T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI GEOTEKNİK YÖNTEMLERİN HEYELAN ANALİZLERİNDE KULLANIMI VE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ: ZONGULDAK İLİ KOZLU İLÇESİNDE ÖRNEK BİR ÇALIŞMA

Celal AĞAN

DOKTORA TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KONYA, 2009

ÖZET

DOKTORA TEZİ

FARKLI GEOTEKNİK YÖNTEMLERİN HEYELAN ANALİZLERİNDE KULLANIMI VE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ: ZONGULDAK İLİ KOZLU İLÇESİNDE ÖRNEK BİR ÇALIŞMA

Celal AĞAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Murat ÜNAL
2009, 198 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER
Prof. Dr. M.Kemal GÖKAY
Yrd. Doç. Dr. İhsan ÖZKAN
Yrd. Doç. Dr. M.Ali HİNDİSTAN

Nüfusun hızla artması, günümüzde eğimli ve problemli sahaların imara açılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bölgeler, sürekli izlenmeli, gelişebilecek herhangi bir heyelan önceden tespit edilmelidir. Bugüne kadar heyelanların izlenmesinde en yaygın ve en güvenilir yöntem olarak, inklinometreler kabul görmüştür. Ancak, zahmetli ve uzun süreli ölçümler gerektirmesi, yöntemin darboğazlarındandır. Bu çalışmada, farklı amaçlar için geliştirilmiş ve heyelan analizlerinde daha önce denenmemiş geoteknik yöntemler, heyelan analizinde denenmiştir. Bu yöntemlerle belirlenen kayma düzlemleri, inklinometre ölçümlerinden elde edilen güvenilir kayma düzlemiyle karşılaştırılmıştır. Böylece, inklinometrelere kıyasla, daha ucuz, daha zahmetsiz ve daha kısa sürede sonuç veren yöntemlerin, heyelan etütlerinde kullanılabilirliği irdelenmiştir. İnceleme sahası

olarak, Zonguldak İli, Kozlu İlçesinde yer alan, Karadon formasyonu üyesi heyelanlı bölge seçilmiştir. Çalışmalar arazi, laboratuar ve büro olmak üzere üç ana başlık altında yürütülmüştür. Arazi çalışmaları kapsamında; temel sondajları açılmış, arazi sınıflama ve gözlemleme çalışmaları, YASS, topografik, jeofizik tomografi, inklinometre ölçümleri, presiyometre ve SPT deneyleri yapılmıştır. Büro çalışmaları kapsamında; bilgisayarda kinematik, şev duraylılığı ve gerilme-deformasyon analizleri yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında ise, araziden ve sondajlardan alınan numuneler üzerinde jeomekanik deneyler yapılmıştır. Sonuç olarak, başka geoteknik amaçlar için üretilmiş olan presiyometre ve tomografi yöntemleri sonuçlarının inklinometre sonuçlarına çok yakın olduğu ve bu yöntemlerin heyelan analizlerinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, Şev Duraylılığı, Bilgisayarda Sayısal Analiz, İnklinometre, Menard Presiyometre, Jeofizik Tomografi, Zemin Etüdü, Taşıma Gücü, Oturma Miktarı

ABSTRACT
PhD Thesis

THE UTILIZATION OF VARIOUS GEOTECHNICAL METHODS IN LANDSLIDES ON A COMPARATIVE ANALYSIS:
A CASE STUDY AT KOZLU COUNTY OF ZONGULDAK

Celal AĞAN

Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Mine Engineering Branch

Advisor: Assist. Prof. Dr. Murat ÜNAL
2009, 198 Pages

Jury: Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER
Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY
Assist. Prof. Dr. İhsan ÖZKAN
Assist. Prof. Dr. M. Ali HİNDİSTAN

Rapid increase in population forces people to use slopped and problematic areas as residential fields. These areas must be observed continiously and probable landslides must be determined beforehand. Hitherto, inclinometers are accepted as the most common and reliable monitoring method of slidings, however, requiring demanding and longterm measurements are the handicaps. In this study it is explorated that, some geotechnical methods which are produced for different purposes and untried before at sliding analysis. The determined sliding surfaces with these methods are compared with reliable inclinometer sliding surface. Thus, it is investigated that cheaper, easier and shortterm methods takes place of inclinometers. A sliding area on Karadon Formation in

Kozlu County of Zonguldak is chosen for investigations. Investigations go on with three main headings, field studies, laboratory studies and office studies. Field studies are, drilling, classification, observation, underground water level, topographic, geophysics tomography, inclinometer measurements and pressuremeter, SPT experiments. Office studies are covered, kinematical, slope stability and stres-strain analysis. Laboratory studies are, geomechanical experiments on the samples which are got from field and drillings. Consequently it is concluded that, pressuremeter and tomography results are very similar to inclinometer result and they can be use at sliding analysis.

Key Words: Landslide, Slope Stability, Computer Aided Numerical Analysis, Inclinometer, Menard Pressuremeter, Geophysics Tomography, Soil Survey, Bearing Capacity, Settlement

TEŞEKKÜR

Selçuk Üniversitesi, Mimarlık-Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü'nde yapmış olduğum bu Doktora çalışması sırasında çok değerli bilgilerinden ve tecrübelerinden yararlandığım, danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Murat ÜNAL'a,

Çalışmalarım sırasında fikirleriyle beni yönlendiren hocalarım Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER ve Yrd. Doç. Dr. İhsan ÖZKAN'a,

Çalışmalarım sırasında bana değerli zamanlarını ayıran Prof. Dr. M.Kemal GÖKAY ve Yrd. Doç. Dr. M.Ali HİNDİSTAN hocalarıma,

Arazi deneyleri ve ölçümlerinde bana yardımcı olan, deney ekipmanı, bilgisayar yazılımları, vs., gibi imkanları kullanmamı sağlayan, yardımları, dostlukları ve sınırsız desteklerinden dolayı DSİ Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkan Yardımcısı Sayın Dr. İ.Ümit ERDEM'e, Kaya ve Zemin Mekaniği Şube Müdürü M. Müfit GÜVEN'e ve Atilla TURABİK'e,

Tez formatında ve grafik çizimlerinde, fikirleriyle ve yardımlarıyla bana büyük katkılar sağlayan, çok değerli dostum Dr. Sermin ÖZSAYIN'a,

Arazide yapılan Jeofizik Tomografi ölçümlerinde, yardımlarını esirgemeyen T. Fikret AKSU'ya,

Arazide sondajların açılması, ulaşım, yemek, barınak, vs. gibi lojistik konularda yardımlarını esirgemeyen DSİ 23. Bölge Müdürlüğü (Kastamonu), 232. Şube Müdürlüğü (Zonguldak) personeline ve İncivez Mahallesi sakinlerine,

Tez çalışmam boyunca verdikleri maddi ve manevi destekten dolayı dostlarım, İlke GÜRÜN'e, M. Zafer ERDOĞDU'ya, Zekai GÖREN'e, Fahrettin ASLAN'a, İhsan BOZ'a ve Aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

		Sayfa
ÖZET		iii
ABSTRACT		v
TEŞEKKÜR		vii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ		viii
KISALTMALAR VE SEMBOLLER		xi
ŞEKİLLER DİZİNİ		xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ		xviii
BÖLÜM 1	GİRİŞ	1
1.1.	Çalışmanın Amacı	1
1.2.	Çalışmanın Kapsamı Ve İzlenen Yöntem	2
1.3.	Çalışmanın İçeriği	5
BÖLÜM 2	ZAYIF KAYA KÜTLESİ VE ZEMİNLERDE ŞEV DURAYLILIĞI SORUNLARI	6
2.1.	Şevler İle İlgili Genel Bilgi	6
2.2.	Zayıf Kayaç Ve Zemin Türü Formasyonlarda Gelişebilen Şev Duraysızlık Türleri Ve Analiz Yöntemleri	7
2.2.1.	Dairesel (dönel) kayma	9
2.2.1.1.	Dairesel kaymalarda limit denge analizleri	10
2.2.1.2.	Dairesel kayma grafikleri yöntemi	21
2.2.2.	Düzlemsel kayma	24
2.2.2.1.	Düzlemsel kaymalarda limit denge analizleri	25
2.2.2.2.	Düzlemsel kayma grafikleri yöntemi	26
2.2.3.	Yanal yayılma	29
2.2.4.	Akma	29
2.2.5.	Karmaşık kaymalar	29
2.3.	Şev Çalışmalarında Kullanılan Ölçüm Ve Analiz Yöntemleri	30
2.3.1.	Yer altı su seviyesi (YASS) ölçüm yöntemleri	30

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam ediyor)

		Sayfa
2.3.2.	İnklinometre ölçüm yöntemleri	31
2.3.3.	Presiyometre deney yöntemi	34
2.3.4.	Standart penatrasyon deney (SPT) yöntemi	41
2.3.5.	Jeofizik tomografi ölçüm yöntemi	43
2.3.6.	Topografik ölçüm yöntemleri	46
2.3.7.	Jeomekanik sınıflama yöntemleri	47
2.3.8.	Schmidt çekici deney yöntemleri	47
2.3.9.	Şev araştırmalarında kullanılan bilgisayarda analiz yöntemleri	49
2.3.9.1.	Kinematik analiz yöntemleri	49
2.3.9.2.	Şev duraylılık analiz yöntemleri	51
2.3.9.3.	Gerilme-deformasyon analiz yöntemleri	52
BÖLÜM 3	ÇALIŞMA SAHASININ TANITILMASI	53
3.1.	Çalışma Sahasının Yeri, İklim Koşulları Ve Bitki Örtüsü	53
3.2.	Çalışma Sahasının Jeolojisi	56
3.3.	Çalışma Sahasının Sismik Özellikleri	62
3.4.	Çalışma Sahasında Yapılan Önceki Araştırmalar	63
BÖLÜM 4	ÇALIŞMADA KULLANILAN ÖLÇÜM TEKNİKLERİ VE YÖNTEMLER	71
4.1.	Arazi Çalışmalarında Kullanılan Ölçüm Ve Yöntemler	72
4.1.1.	Temel sondaj	73
4.1.2.	Yer altı su seviyesi (YASS) ölçümü	73
4.1.3.	İnklinometre ölçümü	74
4.1.4.	Presiyometre deneyi	74
4.1.5.	Standart penetrasyon deneyi (SPT)	75
4.1.6.	Jeofizik tomografi ölçümü	75
4.1.7.	Yüzeysel topografik ölçüm	76
4.1.8.	Jeomekanik sınıflama	76
4.1.9.	Schmidt çekici deneyi	77
4.2.	Bilgisayarda Modelleme Çalışmaları	77

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam ediyor)

		Sayfa
4.2.1.	Kinematik analiz ve Dips v5 yazılımı	78
4.2.2.	Şev duraylılık analizi ve Talren 4 yazılımı	78
4.2.3.	Gerilme-deformasyon analizi ve Plaxis V.8. 2D yazılımı	79
4.3.	Laboratuvar Çalışmaları	80
BÖLÜM 5	YAPILAN ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI	82
5.1.	Arazi Tanımlama Çalışmaları Ve Sonuçları	82
5.1.1.	Temel sondajları	84
5.1.2.	Yer altı su seviyesi (YASS) ölçümleri	88
5.1.3.	İnklinometre ölçümleri	90
5.1.4.	Presiyometre deneyleri	108
5.1.5.	Standart penetrasyon deneyleri (SPT)	115
5.1.6.	Jeofizik tomografi ölçümleri	119
5.1.7.	Yüzeysel topografik ölçümler	126
5.1.8.	Jeomekanik sınıflamalar	129
5.1.9.	Schmidt çekici deneyleri	129
5.2.	Bilgisayarda Modelleme Sonuçları	130
5.2.1.	Kinematik analizler	130
5.2.2.	Şev duraylılık analizleri	132
5.2.3.	Gerilme-deformasyon analizleri	139
5.3.	Laboratuvar Çalışma Sonuçları	144
BÖLÜM 6	ARAZİ ÇALIŞMALARI VE BİLGİSAYAR ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ	146
BÖLÜM 7	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	152
	KAYNAKLAR	157
	EKLER	163
EK-1	Jeoloji ve Fay Haritası	164
EK-2	Temel Sondaj Kuyu Logları	167
EK-3	Presiyometre Deney Logları	180
EK-4	SPT Deney Logları	193

KISALTMALAR VE SEMBOLLER

ASTM : Amerika Malzeme Tecrübeleri Kurumu (American Society for Testing and Materials)

ah/g (av/g) : Yatay sismik yer ivmesi (dikey sismik yer ivmesi)

B : Temel genişliği (m)

c : Kohezyon

D_f : Temel derinliği (m)

DSİ : Devlet Su İşleri

E: Elastisite modülü (MPa)

E_P : Menard elastisite modülü (MPa)

ER : SPT deneylerinde enerji düzeltmesi

F : Güvenlik katsayısı

Fs: Şev güvenlik katsayısı

İnk : İnklinometre

J : (Joule) 1 Newton'luk bir kuvvetin, bir cismi 1 m hareket ettirmesiyle yapılan iş

K : Temel şekil faktörü

L : Temel uzunluğu (m)

MPa : Birim alana etkiyen gerilme (1 MPa = 10 kgf/cm^2 = 1000 kN/m^2 (kPa))

MS: Depremlerde yüzey dalgaların genliği

N : SPT darbe sayısı

P_L : Zeminin limit akma basıncı (MPa)

q_a : Temel zemininin emniyetli taşıma gücü (MPa)

q_u : Temel zemininin taşıma gücü (MPa)

RMR : Kaya kütlesi sınıflama puanı

S : Oturma miktarı (cm)

SBP : Kendinden delicili presiyometre

SK : Sondaj kuyusu

SMR : Şev kütlesi sınıflama puanı

SPT : Standart penetrasyon deneyi

TAKK : Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol

TS : Türk Standartları

UCS : Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

W : Tabii birim ağırlığı (g/cm^3)

YAS : Yer altı suyu

YASS : Yer altı su seviyesi

2D : 2 boyutlu

ϕ : İçsel sürtünme açısı (°)

γ : Birim hacim ağırlık (g/cm^3)

ν : Poisson oranı

λ_2 : Temel şekil faktörü

λ_3 : Temel şekil faktörü

α : Temel şekil faktörü

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 1.1.	Çalışma sistematiğinin akım şeması şeklinde gösterimi	3
Şekil 2.1.	Bir heyelanın bölümlerini gösteren blok diyagram (Ulusay 2001'den)	7
Şekil 2.2.	Dairesel kayma (Ulusay 2001'den)	9
Şekil 2.3.	Bishop (1955) yöntemi ve her dilime etkiyen kuvvetlerin konumları	12
Şekil 2.4.	Dilim yönteminde etkiyen kuvvetler (Demiryürek 2002'den)	13
Şekil 2.5.	Dairesel Kayma (Ulusay 2001'den)	16
Şekil 2.6.	ϕ Dairesi Yöntemi (Taylor 1948)	17
Şekil 2.7.	Janbu basitleştirilmiş yönteminde kullanılan düzeltme katsayısı (Spencer 1967)	19
Şekil 2.8.	Dairesel kaymaların grafik yöntemlerle analizi için şev kesitleri (Ulusay 2001'den)	22
Şekil 2.9.	Dairesel kaymaların grafik yöntemlerle analizi için şev tasarımı grafiği (Ulusay 2001'den)	23
Şekil 2.10.	Düzlemsel kayma (Ulusay 2001'den)	24
Şekil 2.11.	Düzlemsel kaymaların analizi için şeve etkiyen kuvvetler (Ulusay 2001'den)	26
Şekil 2.12.	Düzlemsel kaymaların grafik yöntemlerle analizi için şev kesitleri (Ulusay 2001'den)	27
Şekil 2.13.	Düzlemsel kaymaların grafik yöntemlerle analizi için şev tasarımı grafiği (Ulusay 2001'den)	28
Şekil 2.14.	YASS ölçen su düdüğü (SuTek 2003)	30
Şekil 2.15.	İnklinometre sondasının, kılavuz boru içerisinden kuyuya gönderilişi	32
Şekil 2.16.	İnklinometre kılavuz borusu (SisGEO 1998)	32
Şekil 2.17.	İnklinometre kılavuz borusunun kuyuya indirilişi ve betonun dökülmesi (SisGEO 1998)	33
Şekil 2.18.	Menard GA tipi presiyometre deney aleti (Sols Soils 1975)	36

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

		Sayfa
Şekil 2.19.	Presiyometre deney takımı ve deneyin uygulanması (Baguelin ve ark.1978)	38
Şekil 2.20.	Presiyometre deney grafiği (Sols Soils 1975)	39
Şekil 2.21.	Presiyometre deney logu (Sols Soils 1975)	40
Şekil 2.22.	Standart Penetrasyon Test (SPT) düzeneği (Özaydın 1997)	41
Şekil 2.23.	Standart Penetrasyon Test (SPT) sonuç logu	42
Şekil 2.24.	Jeofizik tomografi ölçüm aleti ve teçhizatı	44
Şekil 2.25.	Totalstation ölçüm aleti ve 3 ayaklı sehpası (Commonwealth 2008)	46
Şekil 2.26.	Schmidt sertlik çekici (Bera Test 2009, Wikipedia 2009)	48
Şekil 3.1.	Çalışma sahası yer bulduru haritası (Virtual Earth 3D, 2009)	53
Şekil 3.2.	Çalışma sahası uydu görüntüsü (Virtual Earth 3D, 2009)	54
Şekil 3.3.	Çalışma sahası yerleşim planı (Virtual Earth 3D, 2009)	54
Şekil 3.4.	Çalışma alanının Kuzey yönünden uydu görünümü (Virtual Earth 3D, 2009)	55
Şekil 3.5.	Çalışma sahası jeolojik ve fay haritası (Özkan 1993)	57
Şekil 3.6.	Karadon Biriminden kumtaşı bloğu	58
Şekil 3.7.	Bozunmaya uğramış Karadon Birimi	59
Şekil 3.8.	Karadon Biriminde yüzlek vermiş kömür, konglomera kalıntıları ve fay	60
Şekil 3.9.	Genel arazi eğimleri (Özkan 1993)	61
Şekil 3.10.	Zonguldak İli deprem haritası (T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1996)	62
Şekil 3.11.	İnceleme alanında aktif ve muhtemel heyelanlı bölgeler (Özkan 1993'den)	64
Şekil 3.12.	İnceleme sahasında ve İncivez Mahallesinde yapılaşma	66
Şekil 3.13.	Heyelanın taç bölgesine dökülmüş pasa yığını	67
Şekil 3.14.	Yeni misafirhane civarındaki deformasyonlar	68
Şekil 3.15.	Lojmanlar civarındaki deformasyonlar	68
Şekil 3.16.	Lojman balkonlarından deformasyonların görünümü	69

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

		Sayfa
Şekil 3.17.	İnceleme alanı çevresindeki yollarda deformasyonlar	69
Şekil 3.18.	Çalışma alanının Doğu yönünden uydu görünümü (Virtual Earth 3D, 2009)	70
Şekil 5.1.	Çalışma sahasının plan görünümü ve arazi çalışmalarının yapıldığı yerler (Virtual Earth 3D, 2009)	83
Şekil 5.2.	SK-3 nolu kuyunun karot sandığı ve 0-6 m arası sondaj numuneleri	85
Şekil 5.3.	Temel sondajlardan elde edilen sadeleştirilmiş litolojik kesit	86
Şekil 5.4.	Mevsimsel YAS seviyeleri değişimi	89
Şekil 5.5.	İnklinometre cihazı ile ölçümlerin alınması	91
Şekil 5.6.	Ambar önü kuyusu içinde, Y ekseninde noktasal yerdeğiştirmeler	93
Şekil 5.7.	Ambar önü kuyusu içinde, X ekseninde noktasal yerdeğiştirmeler	93
Şekil 5.8.	Ambar önü kuyusu içinde, noktasal kırılmalar bileşimi	94
Şekil 5.9.	Ambar önü kuyusu civarı için, Y ekseninde yüzeysel yerdeğiştirmeler	95
Şekil 5.10.	Ambar önü kuyusu civarı için, X ekseninde yüzeysel yerdeğiştirmeler	95
Şekil 5.11.	Ambar önü kuyusu civarı için, yüzeysel hareketlerin bileşimi	96
Şekil 5.12.	Ambar önü kuyusunda, yerdeğiştirmelerin kuzey eksenden sapma grafiği	97
Şekil 5.13.	Misafirhane kuyusu içinde, Y ekseninde noktasal yerdeğiştirmeler	99
Şekil 5.14.	Misafirhane kuyusu içinde, X ekseninde noktasal yerdeğiştirmeler	99
Şekil 5.15.	Misafirhane kuyusu içinde, noktasal kırılmalar bileşimi	100
Şekil 5.16.	Misafirhane kuyusu civarı için, Y ekseninde yüzeysel yerdeğiştirmeler	102

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

		Sayfa
Şekil 5.17.	Misafirhane kuyusu civarı için, X ekseninde yüzeysel yerdeğiştirmeler	102
Şekil 5.18.	Misafirhane kuyusu civarı için, yüzeysel hareketlerin bileşimi	103
Şekil 5.19.	Misafirhane kuyusunda, yerdeğiştirmelerin kuzey eksenden sapma grafiği	104
Şekil 5.20.	Kayma yönlerinin uydu fotoğrafında gösterimi (Virtual Earth 3D, 2009)	105
Şekil 5.21.	İnklinometre yöntemiyle edilen kayma daireleri	107
Şekil 5.22.	SK-5 nolu kuyunun presiyometre deney logu	110
Şekil 5.23.	Presiyometreyle tespit edilen muhtemel zayıflık zonları	114
Şekil 5.24.	SK-5 nolu kuyunun SPT deney logu	116
Şekil 5.25.	Hat-1'de yapılan hat serim çalışmaları ve tomografi ölçümleri	120
Şekil 5.26.	Hat-1'de Tomografi ölçüm sonuçları	122
Şekil 5.27.	Hat-2'de Tomografi ölçüm sonuçları	123
Şekil 5.28.	Tomografiyle tespit edilen muhtemel kayma dairesi	125
Şekil 5.29.	Totalstation aletiyle yapılan topografik ölçümler	127
Şekil 5.30.	Topografik ölçümlerle, çalışma sahasında tespit edilen yüzeysel değişimler	127
Şekil 5.31.	Topografik ölçümlerle tespit edilen hareket yönü ve yüzeysel değişimler	128
Şekil 5.32.	Dips 5 yazılımıyla belirlenen kinematik analiz sonuçları	131
Şekil 5.33.	Statik ve dinamik yükler uygulanmadan, kesitin şev duraylılık analizi	134
Şekil 5.34.	Statik ve dinamik yükler uygulanarak, kesitin şev duraylılık analizi	135
Şekil 5.35.	Alt seviyelere kazık uygulanarak, kesitin şev duraylılık analizi	136
Şekil 5.36.	Üst seviyelere kazık uygulanarak, kesitin şev duraylılık analizi	137
Şekil 5.37.	Kazık sistematiğinin kesit için yetersiz kaldığı bir şev duraylılık analizi	138
Şekil 5.38.	Yükler uygulanmadan, gerilme-deformasyon analizinin vektörel gösterimi	140

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

		Sayfa
Şekil 5.39.	Yükler uygulanmadan, gerilme-deformasyon analizinin renkli gösterimi	141
Şekil 5.40.	Yükler uygulanarak, gerilme-deformasyon analizinin vektörel gösterimi	142
Şekil 5.41.	Yükler uygulanarak, gerilme-deformasyon analizinin renkli gösterimi	143
Şekil 6.1.	Tüm yöntemlerden elde edilen kayma dairelerinin, tek kesitte gösterimi	149
Şekil 6.2.	İnklinometre, Presiyometre, Tomografi ve Talren 4 yöntemleriyle elde edilmiş kayma dairesi eğrileri	150
Şekil 6.3.	İnklinometre, Presiyometre, Tomografi ve Talren 4 eğrilerini temsil edebilecek, ortalama kayma dairesi eğrisi	151

ÇİZELGELER DİZİNİ

		Sayfa
Çizelge 2.1.	Şev duraysızlığı türleri için Varnes (1978) mühendislik sınıflaması (Ulusay 2001'den)	8
Çizelge 5.1.	Ölçümlerin başladığı ve bittiği tarihler arasında, ortalama YASS değişimi	88
Çizelge 5.2.	Zonguldak İli uzun yıllar (1975-2006) yağış ortalaması (DMİ web sayfası)	89
Çizelge 5.3.	Presiyometre deneylerinden elde edilen ölçüm verileri	109
Çizelge 5.4.	Presiyometre deneyi ile hesaplanmış, taşıma gücü ve oturma miktarları	112
Çizelge 5.5.	SPT deneylerinden elde edilen N darbe sayıları	115
Çizelge 5.6.	SPT deneyi ile hesaplanmış, taşıma gücü ve oturma miktarları	118
Çizelge 5.7.	Bilgisayar analizlerinde kullanılan, zemine ait geoteknik parametreler	133
Çizelge 5.8.	Laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler	140

BÖLÜM 1
GİRİŞ

Günümüzde nüfusun büyük bir hızla artması, şehirlerin genişlemesi ve buna bağlı olarak yeni imar sahalarının açılması, imar alan fiyatlarının yüksek olması, heyelan riski taşıyan eğimli ve problemli sahalara inşaat yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Ancak, yerleşime açılacak yeni alanların gelecekte maruz kalacağı riskler de göz önüne alınmalıdır. Orta ölçekli bir heyelan (10^6 m^3) hareketinde, 10^{14} – 10^{17} J enerjinin açığa çıktığı, bu enerji miktarının neredeyse büyük bir volkan patlamasına denk olduğu bildirilmiştir. Heyelanların, Avrupa'da özellikle dağlık bölgelerde her sene pek çok insan hayatına ve milyonlarca Euro maddi kayba neden olduğu bildirilmiştir (Kilburna ve Pasuto 2003). Tüm bu olumsuzluklara rağmen, bu arazilerin yerleşime açılması neredeyse zorunlu hale gelmiştir.

Bu gibi riskli bölgeler, gelişmiş aletler, ölçüm ve analiz yöntemleriyle, sürekli izlenmeli, gelişebilecek herhangi bir heyelan hareketi önceden tespit edilmeli, hayat kurtarıcı kararlar ve şev iyileştirme önlemleri acilen alınmalıdır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bugüne kadar heyelan hareketlerinin izlenmesi için pek çok yöntem kullanılmıştır. Bu çalışmada, heyelan kayma mekanizmasının, kayma yüzeyi derinliğinin ve kayma yönünün geleneksel yöntemlerin dışında, değişik yöntemlerle tespit edilebilirliği araştırılmıştır. Böylece, yüksek yatırım, tecrübe ve işletme maliyeti gerektiren uzun süreli ölçümlerin yerini, kullanıcıya bağlı hataları en aza indirgeyen ve nispeten daha ucuz olan kısa süreli ölçüm yöntemlerinin alması amaçlanmıştır.

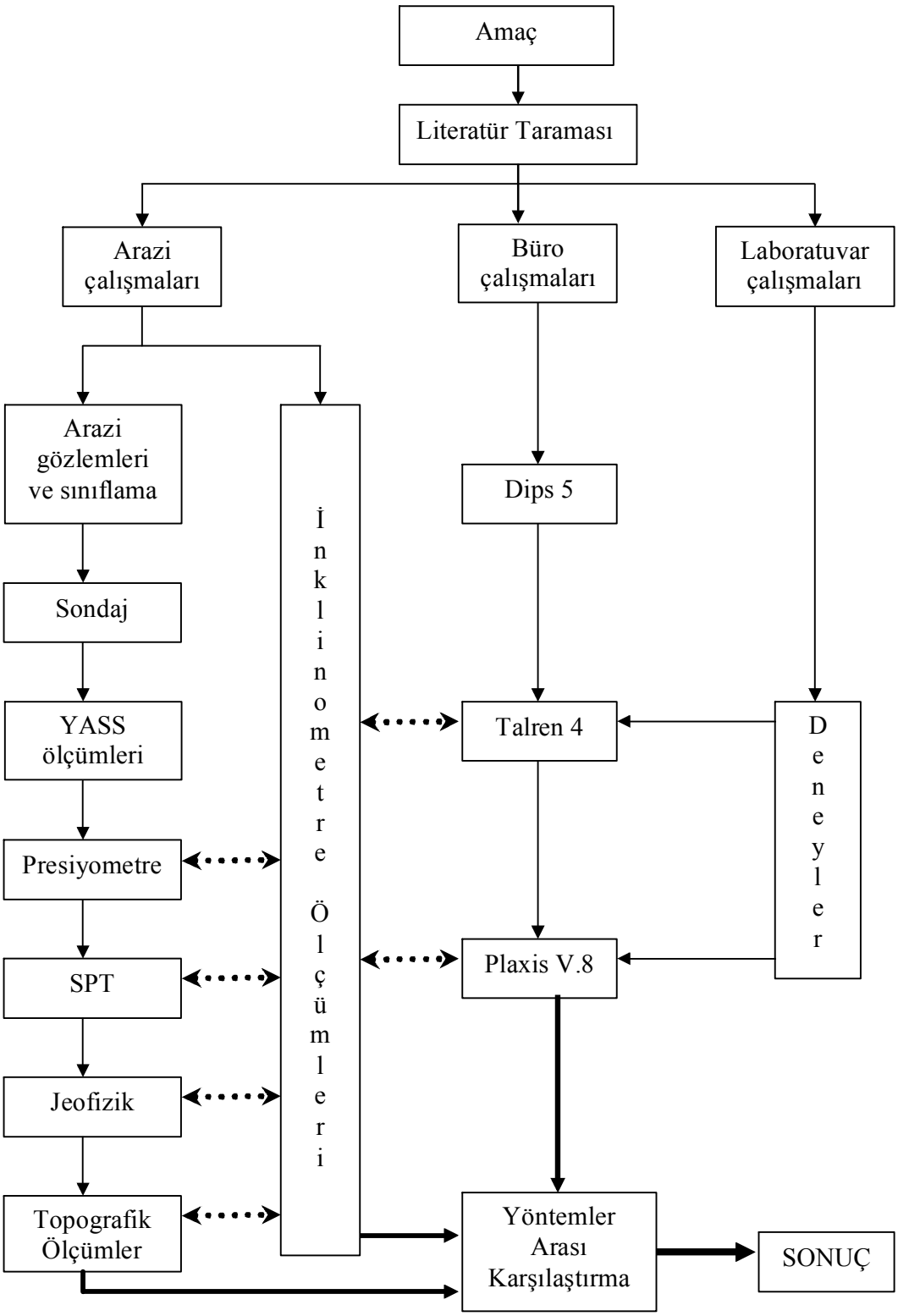
1.2. Çalışmanın Kapsamı Ve İzlenen Yöntem

Çalışma sahası olarak, Zonguldak İli, Kozlu İlçesi, İncivez Mahallesi, 1. Pafta, 32. Ada, 48. Parsel sınırları içerisinde yer alan heyelanlı bölge seçilmiştir.

Kayan kütlenin mukavemet parametrelerini tespit etmek için, yerinde (in-situ), laboratuvarda ve büroda pek çok deney, ölçüm, gözlem ve analiz yapılmıştır.

Çalışma sahasındaki hakim jeolojik birim her ne kadar kumtaşı, kiltaşı, silttaşı ardalanması olsa da, yüksek seviyede bozunmaya uğradığı için, analizlerde kaya mekaniğinden ziyade zemin mekaniği prensipleri esas alınmıştır.

Bu çalışmada izlenen yöntem Şekil 1.1'de akım şeması şeklinde sunulmuştur. Şekilde görüldüğü gibi çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro olmak üzere üç ana başlık altında yürütülmüştür.



Şekil 1.1. Çalışma sistematiğinin akım şeması şeklinde gösterimi

Arazi çalışmaları kapsamında;

- Arazi gözlemleri ve arazi sınıflama çalışmaları yapılmıştır.
- Belirlenen 11 noktadan düzenli topografik ölçümler ve bilgisayar analizlerinde kullanılmak üzere 2 adet topografik kesit alınmıştır.
- 2 hat üzerinde jeofizik tomografi ölçümleri alınmış, kayma mekanizması ve kayma düzleminin derinliği tespit edilmeye çalışılmıştır.
- Toplam derinliği 50 m olan 2 adet sondaj kuyusu açılmış, inklinometre boruları yerleştirilmiş ve belirli aralıklarda inklinometre ölçümleri alınarak kayma düzleminin derinliği tespit edilmeye çalışılmıştır.
- Toplam derinliği 180 m olan, 6 adet temel sondaj kuyusu açılmış, bu kuyularda presiyometre deneyleri, standart penetrasyon deneyleri (SPT), yer altı su seviyeleri (YASS) ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca, bu kuyulardan laboratuvar deneyleri için karot örnekleri de alınmıştır. Presiyometre ve SPT deneyleri, jeolojik birimin zemin emniyetli taşıma gücünü ve oturma miktarını hesaplamak ve kayma düzleminin bu yöntemlerle tespit edilebilirliğini araştırmak amacıyla yapılmıştır.

Büro çalışmaları kapsamında;

- Dips 5 programı yardımıyla kinematik analiz yapılmış, mevcut eklem setlerinin birbirileriyle ve mevcut topografyayla olan ilişkileri incelenmiştir.
- Talren 4 şev duraylılık analiz yazılımıyla şev duraylılık analizleri yapılmış, muhtemel kayma daireleri, güvenlik katsayıları, kayma mekanizması, kayma dairesi derinlikleri ve iyileştirme yöntemleri tespit edilmeye çalışılmıştır.
- Plaxis V.8. 2D Sonlu Elemanlar yazılımı kullanılarak gerilme-deformasyon analizleri yapılmış, çalışma alanında kayma hareketinden kaynaklanan deformasyonların en fazla hangi bölgelerde olduğu modellenmiştir.

Laboratuvar çalışmaları kapsamında ise, sondajlardan alınan karot örnekler ve söz konusu heyelana topuk oluşturduğu düşünülen kireçtaşlarından da blok örnekler alınarak, jeomekanik deneyler yapılmıştır.

1.3. Çalışmanın İçeriği

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar, 6 bölüm olarak sunulmuştur. Giriş bölümünde çalışmanın amacı ve kapsamı anlatılmıştır.

Bölüm 2'de, şev kaymaları genel olarak tanımlanarak, zayıf kaya ve zeminlerde oluşabilecek şev duraysızlık türleri özetlenmiştir. Ayrıca, duraylılık analizlerinde kullanılan kestirim yöntemleri, arazi ölçüm-deneyleri ve bilgisayar analizleri ile ilgili bazı literatür bilgileri verilmiştir.

Bölüm 3'de çalışma sahası tanıtılmış, iklimsel özellikleri, bitki örtüsü, ulaşımı, jeolojisi, depremselliği vs. gibi özelliklerinden bahsedilmiştir. Ayrıca, etüt alanında yapılan daha önceki çalışmalardan ve alanın imara kapatılması yolunda hazırlanan pek çok rapora rağmen, imara tekrar nasıl açıldığının tarihçesinden bahsedilmiştir.

Bölüm 4'de bu çalışma kapsamında uygulanan laboratuvar deneyleri, arazi ölçümlerinde ve bilgisayar analizlerinde kullanılan deney aletleri ve yöntemleri tanıtılmıştır.

Bölüm 5'de arazi, büro ve laboratuvar çalışmaları kapsamında yapılan etütlerin, ölçümlerin, deneylerin ve hesaplamaların sonuçları verilmiştir.

Bölüm 6'da elde edilen tüm sonuçlar toplu olarak değerlendirilmiş ve tüm yöntemler karşılaştırılmıştır.

Çalışmalardan elde edilen sonuçlar ve ileriki çalışmalar için yapılan öneriler Bölüm 7'de sunulmuştur.

BÖLÜM 2
ZAYIF KAYA KÜTLESİ VE ZEMİNLERDE ŞEV DURAYLILIĞI SORUNLARI

Bu bölümde, şevlerle ilgili genel bir bilgi sunulmuş olup, zayıf kaya ve zemin türü birimlerde gelişebilen şev duraysızlık türleri ve analiz yöntemlerine kısaca değinilmiştir.

2.1. Şevler İle İlgili Genel Bilgi

Düzensiz veya belirli bir geometriye sahip eğimli yüzeylere "şev" denilmektedir. Şevler, düzensiz bir geometriye sahip "doğal şevler" ve belirli bir geometrisi olan "yapay şevler" olarak ikiye ayrılmaktadır.

Yapay şevler (açık ocak maden şevleri, yol yarmaları, imar sahası düzenlemeleri, vs) genelde küçük ölçekli olup, değişken şartlara uyarlanabilmektedirler. Doğal şevler ise (dağ ve tepe yamaçları, vs), daha büyük ölçekli olup, herhangi bir olumsuzluk halinde iyileştirme uygulamalarına pek imkan vermeyen yeryüzü oluşumlarıdır.

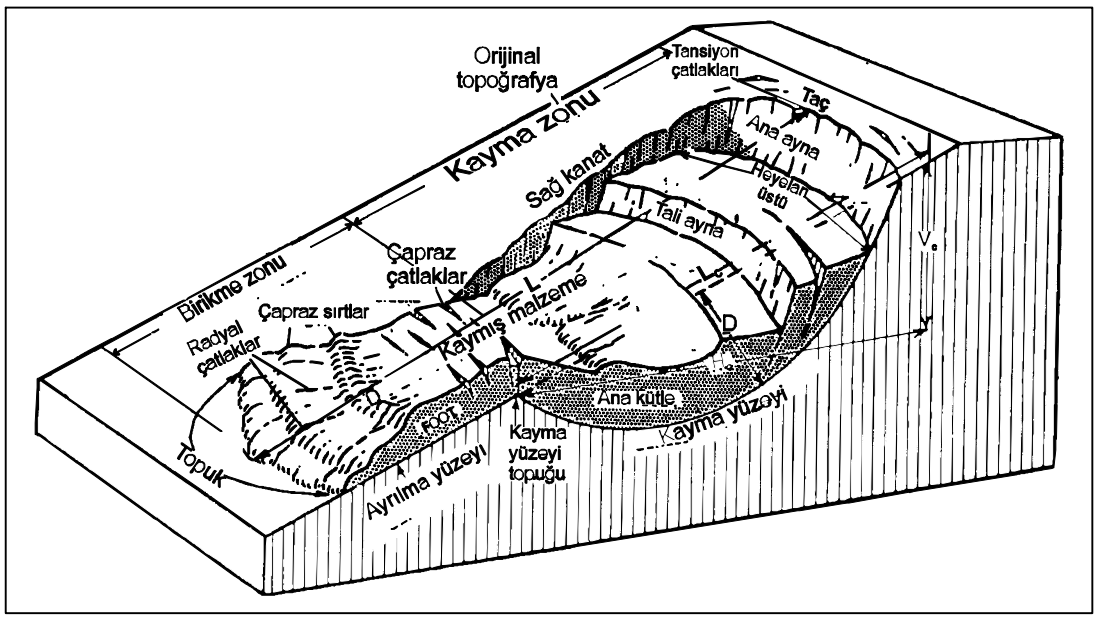
Şevin yerini ve konumunu koruyabilmesi koşuluna "şev duraylılığı" denmektedir. Şevi oluşturan malzemenin yerçekimi, eğim, su ve benzeri diğer kuvvetlerin etkisiyle, makaslama yenilmesine bağlı olarak aşağı ve/veya yana doğru hareketine ise "şev duraysızlığı" denilmektedir.

Genel uygulamada şev duraysızlığı, küçük ölçekli ve yapay şevlerde gelişmişse "şev kayması", büyük ölçekli ve doğal şevlerde gelişmişse "heyelan" olarak adlandırılmaktadır (Ulusay 2001'den, Demiryürek 2002'den).

Bu çalışmada, konu bütünlüğü açısından, tüm şev duraysızlık türlerine değinilmemiş, sadece etüt sahası hakim jeolojik birimi gibi, zayıf kaya ve zemin türü birimlerde gelişebilecek şev duraysızlık türlerinden bahsedilmiştir.

2.2. Zayıf Kaya Ve Zemin Türü Jeolojik Birimlerde Gelişebilen Şev Duraysızlık Türleri Ve Analiz Yöntemleri

Heyelanlar yeryüzünde çok sık meydana gelen bir kütle hareketi çeşididir. Bazı heyelanlar büyük bir hızla gerçekleştikleri gibi, bazı heyelanlar daha yavaş gerçekleşirler ve aşınmada önemli rol oynarlar. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi, büyük heyelanlar aynı zamanda topografyada derin izler bırakırlar. Türkiye'de en fazla heyelanlar Karadeniz Bölgesinde, özellikle Doğu Karadeniz bölgesinde görülmektedir.



Şekil 2.1. Bir heyelanın bölümlerini gösteren blok diyagram (Ulusay 2001'den)

Şev duraysızlıklarının sınıflandırılmasında, morfoloji (kayma yüzeyinin ve şevin geometrisi), hareketin meydana geliş şekli, hareketin hızı, kayan malzemenin türü ve tane boyutu, kaymanın yaşı gibi ölçütlerden önemli bir bölümünü dikkate alması nedeniyle, Varnes (1978) tarafından önerilen ve Çizelge 2.1'de verilen sınıflandırma sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 2.1. Şev duraysızlığı türleri için Varnes mühendislik sınıflaması (Ulusay 2001'den)

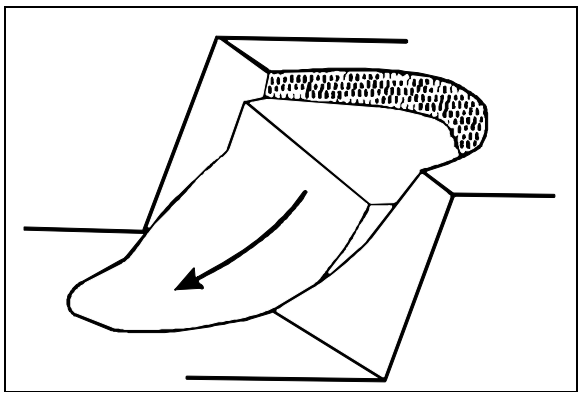
<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Duraysızlık türü</td><td colspan="3">Malzemenin türü</td></tr>
<tr><td colspan="2">Zemin</td><td rowspan="2">Kaya</td></tr>
<tr><td>İnce taneli</td><td>İri taneli</td></tr>
<tr><td colspan="2">Düşme</td><td>Zemin düşmesi</td><td>Moloz düşmesi</td><td>Kaya düşmesi</td></tr>
<tr><td colspan="2">Devrilme</td><td>Zemin devrilmesi</td><td>Moloz devrilmesi</td><td>Kaya devrilmesi</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Kayma</td><td>Dairesel</td><td>Zeminde dairesel kayma</td><td>Molozda dairesel kayma</td><td>Kayada dairesel kayma</td></tr>
<tr><td>Ötelenmeli</td><td>Zeminde blok türü ötelenme
Zemin kayması</td><td>Molozda blok türü ötelenme
Moloz kayması</td><td>Kayada blok ötelenmesi</td></tr>
<tr><td colspan="2">Yanal yayılma</td><td>Zemin yayılması</td><td>Moloz yayılması</td><td>Kaya yayılması</td></tr>
<tr><td colspan="2">Akma</td><td>Zemin akması</td><td>Moloz akması</td><td>Kaya akması</td></tr>
<tr><td colspan="2">Karmaşık kaymalar</td><td colspan="3">Yukarıda belirtilen diğer duraysızlık türlerinden ikisinin veya birkaçının birleşmesiyle gelişen duraysızlıklar</td></tr>
</table>

Bir diğer araştırmacı, tepe ve artık dayanımları arasında büyük fark bulunan birimlerde büyük, ani ve derin kaymaların olacağını belirtmiştir (Kilburna ve Pasuto 2003).

Zayıf kaya ve zemin özellikli malzemeden oluşan şevlerde, belirgin bir yüzey boyunca ve makaslama yenilmesine bağlı olarak gelişebilen en yaygın duraysızlıklar, dairesel (dönel) ve düzlemsel (ötelenmeli) kaymalardır.

2.2.1. Dairesel (dönel) kayma

Bu tür kaymalar, dairesel (kaşık şeklinde) yüzeyler boyunca gelişir ve Şekil 2.2'de görüldüğü gibi, hareket sırasında kayan kütle geriye doğru yatmış bir konum kazanır. Kayma, yavaş veya orta derecede bir hızla ve belirgin bir yerilme yüzeyi boyunca meydana gelir. Dairesel kayma; kil, silt, kum vb. türdeki toprak zeminlerin yanısıra, akarsu kanallarında, yol yarmalarında, dolgularda, atık yığınlarında ve ileri derecede eklemli kaya kütlelerinde ve/veya ileri derecede ayrışmış kayaçlarda meydana gelir.



Şekil 2.2. Dairesel kayma (Ulusay 2001'den)

Bu tarz şevlerin duraylılık analiz yöntemlerinde, göçme yüzeyi doğrusal çizgi, dairesel yay, logaritmik spiral veya diğer yüzeylerden birisi olarak kabul edilir. Hesapların başlangıcında şevin serbest cisim diyagramı üzerinde bilinen veya kabul edilmiş olan kuvvetler gösterilir ve denge konumu için zeminin kayma direnci bulunur. Kayma direncinin hesaplanmasında zeminin geçerli kayma mukavemeti ile tahmin edilen mukavemeti karşılaştırılarak güvenlik sayısı değeri elde edilir.

Kayma dairesi çözüm yöntemlerinden sürtünme dairesi yöntemi, kayan kütlenin tümünü göz önüne alır.

Bir diğer yaklaşım ise, kayan kütleyi düşey dilimlere bölmek ve her bir dilimin limit dengesini göz önüne almaktır. Limit denge yöntemlerinde temel kabul, göçme yüzeyini öngörmek ve bu yüzey üzerine kuvvetleri etki ettirmektir. Çoğunlukla da kuvvetler, dilimler üzerinde hesaplanarak çözüme gidilir. Limit denge analizleriyle ilgili kısa teorik bilgiler, aşağıda sunulmaktadır (Demiryürek 2002).

2.2.1.1. Dairesel kaymalarda limit denge analizleri

Limit denge yöntemleri ile analiz, şevlerin duraylılık hesabında çok yaygın olarak kullanılmakta, zemin bünyesindeki süreksizliklerde hesaplamalara katılmaktadır. Limit denge yöntemleriyle dairesel kaymaların analizi yapılırken, bir kayma yüzeyi ve bunun bir merkez etrafında döndüğü kabul edilir. Bu yüzey üzerinde etkiyen kuvvetlerin dengesi araştırılır. Çok sayıda merkez ve bu merkezleri esas alan değişik çapta dairesel kayma yüzeyleri denenerek, en kritik kayma yüzeyi tayin edilene değin bu işleme devam edilir.

Dilimlere bölerek hesap yapılması yaklaşımına göre, pek çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bunlardan en uygun çözüm verenleri, Bishop (1955) yöntemi ve İsveç

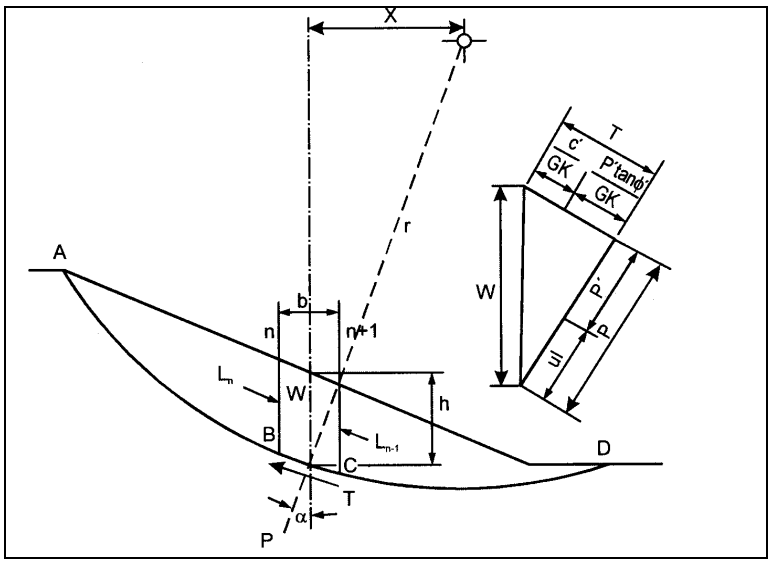
Dilim yöntemidir. Eğer göçme yüzeyi bir veya birden fazla düz çizgi ile sınırlandırılabiliyorsa, bu tip göçme analizlerinde kama yönteminin kullanıldığı, Seed ve Sultan (1967) tarafından bildirilmiştir.

Şev duraylılığının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan limit denge analiz yöntemlerinin temel esasları aşağıda verilmiş olup, pek çok kaynakta bulunabildiği için hesaplama aşamaları bu çalışmada ayrıntılı olarak verilmemiştir.

a) Bishop yöntemi

Geçirgenliği düşük olan zeminlerde suyun drene olması çok uzun sürede gerçekleşmektedir. Bundan dolayı, açık maden işletmelerinde ve otoyollarda olduğu gibi uzun dönemde duraylılıklarını korumaları beklenen şevlerde, efektif gerilmeler cinsinden hesaplanmış makaslama dayanımı parametreleri önem taşır. Bu parametreler drenaja izin verilerek yapılan doğrudan zemin makaslama veya gözenek suyu basıncı ölçülerek yapılan üç eksenli sıkışma deneyleriyle belirlenir.

Yukarıda değinilen esaslara göre önerilmiş olan Bishop yönteminde kayan kütle dilimlere ayrılarak, önce her dilimin tek tek, daha sonra tüm kütlenin duraylılığı araştırılır. Şekil 2.3'de görüldüğü gibi, bir dilime kenarlarında etkiyen dilimler arası Ln ve Ln+1 kuvvetleri hesaplamaların basitleştirilmesi amacıyla ihmal edilir. Dilimlere etkiyen kuvvetler ve geometrik ilişkiler aşağıda tanımlanmıştır.



Şekil 2.3. Bishop (1955) yöntemi ve her dilime etkiyen kuvvetlerin konumları

Şekil 2.3'de kullanılan simgeler, şu şekildedir.

W : Dilim ağırlığı (kg)

P : Dilim tabanında etkiyen toplam normal kuvvet (MPa)

T : Dilim tabanında etkiyen kaymaya karşı koyan kuvvet (MPa)

H : Dilim yüksekliği (m)

B : Dilim genişliği (m)

İ : Dilim tabanının, BC yayının uzunluğu (m)

A : P kuvveti ile düşey arasındaki açı (°)

X : Dilimin merkezinden O dönme merkezine olan yatay mesafe (m)

R : Kayma dairesinin yarıçapı (m)

U : Gözenek suyu basıncı (MPa)

N : Kayma düzlemi üzerindeki normal kuvvet (MPa)

α : Dilim tabanının yatayla yaptığı açı (°)

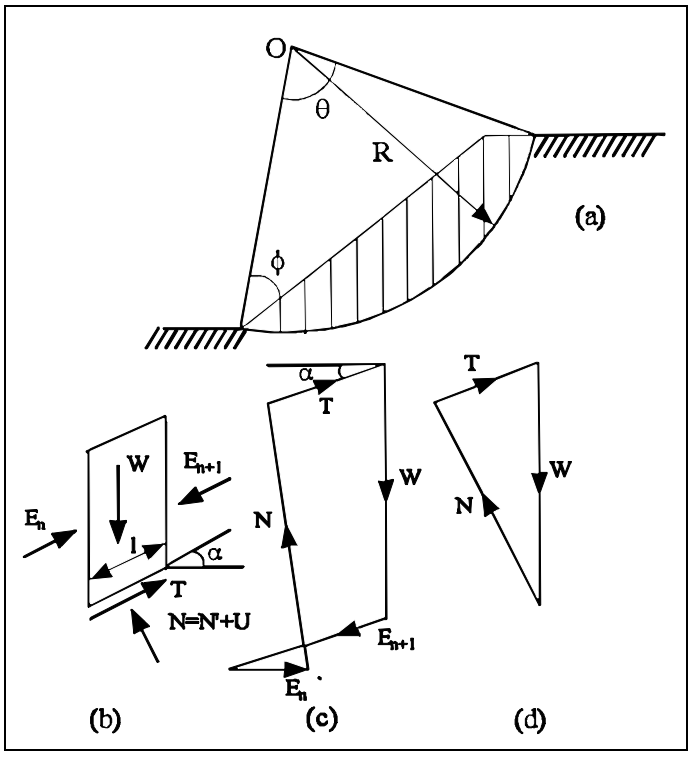
G_s : Güvenlik katsayısı

L_n : Dilimler arası reaksiyon kuvveti (MPa)

GK : Güvenlik katsayısı

b) İsveç dilim yöntemi

İlk olarak Fellenius (1936) tarafından önerilen bu yöntemde, birim kalınlıktaki zemin kütlesi Şekil 2.4.a'da gösterildiği gibi, düşey dilimlere bölünür. Bu dilimlerden her biri Şekil 2.4.b'de gösterildiği gibi, beş kuvvetin etkisi altında dengededir. Bu kuvvetlerden, W, N ve T kuvvetlerinin şiddeti ve doğrultusu bilinmekle beraber, E kuvvetlerinin şiddeti, doğrultusu ve tatbik noktası bilinmemektedir. Bu bakımdan Şekil 2.4.c'deki kuvvetler diyagramı belirsiz olmaktadır.



Şekil 2.4. Dilim yönteminde etkiyen kuvvetler (Demiryürek 2002'den)

Tam bir çözüme ulaşmak için,

(i) Her dilime etkiyen kuvvetler dengede olmalıdır;

(ii) Dilimler arası reaksiyon bileşenlerinin vektörel toplamı sıfir olmalıdır;

(iii) Bu bileşkelerin aynı düzlemdeki herhangi bir noktaya göre momentleri toplamı sıfır olmalıdır.

Ardışık yaklaşımlarla, bütün şartları sağlayan bir G_s değeri bulunur. Bir seri kayma yüzeyi seçilerek en küçük G_s değerinin belirlenmesi için bu hesapların yapılması uzun ve yorucu olduğundan bir bilgisayar kullanılması uygundur. Daha kolay bir çözüm Bishop tarafından verilmiştir. Bu çözümde, dilimler arası kuvvetlerin yatay olduğu kabul edilmiştir. Diğer bir deyimle, her dilimdeki bu kuvvetlerin düşey bileşenlerinin dengelendiği kabul edilmiştir. Burada da G_s değerinin bulunması için deneme yapılması gerekir. Ancak, sadece momentlere ait denge denkleminin çözülmesi söz konusudur. Hesapları basitleştiren bu kabullerle yapılan hatanın % 1 değerini geçmediği söylenebilir. Spencer tarafından geliştirilen diğer yöntemde, her dilime etkileyen dilimler arası iki kuvvetin paralel olduğu kabulüdür. Ancak bu kabulde hem kuvvetlerle hem de momentle ilgili denge şartlarının sağlanması gerekir (Demiryürek 2002).

c) Basitleştirilmiş dilim yöntemi

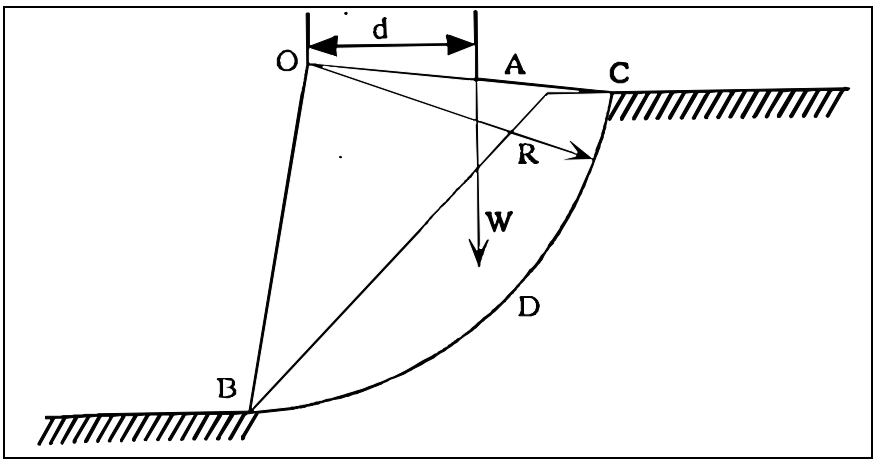
İlk olarak Bishop (1955) tarafından ileri sürülen basitleştirmede, her dilime etkiyen E kuvvetlerinin yaklaşık olarak her dilimde dengelendiği kabul edilmektedir. Bu durumda kuvvetler çokgeni, Şekil 2.4.d'de gösterilen şekli alır ve problem statik olarak tamamen belirgin olur. Çoğu hassas analizlere kıyasla, bu kabulün yapılması genellikle güvenlik sayısının daha küçük elde olunmasına neden olur. Bu fark, r_u boşluk basıncı oranının yüksek olması halinde daha da büyür. Basitleştirilmiş yöntemin kullanılıp kullanılmamasına karar verilmesinde, hesapta kullanılan değerlerin muhtemel hatası yanında, zeminin homojen olmaması ve kayma yüzeyinin dairesel şekilden sapması göz önünde tutulmalıdır.

Daha kesin analizlerde her dilimde kaymaya karşı duran kuvvetlere aynı güvenlik sayısı uygulanır. Basitleştirilmiş yöntemin kullanılması halinde, dilimler arasındaki kuvvetler ihmal olunduğundan, bu kabul tam olarak geçerli olmaz. Şevin tamamı için güvenlik sayısı, kayma ihtimali olan zemin kütlesinin duraylılığından hesaplanır (Demiryürek 2002).

d) Toplam gerilme analizi ($\phi = 0$ kabulü) yöntemi

Suya doygun killerdeki kaymaların analizinde çoğu zaman, drenajsız kesme deneyindeki şartların yaklaşık olarak bulunduğu ve bu bakımdan kayma mukavemeti açısının (ϕ) sıfır olarak alınabileceği kabul olunur. Bu kabulün hesapların basitleştirilmesinde faydası vardır. Nihai kohezyonu (c_u), serbest basınç deneyinden veya çok yumuşak killerde arazide yapılan Veyn deneylerinden elde edilebilir. Yumuşak killerde bir seri kayma göçmesi üzerindeki araştırmalardan "ϕ=0 kabulünün", akla yakın doğruluktaki bir güvenlik sayısının belirlenmesinde genellikle uygun olduğu görülmüştür.

ϕ=0 kabulünün yapılması halindeki basitleştirilmiş işlem aşağıda verilmektedir. İlk olarak Şekil 2.5'de görülen ACDB alanı ağırlık merkezinin, O merkezinden olan yatay d uzaklığı bulunur. Bu alanın aynı biçimdeki şablonunu çıkarmak ve ağırlık merkezinin bulunması için, bunu çeşitli noktalarda asmak ve her durumda düşey doğruları çizmek suretiyle yapılabilir. Bir integratör kullanılarak, d uzaklığını, ACDBA alanını ve aynı zamanda O ya göre momenti kolayca bulmak mümkündür. Silindirik kayma yüzeyi boyunca, kaymaya sebep olan kaydırıcı moment W_d olur. Burada W, kayan ACDBA hacminin birim kalınlığının ağırlığıdır.



Şekil 2.5. Dairesel Kayma (Ulusay 2001'den)

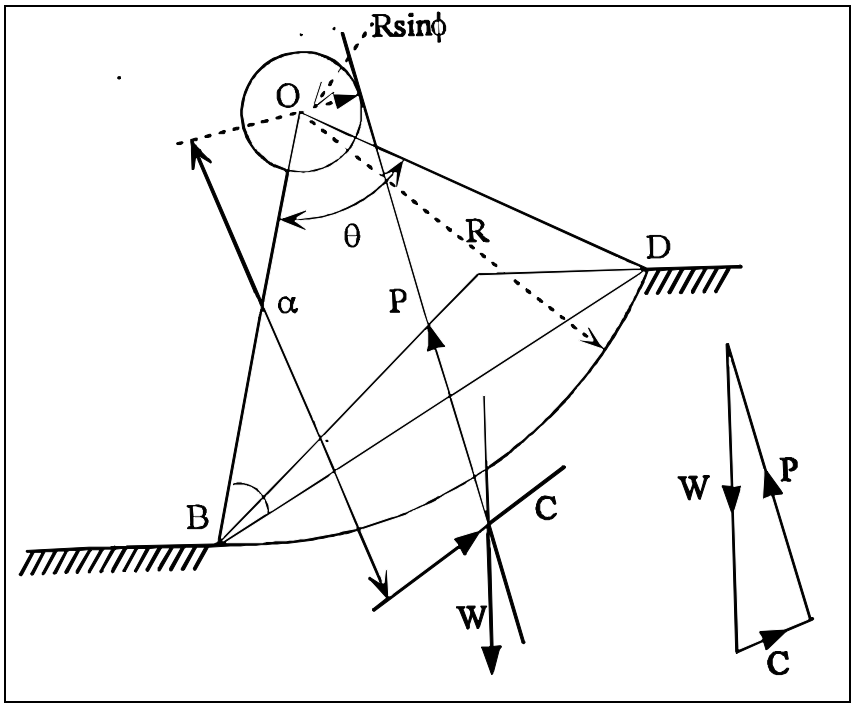
Kaymaya karşı koyan moment, silindirin yarıçapı ile BCD sathı boyunca meydana gelen kayma mukavemetinin çarpımıdır. ϕ=0 kabulünde, kayma yüzeyinin herhangi bir kısa uzunluğunda meydana gelen en yüksek kayma mukavemeti, o noktadaki basınca bağlı değildir ve dolayısıyla o kayma yüzeyi parçası üzerindeki materyalin ağırlığından bağımsızdır.

En düşük G_s değerinin bulunması için başka kayma daireleri de çizilerek, hesaplar tekrarlanır. Yukarıdaki basitleştirilmiş yöntemde, c_u değerinin bütün kayma yüzeyi boyunca sabit olduğu kabul edilmiştir. Oysa pratikte c_u değeri genellikle derinlikte değişir. Bu bakımdan ortalama bir değerin kabulü gerekir.

ϕ=0 olması ve dairesel kayma yüzeyinin kabulü halinde, dilimler arasındaki kuvvetlerin ihmal edilmesinin sonuç üzerine etkisi olmadığı görülmüştür (Demiryürek 2002'den).

e) Sürtünme dairesi (ϕ) yöntemi

Taylor (1948) yöntemi, Şekil 2.6'da görüldüğü gibi kayma yüzeyi üzerindeki P bileşke kuvvetinin, merkezi kayma yüzeyinin merkezi ile aynı olan R.sinϕ yarı çaplı bir daireye teğet olması kabulüne dayanmaktadır.



Şekil 2.6. ϕ Dairesi Yöntemi (Taylor 1948)

Güvenlik sayısının belirlenmesinde, denge şartlarında nihai kohezyon ve sürtünme mukavemetlerinin eşit oranlarda harekete geçtiği kabul edilmiştir. Belli bir şevin duraylılığının bu yöntemle incelenmesinde G_s değeri birkaç deneme kayma yüzeyi çizilerek bulunmalıdır.

f) Spencer yöntemi

Spencer (1967) tarafından geliştirilmiş olan bu yöntemde, dilimler arası kesme kuvvetleri arasında bulunan düşey kesme kuvvetlerinin, yatay normal kuvvetlere oranı bir sabit değere eşitlenmiştir.

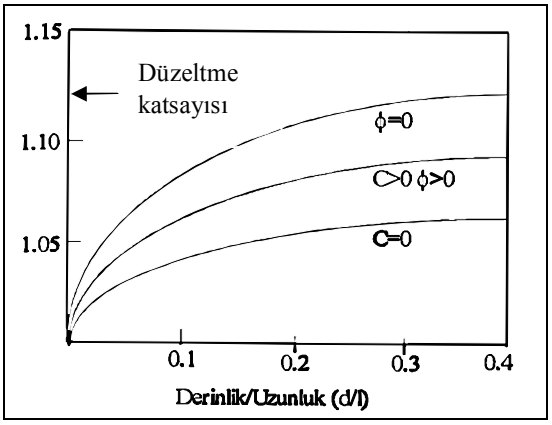
Dilimler arası bileşke kuvvetinin yatayla yaptığı açı (θ), hesaplamaların başında bilinemez. θ değerini belirleyebilmek amacı ile hem kuvvet dengesine göre bir güvenlik sayısı (G_f), hem de moment dengesine göre bir güvenlik sayısı değeri (G_m), θ'nın değişik değerleri için çözümlenir. Sonuçta G_f=G_m olduğu anda, θ'nın değeri istenilen cevaptır. Ancak, θ değerleri değiştikçe G_f değerlerindeki değişim, G_m değerlerindeki değişime göre çok daha hızlı olmaktadır.

Her bir dilimin özağırlığı, hesaplanarak veya planimetre ile alan ölçümü yapılarak bulunur. Kayma yüzeyinin yatayla yaptığı açı (α) ölçülür ve daha sonra dilim üzerindeki düşey kuvvet dengesinden, dilimin tabanındaki kayma gerilmesi değeri elde edilir (Demiryürek 2002'den).

g) Janbu yöntemi

Janbu (1956) kayma yüzeyleri için, dilimler arası kesme kuvvetlerinin (düşey kuvvetler) sıfır kabul edildiği basit bir analiz tariflemiştir. Kesme kuvvetlerinin sıfır olması sebebi ile güvenlik sayısı sadece yatay kuvvet denge denklemini kullanarak elde edilmekte ve hesaplanmış olan güvenlik sayısı değeri ampirik bir düzeltme katsayısı (f_o) ile çarpılmaktadır.

Görgül düzeltme katsayısının, kayma mukavemeti parametrelerine göre değişimi Şekil 2.7'de gösterilmektedir.



Şekil 2.7.Janbu basitleştirilmiş yönteminde kullanılan düzeltme katsayısı (Spencer 1967)

Şekilden de görüldüğü gibi, düzeltme katsayısı, kilin drenajsız kayma mukavemet açısına, kohezyonuna ve kayma yüzeyinin geometrisine, yani d/L oranına bağlı olarak değişmektedir. Burada d kayma dairesi dilimlerinden en derin olanının yüksekliği, L ise kayma yüzeyinin iki uç noktası arasındaki eğimli uzaklıktır.

Janbu genelleştirilmiş yöntemi dilimler arası kesme kuvvetlerini (düşey kuvvetleri) bir noktada etki ediyor olarak gözönüne almakta ve bu noktaların bir araya getirilmesi ile bir kuvvet tepkisi doğrusu oluşturmaktadır. Düşey kuvvetlerin toplanması ile normal kuvvet denklemi elde edilmektedir. Güvenlik sayısının çözümü için, dilimler arası kesme kuvvetlerinden ve yatay kuvvetlerin dengesinden yararlanılır.

Janbu genelleştirilmiş yöntemi moment dengesinin kullanıldığı, başka bir deyişle de her bir dilim üzerindeki kuvvetlerin toplamının gözönüne alınarak kayma dairesinin özel bir şeklinin çözümlenerek güvenlik sayısının elde edildiği bir yöntemdir. Bu yöntemle ilgili daha ayrıntılı çalışmalar Fredlund ve Krahn (1977) tarafından gerçekleştirilmiştir (Demiryürek 2002).

h) Lowe ve Karafiath yöntemi

Lowe ve Karafiath (1960) yöntemi, güvenlik sayısının değerini bir kuvvet denge denkleminden hesaplamaktadır. Dilimler arası kuvvetler dilimin kayma yüzeyinin ortasında bir noktada birbirlerine eşittirler ve dilimler arası kuvvetlerin yönleri de gözönüne alır.

Kuvvet ve moment dengesi güvenlik sayısını elde etmek amacı ile basit limit dengenin kuralları Lowe ve Karafiath yöntemi için de geçerlidir. Özellikle kuvvet dengesinden elde edilen güvenlik sayısını diğer yöntemlerden elde edilen güvenlik sayısı değerleri ile karşılaştırmak kolaydır. Çünkü daha önce verilen yöntemlerden bir kısmı da kuvvet dengesini kullanarak güvenlik sayısını elde etmektedirler (Demiryürek 2002).

i) Corps of Engineers yöntemi

Corps of Engineers yöntemi güvenlik sayısı değerini kuvvet denge denkleminden hesaplar. Lowe ve Karafiath yönteminde olduğu gibi dilimler arası, kuvvetlerin yönlerini kayma yüzeyinin orta noktasında eşit kabul eder. Bunun bir anlamı da kayma yüzeyinin başlangıç ve bitiş noktaları arasında şevin orta noktasında kuvvetler birbirlerini dengelemektedirler.

Corps of Engineers yöntemi Lowe ve Karafiath yönteminde olduğu gibi bir kuvvet dengesi güvenlik sayısı hattı oluşturur. Güvenlik sayısının büyüklüğü, kuvvet ve moment dengesinden elde edilen güvenlik sayısı değerinden düşük veya yüksektir (Demiryürek 2002'den).

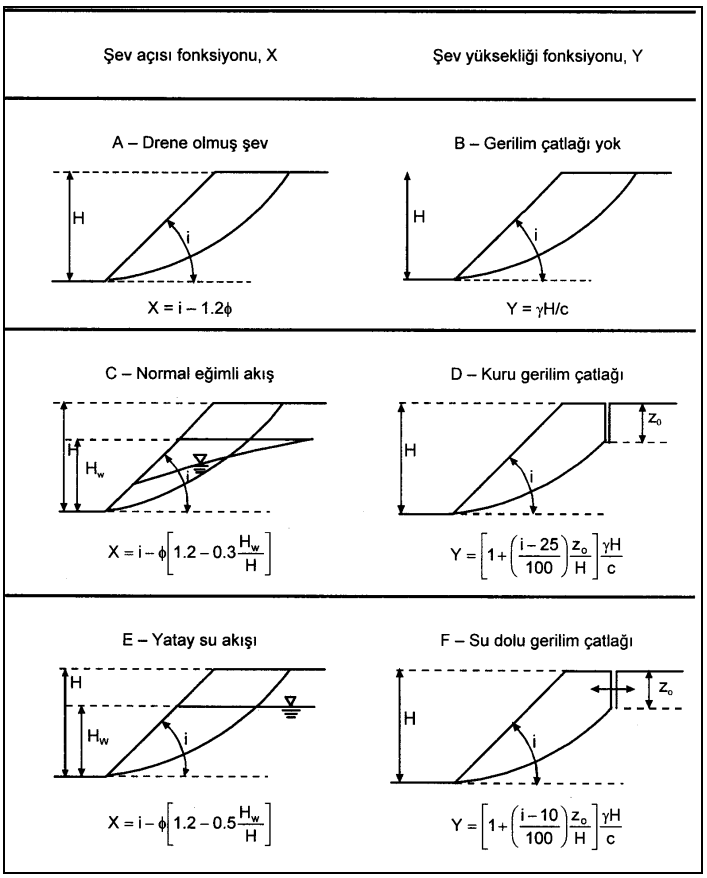
j) Morgenstern-Price Yöntemi

Morgenstern ve Price (1965) her bir kayma dairesi diliminin tabanındaki merkez etrafındaki momentleri ve her bir dilimin tabanındaki normal ve teğet kuvvetlerin

toplamını kullanarak güvenlik sayısı için çözüm getirmektedirler. Denklemler sonsuz küçük kalınlıklı bir dilim için yazılmaktadır. Kuvvet ve moment denge denklemleri birleştirilerek güvenlik sayısının çözümü için bir modifiye Newton-Raphson sayısal analiz yöntemi kullanılmaktadır. Dilimler arasındaki kesme ve normal kuvvetlerin yönleri gözönüne alınarak ve bu kuvvetler arasında tipik bir fonksiyon kurularak güvenlik sayısının değeri elde edilmektedir (Demiryürek 2002'den).

2.2.1.2. Dairesel kayma grafikleri yöntemi

Genellikle toprak zemin özelliklerine sahip malzemelerde, ileri derecede bozunmuş, ayrışmış veya çok parçalanmış zayıf kayaçlarda, pasa yığınlarında ve dolgularda dairesel yüzeyler boyunca gelişen kaymaların analizi için, bir ön değerlendirme yapılmasına olanak sağlayan ve pratik amaçlarla kullanılabilecek şev geometrisi kesitleri, formülleri ve tasarım grafiği Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8. Dairesel kaymaların grafiklerle analizi için şev kesitleri (Ulusay 2001'den)

Şekil 2.8'deki eşitliklerde yer alan parametreler;

H : Şev yüksekliği (m)

β : Kayma düzlemi açısı (°)

İ : Şev açısı (°)

γ : Kayacın birim hacim ağırlığı (gr/cm^3)

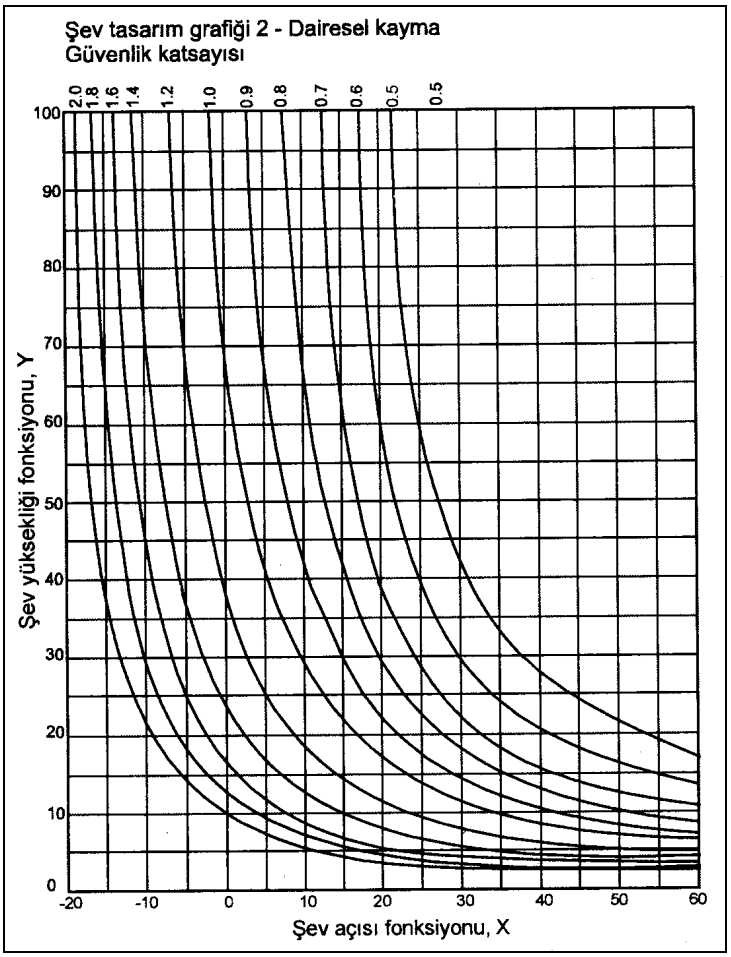
Z_o : Gerilme çatlağının derinliği (m)

ϕ : İçsel sürtünme açısı (°)

C : Kohezyon (MPa)

H_w : Su tablası yüksekliğidir (m)

Bu değerler, Şekil 2.9'da yerlerine konularak "güvenlik katsayısı" değeri okunur. Güvenlik katsayısının 1'den düşük olması halinde şevin duraylı olamayacağı sonucuna varılır.

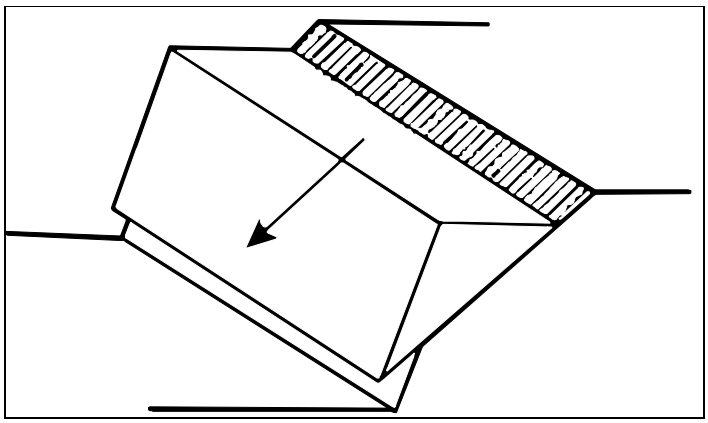


Şekil 2.9. Dairesel kaymaların grafiklerle analizi için şev tasarımı grafiği (Ulusay 2001'den)

Problemin çözümünde güvenlik katsayısı değeri hesaplanabileceği gibi, başlangıçta bir güvenlik katsayısı seçilip ve tersi bir yol izlenerek şev açısı da hesaplanabilir.

2.2.2. Düzlemsel kayma

Düzlemsel kaymalar, düz veya çok az ondülasyonlu bir yüzey boyunca gelişen makaslama yenilmesine bağlı olarak, malzemenin kayma yüzeyine paralel bir şekilde öne doğru hareketiyle gelişir. Bu tür duraysızlıklar, kaya veya toprak zemin malzemesine oranla daha düşük makaslama dayanımına sahip olan süreksizlik yüzeyleri (tabakalanma, eklem, fay, makaslama zonu, şistozite vb.) boyunca meydana gelen, dolayısıyla süreksizlik denetimli duraysızlıklardır. Şekil 2.10'da görüldüğü gibi, eğimi şev eğiminden küçük olan düşük dayanımlı zayıf bir düzlem üzerindeki kütlenin kazı boşluğuna doğru hareket etmesiyle meydana gelirler.



Şekil 2.10. Düzlemsel kayma (Ulusay 2001'den)

Düzlemsel kayma analiz yöntemleriyle ilgili kısa teorik bilgiler, aşağıda sunulmaktadır. Bu analiz yöntemlerinin temel esasları aşağıda verilmiş olup, pek çok kaynakta bulunabildiği için hesaplama aşamaları bu çalışmada ayrıntılı olarak verilmemiştir.

2.2.2.1. Düzlemsel kaymalarda limit denge analizleri

Çok sayıda basamaktan ve malzemeden oluşan şevlerde, dairesel kaymalardakine benzer limit dengeyi esas alan analiz yöntemleri kullanılır ve bu amaçla özellikle bilgisayardan yararlanılır.

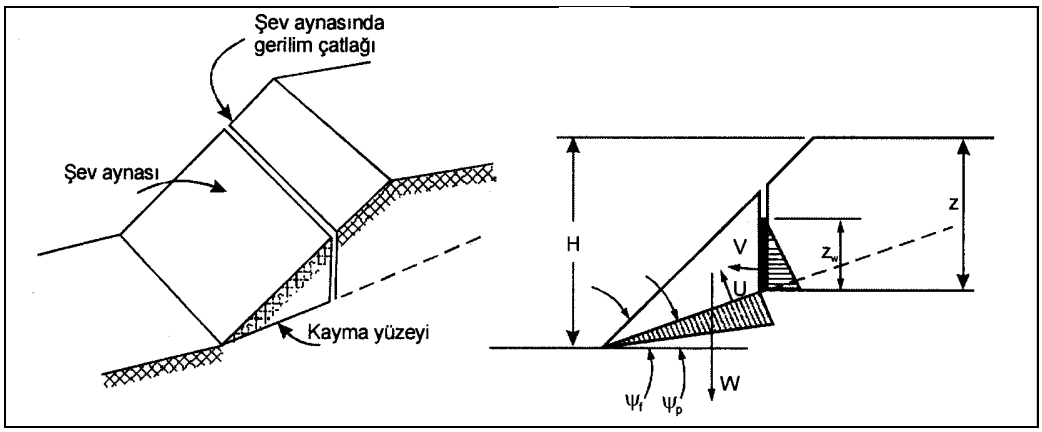
Limit denge koşulunu esas alan yöntemlerde, kinematik analiz yaklaşımındakinden farklı olarak, jeolojik birimlerin ve süreksizliklerin içsel sürtünme açısı ve kohezyon parametreleri; kayan kütlenin geometrisi, ağırlığı, yer altı suyu koşulları ve dış yükler de dikkate alınır. Bu yöntemlerde şevin genişliği (3. boyut) 1 m kabul edilip, analizler iki boyut esas alınarak yapılır. Sonuçlar, şev duraylılığının göstergesi olan güvenlik katsayısı ile ifade edilir.

Limit denge yöntemlerinde belirli bir kayma yüzeyi kabulü yapılmaktadır. Zemin mekaniğinde karşılaşılan problemlerde ise, zeminin iç bünyesindeki gerilme-şekil değiştirme davranışının da kaymaya sebep olduğu görülmektedir. Dolayısıyla geliştirilmiş olan limit analiz çözümleri, gerilme-deformasyon ilişkisine bağlı olarak akma kriteri ve birleştirilmiş akma kuralı kavramlarını gözönüne almaktadır.

Limit analiz yaklaşımları basit ve karşılaşılabilecek çoğu durumlara uyumludur. Çözüm yöntemi elastisite ve plastisitenin iki temel teoremini; üst sınır ve alt sınır teoremlerini esas almaktadır. Üst sınır teoremine göre uygun bir göçme mekanizması bulmak gereklidir. Alt sınır teoremine göre ise tüm şartların, arazideki gerilme durumunu tam anlamıyla yansıtması gereklidir.

Eğimi şevin eğiminden daha küçük bir düzlem üzerinde meydana gelen düzlemsel kayma duraysızlığında kayan kütle, gerilme çatlağının şev tepesi gerisinde veya şev aynasında gelişmesine bağlı olarak, Şekil 2.11'de gösterildiği gibi bir geometriye sahip olabilir. Kayan kütleye etkiyen kuvvetler aynı şekil üzerinde gösterilmiş olup, kayma

yüzeyinin alanı, kayma yüzeyi ve gerilme çatlağı boyunca etkiyen su basınçları her iki şev geometrisi için aynı ifadelerle hesaplanırken, kayan kütlenin ağırlığı gerilme çatlağının konumuna göre farklı ifadelerden belirlenir.



Şekil 2.11. Düzlemsel kaymaların analizi için şeve etkiyen kuvvetler (Ulusay 2001'den)

2.2.2.2. Düzlemsel kayma grafikleri yöntemi

Grafik yöntemleri, limit denge analizinden farklı olarak, basit bir geometriye ve nispeten homojen zemin koşullarına sahip şevlerle sınırlıdır. Homojen kaya şevlerinde gelişmesi olası düzlemsel kaymaların analizi için pratik ve ön değerlendirmeye yönelik amaçlarla kullanılabilecek şev geometrisi kesitleri, formülleri ve tasarım grafiği Şekil 2.12'de verilmiştir. Analiz yapılırken, incelenen şev açısına göre uygun koşulları tanımlayan kesitler (A-F) seçilir. Bu kesitlere ilişkin X ve Y fonksiyonları hesaplanarak, (X-Y) grafiğinden güvenlik katsayısı (GK) belirlenir. Başlangıçta bir güvenlik katsayısının seçilmesi koşulunda ise, yöntem tersten uygulanarak, şev açısının (i) hesaplanması da mümkündür (Hoek ve Bray 1995).

Şekil 2.12'deki eşitliklerde yer alan parametreler;

H : Şev yüksekliği (m)

β : Kayma düzlemi açısı (°)

İ : Şev açısı (°)

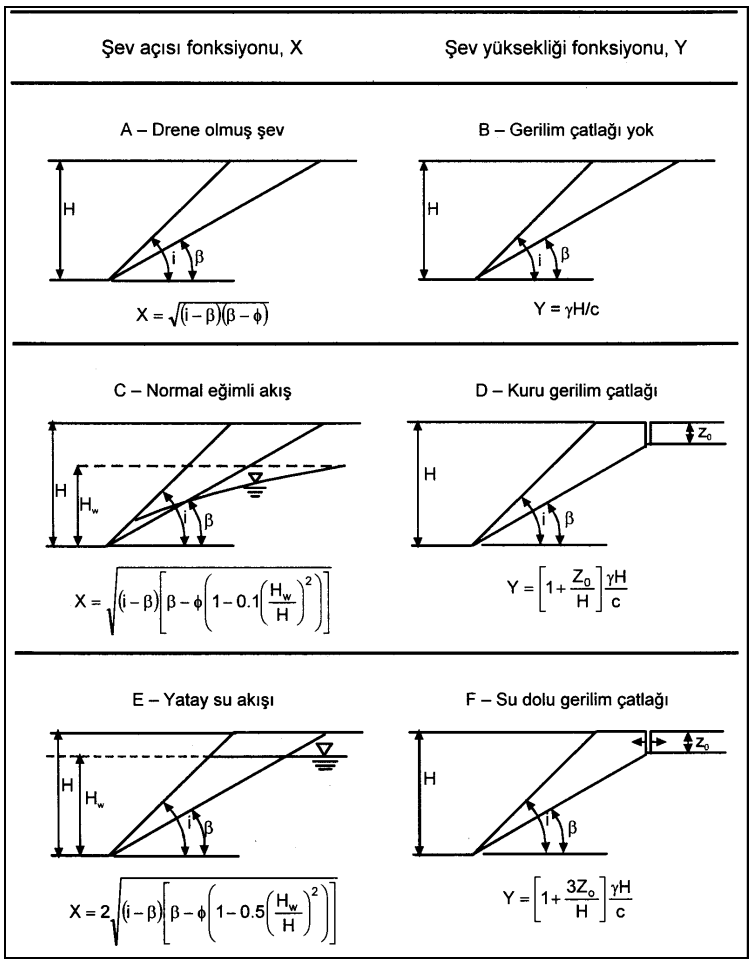
γ : Kayacın birim hacım ağırlığı (gr/cm^3)

Z_o : Gerilme çatlağının derinliği (m)

ϕ : İçsel sürtünme açısı (°)

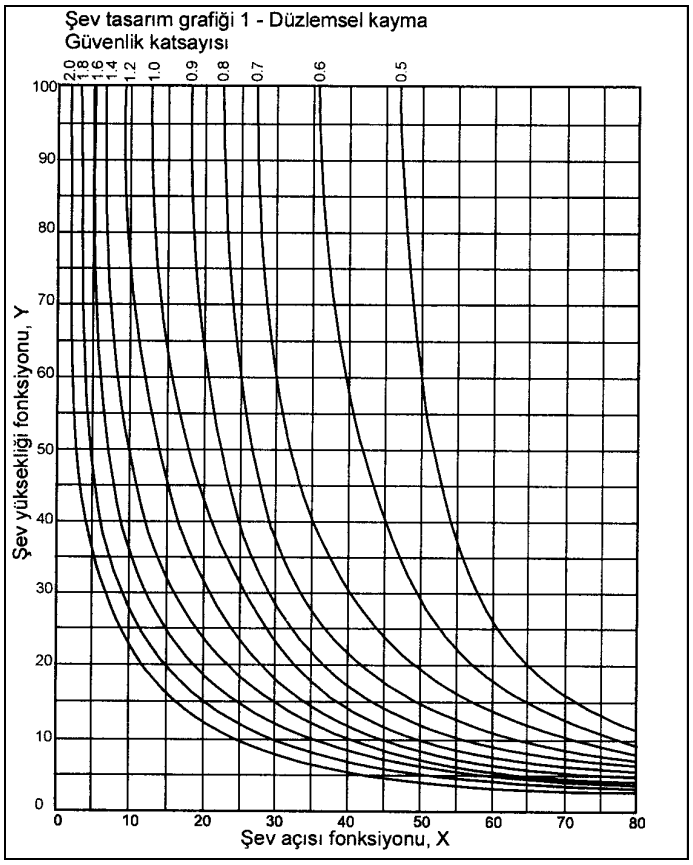
C : Kohezyon (MPa)

H_w : Su tablası yüksekliğidir (m)



Şekil 2.12. Düzlemsel kaymaların grafik yöntemlerle analizi için şev kesitleri (Ulusay 2001'den)

Bu değerler, grafik Şekil 2.13'de yerlerine konularak "güvenlik katsayısı" değeri okunur. Güvenlik katsayısının 1'den düşük olması halinde şevin duraylı olamayacağı sonucuna varılır.



Şekil 2.13. Düzlemsel kaymaların grafik yöntemlerle analizi için şev tasarımı grafiği (Ulusay 2001'den)

Bu yöntemde de izlenecek yol, dairesel kaymalar için değinilen grafik yöntemindeki hususlara benzer. Eşitliklerde kullanılan parametreler de aynıdır ve problemin çözümünde güvenlik katsayısı değeri hesaplanabileceği gibi, başlangıçta bir güvenlik katsayısı seçilip ve tersi bir yol izlenerek şev açısı da hesaplanabilir.

2.2.3. Yanal yayılma

Bu tür duraysızlığın meydana gelmesinde, makaslama veya çekilme çatlaklarının eşlik ettiği yanal bir genişleme hareketi rol oynamaktadır. Hareket hızının çok yavaş olduğu yanal yayılma duraysızlığının kayalarda ve zeminlerde gelişebilen türleri vardır. Ancak her iki tür de, depremler sırasında zemin sıvılaşmasına bağlı olarak gelişen yanal yayılma davranışından farklılık gösterir. Killi, göreceli olarak zayıf ve sünümlü bir malzeme içinde yüzer konumdaki sert ve eklemli büyük kaya bloklarının bu malzeme ile birlikte yavaş bir harekete maruz kalmasını tanımlar. Yıllık hareket hızı 10-25 mm arasında değişir ve genellikle hareket kolay fark edilmez. Aşırı gözenek suyu basınçları hareketi etkileyen önemli faktörlerden birisidir.

2.2.4. Akma

Konsolide olmamış (pekişmemiş) malzemelerin doygun veya kuru halde ve yavaş veya hızlı bir şekilde yamaç boyunca kıvamlı bir sıvı gibi hareket etmeleri, akma duraysızlığına neden olmaktadır. Kuru kumlar ile kil boyutundan moloz boyutuna kadar değişen malzemelerde bu tür bir duraysızlık gelişebilir ve kum akması, çamur akması ve moloz akması şeklinde adlandırılır.

2.2.5. Karmaşık kaymalar

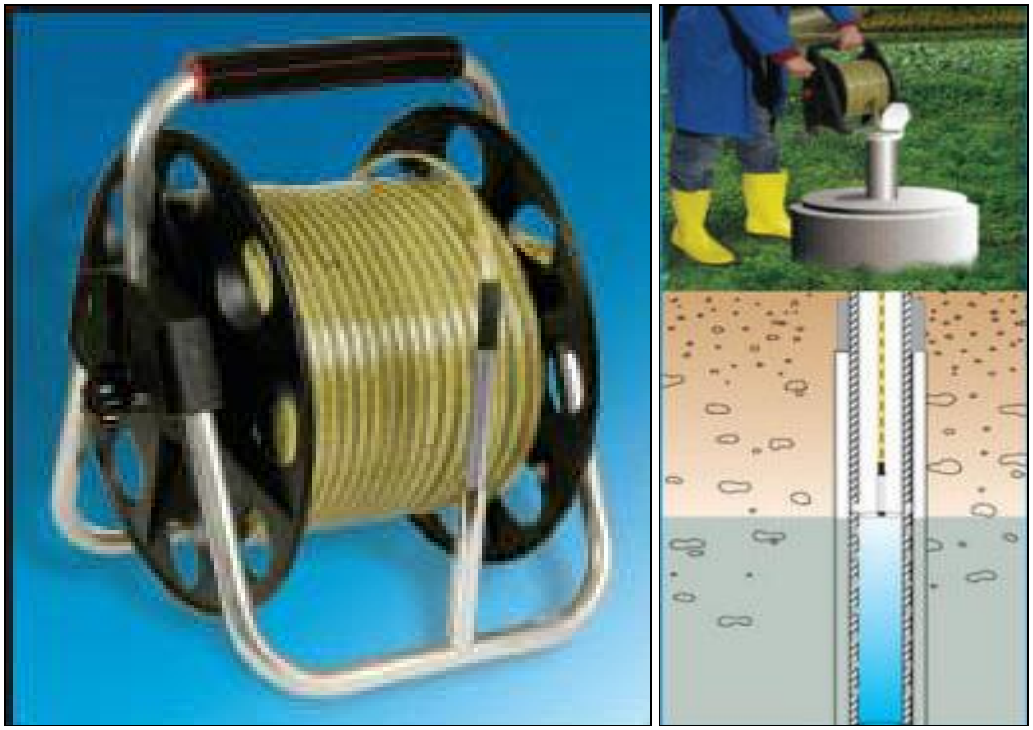
Bu tür duraysızlıklar, hareketin farklı aşamalarında, başlıca duraysızlık türlerinden en az ikisinin veya birkaçının birlikte gelişmesi sonucunda meydana gelebilir. Örneğin, kayma ve kaya düşmesi, dönel kayma ve zemin akması, dönel kayma ve kaya düşmesi, kaya düşmesi ve moloz akması, gibi duraysızlıklar, karmaşık kayma grubunda değerlendirilebilecek duraysızlık kombinasyonlarıdır (Ulusay 2001'den).

2.3. Şev Çalışmalarında Kullanılan Ölçüm Ve Analiz Yöntemleri

Tez çalışması kapsamında kullanılan arazi ölçüm ve analiz yöntemleriyle ilgili kısaca literatür bilgisi aşağıda sunulmuştur.

2.3.1. Yer altı su seviyesi (YASS) ölçüm yöntemleri

Genel uygulamada, yer altı su seviye değişimlerinin, kayma hareketleri üzerindeki etkisinin incelenebilmesi için, Şekil 2.14'de bir örneği görülen, su düdüğü (kuyumetre) ölçüm aletiyle, YASS ölçümleri yapılmaktadır.



Şekil 2.14. YASS ölçen su düdüğü (SuTek 2003)

Su düdüğü (kuyumetre), kablo tamburundaki sarkıtma mekanizmasıyla kuyu içine sarkıtılır. Su düdüğü, suyla temas ettiği anda, sinyal sesi verir. Sinyal sesinin duyulduğu anda, sarkıtma kablosunun üzerindeki derinlik değeri cm hassasiyetinde okunur. Böylece, YASS derinliği belirlenmiş olur.

2.3.2. İnklinometre ölçüm yöntemleri

İnklinometre ölçüm aletleri, şev ve heyelan etütlerinde en güvenilir yöntem olarak kabul edilmektedirler. İnklinometre, sahada açılmış deliklerin eksenlerindeki düşey sapmaların yönünü ve miktarını ölçmek için kullanılan, uzun süreli bir izleme aygıtıdır (Kamai 1998).

İnklinometre sistemleri, Şekil 2.15'de görüldüğü gibi;

- sondaj kuyusu içerisine yerleştirilen, kuyu derinliğine yetecek miktarda kılavuz boruları (casing),

- kılavuz boruları (casing) içerisinden deliğe indirilecek 1 adet sonda (probe)

- 1 adet veri okuyucu/depolayıcı ünite (dataloger),

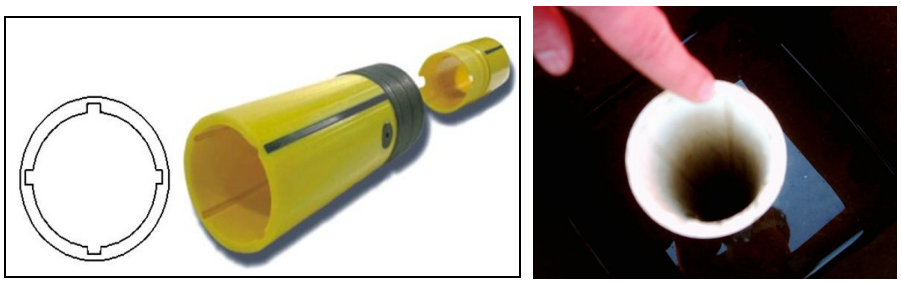
- sonda ve veri okuyucu/depolayıcı üniteleri birbirine bağlayan ve veri aktarımını sağlayan, kuyu derinliğine yetecek miktarda elektronik kablo,

olmak üzere, 4 ana parçadan oluşmaktadır.



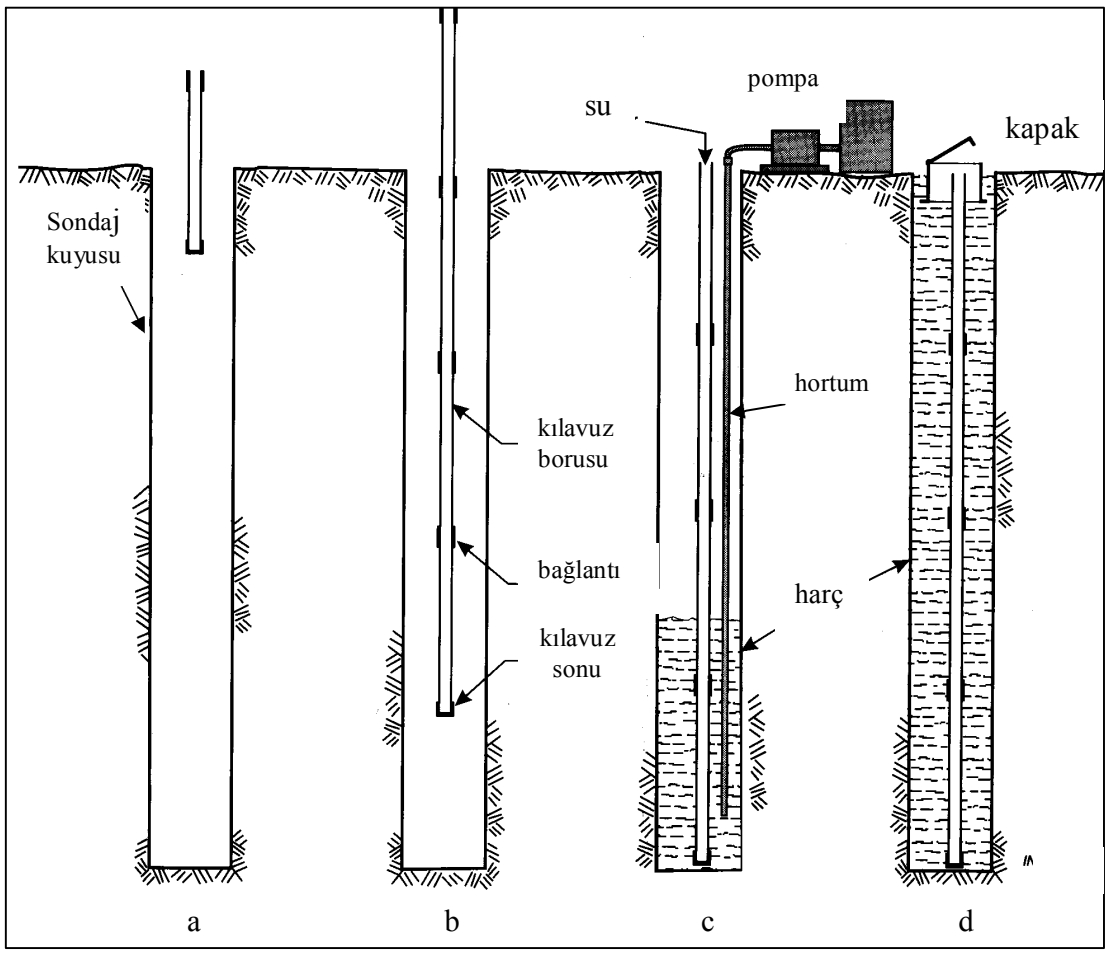
Şekil 2.15. İnklinometre sondasının, kılavuz boru içerisinden kuyuya gönderilişi

Öncelikle, inklinometre okumaları için yerleri ve derinlikleri belirlenen sondajlar açılır. Bu sondajların içerisine, daha küçük çapta ve birbirine monte edilmiş plastik kılavuz boruları indirilir. Kılavuz borularının içerisinde, 90°'lik arayla yerleştirilmiş, Kuzey-Güney ve Doğu-Batı doğrultulu olmak üzere, 4 adet yiv bulunmaktadır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. İnklinometre kılavuz borusu (SisGEO 1998)

Sondaj kuyusu ile kılavuz borusu arasında kalan boşluğa beton dökülerek, kılavuz borularının kuyu içerisinde sabit durmaları sağlanır (Şekil 2.17). Kılavuz borularının kuyulara indirilişi sırasında, kılavuz boruları kuzey ekseniyle, gerçek Kuzey ekseni arasında sapmaların olması kaçınılmazdır. Ölçümlerden elde edilen veriler değerlendirilirken, bilgisayar programı yardımıyla Kuzey ekseninden olan sapmalar sıfırlanmalıdır.



Şekil 2.17. İnklinometre kılavuz borusunun kuyuya indirilişi ve betonun dökülmesi (SisGEO 1998)

Daha sonra, içerisinde elektronik devreler bulunan kablo ile, veri okuyucu/depolayıcı ünite ve sonda birbirilerine bağlanır. Sonda'nın diskleri, kılavuz borusunun içerisinde bulunan yivlere, ölçüm yapılacak doğrultuda (Kuzey-Güney veya Doğu-Batı) oturtulur ve sonda kuyuya indirilir.

Sonda'daki elektriksel çıkış, veri okuyucu/depolayıcı üniteye bağlı bulunmaktadır. Böylece, arazide yapılan ölçümler, otomatik olarak dijital okuma ünitesinde depolanır. Depolanan bu veriler, NADIR isimli, bir bilgisayar programı aracılığıyla bilgisayara aktarılır. Verilerin değerlendirmesi ise, INCLIN96, GeoTilt, vs. türü programlar aracılığıyla yapılmaktadır. Yazılıma, ilk okunan seviyeleri referans olarak alması kodlanır. Yazılım, sonraki okumalarda kaydedilen değerlerden daha öncekilerin farkını alarak, kayma ekseninin geçtiği seviyeyi ve seviyelerde zamanla oluşan eksenden sapma değerlerini hesaplar ve grafiksel olarak sunar.

İnklinometre ölçümlerinin yapılışı ve verilerin değerlendirilmesinde, ASTM D7299 2006, SisGEO 1998, gibi kaynaklardan yararlanılabilir.

2.3.3. Presiyometre deney yöntemi

Günümüzde, gerek kaya-zemin mekaniği laboratuvar deneyleri ve gerekse yerinde deneyler, teknolojik gelişmeleri de yanına alarak, yerbilimleri ile ilgili mühendislik çalışmalarında uygulanmaktadır. Bu tür deneylerin içerisinde önemli bir işlevi, kuyu için yanal yükleme cihazları görmektedir.

Kuyu içi yanal yükleme deneylerinin bir türü olan presiyometre deneyi de, geniş uygulama alanıyla birçok jeoteknik problemin çözümünde kullanılmaktadır. Presiyometrenin bulunuşu 1950 ortalarına rastlamaktadır. Bu tarihlerde Louis Menard, presiyometreyi bularak, Illionis (ABD) Üniversitesinden mezuniyet çalışmalarında,

araştırma için kullanmıştır. Presiyometre ile yapılan testlerden elde edilen sonuçların doğruluğunu kontrol etmek için, bir Jeolojik Etütler Merkezinde geniş bir program düzenlenmiş ve çok miktarda testler yapmıştır. Günümüzde de kullanılmakta olan hesaplama formülleri, doğrudan doğruya bu testlerden alınmış veya bu testlerle kontrol edilmiştir.

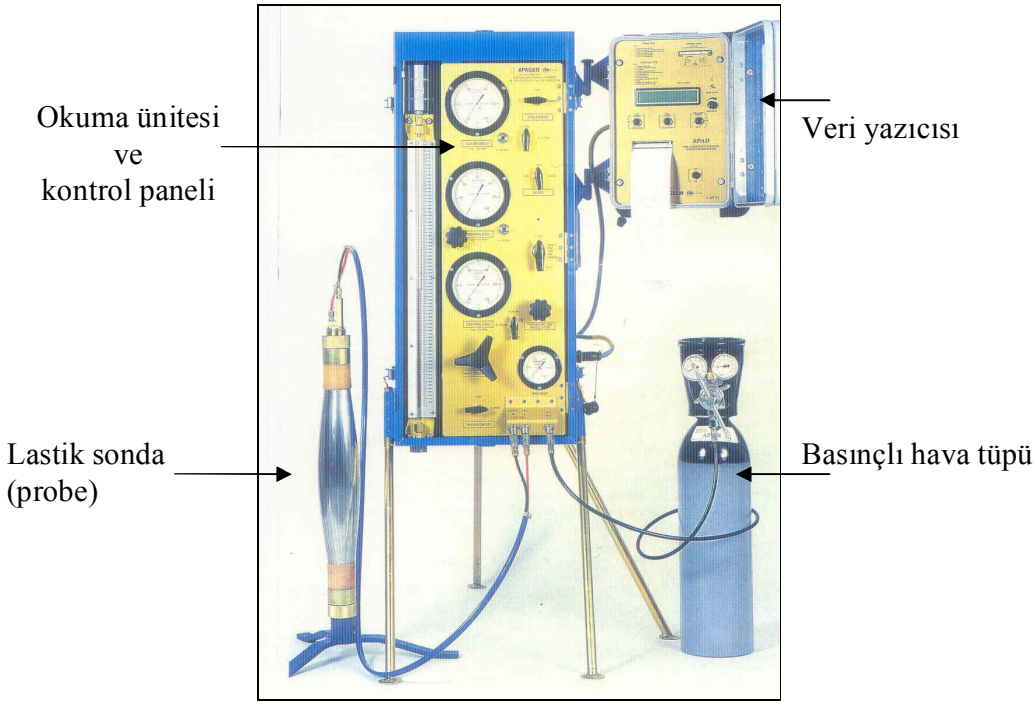
Louis Menard 1960 yılları başlarında presiyometre cihazlarını tek el üretici olarak imal etmeye başlamıştır (Sols Soils 1975).

1968 yılında ise kendinden delicili presiyometreler (SBP) geliştirilmiştir. Bu tipler, Menard tipi presiyometrelerin kullanımında kuyularda meydana gelen örselenmeye karşı geliştirilmiştir. Bu amaçla aletin sonda kısmına, sondaj açma makinesi ilave edilmiştir. Bu presiyometrelerin bazı modelleri ise PAF tipi presiyometrelerdir (Baguelin ve ark.'na (1978) göre).

Ülkemizde ise ilk presiyometre deneyleri, 1969 yıllarında, G tipi presiyometre ile başlamıştır. Teknolojik gelişmelerinde ilavesiyle, günümüzde GA-GC tipi aletler kullanılmakta ve en yüksek 2,5-4,0 MPa basınç verebilmektedir. Bir diğer model ise E Tipidir, en yüksek 2,0-2,5 MPa basıncı zemine iletebilmektedir. En fazla basınç verebilen GB tipi 10,0 MPa'a ulaşabilmektedir.

Presiyometre, zemin türü birimlerde ve tek eksenli basınç dayanımı 10,0 MPa kadar olan zayıf kayalarda, temel zemin etüdü için, sondaj kuyuları içerisinde uygulanan deney aletidir. Kuyularının belirlenen seviyelerinde deneyler yaparak, zeminin basınç-deformasyon ilişkileri, temel zemin birimlerinin Limit basınç (P_L) ve Menard elastik modül (E_P) değerleri elde edilir. Elde edilen P_L ve E_P değerleri kullanılarak, temel zemininin taşıma gücü (q_u), yük altında oluşacak oturma miktarı (S), temel kazık projeleri, tünellerde yenilme zonu sınırı ve dekapaj-hafriyat sınırı hesaplanabilmektedir.

Şekil 2.18'de görüldüğü gibi, presiyometre aleti temel olarak 4 ana bölümden oluşmaktadır.



Şekil 2.18. Menard GA tipi presiyometre deney aleti (Sols Soils 1975)

1- Okuma Ünitesi ve Kontrol Paneli: Aletin ana kısmını oluşturur. Üzerinde, sondaj kuyusuna indirilen sonda'ya verilen basınç değerlerini ayrıntılı olarak gösteren basınç ölçerler (manometre) vardır. Yine su-gaz basınç farklarını düzenleyen bir düzenleyici (dedantör) mevcuttur. Deney sırasında uygulanan basınç nedeniyle zeminde oluşan hacim değişiklikleri, hacim ölçerli su haznesinden giden su miktarıyla belirlenmektedir. Su haznesindeki hacim düşüşleri, 0.5 cm^3'e kadar rahatlıkla göz ile gözlenebilmektedir.

2- Sonda (probe): Metalik bir silindirin iç içe geçirilmiş 2 zırhlı veya lastik kılıf ile kaplanmasıyla oluşan sonda, iki hücreden oluşur. Deney esnasında Muhafaza Hücresi olarak adlandırılan dış kısımdaki koruyucu hücre, kuru hava, CO_2, azot gazı gibi tüpten gelen gazlarla dolar. İç kısımdaki Merkezi Hücre ise su ile dolar. Bu iki hücre birbiri ile

bağlantılı değildir. Hücreler, hacim ölçer ile ayrı ayrı bağlantılı olup, aynı basınç ile yüklenirler. İstenen deney seviyesine yerleştirilen ve çapsal olarak genişleyen silindirik sondanın değişik çapta (32-44-58-74 mm) olanları mevcuttur.

3- İletim Hortumları: Sonda ile kontrol ünitesi arasındaki bağlantıyı sağlayan iletim hortumları iç içe iki ayrı boru halinde imal edilmektedir. İçteki boru suyu, dıştaki boru ise gazı iletilmektedir.

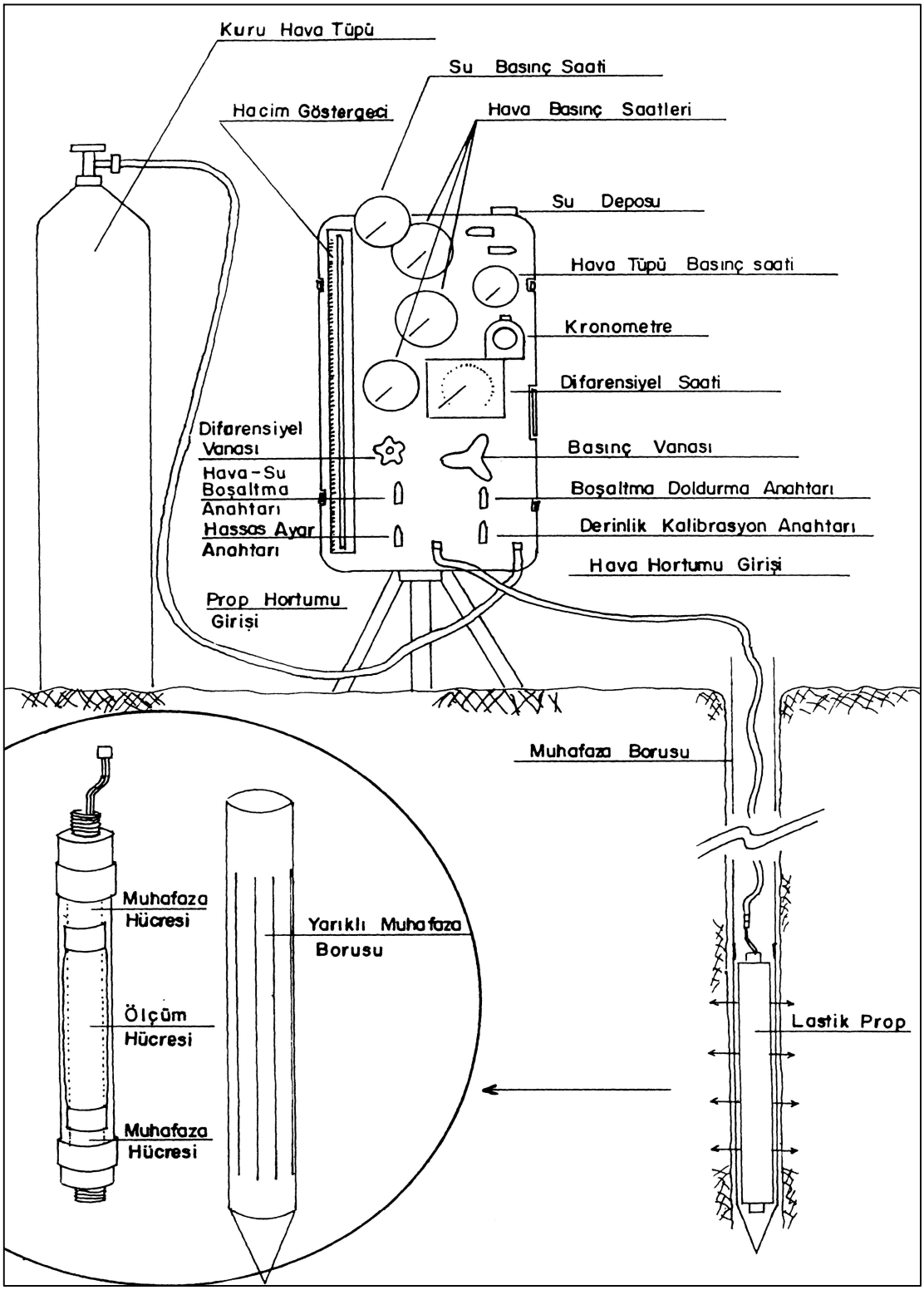
4- Tüp: Sistemin dolaşım basıncını sağlamak amacıyla, içerisinde sıkıştırılmış kuru hava, azot veya karbondioksit gazı depolanmaktadır.

Zemin parametrelerinin en gerçekçi biçimde tespit edilebilmesi için, presiyometre deneyleri sondaj işleminden hemen sonra başlamalıdır.

Genel kural olarak, etüt edilen üst yapının genişliğinin, yaklaşık 2 katı derinliğe kadar deney yapılır.

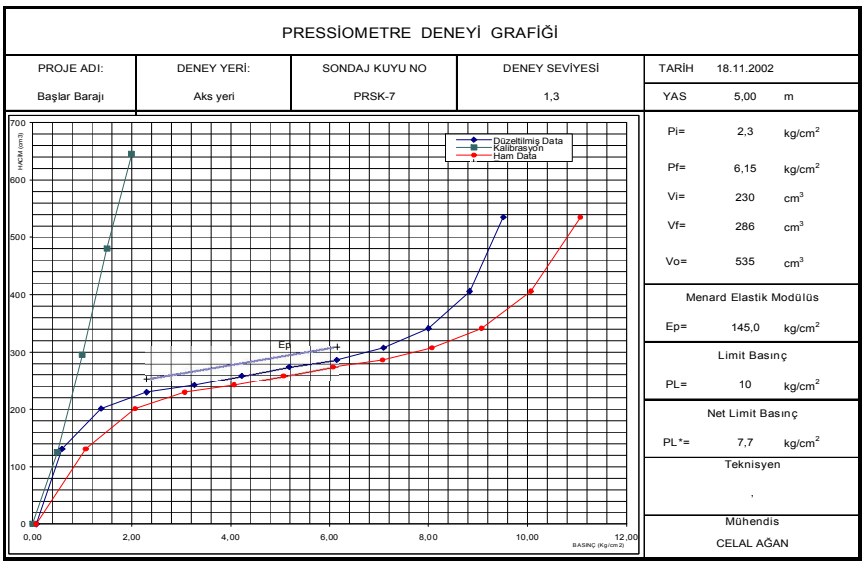
Deney aralıkları, yapılan proje özelliklerine göre, ilgili mühendis tarafından değiştirilebilmektedir.

Kalibrasyonu daha önce yapılmış olan sonda, Şekil 2.19'da görüldüğü gibi, deney seviyesine indirilir ve basınçlı hava ile şişirilir. Arttırılan her basınç seviyesinde, sabit bir zaman aralığına kadar (genellikle 1 dakika) beklenilir. Belirlenen bu zaman aralığında her basınç artışı için su hacim değişimleri kaydedilir. Boşluk hacminde oluşan bu artış, kuyunun yalnız çapsal olarak genişlemesi şeklindedir. Bir deney seviyesine en az 10 kademelik basınç uygulanır. Böylece bir deney yaklaşık olarak 10-15 dakika sürer. Yan yüzeylerde kırılma meydana gelene kadar basınç uygulanır.



Şekil 2.19. Presiyometre deney takımı ve deneyin uygulanması (Baguelin ve ark.1978)

Deneyler sonrasında, bazı bağıntılar kullanarak, yanal yönde presiyometre deformasyon modülü (E_p) elde edilir. E_p, zemin cinsine bağlı bir katsayıya (Poisson oranı) bölünerek, düşey doğrultuda zemin deformasyon modülü elde edilir. Bu verilerle de, Şekil 2.20'deki gibi, basınç-deformasyon eğrisi çizilir. Şekilde Y ekseni artırılan basınç kademelerini (MPa), X ekseni de bu kademelerde oluşan hacim değişimlerini (cm^3) gösterir. Şekil 2.20'de görüldüğü gibi, başlangıçtan sonra akma eğrisi doğrusal artış gösterir ve eğrisinin yukarıya doğru kırılarak sonsuza vardığı nokta (Pt) akma basıncıdır ki, zeminin teorik olarak "Nihai taşıma gücüne" eşittir.

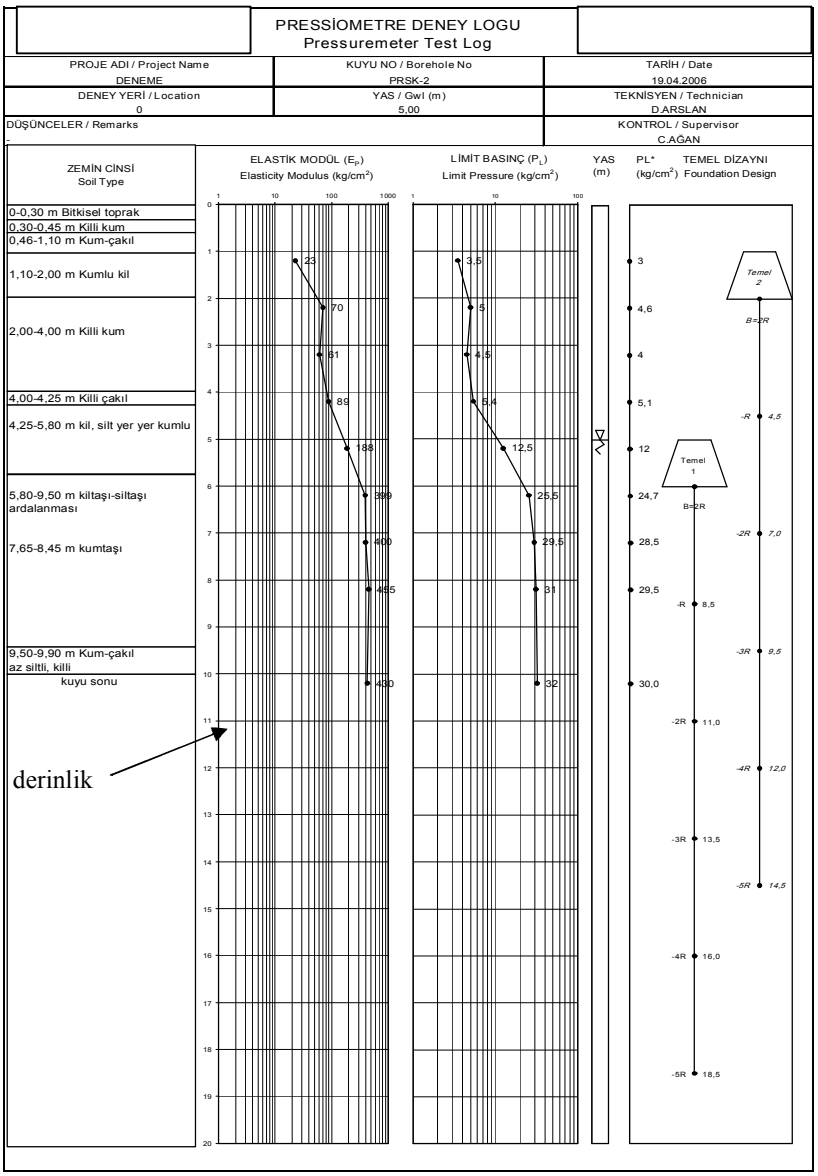


Şekil 2.20. Presiyometre deney grafiği (Sols Soils 1975)

Deney yapılan her seviye için Şekil 2.20'deki gibi grafikler çizilir ve tüm seviyelerin akma basıncını (Pt) ve Menard Elastik Modülünü (E_p) gösteren, Şekil 2.21'de görülmekte olan kuyu logları çizdirilir. Loglar aracılığıyla, kuyu yeri ve civarı için uygun temel derinliği belirlenebilip, taşıma gücü ve oturma miktarları hesaplanabilmektedir (Sols Soils 1975).

Presiyometre deneyinin yapılışı ve verilerin değerlendirilmesinde, ASTM D4719 2007, Baguelin ve ark. 1978, Canadian Geotechnical Society 1975, Kumbasar ve Kip 1999, Sols Soils 1975, gibi kaynaklardan yararlanılabilir.

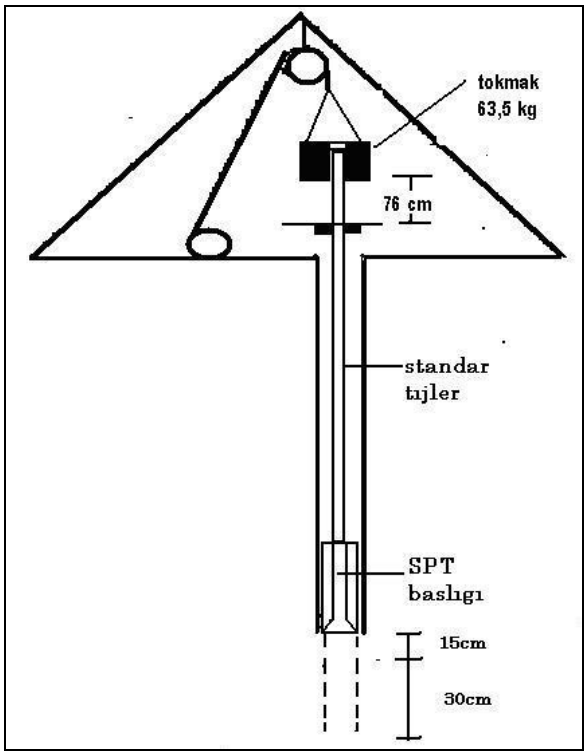
Literatürde presiyometre deneylerinin heyelan analizlerinde kullanıldığına dair bir bilgi bulunamamıştır.



Şekil 2.21. Presiyometre deney logu (Sols Soils 1975)

2.3.4. Standart penatrasyon deney (SPT) yöntemi

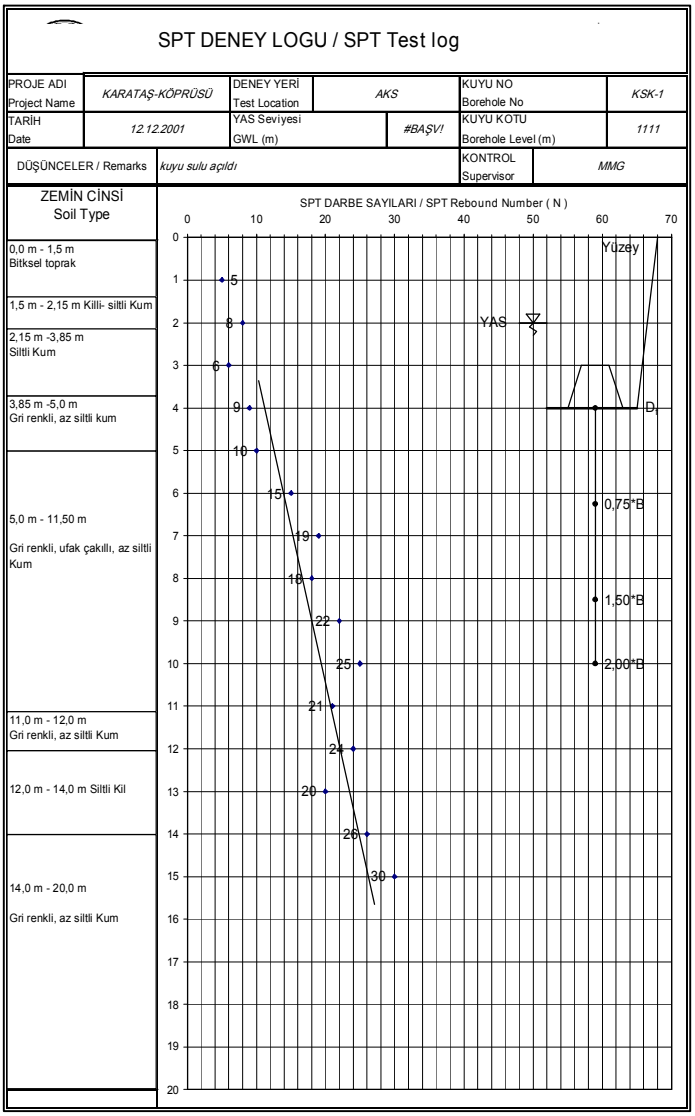
SPT deneyleri, zemin türü birimlerde açılan temel sondaj kuyularında uygulanan temel zemin etüt deneyleridir (Şekil 2.22). Sondaj kuyularının belirlenen seviyelerinde deneyler yaparak, o kuyu civarı zemini için taşıma gücü, oturma miktarı ve temel kazık hesaplamalarında kullanılacak veriler elde edilmektedir.



Şekil 2.22. Standart Penetrasyon Test (SPT) düzeneği (Özaydın 1997)

Esas olarak kumlu zeminlerde uygulanan SPT, yumuşak killerden zayıf kayalara kadar değişik birimlerde uygulanabilmektedir. Ancak, birimin çakıllı bir yapıda olması halinde, SPT deneyi yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir (Coduto 1999, Özaydın 1997, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası 2003).

SPT değerleri Şekil 2.23'de görüldüğü gibi darbe sayısı (N) - derinlik grafiğine işlenmektedir.



Şekil 2.23. Standart penetrasyon test (SPT) sonuç logu

SPT deneyinin yapılışı ve verilerin değerlendirilmesinde, ASTM D1586 2008, Kumbasar ve Kip 1999, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası 2003 gibi kaynaklardan yararlanılabilir. Literatürde SPT deneylerinin heyelan analizlerinde kullanıldığına dair bir bilgi bulunamamıştır.

2.3.5. Jeofizik tomografi ölçüm yöntemi

Tomografi deneyi, özellikle yer altı sularının ve maden yataklarının tespitinde kullanılmak üzere geliştirilmiş, elektriksel rezistivite yöntemi prensipleriyle çalışan en gelişmiş jeofizik deney yöntemidir. Bu deney yönteminde, bir üniteyle yer altına gönderilen ve başka bir üniteyle geri toplanan elektriksel sinyallerle yer altı sularının varlığına dair veriler elde edilmektedir.

Literatürde, tomografi ölçümlerinin ve diğer jeofizik yöntemlerinin şev duraylılık analizlerinde zamanla daha fazla kullanılmaya başladığı görülmektedir (Calcaterra ve ark. 1998, Işık ve ark. 2004).

Son yıllarda teknolojinin gelişmesi ile sahada jeofizik veri toplama konusunda hızlı ve güvenilir bir şekilde otomasyona geçilmiş, önemli atılımlar gerçekleştirilmiştir. Bu gelişmelerin başında Şekil 2.24'de görüldüğü gibi, çok kanallı, çok elektrotlu hızlı ve güvenilir ölçü alabilen özdirenç aletleri gelmektedir.

Tomografi ölçüm düzenekleri 1 adet verici ve 1 adet alıcı üniteden, çoklu elektrot ve kablo sisteminden oluşmaktadır.



Şekil 2.24. Jeofizik tomografi ölçüm aleti ve teçhizatı

Depolanan ölçüm verileri, tomografi aletinden bilgisayara aktarılır. Bilgisayara aktarılan dosyalar, uygun uzantılı dosyalar şekline dönüştürülür. Dönüştürülen bu dosyalar işlenecek konuma getirilir. Dosyalara topografya değerleri eklenerek, diğer bir program aracılığıyla değerlendirilir (RUN edilir). Çalıştırılan programdan elde edilen 1 boyutlu özdirenç (1D) ve 2 boyutlu özdirenç (2D) kesitler hazırlanır (ABEM 1999). İki boyutlu 2-D Elektriki tomografi tekniğinin, jeolojik yapının aydınlatılmasında çok daha etkili olduğu bildirilmiştir (Griffiths ve Barker 1993). Hazırlanan kesitler jeolojik bilgiler de göz önüne alınarak yorumlanır ve raporu yazılır.

Bazı araştırmacılar, belirli zonların mekanik özelliklerini laboratuvar deneyleriyle tespit etmiş, daha sonra sismik veya elektriksel iletkenlik yöntemlerini kullanarak, aynı özelliğe sahip birimlerin yer altı haritalarını çıkarmayı hedeflemişlerdir. Bazıları da, bu ölçümleri yaparak o jeolojik birime ait geri analizler yaptıklarını iddia etmişlerdir. Örneğin, Brueckl ve Parotidis (2001), bozunmuş kayada jeofizik ölçümleri yapmış, kayacın içsel sürtünme açısını 20°-24° bulmuş, bu değerlere bakarak, bu birimin örselenmiş olduğunu ve geçmişte bir heyelana maruz kaldığını iddia etmiştir.

Kimi araştırmacılar da, kayma dairelerinin tespiti açısından tek bir ölçümün sonuç vermeyeceğini iddia etmiş, çalışma alanlarını 2 günde bir ölçüm almak suretiyle 6 aylık sürede gözlemlemişlerdir. Hatta daha emin olabilmek için 1 yıllık ek gözlem ve ölçüm süresine ihtiyaçları olduğunu belirtmişlerdir (Lebourg ve ark. 2005).

Friedel ve ark. (2006) ise, bu yöntemlerin kayma dairesini tespitten ziyade, anakaya gevşek zemin kesişimlerinin tespitlerinde çok faydalı olduğunu belirtmiştir. Kendi yaptığı çalışmada da, kayma dairesinin kumtaşının üzerindeki killi zeminin kaçıncı metresinden kaydığını tespit etmeye çalışmıştır. Ancak çalışmasında, kayma dairesinin killi zemin içerisinden değil, anakaya ile killi zemin arasına yataklanmış, 2 m kalınlığında, adeta akifer gibi davranan suya doygun siltli zon içerisinden olabileceğini iddia etmiştir.

Tomografi ölçümlerinin yapılışı ve verilerin değerlendirilmesinde, ABEM 1999 gibi kaynaklardan yararlanılabilir.

Tomografi aleti ülkemizde sadece DSİ Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı, Jeofizik Etütler Şubesi bünyesinde bulunmakta olup, ülkemizde tomografi ölçümlerinin şev duraylılık analizlerinde daha önce kullanılmadığı bildirilmiştir (Aksu 2007, Sözlü görüşmeler).

2.3.6. Topografik ölçüm yöntemleri

Topografik ölçümler heyelan analizlerinde, gerek heyelan kesitinin (taç, gövde, topuk) ortaya konulabilmesi, gerekse duraylılık analizlerinde kullanılacak kesitlerin elde edilebilmesi amacıyla oldukça sık kullanılan bir yöntemdir. Ayrıca, heyelanlı arazi ve üzerindeki yapılar, topografik yöntemlerle ayrı ayrı gözetim altında tutularak, yapılardaki deformasyonların heyelandan mı yoksa inşa hatalarından mı kaynaklandığı anlaşılabilmektedir. Özellikle, karmaşık olmayan küçük ölçekli heyelanlarda, topografik ölçümler son derece doğru ve yararlı sonuçlar vermektedir (Angeli ve ark. 2000, Bozzano ve ark. 2002, Işık ve ark. 2004, Kamai 1998, Kilburna ve Pasuto 2003).

Topografik ölçümlerin sağlıklı olarak alınabilmesi için, ölçüm aletinin kayma alanı dışında, yani hareket gözlenmeyen bir noktaya (nirengi) yerleştirilmesi gereklidir (İnal ve ark. 1996, Özbenli ve Tüdeş 1972). Her okuma değerinden, bir önceki okuma değeri çıkartılarak, o ölçüm noktasındaki topografik değişimler kaydedilir. Tüm arazi genelinde alınan okuma sonuçları farkları ve değişimleri topluca değerlendirilerek, arazi üzerinde gelişmekte olan hareket hakkında yorumlar yapılabilir. Bu çalışmada kullanılan topografik ölçüm aleti, Şekil 2.25'de bir örneği görülmekte olan Totalstation aletidir.



Şekil 2.25. Totalstation ölçüm aleti ve 3 ayaklı sehpası (Commonwealth 2008)

2.3.7. Jeomekanik sınıflama yöntemleri

Jeomekanik sınıflama sistemi kaya kütlesinin mühendislik verilerini saptamaya yarayan bir yöntemdir. Bu yöntem tüneller, temeller, şev yamaçları ve diğer yer altı inşaatlarında uygun kaya payanda ve takviye önlemlerinin seçiminde kullanılmaktadır (Bieniawski 1973).

RMR sistemi şevler için uyarlanarak SMR haline getirildiği bildirilmiştir. SMR (Slope Mass Rating) şeve, eklemlere, dalım açılarına ve dalım doğrultularına bağlıdır. Heyelanlı bölge SMR'si ve CSMR'si çıkartılarak, benzer değerlere sahip diğer bölgelerin de kayabileceği ihtimaliyle, bu bölgelerin izlenmesi önerilmektedir (Bozzano ve ark. 2002, Brideau ve ark. 2006, Calcaterra ve ark. 1998, Fahl ve ark. 2006, Romana ve ark. 2003).

2.3.8. Schmidt çekici deney yöntemleri

Kayaçların dayanım ve deformasyon özellikleri hakkında, dolaylı yoldan hızlı bir şekilde bilgi sahibi olmak amacıyla yerinde ve laboratuvarda uygulanmak üzere uygulanan indeks testler birisi olan Schmidt sertlik çekici deneyinin, 1960'ların başından bu yana kullanımı giderek artmaktadır.

Schmidt sertlik çekici, Şekil 2.26'da görüldüğü gibi, çıplak kaya yüzeylerine uygulanabildiği gibi, sondajlardan alınan (ideali NW (76 mm) çapında olmak üzere) ve deney beşiğine yerleştirilen karotlar üzerine de uygulanabilmektedir.



Şekil 2.26. Schmidt sertlik çekici (Bera Test 2009, Wikipedia 2009)

Schmidt çekici prensip olarak çelik bir piston ile bunu bir yayla bastıran ağırlıktan ibarettir. Bu ağırlık yayla birlikte kaya veya beton üzerine itildiği zaman piston yuvasından çıkarak kütleye çarpar. Sonra yük serbest bırakılınca yayla birlikte geri sıçrar. Daha sonra göstergeden sıçrama miktarı tespit edilir. Bunun gibi en az 20 değer okunur ve daha sonra bu değerlerin ortalaması alınır. Ortalamadan %10 oranda sapan değerler iptal edilir ve ortalama tekrardan alınır. Bulunan değer Schmidt diyagramında yerine konur ve kayacın Schmidt sertlik indeksi belirlenmiş olur.

Literatürde, zayıf kaya ortamında Schmidt çekici deneylerinin yanıltıcı olabileceği, kaya dayanım değerleri azaldıkça Schmidt çekici deney sonuçlarının da gerçek kaya verilerinden uzaklaşacağı belirtilmiştir (Giasso ve ark. 1992, Gökçeoğlu 1996).

2.3.9. Şev araştırmalarında kullanılan bilgisayarda analiz yöntemleri

Gerek ekonomik gerekse teknik olanaksızlıklar nedeniyle arazi ölçümlerinin yapılamadığı bazı durumlarda, bilgisayar ortamında yapılan analizler ve simulasyonlar, proje öncesi fikir edinilmesi açısından önem taşımaktadır.

Genel uygulamada, heyelan analizlerinde bilgisayar çalışmalarının ilk adımını kinematik analizler oluşturmaktadır. Kinematik analizlerde, heyelan riskinin saptanması halinde, ikinci adım olan şev duraylılık analizlerine başvurulmalıdır. Böylece, mevcut şevin değişken koşullardaki güvenlik katsayıları, bilgisayar ortamında incelenebilmektedir. Bu analizlere ilaveten, proje mühendisinin gerekli görmesi halinde, şev üzerindeki yapıların, şev duraysızlığından etkilenme oranlarının incelenmesi için, gerilme-deformasyon analizleri yapılabilmektedir.

2.3.9.1. Kinematik analiz yöntemleri

Eklemli kaya kütlelerinde açılan şevlerin duraylılığının ön değerlendirmesine ve jeolojik birimdeki süreksizliklerin duraylılık üzerindeki etkilerinin incelenmesine kinematik analiz denilmektedir.

Kinematik analiz, mekanizmaların dinamik analizinde ilk basamağı teşkil etmektedir. Bundan dolayı, şev duraylılık analizlerinde de yapılması gereken ilk inceleme kinematik analiz olarak kabul edilmektedir. Kinematik analiz sonuçlarının, kayma risklerini ortaya koyması halinde, ayrıntılı şev duraylılık analizlerine başvurulması gerekmektedir (Hoek ve Bray 1995).

Kinematik analizlerin,

- klasik kinematik analiz
- olasılıklı kinematik analiz

olmak üzere iki ayrı yöntemi bulunmaktadır.

Klasik kinematik analiz yönteminde, tüm süreksizliklerin yoğunlaştığı sadece tek bir süreksizlik yönelimi dikkate alınmaktadır. Süreksizlik konturlarının, stereografik projeksiyon ağı üzerinde belli noktalarda aşırı derecede yoğunlaşması, süreksizlik yönelimlerinin homojen olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda, kinematik analiz sonuçları güvenilir olarak kabul edilebilir. Ancak, genelde kaya kütleleri içerisindeki süreksizlik yönelimleri, karmaşık özelliklerinden dolayı bu tür bir yoğunlaşma göstermezler. Bu gibi heterojen özellikte olan kaya kütlelerinde ise, tüm süreksizlik konturlarının duraylılık üzerindeki etkilerinin dikkate alındığı, olasılıklı kinematik analiz yöntemi tercih edilmelidir (Gökçeoğlu ve ark. 2000).

Elle çizilen stereografik projeksiyon ağları, teknolojik gelişmelere paralel olarak, günümüzde bilgisayar ortamında çizdirilebilmektedir. Arazi çalışmaları ve gözlemleriyle tespit edilen eklem setlerinin sayısı, yönelimleri ve dalım açıları, yazılımlara girdi olarak kaydedilir. Bu eklemlerin stereografik ortamına taşınması komut edilir. Ortaya çıkan grafik çiziminde, eklem setlerinin birbirileriyle olan etkileşimleri incelenir. Böylece, çalışma sahasında heyelan riskinin olup olmadığı, risk varsa ne tür kaymalar gelişebileceği tespit edilir.

Bu amaçla, KINAN (Sönmez ve Gökçeoğlu 1998) ve Dips (Diederich ve Hoek 1989) gibi geliştirilmiş yazılımlar bulunmaktadır.

2.3.9.2. Şev duraylılık analiz yöntemleri

Heyelan etütlerinde ilk adım olan kinematik analiz sonuçlarına göre heyelan riski tespit edilmiş ise, çalışma sahasından alınmış bir topografik kesit üzerinde, ikinci adım olan şev duraylılık analizlerinin yapılması kaçınılmazdır.

Bu analizler, limit-denge hesaplamalarıyla, kaymaya engel olan kuvvetlerin, kaymaya neden olan kuvvetlere olan oranını bulmada kullanılmaktadır. Elde edilen bu orana, o şevin güvenlik katsayısı (F) da denilmektedir.

Ayrıca, kayma mekanizması tetikleyici unsurlarının daha iyi anlaşılabilmesi, yüzey yüklerinin duraylılığa olan etkisinin ortaya konulabilmesi ve en uygun iyileştirme yönteminin seçilebilmesinde, bu analizler büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Bu tür analizlerde mutlaka dinamik yüklerin de göz önüne alınması gerekmektedir. Yapılan örnek bir çalışmada, statik ve dinamik yüklerden izole bir kesitte güvenlik katsayısı 1,499 iken, yüklenmiş kesitte 1,262 bulunmuştur. Bir diğer vakada, yüklerden izole kesitte güvenlik katsayısı 1,469 iken, yüklenmiş kesitte 1,411 bulunmuştur (Paul ve Satish 1997).

Piyasada pek çok şev duraylılığı analizi yapacak bilgisayar yazılımı seçeneği bulunmaktadır. GeoSLOPE, GeoStabil, HS Jeotek, Slide, Slope/W, Stabil, Talren, vb. bunlardan en yaygın olarak bilinenleridir.

2.3.9.3. Gerilme-deformasyon analiz yöntemleri

Sayısal analizler, analitik yöntemlerle çözülemeyen denklemleri, yaklaşım ve yineleme yoluyla tahmini bir çözüme ulaştırmaya yarayan yöntemlerdir.

Herhangi bir jeolojik birimde yapılacak tünel, baraj, şev, bina, vs. gibi inşaatlar, birincil ve ikincil gerilmelerin artmasına ve üçüncül (tersiyer) gerilmelerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Deneylerle elde edilen kaya numunesi verilerinin, kaya kütlesi özelliklerini tam olarak yansıtamadığı bilinmektedir. Böyle durumlarda, sayısal analizlere başvurulmakta, sınır ve boyut etkileri oldukça gerçekçi bir biçimde hesaplara katılabilmektedir. Böylece, etüt sahasının tümü göz önüne alınmış, yük karşısında zemin davranışlarının, gerilmelerin yoğunlaştığı bölgelerin ve inceleme alanı üzerindeki yapıların etkilenme oranları tespit edilebilmektedir (Duffant ve Feuga 1985, Fanna ve Wardle 1987, Onargan 2000, Vervoort ve ark. 1987). Literatürde, bu kapsamda yapılmış pek çok başarılı çalışma mevcuttur.

Piyasada pek çok gerilme-deformasyon analizi yapacak bilgisayar yazılımı alternatifi bulunmaktadır. Ansys, Flac, Marc, Phases, Plaxis, vb. bunlardan en yaygın olarak bilinenleridir.

BÖLÜM 3
ÇALIŞMA SAHASININ TANITILMASI

3.1. Çalışma Sahasının Yeri, İklim Koşulları Ve Bitki Örtüsü

Çalışma sahası, Şekil 3.1'de görüldüğü gibi, Zonguldak İl merkezi, eski Kozlu yolu üzeri, İncivez mahallesi, 1 Pafta, 32 Ada, 48 Parsel sınırları içerisinde yer almaktadır.



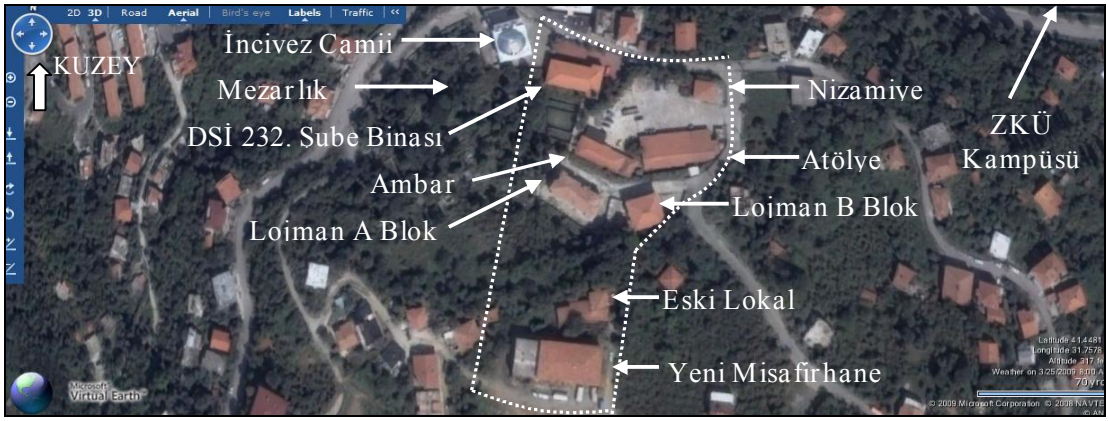
Şekil 3.1. Çalışma sahası yer bulduru haritası (Virtual Earth 3D, 2009)

İnceleme alanı Kozlu Belediyesi İmar Planı dahilinde 1/1000 ölçekli, 19K 11 b, 19K 11 c nolu harita paftası içerisinde ve yaklaşık 140-150 m kotlarında yer almaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Çalışma sahası uydu görüntüsü (Virtual Earth 3D, 2009)

Çalışma sahasındaki yapılar, Şekil 3.3'deki uydu fotoğrafında tanımlanmıştır. DSİ 232. Şube'ye ait arazi, beyaz renkli, noktalı çizgilerle belirtilmiştir.



Şekil 3.3. Çalışma sahası yerleşim planı (Virtual Earth 3D, 2009)

Zonguldak D.M.İ.'de 1931-1990 yılları arasında kaydedilen yağışlara göre, her ayda yağış görülebilen Zonguldak çevresinde 32 mm ile Mayıs ayı en kurak ay, 165 mm yağış ile Ekim ayı en yağışlı ay olarak belirlenmiştir. Yıllık ortalama yağış miktarı 1220 mm'dir. En sıcak ay Temmuz (20 °C), en soğuk ay ise Ocak (5 °C)'dır. Yaz aylarında genellikle ani ve şiddetli yağış sonrasında sel vakaları görülebilmektedir. Kış ve İlkbahar aylarında yağışlar daha homojen dağılım göstermektedir (Özkan 1993).

Bazı araştırmacılar, yağış rejimlerinden yola çıkarak Genel Sirkülasyon Metodu'nu (GCM) geliştirmişlerdir. Bu metoda göre, 1870 yılından başlayarak geçmişteki yağış rejimleri incelenerek, 2099 yılına kadar gelecekteki yağış rejimleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ancak, küresel ısınmaya bağlı olarak geleceğin tahmin edilmesinin çok zor olduğu belirtilmiştir. Yine de, geçen yıllarla yağış miktarlarının birazcık düşme eğiliminde olduğu, azalan bu yağışların gelecekte daha az heyelan vakasıyla kendini göstereceği tahmin edilmiştir (Dehn ve Buma 1999).

İnceleme alanı ve çevresinde ağaçlık ve maki biçiminde bitki örtüsü bulunmaktadır. Ağaçlar sık konumdadır. Bitki örtüsü kalınlığı 0-3 m civarında olup, yer yer 5 m'ye ulaştığı belirtilmiştir (Özkan 1993). İnceleme sahası bitki örtüsünün daha net görülebilmesi amacıyla, Kuzey yönünden alınmış uydu fotoğrafı Şekil 3.4'de sunulmuştur.



Şekil 3.4. Çalışma alanının Kuzey yönünden uydu görüntüsü (Virtual Earth 3D, 2009)

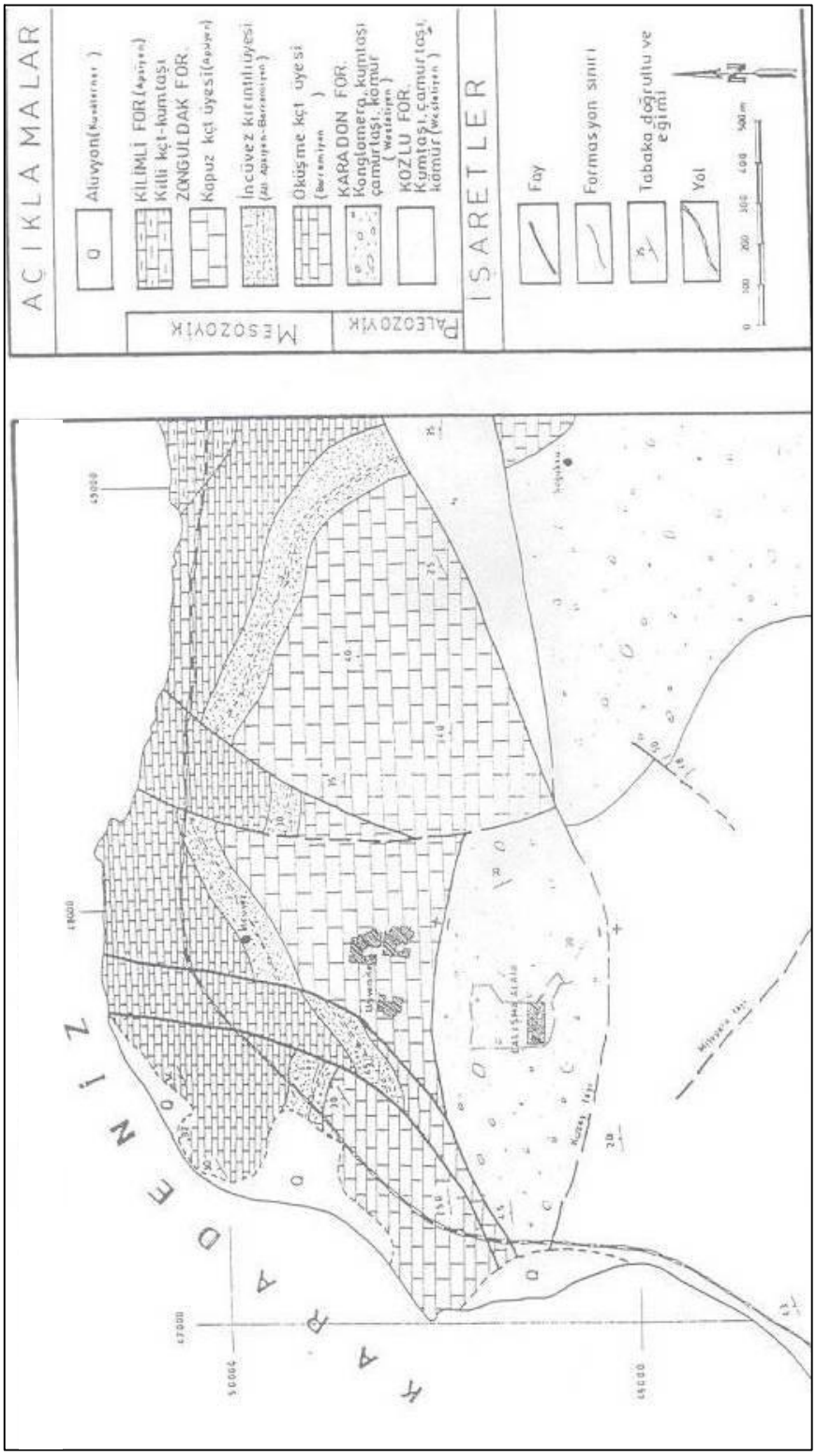
Heyelanlı bölgelerin yoğun bitki örtüsüne sahip olmalarının olumlu veya olumsuz bir etken olduğu hala tartışma konusudur. Bitkilerin, birimin kohezyonunu arttırması ve YAS seviyesini düşürmesi olumlu etkenlerindendir. Ancak, zemin üzerinde yük oluşturması ve zemin içerisindeki drenaj hızını düşürmesi de, dezavantajlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Thornes ve Ayala 1998). Piyasada şevlerin uygun bitkilerle iyileştirilmesine yönelik, Oliphant'ın, Hatipoğlu'nun BilŞEV-US, vs. gibi, programların mevcut olduğu belirtilmiştir (Hatipoğlu ve İncecik 2003).

3.2. Çalışma Sahasının Jeolojisi

Bölgede Alt Karboniferden günümüze dek çeşitli orojenik hareketler gözlenmektedir. Bunların başlıcaları Hersinyen ve Alpin Orojenezleridir. Bölgede en önemli deformasyon Alpin Horojenezinde olmuştur.

Kuzey Fayı gibi Doğu-Batı yönlü büyük gravite fayları ile havza pek çok tektonik birliğe ayrılmıştır. Kuzey Fayı İncivez Burnunun güneyinden Karadon Ayiçi'ne kadar uzanmaktadır. Westfaliyen-A ile Westfaliyen-B, C, D'yi sınırlayan bu fayın Hersiniyen olmasına karşın, Alpin Orojenezinin etkisiyle yeniden aktivite kazandığı düşünülmektedir.

Bölgede bu büyük fayın dışında birçok tali fayların etkileri görülmektedir. Şekil 3.5'de görüldüğü gibi, bu faylar birbirine paralel olarak gelişmişlerdir (Erdem 1984, Özkan 1993). Fay, eklem seti sisteminin ve birim yapısal özelliklerinin heyelanları tetikleyici ana unsurlardan olduğu diğer araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Koçer 2000).



Şekil 3.5. Çalışma sahası jeolojik ve fay haritası (Özkan 1993)

Yörenin genel jeolojisini oluşturan birimler, yaşlıdan gence doğru şu şekilde sıralanmıştır.

Kozlu Birimi (Paleozoyik): Westfaliyen-A yaşlı olup çoğunlukla konglomera ve kumtaşlarından ve yer yer şeyllerden oluşmuştur. Kalınlığı 650-800 m olup tipik delta çökeltisidir.

Karadon Birimi (Paleozoyik): Şekil 3.5'de görüldüğü gibi, inceleme alanı Karadon Birimi içerisinde yer almaktadır. Karadon Birimi uyumlu olarak Kozlu Biriminin üstünde yer alır. Westfaliyen-B, C, D katını karşılayan birimin kalınlığı 350-400 m civarındadır. Bu birim konglomeralardan, kumtaşı, silttaşı ve kiltaşı ardalanmalarından oluşmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Karadon Birimindeki kumtaşı bloğundan bir görüntü

Ancak, sarımsı kahve renkli olan Karadon Birimi, Şekil 3.7'de görüldüğü gibi, yüzeysel olarak oldukça bozunmuştur.



Şekil 3.7. Bozunmaya uğramış Karadon Birimi

Westfaliyen yaşlı Karadon Birimi konglomera, kumtaşı, silttaşı ve kiltaşından oluşmaktadır. Bu birimlerin yanında, Kozlu Birimine göre daha az oranda, kömür damarları bulunmaktadır (Şekil 3.8).

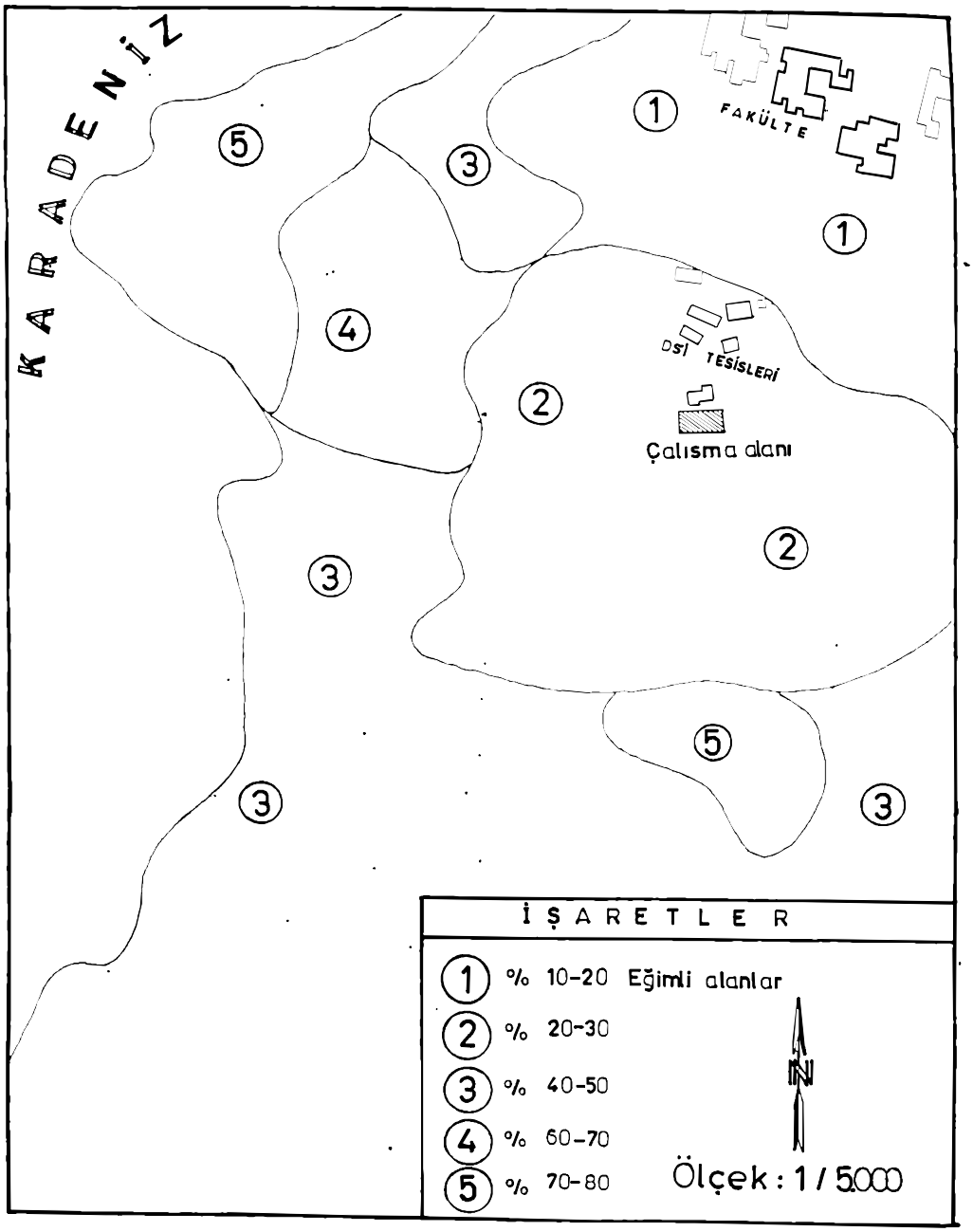


Şekil 3.8. Karadon Biriminde yüzlek vermiş kömür, konglomera kalıntıları ve fay hattı

Zonguldak Birimi (Mesozoyik) : Zonguldak Birimi yaşlıdan gence doğru Öküşme Kçt Üyesi, İncüvez Kırıntılı Üyesi ve Kapuz Kçt Üyesinden oluşmaktadır. Barremiyen yaşlı Öküşme Kireçtaşı Üyesi kalınlığı 50 m'ye varan taban konglomerasıyla başlar, kompakt kristalsiz görünüşlü az kumlu dolomitik kireçtaşları ile devam eder. Bol çatlaklı ve çatlak aralıkları geniş (1-20 cm) ve de kil dolgulu oluşu nedeniyle kaya kütlesi kalitesi ortadır. Bu birimin üzerine Alt Apsiyen yaşlı kızıl-kahve renkli marn, kiltaşları, konglomeratik kumtaşlarından oluşan İncüvez Kırıntılı Üyesi gelmektedir. İncivez Kırıntılı Üyesi üzerine gelen Apsiyen yaşlı Kapuz Üyesine ait kireçtaşları masif yapılı yer yer tabakalıdır. Karstik olan bu kireçtaşları 350-400 m kalınlıktadır.

Kilimli Birimi (Mesozoyik) : Çalışma alanının doğusunda yüzlek veren Apsiyen yaşlı bu birim killi kireçtaşları ve kumtaşları ardalanmasından oluşmaktadır.

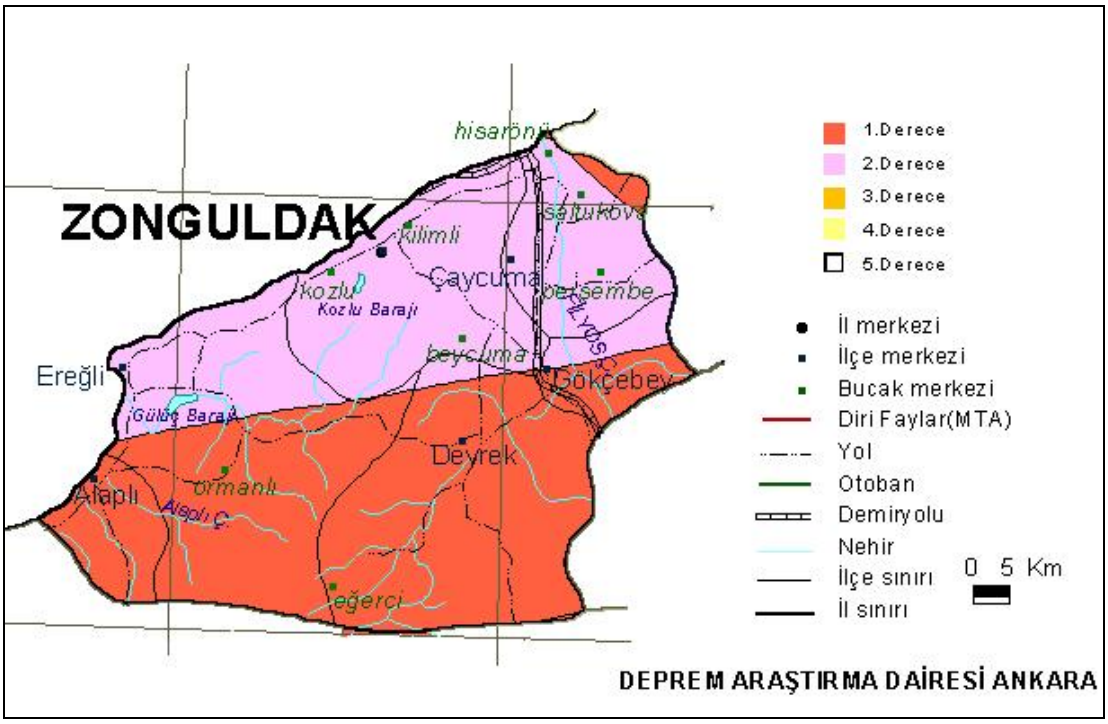
İnceleme alanı genel tabaka doğrultuları Kuzeybatı-Güneydoğu yönlü olup, Şekil 3.9'da görüldüğü gibi, 25°-27° ile kuzeydoğuya doğru eğimlidirler (Erdem 1984, Özkan 1993).



Şekil 3.9. Genel arazi eğimleri (Özkan 1993)

3.3. Çalışma Sahasının Sismik Özellikleri

Zonguldak İli, Kozlu İlçesi ve dolayısıyla çalışma alanı, Bakanlar Kurulu'nun 18 Nisan 1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe giren Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre, 2. derece deprem bölgesine girmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Zonguldak İli deprem haritası (T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1996)

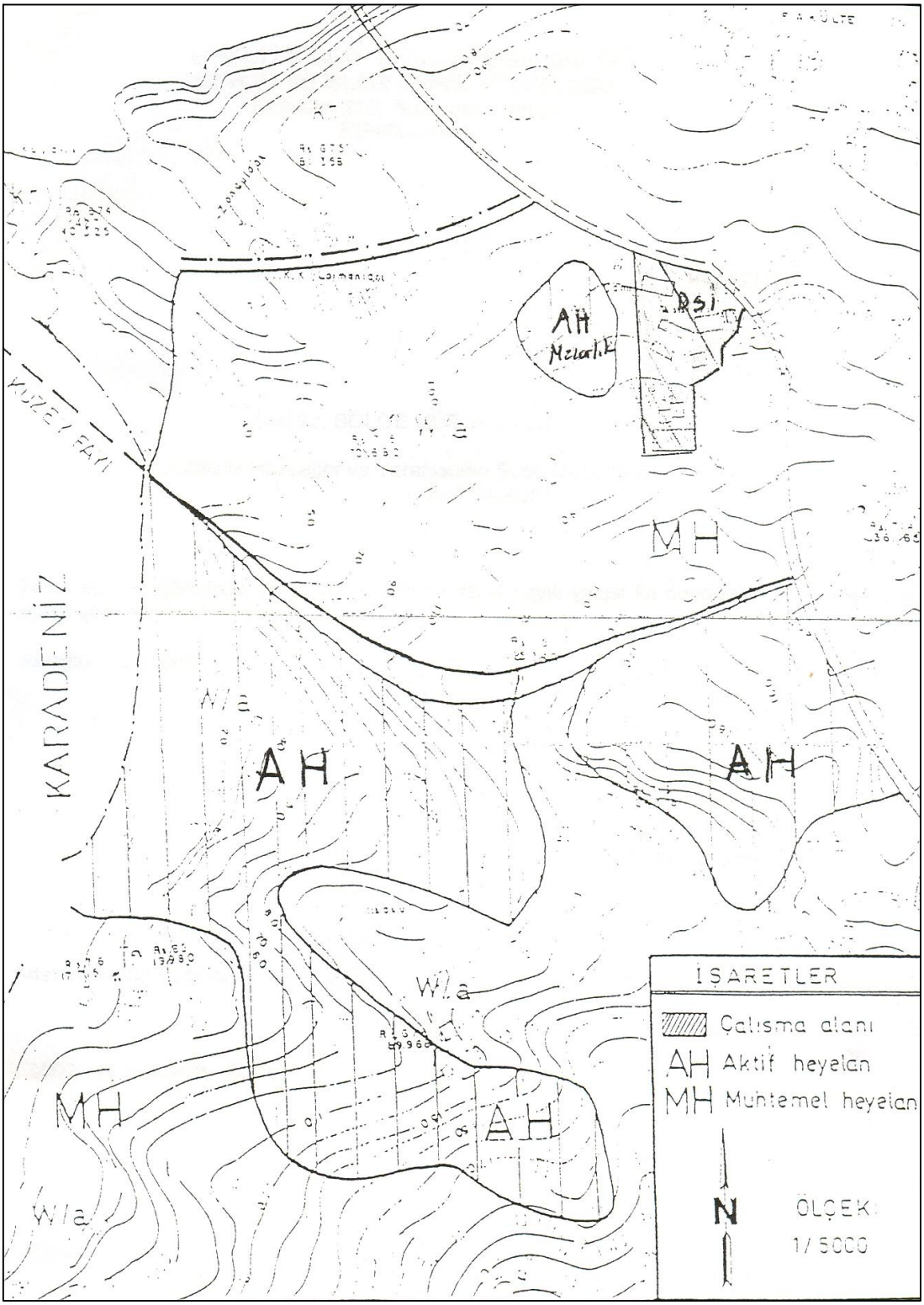
İnceleme alanının içinde bulunduğu 31-33 boylamları, 41-42 enlemleri arasında kalan Zonguldak ve çevresinde, deprem yüzey dalga büyüklüğü 4,2<Ms<5 olan deprem sayısı 15, Ms<6 olan deprem sayısı 2 ve Ms<7 olan deprem sayısı 1 adet olarak bildirilmiştir (Özkan 1993).

Magnitüd-frekans ilişkisi ve deprem tehlikesinin belirli yıl aralıklarında oluşma olasılıkları yüzde olarak incelendiğinde, bölge için hasar yapabilecek bir deprem, bina ömrü 50 yıl kabul edilirse, bu zaman aralığında %92 olasılıkla, diğer bir deyişle 18-25 yılda bir meydana gelebilecektir (Özkan 1993).

Depreme maruz kalan zeminin yatay, dikey ve burkulma kuvvetlerine maruz kaldığı bildirilmiştir (Paul ve Satish 1997). Bu nedenle duraylılık analizlerinde, deprem yüklerinin de göz önüne alınması uygun olacaktır.

3.4. Çalışma Sahasında Yapılan Önceki Araştırmalar

Zonguldak İli, Merkez İlçesi, Kozlu Bucağı, Güney Mahallesinde, tapuda pafta numarası 1, ada no 32, parsel no 48'de kayıtlı 5033 m^2'lik sahanın, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü'nün jeolojik raporlar hakkında 17.08.1987 tarihli ve B-09-1634 sayılı genelgesi uyarınca, Kozlu İlçesi imar planına esas olacak ilk ayrıntılı rapor İller Bankası, Jeolojik Etüt Şube Müdürlüğü tarafından yazılmış, 04.05.1992 tarihli Kozlu jeolojik etüt raporudur. Bu raporda, Kozlu İlçesini kapsayan 19-K paftası heyelan bölgeleri haritalarında, inceleme alanının MH rumuzu ile gösterilen muhtemel heyelanlı alanda kaldığı ve gerekli tedbirlerin alınmaması halinde bu bölgenin AH rumuzlu aktif heyelan bölgesine dönüşeceği bildirilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. İnceleme alanında aktif ve muhtemel heyelanlı bölgeler (Özkan 1993'den)

Bundan dolayı;

- Bu alanda zorunlu olmadıkça yapılaşmaya gidilmemesi,
- Zorunlu hallerde ise en fazla iki kata kadar müsaade edilmesi ve yoğun iskandan kaçınılması gerektiği,
- Yapılaşma sırasında doğal şev duraylılığının bozulmamasına dikkat edilmesi,
- Gerekli istinat duvarlarının yapılması gerektiği,
- Yüzey ve atık sularının drene edilmesi gerektiği,

belirtilmiştir.

İller bankasının bu raporundan sonra, 01.10.1992 tarihinde, aynı alanların imar planı ile ilgili olarak, Afet İşleri Genel Müdürlüğü de jeolojik etüt raporu düzenlemiş, İller Bankasının raporunda yer alan önerileri tekrarlamıştır.

Yine Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından geoteknik ve jeolojik etüdü yapılmış ve düzenlenen 25.06.1993 tarihli jeolojik etüt raporunda çalışma sahasının muhtemel heyelanlı alan olarak belirtilen sahada kaldığı bildirilmiştir.

Ancak daha sonra, DSİ 23. Bölge Müdürlüğü, DSİ 232. Şube Müdürlüğü elemanlarından bir hidrojeoloji mühendisi tarafından hazırlanan, Ekim 1993 tarihli, "Zonguldak İli, Kozlu Bucağı, Güney Mahallesi, 1. pafta, 32. ada, 48. parselin tesis amaçlı jeolojik etüt raporu"nda;

- Yer altı suları ve yüzey suları açısından yapılaşma için herhangi bir sorun olmadığı,
- İncelemeler sırasında kaya düşmesi, su baskını, heyelan, vs. gibi doğal bir afete rastlanılmadığı,
- Karadon Birimine ait kumtaşlarının bozunmuş kısımlarının kaldırılması, doğal şev düzeninin bozulmadan, uygun şev düzenlemesi, yapılan kazı şevlerinin istinat duvarlarıyla desteklenmesi, inşaat açısından uygun temel seçilmesi durumunda çalışma alanının muhtemel heyelanlı kesimden çıkartılması uygun bulunmuştur, denilmiştir.

Bu rapor üzerine, söz konusu arazide yapılaşmalar başlamıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. İnceleme sahasında ve İncivez Mahallesinde yapılaşma

Böylece, bölgenin muhtemel heyelan alanı olduğu unutulmuş, yapılaşma çalışmalarında heyelan belirtileri göz ardı edilmiş, taç bölgesine pasa dökülmesi, topuk bölgesinden malzeme alımı gibi, heyelan hareketinin hızlanmasına neden olacak işlemler yapılmıştır. Bu hasarlar üzerine, DSİ Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı, Kaya ve Zemin Mekaniği Şube Müdürlüğü tarafından, Kasım 2002 tarihinde teknik gezi düzenlenmiş, imarın acilen durdurulması ve drenaj önlemleri gibi bazı önerilerde bulunulmuştur. Ancak, bu önerilere de itibar edilmemiş, yapılaşmalar devam etmiş ve akabinde oluşan hasarlar günümüze kadar gelmiştir.

Şekil 3.13'de yeni misafirhane inşaatı esnasında, heyelanın taç bölgesine pasa döküldüğü görülmektedir.



Şekil 3.13. Heyelanın taç bölgesine dökülmüş pasa yığını

İmar izni engelinin aşılmasıyla, komşu mahallelerde de yapılaşmanın önü açılmış, yapılaşmaların akabinde binalarda ve yollarda hasarlar başlamıştır. Şekil 3.14'de inşaatı henüz bitirilmemiş olan yeni misafirhane çevresindeki deformasyonlar ve eski lokalden lojmanlara inen merdivenlerde meydana gelen kırılmalar görülmektedir.



Şekil 3.14. Yeni misafirhane civarındaki deformasyonlar

Şekil 3.15'de lojmanlar çevresindeki deformasyonlar ve kırılmalar görülmektedir.



Şekil 3.15. Lojmanlar civarındaki deformasyonlar

Şekil 3.16'da lojmanlar çevresindeki deformasyonlar, balkonların zemine olan mesafesinden daha net görülebilmektedir.



Şekil 3.16. Lojman balkonlarından deformasyonların görünümü

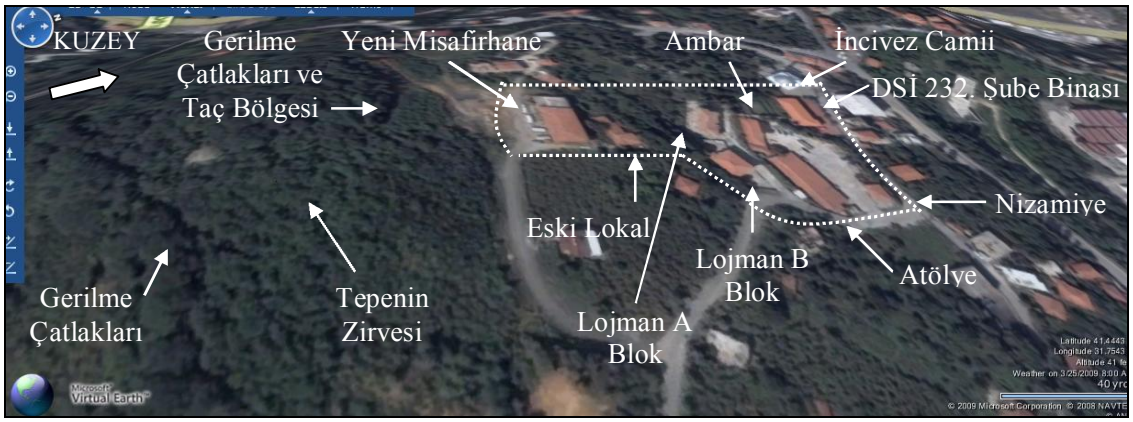
Şekil 3.17'de inceleme alanının Kuzey tarafındaki yani heyelanın topuk bölgesindeki deformasyonlar görülmektedir. Bu bölgede sürekli kabarmaların meydana gelmesi ve daha alt bölgelerde heyelan izlerine rastlanılmaması, bu bölgenin heyelanın topuk bölgesi olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.17. İnceleme alanı çevresindeki yollarda deformasyonlar

Şekil 3.17'de görüldüğü gibi, Belediye tarafından yolların kabaran kısımları sık sık tıraşlanarak, yeniden asfalt ve/veya kilit taşı döşeme çalışmaları yapılmaktadır.

Çalışma sahasının yerleşik olduğu tepe ve yamaçlarda gözlemlenebilen gerilme çatlakları, sahanın Doğu yönünden alınmış Şekil 3.18'deki uydu fotoğrafında sunulmuştur. Şekilden de görülebildiği gibi, tepenin sadece Kuzey tarafındaki yamacında değil, Güney tarafındaki yamacında da heyelan hareketi belirtisi olan gerilme çatlakları gözlemlenmiştir.



Şekil 3.18. Çalışma alanının Doğu yönünden uydu görünümü (Virtual Earth 3D, 2009)

Bu tez kapsamında yapılan araştırmalar ve arazi çalışmaları, 2004 yılı sonlarında başlamıştır. Yapılan çalışmalardan Bölüm 4'de ayrıntılı olarak bahsedilmektedir.

BÖLÜM 4
ÇALIŞMADA KULLANILAN ÖLÇÜM TEKNİKLERİ VE YÖNTEMLER

Heyelan çalışmalarında kullanılan analiz yöntemlerini, tahmin (abaklar, bilgisayar yazılımları, vs) ve ölçüm olmak üzere, iki ana başlık altında toplamak mümkündür.

Tahmin yöntemleri abaklara, kabullenmelere ve kestirimlere dayanmaktadır (Bkz. Bölüm 2). Bu yöntemler, fazla derin olmayan maden mühendisliği (maden ocakları, vs) ve inşaat mühendisliği (yol ve inşaat şevleri, vs) uygulamalarında, şev kayma derinliklerinin tespitine yönelik olarak kullanılan basit yöntemlerdir. Ancak, bu yöntemlerin doğru sonuçlar vermesi, muhtemel kayma dairelerinin gerçeğe en yakın biçimde tahmin edilmesine, yani tecrübeye bağlıdır. Aksi takdirde, kayma mekanizması ve iyileştirme yöntemleri de yanlış seçilecektir.

Projelerin daha hayati önem ve risk taşıdığı durumlarda ise, projeciler daha somut veriler tercih etmektedirler. Bu tarz projelerde abaklarla, kestirimlerle ve bilgisayar analiz programlarıyla yetinilmeyip, hassas ölçüm ve analizlere dayanan ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır.

Günümüzde kayma dairelerinin en hassas tespit edilebildiği aletler, inklinometreler olarak kabul edilmektedir. Bu yöntem bilinen en güvenilir yöntem olmasına rağmen, çok uzun ölçüm süresi, tecrübe, yüksek yatırım maliyeti, zahmetli işçilik, vs gerektirmesi nedeniyle, aynı zamanda bilinen en külfetli yöntemdir.

Kestirim yöntemlerinin ve inklinometre yönteminin yukarıda bahsedilen olumsuzlukları bu çalışmanın ana fikrini ortaya çıkarmış ve başka amaçlar için geliştirilen daha pratik yöntemlerle ölçümler ve deneyler yaparak, bu olumsuzluklardan etkilenmeden heyelan analizi yapabilmenin yolları aranmıştır. Deney ve ölçümlerle

tespit edilen muhtemel kayma düzlemleri, inklinometre ölçümlerinden elde edilen güvenilir kayma düzlemiyle karşılaştırılmıştır. Böylece, inklinometre deneyine kıyasla daha zahmetsiz ve çok daha kısa sürede sonuç veren yöntemlerin, heyelan etütlerinde kullanılabilirliği irdelenmiştir.

Tez kapsamındaki, arazi, laboratuvar ve büro çalışmalarında kullanılan ölçüm teknikleri, deneyler ve paket yazılımlar, aşağıda kısaca tanıtılmıştır.

4.1. Arazi Çalışmalarında Kullanılan Ölçüm Ve Yöntemler

Arazi çalışmaları kapsamında sırasıyla;

- Temel sondaj kuyuları açılmış,
- Yer altı su seviyesi (YASS) ölçümleri alınmış,
- İnklinometre ölçümleri alınmış,
- Presiyometre deneyleri yapılmış,
- SPT deneyleri yapılmış,
- Jeofizik tomografi ölçümleri alınmış,
- Yüzeysel topografik ölçümleri alınmış,
- Schmidt çekici deneyleri yapılmış,
- Arazi gözlemleri ve jeomekanik sınıflama çalışmaları yapılmıştır.

Arazi çalışmaları ve kullanılan yöntemlerle ilgili ayrıntılı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

4.1.1. Temel sondaj

Sondaj çalışmaları, heyelan alanını tanımlamak, sondaj kuyusu içerisinde inklinometre ölçümleri, presiyometre deneyleri, standart penetrasyon deneyleri (SPT), periyodik YAS seviyeleri ölçümleri yapabilmek ve laboratuar deneyleri için numune alabilmek amacıyla yapılmıştır.

Sondajlarda, elmas kron matkaplar kullanılarak, tüm kuyu derinliği boyunca numune alınarak ilerleme sağlanmıştır.

Sondaj çalışmalarında Tamrock marka, döner tip temel sondaj makinesi kullanılmıştır.

4.1.2. Yer altı su seviyesi (YASS) ölçümü

Yer altı su seviyesinin, mevcut heyelan üzerindeki etkisinin incelenebilmesi amacıyla, çalışma alanında açılan tüm temel sondaj kuyularında YASS ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Ölçümlerde, 100 m uzunluğuna sahip ve dışı plastik kaplı bakır kablolu, ±1 cm hassasiyetinde, krom sondalı, 2 adet AA tipi kalem pille çalışan, SuTek marka su düdüğü (kuyumetre) ölçüm ekipmanı kullanılmıştır.

4.1.3. İnklinometre ölçümü

Mevcut heyelanın, kayma mekanizmasının ve kayma dairesinin ortaya konulabilmesi amacıyla, çalışma sahasında inklinometre ölçümleri yapılmıştır.

İnklinometrelerin piyasada pek çok tipi olmakla birlikte, bu çalışmada SisGEO marka, sonda tipi inklinometre kullanılmıştır. Bu inklinometrelerin en büyük avantajları, yatay ve düşey yönde ölçüm yapabilmeleri ve kullanımı kolay bir okuma ünitesi menüsü sunmasıdır (SisGEO 1998).

Arazi ölçümleriyle alınan ve otomatik olarak dijital okuma ünitesinde depolanan veriler, NADIR isimli bilgisayar yazılımı aracılığıyla bilgisayara aktarılmıştır. Verilerin değerlendirmesinde ise, INCLIN96 isimli bilgisayar yazılımı kullanılmıştır.

4.1.4. Presiyometre deneyi

Çalışma sahasını jeolojik biriminin taşıma gücü ve oturma miktarı potansiyellerini hesaplayabilmek amacıyla, inceleme alanında presiyometre deneyleri yapılmıştır. Bununla beraber, presiyometre deneyinin genel uygulamadaki amacından farklı olarak, deney sonuçlarıyla mevcut heyelan kayma dairesinin ortaya konulabilirliği araştırılmıştır.

Deneylerde, Menard presiyometre aletlerinin GA versiyonu kullanılmıştır. Bu tip presiyometreler, su hücresi, basınçlı gaz hücresi ve merkez hücre olmak üzere, birbirinden bağımsız 3 hücreden oluşmaktadır. Sonda ise 58 mm çapında seçilmiştir. Plastik kılıflı sonda, su ve gaz basıncının etkisiyle çapsal olarak genişlemektedir.

Emniyetli taşıma ve kullanma koşullarını sağlayabilmek amacıyla, hava basıncı sağlayacak olan tüpe, gaz yerine basınçlı kuru hava basılmıştır.

Deney programı, zemin koşulları ve proje özellikleri göz önüne alınarak seçilmiştir.

4.1.5. Standart penetrasyon deneyi (SPT)

Çalışma sahasını jeolojik biriminin taşıma gücü ve oturma miktarı potansiyellerini hesaplayabilmek amacıyla, inceleme alanında SPT deneyleri yapılmıştır. Bununla beraber, SPT deneyinin genel uygulamadaki amacından farklı olarak, deney sonuçlarıyla mevcut heyelan kayma dairesinin ortaya konulabilirliği araştırılmıştır.

SPT deneylerinde, sondaj makinesine montajı yapılmış, Donut tipi şahmerdan kullanılmıştır. Ayrıca, 50 mm çapında, 650 mm uzunluğunda yarıklı tüp kullanılmıştır.

Deney programı, zemin koşulları ve proje özellikleri göz önüne alınarak seçilmiştir.

4.1.6. Jeofizik tomografi ölçümü

Çalışma sahası jeolojik birimlerini, litolojik değişimleri ve mevcut heyelan kayma dairesini ortaya koymak amacıyla, belirlenen hatlarda jeofizik tomografi ölçümleri yapılmıştır.

Tomografi ölçümlerinde kullanılan ve ülkemizde sadece 1 adet bulunan ABEM SAS 1000 özdirenç aleti, 1 adet verici ve 1 adet alıcı üniteden, çoklu elektrot ve kablo sisteminden oluşmaktadır.

Arazide alınan tomografi ölçümleri, S4KDOS yazılımı aracılığı ile ABEM SAS 1000 aletinden bilgisayara aktarılmıştır. Bilgisayara aktarılan *.S4K uzantılı dosyalar, SAS 4000 yazılımı yardımıyla *.DAT uzantılı dosyalar şekline dönüştürülmüştür. *.DAT uzantılı dosyalara topografya değerleri eklenerek, RES2DINV yazılımı aracılığıyla, jeolojik yapının aydınlatılmasında çok daha etkili olduğu bildirilen (Griffiths ve Barker 1993) 2 boyutlu özdirenç kesitleri elde edilmiş ve yorumlanmıştır (ABEM 1999).

4.1.7. Yüzeysel topografik ölçüm

Heyelan mekanizmasının belirlenebilmesi ve bilgisayar analizlerinde kullanılacak kesitin elde edilebilmesi amacıyla, topografik ölçümler yapılmıştır.

Ölçümlerde, ± 3 mm hassasiyetli, reflektörsüz ölçme özelliğine sahip, Trimble S6 marka Total Station aleti kullanılmıştır. Her ölçümden, bir önceki ölçüm değeri çıkartılarak, ölçüm tarihleri arasında meydana gelen yüzeysel değişimler izlenmiştir.

4.1.8. Jeomekanik sınıflama

Bu çalışma kapsamında, gerek geriye dönük analizler için, gerekse mevcut heyelan risk haritalarının revize edilebilmesi amacıyla, jeomekanik sınıflama çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalarda jeolog pusulası ve jeolog çekici kullanılmıştır.

4.1.9. Schmidt çekici deneyi

Bu çalışmada, ileri derecede bozunmaya uğramış etüt sahasında Elcometer 181 model Schmidt çekici kullanılarak, Schmidt çekici deney sonuçlarıyla laboratuvar deney sonuçlarının desteklenmesi amaçlanmıştır.

Arazi gezileri sırasında karşılaşılan mostra ve kaya yüzeylerine, pek çok çekiç darbesi uygulanmıştır. Ayrıca, sondaj kuyularından alınan karot numuneleri üzerinde de Schmidt çekici deneyleri uygulanmıştır.

4.2. Bilgisayarda Modelleme Çalışmaları

Bu bölümde, heyelan problemi bilgisayar ortamında sayısal modelleme yaparak çözümlenmiş ve çözümleme sonuçlarıyla, doğruluğundan emin olunan arazi deney ve ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Böylece, sadece kaya numunesi ve kütlesi özelliklerini belirlemeye yetecek kadar arazi ve/veya laboratuvar deney ve ölçümleriyle yetinerek, bilgisayar modellemeleriyle kayma dairesi derinlikleri ve kayma mekanizmalarının ortaya konulabilirliği araştırılmıştır.

Bilgisayar çalışmaları 3 ana başlık altında, 3 farklı yazılım kullanarak gerçekleştirilmiştir. Bunlar;

- Heyelan riskini ve gelişebilecek heyelan türünü tespit edebilmek için, Dips 5 yazılımıyla kinematik analizler,
- Güvenlik katsayısının tespiti ve iyileştirme yöntemleri çalışmaları için, Talren 4 yazılımıyla şev duraylılık analizleri,
- Yapıların etkilenme oranlarının tespiti için, Plaxis V8 yazılımıyla gerilme-deformasyon analizleri yapılmıştır.

Bu yazılımların özellikleri aşağıda kısaca özetlenmiştir.

4.2.1. Kinematik analiz ve Dips v5 yazılımı

Bu çalışma kapsamındaki kinematik analizlerde, klasik kinematik analiz yöntemi ve Dips v5 yazılımı kullanılarak, çalışma sahasında heyelan riskinin olup olmadığı, risk varsa ne tür kaymaların gelişebileceği tespit edilmiştir.

Dips v5 yazılımına, arazide belirlenen tüm eklem setleri sayısı, yönelimleri ve dalım açıları, girdi olarak tanımlanmıştır. Daha sonra süreksizlik konturlarının, stereografik projeksiyon ağı ortamına taşınmıştır. Ortaya çıkan grafik çiziminde, eklem setlerinin birbirileriyle olan etkileşimleri incelenmiştir. Böylece, çalışma sahasında heyelan riskinin olup olmadığı, risk varsa ne tür kaymalar gelişebileceği yorumlanmıştır.

Dips v5 yazılımı ve kullanımı ile ilgili ayrıntılara bu çalışma kapsamında girilmemiş olup, Dips v5 2004 ve Rocscience firmasının internet sayfasından ayrıntılı bilgi edinilebilir.

4.2.2. Şev duraylılık analizi ve Talren 4 yazılımı

Kayma mekanizması tetikleyici unsurlarının daha iyi anlaşılabilmesi, yüzey yüklerinin duraylılığa olan etkisinin ortaya konulabilmesi ve en uygun iyileştirme yönteminin seçilebilmesi amacıyla, çalışma sahasından alınmış bir topografik kesit üzerinde, şev duraylılık analizleri yapılmıştır. Böylece, mevcut şevin güvenlik katsayıları, muhtemel kayma daireleri, kayma mekanizması ve kayma dairesi derinlikleri tespit edilmiştir.

Piyasada pek çok yazılım alternatifi olmasına karşın, bu çalışma kapsamındaki şev duraylılık analizlerinde, Talren 4 bilgisayar yazılımı kullanılmıştır.

Birçok farklı donatıyı modelleme şansı tanıması, aynı dosya içerisinde birçok hesap ve farklı çözüm alternatifleri sunması (örneğin kademeli kazı, ankrajlı ve ankrajsız durum vb.), zemin, yük ve donatı bilgilerinin tablo halinde göstermesi, AutoCAD gibi çizim ve Plaxis gibi sonlu elemanlar programlarıyla veri paylaşabilmesi, Talren yazılımı 4. versiyonunun öne çıkan olumlu özelliklerindendir. Kullanımının zor olması, veri girişinde aşırı ayrıntılar istemesi ve fazla tecrübe gerektirmesi ise, programın en önemli zorluğudur.

Yazılım ve kullanımı ile ilgili daha ayrıntılı bilgi, Talren 2004 ve Terrasol firmasının internet sayfasından edinilebilir.

4.2.3. Gerilme-deformasyon analizi ve Plaxis V.8. 2D yazılımı

Dinamik ve statik yükler karşısında zemin davranışlarının, gerilmelerin yoğunlaştığı bölgelerin ve heyelanlı alan üzerindeki yapıların etkilenme oranlarının tespiti için, gerilme-deformasyon analizleri yapılmıştır.

Piyasada pek çok yazılım alternatifi olmasına karşın, bu çalışma kapsamındaki gerilme-deformasyon analizlerinde, Plaxis V.8. 2D Sonlu Elemanlar yazılımı kullanılmıştır.

Plaxis, geoteknik mühendisliği problemlerinin analizi için geliştirilmiş bir sonlu elemanlar programıdır. Program, gerilme artışları ve ani oturmaların hesaplanmasında elasto-plastik davranışı, konsolidasyon oturmalarının hesaplanmasında ise Biot konsolidasyon teorisini esas almaktadır.

Bu versiyon yazılım, aynı zamanda 2 boyutlu tünel çalışmalarında, yapı temel kazılarında ve şev duraylılık analizlerinde kullanılabilmektedir. Birçok farklı donatıyı modelleme şansı tanıması, birçok hesap ve farklı çözüm alternatifleri sunması (örneğin kademeli kazı, ankrajlı ve ankrajsız durum vb.), zemin, yük ve donatı bilgilerinin tablo halinde gösterimi, AutoCAD gibi çizim ve Talren gibi şev duraylılık programlarıyla veri paylaşabilmesi, Plaxis yazılımı 8. versiyonun avantajlarındandır. Programın ek modüllerinin de ilave edilebilmesiyle, yer altı suları ve baraj göletleri gibi akışkanların hareketlerinin de incelenmesi mümkün olmaktadır.

Yazılımla ilgili daha ayrıntılı bilgi, Plaxis 2004 ve Plaxis BV firmasının internet sayfasından edinilebilir.

4.3. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma sahasını daha iyi tanımlayabilmek, hesaplamalarda ve bilgisayar analizlerinde kullanılacak laboratuvar verilerini elde edebilmek amacıyla, 6 adet temel sondaj kuyusu açılmıştır. Bu kuyulardan ve 2 adet inklinometre kuyusunun değişik derinliklerinden, toplam 22 adet torba karot numune alınmış, bu numuneler üzerinde, "TS EN ISO 9001: 2000 Kalite yönetim sistemleri – Şartlar" standardını uygulayan, DSİ Genel Müdürlüğü TAKK Dairesi Başkanlığı Laboratuvarlarında; deneyler yapılmıştır.

Kayan kütlenin alt kotlarında, yani denize yakın bölümde yer alan ve jeolojik yaş olarak daha genç olan kireçtaşlarının, bazı bölümlerde kayan kütleye topuk oluşturduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, bu kireçtaşlarından da blok numune alınarak, laboratuvara gönderilmiştir.

Terzaghi bağıntılarıyla taşıma gücü ve oturma miktarı hesaplamalarında, bilgisayarda yapılacak sayısal analizlerde ve kaya kütlesi sınıflama çalışmalarında kullanılmak üzere, gönderilen numunelerden aşağıdaki laboratuvar verilerinin elde edilmesi amaçlanmıştır:

- Kohezyon (TS 10324)
- İçsel sürtünme açısı (TS 10324)
- Kuru ve doygun birim hacim ağırlığı (TS 1900, ASTM D 698)
- Tek eksenli basınç dayanımı (TS 2028)
- Gözeneklilik (TS 8615)
- Elastisite modülü (TS 2030)
- Poisson oranı (TS 2030)
- Elek analizi (TS 1900, ASTM D 422)

Laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler, Bölüm 5.3'de özet halinde sunulmuştur.

BÖLÜM 5
YAPILAN ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI

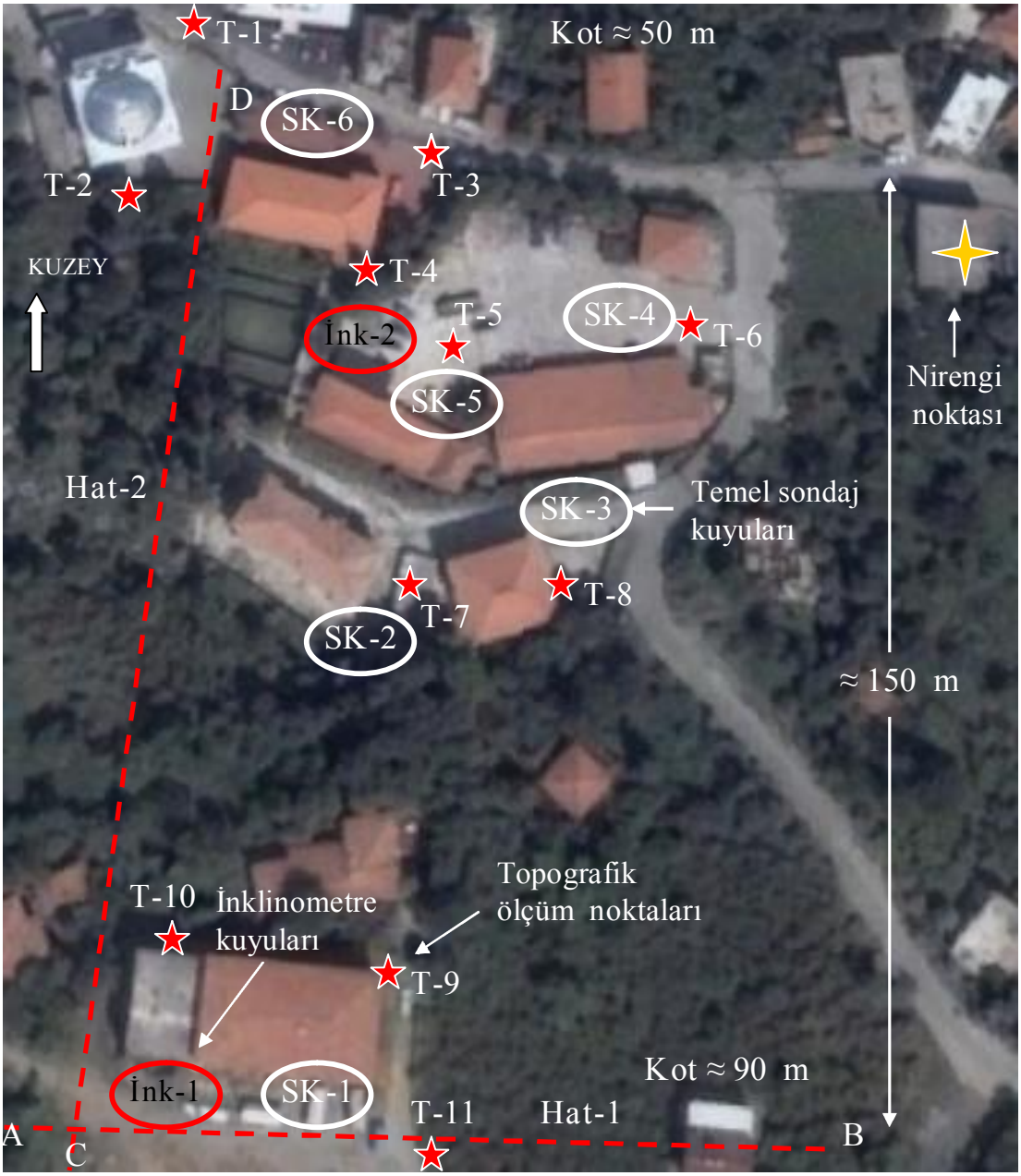
Bölüm 4'de, tez kapsamındaki araştırmaların arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve bilgisayarda sayısal analiz çalışmaları olmak üzere, 3 başlığa ayrıldığı belirtilmiş, kullanılan yöntemler ve ekipmanlarla ilgili bilgiler verilmişti.

Bu bölümde ise, Bölüm 4'de bahsi geçen yöntem ve ekipmanlarla yapılan çalışmaların sonuçları, benzer şekilde 3 başlık altında sunulmuştur.

Ölçümlerle ve deneylerle elde edilen sonuç ve grafiklerin, tipik örnekleri metin içinde, diğerleri ise EK'ler bölümünde sunulmuştur.

5.1. Arazi Tanımlama Çalışmaları Ve Sonuçları

Tez kapsamındaki çalışmaların yapıldığı noktaları gösteren ayrıntılı bir kroki, Şekil 5.1'de sunulmuştur.



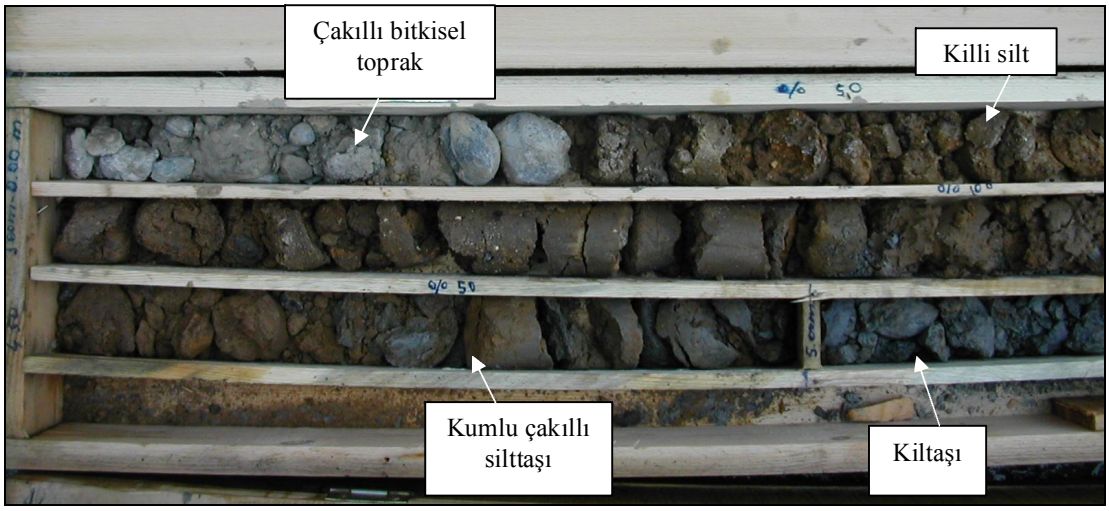
Şekil 5.1. Çalışma sahasının plan görünümü ve arazi çalışmalarının yapıldığı yerler (Virtual Earth 3D, 2009)

Araziyi tanımlamak, laboratuvar deneyleri için numune almak, yerinde deneyler (presiyometre ve SPT) ve YASS ölçümleri yapabilmek amacıyla, Şekil 5.1'de görüldüğü gibi, beyaz renkli elipslerle ve SK koduyla gösterilmiş 6 adet temel sondaj kuyusu açılmıştır. Ayrıca, inklinometre ölçümleri yapmak amacıyla, kırmızı renkli elipslerle ve İnk koduyla gösterilmiş 2 adet inklinometre kuyusu açılmıştır. Bu kuyulardan alınan karot numuneler, laboratuar çalışmaları ve jeomekanik sınıflamada kullanılmıştır. Kırmızı renkli kesik çizgilerle gösterilmiş 2 hat üzerinde (A-B ve C-D kesitleri), jeofizik tomografi ölçümleri alınmıştır. Sarı renkli kutup yıldızıyla gösterilmiş olan nirengi noktasına ise Totalstation cihazı yerleştirilerek, kırmızı renkli yıldızlarla ve T koduyla gösterilmiş olan 11 noktadan periyodik olarak topografik ölçümler alınmıştır. Bu ölçüm ve çalışmaların sonuçları aşağıda verilmiştir.

5.1.1. Temel sondajları

Önceden de belirtildiği üzere, kayma düzlemi derinliğinin inklinometre ile tespit edilebilmesi için, çapı 120 mm, toplam derinliği 50 m olan, 2 adet inklinometre sondaj kuyusu (İnk) açılmıştır. Ayrıca, presiyometre deneyleri, standart penetrasyon deneyleri (SPT), periyodik YASS ölçümleri yapmak ve laboratuvar deneylerinde kullanılacak numuneler almak amacıyla, çapı 66 mm, toplam derinliği 180 m olan, 6 adet temel sondaj kuyusu (SK) açılmıştır (Şekil 5.1).

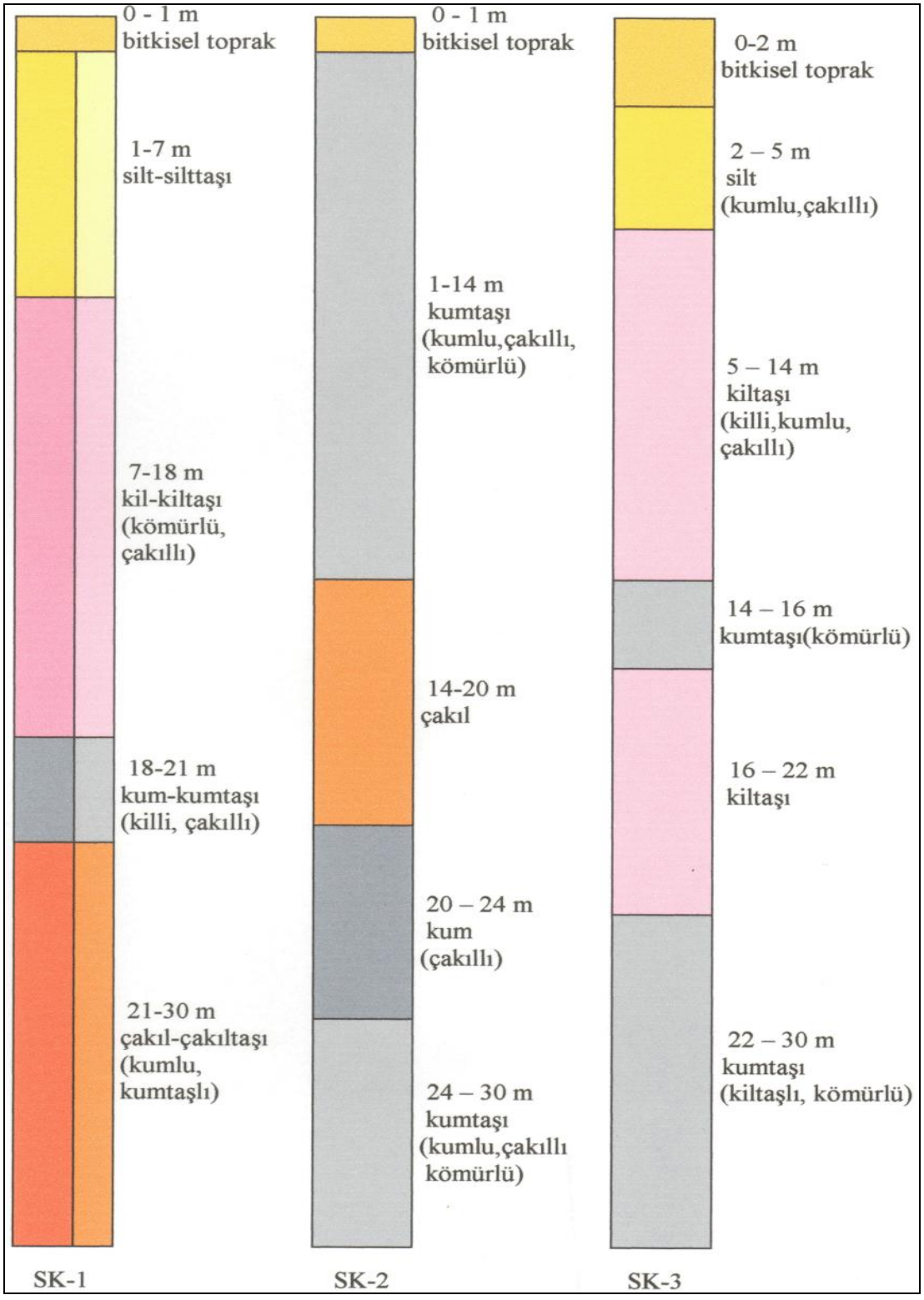
Sondaj çalışmalarında, laboratuvar deneyleri için gerekli olan karot numunelerinin alımı sırasında istenen verim yeterince sağlanamamıştır. Sondajların bozulmamış numune alımı için derin olması, sondajların bazı metrelerinde fazla miktarda suyla ilerlenmek zorunda kalınması, zeminin ardalanmalı ve bozunmuş bir yapıda olması, Şekil 5.2'de görüldüğü gibi sondajlardan bozulmamış numune alınmasına engel olmuştur.



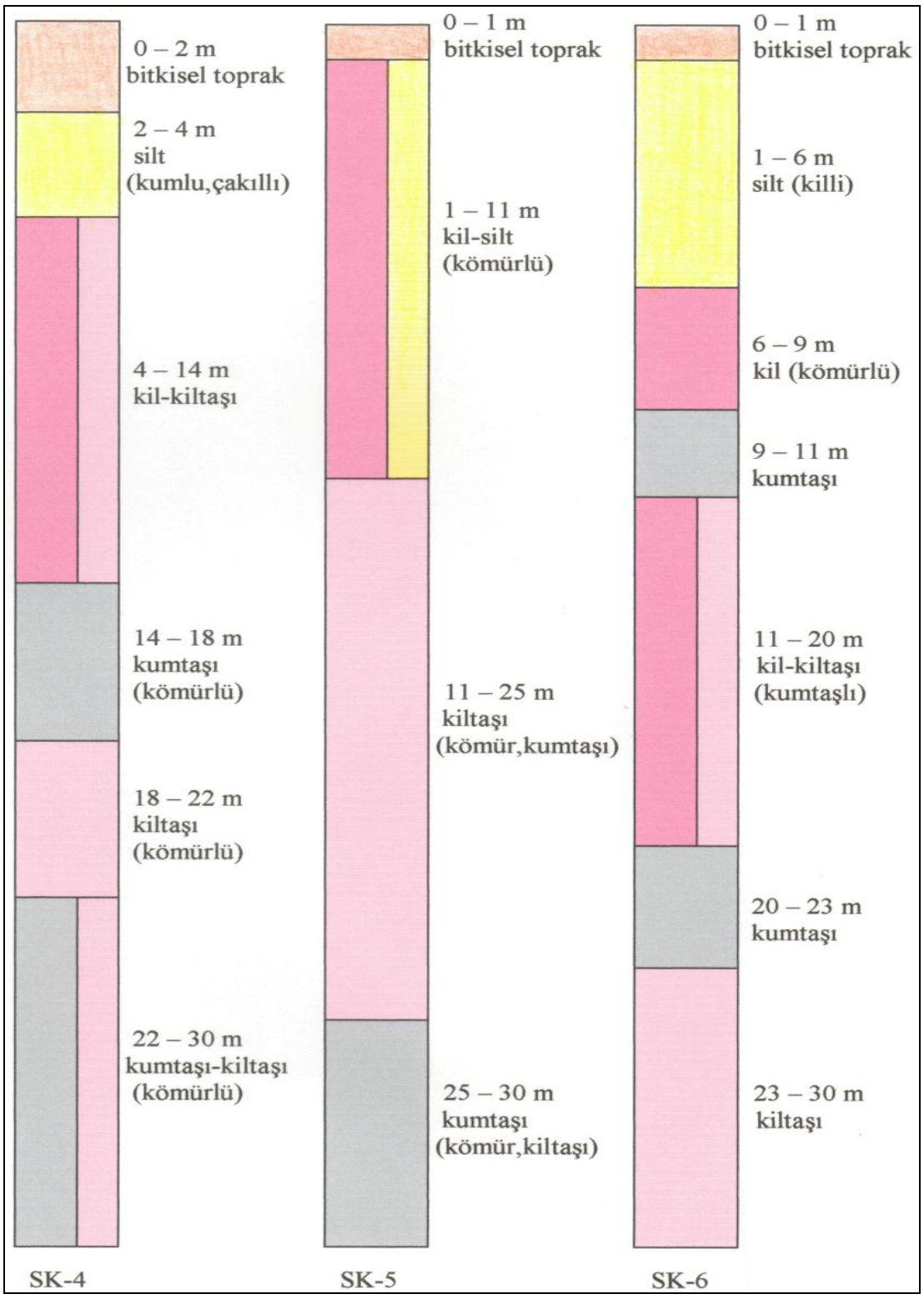
Şekil 5.2. SK-3 nolu kuyunun karot sandığı ve 0-6 m arası sondaj numuneleri

Heyelan kayma dairesinin geçmiş olabileceği seviyelerin gözlemle belirlenebilmesi amacıyla, karot sandıklarındaki numuneler seviye seviye dikkatlice incelenmiştir. Ancak, karot örneklerinde olası bir heyelandan kaynaklanan izler gözlemlerle ortaya konulamamıştır.

Sondaj karot sandıklarının tanımlanmasıyla elde edilen çalışma sahasına ait litolojik kesitler, Karadon Biriminin yüksek oranda ardalanma göstermesi nedeniyle, Şekil 5.3'de sadeleştirilerek sunulmuştur. Detaylı sondaj logları ve litolojik kesitler ise EK-2'de sunulmuştur.



Şekil 5.3. Temel sondajlardan elde edilen sadeleştirilmiş litolojik kesit



Şekil 5.3. Temel sondajlardan elde edilen sadeleştirilmiş litolojik kesit (devam ediyor)

5.1.2. Yer altı su seviyesi (YASS) ölçümleri

Çalışma alanında, Şekil 5.1'de SK kodu ile gösterilen 6 adet kuyuda, su düdüğü cihazı kullanarak, 24.12.2004 / 01.12.2006 tarihleri arasında periyodik olarak YASS ölçümleri yapılmıştır.

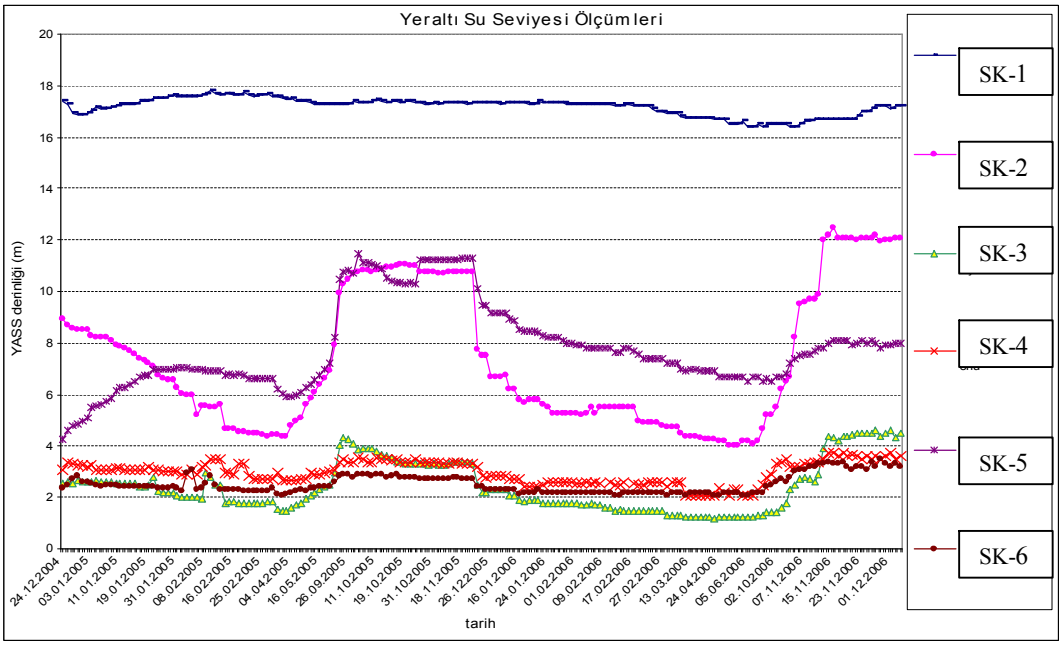
Yapılan YASS ölçümleri sonucunda, büyük lojman arkasında SK-2 nolu kuyuda 8,5 m ve ambar önündeki SK-5 nolu kuyuda 7,3 m civarında mevsimsel seviye değişimleri gözlenmiştir. Diğer kuyularda (SK-1, SK-3, SK-4, SK-6) ise 1,3 m - 3,4 m civarında, yukarıda bahsedilen kuyulara (SK-2 ve SK-5) kıyasla daha düşük su seviye değişimleri olmuştur.

Sondaj kuyularındaki mevsimsel ortalama YASS değişimleri ise Çizelge 5.1'de sunulmuştur.

Çizelge 5.1. Ölçümlerin başladığı ve bittiği tarihler arasında, ortalama YASS değişimi

Sondaj No	Kuyu Derinliği	Çeşitli Tarihlere Göre YAS Seviyeleri (m)				
		24.12.2004	07.03.2005	01.11.2005	22.05.2006	05.12.2006
SK-1	30 m	17,4	17,6	17,3	16,5	17,1
SK-2	30 m	8,9	4,4	10,7	4,0	12,0
SK-3	30 m	2,5	1,8	3,2	1,2	4,6
SK-4	30 m	3,1	2,7	3,3	2,3	3,7
SK-5	30 m	4,2	6,6	11,2	6,7	7,9
SK-6	30 m	2,3	2,3	2,7	2,2	3,2

Şekil 5.4'de ise, YASS değişimlerinin grafiksel sunumu verilmiştir. YASS'nin Ekim-Haziran ayları arasında yükseldiği, daha sonraki aylarda ise düşüşe geçtiği görülmektedir.



Şekil 5.4. Mevsimsel YASS değişimi

Çizelge 5.2'deki, 1975-2006 yılları arasında Devlet Meteoroloji İstasyonunun internet sitesinden alınan, Zonguldak İline ait yağış verileri incelendiğinde, bu çalışma kapsamında yapılan YASS ölçümlerini destekler biçimde, bölgenin Ekim-Haziran ayları arasında daha fazla yağış aldığı görülmektedir.

Çizelge 5.2. Zonguldak İli uzun yıllar (1975-2006) yağış ortalaması (DMİ web sayfası)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Yağışlı gün sayısı	18,1	15,5	14,4	13,0	10,9	9,2	8,1	7,9	9,2	13,1	14,4	18,1

SK-2 ve SK-5 nolu kuyularda yapılan ölçümlerde, değişimlerin daha fazla görülmesinin sebebi, eski lokalden başlayıp lojmanların arasından geçen kanalizasyon sistemindeki kaçaklar olduğu düşünülmektedir.

Yer altı suyunda meydana gelen seviye değişimleri bazı kesimlerde (örneğin, lojman civarı) yüksek miktarlarda olmakta, bu durum da zeminin doygun hale gelip gevşemesine, sonrada kayma hareketinin oluşmasına ve/veya mevcut bir kayma hareketinin hızlanmasa neden olabilecektir.

5.1.3. İnklinometre ölçümleri

Kayma dairesi derinliğinin somut olarak tespit edilebilmesi için, heyelanlı arazinin uygun görülen yerlerinde (Bkz. Şekil 5.1), 120 mm çapında, her biri 25 m derinliğinde olmak üzere, 2 adet (ambar önü ve yeni misafirhane önü) temel sondaj kuyusu açılarak, SisGEO marka inklinometreyle, her 0,5 m'de bir ölçüm alınmıştır.

Kuyu içerisindeki bir derinlik seviyesinin ölçümü bitirilip, ölçümü yapılacak bir sonraki seviyeye sondanın çekilmesinden sonra (Şekil 5.5), en az 30 sn beklenmekte ve daha sonra yeni noktada ölçümler alınmaktadır. Böylece, sondanın kuyu içinde yapacağı muhtemel salınım hareketinin durması beklenmiş ve sondanın yanlış değerler vermesi önlenmiş olmaktadır (SisGEO 1998).



Şekil 5.5. İnklinometre cihazı ile ölçümlerin alınması

İnklinometre grafikleri incelenirken, grafikler üzerindeki derinlik ölçeğinin, arazideki gerçek kuyu derinliğinin 2 katı olarak temsil edildiği göz önüne alınmalıdır. Örneğin, 21,5 m olan kuyu derinliği, grafiklerde 43 m olarak gösterilmektedir.

İnklinometre ölçümlerinin devam ettiği 19 aylık süre içerisinde (05-06-2005 / 11.12.2006), toplam 11 defa inklinometre ölçümü alınmıştır. Ancak, inklinometre ölçümlerini değerlendirirken, bazı ölçümlerde değişimlerin çok az olduğu görülmüştür. Grafiklerde boş yere karmaşık bir görüntü oluşturmamak için, tüm ölçüm sonuçları yerine, sadece hareketi gözlemlemeye yetecek kadar ölçüm sayısı (6 adet), grafiklere işlenmiştir.

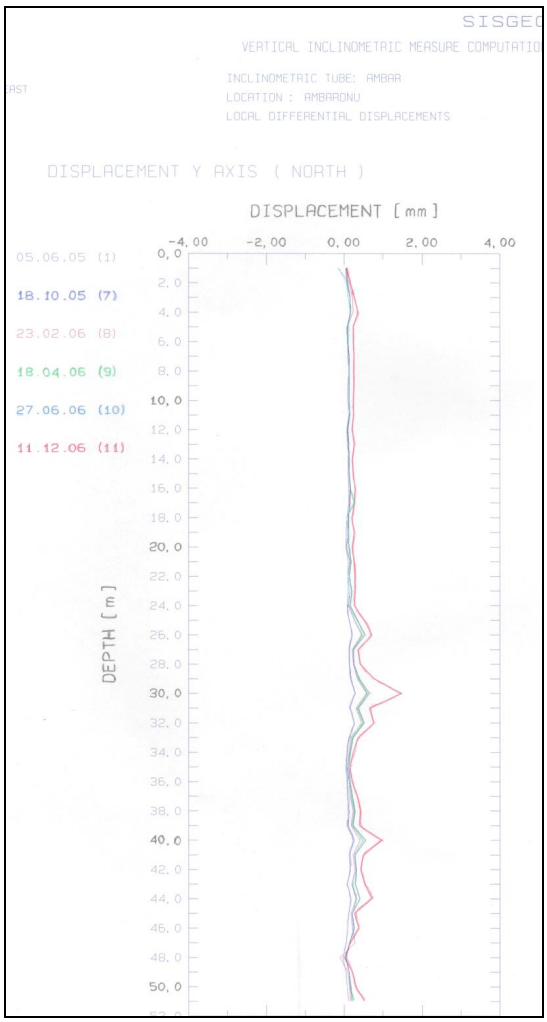
Çalışma sahasının alt kotlarında, ambarlar önünde açılmış inklinometre kuyusu "Ambar (İnk-2)", daha üst seviyelerindeki yeni misafirhane önünde açılmış inklinometre kuyusu ise "Misaf (İnk-1)" olarak adlandırılmıştır. Her iki kuyuda yapılan inklinometre ölçüm sonuçları, aşağıda sunulmuştur.

a) Ambar önünde yapılan ölçümler (İnk-2)

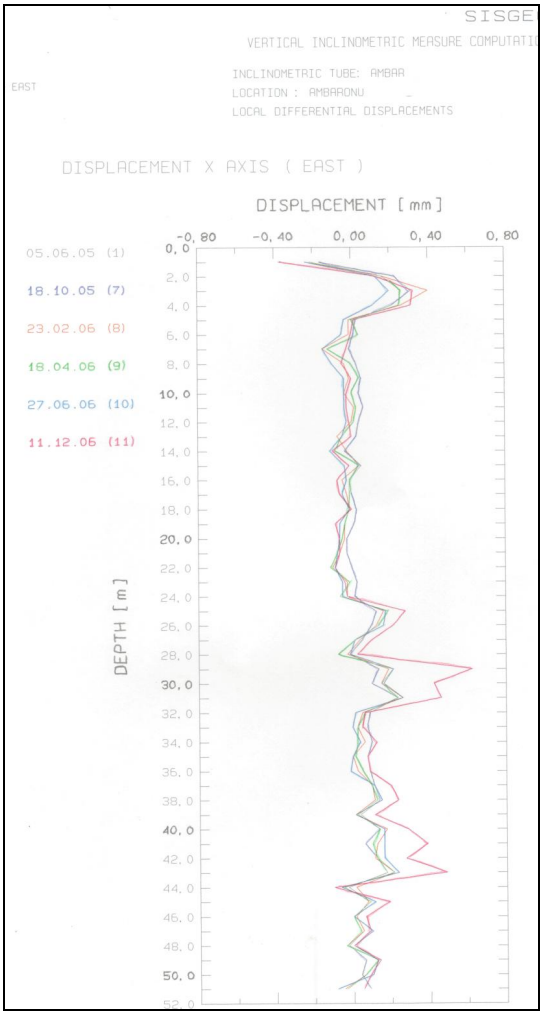
Ambar (İnk-2) kuyusu, imar durumunun izin verdiği ölçüde, çalışma sahanın alt seviyelerinde, yani heyelanın topuk bölgesine yakın bir yerden seçilmiştir (Bkz. Şekil 5.1).

Bu kuyuya yerleştirilen plastik inklinometre kılavuz borusunun kuzeyi, gerçek Kuzeyin 45° Batısını göstermektedir. Nihai hareket yönü belirlenirken, bu sapma sıfırlanmıştır.

Şekil 5.6'daki, Kuzey-Güney doğrultusundaki kuyu içi kırılma hareketlerini gösteren "Y Eksenindeki Noktasal Yerdeğiştirme Farkı" (Local Differential Displacement, Displacement Y Axis, North) grafiği ve Şekil 5.7'deki Doğu-Batı doğrultusundaki kuyu içi kırılma hareketlerini gösteren "X Eksenindeki Noktasal Yerdeğiştirme Farkı" (Local Differential Displacement, Displacement X Axis, East) grafiği incelendiğinde, 25 metrelik inklinometre ölçüm kuyusunun 13., 15., ve 21. metrelerinde tepe (pik) yaptığı ve en yüksek tepe hareketinin yaklaşık 0,5 – 1,5 mm seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir. Grafiğin 2 m derinlikteki tepe görünümü kırılma hareketini değil, eğriler birbirinden uzaklaşmayıp paralel takip ettiği için sadece klavuz borusundaki eğilmeyi işaret etmektedir. Kuzey-Güney (Y) ve Doğu-Batı (X) eksenindeki hareketlerin, aynı derinliklerde geliştiğinin daha iyi görülebilmesi için, her iki grafik yan yana sunulmuştur.



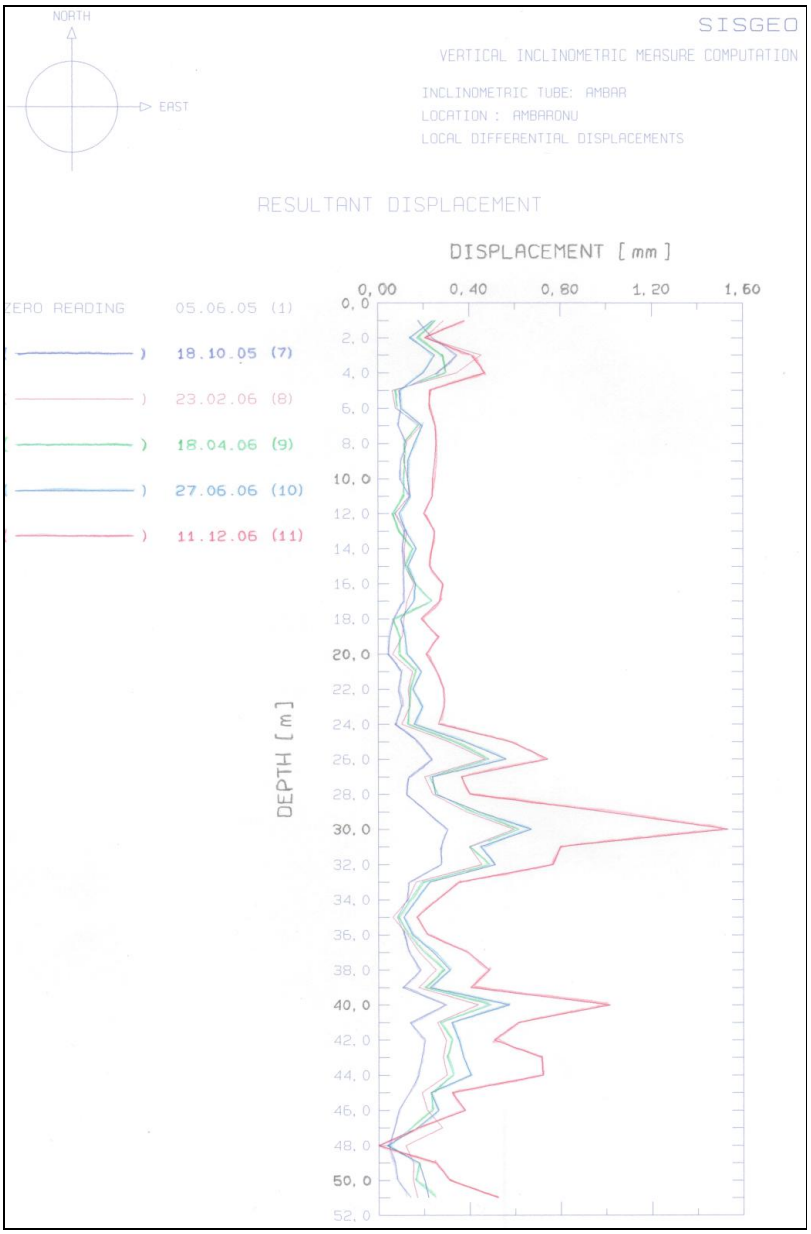
Şekil 5.6. Ambar önü kuyusu içinde, Y ekseninde noktasal yerdeğiştirmeler



Şekil 5.7. Ambar önü kuyusu içinde, X ekseninde noktasal yerdeğiştirmeler

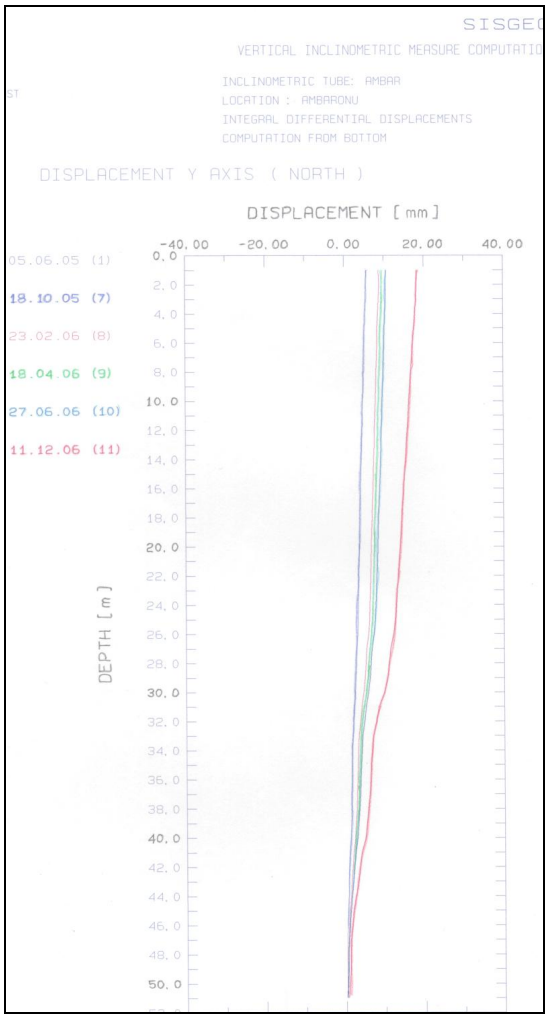
Y ve X yönündeki noktasal kırılmaların bileşimi niteliğinde olan, Şekil 5.8'deki "Noktasal Yerdeğiştirme Bileşimi" (Local Differential Displacement, Resultant Displacement) grafiğinin incelenmesiyle, en fazla kuyu içi kırılma hareketlerinin 15. metredeki tepede gerçekleştiği grafikten görülmektedir. Bu durum, 15. metredeki tepenin birincil kırılma, diğer tepelerin ise ikincil kırılma eksenlerini temsil ettiği şeklinde yorumlanmıştır.

Mevcut şartların devamı ve/veya daha da kötüleşmesi durumunda grafiklerde (Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8) görülen birincil ve ikincil kırılma eğrileri daha da tepe yaparak ilerleyecek, başka yeni ikincil kırılma noktaları daha derin ve/veya sığ seviyelerde de oluşabilecek ve heyelan hareketi hızlanarak ve yayılarak devam edecektir.

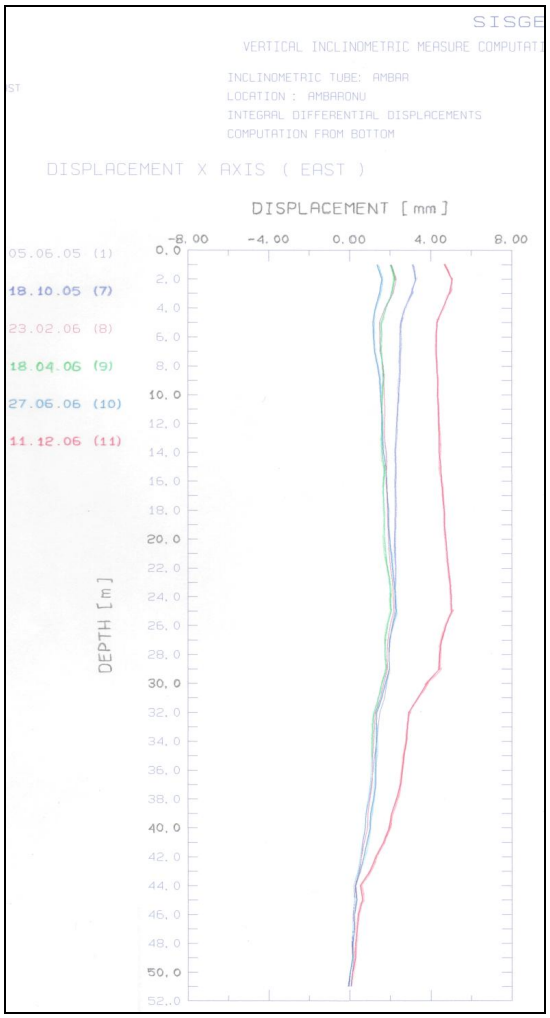


Şekil 5.8. Ambar önü kuyusu içinde, noktasal kırılmalar bileşimi

Yer altındaki kırılmaların, yer yüzeyine ne kadar hareket olarak yansıdığını gösteren, Şekil 5.9'daki Kuzey-Güney doğrultusundaki yüzey hareketlerini ölçen "Y Ekseninde Toplam Yüzeysel Yerdeğiştirme" (Integral Differential Displacement, Displacement Y Axis, North) grafiği ve Şekil 5.10'daki Doğu-Batı doğrultusundaki yüzey hareketlerini ölçen "X Ekseninde Toplam Yüzeysel Yerdeğiştirme" (Integral Differential Displacement, Displacement X Axis, East) grafiği incelendiğinde, ambar önü ölçümlerinde, yüzey hareketlerinin 5–18 mm seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir.

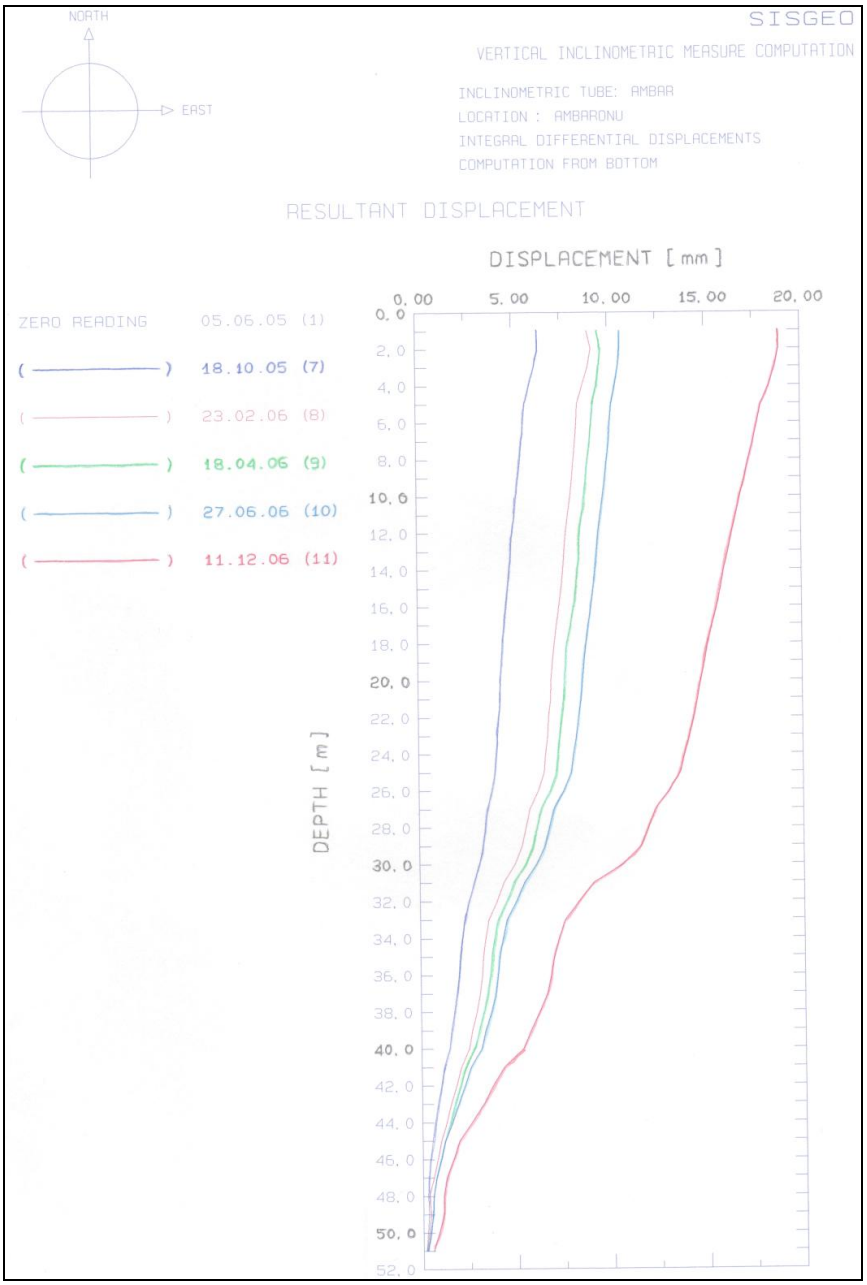


Şekil 5.9. Ambar önü kuyusu civarı için, Y ekseninde yüzeysel yerdeğiştirmeler



Şekil 5.10. Ambar önü kuyusu civarı için, X ekseninde yüzeysel yerdeğiştirmeler

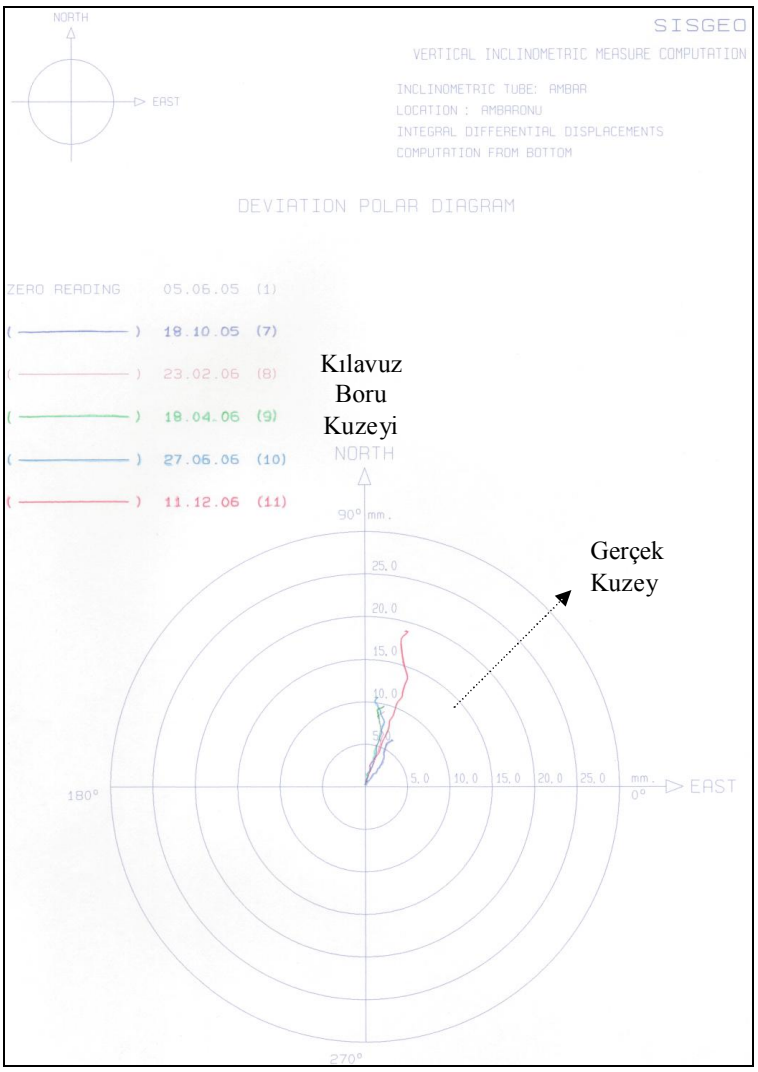
Y ve X yönündeki yüzeysel hareketlerin bileşimi niteliğinde olan, Şekil 5.11'deki "Yüzeysel Yerdeğiştirme Bileşimi" (Integral Differential Displacement, Resultant Displacement) grafiğinin incelenmesiyle, en yüksek yüzey hareketlerinin 19 mm civarında gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 5.11. Ambar önü kuyusu civarı için, yüzeysel hareketlerin bileşimi

Ambar önü kuyusu grafikleri incelendiğinde, ölçüm periyodu süresinde (05.06.2005 – 11.12.2006), 13., 15. ve 21. metrelerde tepe yapan tüm noktasal yatay hareket miktarları birleşince, yüzey topografyasına yaklaşık 19 mm yatay hareket olarak yansıdığı sonucuna varılmıştır.

Derinliği ve miktarı belirlenen hareketlerin hangi yönde geliştiğinin tespiti için ise, Şekil 5.12'deki "Yüzeysel Yerdeğiştirmelerin Kuzeyden Sapması Grafiği" (Integral Differential Displacement, Deviation Polar Diagram" incelenmektedir.



Şekil 5.12. Ambar önü kuyusunda, yerdeğiştirmelerin kuzey eksenden sapma grafiği

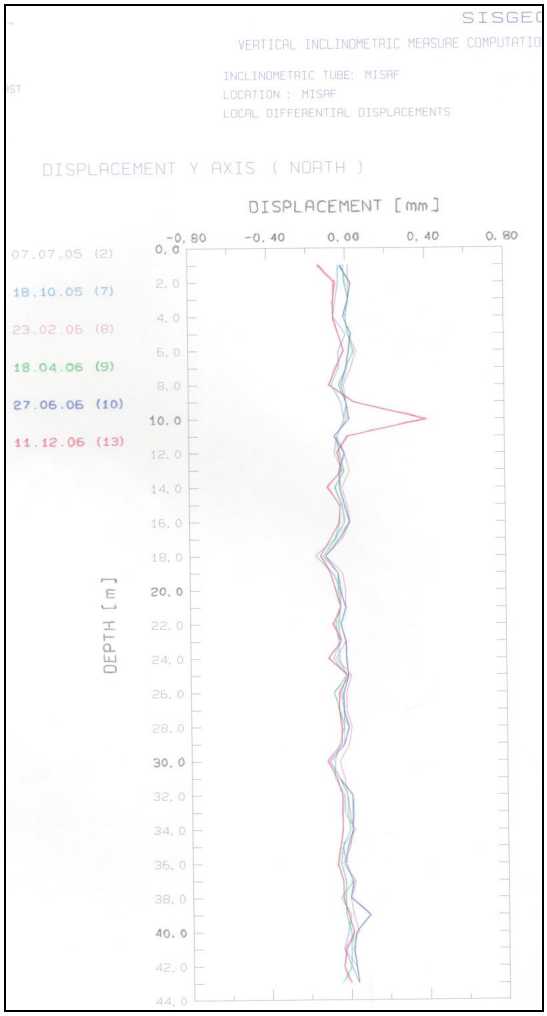
Bu kuyuya yerleştirilen plastik inklinometre kılavuz borusunun kuzeyinin, gerçek Kuzeyin 45° Batısını gösterdiği daha önce belirtilmişti. Nihai hareket yönü belirlenirken, bu sapma düzeltildiğinde, Ambar önü kuyusu (İnk-2) ve civarında, 2 cm'lik bir kayma hareketinin K25° B doğrultusunda geliştiği sonucuna varılmıştır (Bkz. Şekil 5.20).

b) Yeni misafirhane önünde yapılan ölçümler (İnk-1)

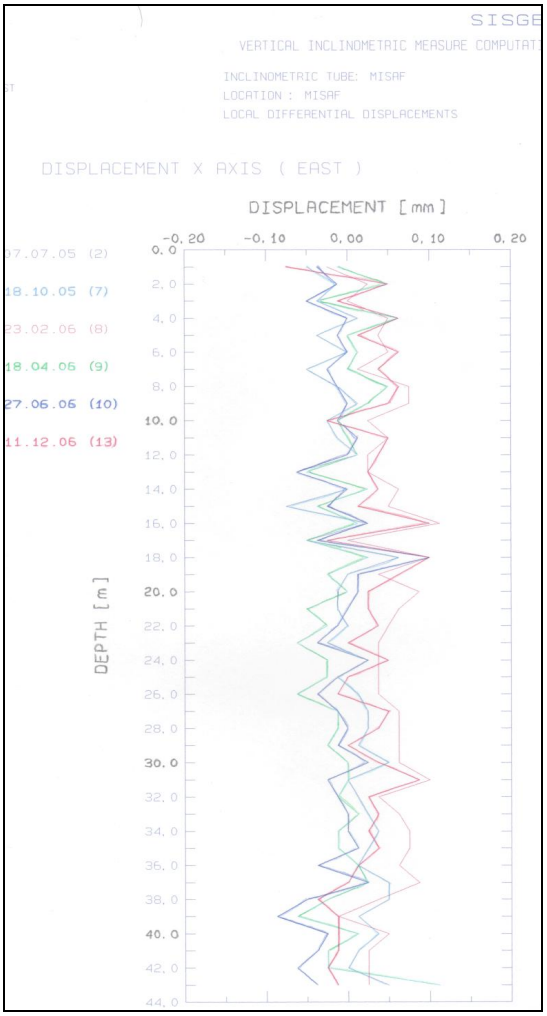
Misafirhane (İnk-1) kuyusu, çalışma sahanın üst seviyelerinden, yani heyelanın taç bölgesine yakın bir yerden seçilmiştir (Bkz. Şekil 5.1).

Bu kuyuya yerleştirilen plastik inklinometre kılavuz borusunun kuzeyi, gerçek Kuzeyin 20° Batısını göstermektedir. Nihai hareket yönü belirlenirken, bu sapma sıfırlanmıştır.

Şekil 5.13'deki Kuzey-Güney doğrultusundaki kuyu içi kırılma hareketlerini ölçen "Y Eksenindeki Noktasal Yerdeğiştirme Farkı" (Local Differential Displacement, Displacement Y Axis, North) grafiği incelendiğinde, 21,5 metrelik inklinometre ölçüm kuyusunun 5. metresinde tepe yaptığı ve bu doğrultudaki en yüksek tepe hareketinin yaklaşık 0,4 mm seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir. Şekil 5.14'deki Doğu-Batı doğrultusundaki kuyu içi kırılma hareketlerini gösteren "X Eksenindeki Noktasal Yerdeğiştirme Farkı" (Local Differential Displacement, Displacement X Axis, East) grafiğinde ise, bariz kırılma noktaları belirmemiş, sadece zemin salınımları tespit edilmiştir.

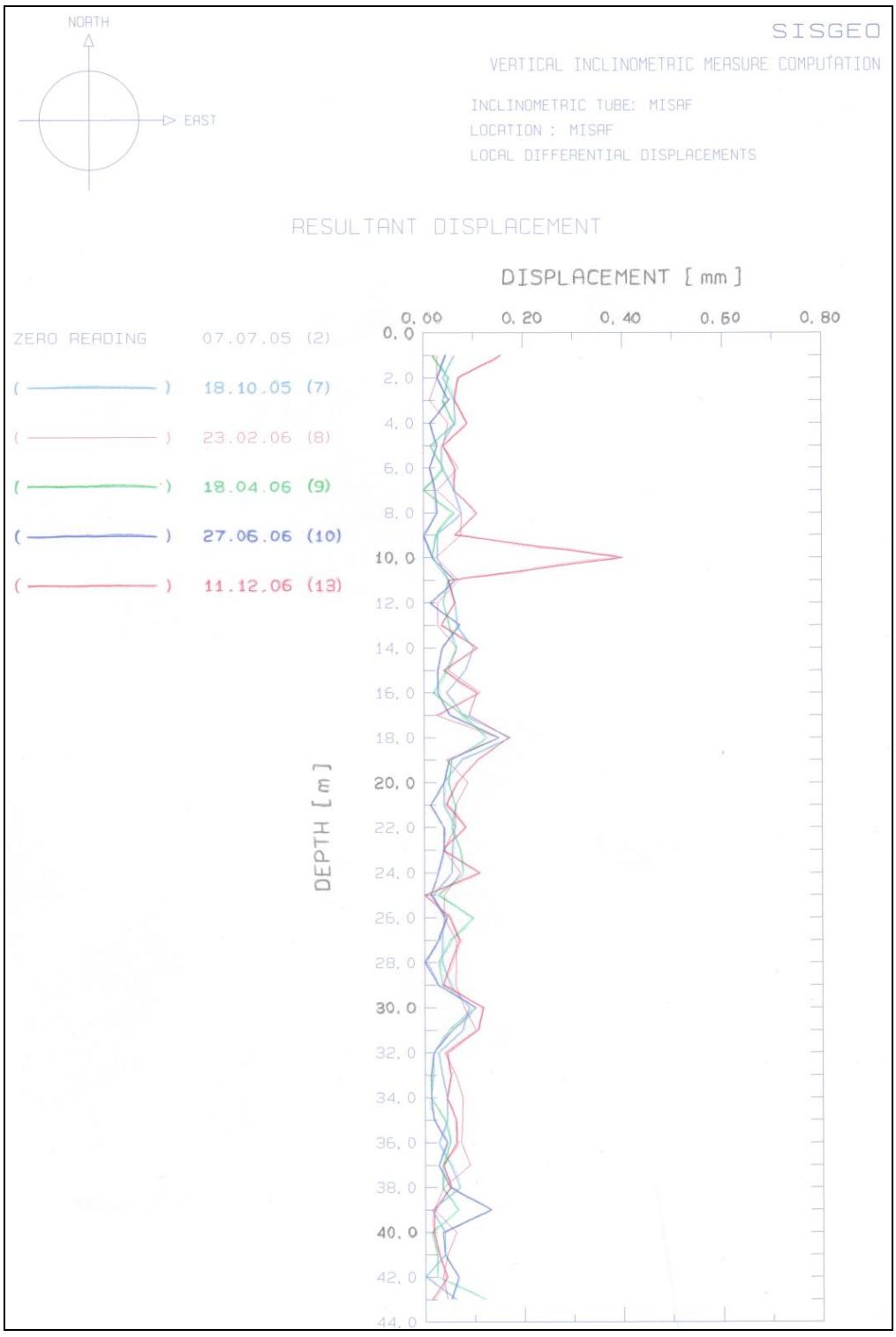


Şekil 5.13. Misafirhane kuyusu içinde, Y ekseninde noktasal yerdeğiştirmeler



Şekil 5.14. Misafirhane kuyusu içinde, X ekseninde noktasal yerdeğiştirmeler

Y ve X yönündeki noktasal kırılmaların bileşimi niteliğinde olan, Şekil 5.15'deki "Noktasal Yerdeğiştirme Bileşimi" (Local Differential Displacement, Resultant Displacement) grafiğinin incelenmesiyle, en fazla kuyu içi kırılma hareketlerinin 5. metredeki tepede gerçekleştiği grafiklerden görülmektedir. Bu durum, 5. metredeki tepenin, birincil kırılma eksenini temsil ettiği şeklinde yorumlanmaktadır.

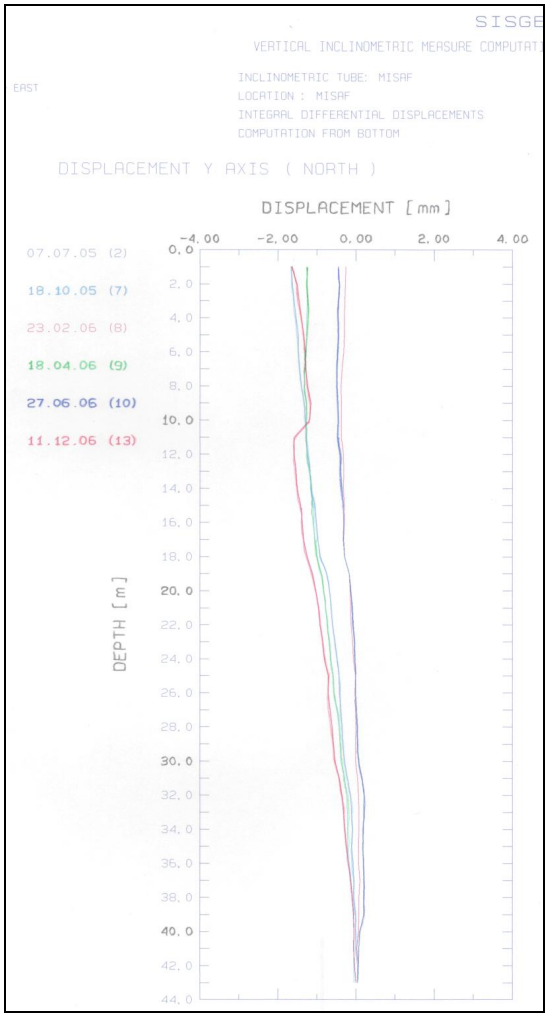


Şekil 5.15. Misafirhane kuyusu içinde, noktasal kırılmalar bileşimi

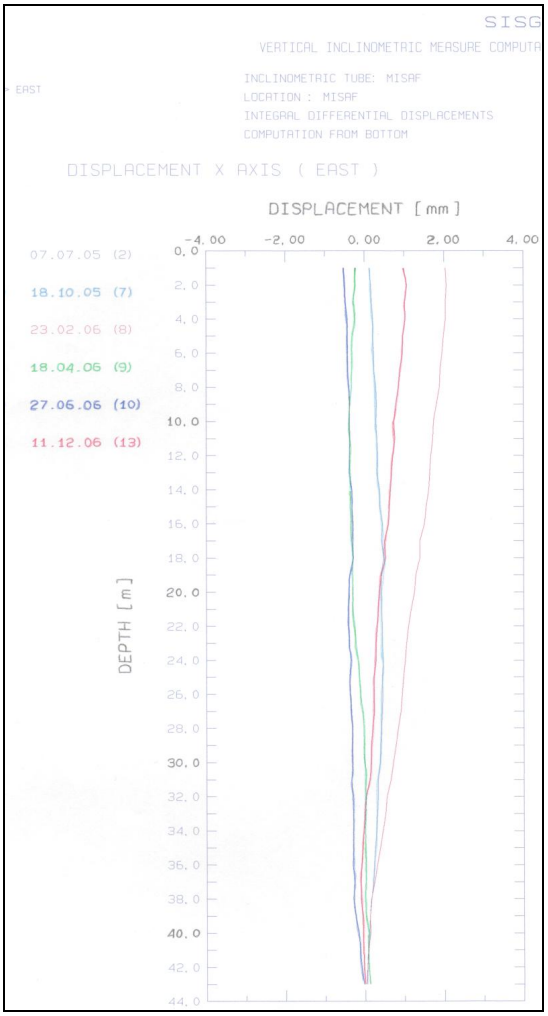
Mevcut şartların devamı ve/veya daha da kötüleşmesi durumunda grafiklerde görülen birincil kırılma eğrisi daha da tepe yaparak ilerleyecek ve başka yeni ikincil kırılma noktaları daha derin ve/veya sığ seviyelerde de oluşabilecektir.

Diğer bir grafik sunumunda da, yer altındaki birincil ve ikincil kırılmaların yer yüzeyine ne kadar hareket olarak yansıdığı görülmektedir. Şekil 5.16'daki Kuzey-Güney doğrultusundaki yüzey hareketlerini ölçen "Y Ekseninde Toplam Yüzeysel Yerdeğiştirme" (Integral Differential Displacement, Displacement Y Axis, North) grafiği ve Şekil 5.17'deki Doğu-Batı doğrultusundaki yüzey hareketlerini ölçen "X Ekseninde Toplam Yüzeysel Yerdeğiştirme" (Integral Differential Displacement, Displacement X Axis, East) grafiği incelendiğinde, yeni misafirhane önünde yapılan ölçümlerde, en yüksek yüzey hareketinin yaklaşık ± 2 mm seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir. Şekil 5.16'da görüldüğü gibi bu kuyu civarında, yaklaşık 5 m derinlikte, normal hareket yönünün tersi istikametinde bir hareket belirlenmiştir. Normalde eğim aşağı olan hareket yönünün tersi yönünü gösteren bu tepe noktası, bir geriye doğru devrilme hareketinin geliştiğini ifade etmektedir.

Kuzey-Güney (Y) ve Doğu-Batı (X) eksendeki yüzeysel hareketlerin, daha iyi görülebilmesi için, her iki grafik yan yana sunulmuştur.

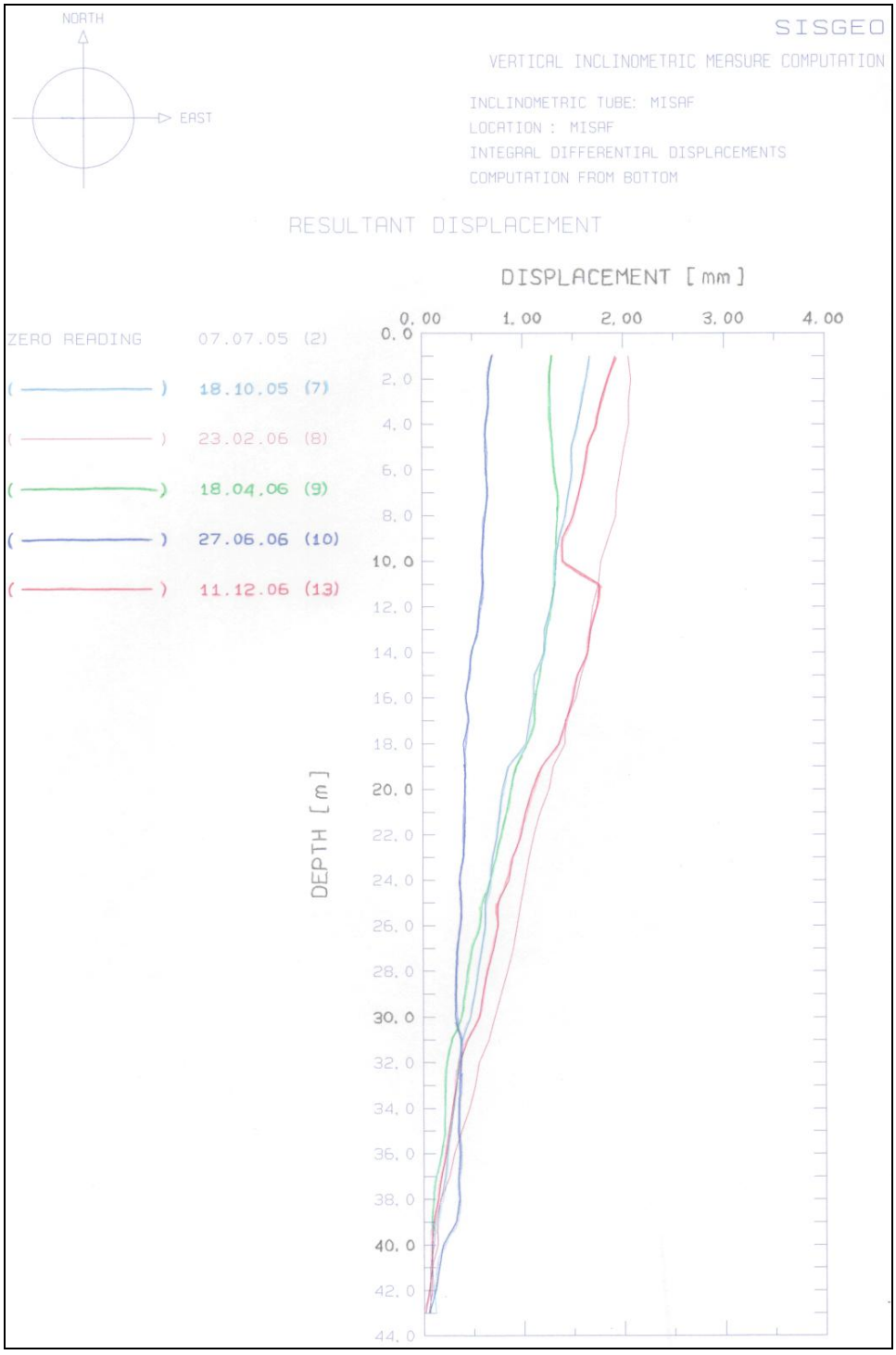


Şekil 5.16.Misafirhane kuyusu civarı için, Y ekseninde yüzeysel yerdeğiştirmeler



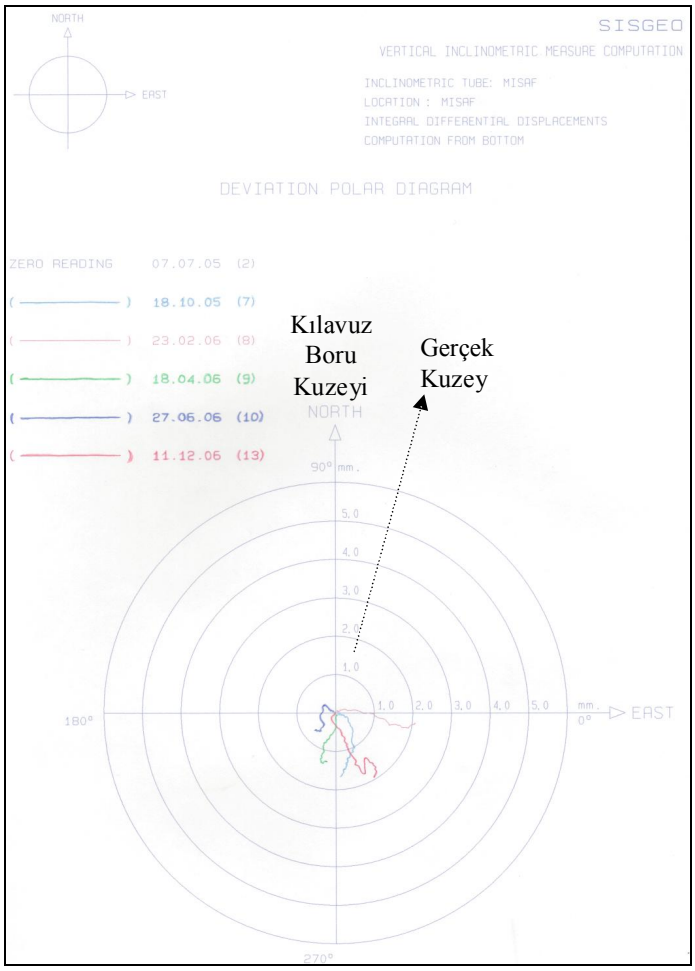
Şekil 5.17.Misafirhane kuyusu civarı için, X ekseninde yüzeysel yerdeğiştirmeler

Y ve X yönündeki yüzeysel hareketlerin bileşimi niteliğinde olan, Şekil 5.18'deki "Yüzeysel Yerdeğiştirme Bileşimi" (Integral Differential Displacement, Resultant Displacement) grafiğinin incelenmesiyle, en yüksek yüzey hareketlerinin 2 mm civarında gerçekleştiği grafikten görülmektedir.



Şekil 5.18. Misafirhane kuyusu civarı için, yüzeysel hareketlerin bileşimi

Yeni misafirhane önü kuyusu grafikleri incelendiğinde, ölçüm periyodu süresinde (07.07.2005 – 11.12.2006), 5. metrede tepe yapan noktasal yatay hareket miktarı, yüzey topografyasına yaklaşık 2 mm yatay hareket olarak yansıdığı sonucuna varılmıştır. Derinliği ve miktarı belirlenen hareketlerin hangi yönde geliştiğinin tespiti için ise, Şekil 5.19'daki "Yüzeysel Yerdeğiştirmelerin Kuzeyden Sapması Grafiği" (Integral Differential Displacement, Deviation Polar Diagram" incelenmektedir.



Şekil 5.19. Misafirhane kuyusunda, yerdeğiştirmelerin kuzey eksenden sapma grafiği

Bu kuyuya yerleştirilen plastik inklinometre kılavuz borusunun kuzeyinin, gerçek Kuzeyin 20° Batısını gösterdiği daha önce belirtilmişti. Nihai hareket yönü belirlenirken, bu sapma düzeltildiğinde, yeni misafirhane önü kuyusu ve civarında, 0,2 cm'lik bir kayma hareketinin, G45° D doğrultusunda geliştiği, yani geriye doğru döndüğü (tilt) şeklinde yorumlanabilir (Şekil 5.19, Şekil 5.20).

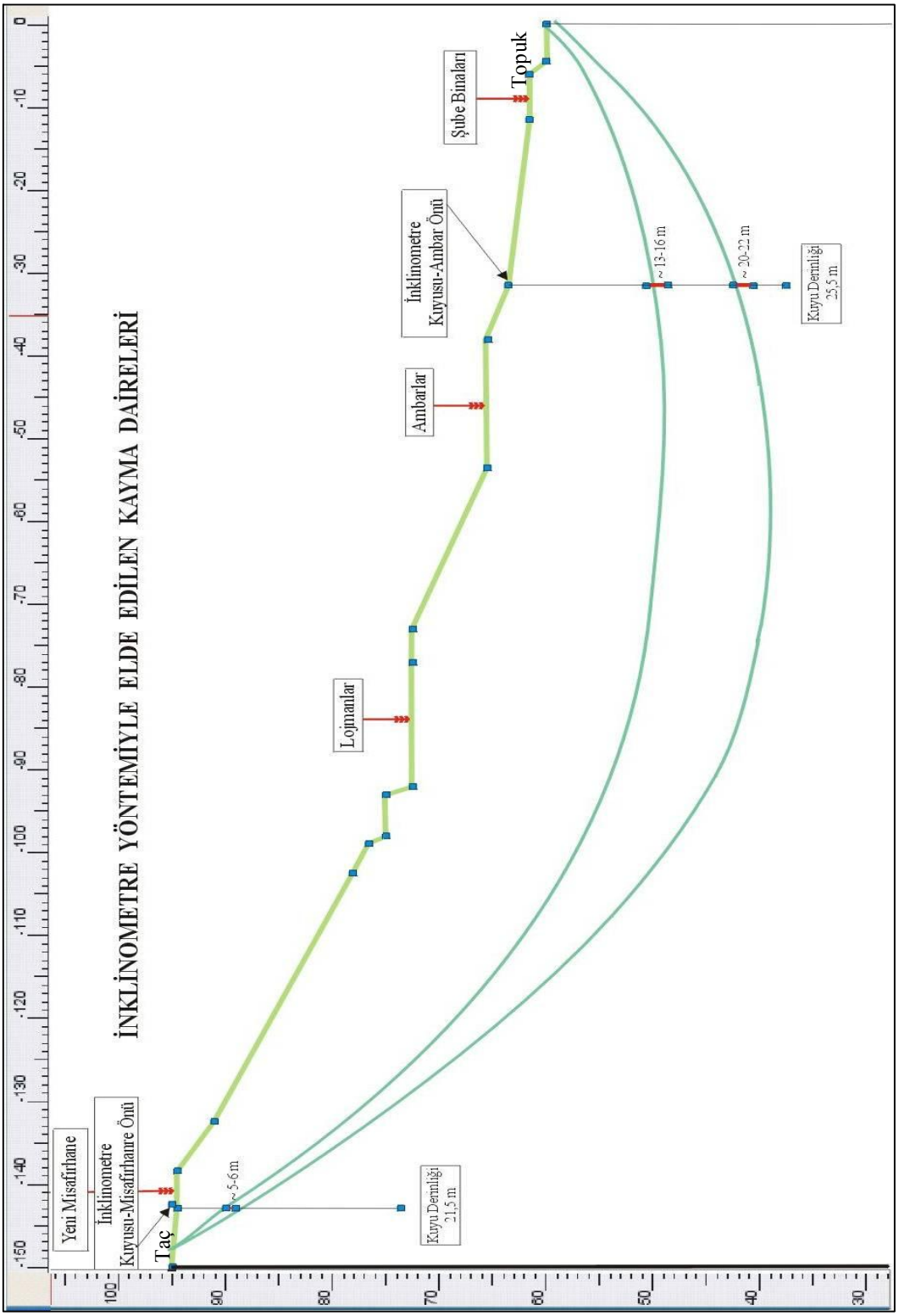


Şekil 5.20. Kayma yönlerinin uydu fotoğrafında gösterimi (Virtual Earth 3D, 2009)

Heyelanın taç bölgesine yakın olan kısmında (yeni misafirhane önü, İnk-1) geriye doğru devrilme (tilt) ve diğer kuyuda da (ambar önü, İnk-2) öne doğru hareketlerin belirlenmesi, ideal bir dairesel kayma hareketinin varlığına işaret etmektedir.

Mevcut heyelanın taç ve topuk bölgeleri, daha önce yapılan arazi gözlemlerinden ve sözlü görüşmelerden belirlenmiştir. Böylece, kayma düzleminin başlangıç, bitiş ve 2 ara noktası elde edilmiştir. Her iki inklinometre kuyusundan elde edilen kırılma seviyeleri, başlangıç (taç) ve bitiş (topuk) noktalarıyla birleştirilerek, Şekil 5.21'de görülen, 2 muhtemel kayma dairesi belirlenmiştir. Ambar önünde açılmış İnk-2 kuyusu ölçümlerinde 2 farklı seviyede pik değerler alındığı için, 2 muhtemel kayma dairesinin olduğu düşünülmüştür. Ancak, bu sonuç aynı zamanda, İnk-2 kuyusunda belirlenen 2 kırılma seviyesi arasında kalan tüm düzlemin tek bir kayma dairesi şeklinde kaymakta olabileceği anlamına da gelebilmektedir.

Bu tez kapsamında yapılmış olan yöntemler arası karşılaştırmalarda, inklinometre kayma daireleri, referans alınmıştır.



Şekil 5.21. İnklinometre yöntemiyle edilen kayma daireleri

5.1.4. Presiyometre deneyleri

Bu bölümde, inceleme sahasındaki yapılarda görülen deformasyonların heyelan hareketindenmi, yoksa taşıma gücü ve/veya oturma sorunundan mı kaynaklandığının tam olarak anlaşılabilmesi amacıyla yapılan presiyometre deney sonuçları ve elde edilen verilerle yapılan taşıma gücü ve oturma miktarı hesaplama sonuçları sunulmuş, ayrıca cihazının geoteknik kullanımının haricinde, şev duraylılık problemlerinde kullanılabilirliği irdelenmiştir.

Bu amaçla, 12.10.2004 / 03.12.2004 tarihleri arasında, çapı 66 mm, toplam derinliği 180 m olan, 6 adet temel sondaj kuyusunda (Bkz. Şekil 5.1), sondaj karotlarının yoğun ardalanmalı olması ve sürekli değişim göstermeleri nedeniyle, zemin dayanım parametlerini daha net ortaya çıkarabilmek amacıyla her 2 m'de bir deneyler yaparak,

- Taşıma gücü ve oturma miktarlarının hesaplanmaları yapılmış,
- Kuyu boyunca zayıflık zonları belirlenmiş,
- Bu zayıflık zonlarını birleştirerek muhtemel kayma daireleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

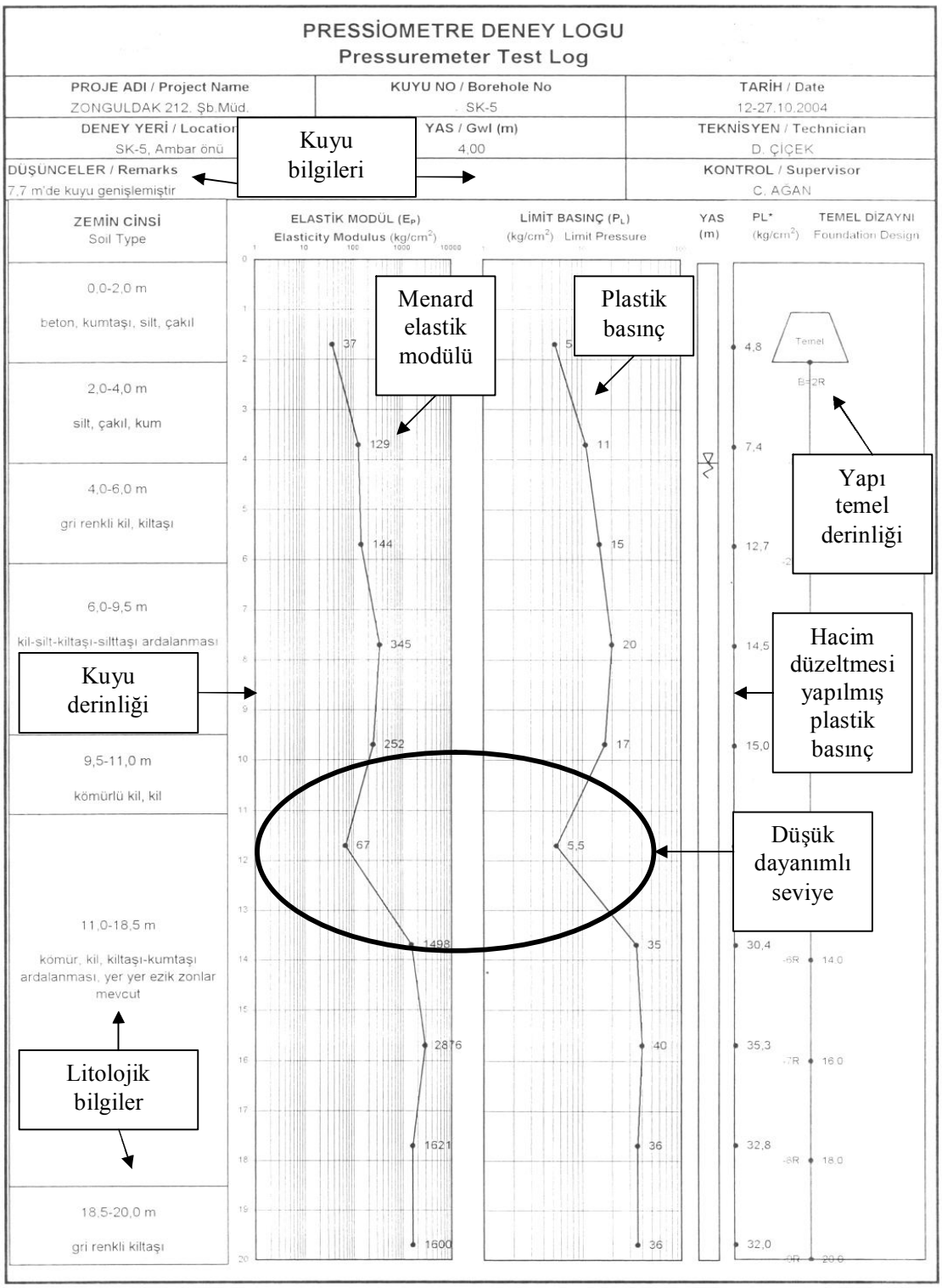
6 adet temel sondaj kuyusunda yapılan presiyometre deneylerinden elde edilen veriler, Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Tüm seviyelerde yapılan deney sonuçları tek tek verilmemiş, birbirine yakın değerlere sahip seviyeler bir arada sunulmuştur. Böylece, düşük verilere sahip zayıflık zonları daha net görülebilmektedir.

Çizelge 5.3. Presiyometre deneylerinden elde edilen ölçüm verileri

Kuyu No	Deney Seviyesi (m)	Menard Elastisite Modülü (E_p) (MPa)	Zeminin Akma Basıncı (P_L) (MPa)
SK-1	1,5 – 13,5	15,9-73,6	1,5-3,4
	13,5 – 17,5	8,5-15,9	0,7-0,9
	17,5 - 29,5	114,0-195,4	3,1-3,8
SK-2	1,5 – 17,5	71,1-120,6	2,6-4,5
	17,5 – 23,5	4,7-5,9	0,4-0,6
	23,5 – 29,5	142,6-350,0	4,1-5,1
SK-3	1,5 – 11,5	2,1-29,1	0,2-0,8
	11,5 – 19,5	41,0-198,5	1,6-3,4
	19,5 – 23,5	9,9-40,8	0,6-1,1
	23,5 – 29,5	111,7-214,0	3,1-3,3
SK-4	1,5 – 25,5	4,5-35,4	0,3-1,1
	25,5 – 29,5	94,4-98,2	3,1-3,2
SK-5	1,5-11,5	6,7-34,5	0,4-1,5
	11,5-27,5	95,2-287,6	2,9-3,5
	27,5 – 29,5	29,5 m'de kuyuda yıkıntı olduğundan veri alınamamıştır	
SK-6	1,5-7,5	2,9-8,0	0,4-0,6
	7,5-19,5	21,5-192,7	1,8-4,1
	19,5-27,5	4,8-26,1	0,5-0,7
	27,5 - 29,5	248,5	4,0

Daha sonra presiyometre deney verileriyle, Şekil 5.22'de bir örneği sunulmuş olan presiyometre deney logları çizilmiştir. Ayrıca, tüm kuyu boyunca düşük dayanım veren seviyeler belirlenmiştir. Bu loglar, taşıma gücü ve oturma miktarı hesaplamalarında kullanılmaktadır.



Şekil 5.22. SK-5 nolu kuyunun presiyometre deney logu

Tüm kuyular için çizdirilmiş presiyometre deney logları, EK-3'de sunulmuştur.

Sahada açılan 6 adet SK kodlu temel sondaj kuyularında gerçekleştirilen presiyometre deneylerinden elde edilen Menard Elastisite Modülü (Ep) ve zemin akma basıncı (P_L) değerleri ile zemin taşıma gücü ve oturma hesaplamaları yapılmıştır. Taşıma gücü ve oturma hesaplamalarındaki bazı verilerin, yapı temel özellikleri ve zemin cinsine bağlı olarak, kabullerle tayin edilmesi zorunludur. Bu kabullenmeler şu şekilde olmuştur.

Temel genişliği (B) : 4,0 m
Temel boyu (L) : 8,0 m
Temel derinliği (D_f) : 2,0 m
Temel şekil faktörleri
K : 0,8
λ_2 : 1,53
λ_3 : 1,2
α : 0,5
Güvenlik katsayısı (F) : 3

Oturma hesaplarında heterojen zeminler için geçerli eşitlikler kullanılmıştır.

Hacimsel değişmelere ve kayma deformasyonlarına bağlı oturmalar hesaplanmış, mikro deformasyonlara bağlı oturmalar ise ihmal edilmiştir.

Taşıma gücü ve oturma miktarı hesaplama ayrıntıları ve eşitlikler bu çalışmada verilmemiş olup, Kumbasar ve Kip 1999, Tosun 1988, Türkel 1986, Yıldırım 2002 gibi kaynaklarda bulunabilmektedir.

Hesaplanan taşıma gücü ve oturma miktarı sonuçları, Çizelge 5.4'de ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Çizelge 5.4. Presiyometre deneyi ile hesaplanmış, taşıma gücü ve oturma miktarları

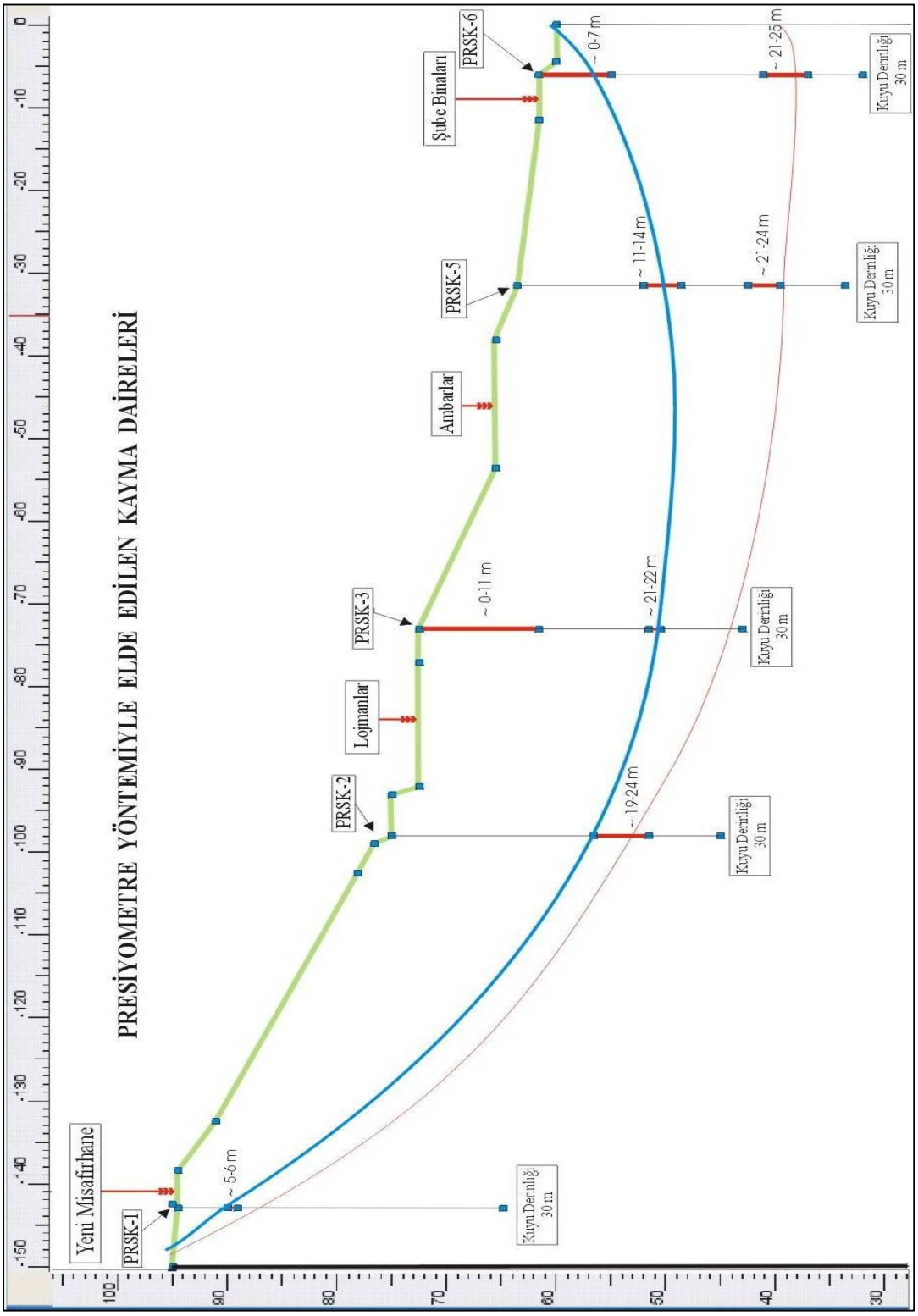
Kuyu No	Deney Yeri	Güvenlik katsayısı (F)	Em. Taşıma Gücü q_a (MPa)	Bina Proje Yükü (kgf/cm^2)	Oturma (S_T =cm)
SK-1	Yeni misafirhane önü	3	0,28	0,1	0,46
SK-2	Lojman B Blok arkası	3	0,78	0,1	0,24
SK-3	Lojman A Blok önü	3	0,11 ancak YASS yükselirse 0,08	0,1	2,31
SK-4	Atölye önü	3	0,16	0,05	0,61
SK-5	Ambar önü	3	0,24	0,05	0,27
SK-6	Şube önü	3	0,14 ancak YASS yükselirse 0,1	0,1	1,76

Bu sonuçlar incelendiğinde, çalışma sahasının en zayıf kısımlarının küçük lojman önü ve şube önü civarları olduğu görülmektedir. Presiyometre deney sonuçlarına göre inceleme sahasında, emniyet katsayısı 3 alındığında ve YASS en yüksek seviyede olması halinde bile taşıma gücü ve oturma miktarı probleminin yaşanmayacağı, tahmini proje yüklerinin biraz altında kalacağı görülmektedir. Ancak, bu yapılara zemin teşkil eden sahanın heyelan bölgesi olduğu daha önceki çalışmalardan ve bu çalışma sonuçlarından ortaya konulmuştur. Dolayısıyla, düşük olan taşıma gücü değerlerinin doğal birime ait değerler olmadığı, uzun süreli hareketlere maruz kalmış ve fazla örselenmiş zemine ait parametreler olduğu düşünülmektedir. Böylece, inceleme

sahasındaki yapılarda meydana gelen deformasyonların zemin taşıma gücünden ve/veya oturma potansiyelinden kaynaklanmadığı, bu deformasyonların heyelan hareketinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Bununla beraber, mevcut koşulların devamı ve/veya daha da kötüleşmesi halinde (yeni yapıların yapılması, YAS koşulları, vs.), arazi deneyleri sonucunda hesaplanan taşıma gücü ve oturma miktarları değerlerinin daha da kötüleşeceği, bir gerçektir.

Bir sonraki aşamada, presiyometre deneylerinde, tüm kuyu boyunca düşük dayanım veren seviyeler, Şekil 5.22'deki gibi belirlenmiş, bu seviyeler birleştirilerek muhtemel kayma düzlemleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Böylece, inklinometre deneyine kıyasla daha zahmetsiz ve çok daha kısa sürede sonuç veren presiyometre deneylerinin, kayma dairelerinin tespitinde kullanılabilirliği irdelenmiştir.

Şekil 5.23'de kırmızı renkle temsil edilen bu düşük dayanımlı seviyeler birbirileriyle birleştirilerek, kayma düzlemi tespit edilmeye çalışılmıştır. Şekil 5.23'de görüldüğü gibi, presiyometre deneyleriyle iki adet zayıflık zonu tespit edilmiştir. Bu sonuç, inklinometre ölçüm sonuçlarına benzer olarak, iki ayrı kayma dairesi olduğu anlamına gelebileceği gibi, Şekil 5.23'de görülen iki adet zayıflık seviyesi arasında kalan tüm düzlemin tek bir kayma dairesi şeklinde kaymakta olabileceği anlamına da gelebilmektedir.



Şekil 5.23. Presiyometreyle tespit edilen muhtemel zayıflık zonları

5.1.5. Standart penetrasyon deneyleri (SPT)

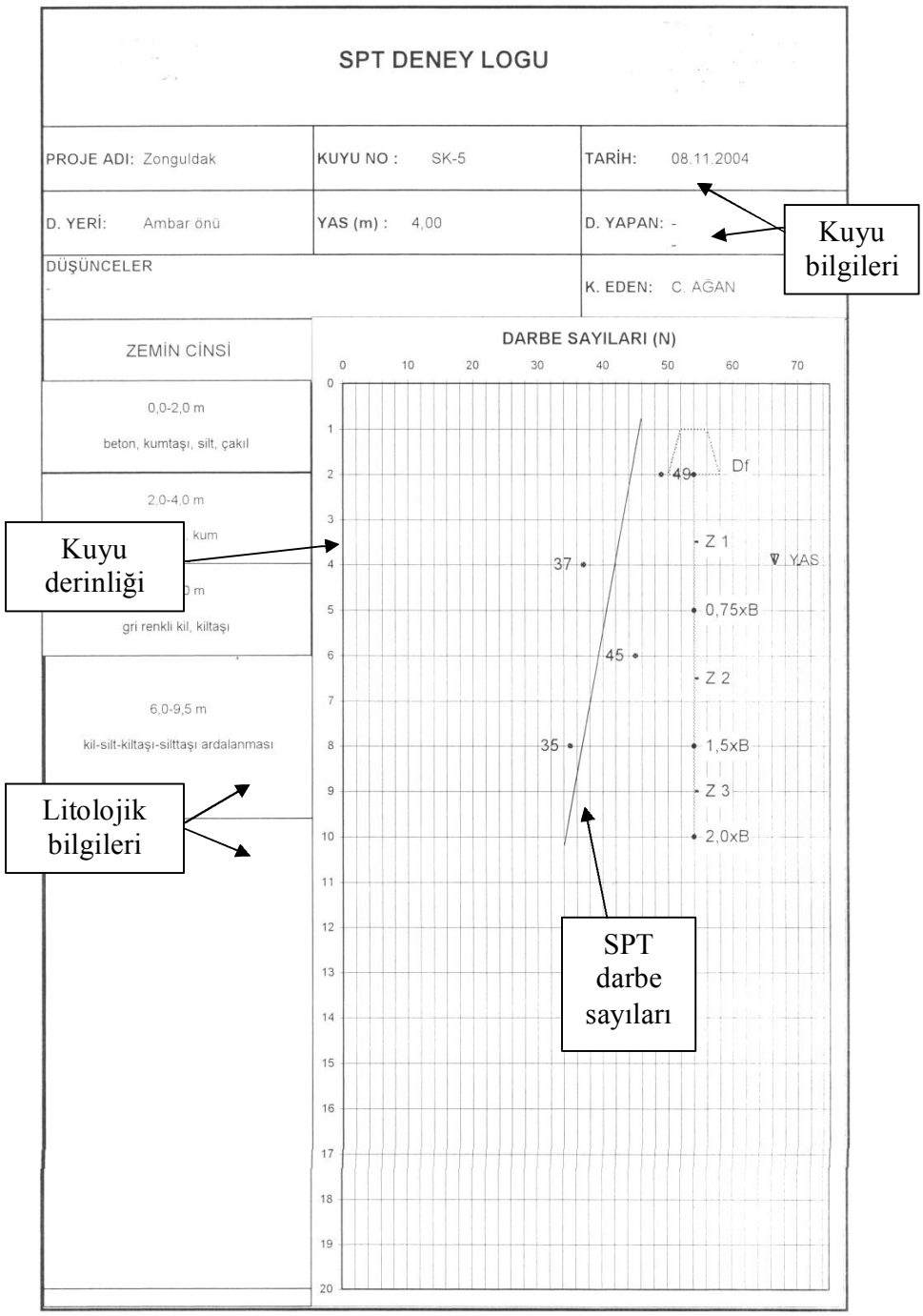
Bu bölümde, SPT deneylerinden elde edilen veriler ve hesaplama sonuçları sunulmuş, yöntemin geoteknik kullanımının haricinde, şev duraylılık problemlerinde kullanılabilirliği irdelenmiştir.

Presiyometre deney verilerinin değerlendirilmesine benzer olarak bu çalışmada da, 27.10.2004 / 08.11.2004 tarihleri arasında, çapı 66 mm, toplam derinliği 180 m olan, 5 adet temel sondaj kuyusunda (Bkz. Şekil 5.1), her 2 m'de bir deneyler yapılarak, taşıma gücü ve oturma miktarlarının hesaplamaları yapılmış, ayrıca kuyu boyunca zayıflık zonları belirlenerek, bu zayıflık zonlarını birleştirerek muhtemel kayma daireleri tespit edilmeye çalışılmıştır. SK-2 nolu kuyuda ise, deneyin ilk seviyelerinden itibaren kuyuda çakıllı zonlara girilmesi ve buna bağlı olarak şahmerdanın sekmesi nedeniyle, deney verisi alınamamıştır. Aynı soruna, SK-3 ve SK-6 nolu kuyularda da kısmen karşılaşılmıştır. SPT deneylerinden elde edilen N darbe sayıları, Çizelge 5.5'de sunulmuştur.

Çizelge 5.5. SPT deneylerinden elde edilen N darbe sayıları

Deney Seviyesi (m)	SK-1'de N Darbe Sayısı	SK-3'de N Darbe Sayısı	SK-4'de N Darbe Sayısı	SK-5'de N Darbe Sayısı	SK-6'da N Darbe Sayısı
2	50	11	50	49	27
4	50	20	50	37	40
6	50	50	50	45	-
8	50	-	50	35	-
10	50	-	50	-	-
12	50	-	50	-	-
14	50	-	-	-	-

5 adet temel sondaj kuyusunda yapılan SPT deneyleri sonrasında, Şekil 5.24'de görüldüğü gibi deney logları çizdirilmiştir.



Şekil 5.24. SK-5 nolu kuyunun SPT deney logu

Tüm kuyular için çizdirilmiş SPT deney logları, EK-4'de sunulmuştur.

Taşıma gücü ve oturma değerleri SPT yardımıyla belirlenen N değerleriyle belirlenebilmektedir.

Taşıma gücü ve oturma hesaplamalarındaki bazı verilerin, kabuller yapılarak tayin edilmesi zorunludur. Bu kabullenmeler şu şekilde olmuştur.

Temel genişliği (B)	: 4,0 m
Temel boyu (L)	: 8,0 m
Temel derinliği (D_f)	: 2,0 m
Enerji düzeltmesi (ER)	: 45
Güvenlik katsayısı (F)	: 3

Oturma hesaplarında heterojen zeminler için geçerli eşitlikler kullanılmıştır. Hacimsel değişmelere ve kayma deformasyonlarına bağlı oturmalar hesaplanmış, mikro deformasyonlara bağlı oturmalar ise ihmal edilmiştir.

Taşıma gücü ve oturma miktarı hesaplama ayrıntıları ve eşitlikleri bu çalışmada verilmemiş olup, pek çok kaynaktan (Kumbasar ve Kip 1999, Tosun 1988, Tosun 1993, Türkel 1986, Ulusay 2001, Uzuner 2000, Yıldırım 2002) bu yöntemle ve hesaplamalarıyla ilgili ayrıntılı bilgiler edinilebilir.

Hesaplanan taşıma gücü ve oturma miktarı sonuçları, Çizelge 5.6'da ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Çizelge 5.6. SPT deneyi ile hesaplanmış, taşıma gücü ve oturma miktarları

Kuyu No	Deney Yeri	Güvenlik katsayısı (F)	Em. Taşıma Gücü q_a (MPa)	Bina Proje Yükü (MPa)	Oturma (S_T =cm)
SK-1	Yeni misafirhane önü	3	0,33	0,1	1,86
SK-2	Lojman B Blok arkası	3	-	0,1	-
SK-3	Lojman A Blok önü	3	0,12	0,1	3,03
SK-4	Atölye önü	3	0,22	0,05	1,86
SK-5	Ambar önü	3	0,23	0,05	2,16
SK-6	Şube önü	3	0,16	0,1	2,38

Bu sonuçlara göre inceleme sahasında, emniyet katsayısı 3 alındığında bile taşıma gücü ve oturma miktarı probleminin yaşanmayacağı görülmektedir. Böylece, inceleme sahasındaki yapılarda meydana gelen deformasyonların zemin taşıma gücünden ve/veya oturma potansiyelinden kaynaklanmadığı, bu deformasyonların heyelan hareketinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, SPT sonuçlarına göre yapılan taşıma gücü ve oturma miktarı hesaplama sonuçlarının, presiyometre deney sonuçlarına göre yapılan taşıma gücü ve oturma miktarı hesaplama sonuçlarıyla uyumlu olduğu görülmüştür.

Standart Penetrasyon Test (SPT) verileriyle tüm kuyular için çizilmiş SPT deney logları incelenmiş (Şekil 5.24) ve düşük dayanım değer veren zayıf zonlar tek bir kesit üzerinde işaretlenmeye çalışılmıştır. Ancak, bu zayıf zonların kesiştirilmesi sonucunda, SPT deney loglarında bariz bir zayıflık zonu ve anlamlı bir kayma düzlemi tespit edilememiştir.

5.1.6. Jeofizik tomografi ölçümleri

Bu çalışmada, sahadaki heyelan özelliklerinin belirlenmesi, laboratuvar deneylerine uygun numune almaya pek elverişli olmayan jeolojik ve litolojik yapının daha iyi aydınlatılması amacıyla jeofizik tomografi ölçümleri yapılmış, ayrıca tomografi yönteminin heyelan analizinde ve kayma dairelerinin tespitinde kullanılabilirliği irdelenmiştir.

Böylece, tomografi ölçüm cihazının heyelan analizlerinde kullanılabilirliği, ülkemizde ilk defa denenmiştir.

Tomografi ölçümlerinde, arazi koşulları ve yapılaşma izin verdiği ölçüde azami ölçüm kesiti almak, çalışma sahasının daha net ortaya konulmasını sağlamaktadır. Çalışma sahasındaki yapılaşma koşulları, etüt sahasının enine ve boyuna birer kesit olmak üzere, en fazla 2 ölçüm kesiti almaya izin vermiştir. Ölçüm kabloları Hat-1 için heyelanın taç bölgesine paralel olmak üzere, yeni misafirhane önünde serilmiştir. Hat-2 için ise, heyelanın taç bölgesinden topuk bölgesine uzanacak şekilde ölçüm kabloları serilmiştir (Bkz. Şekil 5.1).

Hat serilim uzunlukları 200 m ve elektrot aralıkları 5 m olarak tasarlanmıştır (Şekil 5.25). Schlumberger Short, Wenner Short ve Dipol Dipol Short özdirenç elektrot tasarımları kullanılmıştır. LUND Görüntüleme Programı (LUND IMAGING SYSTEM) ile bilgisayarda en küçük kareler (sonlu elemanlar) yöntemi kullanılarak, 2189 adet noktada 8756 adet jeofizik özdirenç ölçüsü alınmış ve 200 m uzunluğunda ve 40 m derinliğinde jeofizik elektrik tomografi kesitleri elde edilmiştir. Arazide alınan tam otomatik ve devamlı ölçüler RES2DINV (3.54 Version) programı ile 2D (boyutlu) ters çözüm metodu ile değerlendirilmiştir.



Şekil 5.25. Hat-1'de yapılan hat serilim çalışmaları ve jeofizik tomografi ölçümleri

Her iki kesitte yapılan ölçümlerin sonuçları aşağıda sunulmuştur.

Hat-1 ölçüm sonuçları:

18.04.2006 tarihinde, Hat-1 kesitinde yapılan tomografi ölçümleri, yüzeysel belirtiler veren heyelan taç bölgesinin, yer altından daha ayrıntılı incelenebilmesi amacıyla yapılmıştır.

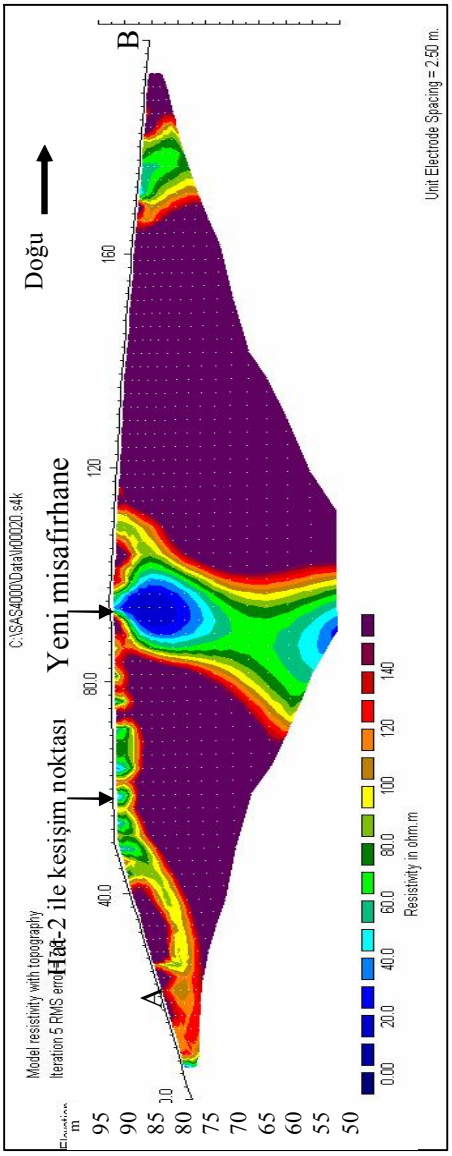
Bu kesitin grafiği olan Şekil 5.26 incelendiğinde, Karadon Biriminin 5-150 ohm-m gibi değişken özdirenç değerlerine ve renklere sahip kısımları görülmektedir.

Aksu (2006) ile yapılan sözlü görüşmelerde, bordo renkli kısımların Karadon Biriminin gerçek özdirenç değerlerini yansıttığını, mavi renkli bölgelerin ise, farklı bir jeolojik birim, suya doygun bir birim, yüksek kil içerikli bir birim ve/veya gevşek bir birim olabileceğini ifade etmiştir.

Aynı birim içerisinde bu değişken özdirenç sonuçların nedenlerini tespit edebilmek amacıyla sondaj sandıkları incelenmiş, mavi renkli kısımlarla bordo renkli kısımlar arasında, karot yüzdeleri ve özellikleri bakımından herhangi bir fark gözlemlerle belirlenememiştir.

Presiyometre ve SPT deneylerinden elde edilen dayanım sonuçları incelendiğinde de, bordo renkli kısımlarla mavi renkli kısımlar arasında belirgin bir dayanım farkı tespit edilememiştir.

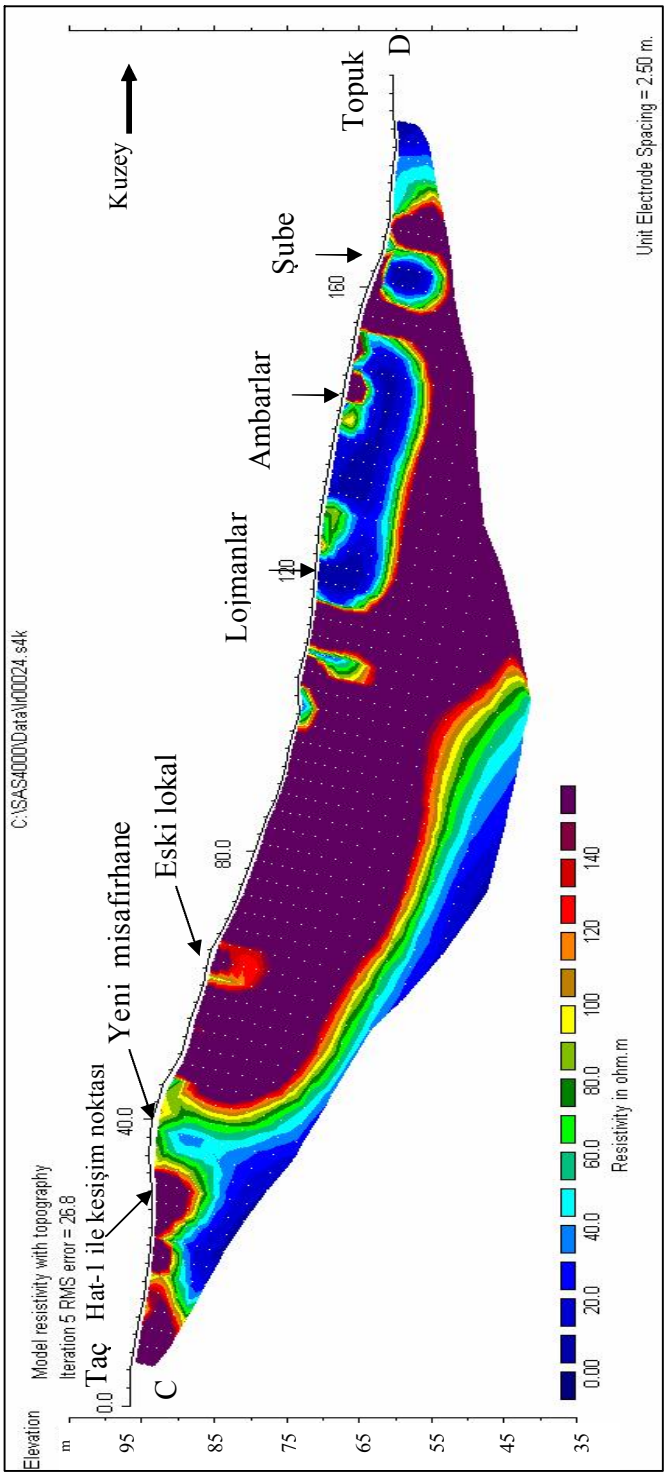
Böylece, bordo renkli kısımların Karadon Biriminin gerçek özdirenç değerlerini yansıttığı, mavi renkli bölgelerin ise Karadon Biriminin ya suya doygun kısımları olduğu, yada gerilmeler sonucunda gevşemiş kısımları olduğu sonucuna varılmıştır. Mavi renkli bölgelerin, çalışma sahasındaki yapıların altında tespit edilmesinden dolayı, her iki ihtimal de mümkün görünmektedir. Sürekli yağış alan Karadeniz bölgedeki, oldukça eskimiş olan yapıların su ve kanalizasyon tesisatlarında meydana gelen olası kaçaklarının ve sızıntıların, böyle bir sonuca sebep olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 5.26. Hat-1'de tomografi ölçüm sonuçları

Hat–2 ölçüm sonuçları:

19.04.2006 tarihinde, Hat-2 kesitinde yapılan tomografi ölçümleri, heyelan kesitinin ve kayma derinliğinin daha ayrıntılı incelenebilmesi amacıyla yapılmıştır. Bu kesitin grafiği olan Şekil 5.27 incelendiğinde, sarı renkle temsil edilmiş kayma düzlemi açık bir şekilde görülebilmektedir.



Şekil 5.27. Hat-2'de tomografi ölçüm sonuçları

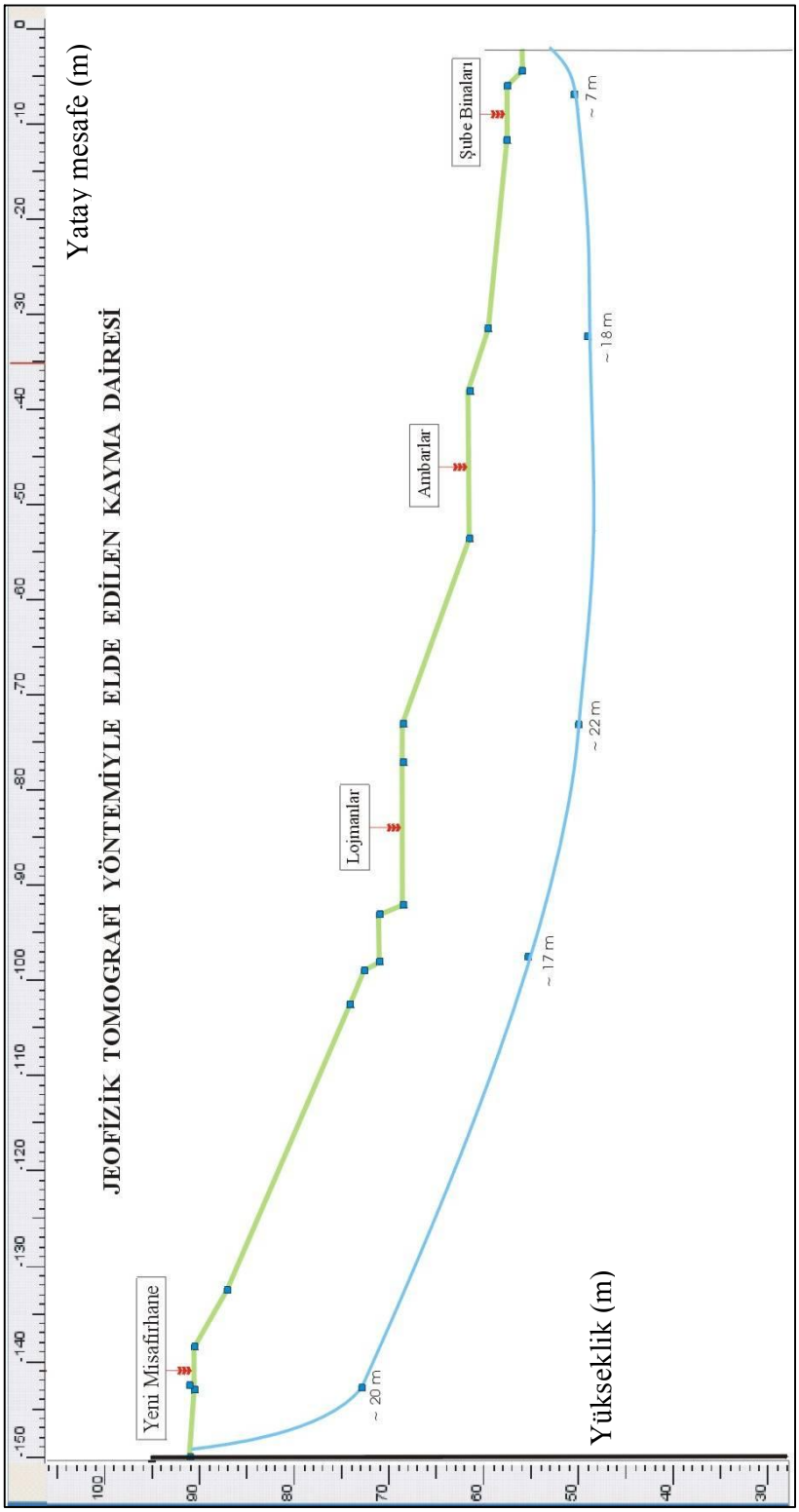
Aynı birim içerisinde, mavi renklerle temsil edilmiş, düşük özdirence sahip zonlar belirlenmiştir. Bu değişken özdirenç sonuçların nedenlerini tespit edebilmek amacıyla sondaj sandıkları incelenmiş, mavi renkli kısımlarla bordo renkli kısımlar arasında, karot yüzdeleri ve özellikleri bakımından herhangi bir fark görülememiştir. Presiyometre ve SPT deneylerinden elde edilen dayanım sonuçlarının da incelendiğinde de, bordo renkli kısımlarla mavi renkli kısımlar arasında belirgin bir dayanım farkı tespit edilememiştir.

Ayrıca, özdirencin düşük çıkması, bu zonların gevşek olduğuna, yada su içeriğinin yüksek olduğuna ve böylece bu zonlarda muhtemel kitle hareketlerinin olabileceğine işaret etmektedir. Şekil 5.27'de görüldüğü gibi, 40., 120. ve 160. m'lerde yüzeye yakın noktalarda düşük özdirence sahip alanlar tespit edilmiştir. Ancak, 40. m'de sızıntı ihtimalinin oldukça yüksek olduğu, sızıntının yüzeyden en fazla 30-35 m kadar derinliklere indiği ve heyelanlı sahanın taç bölgesinden başlayarak, topuk bölgesine doğru ilerlediği görülmektedir.

Bu sızıntıların, jeolojik birimi ve eklem dokanaklarını olumsuz etkilediği ve artan yapılaşmalarla birlikte kayma hareketini tetiklediği düşünülmektedir.

Her iki kesitte de, jeofizik tomografi ölçümleri yapıldıktan sonra, Hat-2 kesitinde ölçümlerde tespit edilen, farklı rezistiviteli bordo renkli ve mavi renkli seviyelerin kesişim derinlik seviyeleri topografik kesite işlenmiştir. Bu seviyeler birleştirilerek, Şekil 5.28'de görülen muhtemel bir kayma dairesi tespit edilmiştir.

Çalışma sahasındaki imar durumu, ölçüm hattı sayısını ve hat serilim uzunluğunu arttırmaya olanak vermemiştir. Ayrıca, ölçümlerde yardımcı olan jeofizik uzmanları, kayma dairesinin net bir biçimde ortaya konulduğunu, dolayısıyla başka hatlarda, başka parametrelerle ölçümler yapmanın gereksiz olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 5.28. Tomografiyle tespit edilen muhtemel kayma dairesi

5.1.7. Yüzeysel topografik ölçümler

Çalışma sahası üzerindeki yapılarda, farklı miktarlarda deformasyonlar gözlenmiştir. Bu durum, deformasyonların nedeninin sadece heyelan değil, inşaat hataları da olabileceği ihtimalini doğurmuştur. Bu sorunun açığa kavuşması amacıyla, Totalstation aleti kullanılarak, üzerinde inşaat bulunmayan bölgeleri de kapsayacak şekilde, Şekil 5.1'de T koduyla temsil edilmiş, sahanın 11 noktasından periyodik yüzeysel topografik ölçümler alınmıştır.

Ölçüm noktaları belirlenirken, kayma mekanizmasının en doğru şekilde ortaya konulabilmesi için heyelanlı sahanın,

- taç bölgesinin üst kesimlerinden (T-11), yani heyelanlı sahanın dışından,
- taç bölgelerinden (T-9 ve T-10),
- topuk bölgesinden (T-1),
- arazi incelemelerinde hareketlerin en yoğun olarak gözlemlendiği bölgelerden (T-7 ve T-8),

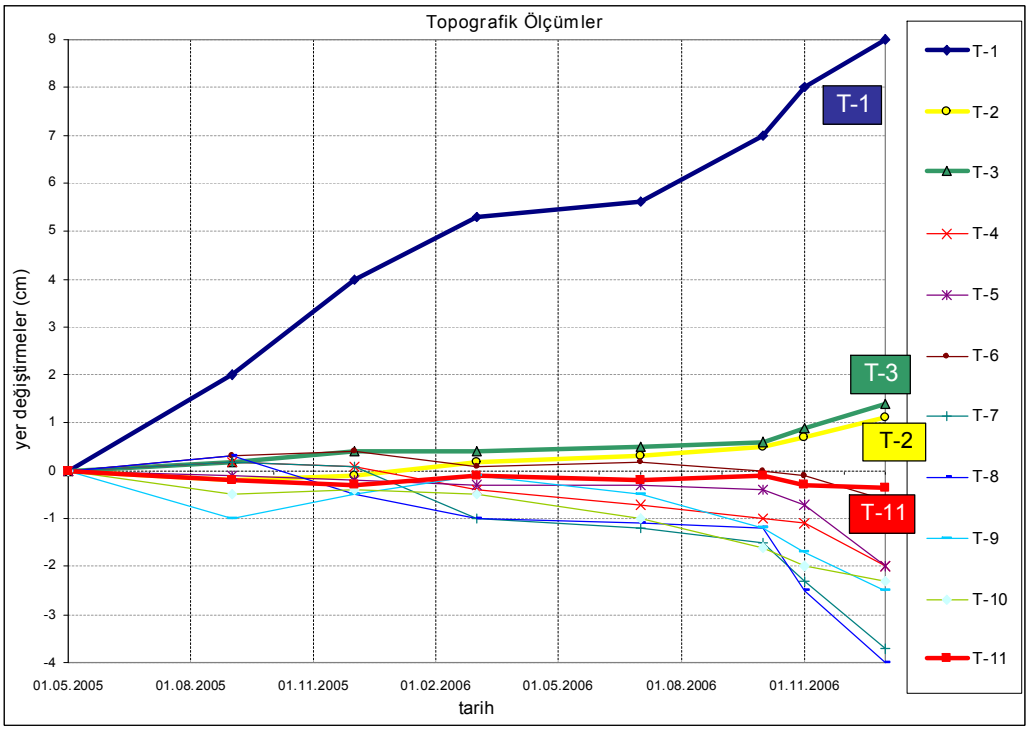
ve araziyi en iyi temsil edebilecek bölgelerden seçilmiştir.

Ölçümlerin sağlıklı olarak alınabilmesi için, Şekil 5.29'da görülen, kayma alanı dışından, yani hareket gözlenmeyen bölgedeki bir binanın damı, nirengi noktası olarak kabul edilmiştir.



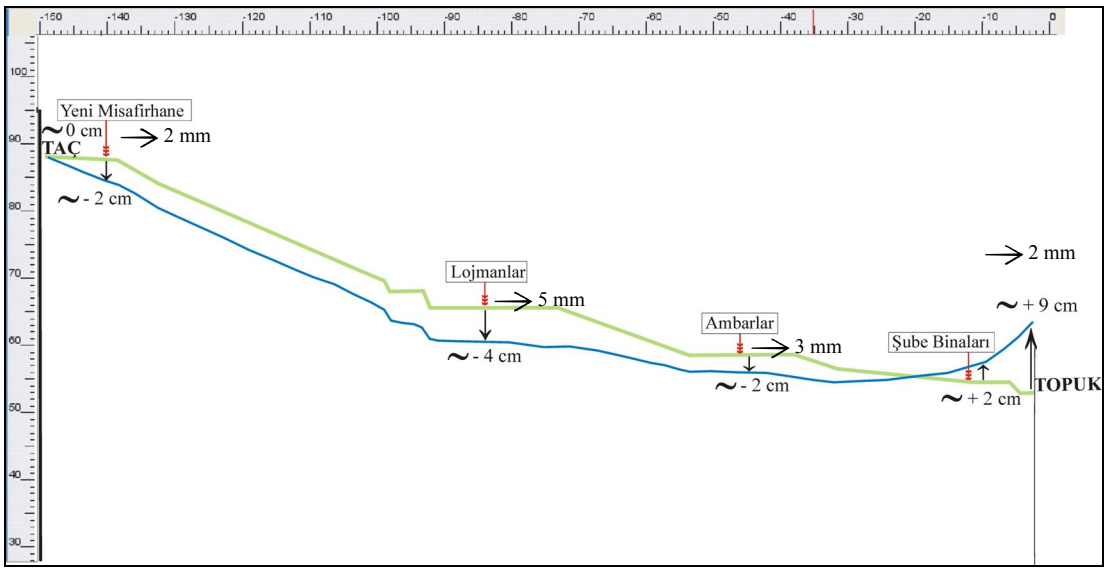
Şekil 5.29. Totalstation aletiyle yapılan topografik ölçümler

28.05.2005 / 18.10.2007 tarihleri arasında, 11 noktadan yapılan periyodik topografik ölçüm sonuç grafiği incelendiğinde (Şekil 5.30), topografyanın hemen hemen her kesiminde, yüzeysel hareketlerin tespit edildiği görülmektedir.



Şekil 5.30. Topografik ölçümlerle, çalışma sahasında tespit edilen yüzeysel değişimler

Şekil 5.31 incelendiğinde, topografik ölçümlerle arazi gözlemlerinin tam olarak uyum sağladığı sonucuna varılmıştır. Mevcut heyelanın topuk bölgesinin tam üzerinde olan T-1 ölçüm noktasında, kabarma hareketi şeklinde olmak üzere, sahanın en yoğun deformasyonları (≈ +9 cm) ölçülmüştür. Topuk bölgesine yakın olan T-2 ve T-3 ölçüm noktalarında da, kabarmalar şeklinde yüzeysel hareketler tespit edilmiştir (≈ +1-2 cm). Taç bölgesine yakın olan bölgelerden seçilen T-9 ve T-10 ölçüm noktalarında ise, düşük miktarlarda oturma hareketleri tespit edilmiştir (≈ -2 cm). Taç bölgesinin üst kesimlerinden, yani heyelanlı sahanın dışından seçilen T-11 ölçüm noktasında ise, belirgin bir hareket belirlenememiştir. Heyelanlı saha içerisinden belirlenen diğer ölçüm noktalarında da, oturma hareketleri tespit edilmiştir. Ancak, en yoğun oturma miktarları, arazi gözlemlerinde de deformasyonların en yoğun gözlendiği, lojmanlar bölgesindeki T-7 ve T-8 ölçüm noktalarında tespit edilmiştir (≈ -4 cm). Böylece, topografik ölçümlerle klasik bir dairesel kayma mekanizması ortaya konulmuş (taç bölgesinde oturma ve topuk bölgesinde kabarma hareketleri) ve heyelanlı sahanın topuk ve taç bölgesinin doğru olarak belirlendiği sonucuna varılmıştır (DIN-1054 2005).



Şekil 5.31. Topografik ölçümlerle tespit edilen hareket yönü ve yüzeysel değişimler

Çoğu araştırmacı ideal heyelan mekanizmalarında, öncelikle topuk bölgesinin hareket ettiğini ve en fazla deformasyonların topuk ve taç bölgelerinde gerçekleştiğini belirtmişlerdir (Kamai 1998). Bu çalışma kapsamında yapılan topografik ölçümlerle de, literatürde belirtildiği gibi, en fazla deformasyonların heyelan topografyasının topuk bölgesinde gerçekleştiği görülmüştür. Bunun, topuk bölgesindeki kireçtaşların bulunmasından ve deformasyona ugrayan tüm heyelan kesitinin gelerek topuk bölgesinde kireçtaşlarının önünde yığılarak kabarmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.1.8. Jeomekanik sınıflamalar

Gerek eski tarihli jeolojik raporlardan, gerekse jeolog pusulasıyla arazide yapılan ölçümlerden, genel topografya eğiminin 20°-80° kuzeydoğu yönünde olduğu, hakim eklem setlerinin ise 25°-27° eğiminde ve yine kuzeydoğu yönünde olduğu tespit edilmiştir (Bkz. Bölüm 2, EK-1).

5.1.9. Schmidt çekici deneyleri

Bu pratik deney cihazı kullanılarak, jeolojik birime ait sertlik bilgilerinin kolayca edinilmesi amaçlanmıştır. Schmidt çekici deneyleri, çalışma alanı dışındaki birim yüzeylerine, çalışma alanı içindeki birim yüzeylerine ve sondaj karotlarına uygulanmıştır. Ancak, birimdeki yüzeysel bozunmalar ve sondajlardan bozulmamış numune alınamaması nedeniyle (sondajların derin olması, ardalanmalı birimin bozulmamış numune alınmasına imkan vermemesi, sondaj suyunun basınçlı verilmesiyle zeminin iyice bozulması), Schmidt Çekici deneylerinden gerçekçi sonuçlar elde edilememiştir.

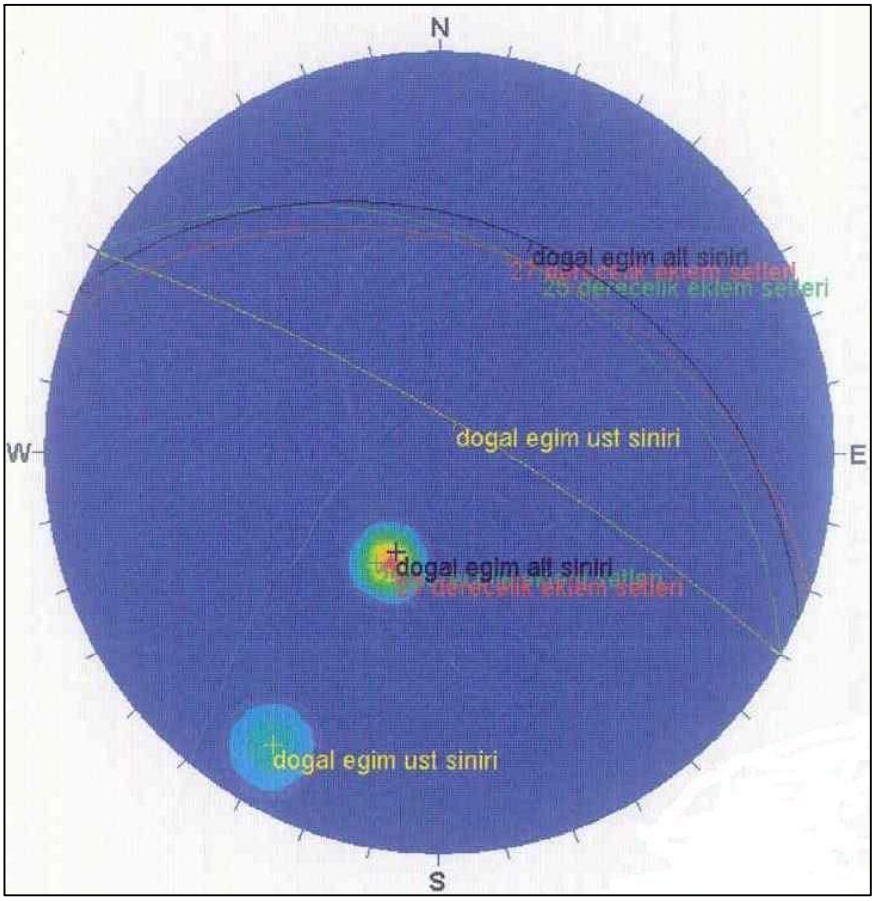
5.2. Bilgisayarda Modelleme Sonuçları

Bu bölümde, heyelanlı sahayla ilgili, bilgisayar ortamında yapılan kinematik analizi, şev duraylılık analizi ve gerilme-deformasyon analizi sonuçları sunulmuştur. Böylece, masraflı ve uzun süreli ölçümler yerine, sadece kaya numunesi ve kütlesi özelliklerini belirlemeye yetecek kadar arazi ve/veya laboratuvar deneyleriyle yetinerek, bilgisayar modellemeleriyle kayma dairesi derinlikleri, kayma mekanizmaları ve iyileştirme yöntemlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

5.2.1. Kinematik analizler

Öncelikle şev duraylılığı risk analizinin yapılabilmesi için, Dips 5 yazılımı kullanılarak yapılan kinematik analiz sonuçları sunulmuştur.

Gerek eski tarihli jeolojik raporlardan, gerekse arazide jeolog pusulasıyla yapılan ölçümler sonucu, genel topografya eğimi alt sınırı 20° (siyah eğri), genel topografya eğimi üst sınırı 80° (sarı eğri) kuzeydoğu yönünde olduğu, hakim eklem setlerinin ise 25° (yeşil eğri) - 27° (kırmızı eğri) eğiminde ve yine kuzeydoğu yönünde olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler, Dips 5 programına veri olarak girilmiş ve Şekil 5.32'de görülen stereonet çiziminden, mevcut eklem ve/veya tabakalanmaların etkileşimleri incelenmiştir.



Şekil 5.32. Dips 5 yazılımıyla belirlenen kinematik analiz sonuçları

Kinematik analiz sonuçlarına göre, çalışma alanında eklem setleriyle yüzey topografyası arasında, dairesel ve düzlemsel kayma riskleri belirlenmiştir. Ancak, jeolojik birimin aşırı derecede bozunmuş olması, su içeriğinin yüksek olması ve bu olumsuzluklar nedeniyle bozunmuş kayanın zemin gibi davranabilmesi nedeniyle, inceleme sahasında düzlemsel kaymadan ziyade, dairesel kaymaların oluşma ihtimalinin daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

5.2.2. Şev duraylılık analizleri

Gerek laboratuvar deneylerinden arzu edilen sonuçların alınamaması, gerekse arazi deneylerinin kaya kütlesi özelliklerini çok daha doğru yansıtması nedeniyle, bilgisayar analizlerinde kullanılacak olan zemin mekanik parametreleri, presiyometre deney sonuçlarından gidilerek kestirilmiştir.

Bölgede litolojik geçişlerin belirgin olarak görülmemesi, tabakaların bazen iç içe geçmiş olması, kumtaşı-kiltaşı-silttaşı ardalanmalarının çok ince tabakalar halinde olması ve litolojik geçişlerin sondaj karotlarından gözlenememesi nedeniyle, Çizelge 5.7'de sunulan kesit litolojisi de, presiyometre deney sonuçlarından elde edilen dayanım değerlerine göre sınıflandırılmıştır.

Sismik veriler, çalışma sahası jeolojik birimine uygun olarak, literatürden (Kramer 2003, Talren 4 2004) seçilmiştir.

Analizlerde Talren 4 yazılımına, çalışma sahası jeolojik birim özelliklerine bağlı olarak, limit-denge analiz yöntemlerinden Bishop (1955) ve Janbu (1956) Yöntemlerini seçmesi komut edilmiştir.

Daha sonra, şev güvenlik katsayısını arttırmak için, çalışma sahasının uygun görülen bölgelerine, forekazıklarla iyileştirme yöntemleri uygulanmış ve bu yöntemlerin güvenlik katsayılarını ne kadar arttırdığını irdelemek için analizler tekrarlanmıştır.

Kinematik analizin düzlemsel ve dairesel kayma risklerini ortaya koyması, şev duraylılık analizlerinin yapılmasını zorunlu kılmıştır. Kayma mekanizmasının tetikleyici unsurlarının daha iyi anlaşılabilmesi, yüzey yüklerinin duraylılığa olan etkisinin ortaya konulabilmesi ve en uygun iyileştirici yöntem önerilerinin seçilebilmesi amacıyla,

çalışma alanından topografik kesit alınarak, Talren 4 şev duraylılık analiz programıyla bilgisayar ortamında duraylılık analizleri yapılmıştır.

Şekil 5.33'de görülen kesitte,

- sarı renkli ve yüzeyde yataklanmış kısım "bozuk zon 1",
- mavi renkli olan kısım "sağlam zon 1",
- yeşil renkli olan kısım "bozuk zon 2",
- turuncu renkli ve en altta yataklanmış kısım da "sağlam zon 2",

olarak adlandırılmıştır. Bu litolojik sınıflandırma presiyometre deney sonuçlarından elde edilen dayanım değerlerine göre yapılmıştır. Laboratuvar deneylerinden istenen verim elde edilemediği için, analizlerde kullanılan diğer parametreler de, presiyometre deneylerinden elde edilen dayanım sonuçlarından yola çıkılarak, tecrübe ve kestirimle belirlenmiştir. Bilgisayar analizlerinde kullanılan program girdileri, aşağıdaki Çizelge 5.7'de topluca sunulmuştur.

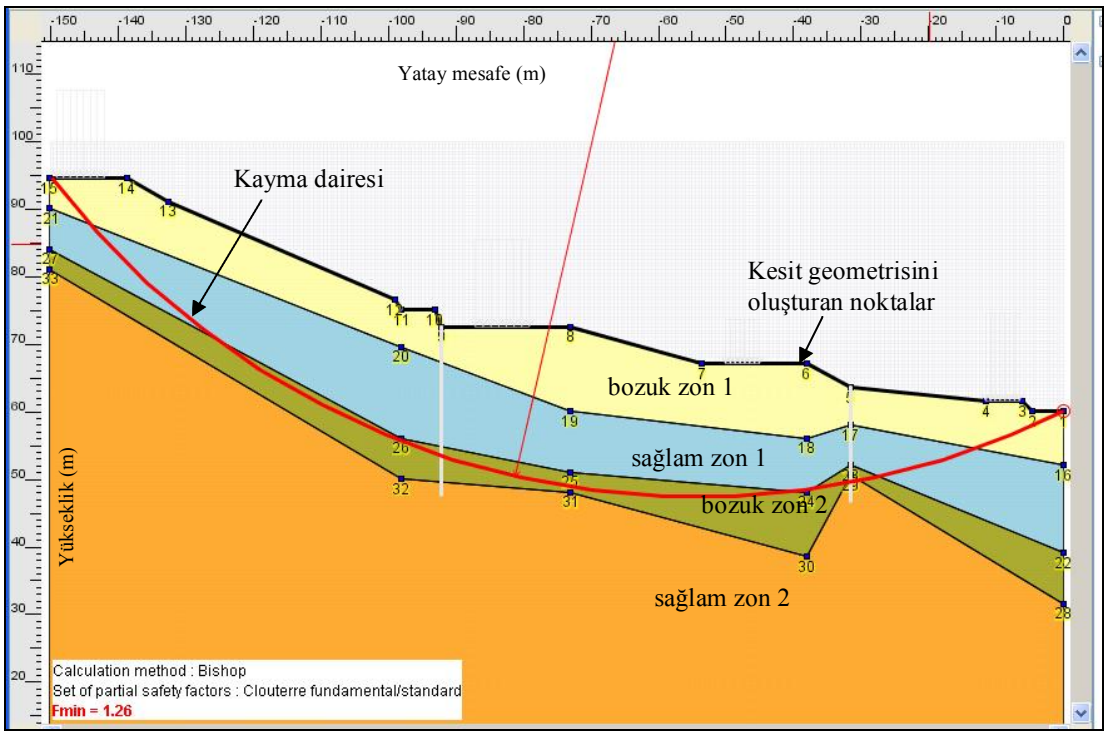
Çizelge 5.7. Bilgisayar analizlerinde kullanılan, zemine ait geoteknik parametreler

Parametreler	Bozuk zon1	Sağlam zon1	Bozuk zon2	Sağlam zon2
Elastisite Modülü E (MPa)	7	50	7,5	150
Birim Hacim Ağırlık γ (kN/m^3)	17,0	19,8	18,0	20,0
İçsel Sürtünme Açısı ϕ (°)	10	20	20	35
Kohezyon, c (MPa)	0,05	0,1	0,075	0,2
Poisson Oranı (ν)	0,25	0,2	0,25	0,2
Yatay Sismik Yer İvmesi (ah/g)	0,12			
Dikey Sismik Yer İvmesi (av/g)	0,06			

Şev duraylılık analizleri iki aşamada yapılmıştır.

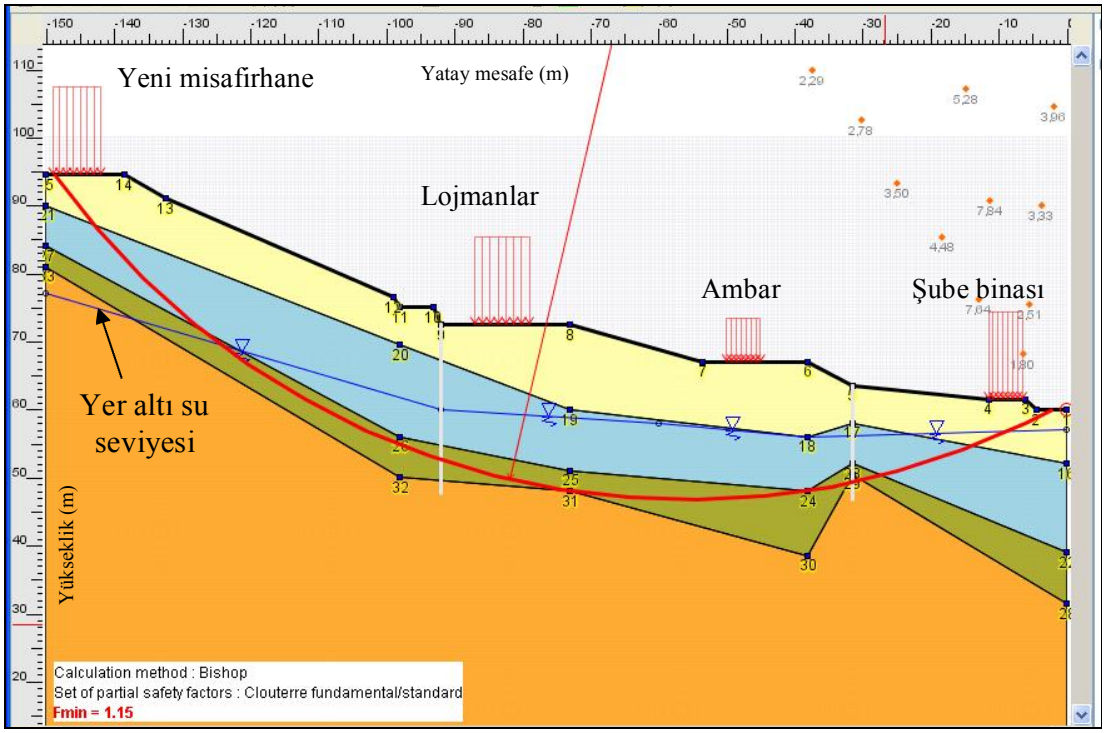
Birinci aşamada, Şekil 5.33'de görüldüğü gibi, yüzey yükleri (bina, vs) gibi statik yükler, YASS, trafik ve deprem etkisi gibi dinamik yükler göz ardı edilmiştir.

Analiz sonucunda, mevcut kesitin güvenlik katsayısı Fs = 1,26 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5.33. Statik ve dinamik yükler uygulamadan, kesitin şev duraylılık analizi

İkinci aşamada ise, tüm statik ve muhtemel dinamik yükler, Şekil 5.34'de görüldüğü gibi, analize katılmıştır. Bu şartlarda yapılan hesaplamalar sonucunda mevcut kesitin güvenlik katsayısı Fs = 1,15 olarak tespit edilmiştir.



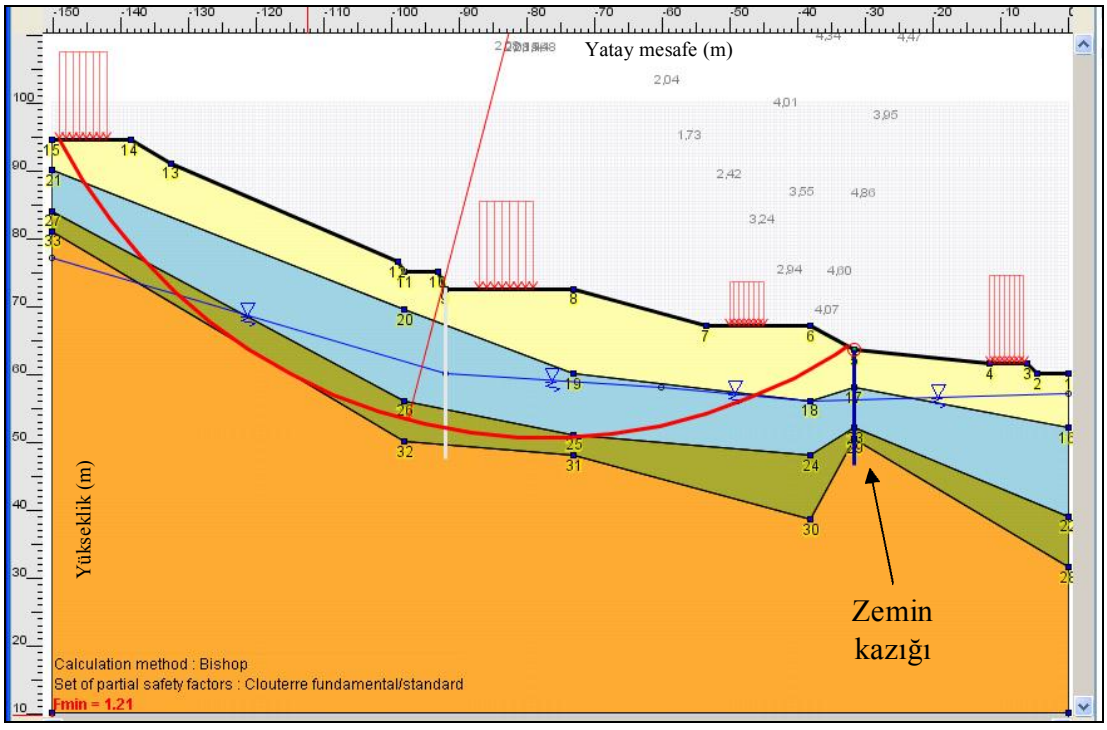
Şekil 5.34. Statik ve dinamik yükler uygulanarak, kesitin şev duraylılık analizi

Her iki analizde de, en kritik kayma dairesinin yeni yapılan misafirhane civarından başlayarak şube binaları civarında sonlandığı sonuçlardan görülmektedir.

Şev duraylılık analizleri değerlendirildiğinde, üst yapı yükleri olmasa bile, mevcut topografyanın limit-denge sınırına çok yakın olduğu (Fs=1,26) tespit edilmiştir. Üst yapı yüklerinin ilave edilmesiyle de, güvenlik katsayısının daha kritik aşamalara geldiği (Fs=1,15) tespit edilmiştir. Yapı yüklerinin daha da artması halinde, tüm topografyayı içine alan bir ani yenilmenin mümkün olabileceği görülmektedir (Talren 2004).

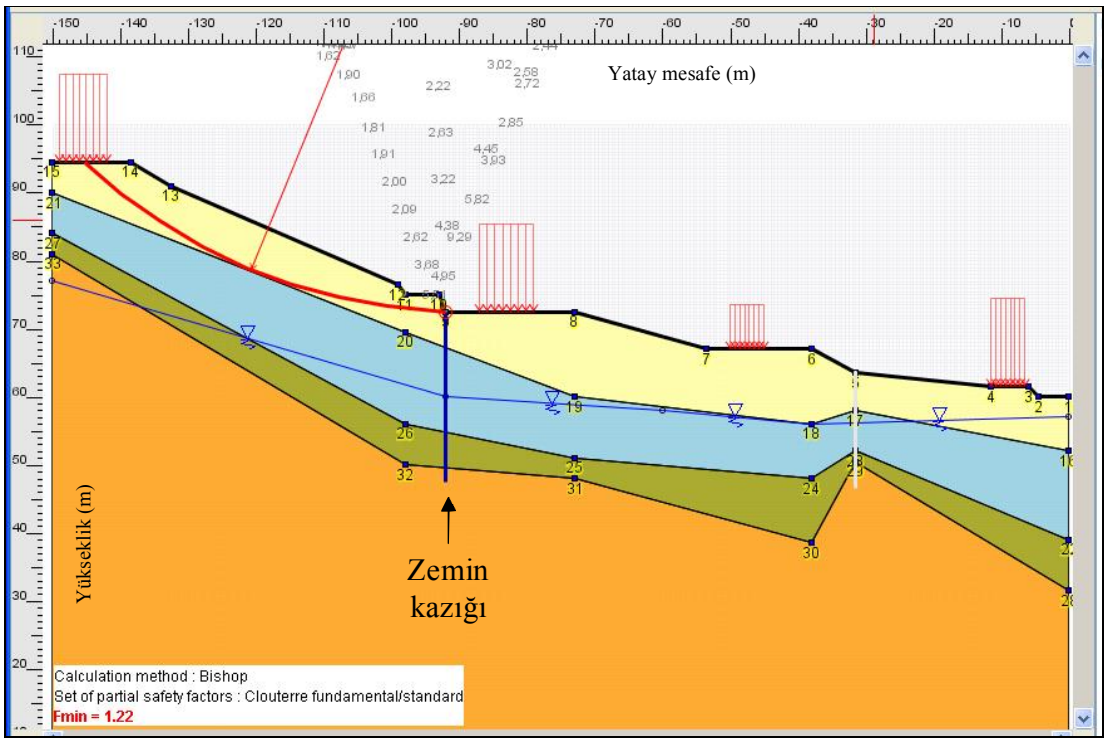
Üçüncü aşamada, bu şevin zemin kazıklarıyla iyileştirilebilmesi üzerine analizler yapılmıştır. Kesitin çeşitli bölgelerine, değişik aralıklarla, farklı çaplarda kazıklar çakıldığı varsayılmış ve en yüksek güvenlik katsayısına hangi kazık sistematiğiyle ulaşıldığı belirlenmeye çalışılmıştır.

Öncelikle Şekil 5.35'de görüldüğü gibi, kesitin alt bölgelerine kazık yapıldığı varsayılmıştır. Kazıkların zayıf zemin içerisinde tutunamayan, yük taşıyamayan yani kısaca yüzen kazık haline gelmemeleri için, kazık uçlarının sağlam bir zemine yani "sağlam zon 2" ye saplanması zorunludur (Birand 2001, Cheney 1998). Bu şartlarda, bu kesimde 15 m'lik kazık boyları yeterli gelmektedir. Deneme-yanılma yöntemiyle yapılan pek çok analiz sonucunda, alt kesimler için 0,8 m çapında ve 15 m boyundaki kazıkların, 5 m arayla çakılmasının, güvenlik katsayısı Fs'i 1,21'e yükselttiği ve en verimli sistematik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bundan daha sık, daha geniş çaplı ve daha uzun kazık çakmanın, güvenlik katsayısını arttırmadığı ve gereksiz yere kazık maliyetini arttırdığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.35. Alt seviyelere kazık uygulanarak, kesitin şev duraylılık analizi

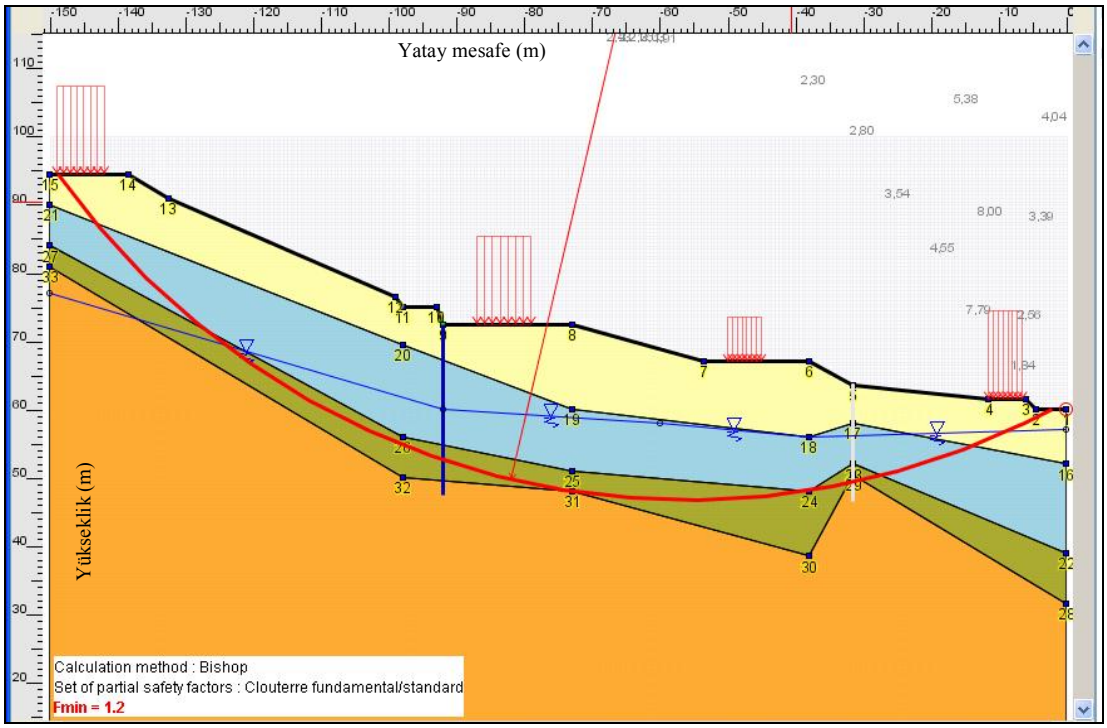
Daha sonra Şekil 5.36'da görüldüğü gibi, kesitin üst bölgelerine kazık yapıldığı varsayılmıştır. Kazık uçlarının sağlam bir zemine yani "sağlam zon 2" ye saplanması zorunludur. Bu şartlarda, bu kesimde 25 m'lik kazık boyları yeterli gelmektedir. Deneme-yanılma yöntemiyle yapılan pek çok analiz sonucunda, üst kesimler için 0,8 m çapında ve 25 m boyundaki kazıkların, 7 m arayla çakılmasının, güvenlik katsayısı Fs'i 1,22'ye yükselttiği ve en verimli sistematik olduğuna karar verilmiştir. Bundan daha sık, daha geniş çaplı ve daha uzun kazık çakmanın, güvenlik katsayısını arttırmadığı ve gereksiz yere kazık maliyetini arttırdığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.36. Üst seviyelere kazık uygulanarak, kesitin şev duraylılık analizi

Yukarıda önerilen kazık sistematiğinden daha seyrek, daha dar çaplı ve daha kısa kazık çakmanın, güvenlik katsayısını düşürdüğü tespit edilmiştir. Şekil 5.37'de

görüldüğü gibi, kayma dairesi kazığın içinden geçip gitmektedir. Yani, kazık sistemi gelen yüklere dayanamamakta ve alt kesimlerinden kırılmaktadır.



Şekil 5.37. Kazık sistematiğinin kesit için yetersiz kaldığı bir şev duraylılık analizi

Dördüncü aşamada ise, bina temel cinsi değiştirilerek şev duraylılık analizleri yapılmıştır. İlk analizde tekil temel, ikinci analizde de radye temel modellenmiştir. Ancak güvenlik katsayılarının temel türüne bağlı olarak değişmediği görülmüştür. Çamlıbel (2000), Paul ve Satish (1997) de, bina temel türlerinin şev güvenlik katsayısını fazla etkilemediğini, ancak temel pabuç derinliği artışının, şev güvenlik katsayısını az da olsa düşürdüğünü belirtilmiştir.

5.2.3. Gerilme-deformasyon analizleri

Analizlerde, geoteknik problemlerin analizinde sıkça kullanılan Modifiye Cam-Clay modeli (Mohr-Coulomb kriteri) kullanılmıştır.

Bölüm 5.2.2'de bahsedilen gerekçeler nedeniyle, gerilme-deformasyon analizlerinde kullanılacak olan zemin mekanik parametreleri ve kesitin litolojisi, presiyometre deney sonuçlarına göre belirlenmiştir.

Sismik veriler, çalışma sahası jeolojik birimine uygun olarak, literatürden (Kramer 2003, Talren 4 2004) seçilmiştir.

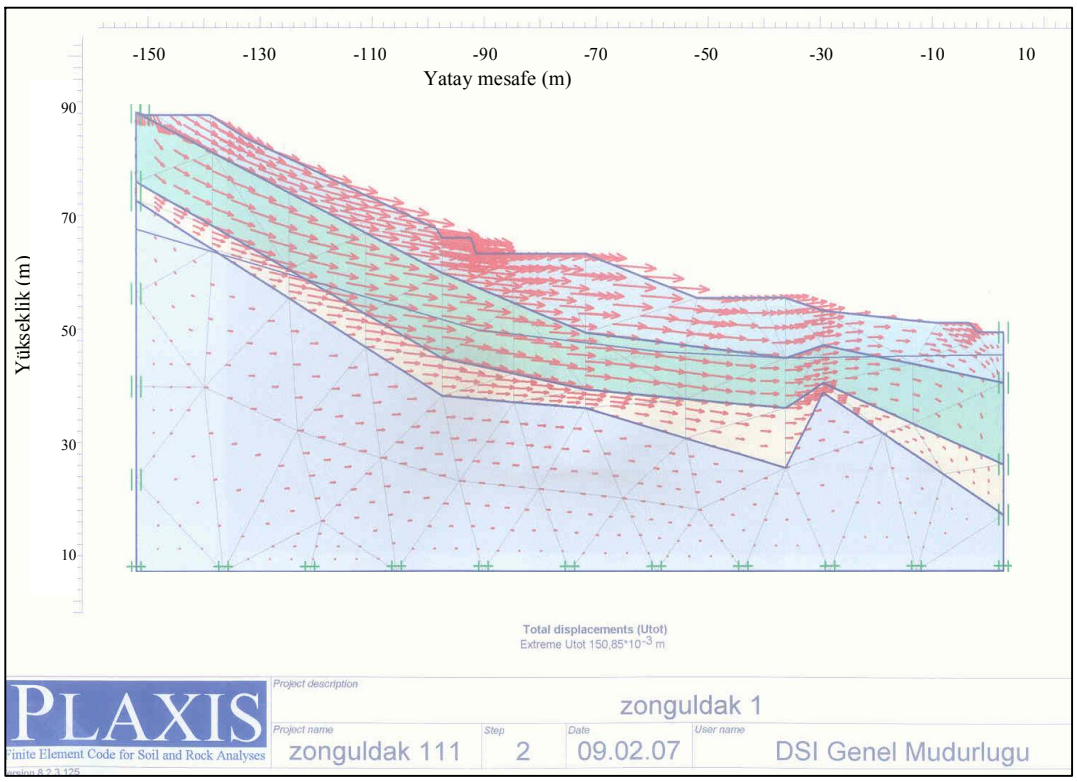
Analizlerde, şev duraylılık analizlerinde kullanılan topografik kesitin aynısı kullanılmıştır. Elde edilen gerilme-deformasyon sonuçları, topografik ölçümler ve arazi gözlemlerinden elde edilen izlenimlerle karşılaştırılmıştır.

Periyodik tarihlerde yapılan arazi gözlemleri ve topografik ölçümler esnasında, tüm yapılarda değişken miktarlarda deformasyonlar gözlenmiştir. Aynı arazide, aynı birimde ve çok benzeşen inşa yapılarında oluşan bu farklı deformasyonların ve buna neden olan hareket mekanizmasının daha iyi anlaşılabilmesi için, Plaxis V.8. 2D Sonlu Elemanlar programıyla, mevcut topografyanın bilgisayar ortamında gerilme-deformasyon analizleri yapılmış, deformasyonların en fazla hangi bölgelerde olduğu modellenmiştir.

Bir önceki şev duraylılık analizi bölümünde kullanılan zemin geoteknik parametrelerine (Bkz., Çizelge 5.7), topografik ve litolojik kesite aynen bağlı kalınmıştır.

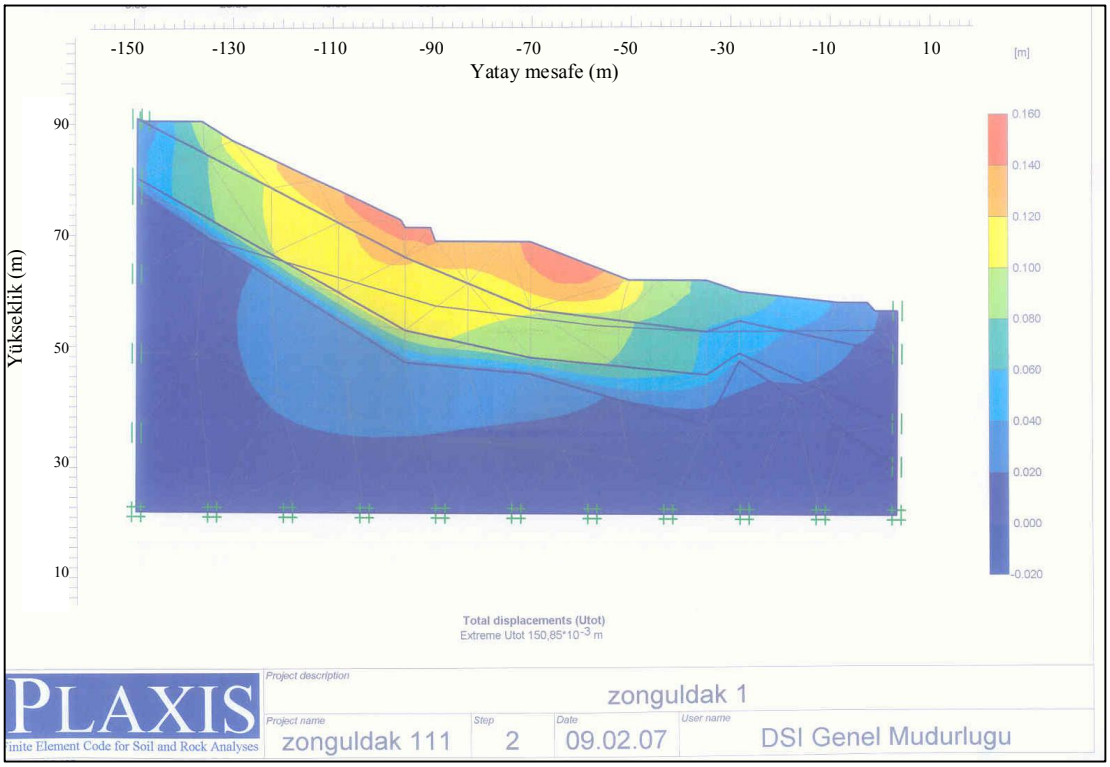
Gerilme-deformasyon analizleri de iki aşamada yapılmıştır.

Birinci aşamada, yüzey yükleri (bina, vs) gibi statik yükler göz ardı edilmiştir. Analiz sonucunda, Şekil 5.38'de vektörlerle temsil edildiği gibi, mevcut kesitte en yoğun hareketlerin "bozuk zon 1" bünyesinde geliştiği ve "sağlam zon 2'nin üst yüzeyine kadar kritik bölgenin devam ettiği tespit edilmiştir.



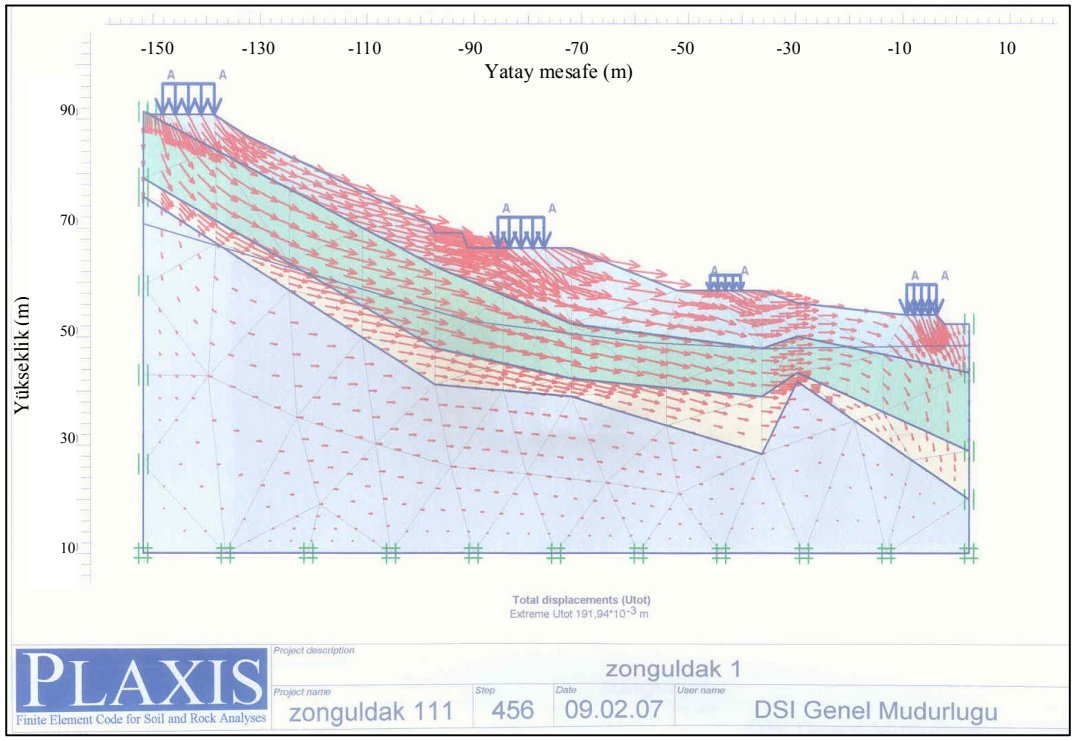
Şekil 5.38. Yükler uygulamadan, gerilme-deformasyon analizinin vektörel gösterimi

Deformasyon miktarlarının gösterildiği Şekil 5.39 incelendiğinde, en yoğun hareketlerin lojman binaları civarında ve 15 cm'yi bulan mertebede olduğu belirlenmiştir.



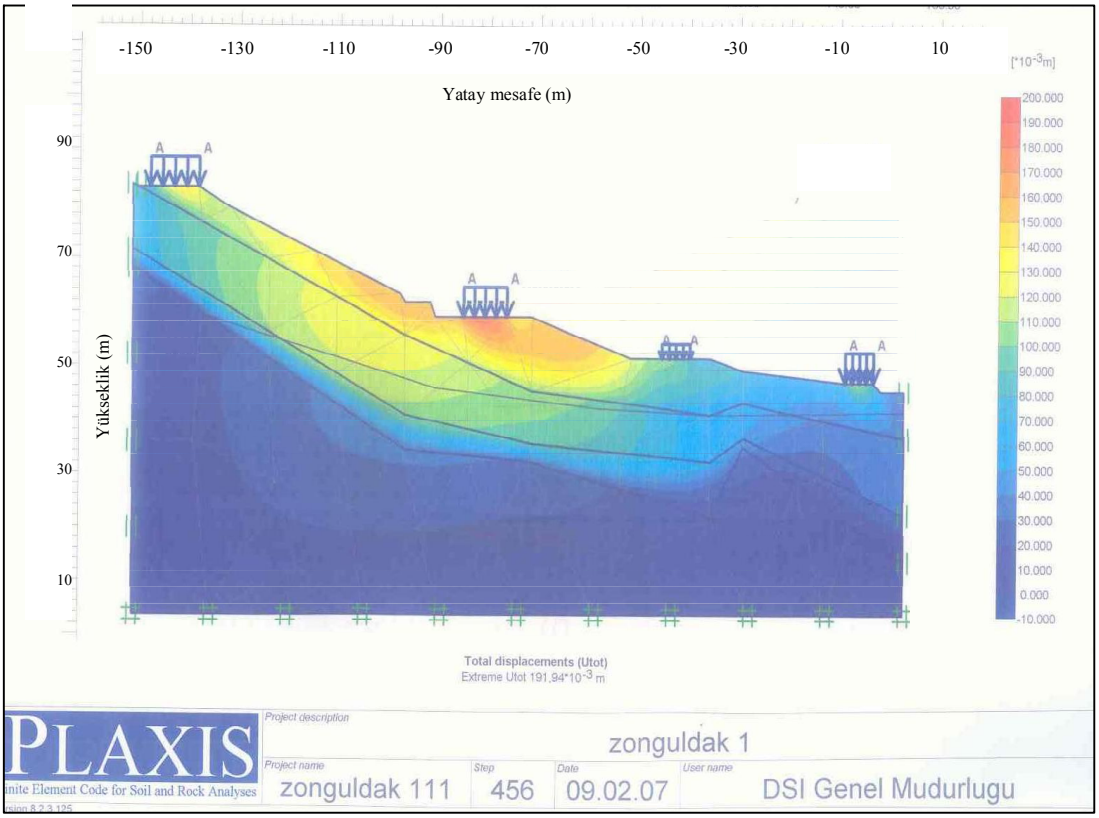
Şekil 5.39. Yükler uygulamadan, gerilme-deformasyon analizinin renkli gösterimi

İkinci aşamada ise, tüm yüzey yükleri analize katılmıştır. Analiz sonucunda, Şekil 5.40'da vektörlerle temsil edildiği gibi, mevcut kesitte en yoğun hareketlerin yine "bozuk zon 1" bünyesinde geliştiği ancak "sağlam zon 2" nin üst yüzeyine kadar kritik bölgenin devam ettiği tespit edilmiştir.



Şekil 5.40. Yükler uygulanarak, gerilme-deformasyon analizinin vektörel gösterimi

Şekil 5.41'de görüldüğü gibi, en yoğun hareketlerin lojman binaları civarında ve 19 cm'yi bulan mertebede olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.41. Yükler uygulanarak, gerilme-deformasyon analizinin renkli gösterimi

Heyelanın ve yüzeysel hareklerin yönünü gösteren gerilme-deformasyon analiz sonuçları, topografik ölçüm sonuçları ve arazi gözlemlerinden elde edilen sonuçların oldukça uyumlu oldukları görülmektedir. Her üç analiz yönteminde de, lojmanlar bölgesinde büyük deformasyonların olduğu görülmüştür. Bu üç analiz yönteminin sonuçları, yalnızca topuk bölgesinde çelişmiştir. Arazi gözlemlerinde ve topografik ölçümlerde, bu bölgede kabarma hareketleri tespit edilmişken, gerilme-deformasyon analizlerinde bu bölgede oturmalar olacağı sonucu ortaya çıkmıştır. Bu çelişkili sonuç yanlış analiz sonucunda degil, bilgisayar yazılımına girilen zorunlu sınır koşullarla ilgilidir. Yazılım, 0 m yatay mesafesinde arazinin sonlandığını varsaymakta, ve vektörleri zorunlu olarak arazi içerisine yönlendirme ihtiyacı hissetmektedir. Bu yanlış algılama günümüz bilgisayar yazılımlarının en büyük darboğazlarındandır.

Ayrıca, tüm yükler uygulanarak yapılan gerilme-deformasyon analizinin vektörel gösterimi olan Şekil 5.40 ile, Hat-2'de yapılan jeofizik tomografi ölçüm sonuçlarını gösteren Şekil 5.27 karşılaştırıldıklarında, her iki yöntem sonuçları arasında ilişki tespit edilmiştir. Şekil 5.27'de mavi renkle temsil edilen düşük rezistiviteli bölgeler ile, Şekil 5.40'da kırmızı renkli vektörlerle temsil edilen gerilmenin yoğunlaştığı bölgelerin çakıştığı görülmüştür. Bu sonuç, düşük özdirence sahip bölgelerin, yapılardan gelen gerilmeler nedeniyle gevşemiş ve/veya yapılardan gelen su sızıntıları nedeniyle doygunlaşmış bölgeler olduğu sonucuna varılmıştır.

5.3. Laboratuvar Çalışma Sonuçları

Açılan 6 adet temel sondaj kuyusunun ve 2 adet inklinometre kuyusunun değişik derinliklerinden, toplam 22 adet torba karot numune alınmış, "TS EN ISO 9001: 2000 Kalite yönetim sistemleri–Şartlar" standardını uygulayan, DSİ Genel Müdürlüğü TAKK Dairesi Başkanlığı Laboratuvarlarında; deneyler yaptırılmıştır.

Karadon Biriminde (kumtaşı-kiltaşı-silttaşı ardalanması) 8 adet temel sondaj kuyusunun değişik seviyelerinden alınmış karot numunelerden, deney yapmaya uygun olanlar üzerinde deneyler yaptırılmıştır. Ayrıca, kayan kütlenin alt kotlarında, yani denize yakın bölümlerde yer alan ve jeolojik yaş olarak daha genç olan kireçtaşlarından blok numune alınarak laboratuvara gönderilmiş ve bloklardan alınan karot numuneler üzerinde deneyler yaptırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, Çizelge 5.8'de sunulan değerler elde edilmiştir.

Çizelge 5.8. Laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler

Numuneler Üzerinde Uygulanan Laboratuvar Deneyleri	Karadon Birimi Verileri	Kireçtaşı Birimi Verileri
Kohezyon (c) MPa	0,64-1,89	2,36
İçsel sürtünme açısı (ϕ)	$11,3^o$ -$16,7^o$	45^o
Kuru tabii birim ağırlığı (W) kN/m^3	16,2-26,3	26,6
Doygun tabii birim ağırlığı (W_d) kN/m^3	16,5-26,5	26,7
Tek eksenli basınç dayanımı (UCS) MPa	1,0-3,0	78,5-98,5
Elastisite modül (E) MPa	160-5.740	32.640-41.420
Poisson oranı (ν)	0,128-0,419	0,28-0,32
Suya dayanıklılık indeksi	Çok düşük	Çok yüksek

Sunulan deney sonuçları incelendiğinde, Karadon Biriminde açılmış 6 adet temel sondajından alınmış numunelerden elde edilen verilerinin gerçek değerleri yansıtmadığı, heyelan hareketi nedeniyle aşırı derecede bozunmuş olan birime ait veriler olduğu anlaşılmaktadır. Bazı verilerin ise, sondajlar esnasında karotiyer içinde sıkışan ve aşırı derecede örselenen numuneden geriye kalan kayaç blokları üzerinde yapılan deneylerden elde edildiği anlaşılmaktadır. Sondajların derin olması, zeminin sondaj itkisi, sondaj suyu, vs. etkileriyle hemen bozulması ve bu tip ardalanmalı zeminlerin bozulmamış numune almaya imkan tanımaması gibi nedenlerle, numunelerin büyük kısmının deneyler için uygun olmadığı görülmüştür.

BÖLÜM 6
ARAZİ ÇALIŞMALARI VE BİLGİSAYAR ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, tez kapsamında kullanılan tüm yöntemler ve sonuçları, heyelan etütleri açısından birbirileriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar arasındaki benzerliklerin ve farklılıkların daha iyi görülebilmesi için, tüm yöntemlerden elde edilen muhtemel kayma daireleri, Şekil 6.1'de görüldüğü gibi tek bir kesit grafik üzerinde gösterilmiştir. Çalışma sahası hakim jeolojik biriminin (Karadon Birimi) ileri derece bozunmaya uğraması nedeniyle, incelemelerde zemin mekaniği deneyleri ve prensipleri kullanılmıştır.

Sahada açılan 2 adet inklinometre ölçüm kuyusundan okunan değerlerle hazırlanan inklinometre ölçüm grafiklerindeki kırılma noktalarının kesiştirilmesiyle, Şekil 6.1'de yeşil renkle temsil edilmiş iki adet kayma dairesinin tespit edildiği görülmektedir.

6 adet sondaj kuyusunda yapılan presiyometre ölçümlerinden hazırlanan presiyometre loglarındaki zayıf zonların kesiştirilmesiyle, Şekil 6.1'de kırmızı renkle temsil edilmiş iki adet zayıflık düzleminin tespit edildiği ve inklinometre ölçümleriyle tespit edilen kayma dairelerine çok yakın, hatta hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre, zemin etütleri yapmak için geliştirilen ve daha önce heyelan etütlerinde kullanılmayan presiyometre aletinin, heyelan analizlerinde kayma dairesi tespitinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

5 adet sondaj kuyusunda yapılan Standart Penetrasyon Test (SPT) ölçümlerinden hazırlanan SPT loglarındaki zayıf zonların kesiştirilmesi çalışmalarında, SPT deney loglarında bariz veya anlamlı bir zayıflık düzlemi tespit edilememiştir. Genel uygulamada, SPT deney yöntemi doğası gereği çakıllı ve bloklu birimlerde hatalı sonuçlar verebilen bir yöntem olarak kabul görmektedir. Bu çalışmada da, etüt alanı

biriminin, bloklu çakıllı bir yapıda olmasından dolayı, SPT deney yönteminin şev analizlerinde yanıltıcı olabileceği sonucu çıkmıştır.

2 adet jeofizik tomografi ölçüm hattından alınan sonuçlarla hazırlanan jeofizik tomografi grafikleri incelendiğinde, Şekil 6.1'de mavi renkli, kesik çizgiyle temsil edilmiş, muhtemel bir kayma dairesinin tespit edildiği ve inklinometre ölçümleriyle tespit edilen kayma dairelerinden birine çok yakın olduğu hatta bazı kesimlerde kesiştiği görülmektedir. Bu sonuçlara göre, ülkemizde daha önce hiç denenmemiş, esas kullanım amacı yer altı sularını tespit etmek olan jeofizik tomografi ölçüm yönteminin, heyelan etütlerinde, kayma dairelerinin tespitine yönelik olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yüzeysel ölçümlerle kayma mekanizmasını tespit etmek amacıyla, çalışma sahasının taç, topuk ve gövde kısmından seçilen, 11 noktadan yapılan periyodik topografik ölçüm grafiği incelendiğinde, topografyanın hemen hemen her kesiminde yüzeysel hareketler tespit edilmiştir. Bu yüzeysel hareketlerin yönü ve klasik bir dairesel kayma hareketinin mekanizması ortaya konulmuş (taç bölgesinde oturma ve topuk bölgesinde kabarma hareketleri) ve heyelanlı sahanın topuk ve taç bölgesinin doğru olarak belirlendiği sonucuna varılmıştır.

Arazi ölçüm sonuçlarını değerlendirdikten sonra, bilgisayar ortamında kinematik ve sayısal analizler yapılmış, analiz sonuçları aynı kesit üzerinde arazi ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Kinematik analizler kapsamında Dips 5 yazılımıyla elde edilen stereonet çiziminde, mevcut eklem ve/veya tabakalanmaların birbirine ve yüzey topografyasına yaklaşık paralel doğrultuda olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar yorumlandığında, mevcut koşullarda dairesel ve düzlemsel kaymaların gerçekleşebileceği anlaşılmaktadır. Ancak, gözlemler ve analizler sonucunda, düzlemsel kayma belirtilerine rastlanılmamış, yalnızca dairesel kayma mekanizması belirtileri tespit edilmiştir. Buna, çalışma sahası

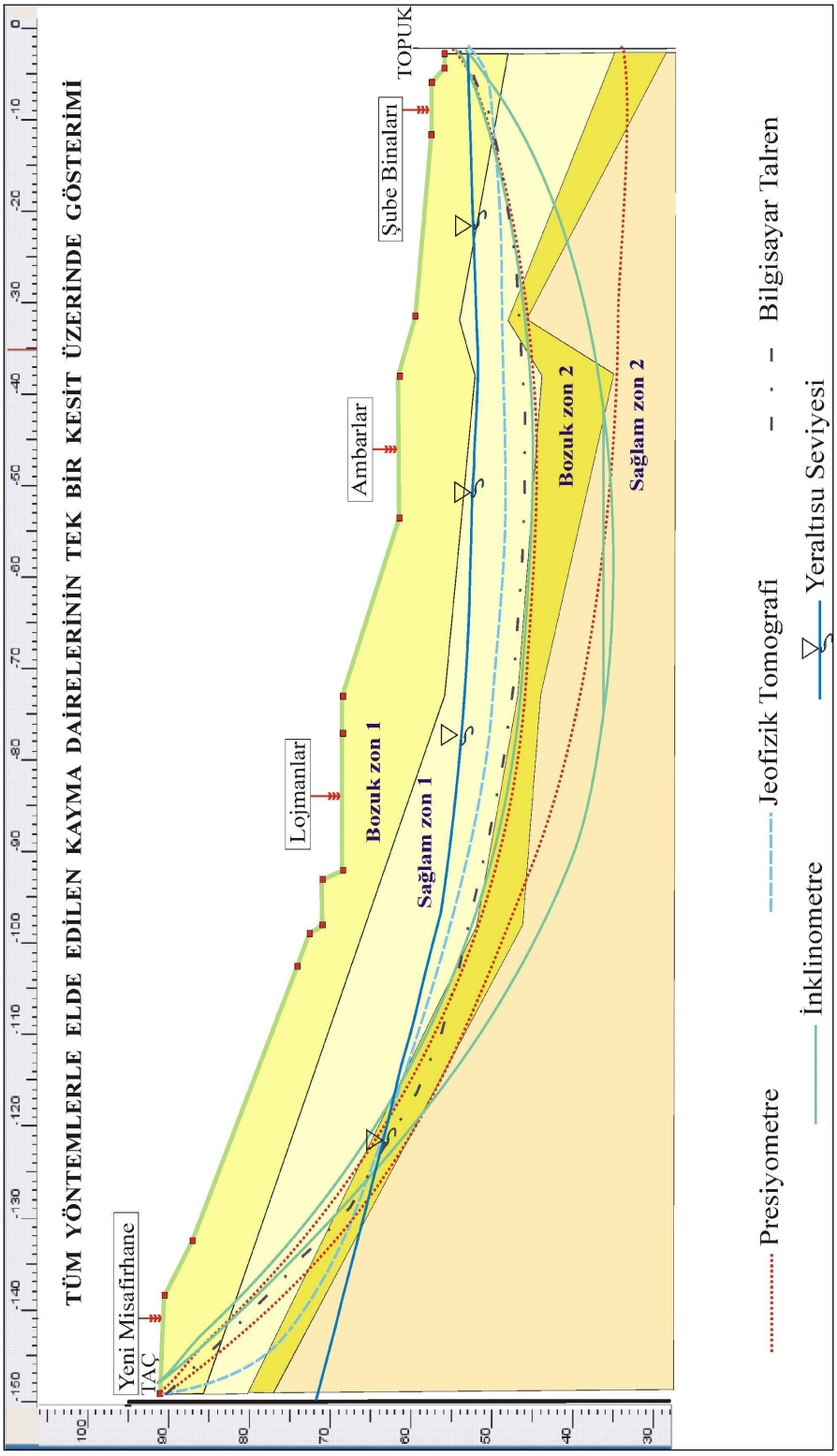
jeolojik biriminin ileri derecede bozunmasının ve örselenmiş kayacın zemin gibi davranmasının neden olduğu düşünülmektedir.

Kinematik analiz sonrasında, kayma riskinin belirlenmesiyle, bilgisayar ortamında Talren 4 yazılımıyla şev duraylılık analizlerinin yapılması zorunlu hale gelmiştir. Analizlerde girdi olarak kullanılan birime ait mekanik parametreler, presiyometre deney sonuçlarından elde edilen dayanım değerlerinden gidilerek kestirilmiştir (Bkz. Çizelge 5.6). Talren 4 şev duraylılık analiz yazılımıyla, dinamik ve statik yüklerin etken olduğu durum için yapılan analiz grafikleri incelendiğinde, statik ve dinamik yüklerin dahil edildiği, Şekil 6.1'de siyah renkli, kesik çizgiyle temsil edilen ve güvenlik katsayısı (F) 1,15 olan muhtemel kayma dairesinin, inklinometre ölçümleriyle tespit edilen kayma dairelerine çok yakın olduğu görülmektedir. Böylece, Çizelge 5.6'da sunulan analiz girdilerinin, doğru kestirimlerle belirlendiği sonucuna ulaşılmıştır.

Plaxis V.8. 2D Sonlu Elemanlar yazılımıyla gerilme-deformasyon analizi yapılmış ve analiz sonuçları, topografik ölçümlerle, jeofizik tomografi ölçümleriyle ve arazi gözlem sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda, bilgisayar analizleriyle tespit edilen deformasyonların yoğunlaştığı bölgelerle, jeofizik tomografi ölçümleriyle belirlenen düşük özdirenç değerlerine sahip bölgeler, topografik ölçümlerle ve arazide gözlemlenen en yoğun deformasyon bölgelerinin tamamen uyumlu olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, çalışmalar kapsamında yerinde (in-situ) yapılan inklinometre, presiyometre, jeofizik tomografi, topografik ölçümleri ve arazi gözlemleri ile, büro ortamında bilgisayarla yapılan şev duraylılık (Talren 4 yazılımı) ve gerilme-deformasyon (Plaxis V.8. 2D yazılımı) analiz sonuçları topluca değerlendirildiğinde, birbirini destekleyen uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Heyelanlı birimin bozunmasına ve bloklu-çakıllı bir yapıda olmasına bağlı olarak, SPT, Schmidt çekici deneyleri, bozulmamış numune alımı ve laboratuvar çalışmalarından beklenen olumlu sonuçlar alınamamıştır.

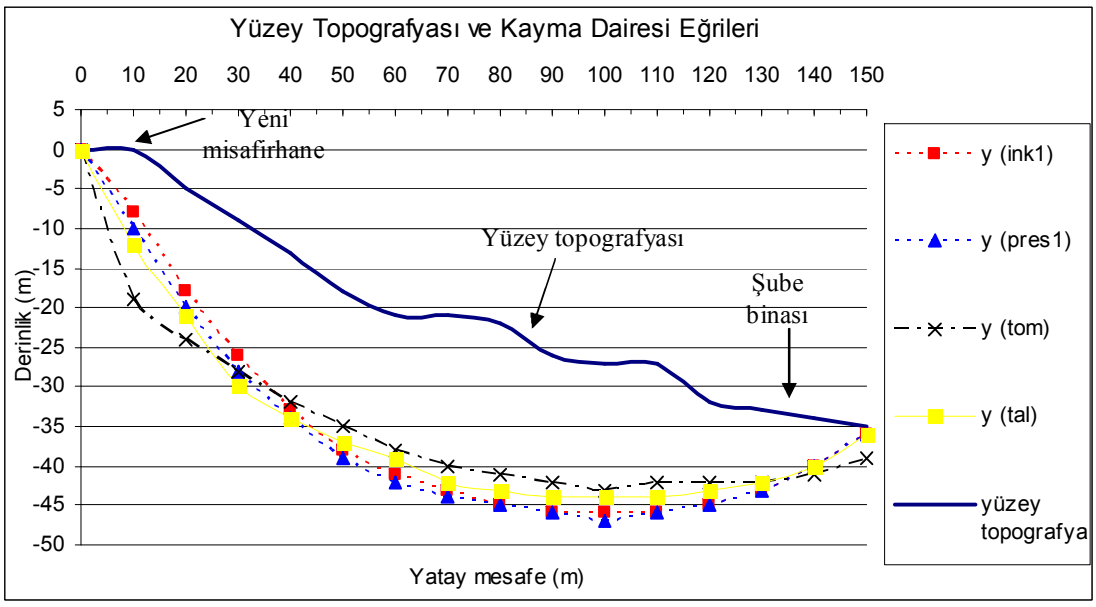


Şekil 6.1. Tüm yöntemlerden elde edilen kayma dairelerinin, tek kesitte gösterimi

Şekil 6.1'deki eğriler incelendiğinde, inklinometre (y_{ink}), presiyometre (y_{pres}), tomografi (y_{tom}) ve Talren (y_{tal}) yöntemleriyle elde edilen eğrilerin, birbirilerine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

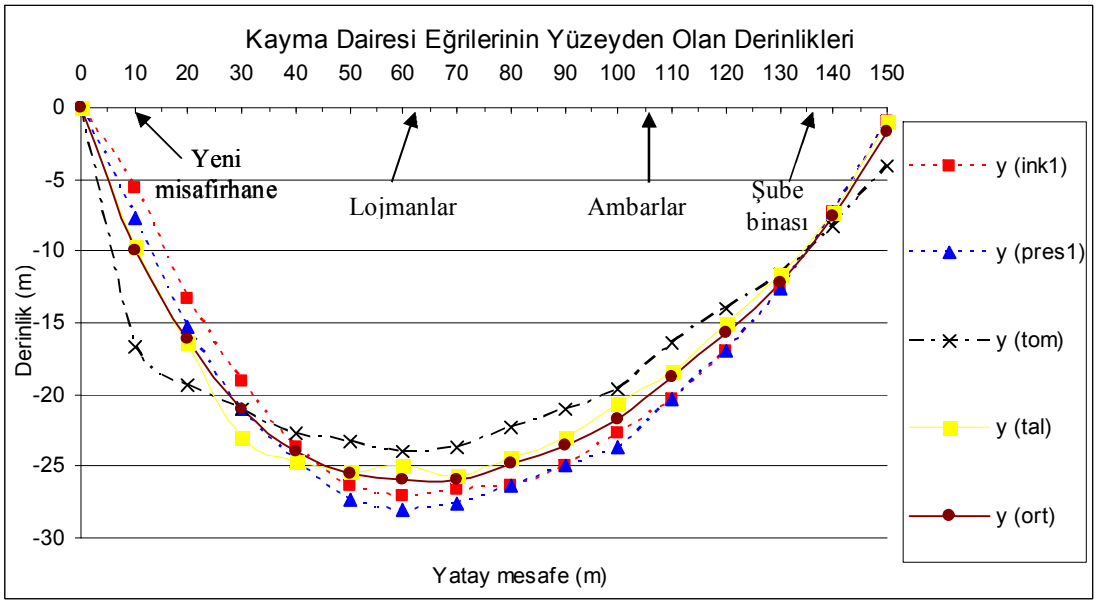
Bu eğrilere ait fonksiyonların elde edilebilmesi amacıyla, Şekil 6.2'de görüldüğü gibi, veriler Excel ortamına taşınmıştır.

Şekil 6.2'de, heyelan taç bölgesi yüksekliği 0 m olarak kabul edilmiştir.



Şekil 6.2. İnklinometre, presiyometre, tomografi ve Talren 4 yöntemleriyle elde edilmiş kayma dairesi eğrileri

Şekil 6.2'de sunulan grafikteki topografya ekseni, X eksenine paralel kabul edilerek, dört farklı kayma eğrisinin yüzey topografyasından olan derinlikleri göz önüne alınmış ve Şekil 6.3'de görüldüğü gibi, 4 eğriyi temsil edebilecek tek bir eğri (y_{ort}) ve fonksiyon şeklinde ifade edilmiştir.



Şekil 6.3. İnklinometre, presiyometre, tomografi ve Talren 4 eğrilerini temsil edebilecek, ortalama kayma dairesi eğrisi

x heyelanın kesit uzunluğu (m), y kayma dairesinin x metresinde derinliği (m) olduğu düşünülürse, 4 adet eğri fonksiyonunun ortalaması sayılabilecek y_{ort} fonksiyonu;

$$y_{(ort)} = 0{,}0043.x^2 - 0{,}8544.x - 3{,}867 \qquad 6.1.$$

olarak ifade edilebilir.

Böylece, Zonguldak İli, Kozlu İlçesi hakim jeolojik birimi olan Karadon Birimine (kumtaşı-kiltaşı-silttaşı-konglomera ardalanması) ve bu kesit özelliklerine benzer koşullardaki heyelan hareketlerinde (heyelanın uzunluğu ~150 m, taç ile topuk arasındaki kot farkı ~40-50 m), kayma mekanizmaları hakkında fikir edinilebilmesi amacıyla, yukarıda verilen Eşitlik 6.1'in kullanılabileceği öngörülmektedir.

BÖLÜM 7
SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Heyelan analizlerinde çoğunlukla kullanılan inklinometre ölçümlerinin, yüksek maliyet, deneyim ve zaman gerektirmesi, heyelanların daha pratik yöntemlerle tespit edilebilirliği fikrini ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışmada yapılan araştırmalar ve bu araştırmaların temel hedefleri,

- inceleme sahasında bulunan binalardaki deformasyonların taşıma gücü-oturma miktarı probleminden mi, yoksa heyelandan mı kaynaklandığını bulmak,
- deformasyonların kaynağı heyelan ise, bu heyelanın kayma mekanizmasını, kayma yüzeyinin derinliğini ve kayma yönünü inklinometre ölçümleriyle mümkün olan en doğru biçimde bulmak,
- başka amaçlar için geliştirilmiş çeşitli geoteknik yöntemlerle de heyelan analizi yapmak ve sonuçlarını referans kabul edilen inklinometre ölçümleriyle karşılaştırarak, heyelan etütlerinde daha önce denenmemiş pratik yöntemlerin heyelan analizlerinde kullanılabilirliğini araştırmaktır.

İnceleme sahası olarak, 2. derece deprem bölgesinde olup, Zonguldak İli, Kozlu İlçesi, İncivez Mahallesi, 1 Pafta, 32 Ada, 48 Parsel sınırları içerisinde yer alan heyelanlı bölge seçilmiştir. Bu bölge, sarımsı kahve renkli, konglomera, kumtaşı, silttaşı ve kiltaşı ardalanmalarından oluşan Karadon Birimi içerisinde yer almakta olup, özellikle yüzeysel olarak oldukça bozunmuştur. Genel topografya eğiminin 20°-80° ve Kuzeydoğu yönünde, hakim eklem setleri eğiminin 25°-27° ve yine Kuzeydoğu yönünde olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmalar kapsamında öncelikle detaylı arazi gözlemleri yapılmış, 6 adet temel sondaj kuyusu açılmış, bu kuyularda taşıma gücü ve oturma miktarı analizlerinde

kullanılan presiyometre deneyleri, SPT deneyleri ve YASS ölçümleri yapılmış, bu kuyulardan alınan numuneler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Ayrıca, 2 adet kuyuda inklinometre ölçümleri, yer altı suyu ve cevher yatakları aramalarında kullanılan tomografi yöntemiyle 2 Hat üzerinde jeofizik ölçümleri, sahanın belirlenen 11 noktasından da periyodik topografik ölçümler alınmıştır. Büro çalışmaları kapsamında da, bilgisayarda sayısal analizler yapılmıştır. Bu araştırmalar ve karşılaştırmalar neticesinde, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

SONUÇLAR

1- 6 adet kuyuda yapılan presiyometre ve SPT deneyleriyle hesaplanan taşıma gücü ve oturma miktarı sonuçları incelendiğinde, güvenlik katsayısının 3 alınması ve YAS seviyesinin en yüksek olması halinde bile, heyelan hareketiyle örselenmiş olan çalışma sahasının emniyetli taşıma gücü değerleri yeterli bulunmuştur. Böylece, inceleme sahasındaki yapılarda meydana gelen deformasyonların zemin taşıma gücünden ve/veya oturma potansiyelinden kaynaklanmadığı, bu deformasyonların heyelan hareketinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

2- 2 adet kuyuya yapılan inklinometre ölçümlerinde, ambar önü kuyusunda 15. metrede, yeni misafirhane önü kuyusunda 5. metrede hareketler tespit edilmiştir. Taç bölgesine yakın olan yeni misafirhane önü kuyusunda geriye doğru bir devrilme (tilt) hareketinin belirlenmesi ve ambar önü kuyusunda da öne doğru hareketinin belirlenmesi, ideal bir dairesel bir kayma hareketinin varlığına işaret etmektedir. İnklinometre ölçümleri sonucunda, 2 kayma dairesi tespit edilmiştir.

3- Presiyometre ve jeofizik tomografi yöntemleriyle elde edilen zayıflık düzlemlerinin, inklinometre ölçümleriyle tespit edilen kayma dairelerine çok yakın hatta yaklaşık aynı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre, daha önce heyelan etütlerinde kullanılmayan presiyometre ve jeofizik tomografi aletlerinin, kayma dairesi tespitinde kullanılabilecekleri sonucuna varılmıştır.

4- Standart Penetrasyon Test (SPT) sonuçlarıyla, bariz bir zayıflık zonu ve anlamlı bir kayma düzlemi tespit edilememiştir. Böylece, SPT deneylerinin, bu birimlere benzer (Karadon Birimi) ortamlarda heyelan etütlerinde uygulanmasının da doğru sonuç vermeyeceği sonucuna varılmıştır.

5- Çalışma alanında belirlenen 11 noktadan, periyodik olarak yapılan topografik ölçümlerle, yüzeysel hareketlerin olduğu tespit edilmiş, bu yüzeysel hareketlerin yönü ve heyelanın mekanizması (taç bölgesinde oturma ve topuk bölgesinde kabarma hareketleri) ortaya konulmuş ve heyelanlı sahanın topuk ve taç bölgesinin doğru olarak belirlendiği sonucuna varılmıştır.

6- Dips 5 bilgisayar yazılımıyla yapılan kinematik analizler sonrasında, dairesel ve düzlemsel kaymaların gerçekleşebileceği sonucu ortaya çıkmıştır. Ancak, çalışma sahası jeolojik biriminin ileri derecede bozunmasına ve örselenmiş kayacın zemin gibi davranmasına bağlı olarak, gerek gözlemler gerekse analizler sonucunda düzlemsel kayma belirtilerine rastlanılmamış, yalnızca dairesel kayma mekanizması belirtileri tespit edilmiştir.

7- Kinematik analizlerle kayma riskinin belirlenmesiyle, Talren 4 bilgisayar yazılımıyla yapılan şev duraylılık analiz sonuçlarına göre, üst yapı yükleri ve deprem gibi dinamik yüklerin göz önüne alınmasıyla yapılan modellemede, güvenlik katsayısı (Fs) 1,15 olan ve inklinometre ölçümleriyle tespit edilen kayma dairesine çok yakın, hatta yaklaşık aynı olan bir kayma dairesi elde edilmiştir.

8- Plaxis v8 bilgisayar yazılımıyla yapılan gerilme-deformasyon analiz sonuçlarına göre, en büyük gerilmeye maruz kalan bölgenin lojmanlar ve topuk bölgesinde gerçekleştiği görülmüştür. Bu sonuçlar topografik ölçüm sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

9- Sonuç olarak, arazide yerinde (in-situ) yapılan inklinometre, presiyometre, jeofizik tomografi, topografya ölçümleri, arazi gözlemleri ve bilgisayarla yapılan sayısal analizler topluca değerlendirildiğinde, birbirini destekleyen uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Heyelan geçirerek bozunmaya uğramış ve çakıl blokları içeren jeolojik birimlerde, SPT ve Schmidt çekici deneylerinden yararlanılamayacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, bu tip birimlerde açılan sondajlardan bozulmamış numune alınmasında ve laboratuvar deney standartlarına uygun numune hazırlamada zorluklarla karşılaşılabilecektir.

ÖNERİLER

1- Yer altı suyunda meydana gelen seviye değişimleri bazı kesimlerde (örneğin, lojman civarı) yüksek miktarlarda olmakta, bu durum da zeminin doygun hale gelip gevşemesine ve sonrada kayma hareketine neden olabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı yer altı su seviyesini belli bir seviyede tutmak üzere önlemler alınmalıdır. Sulama suyu ve tesisat bozukluklarından kaynaklanan su kaçaklarının önlenmesi ve zemine sızması muhtemel her türlü su girişinin önlenmesi (süs havuzu, havuz, su toplama kanalları, logarlar, vs) önem taşımaktadır. Yüzeysel suların heyelanlı bölgeye girmesini önlemek için yukarı kesimlerde kafa hendekleri yapılması önerilmektedir.

2- Bu çalışma kapsamında, Talren 4 bilgisayar yazılımıyla yapılan analizlerden, statik ve dinamik yüklerin güvenlik katsayısını kritik düzeyde etkilediği sonucuna varılmıştır. İncelenen sahada, yapılaşmanın acil olarak kontrol altına alınması gerekmektedir. Yüklerin daha da artması, mevcut koşulların daha da kötüleşmesi halinde (yeni yapıların yapılması, YAS koşulları, vs.), arazi deneyleri sonucunda hesaplanan taşıma gücü ve oturma miktarları değerlerinin daha da kötüleşeceği ve tüm topografyayı içine alan bir ani yenilme hareketinin mümkün olabileceği görülmektedir.

3- Kayma daireleri belirlendikten sonra, heyelan hareketini kazıklarla durdurmanın yolları araştırılmış, Talren 4 bilgisayar yazılımıyla en uygun kazık sistematiği belirlenmiştir. Buna göre, alt kesimlerde uygulanacak kazıkların 15 m uzunluğunda, 0,8 m çapında ve 5 m arayla çakılması, üst kesimlerde uygulanacak kazıkların ise 25 m uzunluğunda, 0,8 m çapında ve 7 m arayla çakılması önerilmektedir. Bundan daha sık, daha geniş çaplı ve daha uzun kazık çakmanın, güvenlik katsayısını arttırmadığı ve gereksiz yere kazık maliyetini arttırdığı tespit edilmiştir.

4- Bu çalışmadan elde edilen en dikkat çekici sonuç, bundan sonra yapılacak olan heyelan çalışmalarında, tüm yöntemlerden önce jeofizik tomografi ve/veya presiyometre yöntemlerinin uygulanması, böylece kayma düzlemlerinin pratik olarak kısa sürede belirlenmesidir. Böylece, diğer uzun süreli ve zahmetli yöntemlerin uygulanmasına gerek kalmayabilecektir. Ancak, gerekli görülen bölgelere ilave temel sondajları ve/veya inklinometre sondajları açılabilir.

5- Sonraki çalışmalarda heyelan hareketini kayma düzlemine ve zayıflık bölgelerine yapılacak enjeksiyonlarla veya jet-grout yöntemiyle durdurma yollarının araştırılması önerilmektedir.

6- Bu çalışmadaki jeolojik birim olan Karadon Birimine (konglomera-kumtaşı-kiltaşı-silttaşı ardalanması) ve heyelan kesitinin fiziksel özelliklerine (kesit boyu ~150 m, taç ile topuk arası kot farkı ~40-50 m) benzeyen birimlerde gelişebilecek çeşitli boyutlardaki heyelan hareketlerinde, Eşitlik 6.1'in, kayma mekanizmaları hakkında fikir edinilebilmesi amacıyla kullanılabileceği öngörülmektedir.

7- Bu bölgenin heyelan risk haritalarının güncellenmesi ve riskli bölgelerin izlenmesi açısından faydalı olacaktır. Ayrıca, çalışma alanına da telli ekstansometrelerin, GPS'lerin, vb. bağlanmasının, hareketlerin kritik düzeyde hızlanması halinde, bölge halkının uyarılması açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

ABEM, 1999, Instrument AB, Instruction Manual, Sweden.

Angeli, M.G., Pasuto, A. ve Silvano, S., 2000, "A critical review of landslide monitoring experiences", Engineering Geology 55 (2000) 133–147, Elsevier Science Ltd.

ASTM D422, 1963, "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils", ASTM International, USA

ASTM D698, 2007, "Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort", ASTM International, USA

ASTM D1586, 2008, "Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils" , ASTM International, USA

ASTM D4719, 2007, "Standard Test Method for Prebored Pressuremeter Testing in Soils", ASTM International, USA

ASTM D7299, 2006, "Standard Practice for Verifying Performance of a Vertical Inclinometer Probe", ASTM International, USA

Baguelin, F., Jezequel, F. J. ve Shields, D. H., 1978, "Pressuremeter and Foundation Engineering", Trans. Tech. Publication, Clausthal, 1st Edition, Germany.

Bera Test, 2009, www.beratest.ir

Bieniawski, Z.T., 1973, "Engineering Classification of Jointed Rock Masses, Transactions", South African Institution of Civil Engineers, 15

Birand, A.A., 2001, "Kazıklı Temeller", Teknik Yayınevi

Bishop, A.W., 1955, "The Uuse of The Slip Circle In The Stability Analysis Of Slopes", Geotechnique, Vol. 5

Bozzano, F., Cherubini, C., Floris, M., Lupo, M. ve Paccapelo, F., 2002, "Landslide phenomena in the area of Pomarico (Basilicata–Italy): methods for modelling and monitoring", Physics and Chemistry of the Earth 27 (2002) 1601–1607, Elsevier Science Ltd.

Brideau, M.A., Stead, D. ve Couture, R., 2006, "Structural and engineering geology of the East Gate Landslide, Purcell Mountains, British Columbia, Canada", Engineering Geology 84 (2006) 183–206, Elsevier Science Ltd.

Brueckl, E. ve Parotidis, M., 2001, "Estimation of large-scale mechanical properties of a large landslide on the basis of seismic results", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 38 (2001) 877–883, Elsevier Science Ltd.

Calcaterra, D., Gili, A.J. ve Iovinelli, R., 1998, "Shallow landslides in deeply weathered slates of the Sierra de Collcerola (Catalonian Coastal Range, Spain)", Engineering Geology 50 (1998) 283–298, Elsevier Science Ltd.

Canadian Geotechnical Society, 1975, "Canadian Manual on Foundation Enginering", Canada Printing and Publishing, Ottowa, Canada.

Cheney, R., 1998, "Manual For Design and Construction Monitoring Of Soil Nail Walls", Publication No: FHWA-SA-96-069R, U.S. Department Of Transportation, Federal Highway Administration

Coduto, D.P., 1999, "Geotechnical Engineering: Principles and Practices", California State Polytechnic University, Publisher: Prentice Hall

Commonwealth Surveying, 2008, www.commonwealthsurveying.com

Çamlıbel, A.N., 2000, "Yüzeysel Yapı Temelleri", Birsen Yayınevi

Dehn, M. ve Buma, J., 1999, "Modelling future landslide activity based on general circulation Models", Geomorphology 30 1999 175–187, Elsevier Science Ltd.

Demiryürek, Ü.A., 2002, "Şev Kayma Potansiyelinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ulakbim 119748.

DIN 1054, 2005, "Subsoil - Verification of the safety of earthworks and foundations", Deutsches Institut Fur Normung E.V.

DIN 4124, 2002, "Excavations And Trenches - Slopes, Planking And Strutting, Breadths Of Working Spaces, Deutsches Institut Fur Normung E.V.

Diederich, M.S. ve Hoek, E., 1989, "DIPS, A computer program for streographic net", (Version 2.2, Advenced Version), Rock Engineering Group, Department of Civil Engineering, University of Toronto.

Dips v5, 2004, "User's Manual", USA.

Duffaut, P. ve Feuga, B., 1985, "Towards a theory of tunnels in heterogeneous formations, Numerical analysis of some cases of heterogeneity around tunnels", Proc. 5th Int. Conf., Num. Meth. in Geomechanic, Nagoya, April, 1039-1048

Erdem, İ.Ü., 1984, "Kuzeybatı Anadolu Taşkömür Havzası Jeolojisi", Seminer, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Anabilim Dalı, Ankara.

Fall, M., Azam, R. ve Noubactep, C., 2006, "A multi-method approach to study the stability of natural slopes and landslide susceptibility mapping", Engineering Geology 82 (2006) 241– 263, Elsevier Science Ltd.

Fanna M.E. ve Wardle L.J., 1987, "Numerical Analysis of Coal Mine Chain Pillar Stability", Proc. 6th Int. Cong. Rock Mech., Montreal, 859-864.

Fellenius, W., 1936, " Calculation of the Stability of Earth Dams", Second Congress on Large Dams, Washington D.C.

Fredlund, D.G., Krahn, J., 1977, "Comparison of Slope Stability Methods of Analysis", Canadian Geotechnical Journal, Vol. 14, pp.429-439.

Friedel, S., Thielen, A. ve Springman, S.M, 2006, "Investigation of a slope endangered by rainfall-induced landslides using 3D resistivity tomography and geotechnical testing", Journal of Applied Geophysics xx (2006) xxx–xxx, Elsevier Science Ltd.

Giasso, P., Xu, S. ve Mahtab, A., 1992, "Problems And Promises Of Index Testing Of Rocks", Rock Mechanics, Tilerson and Wawerelk (Eds.) Balkona. Rotterdam

Gökçeoğlu, C., 1996, "Schmidt Sertlik Çekici Kullanılarak Tahmin Edilen Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Verilerinin Güvenilirliği Üzerine Bir Değerlendirme", Jeoloji Mühendisliği, Sayı:48

Gökçeoğlu, C., Ercanoğlu, M. ve Sönmez, H., 2000, "Kama türü yenilmelerin olasılıklı risk haritasının hazırlanmasına bir örnek: Altındağ (Ankara)", Araştırma Makalesi, Jeoloji Mühendisliği, Sayı:24

Grıffiths D.H. ve Barker R.D., 1993, "Two-dimensional Resistivity İmaging And Modelling In Areas Of Complex Geology, Journal Of Applied Geophysics, Vol. 29, Elsevier Science Ltd.

Hatipoglu, B. ve İncecik, M., 2003, "Şev stabilitesi probleminin incelenmesi için geliştirilen bir uzman sistem: BilŞEV-US", itüdergisi/d, mühendislik, Cilt:2, Sayı:5, 35-42, İstanbul.

Hoek, E. ve Bray, J.W., 1995, "Kaya Şev Stabilitesi", TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 3. baskı, Ankara.

Işık, N.S., Doyuran, V. ve Ulusay, R., 2004, "Assessment of a coastal landslide subjected to building loads at Sinop, Black Sea region, Turkey, and stabilization measures", Engineering Geology 75 (2004) 69–88, Elsevier Science Ltd.

İnal, C., Erdi, A. ve Yıldız, F., 1996, "Topografya Ölçme Bilgisi", Atlas Kitapevi

Janbu, N., 1956, "Earth Pressure And Bearing Capacity Calculations By Generalised Procedure Of Slices", Proceedings Of The 4th International Conference of the ISSMFE, Vol. 2, pp.207-212.

Kamai, T., 1998, "Monitoring the process of ground failure in repeated landslides and associated stability assessments", Engineering Geology 50 (1998) 71–84, Elsevier Science Ltd.

Kilburna, C. ve Pasuto, A., 2003, "Major risk from rapid, large-volume landslides in Europe (EU Project RUNOUT)", Geomorphology 54 (2003) 3 –9, Elsevier Science Ltd.

Koçer, S., 2000, "Ilıcadere (Bayındır-İzmir) Pb-Zn cevherleşmesinin rezerv tenör değerlendirmesi", Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Tez No: 97848, Ankara.

Kramer, S.L., 2003, "Geoteknik Deprem Mühendisliği", 1. Baskı, Gazi Kitapevi

Kumbasar, V. ve Kip, F., 1999, "Zemin Mekaniği Problemleri", 6. Baskı, Çağlayan Kitapevi

Lebourg, T., Binet, S., Tric, E., Jomard, H. ve El Bedoui, S., 2005, "Geophysical survey to estimate the 3D sliding surface and the 4D evolution of the water pressure on part of a deep seated landslide", Terra Nova, 17, 399–406, 2005, Blackwell Publishing Ltd

Lowe, J. ve Karafiath, L., 1960, "Stability of Earth Dams upon Drawdown", Proceedings of the First PanAmencan Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Mexican Society of Soil Mechanics, Mexico D.F., pp 537-552.

Morgenstern, N.R., ve Price, V.E., 1965, "The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces", Geotechnique, Vol 15, No. 1, pp 79-93.

Onargan, T., 2000, "sonlu elemanlar analiz yöntemlerinde kayaç şişme özelliğinin deformasyonlar ve gerilmeler üzerindeki etkisi", DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt: 2, Sayı: 2

Özaydın, K., 1997, "Zemin Mekaniği", Birsen Yayınevi

Özbenli, E. ve Tüdeş, T., 1972, "Ölçme Bilgisi, Pratik Jeodezi", Matbaa Teknisyenleri Basımevi, Konya

Özkan, H., 1993, "Zonguldak İli, Kozlu Bucağı, Güney Mahallesi, 1. pafta, 32. ada, 48. parselin tesis amaçlı jeolojik etüt raporu", T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, DSİ 23. Bölge Müdürlüğü, DSİ 232. Şube Müdürlüğü, Zonguldak.

Paul, D.K. ve Satish, K., 1997, "Stability analysis of slope with building loads", Soil Dynamics and Earthquake Engineering 16 (1997) 395-405, Elsevier Science Ltd.

Plaxis V8, 2004, "User's Manual", Holland.

Romana, M., Seron, J.B. ve Montalar, E., 2003, "SMR Geomechanics classification: Application, experience and validation", ISRM 2003–Technology roadmap for rock mechanics, South African Institute of Mining and Metallurgy,.

Seed, H.B. ve Sultan A.H., 1967, "Stability Analyses For A Sloping Core Embankment", Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, 92 (SM4), pp. 69-80.

SISGEO, 1998, "Inclinometric Data Storage and Processing Program", Italy.

Sols Soils, 1975, "The Menard Pressuremeter Interpretation and Application of Pressuremeter Test Results to Foundation Design", No.26, France.

Sönmez, H. ve Gökçeoğlu, C., 1998, "A computer program, for the kinematical analysis of rock slopes and. its application", Earthsciences (Bull, of Earthsciences Application and Research Center of Hacettepe University), 20.

Spencer, E., 1967, "A Method Of Analysis For Stability Of Embankments Using Parallel Inter-Slice Forces", Geotechnique, Vol. 17, pp.11-26.

SuTek, 2003, "Kullanım Kılavuzu", Türkiye

Talren 4, 2004, "User's Manual", France.

Taylor, D.W. , 1948, "Fundamentals of Soil Mechanics", John Wiley and Songs Inc, New York

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1996, "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası", http://www.deprem.gov.tr/linkhart.htm

Thornes, J.B. ve Ayala, I.A., 1998, "Modelling mass failure in a Mediterranean mountain environment: climatic, geological, topographical and erosional controls", Geomorphology 24 1998 87–100, Elsevier Science Ltd.

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 2003, "Jeoteknik Etüt Semineri IV"

Tosun, H., 1988, “Temel Zemini Taşıma Gücü”, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara

Tosun, H., 1993, “Temel Zemini Oturma Analizi”, Zemin Mekaniği Yayınları, Yayın No: Z-818, Ankara

TS 1900, 1987, “İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri ”, Türk Standartları Enstitüsü

TS 2028, 1975, “Kayaçların Tek Eksenli Basma Dayanımlarının Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü

TS 2030, 1975, “Kayaçların elastisite modülünün ve poisson oranının tek eksenli basma dayanımı ile tayini”, Türk Standartları Enstitüsü

TS 8615, 1990, “Kayaçlar - Su Muhtevası, Yoğunluk ve Porozite Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü

TS 10324, 1992, “Jeoteknik Deney Metotları-Kayaç Süreksizliklerinin Direkt Makaslama Mukavemetinin Yerinde Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü

Türkel, E., 1986, “Temel Oturmalarını Hesaplama Yöntemleri”, DSİ Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı, Kaya ve Zemin Mekaniği Şubesi, Yayın No:12, Ankara.

Ulusay, R., 2001, “Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler”, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları 38, Genişletilmiş 4. Baskı, Ankara.

Uzuner, A.B., 2000, “Temel Mühendisliğine Giriş”, 2. Baskı, Derya Kitapevi

Varnes D.J., 1978, “Slope Movement Types and Processes”, Schuster R. L. and Krizek R. J. Ed., Landslides, Analysis and Control, Transportation Research Board Sp., Report No: 176, Nat. Acad. of Sciences

Vervoort A., Thimus J.F., Brych J., Crombrugge O.D. ve Lousberg E., 1987, “Verification by the Finite Element Method of the Influences on the Roof Conditions in Longwall Faces”, Proc. 6th Int. Cong. Rock Mech., Montreal, 1311-1316.

Virtual Earth 3D, 2009, http://www.microsoft.com/virtualearth/

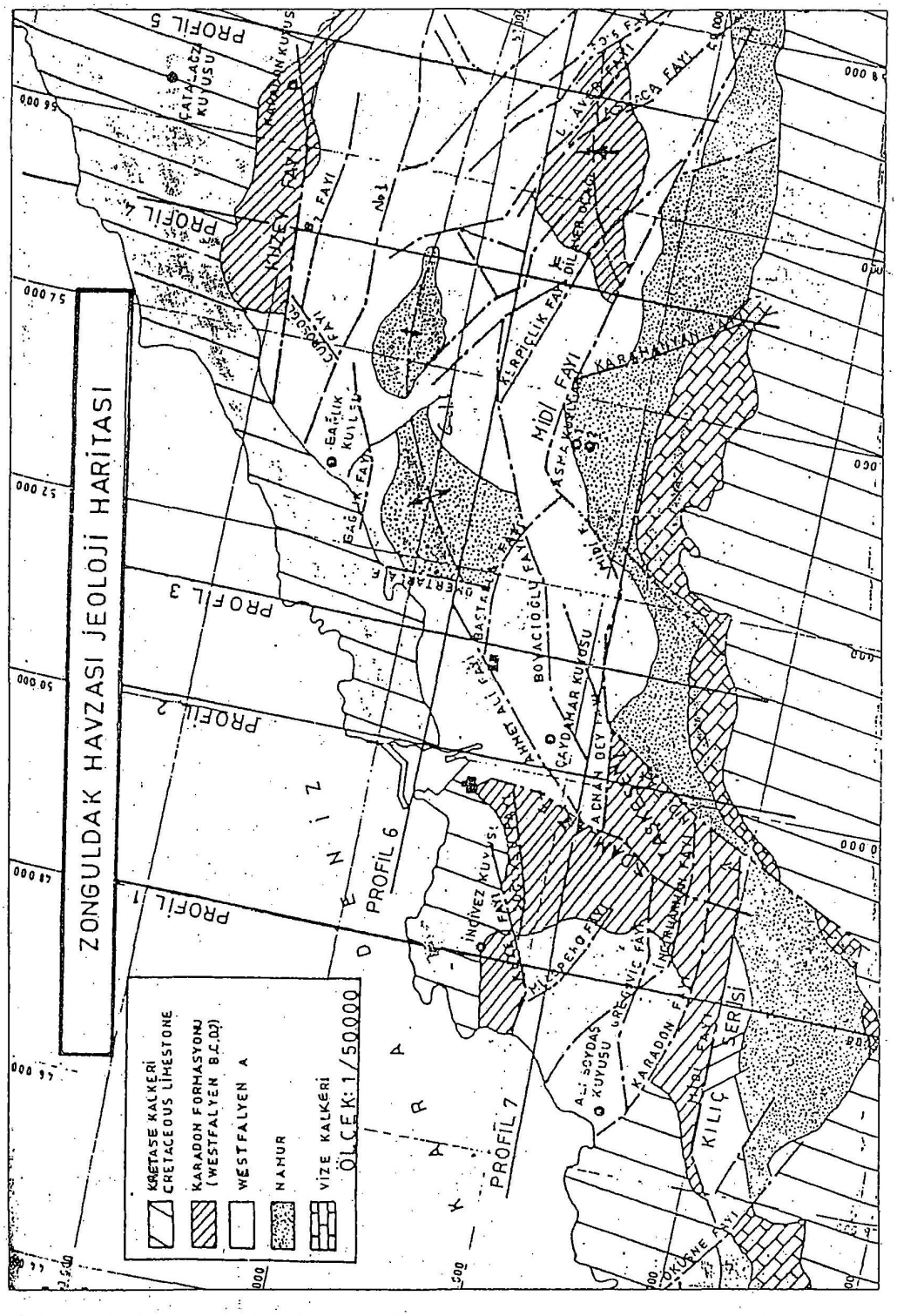
Yıldırım, S., 2002, “Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı”, Birsen Yayınevi

Wikipedia, 2009, http://en.wikipedia.org/wiki/Schmidt_hammer

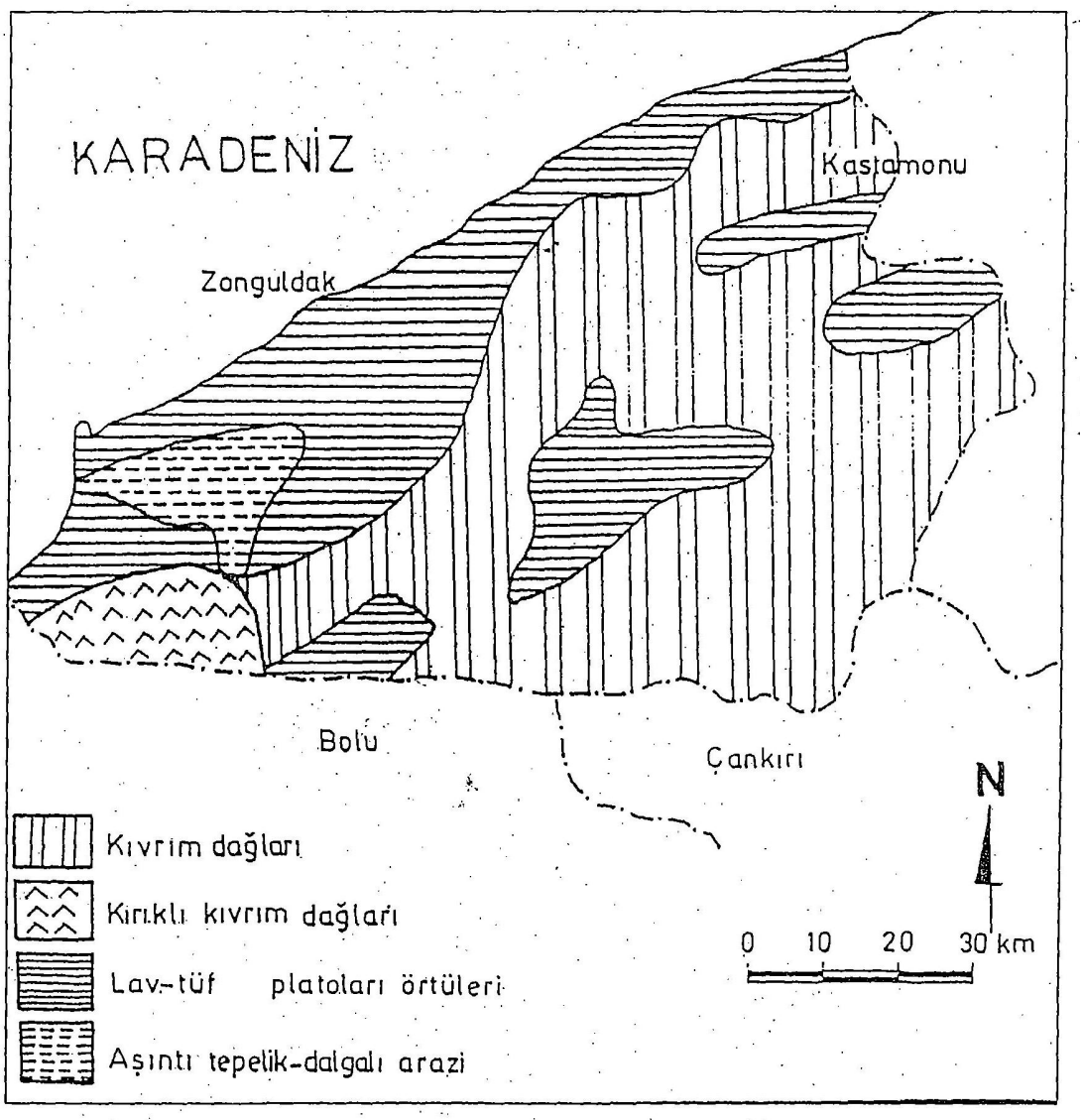
EKLER

EK-1

JEOLOJİ VE FAY HARİTASI



Zonguldak Havzası Jeoloji ve Fay Haritası



Zonguldak İli genelleştirilmiş morfoloji haritası

EK-2

TEMEL SONDAJ KUYU LOGLARI

TEMEL SONDAJ LOGU

PROJE:

Yeri	: Yeni Misafirhane önü	Başlangıç Tarihi	: 11.10.2004	Sondaj No.	Sayfa No.
Konumu	: Dik	Bitiş Tarihi	: 27.10.2004	SK-1	1
Derinliği	: 35 m.	Makina Tipi	: Tone		
Kotu	: 162.00	Sondör	: N.Yuvasen		
Koordinatları (X)	: 89205	Sondaj Şb. Müh.	Proje İlgili Müh.		
(Y)	: 96403		Çetin ALKILIÇ		
Pafta No	: F27 b1		Jeo.Yük.Müh.		

Yeraltısuyu Durumu		
Tarih	Derinl.	Açıklama
27.12.04	16.95	
28.12.04	16.25	
29.12.04	16.85	

Derinlik (m)	İlerleme (m)	Su Seviyesi	Kuyu çapı - kesici uç	Muh.Borusu,Çimentolama	Sondaj Suyu (renk ve %)	Basınç (kg/cm2)	(1.) Beş dak. kayıp (l)	(2.) Beş dak. kayıp (l)	Toplam kayıp (l)	Lugeon	Su kaybı (l)	K (cm/s)	(1.) 15 cm için Darbe say	(2.) 15 cm için Darbe say	Toplam darbe sayısı	50 darbedeki ilerleme (cm	Taşıma gücü (kg/cm2)	Karot yüzdesi (%)	RQD (%)	Çatlak sıklığı (adet/ m)	Ayrışma derecesi	Jeolojik kesit	Tanımlama
1																		100	47		W4		Kil, çakıl parçalı, Sarı, kahverengi Silt Siltaşı
2																30							
3																		60	10		W4		Silt, Siltaşı (2-4m) ardalanma
4																30							
5																		100	0		W4		Silt (4-5.5) Sarımsı, kahve rengi
6																		100			W3		Silt (5.5-7) Siltaşı
7																30		100	50		W3		Silt Siltaşı
8																15		100	59		W3		Gri renkli Kil, silt (7.85) Kömür
9																		100	24		W3		Kiltaşı Siltaşı (8.5-10)
10																20							
11																		100	26		W3		Gri renkli Kil, kömür Kiltaşı
12																22		100			W3		Kömür cüruf çakıllı Kil, Kiltaşı
13																		100	31		W3		Kömür (10-13)
14																15		50	34		W3 W2		Gri renkli Kil Kiltaşı ardalanma (13-15)
15																		100	43		W2		
16																		100			W2		Kil (15-16) Kiltaşı Kömür

GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)	
<1	Geçirimsiz
1-5	Az Geçirimli
5-25	Geçirimli
>25	Çok Geçirimli

RQD (%)	
0-25	Çok Zayıf
25-50	Zayıf
50-75	Orta
75-90	İyi
90-100	Çok İyi

AYRIŞMA DERECESİ (W)
W1 Taze (Ayrışmamış)
W2 Az Ayrışmış
W3 Orta Derecede Ayrışmış
W4 Çok Ayrışmış
W5 Tamamen Ayrışmış

ÇATLAK SIKLIĞI (Adet/m)	
<1	Masif
1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı
3-10	Kırıklı
10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı
>50	Parçalanmış

TEMEL SONDAJ LOGU

PROJE: SK-1

Derinlik (m)	Günlük Durum: İlerleme (m)	Günlük Durum: Su Seviyesi	Kuyu çapı - kesici uç	Muh Borusu,Çimentolama	Söndaj Suyu (renk ve %)	Basınçlı Su Deneyi: Basınç (kg/cm2)	Basınçlı Su Deneyi: (1.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: (2.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Toplam kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Lugeon	Bsnsız Su Dn.: Su kaybı (l)	Bsnsız Su Dn.: K (cm/s)	SPT: (1.) 15 cm için Darbe say	SPT: (2.) 15 cm için Darbe say	SPT: Toplam darbe sayısı	SPT: 50 darbedeki ilerleme (cm	SPT: Taşıma gücü (kg/cm2)	Kaya Özellikleri: Karot yüzdesi (%)	Kaya Özellikleri: RQD (%)	Kaya Özellikleri: Çatlak sıklığı (adet/ m)	Kaya Özellikleri: Ayrışma derecesi	Jeolojik kesit	Tanımlama
17																		100	62		W_2		Gri renkli Kil Kiltaşı (16-18)
18																							
19																		50	11		W_2		Kumtaşı Kil Çakıl (18-20) Kum Kil ardalanma
20																		50	0		W_2		Çakıl Kum (20-21)
21																							(21-26) Değişik boyutlu yuvarlanmış Sarımsı Kahverengi Çimentosu ayrışmış Çakıl Çakıltaşı
22																		50	0		W_2		
23																							
24																		50			W_2		
25																		50	0		W_2		
26																							
27																							Kumtaşı (26-27)
28																		60			W_2		(26-29) Çakıl
29																		60			W_2		
30																		70			W_2 W_1		Çakıltaşı (29-30)
31																		75	0		W_1		(30-32) Çakıltaşı Kumtaşı ardalanma
32																							
33																		75	0		W_1		Çakıl (32-33)
34																							Çakıltaşı (33-35) Kumtaşı ardalanma
35																		80	0		W_1		
36													KUYU SONU: 35 m.										

TEMEL SONDAJ LOGU

PROJE:

Yeri	: Lojman arkası	Başlangıç Tarihi	: 09.11.2004	Sondaj No.	SK-2
Konumu	: Dik	Bitiş Tarihi	: 07.12.2004	Sayfa No.	1
Derinliği	: 30 m.	Makina Tipi	: Creylus	Yeraltısuyu Durumu	
Kotu	: 130.00	Sondör	: H. Gavdar	Tarih / Derinl. / Açıklama	
Koordinatları (X)	: 89260	Sondaj Şb. Müh.		Proje İlgili Müh.	Getin ALKILIÇ
(Y)	: 96405				Jeo. Yük. Müh.
Pafta No	: F27 b1			27.12.04 / 8.70	
				28.12.04 / 8.60	
				29.12.04 / 8.50	

Derinlik (m)	Günlük Durum: İlerleme (m)	Günlük Durum: Su Seviyesi	Kuyu çapı - kesici uç	Muh.Borusu,Çimentolama	Sondaj Suyu (renk ve %)	Basınçlı Su Deneyi: Basınç (kg/cm2)	Basınçlı Su Deneyi: (1.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: (2.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Toplam kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Lugeon	Basınsız Su Dn.: Su kaybı (l)	Basınsız Su Dn.: K (cm/s)	SPT: (1.) 15 cm için Darbe say	SPT: (2.) 15 cm için Darbe.say	SPT: Toplam darbe sayısı	SPT: 50 darbedeki ilerleme (cm	SPT: Taşıma gücü (kg/cm2)	Kaya Özellikleri: Karot yüzdesi (%)	Kaya Özellikleri: RQD (%)	Kaya Özellikleri: Çatlak sıklığı (adet/ m)	Kaya Özellikleri: Ayrışma derecesi	Jeolojik kesit	Tanımlama
			66																				0.20 Beton 0.90 Silt (0-2)
1																			0				Gri renkli Silt, Kum Kumtaşı
																		75	–	–	W3		
2																							Gri renkli Kumtaşı (2–4)
3																							
4																		75	15	>50	W2		
5																							Kömür bantlı ve çakıl serpintili Kumtaşı (4–6)
6																		75	50	10	W2		
7																							Kömürlü Kumtaşı Gri renkli (6–8)
8																		75	30	12	W2		
9																							Gri Kumtaşı (8–10)
10																		50	10	10	W2		
11																							Kömürlü Kumtaşı Gri renkli (10–12)
12																		50	25	10	W3		
13																		30	–	–	W3		Kum (12–13)
14																		30	–	–	W3		Kömürlü Kumtaşı (13–14)
15																		30	–	–	W3		Çakıl, Sarımsı kahve gri renkli (14–16)
16																		30	–	–	W3		

GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)		RQD (%)		AYRIŞMA DERECESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (Adet/m)	
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)	<1	Masif
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış	1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayrışmış	3-10	Kırıklı
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi	W4	Çok Ayrışmış	10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı
		90-100	Çok İyi	W5	Tamamen Ayrışmış	>50	Parçalanmış

TEMEL SONDAJ LOGU

PROJE: SK-2

Derinlik (m)	Günlük Durum: İlerleme (m)	Günlük Durum: Su Seviyesi	Kuyu çapı - kesici uç	Muh.Borusu,Çimentolama	Sondaj Suyu (renk ve %)	Basınçlı Su Deneyi: Basınç (kg/cm2)	Basınçlı Su Deneyi: (1.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: (2.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Toplam kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Lugeon	Basınçsız Su Dn.: Su kaybı (l)	Basınçsız Su Dn.: K (cm/s)	SPT: (1.) 15 cm için Darbe say	SPT: (2.) 15 cm için Darbe say	SPT: Toplam darbe sayısı	SPT: 50 darbedeki ilerleme (cm	SPT: Taşıma gücü (kg/cm2)	Kaya Özellikleri: Karot yüzdesi (%)	Kaya Özellikleri: RQD (%)	Kaya Özellikleri: Çatlak sıklığı (adet/ m)	Kaya Özellikleri: Ayrışma derecesi	Jeolojik kesit	Tanımlama
17																							Gri, sarımsı kahve çakıl (16-20)
18																		25	–	–	W3		
19																							
20																		25	–	–	W3		
21																							Gri renkli Kum (20-22)
22																		25	–	–	W3		
23																		50			W2		Çakıl Kum Gri renkli (22-24)
24																		50			W2		
25																		50	–	>50	W3		Gri renkli kömür çakıl içerikli kumtaşı, kömür, kumtaşı ardalanması. (24-30)
26																		75	40	10	W1		
27																		75	30	10	W1		
28																		75	40	12	W1		
29																		75	70	6	W1		
30																		75	60	8	W1		
31															KUYU SONU: 30 m.								
32																							
33																							
34																							
35																							
36																							

TEMEL SONDAJ LOGU

PROJE:

Yeri	: Lojman önü	Başlangıç Tarihi	: 01.11.2004	Sondaj No.	Sayfa No.
Konumu	: Dik	Bitiş Tarihi	: 08.11.2004	SK-3	1
Derinliği	: 30 m.	Makina Tipi	: Creylus		
Kotu	: 118.00	Sondör	: B. Polat		
Koordinatları (X)	: 89330	Sondaj Şb. Müh.	Proje İlgili Müh.		
(Y)	: 96452		Çetin ALKILIÇ		
Pafta No	: F27 b1		Jeo. Yük. Müh.		

Yeraltısuyu Durumu		
Tarih	Derinl.	Açıklama
27.12.04	2.60	
28.12.04	2.55	
29.12.04	2.65	

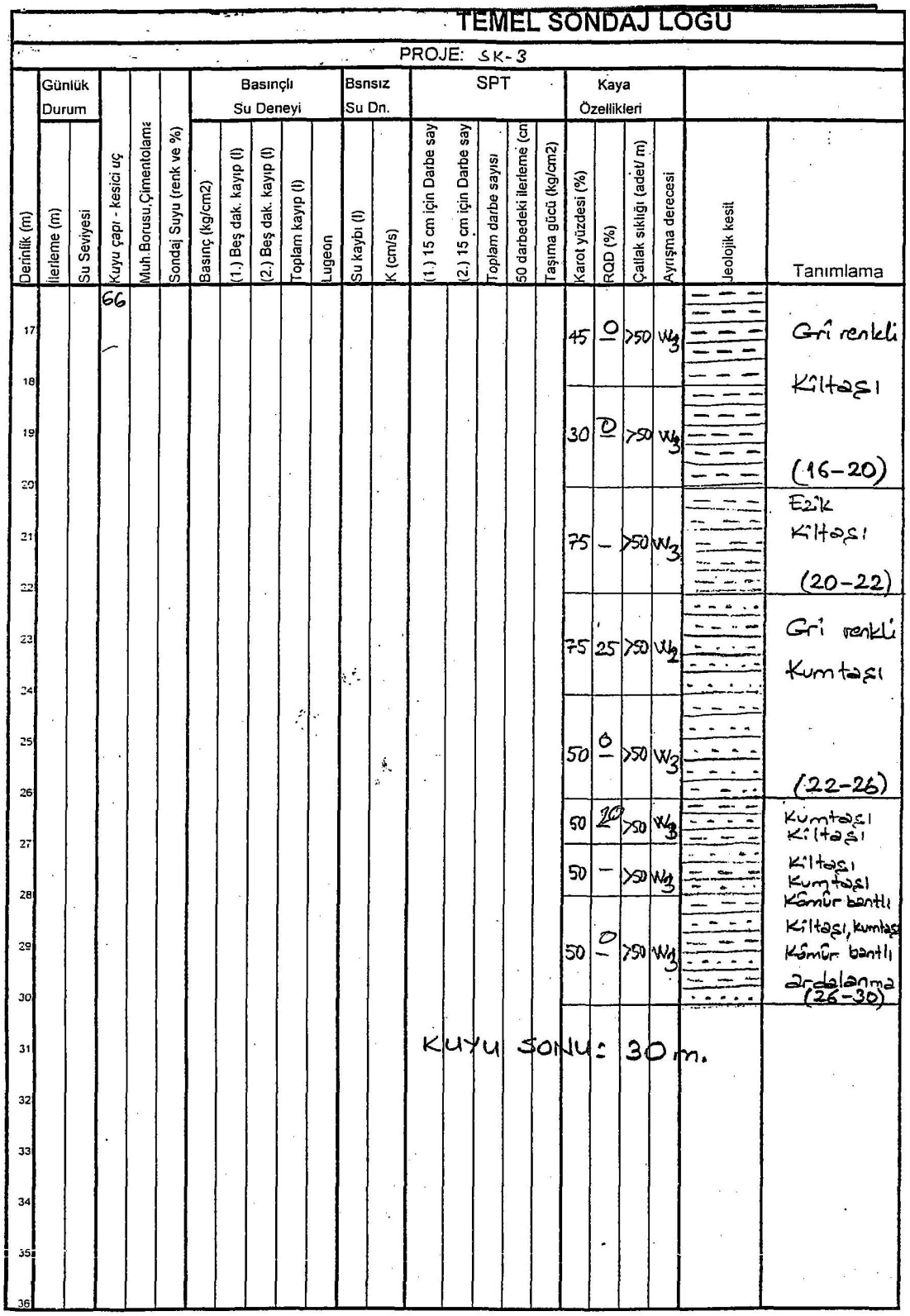
Derinlik (m)	Günlük Durum: İlerleme (m)	Günlük Durum: Su Seviyesi	Kuyu çapı - kesici uç	Muh.Borusu,Çimentolama	Sondaj Suyu (renk ve %)	Basınçlı Su Deneyi: Basınç (kg/cm2)	Basınçlı Su Deneyi: (1.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: (2.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Toplam kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Lugeon	Bsnsız Su Dn.: Su kaybı (l)	Bsnsız Su Dn.: K (cm/s)	SPT: (1.) 15 cm için Darbe say	SPT: (2.) 15 cm için Darbe say	SPT: Toplam darbe sayısı	SPT: 50 darbedeki ilerleme (cm	SPT: Taşıma gücü (kg/cm2)	Kaya Özellikleri: Karot yüzdesi (%)	Kaya Özellikleri: RQD (%)	Kaya Özellikleri: Çatlak sıklığı (adet/ m)	Kaya Özellikleri: Ayrışma derecesi	Jeolojik kesit	Tanımlama
1			66															50	0		W5		Bitkisel Toprak. (0-2)
2													6	5	11								
3																		50	41		W5		Silt. (2-3)
4													10	10	20			100			W3		Silt (3-5) çakıllı, kumlu
5																		100	19		W2		Kumlu, çakıllı silt.
6																5		70			W2		Ezik kiltaşı (5-6)
7																							Çakıl (6-6
8																		50	50		W2		Kiltaşı Kil Kiltaşı (6.30-8)
9																		50	10		W2		Kil (8-9) Kiltaşı
10																		50			W2		Kil Kum Kiltaşı Kumtaşı
11																		50	12		W2		Kil Kiltaşı
12																							Kiltaşı
13																		35	12		W3		Kil (9-14) ardalanma
14																							(14-16) Gri renkli
15																		40	24	750	W3		Kumtaşı kömür serpintili
16																							

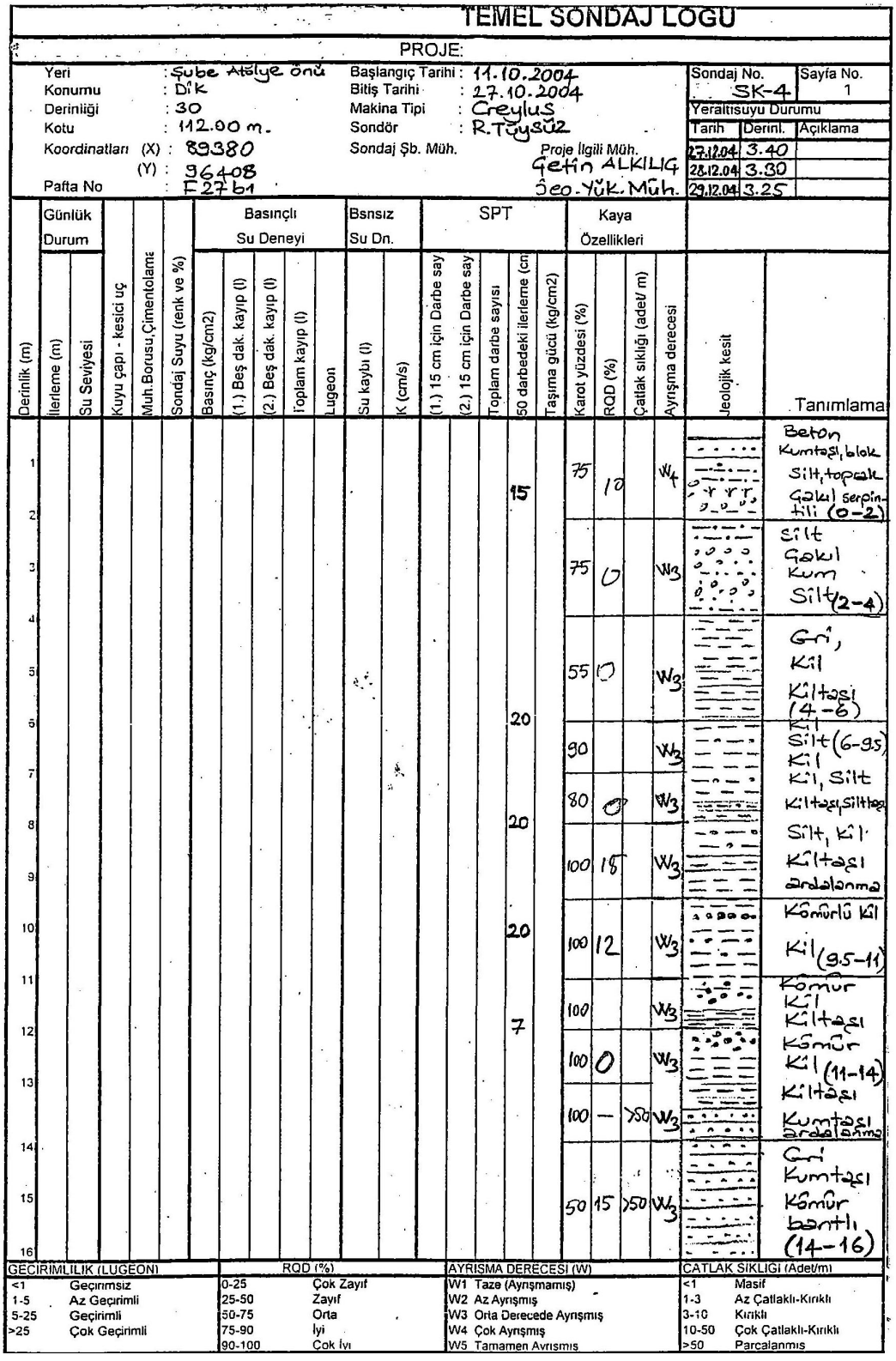
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)	
<1	Geçirimsiz
1-5	Az Geçirimli
5-25	Geçirimli
>25	Çok Geçirimli

RQD (%)	
0-25	Çok Zayıf
25-50	Zayıf
50-75	Orta
75-90	İyi
90-100	Çok İyi

AYRIŞMA DERECESİ (W)	
W1	Taze (Ayrışmamış)
W2	Az Ayrışmış
W3	Orta Derecede Ayrışmış
W4	Çok Ayrışmış
W5	Tamamen Ayrışmış

ÇATLAK SIKLIĞI (Adet/m)	
<1	Masif
1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı
3-10	Kırıklı
10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı
>50	Parçalanmış


TEMEL SONDAJ LOGU
PROJE: SK-3
Günlük Durum
Basınçlı Su Deneyi
Bsnsız Su Dn.
SPT
Kaya Özellikleri
Derinlik (m)
İlerleme (m)
Su Seviyesi
Kuyu çapı - kesici uç
Muh.Borusu,Çimentolama
Sondaj Suyu (renk ve %)
Basınç (kg/cm2)
(1.) Beş dak. kayıp (l)
(2.) Beş dak. kayıp (l)
Toplam kayıp (l)
Lugeon
Su kaybı (l)
K (cm/s)
(1.) 15 cm için Darbe say
(2.) 15 cm için Darbe say
Toplam darbe sayısı
50 darbedeki ilerleme (cn
Taşıma gücü (kg/cm2)
Karot yüzdesi (%)
RQD (%)
Çatlak sıklığı (adet/ m)
Ayrışma derecesi
Jeolojik kesit
Tanımlama
66
45 10 >50 W3
Gri renkli Kiltaşı
30 0 >50 W3
(16-20)
75 - >50 W3
Ezik Kiltaşı
(20-22)
75 25 >50 W2
Gri renkli Kumtaşı
50 0 - >50 W3
(22-26)
50 20 >50 W3
Kumtaşı Kiltaşı
50 - >50 W3
Kiltaşı Kumtaşı
Kömür bantlı
50 0 - >50 W3
Kiltaşı, kumtaş Kömür bantlı ardalanma
(26-30)
KUYU SONU: 30 m.



TEMEL SONDAJ LOGU

PROJE:

Yeri	: Şube Atölye önü	Başlangıç Tarihi	: 11.10.2004	Sondaj No.	SK-4
Konumu	: Dik	Bitiş Tarihi	: 27.10.2004	Sayfa No.	1
Derinliği	: 30	Makina Tipi	: Creylus		
Kotu	: 112.00 m.	Sondör	: R.Tüysüz		
Koordinatları (X)	: 89380	Sondaj Şb. Müh.		Proje İlgili Müh.	Fetin ALKILIÇ
(Y)	: 96408				Jeo.Yük.Müh.
Pafta No	: F27b1				

Yeraltısuyu Durumu		
Tarih	Derinl.	Açıklama
27.12.04	3.40	
28.12.04	3.30	
29.12.04	3.25	

Derinlik (m)	Günlük Durum: İlerleme (m)	Günlük Durum: Su Seviyesi	Kuyu çapı - kesici uç	Muh.Borusu,Çimentolama	Sondaj Suyu (renk ve %)	Basınçlı Su Deneyi: Basınç (kg/cm2)	Basınçlı Su Deneyi: (1.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: (2.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Toplam kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Lugeon	Bsnsız Su Dn.: Su kaybı (l)	Bsnsız Su Dn.: K (cm/s)	SPT: (1.) 15 cm için Darbe say	SPT: (2.) 15 cm için Darbe say	SPT: Toplam darbe sayısı	SPT: 50 darbedeki ilerleme (cm	SPT: Taşıma gücü (kg/cm2)	Kaya Özellikleri: Karot yüzdesi (%)	Kaya Özellikleri: RQD (%)	Kaya Özellikleri: Çatlak sıklığı (adet/ m)	Kaya Özellikleri: Ayrışma derecesi	Jeolojik kesit	Tanımlama
1															15			75	10		W4		Beton Kumtaşı,blok Silt,topak Çakıl serpintili (0-2)
2																							
3																		75	0		W3		Silt Çakıl Kum Silt (2-4)
4																							
5																		55	0		W3		Gri, Kil Kiltaşı (4-6)
6															20								
7																		90			W3		Kil Silt (6-9.5) Kil
8															20			80	0		W3		Kil, Silt Kiltaşı,Silttaş
9																		100	15		W3		Silt, Kil Kiltaşı ardalanma
10															20			100	12		W3		Kömürlü Kil Kil (9.5-11)
11																							
12															7			100			W3		Kömür Kil Kiltaşı
13																		100	0		W3		Kömür Kil (11-14) Kiltaşı
14																		100	—	>50	W3		Kumtaşı ardalanma
15																		50	15	>50	W3		Gri Kumtaşı Kömür bantlı (14-16)
16																							

GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)	
<1	Geçirimsiz
1-5	Az Geçirimli
5-25	Geçirimli
>25	Çok Geçirimli

RQD (%)	
0-25	Çok Zayıf
25-50	Zayıf
50-75	Orta
75-90	İyi
90-100	Çok İyi

AYRIŞMA DERECESİ (W)
W1 Taze (Ayrışmamış)
W2 Az Ayrışmış
W3 Orta Derecede Ayrışmış
W4 Çok Ayrışmış
W5 Tamamen Ayrışmış

ÇATLAK SIKLIĞI (Adet/m)	
<1	Masif
1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı
3-10	Kırıklı
10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı
>50	Parçalanmış

TEMEL SONDAJ LOGU

PROJE: SK-4

Derinlik (m)	Günlük Durum: İlerleme (m)	Günlük Durum: Su Seviyesi	Kuyu çapı - kesici uç	Muh.Borusu,Çimentolama	Sondaj Suyu (renk ve %)	Basınçlı Su Deneyi: Basınç (kg/cm2)	Basınçlı Su Deneyi: (1.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: (2.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Toplam kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Lugeon	Basınçsız Su Dn.: Su kaybı (l)	Basınçsız Su Dn.: K (cm/s)	SPT: (1.) 15 cm için Darbe say	SPT: (2.) 15 cm için Darbe say	SPT: Toplam darbe sayısı	SPT: 50 darbedeki ilerleme (cm	Taşıma gücü (kg/cm2)	Kaya Özellikleri: Karot yüzdesi (%)	Kaya Özellikleri: RQD (%)	Kaya Özellikleri: Çatlak sıklığı (adet/ m)	Kaya Özellikleri: Ayrışma derecesi	Jeolojik kesit	Tanımlama
17			66																				Kömür bantlı Kumtaşı
18																		100	35	14 21 1.5	W_1		Kömür bantlı Kumtaşı (16-18.5)
19																		60	20	10	W_1		(18.5-20) Gri Kiltaşı
20																		40	—	>50	W_3		
21																		40	—	>50	W_3		Ezik Kiltaşı (20-22)
22																		40	—	>50	W_3		
23																		75	15	>50	W_3		Kömür bantlı Kumtaşı Gri renkli (22-24)
24																							
25																		75	10	>50	W_3		Kumtaşı Kiltaşı (24-26) Kömür ardalanması
26																							
27																		75	20	>50	W_3		Kiltaşı Kumtaşı Gri renkli ardalanma
28																							
29																		75	30	>50	W_3		(26-30)
30																							
31													KUYU SONU: 30 m.										
32																							
33																							
34																							
35																							
36																							

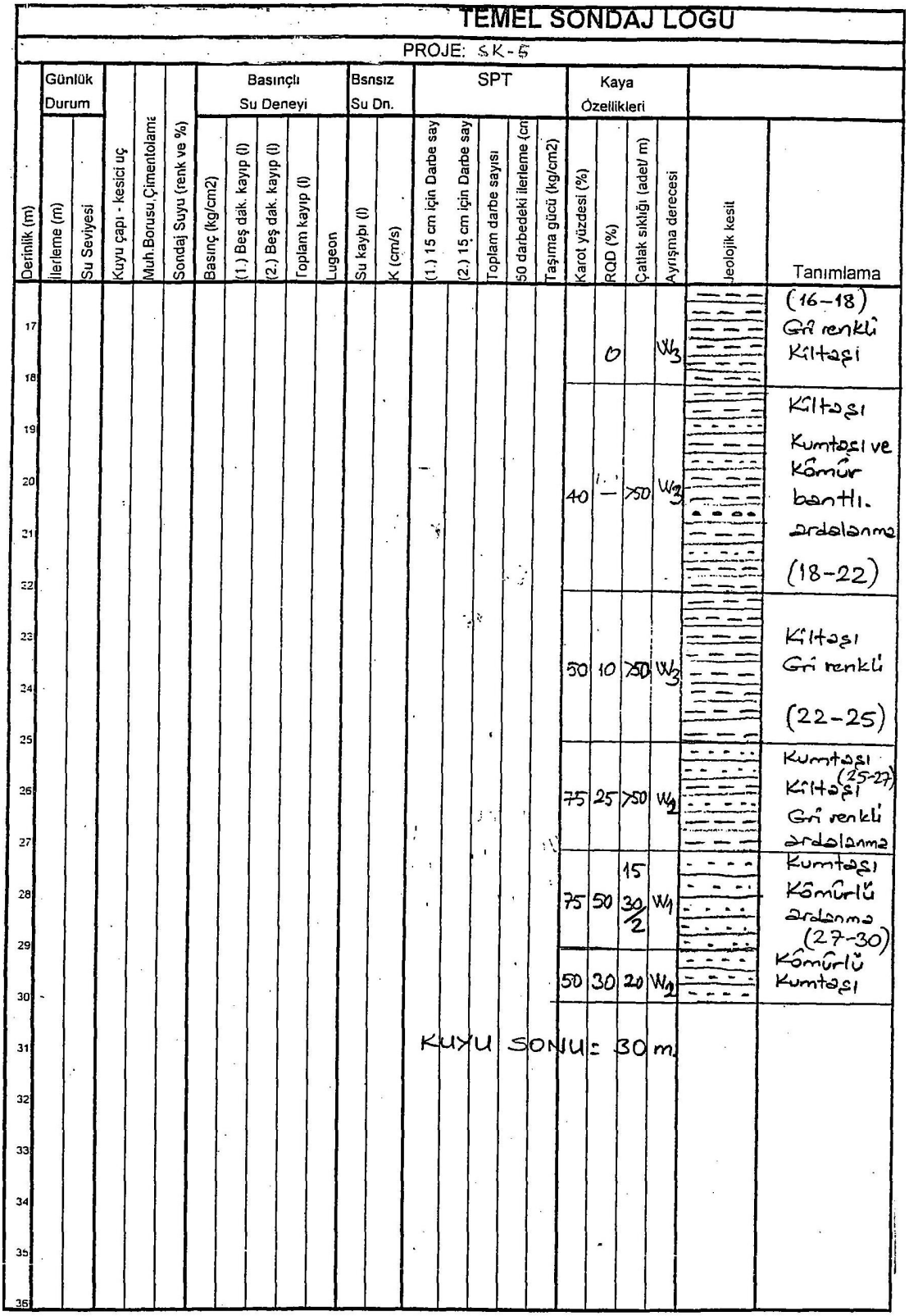
TEMEL SONDAJ LOGU

PROJE:

Yeri	: Anbar önü	Başlangıç Tarihi	: 01.11.2004	Sondaj No.	Sayfa No.
Konumu	: Dik	Bitiş Tarihi	: 08.11.2004	SK-5	1
Derinliği	: 30 m.	Makina Tipi	: Creylus	Yeraltısuyu Durumu	
Kotu	: 114.00	Sondör	: R.Tuysüz	Tarih / Derinl. / Açıklama	
Koordinatları (X)	: 89380	Sondaj Şb. Müh.		Proje İlgili Müh.	27.12.04 / 4.60
(Y)	: 96388			Fetin ALKILIÇ	28.12.04 / 4.80
Pafta No	: F27b1			Geo.Yük.Müh.	29.12.04 / 4.85

Derinlik (m)	Günlük Durum: İlerleme (m)	Günlük Durum: Su Seviyesi	Kuyu çapı - kesici uç	Muh.Borusu,Çimentolama	Sondaj Suyu (renk ve %)	Basınçlı Su Deneyi: Basınç (kg/cm2)	Basınçlı Su Deneyi: (1.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: (2.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Toplam kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Lugeon	Basınçsız Su Dn.: Su kaybı (l)	Basınçsız Su Dn.: K (cm/s)	SPT: (1.) 15 cm için Darbe say	SPT: (2.) 15 cm için Darbe say	SPT: Toplam darbe sayısı	SPT: 50 darbedeki ilerleme (cm	SPT: Taşıma gücü (kg/cm2)	Kaya Özellikleri: Karot yüzdesi (%)	Kaya Özellikleri: RQD (%)	Kaya Özellikleri: Çatlak sıklığı (adet/ m)	Kaya Özellikleri: Ayrışma derecesi	Jeolojik kesit	Tanımlama
1			66										1					100			W3		Beton Çekil Kil Silt (0-2)
2													25	24	49								
3																		100	14		W3		Kil Silt Sarımsı Kahverengi Gri renkli (2-6)
4													19	18	37			100			W3		
5																		100	93		W3		
6													23	22	45								
7																		90	67		W3		Kil (6-10.5) Silt Kömürlü ardalanma
8													18	17	35			100	24		W3		Kil Silt Kömürlü
9																							
10																		50	0		W3		Kil Silt Kömürlü Ardalanma
11																							(10.5-16)
12																							
13																			0				Gri renkli Kiltaşı
14																		25	-	750	W3		
15																			0				
16																							

GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)		RQD (%)		AYRIŞMA DERECESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (Adet/m)	
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)	<1	Masif
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış	1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayrışmış	3-10	Kırıklı
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi	W4	Çok Ayrışmış	10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı
		90-100	Çok İyi	W5	Tamamen Ayrışmış	>50	Parçalanmış


TEMEL SONDAJ LOGU
PROJE: SK-5
Günlük Durum
Basınçlı Su Deneyi
Bsnsız Su Dn.
SPT
Kaya Özellikleri
Derinlik (m)
İlerleme (m)
Su Seviyesi
Kuyu çapı - kesici uç
Muh.Borusu,Çimentolama
Sondaj Suyu (renk ve %)
Basınç (kg/cm2)
(1.) Beş dak. kayıp (l)
(2.) Beş dak. kayıp (l)
Toplam kayıp (l)
Lugeon
Su kaybı (l)
K (cm/s)
(1.) 15 cm için Darbe say
(2.) 15 cm için Darbe say
Toplam darbe sayısı
50 darbedeki ilerleme (cm
Taşıma gücü (kg/cm2)
Karot yüzdesi (%)
RQD (%)
Çatlak sıklığı (adet/ m)
Ayrışma derecesi
Jeolojik kesit
Tanımlama
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
(16-18)
Gri renkli
Kiltaşı
0
W3
Kiltaşı
Kumtaşı ve
kömür
bantlı.
ardalanma
(18-22)
40
—
>50
W3
Kiltaşı
Gri renkli
(22-25)
50
10
>50
W3
Kumtaşı
Kiltaşı
(25-27)
Gri renkli
ardalanma
75
25
>50
W2
Kumtaşı
Kömürlü
ardalanma
(27-30)
15
75
50
30/2
W1
Kömürlü
Kumtaşı
50
30
20
W2
KUYU SONU: 30 m

TEMEL SONDAJ LOGU

PROJE:

Yeri	: Şube önü	Başlangıç Tarihi	: 09.11.2004
Konumu	: dik	Bitiş Tarihi	: 03.11.2004
Derinliği	: 30m.	Makina Tipi	: Tone
Kotu	: 105.00	Sondör	: O.N. Yuvaşen
Koordinatları (X)	: 89 425	Sondaj Şb. Müh.	Proje İlgili Müh.
(Y)	: 96450		Gefin ALKILIÇ Jeo.Yük.Müh.
Pafta No	: F27 b1		

Sondaj No.	Sayfa No.
SK-6	1

Yeraltısuyu Durumu		
Tarih	Derinl.	Açıklama
27.12.04	2.50	
28.12.04	2.70	
29.12.04	2.85	

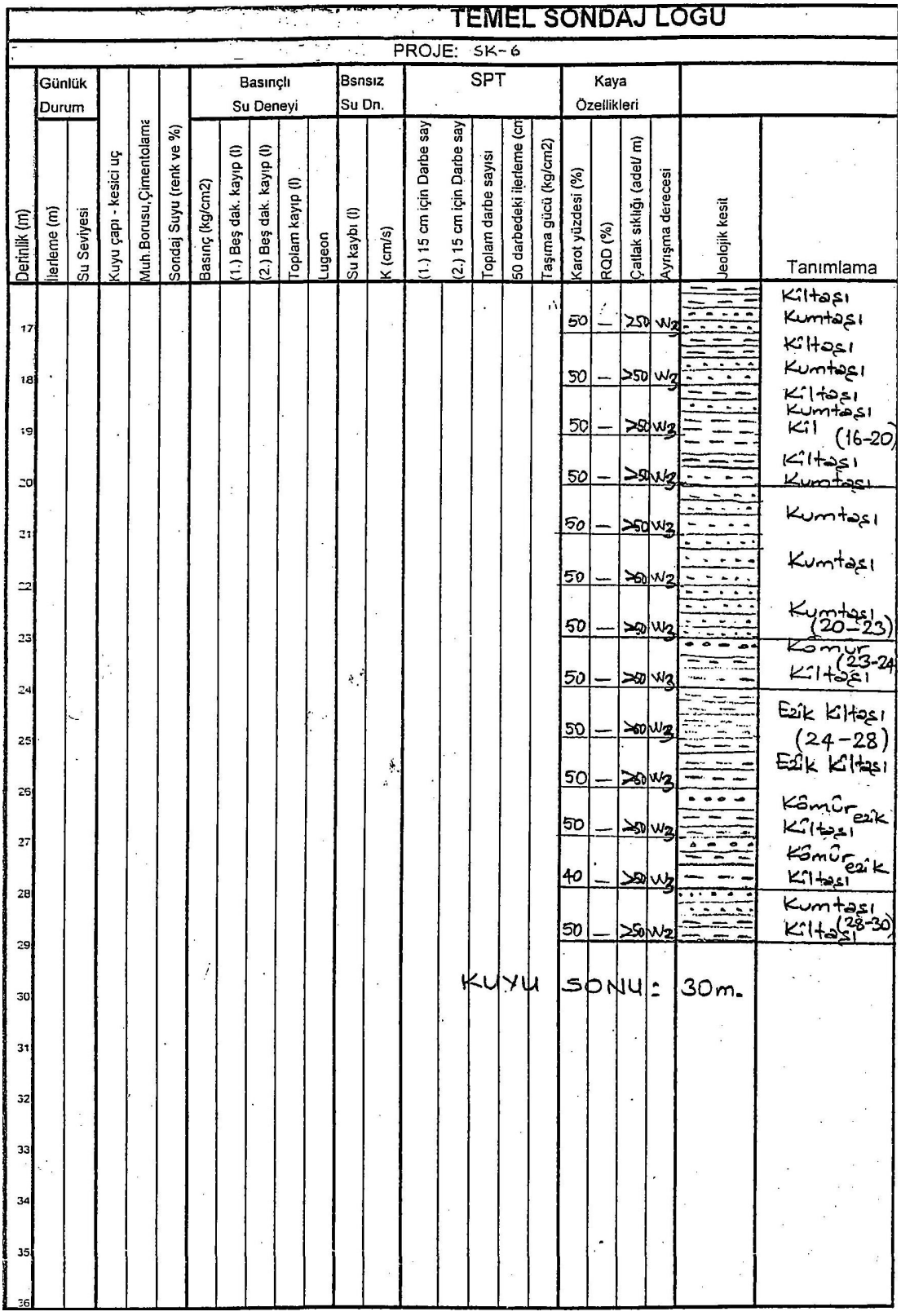
Derinlik (m)	Günlük Durum: İlerleme (m)	Günlük Durum: Su Seviyesi	Kuyu çapı - kesici uç	Muh.Borusu,Çimentolama	Sondaj Suyu (renk ve %)	Basınçlı Su Deneyi: Basınç (kg/cm2)	Basınçlı Su Deneyi: (1.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: (2.) Beş dak. kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Toplam kayıp (l)	Basınçlı Su Deneyi: Lugeon	Basınçsız Su Dn.: Su kaybı (l)	Basınçsız Su Dn.: K (cm/s)	SPT: (1.) 15 cm için Darbe say	SPT: (2.) 15 cm için Darbe say	SPT: Toplam darbe sayısı	SPT: 50 darbedeki ilerleme (cm	SPT: Taşıma gücü (kg/cm2)	Kaya Özellikleri: Karot yüzdesi (%)	Kaya Özellikleri: RQD (%)	Kaya Özellikleri: Çatlak sıklığı (adet/ m)	Kaya Özellikleri: Ayrışma derecesi	Jeolojik kesit	Tanımlama
0			66																				0.30 Beton
1																		30	P	—	W5		Kil (0-4)
2													13	14	27			30	—	—	W4		Silt ardalanma
3																							Kil Silt Sarımsı
4													20	20	40			75	—	—	W4		Kahverengi
5																							Silt Kömür
6																		50	—	—	W4		Sarımsı Kahve (4-6)
7																							Gri Kil Kömür
8																		50	—	—	W4		(6-8)
9																		50	—	—	W3		Kil (8-9.30)
10																		100	—	>50	W2		Kil 9.30 Kumtaşı (9.30-10)
11																		50	—	>50	W3		Kumtaşı (10-11)
12																		75	—	>50	W3		Kil, kömür Kiltaşı
13																		75	—	>50	W3		Kil, kum Kiltaşı
14																		75	—	>50	W3		Kil Kiltaşı
15																		75	—	>50	W3		Kil Kiltaşı
16																		50	—	>50	W3		Kil (11-16) Kiltaşı ardalanma

GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)	
<1	Geçirimsiz
1-5	Az Geçirimli
5-25	Geçirimli
>25	Çok Geçirimli

RQD (%)	
0-25	Çok Zayıf
25-50	Zayıf
50-75	Orta
75-90	İyi
90-100	Çok İyi

AYRIŞMA DERECESİ (W)	
W1	Taze (Ayrışmamış)
W2	Az Ayrışmış
W3	Orta Derecede Ayrışmış
W4	Çok Ayrışmış
W5	Tamamen Ayrışmış

ÇATLAK SIKLIĞI (Adet/m)	
<1	Masif
1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı
3-10	Kırıklı
10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı
>50	Parçalanmış

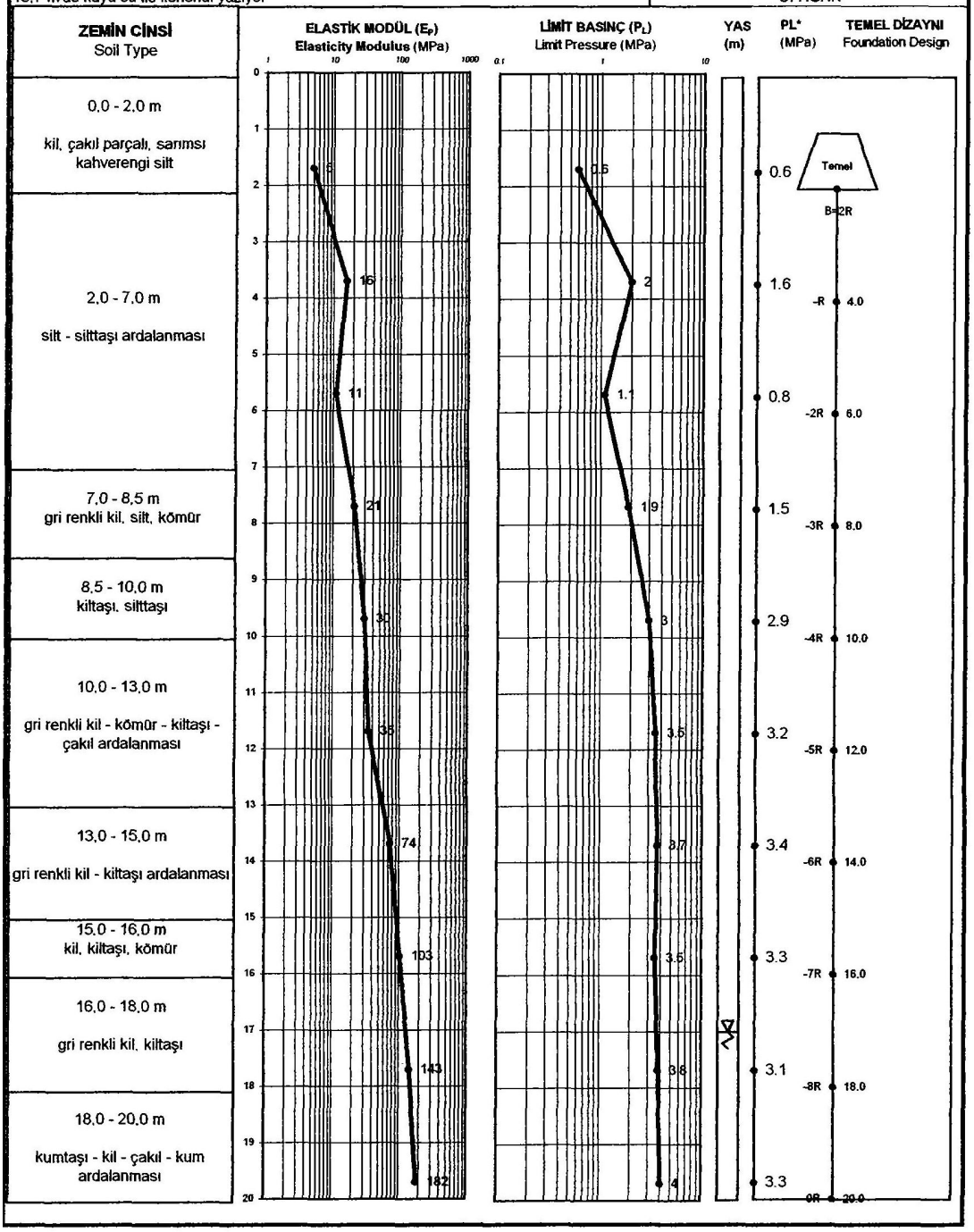

TEMEL SONDAJ LOGU
PROJE: SK-6
Günlük Durum
Basınçlı Su Deneyi
Bsnsız Su Dn.
SPT
Kaya Özellikleri
Derinlik (m)
İlerleme (m)
Su Seviyesi
Kuyu çapı - kesici uç
Muh.Borusu,Çimentolama
Sondaj Suyu (renk ve %)
Basınç (kg/cm2)
(1.) Beş dak. kayıp (l)
(2.) Beş dak. kayıp (l)
Toplam kayıp (l)
Lugeon
Su kaybı (l)
K (cm/s)
(1.) 15 cm için Darbe say
(2.) 15 cm için Darbe say
Toplam darbe sayısı
50 darbedeki ilerleme (cm
Taşıma gücü (kg/cm2)
Karot yüzdesi (%)
RQD (%)
Çatlak sıklığı (adet/ m)
Ayrışma derecesi
Jeolojik kesit
Tanımlama
Kiltaşı
Kumtaşı
Kiltaşı
Kumtaşı
Kiltaşı
Kumtaşı
Kil (16-20)
Kiltaşı
Kumtaşı
Kumtaşı
Kumtaşı
Kumtaşı
Kumtaşı (20-23)
Kömür (23-24)
Kiltaşı
Ezik Kiltaşı (24-28)
Ezik Kiltaşı
Kömür ezik
Kiltaşı
Kömür ezik
Kiltaşı
Kumtaşı
Kiltaşı (28-30)
KUYU SONU: 30m.

EK-3

PRESİYOMETRE DENEY LOGLARI

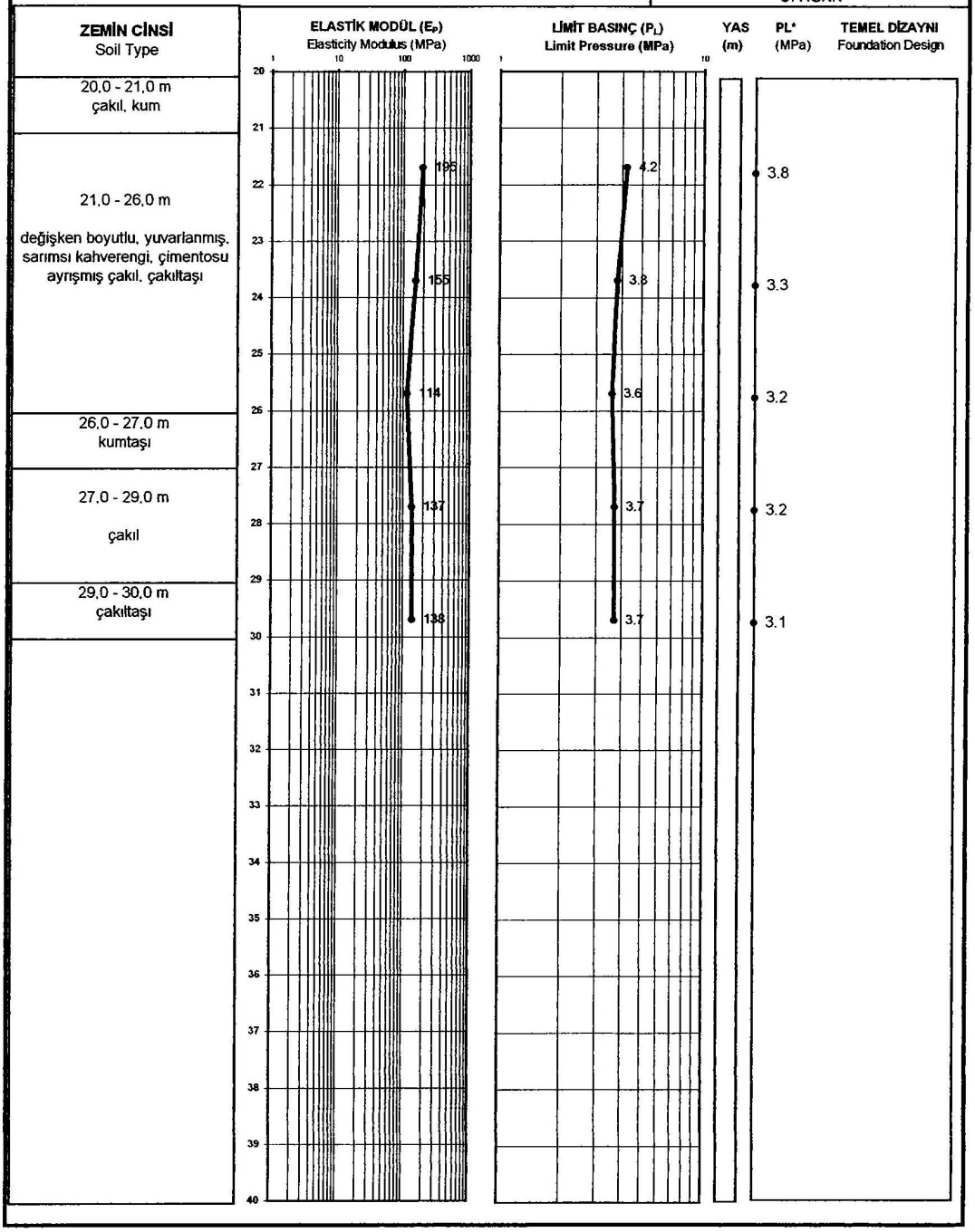
PRESSİOMETRE DENEY LOGU
Pressuremeter Test Log

PROJE ADI / Project Name	KUYU NO / Borehole No	TARİH / Date
ZONGULDAK 212. Şb.Müd.	SK-1	12-19.10.2004
DENEY YERİ / Location	**YAS / Gwl (m)**	**TEKNİSYEN / Technician**
SK-1, Yeni misafirhane önü	17.00	D. ÇİÇEK
DÜŞÜNCELER / Remarks		***KONTROL / Supervisor***
15,7 m'de kuyu su ile ilerlendi yazıyor		C. AĞAN



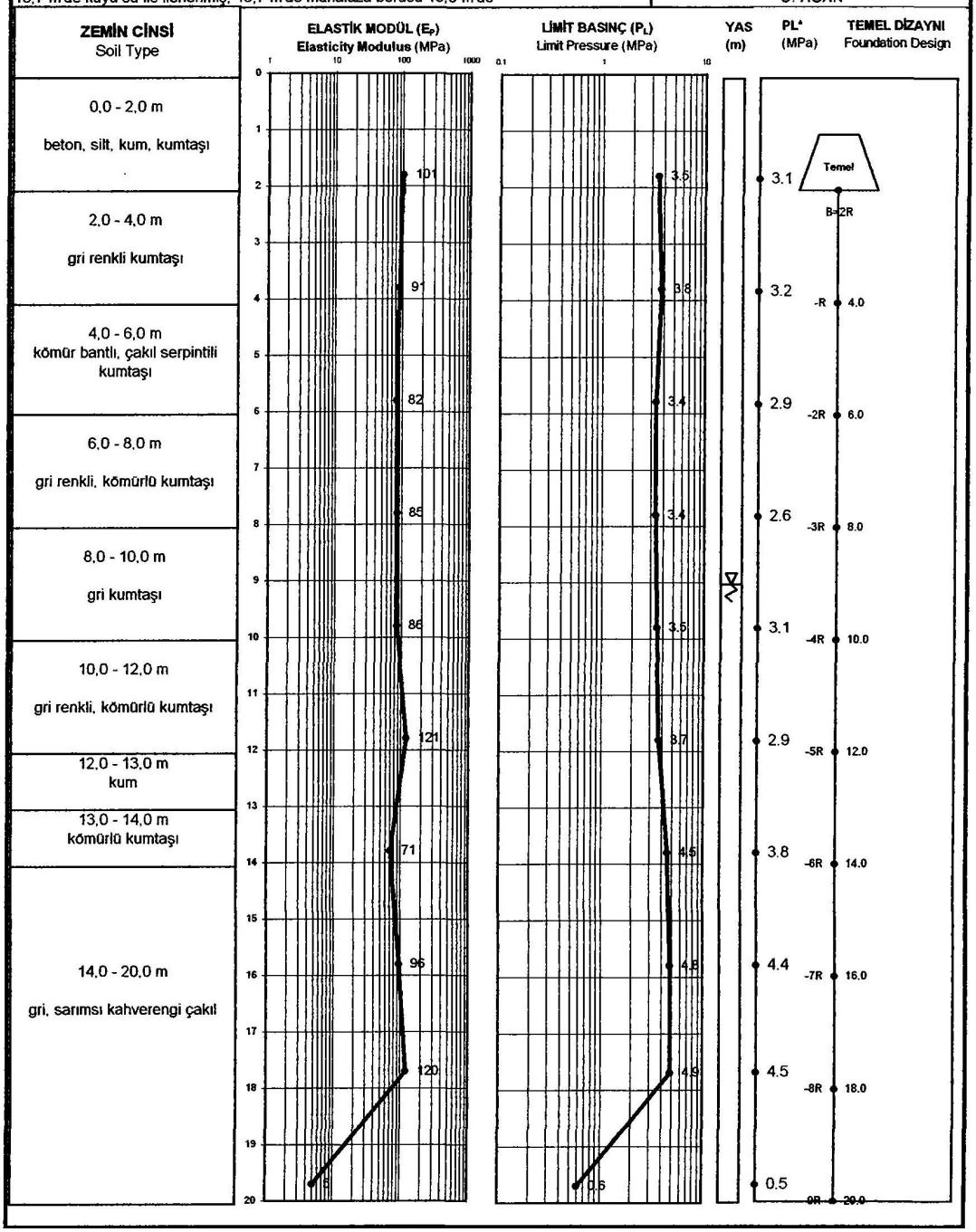
PRESSİOMETRE DENEY LOGU
Pressuremeter Test Log

PROJE ADI / Project Name	KUYU NO / Borehole No	TARİH / Date
ZONGULDAK 212. Şb.Müd.	SK-1	12-19.10.2004
DENEY YERİ / Location	**YAS / Gwl (m)**	**TEKNİSYEN / Technician**
SK-1, Yeni misafirhane önü	17.00	D. ÇİÇEK
DÜŞÜNCELER / Remarks		**KONTROL / Supervisor**
		C. AĞAN



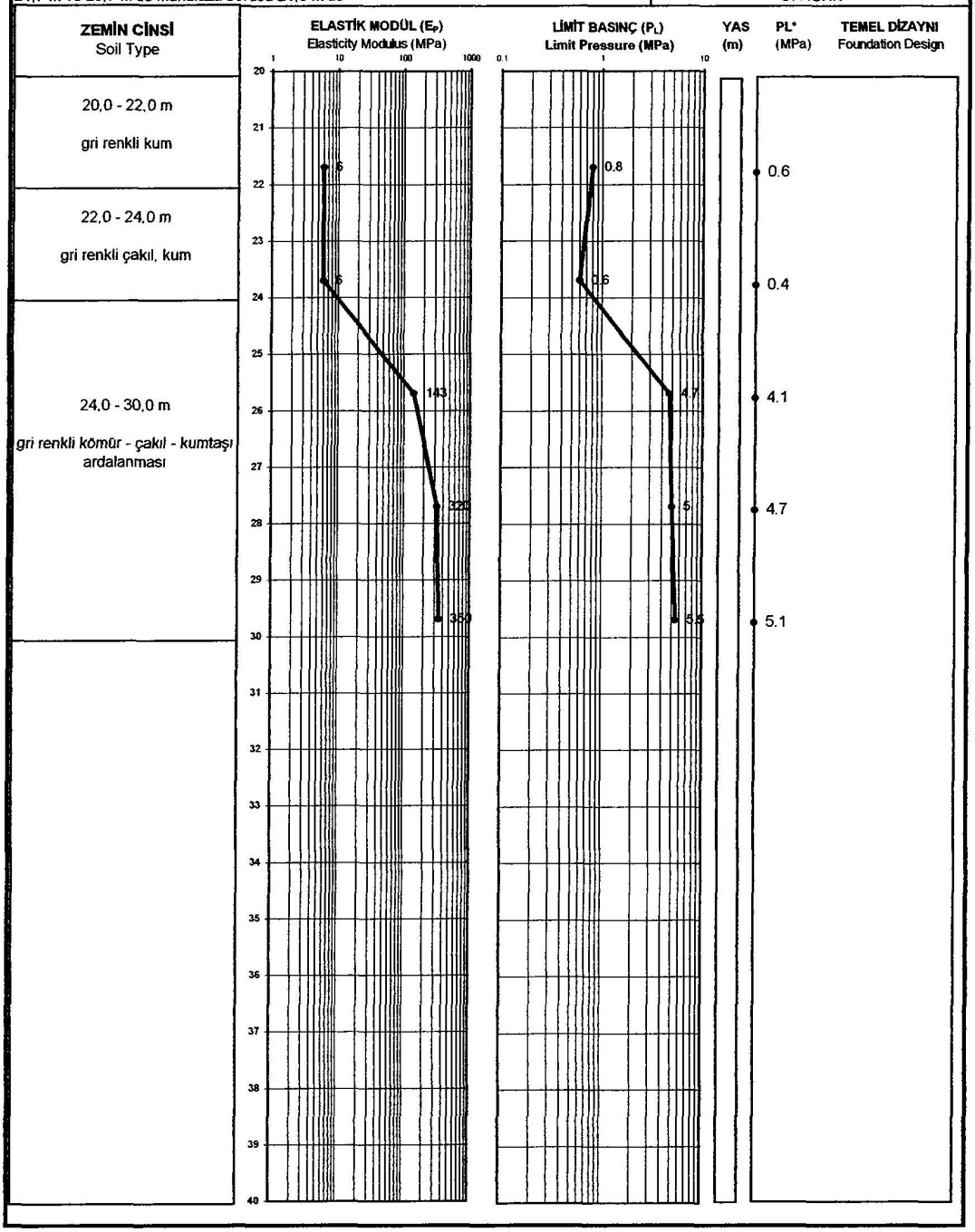
PRESSİOMETRE DENEY LOGU
Pressuremeter Test Log

PROJE ADI / Project Name	KUYU NO / Borehole No	TARİH / Date
ZONGULDAK 212. Şb.Müd.	SK-2	12.10.2004 - 03.12.2004
DENEY YERİ / Location	**YAS / Gwl (m)**	**TEKNİSYEN / Technician**
SK-2, Büyük lojman arkası	9.00	S. ÖLMEZ - D. ASLAN
DÜŞÜNCELER / Remarks		**KONTROL / Supervisor**
15,7 m'de kuyu su ile ilerlenmiş. 19,7 m'de muhafaza borusu 18,0 m'de		C. AĞAN



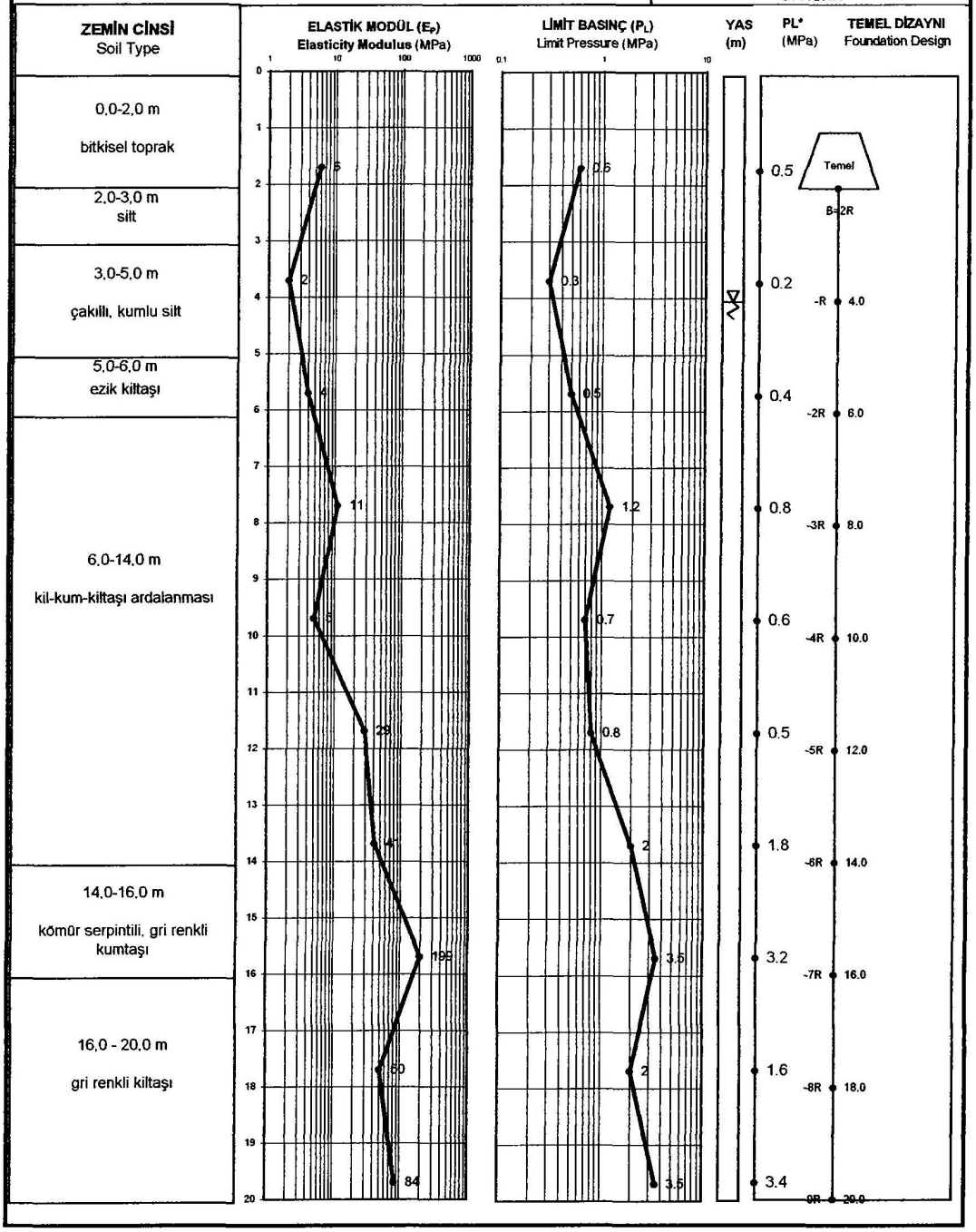
PRESSİOMETRE DENEY LOGU
Pressuremeter Test Log

PROJE ADI / Project Name	KUYU NO / Borehole No	TARİH / Date
ZONGULDAK 212. Şb.Müd.	SK-2	12.10.2004 - 03.12.2004
DENEY YERİ / Location	**YAS / Gwl (m)**	**TEKNİSYEN / Technician**
SK-2, Büyük lojman arkası	9.00	S. ÖLMEZ - D. ASLAN
DÜŞÜNCELER / Remarks		**KONTROL / Supervisor**
21,7 m ve 23,7 m'de muhafaza borusu 21,0 m'de		C. AĞAN



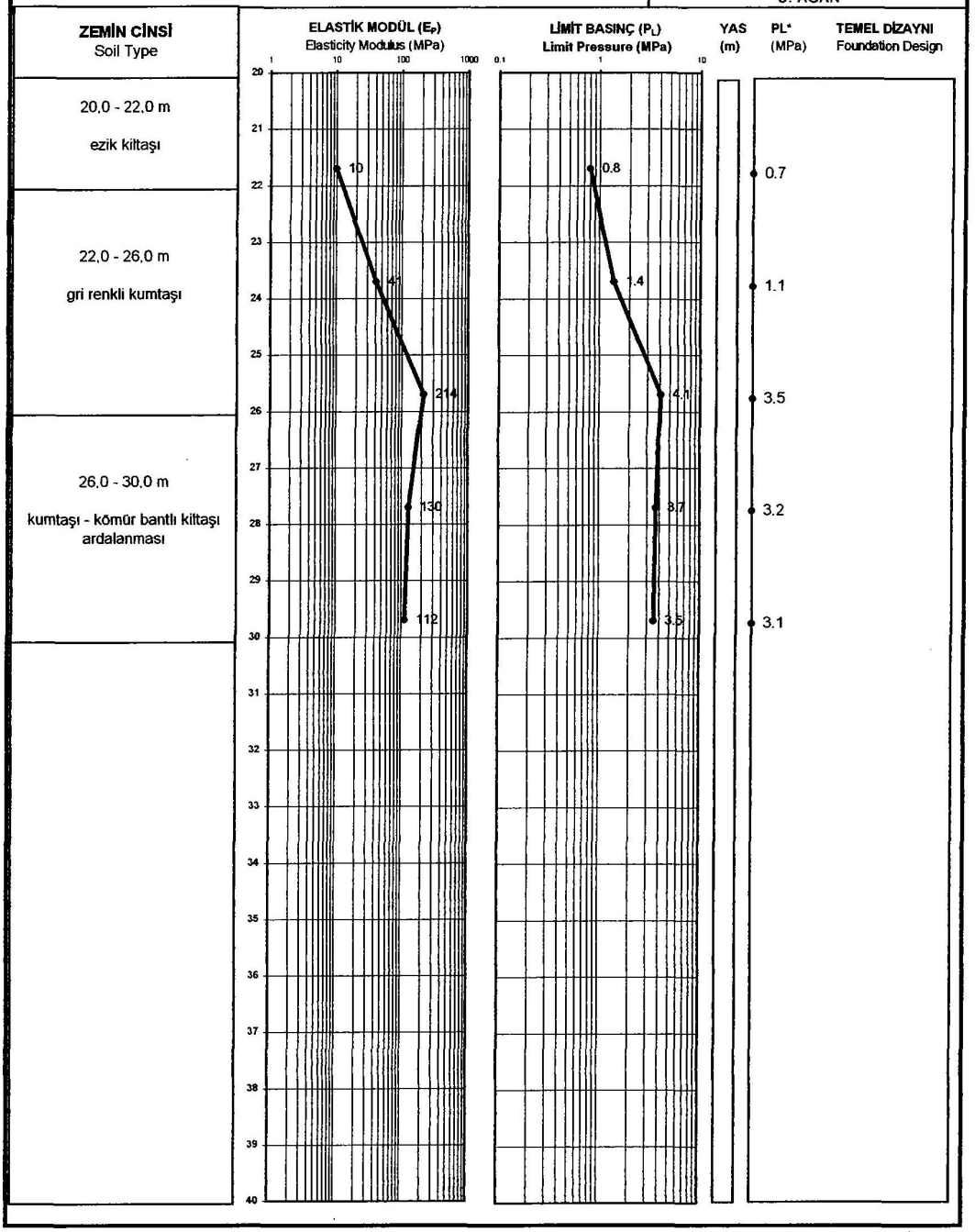
PRESSİOMETRE DENEY LOGU
Pressuremeter Test Log

PROJE ADI / Project Name	KUYU NO / Borehole No	TARİH / Date
ZONGULDAK 212. Şb.Müd.	SK-3	31.10.2004 - 06.11.2004
DENEY YERİ / Location	**YAS / Gwl (m)**	**TEKNİSYEN / Technician**
SK-3, Küçük lojman önü	4.00	F. ÇALIŞKAN
DÜŞÜNCELER / Remarks		**KONTROL / Supervisor**
-		C. AĞAN



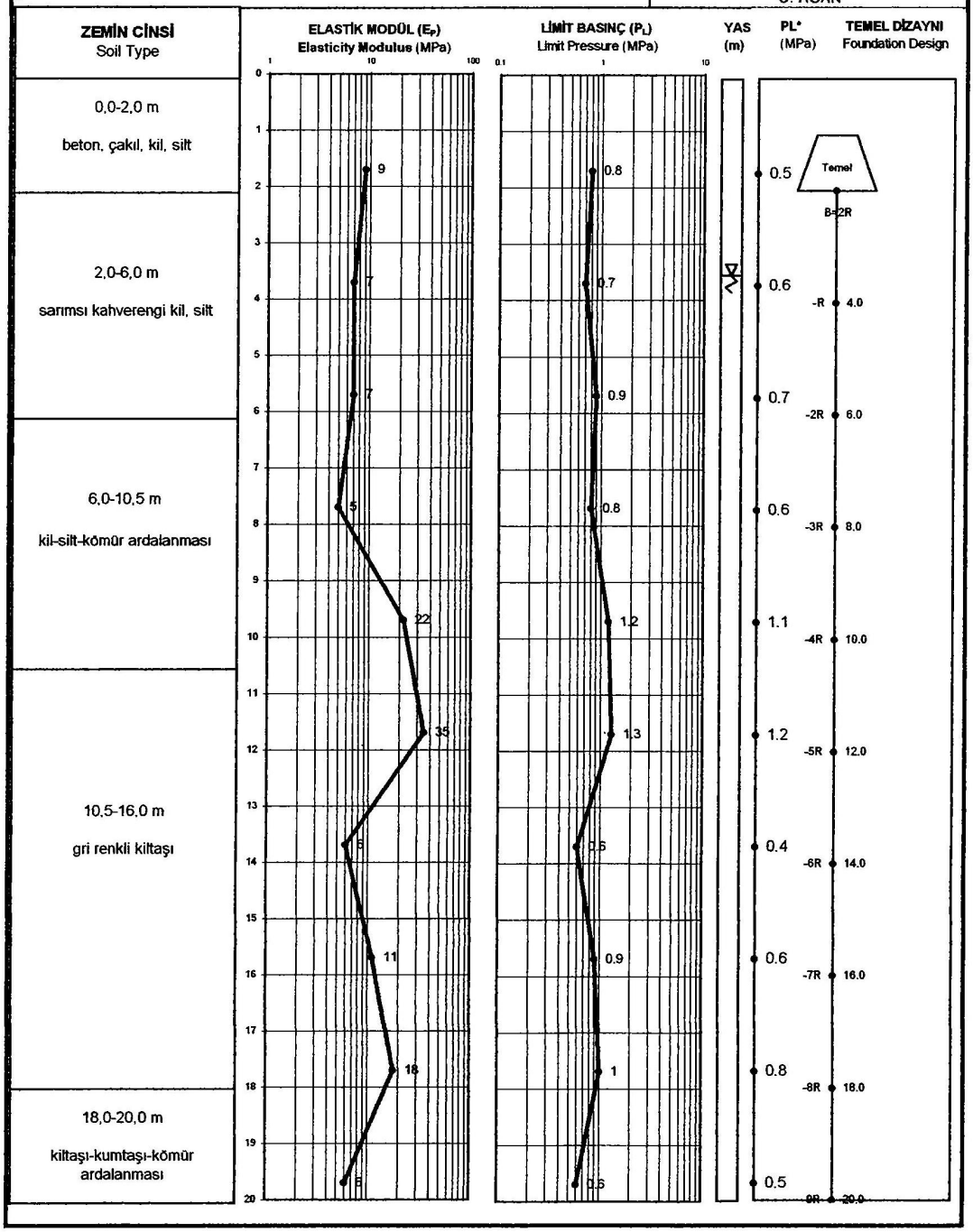
PRESSİOMETRE DENEY LOGU
Pressuremeter Test Log

PROJE ADI / Project Name	KUYU NO / Borehole No	TARİH / Date
ZONGULDAK 212. Şb.Müd.	SK-3	31.10.2004 - 06.11.2004
DENEY YERİ / Location	**YAS / Gwl (m)**	**TEKNİSYEN / Technician**
SK-3, Küçük lojman önü	4.00	F. ÇALIŞKAN
DÜŞÜNCELER / Remarks		**KONTROL / Supervisor**
-		C. AĞAN



PRESSİOMETRE DENEY LOGU
Pressuremeter Test Log

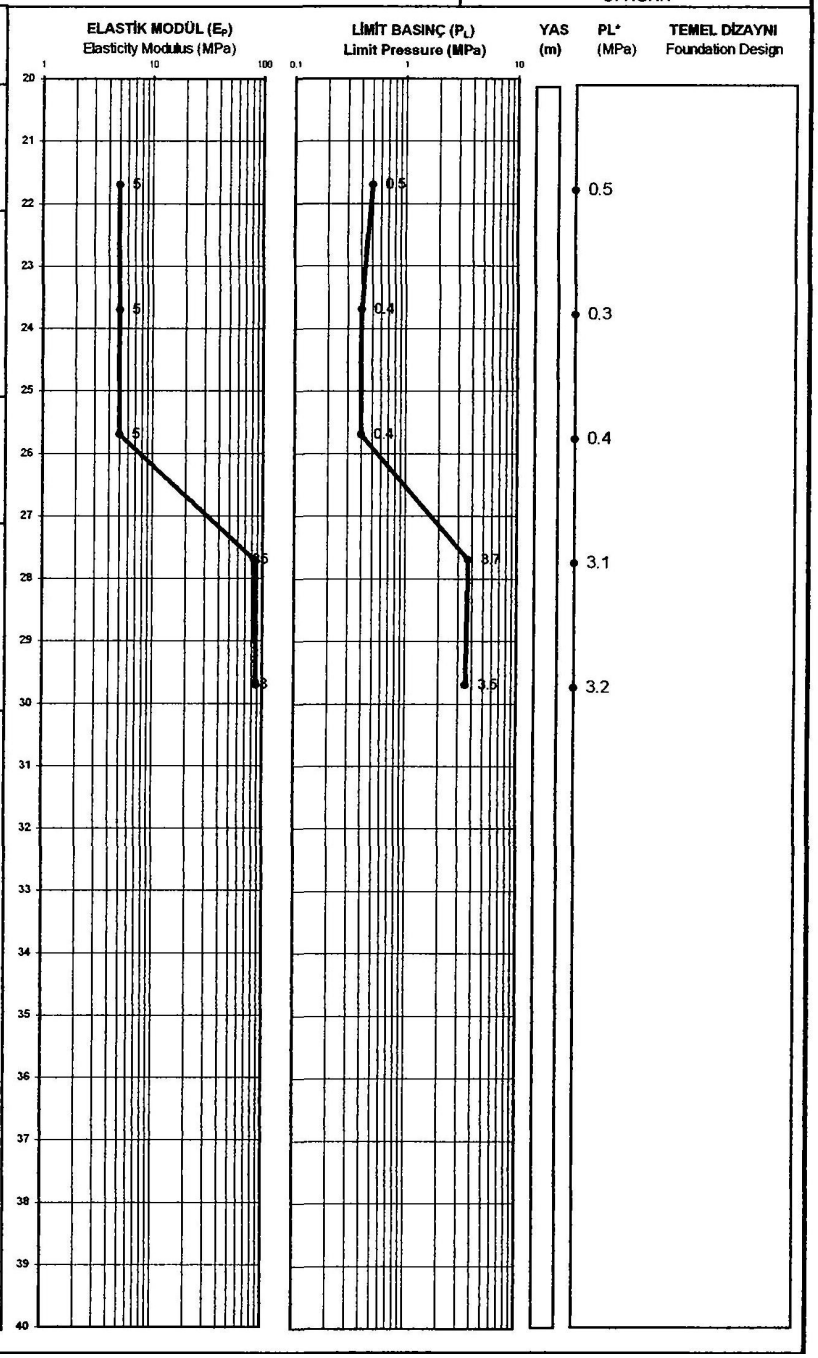
PROJE ADI / Project Name	KUYU NO / Borehole No	TARİH / Date
ZONGULDAK 212. Şb.Müd.	SK-4	01-07.11.2004
DENEY YERİ / Location	**YAS / Gwl (m)**	**TEKNİSYEN / Technician**
SK-4, Atölye önü	3.50	F. ÇALIŞKAN
DÜŞÜNCELER / Remarks		**KONTROL / Supervisor**
-		C. AĞAN



PRESSİOMETRE DENEY LOGU
Pressuremeter Test Log

PROJE ADI / Project Name	KUYU NO / Borehole No	TARİH / Date
ZONGULDAK 212. Şb.Müd.	SK-4	01-07.11.2004
DENEY YERİ / Location	**YAS / Gwl (m)**	**TEKNİSYEN / Technician**
SK-4, Atölye önü	3.50	F. ÇALIŞKAN
DÜŞÜNCELER / Remarks		**KONTROL / Supervisor**
-		C. AĞAN

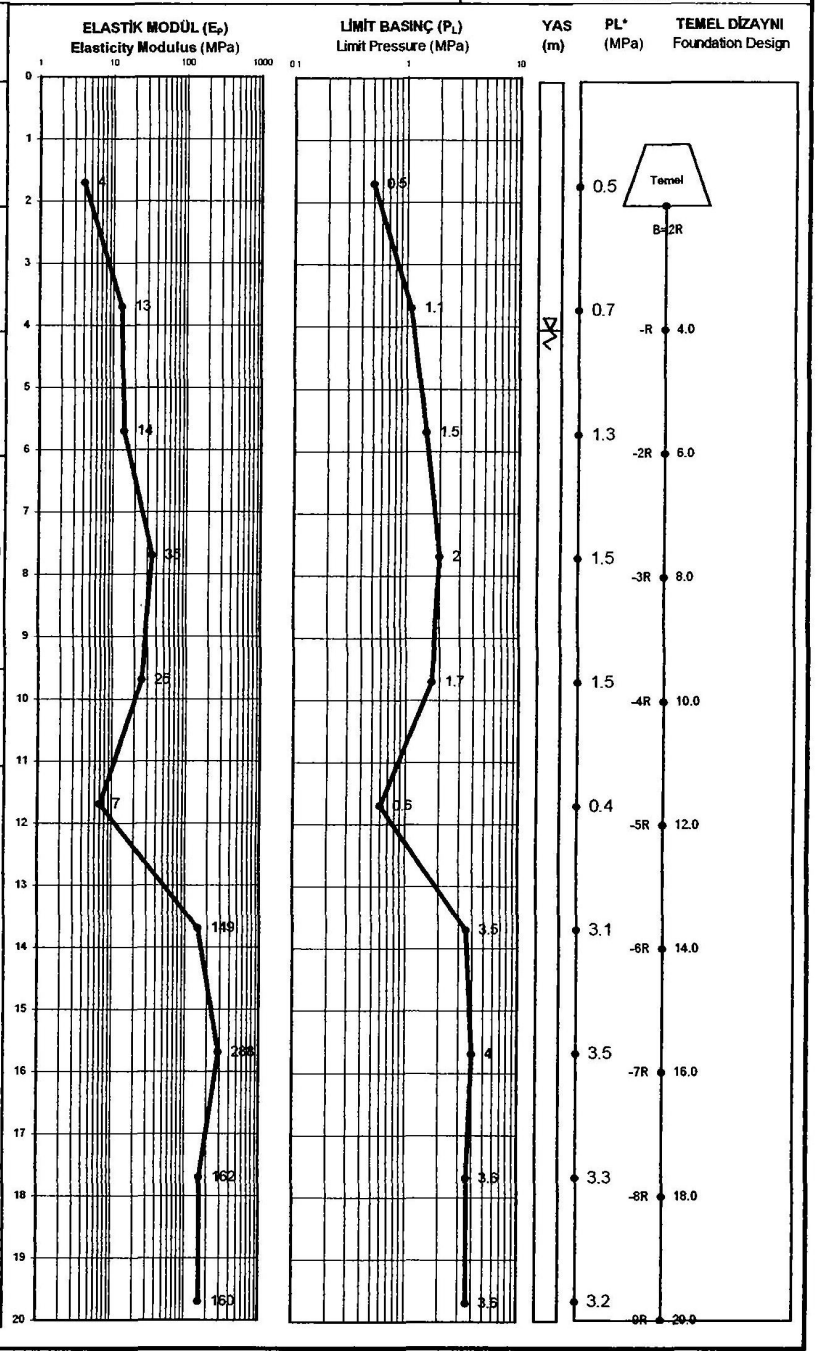
ZEMİN CİNSİ Soil Type
20,0-22,0 m kiltaşı-kumtaşı-kömür ardalanması
22,0-25,0 m gri renkli kiltaşı
25,0-27,0 m kumtaşı-kiltaşı ardalanması
27,0-30,0 m kumtaşı-kömür ardalanması



PRESSİOMETRE DENEY LOGU
Pressuremeter Test Log

PROJE ADI / Project Name	KUYU NO / Borehole No	TARİH / Date
ZONGULDAK 212. Şb.Müd.	SK-5	12-27.10.2004
DENEY YERİ / Location	**YAS / Gwl (m)**	**TEKNİSYEN / Technician**
SK-5, Ambar önü	4.00	D. ÇİÇEK
DÜŞÜNCELER / Remarks		**KONTROL / Supervisor**
7,7 m'de kuyu genişlemiştir		C. AĞAN

ZEMİN CİNSİ Soil Type
0,0-2,0 m beton, kumtaşı, silt, çakıl
2,0-4,0 m silt, çakıl, kum
4,0-6,0 m gri renkli kil, kiltaşı
6,0-9,5 m kil-silt-kiltaşı-silttaşı ardalanması
9,5-11,0 m kömürlü kil, kil
11,0-18,5 m kömür, kil, kiltaşı-kumtaşı ardalanması
18,5-20,0 m gri renkli kiltaşı



PRESSİOMETRE DENEY LOGU
Pressuremeter Test Log

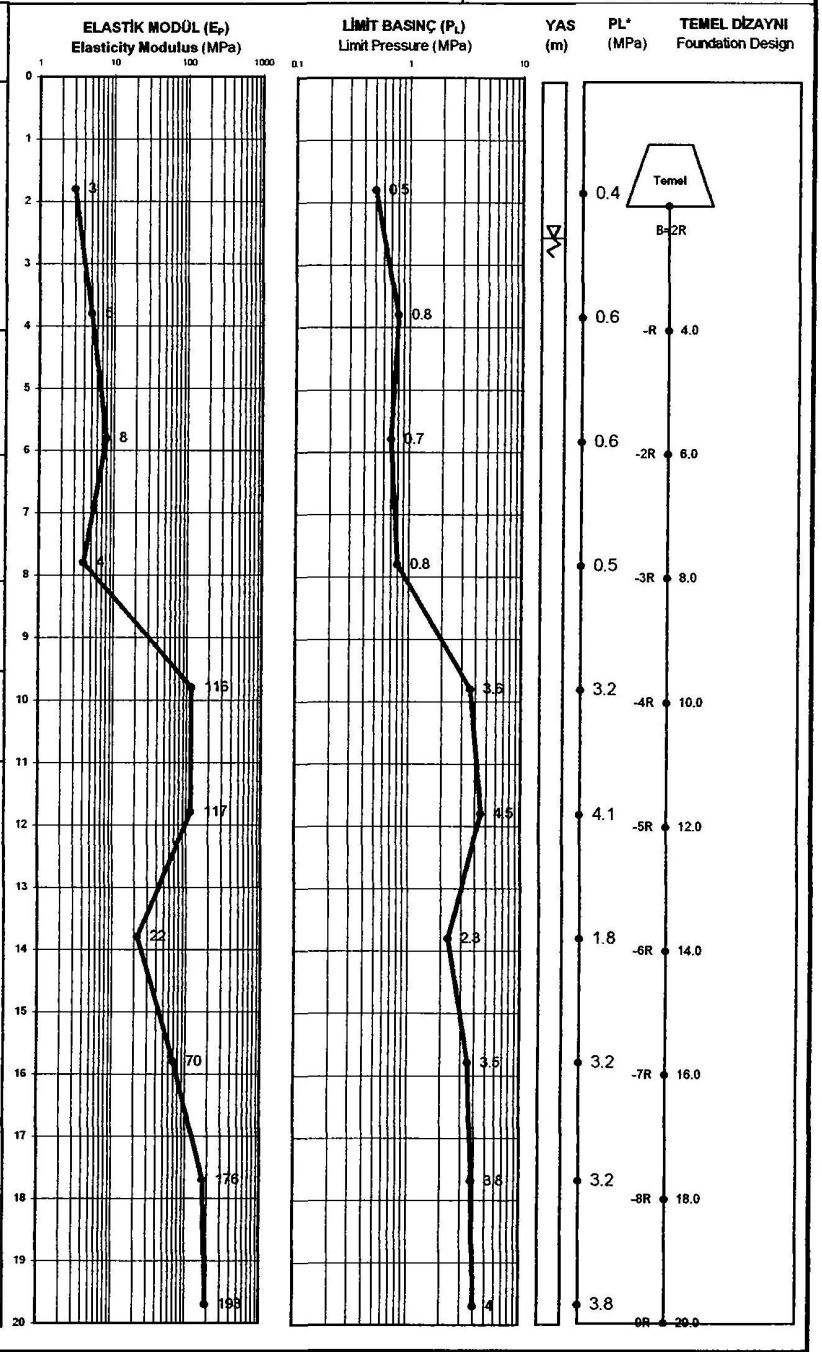
PROJE ADI / Project Name	KUYU NO / Borehole No	TARİH / Date
ZONGULDAK 212. Şb.Müd.	SK-5	12-27.10.2004
DENEY YERİ / Location	**YAS / Gwl (m)**	**TEKNİSYEN / Technician**
SK-5, Ambar önü	4.00	D. ÇİÇEK
DÜŞÜNCELER / Remarks		**KONTROL / Supervisor**
25,7 m'de prop patlamış, 29,7 m'de kuyuda yıkıntı olmuştur		C. AĞAN

ZEMİN CİNSİ Soil Type	ELASTİK MODÜL (E_P) Elasticity Modulus (MPa)	LİMİT BASINÇ (P_L) Limit Pressure (MPa)	YAS (m)	PL* (MPa)	TEMEL DİZAYNI Foundation Design
20,0-22,0 m ezik kiltaşı	95	3.5		3.0	
22,0-24,0 m gri renkli, kömür bantlı kumtaşı	118	3.8		3.2	
24,0-30,0 m kumtaşı-kiltaşı-kömür ardalanması	109	3.6		3.1	
	103	3.5		2.9	
	104	3.5		2.9	

PRESSİOMETRE DENEY LOGU
Pressuremeter Test Log

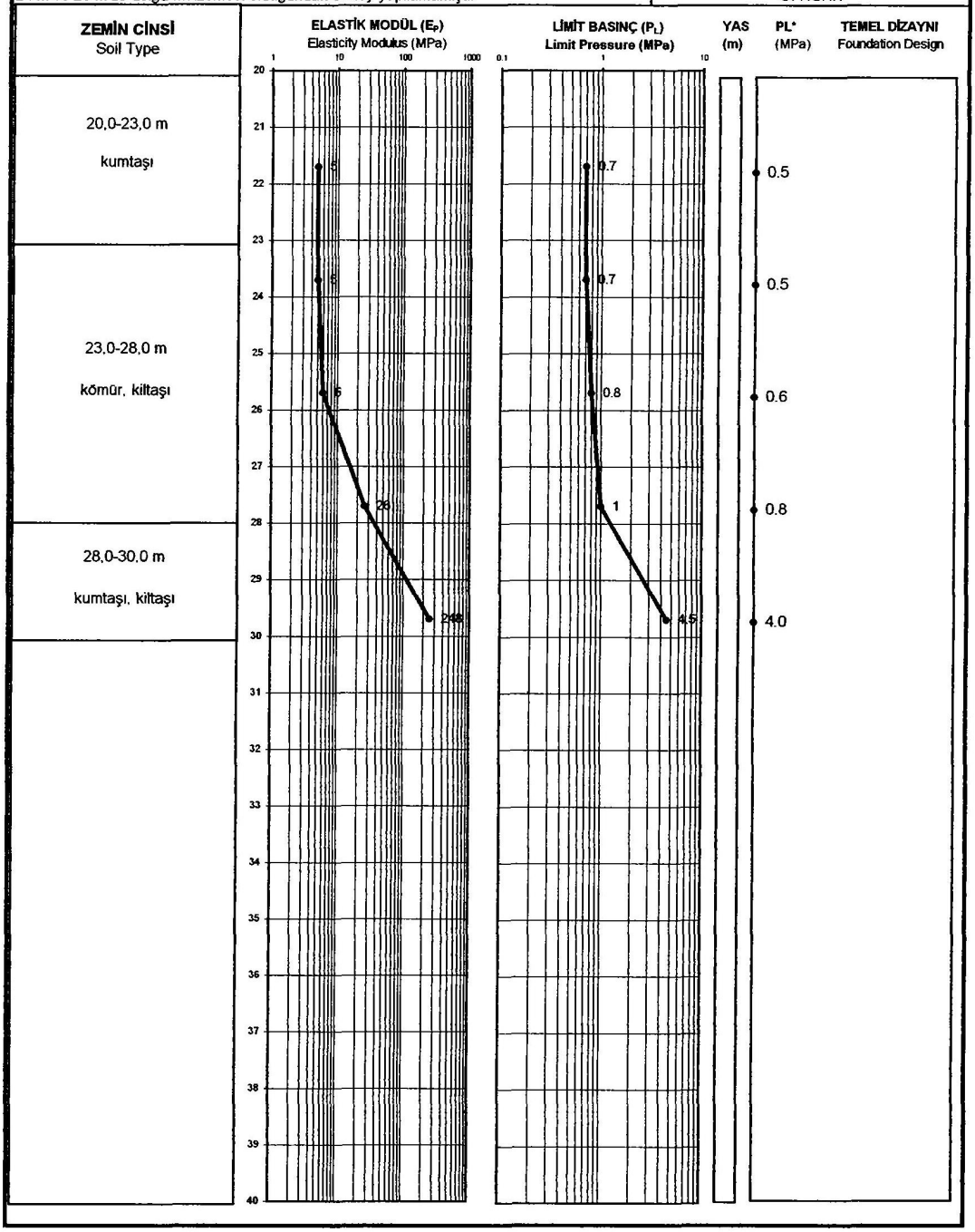
PROJE ADI / Project Name	KUYU NO / Borehole No	TARİH / Date
ZONGULDAK 212. Şb.Müd.	SK-6	09.11.2004 - 02.12.2004
DENEY YERİ / Location	**YAS / Gwl (m)**	**TEKNİSYEN / Technician**
SK-6, Şube önü	2.50	S. ÖLMEZ - D. ARSLAN
DÜŞÜNCELER / Remarks		**KONTROL / Supervisor**
-		C. AĞAN

ZEMİN CİNSİ Soil Type
0.0-4.0 m beton, kil, sarımsı kahverengi silt ardalanması
4.0-6.0 m sarımsı kahve silt, kömür
6.0-8.0 m gri kil, kömür
8.0-9.5 m kil
9.5-11.0 m kumtaşı
11.0-20.0 m kiltaşı, kumtaşı



PRESSİOMETRE DENEY LOGU
Pressuremeter Test Log

PROJE ADI / Project Name	KUYU NO / Borehole No	TARİH / Date
ZONGULDAK 212. Şb.Müd.	SK-6	09.11.2004 - 02.12.2004
DENEY YERİ / Location	**YAS / Gwl (m)**	**TEKNİSYEN / Technician**
SK-6, Şube önü	2.50	S. ÖLMEZ - D. ARSLAN
DÜŞÜNCELER / Remarks		**KONTROL / Supervisor**
24 m ve 26 m'de dolgu malzemesi oldugundan deney yapılamamıştır		C. AĞAN



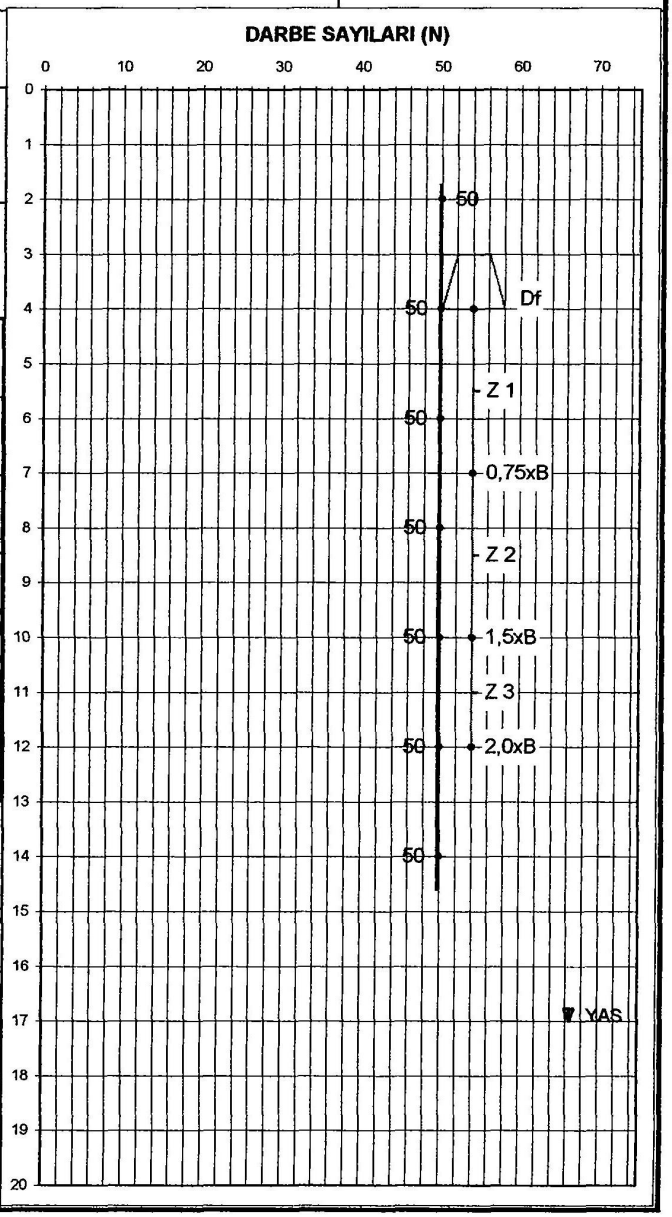
EK-4

SPT DENEY LOGLARI

SPT DENEY LOGU

PROJE ADI: Zonguldak	**KUYU NO :** SK-1	**TARİH:** 27.10.2004
D. YERİ: Yeni misafirhane önü	**YAS (m) :** 17.00	**D. YAPAN:** - -
DÜŞÜNCELER -		**K. EDEN:** C. AĞAN

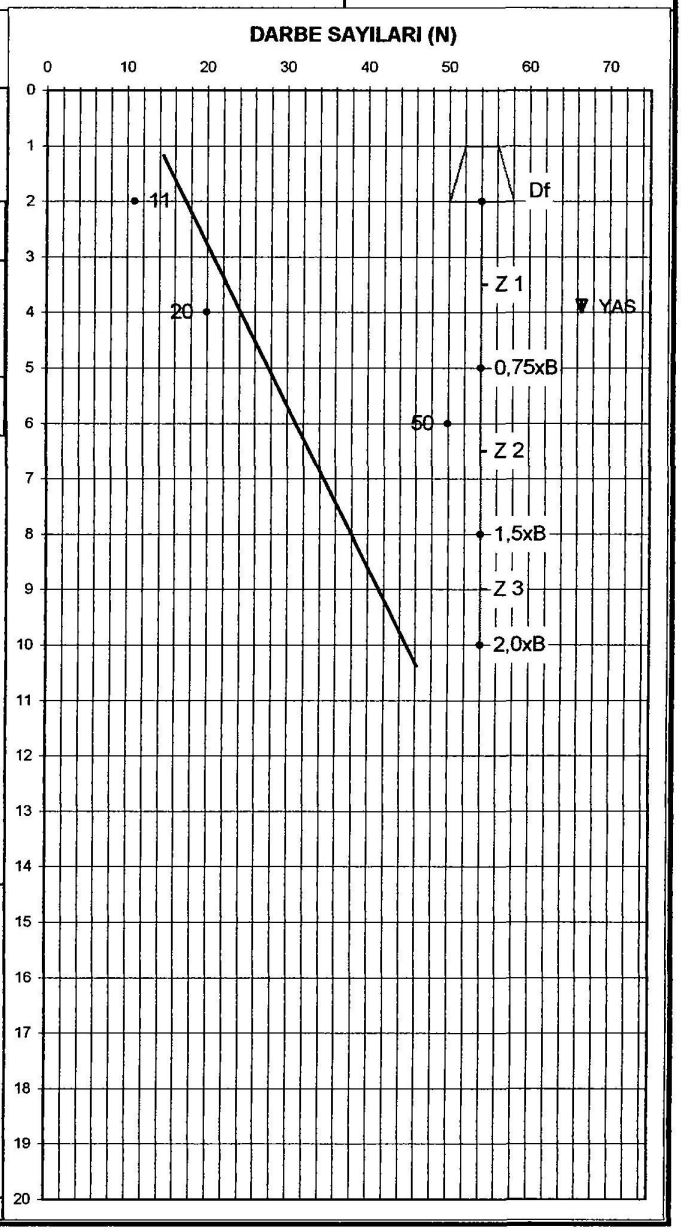
ZEMİN CİNSİ
0,0 - 2,0 m kil, çakıl parçalı, sarımsı kahverengi silt
2,0 - 4,0 m silt-silttaşı ardalanması
4,0 - 5,5 m silt
5,5 - 7,0 m silt-silttaşı ardalanması
7,0 - 8,5 m gri renkli kil, silt, kömür
8,5 - 10,0 m kiltaşı, silttaşı
10,0 - 13,0 m gri renkli kil-kömür-kiltaşı-çakıl ardalanması
13,0 - 15,0 m gri renkli kil-kiltaşı ardalanması



SPT DENEY LOGU

PROJE ADI: Zonguldak	**KUYU NO :** SK-3	**TARİH:** 08.11.2004
D. YERİ: Küçük lojman önü	**YAS (m) :** 4.00	**D. YAPAN:** -
DÜŞÜNCELER -		**K. EDEN:** C. AĞAN

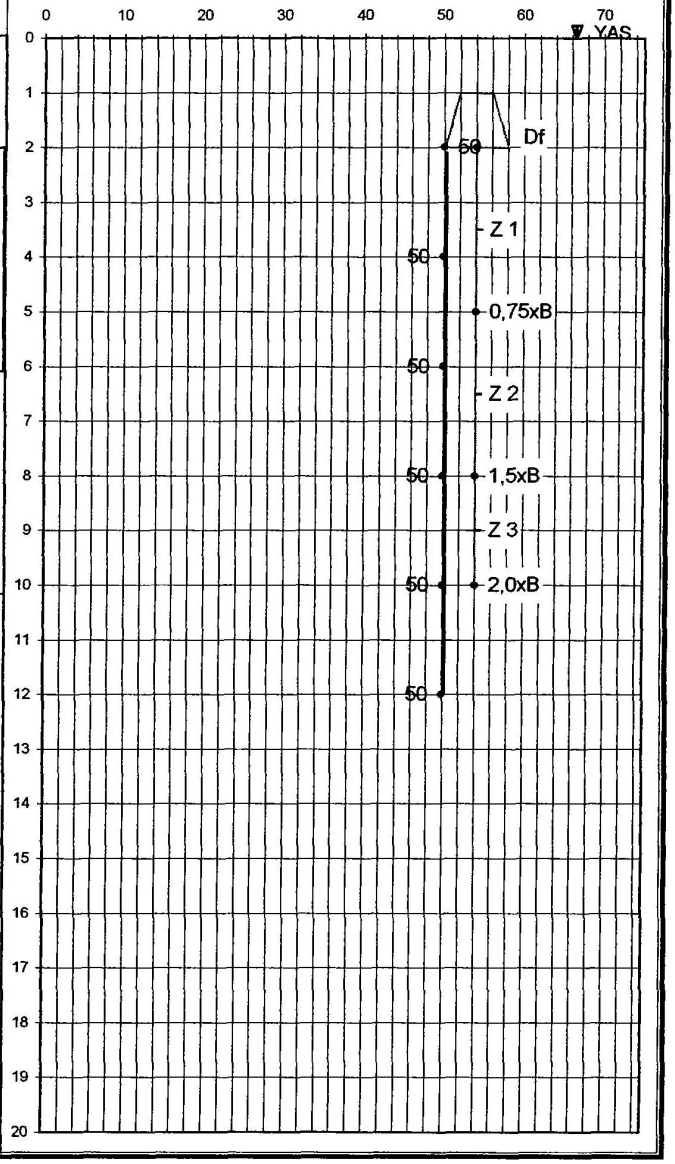
ZEMİN CİNSİ
0,0 - 2,0 m bitkisel toprak
2,0 - 3,0 m silt
3,0 - 5,0 m çakıllı, kumlu silt
5,0 - 6,0 m ezik kiltaşı



SPT DENEY LOGU

PROJE ADI: Zonguldak	**KUYU NO :** SK-4	**TARİH:** 27.10.2004
D. YERİ: Atölye önü	**YAS (m) :** 3,5	**D. YAPAN:** - -
DÜŞÜNCELER -		**K. EDEN:** C. AĞAN

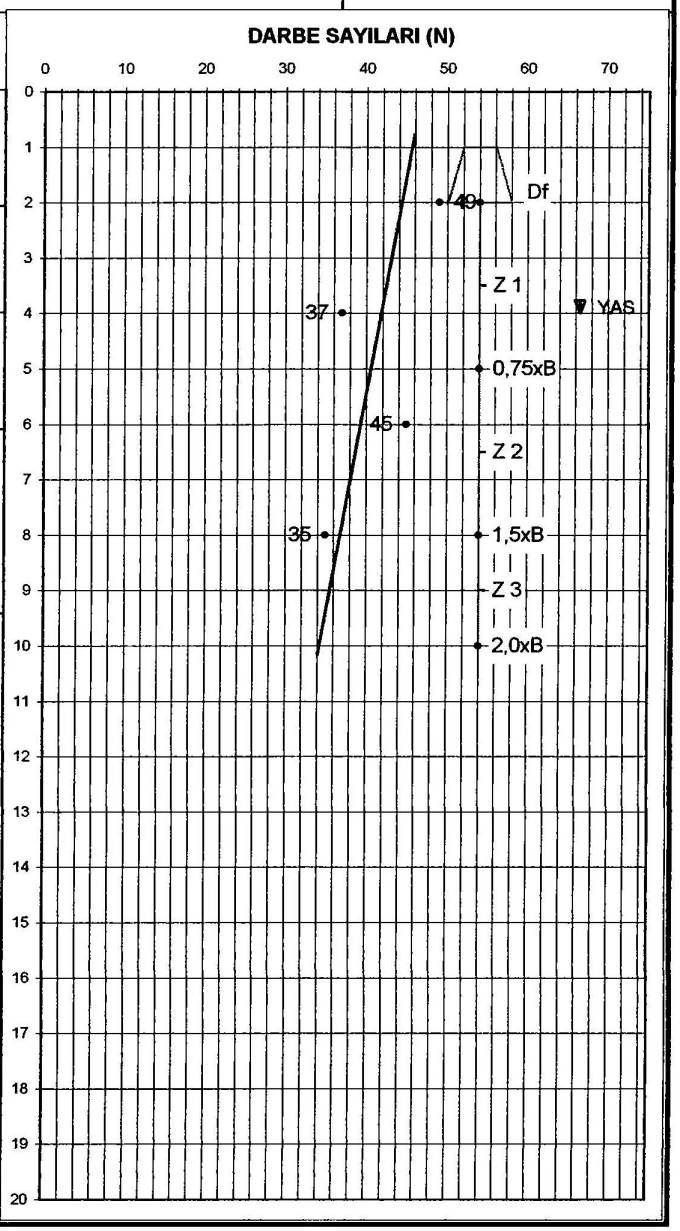
ZEMİN CİNSİ	DARBE SAYILARI (N)
0,0 - 2,0 m beton, çakıl, kil, silt	
2,0 - 6,0 m sarımsı kahverengi kil, silt	
6,0 - 10,5 m kil-silt-kömür ardalanması	
10,5 - 18,0 m gri renkli kiltaşı	



SPT DENEY LOGU

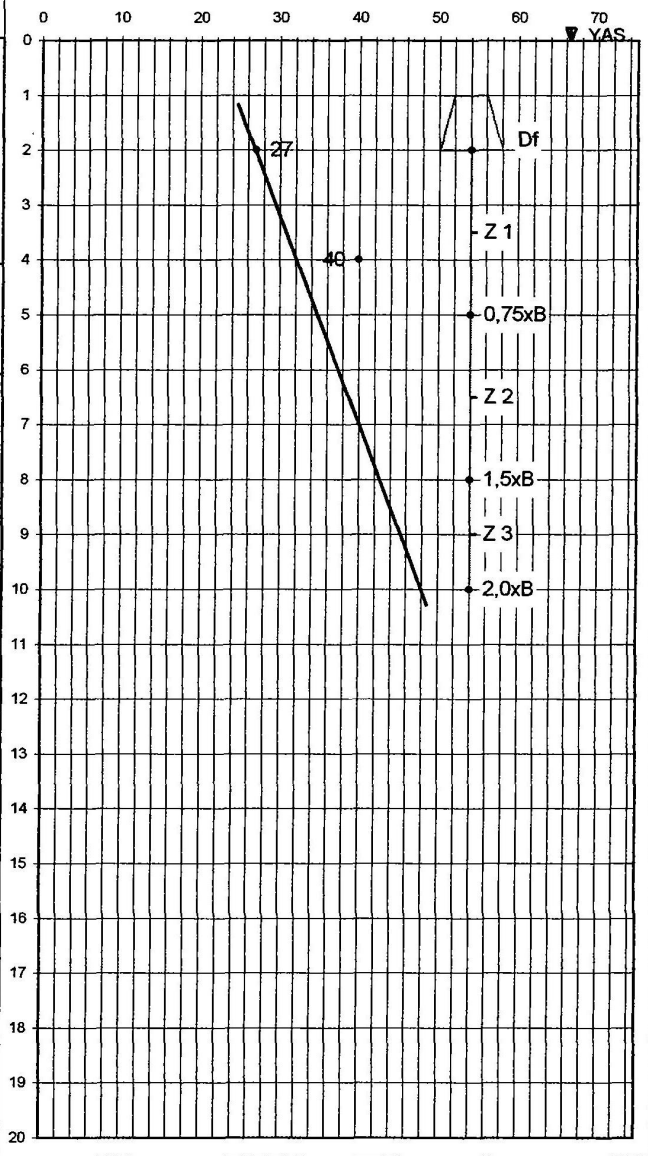
PROJE ADI: Zonguldak	**KUYU NO :** SK-5	**TARİH:** 08.11.2004
D. YERİ: Ambar önü	**YAS (m) :** 4.00	**D. YAPAN:** -
DÜŞÜNCELER -		**K. EDEN:** C. AĞAN

ZEMİN CİNSİ
0,0 - 2,0 m beton, kumtaşı, silt, çakıl
2,0 - 4,0 m silt, çakıl, kum
4,0 - 6,0 m gri renkli kil, kiltaşı
6,0 - 9,5 m gri renkli kil, kiltaşı



SPT DENEY LOGU

PROJE ADI: Zonguldak	**KUYU NO :** SK-6	**TARİH:** 03.11.2004
D. YERİ: Şube önü	**YAS (m) :** 2,5	**D. YAPAN:** - -
DÜŞÜNCELER -		**K. EDEN:** C. AĞAN

ZEMİN CİNSİ	DARBE SAYILARI (N)
0,0 - 4,0 m beton, kil, sarımsı kahverengi silt ardalanması	
4,0 - 6,0 m sarımsı kahverengi silt, kömür	