

## Düzce İli Gölyaka İlçesinin Zemin Mühendislik Özellikleri ve Yerleşime Uygunluğu Üzerine Bir Değerlendirme

<sup>1\*</sup>Ali ATEŞ, <sup>2</sup>İnan KESKİN and <sup>1</sup>Serdal ALEMDAR

<sup>1\*</sup> Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Müh. Bölümü Konuralp, DÜZCE  
[alirates@duzce.edu.tr](mailto:alirates@duzce.edu.tr)

<sup>2</sup> Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh. Bölümü, KARABÜK  
[inankeskin@karabuk.edu.tr](mailto:inankeskin@karabuk.edu.tr)

<sup>1</sup> Serdal ALEMDAR Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Müh. Bölümü Konuralp, DÜZCE

### Özet

Düzce ili Gölyaka ilçesi zeminleri jeolojik, geoteknik ve jeofizik yöntemlerle yerleşime uygunluk yönünden değerlendirilmiştir. Bu bağlamda yerleşim alanındaki zeminlerin sınıflandırılması yapılmıştır. Bu çalışmaya bağlı olarak imara açılması planlanan alanda bölgenin depremselliğinin getirdiği risklerde dahil edilerek yapılaşma açısından uygun olan alanlar belirlenmeye çalışılmıştır. Ve risk oluşturacak bir durum olup olmadığı araştırılmıştır. Bu kapsamda yerleşim alanındaki zeminlerin zemin büyütmesi, yeraltı su seviyesine bağlı potansiyel risk durumları analiz edilerek imar haritaları üzerine işaretlenmiştir.

**Key words:** zemin büyütmesi, SPT, geoteknik inceleme, Düzce

### Abstract

The soils in Duzce Gölyaka District were investigated in view of the land suitability using Geotechnical and geophysical and geological methods. In this context, the soils in this settlement area were classified. Land suitability for settlement area was tried to determine in view of the construction including earthquake induced hazards due to this research in the settlement area to be planned to open the residence. Following this research, it was investigated whether there is a risky or not in this study area. It was made a sign on a map analysing hazards due to soil magnification and groundwater level in the study area.

**Key words:** soil amplification, SPT, geotechnical investigations, Düzce

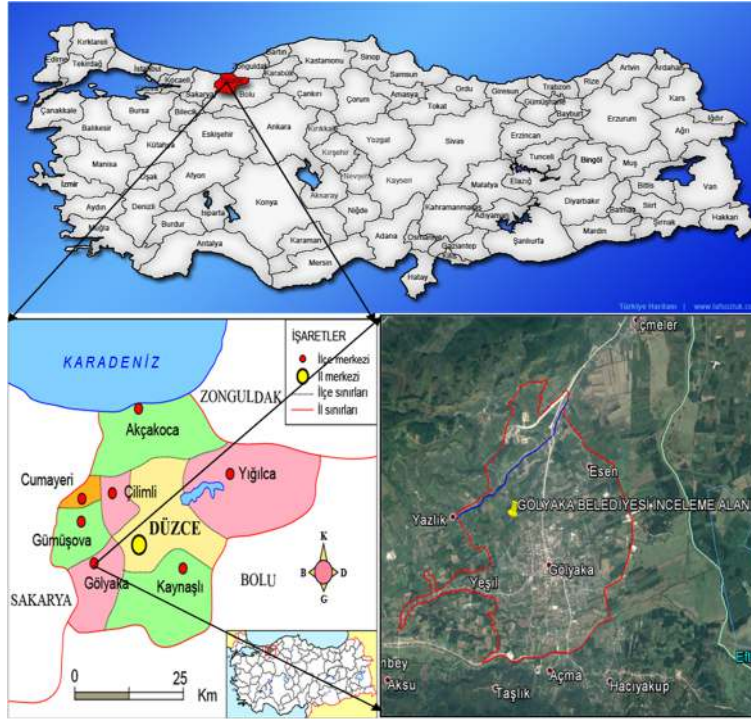
### 1. Giriş/Introduction

Bu çalışmada Düzce İli, Gölyaka İlçesi 1/1000 ölçekli G26-a-19-a-1-a, G26-a-19-a-1-b nolu halihazır pafta sınırları içerisinde 950 hektar yüzölçüme sahip, Revize İmar Planına Esas planlanması düşünülen alanın, geoteknik özellikleri araştırılmıştır. Gölyaka ilçe merkezi, Düzce ilinin ve Efteni Gölü'nün batısında olup, Düzece il merkezine uzaklığı yaklaşık 20 km dir (Şekil

\*Corresponding author: Address: <sup>1\*</sup> Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Müh. Bölümü Konuralp, DÜZCE  
[alirates@duzce.edu.tr](mailto:alirates@duzce.edu.tr),

1). Yerleşim alanının büyük bir bölümü alüvyonel zemin üzerinde yer almakta olup, bu çalışma kapsamında detaylı sivilaşma ve depremsellik analizleri yapılarak ilçenin taşıma gücü, zemin hâkim titreşim periyodu, yeraltı su seviyesi, kat haritaları ve kayma dalgası hızı ve zemin büyütme haritaları Nectad ve Surfer yazılımları kullanılarak üretilmiştir. Bu haritalar kullanılarak alanın yerleşime uygunluğu hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Çalışma alanının geoteknik özelliklerinin araştırılması amacıyla değişik noktalardan derinlikleri 15,45m -18,45m arasında değişen 35 noktada zemin sondajı, 28 noktada sismik kırılma profili, yine bu noktalarda  $AB/2 = 140$  m düşey elektrik sondajı yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmalara ek olarak değişik noktalarda yeterli sayılı derinlikleri 1.5 m ile 4.30 m arasında değişen araştırma çukurları açılmıştır. Bu noktalardan alınmış olan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde laboratuvarda zemin indeks deneyleri yapılarak zemin özellikleri belirlenmiştir.



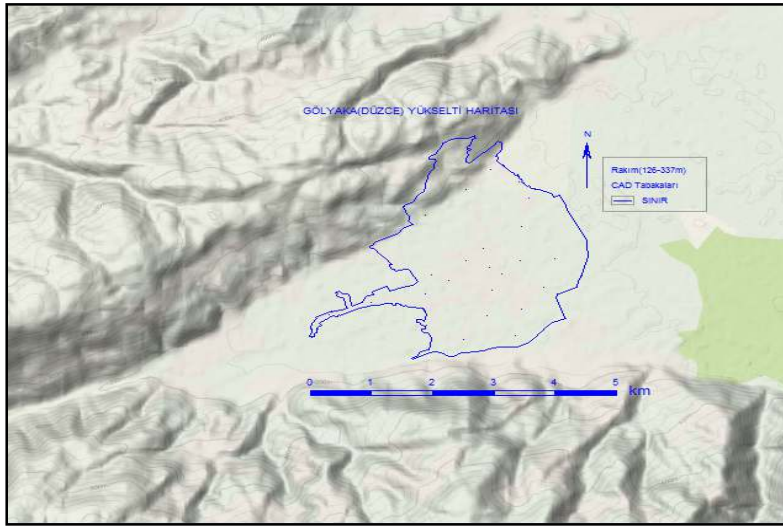
Şekil 1. Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası

## 2. Çalışma alanının jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri/Geological and geomorphological features of the study area

İnceleme alanının içinde yer aldığı Düzce havzası, Batı Karadeniz bölgesi içerisinde yer alan bir dağ arası havza özelliği sunmaktadır. Havza'nın güney sınırını Düzce fayı sınırlamakta olup, batıda Efteni Gölü, doğuda ise Bolu Dağı yer almaktadır. Havzanın güneyinde Almacık bloğu bulunmaktadır. Almacık bloğu daha güneyde Bolu-Abant-Mudurnu Vadisi-Akyazı arasında uzanan Kuzey Anadolu Fayının (KAF) ana hattı ile kuzey de ise Düzce fayı tarafından sınırlanmaktadır. Çalışılan alanın kuzeyi eğimli, ovanın geneli düz bir arazi yapısına sahiptir.

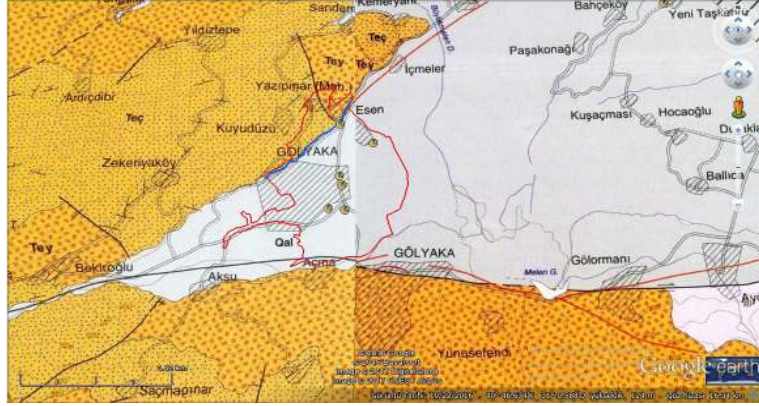
(Şekil 2).

Pontidler'in batı bölümünde; Düzce, Yığılca, Almacık Dağı ve çevresi içinde yer alan çalışma alanında, Batı Pontid zonu, Armutlu-Almacık-Arkotdağı zonu ve Sakarya zonuna ait birimler tektonik ilişki olarak birlikte bulunurlar [1], [2]. Çalışma alanı üç zon halinde olup, stratigrafi bu doğrultuda oluşturulmuştur. Çalışma alanı Batı Pontid Zonuna da yer almakta ve bu zonda bulunan formasyonlar; Yedigöller Formasyonu (PEy), Bolu Granitoidi (PEb), Kocatöngel Formasyonu (Ok), Kurtköy Formasyonu (Ok), Ereğli Formasyonu (ODE), Yılanlı Formasyonu (DCy), Çakraz Formasyonu (PTRç), Yemişliçay Formasyonu (Ky), Akveren Formasyonu (KTA), Sermi Kireçtaşı Üyesi (KTas), Yığılca Formasyonu (Tey), Çaycuma Formasyonu (Teç) isimleri ile tanımlanmıştır.

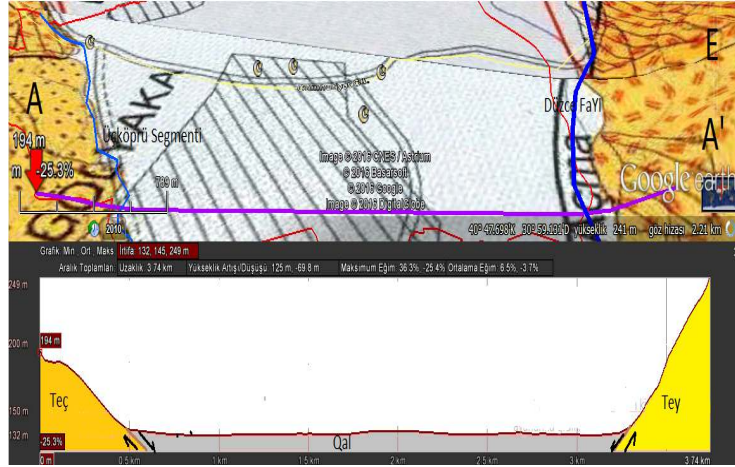


Şekil 2. İnceleme alanının yükselti haritası

Ancak bu formasyonlardan çalışma alanı içinde yalnızca Kireçtaşı aglomera tüfit ve marn seviyeli kumtaşı, silttaşı ve kiltası araldanmasından oluşan Alt-Orta Eosen yaşlı Çaycuma Formasyonu (Teç) ve Andezit, bazalt, tuf, aglomera ve volkanojenik kumtaşından oluşan Alt-Orta Eosen yaşlı Yığılca Formasyonu (Tey) yüzeylenmektedir [2]. Çalışma alanı sınırları Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nün jeoloji haritasında çakıştırılarak Şekil 3'de sunulmuştur. Haritadan da görüleceği üzere inceleme alanında yer alan jeolojik birim, ovada, pliyokuaterner yaşta Qal 'kuzeyinde ise Çaycuma Formasyonu (Teç); Kireçtaşı aglomera tüfit ve marn seviyeli kumtaşı, silttaşı ve kiltası araldanmasından oluşan birimlerdir (Şekil 4).



Şekil 3. Çalışma alanının jeolojik haritası

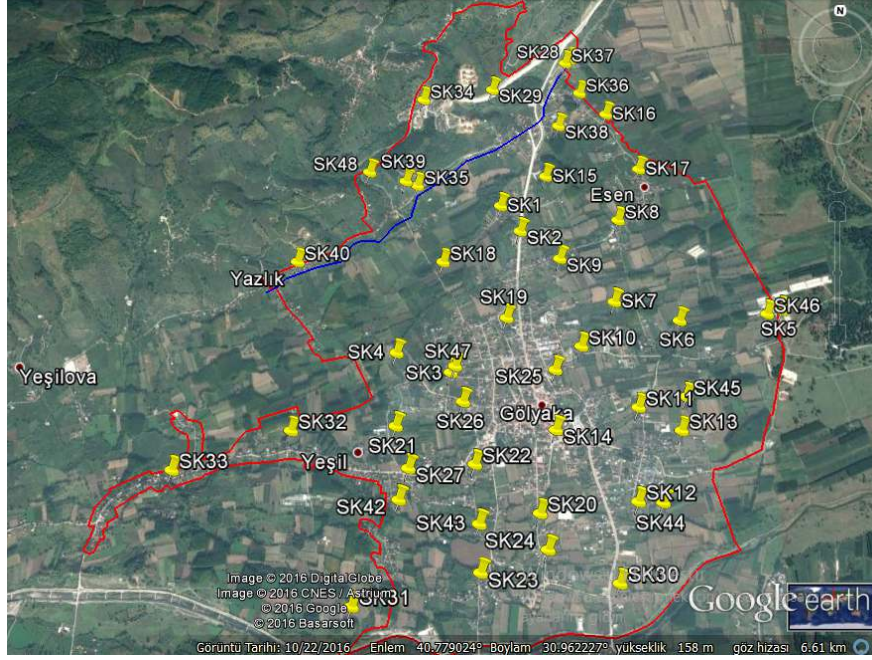


Şekil 4. İnceleme alanını içeren jeolojik kesit

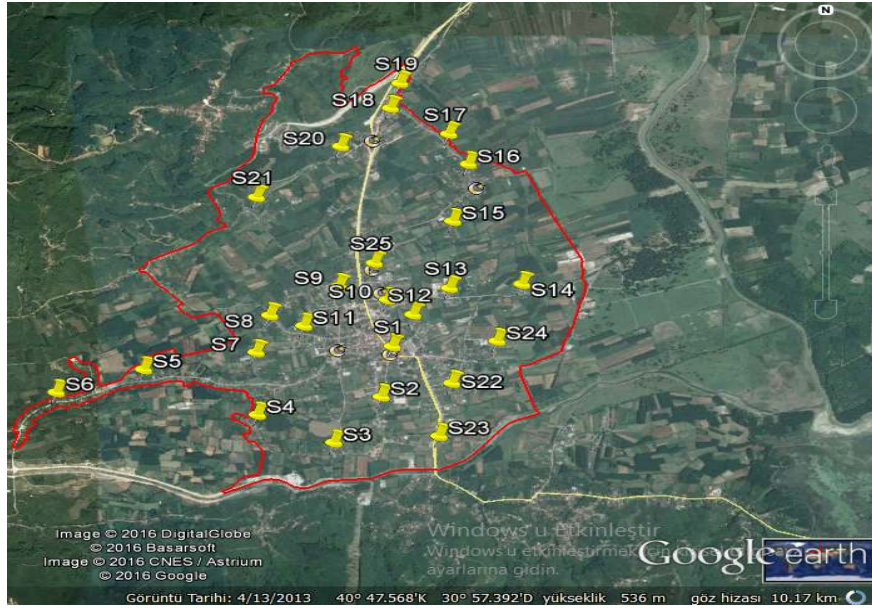
### 3. Jeoteknik çalışmalar ve arazi deneyleri/ Geotechnical studies and field tests

Çalışma alanında üzerinde en derini 18.5 m olacak şekilde 35 adet zemin araştırma sondajı yapılmıştır (Şekil 5). Sondajlarda alüvyon birimlere rastlanılmış olup yüzeyden itibaren ince bir katman bitkisel toprağın altında kahve-açık kahve renkli sert-çok sert çakıllı kumlu kil birimi, onun altında ise kuyu sonlarına kadar killi çakıllı kum birimleri gözlenmiştir. Sondajlar 250 m ile 500m arasında aralıklarla doğu batı, kuzey güney koridor boyunca açılmıştır. Çalışma alanında yapılan sondajlar sırasında SPT (Standard Penetrasyon Test) deneyleri yapılmış ve aşağıda tabloda (Tablo.1) verilmiştir.

Çalışma kapsamında alanda Jeofizik araştırma olarak, Sismik Kırılma ve Mikrotremor çalışmaları yapılmıştır. Sismik Kırılma çalışmalarına Multichannel Analysis of Surface Waves Yöntemi (Masw) uygulanarak yerin 30 metre derinliğine kadar kayma dalgası hızları ve yeraltı kesitleri oluşturulmuştur (Şekil 6).



Şekil 5. Sondaj noktalarına ait uydu görüntüsü.

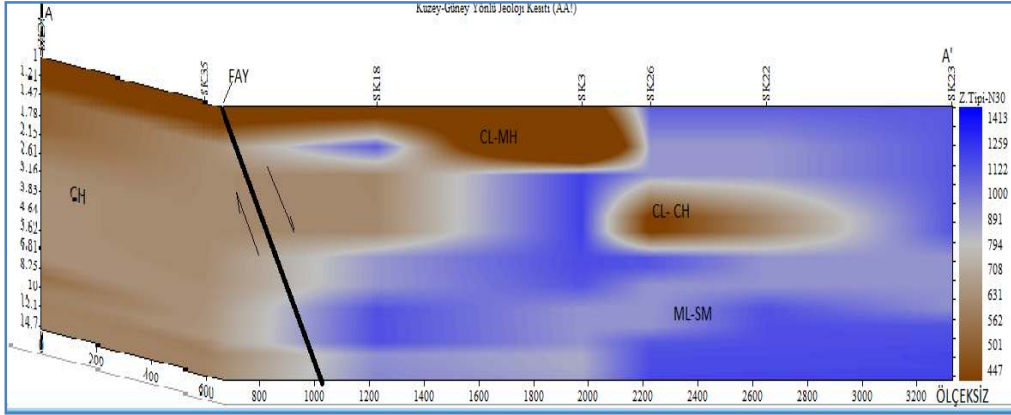


Şekil 6. Sismik ve Masw yöntemi arazi uygulaması.

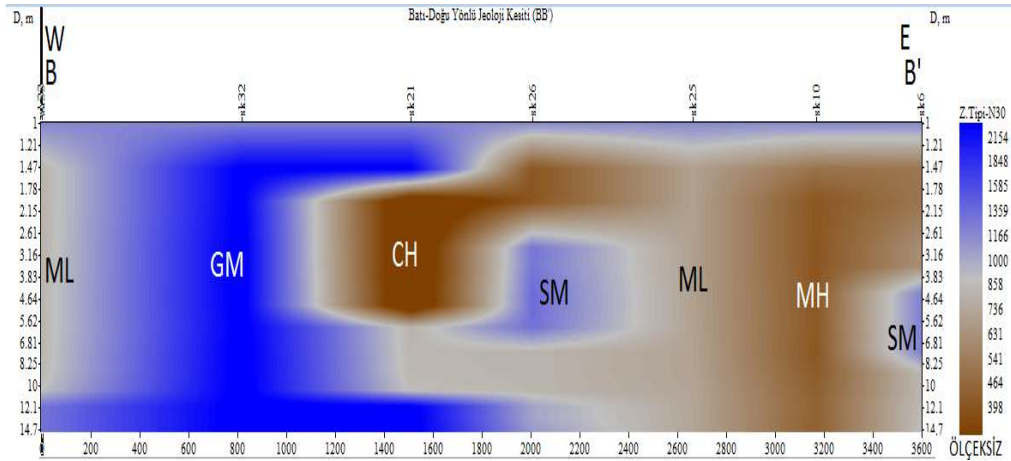
#### 4. Arazi bulgularının değerlendirilmesi/ Evaluation of field findings

İnceleme alanının yapılan derinlikleri 15.5-18.5 metre aralığındaki zemin sondajlarına göre İnceleme alanında yapılan sondajlara göre kuzey-güney ve doğu batı yönlü kesitler ile zeminlerin derinlikle değişim durumları belirlenmiştir. Buna göre sondajlardan alınan numuneler üzerinde

yapılan Atterberg Limitleri deney sonuçlarına göre; Likit limit (LL) % NP – 66,8 aralığında, Plastik Limit (PL) % NP - %38,9 aralığında ve Plastisite İndisinin (PI) % NP - %38,2 aralığında olduğu ve doğal su içeriğinin ise %11,9-27,5 aralığında tespit edilmiştir. Elek analizi deney sonuçlarına göre, kil-silt miktarı %0,0-46,5, kum-çakıl miktarı %30,2-91,4 aralığında bulunmuştur.



Şekil 7. Zemin sondajlarına ait kuzey-güney yönlü ölçeksiz jeoloji kesiti.



Şekil 8. Zemin sondajlarına ait doğu-batı yönlü ölçeksiz jeoloji kesiti

İnceleme alanında elde edilen SPT-N değerlerine göre zemin tipi belirlemesi Terzaghi ve Peck'in [3], [4] SPT darbe sayıları ile kohezyonsuz zeminler için rölatif sıklık, nisbi yoğunluk ve kohezyonlu zeminler için kıvam, serbest basınç değerleri arasında kurduğu bağıntılar kullanılarak zeminler Tablo 1'deki gibi sınıflandırılmıştır. İnceleme alanı zeminlerine ait SPT darbe sayıları ortalamaları alınarak, Tablo 1 ile eşleştirildiğinde, Gölyaka ilçesinde kohezyonsuz zeminler gevşek – orta sıkı, sıkı, kohezyonlu zeminler ise katı, çok katı kıvamlı özelliklerdedirler. Ayrıca yine bu darbe sayıları dikkate alınarak 0–4,5 metre arası için kat haritası Şekil 7'de gösterilmektedir.

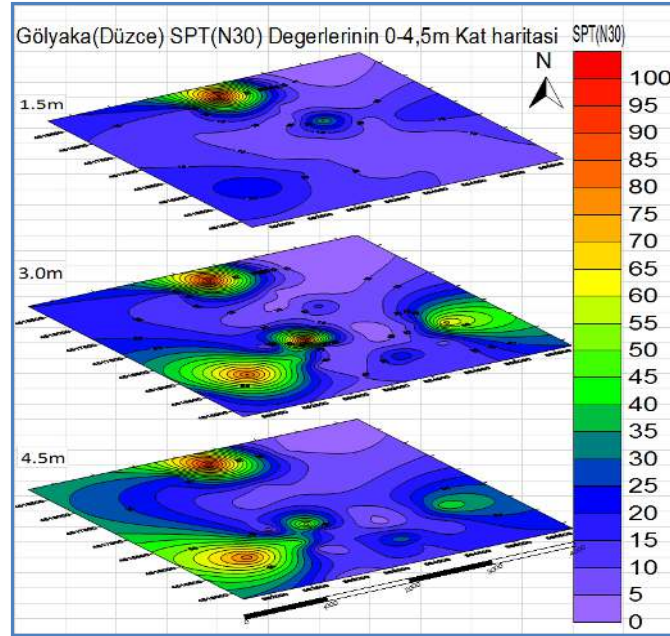
Tablo 1. SPT darbe sayılarına göre kohezyonsuz zeminlerde sınıflama [3].

N Darbe Sayısı	Nisbi Yoğunluk	Rölatif Sıklık
----------------	----------------	----------------

4>	Çok Gevşek	0.15>
4-10	Gevşek	0.15-0.35
10-30	Orta	0.35-0.65
30-50	Sıkı	0.65-0.85
50<	Çok Sıkı	0.85<

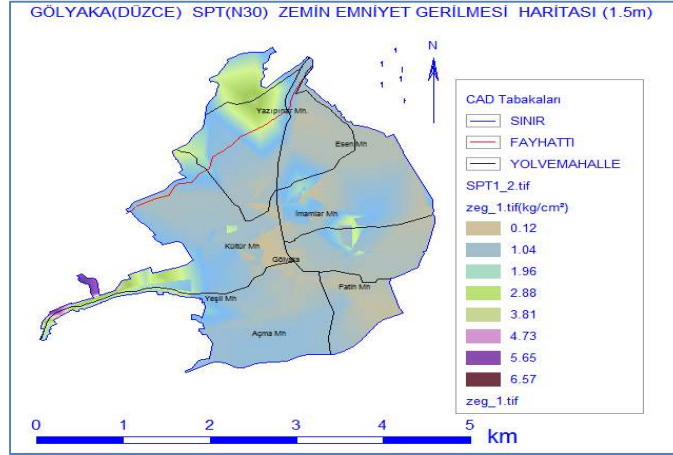
  

N Darbe Sayısı	Kıvamlılık	Serbest Basınç Direnci
2>	Çok Yumuşak	0.25>
2-4	Yumuşak	0.25-0.50
4-8	Orta	0.50-1.00
8-15	Katı	1.00-2.00
15-30	Çok Katı	2.00-4.00
30<	Sert	4<

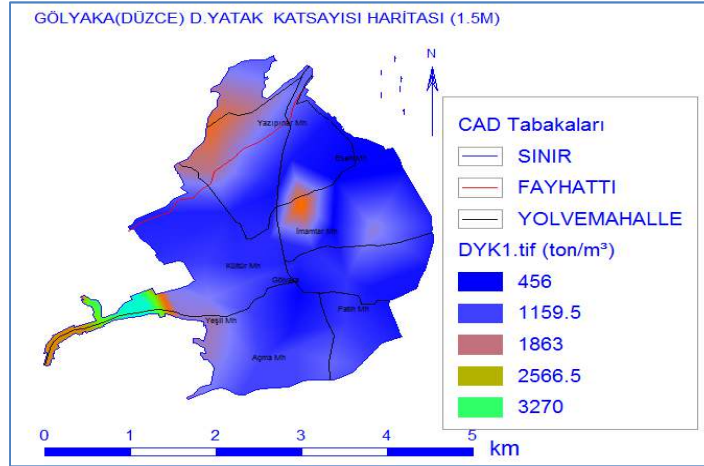


Şekil 7. SPT(N30) değerlerine göre 0-4,5 m aralığı kat haritası

Yapılan hesaplamalar sonucunda kil-silt zemin için en düşük zemin emniyet gerilmesi  $0,83 \text{ kgf/cm}^2$  en yüksek  $1.18 \text{ kgf/cm}^2$  olarak bulunmuş olup, statik hesaplamalarda güvenli yönde kalmak amacıyla  $0.80 \text{ kgf/cm}^2$  olarak kullanılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir. SPT(N30) verilerine göre alanın 1,5 metre için tematik zemin emniyet gerilmesi haritası Şekil 9'da düşey yatak katsayısına göre tematik haritası ise Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 9. SPT(N30) değerlerine göre 0-4,5m aralığı kat haritası



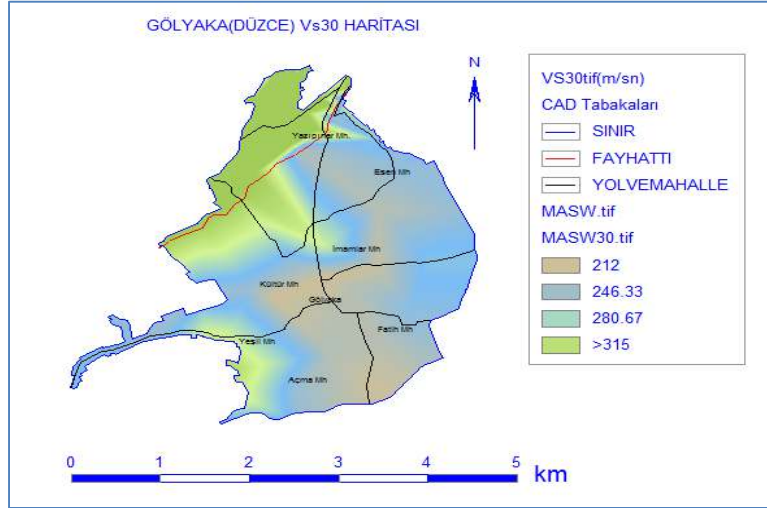
Şekil 10. SPT-N Değerlerine Göre 1,5 metre için Düşey Yatak Katsayısı

Bu çalışma ile alanın kayma dalgası hızını 30 metreye kadar hesaplamış, zemin sınıflaması yapılmıştır. Vs30 hesaplaması Denklem (1) e göre yapılmıştır.

$$Vs30 = \frac{30}{\left(\sum_{i=1, n} \left(\frac{h_i}{V_{si}}\right)\right)} \quad (1)$$

İnceleme alanında elde edilen Vs30 değerleri 212m/sn-299m/sn aralığında olup elde edilen Vs30 hızlarına göre oluşturulan harita Şekil 11'deki gibidir.





Şekil 11. İnceleme alanında elde edilen Vs30 değerlerinin gösterimi

Çalışma alanı zemin hakim titreşim periyodu ( $T_0$ ) 0,32-1,03 sn. aralığında hesaplanmış olup bu değerden Alanın kuzey ve güney batısı kısmen C grubu zemin sınıfı, ovanın büyük bir bölümü D grubu zemin sınıfı olarak belirlenmiştir.  $T_a$  ve  $T_b$  zemin alt ve üst titreşim periyodunu elde etmek için Denklem (2) kullanılmıştır [5].

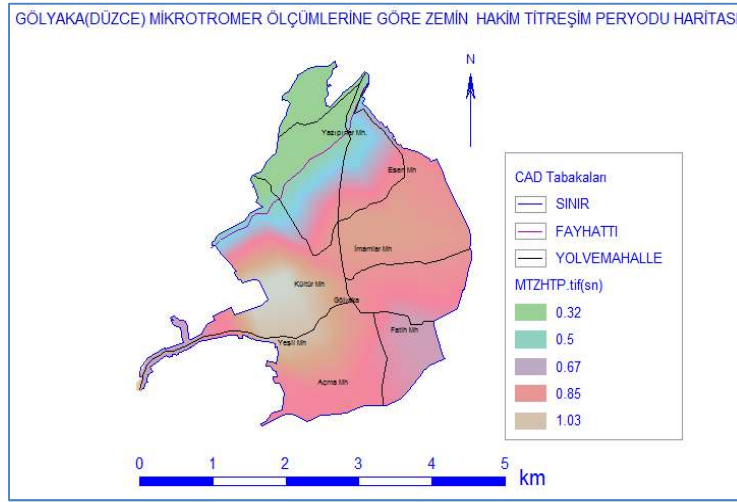
$$T_a = 0.67 \times T_0, T_b = 1.5 \times T_0 \quad (2)$$

İnceleme alanı için hakim frekans ve spektrum karakteristikleri Tablo 2’de verilmiş olup zemin hakim titreşim periyot değerlerine göre oluşturulan zemin hakim titreşim periyodunun tematik haritası ise Şekil 12’de Mikrotremor sonuçlarına göre Nakamura H/V Spektral oran yöntemine göre zemin büyütmesi sonuçları ise Şekil 13’de sunulmuştur. Mikrotremor yöntemine göre elde edilen zemin büyütme değerlerine (1,09-6,13) göre tehlike düzeyi düşük-orta tehlike aralığına girmektedir [6]. Kısmen alanın batı kesiminde ki küçük bir bölge yüksek tehlike göstermektedir.

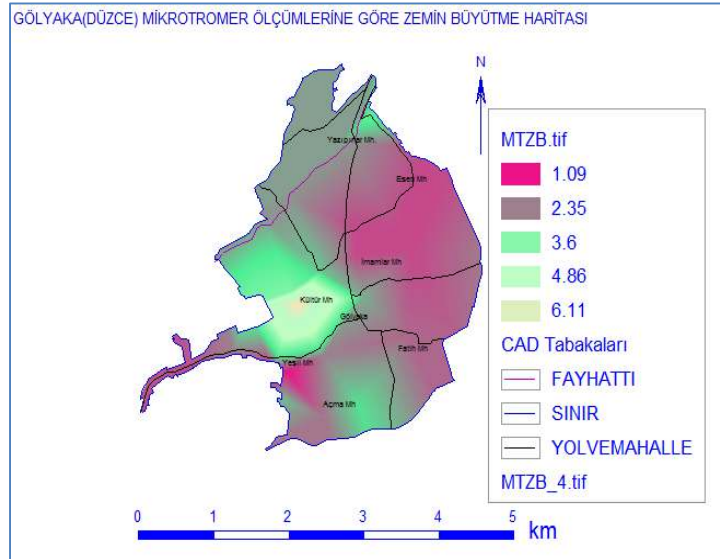
Tablo 2. Frekans,  $T_a$ ,  $T_b$  Değerleri

Nokta No	$T_0$	Frekans (Hz)	$T_a$ (sn)	$T_b$ (sn)
MT1	0.600	1,67	0,40	0,90
MT2	0.690	1,45	0,46	1,04
MT3	0.930	1,08	0,62	1,40
MT4	0.610	1,64	0,41	0,92
MT5	0.690	1,45	0,46	1,04
MT6	0.700	1,43	0,47	1,05
MT7	0.740	1,35	0,50	1,11
MT8	0.770	1,30	0,52	1,16
MT9	0.820	1,22	0,55	1,23

MT10	0.700	1,43	0,47	1,05
MT11	0.540	1,85	0,36	0,81
MT12	0.320	3,13	0,21	0,48
MT13	0.370	2,70	0,25	0,56
MT14	0.710	1,41	0,48	1,07
MT15	1.030	0,97	0,69	1,55
MT16	0.680	1,47	0,46	1,02
MT17	0.910	1,10	0,61	1,37
MT18	1.030	0,97	0,69	1,55

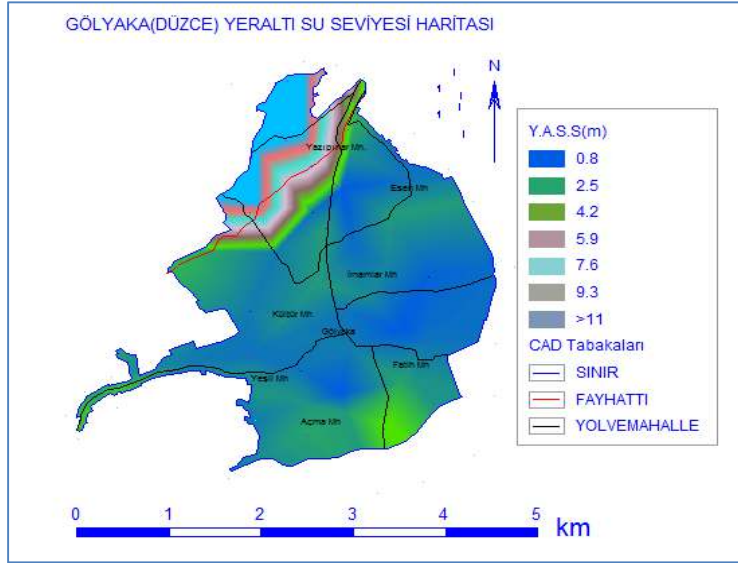


Şekil 12. Zemin hâkim titreşim periyodu haritası



Şekil 13. Zemin büyütme haritası

İnceleme alanında yapılan sondaj çalışmalarında ovada yeraltı su seviyesinin genelde 0.10-2,6 metreleri arasında, gözlenmiştir (Şekil 14). Yeraltı su seviyesinin mevsimlere bağlı olarak 0,50-1,00 metre değişimler gösterebildiği bilinmekte olup bu durumda mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil 14'den anlaşılacağı üzere fayın güney kesimleri (Ova kısımlar) yer altı su seviyesinin çok sık 0.10-2,6 metreleri arasında, olması nedeni ile su baskını riski taşımaktadır. Ayrıca bu alanlar yer altı suyu aramalarında da uygun alanlar teşkil etmektedir.



Şekil 14. Yer altı su seviyesi haritası

## 5. Sonuçlar/Conclusions

İnceleme alanında yapılan sondaj çalışmaları, jeofizik veriler ve jeolojik gözlemlere göre ova kısmı jeolojik birim olarak pliyokuaterner yaşlı alüvyon yelpazesi (Qal)'dir. Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırması TS 1900 Sistemine göre CH-CL-MH-ML-SC-SM-GC-GM ile simgelenir. İnceleme alanında yapılan sondaj çalışmalarında kuzey ve kuzeybatı kesimlerde yeraltı su seviyesinin 11 metre üzeri olduğu bu nedenle su basma riski taşımadığı ovada ise yeraltı su seviyesinin 0.10-2,6 metreleri arasında olmasından da anlaşılacağı üzere su baskını tehlikesinin çok yüksek olduğu kanaati hasıl olmuştur. İnceleme alanı merkezi düz bir arazi yapısına sahiptir (Eğim yüzdesi %0 -10 aralığı). İnceleme alanının kuzeyi ve kuzeybatısındaki eğimli (%10-30) alanda yapılaşmaya gidilirken yamaçların stabilitesi problemlerine karşılık hazırlanacak zemin etütlerinde istinat duvarı vb. yöntemlerle çözüm önerileri getirilmelidir.

İnceleme alanı için ovada heterojen zemin tipinin (Qal) olması nedeniyle hâkim titreşim periyodu 0,6-1,03 sn. aralığında, ovanın kuzeyindeki kayaç ortamlarda ise 0,32-0,46 sn. arası hesaplanmıştır. Bu alanda lokalde yapılacak zemin etütlerindeki zemin hakim titreşim periyotları dikkate alınarak yapılarda zemin rezonans uyumundan kaçınılmasına dikkat edilmelidir.

Mikrotremor yönteminden elde edilen zemin büyütmesi değerleri 1,09-6,13 arasında

hesaplanmıştır. Buradan da görüleceği üzere lokal olarak çalışma alanında büyümenin özellikle ovada yüksek olacağı bu alandaki şiddetin yani hasarın daha büyük olacağı görülmektedir. Bu durumun göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

İnceleme alanı 1.derece. Deprem Bölgeleri sınırlarında, KAFZ üzerinde kalmaktadır. Büyüklüğü 7,2 olan tasarım depreminin 50 yıl ve %96,8 aşılma oranı için 2 km episantra uzaklık ve 10 km odak derinliğinde beklenen ivme değerine karşılık tehlike düzeyi yüksek tehlike olduğundan ilgili Belediye idaresince tüm planlamaların ve hazırlıkların bu olasılığa göre yapılması gerekmektedir.

Jeolojik, geoteknik ve jeofizik veriler ışığında yerleşime uygunluk açısından inceleme alanının ova kesiminin büyük bir bölümü alüvyonel zemin olduğu, yeraltı su seviyesinin çok sığ (0,10-2,6m aralığında) olduğu su baskını riski taşıdığı ve doğusunda yer alan Efteni Gölü'nün kurutulmasıyla kazanılmış alanlar olduğu değerlendirilmektedir. Ovada sınılaşma, oturma, taşıma gücü ve yüksek su baskını sorunları vardır. Gölyaka fayının kuzey batısında kalan alanda ise yüksek eğimli sorunu olduğundan çalışma alanı geneli için en uygun yapılaşma bölgesi Gölyaka fayının kuzeybatısındaki yüksek eğim bölgesinin içinde lokal olarak kalan eğimin nispeten düşük olduğu (%10 civarı) yerleridir. Diğer alanlarda yapılacak zemin etüdü çalışmalarında ortaya çıkacak risklerin bilimsel ve teknik koşullara uygun olarak bertaraf edilmesi durumunda yapılaşmaya gidilmelidir.

## 6. Kaynaklar/References

- [1] Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, *Türkiye Jeoloji Haritaları*, Ankara, Harita. Açınsama nitelikli 1/100000 Ölçekli Adapazarı G24 paftası no:31, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, 2002.
- [2] Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, *Türkiye Jeoloji Haritaları*, Ankara, Harita. Açınsama nitelikli 1/100000 Ölçekli Adapazarı G25 paftası, no:32, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, 2002.
- [3] K. Terzaghi, R.B. Peck, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2 nd. New Jersey, USA:John Wiley & Sons, 1996.
- [4] E. Şekercioğlu, "Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi", TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, 2007, ss. 191-194.
- [5] Aytun, A., Olası deprem hasarını en aza indirmek amacıyla yapıların "doğal" salınım periyodlarının yerin "baskın" periyodundan uzak kılınması, Uşak İli ve Dolay (Frigya) Depremleri Jeofizik Toplantısı, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara, 2001,
- [6] Ansal A. 2002, Seismic Microzonation Methodology, Proc. of 12th European Conf. On Earthquake Engineering, Paper No. 830, London, UK.