

## Karabük Organize Sanayi Bölgesi Heyelanının İncelenmesi

<sup>1</sup>Aşkın Özocak, <sup>1</sup>Sedat Sert ve <sup>1</sup>Ertan Bol

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

### Abstract

This study is about the investigation of a landslide which occurred at the Organized Industrial Zone located in Zopran village / Karabük. Because the boundary of the landslide was immediately adjacent to the Transformer Substation and Overhead Power Line, urgent solutions were required. The reasons for the landslide were discussed and the proposed solutions were also presented in this paper. The landslide was told to move twice in different times. The width of the landslide was almost 80 m and the length was 120 m. While the height of the main scarp was 9-11 m, rock outcrop was not observed at the main scarp. It was also observed that there were some other secondary scarps in the moving land. The soil consists of uncemented loose silty and sandy formations which contains low plasticity clay bands.

There were some small puddles and the saturated soil near the foothills was seen to be very soft. The source of the water was investigated and it was found out that the wastewater of Organized Industrial Zone was transferred by using concrete pipes for a long time. It was understood that the main factor to trigger the landslide was the saturation of the soil because of the leakage from the pipes. Physical and mechanical laboratory test were conducted on the undisturbed and disturbed soils to understand the nature of the soils in the study area. After the limit equilibrium and numerical analysis, it was shown that piled wall and berm solution is enough to have a safe design.

**Keywords:** Landslide, pore water pressure, stability analysis, piled wall, berm.

### Özet

Bu çalışma Zopran Köyü/Karabük'te yer alan Organize Sanayi Bölgesi'nde gerçekleşen heyelanın araştırılması ile ortaya çıkmıştır. Gerçekleşen heyelanın şehrin trafo merkezi ve yüksek gerilim hattı ile sınır yapacak kadar yakın olması nedeniyle acil çözümlerin ortaya konması gerekmiştir. Burada heyelanın sebepleri tartışılmış ve önerilen çözümler sunulmuştur. Heyelan kitlesinin farklı zamanlarda iki kez hareket ettiği belirtilmiştir. Heyelanın genişliği 80 m ve boyu ise yaklaşık 120 m civarındadır. Ana aynanın yüksekliğinin 9-11 m olmasına karşın aynada mostra veren kayaya rastlanılmamıştır. Bunun yanında hareket eden kitle içinde diğer ikincil aynaların varlığı gözlemlenmiştir. Gözlemlenen zeminler, düşük plastisiteli kil bantları içeren çimentolanmamış gevşek siltli ve kumlu formasyonlardır.

Arazi incelemesi sırasında heyelan eteklerinde su birikintileri görülmüş, bu bölgedeki doymuş zeminlerin oldukça yumuşak oldukları anlaşılmıştır. Bu suyun kaynağı araştırıldığında OSB alanı atıksularının uzun süredir beton borular kullanılarak transfer edildiği tespit edilmiştir. Bu durumda heyelan tetiklemek için gereken ana unsurun borulardan sızıntı yolu ile zeminin doymuşluk derecesini arttıran bu atık su transferi olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışma alanındaki zeminlerin doğal davranışını belirleyebilmek için örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Limit denge ve sayısal çözümler sonrasında, kazıklı duvar ve berm çözümünün güvenliği sağlamak için yeterli olduğu anlaşılmıştır.

**Keywords:** Heyelan, boşluk suyu basıncı, duraylılık analizi, kazıklı perde, kaya dolgu

## 1. Giriş

Yamaçların duraylılığının değerlendirilmesi inşaat mühendisliğinin önemli, ilginç ve zor sayılabilecek konularından biridir [1]. Bu çalışmada Karabük ili, Merkez İlçesi, Zopran Köyünde yer alan Karabük Trafo Merkezi alanının hemenyanında gerçekleşmiş olan heyelanın kontrol altına alınması ve tesisin güvenliğinin sağlanmasına yönelik çalışmaların yapılması ve önleme yönelik sonuçların ortaya konulması amaçlanmıştır. Heyelan alanına gidilerek gerçekleşmiş heyelanla ve mevcut trafo alanıyla ilgili saha gözlemleri yapılmıştır. Sahanın özellikleri ve heyelan eden kitle tüm doğrultulardan gözlemlenerek heyelanın geometrik özellikleri not edilmiştir. Yapılan gözlemlere dayanarak heyelanın özellikleri belirlenmiş arazide zemin özelliklerini belirleme amacıyla dönel sondaj gerçekleştirilmiştir. Sondajlardan gelen numuneler Sakarya Üniversitesi Geoteknik Laboratuvarında denenmiştir. Numuneler üzerinde zemin sınıflamalarına yönelik fiziksel deneyler ile zeminlerin kayma direncini belirlemeye yönelik mekanik deneyler yürütülmüştür. Mekanik deneyler vasıtasıyla zemin parametreleri kullanılarak kazıklı perde destekli çözüm de yazılımlar kullanılarak analiz yapılmış, güvenliğe yönelik çözümler üretilmiştir.

## 2. Heyelan Kitesinin Özellikleri ve Gözlemler

İki farklı zamanda hareket ettiği söylenen zemin kitesi yaklaşık olarak 100 metre genişlik ve 200 metre uzunluğa sahiptir. Hareket sonucunda açığa çıkan heyelan aynası yaklaşık 9-11 metre yüksekliğe sahiptir. Aynadan görüldüğü kadarıyla zemin kahverengi, düşük plastisiteli kil bantları içeren çimentolanmamış gevşek siltli ve kumlu birimlerden oluşmaktadır. Aynadan görüldüğü kadarıyla sağlam kaya mostra vermemiştir. Heyelan kitesi içerisinde ayrıca tali aynalar da mevcuttur. Heyelan tacı, Trafo Merkezi dış duvarına en yakın yerinde 2 metre uzaklıkta başlamaktadır. Şekil 1'de görüleceği üzere heyelan tacının hemen üzerinde bulunan yüksek gerilim hattı direği taca çok yakın konumda bulunmakta ve taç arkasında oluşmaya başlayan çekme çatlakları direğin ayakları arasından geçmektedir.



Şekil 1. Yüksek gerilim hattı direğinin görünümü

Söz konusu alanda yapılan incelemelerde heyelan eden kitlenin özellikle eteklerine yakınyerlerinde suya doygun zeminlerin balçık kıvama geldiği dikkati çekmiş ve fotoğraflanmıştır(Şekil 2). Bu bölgelerden alınan blok örneklerin bir kısmının laboratuvarda su içinde bekletildiğinde kolayca dağıldığı görülmüştür.Suyun geliş yeri araştırılmış ve heyelanın bulunduğu alana uzun zamandan beri OSB'nin atıksularının yer altından büzler yardımıyla aktarıldığı anlaşılmış ve fotoğraflanmıştır (Şekil 3).Kitle hareketlerinde en önemli tek etken yerüstü ve yeraltı sularıdır [2] [3].Zemin özellikleri bakımından zaten kritik durumda olan yamaçtaki heyelanı tetikleyen enbüyük faktörün söz konusu büzler vasıtasıyla yamaçta su seviyesinin yükseltilmesi olduğudur.Siltli ve ince kumlu zeminlerde kılcallık vasıtasıyla su hareketi statik su seviyesinin 810metre üzerine kadar çıkabilmektedir. Geoteknik mühendisliğinde bu durum genel anlamdaemme basıncı nedeniyle efektif gerilmeyi arttırıcı bir rol oynayıp genel stabilitenin lehine birdurum gibi gözükse de gelen aşırı su hacmi nedeniyle sistem tamamen doygun hale gelerek yamaç üzerindeki yükü aşırı oranlarda arttırabilmektedir. Bu da yamacın dengesini olumsuzyönde etkileyecek olan sürücü kuvvetleri arttırmaktadır.



Şekil2.Heyelan eteğinde görülen göllenmelere örnek



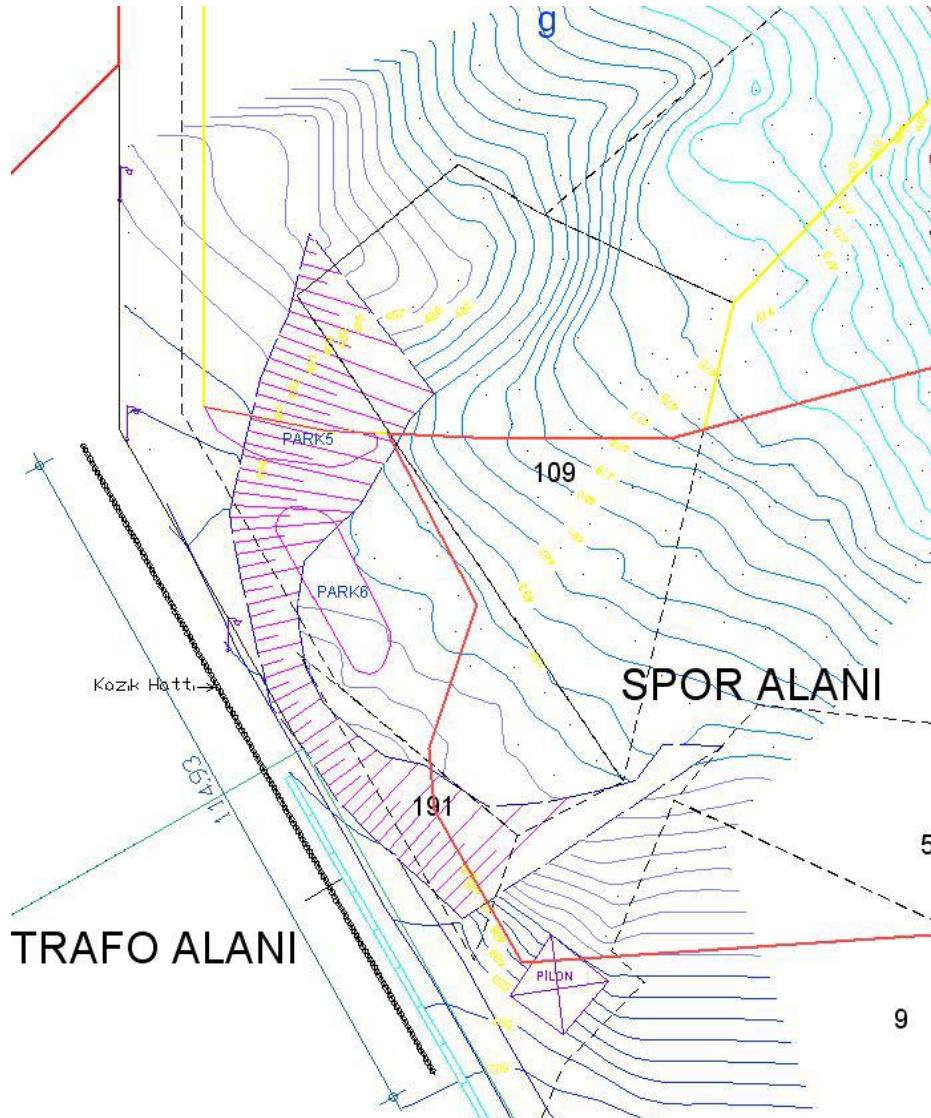
Şekil3.OSB'den eteğinde görülen göllenmelere örnek

### 3. Arazi Çalışmaları

Karabük heyelan alanında biri 30 diğeri, 35 metre olmak üzere toplam uzunluğu 65 metre olan 2 adet dönel sondaj gerçekleştirilmiştir. Sondaj çalışmaları esnasında örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmıştır. Arazi deneyi olarak her iki kuyuda 1.5 metre de bir standart penetrasyon deneyi yapılmıştır. Tablo 1’de yapılan SPT deneylerinin özeti verilmektedir. Ayrıca arazide heyelan sonrası topografik ölçümlerin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır (Şekil 4).

**Tablo 1.** SPT deney özeti

SK 1→	1.50	4.50	7.50	10.50	13.50	21.50
SPTN→	19	19	22	23	29	32
SK 2→	1.50	4.50	7.50	10.50	13.50	21.50
SPTN→	17	18	22	25	26	27



**Şekil 4.** Trafo alanında heyelan sonrası topografya

#### 4. Laboratuvar Deneyleri

Araziden gelen örselenmiş ve örselenmemiş numuneler laboratuvarında TS 1900/2006 uyarınca deneye tabi tutulmuş ve zeminler TS 1500/2000'e göre sınıflandırılmıştır. Laboratuvar deneylerinden elde edilen zemin indeks özellikleri Tablo2'de, kesme kutusu deneyinden elde edilen kayma direnci parametreleri özeti ise Tablo3'de toplu halde sunulmaktadır [4].

**Tablo 2.** Çalışma alanı zemin özellikleri

SK	z (m)	Renk	w <sub>L</sub>	w <sub>P</sub>	w <sub>n</sub>	I <sub>L</sub>	%İnce	Sınıf
1	1.50	K	NP	NP	15	-	57	ML
1	3.00	K	31	15	17	0.18	73	CL
2	4.50	K	NP	NP	9	-	22	SM
1	6.00	K	31	16	17	0.10	70	CL
1	7.50	K	26	15	20	0.49	53	CL
2	9.00	K	NP	NP	6	-	14	SM
2	10.50	K	NP	NP	22	-	38	SM
2	12.00	K	NP	NP	11	-	28	SM
1	13.50	K	28	14	26	0.93	52	CL
2	15.00	K	NP	NP	13	-	22	SM
2	16.50	K	NP	NP	13	-	27	SM

**Tablo 3.** Çalışma alanı zeminlerin kayma direnci parametreleri

SK	z (m)	e	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kPa)	$\phi$	c <sub>r</sub> (kPa)	$\phi_r$	P
1	3.00	0.49	21.25	31	25			185
1	6.00	0.63	20.73	12	25	22	17	275
2	9.00	0.95	15.30	0	32			
2	12.00	1.14	14.45	0	32			
2	15.00	0.85	16.16	1	25			
2	18.00	1.14	15.43	0	26	0	29	
Blok	No.3	1.12	47.72	0	25	6	22	
Blok	No.5	1.28	17.24	47	4	16	17	

#### 5. Duraylılık Analizleri

Alanda heyelan öncesi durumu gösteren topoğrafik harita mevcuttur. Heyelan sonrası ise mevcut durumu ortaya koymak için topografya çıkartılmıştır. Bu araçlar ile heyelan öncesi vesonrasını temsil eden kesitler çıkartılmıştır. Kesitler kazıklı perde destekli çözüm de yapabilen bir bilgisayar yazılımına aktarılmıştır. Daha sonra laboratuvar sonuçları ve arazi verileri bir aradairdelenerek jeolojik birimlerin profilleri ortaya konmuştur. Buna göre üst dokuz metrenin killikum ve siltlerden oluşmaktadır. Killerin düşük plastisiteli ve siltlerin non plastik olmasıyanında her ikisinin iri dane içeriklerinin de yüksek olması dikkat çekmektedir. Analiz sonuçlarının özeti Tablo 4'den izlenebilir. Heyelangerçekleşmiş olduğu için heyelan öncesi doğal topografya üzerinde yapılan geri analiz ile kullanılan zemin parametreleri teyit edilmiştir (Analiz No:1). Heyelan sonrası topografyakullanılan analizlerde hareketin kısıtlı kalması nedeniyle doruk (peak) değerler ile kalıntı(residual) değerler arasında seçilmiş değerler kullanılmıştır. Buna göre heyelan sonrası güvenlik sayısı 1.07 olarak bulunmuş (Analiz No:2), deprem kuvveti uygulandığında ise aynışevde güvenlik sayısı 0.81'e düşmüştür (Analiz No:3). Bu da hem statik

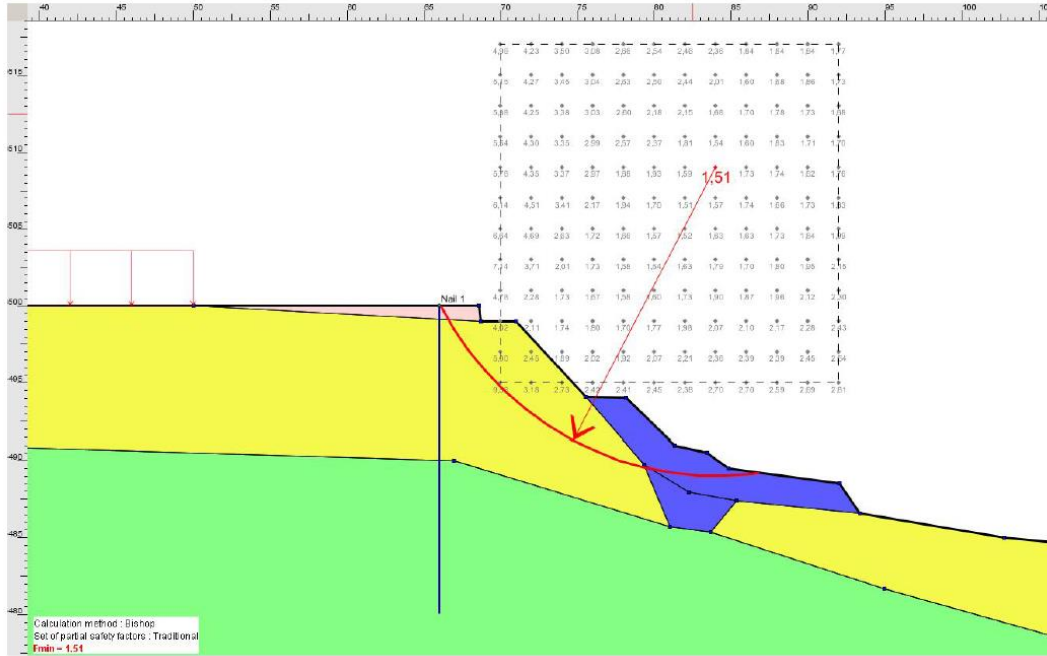
hem de dinamik durumda mevcut kesitin çok kritik düzeyde olduğunu göstermektedir. Duraylılığı sağlamak amacıyla 0.80 metre çaplı, 20 metre boyunda teğet kazıklardan oluşan perde duvar analizleredahil edilmiştir. Bu perde duvar ile yapılan depremlerli analiz sonucunda güvenliğin kazıktangeçen kayma yüzeyi için bir sorun teşkil etmediği ancak kazık ile şev arasında kalan kısmınızın vadede halen güvensiz olduğu anlaşılmıştır (Analiz No:4). Bu olumsuzluğu gidermek için kesite eklenen nitelikli gereçten oluşan kaya dolgu (berm) sayesinde güvenlik sayısı static durumda 1.51' e çıkmıştır (Analiz No:5). Aynı kesit için yapılan depremlerli analizlerdegüvenliğin hem kazıkları kesen kayma yüzeyi (1.43) hem de kazık önü kayma yüzeyi (1.08)için gerekli minimum güvenliğin sağlandığı görülmüştür (Analiz No:6, Şekil 5).

**Tablo 4.**Duraylılık analizi sonuçları

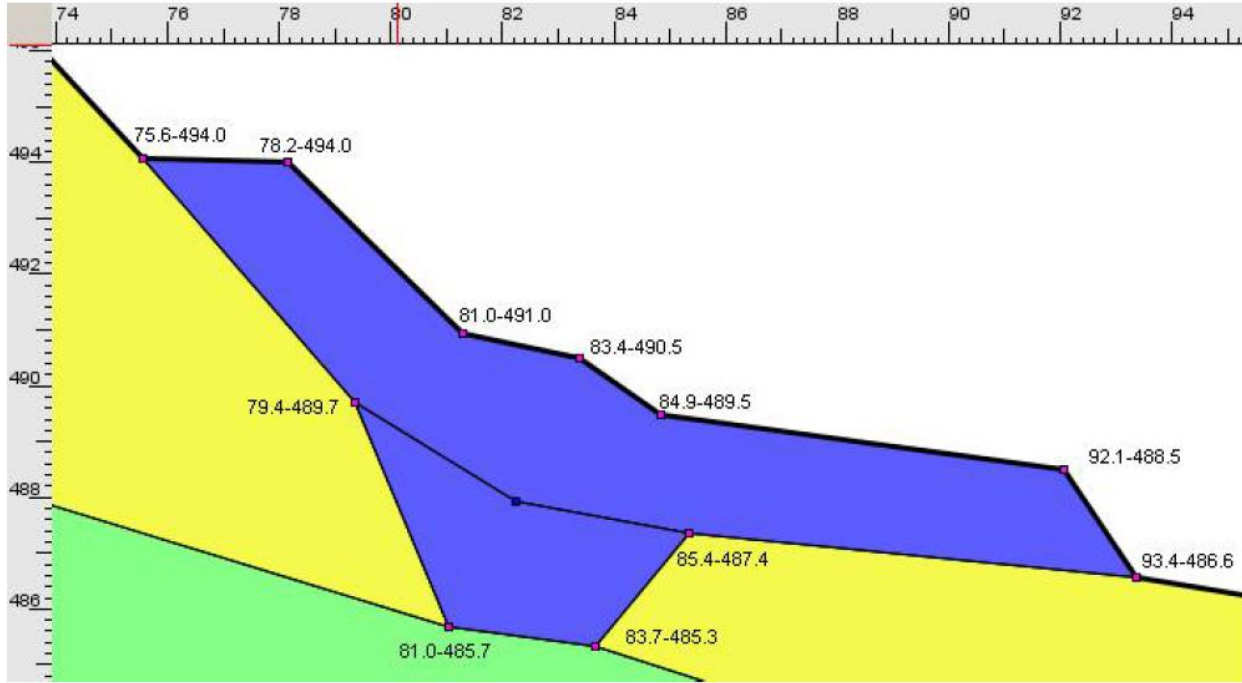
Analiz no	Topoğrafya	Deprem	Kazıklı perde	Kaya dolgu	GS
1	Heyelan öncesi	-	-	-	1.00
2	Heyelan sonrası	-	-	-	1.07
3	Heyelan sonrası	0.2 g	-	-	0.81
4	Heyelan sonrası	0.2 g	D=0.8m, L=20m	-	1.16-0.84
5	Heyelan sonrası	-	D=0.8m, L=20m	Var	1.51
6	Heyelan sonrası	0.2 g	D=0.8m, L=20m	Var	1.43-1.08

Min GS veren kayma yüzeyi perde önünde

Kazıkların teşkil edilmesi ile genel güvenlik sağlansa da, kazık ile mevcut heyelan düzlemiarasında kalan kısmın güvenliği yine kritik düzeyde olduğu yapılan analizler sonucu ortayaçıkmiştir. Bu durumda mevcut şevin hemen önüne pasif direnci arttırmak amacıyla kayadolgu (berm) kullanılması gerekmektedir. Mevcut şevin topuğunda teşkil edilecek kaya dolgunun kesiti Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekilüzzerinde dolgunun kırım noktalarının koordinatları metre cinsinden okunabilir.



**Şekil 5.**Analiz no.6 çözümü



Şekil 6. Önerilen kaya dolgu kesiti

## 6. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada Karabük, Zopran'da bulunan trafo merkezi alanını çevreleyen duvarlarının hemen önünde gerçekleşen heyelanın kontrolüne ve güvenlik altına alınmasına yönelik olarak yapılanlar özetlenmiştir. Heyelan alanına aktarılmakta ve yamacı beslediği kesin olan atık su hattının ivedi söz konusu bölge dışına taşınması gerekmektedir. Tüm bunların yanında trafo alanına yeni tesis ve inşaat yapılmamalı, sürücü kuvvetler artırılmamalıdır. Yamacın ve dolayısı ile tesisin uzun vadede güvenli hale getirilmesi için öncelikli olarak heyelan tacını kapsayacak biçimde delme kazıklı perde kullanılması önerilmektedir. Kazıkların teşkil edilmesi ile genel güvenlik sağlansa da, kazık ile mevcut heyelan düzlemi arasında kalan kısmın güvenliğinin yine kritik düzeyde olduğu yapılan analizler sonucu ortaya çıkmıştır. Bu durumda mevcut şevin hemen önüne pasif direnci arttırmak amacıyla kaya dolgu (berm) kullanılması gerekmektedir. Dolgunun kontrollü bir şekilde sıkıştırılarak kuru mevsimde yerleştirilmesi gerekmektedir.

## References

- [1] Duncan, J.M., Wright, S.G. Zemin Şevlerinin Duraylılığı. Wiley. Çeviren: Kamil Kayabalı, Gazi Kitabevi, 2005.
- [2] Önalp, A., Arel, E. Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği. Birsen Yayınevi, 2004.
- [3] Bol, E., Özocak, A., Sert, S. Su Kaçaklarının Şev Stabilitesi Üzerindeki Etkileri. 5. Geoteknik Sempozyumu, Çukurova Üniversitesi, Adana, 5-7 Aralık 2013.
- [4] Önalp, A., Bol, E., Özocak A., Sert, S. Geoteknik Rapor: Karabük ili, Merkez İlçesi, Zopran Köyü, Organize Sanayi Bölgesi. Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2012.