

## Şırnak Kömür Madeni Atık Şeyl Yığınlarının Statik Analizleri

Y.İ. Tosun

Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Böl.73000, Merkez-Şırnak

H. Ceylan

Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Böl. 32200, Çünür Isparta

**ÖZET:** Şırnak kömür madeni atık şeyl yığınları şehrin daha düzlük yerleşme alanının içerisinde kalmaktadır. Çevreye uygun olarak atık şeyl yığınlarının tasarımı ve reklamasyonu gerekmektedir. Bu nedenle şu andaki yığınların jeoteknik özellikleri, statik nitelikleri bu çalışmada ele alınmaktadır. Katı atık düzenli depolama sahalarının deprem, sel veya diğer statik ve dinamik tehlikelere göre kararlılık analizi işletmede gerekmektedir. Bu nedenle Şırnak ilinin civarındaki kömür maden atık yığınlarının çevreye duyarlı olarak değerlendirilmesi gerekir. Yığınların neden olabileceği potansiyel ve aktif heyelan sahaları incelenmiş, GEO 5 programı ile jeoteknik açıdan irdelenmesi ve duraylılık analizleri yapılmıştır. S1, S2, S3 ve S4 no'lu yamaçların 1/1000 ölçekli topoğrafik haritaları arazi çalışmalarıyla hazırlanmış ve yığının yapısal kesitleri çıkarılmıştır. Yığından alınan zemin örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile yamaç molozunun fiziksel ve mekanik özellikleri; Efektif içsel sürtünme açısı ( $\phi^{\circ}$ )  $17^{\circ}$ - $22.5^{\circ}$ , Efektif kohezyonu (c')  $0.5$ - $1.8$  kg/cm<sup>2</sup>, maksimum kuru birim hacim ağırlık  $1.87$ - $2.05$  g/cm<sup>3</sup>, doymun birim hacim ağırlık  $1.97$ - $2.24$  g/cm<sup>3</sup>, Tane birim hacim ağırlığı ( $\gamma_s$ )  $2.47$ - $2.60$  g/cm<sup>3</sup>, Permeabilite katsayısı  $4 \times 10^{-4}$  -  $5.5 \times 10^{-4}$  cm/s, olarak belirlenmiş ve ayrıca tane dağılım testleri yapılmıştır. Yamaçların hazırlanan kesitlerinde, GEO 5 programında olası deneme kayma yüzeyleri irdelenmiştir. Yığın malzemenin belirlenen jeoteknik özellikleri de kullanılarak GEO5 programı ile Fellenius, Spencer, Bishop, Janbu ve Hoek-Bray yöntemleri aracılığı ile güvenlik katsayıları belirlenmiş ve hesaplanan değerlere göre S3 ve S4 no'lu yamaçların duraylı oldukları S1 ve S2 no'lu yamaçların ise duraysız durumda olduğu tespit edilmiştir.

**ABSTRACT:** Earth movements in the highly populated urban residential areas, can lead to high loss of life and greatly damage to buildings and other property forms at an important geological risk. For this reason, active and passive landslide areas should be identified, required measures to be taken of these areas must be determined by performing geotechnical investigations and stability analyses. Also landslide in making decisions on land development fields, especially in high-risk areas should not be allowed in urban construction. For this reason, the various districts of the province of Şırnak, active and potential landslide areas, mining and geotechnical stability analyses were conducted. The drilling and laboratory geotechnical engineering properties of materials are determined by experiments. S1, S2, S3 and S4 hillsides to develop landslide slopes 1/1000 scale topographic maps and geological field studies prepared by processing units on the map the geological cross-sections were prepared. By laboratory experiments carried out on soil samples taken from fields of physical and mechanical properties of slope dump; effective angle of internal friction ( $\phi^{\circ}$ )  $17^{\circ}$  - $22.5^{\circ}$ , effective cohesion (c')  $0.5$ - $1.8$  kg/cm<sup>2</sup>, the maximum dry unit weight  $1.87$  - $2.05$  g/cm<sup>3</sup>, the saturated unit weight  $1.87$ - $2.24$  g/cm<sup>3</sup>, dry unit weight, unit weight ( $\gamma_s$ )  $2.47$ - $2.60$  g / cm<sup>3</sup>, permeability coefficient of  $1 \times 10^{-4}$  -  $6.5 \times 10^{-4}$  cm / s. The particle distribution were determined. Geological sections were prepared, according to slopes, the geotechnical properties of the material is evaluated by the trial slip surfaces using the Fellenius, Bishop, and Hoek-Bray methods, Janbu method. The safety factors were determined and calculated according to the values the S1, S2 slopes were unstable hillsides and for S3and S4 slopes the conditions were found to show stable close.

## 1. GİRİŞ

Kitle hareketlerini tetikleyen başlıca faktörler yerçekiminin yanı sıra, kayan malzemenin jeolojisi, yağışlar, erozyon, deprem ve bitki örtüsü yoksunluğu olarak sıralanabilir. Kayma tehlikesinin belirlenmesinde ve gelecekte oluşabilecek dinamiklerin tahmin edilebilmesinde limit gerilme ve denge analizleri doğru sonuçlar vermektedir (Hök ve Bray, 1977; Lambe ve Whitman, 1969).

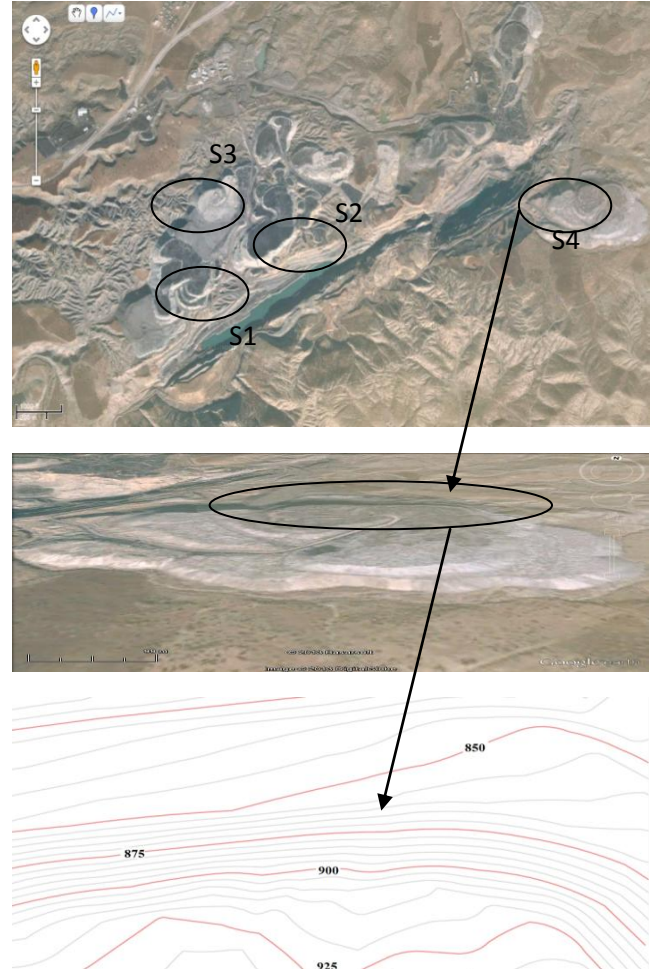
Yoğun yağışlar, sismik, yer altı su seviyesinde yaşanan değişimler, erozyon, iklim, ayrışma gibi süreçler, topografyası kritik alanlarda yamaç kaymalarını tetikleyici doğal parametreleri oluşturur. Bu etkiler kayma gerilmesini artırır veya yamaç malzemesinin kayma direncini düşürür (Bishop, 1955; Hök, 1970). Yamaçlarda gelişen kentleşmenin getirdiği, konut, ticaret, sosyal alanların yaratılması ve alt yapı faaliyetleri gerçekleştirilmesi gibi kentsel kullanımların hayata geçirilmesi stabiliteyi bozabilmektedir.

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, dağlık alanlardaki arazi topolojiye uygun olarak kullanılmamakta ve yanlış arazi kullanımı yamaç kayma olasılığını arttırmaktadır.

Her yıl çok ağır yaşam kayıplarına sebep olan, yarattıkları maddi hasar ise milyonlarca lirayı bulan yer kaymaları dünyada olduğu gibi Türkiye’de de en önemli jeoteknik tehlikelerden birisidir (Ulusay, 1982; Ulusay, 1989). Ülkede son yıllarda gelişen önemli heyelanlar, araştırmacılar (Ulusay, 1982, Paşamehmetoğlu, 1989, Anbalagan, 1992) tarafından farklı yöntemler ile araştırılmakta ve jeoteknik karakterleri ve oluşum süreçleri belirlenmektedir. Benzer jeoteknik şartlara sahip alanlar için araştırmacıların iki temel teorisi vardır (Ulusay, 1982, Güz 1987). Birisi, heyelanlar, geçmişte olduğu gibi aynı jeolojik, jeomorfolojik, hidrojeolojik, iklimsel şartlarda oluşurlar. Bir diğeri ise, heyelanların tipleri ve özellikleri de aynı olacaktır. Bundan dolayı geçmiş heyelanların mekanizmasını ve özelliklerini bilmek, gelecekte, komşu bölgelerde veya jeoteknik olarak benzer alanlarda gelişebilecek heyelanları değerlendirmek için önemli bir temel bilgi oluşturmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, dağlık alanlardaki arazi topolojiye uygun olarak kullanılmamakta ve yanlış arazi kullanımı heyelan gelişme olasılığını arttırmaktadır. Bu sebeple, ilgili alanın fiziksel çevresi, değişimi ve verimliliği açısından sürdürülebilirlik sağlanamamaktadır (Bishop, 1955; Hök, 1970).

Şırnak ili ve çevresindeki alanların jeolojik haritası yapılarak, yüzey birimlerin mühendislik jeoteknik özellikleri belirlenmiştir (Anonim,2012). Yamaçların, büyük ölçekli topografik haritalar üzerine jeoloji haritası işlenmesi bölgedeki ilk heyelan çalışmalarından biri olmuştur. Yamaçların mühendislik özelliklerinin belirlenmesiyle, gelecekte belediye imar planlarının yapılandırılmasında önemi ve alanın jeoteknik kritiğine dikkat çekilmesi amaçlanmıştır.

Olası statik zorluklardaki şevlerin stabilitesi yığınlar için atık depolama kriterleri olarak incelenmiştir. Yığınların şev stabilitesine etki eden parametreleri irdelenerek, olası anomal durumlar ve risk analizleri haritada belirtilmiştir. Kömür atık şev yığınlarının çevreyi tehdit etmeyecek ve işletmeyi sıkıntıya sokmayacak boyutlarda inşası önerilmektedir. Statik malzeme özelliklerinin karakterizasyonu ve katı atık depolama alanlarının sismik tasarımı zor bir işdir. Büyük yığın malzemelerin heterojen olması nedeniyle statik ve dinamik analizlerin yapılması gerekir. Bu yönde, Şırnak ili alanı içerisinde, kentin güneyinde ve merkeze 7 km mesafede olan Kömür maden ocağının atık yığınları (Şekil 1) kent içerisinde değerlendirilmektedir.



Şekil 1. Şırnak İli Kömür Ocağı Yığınlarının Uydur Haritası S4 Topografik Haritası 1/1000.

Çalışma alanı ve çevresindeki 3 km<sup>2</sup> lik bir alanın 1/1.000 ölçekli mühendislik topografik haritası yapılmış, ayrıca yapılan sondaj ve laboratuvar jeoteknik deneyleri ile malzemelerin mühendislik özellikleri belirlenmiştir (Anonim c 2011). Yakın yerleşim birimlerine uygun, dibindeki dereyi ve göleti doğaya kazandıracak koşulda yığın yamaçların tasarımı ve jeoteknik özellikleri incelenerek duraylılık analizleri farklı yöntemlerle GEO5 programıyla gerçekleştirilmiştir. Bu proje kapsamında kentsel kullanıma açılacak olan çalışma alanı ve çevresini kapsayan 3 km<sup>2</sup>'lik alanda 1/1.000 ölçekli mühendislik haritası arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda hazırlanmış ayrıca kutupsal koordinat sistemi kullanılarak arazi çalışmalarıyla her dört yamaca ait topoğrafik harita oluşturulmuştur.

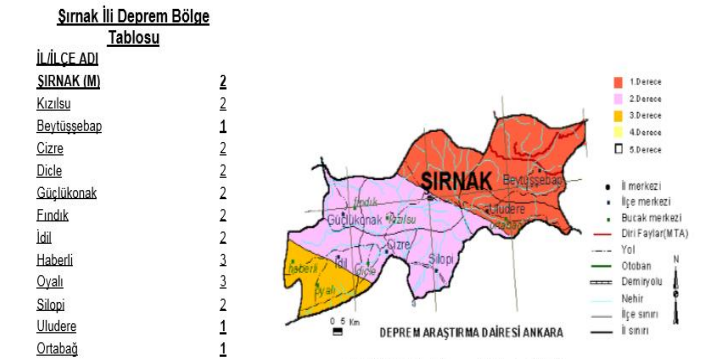
## 2. ŞIRNAK İLİ DEPREM JEOLojİSİ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi tektonik yapısı ve stratigrafisi itibarıyla jeotermal enerji için gerekli hazne kaya ve örtü kaya özelliklerine sahip olmasının yanında, bölgede oluşan fay sistemleri ve özellikle gerilme çatlakları boyunca yerin derinliklerine kadar inen sular jeotermal enerji için gerekli akışkanın oluşmasını sağlayabilecek konumdadır. (Altınlı, 1978) Bölge genelinde kuzey-güney yönlü sıkışmanın etkisiyle yer kabuğu doğu-batı yönünde bir gerilmeye tabi olmuş ve oluşan gerilme çatlakları boyunca astenosferden olivinli bazaltik magma yükselmiştir (Anonim, 2010).

Diyarbakır-Şanlıurfa-Mardin arasında kalan Karacadağ bölgesinde, Gaziantep Yavuzeli yöresinde ve İdil-Cizre yöresinde yüzeye kadar çıkan bazaltik magma birkaç evre halinde akarak geniş alanları lav akıntıları altında bırakmıştır. Batman'ın kuzeyinde olduğu gibi, yeryüzüne ulaşmayan magma birkaç yerde sokulumlar yaparak sıcak alanlar meydana getirmiştir. Bu durum MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan, bölgenin jeolojik haritasında açıkça görülmektedir. İnceleme alanındaki litostratigrafi birimi yaşlıdan gence Mardin Volkanitleri (Üst Miyosen), Eski Alüvyon (Kuvaterner), Yeni Alüvyon (Kuvaterner) ve Yamaç Molozu (Kuvaterner) olarak ayırtlanmıştır. Volkanitleri, Tüf, aglomera ve andezitik bazaltik lavlardan oluşmaktadır. İnceleme alanının büyük bir bölümünü oluşturan spilitik bazalt lavları, çalışma alanında kadar yüzeylenme gösterirler.

Şırnak ili 1. Dereceye sınır bir yerleşim alanındadır, ancak 2. Derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Yapılaşmadaki kusurlar ve yetersizlikler ilimizde de

görülmektedir. Şekil 2 de görüleceği üzere Beytüşşebap ilçesinin deprem riskine karşılık Uludere Ortabağ ilçelerinde risk 1'inci derecede olmaktadır. Cizre ve Merkez 2'inci derece riskli alandır.(Özmen 1987)



Şekil 2. Şırnak İli Deprem Risk Haritası

Örnek olarak yaşanan civardaki yıkımlı depremler bu bölgenin de büyük bir risk taşıdığını gösterir.

## 3. ZEMİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

### 3.1. Arazi Çalışmaları

Şırnak il merkezinin güneye eğimli bir topoğrafya üzerinde bulunduğu gözlenmiştir. Arazide genel olarak kıltaşı ve silt taşından oluşmuş formasyonlar gözlenmiştir. Şırnak ili merkezinin Germav Formasyonunda olduğu bilinmektedir. Germav Formasyonu, aşınmaya karşı dayanımsızlığı nedeniyle hızlı bir şekilde aşınarak, yüksek eğime sahip bir topoğrafya oluşturduğundan yer yer heyelan oluşmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle özetle Şırnak il merkezi genellikle eski heyelanlar sebebiyle kumlu, karbonatlı, killi, siltli birimlerin karışmasından oluşan örselenmiş Germav Formasyonu üzerinde yer almaktadır.

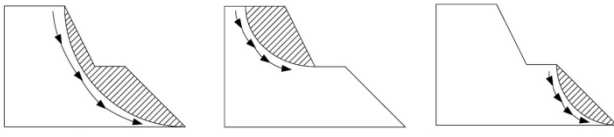
Yamaç molozları, derenin güneyinden (Şekil 1) çalışma alanı sınırına kadar uzanır. Arazi gözlemleri ile yamaç molozlarının miyosen kireçtaşlarından oluştuğu belirlenmiştir. Kalınlıkları son derece değişkendir (Anonim d, 2011). Arazide yamaç eğiminin azaldığı yerlerde nispeten daha az mostra verirler.

İnceleme alanında Kömür Ocak atık yığınları (Şekil 1) güneyine kadar gözlenen yeni alüvyon birikintilerinin yüzeylenmeleri gri marn şeyldir. Bu kısım genel olarak siltli toprak ile kaplı olup bazı kesimleri ise kumlu ve killi zonlardan ibarettir. İl Özel İdaresi tarafından 35 m' ye kadar yapılan sondajlarda yeni alüvyonun devam ettiği belirlenmiştir. Yamaç Molozları, inceleme alanında Deresinin güneyine

doğru, yerleşmiştir. Tane boyları ince kil ile iri kum arasında değişir. Boylanma ve derecelenme görülmeyen molozların kalınlıkları 10-35 cm arasında değişir .

### 3.2. Jeoteknik Özellikler

Yığın alanlarında yüzeylenen zeminlerin jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneylerde Türk Standartları 1990-91(TSE, 1987). ve Amerikan Standartları (ASTM 3080) esas alınmıştır. İnceleme alanındaki yığınların ve burada yapılan sondajların içeriklerinin gösterimi Tablo 1 de verilmiştir. S1, S2 ve S3 nolu alanların incelemeleri 2013 yılında yapılmıştır (ASTM, 1990).



**Şekil 3.** S1 İnceleme alanının olası kayma yamaç kesitleri, kayma temsili yüzeyleri.

İnceleme alanındaki (Şekil 3) heyelanlı bölgelerde yamaç molozunun ince taneli kısımlarından örselenmemiş ve örselenmiş örnekler alınmıştır. Örselenmiş örnekler üzerinde yapılan deneylerde dane dağılım eğrileri, dane birim ağırlık ve kıvam limitleri elde edilmiştir.

Örselenmemiş örnekler üzerinde ise kesme kutusu deneyleri yardımı ile örnekler için efektif kohezyon ( $c'$ ) ve efektif kayma direnci açısı ( $\phi'$ ) bulunmuştur.

Kesme Kutusu deneyinde kullanılan örselenmemiş zemin örnekleri TS 1900,1901 e göre alınmıştır.

Ayrıca bu deneylerin yapımı esnasında malzemenin birim hacim ağırlığı, sıkışma miktarı ve boşluk oranı belirlenmiştir.

Plastik ve likit limit deneylerinde elde edilen sonuçlar her bir örnek için Çizelge 1'de verilmiştir. Leonard(1962)'in sınıflamasına göre S1 ve S2 no'lu yığınların içinde bulunduğu yamaç zemini plastik değil grubundadır, S3 ve S4 no'lu yığınların bulunduğu yamaç zemini ise aynı değerlendirmeye az plastik olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 1.** Yığınların yamaçlarından alınan örnekler üzerinde yapılan jeoteknik testlerden elde edilen sonuçlar.

Örnek No	S1	S2	S3	S4
Örneklerin alındığı Kot (m)	925	921	933	927
Wopt,%	15,9	13,7	10,8	11,4
$c'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,52	0,59	0,63	0,55
$\phi'$	22,5	22,5	21	20
Lı(%)	26	15	28	17
Pı(%)	19	11	18	22
Ip (%)	10	9	8	12
$\gamma_s$ g/cm <sup>3</sup>	2,40	2,50	2,40	2,30
Birleştirilmiş Zemin sınıflaması	SP(Kum ve çakıllı)	SP(Kum ve çakıllı)	SP(Kum ve çakıllı)	SP(Kum ve çakıllı)
$\gamma_{doğal}$ g/cm <sup>3</sup>	1,82	1,76	1,90	1,70
$\gamma_{kuru}$ g/cm <sup>3</sup>	1,65	1,61	1,78	1,60
Kum ve çakıllı				
$\gamma_{doygun}$ g/cm <sup>3</sup>	2,02	1,84	2,01	1,80

**Çizelge 2.** Proktor ve permeabilite deney sonuçları

Örnek no	S11	S12	S13	S21	S22	S31	S32	S41	S42	S43
$\gamma_k$ max g/cm <sup>3</sup>	1,68	1,89	1,93	1,93	1,67	2,05	1,98	1,90	1,69	1,88
wopt %	15,9	12,9	10,8	19,0	15,8	12,3	13,8	13,0	15,9	12,8
Permeabilite (k) (cm/s)	$5,63 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$5,65 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$5,62 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$

Zemindeki su içeriği, kil oranından önemli ölçüde etkilenenektir. Zeminin içindeki kil yüzdesine göre değerlendirildiğinde zemin örnekleri kohezyonsuz veya az kohezyonlu özellik göstermektedir.

Yığınların bulunduğu sahalardan alınan örnekler üzerinde yapılan deneylerle elde edilen tane birim hacim ağırlıkları Çizelge 1'de gösterilmiştir. Tane boyutuna göre zemin cinslerinin belirlenebilmesi için, dane dağılım deneyi gerçekleştirilmiş ve sonuçları

değerlendirilerek birleştirilmiş zemin sınıflamasındaki adları ve yerleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Zeminin geçirgenliğini tespit etmek amacıyla sabit seviyeli geçirimsizlik deney aleti kullanılmıştır. Deney sonuçlarının değerlendirilmesiyle zeminin geçirimsizlik derecesi tespit edilmiştir (Çizelge 2). Çizelge 2 incelendiğinde S1, S2, S3 ve S4 nolu yamaçların geçirimsiz zemin sınıfına girdiği görülmektedir.

Yığınlardan alınan zemin örnekleri üzerinde yapılan Proktor deneyleri sonucunda elde edilen  $\gamma_k$  ve  $w_{opt}$  değerleri Çizelge 2 de verilmiştir. Bu deneyle birlikte zemindeki optimum su muhtevası ve maksimum kuru birim hacim ağırlık belirlenerek, yamaçların stabilite hesaplamalarında kullanılmaktadır. Doğal bir şevnin stabilitesini sıkıştırma parametreleri etkilemez. Çünkü bu parametreler istenilen şekilde sıkıştırılan zemine ait parametrelerdir. Yapay şevlerde sıkıştırma parametreleri doğrudan kullanılır. Doğal bir şevde heyelan tehlikesi varsa, sıkıştırma yapılması durumunda bu parametreler kullanılarak stabilite analizleri karşılaştırılır. Heyelan tehlikesine karşı alınacak önlemlerde şev önüne sıkıştırılmış dolgu yapılabilir veya şevde kademeli şev eğimi yapılabilir. Aynı zamanda doğal zemin bir miktar kazılarak tekrar sıkıştırma parametrelerine göre sıkıştırılır. Bu durumda stabilite analizlerinde sıkıştırılmış zemine ait parametreler kullanılabilir.

Dört ayrı yamacın farklı noktalarından alınan örneklerin, kayma direnci parametrelerini belirleyebilmek için kesme kutusu deneyi gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonunda  $c'$  ve  $\phi'$  değerleri bulunmuştur. Ayrıca Şekil 3 de Heyelanların güvenlik katsayısı değerlerinin GEO5 programında Fellenius, Bishop ve Janbu ya göre hesaplanması verilmiştir. Fellenius yöntemi; Bu metod da kayma yüzeyi dairesel silindriktir. Kayan kütle mümkün olduğu kadar eşit aralıklarda dilimlere ayrılır (Görög ve Török , 2006, Görög ve Török , 2007).

Dilimler arası kuvvetlerin aynı doğrultuda fakat zıt yönde ve birbirine eşit olduğu kabul edilirse, bunlar analizde hesaba girmezler. Geride sadece dilim ağırlığı, zemin reaksiyonu, kohezyon, sürtünme mukavemeti ve varsa, sızıntı kuvvetleri ile dilim dengededir. Kısmen suya doygun zeminlerde drenajsız koşullarda yapılan dayanım testleriyle tayin edilen kırılma zarfı bir noktadan sonra normal gerilim eksenine paralel olmaz ve zemin hem kohezyonlu hem de içsel sürtünmeli olarak davranır. Toplam gerilim analiz yöntemi, bu koşulda kapsayacak şekilde ve kayan kütle belirli sayıda düşey dilimlere ayrılarak stabilitenin incelenmesidir. Bishop metodu; Bütün stabilite problemlerinde olduğu gibi bu metod  $ta'$  da başlangıç kayması bir postular olarak alınmakta ve şev

limit dengedeymiş gibi kabul edilerek denge denklemleri çıkartılmaktadır. Bishop, toplam gerilme yerine efektif gerilmelerle analizi yapmaktadır. Bu metod Taylor ve Fellenius’un getirdiği metotlardan daha ileridir (Anonim a,2013, Anonim, b 2009). Janbu Metodu; Bu yöntem dairesel olsun olmasın her tipteki kayma yüzeyi için kullanılabilir (Vaneckova vd., 2011, Pruska 2009). Şev stabilite analizlerinde homojen yarma ve dolgularda meydana gelen dairesel kaymalarla, dairesel olmayan daha genel tipteki kaymaların stabilite analizleri için dilimler arası kuvvetleri de göz önüne alan bir metottur (Pruska 2009, Anbalagen, 1992).

Herhangi bir şevdeki zeminin, çok zayıf kaya kütlelerinin veya pasa malzemesinin özellikleri şev boyunca çok sık olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Zemin-kayaç dokunağı gibi zayıf yapısal bir özellik ve düşük makaslama dayanımlı düzlemsel seviyelerin varlığı halinde dairesel kayma analiz yöntemlerinin uygulanabilirliği ortadan kalkmaktadır (Hutchinson, 1995, Dramis 1989, Hoek, 2013). Bu tür koşullarla kaymalar; dairesel olmayan veya şev tepesine yakın kesimlerde dairesel olarak başlayan derinlerde düzlemsel olarak devam eden yüzeyler boyunca gelişmektedir (Hoek 2013).

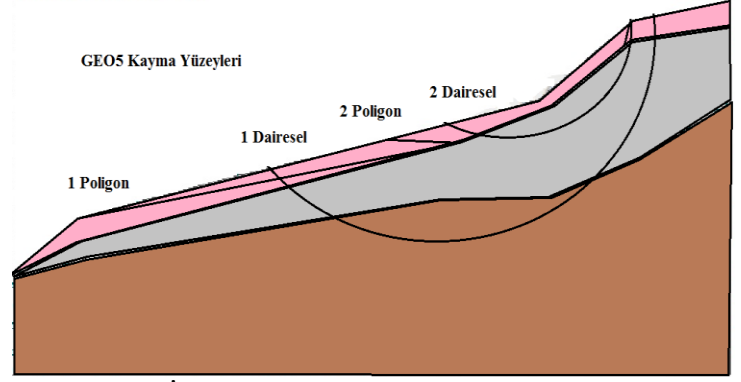
### 3.2. Yamaç Haritalarının Alımı- Şev Analizleri

Jeoteknik verilerin değerlendirilebilmesi için yamaçların 1/1000 ölçekli topoğrafik haritaları arazi çalışmalarıyla hazırlanmıştır. Harita yapımında kutupsal koordinat sistemi esas alınmış ve Topcon GTS 702 elektronik aleti kullanılmıştır. Yükseklikler 1200 m kotlu tepedeki nirengi noktasına göre verilmiştir. İnceleme alanındaki söz konusu 4 yamaç için hazırlanan topoğrafik haritalar Şekil 1 de verilmiştir. Bu 4 yamaçta, duraylılık açısından aktif ve potansiyel alanlar, arazide yığın üzerinde yapılan yüzey çalışmaları sonucunda çıkarılmıştır.

Yapılan çalışmalara göre yığınların duraysız geliştiği bölgeler ve çevresindeki göreceli hareketlerin gözlemlendiği alanlar aktif yığın sahası olarak belirlenmiştir. Göreceli hareketler yüzeydeki gerilme çatlaklarından yararlanılarak belirlenmiştir. Potansiyel kayma alanları ise söz konusu aktif sahaların çevresindeki gerilme çatlaklarının bulunduğu ancak göreceli hareketlerin şu an gözlenemediği alanlara karşılık gelmektedir. İnceleme alanında 4 ayrı yamaçtan alınan topoğrafik kesitler üzerine dolgu yüzeyle meler işaretlenerek dolgu kesitler hazırlanmıştır.

Yamaçlara ait güvenlik katsayıları limit denge prensibine göre çizilen değişik kayma yüzeyleri için

Bishop, Janbu ve Fellenius yöntemleri ile dairesel kayma diyagramları GEO5 programı kullanılmıştır. Güvenlik katsayıları sınırlamalarında TS 8853 (TSE, 1991) esas alınmıştır. Yapılan laboratuvar deneylerinde  $c'$  ve  $\phi'$  efektif ve maksimum direnç parametrelerine göre bulunmuştur. Arazide görülen gerilme çatlaklarında zaman içerisinde hareketlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bu durumda kayma yüzeylerindeki içsel parametrelerin laboratuvarlarda bulunanlardan daha küçük çıkacağı başka deyişle kalıcı değerlere daha yakın olacağı açıktır. Bu açıdan sınır güvenlik katsayısı olarak 1.5 değeri alınmıştır.



Şekil 5. S4 İnceleme alanının yamaç kesiti GEO5 ve duyarlılık analizi.

### 3.3. S4 Nolu Yığın- Yamaç Analizi

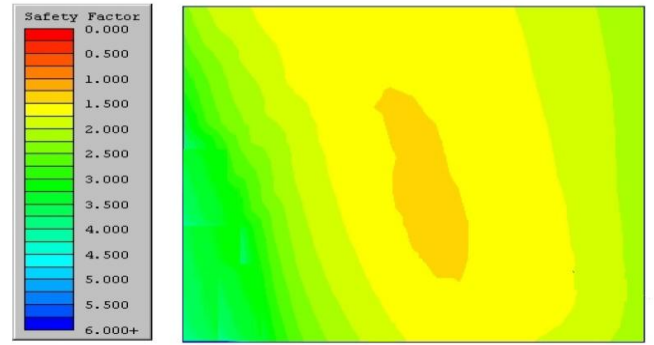
S4 nolu yığında yağışlar sonrasında yamaçta küçük boyutlu hareketlerin olduğu yapılan arazi çalışmalarında gözlenmiştir. S4 no'lu yığının geliştiği yamaç, yamaç molozu ile kaplıdır (Şekil 4) . S4 nolu yığının tepe ve topuk noktası arasındaki maksimum kot farkı 45 m, Yamacın maksimum yüksekliği 75 m, Yamaç yüzeyi eğim açısı ise  $28^\circ$  dir.

İl özel İdare tarafından gerçekleştirilen sondajlardan elde edilen bilgiye göre yamaç molozu kalınlığı 11-20 m değişmektedir. Yapılan incelemelerde S2 nolu yığının bulunduğu yamaçta yer altı su seviyesi 35 m tabanda gözlenmiştir. S2 nolu yığındaki yamaçta yapılan duraylılık hesaplamalarında  $c'= 0,9 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\phi'=22^\circ$  ,  $\gamma_{\text{doğal}} = 1.97 \text{ g/cm}^3$  ve  $\gamma_{\text{kuru}}= 2.27 \text{ g/cm}^3$  değerleri kullanılmıştır.  $\gamma_{\text{kuru}}$  ve  $\gamma_{\text{doğal}}$  a göre ayrı ayrı hesaplanan olası kayma yüzeylerine ait güvenlik katsayısı değerleri Şekil 5' de görülmektedir. Hoek-Bray' a göre güvenlik katsayısı değeri ise 1.5 olarak belirlenmiştir. Şekil 5 incelendiğinde sınır güvenlik katsayısı 1.5 olarak alındığı için Poligon 1 ve Poligon 2 nolu kayma yüzeylerinin duraysız oldukları kolayca görülebilmektedir. 3 ve 4 nolu kayma yüzeyleri ise  $\gamma_{\text{kuru}}$  ya göre yapıldığında sınır değerlerin üzerinde duraylı olduğu,  $\gamma_{\text{doğal}}$  a göre incelendiğinde ise duraylı olduğu görülmektedir.



Şekil 4. S4 İnceleme alanının yamaç kesiti.

Arazi çalışmaları boyunca bu yamaçta yapılan gözlemlerde su akışı dere kenarında meydana gelen malzemeyi alıp götürdüğü ve yağış sonrası da ufak kopmaların, akmalara meydana geldiği gözlenmiştir. Yamaçta ait duraylılık risk haritası ve GEO5 programı ve risk kesiti ile hesaplamaların yapıldığı yüzeyler Şekil 6'te verilmiştir. Buna göre yığının dere kenarı civarında küçük boyutlu kayma riski olduğu görülmektedir.



Şekil 6. S4 İnceleme alanının GEO5 ve duraylılık risk haritası, 1.5 Emniyet faktörü Duraylılık Sınırı.

## 4. SONUÇLAR

Şırnak kentsel alan sınırına yakın bölgede yer alan Kömür Ocağı Atık yığınları 4 ayrı birimindeki yamaçların duraylılıkları ve yamaçlardan alınan zemin örneklerinin jeoteknik özellikleri arazi çalışmaları ve laboratuvar deneyleriyle araştırılmıştır. Yamaçta ait stabilize risk haritası ve GEO5 programı risk kesiti ile hesaplamalar irdelenmiştir.

Zemin örnekleri üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri sonucunda yamaç zemin malzemesinin geçirimli olduğu, kohezyon değerinin  $0.3 - 2.2 \text{ kg/cm}^2$ , içsel sürtünme açısının  $17.5 - 22.4^\circ$  arasında değiştiği, birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre yamaç malzemesinin genelde SP, SW ve SC grubu zeminlerden oluştuğu belirlenmiştir. Bu bilgiler

ışığında gerçekleştirilen duraylılık analizlerinden, S3 ve S4 nolu yamaçların stabil olduğu, S1 ve S2 nolu yamaçların ise stabil olmadığı sonucuna varılmıştır.

Yapılan arazi incelemeleri sonucunda özellikle mayıs ve haziran aylarında karların erimesiyle tepe de görülen debi artışının yamaçların topuğunda şiddetli erozyon oluşturduğu ve bu etkiyle yamaç duraylılığına olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. 1, 2 ve 3 nolu yamaçlarda etkili olan bu durumun önüne geçilebilmesi için topuğa akarsuyun taşıyamayacağı boyutlarda kaya malzemesinin yığılması veya dere nin ıslah edilmesi gerekmektedir.

Şırnak Kenti ve çevresi, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre birinci derecede tehlikeli bölge içerisinde yer almaktadır. Bu bölge Güney Doğu Anadolu Fayı etki alanında kaldığı için yörede sık depremler meydana gelmekte ve bu depremlere bağlı olarak da bazı tektonik hareketler oluşmaktadır. Bu hareketler neticesinde de yamaçların duraylılığı tehlikeye girmektedir. Bu sebeple kentsel kullanıma açılacak yamaçların duraylılıklarının araştırılması gereği vardır.

Bitkiler, yağış sularının kitle içine süzülmesini kolaylaştırmakta ve yüzeysel akışı yavaşlatmakta ve azaltmaktadır. Bu ise kütlelerin erozyona uğramasına engel olmaktadır. Kökleri derine ulaşan bitkilerin kökleri mekanik olarak kitlelerin dengesini artırır. Ayrıca yer altı sularını absorbe ederek kütlelerin kurumasına sebep olurlar bir başka deyişle kayaçların su içeriğini azaltırlar. Çalışma alanının bitki örtüsünden yoksun olması duraylılık açısından olumlu olan bu etkilerden faydalanmayı engellemekte ve dolayısıyla yamaçları dengede tutan tutucu kuvvetlerde azaltma olmaktadır. Bu sebeple bitki örtüsü bakımından zenginleştirilmesi yığının stabilitesinde önemli bir parametredir. Ancak derinliği 30 m ye varan kayma yüzeyleri için bitki örtüsünün duraylılığa etkisi minimal olacaktır. Ayrışma kayaçların büyük ölçüde değişikliğe uğramasına, taneler arasındaki bağın zayıflamasına ve tamamen yok olmasına neden olmaktadır. Çalışma alanında ayrışma sonucu zayıflayan kayaçlar kolayca erozyona uğramakta yamaç ve şevlerin eğim açıları ile yüksekliklerini değiştirmektedir. Çalışma alanındaki kayaçlarda görülen ayrışma da duraylılık problemlerine olumsuz katkı sunmaktadır.

Çalışma alanında gerçekleştirilen jeoteknik analiz neticesinde, gelecekte çok büyük boyutlu yığınlar için tehlike değerlendirilmeli ve sahaya uygun reklamasyon yöntemleri belirlenmelidir. Ayrıca çalışma alanının proje kapsamında kentsel kullanıma açılacak olması sebebiyle de bölgede duraysızlığı

önleyici yöntemler araştırılması ve geliştirilmesi ayrı bir önem arz etmektedir.

## SEMBOLLER

$c'$  kg/cm<sup>2</sup> : Efektif Kohezyon

$c$  kg/cm<sup>2</sup> : Kohezyon

$\Phi^0$  : Efektif içsel sürtünme açısı

$\Phi_0$  : İçsel sürtünme açısı

$\tau$  kg/cm<sup>2</sup> : Kesme gerilmesi

$\sigma$  kg/cm<sup>2</sup> : Normal gerilme

$I_p$  : Plastisite indeksi

$L_1$  : Likit limit

$P_1$  : Plastik limit

$W_{opt}$  : Optimum su muhtevası

$\gamma_{doğal}$  g/cm<sup>3</sup> : Doğal birim hacim ağırlık

$\gamma_{doygun}$  g/cm<sup>3</sup> : Doygun birim hacim ağırlık

$\gamma_{kuru}$  g/cm<sup>3</sup> : Kuru birim hacim ağırlık

$\gamma_{kmax}$  g/cm<sup>3</sup> : Maksimum kuru birim hacim ağırlık

$\gamma_s$  g/cm<sup>3</sup> : Tane birim hacim ağırlık

$k$  : Permeabilite katsayısı

S1,S2,S3,S4: 1, 2, 3, 4 nolu yığınlar

S11 : 1 nolu yığının 1 nolu bölgesinden alınan örnek

SP : Birleştirilmiş zemin sınıflamasında; kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az veya hiç yok

## KAYNAKLAR

- Altınlı, E. İ., 1978 "Uluslararası Stratigrafi Kılavuzu" TPAO Yerbilimleri Yayınları, Ankara, Nuray Matbaası.,
- Anbalagan, R., 1992, Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain" Engineering Geology, 32:269-277,
- Anonim, 2010, Şırnak İl Özel İdare Raporu.
- Anonim, a 2013, GEO5 - Engineering Manuals - Part 1, - Part 2. <http://www.finesoftware.eu/geotechnical-software/>
- Anonim, b 2009, GEO5 - FEM - Theoretical Guide <http://www.finesoftware.eu/geotechnical-software/>
- Anonim, c 2011, "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası", Afet ve Acil durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara
- Anonim, d 2011, Şırnak İl Özel İdare Raporları.
- ASTM, 1990 "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Condition", D3080-90,
- Bishop, A.W., 1955, The use of the slip circle in the stability analysis of earth slopes, Geotechnique, Vol. 5, 7-17.
- Dramis, F., Sorriso-Valvo, M., 1994 "Deep-Seated gravitational slope deformations, related landslides and tectonics", Engineering Geology 38, 231- 243.,
- Erguvanlı, K, ve Erdoğan, Y., "Yeraltı Suları Jeolojisi", İTÜ yayınları No: 23, Maçka İstanbul, Nisan 1987
- Görög P & Török Á, 2007 Slope stability assessment of weathered clay by using field data and computer modelling: a case study from Budapest ,Natural Hazards and Earth System Sciences, 7, 417-422, [www.nat-hazards-earth-syst-sci.net](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net)
- Görög P & Török Á, 2006, Stability problems of abandoned clay pits in Budapest, IAEG2006 Paper number 295 , The Geological Society of London

- Güz, H , 1987, “Geoteknikte Gelişmeler”, DSİ Yamaç ve Şevlerin Stabilitesi ve Dayanma Yapıları Semineri, Samsun
- Höek, E., 1970, Estimating the stability of excavated slopes in opencast mines, Institution of Mining and Metallurgy, A105, A132
- Höek, E. ve Bray, J.W., 1977, Rock slope engineering, Stephen Austin and Sons Ltd, Hertford, 402 s.
- Hoek, E., 2013. Practical Rock Engineering, Hoek notes by Evert Hoek. <http://www.roscience.com>
- Hutchinson, J.N., 1995”Landslide hazard assessment. Keynote paper. In: Bell DH (ed) Landslides, Proceeding of 6th international symposium on landslides”, Christchurch, New Zealand, vol 1. Balkema, Rotterdam, pp 1805–1841,
- Kılıç, R.,Ulamış, K., “Gölbaşı (Ankara) Güneyindeki Kütle Hareketlerinin İncelenmesi”, Mühendislik Jeolojisi Bülteni, Bulletin Of Engineering Geology, Sayı: 20 (75-86).
- Lambe, W.T. ve Whitman, R.V., 1969, Soil mechanics, John Wiley and Sons, New York
- Leonard G.C. 1962, Foundation Engineering , McGraw-Hill Book Co. Inc. NewYork.
- Özmen E ve diğerleri, 1987 “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası”, Afet işleri Genel Müdürlüğü, Ankara
- Paşamehmetoğlu, A.G., Özgenoğlu, A., Karpuz, C, 1991, Kaya Şev Stabilitesi, 2. Baskı , T.M.M.O.B Maden Müh. Odası Yayınları, Ankara, Mayıs,.
- Pruška, J., 2009, Comparison of geotechnic softwares - Geo FEM, Plaxis, Z-Soil , XIII ECSMGE, Vaníček et al. (eds). CGtS, Prague,ISBN 80-86769-01-1, (Vol. 2)
- TSE, 1987 “İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuar Deneyleri”, TS 1900, UDK 624.131, 1. Baskı, Ankara, Nisan
- TSE, 1987 “İnşaat Mühendisliğinde SondajYolları İle Örselenmiş ve Örselenmemiş Numune Alma Yöntemleri”, TS 1901, UDK 622.233- 624.131.36, 1. Baskı, Ankara, Nisan.
- TSE, 1991 “Yamaç ve Sevlerin Dengesi ve Hesap Metodları-Zeminde”, TS 8853, UDK 624.137- 624.131, 1. Baskı, Ankara, Şubat.
- Ulusay, B 1982, Şev Açılarının İlk Yaklaşım Olarak Hesaplanmasında İki Yeni Pratik Yöntemin Konya-Çumra Manyezit Sahasına Uygulanışı, Jeoloji Müj.Der.Ocak 30-41
- Ulusay, R., “Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler”, JMO yayınları, Ankara, 1989.
- Ulusay, R., 1982 “Şev Stabilitate Analizlerinde Kullanılan Pratik Yöntemler ve Geoteknik Çalışmalar”, MTA Yayınları, Eğitim Serisi, 25,
- Vaneckova, V , Laurin J, Pruska J, 2011, Sheeting Wall Analysis by the Method of Dependent Pressures, Geotec Hanoi - ISBN 978 - 604 - 82 - 000 - 8 ID No./ pp. 7
- Wiley, L., 1987 “Slope Stability Geotechnical Engineering and Geomorphology”, England,