

UYGULAMALI ZEMİN BİLİMLERİ DERGİSİ

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ YAYIN ORGANIDIR

CİLT: 15, SAYI: 1

HAZİRAN 2016

VOL15, NO: 1 JUNE 2016

KENTSEL DÖNÜŞÜM KAPSAMINDA YAPI SAĞLAMLIK TESTLERİNİN UYGULANMASI VE BU TESTLERDE JEOFİZİK METODLARININ YERİ

Under the Urban Transformation Implementation of Construction Strength Tests and the Place of Geophysical Methods These Tests

Hicran BOZKURT, İsmail Talih GÜVEN, Cengiz KURTULUŞ1

SONDAJA DAYALI ZEMİN VE TEMEL ETÜT RAPORLARINDA KARŞILAŞILAN JEOTEKNİK SORUNLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Assessment of Geotechnical Problems in Soil and Fundamental Investigation Reports Based on The Borehole

Süleyman DALGIÇ, İbrahim KUŞÇU, Mehmet TURGUT33

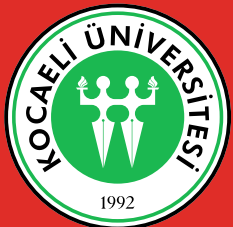
KAŞKARI (KUZEY AFGANİSTAN) HAVZASININ PETROL POTANSİYELİ

Kashkari (North Afghanistan) Basin Oil Capacity

Azar YAQUB ZADA, Şerafeddin ÇAKIR51



KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ





UYGULAMALI YERBİLİMLERİ DERGİSİ

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ YAYIN ORGANIDIR

SAHİBİ

Kocaeli Üniversitesi Adına
Rektör
Prof. Dr. Sadettin HÜLAGÜ

BAŞEDİTÖR

Cengiz KURTULUŞ

EDİTÖRLER

Fadime SERTÇELİK
İbrahim SERTÇELİK
Ahmet KARAKAŞ
Serpil GERDAN
İsmail Talih GÜVEN

DANIŞMA KURULU

Aysan GÜRER
Emin CANDANSAYAR
Erkan TOPAL
Feyzi GÜRER
Günay BEYHAN
İvan GİNOV
İbrahim KARA
Murat UTKUCU
Nilgün SAYIL
Nuri DOLMAZ
Sefer ÖLÇEN
U. Emin ULUGERGERLİ

EDİTÖR

Cengiz KURTULUŞ

İLETİŞİM ADRESİ

Kocaeli Üniversitesi Umuttepe
Yerleşkesi Müh. Fak. Jeofizik
Müh. Bölümü 41380 İZMİT /
KOCAELİ Tel: 0.262 303 31 04
Tel: 0.542 217 19 69
e-mail: cengizk@kocaeli.edu.tr

YILDA İKİ KEZ YAYIMLANIR
Published two issues a year

CİLT: 15, SAYI: 1 HAZİRAN 2016 VOL15, NO: 1 JUNE 2016

KENTSEL DÖNÜŞÜM KAPSAMINDA YAPI SAĞLAMLIK TESTLERİNİN UYGULANMASI VE BU TESTLERDE JEOFİZİK METOTLARIN YERİ

Under the Urban Transformation Implementation of Construction Strength Tests
and the Place of Geophysical Methods in These Tests

Hicran BOZKURT, İsmail Talih GÜVEN, Cengiz KURTULUŞ,1

SONDAJA DAYALI ZEMİN VE TEMEL ETÜT RAPORLARINDA KARŞILAŞILAN JEOTEKNİK SORUNLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Assessment of Geotechnical Problems in Soil and Fundamental Investigation
Reports Based on The Borehole

Süleyman DALGIÇ, İbrahim KUŞÇU, Mehmet TURGUT.....38

KAŞKARI (KUZEY AFGANİSTAN) HAVZASININ PETROL POTANSİYELİ

Kashkari (North Afghanistan) Basin Oil Capacity

Azar YAQUB ZADA, Şerafeddin ÇAKIR.....51

KENTSEL DÖNÜŞÜM KAPSAMINDA YAPI SAĞLAMLIK TESTLERİNİN UYGULANMASI VE BU TESTLERDE JEOFİZİK METOTLARIN YERİ

Under the Urban Transformation Implementation of Construction Strength Tests and the Place of Geophysical Methods in These Tests

Hicran Bozkurt¹, İ.Talih GÜVEN², C. KURTULUŞ³

ÖZET

Depremlerde binaların yıkılması zemin koşullarından, zeminin dinamik ve statik özelliklerinden, binanın beton kalitesi ve yapım koşullarından kaynaklanmaktadır. Zamanla dayanımı azalmış binaların depremlere karşı güçlendirilmesi gerekmektedir. Bunun için büyük finansmana ihtiyaç vardır. Bunu sağlamak amacıyla devlet 16.5.2012 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Kentsel Dönüşüm Yasası olarak bilinen 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun'u yürürlüğe koymuştur. Binaların risk raporu lisanslandırılmış kuruluşlarca "Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar" çerçevesinde gerekli test ve değerlendirmeler yapıldıktan sonra hazırlanır. Bu testler karot alımı dışında hasarsız jeofizik yöntemleri olup, inşaat sektöründe geniş kullanım alanına sahiptir.

ABSTRACT

The collapse of buildings during earthquakes due to the ground conditions, dynamic and static properties of ground, the quality of building concrete and production conditions. The buildings having lost their strength must be strengthened against to earthquakes. There are great needs for financing. To achieve this state the government put into effect the Ministry of Environment and Urban Development, known as the Urban Renewal Act No. 6306 on Transformation of Disaster Risk Areas in 16.5.2012. Risk reports of buildings are prepared by the licensed organizations within the framework of the "Principles Regarding the Determination of the risk structure" after the necessary tests and assessments performed. These tests are undamaged geophysical methods except core intake are widely used in the construction industry.

Kentsel dönüşüm kapsamında Riskli Yapı Tespit İşlemleri

Az gelişmiş ülkelerde insan sağlığı ve güvenliği her zaman ekonomiden sonra gelmektedir. Gölcük ve Van depremlerinde ortaya çıkan felaketleri yaşayan toplum, önceleri bina sağlamlığını gerçekleştirmek için çaba sarf etmiş, sonraları acılar unutulmaya başlarken bu çabalar yerini ertelemeye terk etmiştir. Bilindiği gibi bu ertelemelerin ana nedeni ekonomik nedenlerdir. Bunu fark eden yöneticiler bu dönüşümleri hem yapı maliklerini ve hem de inşaat şirketlerini teşvik etmek için 16.5.2012 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Kentsel Dönüşüm Yasası olarak bilinen 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun'u yürürlüğe koymuşlardır. Kentsel dönüşüm yasının amacı; başta deprem olmak üzere, sel, heyelan, kaya düşmesi, çığ vb. afet riski altında bulunan bölgelerin ve risk dışında kalan, ekonomik ömürlerini tamamlamış, eski ve hasarlı binaların tasfiyesi ve yerine, sağlıklı, güvenli, standartlara uygun yaşam alanlarının oluşturulması ve olası afetlerde can ve mal kayıplarının önlenmesidir. Bu konu kanunda da aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir:

MADDE 1 – (1) Bu Yönetmeliğin amacı; 16/5/2012 tarihli ve 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun uyarınca, riskli yapılar ile riskli alan ve rezerv yapı alanlarının tespitine, riskli yapıların yıktırılmasına, yapılacak planlamaya, dönüştürmeye tabi tutulacak taşınmazların değerinin tespitine, hak sahibi olacaklarla yapılacak anlaşmaya ve

¹ ABM Engineering C., İzmit-Kocaeli

² Kocaeli University, Architectural and Design Faculty, Department of Architectural, İzmit-Kocaeli

³ Kocaeli University, Engineering Faculty, Dept. Of Geophysics, İzmit-Kocaeli

yapılacak yardımlara, yeniden yapılacak yapılara ve 6306 sayılı Kanun kapsamındaki diğer uygulamalara ilişkin usûl ve esasları belirlemektir.

Türkiye’de uygun inşaat standartları 2007 yılında çıkartılan Deprem Yönetmeliği ile yeniden düzenlenmiştir. Bu yönetmeliğe göre bu tarihten önce yapılan tüm binalar risk grubu altına girmiştir.

Riskli Yapı Tanımı

Riskli Yapı, 6306 sayılı Kanun’da “Riskli alan içinde veya dışında olup ekonomik ömrünü tamamlamış olan ya da yıkılma veya ağır hasar görme riski taşıdığı ilmi ve teknik verilere dayanılarak tespit edilen yapı” olarak tanımlanmıştır. Bir binanın riskli yapı olup olmadığına ilişkin tespiti ise şu şekildedir (Oğuzman vd, 2014).

Riskli yapı tespiti için öncelikli olarak kat malikleri veya kanuni temsilcilerinden en az birinin [*kat mülkiyetine konu tek bir dairenin paylı mülkiyet ya da elbirliği ile mülkiyete konu olması halinde tüm paydaşların oybirliği gerekir*] (Oğuzman vd, 2014). 29/6/2001 tarihli ve 4708 sayılı Yapı Denetimi Hakkında Kanuna göre Bakanlıktan izin belgesi almış yapı denetimi kuruluşları ile laboratuvar kuruluşları, 27/1/1954 tarihli ve 6235 sayılı Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Kanunu uyarınca, inşaat, jeoloji ve jeofizik mühendisleri odalarına büro tescilini yaptırmış kurum ve kuruluşlardan birine başvurması gerekir. Bu başvuru sırasındaki masraflar yapı maliklerine aittir. Maliklerce yapılacak riskli yapı tespiti talebi, tapu belgesinin ve kimlik belgesinin fotokopisi ile yapılır. 23/6/1965 tarihli ve 634 sayılı Kat Mülkiyeti Kanunu uyarınca kat irtifakı veya kat mülkiyeti kurulmadığı için arsa paylı tapu var ise, arsa üzerinde fiilen bulunan yapının riskli yapı tespiti, yapının sahibi olan arsa payı sahibince yaptırılır. Arsa üzerindeki yapının başkasına ait olması ve bunun da tapu kütüğünde belirtilmiş olması halinde, riskli yapı tespiti lehine şerh olan tarafça yaptırılır.

Bu kuruluşlarca “Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar” çerçevesinde gerekli test ve değerlendirmeler yapıldıktan sonra risk raporu hazırlanır ve riskli yapı tespitine ilişkin raporların bir örneği, tespit tarihinden itibaren en geç 10 gün içinde (Değişik: RG-25/7/2014-29071) tespiti yapan lisanslandırılmış kurum, tarafından tespite konu olan yapının bulunduğu ildeki Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Müdürlüğüne gönderilir. Raporlar Bakanlıkça belirlenen usul ve esaslar çerçevesinde Müdürlükçe incelenir ve herhangi bir eksiklik tespit edilmesi halinde gerekli düzeltmeler yapılmak üzere raporu düzenleyen kurum veya kuruluşa iade edilir. Yapılan incelemede raporlarda herhangi bir eksiklik yok ise, riskli yapılar, Müdürlükçe en geç on iş günü içinde, tapu kütüğünün beyanlar hanesinde belirtmek üzere, ilgili tapu müdürlüğüne bildirir. Müdürlükçe veya riskli yapı tespitine karşı yapılan itirazı inceleyen teknik heyetçe, riskli yapı tespit raporunda tespit edilen eksikliklerin tamamının, raporu düzenleyen kurum veya kuruluşa bildirildiği tarihten itibaren otuz gün içinde düzeltilmesi ve raporun Müdürlüğe sunulması zorunludur.

Raporda herhangi bir eksiklik bulunmadığı takdirde yapının “riskli yapı” olduğu tespit tarihinden itibaren en geç 10 işgünü içerisinde Bakanlık veya İdare tarafından yapının tescil edilmiş olduğu ilgili tapu müdürlüğüne bildirilir.

Bu karar doğrultusunda Tapu Müdürlüğüne ilgili kütüğe “riskli yapı” ibaresi işlenir ve durum diğer hak sahiplerine tebliğ edilir. Riskli yapı tespiti raporuna ilişkin tebligatlar Tapu Müdürlüğü tarafından yapılır ve Yapı Maliklerine yapılan bu tebliğde “açıkça bir itirazları bulunmakta ise 15 gün içinde, riskli yapı tespitine karar veren Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Müdürlüğüne bir dilekçe ile itiraz edilmesi gerektiği, aksi halde tebliğ tarihinden itibaren idare tarafından 60 günden az olmamak üzere belirlenecek süre içinde yapının yıktırılacağı” bilgisi verilir.

Riskli yapı tespitine karşı malikler veya kanunî temsilcilerince on beş gün içinde riskli yapının bulunduğu yerdeki Müdürlüğe verilecek bir dilekçe ile itiraz edilebilir. bu durumda Bakanlıkça atanan 7 kişilik teknik heyet tarafından rapor tekrar incelenir ve teknik heyetçe verilen karar gerekçeli olarak İdare'ye ve itiraz edene bildirilir.

Teknik Heyetin itirazı haklı bulması halinde rapor tespiti yapan lisanslı kuruluşa geri gönderilir ve raporu alan lisanslı kuruluş tebliğ tarihinden itibaren 30 gün içinde gerekli düzeltmeleri yaparak yeni raporu Kentsel Dönüşüm Müdürlüğüne sunar ve Tapu Kütüğüne işlenen "riskli yapı" ibaresi kaldırılır.

Karara itiraz olmaması ya da itirazın yerinde bulunmaması halinde ise riskli yapı kararı kesinleşir. [İtirazı reddedilen ilgilinin 6306 sayılı kanunun kapsamında bu kararın kendisine tebliğ edildiği tarihten itibaren 30 gün içerisinde idari yargıda iptal davası açabilir. Bunun yanı sıra geri dönülmez sonuçlar doğmaması adına idare mahkemesinden yürütmenin durdurulmasına karar verilmesi istenir.

Yapının riskli olduğunun kesinleşmesinden itibaren Müdürlük İdare'den tebligatların yapılmasını ve yapıların yıktırılması ister. Burada idareden kasıt belediyeler, il özel idareleri, büyük şehir belediyeleri ve ilçe belediyeleridir.

Belediye veya İl Özel İdaresi tarafından riskli olarak tespit edilen taşınmazın maliklerine tebligat gönderilerek 6306 sayılı Kanunun Uygulama Yönetmeliği Değişik md.8.2.a uyarınca altmış günden az olmamak üzere süre verilerek riskli yapıların yıktırılması yapı maliklerinden istenilir. Maliklere yapılacak tebligatta, riskli yapıyı kiracı veya sınırlı ayni hak sahibi kullananlara tahliye için malik tarafından bildirim yapılması gerektiği belirtilir.

Yapı maliklerinden biri veya birkaçının veya bunların vekillerinin müracaatı üzerine, yıkılacak yapının tahliye edildiğine ve elektrik, su ve doğalgaz hizmetlerinin kapatıldığına dair ilgili kurum ve kuruluşlardan alınmış belgelerin sunulmasına ve yıkım sorumlusu olarak statik fenni mesulün belirlenmesine istinaden, maliklerin muvafakati aranmaksızın altı iş günü içerisinde düzenlenir. [Riskli yapıların tespiti, tahliyesi ve yıktırma iş ve işlemlerini engelleyenler hakkında, işlenen fiil ve hâlin durumuna göre 26/9/2004 tarihli ve 5237 sayılı Türk Ceza Kanununun ilgili hükümleri uyarınca Cumhuriyet başsavcılığına suç duyurusunda bulunulur (Yanlı, 2015).

Verilen yıkım süresi içerisinde riskli yapıların yıktırılıp yıktırılmadığı mahallinde kontrol edilir ve riskli yapılar, malikleri tarafından yıktırılmamış ise, yapının idarî makamlarca yıktırılacağı belirtilerek otuz günden az olmak üzere ek süre verilerek tebligatta bulunulur.

Eğer yine verilen süreler içinde riskli yapıların maliklerince yıktırılmaması hâlinde, riskli yapılara elektrik, su ve doğal gaz verilmemesi ve verilen hizmetlerin durdurulması ilgili kurum ve kuruluşlardan istenilir ve maliklere verilen süreler içinde riskli yapıların yıktırılmadığı mülki amire bildirilir (URL-1).

Maliklerce yıktırılmayan riskli yapıların tahliyesi ve yıktırma işlemleri, yıktırma masrafı öncelikle dönüşüm projeleri özel hesabından karşılanmak üzere, mahalli idarelerin de iştiraki ile mülki amirler tarafından yapılır veya yaptırılır.

Riskli yapıların tespiti, tahliyesi ve yıktırma iş ve işlemlerini engelleyenler hakkında İdarece veya Müdürlükçe tutanak tutulur ve bunlar hakkında, 26/9/2004 tarihli ve 5237 sayılı Türk Ceza Kanununun ilgili hükümleri uyarınca Cumhuriyet Başsavcılığına suç duyurusunda bulunulur. Riskli yapıların tespiti, bu yapıların tahliyesi ve yıktırılması iş ve işlemlerine dair görevlerinin

gereklerini yerine getirmeyen kamu görevlileri hakkında ise, tabi oldukları ceza ve disiplin hükümleri uygulanır.

6306 sayılı Kanunun Uygulama Yönetmeliği (Yanlı, 2015) (Değişik: RG-25/7/2014-29071) uyarınca riskli yapının yıktırılması yerine güçlendirilmesinin istenilmesi durumunda riskli yapının yıktırılması için ikinci fıkra uyarınca maliklere verilen süreler içerisinde; maliklerce, güçlendirmenin teknik olarak mümkün olduğunun tespit ettirilmesi, Kat Mülkiyeti Kanununun 19 uncu maddesinin ikinci fıkrasında belirtilen şekilde güçlendirme kararı alınması, güçlendirme projesinin hazırlanması ve imar mevzuatı çerçevesinde ruhsat alınması gerekir. Güçlendirme işi, yapılacak güçlendirmenin mahiyetine göre ruhsatı veren idare tarafından belirlenecek süre içerisinde tamamlandıktan sonra tapu kaydındaki riskli yapı belirtmesinin kaldırılması için Müdürlüğe başvurulur.

Riskli Yapı Tespiti için Yapılacak Çalışmalar.

Riskli yapılar gözlemsel olarak değil, 02.07.2013 tarih ve 28695 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan ‘‘Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar’’ hükümleri kapsamında yapılacak çalışmalara göre tespit edilir. Bu sıra şöyle özetlenebilir.

Röleve ve Bilgi Düzeyi

Riskli binaların tespiti için hesaplar, mevcut bina taşıyıcı sistem özellikleri dikkate alınarak yapılır. Binanın mevcut taşıyıcı sistem özellikleri sadece kritik kat rölevesi ile belirlenebilir. Kritik kat, rijitliği diğer katlara oranla çok küçük olan (betonarme çevre perdeleri bulunmayan) veya yanal ötelenmesi zemin tarafından tutulmamış en alt bina katıdır. Röleve kritik kat için saha çalışması ile belirlenen bina geometrisi; kolon, perde, kiriş boyutları ile bu elemanların katta yerleşimini, eksen açıklıklarını; kapı ve pencere boşluğu olmayan dolgu duvar yerleşimini içerir. Binanın kat adedi ve kat yükseklikleri rölevede belirtilir. Kritik kattaki kısa kolonlar ve binadaki konsollar rölevede işlenir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin eki Esaslarda [DBYBHY] Bölüm 2.3’te tanımlanan B3 türü düzensizliğe sahip olan binaların kritik kat için yapılan röleve çalışması, bu düzensizliği hesap modeline yansıtacak şekilde, diğer katlar için de yapılır.

Betonarme Binalarda Donatı Tespiti ve Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi

Mevcut donatı düzenini belirlemek için kritik katta 6 adetten az olmamak üzere perde ve kolonların en az % 20’inde boyuna donatı türü, miktarı ve düzeni belirlenecektir. Bu işlem, seçilen perde ve kolonların en az yarısında kabuk betonu sıyrılarak yapılacaktır. Diğer yarısında donatı tahmini tahribatsız yöntemler kullanılarak ve elde edilen sonuçlara benzetilerek yapılabilir. Ayrıca, kabuk betonu sıyrılan perde ve kolonlarda enine donatı türü, çapı ile kolonların orta ve sarılma bölgelerinde enine donatı aralıkları ve detayları belirlenecektir. Bu çalışmalar aşağıda belirtilen tahribatsız yöntemler kullanılarak gerçekleştirilir.

Beton kalitesinin belirlenmesi

Ultrasonik Puls Hızı Yöntemi

Bu yöntem P dalgalarının (sıkıştırma dalgaları) yayılım hızlarının bulunması esasına dayanır. Sismik yöntem yer yada yapılara yerinde uygulanabildiği gibi onlardan alınan örnekler üzerine de uygulanabilir (Kurtuluş ve diğ.2010). Farklı materyallerin yoğunluk, P dalga hızı ve empedansları (p.V) Çizelge 1. de sismik hız ve dinamik elastisite modülü deneysel ilişkisi Çizelge 2. de verilmektedir.

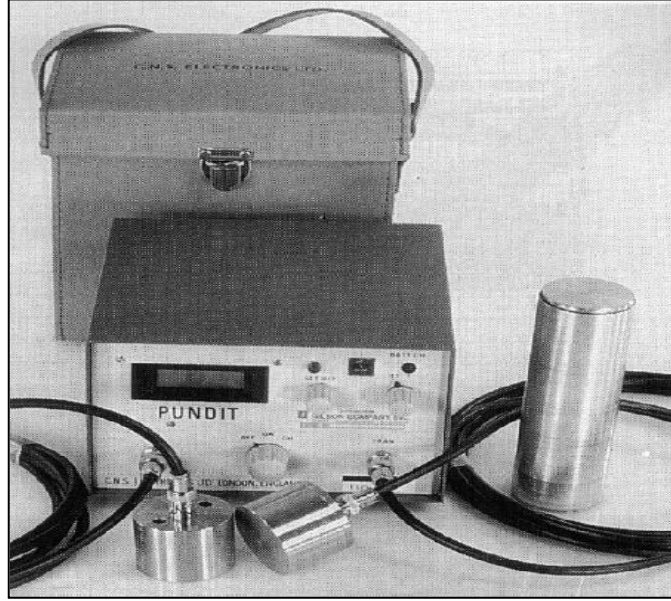
Çizelge 1. Farklı materyallerin özellikleri
Table 4. Properties of different materials

Materyal	Yoğunluk (kg/m ³)	P dalga hızı (m/s)	Sismik empedans kg/(m ² .s)
Hava	1.205	343	0.413
Beton	2300	3000-4500	6.9-10.4x10 ⁶
Granit	2750	5500-6100	15.1-16.8x10 ⁶
Kireçtaşı	2690	2800-5000	7.5-18.8x10 ⁶
Mermer	2650	3700-6900	9.8-18.3x10 ⁶
Kuvars	2620	5600-6100	14.7-16.0x10 ⁶
Toprak	1400-2150	200-2000	0.28-4.3x10 ⁶
Çelik	7850	5940	46.6x10 ⁶
Su	1000	1480	1.48x10 ⁶

Çizelge 2. Sismik hız ve dinamik elastisite modülü deneysel ilişkisi (URL-2).
Table 2. Relationship between Seismic wave velocity and dynamic elasticity modulus (URL-2).

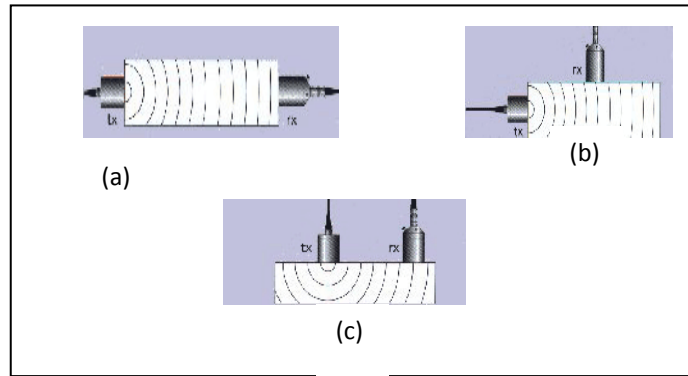
Puls hızı (km/s)	Elastisite modülü	
	Dynamic (MN/m ²)	Static (MN/m ²)
3.6	24000	13000
3.8	26000	15000
4.0	29000	18000
4.2	32000	22000
4.4	36000	27000
4.6	42000	34000
4.8	49000	43000
5.0	58000	52000

Bu yöntemde hız ölçümleri için ultrasonik puls test cihazı kullanılır Şekil 1.



Şekil 1. Ultrasonik puls test cihazı
Figure 1. Ultrasonic pulse tester

Betonun içinden ultrasonik dalgalar geçirilerek betonun kalitesi ve dayanımı bulunur ve beton içinde olası kırık ve boşluk tespiti yapılır. Deney yapılacak kolon, kiriş veya duvar kararlaştırıldıktan sonra bunların içinde donatıların yeri tespit edilir. Ultrason cihazının vericisi (Tx) ve alıcısı (Rx) beton içinde donatı bulunmayan kesimde beton kütlede ya ön yada arka yüzeyinde aynı doğrultuda karşı karşıya getirilerek ölçü alınır (düz-doğrudan ölçüm) (Şekil 2a) veya Şekil 2b. de görüldüğü gibi ölçü doğrultusunun bir yanına verici (Tx) yerleştirilir, alıcı ise 1 veya 2 cm aralıklarla doğrultu boyunca kaydırılarak ölçümler alınır (dikey ölçüm). Bunların dışında ayrıca Şekil 2c. de görüldüğü gibi verici ve alıcı aralarındaki açıklık sabit tutularak kaydırılır ve ölçümler alınır (kaydırmalı ölçüm).



Şekil 2. Ultrason yöntemi ile beton örneği üzerinde ölçü alma yöntemleri a) düz-doğrudan ölçüm, b) dikey ölçüm, c) kaydırmalı ölçüm (URL-3).
Figure 2. Measuring methods on concrete samples by ultrasonics a) Flat-Direct measurement, b) Vertical measurement, c) Scrolling measurement (URL-3).

Burada en kullanışlı ölçüm yöntemi eksen doğrultulu yöntemidir. Kaydırmalı ölçümlerde sıva 1.tabaka ve beton, 2.tabaka olarak kendini göstereceğinden 2.tabakanın (betonun) hızı dikkate alınmalıdır. Beton kütle içindeki P dalgalarının hızı malzemenin elastik özellikleri ile yoğunluğuna bağlıdır.

$$V = \sqrt{\frac{E(1-\sigma)}{\rho(1+\sigma)(1-\sigma)}} \quad (1)$$

Burada

E: Dinamik elastik modülü

σ : Dinamik Poisson oranı

ρ : Yoğunluk

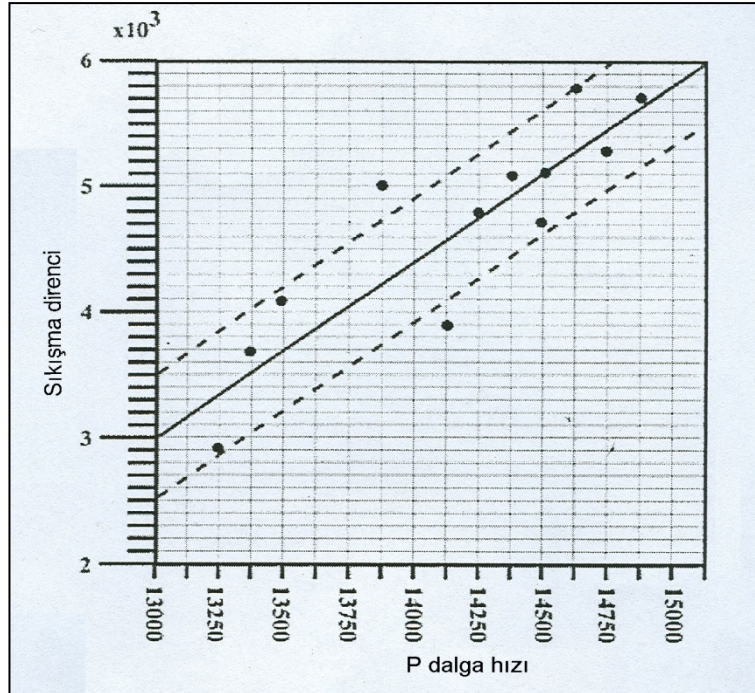
olup, V ise beton içindeki P dalga hızını göstermektedir. Puls hızından saptanan dinamik elastik parametreler Çizelge 3. te verilmektedir.

Çizelge 3. Puls hızından saptanan dinamik elastik parametreler (Kurtuluş, 2002).

Table 3. Dynamic elastic parameters calculated from pulse velocity (Kurtuluş, 2002).

Poisson oranı (gözeneklilik oranı)	$\sigma = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2V_p^2 - 2V_s^2}$
Kayma (Shear) modülü (kayma, makaslama direnci, sıkılık)	$G = \frac{1}{100} dV_s^2 \text{ kg/cm}^2, G = dV_s^2 \text{ kPa}$
Elastisite (çimentolaşma, katılık,sertlik)	$E = G \left(\frac{3V_p^2 - 4V_s^2}{V_p^2 - V_s^2} \right) \text{ kPa}$

Betondaki hız onun sıkışma direnci ile ilgilidir. Pulsun frekansı 20-250 kHz ve dalga boyu 1.6-20 cm arasındadır. P dalga hızı ile sıkışma direnci arasındaki ilişki Şekil 3. de verilmektedir.



Şekil 3. Boyuna dalga hızı ve sıkışma direnci arasındaki ilişki

Figure 3. Relationship between P wave velocity and compressive resistance

Betonun V_p hızı 3000-5000 m/s arasında değişmekte olup, ortalama yoğunluğu 2.4 gr/cm^3 tür. P dalgalarının hızı deney objesinin boyutlarından bağımsızdır. Deney objesinin en küçük boyutu ultrasonik titreşimlerin dalga boyundan daha fazla olmalıdır. Titreşimlerin dalga boyu dalgaların hızının titreşim frekansına bölünmesiyle bulunur. Örnek olarak 50 kHz lik bir frekans ve 3000 m/s dalga hızı için dalga boyu $3000/50000=0.06\text{m}$ olarak bulunur. Deney objesinin boyu bundan küçük olamaz.

Dalga hızı;

$$V = L/T \quad (2)$$

Bağıntısından hesaplanır. Burada

V: Dalga hızı (m/s)

L: Transducerler arasındaki mesafe (m)

T: Dalganın transducerler arasındaki mesafeyi kat etmesi için geçen zaman (sn)

K çarpanı 4.3 bağıntısından bulunur.

$$K = \frac{1 - \sigma}{(1 + \sigma)(1 - 2\sigma)} \quad (3)$$

Burada,

K: Yerinde betonun sıkıştırılma çarpanı olup, sıkıştırılmış yerlerde $K=0.025$, olağan sıkıştırılmış yerlerde $K=0.015$ ve iyi sıkıştırılmış yerlerde ise $K=0.005$ değerini almaktadır.

σ : Dinamik Poisson oranını belirtmektedir.

Ultrasonik puls hızı tekniğini etkileyen birçok etmen bulunmaktadır. Bunlar şöyle sıralanabilir.

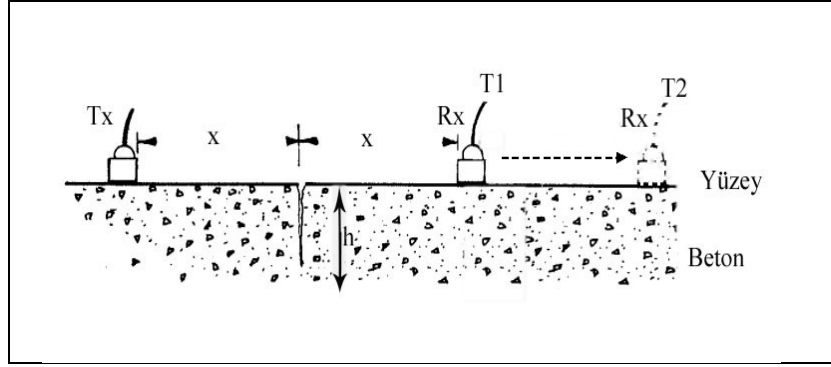
1. Betonun iç yapısının kompleks oluşu
2. Dayanıma etki eden etmenlerin puls hızına farklı şekillerde etki edebilmesi
3. Betonun dayanımının geçmişi ile ilgili olması
4. Puls hızının agrega özellikleri tarafından kontrol edilişi
5. Beton yapısındaki önemli değişikliklere karşı puls hızının duyarlılığının düşük olması
6. Puls hızı ile beton dayanımı arasında teorik bir gelişimin kurulamamış olması

Yukarıda sayılan etmenlere rağmen beton dayanımının puls testi ile saptanması oldukça pratik ve kolaydır. P dalga hızı ile beton kalitesi arasındaki ilişki Çizelge 4. de verilmektedir.

Çizelge 4. P dalga hızı ile beton kalitesi arasındaki ilişki
Table 4. Relationship between P wave velocity and concrete quality

Beton kalite sınıflaması	P dalga hızı (m/s)
Mükemmel	>4500
İyi-çok iyi	3650-4500
Orta	3050-3650
Zayıf	2000-3050
Çok zayıf	0-2000

Ultrasonic test metodu ile yüzeyde gözlenen bir kırığın derinliği kırığın her iki tarafına yerleştirilen transducerler arasında pulsların geçiş zamanı ölçülerek belirlenebilir. Şekil 3.4 te gösterildiği gibi alıcı ve verici transducerler kırığın her iki tarafına eşit mesafelerde (x) yerleştirilir ve pulsların geçiş zamanı ölçülür (T_1). Sonra alıcı transducer kırıktan ($2x$) kadar uzağa yerleştirilerek pulsların geçiş zamanı ölçülür (T_2).



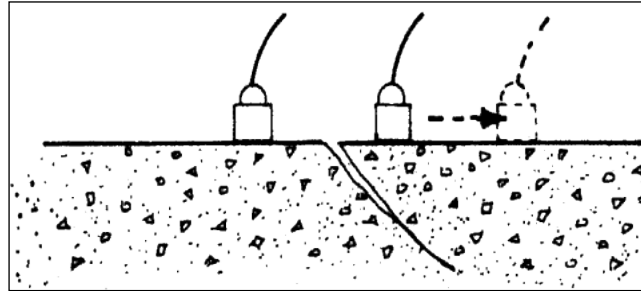
Şekil 4. Beton yüzeyinde gözlenen dikey bir kırığın tespiti (URL-4)

Figure 4. Determination of vertical fracture observed on concrete surface (URL-4)

Kırığın derinliği (h), (4) bağıntısı ile saptanır.

$$h = x \sqrt{\frac{4T_1^2 - T_2^2}{T_2^2 - T_1^2}} \quad (4)$$

Bu bağıntı kırık düzleminin yüzeye dik olması ve kırık çevresindeki betonun oldukça tekdüze olması kabulü ile elde edilmiştir. Bu çalışma yapılırken kırık düzleminin beton yüzeyine dik olup olmadığının kontrolü yapılmalıdır. Bunun için transducerler kırığın iki tarafına yakın yerleştirilir. Bunlardan biri Şekil 5 te gösterildiği gibi ilerletilerek pulsların geçiş zamanları ölçülür. Eğer ilerleme ile pulsların geçiş zamanları azalıyorsa kırık düzlemi eğiminin ilerleme yönüne doğru olduğu anlaşılır. Bu metot ancak kırığın içinin kuru olup (suyla dolu olmadığı) zaman geçerlidir.

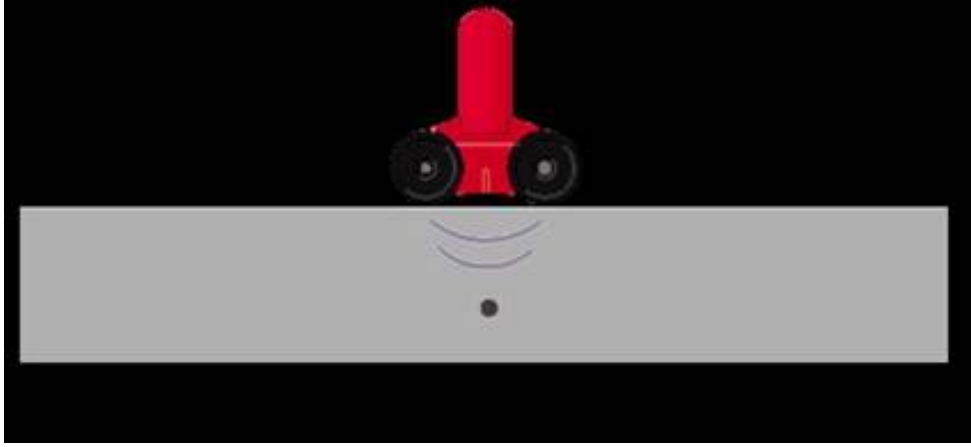


Şekil 5. Kırık düzleminin eğim yönünün belirlenmesi.

Figure 5. Determination of the slope direction of the fracture plane

Ferrosan analizi

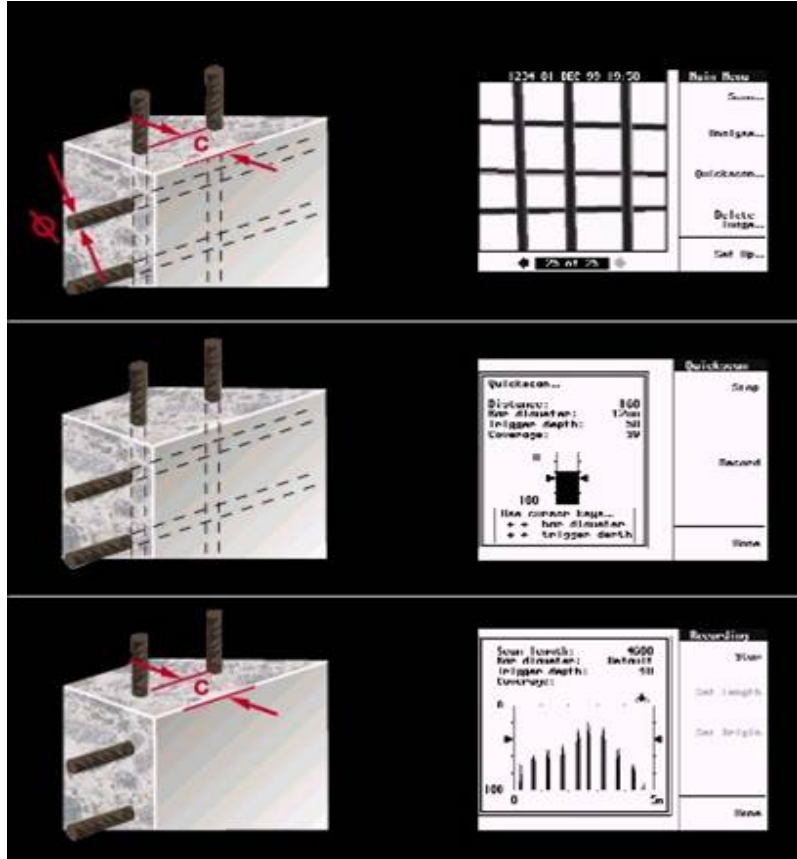
Ferrosan cihazının oluşturduğu elektromanyetik dalga alanı betonun içerisine nüfuz eder ve manyetik özelliği bulunan çelik donatı çubukları manyetik alan akış çizgilerinde bir yoğunlaşma meydana getirir. Bu prensipten faydalanarak donatı çubuklarının yerleri tespit edilir (Şekil 6).



Şekil 6. Beton içindeki çelik donatının Ferroskan cihazı ile tespit prensibi

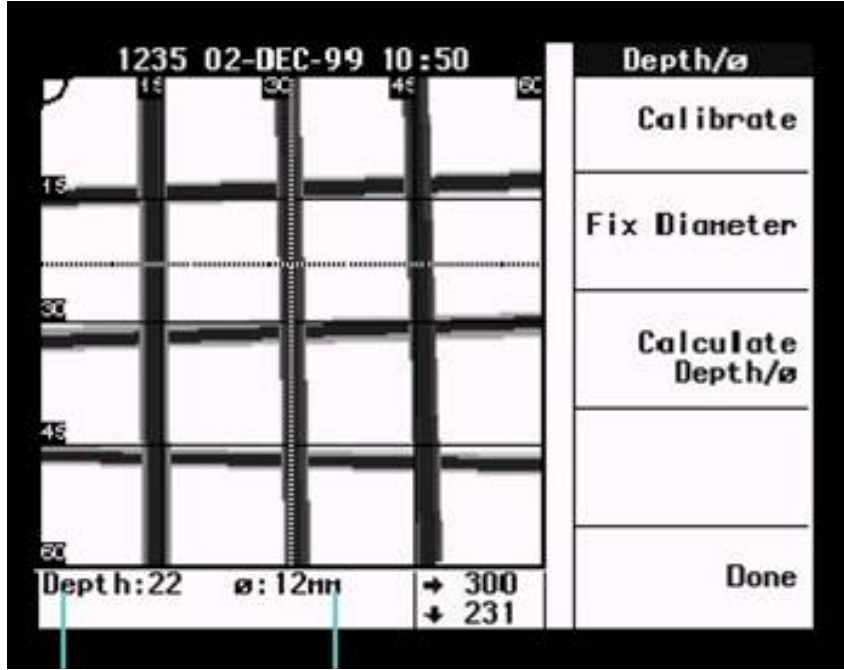
Figure 6. Determination principle of steel equipment in concrete with Ferroskan device

Ferroskan cihazı ile beton içindeki donatıların yerleri, paspayı kalınlığı ve donatı çubuklarının çapı bulunur ve kaydedilir (Şekil 7, 8).



Şekil 7. Ferroskan cihazı tarama çeşitleri (URL-5).

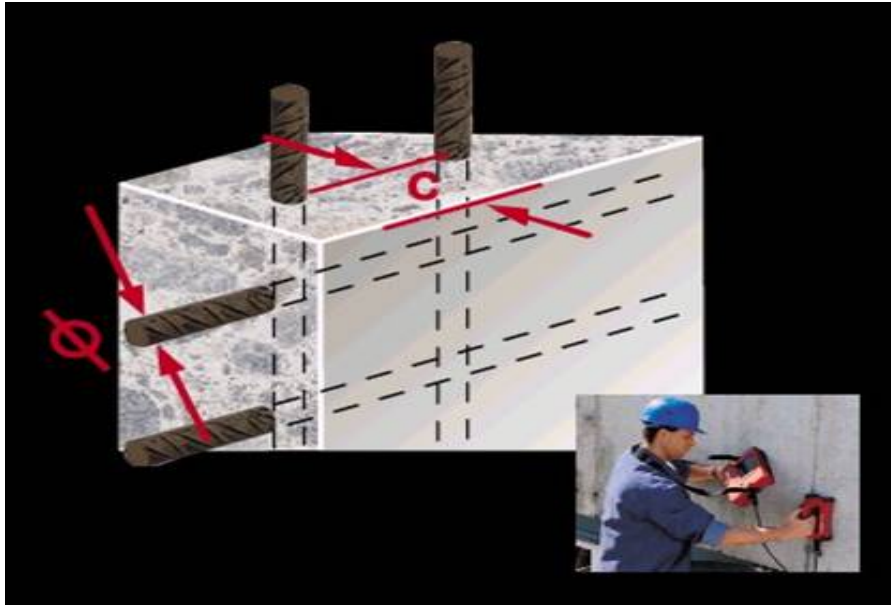
Figure 7. Ferroskan device scanning types (URL-5).



Şekil 8. Ferroskan cihazı veri çıktısı
Figure 8. Ferroskan device output data

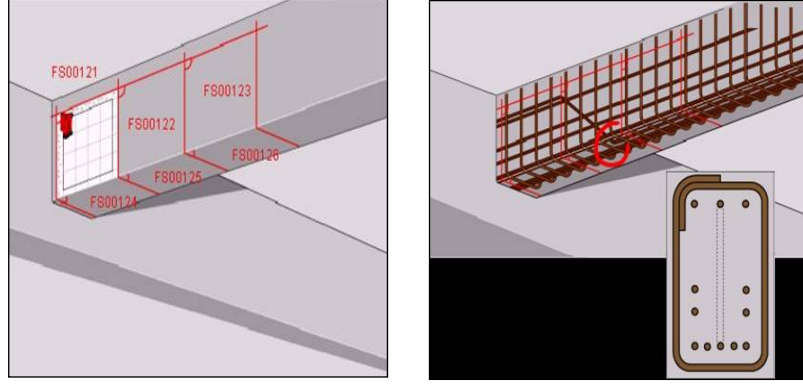
Ferroskan Aletinin Kullanıldığı Alanlar

1. Donatıların projelerde belirtilen sayı, çap ve yerlerinde olup olmadığını kontrol etmek için kullanılır (Şekil 9).



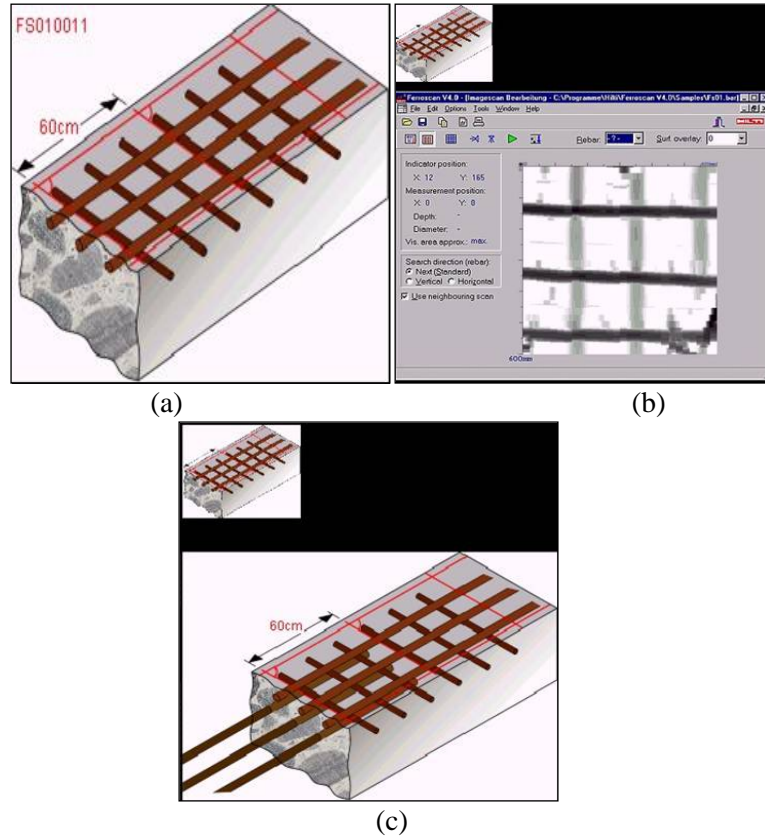
Şekil 9. Donatı yerleri, çap ve paspayı kalınlığı (URL-5).
Figure 9. Fitting locations, diameter and concrete cover thickness (URL-5).

2. Projesi bulunmayan mevcut binaların betonarme elemanlarının kontrolü için yapılır.
3. Hasarlı ve hasarsız yapıların güçlendirilmesi projesinde, güçlendirme işleminden önce taşıyıcı betonarme elemanların donatılarının tespiti için yapılır (Şekil 10).



Şekil 10. Bir kirişte donatı tespiti (URL-6).
Figure 10. Reinforcement detection in a joist (URL-6).

4. Betonarme bir yapı elemanına sonradan donatı ilave edilip edilmediğinin kontrolü için yapılır (Şekil 11).



Şekil 11. (a) Beton taşıyıcı içindeki donatılar, (b) donatıların tespiti, (c) donatılara donatı eklenmesi (ankraj yapılması) (URL-6).

Figure 11. (a) Equipment in concrete conveyor, (b) Detection of equipment , (c) adding reinforcement (anchorage) (URL-6)

Burada ferroskan taramasının yapılmasının amacı, taşıyıcı elemandaki mevcut donatıların sayı ve yerlerinin belirlenerek, beton elemanın delinmesi sırasında donatılara zarar verilmesini önlemektir.

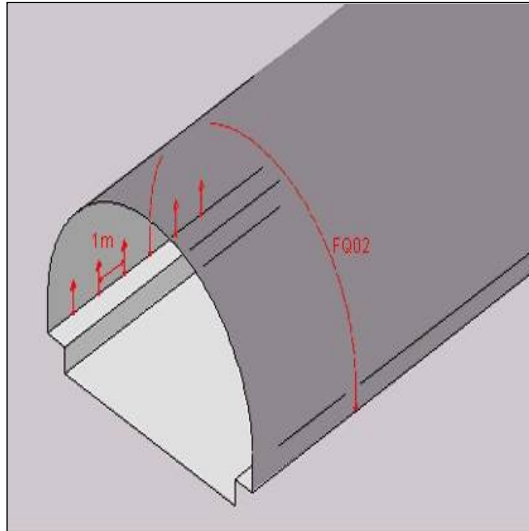
5. Betonarme elemanları üzerinde yapılan işlemler sırasında (örneğin karot numunesi alma durumunda) kesici aletlerin donatıyı kesmemesi için donatı açıklıklarının belirlenmesinde ferroskan çalışması yapılır (Şekil 12). Donatının kesilmesi hem yapı elemanına hem de kesici uca zarar verir.



Şekil 12. Taşıyıcı bir elemanda donatının kesilmesi

Figure 12. Cutting of reinforcement in an loading bearing element

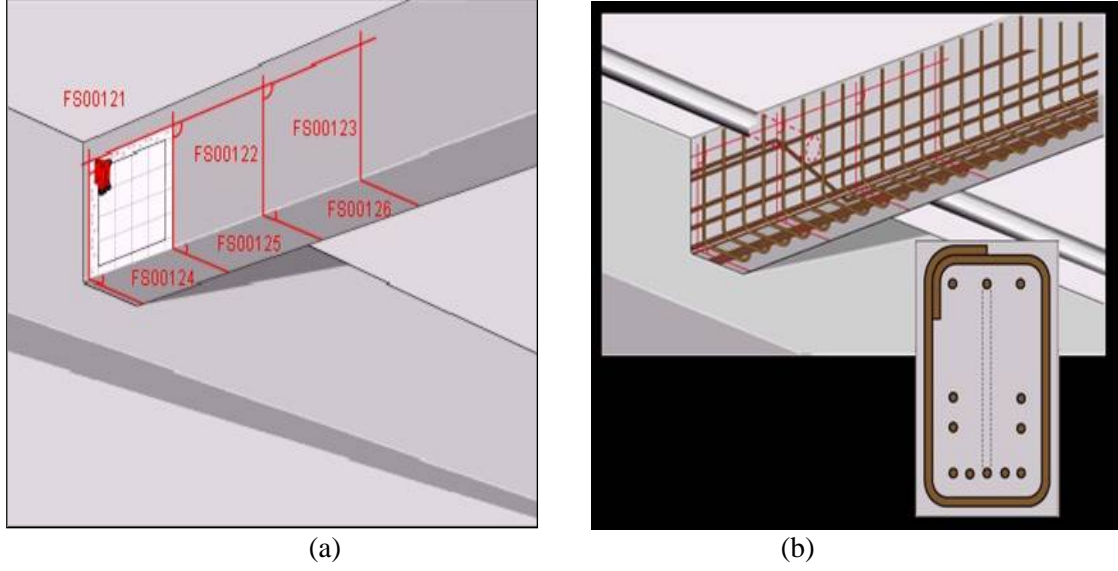
6. Paspayı kalınlığı, beton kaplama derinliğinin kontrolünde ferroskan taraması etkilidir (Şekil 13)



Şekil 13. Bir tünelin beton astar kalınlığının kontrolü (URL-6).

Figure 13. Control of the thickness of a concrete lining of a tunnel (URL-6)

7. Betonarme bir kirişte delik açma durumunda yer tayini için ferroskan taraması yapılır (Şekil 14).

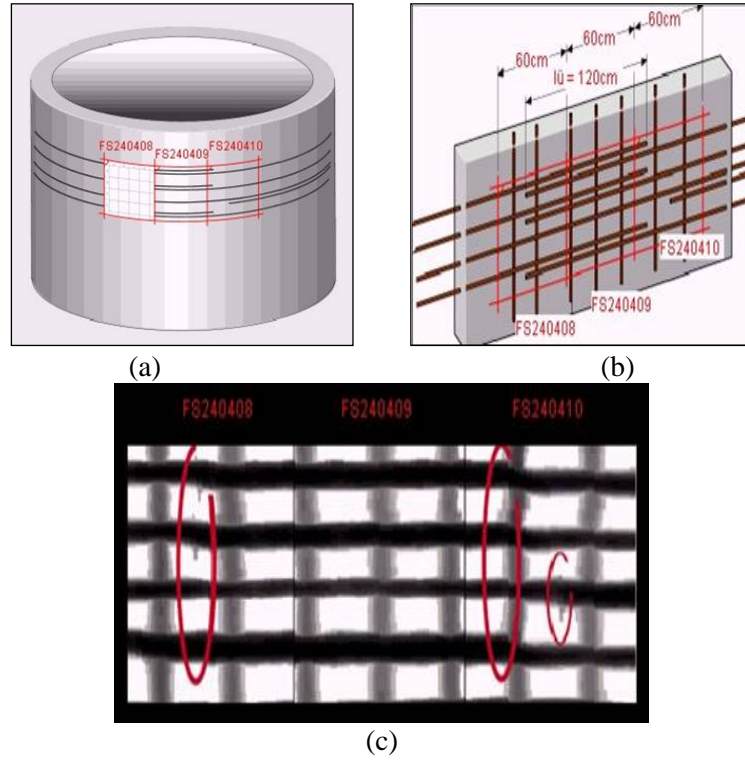


Şekil 14. (a) Bir kirişte donatı taraması, (b) donatı yerlerinin belirlenmesi, (c) delinecek yerin kararlaştırılması (URL-6).

Figure 14. (a) reinforcement scan on a joist, (b) Determination of reinforcement locations, (c) Drilling point decide (URL-6)

Kiriş içlerinden boru geçirilmesi durumunda donatıların zarar görmemesi için donatıların enine ve boyuna konumları belirlenir ve delik bu donatılar arasındaki alandan delinir.

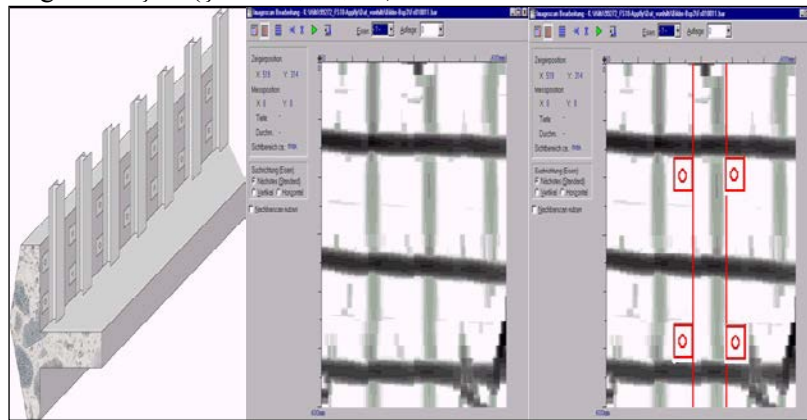
8. Belirli bir çaptaki sılunun yatay donatılarındaki bindirme boylarının uygun bir şekilde yapılıp yapılmadığını kontrol etmek için ferroskan taramasından faydalanılır (Şekil 3.15).



Şekil 15. (a) Donatıları belirlenecek silo, (b) kontrol edilecek değerler, (c) ferroskan verisi (bindirmenin olduğu yerde donatı çapı normal donatı çapının iki katı olarak okunur) (URL-6).

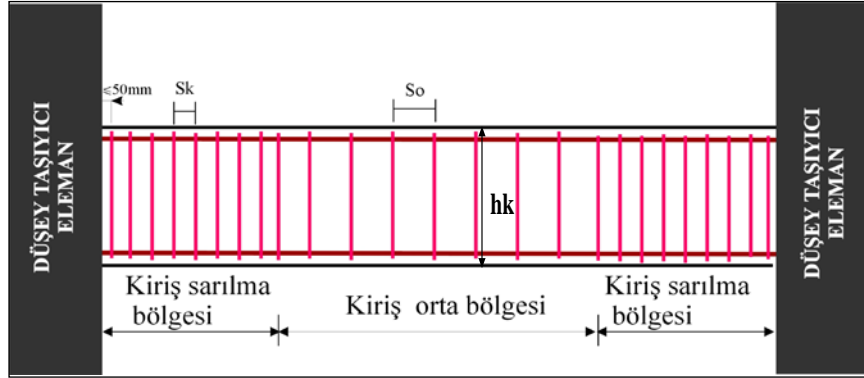
Figure 15. (a) Reinforcement locations to be detected granary, (b) Values to check, (c) Ferroskan data (where the thrust is diameter of the reinforcement is read as twice the diameter of the normal reinforcement) (URL-6)

9. Betonarme elemanlara bir başka elemanın montajı işleminde donatılara zarar vermemesi için ferroskan taraması yapılır (Şekil 16).
10. Etriye sargı bölgesi ve etriye aralığı tayini için ferroskan çalışması yapılır (Şekil 17). Etriye aralıklarının yeterli sıklıkta sarılması gerekmektedir. 27 Haziran 1998 Adana Ceyhan ve 1999 Kocaeli depremlerinde en büyük hasarlar yeterli sıklıkta etriye kullanılmayan binalarda görülmüştür (Şekil 18, 19, 20).



Şekil 16. Bir ses bariyerinin montajı (çelik dübel yerleştirilecek yerler ferroskan verisi üzerinde işaretlenip delinmektedir).

Figure 16. Installation of a sound barrier (Places where steel dowels will be placed, marked on ferroskan data and pierced)



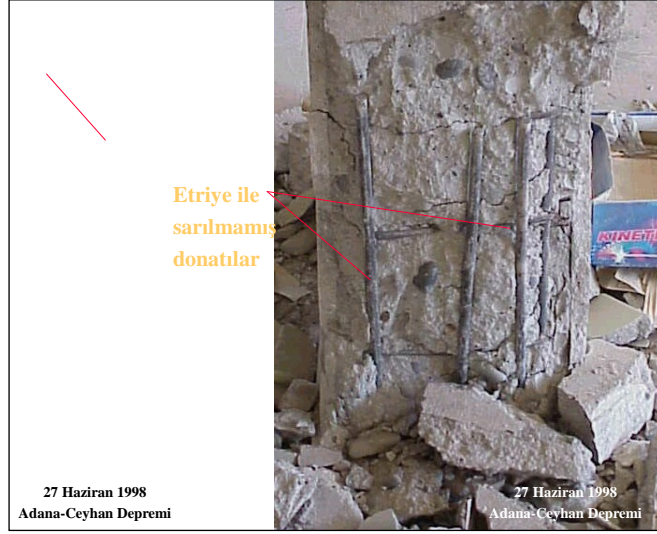
Şekil 17. Kiriş etriye sargı bölgesi ve etriye aralıkları.

Figure 17. Area of lateral reinforcement binders of beam and intervals winding zone



Şekil 18. Yeterli sıklıkta etriye kullanılmamış ve yetersiz işçilik nedeniyle oluşan kolon hasarları.

Figure 18. Colonic damage due to insufficient labor and insufficient use



Şekil 19. Yeterli sıklıkta etriye kullanılmamış ve yetersiz işçilik nedeniyle oluşan kolon hasarı
Figure 19. Colonic damage due to insufficient labor and insufficient use



Şekil 20. Kirişte kesme kuvvetini karşılayacak sıklıkta etriye bulunmaması nedeniyle oluşan kesme kırıklıkları.
Figure 20. Shear fracture due to the lack of the stirrup which compensates the shear force in a beam

Schmidt Çekici

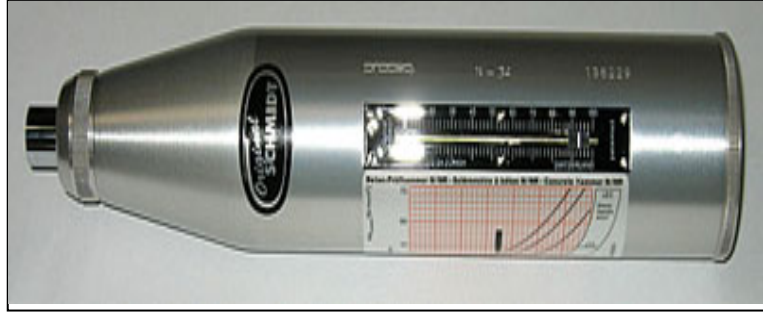
Bu test Schmidt çekici kullanılarak (Şekil 21) yerinde yapıya hasar vermeden yapılan klasik bir beton testidir. Bu test sadece betonun yüzey sertlik testi olduğundan sıvanın kaldırılarak doğrudan beton üzerine Schmidt çekici ile test yapmayı gerektirir. Schmidt çekici testinde bazı sınırlandırmalar mevcuttur. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Grasso vd, 1990).

1. İndeks testlerden elde edilen verilerin normal dağılım gösterdikleri kabul edilir
2. Kayaçların içsel özellikleri ihmal edilir
3. Genellikle istatistiksel değerlendirmeler için yeterli veri sayısına ulaşılamaz
4. Örnek boyut etkisi ihmal edilir
5. Farklı litolojik birimlerin verileri bir arada değerlendirilir

Bununla beraber bu sınırlandırmalara rağmen indeks testlerinin sonuçları mühendislik deneyimine dayalı yorumlar ile birleştirilerek zaman, tasarım ve fizibilite çalışmaları için pratik ön veriler sağlanabilir. Schmidt çekici ile bir alandan en az 10 okuma yapılır. Sonra bu okumaların ortalaması alınır. Sıkışma dayanımı K, aşağıdaki bağıntı ile verilir.

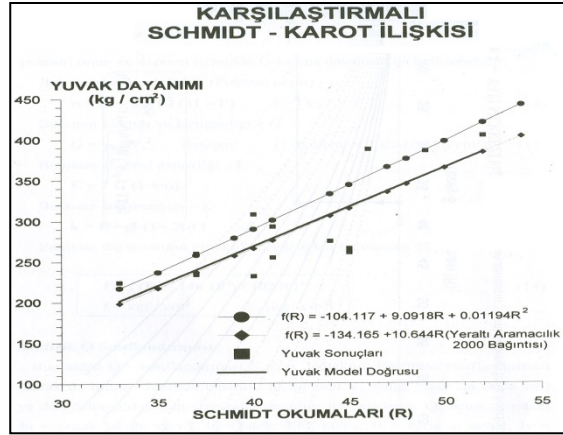
$$K = a.N.b \quad (5)$$

Burada a ve b çimento özelliğine bağlı sabitler olup, N Rebound indeksidir. Hata derecesi \pm %30 civarındadır.



Şekil 21. Schmidt çekici
Figure 21. Scmidt hammer

Schmidt okumaları ile karot ilişkisi Şekil 22. de verilmektedir.



Şekil 22. Schmidt çekici ile karot deneyi karşılaştırması ve bulunan bağıntılar (Ercan, 2003).

Burada yuvak: karot, f: beton dayanımı, R: yüzey sertlik okuması

Figure 22. Comparison of core experiment with Schmidt hammer and found correlations (Ercan, 2003). (Here, yuvak: core, f: concrete strength, R: surface hardness reading)

Schmidt çekicinde ortalama okuma değeri P ise beton dayanımı aşağıda verilen deneysel bağıntı ile bulunabilir (Ercan, 2003).

$$f = -213.76 + 17.918R - 0.215R^2 + 0.00438R^3 \quad (6)$$

Bu bağıntıda $90 \text{ kgf/cm}^2 < f < 1100 \text{ kgf/cm}^2$ arasında geçerlidir (Ercan, 2003). $f = 20 \text{ cm}$ küp dayanımı (kgf/cm^2) dir. $f_{20} = 0.96 f_{15}$.

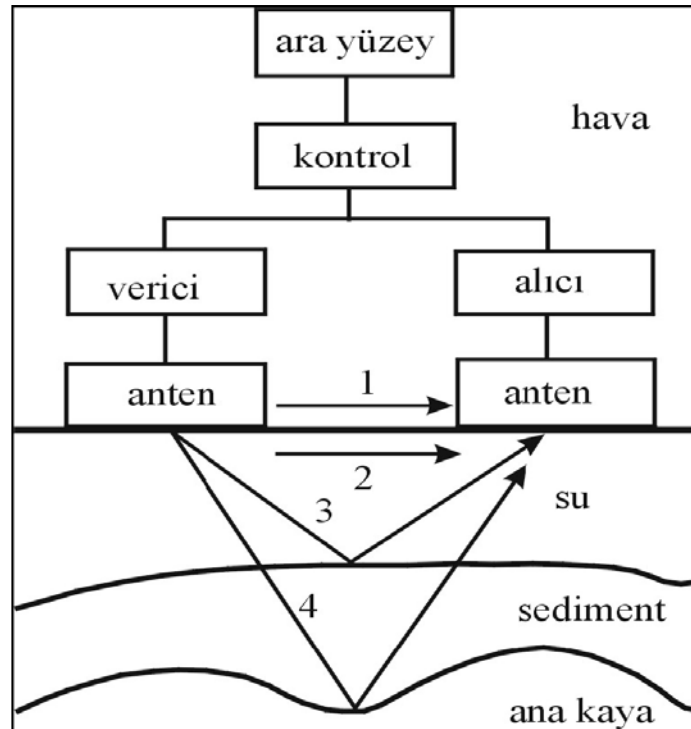
Beton yaşlandıkça beton yüzeyinde CaCO_3 çökeltileri arttığından R değeri büyük okunur. Böyle durumda R değeri 0.9 ile çarpılarak düzeltilir.

Yer Radarı (GPR)

Yer radarı (Ground Penetrating Radar veya kısaca GPR) frekansı 1-1000 MHz arasında değişen radyo dalgalarını yer yüzünden yere uygulayarak yer altındaki yapı ve özellikleri görüntüleyen bir jeofizik yöntemdir. Son yıllarda metalik olmayan yapıların hasarsız bir şekilde test edilmesinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. GPR yöntemi, 1960 lı yılların ortalarından sonra elektronik alanında olağanüstü gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkan sığ derinlikleri araştırma yöntemlerinin en yenilerinden biridir. Yöntemde kaynak olarak yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar kullanılmakta olup, düşük maliyeti, hızlı kullanımı ve tahribatsız bir yöntem olması nedeniyle jeoteknik ve jeolojik araştırmalarda, baraj, hava alanı ve yerleşim alanları zemin etütleriyle yeraltı su tablasının belirlenmesi, süreksizlik tespiti, yüzeysel ayrışma derinliğinin tayini çalışmalarında yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

Yer Radarı Çalışma Prensibi

Yer radarı yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaları verici antenler kullanarak yeraltına gönderir. Yeraltına giden bu dalgaların bir kısmı karşılaştıkları cisimlerden veya farklı yapıdaki jeolojik birimlerin ara yüzeylerinden yansıyarak alıcı antene gelir ve işlem ünitesine iletilir, dalgaların diğer kısmı ise daha derinlere iner (Şekil 23). Verici antenden çıkan elektromanyetik dalgaların yer içindeki ilerleme hızı, ortamın dielektrik sabitine ve manyetik süseptibilitesine; dalğanın nüfus derinliği ise dalğanın frekansına ve ilerlediği ortamın elektrik iletkenliğine bağlıdır. Yer radarı profillerinin yorum kalitesinin artırılabilmesi için sondaj logları, laboratuvar deneyleri ve jeolojik bilgilerden yararlanır.



Şekil 23. GPR'in blok diyagramı; 1) Hava Dalgası, 2) Direkt yer dalgası, 3 ve 4) Yansımalar (Last ve Smol, 2001).

Figure 23. Block diagram of GPR; 1) Air Wave, 2) Direct ground wave, 3 and 4) Reflections (Last ve Smol, 2001)

Yer Radarının Uygulama Alanları

- Yüzeğe yakın kesimlerde yer alan gevşek zonun tespiti,
- Otoyol, havaalanı, baraj, demiryolu, su kanalı, santral, yerleşim alanı zeminlerinin incelenmesi,
- Tünel çalışmaları için Jeolojik ve Jeoteknik araştırmalarda,
- Tarihi binalar için özel zemin araştırmaları,
- Ana kaya derinliğinin saptanması,
- Zemindeki yanal ve düşey süreksizliklerin saptanması,
- Boşlukların saptanması,
- Su tablasının belirlenmesi,

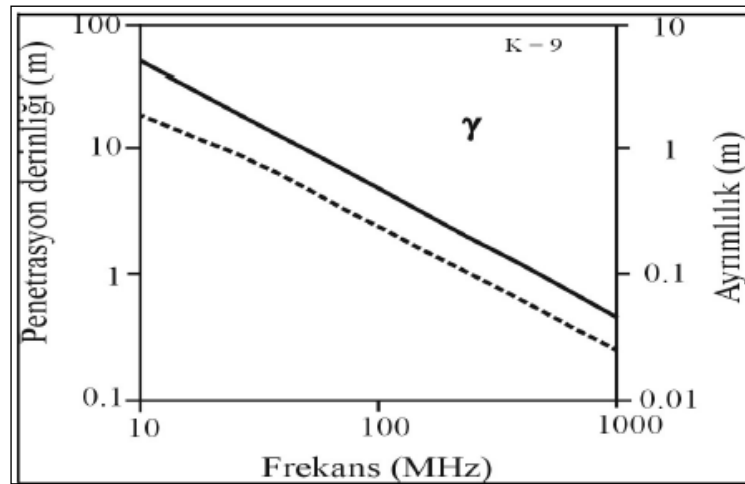
GPR çalışma performansına etki eden diğer bir etmen de kullanılan anten frekansıdır. Uygulamalarda kullanılan anten frekansları 25 MHz ile 1000 MHz arasında değişmektedir. Bu frekans uygulama derinliğine bağlı olarak değişmektedir. Antenin fiziksel boyutu iletilen dalgaların frekansını etkiler (Griffin ve Pipet, 2002). GPR dalgalarının derinliği ve çözünürlüğü kullanılan anten frekansına bağlıdır (Çizelge 5) (Takahashi, 2004).

Çizelge 5. GPR parametreleri (dielektrik sabit, elektrik iletkenliği ve anten frekansı) arasındaki ilişki (Takahashi, 2004).

Table 5. Relationship between GPR parameters (dielectrical constant, electrical conductivity, antenna frequency), (Takahashi, 2004).

GPR Parametreleri	Dielektrik Sabit		Elektrik İletkenlik		Anten Frekansı	
	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek
Yayımlama Hızı	Yüksek	Düşük				
Penetrasyon	Kısa	Uzun	Uzun	Kısa	Uzun	Kısa
Dalga Boyu	Uzun	Kısa			Uzun	Kısa
Çözünürlük	Düşük	Yüksek			Düşük	Yüksek

Yüksek frekanslı elektromagnetik dalgalar düşük frekanslı elektromagnetik dalgalara göre daha fazla detay ve yüksek ayrırlılık elde edilmesine imkân sağlar, fakat yüksek frekanslar çok hızlı emildiği için penetrasyon derinlikleri düşük frekanslar kadar mükemmel değildir (Griffin ve Pipet, 2002). Kısacası, frekans ile ayırım arasında doğru orantı; frekans ile derinlik arasında ters orantı vardır. Şekil 24 de frekans, ayrırlılık ve derinlik arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 24. Frekans, ayrırlılık ve derinlik arasındaki ilişki (Last ve Smol, 2001).

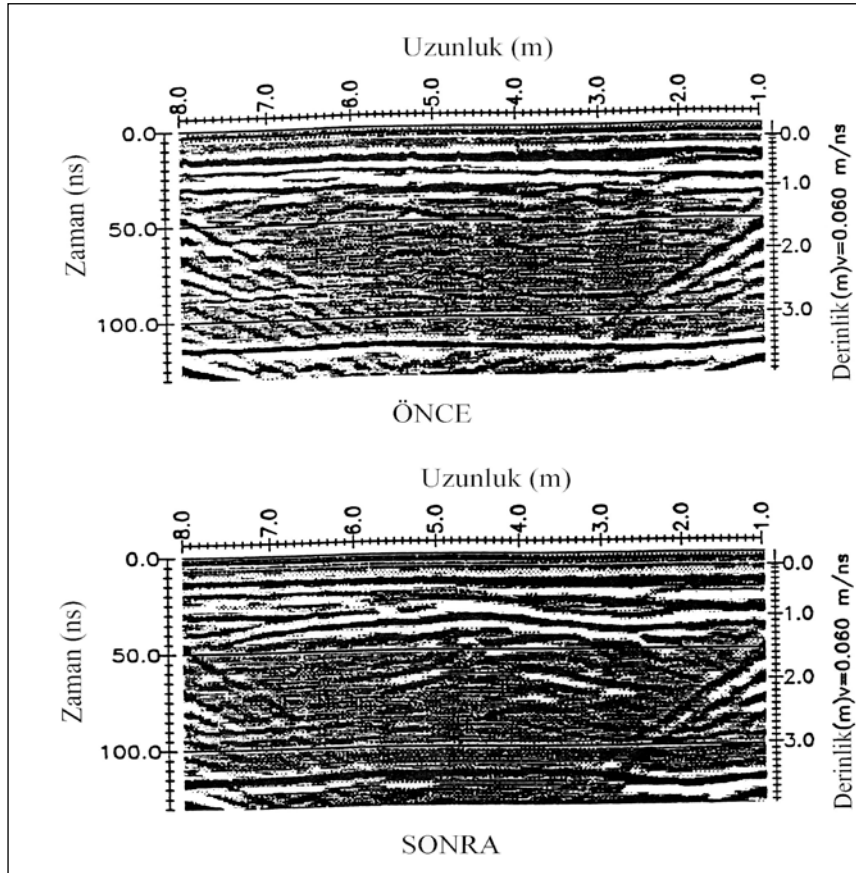
Figure 24. The relationship between frequency, resolution and depth

Anten frekansı seçimi yapılırken bilinmesi gereken koşullar vardır (Takahashi, 2004). Bunlar;

- 1) Hedef araştırmanın boyutu, derinliği, materyal türü,
- 2) Hedefin gömülü olduğu zemin ve kayanın özellikleri,
- 3) GPR penetrasyonunu etkileyen nem ve kil içeriği,
- 4) Alanın yüzey engebeleri ve bitki örtüsüdür.

Bir formasyonun iletkenliğinin bulunması oldukça zordur. İletkenlik su miktarına bağlı olduğu kadar matrisin içindeki yük akışına da bağlıdır. Kuvars kumları gibi temiz iri taneli materyallerde yük akışı zayıf, ince taneli topraklarda ise fazladır. Sonuç olarak killerin elektrik iletimi fazla olduğu için GPR çalışmaları için önemli yer tutar. Topraktaki organik kirlenmeler elektrik özellikleri daha karmaşık bir hale koyar. Şekil 25 de kirlenmemiş ve kirlenmiş bir ortamın GPR görüntüsü verilmektedir. Kirlenmiş durumda kuvvetli yansımalar ortaya çıkmıştır.

Organik kirlenmelerin belirlenmesinde radar kullanımı inorganik materyallerin genellikle iyonik olmasından ve çevrenin elektrik iletkenliğinden çok fazla değişim göstermesinden dolayı oldukça başarılı netice vermektedir. Şekil 26 da radar sinyallerinin yüksek sönümüne neden olan inorganik kirlenmeyi göstermektedir. Şekil 27 ve Şekil 28 da çeşitli araştırmacıların yapmış oldukları GPR sonuçları gösterilmektedir.

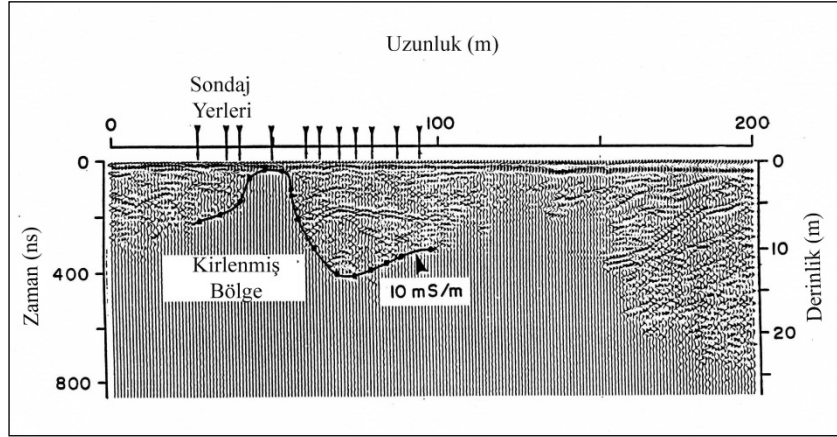


Şekil 25. a) Temiz bir ortamın GPR görüntüsü.

b) Aynı ortamın çeşitli solüsyonlarla kirlenmiş halinin GPR görüntüsü.

Figure 25. a) GPR image of clean environment

b) GPR image of the same environment contaminated with various solutions



Şekil 26. Radar sinyal sönümünde, boşluk suyu iletkenliğindeki etkinin gösterimi
Figure 26. Indication of the effect of the gap water conductivity in the radar signal damping,



Şekil 27. Üç adet yer altı depolama tankının (YDT), 400 MHz anten ile GPR görüntüsü (solda) ve YDT'nin yeryüzüne çıkarılmış görüntüsü (sağda) (URL-7).

Figure 27. GPR image of three underground storage tanks (YDT) with 400 MHz antenna (Left) and YDT's images on the ground (right) (URL-7).

Elektriksel Rezistivite (Özdirenç) Ölçümleri

Betonun elektriksel rezistivitesi beton içinde bulunan demir çubukların korozyonunu göstermek ve ilerlemesini belirlemek için ana parametredir. Beton rezistivitesi başlıca boşluk iletkenliğine, hacim ve çimento tipine, sıcaklık ve neme bağlıdır. Yüksek elektriksel rezistiviteye sahip beton içindeki korozyon işlemi, içinde anot ve katot arasındaki elektrik akımı hızla geçen düşük rezistiviteli betona göre daha yavaş olacaktır.

Elektriksel rezistivitenin belirlenmesi için AC ve DC ölçümleri yapılır. Bu ölçümlerde yüzey ve beton içine çakılan elektrotlarla uygulanır.

DC ölçümlerinde betona çakılan iki elektrot arasında sabit elektrik alanı uygulanır ve sonuçlanan akım küçük bir direnç üzerinde voltaj düşümü olarak ölçülür (Şekil 28). Bu sistemin hassaslığı dört elektrot sistemine göre biraz daha düşüktür.

AC ölçümlerinde en çok kullanılan elektrot dizilimi Wenner dizilimi olup, elektrik akımı dıştaki elektrotlar arasından verilir ve içteki elektrotlar arasındaki potansiyel farkı ölçülür (Şekil 29).

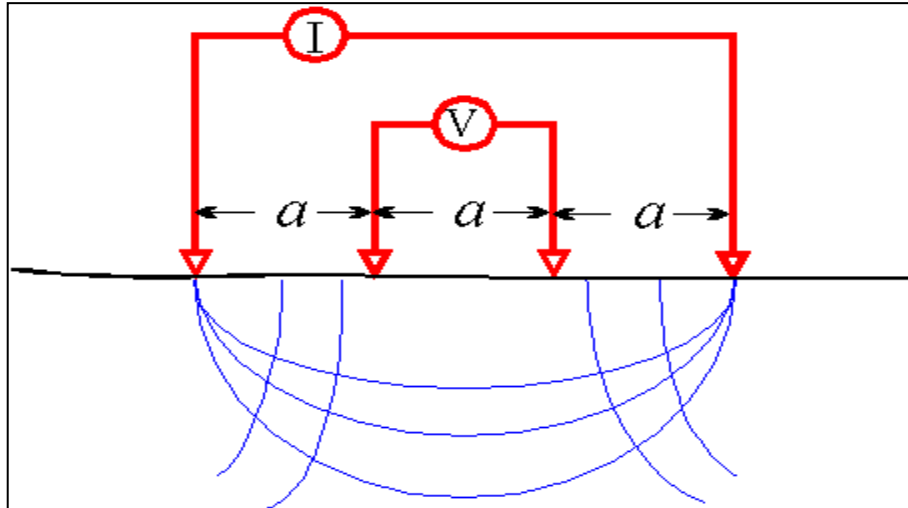
Wenner Elektrot Dizilimi Kullanılarak Beton Rezistivite Ölçümleri

Elektriksel rezistivite beton içindeki boşluklardaki nem oranının, boşluk sistemi dağılımının ve büyüklüğünün bir ölçüsüdür. Rezistivite beton kalitesi, çimento miktarı, su/çimento oranı, kür ve içine konan katkıları tarafından kuvvetle etkilenmektedir. Kayaçların rezistivitesini ölçmek için modifiye edilmiştir. Beton rezistivite cihazlarında elektrotlar beton yüzeyine jel veya nemlendirici sürülerek bastırılır ve elektriksel kontak sağlanır.



Şekil 28. İki elektrotlu rezistivite algılayıcısı.

Figure 28. Two-electrode resistivity sensor



Şekil 29. Wenner elektrot dizilimi.

Figure 29. Wenner electrode array

İki elektrotlu rezistivite cihazında bir elektrot betona çakılır ve diğer elektrot yüzeyde betona bastırılır. Elektrot civarındaki alanda beton rezistivitesi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$\text{Rezistivite} = 2.R.D(\text{ohm.cm})$$

Burada: R alıcı elektrot ile inşaat çubuğu ağı arasındaki pulstan “İ.R” düşümü ile bulunan rezistans ve D ise alıcı elektrodun çapıdır.

Rezistivite ölçümlerinin korozyona göre yorumu deneysel olup, Çizelge 6. de verilmiştir.

Çizelge 6. Rezistiviteye göre korozyon riski

Rezistivite (Ohm.cm)	Korozyon Riski
20.000 den büyük	İhmal edilir
10.000-20.000	Düşük
5.000-10.000	Yüksek
5.000 den küçük	Çok yüksek

Elektrokimyasal Potansiyel Ölçümleri

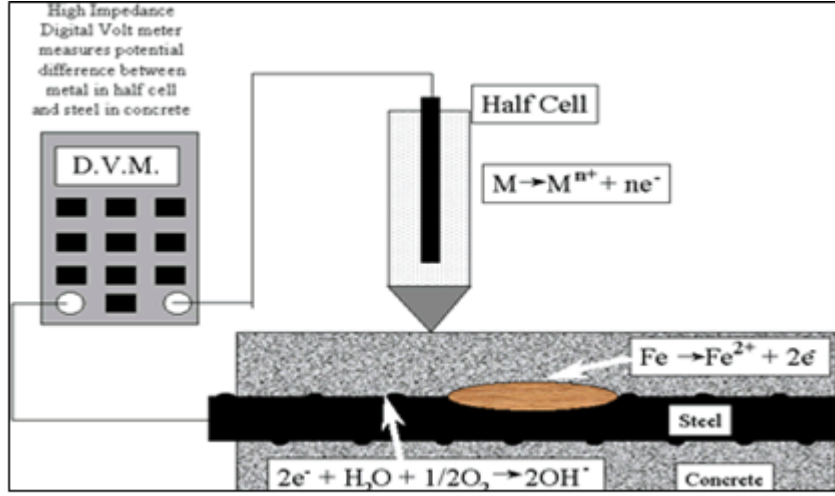
Standart bir elektroda göre çeliğin elektrokimyasal potansiyelinin ölçümü çeliğin korozyon riskinin belirtisini verir.

Gümüş/gümüş klorür (Ag/AgCl) elektrot, civa/civa oksit (Hg/HgO) ve bazen standart calomen (sülümen) elektrot (SCE) beton içindeki çelik için bir referans elektrot olarak kullanılabilir. Yüksek empedanslı bir sayısal voltmetre basit bir düzen ile veriyi toplamak için kullanılır.

Yorumlama oldukça güvenlidir. ASTM C-876 standardında eğer potansiyel -350 mV dan daha negatif ise yüksek korozyon riski olduğu belirtilmiştir. Eğer potansiyel -200 mV dan daha az negatifse düşük korozyon riski bulunmaktadır. Bu değerler arasında ise orta derecede risk vardır. Bu yorumlama karbonatlaşmış veya içine klorlu elementler girmiş betonlara uygulanmaz. Okumalar ayrıca nem miktarı ile de etkilenmektedir.

Çok yüksek negatif potansiyeller denizel bölgelerde su seviyesinin altında okunur. Bununla beraber oksijen azlığı korozyon oranını yavaşlatmaktadır.

Bağlantı potansiyelleri (function potentials) beton içindeki kimyasal konsantrasyonlardaki değişiklik ile yaratılabilir. Bu etki klor değişimine maruz kalan beton diliminde çok fazladır. Bağlantı potansiyelleri karbonatlaşmış yapılarda kararsız değişiklikler olarak açıklanabilir. PH değişiminden, karbonatlaşmış betonun nemli ve kuru kısımlarından erimiş iyon konsantrasyonlarının hızlı değişim göstermesinden ve kalsiyum karbonat tarafından boşlukların daraltılması nedeniyle karbonatlaşmış yüzeyde potansiyel değişir (Şekil 30).

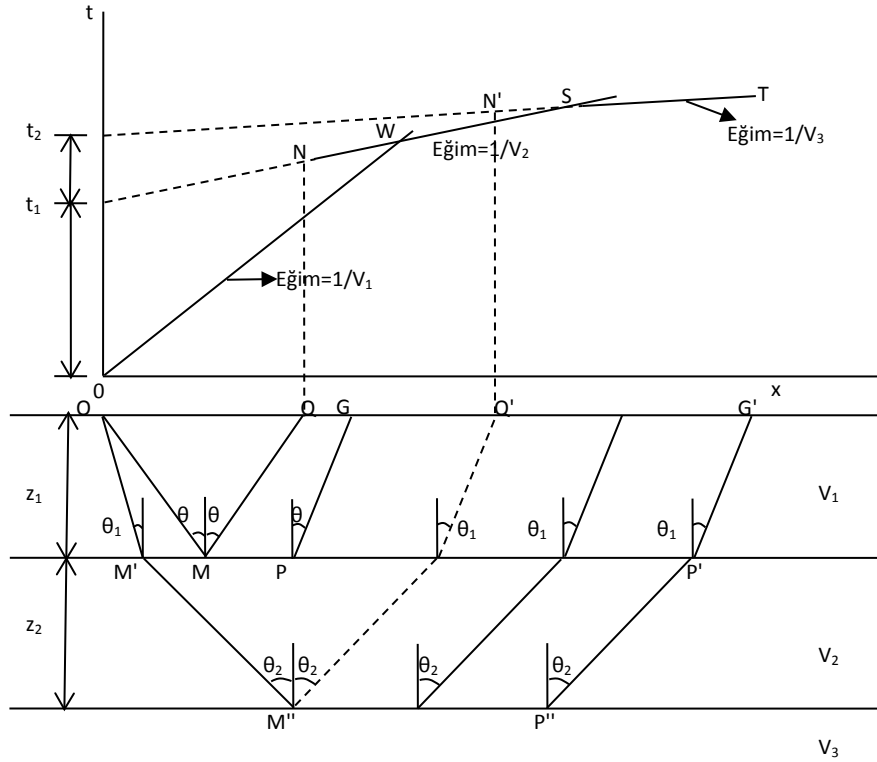


Şekil 30. Beton içinde bağlantı potansiyeli oluşumu.
Figure 30. Connection potential formation in concrete

III.2.1.6. Sismik Kırılma Yöntemi

Beton duvar, kiriş ve kolonlarda sıva kalınlığı tespiti, beton içindeki çatlak, kırık, boşluk ve nitelik değişimi sismik kırılma yönteminin bu yapı elemanlarının yüzeylerine uygulanması ile belirlenebilmektedir.

Şekil 31.' de üç tane birbiri üzerinde paralel uzanan V_1 , V_2 ve V_3 hızlarına sahip tabakalar ve onların zaman-uzaklık eğrileri gösterilmektedir. $V_3 > V_2 > V_1$ ve θ_1 ' in yukarıdaki refraktör için kritik açıdan küçük olması durumunda θ_2 aşağıdaki refraktör için kritik açı olmaktadır. Burada OMPG kırılma izine WS doğrusu karşılık gelir.



Şekil 31. İki kırıcı yüzey için dalga izleri ve seyahat zaman eğrileri.

Figure 31. Wave traces for two refractor surfaces and travel time curves

Kırılma izi $OM'M''P''P'G'$ için Snell Yasası aşağıdaki gibi yazılır.

$$\frac{\sin\theta_1}{V_1} = \frac{\sin\theta_2}{V_2} = \frac{1}{V_3} \quad (7)$$

Seyahat zamanı eğrisi ST için,

$$t = \frac{OM'+G'P'}{V_1} + \frac{M'M''+P'P''}{V_2} + \frac{M''P''}{V_3}$$

$$t = \frac{2Z_1}{V_1 \cos\theta_1} + \frac{2Z_2}{V_2 \cos\theta_2} + \frac{x - 2Z_1 \tan\theta_1 - 2Z_2 \tan\theta_2}{V_3}$$

$$t = \frac{x}{V_3} + \frac{2Z_2}{V_2 \cos\theta_2} \left(1 - \frac{V_2}{V_3} \sin\theta_2\right) + \frac{2Z_1}{V_1 \cos\theta_1} \left(1 - \frac{V_1}{V_3} \sin\theta_1\right) \quad (8)$$

$$t = \frac{x}{V_3} + \frac{2Z_2}{V_2} \cos\theta_2 + \frac{2Z_1}{V_1} \cos\theta_1 \quad (9)$$

$$t = \frac{x}{V_3} + t_2 + t_1 \quad (10)$$

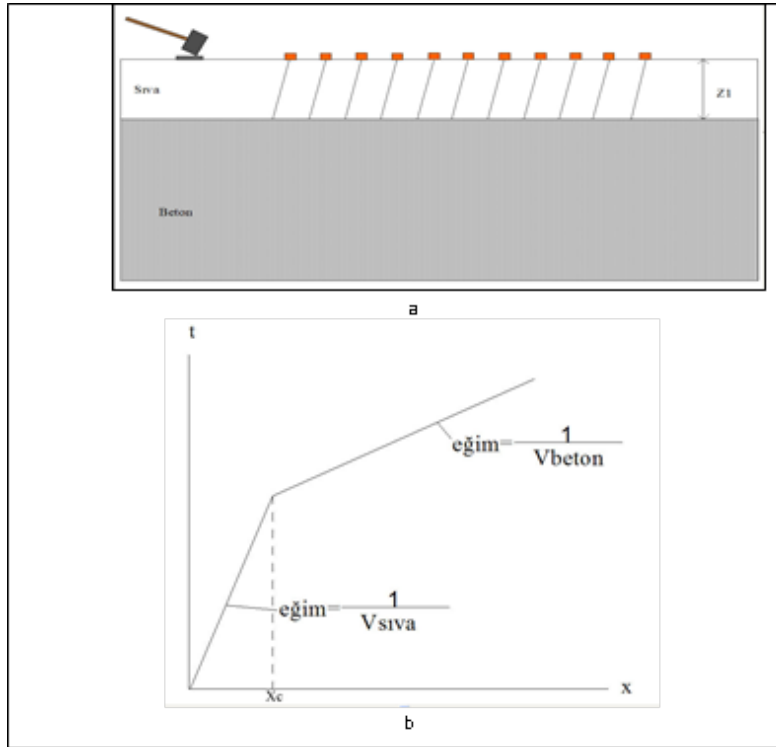
Böylece ikinci tabakanın tabanından olan kırılma eğrisinin, eğimi $1/V_3$ olan, bir doğru olduğu görülmektedir. Bu doğrunun t eksenini kesme zamanı kırılma yüzeyinin üzerindeki her bir tabakanın $\frac{2Z_i}{V_i} \cos\theta_i$ terimlerinin toplamına eşittir. O halde iki tabakalı durum n tabaka için genelleştirilirse,

$$t = \frac{x}{V_n} + \sum_i \frac{2Z_i}{V_i} \cos\theta_i \quad (11)$$

elde edilir. Burada $\theta_i = \sin^{-1}\left(\frac{V_i}{V_n}\right)$ dir. Bu denklem her bir serinin kalınlık ve hızlarını bulmak için kullanılır (Kurtuluş, 2002).

Betonun Sıva Kalınlığının Bulunması

Beton sıvası kalınlığının tespiti için jeofonlar (alıcılar) sıva üzerine bir doğrultu boyunca belirli bir jeofon aralığı ile tespit edilir ve belirlenen bir ofsette (1. alıcı noktasına olan uzaklık) metal bir levha üzerinde çekiçle vurularak ses dalgası üretilir (Şekil 32a). Bu çalışmadan elde edilen sismik kırılma zaman-uzaklık eğrileri Şekil 32b de verilmektedir.



Şekil 32. a) Sıva kalınlığı tespiti için jeofon düzeneği, b) Elde edilen zaman uzaklık eğrisi.

Figure 32. a) Geophone equipment for coating thickness determination, b) Obtained time distance curves

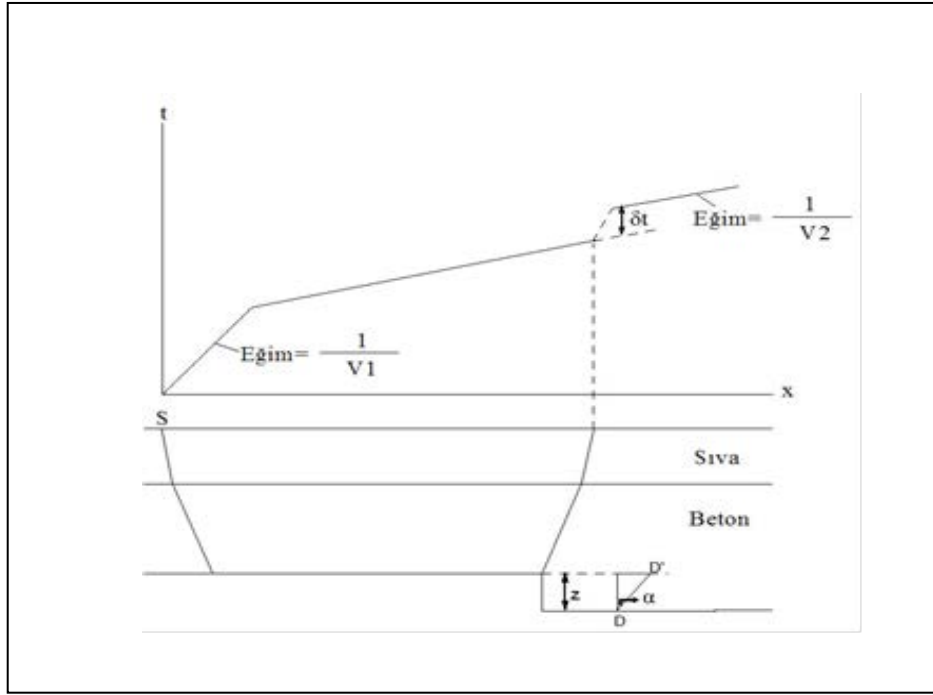
Birinci kolun eğiminden sıvanın hızı ($V_{sıva}$) ve ikinci kolun eğiminden betonun hızı ($V_{betón}$) bulunur.

$$Z = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_{betón} - V_{sıva}}{V_{betón} + V_{sıva}}} \quad (12)$$

bağıntısından sıvanın kalınlığı elde edilir.

Beton İçinde Sıva Arkasında bulunan Bir Kırığın Yer ve Atımının Bulunması

Sıva yüzeyinde gözlenemeyen fakat sıva altında atım yapan olası bir kırığın bulunması için jeofonlar düşey ve yatay yönlerde bir doğrultu boyunca yerleştirilip, belirli bir ofsetten çekiçle vurularak ses dalgası üretilir. Kırık doğrultusuna dik geçen profilde elde edilecek zaman-uzaklık eğrisi Şekil 33 da belirtilen şekilde elde edilir.



Şekil 33. Sıva altındaki fayın yer ve atımının hesaplanması. V_1 : Sıvanın hızı, V_2 : Betonun hızı, z : Atım, δt : İki kol arasındaki düşey zaman.

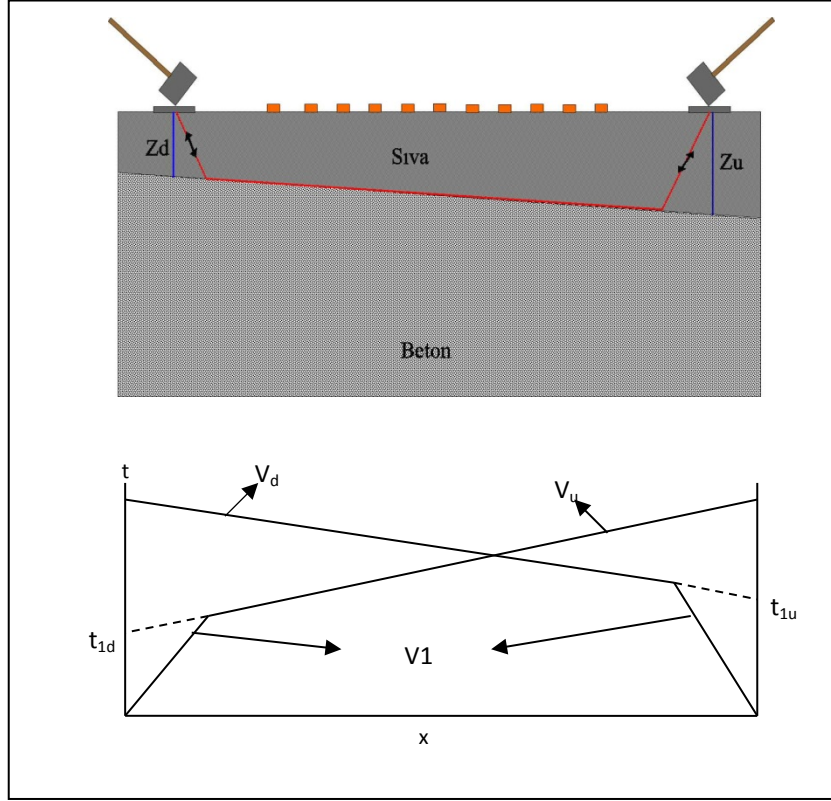
Figure 33. Calculation of location and displacement of fault under coating. V_1 : Velocity in coating, V_2 : Velocity in concrete, z : Displacement, δt : Vertical time between two arms

Kollardan elde edilen V_1 ve V_2 hızları ile δt değeri

$$DD' = \frac{V_1 \delta t}{1 - \frac{V_1^2}{V_2^2}} \quad (13)$$

bağıntısında kullanılarak atım bulunur (Kurtuluş, 2002).

Sıva altındaki betonun eğim ve kalınlıklarının tespiti için karşılıklı atışlı sismik kırılma çalışması yapılır. Bu çalışmada Şekil 34a da görüldüğü gibi jeofonlar beton yüzeyine belirlenen jeofon aralıklarında tespit edilir. İlk ve son jefondan belirli uzaklıklarda (ofsetlerde) ses dalgası üretilerek kırılma verisi alınır. Bu verilerin zaman uzaklık eğrileri çizilir (Şekil 34b).



Şekil 34. a) Sıva üzerine jeofonların tespiti ve karşılıklı atış. b) Karşılıklı atıştan elde edilen zaman uzaklık eğrisi. V_1 : Sıva içindeki sismik hızı, V_d , V_u ise beton içindeki sismik hızları göstermektedir. Beton homojen ise $V_d=V_u$ olur.

Figure 34. a) Detection of geophones on the plaster and mutual shot, b) Time distance curve obtained from mutual shot, V_1 : Seismic velocity in plaster, V_d , V_u : Seismic velocity in concrete. If the concrete is homogeneous, $V_d=V_u$.

Z_d ve Z_u kalınlıkları ve eğim aşağıdaki bağıntıların kullanılması ile tespit edilir.

$$t_{1d} = \frac{2Z_d}{V_1} \cos\theta \quad (14)$$

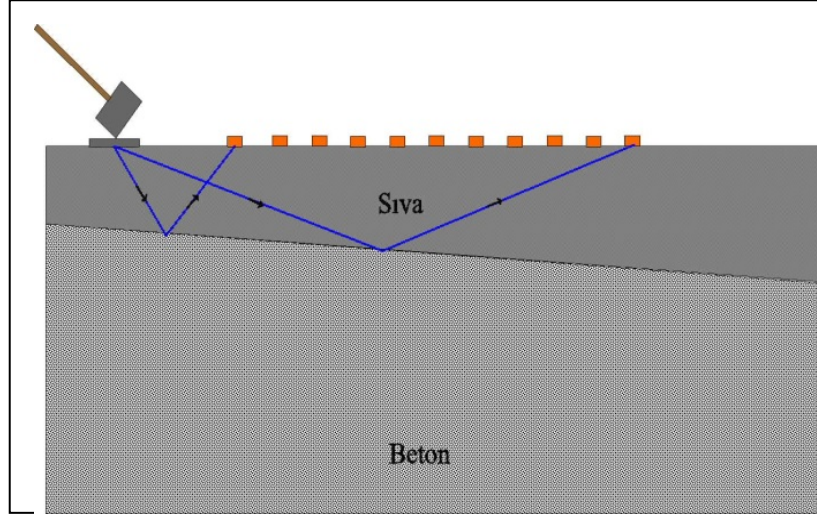
$$t_{1u} = \frac{2Z_u}{V_1} \cos\theta \quad (15)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \left\{ \sin^{-1} \left(\frac{V_1}{V_d} \right) + \sin^{-1} \left(\frac{V_1}{V_u} \right) \right\} \quad (16)$$

$$\phi = \frac{1}{2} \left\{ \sin^{-1} \left(\frac{V_1}{V_d} \right) - \sin^{-1} \left(\frac{V_1}{V_u} \right) \right\} \quad (17)$$

Sismik Yansımaya Çalışması

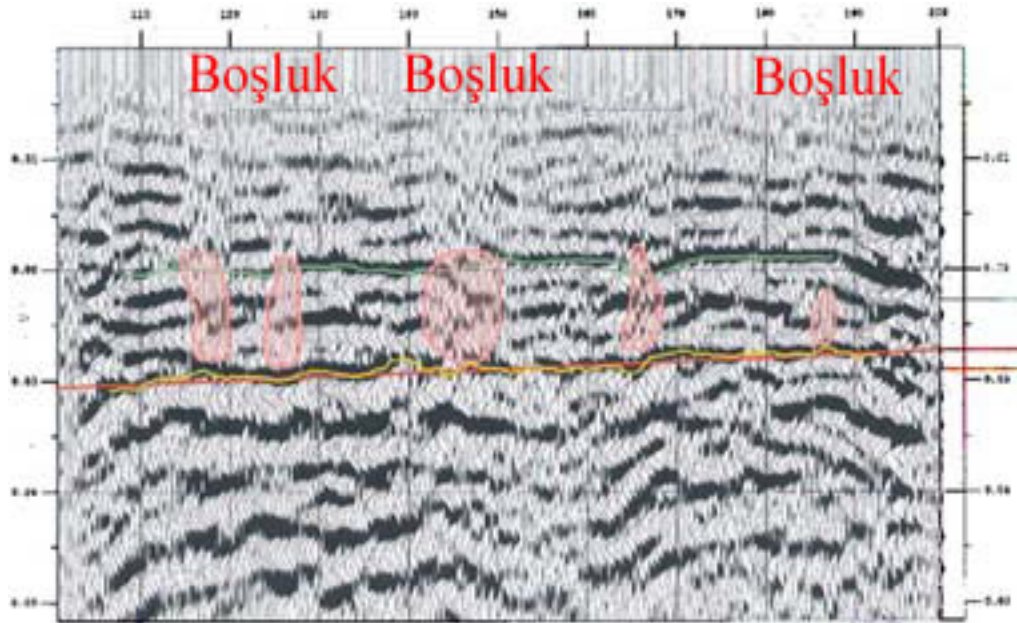
Jeofonlar belirlenen aralıkla sıva üzerine tespit edilir ve belirlenen bir ofsetten sismik dalgalar üretilir (Şekil 35).



Şekil 35. Sismik yansımaya çalışması
Figure 35. Seismic reflection study

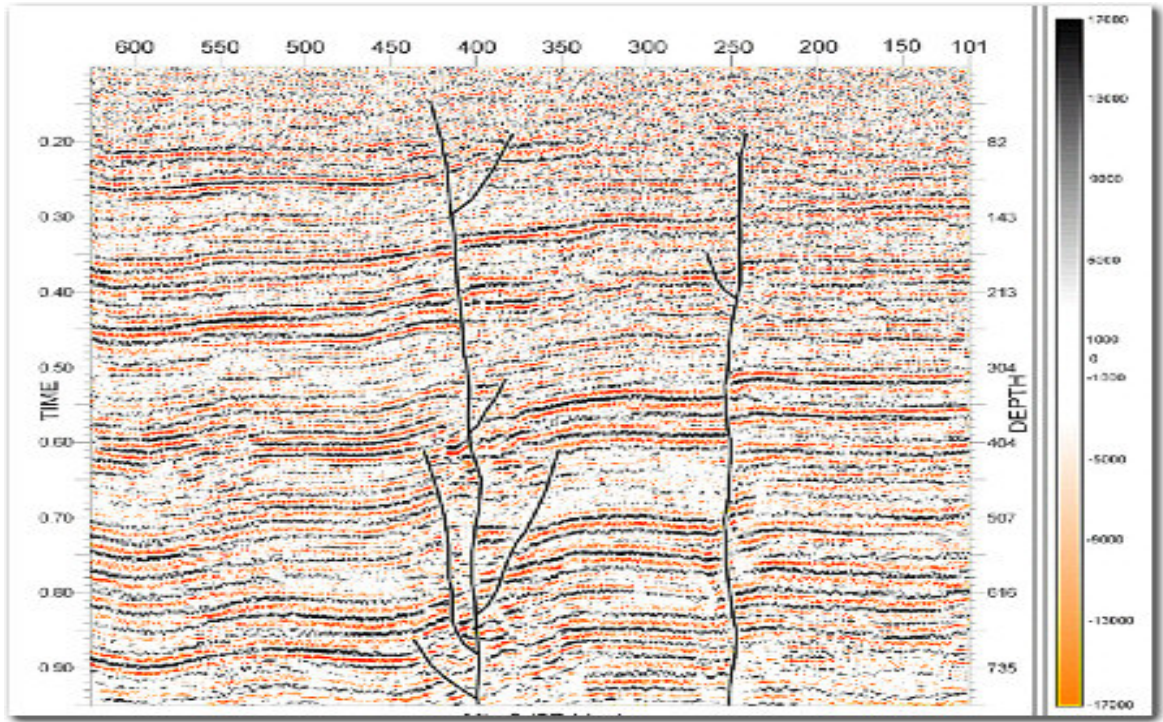
Sismik Yansımaya Çalışması İle Boşluk Tespiti

Sismik yansımaya çalışması yapılarak beton içindeki boşluklar görüntülenebilir (Şekil 36).



Şekil 36. Beton içindeki boşlukların sismik yansımaya çalışmasıyla görüntülenmesi (URL-8).
Figure 36. Visualization of gaps in concrete by seismic reflection study (URL-8).

Sismik yansımaya çalışması neticesinde beton içinden alınan kesitte olası çatlaklar, kırıklar ve ezilme yerleri çok iyi bir şekilde görülür (Şekil 37).



Şekil 37. Beton içindeki çatlakların görüntülenmesi (URL-9).
Figure 37. Display of fractures in concrete (URL-9).

SONUÇLAR

Depremlerde çeşitli zemin koşulları ve bina özelliklerinden kaynaklanan nedenlerle dayanımını kaybetmiş binaların depremlere karşı güçlendirilmesi gerekmektedir. Bunun için büyük finansmana ihtiyaç vardır. Bunu sağlamak amacıyla devlet 16.5.2012 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Kentsel Dönüşüm Yasası olarak bilinen 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun'u yürürlüğe koymuştur. Binaların risk durumlarının araştırılmasında büyük ölçüde hasarsız jeofizik metotları kullanılmaktadır. Bu nedenle bu amaç için kullanılan jeofizik metotları bu çalışmada geniş bir şekilde incelenmiş olup, bu konular ile ilgilenen mühendis ve araştırmacılara büyük katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

OĞUZMAN, K., ÖZER, S., OKTAY-ÖZDEMİR, S., 2014. Eşya Hukuku. İstanbul, Filiz Kitabevi. S. 315-344.

YANLI D., 2015. 6306 Sayılı Kanun Işığında Kentsel Dönüşüm Uygulamalarına Genel Bakış, <https://www.linkedin.com/.../6306-sayili-kanun-ışığında-kentsel-dönüşüm-genel-bakış->

ERCAN, A., 2003. Yapı İnceleme Yöntemleri, Birsen Yayınevi.

GRASSO P., XU S., MAHTAB A., 1990. Use of Schmidt hammer for estimating mechanical properties of weak rock. 6th Int. IAEG Congress. Balkema, Rotterdam.

KURTULUŞ, C., 2002. Sismik Arama, Teori ve uygulama, Kocaeli Üniversitesi Yayınları, Yayın No:5.

GRASSO P., XU S., MAHTAB A., 1990. Use of Schmidt hammer for estimating mechanical properties of weak rock. 6th Int. IAEG Congress. Balkema, Rotterdam.

KURTULUŞ, C., 2002. Sismik Arama, Teori ve uygulama, Kocaeli Üniversitesi Yayınları, Yayın No:5.

KURTULUŞ, C., SERTCELİK, F., CANBAY, M., SERTCELİK, I. (2010). Estimation of Atterberg limits and bulk mass density of an expansive soil from P-wave velocity measurements, Bull. Eng. Geol. Environ., No. 69,153-154.

LAST, W. M., SMOL, P. (ED.). (2001). Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Physical and Chemical Techniques. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

GRIFFIN, S., PIPET, T. (2002). Ground Penetrating Radar. Geophysical and Remote Sensing Methods for Regolith Exploration, 144, 80-89

TAKAHASKI, T. (2004). Suggested Methods for Land Geophysics in Rock Engineering. Rock Mechanics and Mining Science, 41, 885-914.

URL-1: <https://www.csb.gov.tr/db/altyapi/webmenu/webmenu15879.pdf> (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Riskli Yapılar Mevzuat Sunumu. Son Ziyaret: 04.12.2016).

URL-2: <http://www.cnsfarnell.com/index.asp?pgid=26>

URL-3: <http://www.geneq.com/catalog/en/punditplus.html>

URL-4: <http://www.cnsfarnell.com/index.asp?pgid=24>

URL-5: www.netwares.net/ucs/scans.html

URL-6: <http://www.hilti.co.uk/data/editorials/-12208/PS200brochure.pdf>

URL-7: http://jeofizik.ankara.edu.tr/download/notlar/JEM207/JEM207_Ders09.pdf

URL-8: http://www.baygeo.com/html/the_microvib.html

URL-9: http://www.baygeo.com/html/high-resolution_shear_wave.html

SONDAJA DAYALI ZEMİN VE TEMEL ETÜT RAPORLARINDA KARŞILAŞILAN JEOTEKNİK SORUNLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Assessment of Geotechnical Problems in Soil and Fundamental Investigation Reports Based on The Borehole

Süleyman DALGIÇ¹, İbrahim KUŞKU¹, Mehmet TURGUT¹

ÖZET

İmar planına esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporunda yerleşime uygunluğu belirlenmiş alanda kalan bir parselde temel tasarımı için gerekli olan zemin değerlendirmesi amacıyla, “Zemin ve Temel Etüdü Raporu” hazırlanmaktadır. İstanbul’da Statik projeye veri teşkil eden sondaja dayalı zemin etüt raporları 18. Ağustos 2005 yılında yayınlanan 847 no.lu genelgeye uygun olarak yapılmaktadır. Sondaja dayalı zemin etüt raporları önceki jeolojik veriler, saha gözlemleri, sondaj çalışmaları, araştırma çukurları, arazi deneyleri, jeofizik çalışmalar ve laboratuvar verileri kullanılarak mühendislik analizleri ve değerlendirmeleri ile hazırlanmaktadır. Bu veriler doğruya yakın elde edildiği durumda güvenilir raporlar ortaya çıkmaktadır. Ancak, jeolojik model, sondaj, jeofizik, arazi deneyleri ve laboratuvar verilerinin yetersiz olması durumunda ortaya çıkan raporların doğruluk payı tartışmalıdır. Sondaja dayalı zemin ve temel etüt raporlarında, sondaj sayısı ve kalitesi, laboratuvar deneylerinin yetersizliği, taşıma gücü, yerel zemin sınıfının belirlenmesi, yatak katsayısı, deprem ivme katsayısı ve oturma hesaplarında sorunlar yaşanabilmektedir.

ABSTRACT

Soil and Fundamental investigation report is prepared for the purpose of description of soil engineering properties that requires for the fundamental design at a parcel that placed at an area which' s land use characteristics is determined. In Istanbul, Soil investigation reports based on boring providing data for static project are being prepared in accordance with circular letter No. 847 published at 18.08.2005. Soil investigation reports are being prepared with the engineering analysis and assessment using previous geological data, field observations, boring, research pits, in-situ tests, geophysical studies and laboratory data. Reliable reports will be prepared when these data are close to the accurate. Nevertheless, Accuracy of the reports are questionable in case of insufficient of geological model, borehole, geophysical studies, in-situ tests and laboratory data. In Soil and Fundamental investigation reports based on borehole data there are problems about number and quality of borehole, deficiencies of laboratory experiments, bearing capacity, determination of the soil classification, bearing coefficient, seismic acceleration coefficient, settlement calculation.

GİRİŞ

Bu çalışma, İstanbul da hazırlanan özel firmalara ait sondaja dayalı zemin ve temel etüt raporu verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Konu ile ilgili diğer çalışmalar İstanbul’daki zemin etüt raporlarının başlıca jeofizik özelliklerinin değerlendirmesi ile Kocaman (2008) ve Durmuş (2011) tarafından hazırlanmıştır. Diğer bir çalışma Özyurt ve Toker (2013) tarafından zemin etüt raporlarının incelenmesi sonucu özetle Çizelge 1’deki sonuçlara ulaşılmıştır. Çobanoğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada ise Türkiye’nin değişik illerinde yapılmış zemin etüt raporu değerlendirilmiştir.

¹İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar/İstanbul
e-mail: dalgic@istanbul.edu.tr, ibrahim@istanbul.edu.tr, mturgut@istanbul.edu.tr

Çizelge 1. Zemin etüt raporlarından kullanılan çeşitli parametrelerin değerlendirilmesi (Özyurt ve Toker, 2013)

Table 1. Assessment of various parameters used from soil survey reports

Parametreler	Evet	Hayır
Sondajlarda yeterli derinliğe inilmiş mi?	32	68
Sondajların kot, koordinat bilgileri verilmiş mi?	2	98
Her tabakadan örselenmemiş numune alınmış mı?	7	93
Alınan numune veya karot sayıları yeterli mi?	17	83
Ham SPT değerlerine düzeltme faktörleri uygulanmış mı?	29	71
Laboratuvar testleri her bir katman için yapılıyor mu?(mühendislik parametreleri belirlenmesi)	3	97
Laboratuvar testleri her bir katman için yapılıyor mu? (İndeks ve sınıflandırma)	17	83
Yenilme zarfının belirlenmesinde uç adet Mohr dairesi kullanılmış mı?	0	100
İdealize zemin profili oluşturulmuş mu?	3	97
Zemin parametreleri birden fazla şekilde bulunup ortalamaları alınmış mı? (cu, ϕ , E, mv)	9	91
Taşıma kapasitesi hesaplarında SPT sonuçları kullanılmış mı?	32	68
Temel taşıma gücü hem taşıma kapasitesi hem de oturma limitleri yönünden hesaplanmış mı?	22	78
Taşıma kapasitesi ve oturma hesapları aynı temel ebatları için hesaplanmış mı?	29	71
Gerilme sönümlenmesi hesaplanmış mı?	2	98
Yatak katsayısının belirlenmesinde temel boyutları hesaba katılmış mı?	0	100

Statik projeye veri teşkil eden sondaja dayalı zemin etüt raporları 18 Ağustos 2005 yılında yayınlanan 847 no.lu genelgeye uygun olarak yapılmaktadır. Bu genelgede rapor formatında genel bilgiler, arazi çalışmaları ve deneyleri, laboratuvar deneyleri, mühendislik analizleri ve değerlendirilmeleri bulunmaktadır. Bu çalışma da format geneline uyumlu olarak hazırlanmıştır.

İNCELEME ALANININ TANITILMASI

Zemin etüt raporlarında inceleme alanının genel morfolojik özellikleri, yol, iklim, topoğrafik durum, drenaj örnekleri (yüzey, sel suları, tabii drenaj vb.) eğimler (genel eğim yönlenmeleri vb.), doğal/yüzeysel drenaj durumu açıklanmıştır. Ancak, bölgedeki muhtemel şev duraylılığı problemleri ile doğrudan ilişkisi olan yağış alma durumu ve topoğrafik anomaliler ve 1:200 veya uygun ölçekli plankote ve vaziyet planı üzerinde gösterilmemiştir.

İncelenen raporlarda, inceleme alanının yeri tanımlanmış, karayolu bağlantıları sunulmuştur. Arsanın günümüze kadar ne amaçla kullanıldığı, günümüze kadar tutulan kayıtlar esas alınarak şev duraysızlığı, deprem, vb. doğal afete maruz kalıp kalmadığı ve sismik tarihçesine ise değinilmemiştir.

İlgili genelgeye göre, yapılması planlanan projenin kısaca tanıtılması, yapılacak yapının ne amaçla kullanılacağı, binanın temel seviyesindeki muhtemel yükler, taşıyıcı sistemi ile geometrisine ait bilgilere hazırlanan zemin etüd raporlarında yeteri kadar ulaşılmadığı görülmektedir.

İlgili genelgeye göre; Etüt alanının büyüklüğü, binanın yapılacağı arsanın imar bilgilerine, plan notlarına, mevcut yapılaşmaya yönelik genel bilgilere (yapı tipi, kat yüksekliği, ayrıık veya bitişik izam olduğu, yapılaşma yoğunluğu vb.), ayrıca imar planına esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt

Raporunda hangi alanda (uygun alan, önlemleri alan, vb.) yer aldığına değinilmeli ve ilgi rapor eki haritaların ilgili parseli içeren kısmı eklenmelidir. Bu veriler hazırlanan zemin raporlarında yer almaktadır. Ancak, bazı durumlarda imar planında değışikler olabilmekte, hazırlanan zemin etüd raporlarının ise bu yeni duruma güncellenmesi çoğu kez yapılmamaktadır.

İlgili yönetmeliğe göre; İnceleme alanının; diğer kurum ve kuruluşlarca daha önce yapılmış çalışmalara göre önlem gerektiren alanlar içinde kalması durumunda, yapılan araştırmalar ile ilgili kararların alındığı rapor ve belgelere atıfta bulunularak, bu raporların ilgili kısımları rapor ekinde verilmelidir. Ancak, önceki çalışmaların çoğu zaman yeteri kadar arşivlenmemesi dolayısıyla kaybolmaktadır. Bu durumda hazırlanan raporların bir kısmında bu bilgilere ulaşılmadığı için sorunlar bulunmaktadır.

JEOLOJİ

İncelenen raporlarda genel jeoloji bilgileri gereğinden uzun ve rapor kapsamı ile doğrudan ilgili olmayan konuları içermektedir. Zemin etüd raporlarındaki genel jeoloji bilgilerin konuya uygun değeriendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, raporlarda çevrede yer alan kıvrım, kırık, fay(diri-ölü), heyelan kütleleri vb. yapısal özelliklere yeteri kadar değeriinmediği belirlenmiştir. Ayrıca, son yıllarda İstanbul'daki formasyon isimlerinde farklı çalışmalarda farklı isimler kullanılması sonucu formasyon adlamalarında karmaşa görülmektedir.

ARAZİ ARAşTIRMALARI VE DENEYLER

Sondaja dayalı zemin ve temel etüd raporlarının en önemli veri kaynağı araştırma çukurları ve sondajlarıdır. Sondajların sayısı, derinliği, sondajlarda yapılan arazi deneyleri, laboratuvar örnek alımı, sondajlarda yeraltısuyu düzeyinin belirlenmesi önemli olmaktadır.

ARAşTIRMA ÇUKURLARI

Araştırma çukurları, yapay dolgu ve bazen araştırma sondajlarda zor geçilen çakıllı bloklu kesimlerde eğer temel seviyesinin altına kadar bilgi veriyorsa veya çok ayrışmış kayalarda tabaka ve eklem sistemlerinin doğrultu ve eğim derecelerini belirlemek için uygun bir araştırma yöntemi olmaktadır. Bu anlamda hazırlanan bazı raporlarda sondaj çalışmalarında daha değerieli bilgiler bulunmaktadır.

SONDAJ KUYULARI

Zemin ve Temel Etüdü Raporu Genel Formatına göre; sondaja dayalı zemin etütlerde projede yer alan bina bloklarının köşe noktalarına ve bir tane de orta noktaya gelecek şekilde sondaj noktaları planlanmalıdır. 1. ve 2. Derece Deprem Bölgelerinde, sıvılaşma açısından sondajların derinliği 20 m'den az olmamalıdır. Hedeflenen sondaj derinliğinden önce kaya birimine rastlanması durumunda ise, kaya içerisinde 3 metre ilerledikten sonra sondaj bitirilmelidir.

Zemin ve temel etüd raporları için Jeoloji Mühendisleri Odası formatına göre Çizelge 1 de sunulan en az sondaj sayısı ve derinliği verilmiştir. Sondajların Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Yapılar İçin Temel Sondajları Teknik Şartnamesine göre yapılacağı ve yapılan sondajlar esnasında temel taban kotundan itibaren kaya türü zeminlerle karşılaşıması durumunda ayrışmış kaya (W3, W4 ve W5) içinde 5.00 m., sağlam kaya (W1 ve W2) içinde ise 3.00 m. ilerledikten sonra sondaja son verileceği, sıvılaşma riskinin yüksek olduğu alanlarda sondaj derinliğinin 20m.'den az olmamasına özen gösterilmesi, 10 kat ve üstü yüksek yapılarda her 5 katta bir sondaj derinliği 3 er metre artırılması, ancak kat yüksekliğinden bağımsız olarak 50 m nin üzerinde temel sondajının yapılmasına ihtiyaç duyulmaması gerektiği belirtilmiştir (Çizelge 2). Ayrıca, Hvorslev, (1949) araştırma derinliklerinin, yapıdan kaynaklanan gerilmelerin zemin sürşarj yükünün % 10'u mertebesine düştüğü derinliğe kadar uzatılması gerektiğini belirtmiştir.

Çizelge 2. Yapı temel alanına bağlı en az sondaj sayısı ve derinliği (J.M.O., 2013)

Table 2. The least Number and depth of the drilling that depending on the foundation area

Yapı Taban Alanı (m²)	En Az Sondaj Sayısı (Adet)	En Az Sondaj Derinliği (m)
0 – 1000	2	15
1000 – 2000	3	15
2000 – 3000	4	15
3000 – 4000	5	15
4000 – 5000	6	15
5000 – 7000	7	15
7000 – 9000	8	15
9000 – 12000	9	15
12000 – 15000	10	15

Sondaj sayısı ve derinliği çoğu raporda yeteri kadar veya hiç denetlenmemektedir. Bu durum hazırlanan zemin etüt raporlarının güvenilirliğini ciddi olarak etkilemektedir. Bu nedenle, raporlarda karot sandığı resimleri ve metresi mutlaka rapor ekinde sunulması gerekmektedir. Ancak, bazı raporlarda bir sondajın karotları ikiye bölerek iki veya üç sondajın örneği olarak gösterilmekte veya arşivindeki sondaj karot resimlerini farklı zemin etüt raporlarında kullanılmaktadır. Bazı durumlarda sondaj yapmadan hayali zemin etüt raporları oluşturulmaktadır. Burada ilgili Belediye elemanlarına ve yapı denetim elemanlarına görev düşmektedir. İstanbul'daki bazı belediyelerce yapılan uygulamada; firma işi aldıktan sonra arazi çalışmasının yeri, kaç adet sondaj yapacağını ve ne zaman başlayacağını belirten dilekçesini ilgilere sunmakta, bu doğrultuda Belediye çalışanları öncelikle sayının yeterli olup olmamasına müdahil olabilmektedir. Arazi çalışması denetlenirken de iki farklı yöntem uygulanmakta, çoğunlukla kuyu sonuna firma yetkilileri ile ya da çalışma sırasında haber vermeden belediye araçları ile ulaşılmakta, SPT, karot sandığı ve sondaj loglarını yerinde denetleme şansına sahip olunmaktadır.

Çoğu rapordaki sondajlarda karot veriminden ziyade günlük ilerleme miktarı ön planına çıkmış durumdadır. Bu durum ise hazırlanan raporların başarısını etkilemektedir. Ayrıca, bazı sondaj loglarında kayanın adı yazılmakta diğer ayrışma durumu, dayanım özellikleri, süreksizlik özellikleri, karot yüzdesi, RQD değeri sunulmamaktadır. Bu bilgilerinde kaya loglarında yer almasına özen gösterilmelidir.

Raporlardaki sondajlarda karot verimi konusunda yeteri denetim bulunmamaktadır. Örneğin aynı yerde sondajın bir tanesi %80'nin üzerinde karot alırken, bir değer sondajda ise bu değer %20'nin altına kadar düşmektedir. Olayın nedeni ise sondaj da kullanılan ekipman ve işçilik ile ilgili olmaktadır. Sondaj loglarında yeteri kadar karot alınmadığı durumda ayrıntı da verilmesi gereken litoloji tek bir grupta toplanmaktadır. Örneğin kil, siltli kil veya kum düzeyleri ayrıntılı verilmesi gerekirken kumlu siltli kil ifadesi ile tüm düzeyler bir arada ifade edilmektedir. Aslında, sondaj loglarının sonradan ve yetersiz örnekler üzerinde hazırlandığı görülmektedir. En iyi log kuyu başında jeoloji mühendisinin sondörle yapacağı bilgi alış verişine göre hazırlanmış olanıdır.

Kaya sondajlarında tek ve çift tüplü karotiyer kullanımında sorunlar bulunmaktadır. Genellikle yapılan sondajlarda tek tüplü karotiyer kullanılmakta bu da ayrışmış kaya zonlarında kesilen malzeme su ile temasta erimekte ve karot yüzdesi değerleri düşmektedir. Dolgu ve duraylılık sorunu olan zemin sondajlarında ise ekonomik nedenlerle muhafaza borusu sürülmeden sondajlar

yapılmaktadır. Bu durum ise kuyu da yıkılmalara, malzeme karışımlarına ve kuyunun istenen derinliğe ulaşmadan bitirilmesine neden olmaktadır.

YERALTI VE YERÜSTÜ SULARI

Raporlarda sunulan yeraltısuyu düzeyi sondajlarında kalan sirkülasyon suyunu çoğu zaman göstermektedir. Bu su düzeyi kil örneklerde yeraltısuyu düzeyi olarak okunmakta, bu durumda proje maliyeti yaklaşık %30 oranında artışlarına neden olmaktadır. Bu nedenle sondaj sirkülasyon suyunun boşatılması, sonrasında kuyu da yeraltısuyu düzeyleri en az 7 günlük süreç içinde okuması yapılmalıdır. Ayrıca, farklı akifer seviyeleri olduğu durumlarda piezometre kuyularının kullanılması gerekmektedir. Ancak, kapsamlı projelerin dışında piezometre borusu araştırmalarda kullanılmamaktadır. Yeraltısuyunun kimyasal özellikleri de raporlarda sunulmamaktadır. Özellikle tatlı su tuzlu su girişiminin olduğu sahile yakın kesimlerde su kimyası temel malzemesi etkileme özelliklerinin ayrıntıda verilmesi gerekmektedir. Örneğin Büyükçekmece, Küçükçekmece ve Haliç bölgelerinde hazırlanan raporlarda bu durum ile ilgili su kimyası deneylerine ihtiyaç bulunmaktadır. Ayrıca inceleme sahasındaki drenaj özellikleri ile don derinliği konusunda raporlarda açıklama getirilmemiştir.

ARAZİ DENEYLERİ

Standart Penetrasyon Deneyi TS-5744'e göre yapılmaktadır. Ancak, Standart Penetrasyon Deneyinde (SPT) SPT standart ağırlığı 63.5 kg olan şahmerdanın 76 cm'den düşürülmemesi, kuyu içinin temiz olmaması, tijlerdeki eğilmeler, SPT tüpünün çarığının standartlara uygun olmaması, refü durumunda bu değer zemin özelliğinden mi kaynaklandığı, yoksa SPT tüpünün bir çakıla mı geldiği veya ayrılmış kayaya mı denk geldiği konusunda bazen yorumlama hataları olabilmekte, bu durumda SPT değerlerinde farklı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca, hazırlanan çoğu zemin etüt raporlarında SPT düzeltmesinin (şahmerdan tipi ve şahmerdan bırakma mekanizması, kedi başı sarım sayısı yeraltısuyu, enerji, kuyu çapı, iç tüp kullanılıp kullanılmadığı, tij uzunluğu, tipi vb.) yapılmadığı görülmektedir.

Koni penetrasyon testleri (CPT), yumuşak zeminlerde sınılaşma olasılığı ve zeminin diğer jeoteknik özelliklerini belirlemek için kullanılmaktadır. Ancak, bu arazi deneyi İstanbul da yapılan zemin etüt raporlarında az kullanılmaktadır. Bu olayın nedeni olarak deneyin dezavantajları arasında yer alan sert kil, kum, çakıl ve bloklu birimlerde, yeteri kadar derinlikte bilgi alamama ve SPT gibi zeminden örnek alma olayı olmaması gösterilebilir.

Pressiometre deneyinin hazırlanan raporlarda yeteri kadar uygulanmadığı görülmektedir. Ayrıca, Pressiometre deneyinde sondaj yapılırken kuyu cidarının örselenmesi, Pressiometre deney lastiğinin kuyu cidarına tam yapışmadığı durumlarda gerilme deformasyon ilişkilerinde istenen sonuçlar elde edilememesine neden olmaktadır. Bu durumda elde edilen sonuçların güvenilirliği tartışmalıdır. Kaya birimlerinde uygulanan dilatometre deneyi ise incelenen raporlarda gözlenmemiştir.

Kanatlı Kesici Deneyi Yumuşak kil bantları veya tabakaların kayma direncini saptaması amacı için yapılan bu deney için TS-5744'e uyulması gerekmektedir. Plaka Yükleme Deneyi Zeminin nihai taşıma gücüne, deformasyon modülüne ve yatak katsayısının hesaplanmasına yönelik veriler elde etmek amacıyla TS-5744'e uygun olarak yapılmalıdır. Ancak, incelenen raporlarda bu deneylere ait veriler saptanamamıştır.

İstanbul'un batısındaki bazı heyelanlı alanlarda inklinometre ölçümleri yapılmaktadır. Ancak, inklinometre ölçümlerinin uzun süreli yapılması ve inklinometre borularının ana kayma düzleminin

altına gelecek şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Ancak, bu olay zaman ve masraflı bir iş olduğu için incelenen raporlarda uygulaması tam olarak yapılamamaktadır.

Jeofizik Çalışmalar

Sondaja dayalı zemin etüt raporlarında jeofizik veriler de sunulmaktadır. Jeofizik veriler, elektrik özdirenç yöntemi, SASW yöntemi (yüzey dalgalarının spektral analizi), aktif masw yöntemi (yüzey dalgalarının çok kanallı analizi), pasif MASW (yüzey dalgalarının çok kanallı analizi), mikrotremör, Re-Mi sekral analizi, MAM mikrotremör hat ölçümü yöntemleridir. Ancak, raporlarda jeofizik verilerle jeolojik verilerden elde edilen verilerin ortamın jeolojisi, sondaj, laboratuvar ve arazi deney verileri ile korelasyonun %90 oranında yapılmaması önemli bir eksiklik olarak göze çarpmaktadır.

LABORATUVAR DENEYLERİ VE ANALİZLER

Sondajlardan elde edilen örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri için, TS1901/1975 e uygun olarak gerekli örselenmiş/ örselenmemiş örnekler alınmalıdır. Ancak, sondaja dayalı zemin etüt raporlarında laboratuvar deney sayıları ve örneklerin alımı yetersiz özelliktedir. Bir başka deyişle, ekonomik nedenlerle çoğu raporlarda sadece temel kotundan alınan bir örnek üzerinde veri elde edilmektedir. Aslında, her kuyuda birim değişimlerini temsil edecek sayıda numunelerin seçilmesi ve derinlik arttıkça birimin dayanımı hakkında mekanik deney yapılması gerekmektedir.

Zemin özellikleri bina temel alt kotlarında nasıl bir değişim gösterdiği genellikle göz ardı edilmektedir. Zemin özellikleri bina temel genişliğinin 1.5 katı değişmiyorsa sorun olmamakla birlikte, zemin özellikleri bu derinliklerde değişiyorsa sorun olabilmektedir. İstanbul'un Avrupa yakasında yaygın olarak bulunan Gürpınar, Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formasyonlarında sürekli zemin değişkenlik göstermektedir. Örneğin kil tabakasının altında kum veya tam tersi durumla her zaman karşılaşmaktadır. Bu durumda örneğin üstte yüksek taşıma gücü olan kum tabakasına göre zemin emniyet gerilmesi hesaplanırsa, altta ise kil tabakası varsa zımbalama etkisi ortaya çıkabilmektedir (Önalp ve Sert, 2006). Bu nedenle sondaj derinliği, laboratuvar ve arazi deneylerinin sayısının artırılması gerekmektedir. Yurt dışında yapılan zemin etütleriyle Türkiye'de yapılan zemin etütleri karşılaştırıldığında en büyük farkın laboratuvar deneylerinin detaysızlığından kaynaklandığı görülmektedir, bu duruma bir standardın gelmesi zorunludur (Durmuş, 2011).

Laboratuvar çalışmalarında konsolidasyon ve şişme deneyleri zaman aldığı için SPT deney sonuçlarına göre oturma hesapları yapılmaktadır. Laboratuvar ve SPT verilerine göre elde edilen oturma değerlerinde ciddi farklar olabilmektedir. Bu nedenle kil hakim birimlerde konsolidasyon deneyi olmadan oturma hesabı yapılmamalıdır.

Sondajlarda tek eksenli basınç, üç eksenli basınç, kesme, konsolidasyon gibi deneyler için shelby örneği alınması gerekmektedir. Ancak, sondaj firmaları bu işin zaman alıcı ve zahmetli olmasından dolayı SPT örneklerini veya karot örneklerini laboratuvara getirerek örselenmemiş örnekler üzerinde yukarıda belirtilen deneylerin yapılmasını istemektedirler. Bu örnekler ise örselenmiş olduğu için gerçek değerlerden daha düşük değerler vermektedirler.

Arazi ve laboratuvar deney sonuçlarının birlikte yorumlanmaması ciddi sorunlardan biridir. Çoğu araştırmalarda laboratuvar ve arazi deneyleri farklı veriler sunmaktadır. Bu durumda çelişki olması halinde kontrol amaçlı ilave sondaj çalışmasının yapılarak laboratuvar deneylerinin tekrarlatılması gerekmektedir. Bu verilerin birlikte yorumlanması, bunun sonucunda zemin emniyet gerilmesi, zemin sınıfları ve yatak katsayısı değerleri sunulmalıdır.

MÜHENDİSLİK ANALİZLERİ VE DEĞERLENDİRME

Bina-Zemin İlişkisinin İrdelenmesi

Mevcut zemin parametreleri ve yapılması planlanan binalardan gelecek yükler göz önünde bulundurularak, temel derinliği, zemin emniyet gerilmesi, yatak katsayısı, zemin grubuna bağlı zemin titreşim peryotları bina temel tasarımı için gerekli olmaktadır.

Temel Derinliği

Sondaja dayalı zemin etüt raporlarında temel derinliği bazı durumlarda belirtilmemektedir. Ancak, temel derinliğinin en alt kot dikkate alınarak mutlaka zemin etüt raporlarında verilmesi gerekmektedir. Bazı durumlarda mimari kaygılar nedeniyle yapı temel derinliği istenen zemin profiline ulaşmadan uygulanabilmektedir. Bu durum yapı temelinin taşıma gücü ve oturma miktarı hakkında sorunlar oluşturabilmektedir. Bu nedenle bina temellerinin mutlaka alttaki ana zemine veya kaya ortamına oturtulması sağlanmalıdır. Deprem, oturma, taşıma gücü gibi nedenlerle bodrum katsız bina yapılması önlenmelidir.

Yamaçtaki yapıların zemin durumu temel derinliği açısından önemli olmaktadır. Bu kesimlerde yamaçlarda yarma yapıldığında bir kısmı ana zemin bir kısmı dolguda kalan binalar olabilmektedir. Daha sonraki aşamada dolgu zemin su alarak binalarda çizgisel deformasyonlar oluşturmaktadır. Bu nedenle zemin etüt raporlarında bina temel derinliğinin en alt kottan verilmesi gerekmektedir. Ancak, hazırlanan zemin etüt raporlarında bu hususa dikkat edilmediği görülmektedir.

Zemin Emniyet Gerilmesi

Raporlarda taşıma gücü hesaplamaları Terzaghi (1943), Skempton (1951), Meyerhof (1963) ve Hansen (1961) ve Baguelin vd. (1978) yöntemlerine göre yapılmıştır. Ancak, % 97 oranında zemin emniyet gerilmesi hesabı Terzaghi (1943) eşitliğine göre yapılmış diğerleri de bilgi amaçlı verilmiştir. Ancak, Terzaghi eşitliği genellikle homojen zemin koşulları ve düz topografya koşulları için geçerlidir (Terzaghi, 1943). Ayrıca, Terzaghi hesaplama yöntemi Meyerhof ve Hansen'e göre aşırı tutucu değerleri temsil etmekte, fakat daha tutucu olanı suya doygun killerde içsel sürtünme açısı kullanmayan Skempton yöntemi olmuştur.

$$q_u = K_1 c N_c + \gamma_1 D_f N_q + \gamma_2 K_2 N_\gamma B \quad (\text{Terzaghi, 1943})$$

$$q_{net} = 5c \left(1 + 0.2 \frac{D_f}{B}\right) \left(1 + 0.2 \frac{B}{L}\right) \quad (D_f/B < 2.5 \text{ için}) \quad (\text{Skempton, 1951})$$

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c b_c g + \gamma_1 D_f N_q s_q d_q i_q b_b g_q + \frac{1}{2} \gamma_2 N_\gamma B s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma \quad (\text{Hansen, 1961})$$

$$q_u = c N_c s_c d_c + \gamma_1 D_f N_q s_q d_q + \frac{1}{2} \gamma_2 N_\gamma B s_\gamma d_\gamma \quad (\text{Mayerhof, 1965})$$

Bu bağıntılarda;

q_u : maksimum taşıma gücü değeri

c : kohezyon

γ_1 : temel seviyesi üzerindeki zeminin doğal birim hacim ağırlığı

γ_2 : temel seviyesi altındaki zeminin doğal birim hacim ağırlığı

D_f : temel kazı derinliği

K_1 ve K_2 : temel şekil faktörleri

B : temel kısa kenar uzunluğu

L : temel uzun kenar uzunluğu

sc sq ve s_γ : temel şekil faktörleri (şerit şekilli temel için 1 alınır)

dc dq ve d_γ : derinlik faktörleri

ic iq ve i_γ : yük eğim faktörleri (yük düşey ise 1 alınır)

bc bq ve b_γ : temel eğim faktörleri (taban düz ise 1 alınır)

gc gq ve g_γ : zemin yüzü eğim faktörleri (zemin yüzü düz ise 1 alınır)

N_c , N_q ve N_γ : taşıma gücü katsayılarıdır

Hazırlanan zemin etüt raporlarda genellikle killerde 2/3 c (kohezyon), kumlarda ise içsel sürtünme açılarında 2/3 Φ düzeltilmesi yapılarak, suya doygun, yumuşak-katı-orta katı kil hâkim zeminlerde içsel sürtünme açısı “0” kabul edilerek c (kohezyon) x N_c formülü üzerinden hesaplama yapılmaktadır.

Sondaja dayalı zemin etüt raporlarında SPT deneylerinden yararlanılarak farklı araştırmacıların önerdiği formüller kullanılarak zemin emniyet gerilmesi değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 3). Bu araştırmacılar içerisinde Terzaghi ve Peck (1967) ve Meyerhof (1956, 1974) eşitlikleri ön plana çıkmaktadır. Ancak, Meyerhof eşitliklerinde zemin emniyet gerilmeleri Terzaghi ve Peck eşitliğine göre yaklaşık % 50 fazla, Bowles (1996) eşitlikleri de Meyerhof’un eşitliğine göre %50 fazla çıkmaktadır. Bu denklemlerden Meyerhof’u tercih etmek güvenli tarafta kalmak bakımından kullanılmıştır. Bowles’un önerdiği denklemler SPT sayısının zemini yeterli seviyede temsil ettiği durumlarda kullanılmıştır. Killi zeminlerde yapılan SPT sonuçlarına göre yapılan zemin emniyet gerilmesi hesapları laboratuvar sonuçlarına göre farklı çıkmaktadır. Bu duruma SPT tüpünün çakılması sırasındaki killi düzeylerin yapışkanlığı ve boşluk suyu basınçlarının etkisi olmalıdır (Önalp ve Sert, 2006). Ayrıca, bu çalışmada ve Çobanoğlu (2015)’nin çalışmasında olduğu gibi SPT düzeltmelerinin göz ardı edildiği ve ham arazi verileri kullanılarak zemin taşıma gücü değerlerinin belirlendiği görülmüştür. Diğer bir hususta farklı araştırmacılar tarafından önerilmiş olan bu eşitliklerin, kumlu zeminlerde yer alan temeller ve oturmanın 25 mm olduğu koşul için geliştirilmiş olmasına rağmen hazırlanan raporlarda bu husus çoğu zaman gözardı edilmiştir. SPT ile yapılan taşıma gücü hesaplamalarında doğrudan zemin emniyet gerilmesi (izin verilebilir taşıma gücü) değeri hesaplanmaktadır. Bu nedenle, SPT ile hesaplanan taşıma gücü değerlerinin bir güvenlik katsayısına bölünmesi gerekmemektedir. İncelenen zemin etüt çalışmalarının %50 sinde zemin emniyet gerilme değerlerini düşürmek amacıyla daha yüksek bir güvenlik katsayısına bölüldüğü saptanmıştır.

Hazırlanan raporlarda taşıma gücü değerinin zemin veya kayanın gerçek değerlerinden daha düşük verilmesi durumu bulunmaktadır. Zemin etüt raporlarında araştırmacı yeteri kadar sondaj ve laboratuvar verisi elde etmediği için en yüksek güvenlik katsayısı kullanarak düşük zemin emniyet gerilmesi ile kendini güvenceye almaktadır. Bu durumda inşaat maliyetlerinden ciddi artışlara neden olmaktadır. Bazı durumlarda ise bina statığının kurtaracak değer zemin etüt raporlarında verilmektedir. Örneğin proje değeri hangi değeri kurtaracak ise bu değer rapor içinde elde edilmemesine rağmen raporun sonuç kısmında verilmektedir

Çizelge 3. Farklı araştırmacıların SPT'ye bağlı taşıma g¼c¼ hesaplamaları için önermiş oldukları eşitlikler

Table 3. Equations that different researchers have proposed for bearing capacity calculations related to SPT

Mayerhof (1956)		
$q_a = 12N \times k_d$	$B \leq 1.22$ m ise	(kN/m ²)
$q_a = 8N \left(\frac{B + 0.305}{B} \right)^2 k_d$	$B > 1.22$ m ise	(kN/m ²)
Bowles (1988)		
$q_a = 20N \times k_d$	$B \leq 1.22$ m ise	(kN/m ²)
$q_a = 12.5N \left(\frac{B + 0.305}{B} \right)^2 k_d$	$B > 1.22$ m ise	(kN/m ²)
Terzaghi ve Peck (1967)		
$q_a = N/0.05$	$B \leq 1.22$ m ise	(kN/m ²)
$q_a = \frac{N}{0.08} \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2 k_d$	$B > 1.22$ m ise	(kN/m ²)

Craig (1994) zeminler için guvenlik katsayısının 2.5 veya 3.0 alınmasının uygun ve yeterli olacağını ifade etmiştir. Bu y¼zden istenen bir taşıma g¼c¼ değeri elde etmek amacıyla keyfi olarak guvenlik katsayısının b¼y¼t¼lmesi veya k¼c¼lt¼lmesi doğru bir uygulama olmamaktadır (Çobanoğlu, 2015).

Zemin et¼t raporlarındaki diğer bir husus zemin emniyet gerilmesi hesaplarında yeraltısuyuna g¼re d¼zeltme yapılmamasıdır. Duruma g¼re yeraltısuyu d¼zeyi zemin emniyet gerilmesi değerini % 0 ile %50 oranında azalmaktadır.

Temel tasarımındaki hesaplamalarda kayaçlar genel olarak ayrışmış ve ayrışmamış (sağlam) olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılmakta ve s¼reksizlik ozellikleri (kırık, çatlak, fay, eklem, doğrultu, eğim vb.) yeteri kadar dikkate alınmamaktadır. Kocaman (2008) tarafından değerlendirilen zemin et¼t çalışmaları daha çok bina t¼r¼ ve sığ temellere sahip yapılar için gerçeletirildiğinden; bu tip sığ temellerin genelde çatlaklı ve kırıklı yapılar g¼steren ve ayrışmış s¼reksizlikler i¼eren kayaçlar üzerine oturtulduğu g¼r¼lmektedir. Bu t¼r çatlaklı ve parçalı kayaçlar için, kayaç parçaları arasındaki g¼receli hareket fazla olabileceğinden yerinde dayanım deneyleri yapmak gerekebilir (Yıldırım, 2004).

Yatak Katsayısı

Plaka y¼kleme deneyi zeminin nihai taşıma g¼c¼ne, deformasyon mod¼l¼ne ve yatak katsayısının hesaplanmasına y¼nelik veriler elde etmek amacıyla TS-5744'e uygun olarak yapılmaktadır. Bu deneyde ozellikle kohezyonsuz zeminlerde belirli bir y¼k alanı ile zemine artan basınçlar uygulanarak, bu basınçlar altında y¼kleme plakasının zemine batma (oturma) miktarlarına dayanılarak saptanan y¼k-oturma bağıntısından zeminin yatak katsayısı değeri bulunmaktadır. Ancak, yapılan zemin et¼t çalışmalarında plaka y¼kleme deneyinin sınırlı sayıda yapılmış olduğu

görülmektedir. Yatak katsayısı zemin etüt raporlarında genellikle aşağıdaki ampirik bağıntılar yardımıyla elde edilmiş değerler kullanılmaktadır.

Bowles (1988)' e göre Düşey yataklanma katsayısı

$$k_v = 40 \cdot q_{emn} \cdot GS \text{ (Bowles, 1996)}$$

k_v = Düşey yatak modülü

q_{emn} = Emniyetli taşıma gücü

GS = Güvenlik katsayısı.

Scott, 1981' e göre Yatak Katsayısı (K_v , ton/m³)

$$K_v = 180 \cdot N_{30}$$

ZEMİN VE KAYA TÜRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ:

Ayrışmış Zemin Türlerinin Sınıflandırılması

Hazırlanan raporlarda zemin birimleri, TS-1500'e göre veya Birleştirilmiş Zemin Sınıfı kullanılarak sınıflandırılmaktadır. Bu kısımda renk, zemin birimlerinin tanımı, ayrık daneli zeminlerde sıklık, kohezyonlu zeminlerde ise sertlik sınıflamaları yapılmaktadır. Hazırlanan raporlarda bu konuda %45 oranında uygun veriler bulunmaktadır. Orana etki eden ana parametre laboratuvarında yaptırılan deney sayısı ile ilgili olmuştur.

Kaya Türlerinin Sınıflandırılması

İnceleme alanı içinde temel derinliğinde kaya birimlerinin gözlenmesi halinde yapılan sondajlarda tabaka doğrultusu ve eğim yönü belirlenmediği için şev stabilite sorunları oluşturmaktadır. Bu nedenle sadece sondaj verileri değil de çevredeki mostralarında incelenmesi gerekmektedir. Ayrıca, sondajlarda üstteki ayrışmış kısmın cinsi ve kalınlığı sondaj esansında su ile temasta erimekte ve gözden kaçabilmektedir. Bazı durumlarda ortamda şeyl, kumtaşı araldanması varsa şeyl düzeyleri sondajda eritilmekte sadece kumtaşları elde edilebilmektedir.

Kayada yapılan sondajlarda RMR (Bieniawski, 1989), Q (Barton vd., 1974), GSI (Sönmez ve Ulusay, 2002) veya kaya kütle kalitesi puanlaması RMQR (Aydan ve Ulusay, 2013) sınıflamalarına esas veriler kayıt altına alınmalıdır. Ancak, bazı sondaj loglarında bu türden bilgiler kayıt altına alınmadığından proje aşamasında sorunlar ortaya çıkmaktadır. Çünkü RMR, Q ve GSI veya RMQR sınıflama sistemleri temel taşıma gücü, yamaç duraylılığı ve tünel projelendirilmelerinde önemli ön bilgiler sunmaktadır.

Zemin Profilinin Yorumlanması

İnceleme sahasını oluşturan zemin profili, eğer uygun sondaj yapılırsa elde edilmektedir. Dayanım özellikleri de arazi deneyleri ile laboratuvar verilerinin sayı ve doğruluğuna bağlı olmaktadır. Temellerinde bu duruma göre seçilmesi uygun olacaktır. Ancak, hazırlanan raporlarda, İstanbul gibi tarihi ve hızla topoğrafyası değişen bir şehirde dolgu kalınlığının sondajlarla tespitinde bazen hatalar olabilmektedir. Bu durumun tespit için karot yüzdesinin artırılması, bölgenin yerel jeolojisinin göz önüne alınması, farklı dönemlerde yapılan topoğrafik haritaların karşılaştırılması ve araştırma çukurlarının açılması gerekmektedir. Diğer durumda dolgu üzerine yapılan binaların deprem anında, yeraltısuyu değişimi esnasında veya bu dolgu heyelanlı alanın üzerinde yer alıyorsa çok daha tehlikeli boyutlara ulaşabilmektedir. Bu türden zemin problemleri, İstanbul'un değişik ilçelerinde her zaman karşılaşılabilecek türdendir. Örneğin Marmaray projesi bu nedenle 3 yıla yakın bir gecikme ile yapımına devam edilmektedir. Bu makalenin ilk yazarı da 1986 yılında yapılan araştırma sondajlarında bulunmuş, kesilen dolguları ağaç parçası, kiremit, mermer parçası,

tuğla parçası olarak tanımlanmış, ancak daha sonraki aşamada bunların Bizans döneminden kalma kayıklar olduğu ve kiremit, tuğla ve mermer parçalarının da yine arkeolojik öneme sahip parçalar olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle bu projede sondaj verilerinin yetersiz kaldığı, araştırma çukurları ve jeofizik yöntemlerle bu durumunun denetlenmesi gereği ortaya çıkmaktadır.

Yapılan raporlarda, İstanbul Paleozoyik istifte yapılan sondajlarda fay zonları ve Gürpınar formasyonu içerisindeki heyelanların kayma düzlemleri genellikle tespit edilememiştir. Aslında, bu kesimlerde yapılan çoğu sondajlarda ilerleme hızının değişmesi, sondaj sirkülasyon suyunun değişimi, karot yüzdesinin ve RQD yüzdesinin değerinin düşmesi veya hiç karot alınmaması fay zonlarına işaret unsurları olarak yorumlanmalıdır.

Bazı durumlarda kum çakıl türü zeminlerde rotari sondaj yapmak zor olmaktadır. Bu durumda araştırma çukuru açılarak zemin türü ve yeraltı suyu hakkında bilgi sahibi olunmalıdır. Bu türden zeminler özellikle Belgrat ve Çukurçeşme formasyonunda yaygın olarak izlenmektedir. Ancak, tek katlı yapılar hariç araştırma çukuruna müsaade edilmemekle birlikte, yapı yamaçta yapılmak isteniyor ve sorunlu bir bölge ise bu durumda tek katlı yapı dahi olsa sondaj şartı gerekmektedir.

Sıvılaşma ve Yanal Yayılma Analizi ve Değerlendirilmesi

İstanbul'daki bazı dere yataklarında ve kıyılara yakın alanlarda yeraltı suyu düzeyi yüzeye yakın ve silt, ince kum çökellerinden oluşmaktadır. Hazırlanan zemin etüt raporlarında silt-kum birimlerden oluşması durumunda yeterli sayıda numune üzerinde elek analizleri (kuru-ıslak) yapılmasına özen gösterilmesi, sıvılaşan zeminin kaldırılması, zemin iyileştirilmesi yapılması (jet-grout, taşkolon, fore kazık) yada sıvılaşmayan zemine yapı yükünün aktarılması gerekmektedir. Hazırlanan zemin etüt raporlarında sıvılaşma riski yeteri kadar incelenmemekte ve sıvılaşması beklenen zemin birimleri için muhtemel oturma miktarları hesaplanmamaktadır. Sıvılaşma için Şekil 2a herhangi bir zemin iyileştirilmesi önlemi alınmadan yapılan bir bina temeli kazısı, Şekil 2b'de aynı zeminde jet-grout ile yapılan iyileştirme çalışması izlenmektedir.



Şekil 2. Yeraltı suyunun yüzeye yakın olması durumu, a) Zemin iyileştirme önlemi olmadan temel kazısı, b) Aynı zeminde jet grout ile yapılan iyileştirme çalışması

Figure 2. Proximity to the surface condition of groundwater a) Excavation of the foundation without ground improvement, b) The improvement work made by jet grouting in same soil

Oturma-Şişme Potansiyelinin Değerlendirmesi

Raporlarda konsolidasyon ve depremlerin neden olduğu dinamik yükler altında zemin davranışı yeteri kadar incelenmemektedir. Çünkü bazı zemin koşullarında temel tipinin belirlenmesinde ve boyutlandırılmasında oturma olgusu taşıma gücüne oranla daha kritik ve denetleyici olabilmekte, dolayısıyla tasarım açısından zemin oturma karakteristikleri ön plana çıkmaktadır (Çinicioğlu, 2005). Bu amaçla oturma sürecinin uzun süreli olduğu zeminlerde konsolidasyon oturmasının hesaplanmasında, odeometre deneyinin tercih edilmesi gerekmektedir. Burada da deney yüklemelerinde proje yükü gözönüne alınmalıdır. Ancak, bu deney yerine SPT sayısından yararlanılarak oturma hesapları yapılmakta, bu durum killi örneklerde ise farklı değerlerin elde edilmesine neden olmaktadır. Çünkü SPT deneylerinden elde edilen oturma değerleri kum kumlu çakıl için ani oturmaları göstermektedir. Konsolidasyon oturmaları ise ancak konsolidasyon deneyi yapılarak belirlenmelidir. İncelenen raporların %90'ına yakın kısmında ise SPT bağıntılarından oturma miktarı belirlenmiş, bu durum ise raporlarda hatalı oturma hesaplarının yapıldığını göstermektedir. Presiyometre ile oturma hesaplaması yönteminin kullanılmasında da dikkatli davranılması önerilmektedir (Kayabaşı ve Gökçeoğlu, 2012). İstanbul Haliç kenarında ve suya doygun Güngören ve Gürpınar formasyonunda ve güncel dolgular ve alüvyonlar üzerine oturan yapılarda oturma sorunları ön plana çıkmaktadır (Dalgıç vd., 2009).

$$S = 300 \frac{q \times B}{N_{60}} \quad (\text{Parry, 1977})$$

$$S = q' B^{0.7} \frac{1.7}{N_{60}^{1.4}} \quad (\text{Burland ve Burbidge, 1985})$$

Bu bağıntılarda;

S = temelini ani oturma miktarı (mm)

q = net temel taban basıncı (MPa)

B = temel genişliği (m)

N_{60} = temel altından 0.75B derinlik boyunca ortalama düzeltilmiş SPT-N değeridir.

Karstik Boşlukların Değerlendirilmesi

İstanbul'da Kartal, Dolayoba, Kayabaşı ve Altınşehir dolayındaki kireçtaşlarında karstlaşma sorunu bulunmaktadır. Hazırlanan raporlarda sondaj delgisi karstik boşluğa ve dolgusuna denk gelirse bu ifade edilmektedir. Bu durumlarda sondaj sayısının artırılması ve jeofizik verilerinin yoğunlaştırılması gerekmektedir. Ancak, bazı durumlarda temel kazısı sırasında karstik boşluklar ortaya çıkabilmektedir.

Temel Zemini Olarak Seçilebilecek Birimlerin Değerlendirilmesi

Hazırlanan raporlarda temel zemini olarak seçilecek birimler eğer sondaj ve temel kazısı çalışmalarında gözden kaçmamış ise dolgu dışındaki birimler olarak seçilmektedir. Alüvyon ve Kuşdili formasyonu, yüksek katlı yapılarda Güngören formasyonunun çökelleri taşıma gücü, oturma, sıvılaşma gibi de İstanbul'un diğer sorunlu zeminlerini oluşturmaktadır. Bu alanlarda yapılan zemin ve temel etüt çalışmalarında yapı yükleri alttaki ana zemine taşıyacak taş kolon, jet grout, fore kazık, bodrum katsayısının artırılması gibi uygulamalar sunulmaktadır. Ancak, bazı raporlarda sondajlarda kesilen alüvyon mu yoksa ana zemin mi ayırttı yapılmadığı için sorun olabilmektedir. İstanbul'un diğer sorunlu temel zemini heyelanlı alanlardır. Bu alanlarda ana

kayma düzlemini belirlemeden ve gerekli önlem alınmadan yapılan yüksek katlı yapılar jeoteknik açıdan sorunludur (Dalgıç vd., 2010).

Hazırlanan raporlarda temel tipi olarak radye jeneral temel tipi önerilmektedir. Önerinin bazı nedenleri; Zeminin taşıma gücünün düşük olması, oturma, deprem riski, kayanın derinde olması, yüzey ve yeraltısuyunun varlığı ve yapı önem katsayısı etkin olmuştur.

Şev Duraylılığı Analizi ve Değerlendirmesi

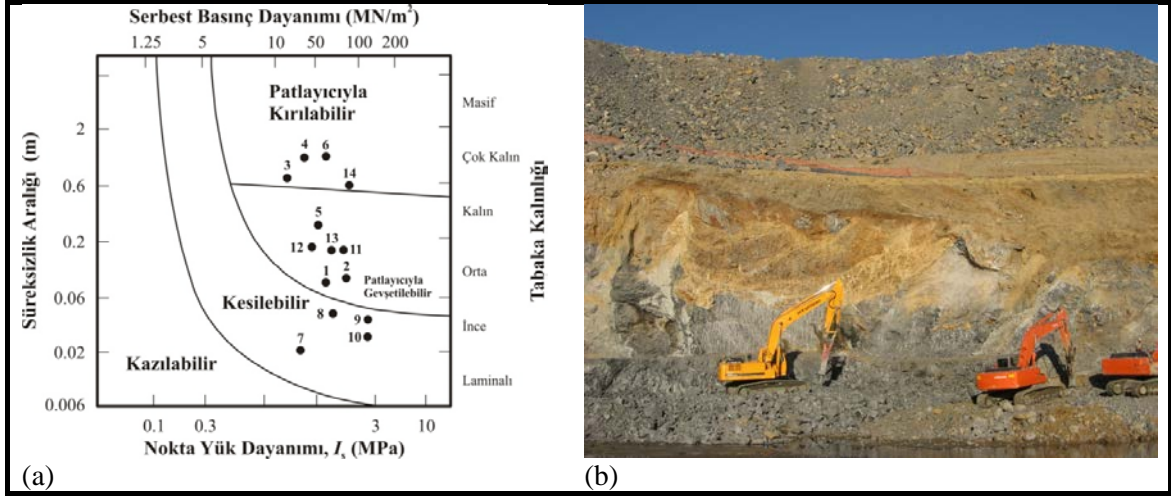
Uzun ve kısa döneme ilişkin şev duraylılık analizleri genellikle Slide, Phase ve Plaxis programları kullanılarak yapılmaktadır. Ancak, önceden kaymış alanlarda heyelan analizleri yaparken rezüdüel kesme deneyi verilerinin kullanılması gerekirken, genellikle direkt kesme deney verileri şev stabilite hesaplarında kullanılmaktadır. Bu anlamda elde edilen sonuçlar doğruya yakın olmamaktadır.

Kazı Güvenliği ve Gerekli Önlemlerin Alternatifli Olarak Değerlendirilmesi

Özellikle bodrum katlı yapıların temel kazısı sırasında oluşacak şevlerde alınması gerekebilecek önlemler (geçici veya kalıcı destek sistemleri), mevcut yapıların kazıya etkisi, yeraltı suyunun varlığı ve bunun tahkimat üzerindeki etkileri ile olabilecek sürşarj (örtü) yükleri de dikkate alınarak, alternatifli olarak belirlenmesi gerekmektedir (2005 yılı 847 sayılı genelge) Ancak, raporlarda bu konularda %70 oranında bilgi eksikliği bulunmaktadır.

İstanbul da her geçen gün yapılan binalarda ihtiyaçtan dolayı derin kazılar yapılarak bodrum katsayısı arttırılmaktadır. Ancak, hazırlanan zemin etüt raporlarında bina statığı için veriler verilmekte, temel kazısı sırasında oluşacak şevlerde alınması gereken önlemler, mevcut yapıların kazıya etkisi, yeraltısuyunun varlığı ve bunun iksa sistemine etkisi ve sürşarj yüklerinin etkisi yeteri kadar dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle İstanbul'un batısında bulunan heyelanlı alanlarda ve fay zonlarına yakın alanlarda açılan derin temel kazılarında gerilme dağılımının değişmesi ve yeraltısuyunun kazı boşluğuna akmasından dolayı iksa sistemlerinde ve çevredeki yapılarda hasar durumları son yıllarda artış göstermiştir.

Raporlarda kazılabilirlik sınıfı yeteri kadar doğru verilmemektedir. Bazı sondaj çalışmalarında sondaj çalışmaları temel kotuna indirilmeden sonlandırılmakta veya projede değişiklik yapılması durumunda temel kazısı ayrılmış, az sert düzeylerden alttaki ayrılmış çok sert kireçtaşı veya kuvarsit düzeylere gelmesi durumunda kazı zorluğu ortaya çıkartmakta, eğer bu husus zemin etüt raporunda yeteri kadar vurgulanmamış ise işveren ile müteahhit firma arasında anlaşmazlıklar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle temel kotunda bir değişiklik yapılması durumunda mutlaka ek araştırma sondajları yapılmalıdır. Zemin etüt raporlarında genellikle kazılabilirlik sınıflamaları sismik ölçü sonuçlarına Franklin vd. (1971), Smith, (1986), Caterpillar, (1983) ve Kirsten (1982) eşitliğine göre yapılmıştır. Örneğin, Franklin vd. (1971), Şekil 3'te kazılabilirlik sınıflaması kullanılarak Kartal formasyonunda karşılaşılan kazı zorluğu belirtilmiştir.



Şekil 3. Kartal formasyonunda, a) kazılabilirlik (Franklin ve diğ., 1971), b) kazı zorluğu
Figure 3. In the Kartal formation, a) excavatability (Franklin et al., 1971), b) excavation difficulty

Doğal Afet Risklerinin Değerlendirilmesi

T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından hazırlanmış ve Bakanlar Kurulu'nun 18.04.1986 tarih ve 96/8109 sayılı kararıyla yürürlüğe giren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritalarına göre İstanbul civarı farklı deprem bölgeleri içerisinde kalmaktadır (Şekil 4). Bu harita Afet İşleri genel Müdürlüğü tarafından olasılık metodu hesaplarına göre çizilen eş ivme kontur haritası esas alınarak hazırlanmıştır. Buna göre, normal bir yapı 50 yıllık ekonomik ömrü içinde %90 ihtimal ile bu ivme değerlerinden fazla bir yüklenmeye maruz kalmayacağı tahmin edilmektedir. Ancak, İstanbul da D 100 karayolunun altı 1. Derece, üstü 2. Derece deprem bölgesi olarak tanımlamak çok gerçekçi değildir. Bu nedenle İstanbul da Miyosen ve alüvyon çökellerinin bulunduğu alanlarda 1.derece deprem parametrelerinin alınması uygun olacaktır. Hazırlanan bazı raporlarda bu husus göz önüne alınarak 2. Derece deprem bölgeleri 1. Derece olarak önerilmiştir. Ayrıca, 1999 Gölçük depreminde deprem ivmesi değerinin 0.4 'den fazla ölçülen alanlar olmuştur. Bu nedenle, özel yapılarda parsel bazında deprem ivme katsayısı değerinin belirlenmesi özel önem taşımaktadır.

İstanbul da doğal afet açısından başlıca heyelan tehlikeleri Esenyurt, Küçükçekmece, Büyükçekmece, Beylikdüzü Belediyesi sınırları içerisinde bulunmaktadır. İstanbul da yaşanan 2009 yılındaki sel baskınlarından dolayı "su baskını tehlikesi" de önem kazanmıştır. Ancak hazırlanan sondaja dayalı zemin etüt raporlarında bu durum yeteri kadar incelenmemektedir. Bunun sonucunda yüzlerce bina heyelan ve sel baskını taşıyan alanlara yapılmaya devam etmektedir.

Zemin Grubuna Bağlı Zemin Titreşim Periyotları

2007 yılı Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğe göre zemin grubu belirlenirken Standart penetrasyon deneyi, relatif sıkılık, serbest basınç direnci ve kayma dalgası hızından yararlanılmaktadır. Parsel bazında yapılan zemin etütlerinde, Afet İşleri deprem bölgelerinde yapılacak yapıların statik hesaplarda kullanılan yerel zemin sınıfını bulmak için öncelikle zemin grubu belirlenmektedir. Zemin grupları belirlendikten sonra zemin grubunun kalınlığına göre yerel zemin sınıfı belirlenmekte daha sonra spektrum karakteristik periyotları belirlenmektedir.

Bazı çalışmalarda, zemin grupları değerleri sismik Vs hızları, SPT N₃₀ ve serbest basınç farklı olabilmektedir. Bu durumda deney sayısı ve ölçü sayısının artırılması gerekmektedir. Ayrıca,

Zemin grubu aynı parselde farklı kişilerce hazırlanmış zemin etüt raporlarında farklı olarak sunulmaktadır. Bu durum ise uygulamada sorunlara neden olmaktadır. Örneğin İstanbul'un batısında Danışment formasyonu içerisindeki SPT sayıları yaklaşık 7.0 metreden sonra refü vermesine rağmen sismik ölçülerde Z3 zemin sınıfı verilmektedir. İstanbul'daki zeminlerin yaklaşık yerel zemin sınıfları aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. İstanbul'daki zeminlerin yaklaşık yerel zemin sınıfları

Table 4. Approximate local soil classes of soils in Istanbul

Formasyon	Yaklaşık Yerel Zemin Sınıfları
Alüvyon	Z4,Z3
Kuşdili formasyonu	Z4
Bakırköy Formasyonu	Z3,Z1
Güngören Formasyonu	Z3
Çukurçeşme Formasyonu	Z3, Z2
Gürpınar formasyonu	Z3,Z2
Kırklareli formasyonu	Z2, Z1
İstanbul Birliği,	Z2, Z1
Istranca Birliği	Z2, Z1

Muratoğlu ve Özkan (2005) çalışma neticesinde üç farklı kalıp planına sahip 4 ve 8 katlı yapıların dört deprem (1., 2., 3. ve 4.) bölgesine ve dört zemin sınıfına (Z1, Z2, Z3, Z4) göre binaların katlarında meydana gelen deprem yükleri belirlenmiştir. 1. derece deprem bölgesindeki bir yapıda, Z1 ve Z2 yerel zemin sınıflarında etki eden yatay yük arasında % 25 fark görülmüştür. Z1 yerel zemin sınıfındaki bir yapıda ise 1. ve 2. deprem bölgeleri arasında % 33 fark görülmüştür. Yapıların proje aşamasında zemin sınıflarında veya deprem bölgelerinin seçiminde yapılabilecek küçük hatalar, eşdeğer deprem yüklerinde değişikliklere sebep olmaktadır. Bu hatalar deprem kuvvetlerine etki etmekle birlikte yapının maliyetinde de değişimlere sebebiyet vermektedir. Bu nedenle proje aşamasında zemin sınıflarının belirlenmesinde hataların en aza indirilmesi büyük önem arz etmektedir. Nitekim, Dikmen ve Özek (2011), zemin sınıfının deprem bölgelerinde yapılacak sanayi yapılarının maliyetleri üzerine etkilerini ortaya koyarak zemin sınıfının doğru olarak ortaya konulması için yaptıkları Çalışmada Z2, Z3 ve Z4 sınıfı zeminler üzerine inşa edilecek yapıların taşıyıcı sistem maliyetleri Z1 sınıfı zeminlerdekine nazaran sırasıyla ortalama 14%, 20% ve 49% fazla olduğu tespit edilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, sondaja dayalı zemin ve temel etüt raporlarının ana veri kaynağı saha gözlemleri, araştırma sondajları ve laboratuvar verileri incelenmiştir. Raporlarda sunulan sondajların yaklaşık %80'i ekonomik nedenlerle kötü kaliteli ekipman ve işçilik ile yapılmıştır. Ayrıca, raporlarda sondaj noktası ve karot resimleri ve metreleri genellikle eksik olarak konulmaktadır. Sondaj derinlikleri de bazı durumlarda (dolgu, zayıf zemin ve sıkışabilir) yetersiz kalmaktadır. Raporlarda ekonomik nedenlerle laboratuvar ve arazi deneylerinin sayısı ve kalitesinin eksik olduğu belirlenmiştir. Raporlarda zemin grubu aynı parselde SPT, relatif sıkılık, tek eksenli basınç dayanımı ve sismik yöntemle farklı tespit edilebilmektedir. Bu durum deney ve ölçü sayısının az ve doğru yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Zeminin oturma değerleri killi düzeyler de SPT değeri ile hesaplanmakta, bu durum hatalara neden olmaktadır. Ayrıca, zemin etüt raporlarında %80 oranında zemin emniyet gerilmesi hesabı yapılırken yeraltısuyuna göre raporda düzeltme yapılmadığı, zemin büyütmesi ve sıvılaşma riski ile ilgili yeteri hesap yöntemlerinin sunulmadığı

görülmüştür. Önerilen tasarım parametreleri, temel derinliği seçimi (yüzeysel ya da derin temeller için), en az temel derinliği, temel tipinin muhtemel oturmalarına göre tespiti, yayılı (radye) ve sürekli temellerde rijitlik önerisi; derin temellerde kazık tipi, kesiti ve boyunun irdelenmesi ve seçimi ile temel projesinin hesap ve tasarımına imkan verecek öneri ve sayısal değerler eksik kalmaktadır. Zemin iyileştirmesi konusunda da önerilen yöntemler ile ilgili açıklamalar yeteri kadar yapılmamaktadır.

Daha iyi raporların oluşturulması için ise; temel derinliğinin sondaja dayalı zemin etüt raporlarında sunulması, kazılabilirlik değerlendirilmesinin yapılması, SPT sayısına göre kohezyonlu zeminlerde taşıma gücü ve oturma hesaplarının yapılmaması, yapı denetim firmalarında jeoloji ve jeofizik mühendislerinin görev almasının sağlanması, ilgili Belediye elemanlarınca sondaj, laboratuvar ve yerinde yapılan deneylerin denetiminin yapılması, yeraltısuyu ölçümleri için kuyulardaki sondaj sirkülasyon suyunun boşaltıldığından emin olunması, heyelanların kayma düzlemleri ve alınması gereken önlemler konusunda eksikler bulunması, iksa projelerinde eski heyelan ve fay zonları içindeki zemin şartları dikkate alınmaması, sondörlerin eğitim sertifikası alması, yetkin mühendislik yönetmeliği getirilmesi, Belediyelerin ilgili birimlerinde jeoloji ve/veya jeofizik mühendisleri görev alması, sondaj ve laboratuvar verilerin bir araya getirildiği Ulusal veri tabanı oluşturulması gerekmektedir.

KATKI BİLDİRME

Yazarlar, bu makalenin hazırlanmasına katkıda bulunan Jeoloji Mühendisi Selçuk Şen, Jeoloji Mühendisi Nazan ATA ve Jeoloji Yüksek Mühendisi Osman KENDİR'e teşekkür eder.

KAYNAKLAR

AYDAN, Ö., VE ULUSAY, R., 2013. An Application of RMQR Classification System To Rock – Support Design For Underground Caverns And Tunnels,3. Uluslar Arası Ulaşımında Yer Altı Kazıları Sempozyumu Bildiriler Kitabı.S.387-398.

BAGUELİN, F., JEZEQUEL, J. F.,SHIELDS, D. H., 1978. The Pressuremeter and Foundation Engineering, Aedermannsdorf, Trans Tech Publications, 617.

BARTON, N.R., LIEN, R., LUNDE, J., 1974. "Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support". Rock Mechanics and Rock Engineering (Springer), 6(4):189–236.

BIENIAWSKI, Z., T., 1989. "Engineering Rock Mass Classifications", Pennsylvania, s.237.

BOWLES, J. E., 1988. Foundation Analysis and Design, 4th Edition: McGraw-Hill Companies, Inc., New York, USA.

BOWLES, J. E., 1996. Foundation Analysis and Design: McGraw-Hill Companies, Inc., New York, USA.

BURLAND, J.B., BURBIDGE, M.C., 1985. Settlement of foundations on sand and gravel. Proceedings, Institution of Civil Engineers, 78(1): 1325-1381.

CATERPILLAR TRACTOR CO., 1983. Handbook of Ripping, Peoria, Illinois, 30 p.

CRAIG, R.F., 1994. Soil Mechanics, Fifth Ed., GB. Chapman and Hall Press.

ÇİNİCİOĞLU, F.S., 2005. Zeminlerde Statik ve Dinamik Yükler Altında Taşıma Gücü Anlayışı ve Hesabı, Seminer, İMO İstanbul, 25 s.

- ÇOBANOĞLU, İ., 2015, Zemin etütlerinde kalite problemi ve güncel uygulama örnekleri, International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015) Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu, Mehmet Akif Ersoy University, Burdur-Türkiye
- DALGIÇ S., TURGUT, M., KUŞKU İ., COŞKUN Ç., COŞGUN T., 2009. İstanbul'un Avrupa Yakasındaki Zemin ve Kaya Koşullarının Bina Temellerine Etkisi, Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, Sayı:2, 47-70.
- DALGIÇ S., TURGUT, M., KUŞKU, İ., 2010. Büyükçekmece İle Küçükçekmece Arasındaki Heyelanların Oluşmasında Hazırlayıcı ve Tetikleyici Parametrelerin Değerlendirilmesi, Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, Sayı:2, 56-73.
- DİKMEN, S.Ü., Özek, S. 2011. Deprem Bölgelerinde Zemin Sınıfının Sanayi Yapılarının Maliyetine Etkisi. *İMO Teknik Dergi*, Yazı 357, 5543-5558.
- DURMUŞ, S.M., 2011. Türkiye Zemin Etüt Raporları; Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- FRANKLİN, J.A., BROCH, E., WALTON, G., 1971. Logging the mechanical character of rock. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, 80, A1-9.
- HANSEN, J.B., 1961. The Bearing Capacity of Sand Tested by Loading Circular Plates. 5 th International Conference on Soil Mechanics Foundation. England:Vol.1, Paris.
- HVORSLEV, M.J. 1949. Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI, 2013. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası 2013/1. Dönem Yılı Asgari Ücret Tarifesi, <http://www.jmo.org.tr/mevzuat/aut.php>.
- KAYABAŞI, A., GÖKÇEOĞLU, C., 2012. Taşıma Kapasitesi ve Oturma Miktarının Hesaplanmasında Yaygın Kullanılan Yöntemlerin Mersin Arıtma Tesisi Temeli Örneğinde Uygulanması, Jeoloji Mühendisliği Dergisi 36 (1) 2012.
- KIRSTEN, H.A.D.,1982. A Classification System for Excavation in Natural Materials, Civil Engineer in South Africa 24, pp 293-308.
- KOCAMAN, M., 2008. Zemin etütlerinde geoteknik ve jeofizik yöntemlerin kullanılması ve dikkat edilmesi gereken hususlar, T.C. Sakarya Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 59 s.
- MEYERHOF, G.G. 1956. Penetration tests and bearing capacity of cohesionless soils, Proceedings ASCE, Vol. 82, No. SM1, Paper 866, pp. 1-19.
- MEYERHOF, G.G., 1963. Some Recent Research on The Bearing Capacity of Foundations. Canadian Geotechnical Journal, Vol.1, No.1, 16-26.
- MEYERHOF, G.G. 1974. Ultimate Bearing Capacity of Footings on Sand Layer Overlying Clay, Canadian Geotechnical Journal, Vol.11, pp. 223-229
- MURATOĞLU, Ö., ÖZKAN, Ö.,2005. Zemin Sınıfları ve Deprem Bölgelerinin Bina Yatay Yüklerine Etkisi, Deprem Sempozyumu, 1097-1104.
- ÖNALP, A., SERT, S., 2006. Geoteknik bilgisi III Bina temelleri, Birsen yayınevi, 375 s.
- ÖZYURT, G., Toker, K., N., 2013, Geoteknik Etüt raporlarındaki Yaygın Hataların Belirlenmesi ve İstatistiksel Değerlendirilmesi, TMH - 476 .
- PARRY, R. H. C., 1977. Estimating Bearing Capacity of Sand from SPT Values. JGED, ASCE, 103, 1013-1045.
- SCOTT, R. F., 1981. Foundation Analysis: Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, NJ 07632.

- SKEMPTON, A.W., 1951. The bearing capacity of clays. Proceedings, Building Research Congress, London.
- SMITH, H.J., 1986. Estimating Rippability of Rock Mass Classification, Proc. 27, US Sym. On Rock Mech., University of Alabama, 443-448.
- SONMEZ, H., ULUSAY, R., 2002. A discussion on the Hoek-Brown failure criterion and suggested modifications to the criterion verified by slope stability case studies. *Yerbilimleri*, 26, 77-99.
- T.C. BAYINDIRLIK BAKANLIĞI AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 2008. Plana Esas Jeolojik, Jeolojik-Jeoteknik ve Mikrobölgeleme Genelgesi, Sayı: B.09.0.AİŞ.0.00.00.00/Kriz/10337, Ankara.
- T.C. BAYINDIRLIK BAKANLIĞI YAPI İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 2005. Zemin ve Temel Etüdü Raporu Genel Formatı, Sayı: B.09.0.Y.İ.G.0.13.00.09/847, Ankara.
- T.C. BAYINDIRLIK BAKANLIĞI YAPI VE İMAR İŞLERİ REİSLİĞİ, 1971. Yapılar İçin Temel Sondaj Teknik Şartnamesi, Ankara.
- T.C. BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI, 2007. Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete, Sayı: 26454.
- TERZAGHI, K., 1943. *Theoretical Soil Mechanics*. John Wiley & Sons, New York.
- TERZAGHI, K., PECK, R. B., 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley, New York.
- YILDIRIM, S., 2004. *Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı*, Birsen Yayınevi, s.472, İstanbul.

KAŞKARI (KUZEY AFGANİSTAN) HAVZASININ PETROL POTANSİYELİ

Kashkari (North Afghanistan) Basin Oil Capacity

Azar YAQUB ZADA¹, Şerafeddin ÇAKIR²

ÖZET

Afganistan'ın kuzey, kuzeybatı ve güneydoğu bölgelerinde keşfedilmemiş petrol ve doğalgaz havzaları vardır. Afganistan'da yapılan jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucunda yaklaşık 500 antiklinal yapısı belirlenmiştir. Bu antiklinallerin 67'si Kuzey Afganistan'dadır. Bu antiklinallerde 121 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda Kuzey Afganistan'da 8 gaz havzası 7 petrol havzası bulunmuştur. Kaşkari, Angot, Akdarya, Bazarkami, Zamarudsay, Aliğül, Hocasilan petrol havzasıdır. Hocagöirdak, Carkoduk, Cuma, Başıkord, Yetimtağ, Cangalkalan, Hocaborhan, Çiğçi gaz havzasıdır. Kuzey Afganistan'da yerel Kaşkari petrol havzası Saripul ili'nin 12 km güneyinde yer alır. Kaşkari petrol havzasında 10 adet sondaj açılmış ve halen petrol üretimi yapılmaktadır. Bu havzada yapılan jeolojik ve jeofizik araştırma sonuçlarına göre ana kaya, hazne kaya ve örtü kayalar ortaya konmuştur.

ABSTRACT

There are undiscovered oil and gas basins in northern, northwestern and southwestern regions of Afghanistan. Around 500 anticlines were identified as a result of geological and geophysical studies in north of Afghanistan. 67 of these anticlines in which 121 boreholes were opened in the Northern Afghanistan. As a result, 8 gas fields and 7 oil basins have been discovered in northern Afghanistan. Kashkari, Angot, Akdarya, Bazarkami, Zamarudsay, Aligol, Hojasilan the oil basin. Hojagöirdak, Jarkoduk, Juma, Başıkord, Yetimtag, Jangalkalan, Hojaborhan, Chigchi the gas basin. Kashkari oil field is located 12 km south of the Northern Afghanistan province of Saripul. In Kashkari oil basin 10 boreholes were opened and oil production in these wells has still being continuing. According to geological and geophysical research done in this basin, main rocks, reservoir rocks and cap rocks were determined.

GİRİŞ

Çalışma alanı Afganistan Kuzeyi (Kaşkari) petrol sahası kuzey Afganistan'da Saripul şehrinin 12 km güneyinde uzaklığında yer almaktadır. (Şekil 1)

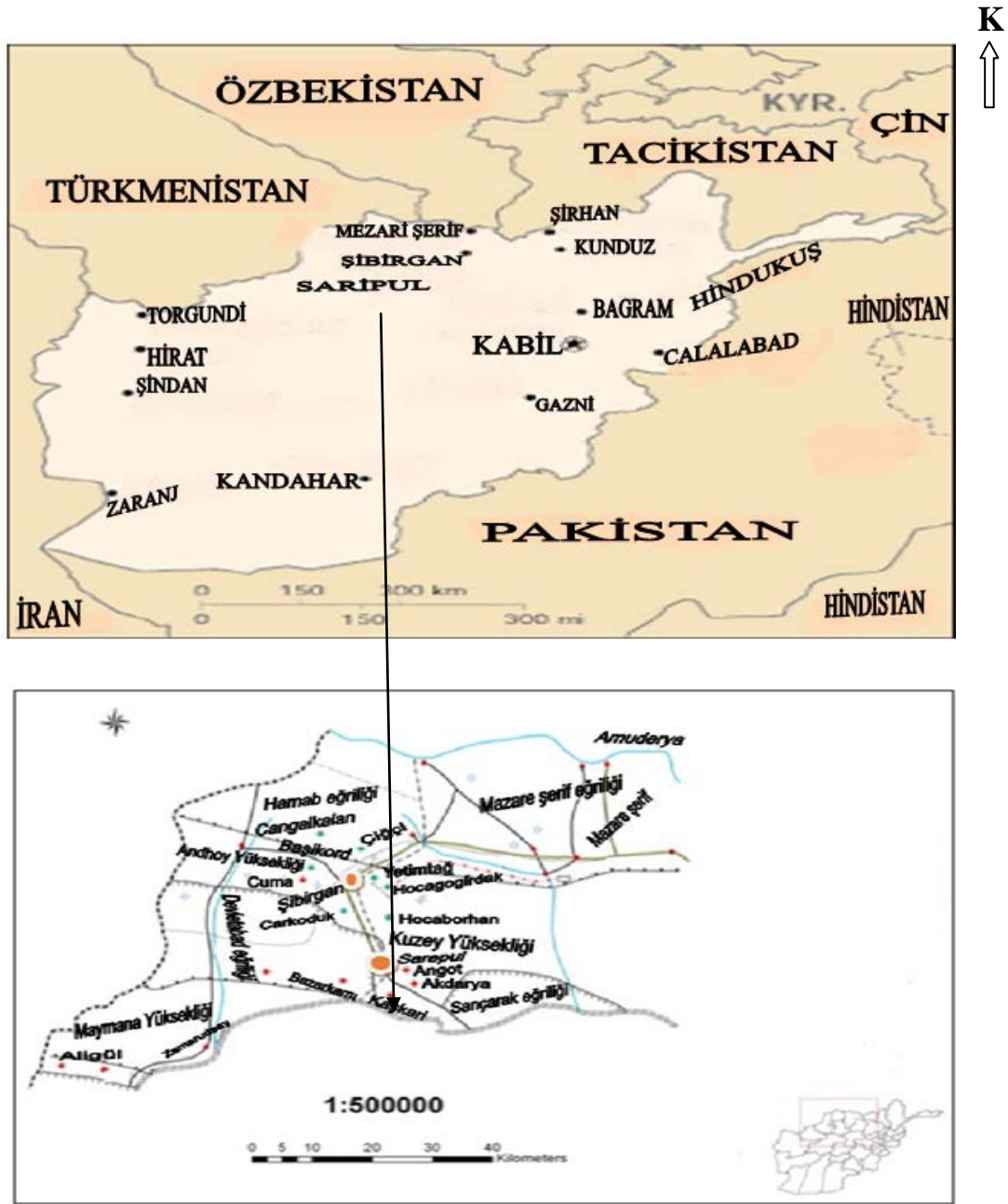
Alanın genişliği 1,5 km bu sahada petrol Kızıltaş formasyonu (Hotriviyen), Okuzbulak formasyonu (Apsiyen), Kaligrek formasyonu (Albiyen) bulunmuştur. Kaşkari petrol alanında ilk bilimsel araştırma 1975 yılında V.G Çirnokov Rus jeologu tarafından yapılmıştır. Petrol ve doğal gaz Üst Jura, Kretase çökellerinde bulunmuş. 14 Ocak 1976 yılında sondaj çalışması başlamış. 1976 yılında B.V Kliçnof 1 sayılı sondaj kuyusu 2-9 sayılı kuyu Kaşkari petrol alanında petrol araştırması için yapılmıştır.

¹ KOÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Umuttepe Yerleşkesi, İZMİT-KOCAELİ

e-mail: Eng.azar@yahoo.com

² KOÜ., Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Umuttepe Yerleşkesi, İZMİT-KOCAELİ

e-mail: scakir@kocaeli.edu.tr.



Şekil 1. Çalışma Alanı Yer Bulduru Haritası
Figure 1. Location map of the investigation area

Coğrafi durum ve Morfoloji

Çalışma alanı Saripul ilinin 12 km güneydoğusundadır. Bu alanın denizden yüksekliği yaklaşık 1150 metredir. Çalışma alanında dayanımlı kayalar sert bir topografya sunmaktadır. Kaşkari topoğrafik bakımdan kuzey ve batı kısmında yüksek Türkistan dağları yer alır. Coğrafik bakımdan Kuzey Afganistan üç büyük kısma ayrılır. Yüksek dağlar Pamir, Hinduş gibi, alçak dağlar Farhar, Bamiyan, Saripul gibi ve ovalar Marmul ovası gibi, (Şekil 2).



Şekil 2. Kuzey Afganistan'ın Topografik Haritası (Afganistan Madencilik Bakanlığı 2013)
Figure 2. Topographic map of North Afghanistan (Ministry of Mines Afghanistan 2013)

Çalışma Alanının ve Çevresinin Stratigrafisi

Kuzey Afganistan'da en yaşlı birim, Mesozoyik yaşlı Baysun formasyonudur. Çoğu formasyonların adı komşu ülkeler olan Özbekistan, Türkmenistan ve Tacikistan'daki aynı özelliklere sahip bölgelerden alınmıştır, (Şekil 3).

Baysun Formasyonu (Jb) (Alt, Orta Jura)

Baysun formasyonu komşu ülke Özbekistan'da Baysun havzasında görülmüştür. Afganistan topraklarında Saripul ili Kaşkari petrol sahasında sondaj yapıldığında karşılaşılmış ve bu isimle adlandırılmıştır. Birimin tabanı görülmemektedir. Birim üzerindeki Hissar formasyonu ile uyumlu olarak bulunur. Afganistan'da Baysun formasyonu Alt ve Orta Jura çökellerinden oluşmuş ve kalınlığı toplam 30 metre ve litoloji bileşimi gri renkli kumtaşı üst kesimlerinde ince tabakalı kahve renkli çamurtaşı görülmüştür.

Hissar Formasyonu (Jh) (Üst Jura)

Hissar formasyonu komşu ülke Tacikistan dağlarında Hissar bölgesinde adlandırılmış, Afganistan'ın kuzey petrol bölgelerinde Hissar formasyon olarak adlandırılmıştır. Hissar Formasyonu Kuzey Afganistan petrol alanları Kaşkari ve Angot bölgelerinde yüzeyde görülmemiş ancak sondajlarda görülmüştür. Altteki Baysun formasyonu ile uyumlu üstteki Gaurdak formasyonu ile uyumlu olarak görülmüştür. Hissar formasyonu alttan, orta-ince tabakalı kireçtaşı yeşilimsi renkte, çamurtaşı, dolomitten oluşmuştur. Hissar Formasyonu Jura yaşında olup çökelleri Üst Jura yaşlıdır. Oxfordiyen, Kimmericiyenden katlarından oluşmuştur. Formasyon gri renkli kireçtaşı, dolomit ve çamurtaşından oluşmuştur. Bu formasyon Kuzey Afganistan inceleme alanında yeryüzünde görülmemiş sadece Aksay petrol alanında 1 numaralı kuyuda kalınlığı 18 metredir. Diğer alanlarda 700 metreye kadar kalınlıklar ölçülmüştür.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON, KALINLIK(M)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA	
SENOZOYİK	KUVATERNER			ALÜVYON 120		Kil, Kum, Çakıl	
	NEOJEN	MIYOSEN	Messiniyen	KOŞTANGİN 220-430		Çamurtaşı	
			Tortoniyen				
			Serravaliyen				
			Lanjiniyen	ŞİFA 300		Kireçtaşı	
			Burdigaliyen			Çamurtaşı	
			Akitaniyen				
	PALEOJEN	OLİGOSEN	Sattiyen	SUSMAR 80		Kireçtaşı	
			Rupeliyen			Kumtaşı	
		EOSEN	Priyaboniyen	TALIKAN 600		Kumtaşı, Kireçtaşı	
			Bortoniyen	ALAY 110		Çamurtaşı	
			Lütesiye	Kumtaşı			
		PALEOSEN	İpresiyen	SUZAK 140		Çamurtaşı, Marn, Kireçtaşı	
			Tanesiyen	GORİ 150-600			Kireçtaşı, Marn
Selandiyen							
Daniyen							
MESOZOYİK	KRETASE	Üst	Maastrichtiyen	KALİGREK 40-270		Çamurtaşı, Kumtaşı, Kireçtaşı, Marn	
			Kampaniyen				
			Santoniyen				
			Turoniyen				
			Senomaniyen				
		Alt	Albiyen	OKUZBULAK 50-200		Çamurtaşı, Kumtaşı, Kireçtaşı, Marn	
			Apsiyen	BARREMİYEN 0-170			
			Barremiyen	KIZILTAŞ 170			Kumtaşı, Kireçtaşı, Çamurtaşı
			Hotriviye	KARABİL 0-130			Çamurtaşı, kumtaşı
			Valanjiniyen	BARRIASIYEN			Çamurtaşı
	JURA	Üst	Titoniyen	GAURDAK 250		Anhidrit, Tuz, Çamurtaşı	
			Kimmericiyen	HİSSAR 0-700			Kireçtaşı
			Oxfordiyen	BAYSUN 30			
		Orta	Kalloviyen		Dolomit		
Batoniyen							
Bajosiyen							
Alt		Aaleniyen	Çamurtaşı				
		Toarsiyen	Kumtaşı				
		Pliyensbahiyen					
Sinemuriyen							

Şekil 3. Çalışma Alanının Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesiti (Ölçeksiz)
Figure 3. Generalized stratigraphic section of the Study Area (Not scale)

Gurdak Formasyonu (Jg) (Üst Jura)

Gurdak formasyonu komşu ülke Türkmenistan'da görülmüştür. Kuzey Afganistan Kaşkari petrol alanında yapılan sondajın 245 metrede bulunmuştur. Gurdak formasyonu Hissar formasyonun üstünde uyumlu olarak yer almaktadır üstündeki Karabil formasyonu ile uyumsuz olarak bulunur. Bu formasyonu evaporitik kayalardan oluşmuştur. Gurdak formasyonu alt kısmı anhidrit kalın ve orta tabakalı çamurtaşı ince tabakalı tuz ve üst kesimlerde açık kırmızı renkli çamurtaşıdır oluşur.

Kuzey Afganistan'da petrol alanlarda ve çalışma alanında Gaurdak formasyonu petrol örtü kayası olarak kabul edilmektedir. Bu formasyonu Kaşkari sahasında yapılan sondajda 250 metre kalınlıkta olduğu görülmüştür.

Karabil Formasyonu (Kka) (Alt Kretase)

Karabil Formasyonu Komşu ülke Tacikistan sınırında Karabil bölgesinde görülmüştür. Bu formasyon Kuzey Afganistan'ın petrol alanlarında yapılan sondajlarda rastlanmıştır. Üst sınırı Kızıltaş formasyonu ile uyumludur. Bu formasyon Gaurdak formasyonun üstünde uyumsuz olarak yer almaktadır. Bu formasyonun litolojisi çamurtaşı, siltaşı ve ince tabakalı kumtaşından oluşmuştur. Karabil formasyonu jeolojik birimlerinden Alt Kretase Barriasiyen ve Valanjiniyen çökellerden oluşmuş Valanjin çökellerinin kayaları Kuzey Afganistan Kaşkari, Angot, Zamarudsay petrol alanlarında açılmış ve farklı kalınlıklarla görülmüştür. Bu formasyon Kaşkari petrol alanında kalınlığı açılan sondajlarda 95 metre, Angot petrol alanında 106 metre, Zamarudsay petrol alanında 130 metre olarak bulunmuştur.

Kızıltaş Formasyonu (Kki) (Alt Kretase)

Kızıltaş formasyonu Afganistan'ın komşusu Özbekistan'da Kızıltaş bölgesinde görülür. Kuzey Afganistan petrol alanlarında sondajlarda bu birime rastlanmıştır. Bu formasyon Kuzey Afganistan'da Samangan ili Taşkorgan ilçesi yakınında yüzeyde görülmektedir. Kızıltaş Formasyonu litolojisi kırmızı renkli kumtaşı, ince tabakalı kireçtaşı ve sarımsı ince taneli çamurtaşı ardalanmasından oluşmuştur (Şekil 5). Kızıltaş formasyonu Alt Kretase (Hotriviyen) çökellerinden oluşmuştur. Bu formasyon alttaki Karabil formasyonu uyumsuz olarak yer almaktadır. Kızıltaş formasyonu Kuzey Afganistan petrol sahalarında Kaşkari, Angot alanlar dâhil petrol hazne kayası olarak belinir. Bu formasyon Kuzey Afganistan petrol alanlarında farklı kalınlıklarla görülmüş. Kızıltaş formasyonun Angot petrol sahasında kalınlığı 170 metre, Kaşkari petrol sahasında 165 metre, Akdarya petrol alanında 145 metre, Zamarudsay'da 126 metre kalınlıkta görülmüştür.

Barremiyen Formasyonu (Kb) (Alt Kretase)

Bu formasyon Kuzey Afganistan'da petrol alanlarında yüzeyde görülmemiş sondajlarda rastlanmıştır. Barremiyen formasyonun litolojik özelliklerine göre iki kısımdan oluşur. Alt kısmı gri renkli kireçtaşı, dolomit, kırmızı renkli anhidrit (10-15 metre kalınlıkta) ve üst kısmı ince tabakalı gri renkli çamurtaşı ve anhidritten oluşmuştur. Barremiyen formasyonun kalınlığı toplam 170 metredir ve Kuzey Afganistan'da Kaşkari petrol alanında 76 metre, Angot petrol alanında 170 metre olarak ölçülmüştür. Bu formasyon Barremiyen (Alt Kretase) yaşlıdır. Kızıltaş formasyonu üstünde uyumlu olarak yer alır.

Okuzbulak Formasyonu (Ko) (Alt Kretase)

Okuzbulak formasyonu komşu ülke Özbekistan'da Okuzbulak bölgesinden adını almıştır. Kaşkari petrol alanına yapılan sondajlarda Okuzbulak formasyonuna rastlanmıştır. Okuzbulak formasyonu Barremiyen formasyonun üstünde uyumlu yer alır, üstünde de Kaligrek formasyonu ile uyumludur. Kuzey Afganistan petrol alanlarında farklı kalınlıklarda görülmüştür. Angot Petrol sahasında bu formasyonun kalınlığı 150 metre, Kaşkari alanda 40 metre, Akdarya Petrol alanında 15 metrede görülmüştür. Okuzbulak formasyonun birimleri Apsiyen (Alt Kretase) çökellerinden oluşmuştur. Kayaların litolojisi kumtaşı, gri renkli kireçtaşı, çamurtaşı ve gri renkli marndır. Kalınlığı 200 metre olarak ölçülmüştür.

Kaligrek Formasyonu (Kk) (Alt Kretase-Üst Kretase)

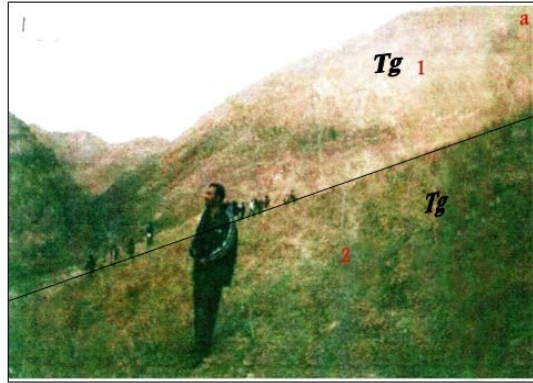
Kaligrek formasyonu komşu ülke Türkmenistan topraklarında Kaligrek bölgesinde görülmüştür. Kuzey Afganistan petrol sahalarında yapılan sondajlarda rastlanmıştır. Bu çökeller, alt kısımda yeşilimsi çamurtaşı, gri renkli kumtaşı, orta kısımda kireçtaşı, marn ve üst kısımda ise kireçtaşından oluşmuştur. Kaligrek formasyonunun Alt Kretase yaşlı bölümünün Kaşkari alanında kalınlığı 43 metre, Angot petrol alanında 17 metre, Akdarya petrol sahasında 270 metredir.

Üst Kretase (Senomaniyen) yaşlı çökellerin alt kısmı çamurtaşı, ince tabakalı kumtaşı, üst kısmı gri renkli kireçtaşı ve üstünde gri renkli çamurtaşından oluşmuştur. Değişik alanlarda farklı kalınlığa sahiptir. Kalınlığı Angot petrol sahasında 13 metre, Kaşkari alanında 16 metre olarak ölçülmüştür.

Turoniyen ve Santoniyen yaşlı çökeller gri renkli çamurtaşı, marn, ince taneli kumtaşı ve kireçtaşından oluşmuştur. Bu çökeller değişik petrol alanlarında farklı kalınlıklardadır. Kaşkari petrol alanında 94 metre, Angot petrol alanında 197 metre, Akdarya sahasında 10 metrede görülmüştür.

Gori Formasyonu (KTg) (Üst Kretase-Paleosen)

Gori formasyonu Kuzey Afganistan'da Bağlan ilinin batı kısımları Gori Köyü dolaylarında görüldüğünden dolayı adı geçen formasyona bu ad verilmiştir. Gori formasyonu Üst Kretase çökellerinin litolojik bileşimi ince tabakalı gri ve mavimsi renkli kireçtaşı ve marn'dır. Paleosen yaşlı çökeller ince tabakalı marn üstüne ince tabakalı mavi renkli kireçtaşlarından oluşmuştur. Bu formasyon Kaligrek formasyonu üstünde uyumsuz yer alır. Üzerinde uyumlu olarak Suzak formasyonu bulunur. Gori formasyonu Üst Kretase-Paleosen yaşlıdır. Gori formasyonu Kuzey Afganistan'da Saripul ilinin güney tarafındaki Kaflaton Deresi'nde görülür ve petrol alanlarında Kaşkari, Angot, Akdarya, Bazarkamı ve Zamarudsayda 150-600 metre kalınlıklarda görülmüştür. (Şekil 4) Kaşkari petrol alanında bu formasyonun kalınlığı 500 metre, Angot sahasında 310 metre, Akdarya petrol alanında 370 metre, Bazarkamı 250 metre, Zamarudsay petrol alanında 243 metre, Bağlan ilinde 600 metre olarak ölçülmüştür.



Şekil 4. Kaflaton Vadisi'nde Gori Formasyonunun görünümü
Figure 4. The appearance of Gori Formation in Kaflaton Valley

Suzak Formasyonu (Ts) (Eosen)

Suzak formasyonu Kuzey Afganistan'da orta kısımları Türkistan Dağları'nda görülmüştür ve bu formasyonun Kuzey Afganistan'ın Samangan ilinin Taşkorgan ilçesinin 11 km kuzey tarafında yeryüzünde görülür. Formasyon içinden buharlar çıktığı için Suzak formasyonu adı verilmiştir. Bu formasyonun litolojik bileşimi altta ince tabakalı çamurtaşı, marn ve gri renkli ince tabakalı

kireçtaşıdan oluşmuştur. Suzak formasyonu Gori formasyonun üstüne uyumlu yer almaktadır. Bu formasyon İpresiyen (Eosen) çökellerinden oluşmuştur. Kaşkari petrol alanında sondajlarda kalınlığı 140 metredir. Suzak formasyonu Kuzey Afganistan'da Bazarkamı petrol sahasında sondaj yapıldığında 110 metrede görülmüştür.

Alay Formasyonu (Ta) (Eosen)

Alay formasyonu Kuzey Afganistan'da Samangan ili Taşkorgan ilçesine Aliabad Köyü'nde görüldüğünden dolayı Alay formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu formasyon Suzak formasyonunun üstüne uyumlu yer almaktadır. Üzerinde Talikan formasyonu uyumlu olarak yer alır. Alay formasyonu Eosen (Lütesiyen, Bartoniyen) yaşlı çökellerden oluşmuştur. Bu formasyonun alt kısmı orta kalınlıkta kireçtaşı ve üst kesiminde gri renkli ince tabakalı çamurtaşı bulunur. Alay formasyonu Saripul ili Kuzey kısmı Sayad ilçesinde ve Samangan ili Taşkorgan ilçesinde yeryüzünde görülür ve kalınlığı 21 metredir. Bu formasyonun ortalama kalınlığı 120 metredir.

Talikan Formasyonu (Tt) (Eosen)

Talikan formasyonu Kuzey Afganistan'ın Talikan şehrinde görüldüğünden böyle isimlendirilmiştir. Talikan formasyonu Alay formasyonun üstüne uyumlu yer almaktadır. Bu formasyon ince tabakalı kumtaşı üstünde sert kireçtaşlarından oluşmuştur. Bu formasyon Eosen (Priyaboniyen) çökellerinden oluşmuştur. Bu formasyon Saripul ili Sayad ilçesinin doğusunda da görülür. Kalınlığı 600 metredir. (Şekil 5).



Şekil 5. Talikan formasyonunun Sayad ilçesi yakınındaki görünümü
Figure 5. The appearance of Talikan formation near Sayad

Susmar Formasyonu (Ts) (Oligosen)

Susmar formasyonu Kuzey Afganistan'da Kunduz ili Susmar Köyü'nde görüldüğünden Susmar formasyonu diye adlandırılmıştır. Bu formasyon Talikan birimlerinin üstüne uyumlu olarak yer almaktadır. Üzerindeki Şifa formasyonu ile uyumludur. Susmar formasyonu Oligosen'de (Rupeliyen, Şattiyen) oluşmuş ve litolojik bileşimi alt kısmı sarı renkli sert ince tabakalı kumtaşı ve üst kısmı ince tabakalı çamurtaşıdır. Kunduz ili Susmar köyünde kalınlığı 80 metre olarak ölçülmüştür.

Şifa Formasyonu (Tş) (Miyosen)

Şifa formasyonu Saripul ilinin doğusundaki Şifa köyünde görüldüğünden bu isim verilmiştir. Bu formasyon Kunduz ilinin çevresinde de yüzeylemektedir. Susmar formasyonunun üstüne uyumsuz

olarak yer alır. Üzerinde Koştangin formasyonu uyumlu olarak bulunur. Bu formasyon Miyosen (Akitaniyen, Burdigaliyen, Lanjiyen) yaşlıdır ve toplam kalınlığı 300 metredir. Şifa formasyonun alt kısmı kireçtaşı ve üstüne sarı renkli ince tabakalı kumtaşı, orta kısmı kireçtaşından oluşmuştur. Kalınlığı 170 metre kadardır.

Koştangin Formasyonu (Tk) (Miyosen)

Koştangin formasyonu Kuzey Afganistan'da Taşkorgan ilçesinin Koştangin köyünde Dar Dere'de görüldüğünden bu isim verilmiş ve bu formasyon Kuzey Afganistan Saripul ili Sayad ilçesinin çevrelerinde de görülmüştür. Bu formasyon Şifa formasyonunun üstünde uyumlu olarak yer alır. Koştangin formasyonu açık sarı ve kırmızı renkli çamurtaşından oluşmuştur. Koştangin formasyonu Saripul ilindeki Kuru Gölü'nün kıyılarında farklı kalınlıklarda görünür. Bu formasyonun kalınlığı 220-430 metre ölçülmüştür. Koştangin formasyonu Miyosen (Serravaliyen, Tortoniyen, Messiniyen) çökellerinden oluşmuştur.

Alüvyon

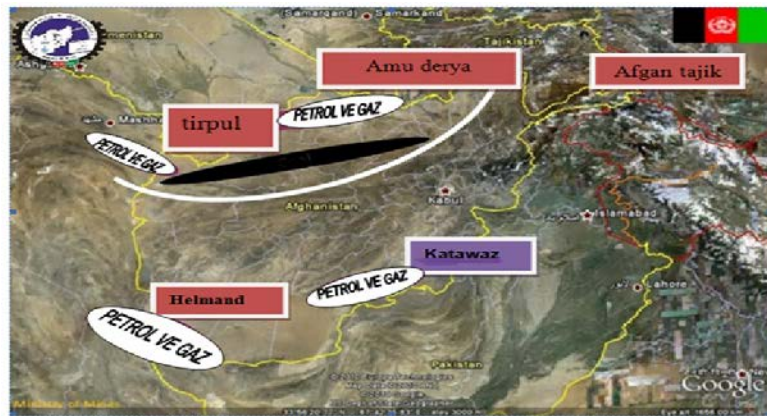
Kuvaterner yaşlı Alüvyonlar Afganistan Kuzey bölgelerde Saripul ilinin etrafında geniş bir alanda yayılmıştır. Kuvaterner çökelleri Koştangin formasyonunun üstüne uyumsuz şekilde yer almaktadır. Kuvaterner çökellerinin litolojik bileşimi alt kısmı kil, kum ve sarı renkli çakıllardan oluşur. Üst kısmı erozyondan dolayı aşınmıştır. Birimin kalınlığı 120 metre civarındadır.

Afganistan Petrol ve Doğal Gaz Havzaları

Afganistan'ın tümü genel olarak iki farklı yapısal kısımdan oluşmuştur. Afganistan'ın Kuzey bölgesi yeni tektonik hareketler sonucunda Neojen– Kuvaterner dönemde şekillenmiştir. Afganistan güney bölgesinin jeolojisi karmaşıktır. Orta alanları yüksek dağlar ile çevrelenmiştir ve kırıklar boyunca Hindukuş Dağları görülür.

Afganistan'da 5 adet petrol ve doğal gaz havzası bulunur:

1. Amuderya petrol ve doğal gaz havzası.
2. Afgan-Tacik petrol ve doğal gaz havzası.
3. Tırpul petrol ve doğal gaz (muhtemel) havzası.
4. Hilmand petrol ve doğal gaz (muhtemel) havzası.
5. Katawaz petrol ve doğal gaz (muhtemel) havzası.



Şekil 6. Afganistan'da ki Petrol Havzaları (Afganistan Madencilik Bakanlığı 2013)

Figure 6. Oil deposit basins in Afghanistan (Ministry of Mines Afghanistan 2013)

KUZEY AFGANİSTAN PETROL VE DOĞAL GAZ REZERVLERİ

Petrol ve Doğal Gaz Sondajları

Afganistan'ın bölgesinde Jeolojik, Jeomorfolojik ve Jeofizik araştırmalara göre yaklaşık 500 farklı Jeolojik yapılarda antiklinal bölgelerde petrol ve doğal gaz yatakları keşif ve tespit edilmiştir.

Kuzey Afganistan'da 67 Antiklinal yapı tespit edilmiştir. 121 sondaj kuyusu açılmıştır. Bu kuyuların derinliği 211 – 4221 metre arasında değişmektedir.

Kuzey Afganistan'da Hidrokarbonların rezervleri tümü keşif edilen 15 alandır. 8 doğal gaz alanı 7 petrol alanıdır.

Kuzey Afganistan'ın petrol alanlarının toplam petrol rezervleri C1, C2 kategorilerine göre: C1 kategorisi: petrol rezervleri 38206 bin ton ve sondaj edilen petrol rezervleri 11355 bin tondur.

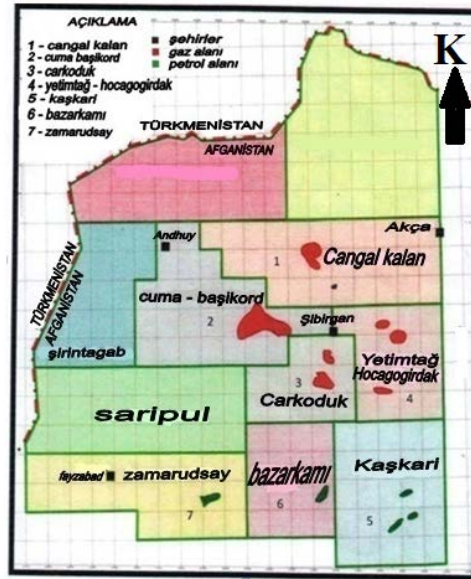
C2 Kategorisi: rezervlerin 6362 bin ton ve sondaj ile elde edilen petrol rezervleri 1759 bin tondur.

Kuzey Afganistan'ın toplam petrol rezervlerinin değerlendirilmesi C1, C2 kategorilerine göre ortalama rezervleri 44.568.000.000 bin ton ve çıkarılan petrol rezervleri 13.114.000.000 bin tondur.

Çalışma alanının ve Çevresinin Petrol ve Gaz Rezervleri

Afganistan Kuzey bölgesinde petrol ve gaz rezervleri havzalarının çökel örtüsünde farklı şekilde Menderesli bölgelerde, bölgesel göç dolay gerekli sınıfları olarak yer almıştır. (Şekil 7).

(1961–1978) yıllarında keşif edilen Kuzey Afganistan'ın Petrol ve Gaz yataklarının keşif sırası ve değerlendirilmesi hesaplamaya göre C1 ve C2 kategorilerine ayrılmaktadır.



Şekil 7. Kaşkari Çevresindeki Petrol ve Gaz Havzaları (Afganistan Madencilik Bakanlığı 2013)

Figure 7. Oil and Gas basins around Kashkari (Ministry of Mines Afghanistan 2013)

Kaşkari Petrol havzası ve çevresindeki önemli Rezervler

Kaşkari petrol alanının Kızıltaş formasyonunda, Okuzbulak formasyonunda ve Kaligrek formasyonu içinde 1976 yılında petrol bulunmuş ve rezervleri C1 kategorisinde tespit edilmiştir. (Şekil 8). Kızıltaş formasyonunun petrol rezervi 8806 bin tondur. Okuzbulak formasyonu petrol rezervi 1290 bin ton tespit edilmiştir. Kaligrek formasyonunda petrol rezervi 620 bin tondur.

Angot Petrol Alanı

Angot Petrol alanında petrol başlangıçta petrol miktarı 100 ton elde edilmiştir. Zaman geçtikten sonra keşif edilen kuyuların sondaj sonucu tüm Angot petrol alanının parametreleri belirlenmiş ve ona göre 3400 ton petrol rezervi vardır. 1125 tonu çıkarılmıştır.

Akdarya Petrol Alanı

Akdarya Petrol alanında 8 adet sondaj petrol kuyusu yapılmış ve rezervler kategorileri (C1,C2) iki kısma ayrılmıştır.

- C1 Kategorisi:

Kaligrek formasyonundaki petrol rezervi Akdarya petrol alanında 1848 bin ton, Kızıltaş formasyonu Hotriviyen çökellerinde Alt Kretase 1024 bin tondur. Okuzbulak formasyonu Apsiyen çökellerinin ortalama rezervlerinin petrol sondaj edilmesi 425 bin ton ve Kızıltaş formasyon Hotriviyen çökellerinin sondaj edilmesi 307 bin ton hesaplanmıştır.

- C2 Kategorisi:

Kaligrek formasyonu rezervleri 1848 bin ton ve üretilen petrol 769 bin tondur. Akdarya petrol alanının Kaligrek formasyonu ve Kızıltaş formasyonundaki toplam petrol rezervleri 2872 bin ton ve Kaligrek, Kızıltaş formasyonundaki toplam petrol 1885 bin ton ve C2 kategorisine göre toplam rezervleri 471 bin tondur.

Bazarkamı Petrol Alanı

Bazarkamı Petrol alanının Kızıltaş formasyonu çökeller (Alt Kretase) rezervlerinin tüm parametreleri kuyuların sondaj ve çalıştırdıktan sonra tüm bilgiler toplanmış ve ona göre bahsedilen alan iki kısma bölünmüştür. Bazarkamı petrol alanı 1987 yılında C1 ve C2 kategorilerinde ayrılmıştır.

- C1 Kategorisi: Petrol rezervi 750 bin ton ve çıkarılan petrol 277 bin tondur.

- C2 Kategorisi: Rezervi 750 bin ton petrol ve elde edilen 153 bin tondur.

Zamarudsay Petrol Alanı

Zamarudsay Petrol alanının Kızıltaş formasyonu (Alt Kretase) rezervlerinin tüm parametreleri kuyuların sondaj zamanı bilgiler toplanıp ve bu esassa Zamarudsay Petrol alanı iki kısma ayrılmış. Zamarudsay Petrol alanının rezervleri (C1, C2) kategorilerde ayrılmış ve 1990 yılında rezervi aşağıdaki gibidir.

- C1 Kategorisi: Toplam petrol 10688 bin ton petrol ve elde edilen 2612 bin tondur.

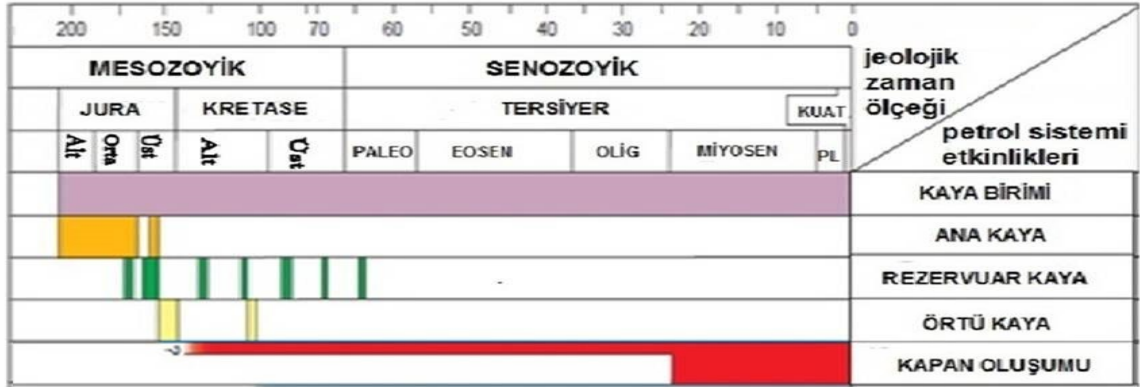
- C2 Kategorisi: Rezerv 2839 bin ton petrol ve elde edilen 917 bin tondur.

Aligül Petrol Alanı

Aligül Petrol alanındaki petrol rezervi 1985 yılında iki kısma C1, C2 kategorilerinde ayrılmıştır.

- C1 Kategorisi: Petrol rezervi 881 bin ton ve elde edilen 205 bin tondur.

- C2 Kategorisi: Petrol rezervi 725 bin ton petrol ve elde edilen 213 bin tondur.



Şekil 8. Kaşkari Petrol Alanındaki petrol formasyonları (Yermolkin, 1986)
Figure 8. Oil formations in Kashqari oil field (Yelmolkin, 1986)

KUZEY AFGANİSTAN'DA Kİ HAVZALARIN PETROL ANALİZLERİ

Kaşkari Petrol Havzası

Kaşkari Petrol havzasında 10 Adet sondaj kuyu açılmış ve petrol varlığı Kızıлтаş formasyonu, Okuzbulak formasyonu, Kaligrek formasyonu çökellerinde keşfedilmiştir. Kaşkari petrol alanında petrol varlığı 1976 yılında tespit edilmiştir. Kaşkari petrol alanının rezervuar analizleri aşağı gibidir:

a- Kızıлтаş formasyonun çökelleri Kaşkari petrol alanında (1,3,8) numaralı kuyularda günlük üretim 91.33 ton tespit edilmiştir.

Kimyasal ve fiziksel analizi: Kızıлтаş formasyonu petrol yoğunluğu (0.900 gr/cm³), sülfür , (%2.30), parafin (%4,2), zift (%18,6).

b- Okuzbulak formasyonu fiziksel, kimyasal analizleri: Petrol yoğunluğu (0.852 gr/cm³), Sülfür miktarı (%1,2), zift (%7,2), Parafin (%5,3).

c- Kaligrek formasyonu çökelleri fiziksel ve kimyasal özellikleri: Petrol yoğunluğu (0.851 gr/cm³), Sülfür miktarı (%11,3), Zift (%17.97), Parafin (%2.53).

Çizelge 1. Kaşkari Petrollerinin Kimyasal ve Fiziksel Analizleri
Table 1. Chemical and Physical Analysis of Kashkari Petroleum

Kaşkari	Rezervuar kayaç	Petrol yoğunluğu gr/cm ³	Sülfür %	Parafin %	Zift %
	Kızıлтаş		0,900	2,30	4,2
Okuzbulak		0,852	1,2	5,3	7,2
Kaligrek		0,851	11,3	2,53	17,97

Angot Petrol Havzası

Bu havzada petrol varlığı Okuzbulak formasyonu, Kaligrek formasyonunda bulunur. 1967 yılda Angot petrol havzasında Kızıltaş formasyonunda petrol tespit edilmiştir. Angot petrol havzasında 15 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Bu petrol alanında Kızıltaş formasyonu çökellerinde günlük petrol 65 ton yapılmaktadır. Laboratuvar analizlerde göre yoğunluğu (0.914 gr/cm³), Sülfür miktarı (%2.86), Parafin (%3.14), Zift (%17,9) Angot petrol alanının kaynama derecesi 500°C tır. (%53) petrol fraksiyon çıkışı belirlenmiştir. Hidrokarbon bileşimi Metan (%44,1), Petrol (%11.36), Aromatik bileşenler (%22.11) gösterilmiştir.

Akdarya Petrol Havzası

Akdarya petrol havzası Kuzey Afganistan'da Saripul Şehrin güneydoğu tarafında 10 km uzaklığında yer almaktadır. Bu petrol havzası 1974 yılında keşfedilmiştir. Akdarya petrol havzasında petrol Kaligrek formasyonu ve Kızıltaş formasyonunda bulunmuştur. Kaligrek formasyonu, Kızıltaş formasyonu çökellerinin petrol yoğunluğu sırasıyla (0.820 gr/cm³ – 0.920 gr/cm³) gösterilmiştir.

Kaligrek formasyonu ve Kızıltaş formasyonunun çökelleri kimyasal analizleri: Parafin (%9,5) (%10,2), Sülfür (%0,7-2.88), petrol fraksiyonları (%32-57), Kaligrek formasyonunun çökellerinde Zift (%4,2) ve Kızıltaş formasyonunun çökellerinde (%12,3– 21,9) tespit edilmiştir. Akdarya petrol alanında 8 adet sondaj kuyusu açılmıştır.

Çizelge 2. Angot Petrolünün Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri
Tablo 2. Chemical and Physical Properties of Angot Petroleum

Angot	Rezervuar kayaç	Petrol yoğunluğu Gr/cm ³	Sülfür %	Parafin %	Zift %
	Kızıltaş		0,914	2,86	3,14

Zamarudsay Petrol Havzası

Zamarudsay petrol alanı Kuzey Afganistan'da Saripul Şehrinin batı tarafında 55 km uzağında yer alır. 1977 yılında Zamarudsay petrol alanında 7 adet sondaj kuyu açılmış ve petrol Kızıltaş formasyonu içinde bulunmuştur. Zamarudsay petrol alanının fiziksel ve kimyasal analizleri: Petrol yoğunluğu (0.887 gr/cm³), Sülfür miktarı (%2,1), Parafin (%4,4), Zift (%8,2).

Çizelge 3. Angot ve Kaşkari Petrol Havzasında çözünmüş gaz miktarının yüzdesi
Table 3. Percentage of dissolved gases in Angot and Kashkari Petroleum

Hidrokarbonların yüzdesi %					Petrolden gaz çıkışı yüzdesi %	
C_5H_{12}	C_4H_{10}	C_3H_8	C_2H_6	CH_4		
Pentan	Bütan	Propan	Etan	Metan		
-	54.1	17.9	2.8	12.7	0.06	Angot
32.8	16.0	5.3	0.8	3.8	0.22	
52.8	14.6	4.1	11.2	17.3	0.06	Kaşkari
21.9	8.0	1.7	4.6	7.1	0.13	
31200	25900	20600	14000	800	Isı miktarı	
						$\frac{Kcal}{m^3}$

Çizelge 4. Kuzey Afganistan'daki Petrollerin Hidrokarbon Fraksiyonlarının Özellikleri.
Table 4. Properties of Hydrocarbon Fractions of Petroleum in North Afghanistan.

Hidrokarbonların üç serisinin yüzdesi %			Sülfür miktarı %	Yoğunluk ($20^\circ C$) ($\frac{g}{cm^3}$)	Fraksiyonların yüzdesi %	Sıcaklıklar ($^\circ C$)
Aromatik C_nH_{2n-6}	Petrol C_nH_{2n}	Parafin C_nH_{2n+2}				
8.4	20.4	71.6	-	0.68	0.3	62
21.2	19.3	59.5	0.03	0.72	3.0	100 – 62
28.7	18.5	52.8	0.021	0.77	3.0	150 – 120
22.8	13.1	64.1	0.03	0.78	7.6	200 – 150
20.2	23.9	55.9	0.04	0.81	7.4	250 – 200
25.9	17.1	57.0	0.56	0.86	7.4	300 – 250

Çizelge 5. Yetimtağ Doğal Gaz Alanının Ortalama Gaz Bileşimi
Table 5. Average Gas Composition of the Natural Gas Field of Yetimtağ

Gaz yoğunluğu	Miktar yüzdesi %							
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂ + daha yüksek hidrokarbonlar	H ₂ S	CO ₂	N + P
0.612	93.06	0.49	0.06	0.03	0.04	0.122	5.23	0.6

Aligül Petrol Havzası

Aligül petrol alanı Kuzey Afganistan'da Maymana Şehrinin 38 km güneybatı tarafında yer alır. 1977 yılında Aligül petrol alanında 4 adet kuyu sondaj edilmiştir. Bu petrol alanının fiziksel ve kimyasal analiz şöyledir: Petrol yoğunluğu (0.878 gr/cm³), Sülfür (%2.01), Zift (%39,1).

Yetimtağ Gaz Havzası

Yetimtağ gaz alanı Kuzey Afganistan'da Şibirgan Şehrinin doğu tarafında 25 km uzaklığında yer almaktadır. Yetimtağ gaz alanının rezervuar kayaları Hissar formasyonu ve Kızıltaş formasyonudur. Okuzbulak formasyonu, Kaligrek formasyonu çökellerinde de gaz emareleri görülmüştür.

Carkoduk Gaz Havzası

Carkoduk gaz alanı Kuzey Afganistan'da Şibirgan Şehrinin Kuzeydoğu tarafında 25 km uzaklığında yer almıştır. Bu gaz alanı 1971 yılında araştırmalarda tespit edilmiştir. Carkoduk Doğalgaz Hissar formasyonu içinde tespit edilmiştir. Carkoduk gaz sahası örneklerinin 1983 yılında yapılan laboratuvar analizleri aşağıdaki gibidir. Gaz (%95), Hidrojen Sülfür (%0.012–0.035), Karbondioksit miktarı (%3.19), Hidrokarbon (%1,3 – 5.075).

Hocagogirdak Gaz Havzası

Hocagogirdak gaz alanı Kuzey Afganistan'da Şibirgan Şehrinin doğu tarafında 28 km uzaklığında yer almaktadır. 1963 yılında bu alandaki doğal gazın varlığı Hissar formasyonunda antiklinal yapılar da tespit edilmiştir. Hissar formasyonu içinde doğal gaz belirlenmiştir. Kızıltaş formasyonu, Okuzbulak formasyonu ve Kaligrek formasyonun çökellerinde de doğalgaza rastlanmıştır. Hissar formasyonunun doğal gaz bileşiminde Hidrojen Sülfür (H₂S) görülmüştür. Hocagogirdak doğalgaz alanının laboratuvar fiziksel ve kimyasal analizleri şöyledir: Kızıltaş formasyonun çökellerinin bileşiminde Metan (%93–98), Etan (%2), Nitrojen (%2,4-5,3).

Kızıltaş formasyonu: Günlük üretim ortalama 200-600 m³

SONUÇLAR

Kuzey Afganistan'da 1950'li yıllardan beri yapılan petrol ve doğal gaz araştırmaları sonucu petrol ve doğal gaz havzalarının durumu aşağıdaki maddelerde özetlenebilir:

Kuzey Afganistan'daki sedimanter havzalarda şimdye kadar 67 antiklinal yapı bulunmuş ve bunlar üzerinde toplam 247769 metre uzunlukta 121 adet petrol sondajı yapılmıştır.

Kuzey Afganistan'da Kaşkari, Angot, Akdarya, Bazarkamı, Zamarudsay, Aliğül, Hocasilan petrol havzası bulunur. Hocagogirdak, Carkoduk, Cuma, Başıkord, Yetimtağ, Cangalkalan, Hocaborhan, Çiğçi doğal gaz havzası vardır. Kuzey Afganistan'ın petrol ana kayası Hissar ve Gaurdak formasyonlarıdır. Kuzey Afganistan'da Karabil formasyonu, Kızıltaş formasyonu, Okuzbulak formasyonu, Kaligrek formasyonu hazne kayalardır. Kuzey Afganistan'da petrol örtü kayaları Karabil ve Barremiyen formasyonlarıdır. Kaşkari petrol havzasında petrol ve doğal gaz için kapan uzamış dom yapısıdır. Domun eksenini KD-GB yönlüdür.

KAYNAKLAR:

AMİRGÜL, M. VE SABA, Ş.A. 1985, Kuzey Afganistan'ın bölgesel petrol ve doğal gaz oluşumu. Kabil Afganistan Politeknik Üniversitesi bilimsel dergisi No: 21 Sayfa 140-144.

AFGANİSTAN JEOLOGLAR GRUBU. 1991, Keşif edilen petrol ve doğal gaz kaynaklarının analiz araştırması. Afganistan petrol ve doğal gaz kaynakları Kabil Afganistan Politeknik Üniversitesi Kitap 6. Sayfa 45-52.

AMİRGÜL, M. VE SABA, Ş.A. 1991, Petrol ve doğal gaz madenlerinin tahribi ve Oluşumunda Tektonizmanın rolü. Kabil Afganistan Politeknik Üniversitesi bilimsel Dergisi No:18 Sayfa 32-41.

AMİRGÜL M, SABİR, G. 1991, Kuzey Afganistan'ın Coğrafya araştırması Kabil Afganistan Politeknik Üniversitesi Dergisi No: 7 sayfa 102-112.

AMİRGÜL, M. 2003, Kuzey Afganistan'ın petrol yapılarının detayları örtü kaya, ana kaya, hazne kaya ve petrol, doğal gaz keşif edilen Sondajların petrol toplandığı çökeller. Kabil Afganistan Politeknik Üniversitesi bilimsel Dergisi. No: 16 Sayfa 45-60.

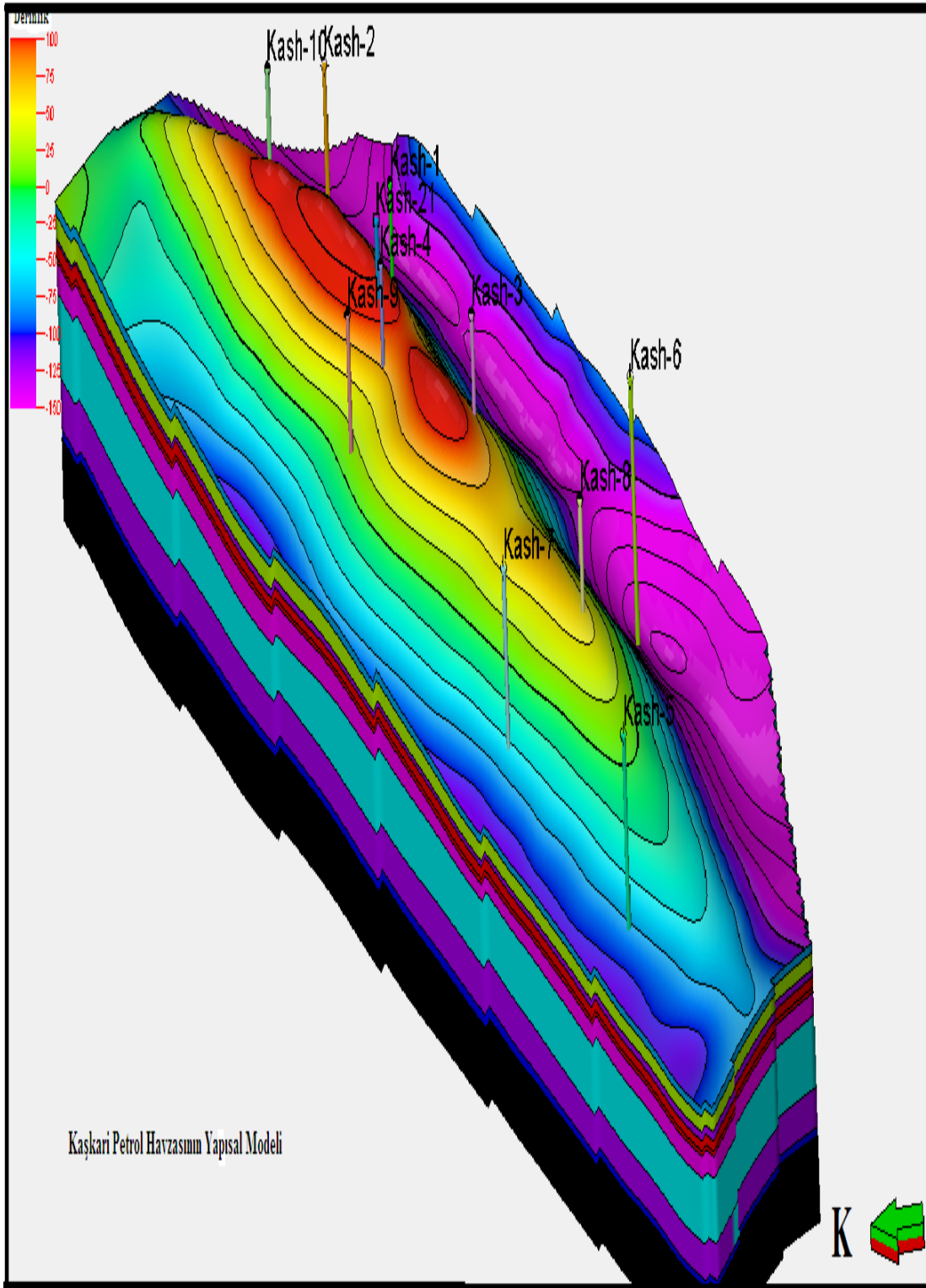
BRATAŞ, V.İ. 1972, Kuzey Afganistan'ın Petrol ve Gaz Jeolojisinin yeni rakamları Moskova Nider Yayınları Jeoloji Kitabı No:9 Sayfa 85-92.

BAKİROV, A.A. 1978, Afganistan Kuzey Havzasında Hidrokarbonların yerleştiği çökeller. Moskova Bilim Merkezi Yayınları.No: 11 Sayfa 22-28.

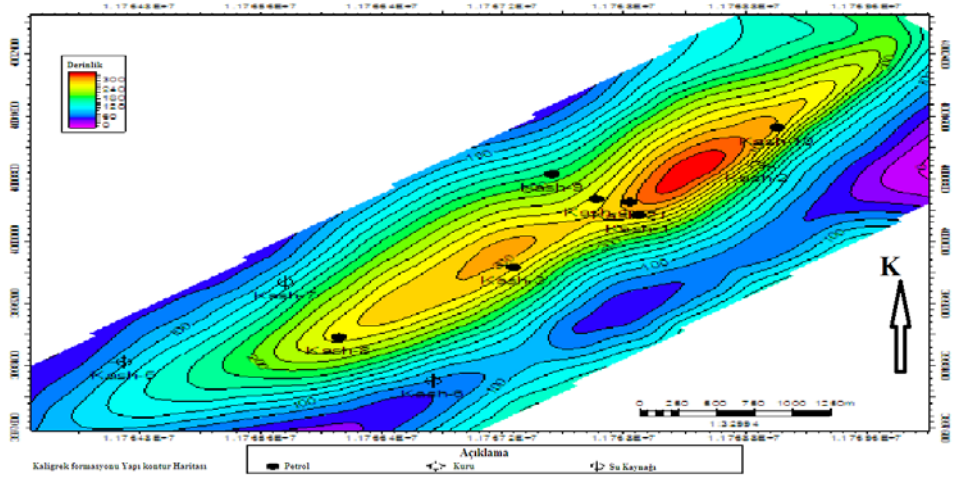
BROOKFIELD, M.E. and HASHMAT A. 2001, The geology and petroleum potential of the North Afghan platform and adjacent areas (northern Afghanistan, with parts of southern Turkmenistan, Uzbekistan, and Tajikistan): Earth Science Reviews, v. 55, no. 1, p. 41-71.

MAHMOODZADA, A.B. 2015(A thesis submitted in partial fulfillment of the degree of Master of Engineering in requirements for the Remote Sensing and Geographic Information System) Asian Institute of Technology School of Engineering and Technology Thailand Yüksek Lisans Tezi sayfa 15.

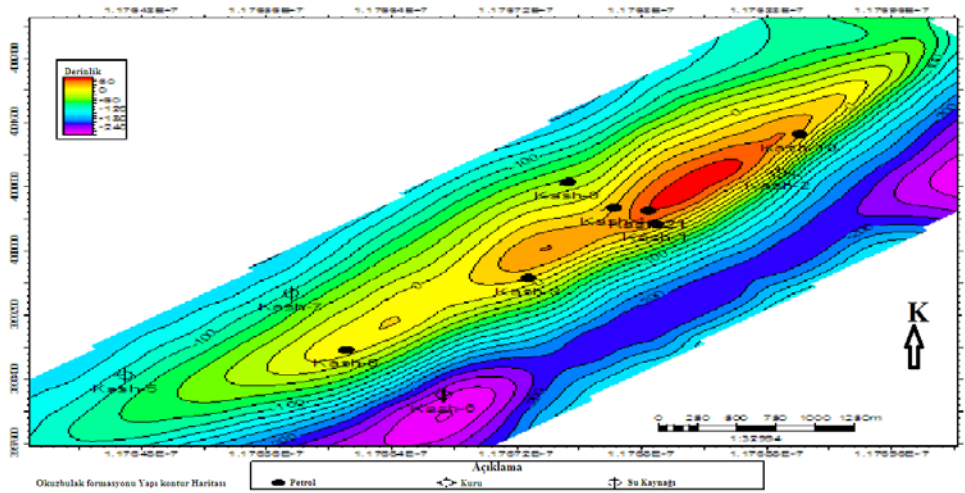
YERMOLKİN, V.I. 1986, Zonality of oil and gas accumulation on platforms Moscow, Nedra, 185 p.



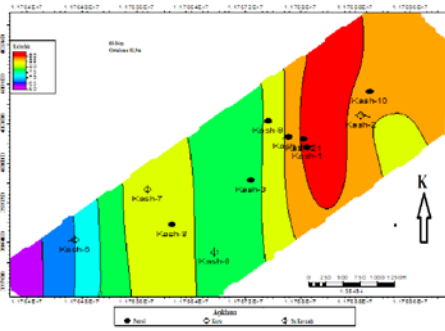
Ek 1. Kaşkari Petrol Havzasının Yapısal Modeli
Appendix 1. Structural Model of Kashkari Oil Basin



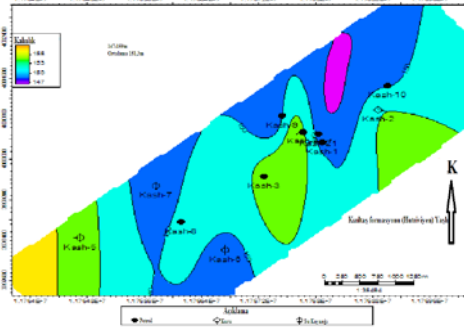
Ek 2. Kaligrek Formasyonun Yapı Kontur Haritası
Appendix 2. Kaligrek Formation Structure Contour Map



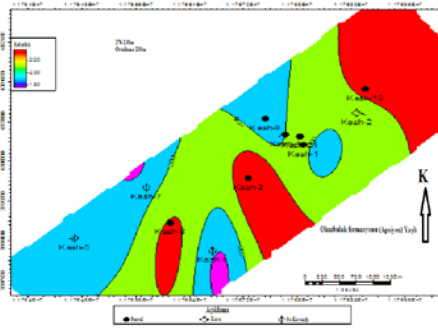
Ek 3. Okuzbulak Formasyonun Yapı Kontur Haritası
Appendix 3. Okuzbulak Formation Structure Contour Map



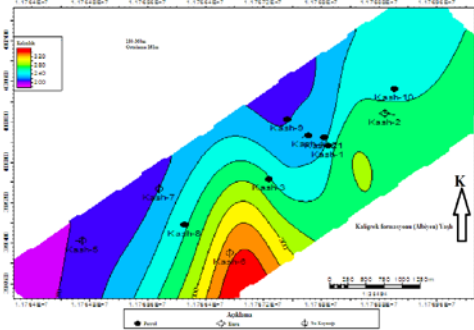
Ek 4. Barremiyen Fm. İzopak Haritası
Appendix 4. Isopach map of Barremiyen Fm.



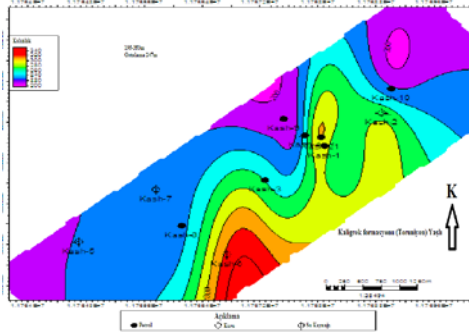
Ek 5. Kızıltaş Fm. İzopak Haritası
Appendix 5. Isopach map of Kızıltaş Fm.



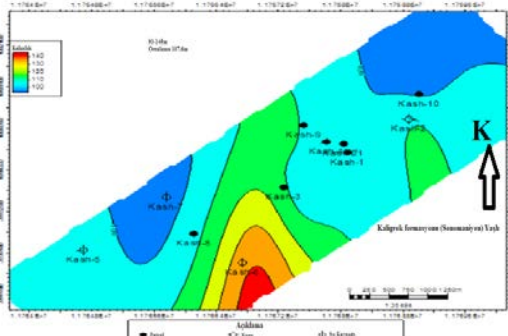
Ek 6. Okuzbulak Fm. İzopak Haritası
Appendix 6. Isopach Map of Okuzbulak Fm.



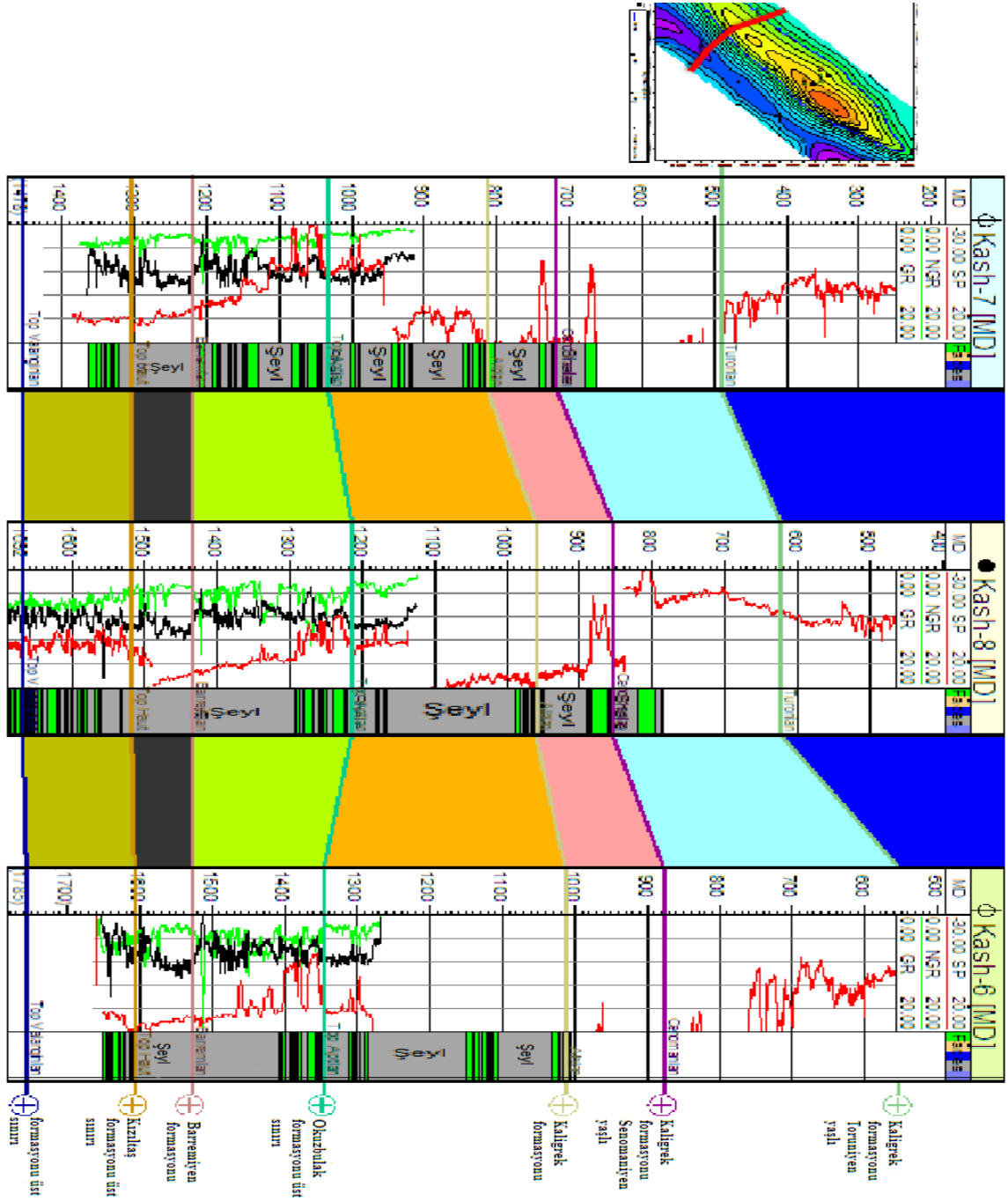
Ek 7. Kaligrek Fm. İzopak Haritası
Appendix 7. Isopach Map of Kaligrek Fm.



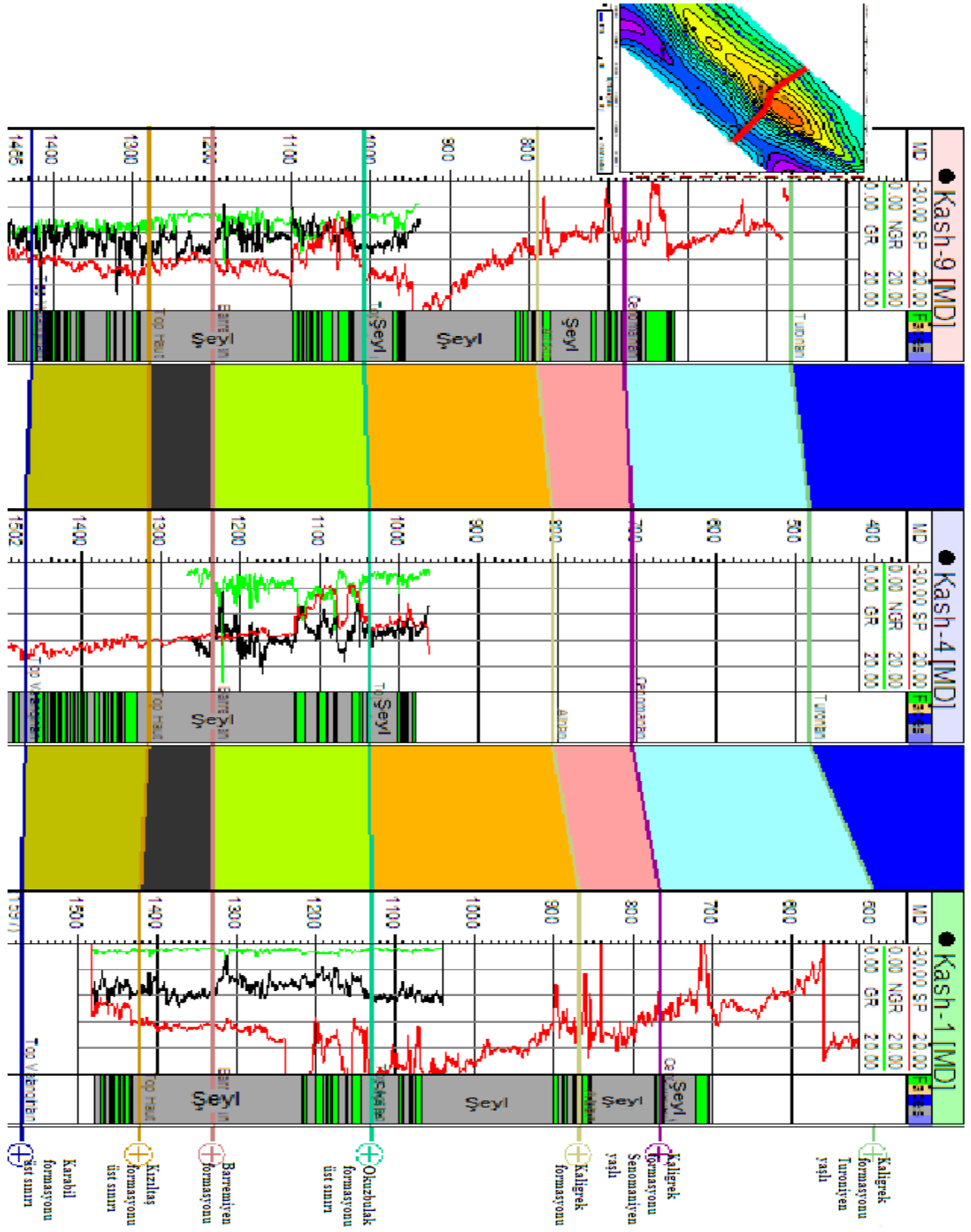
Ek 8. Kaligrek Turoniyen İzopak Haritası
App. 8. Isopach Map of Kaligrek(Turoniyen)



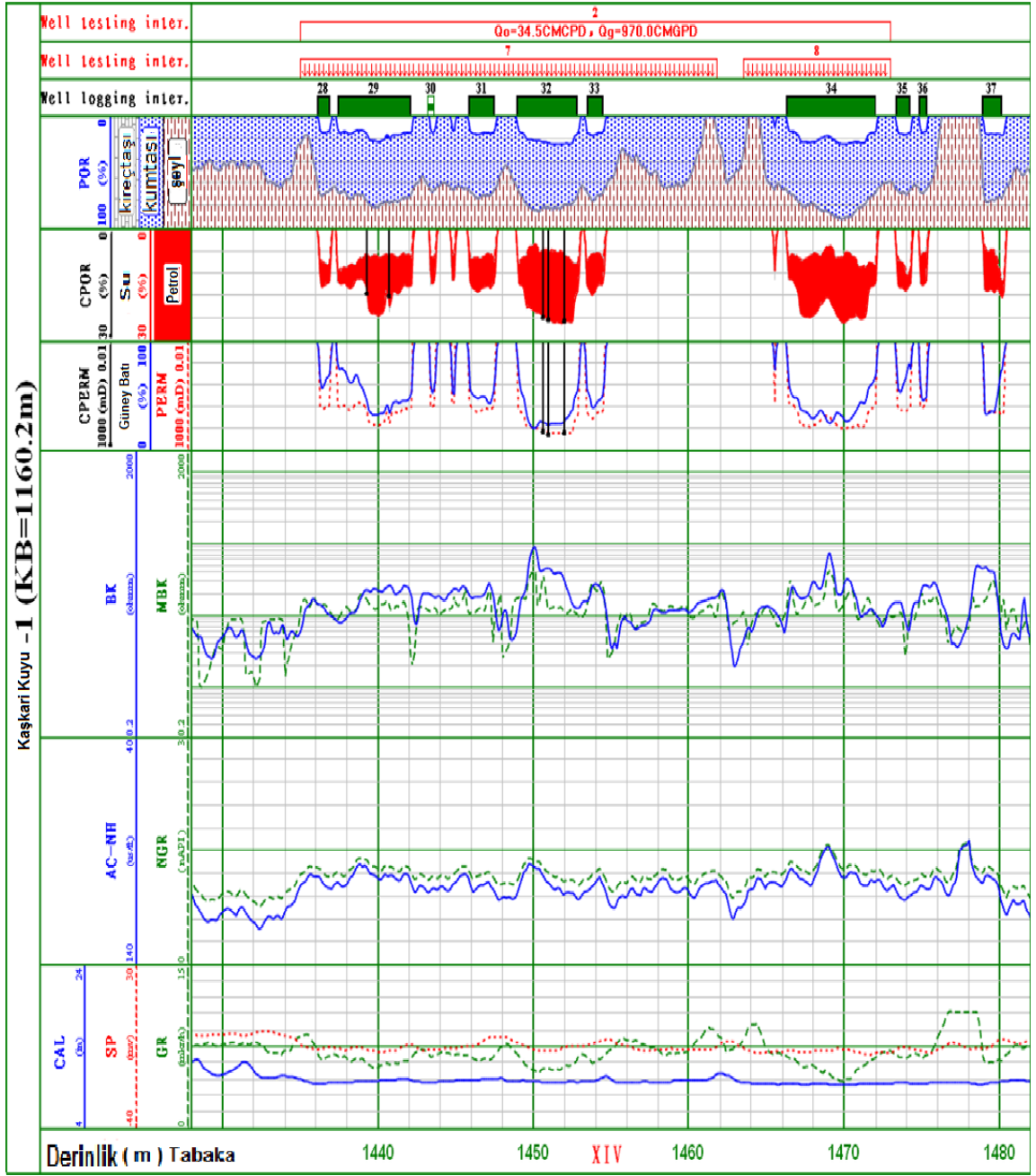
Ek 9. Kaligrek Senomaniyen İzopak Haritası
App. 9. Isopach Map of Kaligrek(Senomaniyen)



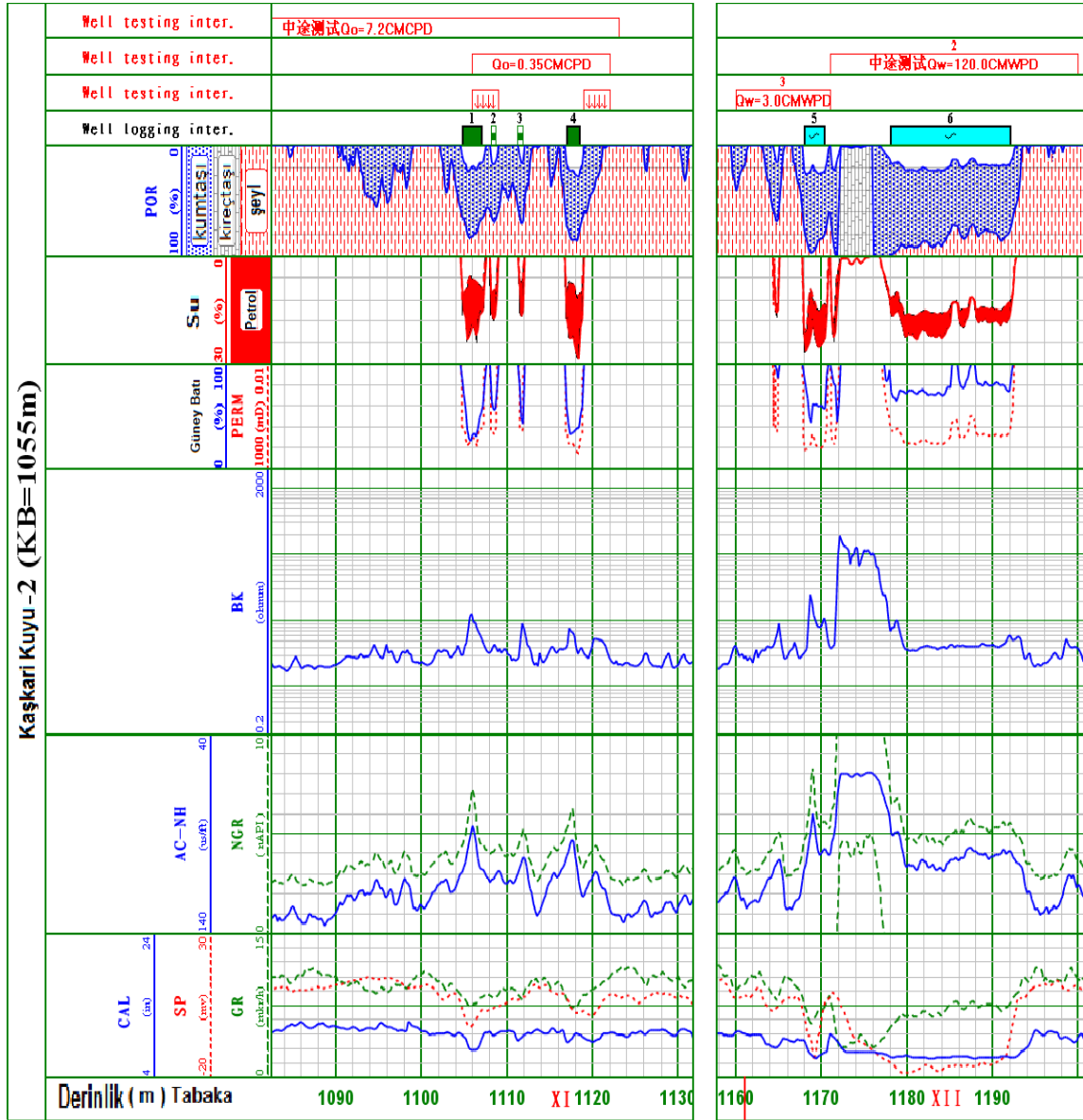
Ek 10. Kaşkari Petrol Havzasının Kuyu log değerleri
Appendix 10. Well logging of Kashkari Oil Basin



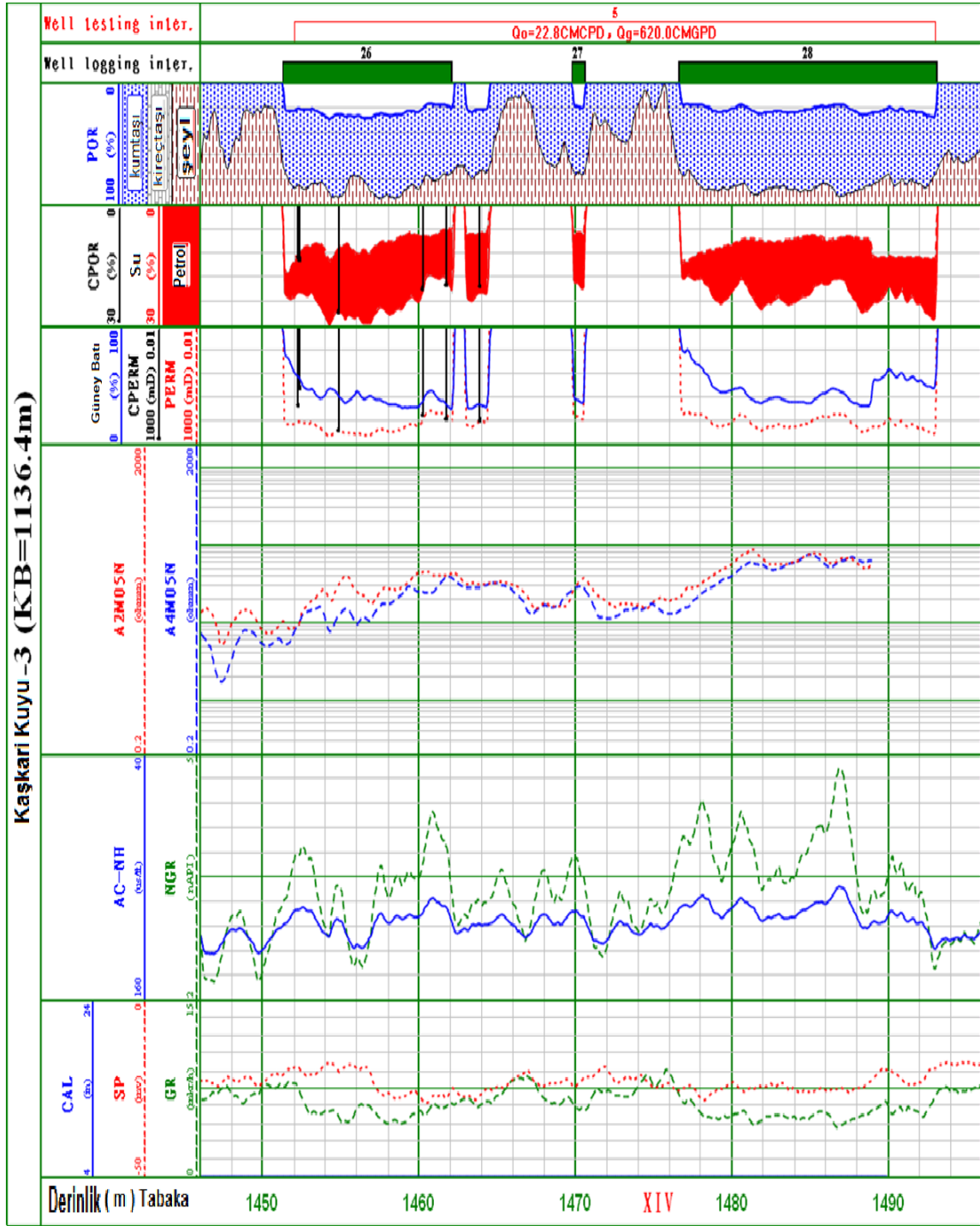
Ek 11. Kaşgari Petrol Havzasının Kuyu log değerleri
Appendix 11. Well logging of Kashgari Oil Basin



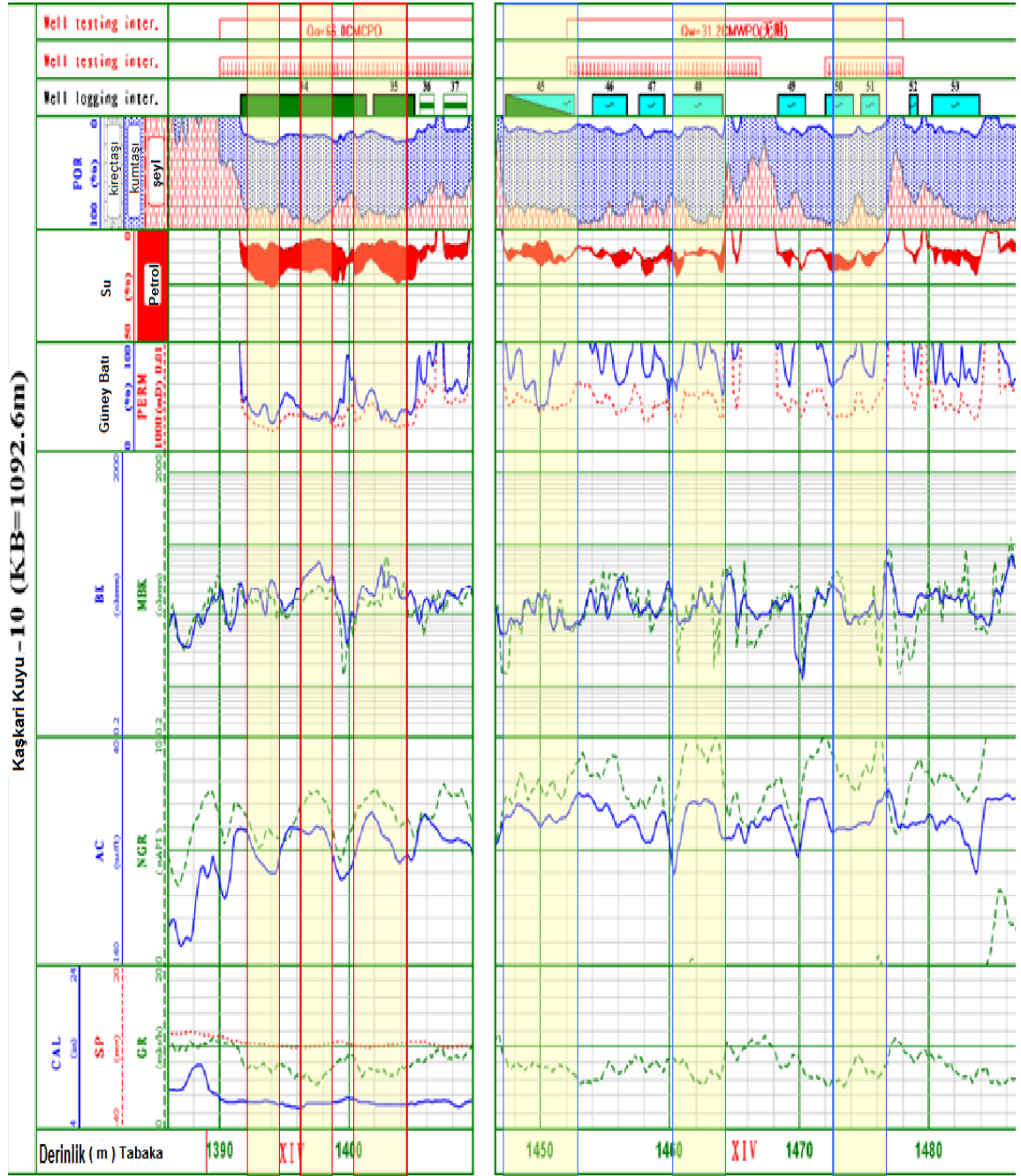
Ek 12. Kaşkari Petrol Havzasının Kuyu log Analizi
Appendix 12. Well logging analysis of Kashkari Oil Basin



Ek 13. Kaşkari Petrol Havzasının Kuyu log Analizi
Appendix 13. Well logging analysis of Kashkari Oil Basin



Ek 14. Kaşkari Petrol Havzasının Kuyu log Analizi
Appendix 14. Well logging analysis of Kashkari Oil Basin



Ek 15. Kaşkari Petrol Havzasının Kuyu log Analizi
Appendix 15. Well logging analysis of Kaşkari Oil Basin

UYGULAMALI YERBİLİMLERİ DERGİSİ YAZIM KURALLARI

Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi'ne gönderilecek yayınların daha önce herhangi bir ulusal yada uluslararası dergi, sempozyum, panel, kongre gibi etkinliklerde yayınlanmamış yada gönderilmemiş olması gerekmektedir. Dergideki yayınların birbirine yakın konularda olmamasına özen gösterilerek yerbilimlerinin uygulama alanlarının çeşitliliğini, gerekliliğini ve yeniliklerini kazandırmak amaçlanmıştır. Yazarlar yayını hazırlarken derginin yazım kurallarına uygun olarak hazırlamaları gerekmektedir. Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmayan yayınlar yazar ya da yazarlara iade edilebilir. Dergiye gönderilen yayınlar editör ile birlikte yayın kurulundaki bir veya birden fazla üyeyle incelendikten sonra kabulü veya reddi konusunda karar verilir.

DİL VE ANLATIM

Derginin yazım dili Türkçedir. Yayınlarda özlü anlatıma yer verilmeli ve dilbilgisi kurallarına uyulmalıdır. Türkçede karşılığı olmayan sözcükler için öneri yapılabilir, öneri yapılan kelimenin İngilizce karşılığı ilk kullanıldığı yerde parantez içerisinde verilmelidir. Örneğin; yukarı doğru sokulum (uplift) yapmaktadır.

Makale yazımında 3.tekil kişi anlatımı kullanılmalıdır. Örneğin; 20 noktada sismik kırılma çalışması, düşey elektrik sondajı (DES) ve mikrotremor çalışması yapılmıştır.

YAZIM TEKNİĞİ

Makale yazımında, Microsoft Office Word 2000 veya daha sonraki sürümleri kullanılmalıdır.

Yazılar A4 kağıt boyutunda üstten 4 cm, soldan 3 cm, sağdan ve alttan 2.5 cm kenar boşluğu olacak şekilde yerleştirilmelidir. Makale içinde Özet ve Abstract ana başlığı ve bunların metin yazılarının boyutları 9 punto, Türkçe ana başlık 12 punto, bunların dışında kalan bütün alt başlıklar ve metin yazılarının boyutları 11 punto büyüklüğünde olacak şekilde hazırlanmalıdır. Makale içindeki tüm yazılar için Times New Roman yazı tipi seçilmelidir.

Yazı içinde noktalama işaretlerinden (nokta, virgöl, noktalı virgöl, vb.) sonra, birim kısaltmalarından (cm, kg, m/s, vb.) önce ve sonra birer boşluk bırakılmalıdır.

Sayfa numaraları ilk sayfadan başlamak üzere 10 punto büyüklüğünde sayfa altında sayfayı ortalayacak biçimde yerleştirilmelidir.

BAŞLIK VE YAZAR ADI

Makalenin ana başlığı hem Türkçe hem de İngilizce olarak yazılmalıdır. Türkçe başlığın bütün harfleri büyük, kalın (bold), 12 punto büyüklüğünde ve sayfayı ortalayacak biçimde yerleştirilmelidir. İngilizce başlığın yalnızca ilk harfleri büyük, tümü kalın ve sayfayı ortalayacak biçimde düzenlenmelidir. Ancak İngilizce başlık içinde geçen a, an, and, by, for, in, on, of, with, where, vb. sözcükler tümüyle küçük harfle yazılmalıdır. Türkçe ve İngilizce başlık arasında 1 satır aralığı boşluk bırakılmalıdır.

İngilizce başlığın hemen altında yazar ya da yazar isimleri yer almalıdır. Yazar isimlerinin yalnızca ilk harfi, soy isimlerinin tümü büyük harfle, kalın ve sayfayı ortalayacak şekilde yazılmalıdır. İki yazar olması durumunda, yazarlar arasında ve bağlacı, ikiden fazla yazar olması durumunda son iki yazar arasında ve bağlacı yazılmalıdır. Yazar ya da yazarların soy isimlerinden sonra adreslerini belirtmek için dipnot işareti konulmalıdır. Tek yazar olması durumunda bu işaret asteriks (*),

birden fazla yazar olması durumunda 1, 2, 3,..... rakamları ile gösterilmelidir. Birden fazla yazarın adresleri aynı ise dipnot rakamları da aynı olmalıdır. Dipnot bölümünde yazar ya da yazarların adresleri varsa adres kısmından sonra e-mail adresleri 10 punto büyüklüğünde ve sayfanın iki yanına yaslanmış olarak yazılmalıdır.

İZMİT–SAPANCA KORİDORU BOYUNCA YER ARAŞTIRMASI

Soil Investigation Along the Izmit-Sapanca Corridor

Cengiz KURTULUŞ¹ ve Ali BOZKURT²

¹ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Bl. Umuttepe Yerleşkesi İZMİT-KOCAELİ.

e-mail: cengizk@kocaeli.edu.tr

² ABM Mühendislik, Araştırma Bilgi Merkezi, İZMİT-KOCAELİ.

e-mail: alibozkurt@abmjeo.com

ÖZET VE ABSTRACT

Özet ve Abstract çizgi kalınlığı 1nk olan bir çerçeve içerisinde yer almalıdır. Çerçevenin sağ ve sol kısımları, sayfanın sağ ve sol kısımları ile aynı hizada olmalıdır. Çerçeve içindeki yazılar arasında üstten ve alttan 0.5 cm, sağdan ve soldan 1 cm boşluk bırakılmalıdır. Çerçevenin üst kısmında önce özet kısmı yer almalıdır. Özetten ve Abstracttan sonraki yazılar arasında 1 satır boşluk bırakılmalıdır. Özet yazısının bitiminden sonra 2 satır boşluk bırakıldıktan sonra Abstract kısmı yer almalıdır. Özet ve Abstract başlıkları büyük harfle, kalın ve 9 punto büyüklüğünde olacak şekilde yazılmalıdır. Özet ve Abstract kısımları sayfanın iki yanına yaslanmış olarak yer almalıdır.

Özet ve Abstract kısımları kısa, öz ve birbirinden farklı olmamalıdır. Bunlar içerisinde bağlantı, kaynak verilmemelidir.

ÖZET

Bu çalışmada; çok kanallı sismik yansıma verileri kullanılarak Trakya'nın güneyinin aktif tektonizması incelenmiştir.

ABSTRACT

In the study, active tectonism in the southern of Thrace was investigated by means of multi-channel seismic reflection data.

GİRİŞ

Giriş başlığı sayfanın sol kısmına dayalı, büyük harfle, kalın ve 11 punto büyüklüğünde olmalıdır. Başlıktan sonra 1 satır boşluk bırakılarak yazıya başlanmalıdır. Giriş kısmında yayının amacı, nelerin neden yapıldığı, daha önceden konuyla ilgili doğrudan ya da dolaylı yoldan yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmelidir. Bu bölümünde kaynak ve bağlantı verilebilir. Ancak bu bölüm alt başlıklara ayrılmaz.

ANA BAŞLIKLAR VE ALT BAŞLIKLAR

Giriş kısmından sonra yayın, hakkında detaylı bilgi vermek için ana başlıklar ile alt başlıklara bölünür. Ana başlıklar büyük harfle, kalın, 11 punto büyüklüğünde ve sayfanın sol kısmına dayalı olarak yazılmalıdır. Ana başlıktan önce ve sonra bir satır boşluk bırakılmalıdır. Alt başlıkların sadece ilk harfleri büyük olacak şekilde kalın, 11 punto ve sayfanın sol kısmına dayalı olarak yazılmalıdır.

JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Sismik Kırılma Çalışması

PARAGRAF

Paragraflar 11 punto büyüklüğünde ve kalın olmamalıdır. Paragraflar içeri girinti yapılmadan, sayfanın iki yanına yaslanmış şekilde hazırlanmalıdır. Paragraflardan önce ve sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır.

KAYNAK GÖSTERME

Kaynak gösterme iki şekilde olabilir. Kaynak cümlelerin bir ögesi olarak gösterilecekse; **Önceki çalışmalara göre Haas (1968) tarafından Kurtköy Tabakaları, Kaya (1978) tarafından Kurtköy Arkoz Birimi olarak tanımlanan bu birim ilk kez Önalın (1982) tarafından Kurtköy Formasyonu olarak adlanmıştır.** şeklinde verilebilir. Kaynak cümlelerin ögesi değil de atıfta bulunulacaksa; **Son yıllarda jeofizik metotlar inşaat sektöründe zemin araştırmalarında (Klimis ve diğ.,1999; Luna ve Jadi, 2000; Othman, 2005; Savvaidis ve diğ., 1999; Soupios ve diğ., 2005; Venkateswara ve diğ., 2004) ve yapıların deprem karşısındaki davranışı ve hasarın önceden tahmini için (Delgado ve diğ., 2000a, 2000b; Ibs-von Seht M and Wohlenberg J, 1999; Parolai ve diğ., 2001, 2002; Delgado ve diğ., 2002) geniş bir şekilde kullanılmaktadır.** şeklinde verilebilir. Daha sonra kaynaklar kısmında bu atıf hakkında detaylı bilgi verilmelidir.

Kaynaklar içerisindeki yerli ve yabancı yazarları belirtirken **and** yerine **ve**, **et al.** yerine **ve diğ.** yazılmalıdır.

Yazar ya da yazarların benzer yayınları farklı tarihlerde olabilir, bunları bildirirken tarihler sırasıyla ve aralarında virgül olacak şekilde yazılmalıdır. Yazar ya da yazarların yayınları aynı yıl içerisinde olabileceği gibi, aynı dergide farklı yayınları da olabilir, bu durumda yıl yazıldıktan hemen sonra a, b, c,..... harfleriyle farklılık belirtilmelidir. Bunlara ilişkin örnek yukarıda verilmektedir.

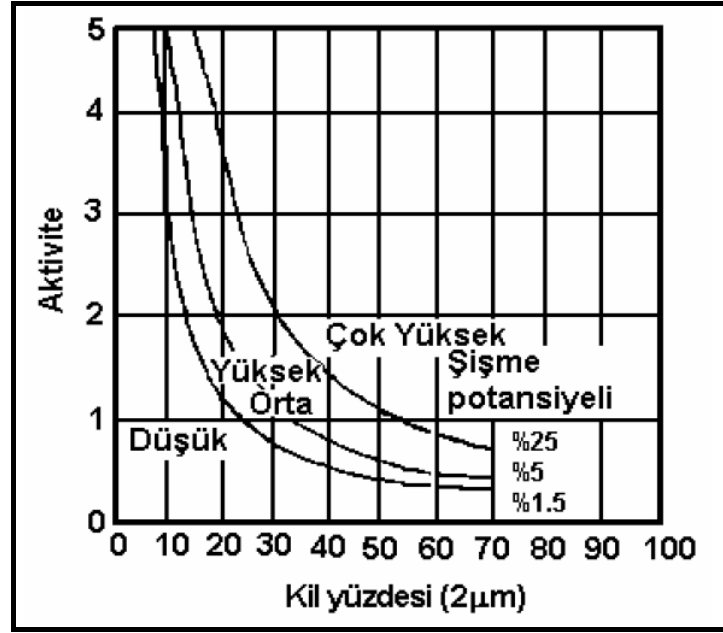
İnternet sayfasındaki bir kaynaktan yararlanılmışsa, internet sayfasının tam adresi verilmelidir. Kaynaklar kısmında da bu adres veya adresler en sona yazılmalıdır.

ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER

Şekil ve çizelge yazıları hem Türkçe hem de İngilizce olmalıdır. Yayın içerisindeki şekil ve çizelgeler sayfanın kenar boşluklarını aşmayacak biçimde ve sayfayı ortalayacak şekilde yerleştirilmelidir.

Şekiller metin içerisindeyse **Şekil 4**'te **şişme potansiyeli sınıflama grafiği verilmiştir**. biçiminde metnin sonunda ise **İnceleme alanı Tuzla, İstanbul kent merkezinde olup, asfalt yol ile ulaşım sağlanabilmektedir (Şekil 1)**. biçiminde olmalıdır.

Şekiller kalınlığı 1.5 nk olan bir çerçeve içerisinde yer almalıdır. Şekil alt yazıları şekil numarasını belirten kısım kalın, açıklayıcı kısım normal, 11 punto, yazım sınırları içerisinde iki yana yaslanmış olmalıdır. Şekil alt yazıları şekil çerçevesinden sonra 1 satır boşlukla başlamalı, Türkçe ve İngilizce alt yazıları arasında boşluk olmamalı ve İngilizce alt yazıdan sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır.



Şekil 4. Aktivite değerleri ve kil yüzdelere göre şişme potansiyeli (Seed ve diğ, 1962)

Figure 4. Swelling potential according to activity values and percentage of clays (Seed et al., 1962)

Çizelgeler metin içerisinde ise **İnceleme alanında yer alan birimler jeoteknik ve temel mühendisliği açısından değerlendirilmiş olup, Çizelge 4 te verilmiştir**. şeklinde, metnin sonunda ise **Kıvamlılık İndisi $I_c = 0.10-0.82$ değeri yeryüzündeki tabakaların “yumuşak - sert” kıvamda olduğunu belirtmektedir (Çizelge 5)**. şeklinde olmalıdır.

Çizelge üst yazıları metin sınırları içerisinde, çizelge numarasını gösteren kısım kalın, açıklayıcı kısım normal, 11 punto büyüklüğünde ve iki yana yaslanmış olmalıdır. Çizelge üst yazılarından önce ve sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır. Türkçe ve İngilizce üst yazılar arasında boşluk olmamalıdır.

Çizelgeden sonra 1 satır boşluk bırakılarak yazım işlemine devam edilmelidir.

Çizelge 5. Kohezyonlu zeminlerin kıvamlilik indisine göre sınıflandırılması
Table 5. Classification of cohesive soils according to consistency index

Kıvamlilik İndisi (Ic)	Sınıflama
< 0.05	Çok yumuşak
0.05-0.25	Yumuşak
0.25-0.75	Sıkı
0.75-1.00	Sert
>1.00	Çok sert

Çizelge ve şekil yazılarının bir satırdan fazla olması halinde, alt satıra gelecek olan yazıların, açıklayıcı kısmın başlangıcı ile aynı hizada olması gerekmektedir.

BAĞINTILAR

Metin içindeki matematiksel bağıntılar sola dayalı olarak yazılmalıdır. Bu bağıntılar parantez içerisinde sayfanın sağına dayalı olarak numaralandırılmalıdır. Bağıntılarda geçen simgeler bağıntıdan önce ya da sonra açıklanmalıdır. Bağıntı ile metnin öncesinde ve sonrasında 1 satır boşluk olmalıdır. Birbirini izleyen bağıntılar arasında boşluk olmamalıdır.

$$q_u = K_1 \times c \times N_c + D_f \times \gamma_1 \times N_q + K_2 \times \gamma_2 \times B \times N_\gamma \quad (1)$$

bağıntısından yararlanarak hesaplanır. Bu bağıntıda; q_u : Taşıma Gücü; c : Kohezyon; N_c , N_q , N_γ : Taşıma gücü katsayıları; D_f : Temel derinliği; B : Temel genişliği; γ_n :Birim hacim ağırlığı ve K_1 - K_2 : Temel şekline bağlı katsayılarıdır.

BİRİMLER

Metin içinde kullanılan birimlerin ve bu birimlerin kısaltmalarının SI ya da CGS birim sistemine uygun olmalıdır.

SONUÇLAR

Bu bölüm başlığı SONUÇLAR ya da TARTIŞMA VE SONUÇLAR şeklinde sola dayalı olarak, kalın ve 11 punto büyüklüğünde olmalıdır. Başlıktan sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır. Bu bölümde yayından elde edilen sonuçların yararlarından bahsedilmeli, buna benzer daha önceki yayınlarla kıyaslaması yapılmalı, daha sonra bu konuyla ilgili neler yapılabileceği konusunda önerilerde bulunulmalıdır. Bunlar maddeler halinde verilebileceği gibi paragraflar halinde de verilebilir.

KAYNAKLAR

Kaynaklar başlığı 11 punto, sola dayalı ve kalın olmalıdır. Başlıktan sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır. Metin içinde değinilen bütün yazarlar alfabetik sıraya göre aralarında 1 satır boşluk bırakılarak dizilmelidir.

Makalenin kaynak verilmesinde yazar soyadı, adının ilk harfi, yıl, makale adı, derginin adı, bağlı olduğu kuruluş, cilt numarası, sayısı ve sayfa aralığı sırasına uyulmalıdır.

Kitapların kaynak verilmesinde yazar soyadı, adın ilk harfı, yıl, kitabın adı, yayıncı sırasına uyulmalıdır. Kitap adının yazılımlında sözcüklerin ilk harfleri büyük harf olmalıdır. Tez, rapor ve benzeri yazılar için de aynı kural geçerlidir.

Makale, kitap, tez, rapor ve benzeri türden tüm yazılar için kaynak verilirken, bir yazarın soyadından sonra bir **boşluk** isminin ilk harfi **nokta virgül** yayının tarihi **nokta** düzenine uyulmalıdır.

KAYNAKLAR

DELGADO J., LOPEZ C. C., ESTEVEZ A., GİNER J., GUENCA A., and MOLİNA S., 2000a. Mapping soft soils in the Segura river valley (SE Spain): a case study of microtremors as an exploration tool, J. Appl. Geophys., 45, 19–32.

DELGADO J., LOPEZ C. C., GİNER J., ESTEVEZ A., CUENCA A., and MOLİNA S., 2000b. Microtremors as a geophysical exploration tool: applications and limitations, Pure Appl. Geophys., 157, 1445–62.

KURTULUŞ C., 2002. Sismik Arama Teori ve Uygulama, Kocaeli Üniversitesi Yayınları, Yayın No:55.

VAN DER MERVE DH., 1964. The prediction of heave from the plasticity index and percentage clay fraction, Trans SAICE, Vol. 6, No. 5, pp. 103-107.

YOĞURTÇU A. C., CANBAY M. M., ve KURTULUŞ C., 2005. Tekirdağ-Çerkezköy İlçesinde Yer Mühendislik Özelliklerinin Jeofizik Ölçümler, Jeolojik Gözlemler ve Jeoteknik Deneylele Belirlenmesi, Kocaeli Üniversitesi Yayınları, Cilt:5, Sayı:1, Sayfa:1-14.