

SİVAS İLİ YERLEŞİM ALANLARINDA YAPILMIŞ ZEMİN ETÜDLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

THE EVALUATION OF SOIL EXPLORATION IN WHICH CASED SIVAS URBAN AREAS

Salih YÜKSEK ¹

Ahmet ŞENOL ²

ABSTRACT

In the last decade, the medium intensity earthquakes in Turkey yielded many important results and problems from the viewpoint of different engineering profession. Fort his reason, soil exploration must be done in every technical enterprise. Soil explorations carry out by engineering offices and public corporations as well as every center of populations.

In this case, soil explorations in Sivas urban area have been analyzed. Towards reaching this aim, important data of soil parameters from studies performed on some 150 locations were collected and performed statistical evaluations. The interpolation estimates with “Inverse Distance Interpolation Techniques”. The results were placed on a 2D map which then overlaid on the city map.

ÖZET

Orta ve büyük şiddette depremlerin yaşandığı ülkemizde özellikle son büyük depremlerden sonra yerleşim alanlarında yapılacak teknik girişimlerde zemin etütlerinin yapılması zorunlu hale gelmiştir. Her yerleşim bölgesinde olduğu gibi Sivas ilinde de zemin etütleri çoğu özel mühendislik büroları ve kamu kuruluşları tarafından yürütülmektedir.

¹ Yrd.Doç.Dr., Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas,
e-mail: syukse@cumhuriyet.edu.tr, Te:0346-2191010-1330

² Yrd.Doç.Dr., Cumhuriyet Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sivas
e-mail: senol@cumhuriyet.edu.tr, Te:0346-2191010-2224

Bu çalışmada Sivas ili yerleşim alanlarında yapılmış olan zemin etütleri derlenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu amaçla yerleşim bölgesinde yapılmış olan 150 farklı lokasyondaki önemli bazı zemin parametrelerinin istatistiksel değerlendirmesi yapılmış ve mesafenin tersi(id) interpolasyon tekniği ile ara değerler kestirilmiştir. Elde edilen sonuçlar iki boyutlu olarak haritalanmış ve yerleşim planı ile üst üste karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Zemin parametreleri, sayısallaştırma, mesafenin tersi yöntemi

1.GİRİŞ

Yazılı tarihi M.Ö. 2000 yılına kadar dayanan Cumhuriyetin temellerinin atıldığı, Selçuklu devrinin güzel eserleriyle süslü Sivas'ın kentleşme açısından gelişimi; geçmişte ve bugün yerleşim alanındaki zeminlerin özellikleri dikkate alınmaksızın olmuştur. Oysa herhangi bir bölgedeki sanayileşme, ulaşım ve yerleşim o bölgedeki çevre dengesini büyük ölçüde etkiler. Sivas ilinin bulunduğu alanın zemin özelliklerinin bilinmesi, kentin gelişebileceği yerleri, sanayi ve ulaşım ağlarının seçilmesi ile doğal çevre açısından bir vizyon oluşturacaktır.

Son yıllarda yaşanan depremlerden sonra can ve mal kaybını minimize etmek için yeraltı ve yerüstü inşa yapılarının sağlamlılığı, emniyeti ve güvenilirliği gibi özelliklerin önemi herkes tarafından daha fazla hissedilmektedir. Bununla birlikte sözkonusu inşa yapılarının etkileşimde bulunduğu zeminin sağlamlılığı ve özelliklerinin bilinmesi önemli ve öncelikli durumdadır. Yerleşim alanlarının her noktasında çeşitli deneyler yapılarak veriler elde etmek imkansız ve ekonomik değildir. Çok az lokasyonun verisi ile büyük bir bölgenin yorumlanması yanlış yönlendirmelere sebep olur. Yeteri sayıda veri ve uygun teknikle verilen yorumlanması gerekir. Bu çalışmada Sivas şehri yerleşim bölgesindeki 150 farklı lokasyonda yapılmış zemin etüt raporlarındaki bazı zemin parametreleri derlenmiş ve değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Değişik mühendislik büroları ve kamu kuruluşlarından Sivas ili yerleşim alanında yapılmış zemin etütlerinden bazı önemli zemin parametreleri elde edilmiştir. Elde edilen veriler düzenlenerek bilgisayar ortamına aktarılmış ve bir veri tabanı oluşturulmuştur(Çizelge 1). Tabloda, şehrin değişik mahallelerinden 150 noktaya ait koordinatlar, mahalle isimleri, elek

analizi sonuçları, atterberg limitleri, kohezyon, su içeriği, içsel sürtünme açısı, tabi ve kuru birim hacim ağırlık, zemin sınıfı, taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmesi gibi veriler bulunmaktadır. Bu verilerin istatistiksel değerlendirmesi ve ara değerlerin tahmini/hesaplanması için lisanslı GS++ programı(web 1) yardımıyla yapılmıştır. Bu çalışmada interpolasyon tekniği olarak mesafeyle ters ağırlıklı metot(idw) kullanılmıştır. Bu metodun genel prensipleri aşağıda açıklanmıştır.

2.1. Mesafeyle ters ağırlıklı metot

Mesafeyle ters ağırlıklı yöntemde bir noktadaki değeri hesaplamak için, o noktanın etrafındaki noktaların bilinen değerlerinin ortalama etki ağırlıklarını bulmak gerekir. Bir noktadaki istenen değeri hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılır.

$$Z = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$$

Burada;

Z: Hesaplanan Değer

Z(x_i): Bilinen Değer

n: Hesaplama Kulllanılacak Bilinen Değer Sayısı

Yukarıdaki formülde,

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \text{ ve } 0 \leq \lambda_i \leq 1 \text{ olmak zorundadır.}$$

λ_i 'nin değeri, değerleri bilinen noktalar ile değerleri bilinmeyen noktalar arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olarak hesaplanır ve en yaygın kabul gören fonksiyonu ise;

$$\lambda_i = \frac{d_i^{-m}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-m}}$$

şeklindedir.

Burada;

d_i : Değeri bilinen i noktası ile değeri hesaplanacak nokta arasındaki mesafe

m: Üssel faktör

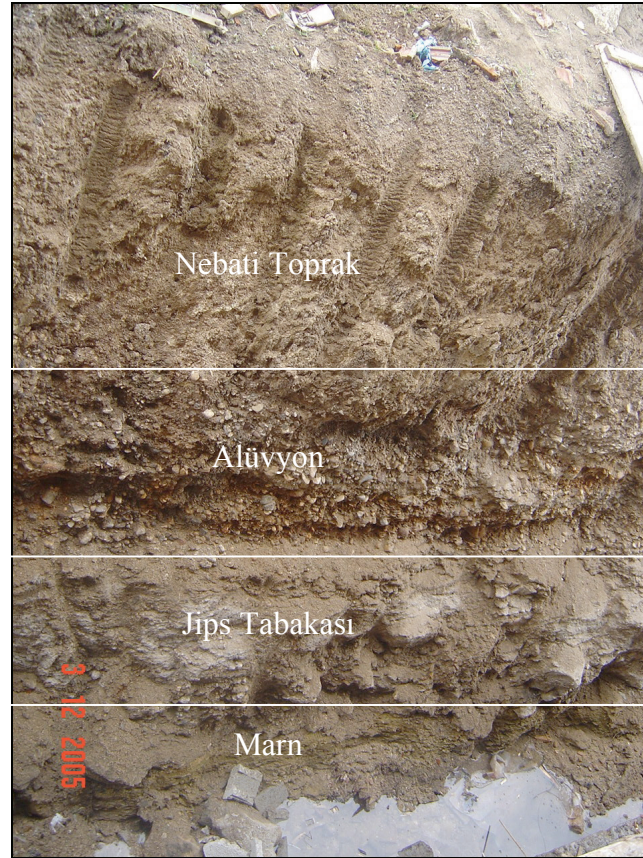
Yukarıdaki formülde en önemli soru “m” değerinin ne olacağıdır. Bunu belirlenmesi için Hughes (1979) tarafından değişik yöntemler verilmiştir. “m” değeri için seçilen değer genellikle 0 ile 3 arasında olmakta ve yaygın olarak “2” seçilmektedir.

Çizelge 1. Sivas İli Yerleşim Alanına Ait Bazı Önemli Zemin Parametreleri Veri Tablosu Örneği

							Atterberg Limitleri									
	Mahalle	X	Y	Z	Zemin Sınıfı	Su İçeriği %	LL (%)	PL(%)	PI (%)	(C) Kohezyon	(ϕ)	γ Tabii Birim Ağırlık	Kuru Birim Hacim/ Ağırlık	Zemin Emniyet Gerilmesi kg/cm2	Taşıma Gücü kg/cm3	
1	1. Org. San. Böl.	333766	4401980	1289	CH	-	51	23	28	1,36	18	1,99	1,789	6,90	20,71	
2	1. Org. San. Böl.	335554	4402207	1285	CH	32,7	51	23	28	0,65	-	-	-	0,82	2,46	
3	1. Org. San. Böl.	333707	4402012	1283	CH	24,8	50	26	24	0,79	0	1,83	-	1,56	4,68	
4	1. Org. San. Böl.	333509	4402012	1284	CH	20,2	46	22	24	0,39	6	1,80	-	1,40	4,20	
5	1. Org. San. Böl.	333570	4401646	1281	CH	34,1	47	27	20	0,44	3	1,79	-	1,05	3,14	
6	1. Org. San. Böl.	333523	4401372	1283	CH	22,7	45	28	17	0,56	3	1,79	-	1,54	4,62	
7	1. Org. San. Böl.	333789	4401451	1284	CH	20,7	42	22	20	0,53	7	1,80	-	1,39	4,17	
8	1. Org. San. Böl.	334168	4401817	1285	CH	33,2	46	25	21	0,41	8	1,79	-	1,00	3,00	
9	1. Org. San. Böl.	334002	4401662	1284	CH	22,3	46	20	26	0,42	9	1,92	-	1,17	3,51	
10	1. Org. San. Böl.	334110	4402207	1286	CH	23,0	43	19	24	0,36	7	1,79	-	0,90	2,70	
11	1. Org. San. Böl.	334337	4402518	1285	CH	-	-	NP	-	-	-	-	-	2,10	6,30	
12	1. Org. San. Böl.	333765	4402094	1288	CH	27,0	41	19	22	0,38	5	1,64	-	0,90	2,70	
13	1. Org. San. Böl.	333810	4401793	1292	CH	30,8	48	24	24	0,52	7	1,78	-	1,36	4,08	
14	Akdeğirmen Mah.	330856	4401997	1279	GM	-	-	NP	-	-	-	2,21	2,124	1,70	5,10	
15	Akdeğirmen Mah.	331043	4402476	1276	CL	17,2	46	20	26	-	-	-	-	1,50	4,50	
16	Akdeğirmen Mah.	330616	4402384	1279	CL	26,1	44	21	23	0,61	0	1,82	-	1,63	4,89	
17	Akdeğirmen Mah.	330392	4402452	1280	CH	32,6	52	27	25	1,05	0	1,90	1,43	6,39	19,17	
18	Akdeğirmen Mah.	331417	4401996	1279	GM	-	-	NP	-	-	-	-	-	1,50	4,50	

3. BAZI ZEMİN PARAMETRELERİNİN TAHMİNİ VE HARİTALANMASI

Sivas kenti yerleşim alanı, 115,50 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu alan, Kuzeyde Fatih ve Alibaba, Doğuda Kılavuz, Güneyde Karşıyaka ve Yenişehir, Batıda ise Danışmentgazi Mahalleleri gibi yerleşim alanları ile çevrilidir. İnceleme alanı ve yakın çevresinde jeolojik ve zemin mekaniği amaçlı çok sayıda araştırma yapılmıştır(Ceyhan 1987; Gökçe ve Ceyhan 1988; Gürsoy 1992; Kurtman 1973; H.Ü.T.E. 1978; İrfan ve Özkaya 1981; Ülker 1982; Karacan 1989, 1990, 1992, 1994; Yılmaz 1994; ve Yüksek Proje AŞ. 1986). Yerleşim alanının çoğunu toprak ve alüvyal zeminler kaplamaktadır(Şekil 1). Genel olarak zeminler diğer zeminlerin bir dönüşümü şeklinde bir sıra izler(Aytekin 2004) ve yerleşim alanında da bu durum aynıdır. Bölgede toprak ve alüvyal zeminin kalınlığı 1 kaç metreden 50-100 m ye kadar değişmektedir. Bu zeminlerin altında stratigrafik olarak jips, kumlu kireçtaşı ve Sivas ilinin tamamının altında yeralan marn tabakaları bulunmaktadır. Marn tabakaları bazı mahallelerde yüzeye kadar çıkmaktadır(Şekil 2).



Şekil 1. Marn ve jipslerin üzerinde alüvyon tabakası (Aydoğan mah.)

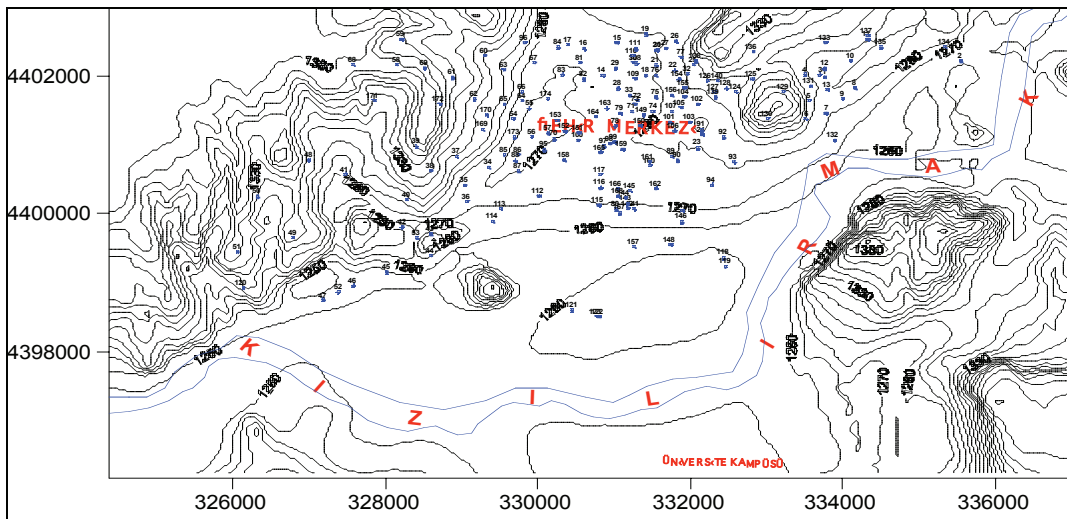


Şekil 2. Kılavuz mahallesinde temel inşaatı ve marn tabakaları

Sivas yerleşim alanında günümüze kadar 500 den fazla değişik noktada zemin etüdü yapılmıştır. Ancak bu etütlerden sadece 174 değişik noktanın verileri elde edilebilmiştir. Bu noktaların dağılımı Şekil 3’te görülmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere etüt noktaları düzensiz bir dağılım göstermektedir. Bu veriler daha önce yukarıdaki çizelgede verilmişti. İstatistiksel değerlendirmeden sonra önemli zemin parametrelerinin tüm yerleşim alanındaki dağılımlarını tahmin etmek amacıyla mesafeyle ters ağırlıklı yöntem (inverse distance weighting, idw) kullanılmıştır. Ara değerlerin hesaplanması aşağıdaki kabuller altında yapılmıştır.

Bunlar;

- Yapılan deneyler doğru ve hassas,
- Elde edilen veriler doğru ve güvenilir,
- Hesaplamalar ve değerlendirmeler iki boyutlu(2D),
- Ortamlar homojen ve izotrop olarak göz önüne alınmıştır.



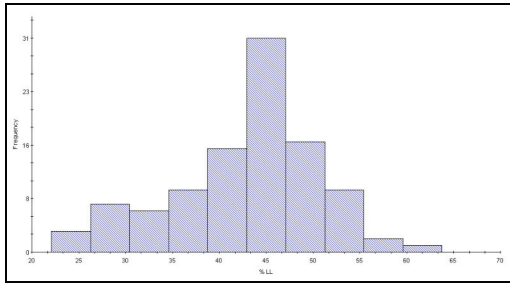
Şekil 3. Sivas kentinde yapılmış zemin etütlerinin haritadaki yerleri

3.1. Likit limit verilerinin değerlendirilmesi

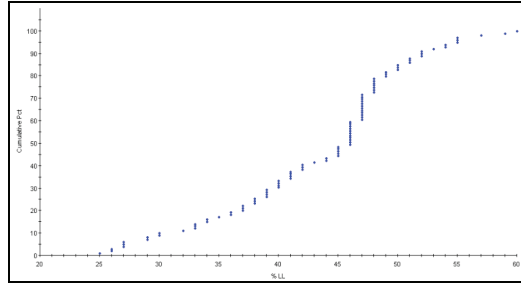
Elde edilen verilerin %LL değerleri, % 21 ila %86 arasında değişmektedir. Diğer istatistiki rakamlar çizelge 2 de, histogram grafiği Şekil 4-(a)'da ve kümülatif frekans grafiği Şekil 4-(b)' de görülmektedir. Şekil 4'ten görüldüğü üzere değerler normal dağılım göstermektedir. Grafiğin “S” şeklinde olması da normal dağılımı teyit etmektedir. Bu verilerin dağılımları Şekil 5.te görülmektedir.

Çizelge 2. % LL Değerlerinin İstatistik Sonuçları

Atterberg Limiti	Değişim Aralığı		Aritmetik Ortalama (X)	Standart Sapma (S)	Standart Hata (Sx)
	En Az	En Çok			
% LL	21	86	44,94	10,82	1,03

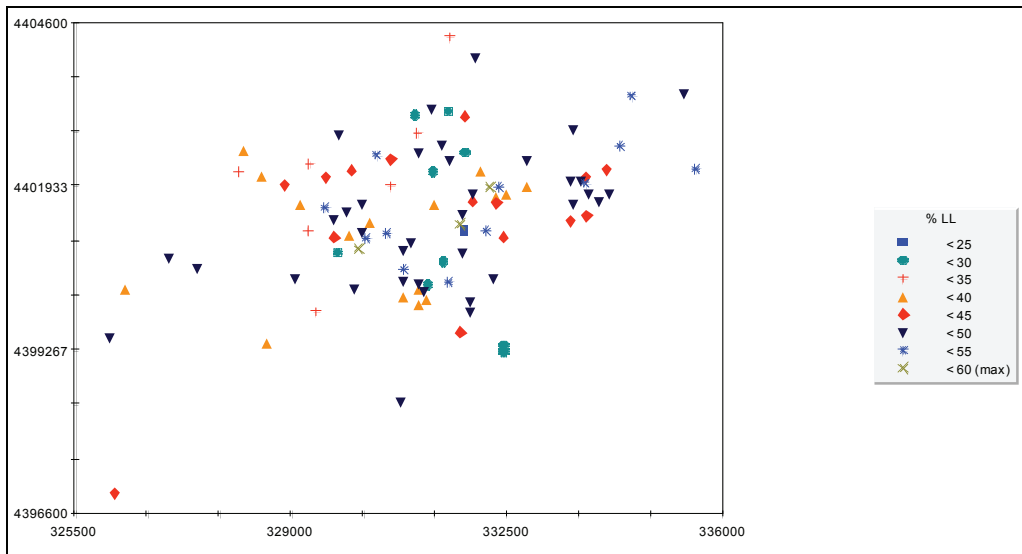


(a)



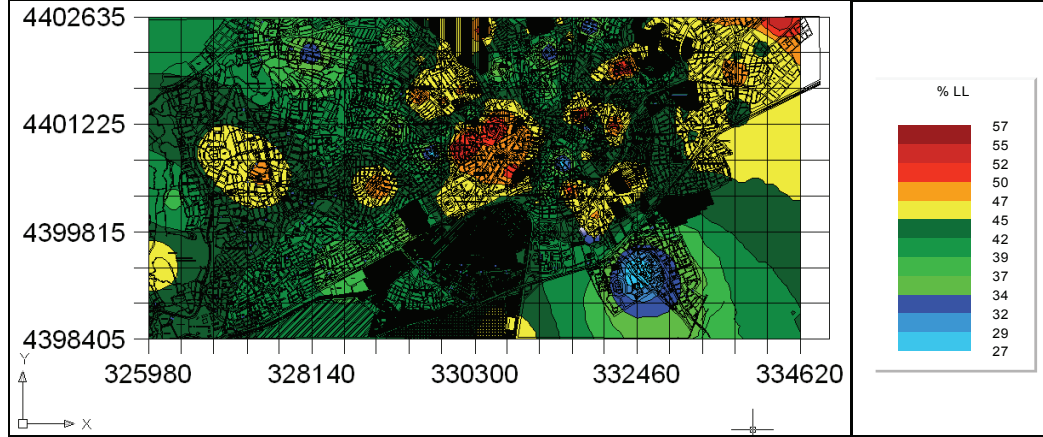
(b)

Şekil 4. % LL değerlerine ait histogram(a) ve kümülatif frekans grafiği (b)



Şekil 5. Likit limit verilerinin dağılım haritası

İstatistiksel değerlendirmelerden sonra lokasyonu belli olan likit limit değerlerinden faydalanarak tüm yerleşim alanının likit limit dağılımı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda m_{üs} değeri olarak 2, etki yarıçapı olarak 750m ve en yakın 10 noktanın verisi kullanılmıştır. Hesaplama sonuçları daha önce hazırladığımız yerleşim planı ile üst üste çakıştırılmış ve 2 boyutlu % LL haritası elde edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Yerleşim alanına ait hesaplanan % LL değerleri haritası

Benzer istatistik değerlendirmeler ve haritalar; diğer atterberg limitleri, kohezyon, su içeriği, içsel sürtünme açısı, tabi ve kuru birim hacim ağırlık, zemin sınıfı, taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmesi gibi değişkenler için yapılmış ve ara değerler id tekniği ile hesaplanmış ve şehir planı ile üst üste çakıştırılarak yorumlanmıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Sivas ili yerleşim alanında değişik mühendislik büroları tarafından yapılmış olan zemin etüt raporlarındaki bazı zemin parametreleri derlenmiş ve bilgisayar ortamına aktarılmıştır. 150 farklı lokasyona ait Atterberg limitleri, kohezyon, su içeriği, içsel sürtünme açısı, tabi ve kuru birim hacim ağırlık, zemin sınıfı, taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmesi değerleri kullanılarak, etüt yapılmamış lokasyonların değerleri mesafeyle ters ağırlıklı (idw) metotla kestirilmiştir. Hesaplanan değerler çapraz doğrulama (cross validation) tekniği ile karşılaştırılmıştır. Buna göre değerler %40 ila %75 doğrulukla hesaplanabilmiştir.

Hesaplanan veya kestirilen ara değerler şehir planı gibi değişik haritalarla çakıştırılarak zemin parametrelerinin iki boyutlu haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalara bir örnek önceki

bölümlerde verilmiştir. Oluşturulan haritalar belli kabuller altında hesaplanmış olup yerleşim alanının her noktası için değerler kolayca görülebilmektedir. Hesaplanan değerler yerel herhangi bir mühendislik çalışması için kullanılabilecek durumda olmayıp genel değerlendirmeler için bir baz teşkil edecek durumdadır. Hesaplamaların doğruluk derecesinin arttırılması için, yerel yönetim desteği ile yerleşim bölgesinin düzenli ve sık olacak şekilde sistematik zemin etütlerinin yapılması çalışmacılar tarafından önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aytekin, M., 2004, Deneysel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi, Ankara.
- Ceyhan, F., 1987, Sivas Güneydoğusundaki Tuz ve Jips Yataklarının Jeolojisi, Oluşumu, Kökeni ve Ekonomik Özellikleri, Yüksek Lisan Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 107s.
- Gökçe A., Ceyhan, F., 1988, Sivas Güneydoğusundaki Miyosen Yaşlı Jipsli Çökellerin Stratigrafisi, Yapısal Özellikleri ve Oluşumu, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.5 S 1, s91-112.
- Gürsoy, H., Temiz, H. Ve Poisson, A.M., 1992, Recent Faulting in The Sivas Area C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri, s11-17.
- İrfan, T.Y. ve Özkaya, I., 1981. Engineering Geological Mapping of Gypsiferous Formations, Sivas, s33-37.
- Karacan, E., 1989, Sivas Güneydoğusundaki Jipslerin Jeo-Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enst. Ankara, 99s.
- Karacan, E., 1990, Sivas Güneydoğusundaki Jipslerin Jeo-Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, 2. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara, s. 187-208.
- Karacan, E., 1992, Sivas Güneydoğusundaki Jipslerin Çözünürlük Özellikleri, C.Ü. Müh. Fak. Dergisi Seri A-Yerbilimleri, s. 67-74.
- Karacan, E., 1994, Sivas Organize Sanayi Bölgesi İnşaat Alanı Zeminlerinin Jeoteknik Özellikleri, C.Ü. Müh. Fak. Derg., Seri A-Yerbilimleri, Cilt 10-11, S.1, s79-86.
- Kurtman, F., 1973. Sivas Hafik, Zara ve İmranlı Bölgesinin Jeolojik ve Tektonik Yapısı, MTA Dergisi, s1-33.
- Hughes, W.E., 1979, Drill hole Interpolation: Mineralized Interpolation Techniques, Open Pit Mine and Design, Edi. Crawford III, J.T., Husttrulid, W.A., AIME, New York, 50-64s.
- Web 1, www.gammadesign.com

Yılmaz, I., 1994, Cumhuriyet Üniversitesi Kampüs Alanındaki Zeminlerin Jeo-Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi, Y.Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniv. Sivas, 80s.

Yüksek Proje AŞ., 1996, Sivas- Tuzlahan Çelikhane ve Haddehane Tesisleri Zemin Etütleri Raporu, s. 73