

# ERZİNCAN KENTİNDE YEREL ZEMİN KOŞULLARI

## LOCAL SOIL CONDITIONS IN ERZINCAN

Ayfer Erken<sup>1</sup>, Atilla Ansal<sup>2</sup>, Hüseyin Yıldırım<sup>1</sup>, Remzi Ülker<sup>2</sup>

### SUMMARY

The city of Erzincan is located on seismically very active zone and has lived thorough many catastrophic earthquakes in the past. The last major earthquake in March 13, 1992 has caused excessive damage. In order to study the influence of soil conditions on structural damage, an extensive soil exploration programme has been conducted in Erzincan City. The investigation has shown that soil conditions in the city has very heterogeneous characteristics. The soil stratification consists of layers of silty, clayey sands and silty, sandy gravels. It was observed that structural damage of reinforced buildings is very high in ceratin areas underlain by loose silty sand or sandy silt layers.

### ÖZET

Depremselliği çok yüksek olan bir bölgede yer alan Erzincan geçmişinde bir çok şiddetli depreme sahne olmuştur. En son 13 Mart, 1993 tarihinde olan deprem şehirde önemli bir yapısal hasarın meydana gelmesine neden olmuştur. Yapısal hasar üzerinde yerel zemin koşullarının etkisinin belirlenebilmesi için yerleşim alanı içerisinde geniş kapsamlı bir zemin incelemesi yapılmıştır. İnceleme sonuçları zeminin heterojen bir yapıda olduğunu göstermiştir. Genel olarak zemin, killi siltli kum tabaka ile onun altında uzanan siltli, kumlu yer yer çimentolaşmış çakıl tabakasından oluşmaktadır. Zemin koşulları ile betonarme yapılarda gözlenen hasar karşılaştırıldığında hasarın çakıl tabakasının üzerinde yer alan siltli kumlu tabakanın gevşek konumda olduğu yerlerde arttığı gözlenmiştir.

### 1992 ERZİNCAN DEPREMİ

Tektonik olarak aktif olan bir bölgede yer alan Erzincan birçok defa can kaybı ve yapısal hasara neden olan şiddetli depremler tarafından sarsılmıştır. En son olarak da 13 Mart 1992 tarihinde meydana gelen deprem, 541 kişinin ölümüne, 3850 kişinin yaralanmasına, 28000 konutta ağır, orta ve hafif hasara neden olarak

<sup>1</sup> Doç.Dr. İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Maslak, İstanbul

<sup>2</sup> Prof.Dr.İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Maslak, İstanbul

birçok insanın da evsiz kalmasına neden olmuştur. Depremi merkezi Erzincan şehrine 5 km uzaklıkta, odak noktası ise 14 km derinliktedir.  $M=6.8$  magnitüde olan bu depremde Erzincan Meteoroloji İstasyonuna yerleştirilmiş Kinematics SMA-1 analog ivme kaydedici tarafından ölçülen, Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından sayısallaştırılan sonuçlara göre ivmeler, doğu-batı doğrultusunda 492 gal, kuzey-güney doğrultusunda 390 gal, düşey doğrultuda ise 244 gal olarak bulunmuştur [1,2].

## **ERZİNCAN OVASINDA YEREL ZEMİN KOŞULLARI**

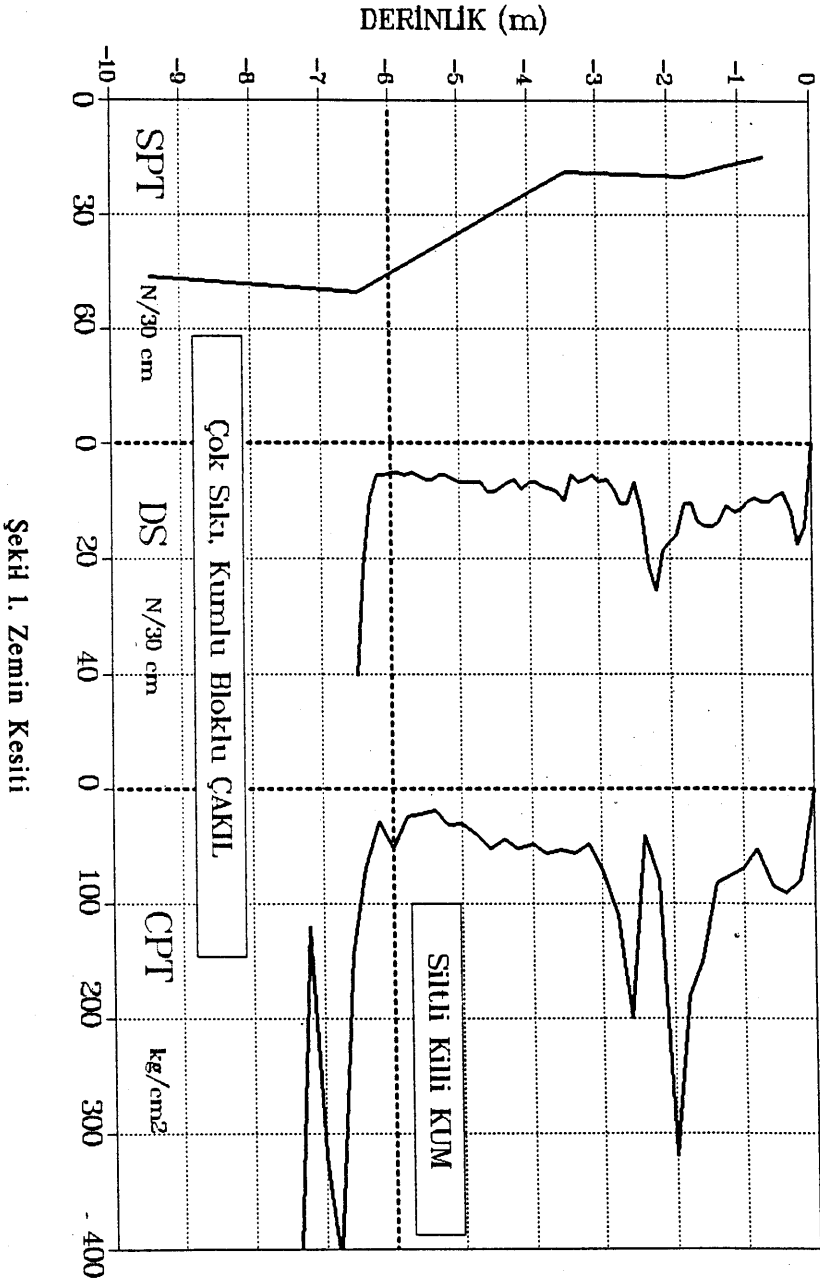
Kuzey Anadolu Fay hattı üzerinde bulunan Erzincan ovası, fay doğrultusunda yaklaşık 50 km uzunluğunda olup genişliği ise yaklaşık 15 km dir. Ortasından Fırat nehri geçmektedir. Üst sediment Plio-Kuarterner dönemde oluşmuştur [3]. Ovanın dağ yamaçlarına yakın olan kısımlarında zemin tabakaları çakıl ağırlıklı kaba daneli zeminlerden oluşmuşken, ova ortalarına yakalaştıkça siltli, killi ve kumlu zemin daha ağırlık kazanmaktadır.

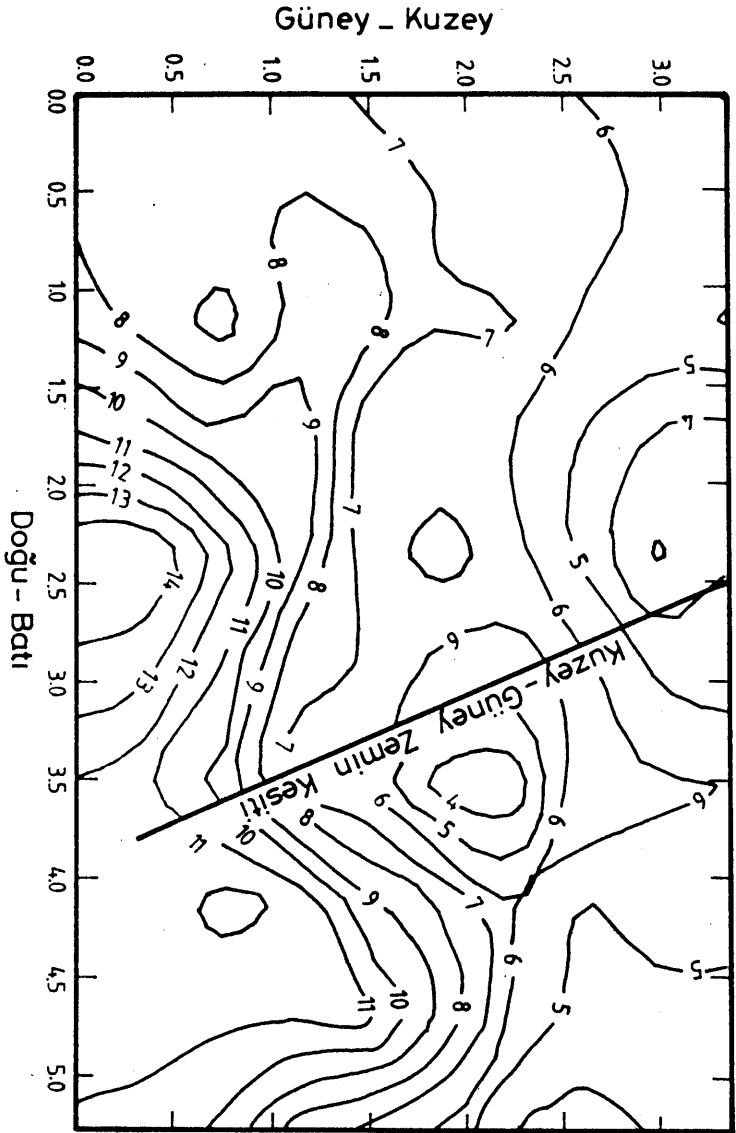
## **ERZİNCAN'DA YAPILAN ZEMİN İNCELEMELERİ**

Yerleşim alanı Munzur Dağı yamaçlarından başlayıp ovaya doğru yayılan Erzincan Şehrinde yerel zemin koşullarının yapısal hasar üzerindeki etkisini belirleyebilmek için geniş kapsamlı bir zemin araştırması yapılmıştır. Bu nedenle yerleşim alanı içinde değişik yerlerde derinlikleri 5 ile 50 m arasında değişen 21 adet sondaj açılmış ve her sondajda SPT, standart penetrasyon deneyleri, bazı sondajların hemen yanında olmak üzere 26 yerde de CPT, statik koni penetrasyon deneyleri yapılmıştır [4]. Bütün bunlara ilave olarak 300 yerde dinamik sonda yapıp şehrin yerleşim alanı altında kalan zeminin tabakalaşma durumu ve özellikleri belirlenmiştir [5]. Yapılan sondaj ve arazi deneylerinin değerlendirilmesi sırasında Devlet Su İşleri ve ODTÜ'ye ait sondajlarda dikkate alınmıştır [6,7]. Devlet Su İşleri tarafından açılan sondajlarda yaklaşık 200 metreye kadar inildiği halde anakayaya, bu derinlikte bile ulaşılamamıştır.

## **Erzincan Şehri Yerleşim Alanının Zemin Koşulları**

Erzincan yerleşim alanında yapılan ayrıntılı incelemeler de ovada gözlenen genel zemin yapısının burada da hakim olduğunu göstermiştir. Şekil 1'de bir sondaja ait zemin kesiti, sondaj sırasında yapılmış SPT, standart penetrasyon deney sonuçları ve sondaja çok yakın mesafede yapılmış CPT, statik koni penetrasyon ve DS, dinamik sonda deney sonuçları verilmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi yaklaşık 6 metreye kadar az ince - orta çakıl içeren gevşek kahverengi siltli, killi kum ile kumlu, siltli kil tabakası ardalanmış olarak yer almakta bu tabakanın altında ise gri-kahverengi, sıkı-çok sıkı, yer yer zayıf çimentolaşmış siltli, kumlu bloklu çakıl tabakası sondajın bitme derinliği olan 19 m ye kadar devam etmektedir. Genel olarak şehrin yerleşim alanı altında bu zemin tabakalaşması hakim durumdadır. Şekil 2'de verilen çakıl tabakası derinliği eğrilerinden görülebileceği





Şekil 2. Çakıl Tabakası Derinliğinin Değişimi

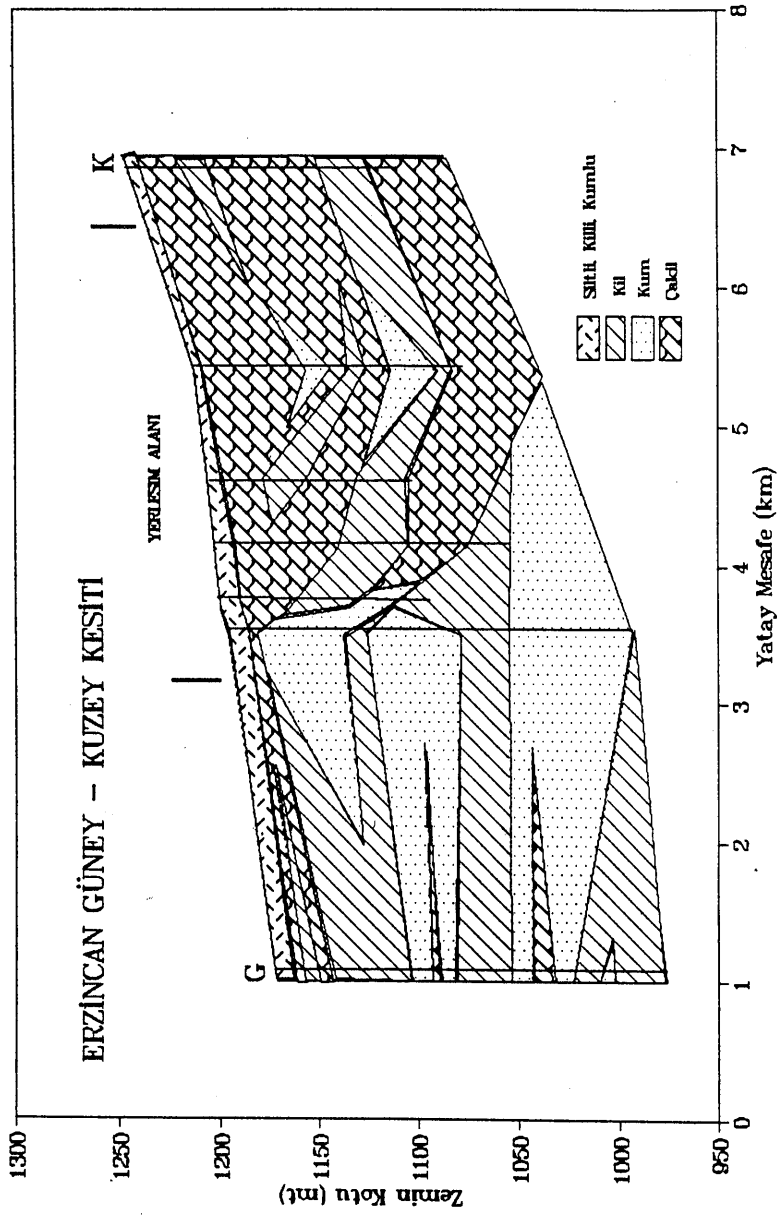
gibi, bütün sondajlar dikkate alındığında çakıl tabakasının derinliğinin şehrin kuzeyinde 4-6 metrede iken güneye doğru derinlik çok kısa mesafelerde hızla artarak 14 metreye kadar düşmektedir.

Yaklaşık 200 metrelik zemin kesitleri dikkate alındığında bu yarı çimentolaşmış bloklu sıkı çakıl tabakasının yerleşim alanının altını kapladığı görülmektedir (Şekil 3). Yerleşim alanının kuzeyinde kalınlığı sondaj sonu olan 100 metreye kadar devam eden çakıl tabakasının kalınlığı güneye doğru azalmakta ortalama olarak 20 metrelere düşmektedir. Kesitte de görüldüğü gibi koniler şeklinde oluşan çakıl tabakası yer yer silt ve kil mercikleri içermektedir. Yumuşak kaya özelliği gösteren bu zemin tabakasının üstünde ve altında kalan zemin tabakaları farklı sıklıklarda kumlu, siltli ve killi zeminlerden oluşmaktadır. Standart penetrasyon deney sonuçlarına göre çakıl tabakasının düzeltilmemiş SPT değerleri  $N > 50$  iken üzerinde bulunan kil, silt ardalı kum tabakasının SPT değerleri  $N = 5-50$  arasında sıklığa bağlı olarak değişim göstermektedir. Genelde çakıl konisinin ucuna doğru üste yer alan siltli killi kum tabakasının sıklığı azalmakta ve buna bağlı olarak da SPT değerleri azalmaktadır. Bu nedenle çakıl konisi ucunda betonarme yapılarda oluşan yapısal yaklaşık %45 iken kuzeye doğru azalarak %14 de düşmektedir. Yerinde yapılan sismik deneylerde çakıl tabakasının kayma hızı ortalama  $V_s = 750$  m/s olarak bulunurken çakıl tabakasının üzerinde yer alan kumlu tabakada kayma hızı sıklığa bağlı olarak 110 ile 400 m/s arasında bulunmuştur.

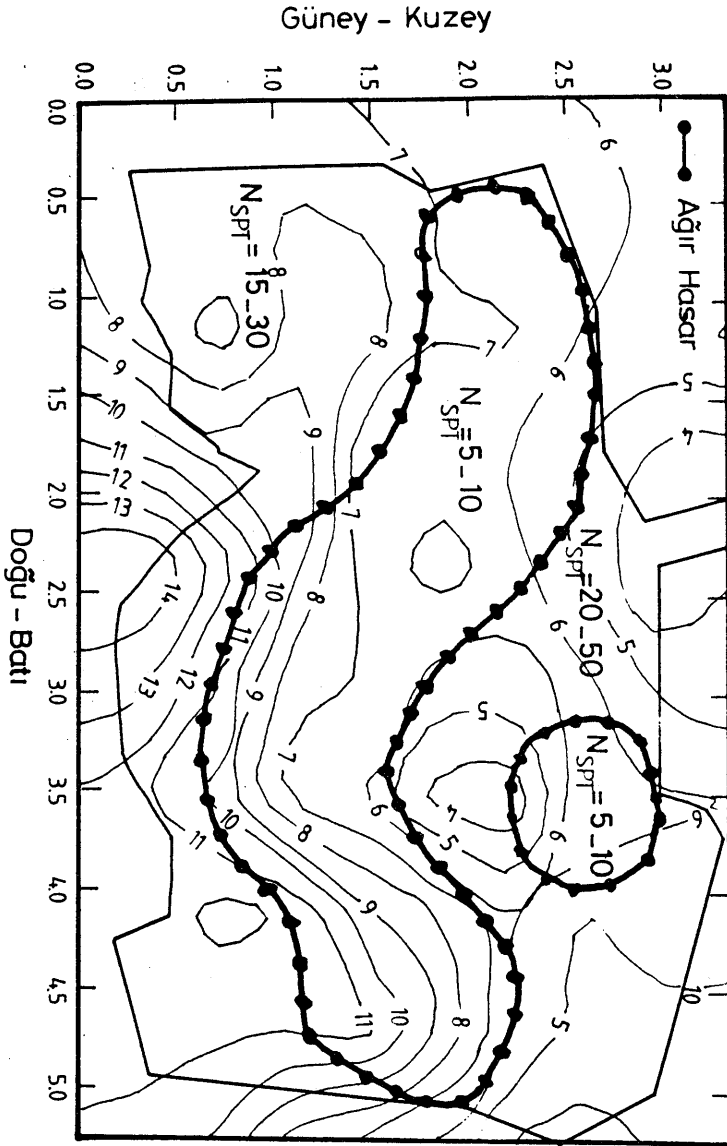
Ayrıca yerleşim alanında bulunan sondajlardan YASS, statik yer altı su seviyesinin zemin yüzeyine olan mesafesinin 10 ile 39 metre arasında bir değişim gösterdiği belirlenmiştir.

## YAPISAL HASAR - YEREL ZEMİN KOŞULLARI

Depremler sırasında oluşan yapısal hasar üzerinde bir çok faktör etkin rol oynamaktadır. Bunlar sırası ile deprem özellikleri, yerel zemin koşulları ve yapı kalitesinden oluşmaktadır. 13 Mart Erzincan depreminde merkezin şehre yakın olması yer ivmelerinin büyük olması yanı sıra çoğu betonarme yapılarda projelendirilme ve inşaat sırasında Deprem Şartnamesi kurallarına uyulmaması kötü zemin koşulları ile bir araya gelince yapısal hasarın önemli ölçüde artmasına neden olmuştur. Şekil 3'de de görüldüğü gibi yerleşim alanının güneyinde hakim zemin çakıldan siltli, killi, kumlu tabakalara dönüşüm yapmaktadır. Çakılın hakim olduğu kısımda tabakanın bir kaya özelliği göstermesi nedeni ile deprem özellikleri yumuşak bir zemin tabakasında olan değişime göre relatif olarak az bir değişime uğramakta fakat yumuşak ve sert zemin tabakalarının birbiri üzerinde geçiş yaptığı yerlerde ise deprem hareketi oldukça etkilenecek büyümektedir. Bu nedenle tabakalaşma durumu da hasarı artıran nedenlerden biri olmuştur. Zemin tabakalaşmasının etkisine ilave olarak çakıl tabakasının üzerinde yer alan siltli, killi, kumlu tabakanın zemin özellikleride oluşan hasar üzerinde oldukça etkili olduğu görülmüştür. Şekil 4' de betonarme yapıların ağır hasar gördüğü yerleşim yerleri görülmektedir. Bu alan içerisinde hasar yüzdesi



Şekil 3. Erzincan Güney-Kuzedy Zemin Kesiti



Şekil 4. Betonarme Yapı Hasar Dağılımı

ortalama %50 dir. Bu alan için çakıl tabakası üzerinde yer alan zemin tabakası incelendiğinde silt, kil ve kumun ardalanması ile oluşmuş bu zeminin gevşek konumda olduğu görülmektedir. Düzeltilmemiş SPT değerleri  $N=5-10$  arasında değişmektedir. Ağır hasar bölgesinin güneyinde olan yerleşim alanının altında yer alan siltli, killi kumlu zemin tabakasında N değerleri 15 ile 30 arasında değişmektedir. Bu hasar belirleme çalışmaları daha sınırlı kalmış sadece Hocabey Mahallesi için, betonarme hasar %11 olarak bulunmuştur. Ağır hasar bölgesinin kuzeyinde yer alan yerleşim bölgesinde SPT değeri 20 ile 50 arasında değişmekte ve yer yer de 50 den büyük olmaktadır. Bu alanda betonarme hasar yüzdesi yaklaşık %15 olarak bulunmuştur.

## SONUÇ

Depremler sırasında oluşan yapısal hasarlar üzerinde yerel zemin koşullarının önemli bir etkisi olmaktadır. Bu nedenle Erzincan Şehri yerleşim alanının zemin özelliklerini ve tabakalaşma durumunu belirleyebilmek için geniş kapsamlı bir zemin araştırması yapılmıştır. İnceleme sonucunda üstte yer yer gevşek ve sıkı konumda bulunan silt, kil ve kum ardalanmış bir tabaka ile onun altında az siltli, kumlu yer yer hafif çimentolu, sıkı bir çakıl tabakasının yer aldığı görülmüştür. Çakıl tabakasının zemin yüzeyine olan mesafesi 4-14 metre arasında değişirken, tabaka kalınlığı şehrin güney ucunda yaklaşık 100 metre iken kuzeyinde yaklaşık 20 metre olarak belirlenmiştir. Çakıl tabakasının incelendiği bu kısımda zemin özellikleri tamamen değişmekte siltli-killi zeminler hakim duruma geçmektedir. Yer altı suyunun statik seviyesi ise 10 ile 39 metre arasında değişmektedir. Erzincan Şehri yerleşim alanı zemin ve tabakalaşma özellikleri ile hasar dağılımı karşılaştırıldığında kumlu siltli zeminin gevşek olduğu yerlerde betonarme yapılarda hasarın daha fazla olduğu gözlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- 1.Ansal,A.M., Şengezer,B.S., İyisan,R., Gençoğlu,S, (1992) "13 Mart 1992 Erzincan Depreminde Hasar Dağılımı ve Geoteknik Faktörlerin Etkisi", Proc. of Seminar on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Lizbon, Portekiz, Balkema Publ.Co.(İngilizce)
- 2.İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı (1992) "13 Mart Erzincan Depreminin Deprem Kayıtları.", Ankara, Türkiye
- 3.Barka,A.A. and Gülen,L. (1989) "Erzincan Baseninin Kompleks Gelişimi" J.Struct.Geol. Vol.11, No.3, pp.275-283.
- 4.İ.T.Ü. Erzincan'da Onarım ve Takviyesi Yapılacak 300 Yapı Sahası Sondaj Raporu, 1992
- 5.İ.T.Ü. Erzincan Yerleşim Alanları hakkında Geoteknik Raporlar, 1992
- 6.Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri (1981) "Erzincan Şehrinin Hidrolojik İnceleme Raporu.", Ankara, Türkiye
- 7.ODTÜ Erzincan Depreminde hasar Gören Kamu Binaları Sondaj ve Laboratuvar Deney Sonuçları Raporu, 1992