



**Kısa Makale  
(Short Communication)**

## **Zemin Etüt Raporlarının Esaslara Uygunluğunun Değerlendirilmesi: Eskişehir Örneği**

**Ebru AKDENİZ\***, **Sunay MUTLU\***, **Yücel GÜNEY\***, **Volkan ÖZDEMİR\*\***  
\*Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, 26555 Eskişehir/TÜRKİYE  
\*\* AGM Mühendislik, Ltd. Şti., Ankara /TÜRKİYE  
[eebruakdeniz@gmail.com](mailto:eebruakdeniz@gmail.com)

### **Özet**

Zemin ve temel etütleri, zeminin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi için, yapı alanı ve çevresindeki zemin ve yeraltı suyu ile ilgili tüm verilerin toplanması ve değerlendirilmesi amacıyla esaslara uygun olarak yapılması gereken çalışmalardır. Bunların sonucunda, zemin iyileştirmenin gerekli olup olmadığı ve gerekli temel tipi belirlenmektedir. Bu çalışmada, zemin etüt raporlarının esaslara uygunluğu, arazi ve laboratuvar çalışmaları kapsamında değerlendirilmiştir. Eskişehir’de, 10 Ağustos 2005 tarihinden bu zamana kadar yapılmış olan 885 adet zemin etüt raporu, zemin etüt çalışmaları yapılırken uyulması gereken maddeleri içeren, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’nın 10 Ağustos 2005 tarihinde yayınladığı “Zemin ve Temel Etüdü Genel Formatı”na göre incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda, raporlarda belirli hatalar ve eksiklikler tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, günümüzde yapılan zemin etüt raporlarında hangi eksikliklerin ve hataların yapıldığı, bu eksiklikleri gidermek için ne gibi çalışmalar yapılması gerektiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Zemin Etüdü, Zeminin Mühendislik Özellikleri, Deprem

## **Evaluation of the Soil Investigation Reports in terms of Regulatory Compliance: Eskişehir Case**

### **Abstract**

In order to determine the engineering characteristics of the soil, soil and sub-surface investigations should be carried out in accordance with regulations that include both collecting and evaluating all the data related to the soil and the groundwater both in the construction site and its surroundings. As a result of the aforementioned efforts, the necessity of the soil improvement and the proper type of the foundation should be determined. In this study, the consistency of the soil investigation reports with regulations have been evaluated within the scope of the land and laboratory studies. 885 soil investigation reports, which have been prepared since 10 August 2005 in Eskişehir, were examined according to the “General Format of the Soil and Sub-surface Investigations”, published by the Ministry of Public Works and Settlement on 10 August 2005 which includes the operational requirements to be followed during the soil investigation studies. In consequence of these examinations, certain errors and deficiencies were detected in the reports. As a result of the study, the deficiencies and the mistakes that were observed in recent soil investigation reports have been identified and what precautions should be taken to overcome such deficiencies have been determined.

**Keywords :** Soil Investigation, Engineering Properties of Soil, Earthquake.

*Bu makaleye atf yapmak için*

*Akdeniz E., Mutlu S., Güney Y., Özdemir V \*\*, “Zemin Etüt Raporlarının Esaslara Uygunluğunun Değerlendirilmesi: Eskişehir Örneği” Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi 2012, 8(2) 26-37*

*How to cite this article*

*Akdeniz E., Mutlu S., Güney Y., Özdemir V \*\*, “Evaluation of The Soil Investigation Reports in terms of Regulatory Compliance: Eskişehir Case” Electronic Journal of Construction Technologies, 2012, 8 (2) 26-37*

## 1. GİRİŞ

Türkiye, jeolojik konumu nedeniyle bir deprem ülkesidir. Depremler sonucu oluşan yapısal hasara etki eden faktörler, deprem, yerel zemin ve yapı özellikleri olarak üç grup altında tanımlanabilir [1]. Depremlerde hasarı etkileyen faktörlerden yerel zemin koşulları kapsamında, zemin tabakalarının cinsi, kalınlığı, yeraltı su seviyesi gibi özelliklerinin kısa mesafeler içinde çok değişebilmesi, farklı bölgelerde inşa edilmiş aynı tip yapılarda farklı derecelerde hasar oluşmasına neden olmaktadır [2]. Deprem tehlikesi azaltma çalışmalarında bilim adamları, deprem ağır hasarlarının, en fazla yerel zemin koşullarının deprem etkisini büyütmesinden kaynaklandığı sonucunu elde etmişlerdir [3].

Ülkemiz dünyanın en karmaşık jeolojik yapısına sahip ülkelerinden biridir. Karmaşık jeolojik yapıya ortamlarda deprem tehlikesi azaltma çalışmaları basit jeoloji özelliğine sahip yapılardan daha detaylı etüt çalışmalarını gerektirir [3].

Zemin incelemesinin tutarı, inşaat işinin toplam maliyetinin %0,1-%2'si arasında değişebilir. Böyle bir maliyetten kaçmak, gerek inşaat sırasında, gerekse inşaat bittikten sonra bazı üzücü durumların ortaya çıkmasına neden olabilir. Bunlar, temel kazısı ile farklı zemin durumlarının ortaya çıkarak, temel projesinin veya tüm projenin yeniden yapılması (gecikme, maliyet artışı), inşaat bittikten sonra ise inşaatın zemin koşulları nedeniyle kısmen veya tamamen hasar görmesi olabilir. Bu durumları önlemek, bir inşaat işi için önce yeterli zemin incelemesinin yapılması ve sonuçların anlaşılır bir biçimde zemin etüt raporu ile sunulması ile olanaklıdır [4].

Zemin ve temel etütlerinin, zemin ve yapı etkileşimi göz önüne alınarak, temel tasarımı için gerekli olabilecek her türlü bilgiyi kapsayacak şekilde yapılmış olması, temel ve kazı sistemlerinin doğru olarak projelendirilmesi ve yapım sırasında karşılaşılabilecek çeşitli zemin problemlerine önceden çözümler getirilmiş olması gerekmektedir [5]. 17 Ağustos 1999 depreminden sonra bu konunun önemi anlaşılmalı, yerleşim alanları kullanıma açılmadan önce parsel bazında zemin etüt çalışmalarının yapılması zorunlu hale getirilmiştir. Zemin etüt çalışmalarının yapılmaması, eksik veya hatalı yapılması yapı güvenliği açısından sakıncalı sonuçlar doğurabilir. Bu sakıncaları ortadan kaldırmak için, zeminin mühendislik özelliklerinin ve temel ön tasarımının belirlenmesi kapsamında yazılan zemin etüt raporlarının doğru ve standartlara uygun bir şekilde yapılması gerekmektedir.

Afet zararlarını azaltma çalışmalarına bu zamana kadar ilgisiz kaldığı için %98'i deprem bölgesi olan ülkemiz, bu konuda en çok can ve mal kaybına uğrayan ülkeler arasında yer almaktadır [3]. Bu kayıpları azaltabilmek için, yapı ve çevresine ait zeminin mühendislik özelliklerini doğru ve standartlara uygun bir şekilde belirleyerek, zemin problemlerine çözüm getirmek ve bu problemleri göz önüne alınarak yapıları tasarlamak gerekmektedir. Bu nedenle afet zararlarının azaltılması amacıyla günümüzde yapılan zemin etüt raporlarının güvenilirliği birinci derecede önemlidir. Bu çalışmada, günümüzde yapılan zemin etüt raporlarının esaslara uygunluğu değerlendirilerek, bu raporların daha doğru ve güvenilir olması için hangi ek çalışmalarla desteklenmesi gerekliliği ve alınması gereken önlemler belirlenmiştir.

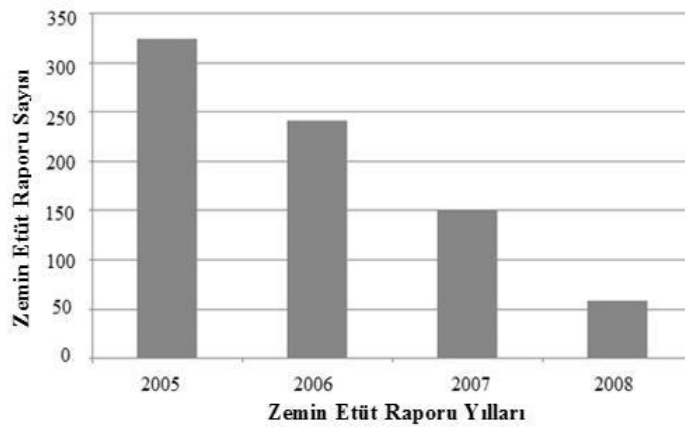
## 2. MATERYAL

### 2.1. Zemin Etüt Raporu Uygulamaları

Günümüzde zemin etüt raporları hazırlanırken uyulması gereken format, 10 Ağustos 2005'te Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yayınlanan "Zemin ve Temel Etüdü Genel Formatı"dır. 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" formatına ilişkin hükümler belirtilmekte olup, raporu hazırlayacak kişi/kuruluşlara yol göstererek yeterli ve kabul edilebilir belirlemelere dayalı raporlar bu formata göre düzenlenecektir. Zemin ve Temel Etüdü Raporu, genel anlamda beş bölümden oluşmaktadır. Genel Bilgiler başlığı altındaki birinci bölümde, mevcut yerel

zeminin mekanik ve fiziksel özellikleri ile Jeolojik koşullara ait verilere ilişkin bilgilere yer vermeli, Arazi Araştırmaları-Deneyler, Laboratuvar Deneyleri-Analizler başlığı altında ikinci ve üçüncü bölümlerde, tasarım için seçilen zemin parametreleri ve yapılan çalışmalar literatüre atıfta bulunarak güncel bilimsel yöntemlere göre açıklanmalı, Mühendislik Analizleri ve Değerlendirmeler başlığı altındaki dördüncü bölümde; temel tasarımına yönelik zemin parametreleri, sıvılaşma, oturma, şişme-büzülme, göçebilme, şev duraylılığı, temel çukurunda stabilite gibi muhtemel problemlerin mühendislik analizleri ile ortaya konmalı ve değerlendirmeli; Sonuç ve Öneriler başlığı altındaki beşinci bölümde ise, temel tasarımına ve inşaatına yön verecek öneriler ve uyarılar yer almalıdır [6].

Bu çalışmada 080240 No'lu Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında çeşitli kurum ve kuruluşlardan temin edilen verilerden yararlanılmıştır [7]. Çalışmada Eskişehir'de 2005 yılı ve sonraki yıllarda yapılmış olan toplam 885 adet Zemin Etüt Raporu incelenmiştir (şekil 1). Bu raporlar, Zemin ve Temel Etüdü Genel Formatı'nda yer alan maddeler göz önüne alınarak detaylı bir şekilde incelenmiştir [6].



şekil 1. Zemin Etüt Raporlarının Yılları ve Sayısı

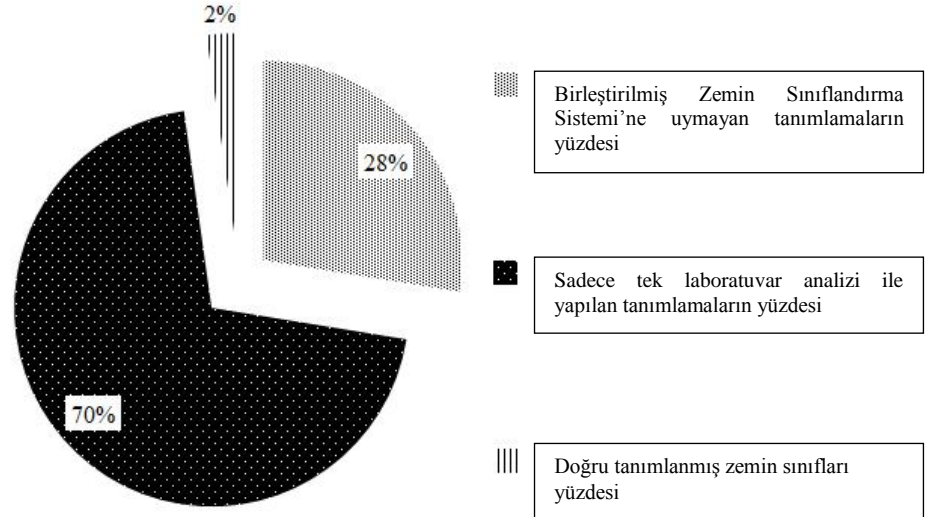
### 3. METOT

Bu çalışmada zemin etüt raporlarında yapılan hatalar, zemin sınıfı tanımlamaları, UD örselenmemiş numune alımı, Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre belirlenen zemin grubu ve yerel zemin sınıfı tanımlamaları, sıvılaşma risk analizi, oturma, şişme problemleri ve serbest basınç deneyi değerlendirmeleri başlıkları altında incelenmiştir.

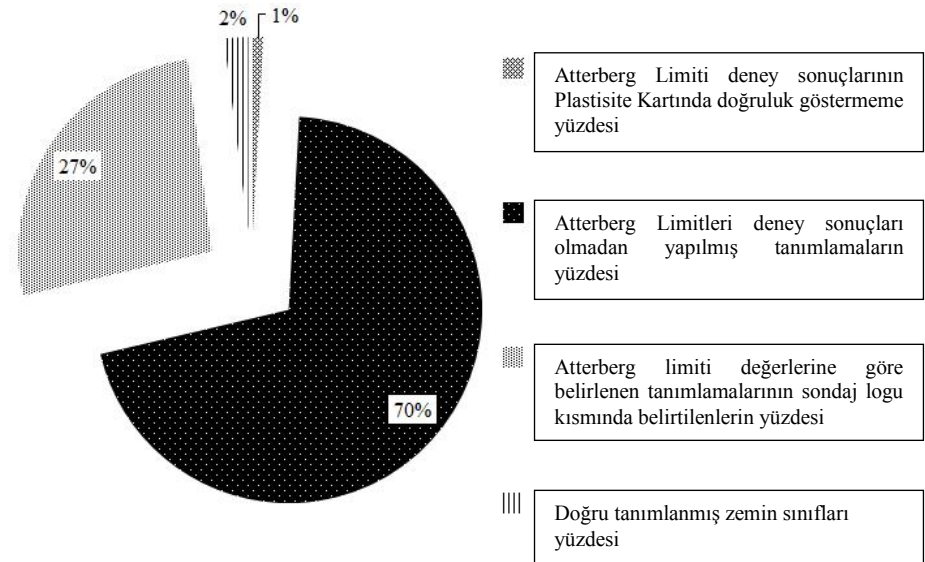
#### 3.1. Zemin Sınıflarının Tanımlanmasında Yapılan Hatalar

Zemin etüt çalışmaları kapsamında, arazide çeşitli yöntemler kullanılarak örselenmiş ve örselenmemiş numune alımı gerçekteşmektedir. Bu yöntemlerin başında sondaj çalışmaları gelmektedir. Arazi çalışmaları sonucu alınan örselenmemiş numunelere çeşitli laboratuvar deneyleri uygulanarak zemin özellikleri belirlenmektedir. Bu zemin özellikleri, Kıvam (Atterberg) limitleri, elek analizi, hidrometre deneyleri aracılığı ile zemin sınıfının tespiti, zeminin birim hacim ağırlığı, rölatif sıklılığı, su muhtevasının belirlenmesi gibi aşamalardan oluşmaktadır. Türkiye'de zemin etüt raporlarında zemin sınıfının belirlenmesi için Atterberg limiti ve elek analizi deneyleri sonuçları, Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS), TS 1900-1/2006, TS 1900-2/2006 ve TS1500/2000'e göre değerlendirilerek zemin sınıflandırılması yapılabilmektedir. USCS'de; Atterberg Limiti değerleri Plastisite Kartına göre, elek analizi değerleri ise elekten geçen yüzde miktarlarına bağlı olarak ince ve iri olarak tanımlanabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında incelenen 885 adet zemin etüdü raporunda, laboratuvar deney sonuçları kısmındaki zemin sınıfı değerlerinde belirli hatalar ve eksiklikler belirlenmiştir. Bu hatalar USCS ve Atterberg deney sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. USCS'e göre yapılan değerlendirmede, USCS'e uymayan tanımlamalar, 10 m'lik sondaj için sadece tek laboratuvar analizi ile yapılan tanımlamalar ve doğru tanımlanmış zemin sınıfları belirlenmiştir. Atterberg deney sonuçlarına göre yapılan değerlendirmede, Atterberg Limiti deney sonuçlarının Plastisite Kartında doğruluk göstermemesi, Atterberg deney sonuçları olmadan yapılmış tanımlamalar, Atterberg limiti değerlerine göre belirlenen tanımlamalarının sondaj logu kısmında belirtilmesi ve doğru tanımlanmış zemin sınıfları belirlenmiştir. Zemin etüt raporlarının detaylı incelenmesi sonucunda zemin sınıfı tanımlamalarındaki hata ve eksikler % olarak belirlenmiştir (Şekil 2, 3). Bu incelemelerde raporların sadece %2'lik kısmının zemin sınıfı tanımlamalarının tam olarak doğru yapıldığı tespit edilmiştir.



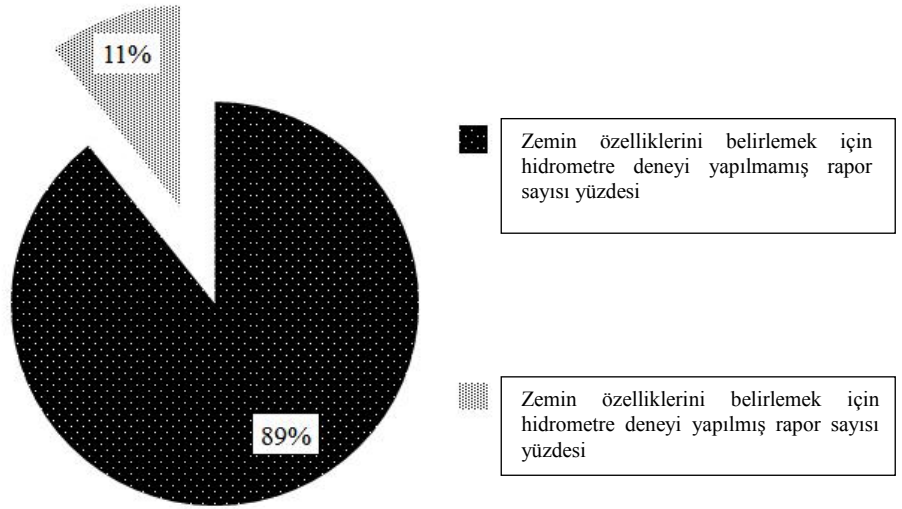
**Şekil 2.** Zemin etüt raporlarındaki zemin tanımlamalarının Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'ne göre değerlendirilmesi



**Şekil 3.** Zemin etüt raporlarındaki zemin tanımlamalarının Atterberg deney sonuçlarına göre değerlendirilmesi

Bu çalışmaların daha güvenilir sonuçlar vermesi için, zemin sınıfı tanımlamalarındaki hataları en aza indirmek amacıyla, özellikle ince taneli zeminlerin tanımlamalarının doğruluğunu kontrol etmek için hidrometre deneyi yapılmalıdır. Hidrometre deneyi, ince taneli zeminlerin (siltler, killer ve ince kumlar)

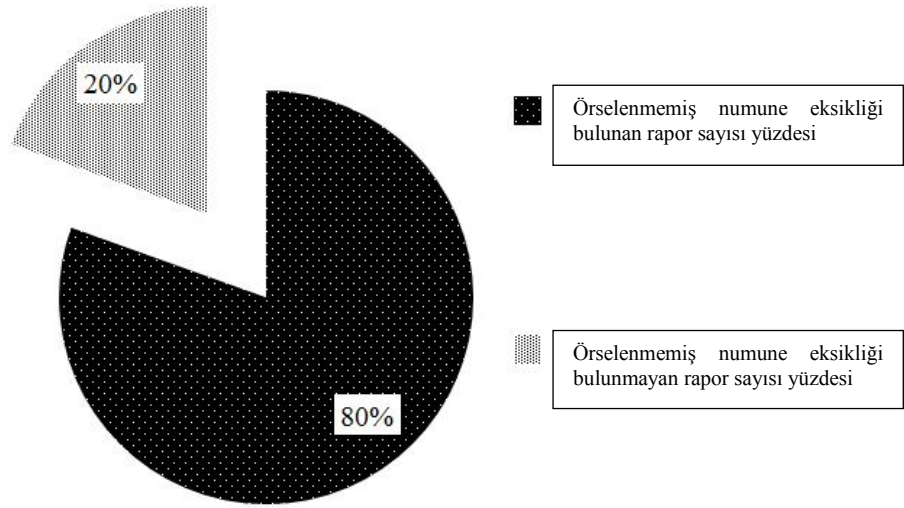
tane çapı dağılımını deneysel olarak saptamak için, bir süspansiyon içindeki küresel katı maddelerin okelme hızlarının onların tane çapına bağlı olarak değiştiğini gösteren deneydir [8]. Hidrometre deneyi, 200 nolu elek altındaki zemin dağılımını, ince kum, kil, silt gibi ayrımları yaparak belirleyebilmektedir. İnce kum ve silt miktarı sıvılaşma analizi için çok önemlidir. Ayrıca Atterberg Limiti deneylerinin yapılması zordur ve kişinin tecrübesine bağlı olarak daha doğru sonuçlar verebilen deneylerdir. Atterberg Limiti deney sonuçlarında hata olup olmadığı, hidrometre deneyi yardımıyla kontrol edilebilmektedir. Bu nedenle zemin sınıfı tanımlamalarında yapılan hataları en aza indirmek için hidrometre deneyi yapmak gereklidir. Zemin etüt raporları bu açıdan incelendiğinde; raporların %89'unda hidrometre deneyinin yapılmadığı tespit edilmiştir (şekil 4). Bu oran, zemin sınıfı tanımlamalarındaki hatayı onaylar niteliktedir. Hidrometre deneyi zahmetli ve vakit alan bir deney olduğu için, zemin etüt firmaları tarafından tercih edilmeyen bir deneydir.



şekil 4. Zemin etüt raporlarındaki hidrometre deney sonuçlarının değerlendirilmesi

### 3.2. UD (Tp) rselenmemiş Numunelerin Yetersizliği

Doğadaki zemin koşullarını gerçeğe daha yakın elde etmek ve zemin sınıflamasındaki hataları en aza indirmek için örselenmemiş numune alarak tanımlama yapmak daha doğru sonuçlar verebilmektedir. Konsolidasyon ve serbest basınç deneyleri örselenmemiş numunelerde yapılması gereken deneylerdir. Bu konuda Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nün 14 Mayıs 2005'te "Zemin-Temel Etütleri ve Zemin İyileştirme İşleri Hakkında Yönetmelik Taslağı n Raporu" adlı yayınındaki nerisi, bu zemin sınıfı hatalarını azaltabilme anlamında doğru bir öneridir. "Yer altı suyu seviyesinin altında dane çapı dağılımı ve inceler oranının belirlenmesi önemlidir. Bu durumda Standart Penetrasyon Deneyi kaşığından yeterli numune elde edilemiyorsa, kohezyonlu zeminlerde ağzı numune yakalayıcı özel tüpler ile incesi yıkanmamış örselenmemiş numune alınmalıdır. Örneğin zemin profilinde temel altında ilk 4 m'de kohezyonlu tabaka var ise en az iki adet örselenmemiş numune alınmalıdır" [9]. Bu neri dikkate alınarak raporlar incelendiğinde; incelenen zemin etüt raporlarının %80'inde örselenmemiş numune eksikliği bulunmaktadır (şekil 5). Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)'inden alınan numune, örselenmiş numune olduğundan, sadece SPT numunesi ile zemin özelliklerini belirlemek, çok doğru sonuçlar vermemektedir.



Şekil 5. Zemin etüt raporlarındaki örselenmemiş numune sayılarının değerlendirilmesi

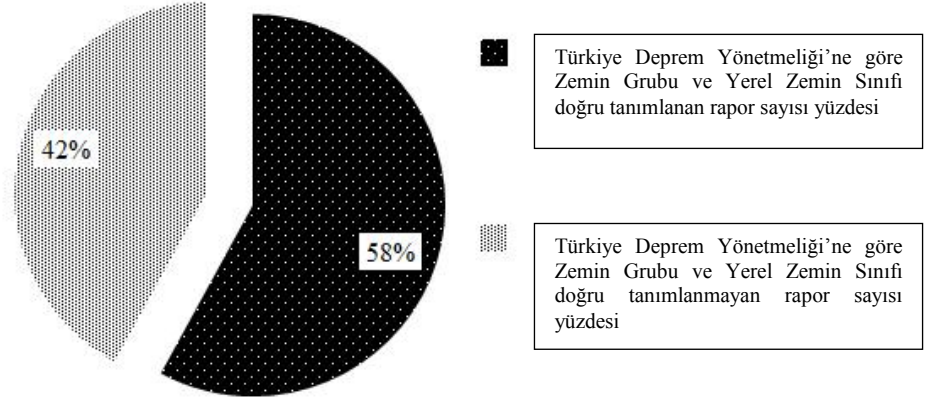
### 3.3. Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne Göre Belirlenen Zemin Grubu ve Yerel Zemin Sınıfı Tanımlamalarında Yapılan Hatalar

Arazide yapılan sondaj çalışmaları ve laboratuvarında belirlenen zemin özelliklerine bağlı olarak, zemin etüt raporlarının sonunda Türkiye Deprem Yönetmeliği (TDY)'ne göre yerel zemin sınıfı ve zemin grubu belirlenmektedir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliğin 6. bölümü, zemin grubu ve yerel zemin sınıfının belirlenmesinden bahsetmektedir. Bu bölümde zemin A, B, C ve D olarak dört gruba ayrılmaktadır. Bu grupların belirlenmesi arazi ve laboratuvar deney sonuçlarına dayanmaktadır. Zemin Grubu, arazi çalışmaları kapsamında yapılan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT N/30), sismik yöntemler kullanılarak belirlenen kayma dalgası hızı sonuçları kullanılarak belirlenmektedir. Laboratuvar deney çalışmaları kapsamında ise, kil ve kaya zeminlerde belirlenen serbest basınç direnci değerleri ve relatif sıkılık (%) değerleri kullanılmaktadır [10].

Zemin grubu belirlendikten sonra, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (Tablo 6.2.) göz önüne alınarak Z1, Z2, Z3 ve Z4 olarak yerel zemin sınıfları belirlenmektedir [10]. Bu belirlemeyi yapabilmek için ise, en üst zemin tabakasının kalınlığının bulunması gerekmektedir. Bu kalınlığın doğru bir şekilde bulunabilmesi, arazide yapılan sondaj çalışmalarının güvenilirliğine ve bu çalışmayı yapan mühendisin tecrübesine bağlıdır. Yapıların proje aşamasında zemin sınıflarında veya deprem bölgelerinin seçiminde yapılabilecek küçük hatalar, eşdeğer deprem yüklerinde değişikliklere sebep olmaktadır [11]. Bu nedenle, zemin etüt raporlarında verilen zemin grubu ve yerel zemin sınıfı değerlerinin doğru ve güvenilir olması, depreme dayanıklı yapı tasarımı için çok önemlidir.

Raporlar bu kapsamda değerlendirildiğinde, Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre belirlenen Zemin Grubu ve Yerel Zemin Sınıfları tanımlamalarının incelenen zemin etüt raporlarının %42'sinde hatalı tanımlandığı tespit edilmiştir (Şekil 6).



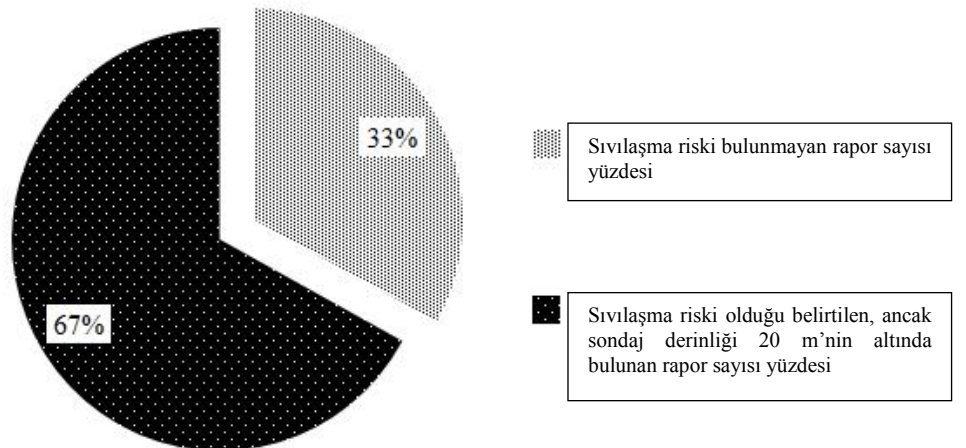


**Şekil 6.** Zemin etüt raporlarındaki Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre belirlenen zemin grubu ve yerel zemin sınıfı tanımlamalarının değerlendirilmesi

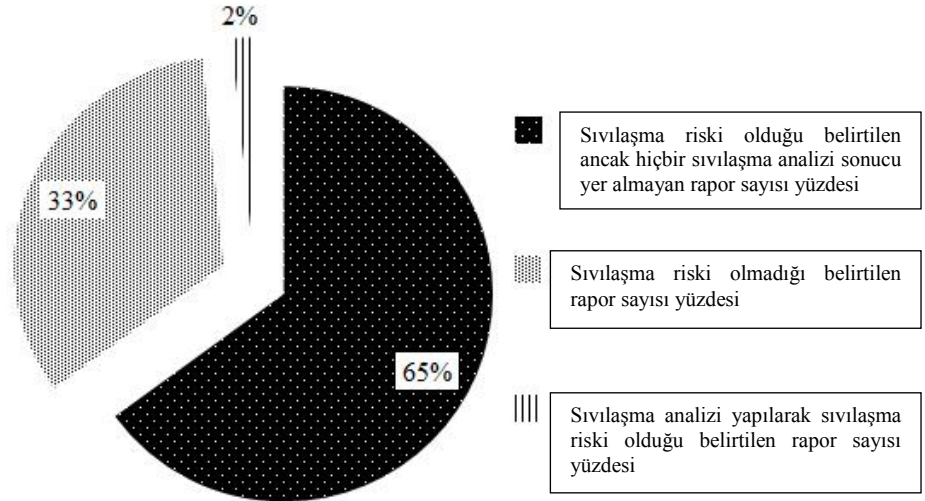
### 3.4. Sıvılaşma Riski Değerlendirmeleri

Sıvılaşma, deprem kökenli devirsel kayma gerilmelerine maruz kohezyonsuz zeminlerde hızlı kayma mukavemeti kaybıdır. Bazen kayma dayanımı neredeyse tamamen kaybolurken (sıfıra düşerken), bazen de normalden daha düşük değere iner [12]. Bu gibi durumlar yaşanması durumunda, sıvılaşma yapılar üzerinde büyük hasarlara neden olmaktadır.

Depremler sırasında suya doygun gevşek yerleşimli kum ve düşük plastisiteli yumuşak siltlerde sıvılaşma gözlenirken plastik silt ve killerde deprem sonrası statik mukavemetlerinde azalmalar (taşınma gücü kaybı) meydana gelmektedir [12]. Eskişehir kent merkezinde yer altı suyu seviyesinin yüksek olması, genel olarak siltli ve kumlu zeminlerin yayılım göstermesi gibi etkenler, sıvılaşma riskinin olduğunu göstermektedir. 10 Ağustos 2005'te Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yayınlanan "Zemin ve Temel Etüdü Genel Formatı"nda Sondaj Kuyuları başlığı altında, "1. ve 2. Derece deprem bölgelerinde, sıvılaşma açısından sondaj derinliği 20 m'den az olmamalıdır" ibaresi yer almaktadır [6]. Eskişehir, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre 2. Derece deprem bölgesi olmasına bağlı olarak raporlar incelendiğinde; raporların %67'sinde sıvılaşma riskinin bulunduğu yazmakta, ancak sondaj derinliği 20 m'nin altında olmaktadır. Bu nedenle incelenen raporların %67'si formattaki bu ibareyi sağlamamaktadır (Şekil 7). Ayrıca sıvılaşma riski olduğu belirtilen raporların sadece %2'lik kısmında sıvılaşma analiz sonuçları yer almaktadır (Şekil 8).



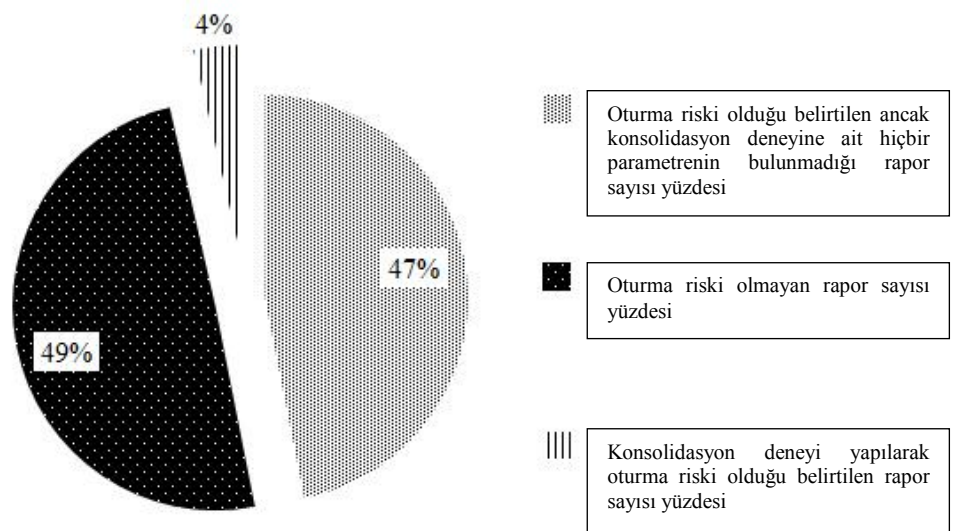
**Şekil 7.** Zemin etüt raporlarındaki sıvılaşma riskine göre belirtilen sondaj derinliklerinin değerlendirilmesi



Şekil 8. Zemin etüt raporlarındaki sıvılaşma riski sonuçlarının değerlendirilmesi

### 3.5. Oturma Problemi Değerlendirmeleri

Bir zemin çökeli, bir yapı veya dolgu ile yüklemeye maruz kaldığı zaman deformasyonlar oluşur. Yüzeyde, yüklemeye kaynaklanan toplam düşey deformasyona oturma denir [13]. Oturma problemi, genellikle ince taneli doymuş zeminlerde meydana gelmekte ve konsolidasyon deneyi yapılarak deformasyonlar belirlenmektedir. Çalışmada oturma riski konusunda raporlar incelendiğinde, %51'inde oturma riski olduğu, fakat oturma miktarını belirlemek için yapılan konsolidasyon deneyine ait hiçbir parametre bulunmadığı tespit edilmiştir. Raporların sadece %4'ünde konsolidasyon deneyi yapılarak oturma riski değerlendirilmesi yapıldığı tespit edilmiştir (Şekil 9).

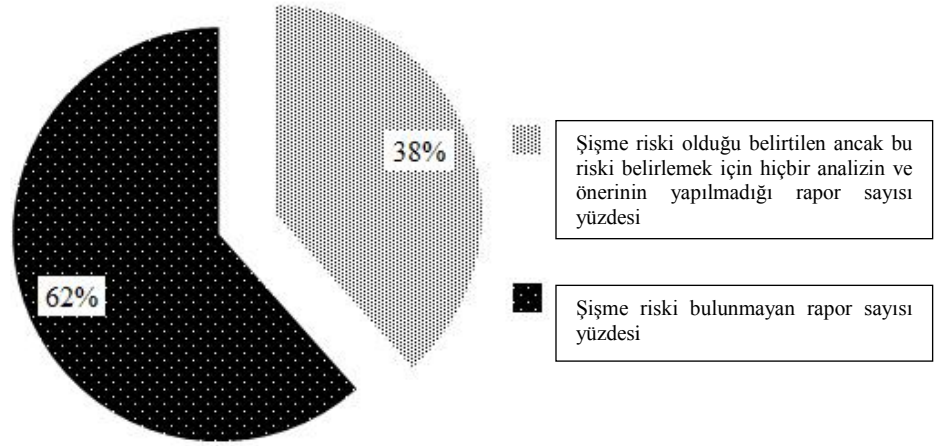


Şekil 9. Zemin etüt raporlarındaki oturma riski sonuçlarının değerlendirilmesi



### 3.6. Şişme Problemi Değerlendirmeleri

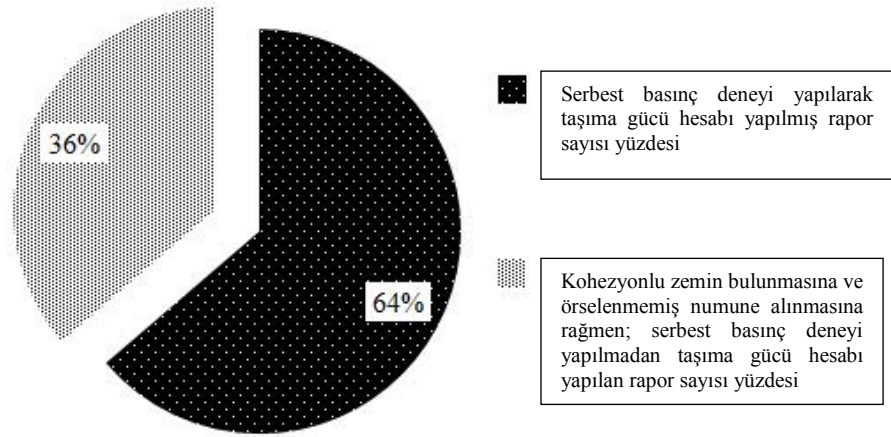
Yol kaplaması veya yapılar genellikle zeminde kuru iken inşa edilmektedir. Yapının zemini bu Şekilde örtmesiyle, zeminde daha fazla buharlaŐma meydana gelmez ve kılcallığa bağlı olarak zeminin su içeriği giderek artar. Bunun sonucunda da Şişme meydana gelir [13]. Genellikle kil zeminler Şişme özelliğine sahip zeminlerdir. Bu kapsamda incelenen zemin etüt raporlarının % 38'inde Şişme riski olduğu belirtilmiş, ancak bu raporlarda Şişme deneyinin yapıldığına dair hiçbir parametre bulunamamıŐtır (Şekil 10).



Şekil 10. Zemin etüt raporlarındaki Şişme riski sonuçlarının değerlendirilmesi

### 3.7. Serbest Basınç Deneyi Değerlendirmeleri

Serbest basınç deneyi, kohezyonlu ve örselenmemiş numuneler üzerinde serbest basınç mukavemetini belirlemek için yapılan bir deneydir. Serbest basınç mukavemeti ( $q_u$ ) değeri, zemin etüt ęalıŐmalarında taşıma gücü hesaplarında kullanılması nedeniyle önemlidir. Bu nedenle, zemin etüt ęalıŐmalarında özellikle kohezyonlu zeminlerde serbest basınç deneyi yapılarak, taşıma gücü hesaplanmalıdır. Ancak, incelenen zemin etüt raporlarında, özellikle kohezyonlu zeminlerin bulunduğu raporların % 36'sında serbest basınç deneyi yapılmadan, SPT-N değerine bağlı olarak bulunan ampirik formüller yardımıyla taşıma gücü hesabı yapılmıŐtır (Şekil 11). Bu ampirik formüllerle bulunan taşıma gücü hesabı geręeęi yansıtmamaktadır.



Şekil 11. Zemin etüt raporlarındaki serbest basınç deneyi sonuçlarının değerlendirmeleri

#### 4. TARTIŞMA

Zemin Sınıfı tanımlamalarının sadece %2'lik kısmının tam olarak doğru olması, zemin etüt raporlarında verilen zemin sınıfı değerlerinin güvenilirliği konusunda şüphe uyandırmaktadır. Zemin Sınıfı tanımlamalarındaki hatayı azaltabilmek için hidrometre deneyi yapmak gereklidir. Hidrometre Deneyi yaparak, Atterberg Limiti ve elek analizi deneyi yardımıyla bulunan zemin sınıfı tanımlamalarının doğruluğu kontrol edilebilir.

İlk 4 m'si kohezyonlu zemin olan raporların %80'inde, 2 adet in altında tıp numune olarak, zemin özelliklerinin belirlendiği tespit edilmiştir. Özellikle kohezyonlu zeminlerde örselenmemiş numune olarak tıp numune eksikliği giderilirse, zemin sınıflamasındaki hata oranı azalabilir.

Sıvılaşma, deprem sonucunda yapılarda büyük hasarlara neden olabilen bir zemin problemidir. Sıvılaşmadan kaynaklanacak hasarı en aza indirebilmek için, dinamik analiz yapılabilmesi gerekmektedir. Dinamik analiz yapılabilmesi için ise, sondaj derinliğinin en az 20 m olması gerekmektedir. Daha sonra analiz programları veya belirli ampirik hesaplamalar yardımıyla sıvılaşma analizi yapılması ve sıvılaşma riskinin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Zemin etüt raporlarında, laboratuvar çalışmaları kapsamında belirlenen zemin özelliklerine ve arazide yapılan sondaj çalışmalarına bağlı olarak, statik projelerde kullanılmak üzere zemin grubu ve yerel zemin sınıfı tanımlamaları yapılmaktadır. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı tasarımı için, zemin özelliklerinin doğru ve güvenilir olması büyük önem arz etmektedir. Ancak incelenen raporların %42'sinde bu tanımlamaların hatalı olduğu tespit edilmiştir. Yerel zemin sınıfı olarak tanımlanan Z4 türü zeminlere iyileştirme önerisinde bulunma gerekliliği, firmaların maliyet kaybı korkusunu güçlendirmekte, bu da zemin etüt çalışmaları kapsamında belirlenen yerel zemin sınıfı tanımlamalarında hata miktarını arttırmaktadır.

Oturma ve şişme gibi zemin problemleri de yapılarda hasara sebep olabilmektedir. Bu nedenle oturma ve şişme problemlerini deney yöntemleriyle değerlendirmek, problemlerli zeminlerde önlem almak gerekmektedir. Ancak çalışma kapsamında incelenen raporların %47'inde oturma probleminin olduğu belirtilmiş, fakat sadece %4'lük kısmında deney yapılarak oturma değerlerinin tespit edildiği belirlenmiştir. Raporların %38'inde şişme riski olduğu belirtilmiş, ancak bu raporlarda şişme deneyinin yapıldığına dair hiçbir parametre bulunmamaktadır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu alışmada, 10 Ağustos 2005 tarihi ve sonraki yıllarda yapılmış olan zemin etüt raporları Bayındırlık ve İşkan Bakanlığı tarafından yayınlanan “Zemin ve Temel Etüdü Genel Formatı” na göre incelenmiştir. Ülkemizde yapılan zemin etüt çalışmalarının bu formata göre yapılması gerekmektedir. Ancak zemin etüt raporları bu format göz önüne alınarak incelendiğinde, çoğunun bu formattaki maddelere uymadan yapıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, zemin ve temel etüt raporlarının daha doğru ve güvenilir yapılabilmesi için formattaki eksiklikler belirlenmiştir, bu eksiklikleri ortadan kaldırmak için önerilerde bulunulmuştur.

- Zemin Etüt raporlarında belirlenen ve statik projelere esas teşkil eden zemin özellikleri, bu konuda uzman mühendisler tarafından değerlendirilerek temel sistemi ve varsa alınması gereken önlemler belirlenmelidir.
- Güvenilir zemin etüdünün olmazsa olmazı sondajdır. Özdemir ve ark. Geoteknik raporların hazırlanmasında uygulanan sondaj çalışmalarının çoğunlukla mühendisiz veya deneyimsiz mühendisler tarafından yapıldığını ve denetlendiğini öne sürmüşlerdir [14]. Bu nedenle arazi kapsamında yapılan sondaj çalışmaları, bu konuda uzman mühendislerin öncülüğünde gerekli titizlikle ve gerektiği derinliğe kadar yapılmalıdır.
- Zemin Etüt alışmaları konusunda meslek odaları uygulamalı olarak kurs düzenlemeli ve bu konuda çalışan personele eğitim vermelidir. Bu konu üniversitelerde de ders kapsamında anlatılmalı, gerekirse zeminin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve zemin etüt çalışmalarının önemi konularını içeren derslerin saatleri müfredatta arttırılmalıdır.
- Bu alışma sonucunda belirlenen zemin etüt çalışmaları kapsamında yapılan hatalar ve eksiklikler göz önüne alınarak, zemin etütleri ile ilgili teknik şartname ve hesaplamalara esas yönetmelik hazırlanmalıdır. Şartname hazırlanırken meslek odalarından, piyasada standartlara uygun olarak çalışan zemin etüt firmalarından ve bu konuda çalışan uzman akademisyenlerden öneri alınmalıdır. Hazırlanan şartname, uygulanabilir kriterlere sahip ve anlaşılır olmalıdır. Maliyet arttırıcı, suistimale açık ve ihtiyaç duyulmayan yöntemlerden de kaçınılmalıdır.
- Zemin etüt çalışmaları sonucunda afet risk değerlendirilmesi yapılmakta ve temel ön tasarımı belirlenmektedir. Bu çalışmaların eksik veya hatalı yapılmasının büyük can ve ekonomik kayıplara neden olabileceği unutulmamalıdır. Bugüne kadar birçok büyük depremin gerçekleştiği ülkemizde, konunun önemi göz önüne alınarak, bu kapsamda yapılan çalışmaların güvenilirliğini arttırmak amacıyla gerekli önlemler alınmalıdır.
- Zemin etütleri, jeoloji, jeofizik ve geoteknik gibi disiplinler arası uzmanlık gerektiren çalışmalardır. Bu nedenle gelişmiş ülkelerdeki zemin etütleri, jeoloji-jeofizik-geoteknik gibi uzmanlık alanlarının uygulanması ile yapılmaktadır. Yer bilimleri ile uğraşan bu mühendislik alanlarının çalışma alanları ortak olmasına rağmen, uzmanlık alanları ve yöntemleri farklıdır. Bu üç uzmanlık alanından herhangi birinin eksik olması durumunda zemin etüdünün ve binanın güvenilirliği sakıncalı olmaktadır [3]. Sonuç olarak zemin etüdü çalışmalarının güvenilirliği arttırabilmek için, bu mühendislik dallarının ortak çalışması gerekmektedir.

## 6. TEŐEKKÜR

Bu alışma Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyonunca kabul edilen 080240 No’lu proje kapsamında desteklenmiştir.

**KAYNAKLAR**

1. Ansal, A. M., 1999, "17 Ağustos Kocaeli Depremi", Türkiye Mühendislik Haberleri 403-1999.5, 8-15.
2. İyisan, R., Ansal, A ve Kaya., N., 1997, "Sismik ve Mikrotremör Sonuçlarının Karşılaştırılması", Dördüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, ODTÜ, Ankara, sf. 96/103.
3. Keçeli, D.A., Temmuz 2009, "Uygulamalı Jeofizik", Ekim Ajans Matbaacılık, Ankara.
4. Alkaya, D. ve Yeşil, B., 2010, "Geoteknik Rapor Hazırlanmasında Spreadsheet (Ms Excel) Programı Kullanılarak Standart Çözüm Oluşturulması", 10. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Muğla Üniversitesi.
5. Ayyıldız, M., 2006, "Afyonkarahisar Zemin Etüt Bilgi Sistemi", Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
6. T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, 2005, "Bina ve Bina Türü Yapılar İçin Zemin ve Temel Etüdü Genel Formatı", Ankara.
7. Güney, Y., Ecevitoglu, B., Pekkan, E., Avdan, U., Tün, M., Kaplan, O., Mutlu, S., Akdeniz, E. ve...2013 (Devam Ediyor), "Eskişehir Yerleşim Yerinde, CBS Teknikleri Kullanılarak Geoteknik, Yapı ve Jeofizik Bilgi Sisteminin Oluşturulması", Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi.
8. Palalı, A., 2006, "Handere Kilinde Su İçeriği Değişimi ve Kompaksiyon Enerjisinin Mukavemete Olan Etkisi". Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
9. Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 2005, "Parsel Bazında Zemin-Temel Etüdüleri ve Zemin İyileştirme İşleri Hakkında Yönetmelik Taslağı Ön Raporu".
10. T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 2007, "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", Deprem Araştırma Dairesi, <http://www.deprem.gov.tr>.
11. Muratoğlu, Ö. ve Özkan Ö., 2005, "Zemin Sınıfları ve Deprem Bölgelerinin Bina Yatay Yüklere Etkisi", Deprem Sempozyumu, Kocaeli, sf 1097-1104.
12. Mollamahmutoğlu, M. ve Babuçcu, F., 2006. "Zeminlerde Sıvılaşma Analiz ve İyileştirme Yöntemleri", Gazi Kitapevi, Ankara.
13. Holtz, R. D. ve Kovacs, W. D., Kasım, 2002, "Geoteknik Mühendisliği'ne Giriş", Gazi Kitapevi, Ankara.
14. Özdemir, A., Ülgen, D. ve Özkan, M.Y., 2007, "Ülkemizde Yapılan Geoteknik Etüt Sondajları ile İlgili Bazı Değerlendirmeler", İnşaat Mühendisleri Odası 2. Geoteknik Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, s. 473-479.