - 65 cm sıklıkla vardır.	40 - 45 cm sıklıkla vardır.	15 - 20 cm sıklıkla vardır.
	Sol Omuz	90 - 95 cm sıklıkla vardır.	70 - 75 cm sıklıkla vardır.	80 - 85 cm sıklıkla vardır.	55 - 60 cm sıklıkla vardır.	100 - 105 cm sıklıkla vardır.
	Tavan	5 - 10 cm sıklıkla vardır.	50 - 55 cm sıklıkla vardır.	5 - 10 cm sıklıkla vardır.	20 - 25 cm sıklıkla vardır.	80 - 85 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Omuz	80 - 85 cm sıklıkla vardır.	90 - 95 cm sıklıkla vardır.	65 - 70 cm sıklıkla vardır.	80 - 85 cm sıklıkla vardır.	115 - 120 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Duvar	15 - 20 cm sıklıkla vardır.	70 - 75 cm sıklıkla vardır.	40 - 45 cm sıklıkla vardır.	15 - 20 cm sıklıkla vardır.	35 - 40 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Taban					

SİMGELER:



TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ

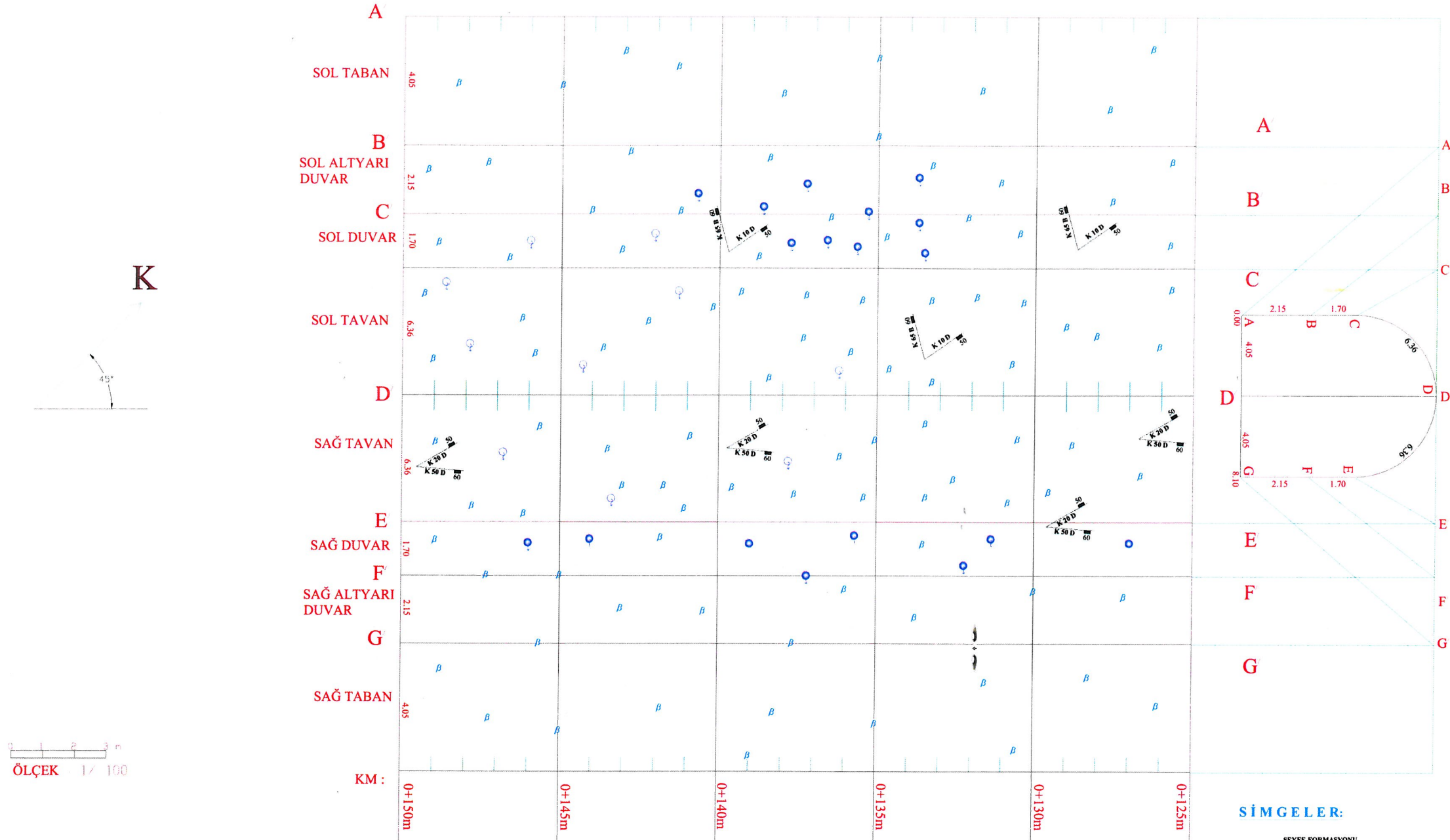
10.10.2013

HAZIRLAYAN
Şeydanur TEZİMER
Jeoloji Mühendisi

Muhammet BAYRAM
Jeoloji Mühendisi

KONTROL

ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.



TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ

KAYACIN CİNSİ

KAYACIN AYIRIŞMA DURUMU

W1:Tamam, W2:Az ayrışmış, W3:Orta ayrışmış, W4:Çok ayrışmış, W5:Tamamen ayrışmış

KAYACIN DAYANIMI

R1:Çok düşük, R2:Düşük, R3:Orta, R4:Yüksek, R5:Yüksek, R6:Yüksek, R7:Yüksek, R8:Yüksek, R9:Yüksek, R10:Yüksek

RQD:100 c² 0,1 - 1:1 metredeki süreksizlik sayısı H:Düşük L:Yatay

DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI

YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dak)

SÜREKSİZLİK veya FAY MİK ZONU KALINLIĞI (cm)

SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (adet/m.)	K15D/45°GD:Mks(10-15cm) Ayrışmış kayac parçaları CaCO3					
	Sol Duvar	Tavan	Sağ Duvar	Sol Taban	Sol Duvar	Sağ Taban
B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR	Sol Duvar	20 - 25 cm sıklıkla vardır.	70 - 75 cm sıklıkla vardır.	40 - 45 cm sıklıkla vardır.	10 - 15 cm sıklıkla vardır.	40 - 45 cm sıklıkla vardır.
	Sol Omuz	70 - 75 cm sıklıkla vardır.	100 - 105 cm sıklıkla vardır.	5 - 10 cm sıklıkla vardır.	40 - 45 cm sıklıkla vardır.	100 - 105 cm sıklıkla vardır.
	Tavan	45 - 50 cm sıklıkla vardır.	50 - 55 cm sıklıkla vardır.	5 - 10 cm sıklıkla vardır.	25 - 30 cm sıklıkla vardır.	100 - 105 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Omuz	110 - 115 cm sıklıkla vardır.	110 - 115 cm sıklıkla vardır.	85 - 90 cm sıklıkla vardır.	70 - 75 cm sıklıkla vardır.	110 - 115 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Duvar	15 - 20 cm sıklıkla vardır.	30 - 35 cm sıklıkla vardır.	45 - 50 cm sıklıkla vardır.	70 - 75 cm sıklıkla vardır.	15 - 20 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Taban					

SİMGELER:

SEYFE FORMASYONU

BAZALT-ANDEZİT-KUMTAŞI

Yerleşim grüven yer koyu gri renklidir.orta taneli yer yer beşli dokuzgenli ve yamukludur.ort ve sağlam yer yer ince kumlu damarlı.orta dereceli eklenmiş bazalt ve andezit kökleri kayalar, volkanik faaliyetler oluşmuş kurumu malı kumtaşı içermektedir.



TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ

10.10.2013

HAZIRLAYAN

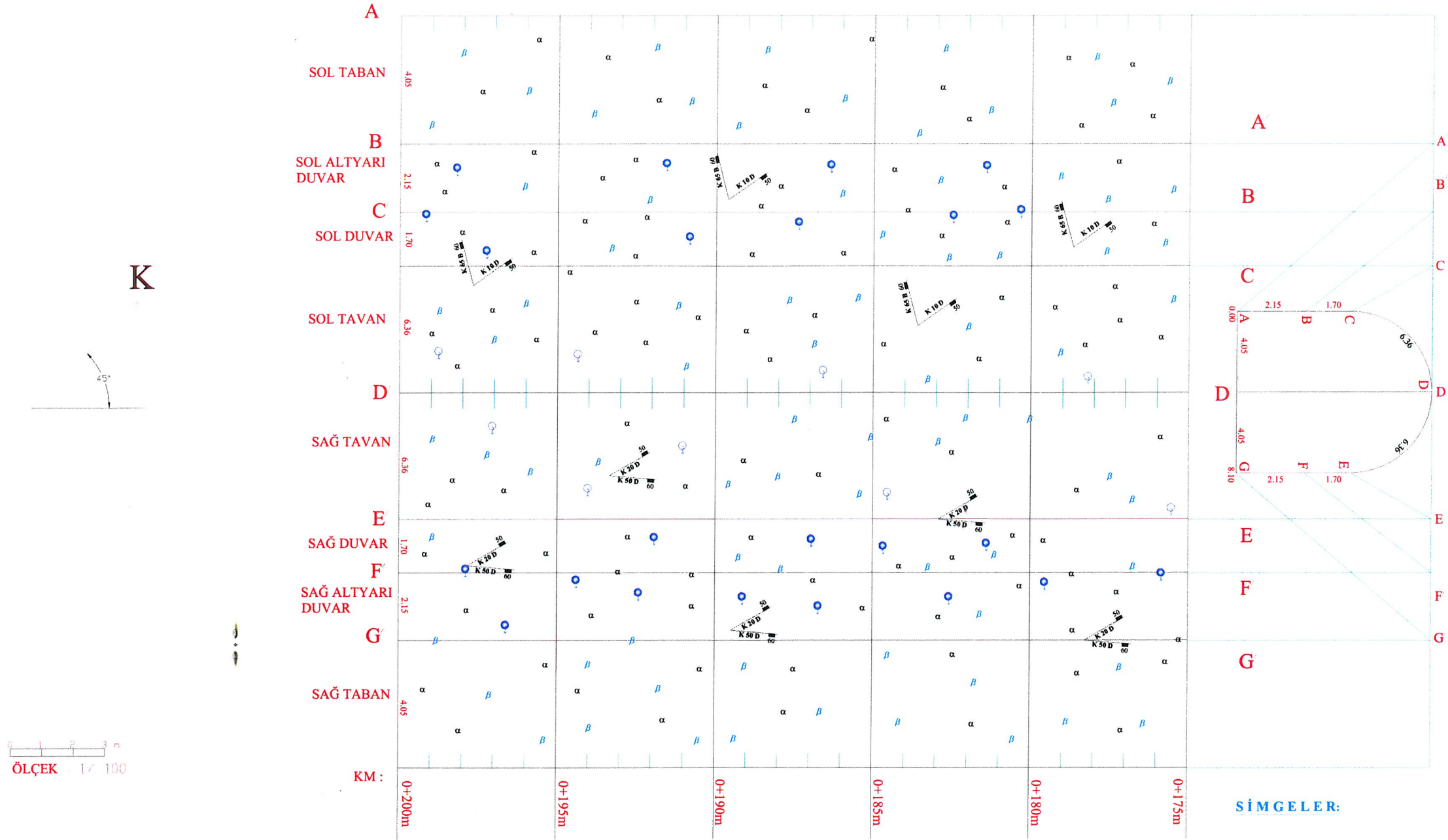
Şeydanur TEZİNER

Jeoloji Mühendisi

Muhammet BAYRAM
Jeoloji Mühendisi

KONTROL

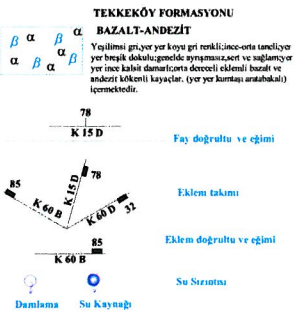
ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.



ÖLÇEK : 1/100

TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ		K 45 D - 0.013			
KAYACIN CİNSİ		BAZALT - ANDEZİT			
KAYACIN AYRISMA DURUMU		W3 - W4			
KAYACIN DAYANIMI		R4-R5			
RQD:100		A ₁ : 8 RQD: 80 Q: 15.20 (İyi)			
DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI		Tip 1, İksasız İlerleme; 3.00 - 7.50 m ilerleme			
YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dk)		Damlama, Su Kaynağı: 0.5 l/dk			
SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)		K15D/45°GD: Mks: 10-15cm Ayrışmış kayac parçası + CaCO ₃			
SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (adet/m.),	Sol Duvar	K10D/50°GD: 4ad. 5-15cm, kapalı, pürüzlü K65B/60°GB: 4ad. 5-15cm, kapalı, pürüzlü			
	Tavan	K10D/50°GD: 4ad. 5-15cm, kapalı, pürüzlü K65B/60°GB: 4ad. 5-15cm, kapalı, pürüzlü			
	Sağ Duvar	K50D/60°GD: 5ad. 5-10cm, kapalı, pürüzlü K20D/50°KB: 5ad. 10-12cm, kapalı, pürüzlü			
	Sol Taban	K50D/60°GD: 5ad. 5-10cm, kapalı, pürüzlü K20D/50°KB: 5ad. 10-12cm, kapalı, pürüzlü			
	Sol Duvar	75 - 80 cm sıklıkla vardır.	15 - 20 cm sıklıkla vardır.	40 - 45 cm sıklıkla vardır.	10 - 15 cm sıklıkla vardır.
	Sol Omuz	115 - 120 cm sıklıkla vardır.	70 - 75 cm sıklıkla vardır.	65 - 70 cm sıklıkla vardır.	65 - 70 cm sıklıkla vardır.
	Tavan	10 - 15 cm sıklıkla vardır.	20 - 25 cm sıklıkla vardır.	60 - 65 cm sıklıkla vardır.	40 - 45 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Omuz	0 - 5 cm sıklıkla vardır.	60 - 65 cm sıklıkla vardır.	55 - 60 cm sıklıkla vardır.	60 - 65 cm sıklıkla vardır.
B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR	Sağ Duvar	0 - 5 cm sıklıkla vardır.	10 - 15 cm sıklıkla vardır.	45 - 50 cm sıklıkla vardır.	15 - 20 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Taban				25 - 30 cm sıklıkla vardır.

SİMGELER:



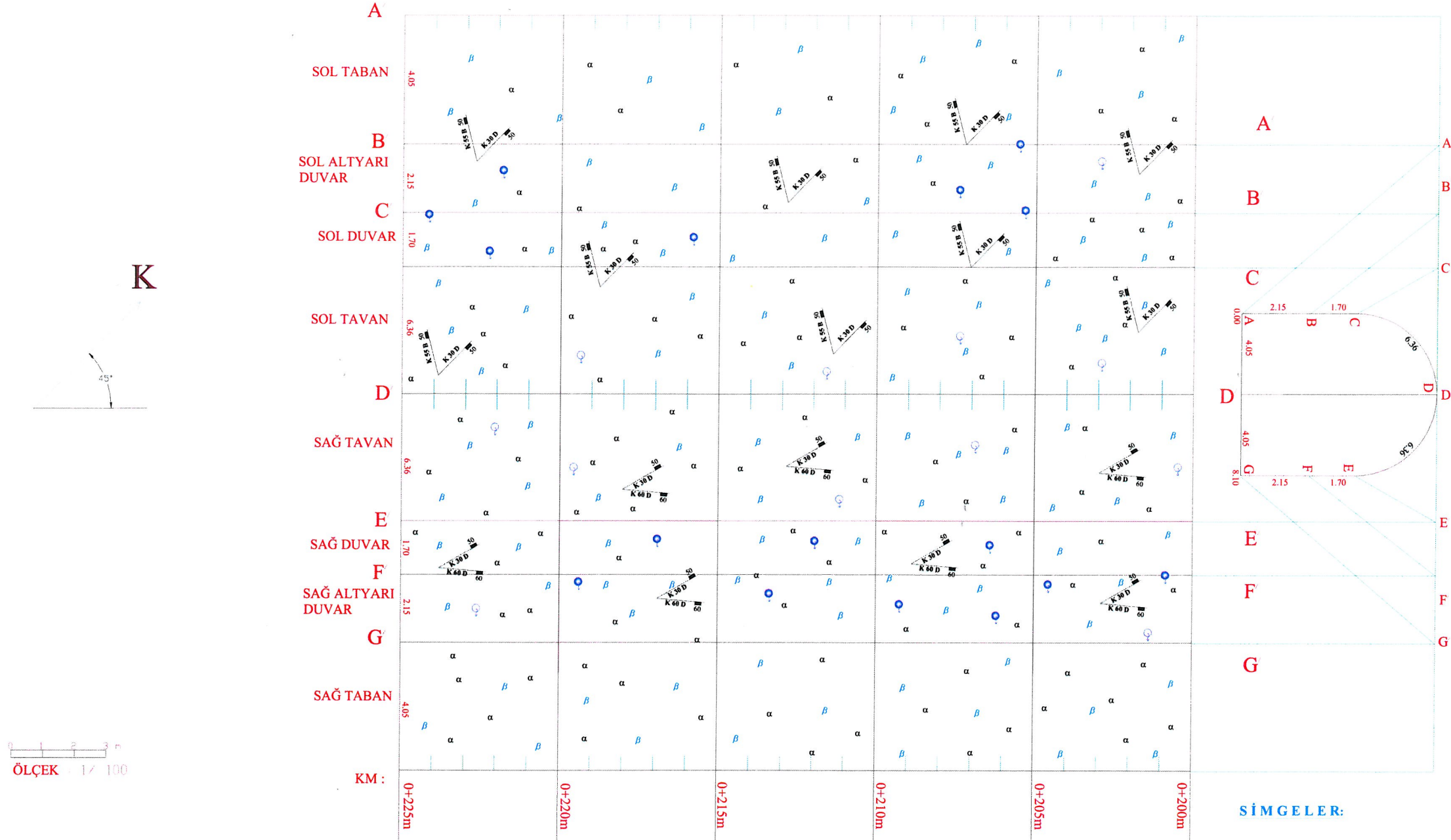
TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ
10.10.2013

HAZIRLAYAN
Şeydanur TEZİMER
Jeoloji Mühendisi

Muhammet BAYRAM
Jeoloji Mühendisi

KONTROL

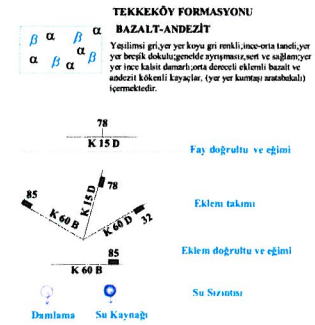
ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.



ÖLÇEK : 1 / 100

TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ		K 45 D - 0.013				
KAYACIN CİNSİ		BAZALT - ANDEZİT				
KAYACIN AYRISMA DURUMU		W2 - W3				
KAYACIN DAYANIMI		R4 - R5				
RQD:100		RQD : 84				
DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI		Tip I, İksasız ilerleme; 7.00 - 11.00 m ilerleme				
YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dak)		Damlama, Su Kaynağı: 0.5 lt/dk				
SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)		K15D/45°GD:Mks(10-15)cm Ayrışmış kayac parçaları+CaCO3				
B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR	Sol Duvar	K30D/50°GD: 9ad, 5-15cm, kapalı, pürüzlü K55B/50°GB: 9ad, 5-15cm, kapalı, pürüzlü				
	Tavan	K30D/50°GD: 9ad, 5-15cm, kapalı, pürüzlü K55B/50°GB: 9ad, 5-15cm, kapalı, pürüzlü				
	Sağ Duvar	K60D/60°GD: 7ad, 5-10cm, kapalı, pürüzlü K30D/50°KB: 7ad, 10-12cm, kapalı, pürüzlü				
	Sol Taban	K30D/50°KB: 7ad, 10-12cm, kapalı, pürüzlü				
	Sol Duvar	35 - 40 cm sökülme vardır.	45 - 50 cm sökülme vardır.	45 - 50 cm sökülme vardır.	35 - 40 cm sökülme vardır.	35 - 40 cm sökülme vardır.
	Sol Omuz	75 - 80 cm sökülme vardır.	65 - 70 cm sökülme vardır.	65 - 70 cm sökülme vardır.	70 - 75 cm sökülme vardır.	75 - 80 cm sökülme vardır.
	Tavan	25 - 30 cm sökülme vardır.	15 - 20 cm sökülme vardır.	15 - 20 cm sökülme vardır.	20 - 25 cm sökülme vardır.	20 - 25 cm sökülme vardır.
	Sağ Omuz	45 - 50 cm sökülme vardır.	50 - 55 cm sökülme vardır.	45 - 50 cm sökülme vardır.	45 - 50 cm sökülme vardır.	45 - 50 cm sökülme vardır.
	Sağ Duvar	35 - 40 cm sökülme vardır.	40 - 45 cm sökülme vardır.	40 - 45 cm sökülme vardır.	35 - 40 cm sökülme vardır.	45 - 50 cm sökülme vardır.
	Sağ Taban					

SİMGELER:



TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ

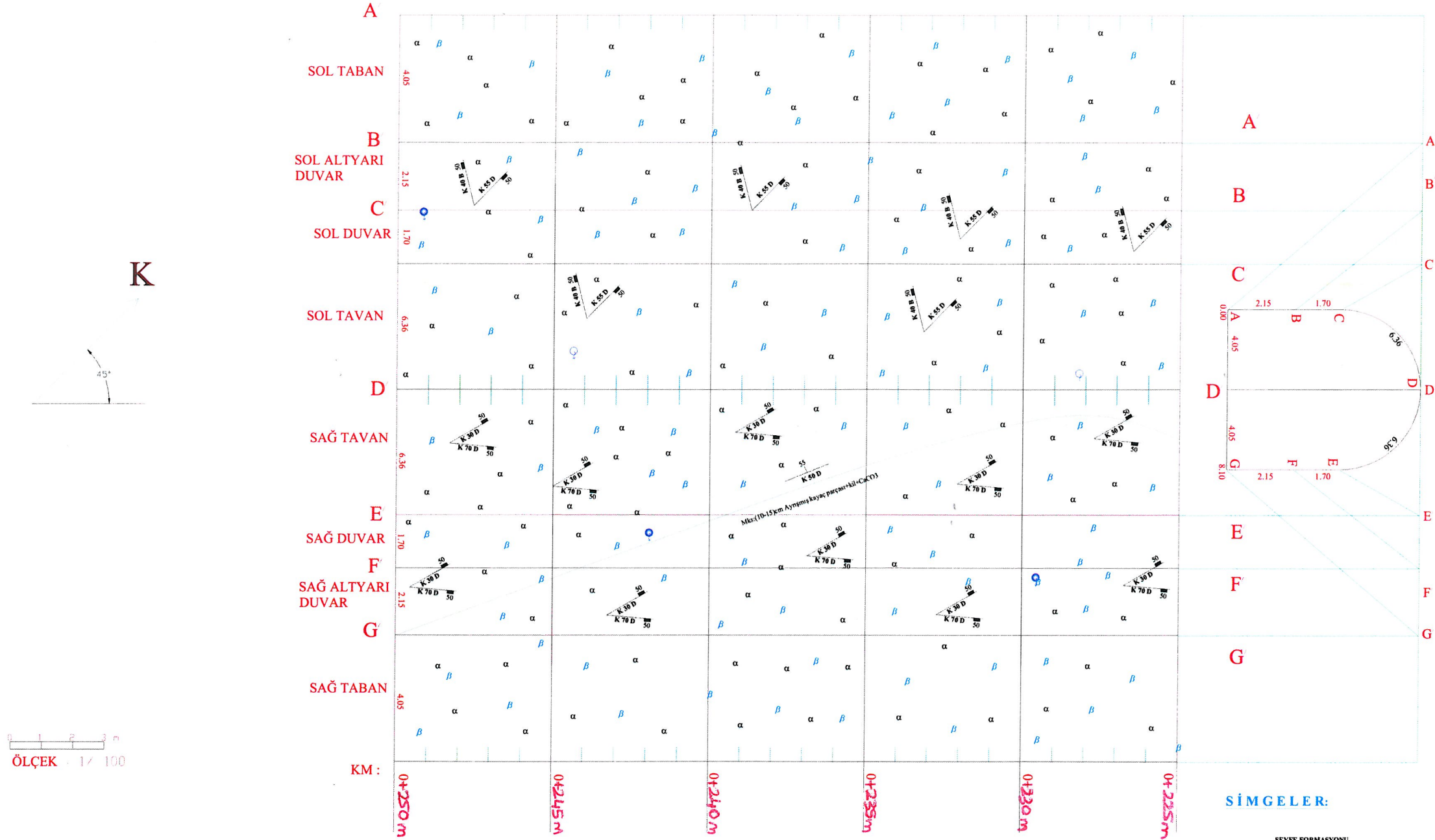
10.10.2013

HAZIRLAYAN
Şeydanur TEZİMER
Jeoloji Mühendisi

KONTROL

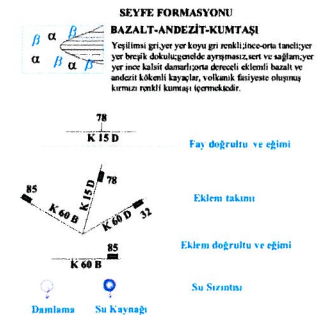
Muhammet BAYRAM
Jeoloji Mühendisi

ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.



TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ		K 45 D - 0.013				
KAYACIN CİNSİ		BAZALT - ANDEZİT				
KAYACIN AYRIŞMA DURUMU		W2 - W3				
KAYACIN DAYANIMI		R4 - R5				
RQD:100		RQD: 73				
DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI		Tip I, İksasız ilerleme; 4.00 - 7.50 m ilerleme				
YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dak)		Damlama, Su Kaynağı: 0.5 lt/dk				
SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)		K50D/55°GD: Mks (10-15)cm Ayrışmış kayac parçaları +kil+CaCO3				
SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (adet/m.)	Sol Duvar	K40D/50°GD: 6ad, 5-15cm, kapalı, pürüzlü K55B/50°GB: 6ad, 5-15cm, kapalı, pürüzlü				
	Tavan	K40D/50°GD: 6ad, 5-15cm, kapalı, pürüzlü K55B/50°GB: 6ad, 5-15cm, kapalı, pürüzlü				
B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR	Sağ Duvar	K70D/50°GD: 10ad, 5-10cm, kapalı, pürüzlü K30D/50°KB: 10ad, 10-12cm, kapalı, pürüzlü				
	Sol Taban	10 - 15 cm sıklıkla vardır.	20 - 25 cm sıklıkla vardır.	5 - 10 cm sıklıkla vardır.	25 - 30 cm sıklıkla vardır.	35 - 40 cm sıklıkla vardır.
	Sol Omuz	195 - 200 cm sıklıkla vardır.	90 - 95 cm sıklıkla vardır.	35 - 40 cm sıklıkla vardır.	40 - 45 cm sıklıkla vardır.	75 - 80 cm sıklıkla vardır.
	Tavan	125 - 130 cm sıklıkla vardır.	45 - 50 cm sıklıkla vardır.	35 - 40 cm sıklıkla vardır.	25 - 30 cm sıklıkla vardır.	25 - 30 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Omuz	145 - 150 cm sıklıkla vardır.	95 - 100 cm sıklıkla vardır.	40 - 45 cm sıklıkla vardır.	45 - 50 cm sıklıkla vardır.	45 - 50 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Duvar	15 - 20 cm sıklıkla vardır.	55 - 60 cm sıklıkla vardır.	35 - 40 cm sıklıkla vardır.	35 - 40 cm sıklıkla vardır.	35 - 40 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Taban					

SİMGELER:



TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ

10.10.2013

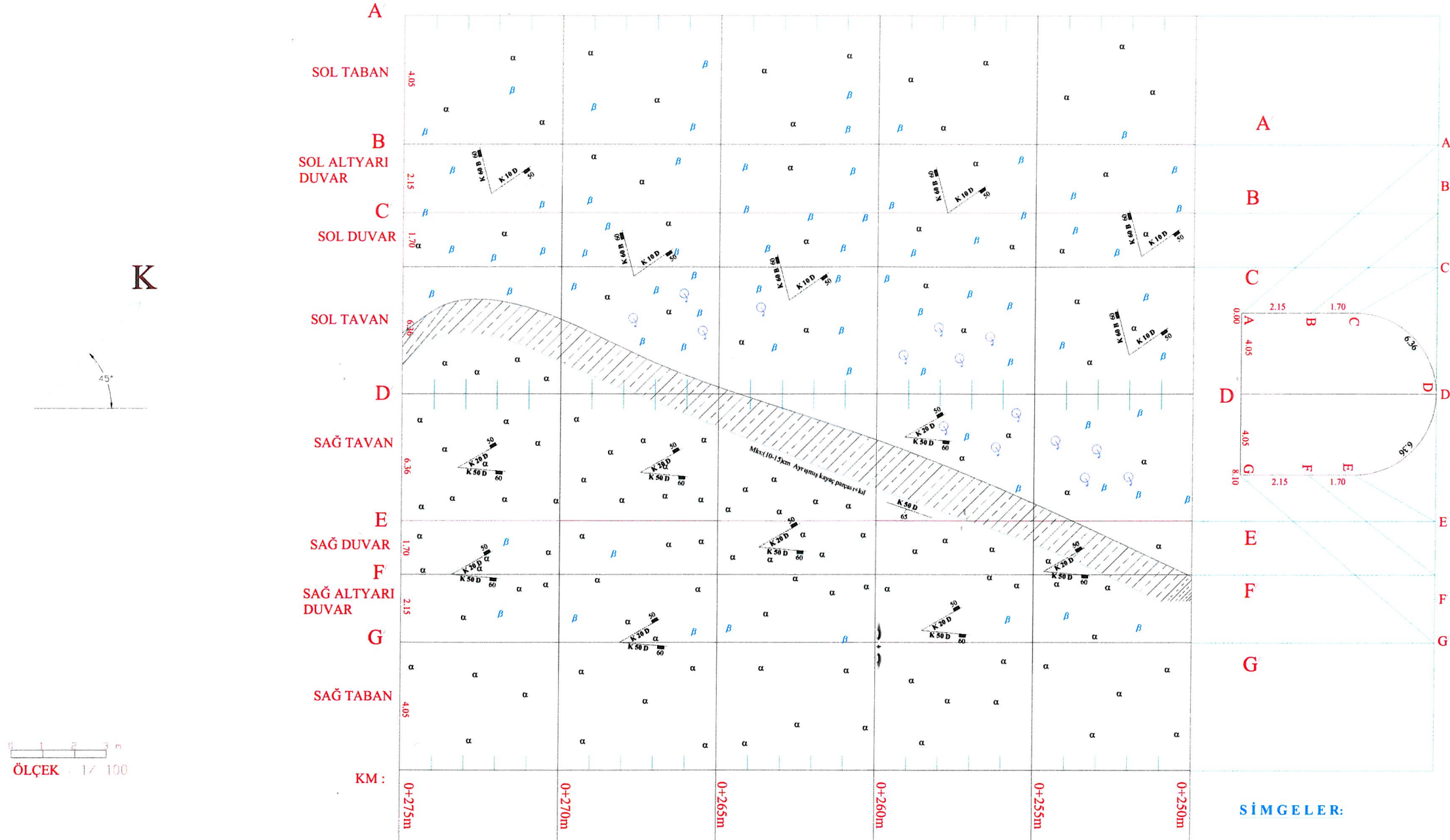
HAZIRLAYAN

Şeydanur TEÇİMER
Jeoloji Mühendisi

Muhammet BAYRAM
Jeoloji Mühendisi

KONTROL

ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.



TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ		K 45 D - 0.013			
KAYACIN CİNSİ		BAZALT - ANDEZİT			
KAYACIN AYRIŞMA DURUMU		W2 - W3			
KAYACIN DAYANIMI		R3-R4			
RQD:100		Q : 13.20 (ly)			
DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI		Tip I, İksasız; 3.80 - 7.00 m İlerleme			
YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dak)		Damlama			
SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)		K65D/65°GD-Mks:(10-15)cm Ayrışmış kayac parçası+kil			
SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (adet/m.),	Sol Duvar	K60B/60°GB:6ad.,10-15cm, kapalı,pürüzlü			
	Tavan	K10D/50°GD:6ad.,10-15cm, kapalı,pürüzlü			
	Sağ Duvar	K20D/50°KB:8ad.,10-12cm, kapalı,pürüzlü			
	Sol Taban	K15D/50°GD:8ad.,10-12cm, kapalı,pürüzlü			
B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR	Sol Duvar	75 - 80 cm sökülme vardır.	25 - 30 cm sökülme vardır.	20 - 25 cm sökülme vardır.	85 - 90 cm sökülme vardır.
	Sol Omuz	165 - 170 cm sökülme vardır.	45 - 50 cm sökülme vardır.	90 - 95 cm sökülme vardır.	85 - 90 cm sökülme vardır.
	Tavan	90 - 95 cm sökülme vardır.	70 - 75 cm sökülme vardır.	55 - 60 cm sökülme vardır.	25 - 30 cm sökülme vardır.
	Sağ Omuz	110 - 115 cm sökülme vardır.	105 - 110 cm sökülme vardır.	130 - 135 cm sökülme vardır.	55 - 60 cm sökülme vardır.
	Sağ Duvar	5 - 10 cm sökülme vardır.	10 - 15 cm sökülme vardır.	5 - 10 cm sökülme vardır.	15 - 20 cm sökülme vardır.
	Sağ Taban				35 - 40 cm sökülme vardır.

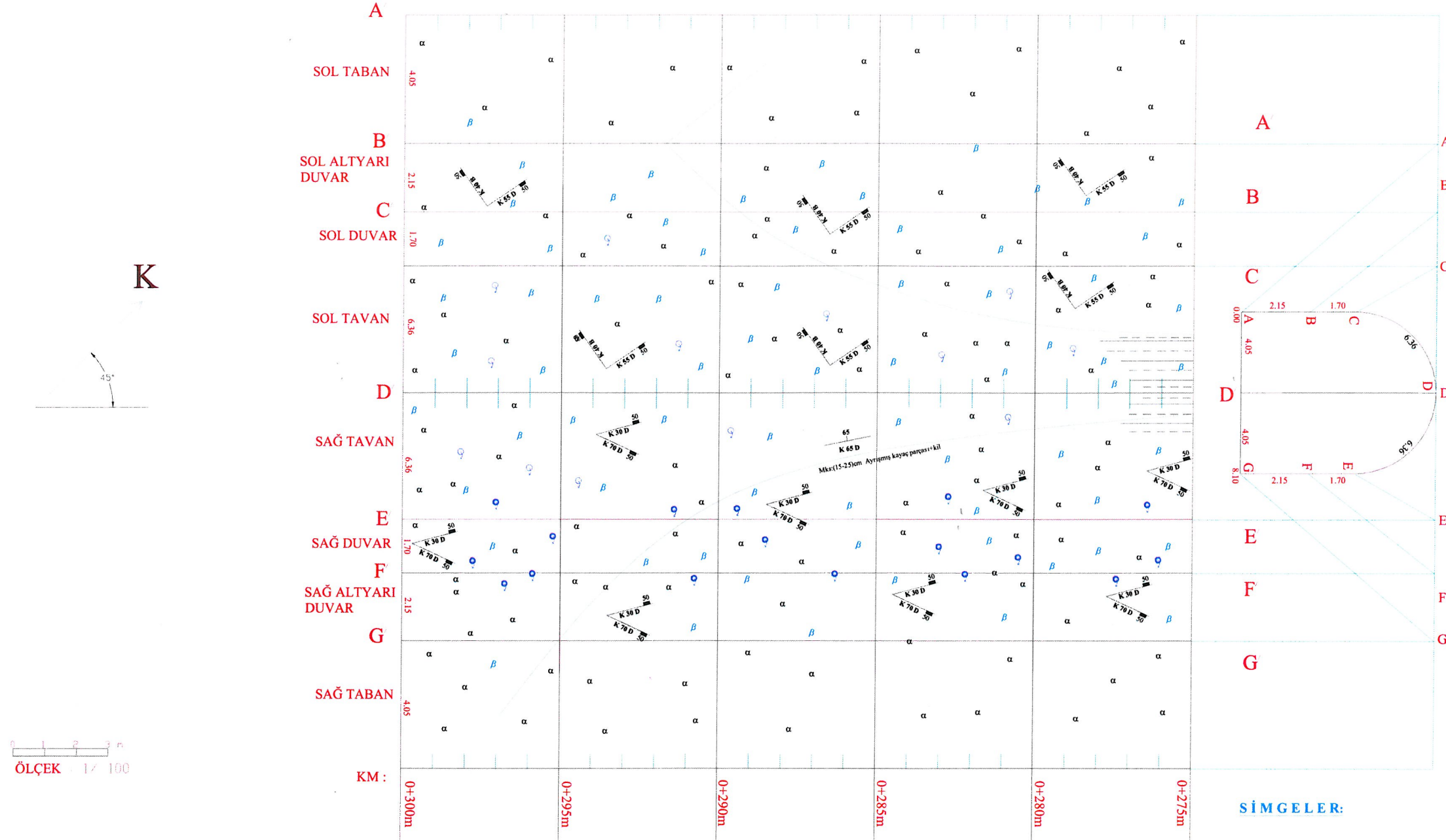
SEYFE FORMASYONU
BAZALT-ANDEZİT
Yerleşimi gri,yer yer koyu gri renkli,ince-orta taneli,yer yer breşli dokülgemide ayrılmaz,sert ve sağlam,yer yer ince katlı damarlı,yer yer orta dereceli oklinali bazalt ve andezit katmanlı kayalar,yer yer ince katlı ve kilitli-siltli damarlı, orta dereceli oklinaldir.

TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ
10.10.2013

HAZIRLAYAN
Şeydanur TEZİMER
Jeoloji Mühendisi

Muhammed BAYRAM
Jeoloji Mühendisi

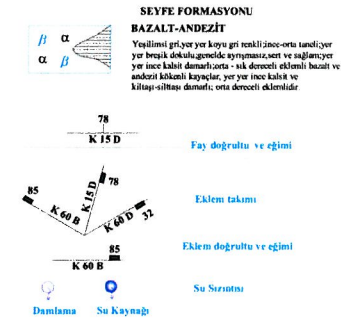
KONTROL
ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.



ÖLÇEK : 1/100

TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ		K 45 D - 0.013				
KAYACIN CİNSİ		BAZALT - ANDEZİT				
KAYACIN AYIRIŞMA DURUMU		W3 - W4				
KAYACIN DAYANIMI		R2-R3				
RQD:100		Q : 0,06 (Aşırı Derecede Zayıf)	Q : 15	Q : 16	Q : 5,40 (Orta)	
DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI		Tip III, 140'lık İksa; 2.10 - 3.30 m İlerleme				
YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dak)		Su Kaynağı: 1 lt/dak				
SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)		K65D/65°KB Mks:(15-20)cm Ayırılmış kayac parçası + kil				
SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (adet/m.)	Sol Duvar	K40B/50°GB: 6ad., 10-20 cm kapalı pürüzlü				
	Tavan	K55D/50°GD: 6ad., 5-20 cm kapalı pürüzlü				
	Sağ Duvar	K30D/50°KB: 8ad., 5-20 cm kapalı pürüzlü				
	Sol Taban	K70D/50°GD: 8ad., 5-15 cm kapalı pürüzlü				
	Sağ Taban	K70D/50°GD: 8ad., 5-15 cm kapalı pürüzlü				
B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR	Sol Duvar	20 - 25 cm sıklıkla vardır.	65 - 70 cm sıklıkla vardır.	25 - 30 cm sıklıkla vardır.	55 - 60 cm sıklıkla vardır.	15 - 20 cm sıklıkla vardır.
	Sol Omuz	35 - 40 cm sıklıkla vardır.	145 - 150 cm sıklıkla vardır.	150 - 155 cm sıklıkla vardır.	80 - 85 cm sıklıkla vardır.	120 - 125 cm sıklıkla vardır.
	Tavan	15 - 20 cm sıklıkla vardır.	90 - 95 cm sıklıkla vardır.	120 - 125 cm sıklıkla vardır.	50 - 55 cm sıklıkla vardır.	25 - 30 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Omuz	35 - 40 cm sıklıkla vardır.	125 - 130 cm sıklıkla vardır.	115 - 120 cm sıklıkla vardır.	125 - 130 cm sıklıkla vardır.	70 - 75 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Duvar	20 - 25 cm sıklıkla vardır.	35 - 40 cm sıklıkla vardır.	5 - 10 cm sıklıkla vardır.	25 - 30 cm sıklıkla vardır.	50 - 55 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Taban					

SİMGELER:



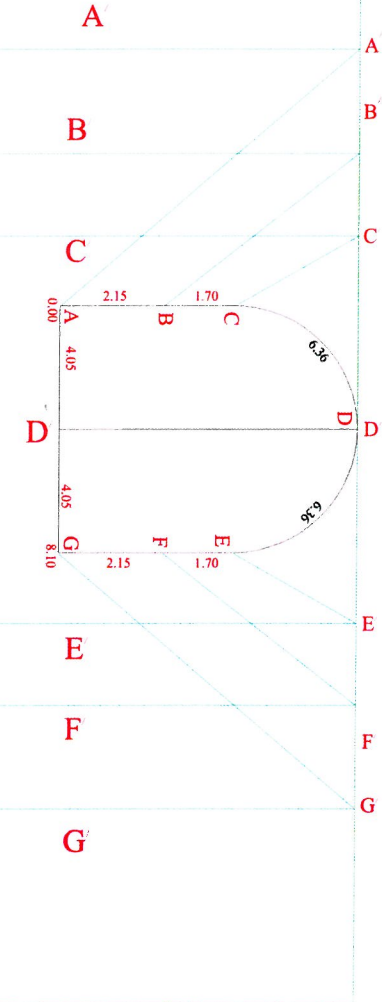
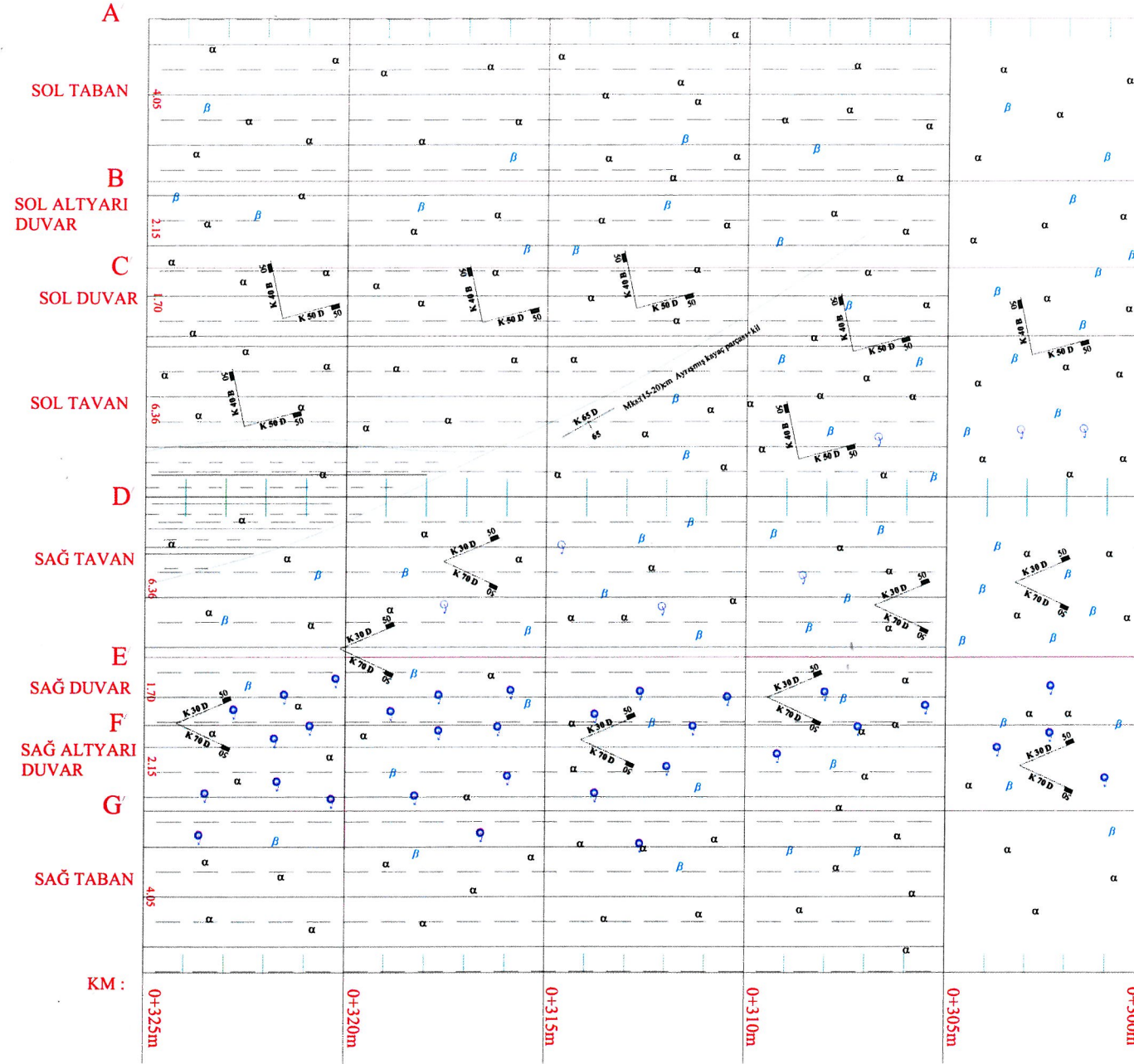
TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ
10.10.2013

HAZIRLAYAN
Şeydanur TEÇİMER
Jeoloji Mühendisi

Muhammet BAYRAM
Jeoloji Mühendisi

KONTROL

ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.



SİMGELER:



TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ
10.10.2013

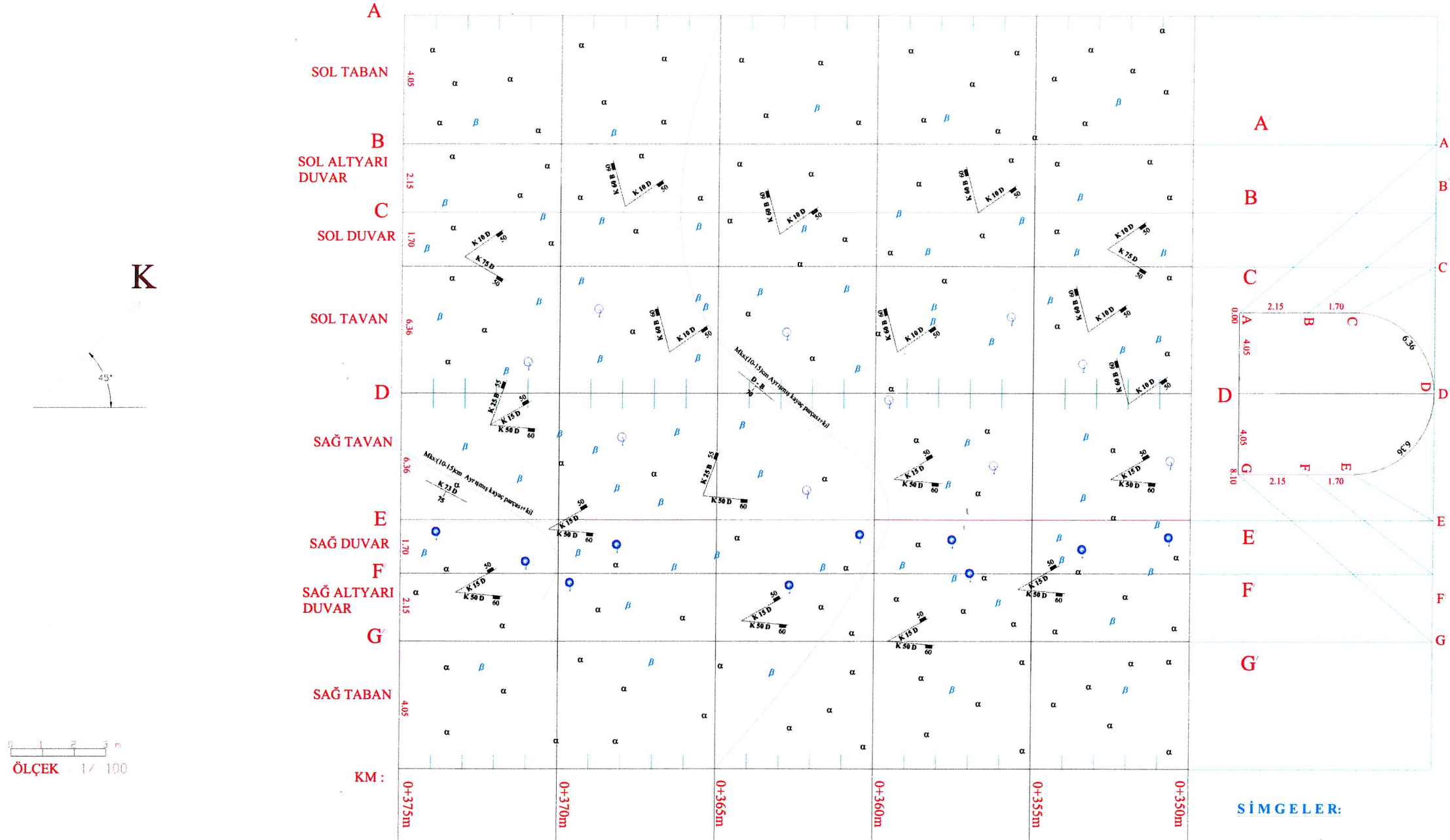
HAZIRLAYAN
Seydhanur TEKİMER
Jeolojik Mühendisi

Muhammed BAYRAM
Jeolojik Mühendisi

KONTROL

ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.

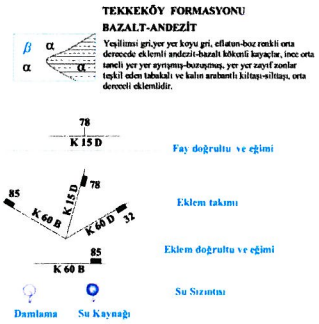
TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ		K 45 D - 0.013				
KAYACIN CİNSİ		Fay Zonu (Birbirini kesen yoğun eklem sistemleri sonucu aşın derceden killeşmiş zon)				
KAYACIN AYIRIŞMA DURUMU		BAZALT - ANDEZİT				
W1:Tane,W2:Az ayrılmış,W3:Orta ayrılmış,W4:Çok ayrılmış,W5:Tamamen ayrılmış		W3 - W4				
KAYACIN DAYANIMI		R2-R3				
RQD:100 $e^{\frac{0.1}{L}} \cdot 10^L$ ≥ 1 metredeki süreksizlik sayısı		$A_1: 15$ $RQD_1: 55$				
H:Düsey L:Yatay		$A_2: 13$ $RQD_2: 62$				
DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI		Tip IV, 200' lük İksa; 1.20 - 1.60 m İlerleme				
YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dak)		Damlama; Su Kaynağı: 1 lt/dak				
SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)		K65D/65°GD Mks:(15-20)cm Ayrılmış kayac parçası+kil				
SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (adet/m.)	Sol Duvar	K40B/50°GB: 7ad., 5-25 cm kapalı pürüzlü K50D/50°GD: 7ad., 5-25 cm kapalı pürüzlü				
	Tavan	K40B/50°GB: 7ad., 5-25 cm kapalı pürüzlü K50D/50°GD: 7ad., 5-25 cm kapalı pürüzlü	K30D/50°KB: 8ad., 5-25 cm kapalı pürüzlü K70D/50°GD: 8ad., 5-25 cm kapalı pürüzlü			
	Sağ Duvar	K30D/50°KB: 8ad., 5-25 cm kapalı pürüzlü K70D/50°GD: 8ad., 5-25 cm kapalı pürüzlü				
B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR	Sol Taban					
	Sol Duvar	30 - 35 cm sökülme vardır.	30 - 35 cm sökülme vardır.	25 - 20 cm sökülme vardır.	20 - 25 cm sökülme vardır.	25 - 30 cm sökülme vardır.
	Sol Omuz	75 - 80 cm sökülme vardır.	75 - 80 cm sökülme vardır.	55 - 60 cm sökülme vardır.	10 - 15 cm sökülme vardır.	50 - 55 cm sökülme vardır.
	Tavan	50 - 55 cm sökülme vardır.	40 - 45 cm sökülme vardır.	10 - 15 cm sökülme vardır.	10 - 15 cm sökülme vardır.	30 - 35 cm sökülme vardır.
	Sağ Omuz	90 - 95 cm sökülme vardır.	90 - 95 cm sökülme vardır.	25 - 30 cm sökülme vardır.	10 - 15 cm sökülme vardır.	40 - 45 cm sökülme vardır.
	Sağ Duvar	50 - 55 cm sökülme vardır.	50 - 55 cm sökülme vardır.	20 - 25 cm sökülme vardır.	5 - 10 cm sökülme vardır.	5 - 10 cm sökülme vardır.
	Sağ Taban					



ÖLÇEK : 1/100

TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ		BAZALT - ANDEZİT			
KAYACIN CİNSİ		W2 - W3			
KAYACIN AYRISMA DURUMU		R3-R4			
KAYACIN DAYANIMI		Q : 6,80 (Orta)			
RQD:100		A : 12 RQD :66			
DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI		Tip III, 140'lık İksa, 0.75 - 1.55 m İlerleme			
YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dk)		Damlama, Su Kaynağı: 0.5 lt/dk			
SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)		D - B/70°C: Mks(10-15)cm Ayrışmış kayac parçası+kil K75D/75°C: Mks(10-15)cm Ayrışmış kayac parçası+kil			
SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (adet/m.)	Sol Duvar	K100/50°C: 9ad, 10-15cm, kapalı, pürüzlü K40B/60°C: 9ad, 10-15cm, kapalı, pürüzlü			
	Tavan	K25B/55°C: 2 ad, 10-20cm, kapalı, pürüzlü K50D/60°C: 9ad, 5-20cm, kapalı, pürüzlü			
B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR	Sağ Duvar	K25B/55°C: 2 ad, 10-20cm, kapalı, pürüzlü K50D/60°C: 9ad, 5-20cm, kapalı, pürüzlü			
	Sol Taban	30 - 35 cm sökülme vardır.	20 - 25 cm sökülme vardır.	25 - 30 cm sökülme vardır.	25 - 30 cm sökülme vardır.
	Sol Omuz	55 - 60 cm sökülme vardır.	0 - 5 cm sökülme vardır.	40 - 45 cm sökülme vardır.	40 - 45 cm sökülme vardır.
	Tavan	5 - 10 cm sökülme vardır.	5 - 10 cm sökülme vardır.	15 - 20 cm sökülme vardır.	15 - 20 cm sökülme vardır.
	Sağ Omuz	65 - 70 cm sökülme vardır.	15 - 20 cm sökülme vardır.	30 - 35 cm sökülme vardır.	30 - 35 cm sökülme vardır.
	Sağ Duvar	35 - 40 cm sökülme vardır.	20 - 25 cm sökülme vardır.	15 - 20 cm sökülme vardır.	15 - 20 cm sökülme vardır.
	Sağ Taban				

SİMGELER:



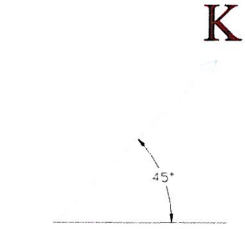
TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ
10.10.2013

HAZIRLAYAN
Seydani TEÇİMER
Jeoloji Mühendisi

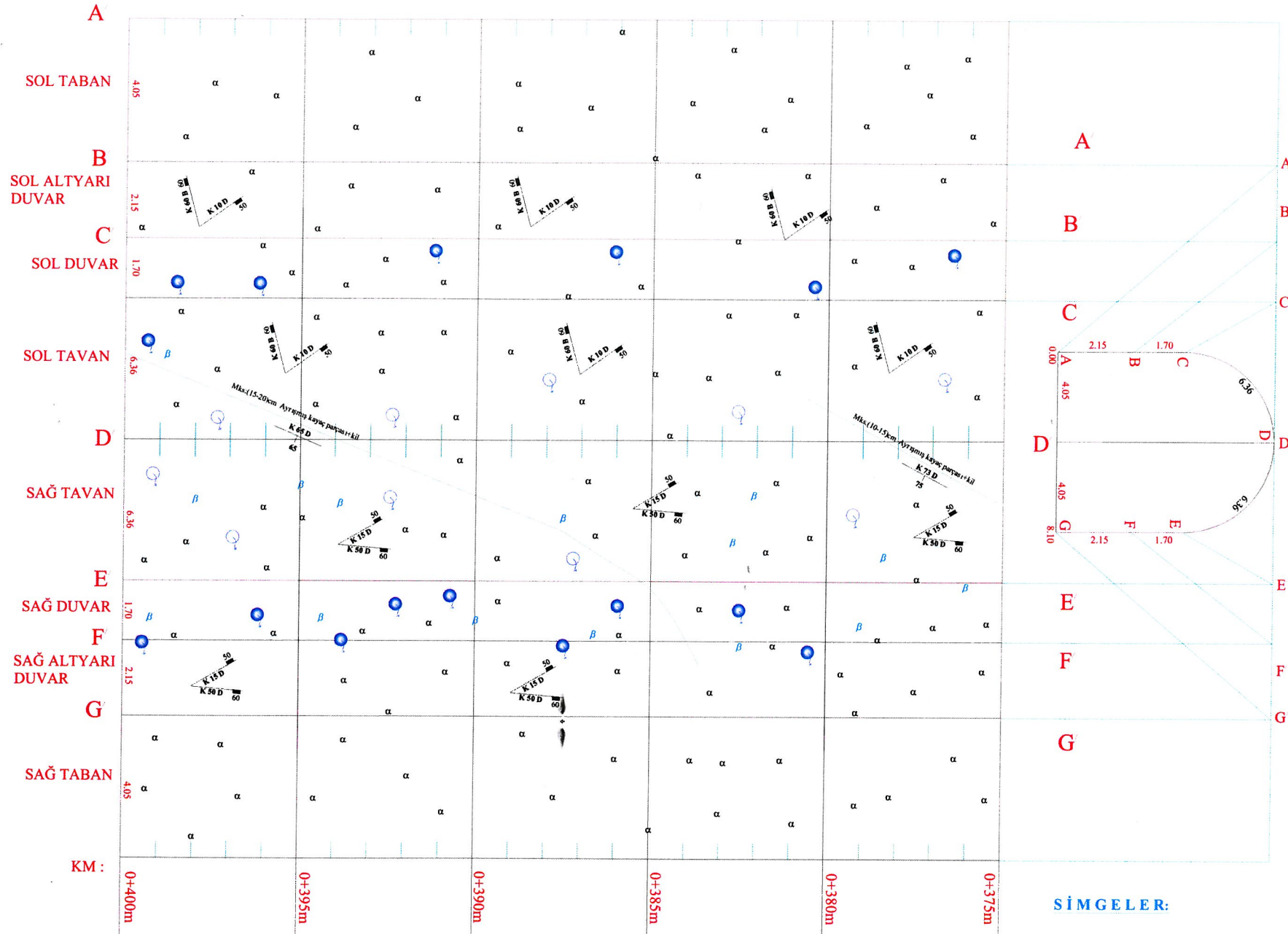
Muhammet BAYRAM
Jeoloji Mühendisi

KONTROL

ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.



ÖLÇEK 1/100



TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ		K 45 D - 0.013				
KAYACIN CİNSİ		BAZALT - ANDEZİT				
KAYACIN AYRIŞMA DURUMU		W3 - W4				
KAYACIN DAYANIMI		R2-R3				
RQD:100		A: 13 RQD: 62				
DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI		Tip IV, 200'lık İksa: 1.00 - 1.65 m İlerleme				
YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dak)		Damlatma, Su Kaynağı: 1.0 k/dk				
SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)		K65D/65°GD: Mks 15-20cm Ayrışmış kayac parçaları K75D/75°GD: Mks 10-15cm Ayrışmış kayac parçaları				
SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (adet/m.),	Sol Duvar	K10D/50°GD: 6 ad., 10-15cm, kapalı, pürüzlü K60B/60°GB: 6 ad., 10-15cm, kapalı, pürüzlü				
	Tavan	K10D/50°GD: 6 ad., 10-15cm, kapalı, pürüzlü K60B/60°GB: 6 ad., 10-15cm, kapalı, pürüzlü				
	Sağ Duvar	K30D/60°GD: 11 ad., 5-20cm, kapalı, pürüzlü K15D/50°KB: 10 ad., 10-12cm, kapalı, pürüzlü				
	Sol Taban					
	Sol Duvar	40 - 45 cm sıklıkla vardır.	25 - 30 cm sıklıkla vardır.	40 - 45 cm sıklıkla vardır.	10 - 15 cm sıklıkla vardır.	30 - 35 cm sıklıkla vardır.
	Sol Omuz	55 - 60 cm sıklıkla vardır.	75 - 80 cm sıklıkla vardır.	85 - 90 cm sıklıkla vardır.	45 - 50 cm sıklıkla vardır.	55 - 60 cm sıklıkla vardır.
	Tavan	75 - 80 cm sıklıkla vardır.	75 - 80 cm sıklıkla vardır.	135 - 140 cm sıklıkla vardır.	75 - 80 cm sıklıkla vardır.	15 - 20 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Omuz	40 - 45 cm sıklıkla vardır.	40 - 45 cm sıklıkla vardır.	40 - 45 cm sıklıkla vardır.	100 - 105 cm sıklıkla vardır.	65 - 70 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Duvar	10 - 15 cm sıklıkla vardır.	10 - 15 cm sıklıkla vardır.	10 - 15 cm sıklıkla vardır.	60 - 65 cm sıklıkla vardır.	35 - 40 cm sıklıkla vardır.
	Sağ Taban					

SİMGELER:



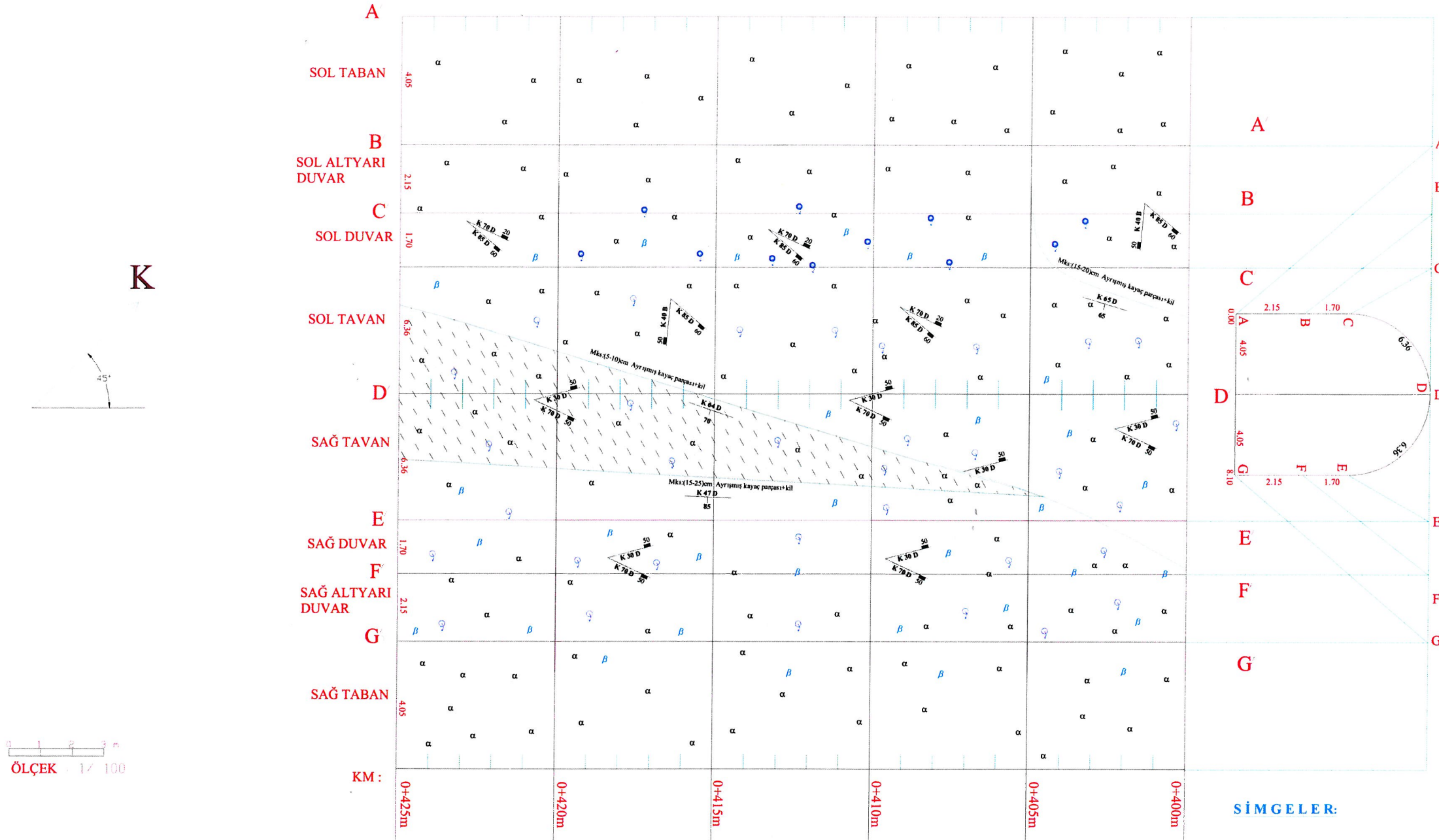
TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ
10.10.2013

HAZIRLAYAN
Şeydanur TÖRCİMER
Jeolojik Mühendisi

KONTROL

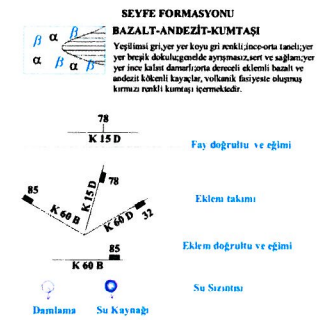
Muhammet BAYRAM
Jeolojik Mühendisi

ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.



TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ		K 45 D - 0.013			
KAYACIN CİNSİ		BAZALT - ANDEZİT			
KAYACIN AYRIŞMA DURUMU		W3 - W4			
KAYACIN DAYANIMI		R2-R3			
RQD:100		A ₁ : 17 RQD ₁ : 49 A ₂ : 15 RQD ₂ : 55 Q: 5.10 (Orta)			
DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI		Tip III, 140' luk lksa; 0.50 - 1.40 m İlerleme			
YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dak)		Damlama; Su Kaynağı: 1 lt/dk			
SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)		K64D/70°GD Mks:(15-20)cm Ayrışmış kayaç parçası+kil K47D/85°GD Mks:(15-25)cm Ayrışmış kayaç parçası+kil			
SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (adet/m.)	Sol Duvar	K40B/50°GB: 2ad., 10-20 cm kapalı pürüzlü K85D/60°GD: 5ad., 10-20 cm kapalı pürüzlü K70D/20°KB: 3ad., 5-25 cm kapalı pürüzlü			
	Tavan	K40B/50°GB: 2ad., 10-20 cm kapalı pürüzlü K85D/60°GD: 5ad., 10-20 cm kapalı pürüzlü K70D/20°KB: 3ad., 5-25 cm kapalı pürüzlü			
	Sağ Duvar	K30D/50°KB: 6ad., 5-20 cm kapalı pürüzlü K70D/50°GD: 5ad., 5-15 cm kapalı pürüzlü			
	Sol Taban	K30D/50°KB: 6ad., 5-20 cm kapalı pürüzlü K70D/50°GD: 5ad., 5-15 cm kapalı pürüzlü			
B HATTI DIŞINA TAŞAN KAZILAR	Sol Duvar	15 - 20 cm sökülme vardır.	10 - 15 cm sökülme vardır.	65 - 70 cm sökülme vardır.	40 - 45 cm sökülme vardır.
	Sol Omuz	30 - 35 cm sökülme vardır.	60 - 65 cm sökülme vardır.	275 - 280 cm sökülme vardır.	250 - 255 cm sökülme vardır.
	Tavan	50 - 55 cm sökülme vardır.	65 - 70 cm sökülme vardır.	145 - 150 cm sökülme vardır.	145 - 150 cm sökülme vardır.
	Sağ Omuz	20 - 25 cm sökülme vardır.	50 - 55 cm sökülme vardır.	85 - 90 cm sökülme vardır.	70 - 75 cm sökülme vardır.
	Sağ Duvar	5 - 10 cm sökülme vardır.	5 - 10 cm sökülme vardır.	45 - 50 cm sökülme vardır.	60 - 65 cm sökülme vardır.
	Sağ Taban				0 - 5 cm sökülme vardır.

SİMGELER:



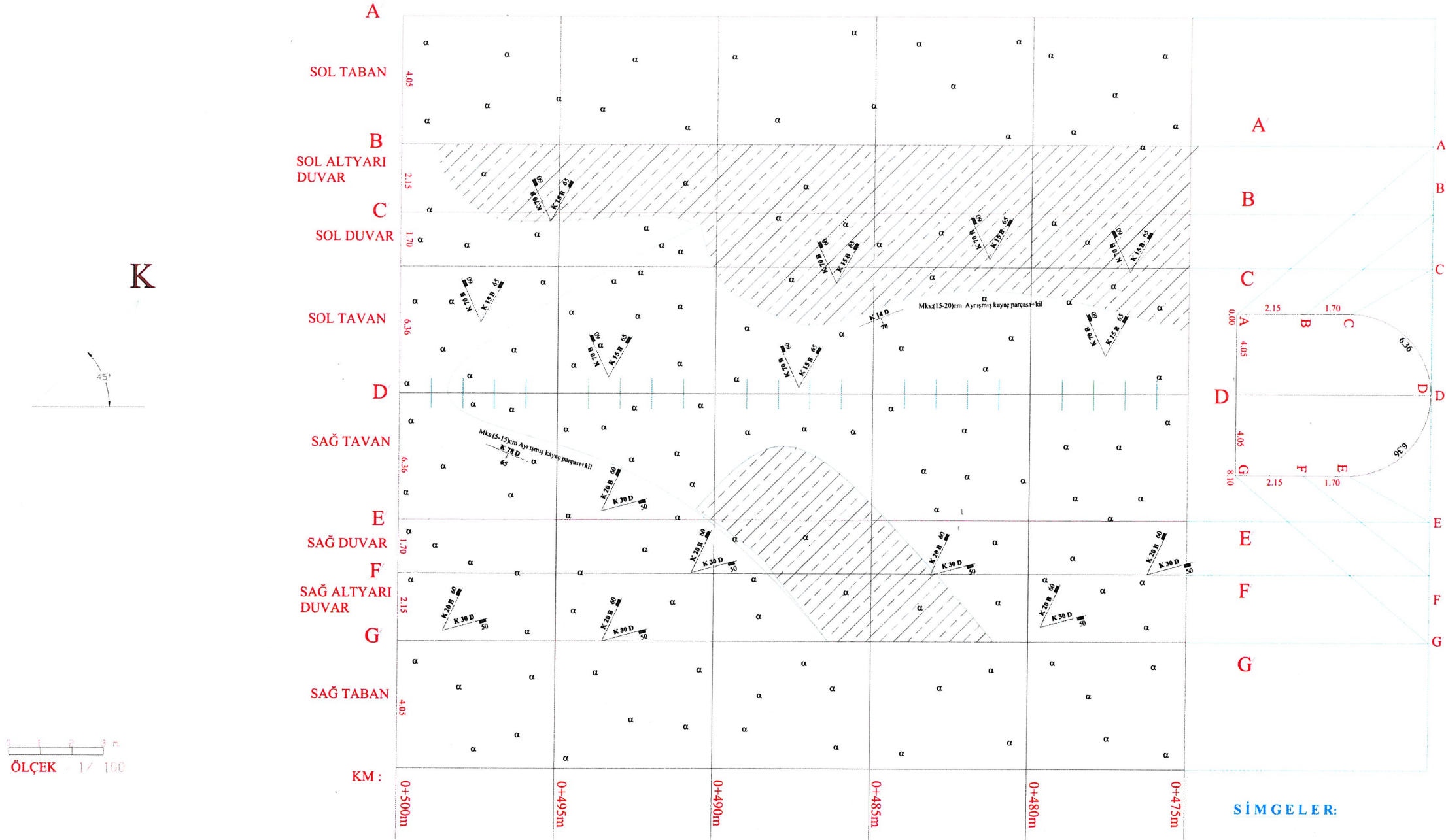
TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ
10.10.2013

HAZIRLAYAN
Seyhan T. CİMER
Jeoloji Mühendisi

KONTROL

Muhammed BAYRAM
Jeoloji Mühendisi

ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.



TÜNEL DOĞRULTUSU VE EĞİMİ		K 45 D - 0.013			
KAYACIN CİNSİ		ANDEZİT - KİLTAŞI			
KAYACIN AYRIŞMA DURUMU		W3 - W4			
KAYACIN DAYANIMI		R1 - R2			
R1 Ca aralığı : 40-250 Kgm/cm ² R2 : 250-500 Kgm/cm ² R3 : Orta 500-1000 Kgm/cm ² R4 : 1000-1500 Kgm/cm ² R5 : Çok 1500-2000 Kgm/cm ² R6 : Çok fazla 2000 Kgm/cm ² ve üzeri		R1		R1 - R2	
RQD:100 e ² 0,1) + 1) : 1 metredeki süreksizlik sayısı H:Dikey L:Yatay		A _h : 22 RQD _h : 35 A _l : 25 RQD _l : 28		A _h : 23 RQD _h : 33 A _l : 25 RQD _l : 28	
DESTEKLEME TİPİ VE ARALIĞI		Tipe III, NP1-140 Profili (0-1.3m aralıklı) - 15 cm shortcrete + 2 Sıra 15x15 cm çetlik aşıklık - 5 çetlik basır		Tipe IV, NP1-200 Profili (0.0-1.45m aralıklı) - 2 Sıra 15x15 cm çetlik aşıklık - 5 çetlik basır	
YER ALTI SUYU DURUMU ve MİKTARI (L/dak)					
SÜREKSİZLİK veya FAY Mks ZONU KALINLIĞI (cm)		K:100cm ² /GSD Mks : 0-15 cm Ayrıntı Kayaç parçası : 100 K:100 cm ² /GSD Mks : 0-15 cm Ayrıntı Kayaç parçası : 100			
SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (adet/m.)		K:110cm ² /GSD Mks : 0-15 cm Ayrıntı Kayaç parçası : 100 K:100 cm ² /GSD Mks : 0-15 cm Ayrıntı Kayaç parçası : 100			
Sol Duvar		K:110cm ² /GSD Mks : 0-15 cm Ayrıntı Kayaç parçası : 100 K:100 cm ² /GSD Mks : 0-15 cm Ayrıntı Kayaç parçası : 100			
Tavan		K:110cm ² /GSD Mks : 0-15 cm Ayrıntı Kayaç parçası : 100 K:100 cm ² /GSD Mks : 0-15 cm Ayrıntı Kayaç parçası : 100			
Sağ Duvar		K:110cm ² /GSD Mks : 0-15 cm Ayrıntı Kayaç parçası : 100 K:100 cm ² /GSD Mks : 0-15 cm Ayrıntı Kayaç parçası : 100			
Sol Taban		K:110cm ² /GSD Mks : 0-15 cm Ayrıntı Kayaç parçası : 100 K:100 cm ² /GSD Mks : 0-15 cm Ayrıntı Kayaç parçası : 100			
Sol Duvar		0 - 5 cm sıklıkla vardır.			
Sol Omuz		20 - 30 cm sıklıkla vardır.			
Tavan		40 - 50 cm sıklıkla vardır.			
Sağ Omuz		10 - 15 cm sıklıkla vardır.			
Sağ Duvar		0 - 5 cm sıklıkla vardır.			
Sağ Taban					

SİMGELER:



TEPEKİŞLA BARAJI VE HES PROJESİ

10.10.2013

HAZIRLAYAN
Şeydanur TACİMER
Jeoloji Mühendisi

KONTROL

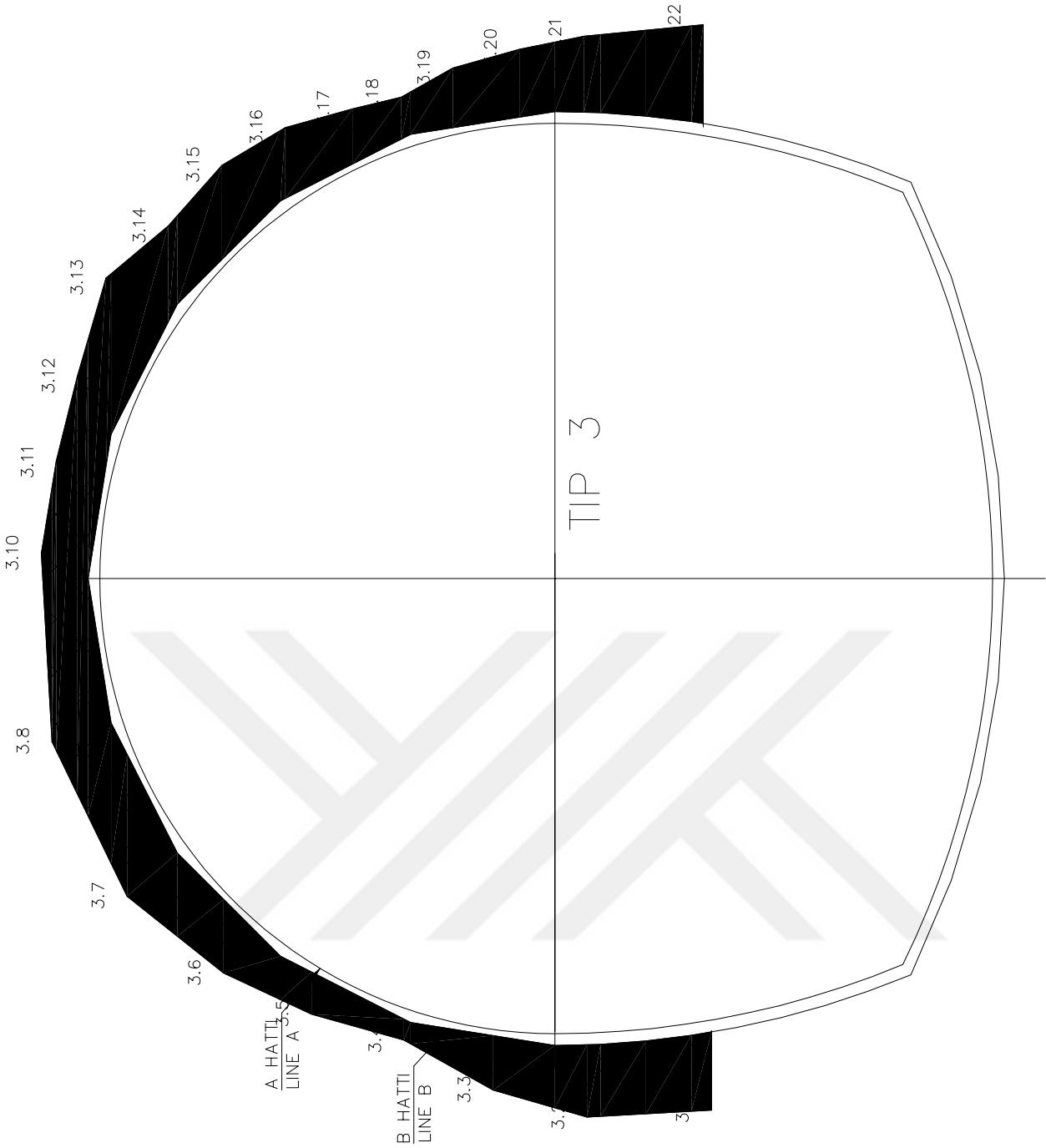
Muhammet BAYRAM
Jeoloji Mühendisi

ARK ENERJİ ÜRETİMİ SAN. VE TİC. A. Ş.

EK-5. Derivasyon tüneli 7 bölgede alınan deformasyon kesitleri

KM=0+30

NoktaNo	Y	X
3.1	-4.555	219.764
3.2	-4.614	220.830
3.3	-4.384	221.634
3.4	-3.955	222.398
3.5	-3.733	223.192
3.6	-3.381	223.945
3.7	-2.723	224.771
3.8	-1.399	225.415
3.10	0.214	225.507
3.11	1.007	225.377
3.12	1.732	225.196
3.13	2.574	224.953
3.14	3.019	224.418
3.15	3.540	223.958
3.16	3.863	223.416
3.17	4.023	222.842
3.18	4.124	222.423
3.19	4.373	221.981
3.20	4.534	221.410
3.21	4.646	220.855
3.22	4.745	219.834

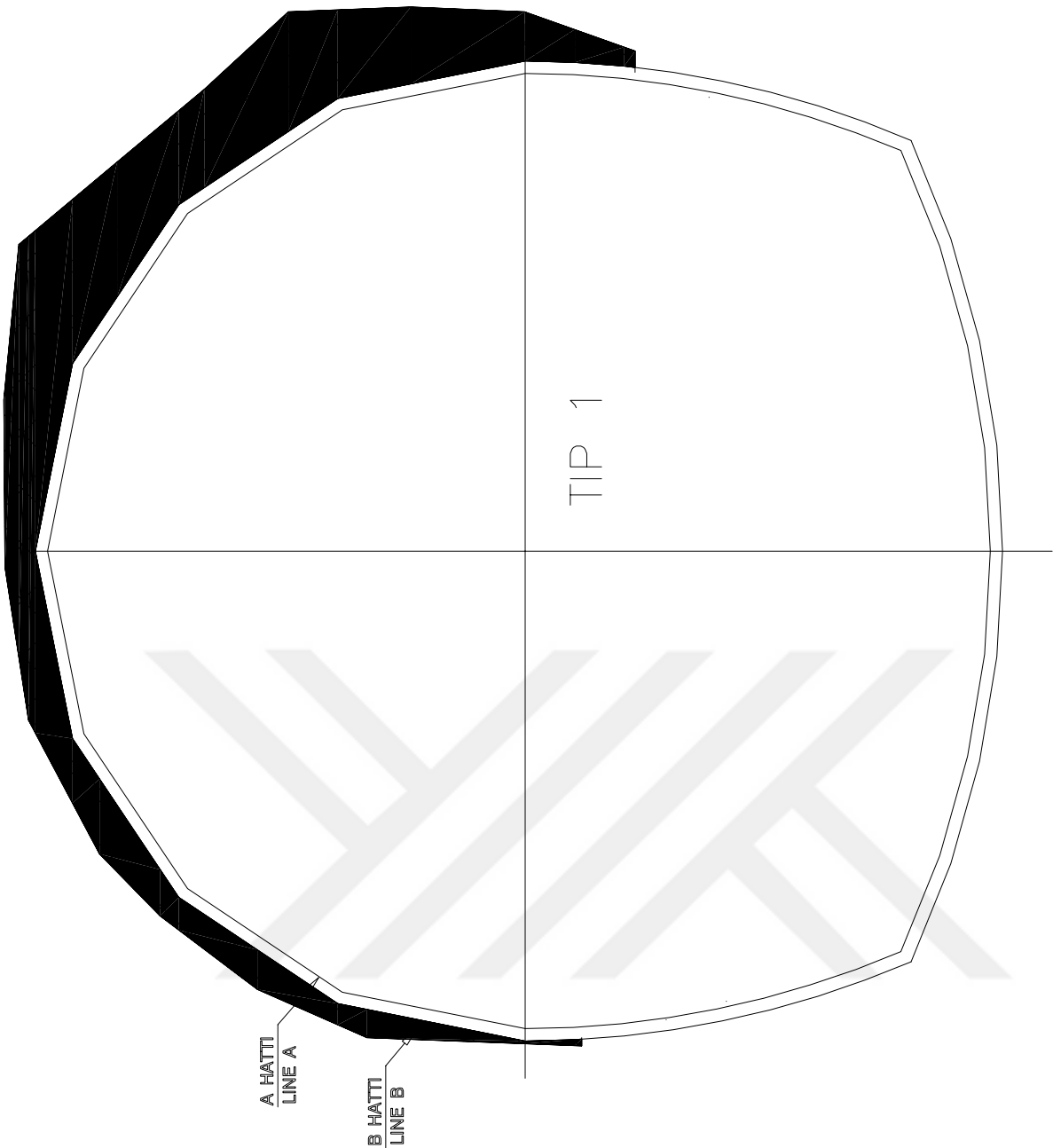


7,845 m2

$KM=0+90$

NoktaNo	Y	X
90.1	3.659	219.481
90.2	4.032	220.079
90.3	4.347	220.969
90.4	4.385	221.887
90.5	4.348	222.875
90.6	3.721	223.553
90.7	3.136	224.255
90.8	2.472	225.047
90.9	1.219	225.168
90.10	-0.129	225.160
90.11	-1.364	224.969
90.12	-2.443	224.396
90.13	-2.941	223.909
90.14	-3.534	223.125
90.15	-3.924	222.241
90.17	-3.989	220.510
90.18	-3.780	219.826
90.19	-3.630	219.342

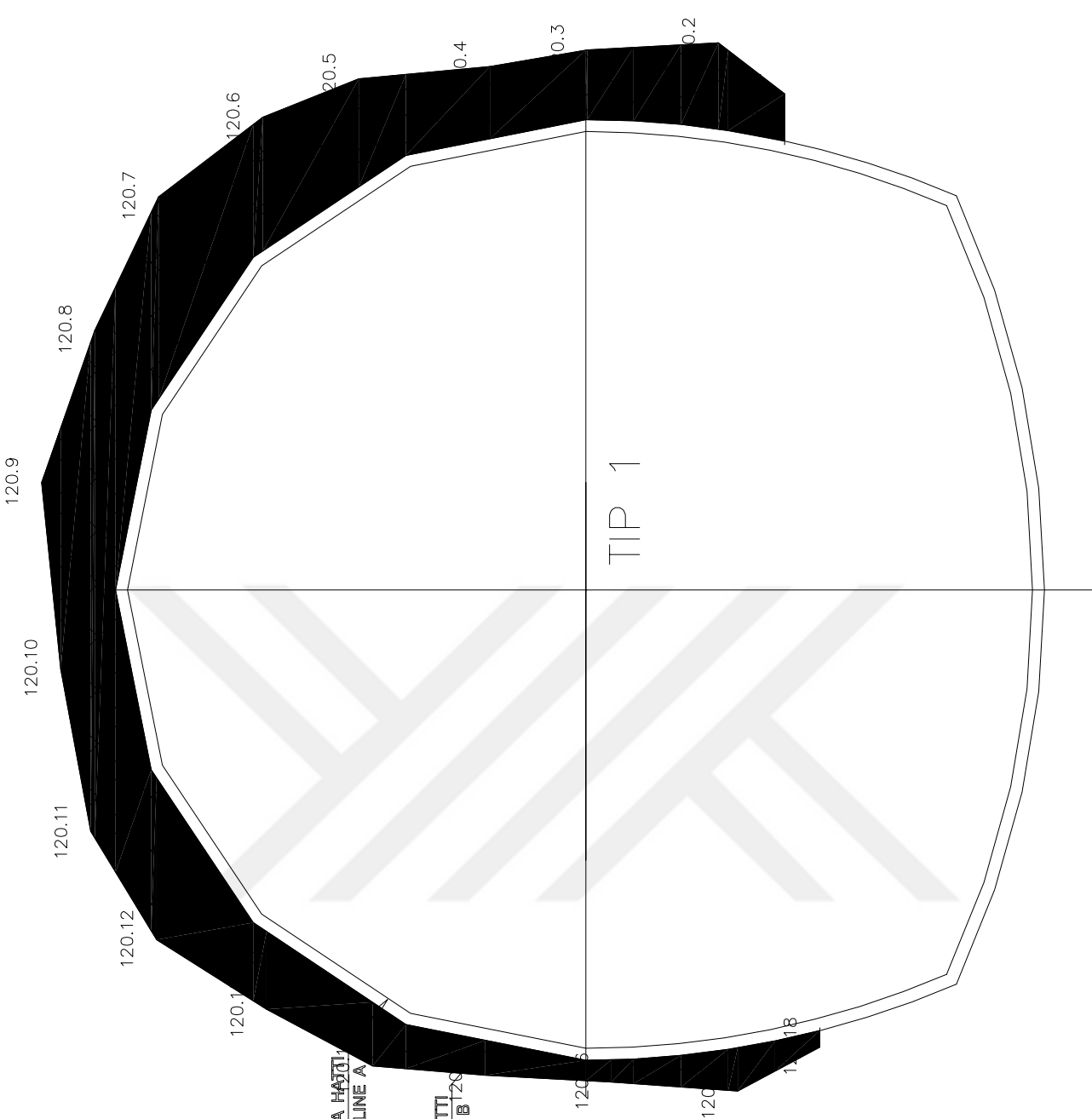
5.699 m2



KM=0+120

NoktaNo	Y	X
120.1	4.167	219.225
120.2	4.596	219.783
120.3	4.535	220.884
120.4	4.395	221.702
120.5	4.293	222.802
120.6	3.970	223.608
120.7	3.302	224.412
120.8	2.180	225.018
120.9	0.902	225.466
120.10	-0.664	225.306
120.11	-2.026	225.054
120.12	-2.939	224.500
120.13	-3.523	223.576
120.14	-3.998	222.685
120.15	-4.075	221.740
120.16	-4.133	220.679
120.17	-4.210	219.619
120.18	-3.841	218.930

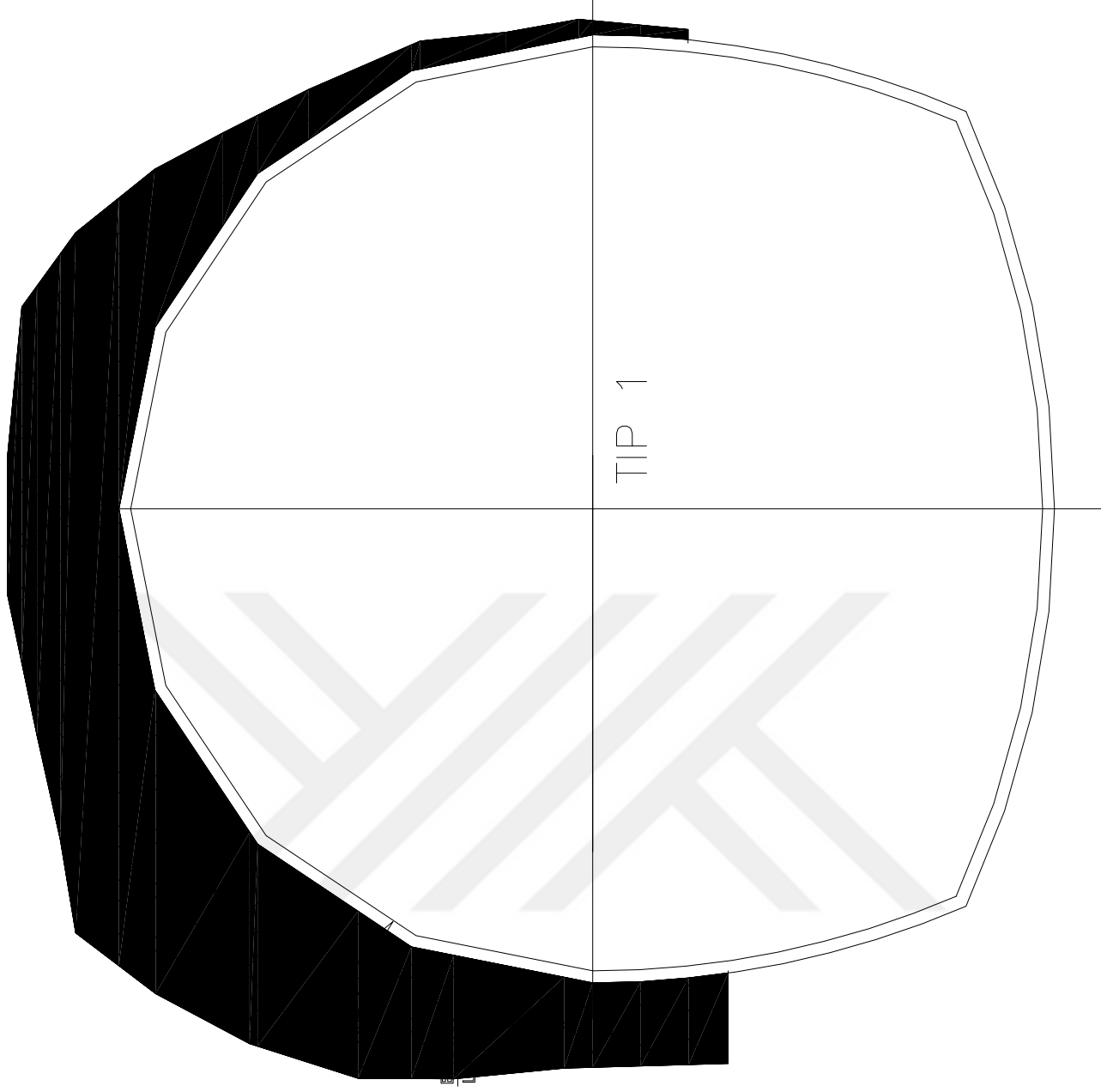
9.993 m2



KM=0+275

NoktaNo	Y	X
275.1	-4.622	218.803
275.2	-4.660	220.170
275.3	-4.750	221.091
275.4	-4.745	221.887
275.5	-4.455	222.791
275.6	-4.040	223.574
275.7	-3.533	224.242
275.8	-2.756	224.370
275.9	-1.886	224.563
275.10	-0.720	224.808
275.11	0.443	224.810
275.12	1.683	224.689
275.13	2.300	224.240
275.14	2.829	223.582
275.15	3.133	223.013
275.16	3.495	222.299
275.17	3.897	221.369
275.18	3.971	220.654
275.19	4.079	220.048
275.20	3.994	219.137

13.341 m2



$KM=0+340$

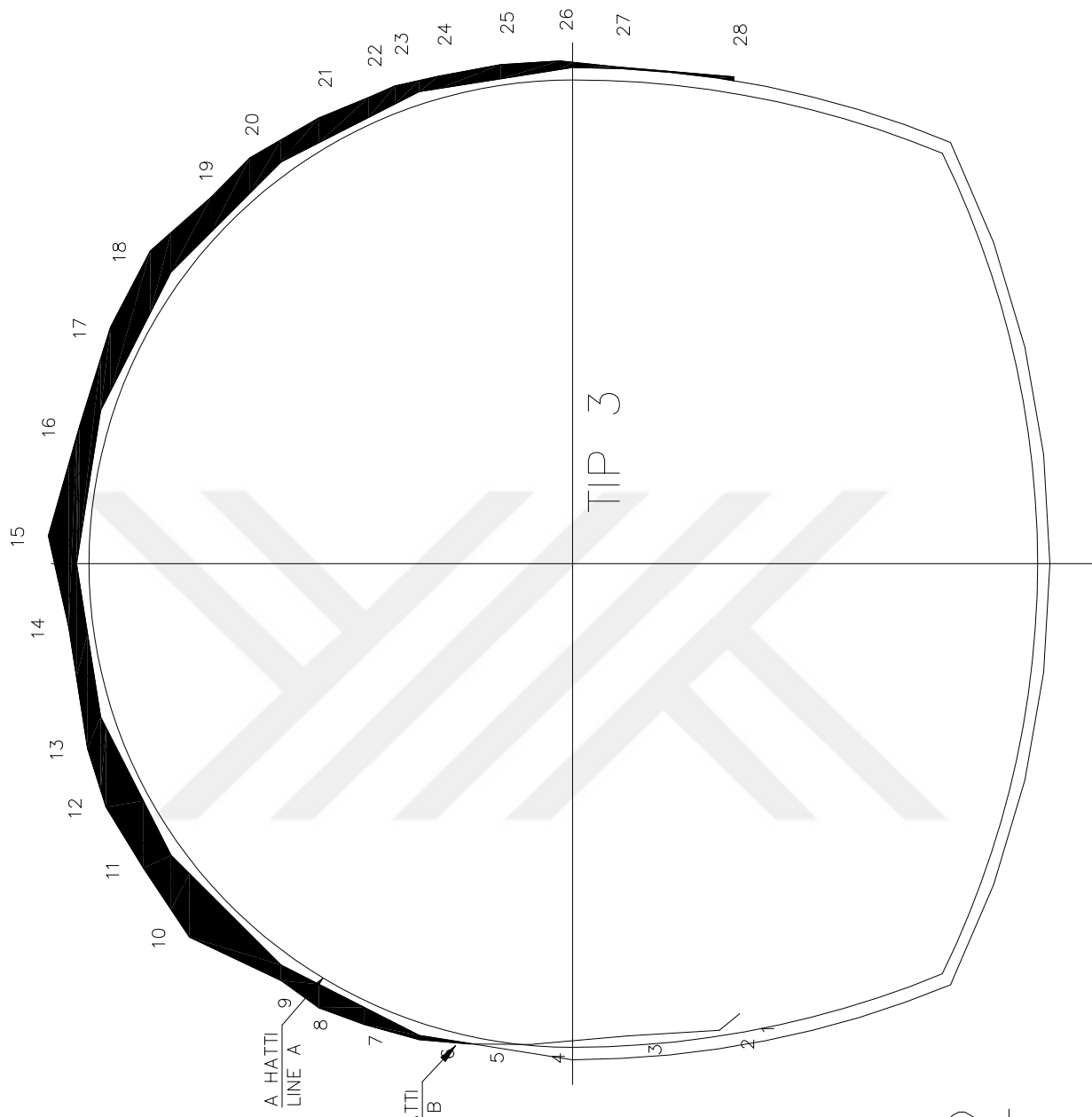
NoktaNo	Y	X
340.1	-4.160	218.619
340.2	-4.451	219.287
340.3	-4.487	220.144
340.4	-4.547	221.169
340.5	-4.377	222.126
340.6	-4.180	222.793
340.7	-3.547	223.000
340.8	-2.921	223.358
340.9	-2.299	224.136
340.10	-1.533	224.640
340.11	-0.600	225.089
340.12	0.162	225.313
340.13	1.475	224.705
340.14	2.383	224.211
340.15	2.779	224.103
340.16	3.298	223.769
340.17	3.781	223.338
340.18	4.254	222.636
340.19	4.480	222.001
340.20	4.568	221.227
340.21	4.659	220.540
340.22	4.750	219.879
340.23	4.122	218.993

15.884 m2



KM= 0+440

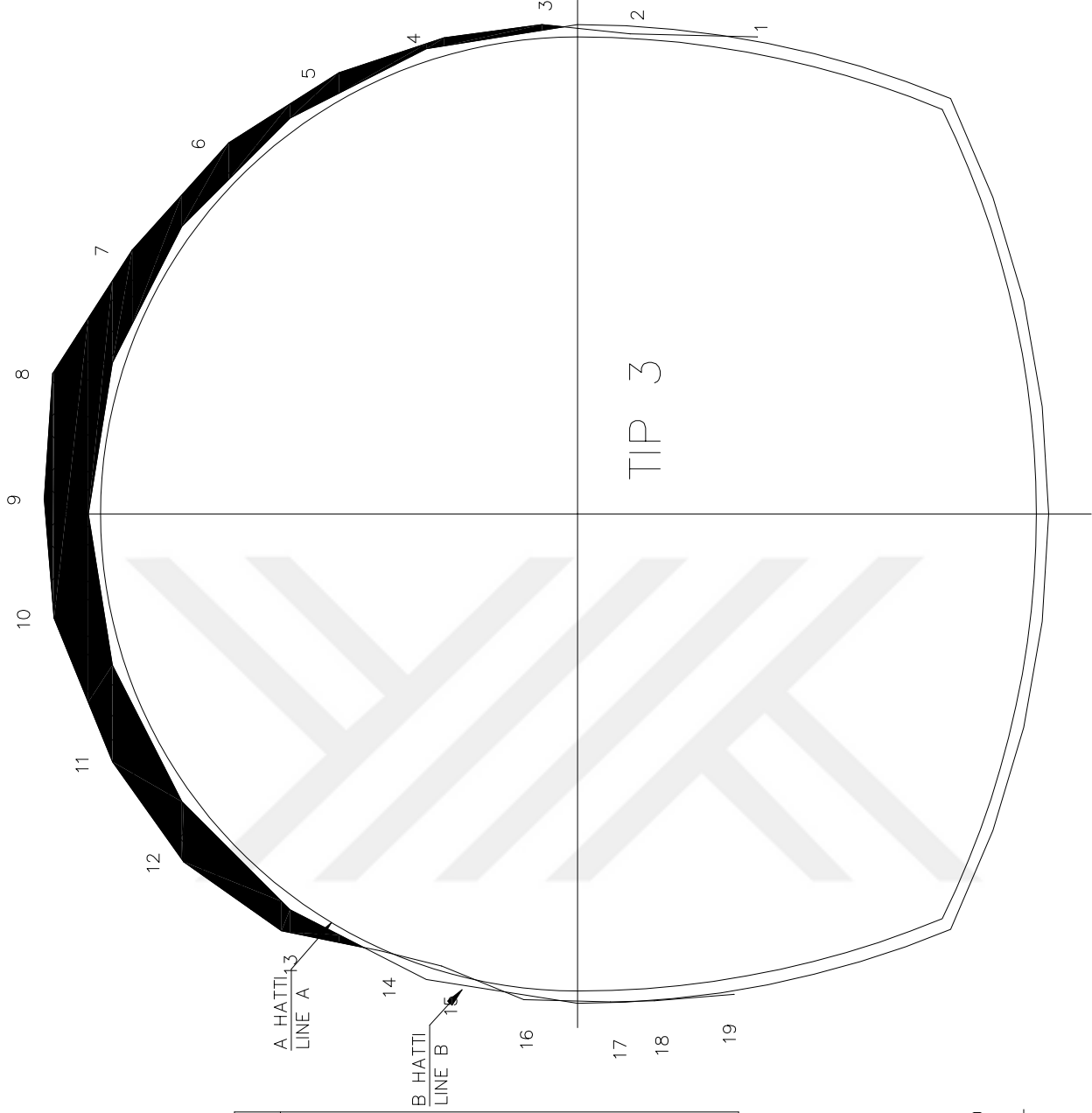
NoktaNo	Y	X
1	-3.630	218.203
2	-3.763	218.366
3	-3.808	219.112
4	-3.878	219.892
5	-3.873	220.387
6	-3.838	220.785
7	-3.714	221.232
8	-3.582	221.595
9	-3.363	221.899
10	-3.011	222.638
11	-2.455	223.009
12	-1.964	223.312
13	-1.492	223.461
14	-0.515	223.612
15	0.224	223.776
16	1.108	223.525
17	1.906	223.275
18	2.521	222.955
19	2.954	222.464
20	3.272	222.150
21	3.592	221.596
22	3.758	221.196
23	3.851	220.980
24	3.929	220.633
25	4.023	220.129
26	4.052	219.652
27	4.005	219.192
28	3.925	218.249



2.128 m2

KM= 0+500

NoktaNo	Y	X
1	3.926	217.940
2	3.951	218.980
3	4.027	219.700
4	3.918	220.500
5	3.633	221.360
6	3.061	222.260
7	2.184	223.050
8	1.174	223.700
9	0.149	223.770
10	-0.826	223.690
11	-2.001	223.210
12	-2.818	222.630
13	-3.381	221.830
14	-3.544	221.030
15	-3.670	220.520
16	-3.945	219.850
17	-3.963	219.140
18	-3.954	218.780
19	-3.900	218.130



2.650 m²

ÖZGEÇMİŞ

ŞEYDANUR TECİMER

seydanurtecimer@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2016-2018	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2009-2013	Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sivas
Lisans 2008-2012	Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Jeoloji Mühendisi 2013-2014	MSK Enerji Petrol İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş. Tokat-Erbaa Tepekışla Barajı ve HES
İnşaat Mühendisi 2014-Devam ediyor	Sanko Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş. Tepekışla Enerji Projesi, Erbaa-Fatlı-Reşadiye Devlet Yolu Relokasyonu Tokat-Erbaa Tepekışla Barajı ve HES Manisa-Salihli Jeotermal Enerji Santrali