

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜZERİNDE BİTKİ ÖRTÜSÜ OLMAYAN KARAYOLU
ŞEVLERİNDE KÜTLE HAREKETLERİNE NEDEN OLAN
FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ: KASTAMONU-KARABÜK
KARAYOLU ÖRNEĞİ**

Ufuk KADER

**Danışman
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi**

**Doç. Dr. Arif Oğuz ALTUNEL
Dr. Öğr.Üyesi İnci Sevinç Kravkaz KUŞCU
Dr. Öğr.Üyesi Ender BUĞDAY**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

KASTAMONU – 2019

TEZ ONAYI

Ufuk KADER tarafından hazırlanan "Üzerinde Bitki Örtüsü Olmayan Karayolu Şevlerinde Kütle Hareketlerine Neden Olan Faktörlerin İncelenmesi: Kastamonu-Karabük Karayolu Örneği" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve ~~oy birliği~~ / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Doç. Dr. Arif Oğuz ALTUNEL
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi İnci Sevinç Kravkaz KUŞÇU
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Ender BUĞDAY
Çankırı Karatekin Üniversitesi



30/09/2019

Enstitü Müdürü Doç. Dr. Nur BELKAYALI



TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.

Ufuk KADER



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÜZERİNDE BİTKİ ÖRTÜSÜ OLMAYAN KARAYOLU ŞEVLERİNDE KÜTLE HAREKETLERİNE NEDEN OLAN FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ: KASTAMONU-KARABÜK KARAYOLU ÖRNEĞİ

Ufuk KADER
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Arif Oğuz ALTUNEL

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) ülkemizin jeolojik ve topoğrafik yapısından kaynaklanan zemin koşulları nedeniyle, aktif veya potansiyel heyelanlı bölgelerden yol güzergâhı geçirme problemi ile karşı karşıya kalmaktadır. Yolun gerek proje, gerekse yapım aşamalarında heyelana ve toprak kaymalarına eğimli olan arazilerde jeolojik-jeoteknik araştırma çalışmaları yürütülmektedir. Sadece drenaj tedbirleri ile bertaraf edilebilen sorunlardan, ankrajlı kazıklı perde ile sabitlenmeye kadar, çok geniş bir yelpazede maliyetleri göz önüne almayı gerektiren sorunlara güzergâhlar belirlendikten sonra çözüm geliştirilmesi gereği çok açık bir şekilde kabul görmüştür.

Çalışmalar farklı ölçek ve birçok farklı yöntem kullanılarak sürdürülmüş ve sürdürülmektedir. Bu çalışma, Kastamonu-Karabük karayolu üzerindeki kazı şevleri üzerinde yürütülmüştür. Her bir kazı şevi, açı ve mesafeleri elektronik algılayan total-station beraberinde drone kullanılarak mikro ölçekte modellenmiş ve toprak örnekleri alınarak toprak analiz sonuçları ile değerlendirme yapılmıştır. Kazı şevlerinin muhtevasında yoğun miktarda yer alan kil miktarındaki fazlalık ve aşırı şev eğimlerinden dolayı bozulmaların yaşandığı tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Karayolu şevi, mikro düzey modelleme, kırılma direnci, toprak özellikleri

2019, 41 sayfa
Bilim Kodu: 1205

ABSTRACT

MSc. Thesis

ANALYSES OF THE FACTORS CAUSING MASS MOVEMENTS IN THE UNVEGETATED HIGHWAY SLOPES: A CASE STUDY OF KASTAMONU – KARABUK HIGHWAY

Ufuk KADER

Kastamonu University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Forestry Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Arif Oğuz ALTUNEL

Abstract: Slope failure occurs when the downward movements of material due to gravity exceeds the shear strength. Therefore, factors that tend to increase the shear stresses or decrease the shear strength increase the chances of failure of a slope. Different processes can lead to reduction in the shear strengths of rock mass. Increased pore pressure, cracking, swelling, decomposition of clayey rock fills, creep under sustained loads, leaching, strain softening, weathering, cyclic loading and the lack of stabilizing vegetation are common factors that decrease the shear strength of slope masses.

In contract to this the shear stress in highway slopes may increase due to additional loads at the top of the slope, increases in water pressure through cracks at the top of the slope, increases in soil weight due to increased water content, excavations at the bottom of the slope and seismic effects. In the scope of this project, the six frequently broken back-slopes were be modeled, measuring simulaneously with a total station and drone and the soils samples were collected from two depths. Heavy clay content and extreme slope gradients were found responsible in failures.

Key words: Highway back-slopes, Micro-scale slope modelling, Slope breaking strength, Soil features

2019, 41 page

Science Code:1205

TEŞEKKÜR

Öncelikle, yüksek lisans çalışmamın araştırma süresinden itibaren sürekli desteği, sabrı, motivasyonu ve vizyonunu her zaman benimle paylaşan değerli tez danışmanım Doç. Dr. Arif Oğuz ALTUNEL'e içten teşekkür eder, şükranlarımı sunarım. Onun rehberliği, bu tezin her aşamasında bana yardımcı oldu.

Danışmanımın yanı sıra, tezin çeşitli aşamalarında yorumları ve cesaretlendirmeleri sonucu, araştırmamı şekillendirmeme imkan veren jüri üyelerim Dr. Öğr. Üyesi İnci Sevinç Kravkaz KUŞÇU'ya, ve mesleğimde uzmanlaşmamda yardımını her ihtiyacım olduğumda sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Ender BUĞDAY'a ve Arş. Gör. Dr. Emre AKTÜRK'e samimiyetimle teşekkür ederim.

Daima yardımlarıyla ve kalpleriyle yanımda olan değerli arkadaşlarım; Saike Sibel BARUT ve Volkan EMİROĞLU'na yürekten teşekkür ederim.

Son olarak, tezin araştırılması ve yazılması sürecinde beni teşvik eden ve benim için dua eden aileme ve kız arkadaşıma derinden teşekkür ederim.

Ufuk KADER

Kastamonu, Eylül, 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
TABLolar DİZİNİ	x
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	8
2. MATERYAL VE YÖNTEM	10
2.1. Materyal.....	10
2.2. Yöntem	11
2.2.1. Toprak Örneklerinin Alımı	12
2.2.2. Laboratuvar İşlemleri	12
2.2.3. Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizlerinde uygulanan yöntemler.....	13
3. BULGULAR.....	14
3.1. Çalışma Alanı 1	14
3.2. Çalışma Alanı 2	17
3.3. Çalışma Alanı 3	19
3.4. Çalışma Alanı 4	22
3.5. Çalışma Alanı 5	24
3.6. Çalışma Alanı 6	27
3.7. Toprak Analizi.....	30
4. TARTIŞMA	33
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	35
KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ	41

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Manisa Sabuncubeli tüneli ve Trabzon ve Erzurum illeri arasında ulaşımı sağlayan Gümüşhane çevre yolu.....	1
Şekil 1.2. Trabzon ve Erzurum illeri arasında ulaşımı sağlayan Gümüşhane çevre yolu örneği	2
Şekil 1.3. Karayolunda istinat duvarına dair örnek (Bursa-Eskişehir yolu)	4
Şekil 1.4. Yeraltı ve yağmur sularının tahliye şeklini gösteren şev kesiti (Drainage aggregate: Toplanan Drenaj- Drainpipe: Tahliye borusu).....	5
Şekil 1.5. Karayollarında yüzeye uygulanan drenaj sistemleri örnekleri	5
Şekil 1.6. Şev üzerinde suyun tahliyesini gösterir şekil.....	7
Şekil 1.7. 5 nolu çalışma alanından çekilen fotoğraf	8
Şekil 2.8. Kastamonu-Karabük İlleri arasındaki çalışma sahalarını gösterir harita	10
Şekil 2.9. Araziden alınan toprak örneklerinin laboratuvarda kurutulması	12
Şekil 3.10. 1 nolu Çalışma Alanına Ait Alan Sınırı ve Total Station Kullanılarak elde edilmiş Nokta Bulutu	14
Şekil 3.11. 1 nolu Çalışma Alanına Ait Nokta Bulutundan Oluşturulmuş Eğim Haritası	15
Şekil 3.12. 1 nolu Çalışma Alanına Ait Ortofoto Görüntüsü.....	15
Şekil 3.13. 1 nolu Çalışma Alanına Ait DSM Haritası	16
Şekil 3.14. 1 nolu Çalışma Alanına Ait DSM'den Oluşturulmuş Eğim Haritası.....	16
Şekil 3.15. 2 nolu Çalışma Alanına Ait Alan Sınırı ve Total Station Kullanılarak elde edilmiş Nokta Bulutu	17
Şekil 3.16. 2 nolu Çalışma Alanına Ait Nokta Bulutundan Oluşturulmuş Eğim Haritası	17
Şekil 3.17. 2 nolu Çalışma Alanına Ait Ortofoto Görüntüsü.....	18
Şekil 3.18. 2 nolu Çalışma Alanına Ait DSM Haritası	18
Şekil 3.19. 2 nolu Çalışma Alanına Ait DSM'den Oluşturulmuş Eğim Haritası.....	19
Şekil 3.20. 3 nolu Çalışma Alanına Ait Alan Sınırı ve Total Station Kullanılarak elde edilmiş Nokta Bulutu	19
Şekil 3.21. 3 nolu Çalışma Alanına Ait Nokta Bulutundan Oluşturulmuş Eğim Haritası	20
Şekil 3.22. 3 nolu Çalışma Alanına Ait Ortofoto Görüntüsü.....	20
Şekil 3.23. 3 nolu Çalışma Alanına Ait DSM Haritası	21
Şekil 3.24. 3 nolu Çalışma Alanına Ait DSM'den Oluşturulmuş Eğim Haritası.....	21
Şekil 3.25. 4 nolu Çalışma Alanına Ait Alan Sınırı ve Total Station Kullanılarak elde edilmiş Nokta Bulutu	22
Şekil 3.26. 4 nolu Çalışma Alanına Ait Nokta Bulutundan Oluşturulmuş Eğim Haritası	22
Şekil 3.27. 4 nolu Çalışma Alanına Ait Ortofoto Görüntüsü.....	23
Şekil 3.28. 4 nolu Çalışma Alanına Ait DSM Haritası	23
Şekil 3.29. 4 nolu Çalışma Alanına Ait DSM'den Oluşturulmuş Eğim Haritası.....	24
Şekil 3.30. 5 nolu Çalışma Alanına Ait Alan Sınırı ve Total Station Kullanılarak elde edilmiş Nokta Bulutu	24

Şekil 3.31. 5 nolu Çalışma Alanına Ait Nokta Bulutundan Oluşturulmuş Eğim Haritası	25
Şekil 3.32. 5 nolu Çalışma Alanına Ait Ortofoto Görüntüsü.....	25
Şekil 3.33. 5 nolu Çalışma Alanına Ait DSM Haritası	26
Şekil 3.34. 5 nolu Çalışma Alanına Ait DSM'den Oluşturulmuş Eğim Haritası.....	26
Şekil 3.35. 6 nolu Çalışma Alanına Ait Alan Sınırı ve Total Station Kullanılarak elde edilmiş Nokta Bulutu	27
Şekil 3.36. 6 nolu Çalışma Alanına Ait Nokta Bulutundan Oluşturulmuş Eğim Haritası	27
Şekil 3.37. 6 nolu Çalışma Alanına Ait Ortofoto Görüntüsü.....	28
Şekil 3.38. 6 nolu Çalışma Alanına Ait DSM Haritası	28
Şekil 3.39. 6 nolu Çalışma Alanına Ait DSM'den Oluşturulmuş Eğim Haritası.....	29

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Tüm alanlarda eğim analizi istatistikleri.....	30
Tablo 3.2. Araziden alınan toprak tekstürlerinin analizi.....	30
Tablo 3.2.'nin devamı	31
Tablo 3.2.'nin devamı	32

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür

1. GİRİŞ

Karayolları, toplumların güvenilir konforlu bir ulaşım ve beraberinde ekonomik gelişme sağlayabilmesi için, bünyesinde barındırması gereken yapı taşlarının belki de en önemlilerinin başında gelmektedirler. Yolların temel prensibi, iki nokta arasının olabildiğince kısa bir güzergâh kullanılarak birleştirilmesine ilkesine dayanmaktadır (Umrao, Singh ve Singh, 2015). Fakat jeolojik ve topoğrafik koşullar bu hedefin her defasında sağlanabilmesine imkân vermemektedir. Dünyanın dört bir tarafında ve ülkemizde planlanan ve gerçekleştirilen yol projelerine, bu sebeplerden dolayı tünel, köprü ve viyadüklerin eklenmesi kaçınılmazdır. (Umrao, Singh ve Singh, 2015) (Şekil 1.1). Planlanmış olan yol güzergahlarında değişiklik yapılmaması adına projelere dahil edilen bu eklentiler ise yol maliyetlerini önemli ölçülerde etkilemekte ve artırmaktadır (Shane, Molenaar, Anderson ve Schexnayder, 2009). Uygun düzeyde yol planlaması yapılabilmesi için jeolojik ve topografik etkileri minimize edilmeli, en uygun yol ve inşaat alanı genişliği sağlamalı ve stabil bir yol sunulmalıdır (Görçelioğlu, 2004).



Şekil 1.1. Manisa Sabuncubeli tüneli ve Trabzon ve Erzurum illeri arasında ulaşımı sağlayan Gümüşhane çevre yolu

Ülkemiz jeolojik ve topoğrafik yapısından kaynaklanan zemin koşulları nedeniyle, aktif ve heyelan potansiyeli yüksek bölgelerden yol güzergahı geçirme problemini sürekli yaşamaktadır. Yol yapımı sırasında, kazı ve dolgu şevlerinde oluşan ve

tedbiri alınmayan yamaç eğimlerinden dolayı kırılma hareketleri yaşanabilmektedir. Eğimin yüksek olduğu alanlarda yapılan kazı şevleri, hem yüzeysel akışı hem de yer altı su akışlarını olumsuz etkilemektedir (Buğday, Göl, Ediş ve Ercanlı, 2015).

Heyelanlarda ve toprak kaymalarında eğim göz önüne alındığında, karşılaşılmaması muhtemel sorunlara yönelik araştırmalar yürütülmeli, mühendislik çözümleri geliştirilmelidir. Bir yolun tasarlanması ve projelendirilmesi topoğrafik ve jeolojik etkenlerin iyi şekilde etüt edilmesi ile başlamaktadır. Arazi durumunu gösteren topoğrafik ve jeolojik haritaların yanı sıra arazide mevcut kazı-dolgu, heyelan-erozyon ve fay hatları yolun tasarlanmasında göz önüne alınması gereken önemli diğer kriterlerdir. Ayrıca yol platformunun üzerine oturacağı zeminin stabilitesi, taşıma yeteneği, hidrojeolojik yapısı ve yarma şevlerinden çıkacak malzemenin, dolgu şevlerinde kullanılabilir nitelikte olup olmaması da, yol inşasında önemli ilave hususlar olarak sayılabilir. Yamaç eğiminin artması, üzerindeki materyalin olduğu yerde tutunabilmesini zorlaştıracak, inşa esnasında ortaya çıkacak kazı ve dolgu şevlerinin hacimsel olarak büyümelerine, aynı zamanda bu iş kalemleri için düşünülen maliyetlerin de artmasına sebep olabilecektir (Şentürk, 1989). Yamaç eğimlerinin yüksek olmasından kaynaklanacak şev stabilitesi sorunlarını kontrol edebilmek için uygulanan mühendislik çözümleri günümüzde yaygın biçimde projelere dahil edilmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Trabzon ve Erzurum illeri arasında ulaşımı sağlayan Gümüşhane çevre yolu örneği

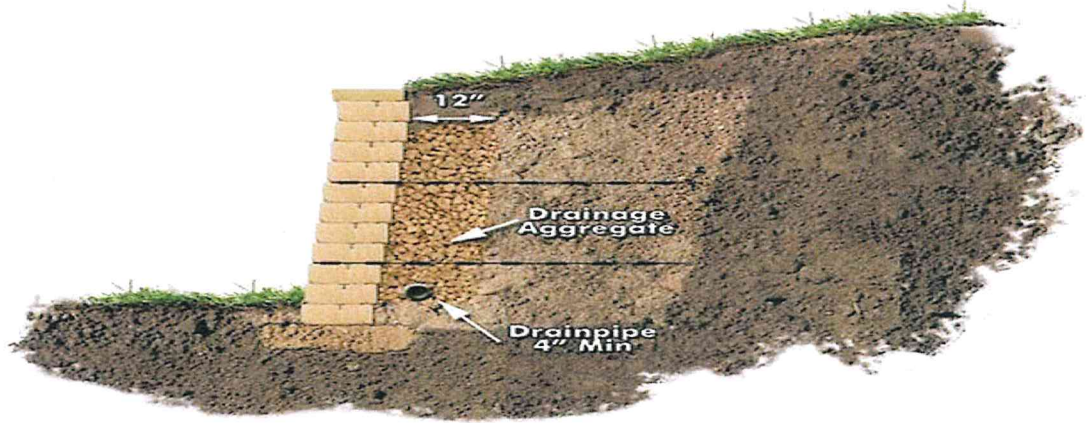
Ekolojik ve hidrolojik açıdan şevlerde insan ihtiyaçlarından dolayı gerçekleştirilmesi gereken işlemler sonucunda doğal dinamiklerin bozulması bunun sonucunda da sıkıntılar yaşanabilmesi kaçınılmazdır. Karayolu şevlerinin eğimlerine gereken özen gösterilmemesi şevin ihtiyaç duyacağı mühendislik yapılarından mahrum bırakılması ve yüzeyi koruyucu bir vejetasyon örtüsünün dahi tesis edilmemesi erozyon, kütle hareketi ve toprak kayması risklerini ister istemez doğurmaktadır (Buğday vd, 2015). Kütle hareketlerinin görüldüğü şevlerin topuklarına ahşap, beton ya da çelik kazıklar çakmak veya istinat duvarları olarak adlandırılan taş duvarların inşa edilmesi yukarıda bahsedilen mühendislik yapılarından bazılarıdır. Tabii zeminler ile toprak, kum, çakıl gibi doğal malzemelerden oluşan dolgu zeminler farklı iki kot arasında düşey bir düzlem halinde bırakıldıkları takdirde çoğu zaman dengede duramazlar. Yaşanabilecek bozulmayı engellemek için ülkemiz genelinde en çok tercih edilen yöntem istinat duvarı yapmaktır. Yol kenarlarında, dere yatak tahkimatlarında ve aşırı meyilli arazilerde toprak kaymasını engellemek ve suyun zemini aşındırmasını önlemek amacıyla bu duvarlar kullanılır. Bu sanat yapıları şevlerin irtifadan dolayı geniş ve uzun yüzeyler oluşturduğu durumlar ve dik şev açılarında dolayı kayma ve kopma ihtimali bulunan yüzey malzemesinin yol platformlarına inmesini engellemek için tatbik edilen, en belli başlı çözüm olarak öne çıkmaktadırlar (Düzgün, Bozdağ ve Paşamehmetoğlu, 1996). Bu yapılar yanal etki eden kuvvetleri kendi ağırlıklarıyla taşımaktadırlar.

Bunlar, arazilerin dik yamaçlarının kaymasını engellemek, dolgu şevlerini stabil halde tutmak ve kazı şevlerinde meydana gelen oyulmaları ve dökülmeleri önlenmek için kullanılmaktadırlar (Tümerkan, 1976) (Şekil 1.3). Proje dahilinde arazi şartları hesaplanarak uygulanmaktadırlar.



Şekil 1.3. Karayolunda istinat duvarına dair örnek (Bursa-Eskişehir yolu)

Karayolu yapım çalışmalarında; bitki örtüsünün kaldırılması evapotransprasyonu değiştirmekte, infiltrasyon düzenini bozmakta, yağmur sularının ve karın erimesiyle oluşan suların alışıık olduğu hidrolojik dengeyi olumsuz etkilemektedir. Bundan dolayı toprak kaymalarında su her zaman üstesinden gelinmesi gereken önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Buğday, Özen ve Menemencioğlu, 2015; Özçelik, 1982). Heyelanların ve toprak kaymaların %52'sinin potansiyel teşkil edebilecek sorunlu bölgelerinde yer aldığı bilinmektedir. Sorun teşkil edebilecek bu potansiyeller yüzey üstünde biriken sular ve zemin altındaki suların etkisiyle oluşmaktadır. Yerel su koşullarının bilinmesi, inşa edilecek yol şebekelerinin projelendirilmesi ve hayata geçirilmesinde diğer etkenler kadar önemlidir. Suyun şevlere olumsuz etkileri olacağı bilinmesi gerektiği gibi, alınacak tedbirlerle şevin aşındırılması bertaraf edilerek stabil halde kalması sağlanmalıdır (Çağlarer, 1986). Şevlerdeki su akıtma hendeklerinin ve hendeklerde toplanan suların yola zarar vermeden yamaç tarafından saha dışına dolguya zarar vermeyecek şekilde akıtılması yapılan yatırımın korunması açısından önem arz etmektedir. Buna istinaden duvar arkasında birikecek su basıncını azaltmak ve fazlasının atılımını sağlamak için duvara drenaj delikleri yerleştirilmektedir (Şekil 1.4, Şekil 1.5).



Şekil 1.4. Yeraltı ve yağmur sularının tahliye şeklini gösteren şev kesiti (Drainage aggregate: Toplanan Drenaj- Drainpipe: Tahliye borusu)



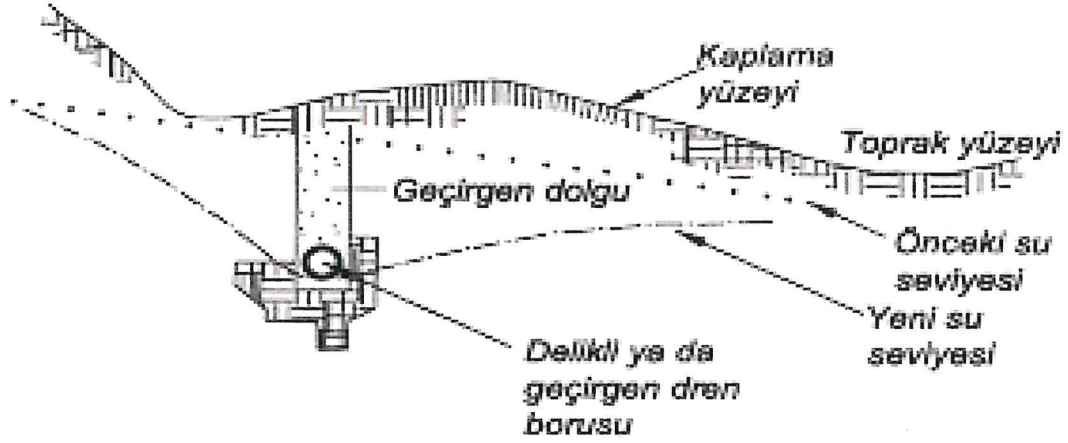
Şekil 1.5. Karayollarında yüzeye uygulanan drenaj sistemleri örnekleri

Toprak kayması, bir düzlem ya da yüzey üzerindeki kitlenin hareketlenmesi şeklinde ifade edilmektedir (Cook ve Younger 1986). Yani şevler üzerindeki, taş, toprak ya da daha büyük boyutlu malzemenin, çeşitli nedenlerden ötürü, üzerinde yerleşik olduğu yüzeyle olan bağlantısının zayıflaması sonucu, aşağı yönde harekete geçmesi olarak ifade edilmektedir (Withlow, 1995). Kayma, şev stabilitesi ile karşılaşılan güçlükler içerisinde, çözüm üretilmesi gereken en önemli sorunların başında gelmektedir (Çağlarer, 1976; Atalay ve Bekaroğlu, 1973). Ülkemizde karayolu şevlerinde meydana gelen toprak kaymalarının en büyük sebeplerinden bir tanesi, inşa süresince

ortaya çıkan büyük şev açılarının oluşması ve bunları stabilize edici tedbirlerin layıkıyla ve zamanında uygulanmıyor olmasıdır. Buldozer ve ekskavatör gibi makinaların kullanıldığı şevlendirme çalışmalarında şev eğimlerinin doğru verilememesi oluşturulan kazı ve dolgu materyallerinde meydana gelen bozulmalarla birlikte toprak kayıplarının yaşanmasına ve varsa drenaj sistemlerinin beklenen hizmeti görememelerine sebep olmaktadır. (Buğday vd, 2015).Yol inşası neticesinde istikrarlı doğal durumları bozulan yüzeylerde karşılaşılan olumsuz durumlar;

- Yol platformunu oturtmak maksatlı büyük kazı ve dolgu şevleri oluşturarak yeraltı sularının doğal deşarj güzergâhlarını kesintiye uğratma
- Zayıf bir zemini olduğundan fazla dolgu ile yüklemek
- Özellikle dolgu şev açılarının yüksek bırakılması sonucu, şev topuklarına aşırı yük binmesine neden olmak
- Yeraltı sularının kazı ya da dolgu işlemleri sonucu, akış yönlerini değiştirmesiyle sızma basınçlarının artmasına neden olmak
- Dik şevlerde yarma yapılamamasından dolayı, tüm yol platformunu dolgu zemin üzerine oturtmak (Atalay ve Bekaroğlu, 1973).

Şevin stabil halde durabilmesinde önemli bir adım, toprakların taşıma ve tutunma kuvvetlerinin ölçülmesi veya tahmin edilmesidir. Karabük Safranbolu karayolunda zaman zaman yaşanan toprak kaymaları neticesinde karayollarına ait 36 metrelik bir istinat duvarının 2014 yılında çökmesi ve yine Amasya'nın Taşova ilçesi ile bağlantısını sağlayan D-100 karayolunun, 22. kilometresindeki heyelan nedeniyle istinat duvarının 2015 yılında yıkılması, durumun ciddiyetine dair iki örnektir. Su etkisi dışındaki kayma nedenleri arasında sırasıyla; ayrışma, dik yamaç ve şev eğimleri, zemin koşulları ve diğer nedenler olarak belirtilmektedir (Akçelik ve Chung ve Besley, 1998). Yağış sıklığı ve yoğunluğu, mevsimlere göre dağılışı biçimi ve formu, şevlerde önce erozyonu devamında kaymayı tetikleyen önemli bir abiotik faktör olarak öne çıkmaktadır (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Şev üzerinde suyun tahliyesini gösterir şekil

Tahliye edilemeyen su şevler üzerindeki toprağın kaymasını zorlayan kuvveti büyütmekte, hem de sürtünme direncini azaltarak, kütle hareketlerinin oluşmasına zemin hazırlamaktadır (Burroughs ve King 1990; Erdaş 1997). Bu durumdan dolayı, drenaj sistemleri, suyun şevden uzaklaştırılmasını sağlayan önlemlerin alınmasında ve toprak kaymalarının önlenmesinde etkinlikleri kanıtlanmış çözümler olarak öne çıkmaktadırlar (Çağlarer, 1986).

Şev topuklarında mühendislik yapılarının uygulanmasının önemi ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, şev yüzeyi altında seyreden yeraltı sularının sağlıklı bir şekilde tahliyesi sağlanmadığı durumlarda, şevin alt kısımlarında kazınma ve oyulmaların meydana geldiği belirtilmektedir (Tarhan, 1996).

Bitkilendirmeninde, şevlerde mekanik tutunmanın tesis edilmesi sayesinde erozyon ve toprak kaymasına karşı koruma sağladığı bildirilmektedir (Gray ve Leiser, 1982; Wu vd, 1994). Bitki kökleri toprağı güçlendirerek ya da bağlayarak toprak kaymasına karşı dengeyi sağlayabilecek bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Bitki köklerinin toprağı örümcek ağı gibi sarması ile zeminde kayma engellenmekte ve mukavemet artmaktadır. (Cook ve Younger, 1986). İlaveten, bitkiler kökleri vasıtasıyla topraktan emdikleri suyu evapotranspirasyon neticesinde uzaklaştırarak, yağışlarla oluşan su fazlalığının ortam dışına çıkarılmasına da katkıda bulunmaktadır

(Wu vd, 1994). Karayolu çevresindeki alanlarda ve yol şevlerinde yapılacak bitkilendirmeler de bu sayılanlardan ötürü büyük önem taşımaktadır. Kazı ve dolgu şevlerinin, içinde buldukları koşullar dikkate alınmadan öncelikli olarak yörelere özgü doğal türler kullanılarak bitkilendirilmesi, bu sebeplerden dolayı önem arz etmektedir. Oluşan kaymaların büyük bir kısmı uygulamada göz ardı edilen tedbirlerin alınmamasından kaynaklanmaktadır (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. 5 nolu çalışma alanından çekilen fotoğraf

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yamaç ve şev stabilitesini eğimli arazi parçalarındaki sürtünme kuvvetini ve sürtünme direncini kontrol eden topoğrafik, jeolojik ve iklimik değişkenler belirler. Buralardaki kütle hareketleri, makaslama zorlanmasının yamaç veya şevi oluşturan materyallerin sürtünme direncini aşması halinde meydana gelir. Stabil zemin ile harekete geçen kütle arasındaki sınırı oluşturan kritik yüzey (kopma yüzeyi) boyunca kütleli kaymaya zorlayan kuvveti büyüten, ya da aksine sürtünme direncini zayıflatan herhangi bir değişken ya da faktör, yamaç veya şevde kütle hareketine neden olabilir. Bunların neler olduklarının araştırılması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada, Kastamonu İlini Karabük İline bağlayan karayolu üzerinde, her kış mevsimini takiben, istinat duvarlarını aşarak karayolu kenar hendeklerinde biriken ve

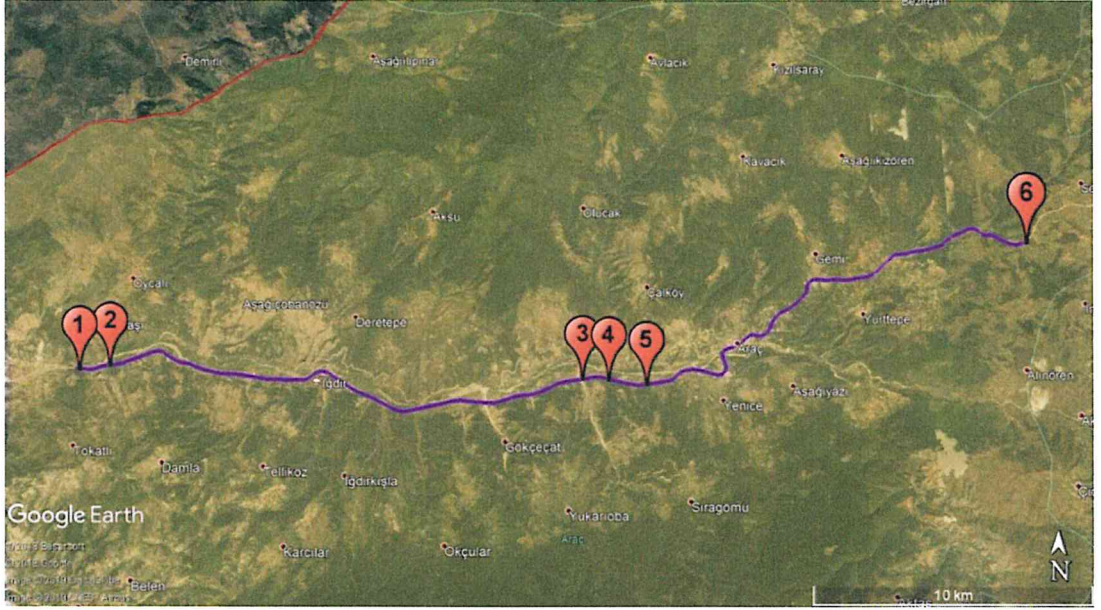
sürekli olarak müdahaleyi gerektiren toprak yığınlarından, tespit edilen 6 adet kazı şevinde yaşanan bozulmaların sebeplerini tespit etmek için yürütülmüştür. Her bir kazı şevi, total station ve drone kullanılarak mikro ölçekte modellenmiş ve toprak örnekleri de 0-15 cm ve 15-30 cm'den iki aşamalı alınarak, geçirgenlik, hacim ağırlığı, doyumluk, organik madde ve tekstür tayini yapılmıştır. Bahsi geçen güzergah üzerinde yer alan şevlerin tamamı herhangi bir müdahale görmeden toprak zemin olarak her türlü hava koşuluna açık bırakılmaktadırlar. Büyük çoğunluğu toprak nitelikli olduklarından, stabiliteyi güçlendirmeye yönelik herhangi yapısal bir güçlendirme ile donatılmamışlardır. Durum böyle olunca da, ilkbahar da ve özellikle yaz başı başlayan ani ve yüksek hacimli yağışlarda, bu şevlerin bazıları altlarındaki istinat duvarlarını aşarak, karayoluna akacak nitelikte inceden kabaya her türlü malzemeyi tutamayıp eğim aşağı serbest bırakmakta ve kenar hendeklerde birikmektedir.

Şevlerin genelinde akış yönünde mikro yarıklar olmasına rağmen, bazılarında büyük ölçekli çökmeler de gözlenmiştir. Çökme yüksek eğimde, toprağın su doyumluğuna ulaştıktan sonra, altındaki farklı bir katman üzerinde aşağı kayması şeklinde gerçekleşir. Bunun olduğu yerlerde, şevin geri kalanından farklı bir toprak yapılanması mı var kontrol edilmesi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Şevleri 3 boyutlu modelleyerek ve toprak niteliklerine bakarak, ihtiyaçlara uygun inşa edilip edilmedikleri ortaya konulmuştur. Bir soruna çözüm üretmeden önce, o sorunu ortaya çıkaran sebeplerin tam anlamıyla tahlil edilmeleri gerekmektedir. Karayolu şevlerinin stabilizasyonu için uygulanmakta olan tedbirler farklılık göstermektedir. Ancak bu tedbirlerin üzerinde uygulandıkları toprak ve şevlere mühendislik açısından yapılan işlemler eksik ya da yanlış uygulanabilmektedir. Bunların tespit edilmeleri, yapılan uygulamaların uzun sürelerce işlev görebilmeleri açısından, konuya yeni bir bakış açısı getirmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışma, Kastamonu-Karabük karayolu üzerinde seçilen 6 adet kazı şevleri üzerinde yürütülmüştür. Her bir kazı şevi, total station ve drone kullanılarak mikro ölçekte modellenmiş, ve alınan toprak örnekleri üzerinde yürütülen analizler neticesinde, şevlerde karşılaşılan farklı ölçeklerdeki bozulmaların sebepleri ortaya konulmuştur (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Kastamonu-Karabük İlleri arasındaki çalışma sahalarını gösterir harita

2.2.Yöntem

Şev stabilitesine yönelik yürütülen çalışmaların birçoğunda, “güvenlik faktörü” (FS) tabirinin, konunun daha iyi anlaşılması ve ifade edilmesinde önemli bir rolü olduğundan bahsedilmektedir (Duncan, Wright ve Brandon, 2014). Güvenlik faktörü, şev açısı yönünden ifade edildiğinde, “güvenilir”, “kritik dengede” ve “kırılması kesin” olarak nitelendirilebilecek eğimlerin, sırası ile $x < 87^\circ$, $87^\circ < x < 148^\circ$ ve $148^\circ < x$ olduğu bildirilmektedir (Zakaria, Sophian, Sabila, ve Jihadi, 2018).

Bu çalışmaya konu olan altı kazı şevi, şev topukları ve en yüksek noktaları arasında barındırdıkları önemli orandaki irtifa farkları ve bundan dolayı da ortaya çıkmış olan uzun ve geniş yüzeylerden dolayı, yağışların meydana getirdiği yüzeysel akışa ve beraberinde oluşan erozyona kütle hareketlerine, her kış mevsimi sonunda daha da şiddetlenen biçimlerde maruz kalmaktadırlar. Eğer, bu şevlerin inşa edilmiş oldukları bütünlüklerinin bir şekilde bozulması, bunlardan en azından bir tanesinin işlevini yitirme ihtimali olarak ifade edilecek olursa, meydana gelecek bozulma, şev içinde oluşmuş münferit yüzeylerin eğimleri, bunların şekilleri, uzunlukları ve yüksekliklerinin bir fonksiyonu olarak açıklanabilecektir. Sayısal yükseklik modelleri, yüzey eğimlerinin, uzunluklarının ve yükseklik farklarının hesaplanmasında araştırmalara önemli katkı sağlamaktadır.

Konuyu daha ayrıntılı incelenebilmesi adına burada yürütülen çalışmanın kurgusu, topyekûn ve parçalı olarak değerlendirildiklerinde, her bir kazı şevinin stabilitesinin, toprak özellikleri de dikkate alındığında eğim, uzunluk ve yükseklik parametrelerinin bir fonksiyonu olması gerekliliği üzerine kurulmuştur. Açıklanan gerekçelerden ötürü, seçilen altı kazı şevi, önce total-station ardından drone kullanılarak, yüksek hassasiyette modellenmiştir. Her iki metot da, hassasiyet açısından birbirinin alternatif olabilecek durumda olmalarına rağmen, birinde karşılaşılabilecek herhangi bir eksiklik ya da aksamanın çalışmayı zora sokmaması adına, iki metot da eş güdümlü olarak kullanılmıştır. Çünkü gerek yersel ölçümlerde kullanılan total-station ile yapılan açı mesafe okumalarında gerekse drone yöntemiyle yapılan uçuşlarda bu yöntemlerin kıyaslamaları ve elde edilen bilgiler ışığında makro düzeyde hataların önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

Ayrıca, bütün şev yüzeylerinin bozulmamış üst kesimlerinden, 0-15 cm, 15-30 cm iki derinlik kademesinden toprak örnekleri alınmış, toprak tekstür tayini için, birim hacimde toz, kil, kum oranları, bağlayıcı özelliklerini tayin için organik madde, kireç ve tuzluluk miktarları ve su tutumunun tayini için suya doymunluk oranlarının analizi yapılmıştır.

2.2.1. Toprak Örneklerinin Alınımı

Örnek alanların seçildiği yerlerde derinlik esasına göre açılan toprak çukurları 80 cm genişliğinde, 100 cm uzunluğunda ve 30 cm derinliğine kadar kazılmıştır. Açılan çukurlardan 0-15 cm ve 15-30 cm derinliklerinden 100 cm³'lük hacim silindirleriyle bozulmamış toprak örneği alınmıştır. Eğimli arazide profilin inceleme yapılacak aynası tesviye eğrilerine paralel açılmasına dikkat edilmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Araziden alınan toprak örneklerinin laboratuvar ortamında kurutulması

2.2.2. Laboratuvar İşlemleri

Araziden getirilen toprak örnekleri, laboratuvar ortamında toprak kurutma odasında tozlardan ve kimyasal etkilerden uzak bölmelerde kurutulmuştur. Hava kurusu hale gelen topraklar dövülerek 2mm'lik elekten geçirilerek kâğıt torbalara alınmıştır. Araziden

alınan toprak örnekleri Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Toprak laboratuvarında tamamen kurutulmaya bırakılmış olup analizleri Kastamonu İl Özel İdaresinde laboratuvarlarında yapılmıştır.

2.2.3. Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizlerinde uygulanan yöntemler

Tekstür: Toprak örneklerinin kum, toz ve kil içerikleri Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği şekilde Hidrometre yöntemine göre belirlenmiş, tekstür sınıfları ise uluslararası (E.C. Tommerup) üçgenine göre tespit edilmiştir.

Toprak reaksiyonu (pH): Toprak reaksiyonu cam elektrotlu pH metresi ile 1/2,5 oranındaki toprak saf su süspansiyonunda ölçülmüştür (Jackson, 1967).

Elektriksel iletkenlik (EC): 1/2,5 toprak su karışımından EC-metre ile belirlenmiştir (Jackson, 1967).

Organik madde: Jackson (1958) tarafından bildirildiği şekilde değiştirilmiş Walkley-Black yağ yakma yöntemine göre belirlenmiştir.

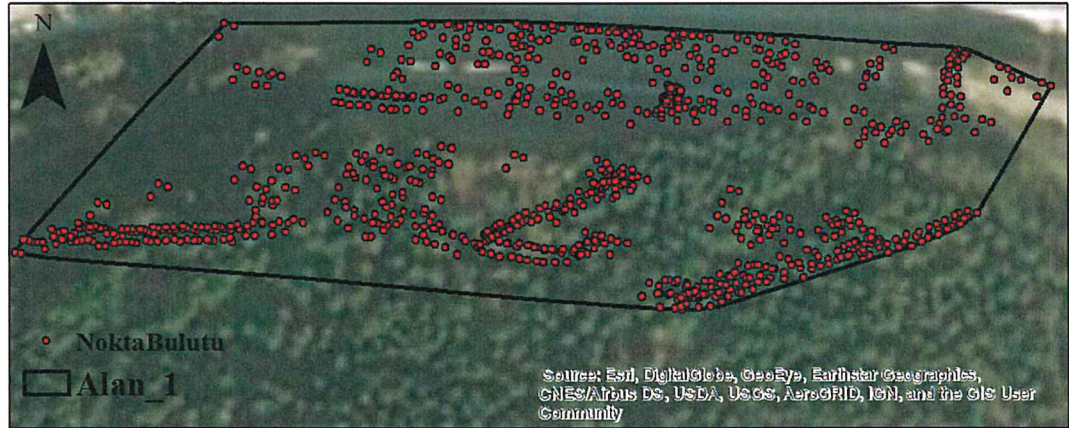
Kalsiyum karbonat (CaCO₃): Kacar (1995) tarafından açıklandığı şekilde Scheibler kalsimetresiyle belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Çalışma, 6 adet kazı şevi üzerinde çalışma alanlarına ait sınırlar, total station kullanılarak elde edilmiş nokta bulutları, nokta bulutları yardımı ile oluşturulmuş DSM'ler ve bunlar üzerinden yürütülen eğim analizlerinin sonuçları ile drone uçurularak elde edilen ortofotolar yardımı ile oluşturulmuş nokta bulutları ve yine bunlar üzerinden yürütülen eğim analizlerinin sonuçları yanında, alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarına dayalı şekillendirilmiştir.

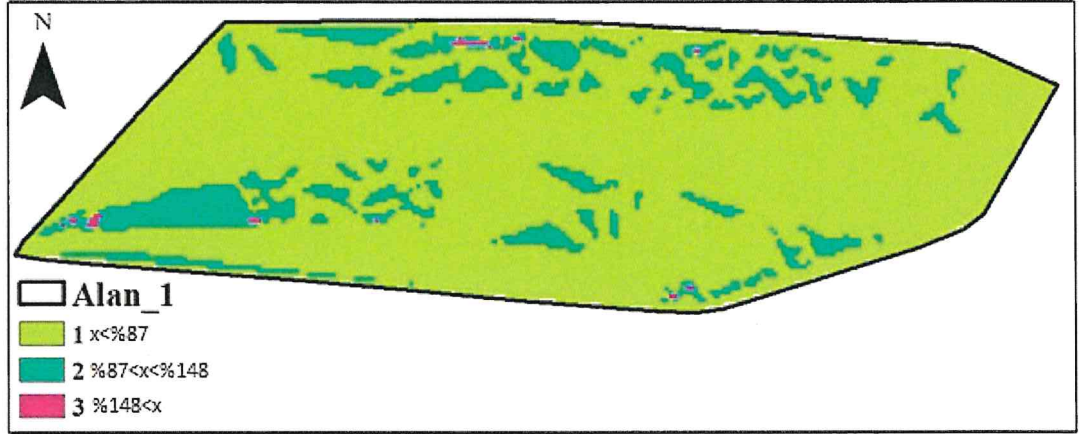
3.1. Çalışma Alanı 1

1 Nolu çalışma alanında total station ile oluşturulmuş nokta bulutu çalışma sınırları içerisinde kalacak biçimde ArcGIS programı kullanılarak alan sınırları elde edilmiştir (Şekil 3.10). 1 Numaralı çalışma alanı sınırları 0.815 ha'lık alana sahiptir.



Şekil 3.10. 1 nolu Çalışma Alanına Ait Alan Sınırı ve Total Station Kullanılarak elde edilmiş Nokta Bulutu

1 Nolu çalışma alanında yapılan total station ile oluşturulmuş nokta bulutu kullanılarak ArcGIS' te eğim haritası elde edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Şekil 3.11). Haritaya bakıldığında bütün eğim sınıfları görülmektedir.



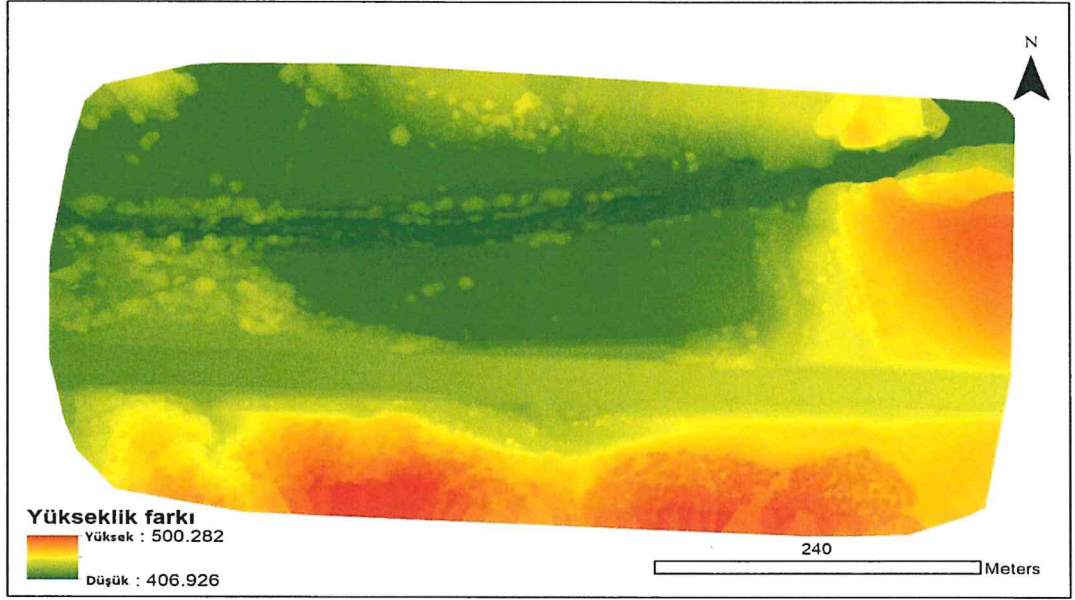
Şekil 3.11. 1 nolu Çalışma Alanına Ait Nokta Bulutundan Oluşturulmuş Eğim Haritası

1 Nolu çalışma alanına ait drone yardımı ile oluşturulmuş ortofoto görüntüsü görülmektedir (Şekil 3.12).



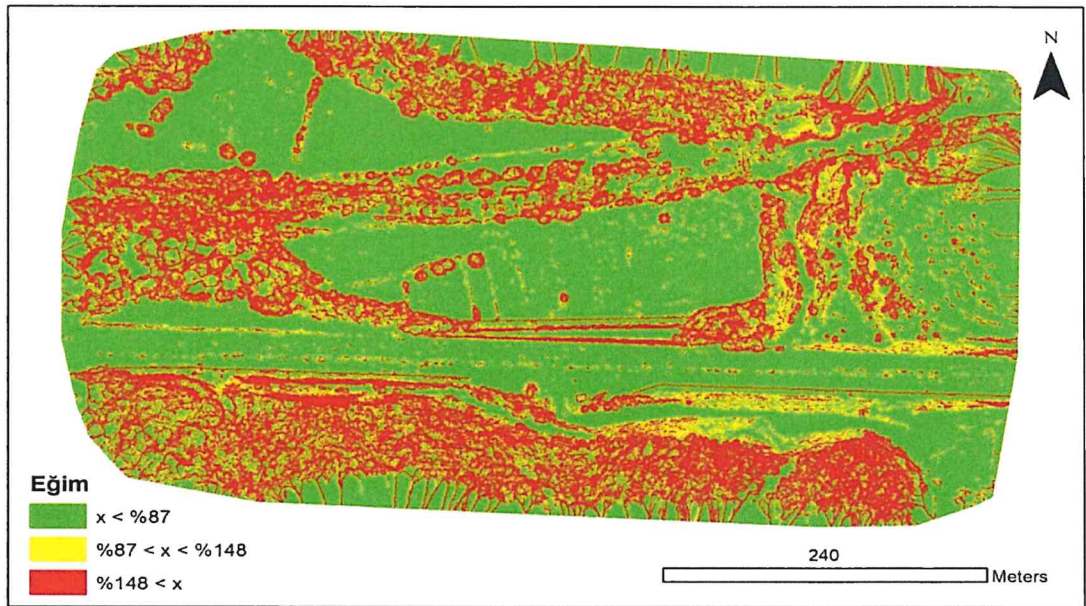
Şekil 3.12. 1 nolu Çalışma Alanına Ait Ortofoto Görüntüsü

1 Nolu çalışma alanında drone yardımı ile elde edilmiş harita en hassas (0.7) çözünürlükte yükseklik haritası elde edilmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. 1 nolu Çalışma Alanına Ait DSM Haritası

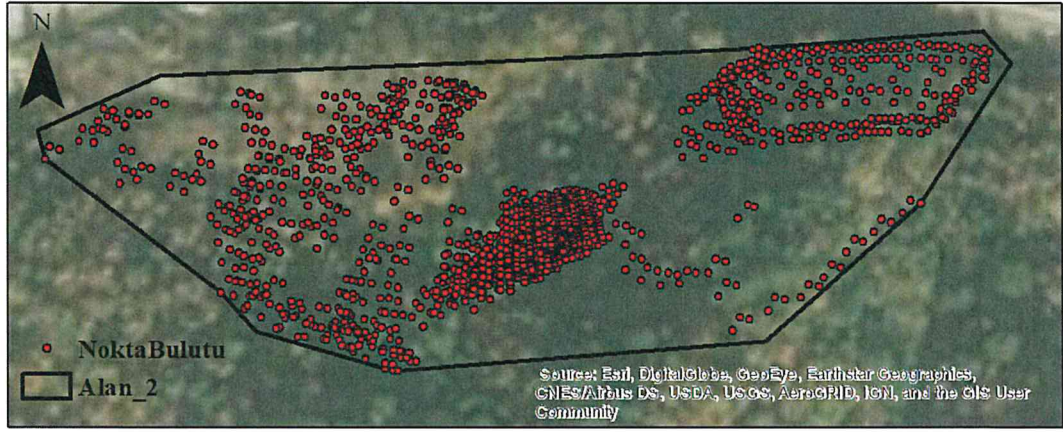
1 Nolu çalışma alanında elde edilen DSM haritası kullanılarak eğim haritası elde edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Şekil 3.14). DSM haritası eğim değerleri sınıflarından, $x < 87$, $87 < x < 148$, $148 < x$ ’lik değer aralıklarının her üçüne de girmektedir.



Şekil 3.14. 1 nolu Çalışma Alanına Ait DSM’den Oluşturulmuş Eğim Haritası

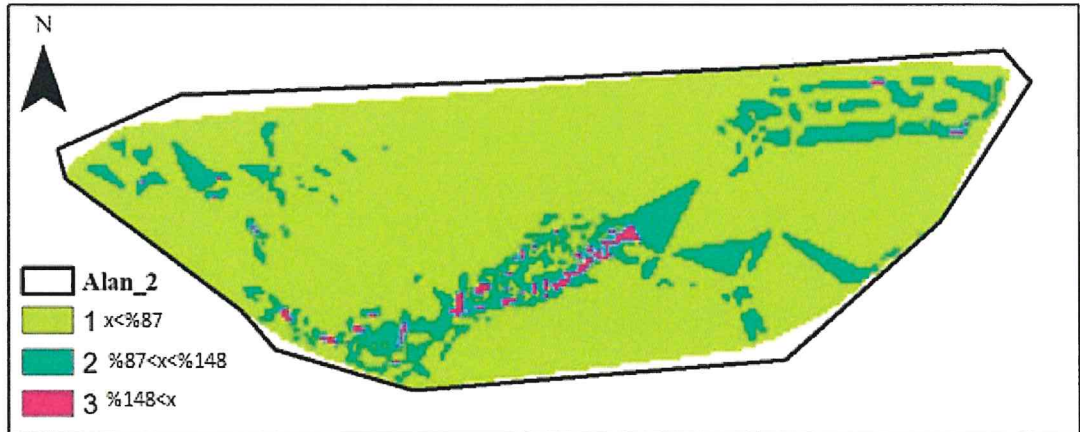
3.2. Çalışma Alanı 2

2 Nolu çalışma alanında total station ile oluşturulmuş nokta bulutu çalışma sınırları içerisinde kalacak biçimde ArcGIS programı kullanılarak alan sınırları elde edilmiştir (Şekil 3.15). 2 numaralı çalışma alanı sınırları 0.829 ha'lık alana sahiptir.



Şekil 3.15. 2 nolu Çalışma Alanına Ait Alan Sınırı ve Total Station Kullanılarak elde edilmiş Nokta Bulutu

2 Nolu çalışma alanında yapılan total station ile oluşturulmuş nokta bulutu kullanılarak ArcGIS' te eğim haritası elde edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Şekil 3.16). Haritaya bakıldığında bütün eğim sınıfları görülmektedir.



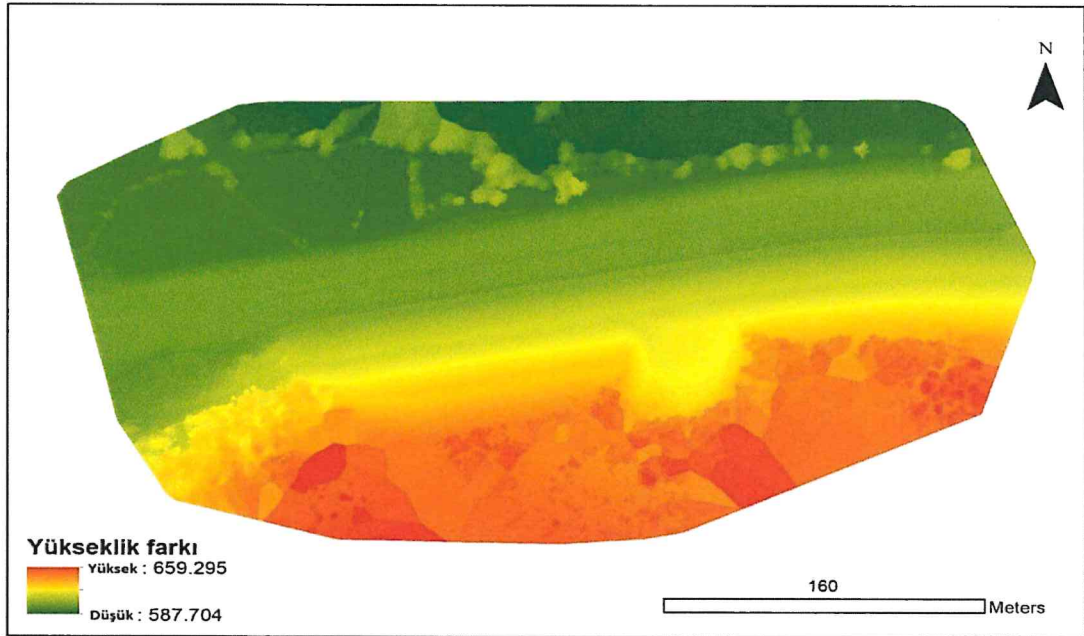
Şekil 3.16. 2 nolu Çalışma Alanına Ait Nokta Bulutundan Oluşturulmuş Eğim Haritası

2 Nolu çalışma alanına ait drone yardımı ile oluşturulmuş ortofoto görüntüsü görülmektedir (Şekil 3.17).



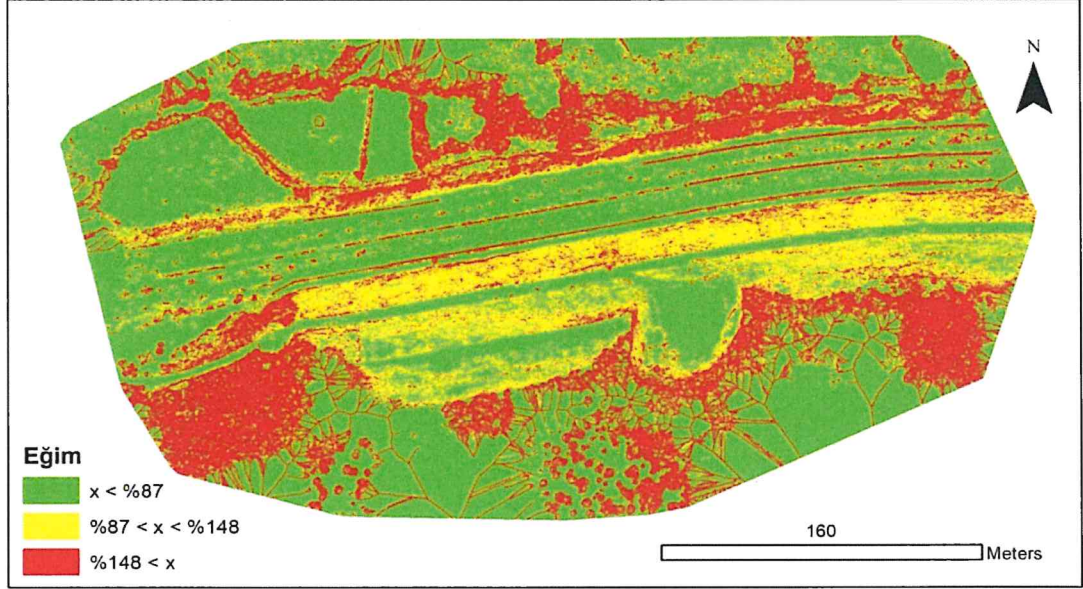
Şekil 3.17. 2 nolu Çalışma Alanına Ait Ortofoto Görüntüsü

2 Nolu çalışma alanında drone yardımı ile elde edilmiş harita en hassas (0.7) çözünürlükte yükseklik haritası elde edilmiştir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. 2 nolu Çalışma Alanına Ait DSM Haritası

2 Nolu çalışma alanında elde edilen DSM haritası kullanılarak eğim haritası elde edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Şekil 3.19). DSM haritası eğim değerleri sınıflarından, $x < 87$, $87 < x < 148$, $148 < x$ 'lik değer aralıklarının her üçüne de girmektedir.



Şekil 3.19. 2 nolu Çalışma Alanına Ait DSM'den Oluşturulmuş Eğim Haritası

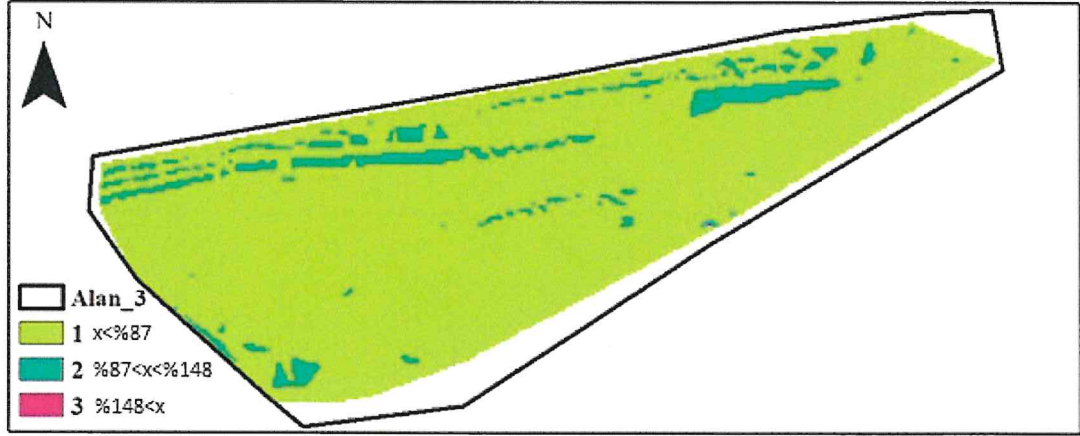
3.3. Çalışma Alanı 3

3 Nolu çalışma alanında total station ile oluşturulmuş nokta bulutu çalışma sınırları içerisinde kalacak biçimde ArcGIS programı kullanılarak alan sınırları elde edilmiştir (Şekil 3.20). 3 numaralı çalışma alanı sınırları 0.724 ha'lık alana sahiptir.



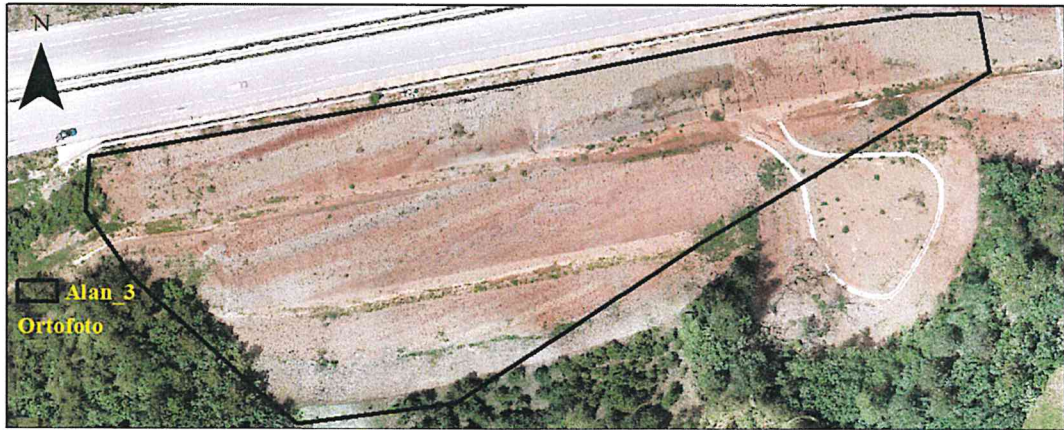
Şekil 3.20. 3 nolu Çalışma Alanına Ait Alan Sınırı ve Total Station Kullanılarak elde edilmiş Nokta Bulutu

3 Nolu çalışma alanında yapılan total station ile oluşturulmuş nokta bulutu kullanılarak ArcGIS' te eğim haritası elde edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Şekil 3.21). Haritaya bakıldığında bütün eğim sınıfları görülmektedir.



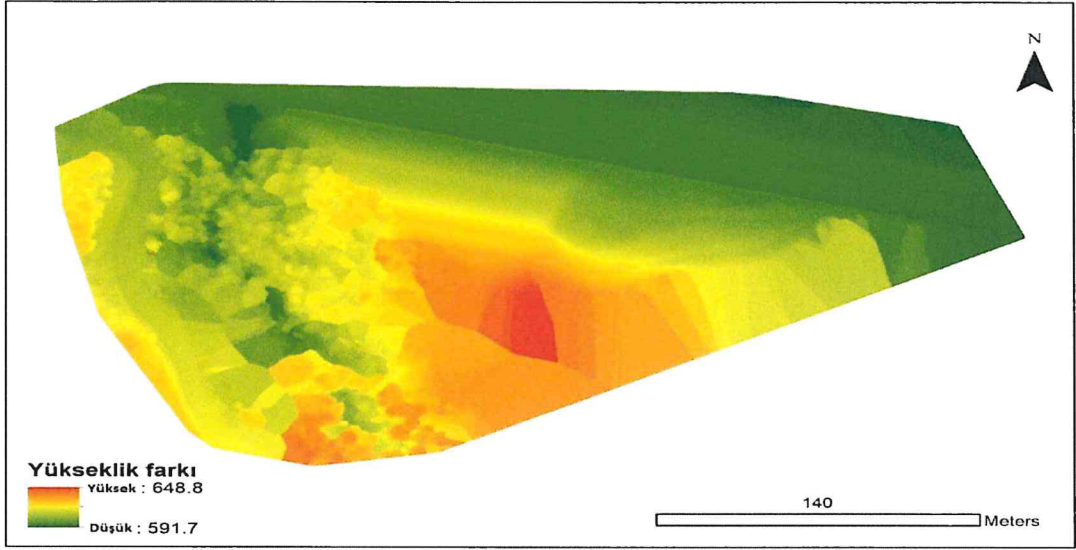
Şekil 3.20. 3 nolu Çalışma Alanına Ait Nokta Bulutundan Oluşturulmuş Eğim Haritası

3 Nolu çalışma alanına ait drone yardımı ile oluşturulmuş ortofoto görüntüsü görülmektedir (Şekil 3.22).



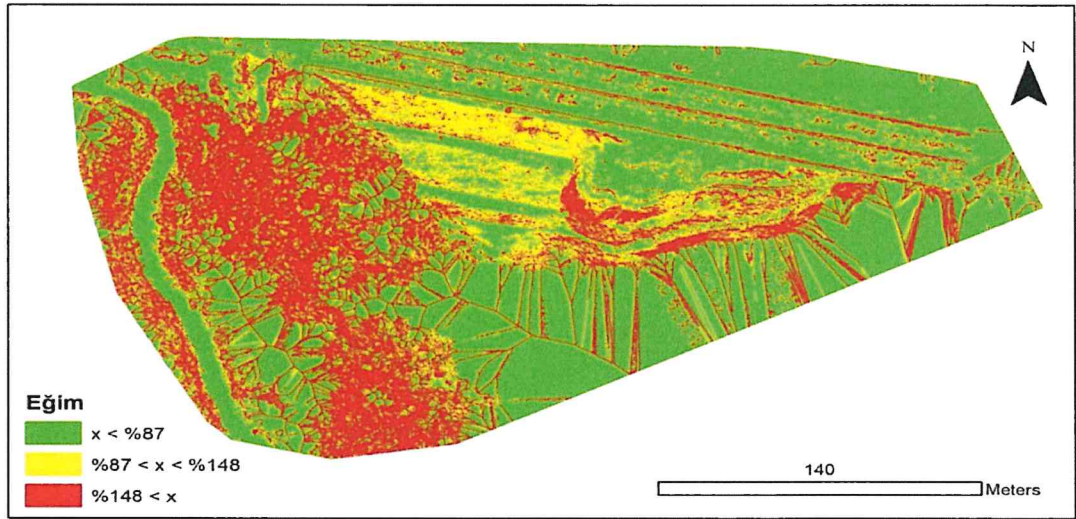
Şekil 3.21. 3 nolu Çalışma Alanına Ait Ortofoto Görüntüsü

3 Nolu çalışma alanında drone yardımı ile elde edilmiş harita en hassas (0.7) çözünürlükte yükseklik haritası elde edilmiştir (Şekil 3.23).



Şekil 3.22. 3 nolu Çalışma Alanına Ait DSM Haritası

3 Nolu çalışma alanında elde edilen DSM haritası kullanılarak eğim haritası elde edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Şekil 3.24). DSM haritası eğim değerleri sınıflarından, $x < 87$, $87 < x < 148$, $148 < x$ 'lik değer aralıklarının her üçüne de girmektedir.



Şekil 3.23. 3 nolu Çalışma Alanına Ait DSM'den Oluşturulmuş Eğim Haritası

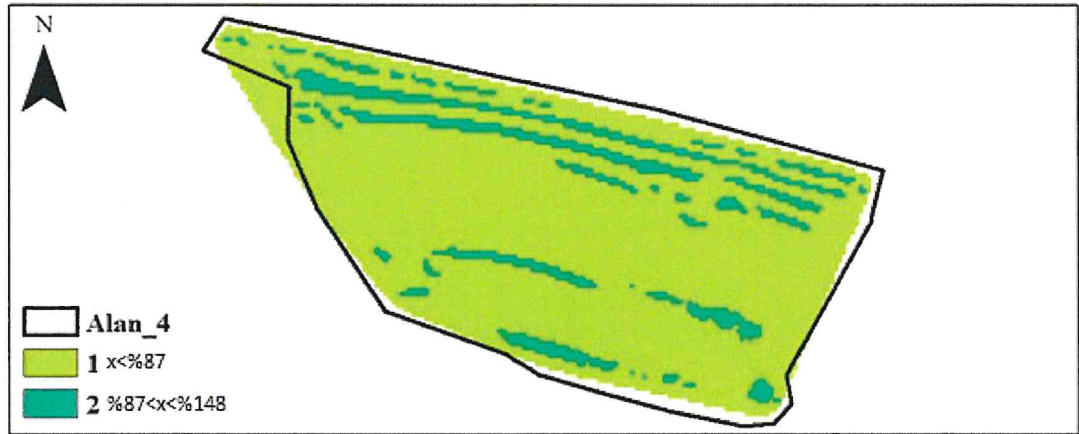
3.4. Çalışma Alanı 4

4 Nolu çalışma alanında total station ile oluşturulmuş nokta bulutu çalışma sınırları içerisinde kalacak biçimde ArcGIS programı kullanılarak alan sınırları elde edilmiştir (Şekil 3.25). 4 numaralı çalışma alanı sınırları 0.432 ha'lık alana sahiptir.



Şekil 3.24. 4 nolu Çalışma Alanına Ait Alan Sınırı ve Total Station Kullanılarak elde edilmiş Nokta Bulutu

4 Nolu çalışma alanında yapılan total station ile oluşturulmuş nokta bulutu kullanılarak ArcGIS' te eğim haritası elde edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Şekil 3.26). Haritaya bakıldığında 1. ve 2. eğim sınıfları görülmektedir.



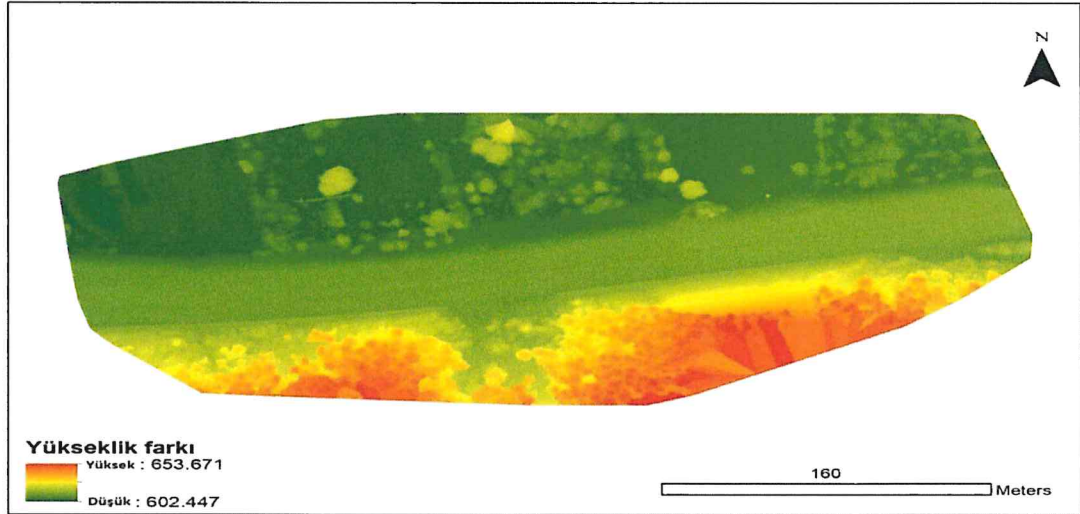
Şekil 3.25. 4 nolu Çalışma Alanına Ait Nokta Bulutundan Oluşturulmuş Eğim Haritası

4 Nolu çalışma alanına ait drone yardımı ile oluşturulmuş ortofoto görüntüsü görülmektedir (Şekil 3.27).



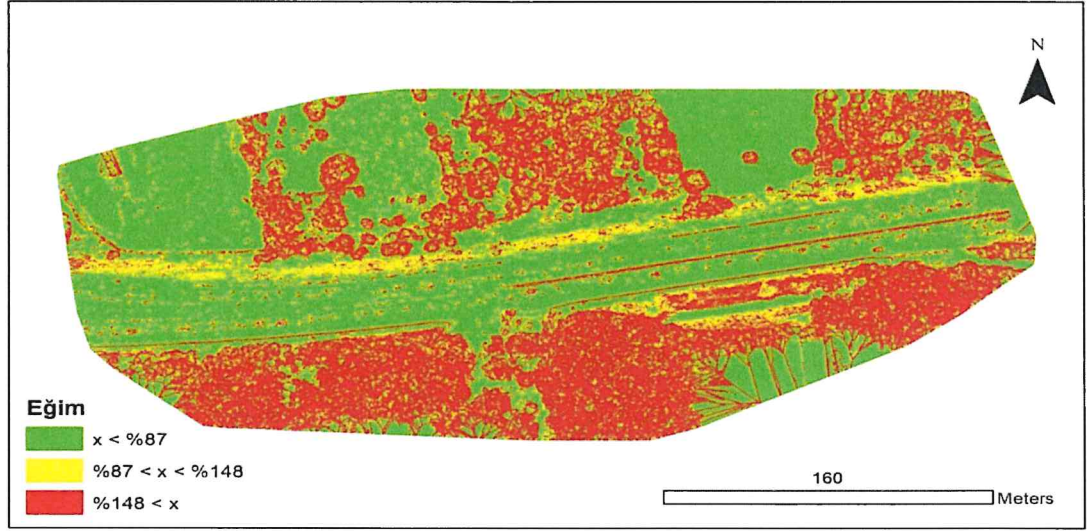
Şekil 3.26. 4 nolu Çalışma Alanına Ait Ortofoto Görüntüsü

4 Nolu çalışma alanında drone yardımı ile elde edilmiş harita en hassas (0.7) çözünürlükte yükseklik haritası elde edilmiştir (Şekil 3.28).



Şekil 3.27. 4 nolu Çalışma Alanına Ait DSM Haritası

4 Nolu çalışma alanında elde edilen DSM haritası kullanılarak eğim haritası elde edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Şekil 3.29). DSM haritası eğim değerleri sınıflarından, $x < 87$, $87 < x < 148$, $148 < x$ 'lik değer aralıklarının her üçüne de girmektedir.



Şekil 3.28. 4 nolu Çalışma Alanına Ait DSM'den Oluşturulmuş Eğim Haritası

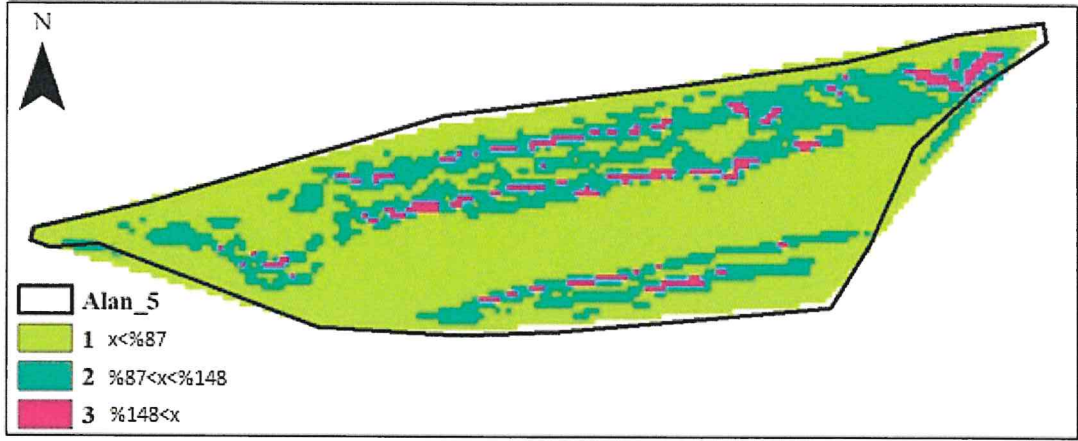
3.5. Çalışma Alanı 5

5 Nolu çalışma alanında total station ile oluşturulmuş nokta bulutu çalışma sınırları içerisinde kalacak biçimde ArcGIS programı kullanılarak alan sınırları elde edilmiştir (Şekil 3.30). 5 numaralı çalışma alanı sınırları 0.255 ha'lık alana sahiptir.



Şekil 29. 5 nolu Çalışma Alanına Ait Alan Sınırı ve Total Station Kullanılarak elde edilmiş Nokta Bulutu

5 Nolu çalışma alanında yapılan total station ile oluşturulmuş nokta bulutu kullanılarak ArcGIS' te eğim haritası elde edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Şekil 3.31). Haritaya bakıldığında bütün eğim sınıfları görülmektedir.



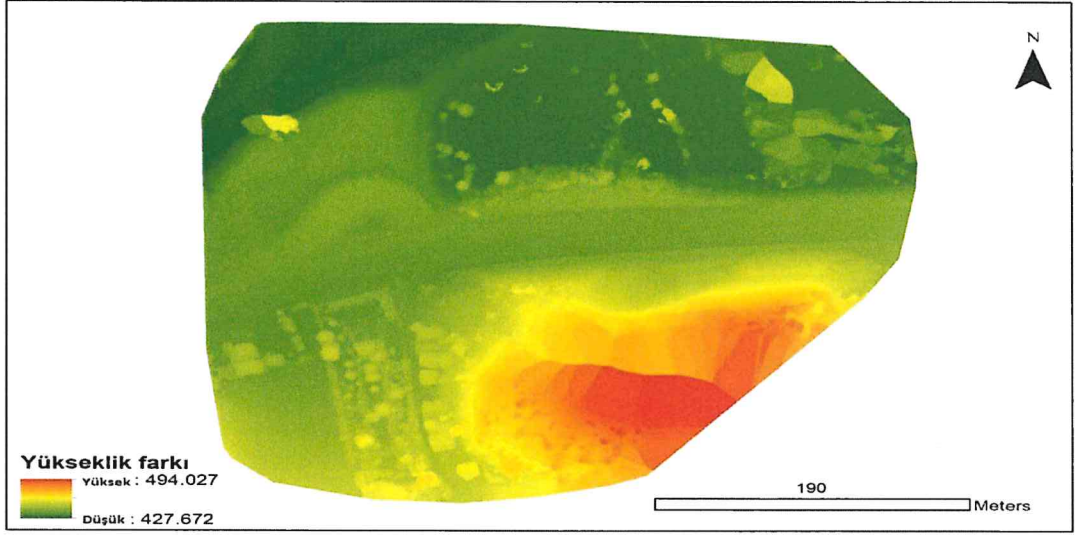
Şekil 3.30. 5 nolu Çalışma Alanına Ait Nokta Bulutundan Oluşturulmuş Eğim Haritası

5 Nolu çalışma alanına ait drone yardımı ile oluşturulmuş ortofoto görüntüsü görülmektedir (Şekil 3.32).



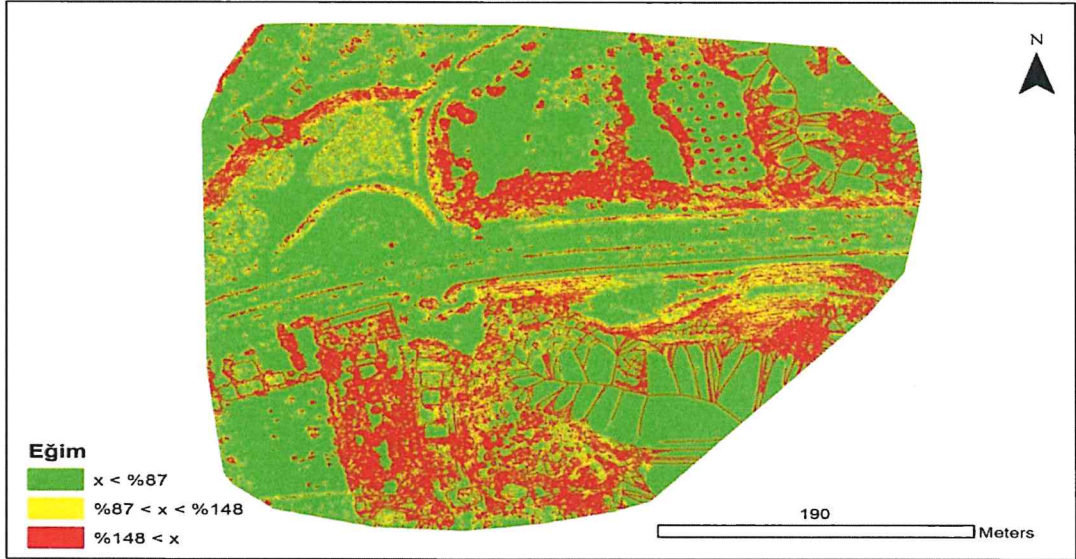
Şekil 3.31. 5 nolu Çalışma Alanına Ait Ortofoto Görüntüsü

5 Nolu çalışma alanında drone yardımı ile elde edilmiş harita en hassas (0.7) çözünürlükte yükseklik haritası elde edilmiştir (Şekil 3.33).



Şekil 3.32. 5 nolu Çalışma Alanına Ait DSM Haritası

5 Nolu çalışma alanında elde edilen DSM haritası kullanılarak eğim haritası elde edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Şekil 3.34). DSM haritası eğim değerleri sınıflarından, $x < 87$, $87 < x < 148$, $148 < x$ 'lik değer aralıklarının her üçüne de girmektedir.



Şekil 3.33. 5 nolu Çalışma Alanına Ait DSM'den Oluşturulmuş Eğim Haritası

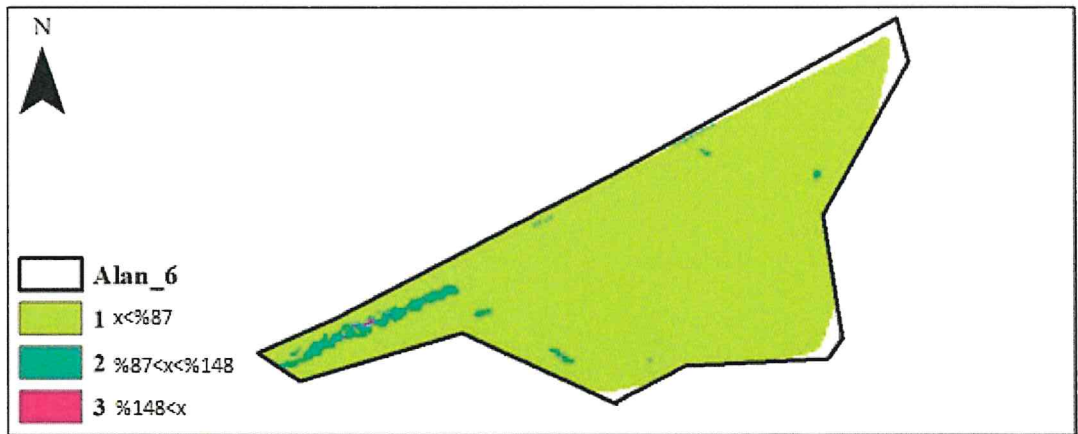
3.6. Çalışma Alanı 6

6 Nolu çalışma alanında total station ile oluşturulmuş nokta bulutu çalışma sınırları içerisinde kalacak biçimde ArcGIS programı kullanılarak alan sınırları elde edilmiştir (Şekil 3.35). 6 numaralı çalışma alanı sınırları 0.683 ha'lık alana sahiptir.



Şekil 3.34. 6 nolu Çalışma Alanına Ait Alan Sınırı ve Total Station Kullanılarak elde edilmiş Nokta Bulutu

6 Nolu çalışma alanında yapılan total station ile oluşturulmuş nokta bulutu kullanılarak ArcGIS' te eğim haritası elde edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Şekil 3.36). Haritaya bakıldığında bütün eğim sınıfları görülmektedir.



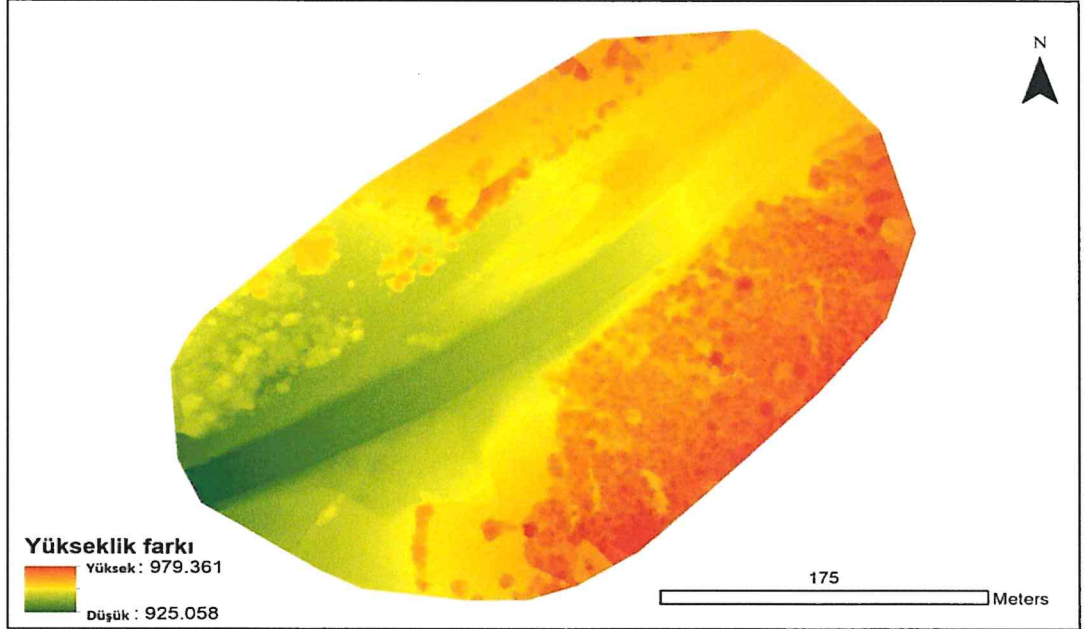
Şekil 3.35. 6 nolu Çalışma Alanına Ait Nokta Bulutundan Oluşturulmuş Eğim Haritası

6 Nolu çalışma alanına ait drone yardımı ile oluşturulmuş ortofoto görüntüsü görülmektedir (Şekil 3.37).



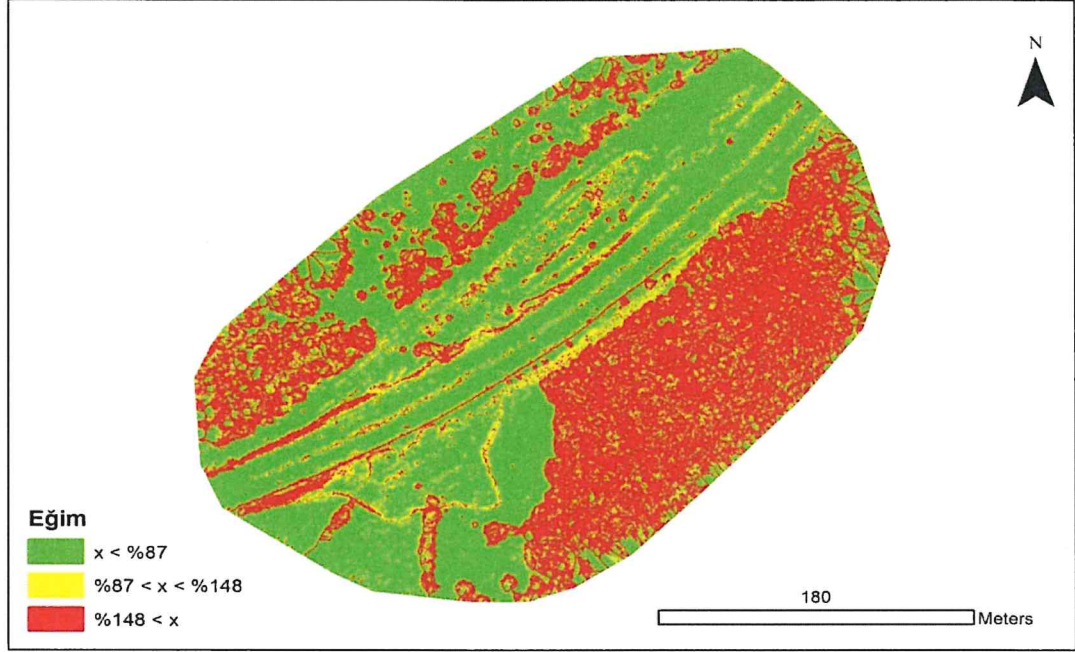
Şekil 3.36. 6 nolu Çalışma Alanına Ait Ortofoto Görüntüsü

6 Nolu çalışma alanında drone yardımı ile elde edilmiş harita en hassas (0.7) çözünürlükte yükseklik haritası elde edilmiştir (Şekil 3.38).



Şekil 3.37. 6 nolu Çalışma Alanına Ait DSM Haritası

6 Nolu çalışma alanında elde edilen DSM haritası kullanılarak eğim haritası elde edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Şekil 3.39). DSM haritası eğim değerleri sınıflarından, $x < 87$, $87 < x < 148$, $148 < x$ ’lik değer aralıklarının her üçüne de girmektedir.



Şekil 3.38. 6 nolu Çalışma Alanına Ait DSM'den Oluşturulmuş Eğim Haritası

Tablo 3.1'den görülebileceği şekilde 1 numaralı şevde “kritik dengedeki” eğim sınıfına toplam alanın %7.79’u, “kırılması kesin” eğim sınıfına ise %13.8 girdiği, 2 numaralı şevde “kritik dengedeki” eğim sınıfına toplam alanın %7.92’si, “kırılması kesin” eğim sınıfına ise %9.30 girdiği, 3 numaralı şevde “kritik dengedeki” eğim sınıfına toplam alanın %7.33’ü, “kırılması kesin” eğim sınıfına ise %10.84 girdiği, 4 numaralı şevde “kritik dengedeki” eğim sınıfına toplam alanın %8.42’si, “kırılması kesin” eğim sınıfına ise %14.45 girdiği, 5 numaralı şevde “kritik dengedeki” eğim sınıfına toplam alanın %6.11’i, “kırılması kesin” eğim sınıfına ise %9.77 girdiği, 6 numaralı şevde “kritik dengedeki” eğim sınıfına toplam alanın %7.87’si, “kırılması kesin” eğim sınıfına ise %16.83 yapılan analizler neticesinde ortaya çıkarılmıştır. Şev kırılma olasılığının kritik seviyede en fazla 6 numaralı şevde bulunduğu, kırılma eğiliminin olma olasılığı ise 4 numaralı şevde bulunduğu görülmektedir. Yüksek hassasiyetle drone ile yapılan modellemelerde, total station ile elde edilenden bulgulardan çok daha fazla şev ayrıntısı elde edildiği görüldü. Çünkü ortofoto üretiminde ve sonuçlanan DSM lerde yüksek çözünürlüklü 30< modelleme tercih

edilmiştir. İncelenen bütün şevlerde, önemli miktarda şev alanının kırılması kesin sınıfta yer alması ve hiçbirinde şev stabilizasyonunda fayda sağlayacak olan bitkilendirmenin bulunmaması, sürekli yaşanan kütle hareketlerini durdurucu bir tedbir alınmamış olduğu görülmüştür.

Tablo 3.1. Tüm alanlarda eğim analizi istatistikleri

Eğim sınıfı	Sınıf kodu	1 nolu alan (m ²)	2 nolu alan (m ²)	3 nolu alan (m ²)	4 nolu alan (m ²)	5 nolu alan (m ²)	6 nolu alan (m ²)
$x < \%87$	11	214145	86266	53830	61416	119506	70198
$\%87 < x < \%148$	22	21279	8250	4823	6708	8687	7343
$\%148 < x$	33	37574	9694	7133	11507	13876	15693
Toplam alan (m ²)		272998	104210	65785	79631	142069	93234

3.7. Toprak Analizi

Bilindiği üzere toprak, yeryüzünün temel materyalidir. İnsanoğlunun bütün yaşam faaliyetlerini sürdürdüğü yeryüzü zemininde görülen olumlu ve olumsuzlukların temel nedenleri arasında toprak ve toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin önemi büyüktür. Bu nedenle, çalışmanın yürütüldüğü yol şevlerinden toprak profilleri açılarak alınan toprak örneklerinde yapılmış olan fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Araziden alınan toprak tekstürlerinin analizi

Örnek alanlar	Derinlik	Kum	Kil	toz	Sınıf	Doyma	Toplam Tuz	Ph	Kireç	Organik Madde
1 alan 1.nokta	0-15	45,82	33,82	20,36	Kum_Killi Balçık	70	0,022	7,55	0,71	2,7
	15-30	43,82	35,82	20,36	Killi balçık	70	0,021	7,48	0,71	2,11
1 alan 2.nokta	0-15	49,82	35,82	14,36	Kum_Killi Balçık	78	0,09	6,75	0,71	2,64
	15-30	45,82	34,82	19,86	Killi balçık	74	0,022	6,6	0,71	2,64
1 alan 3.nokta	0-15	49,82	35,82	14,36	Kum_Killi Balçık	72	0,02	7	0,71	2,38
	15-30	48,82	30,82	20,36	Killi Balçık	65	0,015	7,04	0,71	2,11
1 alan 4.nokta	0-15	51,82	31,82	16,36	Kum_Killi Balçık	70	0,019	7,16	0,71	2,38
	15-30	51,82	33,82	14,36	Kum_Killi Balçık	66	0,015	7,21	0,36	2,38

Tablo 3.2.'nin devamı

1 alan 5.nokta	0-15	43,82	37,82	18,36	Killi Balçık	74	0,013	7,07	0,36	2,64
	15-30	45,82	37,82	16,36	Killi balçık	82	0,016	6,99	0,36	2,64
2 alan 1.nokta	0-15	54,83	25,02	20,15	Kum_Killi Balçık	62	0,012	7,88	11,42	2,64
	15-30	48,83	30,02	18,15	Kum_Killi Balçık	54	0,018	7,86	10,42	2,32
2 alan 2.nokta	0-15	70,83	21,02	8,15	Kum_Killi Balçık	51	0,014	7,89	8,57	2,38
	15-30	52,83	25,02	20,15	Killi balçık	51	0,014	7,96	12,14	2,58
2 alan 3.nokta	0-15	60,83	27,02	12,15	Kum_Killi Balçık	82	0,039	7,08	0,57	3,7
	15-30	44,83	33,02	22,15	Killi balçık	54	0,018	7,81	7,14	2,11
2 alan 4.nokta	0-15	50,83	29,02	20,15	Kum_Killi Balçık	52	0,009	7,02	12,99	2,06
	15-30	52,83	25,02	20,15	Killi balçık	62	0,023	7,82	1,86	2,85
2 alan 5.nokta	0-15	50,83	31,02	18,15	Kum_Killi Balçık	64	0,021	7,79	8,57	2,11
	15-30	50,83	27,05	20,12	Killi balçık	74	0,027	7,56	8,57	2,96
3.alan 1.nokta	0-15	51,49	31,2	17,31	Kum_Killi Balçık	56	0,018	7,78	25	2,64
	15-30	41,49	33,2	25,31	Killi balçık	75	20,15	7,08	24,28	0,26
3.alan 2.nokta	0-15	45,49	29,2	25,31	Kum_Killi Balçık	52	0,014	7,09	19,28	0,26
	15-30	49,49	23,2	27,31	Killi balçık	68	0,016	7,44	19,27	1,17
3.alan 3.nokta	0-15	55,49	33,2	11,31	Kum_Killi Balçık	56	0,014	7,57	25,2	1,58
	15-30	45,49	33,2	21,31	Killi Balçık	66	0,014	7,8	31,42	1,06
3.alan 4.nokta	0-15	65,49	23,2	11,31	Kum_Killi Balçık	66	0,011	7,91	29,99	0,53
	15-30	47,49	35,2	17,31	Killi Balçık	56	0,009	7,04	15,71	0,26
3.alan 5.nokta	0-15	51,49	33,2	15,31	Kum_Killi Balçık	62	0,018	7,49	18,71	1,11
	15-30	49,49	33,2	17,31	Kum_Killi Balçık	56	0,009	7,13	28,2	1,32
4.alan 1.nokta	0-15	50,9	35,1	20	Kum_Killi Balçık	58	0,012	7,84	24,28	1,58
	15-30	39,9	38,1	22	Killi balçık	64	0,01	7,01	27,13	1,58
4.alan 2.nokta	0-15	45,9	38,1	16	Kum_Killi Balçık	52	0,014	7,24	19,99	0,53
	15-30	41,9	31,1	27	Killi balçık	54	0,012	7,98	22,85	0,53
4.alan 3.nokta	0-15	55,9	22,1	22	Kum_Killi Balçık	54	0,01	8,15	17,85	0,79
	15-30	37,9	24,1	38	Killi Balçık	51	0,011	8,29	19,28	0,26
5.alan 1.nokta	0-15	55,9	24,1	22	Kum_Killi Balçık	60	0,011	8,39	13,57	1,06
	15-30	35,9	28,1	36	Killi balçık	60	0,014	7,78	14,99	0,53
5.alan 2.nokta	0-15	47,9	26,1	26	Kum_Killi Balçık	92	0,028	7,92	6,43	1,68
	15-30	42,82	37,82	19,36	Killi Balçık	62	0,024	6,78	11,42	1,32
5.alan 3.nokta	0-15	46,83	25,67	27,5	Kum_Killi Balçık	86	0,028	7,5	0,84	1,96
	15-30	30,83	27,67	41,5	Killi balçık	60	0,021	7,27	1,28	1,64

Tablo 3.2.'nin devamı

6.alan 1.nokta	0-15	45,82	33,8 2	20,36	Kum_Killi Balçık	58	0,019	7,6	5,71	1,32
	15-30	44,83	27,6 7	27,5	Killi balçık	58	0,016	7,82	6,43	1,32
6.alan 2.nokta	0-15	49,82	37,8 2	12,36	Kumlu Killi balçık	56	0,012	7,83	6,43	1,58
	15-30	36,83	29,6 7	33,5	Killi balçık	50	0,012	7,83	7,14	1,06
6.alan 3.nokta	0-15	45,82	30,8 2	23,36	Kumlu Killi balçık	48	0,008	7,95	14,99	1,06
	15-30	28,83	35,6 7	35,5	Killi balçık	84	0,006	8,07	12,42	0,53
6.alan 4.nokta	0-15	48,83	29,6 7	21,5	Kumlu Killi balçık	44	0,009	8,06	2,14	0,53
	15-30	40,83	37,6 7	21,5	Killi Balçık	46	0,01	8,09	0,71	0,26

Tablo 3.2 incelendiğinde, üst toprak türünün genellikle kumlu killi balçık ve alt toprakların ise killi balçık özellikte olduğu görülmektedir. toprak pH'nın genellikle hafif alkali ve yer yer nötr olduğu, 1.,2.,5.,6. Numaralı alanların , kireç kapsamı bakımından çok az kireçli ve orta kireçli olarak sınıflandırıldığı, 3.,4., numaralı alanların ise fazla kireçli ve çok fazla kireçli olduğu belirlenmiştir. Alanların, organik madde bakımından ise 1. ve 2. Numaralı alanlarda toprağın orta ve 3.,4,5.,6.,az ve çok az derecede organik madde içeriğine sahip tuzsuz topraklar olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma alanına ait toprak analiz sonuçları değerlendirildiğinde (Tablo 3.2); toprakların “Kumlu killi balçık ve killi balçık bünyeye sahip olduğu görülmüştür. Toprak tekstürünün ekolojik önemi, bitki hayatıyla ilgili bulunan köklerin toprak içerisine girmesine karşı direnç, suyun sızması ve hareket hızı, su tutma kapasitesi ile verimlilik gibi özellikler üzerinde etkilidir. Toprakların reaksiyonu “hafif alkali ve yer yer nötr” olarak belirlenmiştir. Organik madde miktarı %0,23-3,59 arasında değişmektedir. Topraklar “Fakir” ve “Çok Fakir” özellik göstermiştir.

4. TARTIŞMA

Karayollarının geçtiği zeminlerin taşıma sınırlarının kapasiteleri ele alınmıştır. Arazinin vejetasyon ve zemin yapısı etüt edilerek şev durabilitesi ile mühendislik yönünden yapılan incelemeler sonucunda, vejetasyonun uygun şekilde yerleştirildiği takdirde, oluşacak kök sistemi vasıtasıyla zeminin kesme direnci ve şev durağanlığında iyileştirmeler oluşturduğu görülmüştür. Görcelioğlu (1991) tarafından yapılan bir çalışmada ise, vejetasyonun şev stabilitesi üzerindeki gözlemleri yapılmış olup özellikle derine inen köklerin odunsu bitkilerin zeminin kırılma direncini arttırdığı, evapotranspirasyon yoluyla topraktaki suyun dengede kaldığı belirtilmiştir.

Yol güzergahı üzerinde yer alan yapım çalışmalarında karşılaşılabilecek sorunlar ortaya konulmuştur. Zor topoğrafik ve jeoteknik koşullarda yapılan çalışmalarda karşılaşılan sorunların çözülebilmeleri için, yolun mevcutta olması gereken standartlarını düşürmesi yada değiştirilmesinin gereği ortaya çıkmıştır. Kil bulunan bölgelerde ve alüvyonlu bölgelerde şevlerin yapılmasından uzak durulması, kumtaşı ya da çamurlu bölgelerde ise şev yüksekliğini olabildiğince az seviyede tutulması ve, su miktarı fazla olan eğimli bölgeler de üzerindeki şevlerin dayanma yapılarıyla desteklenmelidir. Gerek görüldüğü takdirde köprü ve viyadük yapılması, toprak üzerinde gerektiğinden fazla şevin yarma ve dolgudan ve aşırı eğimli kesilmesinden kaçınılması vurgulanmıştır. Zakaria ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada ise güvenlik faktörü, şev açısı yönünden ifade edildiğinde, “güvenilir”, “kritik dengede” ve “kaymaya meyilli” olarak nitelendirilebilecek eğimlerin, sırası ile “ $x < 87^\circ$ ”, “ $87^\circ < x < 148^\circ$ ” ve “ $148^\circ < x$ ” olduğu bildirilmiştir. Yapılan incelemede 6 çalışma ” $x < 87^\circ$ ”, “ $87^\circ < x < 148^\circ$ ” ve “ $148^\circ < x$ ” belirtilen her üç eğim aralığında girdiği şev açıları görülmüştür.

Bir şevin istikrarlı halde herhangi bir bozulmaya uğramadan durup duramayacağı konusunda en azından bir fikir edinmek için yararlı olabilecek bir yöntem de bölgede daha önce heyelan olup olmadığı araştırılmasıdır. Eğer bölgede daha önceden heyelan oluşmamışsa, maliyeti yükseltmeden yapılacak yol çalışmasının da yeni heyelanlara yol açma ihtimali düşük olacaktır. Diğer taraftan, bölgede daha önceki

dönemlerde heyelan oluşmuşsa, basit ve küçük bir inşaat faaliyetinin bile daha önceki oluşmuş heyelanın tekrar harekete geçmesi ya da yeni bir heyelana yol açma ihtimali de çok yüksektir.

Karayolu Çalışma alanlarında üst toprağın kum içeriğinin fazla olması ve aynı zamanda organik maddece fakir olması toprakta suyun tutulamamasına neden olmaktadır. Üst toprak suyu tutamayıp alt toprağa sızmasına neden olmakta ve alt topraktaki killi yapının ise suyu tutarak absorbe etmesiyle birlikte gevşemesinden dolayı ve bu alanlarda kazı şevlerinin açılmasıyla beraber üst toprağın, kritik eğim eşiğinin aşıldığı yerlerde zeminde kayma ve bozulmalara sebep olmaktadır. Toprağın kohezyon, adezyon kuvveti, plastiklik, şişme, büzülme ve kıvamlılık gibi fiziksel özellikleri mevcut rutubet miktarıyla geniş ölçüde değişmektedir. İnşaat işleri esnasında ortamdan kaldırılan bitki örtüsünün ivedilikle sahaya, öncelikle zemini örtücü yerel otsu vejetasyonla kaplanması, devamında bitkilendirme ile şevlerin güçlendirilmesiyle geri sağlanmalıdır. Bitki örtüsünün kök sistemi de toprak partiküllerini birbirine bağlayarak ve toprağı ana kayaya tutundurarak şevin stabil halde işlevini sürdürmesine bu şekilde yardımcı olacaktır. Yamaçlarda yüzeysel erozyonun önlenmesi amacıyla vejetasyonun yararları bilinmekte olup bundan dolayı vejetasyondan öteden beri yaygın olarak yararlanılmaktadır. Karayolu çevresindeki alanlarda ve yol şevlerinde yapılacak bitkilendirmeler de bu yüzden büyük önem taşımaktadır. Kazı ve dolgu şevlerinin, içinde buldukları koşullar dikkate alınmadan öncelikli olarak yörelere özgü doğal türler kullanılarak bitkilendirilmesi, önem arz etmektedir. Bitki örtüsünün doğal ya da insan etkinlikleriyle yok edilmesi birçok kütle hareketinin başlıca nedenidir.

Bundan dolayı şevlerde yüzeysel kaymalarının önlenmesi bakımından bitki örtüsünün yararları dikkate alınmalı ve bu amaçla bitki örtüsünden geçmişten geldiği ve gibi gelecekte de yararlanılmalıdır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Karayolları jeolojik ve topoğrafik yapısından kaynaklanan zemin koşulları nedeniyle, aktif veya potansiyel heyelanlı bölgelerden yol güzergâhı geçirme problemi ile karşı karşıyadır. Yolun gerek proje, gerekse yapım aşamalarında heyelana ve toprak kaymalarına elverişli olan bu yapı her zaman göz önünde bulundurulmalı ve jeolojik ve jeoteknik araştırma çalışmaları göz ardı edilmemelidir. Sadece drenaj tedbirleri ile bertaraf edilebilen sorunlardan, ankrajlı-kazıklı perde ile sabitlenmeye kadar, çok geniş bir yelpazede maliyetleri göz önüne almayı gerektiren problemlere daha basit çözümlerin geliştirilebilmesi önem arz etmektedir.

Kastamonu Karabük karayolu üzerinde belirlenen 6 adet kazı şevi incelenmesi bu çalışmanın ana fikrini oluşturmuştur. Her bir kazı şevi için yersel ölçümlerde total-station ile şevleri 3 boyutlu modelleyerek ve toprak niteliklerine bakarak, Havadan ise drone ile şevler 3 boyutlu modellenmiş ve toprak analizlerine bağlı sonuçlar ortaya konulmuştur.

Her bir şevin tamamen çıplak toprak muhtevasında olduğu görülmüş, karayoluna inan topuklarına inşaa edilmiş istinat duvarları haricinde şev eğimlerine açalarına dahi gereken özenin gösterilmediği tespit edilmiştir. Büyük çoğunluğu toprak nitelikli olduklarından, stabilitelerini güçlendirmeye yönelik herhangi yapısal bir güçlendirme ile donatılmamışlardır.

Stabilite açısından şev eğiminin büyük önemi vardır. Şev eğiminin artması, üzerindeki materyali kritik bir süreçte bırakır. Suyun denkleme dahil olması kritik eşikte, üzerinde herhangi bir koruyucu tertibatı bulunmayan şevlerde bozulmaları başlatmaktadır. Ayrıca eğimin artması büyük kazı ve dolguları hacimlerini beraberinde getirmektedir. Hacimlerin artmasında hem yol maliyetlerini hem de şev dengesini olumsuz etkilemektedir. Yamaç ve şevlerde denge kaybına yol açan faktörler arasında en sık görüleni, doğal etmenler ya da insan faktörleri nedeniyle kaynaklanan yamaç ya da şevin yanal (lateral) destekten yoksun bırakılmasıdır.

Yapılan çalışmalar sonucunda yol yapılmasından önce şev durağanlığının incelenmesi faydalı görülmektedir.

Yol yapımından önce yürütülecek bu gözlemlerde, drenaj sisteminin yerinin tayin edilmesi ya da yol stabilitesinin denge içinde korunarak, yolun nereden geçirilebileceği gözetilmelidir. Zeminin taşıma yeteneği üzerinde olumsuz etkileri bulunan su miktarının, kontrol altında tutulması gerekmektedir. Bu nedenle yerüstü ve yeraltı sularının yola zarar vermeden uzaklaştırılması için iyi bir drenaj sistemi oluşturulmalıdır. Şevlerin genelinde eğim yönünde mikro yarıklar olmasına rağmen, bazılarında büyük ölçekli çökmeler de gözlenmiştir. İlkbahar da ve özellikle yaz başında yaşanan ani ve yüksek hacimli yağışlarda, yağmur sularının bu şevlerin bazıları altlarındaki istinat duvarlarını aşarak, karayoluna akacak nitelikte inceden kabaya her türlü malzemeyi tutamayıp eğim aşağı serbest bırakmakta ve kenar hendeklerinde birikmektedir. Çökme yüksek eğimde, toprağın su doygunluğuna ulaştıktan sonra, altındaki farklı bir katman üzerinde aşağı kayması şeklinde gerçekleşir. Bunun olduğu yerlerde, şevin geri kalanından farklı bir toprak yapılanması mı var araştırılmalıdır. Bölgenin yağış durumuna göre gerekli yerlere drenaj sistemleri planlanmalıdır.

Şevlerde heyelanın önlenmesi bakımından vejetasyonun yararları bilinmekte ve bu amaçla yaygın olarak kullanılmaktadır. Vejetasyonun, bir şevdeki kuvvetin dengesini kök desteği, toprak rutubetini değiştirme, payanda ve kemer etkisi, sürşarj ve köklerin kama etkisi şeklinde etkilemesi de çözüm yollarından biri olarak görülmektedir. Vejetasyon ve zemin yapısındaki şevin durağanlığını ve mühendislik bakışı açısından yapılan çalışma neticesinde, vejetasyonun düzgün yerleştirildiği taktirde, kök sistemi vasıtasıyla zeminin kesime dayanımını, şevlerin durağanlığını arttırdığı görülmüştür.

Karayollarında yapılan yol çalışmalarında karşılaşılabilecek sorunların olduğu görülmüş olup, arazinin engebeli topoğrafik ve jeoteknik şartlarda çalışırken görülen bu sorunların analizi ve çözüm yolları için yol standartlarını azaltmak veya değiştirilmek suretiyle, kil ve benzeri zeminlerde veya alüvyon zeminlerde şevlerin yapımından uzak durulması, kumtaşı ya da çamurlu bölgelerde şevlerin

yüksekliğinin olabildiğince düşük tutulması, su miktarı çok olan eğimli bölgelerde ise şevlerin dayanma yapılarıyla desteklenerek, gerekli yerlerde ihtiyaç halinde köprü veya viyadük tasarlamak ve arazide gerektiğinden fazla işlem yapmamak gibi önlemler alınabilir.

Yapılan arazi çalışmaları edinilen gözlemler ve analizlerin bizi ulaştırdığı sonuç; yamaç ve şev stabilitesini, eğimli arazi parçalarındaki sürtünme kuvvetini topoğrafik, jeolojik ve iklimik etkenlerin belirlediğidir. Buralardaki kütle kaymaları, makaslama zorlanmalarının şevin sürtünme kuvvetini geçmesi durumunda görülmektedir. Stabil halde bulunan zeminlerde harekete geçen kütle kaymaları arasındaki sınırı oluşturan kopma yüzeyi boyunca uzanan kütleli itmeye zorlayan kuvveti büyüten, ya da tersine sürtünme kuvvetini azaltan değişkenler veya faktörler, şevin kütle hareketine neden olacağı ön görülmektedir. Yol yapılmasındaki en önemli amaç mühendislik yapılarının işlevlerini yerine getirmesidir. Yapılan yapılardan mekanik etkiler, dış etmenler, ve yapıyı oluşturan materyallerin stabil halde bozulmadan durabilmesi amaçlanmalıdır. Teknik şartlara uygun günümüz koşullarında modern ve maliyeti yüksek olmayacak şekilde tasarlanmalıdırlar.

KAYNAKLAR

- Akcelik, R., Chung, E., & Besley, M. (1998). *Roundabouts: Capacity and performance analysis*, No. ARR 321.
- Atalay, F.İ., & Bekaroğlu, N. (1973). *Heyelanlar ve Mühendislik Uygulaması, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayını*, 200, Ankara.
- Burroughs, E.R., & King, J.G. (1990). Reduction Of Soil Erosion On Forest Roads, General Technical Report, *US Department Of Agriculture*, Forest Service.
- Bouyoucos, G. H. (1951). *Method of determining particle sizes by the soil hydrometer. Agron. J*, 43, 434-438.
- Buğday E., Göl C., Ediş S., & Ercanlı İ. (2015). Ormanlık Havzalarda Üretim Yollarında Sıkışmanın Üst Toprak Hidro-Fiziksel Özelliklerine Etkileri , *Üretim İşlerinde Hassas Ormanlık Sempozyumu*, 4-6 Haziran, Ilgaz.
- Buğday E., Özen A., & Menemencioğlu K. (2015). Ormancılıkta Yol Yapım Ve Bakım Çalışmalarının Sucul Ekosistem Üzerine Etkileri Ve Çözüm Önerileri, *Üretim İşlerinde Hassas Ormanlık Sempozyumu*, 4-6 Haziran, Ilgaz.
- Cook, J.R., & Younger J.S. (1986). The Engineering Geology of Road Projects in North Borneo, Planning And Engineering *Geology Proceeding of The 22nd Annual Conference of The Engineering Group of The Geological Society*, s. 419-428.
- Çağlarer, B., (1976). Dolgularda Temel ve Stabilitate Konuları, *Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Yayın No:225*, Ankara.
- Çağlarer, B., (1986). Yol Yapım Tekniği, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayın No:259*, Ankara.
- Duncan, J. M., Wright, S.G., & Brandon, T.L. (2014). *Soil Strength and Slope Stability. 2nd edition*. John Wilet and Sons, Inc. 333 s.
- Düzgün, B., Bozdağ,T., & Paşamehmetoğlu, A.G. (1996). Kaya Şevlerinin Duraylılık Analizlerine Bir Güvenirlik Yaklaşımı, *3.Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, s. 169-180, Ankara.
- Erdaş, O., (1997). *Orman Yolları Cilt 1*, K.T.Ü. Yayın No:187, Orman Fakültesi Yayın No:25, Trabzon.

- Gray, D. H., & Leiser, A. T. (1982). Biotechnical slope protection and erosion control. Van Nostrand Reinhold Company Inc.
- Görcelioğlu, E., (2004). *Orman Yolları-Erozyon İlişkileri*, İ.Ü. Orman Fakültesi yayınları, İ.Ü. Y. No: 4460, O.F. Y. No: 476, İstanbul.
- Görcelioğlu, E.,(1991). Bitki Örtüsünün Yamaç ve Şev Stabilitesine Etkileri, *Türkiye 1. Ulusal Heylan Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, s. 5-21. Trabzon.
- Jackson, K. A. (1967). *Current concepts in crystal growth from the melt. Progress in solid state chemistry*, 4, 53-80.
- Jackson, J. H. (1958). *Selected writings of John Hughlings Jackson* (Vol. 1). Staples.
- Kacar, B. (1995) *Bitki ve Topragın Kimyasal Analizleri 3: Toprak Analizleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Arastırma ve Gelistirme Vakfı Yayınları, No. 3, 705 s.
- Özçelik, N. (1982). *Orman Yolu Sanat Yapıları*, İ.Ü. Yayın No:3047, Orman Fakültesi Yayın No:323, İstanbul.
- Shane, J. S., Molenaar, K. R., Anderson, S. & Schexnayder, C. (2009). Construction Project Cost Escalation Factors. *Journal of Management and Engineering*, 25(4), 221-229.
- Şentürk, N. (1989). Yol inşaatında Zemin Etüdlerinin Önemi, *Or. Müh. Dergisi*, Yıl 26, Sayı II, s. 26-29, Ankara.
- Tarhan, F.(1996). Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, K.TÜ. Müh. Mim. Fak., *Genel Yayın No.' 145*, Fakülte Yayın No: 41, Trabzon.
- Tümerkan, F.C., (1976). *İstinat Duvarları*, Arpaz Matbaacılık, İstanbul.
- Umrao, R. V., Singh, R., & Singh, T. N. (2015). Stability evaluation of hill cut slopes along national highway-13 near Hospet, Karnataka, India. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, 9(3), 158-170.
- URL-1. Öğr. Gör. Cahit GÜRER, <http://www.fineprint.com>, Erişim Tarihi: 15.08.2019.
- URL-2. Manisa Sabuncubeli tüneli ve Trabzon ve Erzurum illeri arasında ulaşımı sağlayan Gümüşhane çevre yolu, www.sabah.com.tr, Erişim tarihi:15.08.2019.

URL-3. Trabzon ve Erzurum illeri arasında ulaşımı sağlayan Gümüşhane çevre yolu örneği, www.turizmavrupa.com, Erişim tarihi: 20.08.2019.

URL-4. Karayolunda istinat duvarına dair örnek (Bursa-Eskişehir yolu) <https://www.haberler.com/bir-turlu-bitirelemeyen-mezitler-e-cin-seddi-gibi-4812066-haberi/>, Erişim tarihi:22.08.2019.

Zakaria, Z., Sophian, I., Sabila, Z. S. & Jihadi, L. H., (2018). Slope Safety Factor and Its Relationship with Angle of Slope Gradient to Support Landslide Mitigation at Jatinangor Education Area, Sumedang, *West Java*, Indonesia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sciences 145: 012052.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Ufuk KADER
Doğum Yeri ve Yılı :Taşköprü / KASTAMONU 08.06.1991
Medeni Hali :Bekar
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :ufukkader@outlook.com



Eğitim Durumu

Lise :Abdurrahmanpaşa Lisesi (2005-2009)

Lisans :Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği (2011-2016)

İş Durumu

Kastamonu Lisanslı Harita Kadastro Mühendislik Bürosu (2016-2016)

Kastamonu Belediye Başkanlığı Fen İşleri Müdürlüğü (2016 -Halen)