

**EROZYON KONTROLÜ VE ŞEV
STABİLİZASYONLARINDA KULLANILAN
DOĞAL VE YAPAY MALZEMELER VE
ÖRNEK BİR UYGULAMA**

Emre ÇOMAKLI

**Yüksek Lisans Tezi
Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı
Doç. Dr. Yahya BULUT
2013
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**EROZYON KONTROLÜ VE ŞEV
STABİLİZASYONLARINDA KULLANILAN DOĞAL VE YAPAY
MALZEMELER VE ÖRNEK BİR UYGULAMA**

Emre ÇOMAKLI

PEYZAJ MİMARLIĞI ANA BİLİM DALI

**ERZURUM
2013**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**EROZYON KONTROLÜ ÇALIŞMALARI VE ŞEV STABİLİZASYONLARINDA
KULLANILAN DOĞAL VE YAPAY MALZEMELER VE ÖRNEK BİR
UYGULAMA**

Doç. Dr. Yahya BULUT danışmanlığında, Emre ÇOMAKLI tarafından hazırlanan bu çalışma 11/12/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oy birliği/oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Hasan YILMAZ

İmza

Üye : Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ

İmza

Üye : Doç. Dr. Yahya BULUT

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

EROZYON KONTROLÜ ÇALIŞMALARI VE ŞEV STABİLİZASYONLARINDA KULLANILAN DOĞAL VE YAPAY MALZEMELER VE ÖRNEK BİR UYGULAMA

Emre ÇOMAKLI

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yahya BULUT

Tezin ilk bölümünde doğal erozyon kontrolü yöntemleri hakkında tanımlamalar yapılmıştır. Malçlama, Hindistan cevizi fileleri, jütler, örme çitler ve saman battaniyeleri gibi yaygın olarak kullanılan yöntemler açıklanmıştır.

İkinci bölümde geosentetik ürünlerin fonksiyonları ve kullanım alanları hakkında bilgiler verilmiştir. Sonraki bölümlerde ise ülkemizde geosentetik malzemeler kullanılarak yapılan bazı uygulamalar hakkında bilgi verilmiş ve geonet ürünü kullanılarak yapılan bu çalışmanın değerlendirilmesi yapılmıştır.

Geosentetik malzemeler özellikle son yıllarda, bütün dünyada mühendislik uygulamalarında hem faydalı hem de alternatif çözümler sağladıklarından ‘mucize malzeme’ olarak adlandırılmakta ve kullanımları hızla yaygınlaşmaktadır.

Bu çalışmada yüksek eğimli arazilerde şev stabilizasyonunu daha etkin olarak sağlamak amacıyla geosentetik malzemelerden geonet’in toprağı tutma kapasitesinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Ankara ili Çamlıdere ilçesi sınırları içerisinde %74 eğimli bir şevde geonet ürünü denenerek inceleme yapılmıştır.

Bu çalışmada erozyon konusu ve geosentetiklerin bu amaçla kullanımı ele alınmıştır. Çalışma sonucuna göre geonet ürününün kullanımı ile toprak kaybı 4 kat azaltılmıştır. Aynı zamanda bu uygulamaların görseelliği olumlu etkilediğı düşünülmektedir.

2013, 73 sayfa

Anahtar Kelimeler: Erozyon, geosentetik, şev stabilizasyonu, geonet

ABSTRACT

MS Thesis

NATURAL AND SYNTHETIC MATERIALS USED FOR EROSION CONTROL AND SLOPE STABILIZATION AND A DEMONSTRATIF APPLICATION

Emre ÇOMAKLI

AtaturkUniversity
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Landscape Architecture

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yahya BULUT

In the first section of the thesis definitions about the natural methods of erosion control have been made. Such as mulching, coconut fiber mesh, jutes, knitting hedges and straw blankets commonly used methods are described.

In the second section information about the functions of geosynthetic products and their usage areas have been provided. Whereas in the following sections information was given about some applications made by using geosynthetic materials in our country and an evaluation of this work realized by using geonet product has been made.

Especially recent years, geosynthetic materials are called “miracle materials” because they provide both useful and alternative solutions in engineering applications worldwide and their use is expanding swiftly.

The objective ensuring this study more effective glaxis stabilization in high sloping terrains, was to determine the soil holding capacity of geonet which is one of the geosynthetic materials. The product Geonet was tested and examinations have been performed at a glaxis with a slope of 74% within the boundaries of the district of amlidere of the province of Ankara.

In this study the issue of erosion and the use of geosynthetics with this purpose are tackled. According to the result of the study, soil loss is decreased in 4 fold with the use of the geonet product. In the same time it is thought that these applications increase positively the visuality.

2013, 73 pages

Keywords: Erosion, geosynthetic, slope stabilization, geonet

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam esnasında her konuda desteğini ve fedakârlığını esirgemeyen, tecrübeleri ve bilgisinden istifade ettiğim, çalışmayı titizlikle yöneten danışman hocam Sayın Doç. Dr. Yahya BULUT'a ve Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Dekanı hocam Sayın Prof. Dr. Hasan YILMAZ'a şükranlarımı sunarım.

Arazi çalışmalarım esnasında yardım ve desteğini esirgemeyen başta Geoplas A.Ş.'ye ve Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğünün başta Genel Müdürü Sayın Hanifi AVCI olmak üzere değerli personeline çok teşekkür ederim.

Hayatımda her şeyimi borçlu olduğum, öğrenim hayatım süresince maddi ve manevi her konuda desteklerini esirgemeyen fedakâr AİLEM'E ve EŞİM'E saygılarımı sunar, sonsuz teşekkürlerimi bildiririm.

Emre ÇOMAKLI

Aralık, 2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1. Erozyon	3
2.1.1. Erozyon kontrol önlemleri.....	3
2.1.1.a. İdari önlemler	3
2.1.1.b. Kültürel önlemler	4
2.1.1.c. Mekanik önlemler.....	4
2.2. Şevlerde Erozyon ve Şev stabilizasyon yöntemleri	4
2.2.1. Biyolojik (Organik) yöntemler.....	5
2.2.1.a. Çizgi ot ekimi	5
2.2.1.b. Örme çit tesisi.....	6
2.2.1.c. Çalı demetli çit tesisi	7
2.2.1.d. Çalı demetli teras tesisi.....	8
2.2.1.e. Çim Kesekleriyle Kaplama.....	10
2.2.1.f. Malçlama.....	10
2.2.1.g. Hydroseeding.....	12
2.2.1.h. Biomat (Erozyon kontrol battaniyeleri)	14
2.2.1.i. Saman örtüsü ile stabilizasyon	16
2.2.1.i. Jüt (Jute)	16
2.2.1.j. Saman battaniyeleri (Straw blanket)	18
2.2.1.k. Hindistan cevizi battaniyeleri (Coconut fiber blanket)	18
2.2.1.l. Hindistan cevizi fileleri (Coconut fiber mesh).....	19
2.2.1.m. Hindistan cevizi- Saman fiber battaniyeler (Straw coconut fiber blanket) ..	20

2.2.1.n. Ahşap Fiber Battaniyeler (Wood fiber blanket)	20
2.2.1.o. Fiber Rulolar (Fiber Rolls)	20
2.2.2. İnorganik yöntemler (Geosentetikler)	22
2.2.2.a. Geosentetiklerin özellik ve işlevleri	24
2.2.2.b. Geosentetiklerin Erozyon kontrolü çalışmalarında kullanımı	32
2.2.2.c. Geosentetik Malzemeler	43
3. MATERYAL ve YÖNTEM	52
3.1. Materyal	52
3.1.1. Araştırma Sahası	52
3.1.2. Arazi yapısı	53
3.1.3. Toprak özellikleri	53
3.1.4. İklim özellikleri	54
3.1.5. Eşik uygulamalarında kullanılan materyaller	56
3.1.5.a. Çelik tel takviyeli geonet	56
3.1.5.b. Çelik tel takviyeli geogrid	56
3.1.6. Örtü uygulamasında kullanılan materyal	57
3.1.6.a. Geonet	57
3.2. Yöntem	58
3.2.1. Çelik tel takviyeli Geonet ve Geogrid eşik uygulamaları	58
3.2.2. Geonet uygulaması	60
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	63
4.1. Geonet uygulamasında taşınan sediment miktarı	63
4.2. Çelik tel takviyeli geonet eşik ve çelik tel takviyeli geogrid eşik uygulamaları	65
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ	73

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

α	Eğim (derece)
H	Hücre Yüksekliği (mm)
L	Şev Uzunluğu (m)
M	Kar yükü azaltma değeri
Ø	En Düşük zemin İç Sürtünme Açısı (Derece)
Pk	Kar yükü hesap değeri(kN/m ²)
Pk_o	Zati kar yükü (kN/m ²)
S	Kar Yüğü (kN/m ²)
W	Şev Eğimi (kN/m ³)
γ	Dolgunun Birim Ağırlığı

Kısaltmalar

ASTM	American Society for Testing and Materials
ÇEM	Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü
GMA	GeosyntheticMaterialsAssociation
HDPE	Yüksek yoğunluklu polietilen
IGS	International Geosynthetics Society
ISO	International Organization for Standardization
NFS	Net Sliding Force
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
PE	Polietilen
PET	Polyester
PP	Polipropilen
SID	Slope Interruption Device
SRD	Sediment Retention Device
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Örme çit kazıklarının çakılması.....	6
Şekil 2.2. Örme çit tesisi örneği.....	7
Şekil 2.3. Çalı demetli çit tesisi örneği	8
Şekil 2.4. Çalı demetli teras örneği.....	9
Şekil 2.5. Çalı demetli teras uygulaması.....	9
Şekil 2.6. Rulo çim örneği	10
Şekil 2.7. Ot kesekleriyle yeşillendirme	11
Şekil 2.8. Hidrolik malç örneği.....	12
Şekil 2.9. Atatürk Üniversitesi yerleşke içi hydroseeding uygulaması	13
Şekil 2.10. Şevde hydroseeding uygulaması	13
Şekil 2.11. Biomat örneği	14
Şekil 2.12. Erozyon kontrol battaniyeleri uygulama örneği	15
Şekil 2.13. Jüt uygulaması	17
Şekil 2.14. Saman battanileri	18
Şekil 2.15. Hindistan cevizi battaniyeleri örneği	19
Şekil 2.16. Hindistan cevizi fileleri örneği	19
Şekil 2.17. Ahşap Fiber Battaniyeleri örneği.....	20
Şekil 2.18. Fiber rulo uygulama klavuzu.....	21
Şekil 2.19. Buğday saman rulo örneği	22
Şekil 2.20. Hindistan cevizi rulo örneği	22
Şekil 2.21. Geosentetikler ve kullanım amaçları	27
Şekil 2.22. Geosentetiklerin ayırma işlevi	28
Şekil 2.23. Geosentetiklerin filtrasyon işlevi.....	29
Şekil 2.24. Geosentetiklerin drenaj işlevi	29
Şekil 2.25. Geosentetiklerin güçlendirme işlevi	30
Şekil 2.26. Geosentetiklerin yalıtım işlevi.....	31
Şekil 2.27. Geosentetiklerin koruma işlevi.....	31
Şekil 2.28. Geosentetiklerin erozyon kontrolü işlevi.....	32

Şekil 2.29. Ankara – İstanbul yolu Bolu Dağı geçişi, geomat ile erozyon kontrolü	
Sağlanması-İmalat aşaması örneği	34
Şekil 2.30. Ankara – İstanbul yolu bolu dağı geçişi, geomat ile erozyon kontrolü	
sağlanması çalışma sonrası.....	35
Şekil 2.31. Erozyon matı uygulama örneği.....	36
Şekil 2.32. Şevlerde geogrid uygulamaları–Tipkesit.....	36
Şekil 2.33. Geogrid kullanarak şev stabilizasyonu sağlanması, izmir olimpiyat evleri	
örneği.....	37
Şekil 2.34. Geogrid kullanarak şev stabilizasyonu sağlanması, izmir olimpiyat evleri	
proje detay çizimi	38
Şekil 2.35. Geocelllerin erozyon kontrolünde kullanımı	39
Şekil 2.36. Geocell Kesit	39
Şekil 2.37. Örgüsüz geotekstil örneği	43
Şekil 2.38. Örgülü teklifli geotekstil örneği.....	43
Şekil 2.39. Tek eksenli geogrid örneği	45
Şekil 2.40. İki eksenli geogrid örneği	46
Şekil 2.41. Geomat örneği	47
Şekil 2.42. Geonet örneği	47
Şekil 2.43. Geocell örneği (Anonim 2013j).....	48
Şekil 2.44. Geocell şev uygulaması örneği (Anonim 2013k)	49
Şekil 2.45. Bentonit Kil Örtü örneği.....	49
Şekil 2.46. Geonet Kompozit örneği.....	50
Şekil 2.47. Geogrid Kompozit örneği.....	51
Şekil 3.1. Araştırma sahası uydu görüntüsü	52
Şekil 3.2. Araştırma sahası	53
Şekil 3.3. Uygulamada kullanılan çelik tel takviyeli geonet	56
Şekil 3.4. Uygulamada kullanılan çelik tel takviyeli geogrid.....	57
Şekil 3.5. Uygulamada kullanılan Geonet	58
Şekil 3.6. Çelik tel takviyeli geonet eşik uygulamaları	59
Şekil 3.7. Çelik tel takviyeli geogrid eşik uygulamaları.....	59
Şekil 3.8. Geonet ürünü uygulama aşamasından bir görünüm	60
Şekil 3.9. Ankraj çubuklarının yerleştirilmesi	61

Şekil 3.10. Yarım silindir metal levha	61
Şekil 3.11. Geonet uygulaması	62
Şekil 4.1. Geonet altında çimlenmenin başlaması	65
Şekil 4.2. Çelik tel takviyeli geonet eşik uygulaması	65
Şekil 4.3. Çelik tel takviyeli geogrid eşik uygulaması	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. EN ISO 10318'e göre Geosentetiklerin gruplandırılması	23
Çizelge 2.2. Geosentetiklerin özellikleri.....	25
Çizelge 2.3. Erozyon kontrolü uygulamalarında kullanılan bazı geosentetikler ve birincil işlevleri	33
Çizelge 2.4. Hücre yüksekliği ve boyutunun belirlenmesi örneği	40
Çizelge 2.5. Tavsiye edilen emniyet kat sayısı değerleri.....	42
Çizelge 2.6. Geogridlerin özellikleri.....	45
Çizelge 2.7. Geonetlerin özellikleri	48
Çizelge 3.1. Toprak analiz tablosu.....	54
Çizelge 3.2. Kızılcahamam istasyonu 1970-2012 yılları verilerine göre araştırma yapılan aylara ait sıcaklık verileri	55
Çizelge 3.3. Kızılcahamam istasyonu 1970-2012 yılları verilerine göre araştırma yapılan aylara ait yağış verileri	55
Çizelge 3.4. İş akışı şeması.....	58
Çizelge 4.1. Kontrol alanı ve Geonet uygulanan alanlardaki toprak kayıpları.....	63
Çizelge 4.2. Ölçüm yapılan aylara ait yağış verileri.....	64
Çizelge 4.3. Toplam yağış miktarı ile Tutulan toprak miktarı ilişkisi.....	64

1. GİRİŞ

Dünyada birçok ülke toprağı şiddetli erozyona maruz kalmaktadır. Yapılan çeşitli araştırmalarda dünya genelinde her yıl yaklaşık 24 milyar ton toprak erozyon sebebiyle kaybolmakta ve bu rakam gün geçtikçe artmaktadır. Bu toprak kayıpları özellikle kurak alanlarda büyük bir sorun teşkil etmekte ve bu alanların çölleşme tehdidi ile karşı karşıya kalmasını sağlamaktadır. Dünyada erozyon sebebiyle çölleşme tehlikesi ile karşı karşıya olan 110 ülke bulunmaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) çölleşmenin dünyamıza yıllık maliyetinin yaklaşık 42 milyar dolar olduğunu hesaplamıştır (Anonim 2013a).

Erozyonla ilgili kaynaklar incelendiğinde Dünyada erozyonun en çok görüldüğü kıta Türkiye'nin de içinde bulunduğu Asya Kıtasıdır. Gerekli tedbirler alınmadığı takdirde, erozyonun şiddetinin gittikçe artacağı ve buna bağlı olarak Dünyamızın hızla çölleşeceği ve kırsal fakirliğin giderek artacağı sonucu çıkmaktadır (Anonim 2013e).

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de toprak kayıpları büyük oranda erozyon sebebiyle olmaktadır. Arazi yapısı, iklim, bitki örtüsü ve toprak özelliklerinin etkileşimi sonucu oluşan doğal erozyonun yanısıra insanların doğaya müdahalesi ile oluşturduğu erozyon ciddi sorunlar yaratmaktadır. Türkiye topraklarının %73'ü şiddetli erozyona maruz kalmaktadır. Çeşitli nedenlerle ülke yüzeyinden bir yılda kaybedilen toprak miktarının yaklaşık 1.4 milyon ton olduğu bilinmektedir. Ülke toprakları erozyonla aşınıp taşınırken organik madde ve minarelleride beraberinde götürmektedir (Anonim 2013d).

Türkiye'de akarsularla birlikte alandan taşınan toprak, ABD'nin 7, Avrupa' nın 17 ve Afrika' nın 22 katı daha fazla düzeydedir. Fırat Nehri, yılda 108 milyon ton, Yeşilırmak 55 milyon ton toprak taşımaktadır. Her yıl Keban barajına 32 milyon, Karakaya Barajına 31 milyon ton toprak birikmektedir. Erozyonla yılda 90 milyon ton bitki besin maddesi toprak birlikte yitirilmektedir. Her yıl tarım alanlarından 500 milyon ton, tüm ülke yüzeyinden 1,4 milyar ton verimli üst toprak, erozyonla

kaybedilmektedir. Kaybedilen bu topraklar, 25 cm kalınlığında, yaklaşık 400 bin hektar genişliğinde bir araziye eşdeğerdir (Anonim 2013d).

Türkiye’de erozyonun olumsuz etkilerinin azaltılması amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmakta ve önemli ölçüde başarılı neticeler alınmaktadır. Bununla birlikte dünyada kullanılan yeni yöntemlerin ülkemizde denenmesi gerekmektedir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Erozyon

Erozyon, bitki örtüsünden mahrum ana kaya üzerindeki toprağın; biyotik ve abiyotik faktörlerin olumsuz etkilerine maruz kalması sonucu aşınması, taşınması ve birikmesi olayı olarak tanımlanmaktadır.

Erozyon, tabiatın normal süreci içinde meydana geliyorsa buna normal erozyon denir ve jeolojik oluşumlar içinde cereyan eder. Şayet, insanın tabiattaki toprak-su-bitki arasındaki dengeyi bozucu nitelikteki müdahaleleri sonucu meydana geliyorsa hızlandırılmış erozyon adı verilir. Nedenlerine göre; su erozyonu, rüzgar erozyonu, çığ erozyonu, kütle hareketleri ve buzul erozyonu olarak sınıflandırılırlar (Anonim 1999).

2.1.1. Erozyon kontrol önlemleri

2.1.1.a. İdari önlemler

Erozyonun doğal faktörler sonucu oluşmakta fakat insanlar bu süreci müdahaleleri ile hızlandırmaktadır. Öyle ki bu hızlandırmanın insan etkileriyle 10-40 kat arasında arttığı bilinmektedir (Blanco *et al.* 2010). İdari önlemler insan etkilerinin durdurulmasına veya azaltılmasına yönelik olan tedbirlerdir.

Bu tedbirler aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- Aşırı otlatmaya engel olacak şekilde otlatmanın düzenlenmesi,
- Arazi sınıflamalarına göre arazi kullanımının sağlanması,
- Yönetim tedbirlerinin katılımcı yaklaşımla alınması,
- Gelir getirici çalışmalarla halkın refah seviyesinin arttırılması.

2.1.1.b. Kültürel önlemler

Erozyon kontrolü çalışmalarında bitki örtüsü tesis etmek veya mevcut bitki örtüsünü iyileştirmek kültürel önlem olarak adlandırılmaktadır. Kültürel önlemler alınırken yeni bitki örtüsü tesisinde yöreye uygun bitki türleri ile çalışmaya dikkat edilmelidir.

2.1.1.c. Mekanik önlemler

Teraslama, çevirme hendeği gibi arazi hazırlığı niteliğindeki önlemler ile kuru duvar eşik, örme çit ve ıslah sekisi türündeki sınıai tesislerdir. Mekanik önlemleri, yamaçlarda uygulanan önlemler (Teraslama, çevirme hendeği örme çit v.b.) ile oyuntu erozyonuna karşı alınan önlemler (Toprak sedde, kuru duvar eşik, miks eşik, tersib bendi, kıyı duvarları, anroşman v.b.) olarak iki bölümde incelenebilir (Anonim 1999).

2.2. Şevlerde Erozyon ve Şev stabilizasyon yöntemleri

Herhangi bir kazı veya dolduruda platform kenarı ile doğal yüzey arasındaki eğik yüzeye “şev” denir (Erdaş 1997).

Şevler oluştuğu malzemeye göre: kaya şevler, küskülük şevler ve toprak şevler olarak gruplandırılır (Peker 1988). Toprak ya da kaya şevleri oluşturan zeminler hava ve iklim etkisi altında cinslerine ve yapılarına bağlı olmak üzere birtakım aşınmalar gösterirler. Bu aşınmalar toprak şevlerinde zeminlerin sürüklenmesi, sev yüzeylerinin oluklaşması, kaya şevlerde kopma ve düşmelere neden olmaktadır (Ural 1999).

Yollarda toprak erozyonuna neden olan faktörlerin basında şevler gelmektedir. Engebeli arazilerden yol geçirilirken kazı ve dolduru çalışmaları gerekmektedir. Bu çalışmalar sırasında iyi bir projelendirme yapılmazsa şevlerde erozyon olayı ortaya çıkmaktadır (Peker 1988).

Projelendirme işleminde toprağın sıkıştırılması, drenaj, şevlerin yeşillendirilmesi, hasır örtüler ve ağaçlandırma gibi organik yöntemlerin yanında geosentetik ürünleri kullanıldığı gibi inorganik yöntemlerde uygulama alanının koşullarına göre dikkate alınmaktadır.

Bitkisel örtüleme ile dikilen bitkilerin köklenmeleri sonucu, sev üzerinde erozyonla karşı karşıya olan toprak tabakalarında erozyon tehlikesi önlenirken ya da azaltılırken şevin alt kısımlarında su ile taşınmış toprak ve ana kaya tabakalarının birbirleriyle kaynaşmasını sağlamakta ve böylece heyelan tehlikesini azaltmakta veya tamamen ortadan kaldırmaktadır. Yapılan bitkisel düzenleme ile kar siperi, çığ, kaya uçması ve taş düşmesine karşı önlemler alınabilmektedir (Acar 1997).

Bitkisel örtüleme nesneleri, kalıcı ve geniş etkileri nedeniyle, orman alanlarını, ulaşım yollarını ve yerleşim alanlarını erozyon tehlikesine karşı korumaktadır. Toprağı tahkim edecek önlemleri olarak mikro klima ve su düzenini iyileştirerek ve ekolojik çeşitliliği artırarak peyzaj ekolojisine katkıda bulunmaktadır (Çelem 1988).

Sentetik materyaller ise bitki örtüsünün kısa sürede gelişmesini sağlamak, vejetasyon gelişene kadar korumak ve erozyon etkisine karşı uzun süre dayanıklılık sağlamak için hızlı çözümler sunmaktadırlar.

2.2.1. Biyolojik (Organik) yöntemler

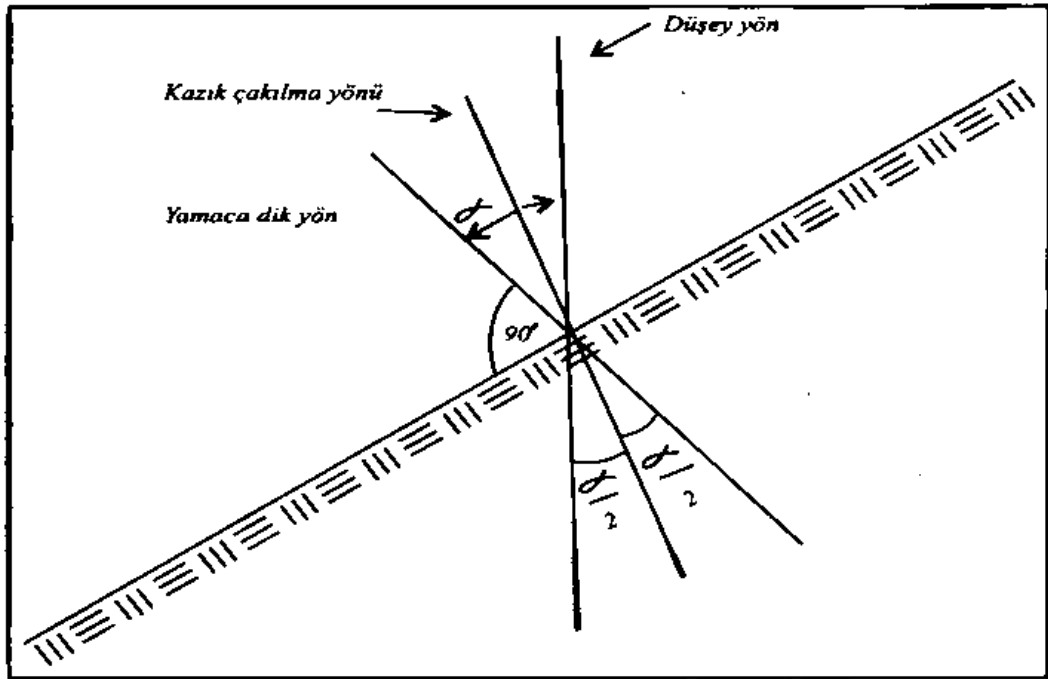
2.2.1.a. Çizgi ot ekimi

Yüzeysel akışın fazla olmadığı düşük eğimlerde; tesviye eğrilerine paralel olarak uygulanan ot ekimi tercih edilmektedir. Bu özelliklere sahip arazilerde çim keseklerinin alınabileceği alanlar varsa yamaç ıslahı ot keseklerinin yerleştirilmesi şeklinde de yapılmaktadır.

2.2.1.b. Örme çit tesisi

Yağış sularının akışını yavaşlatmak amacıyla toprağı geçsek olan çürük yamaçlarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Çoğunlukla örme çitlerin uygulanmasında yörede bol olan ağaç türlerinden elde edilen malzemeler kullanılmaktadır. Örme işleminin kolay ve sağlam olması amacıyla elastikiyeti fazla olan türler tercih edilmektedir.

Çapları 4-6 cm. ve boyları 90-100 cm. olan kazıklar 2/3 oranında 30-40 cm arayla çakılırlar (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Örme çit kazıklarının çakılması (Anonim 1999)

Bu çitler, yağmur sularının akışını yavaşlatarak toprağın aşınmasını ve taşınmasını önlemek amacıyla kullanılırlar (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Örne çit tesisi örneği (Anonim 2013a)

2.2.1.c. Çalı demetli çit tesisi

Örne çit tesisinde olduğu gibi yağış sularının akışını yavaşlatmak amacıyla toprağı geçirgen olan çürük yamaçlarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Şekil 2.3). Yörede bol olan ağaç türlerinden elde edilen malzemelerin demetler haline getirilerek açılan hendeklere yerleştirilmesi suretiyle uygulanmaktadırlar (Gray and Sotir 1996).



Şekil 2.3. Çalı demetli çit tesisi örneği (Anonim 2013a)

Ayrıca yamaçların sağlamlaştırılması amacıyla demetlerin alt ve üst kısımlarına hızlı köklenebilen yem bitkilerinin ekimi veya yöreye uygun fidanların dikimi yapılmaktadır.

2.2.1.d. Çalı demetli teras tesisi

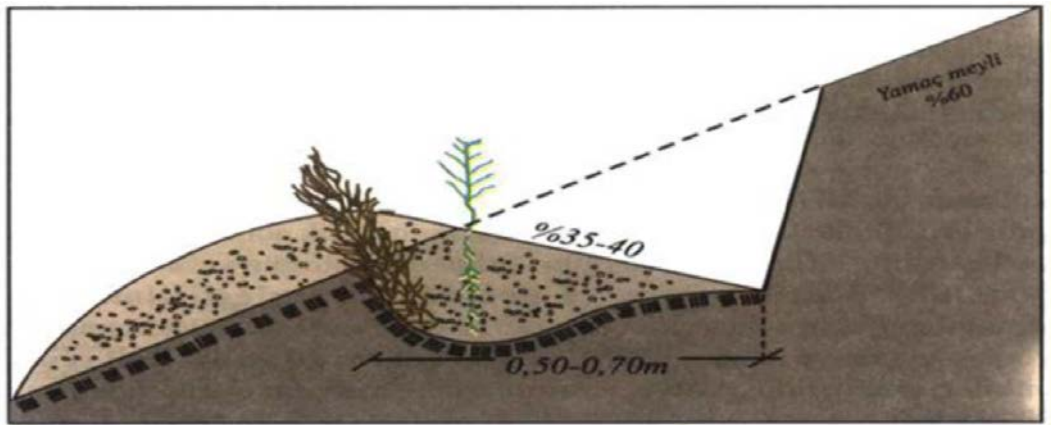
İnce materyallerin taşındığı eğimli yamaçların stabil hale getirilmesi amacıyla tesis edilmektedirler. Kazı tabanına ters meyil verilerek açılan hendeklere yöreden elde edilen çalı demetleri demet uçları toprak dışında kalacak şekilde yerleştirilir (Şekil 2.4).

Çalı Demetli Teras



Şekil 2.4. Çalı demetli teras örneği (Anonim 2013a)

Açılan çukurlara yöreye uygun fidanlar dikilmektedir. Toprak çekilerek gradoni tipi teras formu verilerek toprak sıkıştırılır ve meyil verilir. Fidan dikilecek yer çalı demetiyle kapanmaz (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Çalı demetli teras uygulaması (Anonim 1999)

2.2.1.e. Çim Keskleriyle Kaplama

Hazır çim, çim örtüsünün köklenmenin olduğu 2-6 cm. kalınlığında ve değişik ebatlarda kaldırılması ile elde edilmektedir. Elde ediliş şekillerine ve boyutlarına göre; çim parçaları, çim ruloları ve çim yatakları şeklinde isimlendirilmektedir (Şekil 2.6). Kullanılma alanları, özellikle toprak üst yüzeyini korumak amacını taşımaktadır. Örneğin; su ve rüzgâr erozyonuna karşı şevlerde kullanılabilmektedir. Aynı şekilde şevlerde ufak taş parçalarının yuvarlanmalarını önlemek veya en azından azaltmak için kullanılabilmektedirler (Emir 2006).



Şekil 2.6. Rulo çim örneği (Anonim 2013f)

Yamaç ve şev yüzeylerinin çim kesekleriyle kaplanması suretiyle başarılı bir yeşillendirme sağlanabilmesi için çim kesekleri zeminin nemli olduğu zamanda ve vejetasyon periyodu içinde döşenmesi gerekmektedir (Görcelioğlu 2004).

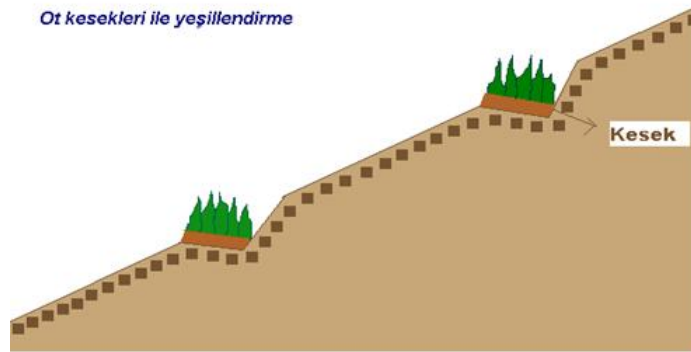
2.2.1.f. Malçlama

Toprağı erozyondan, genç otsu ve odunsu bitkileri sıcak, soğuk, kuraklık ve yaban otlarının baskısından korumak amacıyla toprak üzerine serilen ya da anız malçında olduğu gibi toprakta bırakılan cansız materyal örtüsüne malç adı verilmektedir. Bitkilerde toksin etki yapmayan hemen hemen her türlü organik ve anorganik materyal,

malç malzemesi olarak kullanılabilir. Yetiştirme ortamı koşullarının yeterince elverişli olmadığı yer ve durumlarda uygun bir bitki örtüsü oluşturulmasını kolaylaştırmak amacıyla, erozyona açık yüzeylerin ekonomik bir malç örtüsüyle geçici bir süre korunmasına ise malçlama denmektedir (Emir 2006).

Uygulamanın yapılacağı bölgeden seçilecek olan bitki artıklarının serilmesiyle toprağın erozyona karşı direncinin artması sağlanmaktadır. Genellikle dik ve bitki örtüsü olmayan yamaçlarda kullanılan bu yöntemde doğal tohumlamanın mümkün olmadığı zamanlarda malçlamadan önce veya sonra sahaya tohum atılabilmektedir (Anonim 1999) .

Dağlık arazi havzalarındaki zorlu yetiştirme ortamı koşullarında çıplak yamaçların ve orman yolu şevlerinin kolayca yeşillendirilmesi amacıyla, çoğunlukla en ekonomik malç malzemesi olan saman ve kuru ot saplarından yararlanılmaktadır (Şekil 2.7) (Görçelioğlu 2004).



Şekil 2.7. Ot kesekleriyle yeşillendirme (Anonim 2013c)

Saman tabakası tohumların gelişmeleri üzerine bir sıra olumlu etkiler yapmaktadır. Mikro klimayı iyileştirmekte, tohumların şevde yağmur suları ile yıkanıp veya rüzgârla taşınmalarına mani olmaktadır. Organik yapısı nedeniyle toprak tabakalarını organik maddelerce zenginleştirmektedir. Evaporasyonu azaltmaktadır. Su temin edildiği takdirde bu yöntem çıplaklaşmış ince toprak materyali çok az, çok dik eğimli, ana toprak

tabakası çok az veya olmayan yüksek oranda taş ve kaya içeren şevlerde başarı ile uygulanmaktadır (Çelem 1988).

Ayrıca dünyada yaygın olarak kullanılan diğer malçlama yöntemleride hidrolik, saman ve odun malçlamadır. Hidrolik malçlama su ve odun malcının bir karışımıdır (Şekil 2.8). Bu malçlama rüzgar ve su kaynaklı erozyona maruz topraklarda stabilizasyon amacıyla kullanılan geçici çözümdür. Hidrolik malç tamamen doğada ayrışabilir (Caltrans 2003).



Şekil 2.8. Hidrolik malç örneği (Caltrans 2003)

2.2.1.g. Hydroseeding

Hydroseeding, peyzaj, erozyon kontrol, düzenli depolama, spor sahaları ve çeşitli saha çalışmalarında kullanılan hızlı, uygun maliyetli, yüksek kaliteli çim ve çayır alanlar oluşturmak amacı ile geliştirilmiş bir yöntemdir. Hydroseeding, tohum, gübre, malç ve yapıştırıcı gibi malzemelerin su ile birlikte hidrolik malçlama tankı içerisinde karıştırılması ile oluşan malzemenin hortumla toprak yüzeyine püskürtülmesi yolu ile yapılmaktadır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Atatürk Üniversitesi yerleşke içi hydroseeding uygulaması

Kullanılan malzemeler ve karışım oranları arazinin topoğrafik yapısına, ekolojisine, toprak yapısına, iklimine ve kullanım amacına göre belirlenmektedir. Yüksek eğimli alanlarda rahatlıkla uygulanabilmekte ve olumlu sonuçlar vermektedirler (Şekil 2.10). Karışımdaki yapıştırıcı ve malç sayesinde uygulama sonrası 2-3 saat içerisinde donar ve tohumların sulama suyu veya karıncalarla taşınması, yağmurlarla akması veya rüzgârla uçması engellenmektedir.



Şekil 2.10. Şevde hydroseeding uygulaması (Anonymous 2013h)

Hydroseeding teknolojisi, organik yapısını kaybetmiş ya da hiç kazanamamış yüzeylerde, eğimi ne olursa olsun çözümler sunmaktadır. Yüksek uygulama hızı, 1:1 den daha dik yamaçlarda ekim yapabilme kabiliyeti, 4 onu toprak stabilize çalışmalarında alternatifsiz kılmaktadır (Anonim 2013g).

2.2.1.h. Biomat (Erozyon kontrol battaniyeleri)

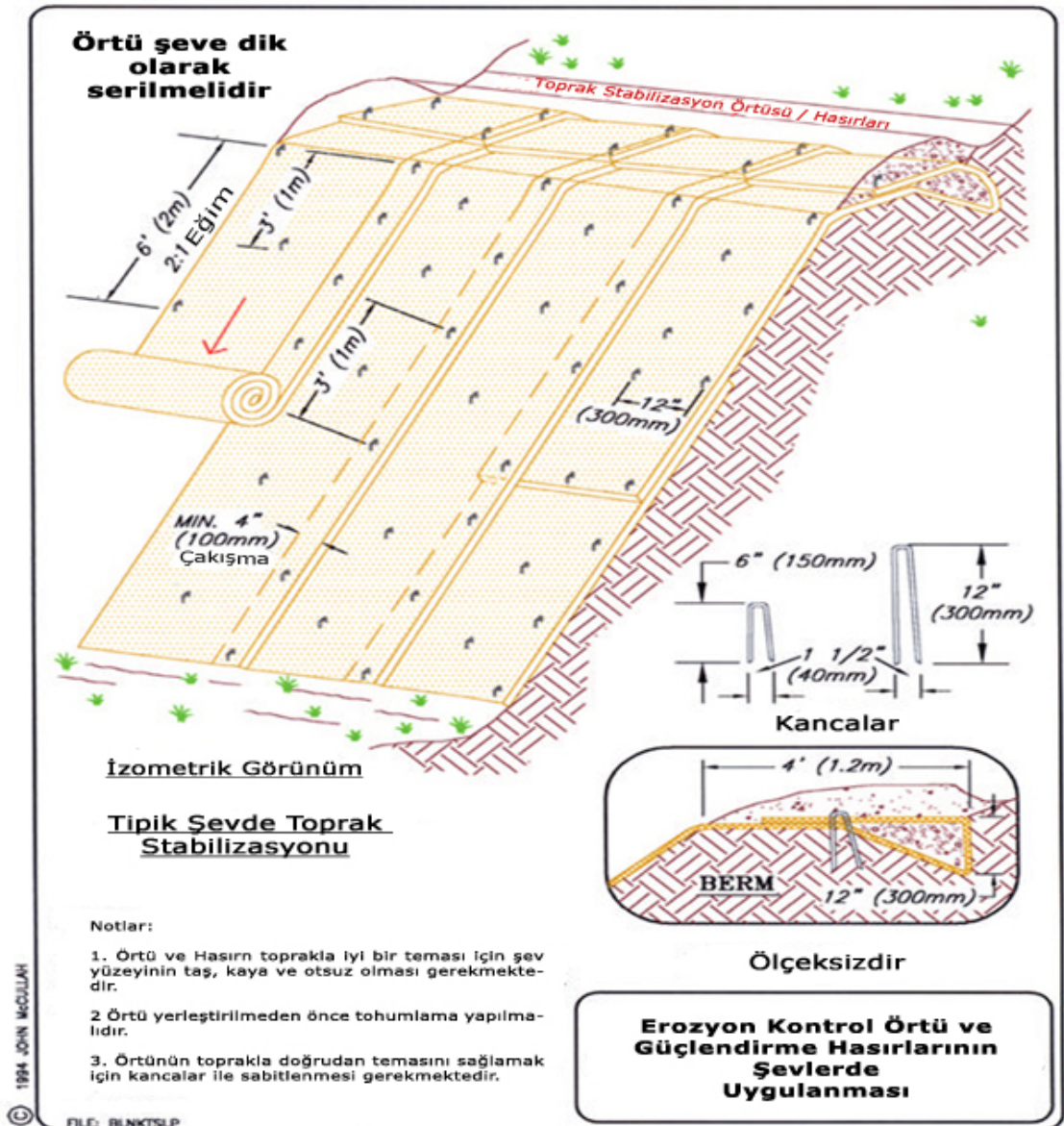
Erozyon kontrolü battaniyeleri olarakta adlandırılan biomatların; yüzeyde bitki örtüsü oluşuncaya kadar ömrü olan daha sonra çürüyen jütlü ve hindistan cevizi elyafı içeren (biomat) çeşitleride sıkça kullanılmaktadır (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Biomat örneği (Anonim 2013j)

Erozyon kontrolü battaniyeleri genellikle su yüzeyi boyunca suyun hareket hızını yavaşlatmak için dokunmuş malzemelerden oluşan ürünlerdir. Erozyon kontrolü battaniyelerinin gerek sentetik gerekse doğal birçok çeşidi mevcuttur. Ayrıca sentetik ve doğal malzemelerin birlikte kullanıldıkları kompozitleri de mevcuttur. Bu battaniyeler saman, hindistan cevizi lifi, titrek kavak, jüt ve polipropilen (plastik) gibi

malzemelerden yapılabilir. Ebat olarak çeşitli boyutlarda satın alınabilmelerine rağmen dünyada genellikle 80 ila 100 m² lik ebatlarda üretimi yapılmaktadır. Bunların çoğu 3 ile 8 metre genişliği arasında değişen rulolar şeklindedir. Uygulamalarında yöresel koşullardan kaynaklanan bazı farklılıklar olsa da temel uygulama prensipleri aynıdır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Erozyon kontrol battaniyeleri uygulama örneği (Anonymous 2013f)

2.2.1.i. Saman örtüsü ile stabilizasyon

Uygulama yapılacak alana uyum sağlayabilecek bitki türlerinden yapılan karışımdır. Şev önce 8-10 cm kalındığında uzun samanlardan oluşan bir örtü tabakası ile kaplanır. Alanda 300-700 gr/m² saman örtüsü bulunmalıdır. Oluşturulan saman tabakası demir kazıklarla gerilmiş tel bir ağ ile sabitlenmelidir. Saman tabaka üzerine metre kareye 30-50 gr çim ve çok yıllık otsu bitki tohumu, 60-80 gr yapay veya 100-150 gr organik gübre ile birlikte serpilir. Saman tabakasını rüzgar ve yağmur sularına karşı korumak amacıyla tabakaya 0,25 lt Bitümen-Emülsiyon ile 0,25 lt kireçsiz su karışımı püskürtülür. Bu uygulama iklimin iyileşmesine katkı sağlar ve tohumların şevlerden rüzgar ve yağmurla taşınmasına mani olur. Organik karışımı nedeniyle toprak tabakalarını zenginleştirir.

2.2.1.i. Jüt (Jute)

Corchorus capsularis, *Corchorus olitorius* türleri kullanılarak yapılan bir çeşit liftir. Bu malzemeler erozyon kontrol çalışmalarında ve şev stabilizasyonlarında tek başlarına kullanıldıkları gibi diğer erozyon kontrolü materyalleri ile birlikte de kullanılmaktadırlar. Güçlü yapıları ve doğada ayrışabilme özelliklerinden dolayı tercih edilen ürünlerdir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Jüt uygulaması (Anonymous 2013f)

2.2.1.j. Saman battaniyeleri (Straw blanket)

Tarımsal samanlardan yapılan battaniyeler hafiftir ve kolay uygulanırlar. Genellikle otoyol şevlerinde geosentetik ürünlerle birlikte kullanımları yaygındır. Standart genişliği 8 metre olan rulolar şeklinde üretilirler. Fakat uygulama sahasına göre bu ebatlar değişiklik gösterebilmektedir (Şekil 2.14). 1/3 veya daha az eğimli arazilerde başarı oranı artmaktadır.



Şekil 2.14. Saman battanileri (Anonymous 2013g)

2.2.1.k. Hindistan cevizi battaniyeleri (Coconut fiber blanket)

Hindistan cevizi liflerinden yapılan bu battaniyeler erozyon kontrolünde, dere, yamaç ve sulak alanların ıslahında kullanılırlar. Hindistan cevizi çürüme, küf ve neme karşı doğal olarak dirençlidir. Uzun zaman alanda kalabilme özelliklerinden dolayı (4-6 yıl) bitkilerin sağlam kök yapmalarını sağlarlar. Çoğunlukla polipropilen malzemelerle, jütlerle ve saman örtüleriyle birlikte uygulanırlar (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Hindistan cevizi battaniyeleri örneği (Anonymous 2013h)

2.2.1.1. Hindistan cevizi fileleri (Coconut fiber mesh)

Bu biyolojik fileler hindistan cevizi veya mısır elyafından iplik haline getirilerek dokunmuş ince geçirgen zarlardır (Şekil 2.16). Bitki örtüsü ile birlikte kullanılmak üzere tasarlanmıştır ve genellikle birkaç yıl ömrü vardır.



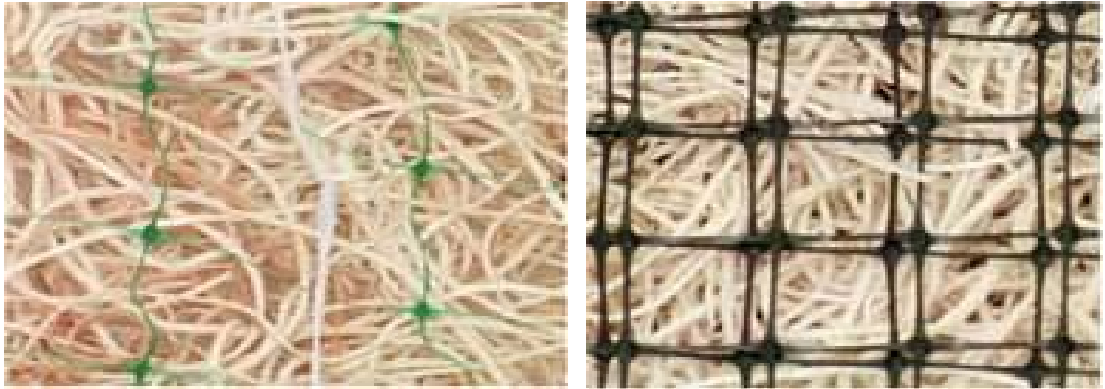
Şekil 2.16. Hindistan cevizi fileleri örneği (Anonymous 2013ı)

2.2.1.m. Hindistan cevizi- Saman fiber battaniyeler (Straw coconut fiber blanket)

Tarımsal saman ile yüksek kaliteli Hindistan cevizi liflerinin karıştırılmasıyla elde edilirler. Bu karışımda saman fazla oranda tutulmaktadır (çoğunlukla %70 saman). (Anonymous 2013g).

2.2.1.n. Ahşap Fiber Battaniyeler (Wood fiber blanket)

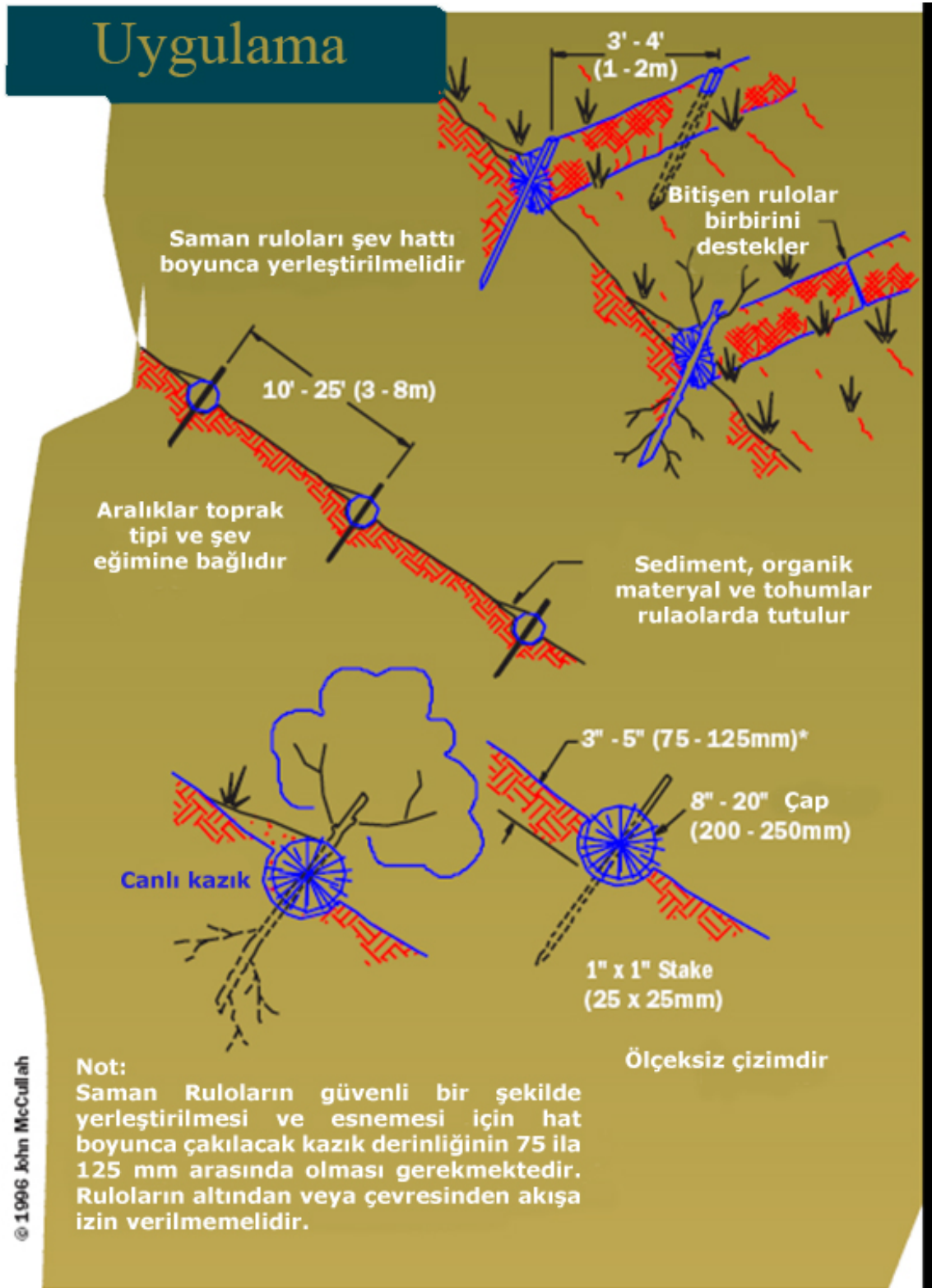
Ahşap Fiber Battaniyeler yamaçlarda ve düz topraklarda bitki örtüsü tesisine zemin hazırlamak için tasarlanmıştır. Bu battaniyeler Huş ağacı ve Titrek kavak talaşından yapılırlar. Parçalanabilen polipropilen örgülerle güçlendirilirler. Rulolar halinde üretilen battaniyeler 1.5m. x 45m. boyutlarında ve yaklaşık 30 kg. ağırlığında üretilmektedirler (www.matinc.biz). Bu ürünler sentetik ürünlerle kompozit olarak kullanılabilirler (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Ahşap Fiber Battaniyeleri örneği (Anonymous 2013h)

2.2.1.o. Fiber Rulolar (Fiber Rolls)

Fiber rulolar erozyon kontrol çalışmalarında kullanılan malzemelerdendir (Şekil 2.18). Bu ürünler genellikle erozyon kontrol battaniyelerinde kullanılan ürünlerle fakat geniş çaplı tomruk şeklinde yapılırlar. Pirinç sazi, buğday sazi ve hindistan cevizinden istenilen ebatlarda üretilerler (Şekil 2.19-20).



Şekil 2.18. Fiber rulo uygulama klavuzu (Anonymous 2013i)



Şekil 2.19. Buğday saman rulo örneği (Anonymous 2013h)



Şekil 2.20. Hindistan cevizi rulo örneği (Anonymous 2013j)

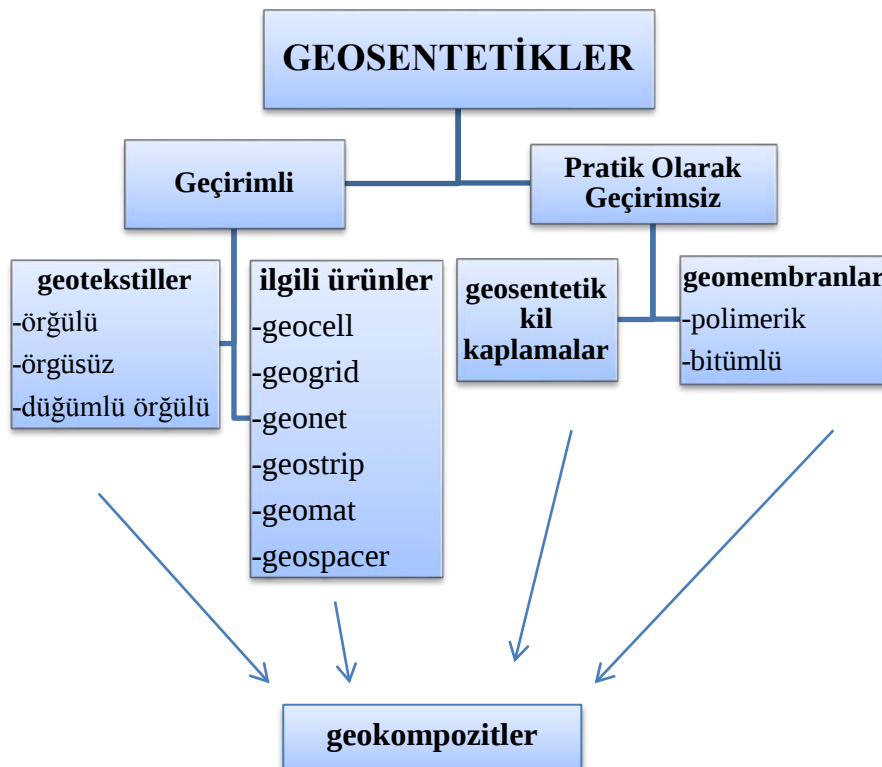
2.2.2. İnorganik yöntemler (Geosentetikler)

Geosentetik, geoteknik ve inşaat mühendisliği uygulamalarında zemin ve/veya diğer malzemelerle ilişkili kullanılan, en az bir bileşeni doğal yada sentetik bir polimerden

üretilebilen tabaka, şerit veya üç boyutlu bir yapı içeren ürünleri tanımlayan jenerik bir terimdir (Flossand and Brau 2004).

EN ISO 10318 (Uluslararası Standardizasyon Örgütü) standartlarına göre geosentetikler; geçirgen olan geotekstil ve pratik olarak geçirimsiz olan geomembranlardır. Bu sınıflandırmada geçirimli geotekstil ürünler; geotızgara (geogrid), geoağ (geonet), geohücre (geocell), geoşerit (geostrip), geohasır (geomat) ve geoboşluk (geospacer/ spacercore) pratik olarak geçirimsiz olan geomembranlar ise polimerik ve bitümlü olabilen geçirimsiz ürünlerdir. Kil içeren geosentetik kil kaplamalarda geçirimsiz ürünler arasında kabul görmektedir. Birden fazla geosentetik ürün kullanılarak imal edilen ürünler ise geokompozitler olarak adlandırılmaktadır (Çizelge 2.1),(Flossand and Brau 2004). Bu ürünlere ilaveten EN ISO 10318:2005 standartından yararlanılarak TR EN ISO 10318 numaralı türk standardı Türkiye’de 2006 yılında kabul edilmiştir.

Çizelge 2.1. EN ISO 10318’e göre Geosentetiklerin gruplandırılması (Floss and Brau 2004)



Uluslararası Geosentetikler Derneği (IGS) geosentetik ürünleri sınıflandırmamakla birlikte yukarıda adı geçen geosentetik ürünlerin yanında; geoşilte (geomattress), geoköpük (geofoam), geokalıp (geoform) ve geoçubuk (geobar) ürünlerini tanımlamaktadır (IGS 2000).

2.2.2.a. Geosentetiklerin özellik ve işlevleri

Geosentetikler temel özelliklerinin farklı şekillerde kullanılmasına bağlı olarak mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyanın büyük şirketlerine piyasa verileri sağlayan BCC ‘nin yapmış olduğu piyasa araştırmasına göre geosentetiklerin kullanımlarında büyük artış gözlenmiştir. Bu araştırmaya göre geosentetiklerin yıllık birleşik büyümeleri %1,7 olarak belirlenmiştir. Özellikle son yıllarda kullanım alanlarında meydana gelen artışa bağlı olarak ürün çeşitliliği artmaktadır (Anonymous 2013a). Bu artışla birlikte geosentetiğin projeye uygunluğunu değerlendirmek için çeşitli özellikleri öncelikli olarak dikkate alınmaktadır.

Bu özellikleri; Genel özellikler, Mekanik özellikler, Hidrolojik özellikler ve Çevresel koşullara dayanım özellikleri olarak sıralayabiliriz (Çizelge 2.2) .

Çizelge 2.2. Geosentetiklerin özellikleri (Wasti 2007)

GENEL ÖZELLİKLER

- Tipi ve imalat yöntemi
- Polimer tipi ve yoğunluğu
- Ağırlık ve kalınlığı
- Rulo özellikleri (uzunluk, genişlik, ağırlık vb.)

MEKANİK ÖZELLİKLER

- Çekme, gerilme ve sünme dayanımı
- Delinme, yırtılma ve darbe dayanımı
- Zeminle malzeme arasındaki sürtüşmeye dayanım
- Basınç ve patlama dayanımı

HİDROLOJİK ÖZELLİKLER

- Gözenek boyutu
- Gözeneklilik ve açık alan yüzdesi
- Geosentetik düzlemine dik geçirgenlik
- Geosentetiğin kendi düzleminde geçirgenliği

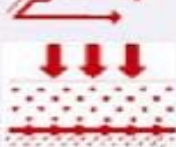
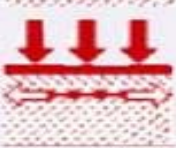
ÇEVRESEL KOŞULLARA DAYANIM

- İklim-hava etkileri (Morötesi ışınlar, ısı, nem vs.)
- Kimyasal bozulmalar
- Biyolojik bozulmalar

Geosentetik ürünlerin imal etiketlerinde verilen genel özellikler diğer özellikleri hakkında genel bilgiler vermektedir. Örnek verecek olursak geosentetiklerde ağırlık denildiğinde birim alana düşen ağırlıktanlaşılmaktadır. Bu rakam geosentetiğin 1 m² sindeki gram cinsinden malzeme miktarı olarak belirlenir. Dokumanın maliyeti ve dayanımı ağırlığıyla yakından ilgilidir. Genellikle örgülü tipler daha ağır ve daha yüksek dayanımlıdır. Genel özellikler; uygulama yapılacak alanda hangi geosentetik ürünün kullanılacağı hakkında ön fikir vermektedir.

Mekanik özellikler gerek uygulama sırasında gerekse uygulama sonrasında meydana gelebilecek tüm olumsuzluklara karşı geosentetik ürünün dayanım sağlamasıdır. Bu bakımdan mekanik özellikler güçlendirme amaçlı uygulamalarda ön plana çıkmaktadır. Hidrolojik özellikleri genellikle filtrasyon ve drenaj uygulamalarında öncelikli olarak dikkate alınan geçirgenlik, gözenek boyutu vs. özellikleri kapsamaktadır. Geosentetik ürünlerin seçiminde; kullanım alanları ve maruz kalacağı iklim koşulları göz önünde bulundurulmalıdır. Uygun ürünün uygun şartlar altında kullanılması uygulamanın amacına ulaşmasında önemli rol oynamaktadır.

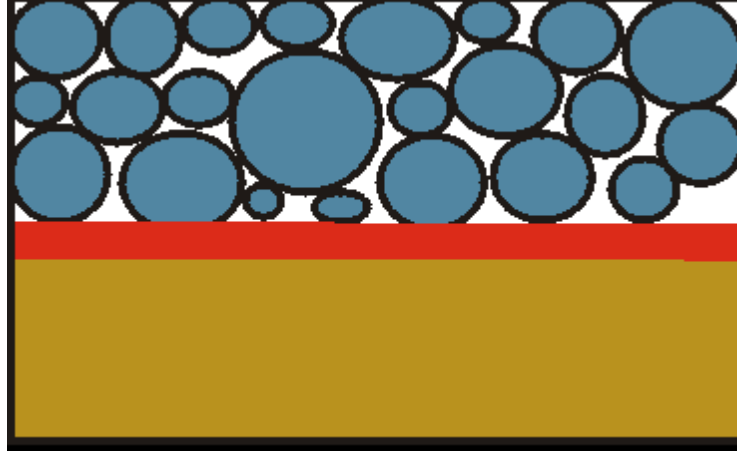
Yukarıda bahsedilen özelliklere sahip geosentetik ürünler; bu özellikler temelinde çeşitli işlevleri yerine getirmektedir. Sürekli gelişim gösteren geosentetik ürünlerin birçok işlevi bulunmaktadır. Bu işlevler bir çok uluslararası organizasyon ve standartların kabul ettiği 7 temel başlık altında açıklanmaktadır. Bu işlevler ayırma, filtrasyon, drenaj, güçlendirme, sızdırmazlık, koruma ve yeni kullanım alanlarıyla kabul gören erozyon kontrolü işlevidir. Geosentetik ürünler aynı anda iki işlevi yerine getirebilirler (Şekil 2.21).

FONKSİYON	ÇEŞİT	TANIM	
Filtrasyon		Geokompozit, Geotekstil	Sıvı geçişine izin verir, zemin danelerini geçirmemek
Drenaj		Geonet, Geokompozit,	Sıvının taşınması
Ayırma		Geotekstil, Geokompozit	İki malzemenin ya da zeminin karışmasını engellemek
Koruma		Örgüsüz geotekstil, Geonet, Geokompozit	Yapının zarar görmesini önlemek amaçlı
Geçirimsizlik		Geomembran, Geokompozitler	Sıvı bariyeri
Donatılı duvar		Tek yönlü geogridler, Örgülü geotekstiller	Zemine gelecek çekme kuvvetini karşılamak
Zemin iyileştirme		Çift yönlü geogrid, Geotekstil, Geokompozit	Taşıma gücünü arttırmak
Asfalt ve beton donatısı		Çift yönlü geogrid	Gelebilecek çekme kuvvetini karşılamak
Erozyon kontrolü ve yüzey stabilitesi		Geomat, Geohücre, Biomat, Bionet	Rüzgar, yağmur gibi etkilere zeminin taşınmasını ve ayrılmasını önlemek
Sınırlama		Geohücre	Zemin kütlelerinin yanal hareketlerini önlemek

Şekil 2.21. Geosentetikler ve kullanım amaçları (Karagül 2006)

a. Ayırma İşlevi

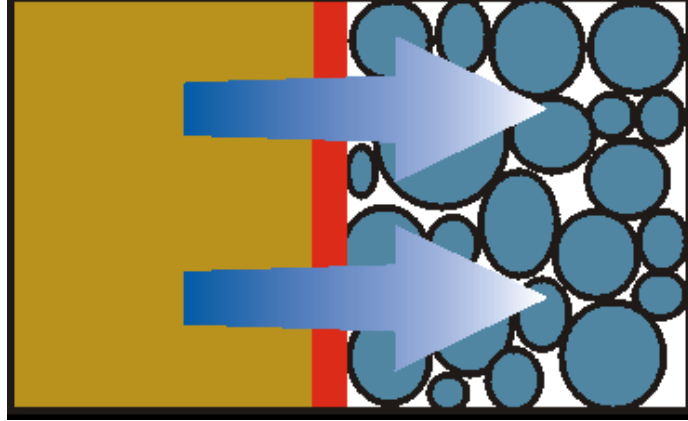
İnce daneli zeminle kalın daneli zemin arasına yerleştirilerek ayırma sağlanır (Şekil 2.22). Ayırma işlevi üst kısımdan gelecek baskı sonucu iki yapının karışmasını önlemede kullanılır. Ayırma işlevini gerçekleştirecek geosentetik ürünler; esnek, yırtılma ve koplara dayanıklı ve su akımına engel olmayacak özelliklere sahip olmalıdır. Bu ürünler birincil işlevi olan ayırma yanında drenaj gibi birçok yan işlevide yerine getirmektedir.



Şekil 2.22. Geosentetiklerin ayırma işlevi (Myles 2006)

b. Filtrasyon İşlevi

Bazı geosentetik ürünler yeterli su geçirgenliği uygun gözenek açıklığı ve yüksek poroziteye sahip olmalarında dolayı filtre gibi davranarak filtrasyon işlevi görürler (Şekil 2.23). Filtre amaçlı kullanılacak geosentetiklerin geçirgenliği su akışına engel olmaması için en az zeminin geçirgenliği kadar olmalıdır.

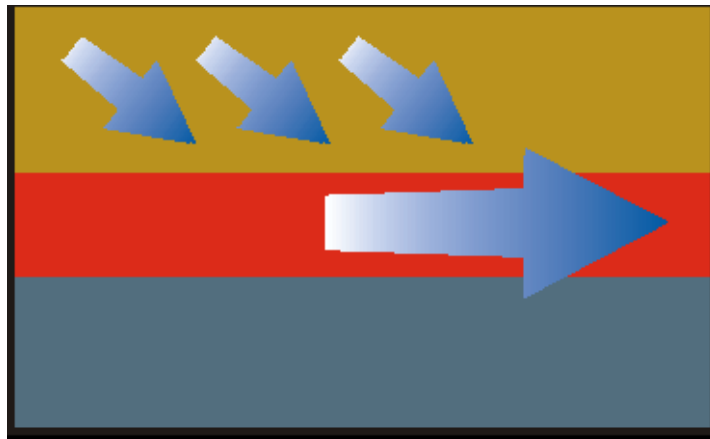


Şekil 2.23. Geosentetiklerin filtrasyon işlevi (Myles 2006)

c. Drenaj işlevi

Geosentetiklerin boşluklu yapıları ve filtrasyon özellikleri kendi düzleminde sıvı ve gaz geçişini kolaylaştırmaktadır (Şekil 2.24). Bu iletim sırasında, sıvı ya da gazgeotekstili bünyesinde toplanır ve kendi düzemi içerisinde aktarılır (Aksoy 1993).

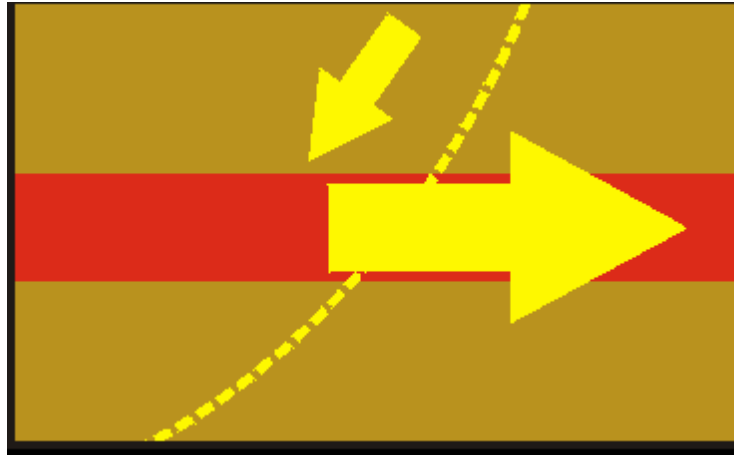
Drenaj işlevinin esas olduğu uygulamalarda birden fazla geosentetik ürün kullanılmaktadır. Geonet ve geotekstilden oluşan bir geokompozitin drenaj özelliği,sadece geotekstilin kullanıldığı durumdan çok daha üstün olmaktadır (Koerner 1999).



Şekil 2.24. Geosentetiklerin drenaj işlevi (Myles 2006)

ç. Güçlendirme İşlevi

Noktasal yüklerin eşit olarak geniş bir alana yayılması ve oluşan gerilme kuvvetlerine direnerek, zemin kütleini güçlendirmesidir (Şekil 2.25), (Öztekin 1992).

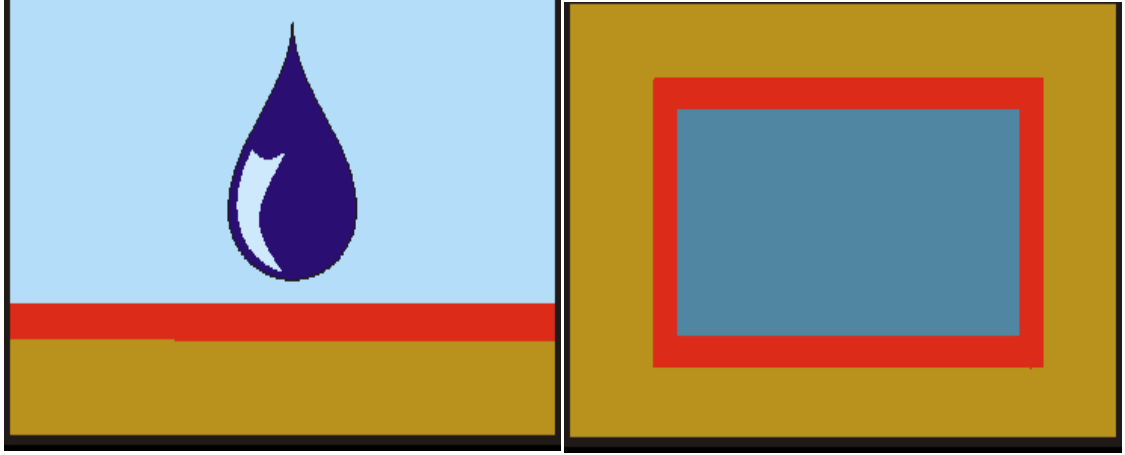


Şekil 2.25. Geosentetiklerin güçlendirme işlevi (Myles 2006)

d. Yalıtım (Sızdırmazlık) İşlevi

Geosentetikler sızdırmazlığı sağlayarak yalıtım işlevini yerine getirirler. Geosentetikler bir tutturma tabakasıyla birlikte kullanılarak tutulacak maddenin emilmesi sağlanır ve su geçirmeyen bir tabaka elde edilir (Şekil 2.26).

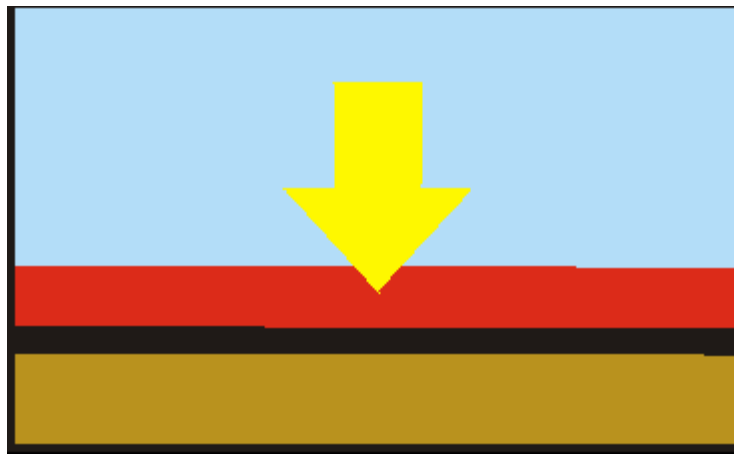
Yalıtım işlevini yerine getirecek geosentetin temel özelliği sıvı ve gazlara olan direncidir (Myles 2006).



Şekil 2.26. Geosentetiklerin yalıtım işlevi (Myles 2006)

e. Koruma İşlevi

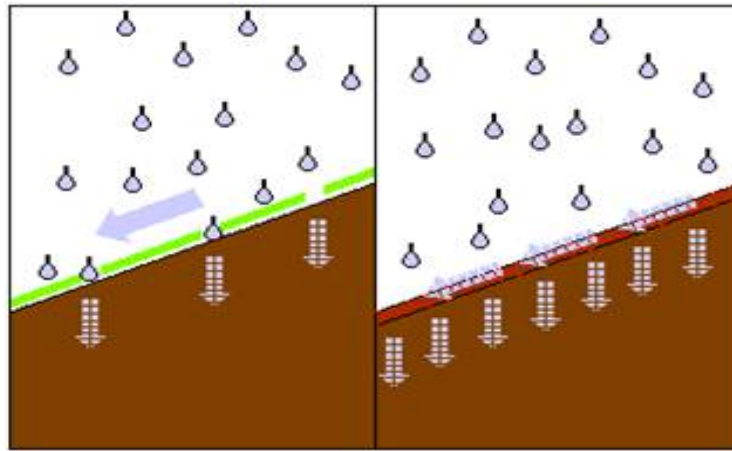
Geosentetikler gerilmeyi azaltarak ya da yayarak bir tabaka veya yüzeyin zarar görmesini engellemektedir (Şekil 2.27). Depolama alanlarında da yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Hem hava koşulları ve trafik gibi etkilerden yüzey koruması hemde iki malzeme arasına yerleştirildiğinde malzemelerden birinin korunması şeklinde işlev görmektedir.



Şekil 2.27. Geosentetiklerin koruma işlevi (Myles 2006)

f. Erozyon Kontrolü İşlevi

Geosentetiklerin rüzgar, yağmur, su akımı ve dalga gibi etkenlerle şev yüzeylerinde, nehir/göl/deniz kıyılarında ve nehir/deniz tabanlarında erozyonun önlenmesi amacıyla kullanılmasıdır (Wasti 2007). Ayrıca erozyona maruz marjinal alanlarda bitkilendirme yapılabilmesine imkan sağlar (Şekil 2.28).



Şekil 2.28. Geosentetiklerin erozyon kontrolü işlevi (Anonim 2013ı)

2.2.2.b. Geosentetiklerin Erozyon kontrolü çalışmalarında kullanımı

Geosentetik ürünler ayırma, filtrasyon, drenaj vb. birçok işlevi yerine getirmektedir. Geosentetikler erozyon kontrolü çalışmalarında bitki örtüsünü koruyarak erozyon ve sediment kontrolüne yardımcı olarak uzun vadeli istikrar sağlamada büyük rol oynamaktadır. Erozyon kontrolü çalışmalarında öncelikli olarak geosentetiklerin filtrasyon ve drenaj işlevleri ön plana çıkmaktadır.

Yapılan uygulamalar incelendiğinde geosentetiklerin erozyon kontrolü uygulamalarında ön plana çıkan işlevleri Çizelge 2.3’de ki gibi sıralanabilir.

Çizelge 2.3. Erozyon kotrolü uygulamalarında kullanılan bazı geosentetikler ve birincil işlevleri

EROZYON KONTROL UYGULAMALARI						
ÜRÜN	İŞLEV					
	AYIRMA	FİLTASYON	DRENAJ	GÜÇLENDİRME	YALITIM	KORUMA
GEOMAT	•	•				•
GEOTEKSTİL	•	•		•		
GEOCELL			•	•		•
GEOGRİD		•	•	•		
GEOMEMBRAN					•	
GEONET		•	•			•
GEOFOAM	•			•		
KİL KAPLAMALAR		•			•	
BİOMAT		•				•
GEOTUBE		•	•			
GEEKONPOZİT	•	•	•	•	•	•

Erozyon kontrolü çalışmalarında kullanılan geosentetikler doğada çürüyebilen (biodegradable) malzemelerin yanı sıra doğada kolaylıkla çözünmeyen ürünlerde kullanılmaktadır. Doğada çürüyebilen ürünler alanda bitkiler kökleninceye kadar sahada kalmaktadır. Doğada kolaylıkla çözünmeyen ürünler ise daha çok uzun süreli çalışmalarda takviye sağlamaktadırlar. Doğada kolaylıkla çözünmeyen ürünler acil korunması gereken erozyon uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Yüzey tabakada kullanılan geosentetikler yağmur etkisiyle oluşan toprak akmalarını önleyerek erozyon kontrolüne yardımcı olurlar.

Şev yüzeylerinde geocelller, bitki kök salıncaya kadar koruma amacıyla jüt geotekstil, Hindistan cevizi liflerden hasır (coirmatting), plastik ipliklerle tutturulan selüloz, saman veya yongadan yapılan hasır gibi doğada çürüyen (biodegradable) malzemeler, iki boyutlu geosentetik ağ (mesh) ve üç boyutlu geosentetik hasırlarda (mat) kullanılmaktadır (Wasti 2007).

Geomatlar; bitkilendirme ve erozyon kontrol uygulamalarında üç boyutlu ve boşluklu yapıları sayesinde bitkilerin toprağa tutunmasını sağlayarak yüzeysel erozyonların engellenmesine kullanılırlar. Ayrıca özel takviye gereken şevlerde çelik takviyeli veyageogridler ile güçlendirilmiş şekilde kullanılmaktadırlar.

Ülkemizde otoyol şevlerinin stabilizasyonlarında gerek görselliğin sağlanması gerekse sürüş güvenliğinin sağlanması amacıyla birçok uygulama yapılmaktadır (Şekil 2.29-30). Geomat ürünü nakliye ve uygulama maliyeti açısından uygun sahalarda klasik erozyon kontrolü yöntemlerine tercih edilmektedir. Geomat ürünü; şevin temizlenerek düzlenmesi suretiyle gerekli sabitlemeler yapılarak şeve serilmektedir. Daha sonra serilen ürünün üzerine yöre koşullarına uygun bitki tohumları serpilerek üzeri bitkisel toprakla (2-4 cm kalınlığında) kapatılmaktadır.

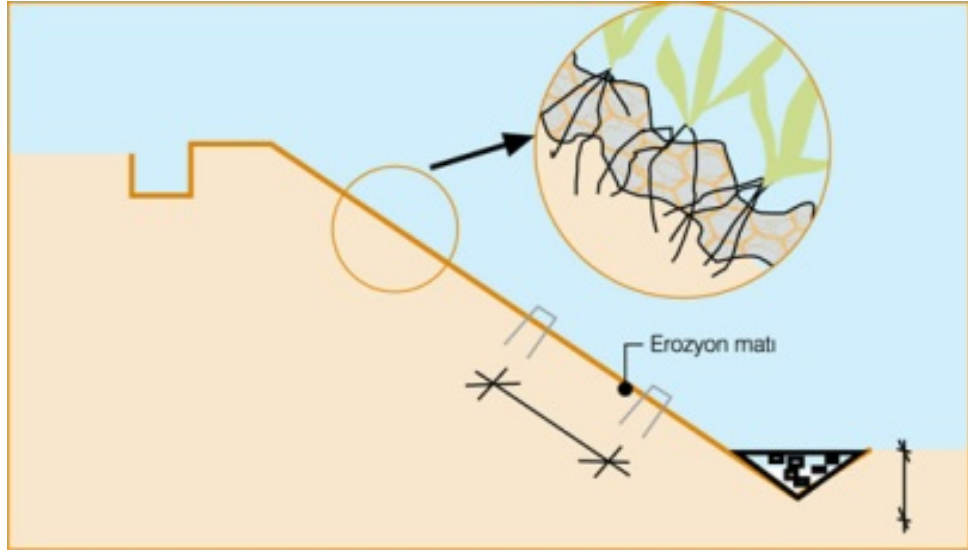


Şekil 2.29. Ankara – İstanbul yolu Bolu Dağı geçişi, geomat ile erozyon kontrolü Sağlanması-İmalat aşaması örneği (Erbil 2009)



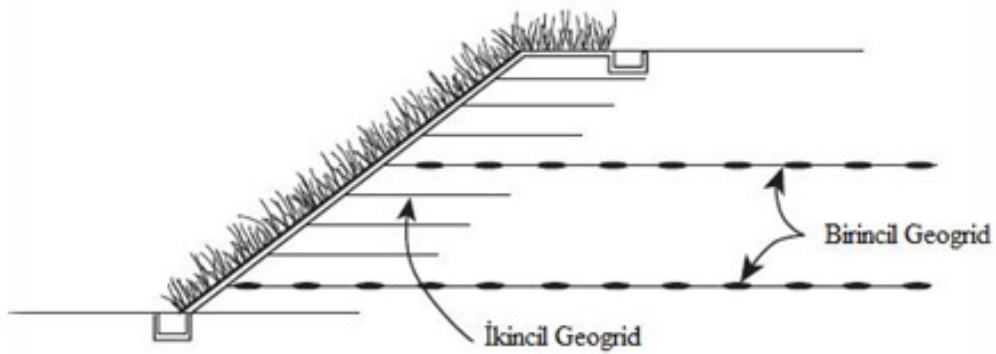
Şekil 2.30. Ankara – İstanbul yolu bolu dağı geçişi, geomat ile erozyon kontrolü sağlanması çalışma sonrası (Erbil 2009)

Biomatlar; saman lifleri, hindistan cevizi lifleri ve saman- hindistan cevizi liflerinin sıkıştırılarak selülozik malzemeler ile birbirine tuturulması ile oluşturulan ve organik yapıları sayesinde bitki oluşumu hızlandırıp nem tutulmasını sağlayarak şev korumasına yardımcı geosentetik ürünlerdir (Şekil 2.31). Geomat ürünlerine benzer şekilde şevlere serilerek uygulanmaktadırlar.



Şekil 2.31. Erozyon matı uygulama örneği (Anonim 2013ı)

Geogridler; şev yüzeylerinde, kaya yüzeylerinde, kanal yataklarında, kalıcı yeşil yüzey oluşturma çalışmalarında erozyona karşı koruma sağlamaktadır. Şev yenilmelerinde, heyelan etkilerinin azaltılmasında, erozyon kontrol yapılarında gabion oluşturmada ve toprak dolguların ve dolgu barajların güçlendirilmelerinde kullanılan geosentetik ürünlerdir (Şekil 2.32).

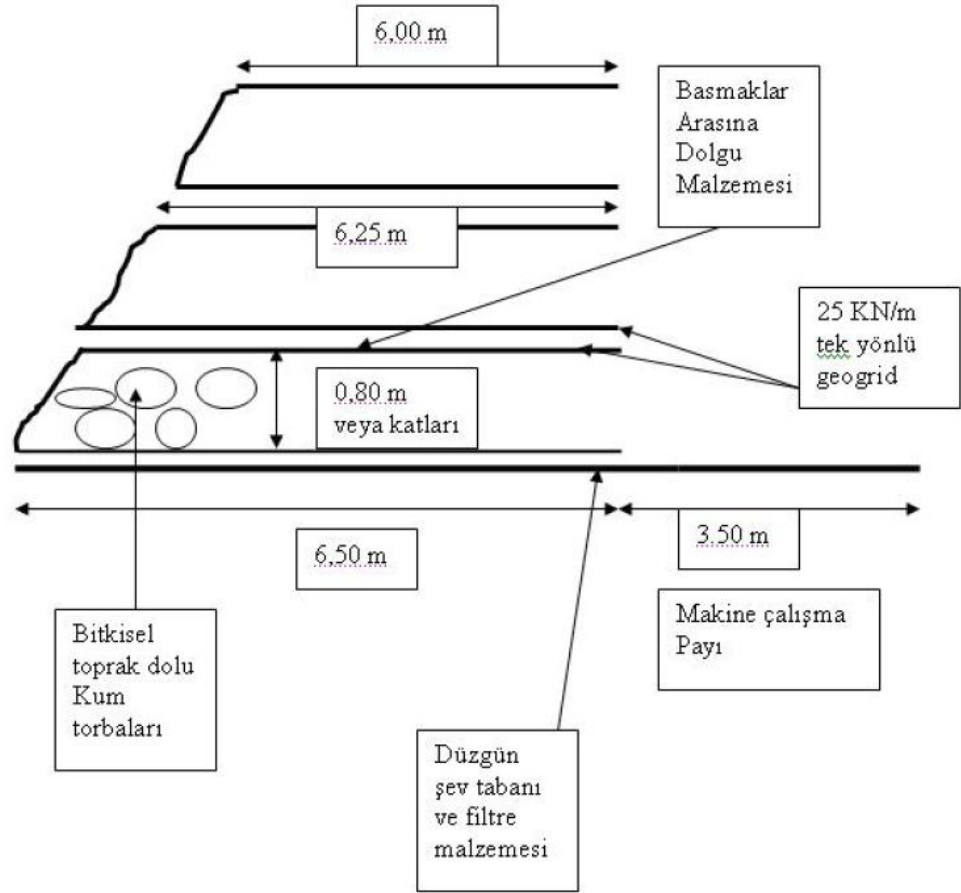


Şekil 2.32. Şevlerde geogrid uygulamaları – Tipkesit (Friloux and Flom 1999).

Şevlerin kayması sonucu oluşabilecek zararlardan korunmak amacıyla geogrid ürünü stabilizasyon amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 2.33).

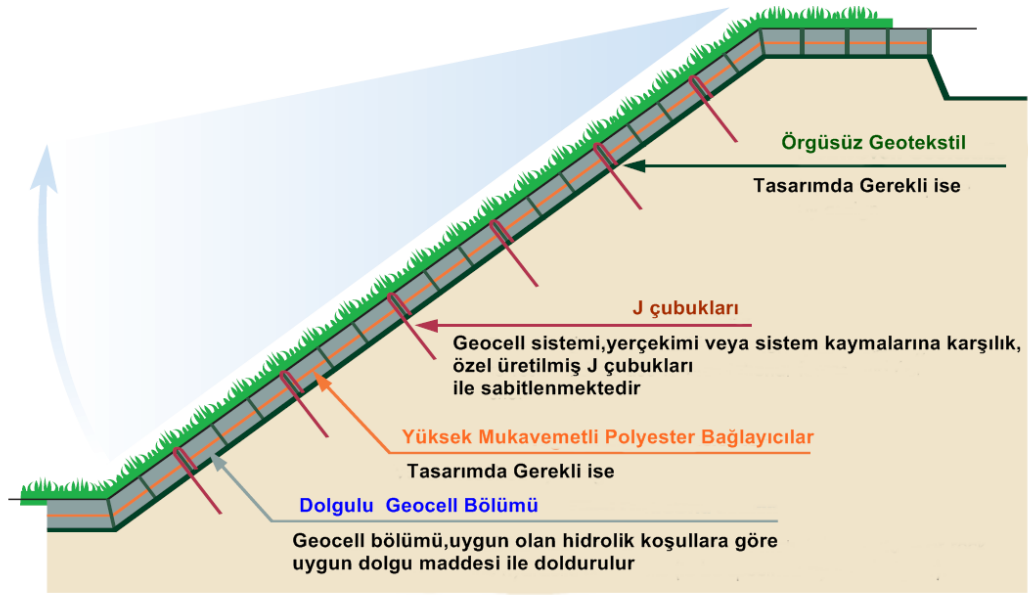


Şekil 2.33. Geogrid kullanarak şev stabilizasyonu sağlanması, izmir olimpiyat evleri örneği (Erbil 2009)

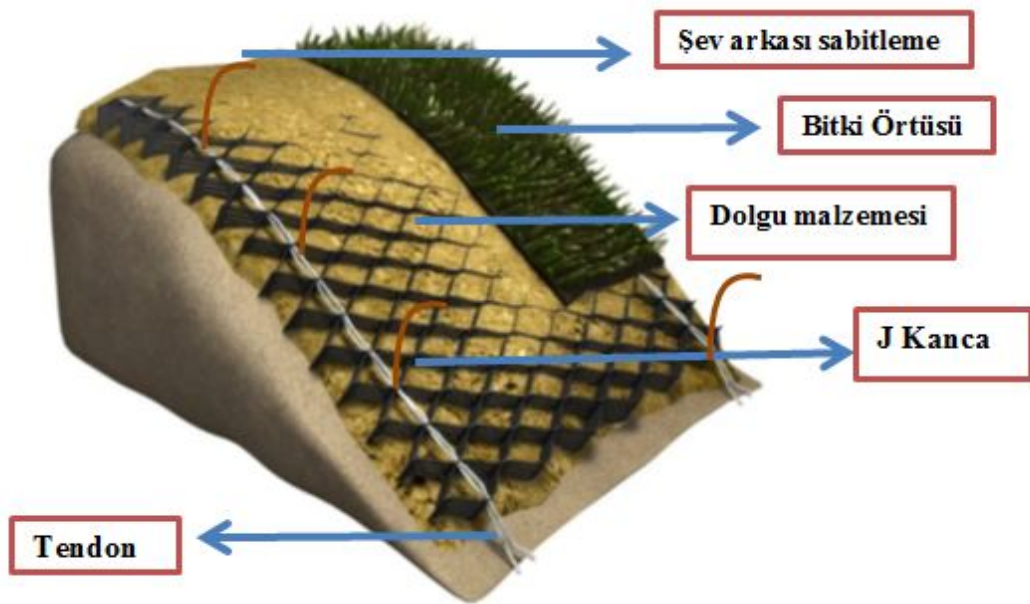


Şekil 2.34. Geogrid kullanarak şev stabilizasyonu sağlanması, izmir olimpiyat evleri proje detay çizimi (Erbil 2009)

Geoceller; zemin güçlendirmesi, toprak koruma, şev stabilizasyonu çalışmalarında özellikle son yıllarda kullanımları artmıştır ve bu ürünler ekonomik ve güvenilir çözümler sağlamaktadır. Boşluklarına toprak veya çakıl dolgusu yapılarak şev yüzeyine sabitlenirler (Şekil 2.35). Delikli yapısı sayesinde drenaja izin vererek erozyonu ve yüzeysel akışı önlemekte, yeraltı suyunun beslenmesini sağlamaktadır (Şekil 2.36).



Şekil 2.35. Geocelllerin erozyon kontrolünde kullanımı (Anonim 2013j)

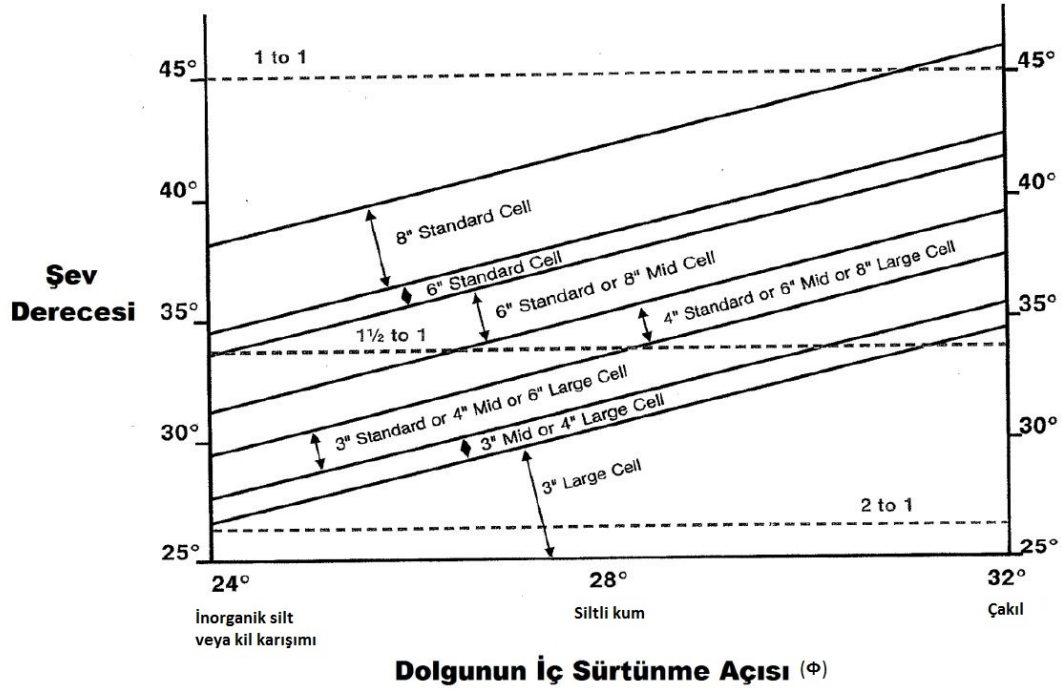


Şekil 2.36. Geocell Kesit (Anonim 2013j)

Şevlerde hücresel dolgu sistemlerinin uygulaması yapılırken; şevin uzunluğu, şevin yüksekliği ve açısı, şevdeki mevcut dolgunun göçme açısı, uygun hücre derinliği, dolgu malzemesinin ağırlığı, çevresel koşullar gözönüne alınması gerek önemli

faktörlerdendir. Ayrıca en uygun hücre boyutunun ve dolgu malzemesinin seçilmeside önem arz etmektedir (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. Hücre yüksekliği ve boyutunun belirlenmesi örneği (Anonim 2013h)



Yukarıdaki çizelge orta düzey koşullarda hücre yüksekliği ve boyutunu seçmek için kullanılabilir. Üç farklı hücre alanı şunlardır: Standart (9.6" x 8"), Orta (137" x 12") ve Büyük Hücre (19.2" x 16"). Orta düzey koşulların en belirli özellikleri; az miktarda yağış, şev tepesinin gerisinden bazı su akışlarının olması ve yağmur veya büyük bir fırtınadan önce iyi bir toprak örtüsünün beklenmemesidir. Aktüel durum daha olumsuzsa veya olumluysa, hücre yüksekliği ve genişliğinin seçiminde bu husus dikkate alınmalıdır. Dolgunun münferit kısımlarının maksimum boyutu hücre yüksekliğinin 1/3'ünden daha büyük olmamalıdır. Hücre yüksekliği seçimini etkileyen faktör budur (Anonim 2013h).

Tüm bu faktörler dikkate alınarak yapılacak uygulamalarda ankraj'a geçmeden önce ürünün şevden kaymasını engelleyecek olan net kayma kuvvetinin hesaplanması (NFS)

gerekmektedir. Hücresel dolgu ile şevden kaymasını engelleyecek NSF değerinin negatif çıkması gerekmektedir.

Net Kayma Kuvveti = $[(H \times L \times \gamma) + (L \times SL)] \times [\sin w - (\cos w \tan \phi)]$ formülü ile hesaplanır.

Kar yükü TS 498-1997 nolu Türk Standardı'na göre aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir.

$$P_k = m \cdot P_{k_0} \quad m = 1 - \frac{\alpha - 30^\circ}{40^\circ}$$

(geçerlilik sınırı $0 \leq m \leq 1$)

P_k : Kar yükü hesap değeri(kN/m²)
 P_{k_0} : Zati kar yükü (kN/m²)
 m : Kar yükü azaltma değeri
 α : Eğim (derece)

Alt zemin ve dolgu malzemesine bağlı olarak geocell altında herhangi bir geosentetik kullanılıp kullanılmamasına arazi ve maliyet/fayda durumu göz önüne alınarak karar verilmelidir. Örneğin alt zemin çok yumuşak olduğu durumlarda dolgunun geocell hücrelerin altından kaymasını önlemek amacıyla yararlı bir ayırma işlevi görebilir. Fakat bu durum sürtünmeyi azaltabileceğinde net kuvvetini artırarak maliyeti arttırabilir.

İlave desteğin gerekli olduğu dik yamaçlarda geocell tendonlar yardımıyla güçlendirilebilir. Tendonlar geniş arazi uygulamalarında özellikle tercih edilmektedir. Yüksek mukavemetli polyester dokuma veya kordondan oluşan tendonlar toprak kaymalarına karşı mukavemet, direnç ve dayanıklılık sağlamaktadır. Uygulamada kullanılacak tendon sayısı maliyet ve dayanıklılık açısından önemlidir.

Emniyet katsayısı malzeme özelliğine ve çevre şartlarına göre uygulayıcı tarafından belirlenmektedir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5. Tavsiye edilen emniyet kat sayısı değerleri (Kaymaz 2011)

Emniyet katsayısı (S)	Malzemelerin özellikleri ve çalışma şartları
1.25-1,5	Kesinlikle tespit edilebilen kuvvetler ile gerilmelere maruz ve kontrol edilebilen şartlar altında çalışan çok güvenilir malzemeler
1.5-2	Nispeten sabit çevre şartlarında çalışan, kolayca tespit edilebilen kuvvetler ile gerilmelere maruz ve özellikleri çok iyi bilinen malzemeler
2-2,5	Normal çevre şartlarında çalışan ve tespit edilebilen kuvvetler ile gerilmelere maruz kalan orta kaliteli malzemeler
2.5-3	Normal çevre, kuvvet ve gerilme şartları altında çalışan az denenmiş ve kırılğan malzemeler
3-4	Normal çevre, kuvvet ve gerilme şartları altında çalışan denenmemiş malzemeler. Belirsiz çevre şartlarında çalışan veya belirsiz gerilmelere maruz tanınmış malzemeler için de uygulanır.
>5	Burkulumaya zorlanan malzemeler

Sabitlemek için kullanılacak J kancaları seçilecek ürünün hücre yüksekliğinin üç katı kadar olmalıdır. Uygulamada kullanılacak kanca miktarı ise;

$$\frac{(NFS \times \text{Panel uzunluğu}) \times \text{Emniyet Katsayısı}}{\text{Kazık çekme katsayısı}}$$

Kazık çekme katsayısı

formülü ile hesaplanır.

Geocell ürünler dünyada erozyon kontrol ve önleme uygulamalarında oldukça yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Ülkemizdede kullanımları hızla artmakta olan geoceller klasik erozyon kontrolü yöntemlerinden daha ekonomik ve ergonomik çözümler getirmektedir.

Geokompozitler; birdenfazla fonksiyonu yerine getirmek amacıyla kullanılırlar. Güçlendirme, ayırma, filtrasyon, drenaj, yalıtım ve koruma uygulamaları gibi çok geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Geniş kullanım alanına sahip olan geokompozitler birden fazla özelliğin bir üründe toplanması nedeniyle çok amaçlı uygulamalarda maliyeti azaltmaktadırlar.

2.2.2.c. Geosentetik Malzemeler

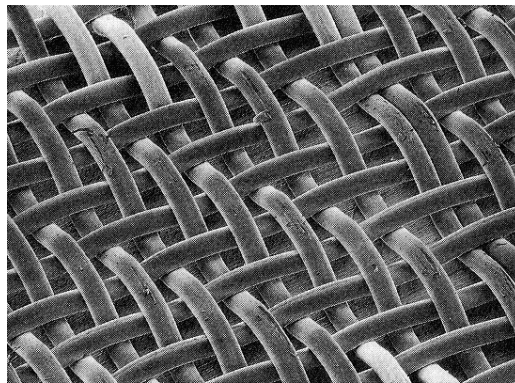
a. Geotekstil

Amerikan standartlarında (American Society of Testing and Materials – ASTM) geotekstil“bir inşaat projesi, yapı veya sistemin parçası olarak zemin, kaya, toprak veya diğer geoteknik mühendisliği ile ilgili bir malzeme ile beraber kullanılan geçirimli tekstil ürünü” olarak tanımlamıştır.

Temel olarak iki tip geotekstil yapısı vardır. Bunlar: örgülü ve örgüsüz geotekstillerdir (Şekil 2.37-38). Bunların dışında mekanik, ısı ve kimyasal birleştirme yöntemleri gibi özel işlemler görmüş geotekstillere de mevcuttur (GMA 2002).



Şekil 2.37. Örgüsüz geotekstil örneği (Anonim 2013j)



Şekil 2.38. Örgülü teklifli geotekstil örneği (Ingold and Miller 1988)

Sıvı çekiciliği, esnekliği, sağlamlığı, istenilen sıklıkta ve gerginlikte olması, geç tutuşması, filtre ediciliği, bakteri üremesini engellemesi, insan sağlığına zarar vermemesi, ultraviyole ışınlarına dayanıklılığı gibi özellikleriyle örgüsüz geotekstillerin kullanımı yaygınlaşmıştır (Wasti 2007).

Ayırma, filtrasyon, drenaj, güçlendirme, koruma, ayırma ve yalıtım gibi önemli işlemlere sahip olan geotekstilller, geosentetikler arasında en çok kullanılan ürünlerdir.

Geotekstilller, değişik polimerik maddelerden üretilebilirler. Her birinin çeşitli avantaj ve dezavantajları olmakla birlikte, Polipropilen (PP), Polyester (PET), Poliamid (PA) ve Polietilen (PE) malzemeler yaygın olarak tercih edilirler. Geotekstil üretiminde en çok kullanılan polimerler, polipropilen ve polyesterdir. Bunun en büyük sebebi diğer çeşitlere göre daha ekonomik olmalarıdır (Shukla 2002).

Bu polimerlerden propilen %85 kullanım oranı ile ilk sıradadır. Polyester %12 ile ikinci sıradadır. Polietilen %2 ve Poliamid %1'lik kullanıma sahiptir (Koerner 1999).

b. Geogrid (Geozgara)

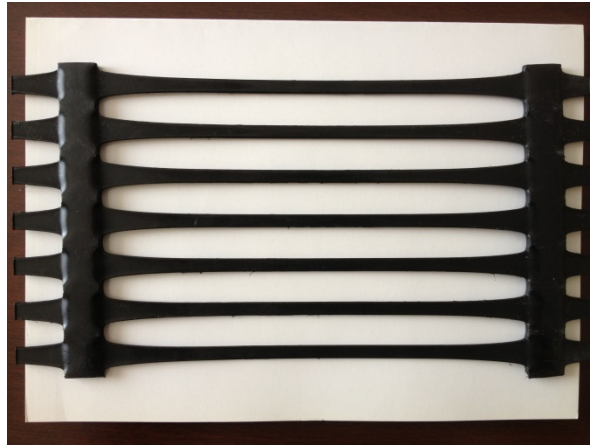
Zeminin içinden geçmesini sağlayacak şekilde geniş açıklıklardan oluşan (ortalama 1-10 cm) ve zemin güçlendirme amacıyla kullanılan geosentetik ürünlerdir.

Geogridler, zemini deliklerinden geçmesine izin verdikleri için yükün uygulandığı boyuna şeritleri dik kesen enine şeritlerde bir pasif dayanım oluşur. Aynı zamanda geogridin zemine bağlanması da bu şeritler sayesinde olur (Koerner 1999).

Çizelge 2.6. Geogridlerin özellikleri

Fiziksel Özellikler	Mekanik Özellikler
- Bosluk Boyutu	- Serit Çekme Dayanımı
- Örgü Yapısı	- Serit Birleşim Noktası Dayanımı
- Birim Alan Ağırlığı	- Kesme Kuvveti Dayanımı
- Serit Boyutları	- Gerilme Çatlakları Dayanımı
- Esneklik, sıklık	

Uygulamada karşılaşılan esas yük tek doğrultuda etkiyorsa ve bu doğrultu biliniyorsa tek eksenli geogrid kullanılır (Şekil 2.39), (Shukla 2002).

**Şekil 2.39.** Tek eksenli geogrid örneği (Anonim 2013i)

Yük dağılımı düzensiz ve hareketli yükler değişken doğrultularda ortaya çıkıyorsa iki eksenli geogridler kullanılır (Şekil 2.40), (Shukla 2002).



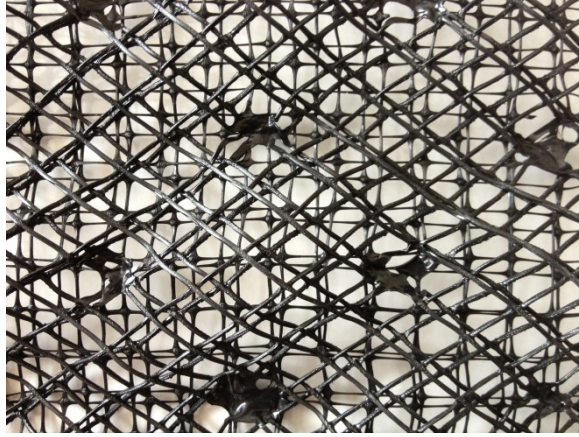
Şekil 2.40. İki eksenli geogrid örneği (Anonim 2013j)

Yol zeminlerinin güçlendirilmesinde, şevlerin onarılmasında, baraj ve toprak dolgularının güçlendirilmesinde kullanılmaktadırlar.

c. Geomat(Geohasır)

Bitki / çimen köklerinin su akımının yarattığı erozyona direncini uzun süreli artırma amacı ile serilen üç boyutlu, geçirgen, çok elyaflı (multi-filamented), sıklıkla 1 cm'den daha kalın polimer ürünlerdir (Wasti 2007). Geomatlar bitkilendirme ve erozyon kontrol uygulamalarında kullanılırlar.

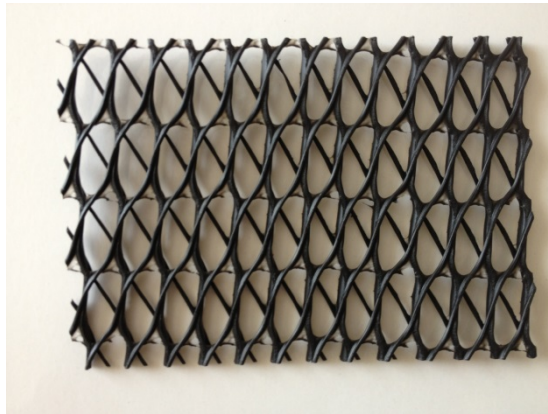
Üç boyutlu yapıları sayesinde bitkilerin toprağa tutunmasını sağlayarak yüzeysel erozyonların engellenmesine yardımcı olurlar (Şekil 2.41).



Şekil 2.41. Geomat örneği (Anonim 2013i)

d. Geonet (Geoğ)

Genellikle polietilenden üretilen, belirli seviyede dayanım gücü olmasına karşın sıvı geçişini kolaylaştıracak boşluklu yapılarından dolayı drenaj amaçlı kullanılan ürünlerdir (Şekil 2.42). Açıklıkları yaklaşık 6-30 mm. olan paralel iki polimer çubuk setinden oluşmuştur.



Şekil 2.42. Geonet örneği (Anonim 2013j)

Zemin ve kaya şevlerinden sızan suyun drenajı, toprak dolguların altına alt drenajı ve eğimli yüzeylerde yüzey erozyonunun önlenmesi amacıyla geocell ürünlerin ikamesi olarak kullanılabilmektedirler.

Çizelge 2.7. Geonetlerin özellikleri

Fiziksel Özellikler	Mekanik Özellikler
- Yoğunluk	- Çekme Dayanımı
- Birim Ağırlık	- Basınç Dayanımı
- Şerit Boyutları	- Kesme Kuvveti Dayanımı
- Şeritler Arası Açı	-Akış Oranı
-Boşluk Boyutu ve Şekli	

e. Geocell (Geohücre)

Yüksek yoğunluklu polietilenden üretilen hücresel dolgu sistemleri olarak tanımlamak mümkündür. Geocell ürünler, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), polyester malzemeden yapılmış üç-boyutlu, genişleyebilir panellerdir (Şekil 2.43). Boşluklu ve petek şeklindeki yapısı sayesinde zemin stabilizasyonu ve erozyon kontrolü çalışmalarında, dere ıslahı çalışmalarında kullanılmaktadırlar.

**Şekil 2.43.** Geocell örneği (Anonim 2013j)

Normal şartlardageoceller, 200 mm genişlik ve 1.2 mm kalınlıkta şeritlerden oluşurlar ve bu şeritler, 200 mm genişlik ve 330 m aralıklarla, ultrasonik kaynatma yöntemi ile birleştirilirler.



Şekil 2.44. Geocell şev uygulaması örneği (Anonim 2013k)

Zemin güçlendirmesi, toprak koruma, şev stabilizasyonu ve oyuntu alanlarında geocell ürünler ekonomik ve güvenilir çözümler getirmektedir (Şekil 2.44). Proje ihtiyaçlarına göre istenilen ebatlarda üretilebilmesi kullanımlarını yaygınlaştırmaktadır.

f. Geosentetik kil kaplamalar

İki geotekstil arasında toz halindeki bentonit kil karışımından oluşmaktadır. Geosentetik kil kaplamalar “kil örtüler”, “bentonit örtüler”, “bentonit hasırlar” ve “prefabrike bentonit kil örtüler” olarak da adlandırılmaktadırlar (Şekil 2.45). Geotekstiller arasındaki bentonit suyla temas ettiğinde şişerek sızdırmaz bir yapı meydana gelmektedir.



Şekil 2.45. Bentonit Kil Örtü örneği

Geosentetik kil kaplama malzemeleri geçirimsizliği sağlamak amaçlı kullanılmaktadır. Orta tabakada bulunan bentonit malzemesi sualdığında yüksek genleşme özelliğine sahip olup, genleşme esnasında malzeme üzerine uyguladığı baskı kuvveti ile geçirimsiz tabaka oluşturur.

Hidrolik bariyer olarak, sıkıştırılmış kil tabakaları yerine, geosentetik kil kaplamalar başarı ile kullanılabilir (GMA 2002). Geosentetik kil kaplamalar , inşaat yapı türlerinin büyük kısmında su yalıtımı elemanı olarak kullanılırlar. Geomembranlarla birlikte kaplama ve koruma tabakası oluşturdıklarından başarılı sonuçlar vermektedirler.

g. Geokompozitler

Proje ihtiyaçlarına göre geosentetik ürün çeşitlerinin birlikte kullanılmasından elde edilen ürünler geokompozitler olarak adlandırılırlar (Şekil 2.46). Bazı durumlarda sentetik olmayan ürünlerle birlikte kullanılmaktadırlar.



Şekil 2.46. Geonet Kompozit örneği

Geokompozitlerin çok sayıda kullanım alanı bulunmaktadır; ama genelde geokompozitler ayırma, güçlendirme, filtrasyon ve drenaj özellikleri göz önünde bulundurularak kullanılmaktadır (Koerner 1999). Geokompozitler geniş kullanım

alanına sahip olmakla birlikte birden fazla fonksiyonu yerine getirerek, uygulamada geosentetik tek bir geosentetiğin kullanımından daha faydalı olabilmektedirler.



Şekil 2.47. Geogrid Kompozit örneği

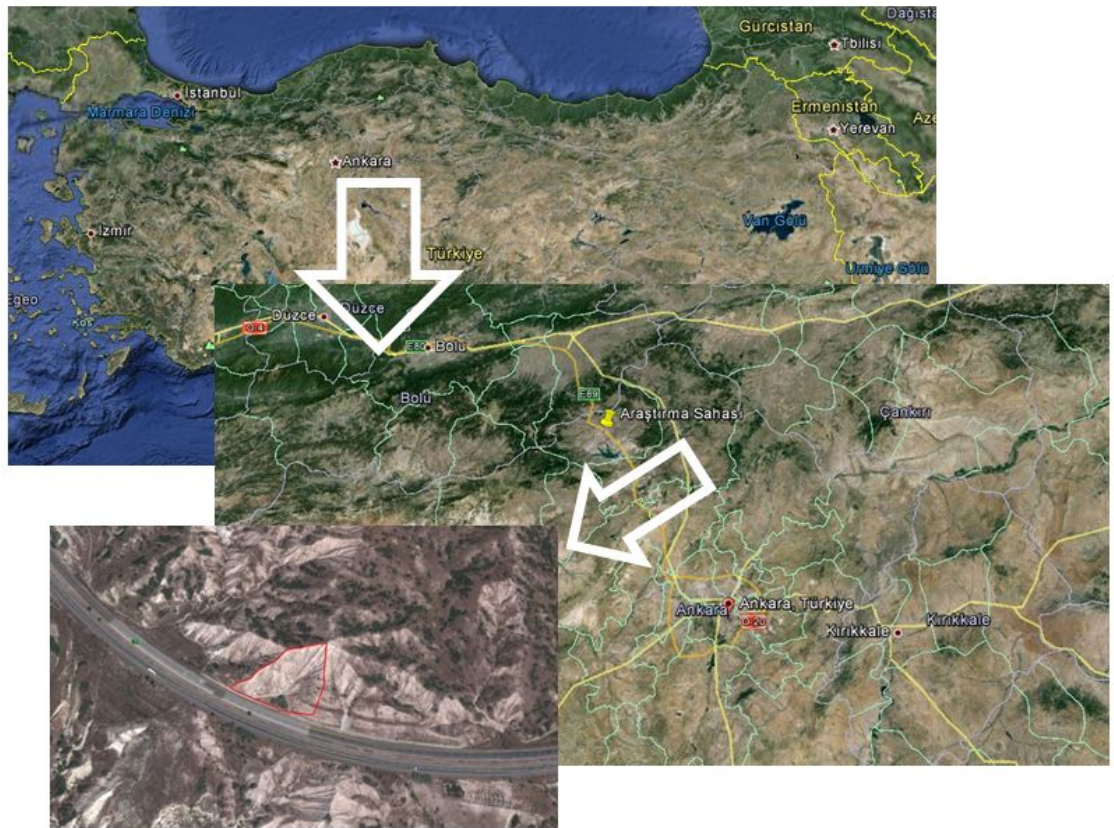
Geokompozitlere örnek olarak don etkisi ya da tuzlanma problemi olan bölgelerde Geotekstil – Geonet Kompozitler, likit malzeme ve gazların drenajı problemlerinin çözümlerinde Geotekstil – Geomembran Kompozitler, geçirimsiz bariyerlerin oluşturulmasında Geomembran – Geogrid Kompozitler verilebilir (Şekil 2.47).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Sahası

Araştırma sahası TEM Ankara- İstanbul otoyolunun 30. km'sinde yolun 5 m. iç kısmında bulunmaktadır. Araştırma; Çamlıdere Orman İşletme Müdürlüğü Peçenek 100 nolu bölme sınırları içerisinde OGM'nin daha önceden yaptığı erozyon önleme çalışmalarının bitişiğinde 900 m² lik alanda yapılmıştır (Şekil 3.1). Araştırma sahası 32° 23' 19.911" E 40° 26' 37.605" N koordinatlarında bulunmaktadır.



Şekil 3.1. Araştırma sahası uydu görüntüsü

3.1.2. Arazi yapısı

Yapılan uygulamada şevin en üst noktası 1132 m. en alt noktası ise 1110 m. olarak belirlenmiştir. Eğim yaklaşık %74 olduğu sahada şev uzunluğu 30.m dir. Alan yüksek eğime sahip olup bitki örtüsünden yoksun ve erozyona açık durumdadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Araştırma sahası

3.1.3. Toprak özellikleri

Araştırma sahasının da içerisinde bulunduğu alan step zonu özelliklerini taşımaktadır. Araştırma sahasından alınan toprak örneğinden yaptırılan analiz sonucu toprak tekstürü balçıklı kil olarak belirlenmiş ve toprak nötr karakterli hafif kireçli, tuzsuz ve organik madde düzeyi bakımından oldukça yetersizdir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Toprak analiz tablosu

FİZİKSEL ANALİZLER				KİMYASAL ANALİZLER					
Kum %	Toz %	Kil %	TOPRAK TÜRÜ (Uluslararası Toprak Üçgenine Göre)	PH 1.2.5	Kireç Total %	Kireç Aktif %	Organik Madde %	Total Azot % (Hesapla)	Tuzluluk EC10 ³ 25°C mS/cm
51,54	22,74	25,72	Balçıklı Kil	7,10	2,33		0,46	0,02	0,58

3.1.4. İklim özellikleri

Yağışların büyük kısmı kış ve özellikle ilkbahar mevsiminde düşer. Erken don Ekim ayında geç don Nisan sonuna kadar devam eder (Çizelge 3.3). Kızılcabamam Meteoroloji İstasyonundan alınan iklim verileri incelendiğinde Haziran ortasından Eylül sonuna kadar kurak bir devre gözlenmektedir (Çizelge 3.2). Toplam yağış miktarı ise Aralık-Nisan ayları arasında fazladır.

İklimin erozyon üzerine etkisi; yağış, sıcaklık ve rüzgârla olmaktadır. Bunların içerisinde en önemlisi yağış olup, yağışın da şekli, şiddeti, süresi ve rejimi erozyona farklı etkiler yapmaktadır. Özellikle çalışma alanımızın içerisinde bulunduğu İç Anadolu bölgesinde yaz kuraklığı ve yağış azlığı/yetersizliği diğer bölgelere göre daha fazladır. Bu nedenden dolayı, bitki örtüsünün zayıf olduğu bu bölge ülkemizin erozyondan en fazla etkilenen bölgelerdendir.

Çizelge 3.2. Kızılcahamam istasyonu 1970-2012 yılları verilerine göre araştırma yapılan aylara ait sıcaklık verileri

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	-1.1	0.2	4.2	9.2	13.9	16.3	10.8	4.7	0.7
Maksimum Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	3.1	5.0	10.0	15.3	20.3	24.2	18.1	10.8	4.8
Minimum Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	-4.8	-4.1	-1.3	3.2	7.0	8.6	4.6	0.0	-2.9
Maksimum Sıcaklık Günü	7	13	31	30	12	1	2	2	6
Maksimum Sıcaklık Yılı	1971	1979	1975	1970	1970	2003	1999	2004	2008
Maksimum Sıcaklık (°C)	17.0	17.4	24.4	29.7	31.4	35.3	30.5	23.2	16.9
Gün İçindeki Maksimum Sıcaklık Farkı (°C)	20.6	21.2	22.6	22.0	24.4	25.2	24.4	23.6	20.8

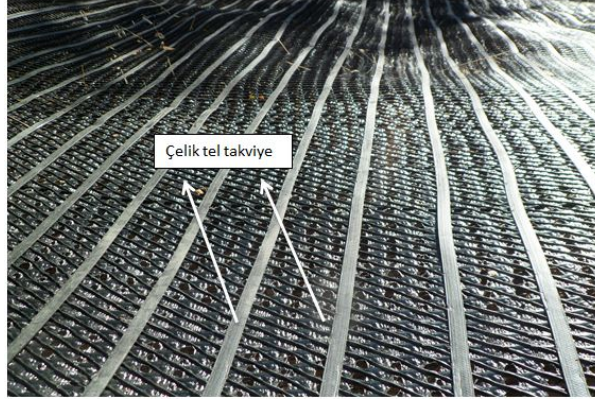
Çizelge 3.3. Kızılcahamam istasyonu 1970-2012 yılları verilerine göre araştırma yapılan aylara ait yağış verileri

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Toplam Yağış Ortalaması (mm)	64.8	53.1	50.5	62.4	60.0	21.5	39.1	47.4	76.0
Maksimum Yağış (mm)	51.5	41.1	40.6	45.7	40.4	54.8	40.5	58.4	54.6
Yağışın 0,1 mm ve Büyük Olduğu Günler Sayısı Ortalaması	12.3	11.3	11.2	12.8	13.7	4.9	7.8	9.5	12.3
Yağışın 10 mm ve Büyük Olduğu Günler Sayısı Ortalaması	2.0	1.6	1.5	1.7	2.0	0.6	1.2	1.6	2.4
Yağışın 50 mm ve Büyük Olduğu Günler Sayısı Ortalaması	0.0					0.0		0.0	0.0
Kar Yağışlı Günler Sayısı	8.4	7.2	4.8	1.1	0.1	0.0	0.2	2.2	6.2
Kar Örtülü Günler Sayısı	14.4	9.7	3.8	0.3	0.0			1.6	8.4
Maksimum Kar Kalınlığı (cm)	55	45	19	7	4			20	34

3.1.5. Eşik uygulamalarında kullanılan materyaller

3.1.5.a. Çelik tel takviyeli geonet

Alana 5 m genişliğinde ve 30 m uzunluğundaki rulolarla getirilen geonet ürününün birim yüzey ağırlığı 660 g/m², kalınlığı 6,5 mm ve rengi siyahtır. Geonet ürününe yatay yönde çelik tel takviye edilmek suretiyle yük dayanımı arttırılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Uygulamada kullanılan çelik tel takviyeli geonet

3.1.5.b. Çelik tel takviyeli geogrid

Alana rulolarla getirilen geogrid ürününün birim yüzey ağırlığı 240 g/m² ve gözenek açıklığı 40*40 mm ve rengi beyazdır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Uygulamada kullanılan çelik tel takviyeli geogrid

Çelik tel takviyeli geogrid ve geonet uygulanmalarında, ürünleri sabitlemek amacıyla 140 cm, 90 cm ve 70 cm boylarında L profil şeklinde uçları sivriltilmiş kazıklar, ürünü bu kazıklara bağlamak için 3 mm çapında bağlama teli ve ürünü gergiye getirmek için 2 mm çapında gerdirme teli kullanılmıştır.

3.1.6. Örtü uygulamasında kullanılan materyal

3.1.6.a. Geonet

Alana 5 m genişliğinde ve 30 m uzunluğundaki rulolarla getirilen geonet ürününün birim yüzey ağırlığı 660 g/m², kalınlığı 6,5 mm ve rengi siyahtır (Şekil 3.5).

TEM Ankara-İstanbul otoyolu ve şev stabilizasyonunda örtü malzemesi olarak 450 m² takviyesiz geonet malzemesi kullanılmıştır. Geonet ürünün şeve sabitlenmesi için “J” Kancaları olarak adlandırılan “baston” şeklinde bükülmüş çelik donatı ankraj çubuklarından 6 adet kullanılmıştır.

Ayrı ayrı üç parça halinde uygulanan geonet ürünlerinin birleştirilmesinde 15 cm uzunluğunda ‘T’ şeklinde çelik donatı çubuklar kullanılmıştır. Bu çubuklar 0,5 m aralıklarla 60 adet olarak yerleştirilmiştir.

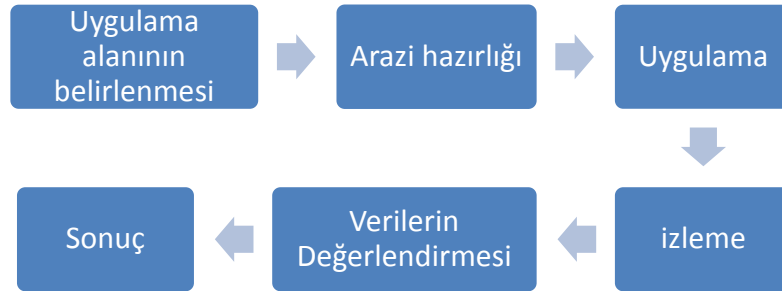


Şekil 3.5. Uygulamada kullanılan Geonet

3.2. Yöntem

Araştırmanın sağlıklı bir şekilde yürütülmesi için aşağıda verilen iş akış şeması izlenmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. İş akışı şeması



3.2.1. Çelik tel takviyeli Geonet ve Geogrid eşik uygulamaları

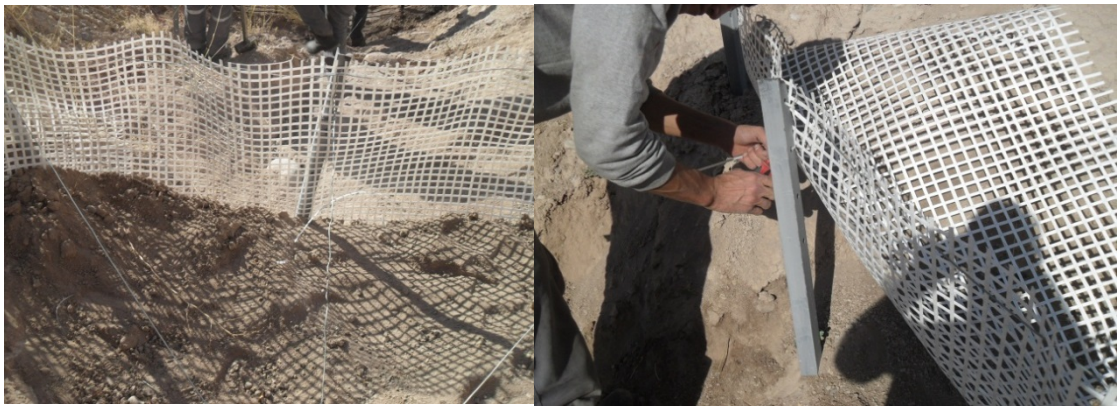
Uygulama geonet uygulamasının 5-10 m. kenarında yapılmıştır. Uygulama yapılan alan oyuntu erozyonuna maruzdur. Yamaç ve Oyuntu ıslah çalışmalarında kullanılması amacıyla, Orman Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan ve Ağaçlandırma, Rehabilitasyon, Toprak Muhafaza, Mera Islahı, Fidanlık, Etüt – Proje çalışmalarında kullanılan birim fiyat cetvelinin 1506 pozundaki “Galvanizli Kafes Tel Eşik Yapımı”

başlığı altında yer alan işteki yapım tekniği kullanılarak Çelik tel takviyeli geonet ve Çelik tel takviyeli geogrid eşik uygulanmıştır (Şekil 3.6-7).

Toprak, kazma ile 20x40 cm boyutlarında düzeltilerek (temel) kazılarak 140 cm. boyunda L profil şeklinde uçları sivriltilmiş kazıklar 1 m. ara ile çakılmaktadır. 105 cm. genişliğindeki geosentetik ürün, 3 mm'lik gergi teli ile kazıklara sabitlenip geosentetiğin 70 cm' lik kısmından artan bölüm menba yönüne bükülerek üzerine taş ve toprak çekilmiştir. Geosentetiğin şevlere birleşen 2 ucu 70 cm' lik kazıkla sabitlenmiştir. Kazıklara 1,5 m. uzaklıkta menba yönünde, 3 kazığa 1 adet olmak üzere 90 cm'lik gergi kazığı çakılarak ve 2 mm' lik bağlama teli ile gerdirme yapılarak, tüm malzemeler sabitlenmiştir.



Şekil 3.6. Çelik tel takviyeli geonet eşik uygulamaları



Şekil 3.7. Çelik tel takviyeli geogrid eşik uygulamaları

3.2.2. Geonet uygulaması

TEM otoyolunun kenarında bulunan 900 m² lik çalışma sahasında bulunan otların temizliği yapılarak saha işçi gücüyle Eylül 2012’de tesviye edilmiştir. Araştırma sahasına rulolar halinde getirilen geonet ürünü yukarıdan aşağıya serilmek suretiyle yaklaşık 3 günde uygulanmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Geonet ürünü uygulama aşamasından bir görünüm

Örtü malzemesi olarak kullanılan geonetin, şev üst noktasına sabitlenmesi amacıyla 50 cm hendek açılarak ürün üst kısma sabitlenmiş ve bu hendek toprakla doldurulmuştur. Serilmiş geonetin, altında bulunan zeminle sürekli temas halinde olması gerekmektedir. Bunu sağlamak amacıyla şev yüzeyi boyunca her 2-3 m² ye bir tane düşecek şekilde ankraj çubukları yerleştirilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Ankraj çubuklarının yerleştirilmesi

Akan toprağı biriktirmek ve ölçmek amacıyla şev altına yarım silindir şeklinde metal levha sabitlenmiştir (Şekil 3.10). Ölçümler, uygulama tarihinden (10.09.2012) itibaren ayda iki kez olacak şekilde 9 ay yapılarak (24.05.2013) sonlandırılmıştır.



Şekil 3.10. Yarım silindir metal levha

Toprak ölçümleri 0.1 g hassasitede ölçüm yapan JW 3000 model hassas terazide yapılmıştır. Saha koordinatlarının ve yüksekliklerinin belirlenmesinde Garmin GPSMAP 60CSx model GPS aleti kullanılmıştır.

Geonetin uygulanmasındaki temel prensipler tezin kuramsal temeller bölümünde geocellerin kullanımı konusu içerisinde yer alan uygulama yöntemi ve erozyon kontrolü battaniyeleri uygulama örneği esas alınarak yapılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Geonet uygulaması

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Geonet uygulamasında taşınan sediment miktarı

Yağışların başlamasıyla birlikte akan toprak miktarında artış olduğu gözlenmiştir. Taşınan toprak miktarının artışında erozif yağışların etkisinin önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Bu artış ilk ölçümlerde fazla iken çimlenmenin başladığı Şubat-Mart aylarından itibaren düşüş göstermiştir.

Yapılan ölçüm sonuçlarına göre geonet kullanılmayan alandan kullanılan alana göre 4 kat daha fazla toprak kaybı olmuştur (Çizelge 4.1).

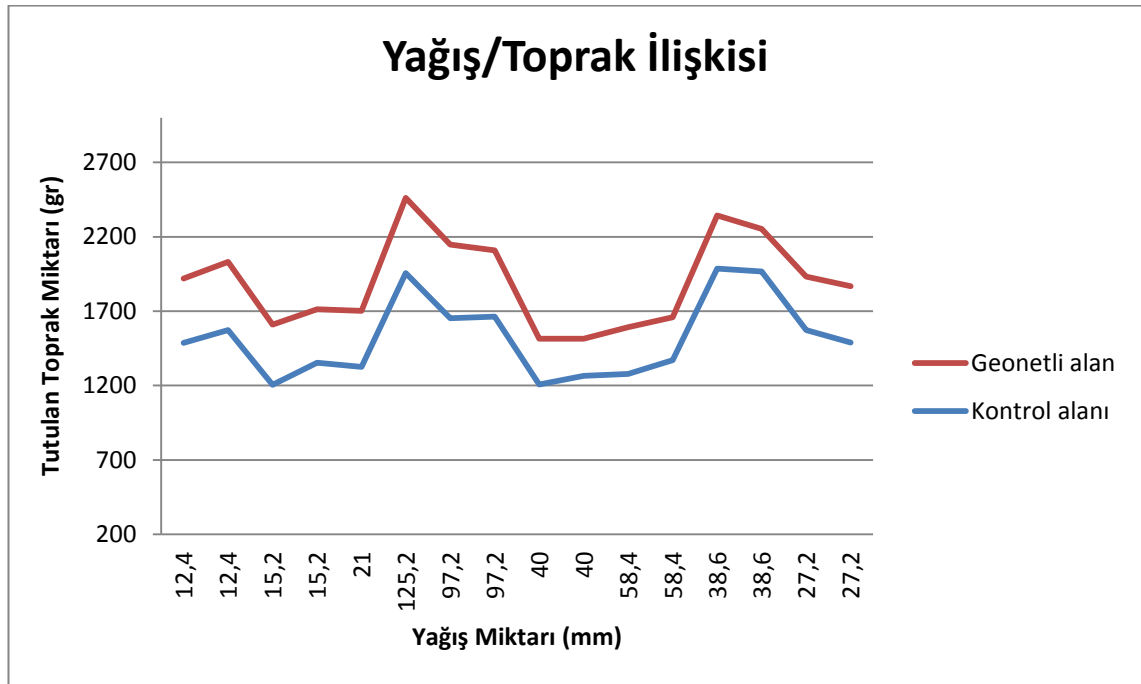
Çizelge 4.1. Kontrol alanı ve Geonet uygulanan alanlardaki toprak kayıpları

ÖLÇÜM	Ay	Tarih	Geonetli(gr)	Geonetsiz(gr)
1	EYLÜL	10.09.2012	432	1487
2	EYLÜL	22.09.2012	458	1574
3	EKİM	06.10.2012	403	1206
4	EKİM	20.10.2012	358	1354
5	KASIM	01.11.2012	378	1325
6	ARALIK	20.12.2012	505	1957
7	OCAK	05.01.2013	495	1653
8	OCAK	20.01.2013	446	1663
9	ŞUBAT	07.02.2013	308	1207
10	ŞUBAT	22.02.2013	250	1265
11	MART	09.03.2013	314	1278
12	MART	23.03.2013	289	1371
13	NİSAN	10.04.2013	357	1987
14	NİSAN	30.04.2013	286	1967
15	MAYIS	14.05.2013	358	1574
16	MAYIS	24.05.2013	378	1489
TOPLAM			6015	24357
ÖLÇÜM ORTALAMASI			375.9	1522.3

Çizelge 4.2. Ölçüm yapılan aylara ait yağış verileri

YAĞIŞ (mm)									
	2012				2013				
Zaman	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS
Toplam Yağış	12,4	15,2	21,0	125,2	97,2	40	58,4	38,6	27,2
Maksimum Yağış	12,4	4,4	9,8	21,0	42,0	13,6	19,4	12,4	9,2

Geonet kullanılan alanda yağışların artışı veya azalışıyla akan toprak miktarı arasında düşük farklılıklar gözlenirken geonet kullanılmayan alanda yağışlarla birlikte akan toprak miktarında artış gözlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Toplam yağış miktarı ile Tutulan toprak miktarı ilişkisi

Toprağın tutulmasıyla birlikte bitki gelişimlerine uygun ortam oluşmuştur. Nitekim Şekil 4.1’de görüldüğü gibi birçok otsu bitki gelişmeye başlamıştır. Dolayısıyla hem geonetin kendisi hem de yeni oluşan bitki örtüsü toprağı yerinde tutmada etkili olmuştur. Ayrıca gerek ürünün görünümü gerekse gelişen bitki örtüsü görselliği de olumlu yönde etkilemiştir.



Şekil 4.1. Geonet altında çimlenmenin başlaması

4.2. Çelik tel takviyeli geonet eşik ve çelik tel takviyeli geogrid eşik uygulamaları

Çelik tel takviyeli geonet eşik ve çelik tel takviyeli geogrid eşik uygulamalarının ahşap malzeme kullanılarak yapılan eşik uygulamasına kıyasla daha dayanıklı olduğu ve daha fazla toprak tuttuğu gözlemlenmiştir.

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi aşırı yağışlardan sonra ahşap eşikler devrilmesine rağmen Çelik tel takviyeli geonet eşiklerde fazla tahribat söz konusu olmamıştır.



Şekil 4.2. Çelik tel takviyeli geonet eşik uygulaması

Çelik tel takviyeli geonet eşik uygulaması çelik tel takviyeli geogrid uygulamasına nazaran daha olumlu sonuç vermiştir. Geogrid ürününün şeritler arası boşluklarının geniş oluşu şeritlerin birbirinden ayrılarak deforme olmasına neden olmuştur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Çelik tel takviyeli geogrid eşik uygulaması

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Topoğrafik yapı, iklimatik koşullar, insanların müdahaleleri, aşırı şehirleşme, iklim koşullarındaki değişiklikler ve kuraklık gibi nedenlerle her geçen gün toprak örtüsünü erozyon nedeniyle kaybedilmektedir. Özellikle eğimli alanlarda yağmur ve rüzgar gibi etkenlerin etkisiyle sürekli erozyon yaşanmakta, bu da canlı toprağın kaybedilmesine neden olmaktadır.

Orman alanlarının tahrip edilmesi, meralarda aşırı otlatma, yanlış arazi kullanımı ve düzensiz kırsal yerleşme gibi nedenlerle ülkemizde erozyon artmaktadır. Erozyonun sonucu ise çölleşmedir. Bitki örtüsünün bozulması, toprağın erozyona uğraması, su kaynaklarının azalması, beraberinde çölleşmeyi getirmektedir. Ülkemizin birçok bölgesi çölleşme tehdidi altındadır. Bu sebeple erozyon kontrolünde teknik önlemler kadar yönetsel ve eğitsel önlemlerde önemli rol oynamaktadır.

Erozyonun mümkün olan en kısa zamanda önlenmesi için doğal yada yapay elemanların kullanımını zorunlu kılmaktadır. Doğal yöntemler yapay yöntemlere nazaran daha ucuz, daha uzun ömürlü olmaları nedeniyle her zaman tercih edilmektedir. Özellikle alan bakımından geniş olan eğimli alanların stabilizasyonunun bitkisel yöntemlerle yapılması uzun vadede kalıcı bir çözüm olmaktadır. Kalıcı çözüm olarak yukarıda detaylı olarak anlatılan çim kesekleriyle kaplama, malçlama, canlı örme çitler ve saman battaniyeler gibi doğal yöntemler sıkça kullanılmaktadır. Doğal yöntemlerin yanı sıra özellikle son yıllarda kullanım alanları genişleyen geosentetik ürünlerin kullanıldığı yapay yöntemlerde tercih edilmektedir.

Eğimli arazide yapılan bu çalışmada geonet ürünün şevde kullanımı ile geonet ürünü kullanılmayan alana göre toprağı tuttuğı belirlenmiştir. Yapılan uygulama; alan ve tutulan toprak miktarı dikkate alındığında teknik yönden olumlu sonuç vererek geosentetik ürün kullanılan alanın kullanılmayan alana göre 4 kat daha fazla toprak tuttuğı belirlenmiştir.

Erozyon kontrolü çalışmalarında kullanımının uygun olacağı düşünülen çelik tel takviyeli geogrid eşik ve çelik tel takviyeli geonet eşik uygulamasında yapılan gözlemlerde klasik yöntemlerden daha fazla toprak tutulduğu belirlenmiştir. Ayrıca aşırı yağışlarda ahşap eşikler deforme olurken veya tamamen bozulurken diğer iki ürünün daha dayanıklı olduğu gözlemlenmiştir.

Şevlerdeki yüzey tabakası içinde veya üzerinde kullanılan geotekstiller yüzeydeki bu tabakanın yağmur etkisiyle akmasını ve bozulmasını önler, erozyonu azaltır (Dernek 1998).

Kaba bir ağ yapısındaki geosentetik, tohumların filizlenmesi için uygun ortamın oluşmasını sağlar. Böylece şev üzerinde, bitki tabakasının hızlı bir şekilde gelişmesi sağlanır (Dernek 1998).

Geosentetik ürünlerin kullanımı kısa sürede görsel kaliteyi de arttırmaktadır. Özellikle son zamanlarda geosentetik ürünler kullanılarak yapılan yaşayan duvar uygulamaları peyzaj alanında önemli gelişmeler sağlamıştır.

Bitkilendirilmiş yaşayan duvar uygulamaları ile estetik görünüm ve güzel bir çevre elde edilmektedir (Yılmaz ve Eskisar 2007).

Bir alanın görsel etkisi, çevrenin iyi ya da kötü algılanması ve buna bağlı olarak da kullanıcıların bu alandan zevk alıp almamaları üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bu nedenle bir çalışmada ve sonrasındaki karar aşamasında, yörenin görsel niteliğinin saptanarak analizinin yapılması, görsel kaynaklarının korunması için en doğru olan yöntemdir. Bu, çevrenin görsel ve ekolojik yapısının korunmasının yanı sıra, gerek çalışmalar sırasında ve gerekse daha sonra ortaya çıkacak masrafların en aza inmesini de sağlayacaktır (Özgüç 1999).

Geosentetik ürünler, teknik üstünlükleri ve düşük maliyetleri ile Dünya'da ve ülkemizde geleneksel inşaat malzemelerine alternatif olarak kullanım alanları giderek artmaktadır.

Doğru kullanıldıkları zaman önemli teknik ve ekonomik avantajlar sağlayan geosentetik ürünlerin; yapılacak uygulamaya göre mühendislik özelliklerinin bilinerek uygulanması gerekmektedir. Bu sebeple uygulama yapılacak sahada detaylı ön araştırmalar yapılarak olası hatalar en aza indirilmelidir. Örneğin erozyon kontrolü çalışmalarında yüksek dayanımlı geosentetik ürünler kullanılmalıdır.

Ülkemizde, geosentetiklerin inşaat mühendisliğinde kullanımları diğer meslek disiplinlerine göre fazladır. Bu bağlamda diğer ilgili disiplinlerde özellikle ormancılık ve peyzaj uygulamalarında kullanımları yaygınlaştırılmalıdır.

Uluslararası ve ulusal geosentetik kuruluşlarının, üniversitelerin ve geosentetik ürün üreticilerinin yapmış olduğu çalışmalar multidisipliner olarak değerlendirilerek paydaşlara etkin şekilde iletilmelidir. Geosentetik ürünlerin özel koşullardan (klimatik, topoğrafik vb.) nasıl etkileneceği yapılacak pilot uygulamalarla belirlenmelidir.

Yapılacak olan uygulamalarda arazi iyi etüt edilmelidir. Belirli eğim derecelerinin üzerinde ve daha küçük alanlarda geosentetikler hızlı çözüm getirmektedir. Fakat erozyon kontrolü ve şev stabilizasyon çalışmalarında geosentetiklerin tek başlarına kullanımı kalıcı çözüm sağlamayabilir. Bu gibi durumlarda özellikle biyolojik onarım yöntemleri kullanılmalıdır. Yamaç ve şev iyileştirmelerinde çevreci çözüm olması nedeniyle öncelikle bitkilendirme tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Acar, C. 1997. Trabzon ve Yöresinde Yetişen Doğal Bazı Yer Örtücü Bitki Türlerinin Peyzaj Mimarlığında Değerlendirilmeleri Üzerine Bir Araştırma , KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Trabzon.
- Acatay, A., 1959. Orman Korunması, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Aksoy, İ.M., 1993. Modern Yol İnşaatında Geotekstil Ve Geogrid Uygulaması Konularında Araştırma , İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Anonim 1999. Erozyon Kontrolü Uygulamalarında Dikkate Alınacak Hususlar, T.C. Orman Bakanlığı, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, AGM Yayın No: 14, Tamim No: 14, Ankara.
- Anonim 2013a. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, www.cem.gov.tr (10.08.2013).
- Anonim 2013b. www.agaclar.net (16.10.2013).
- Anonim 2013c. Orman Genel Müdürlüğü, www.ogm.gov.tr (15.06.2013).
- Anonim 2013d. <http://aris.cob.gov.tr> (11.08.2013).
- Anonim 2013e. www.tema.org.tr (10.07.2013).
- Anonim 2013f. www.istanbulrulocim.com (07.07.2013).
- Anonim 2013g. www.hydroseeding.com.tr (05.09.2013).
- Anonim 2013h. Hanes Geo Componhanesents Company Uygulama Klavuzu.
- Anonim 2013i. Sams broşürü.
- Anonim 2013i. Tensar broşürü.
- Anonim 2013j. Geoplas broşürü.
- Anonim 2013k. Valley coast construction broşürü.
- Anonymous, 2013a. www.bccresearch.com (05.07.2013).
- Anonymous, 2013b. www.geosistem.co.id (11.09.2013).
- Anonymous, 2013c. www.novachem.com (05.06.2013).
- Anonymous, 2013d. www.tencate.com (07.09.2013).
- Anonymous, 2013e. commons.wikimedia.org (22.06.2013).
- Anonymous, 2013f. www.geofabrics.com.au (17.08.2013).
- Anonymous, 2013g. www.americanexcelsior.com (10.09.2013).
- Anonymous, 2013h. www.soilandwater.com (05.05.2013).
- Anonymous, 2013i. www.flickr.com (05.08.2013).
- Anonymous, 2013i. www.earth-savers.com (14.09.2013).
- Anonymous 2013j. www.allstakesupply.com.au (11.06.2013).
- Arslan, U., Güler, E., Yılmaz, G., Koyuncu, H., 2004, Geotüp Teknolojisi ve Tarama Yöntemi Kullanılarak Sedimentlerin İyileştirilmesi Üzerine Bir Ön Çalışma, Birinci Ulusal Geosentetik Konferansı, İstanbul, s. 37-44.
- Atay, İ., 1964. Türkiye’de Sahil Kumullarının Tesbiti ve Ağaçlandırılması Üzerine Araştırmalar OGM Yayını Seri: 39, Sıra: 385 Ankara, 112s.
- Bahtiyar, Metin., 2000. “Toprak Erozyonu Oluşumu ve Nedenleri”. Erozyonla Mücadele TEMA Eğitim Semineri Notları, s : 35-51.
- Blanco, Humberto&Lal, Rattan., 2010. "Soil and water conservation", Principles of Soil Conservation and Management. Springer.p.2. ISBN 978-90-481-8529-0

- Çelem, H. 1988. Sorunlu Alanlarda Bitkilendirme Tekniği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1047, Ankara.
- Çelik, H., 2012. Çığ Kontrolü, Çığ semineri Uzungöl, Trabzon.
- Dernek Ö., 1998. Jeosentetikler ve Karayollarında Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Emir, C., 2006. Orman yollarında Phyllostachys bambusoides ile şev stabilizasyonu üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Erbil, S., 2009. Geosentetik Ürünlerin Türkiye'deki Uygulamaları, Gelişme Potansiyeli, Sağlanan Faydalar Ve Mevcut Sorunlar İle Ekonomikliği Üzerine Genel Bir İnceleme, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Erdaş, O. 1997. Orman Yolları, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, Trabzon.
- Etter, H.J., 1998. 'Avalanche Basics, Determination of Avalanche Risks', Çığ Riskinin Belirlenmesi ve Çığdan Kurtarma, İlk yardım Semineri, Palandöken, Erzurum
- Friloux, R. L. and Flom, B. E., 1999. Geogrid Reinforcement Creates Right-of-Way and Saves Money, GFR Magazine, August, 41-44.
- Göl, Ceyhan., 2009. Çığ Olgusu ve Ormancılık.
- Görcelioğlu, E. 2004. Orman Yolları Erozyon İlişkileri, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, Genel Yayın No: 4460, Fakülte Yayın No: 476, İstanbul.
- Gray, R.H. and Sotir, R.B., 1996. Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization: A Practical Guide for Erosion Control, Canada.
- IGS., 2000. Recommended Descriptions of Geosynthetics Functions, Geosynthetics Terminology, Mathematical and Graphical Symbols, International Geosynthetics Society, Sout Carolina, USA.
- Ingold, T.S. ve Miller, K.S., 1988. Geotextiles Handbook, Thomas Telford Limited, London.
- Karagül, B. Ç., 2006. Geosentetikler, Geogridler, Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, Sayı 252, 41-42.
- Kaymaz, İ., 2011 Tasarımda Emniyet Katsayısı.
- Kocaer, M., 2011. Geosentetiklerin karayolu yapılarında kullanımı: Türkiye örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Koerner, R.M., 1999. Designing With Geosynthetics, Prentice Hall, New Jersey, 4th ed, 761 p.
- Myles, B., 2006. The need for Geosynthetic Standards and generic Specifications, İkinci Ulusal Geosentetikler Konferansı, İstanbul No:62 İstanbul, 313-318
- Özgüç, M., 1999. TEM Hadımköy-Kınalı Arası Peyzaj Planlaması Üzerinde Görsel Araştırmalar. İTÜ Orman Fak. Der., A Serisi, 49. cilt, Sayı:2.
- Öztekin, A., 1992. Geotekstil Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk, K., 2002. Heyelanlar ve Türkiye'ye Etkileri. GÜ Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22(2), 35-5.
- Peker, T. 1988. Ülkemiz Kara Yollarında Karşılaşılan Morfolojik Sorunlar ve Peyzaj Mimarlığı Açısından Alınacak Önlemler (yayımlanmamış), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

- R. Flossand G. Brau., 2004. Desing Fundamentals for Geosynthetic Soil Technique, Proceedings of 3rd Asian Regional Conference on Geosynthetics, Seoul, Korea, pp. 85- 103.
- Shukla, S. K., 2002. Geosynthetic sand Their Applications, Thomas Telford Publishing, London.
- State of California Department of Transportation (Caltrans), 2003. Guidance for temporary soil stabilization, California.
- Taysun, A., and H. Uysal., 1996. "Türkiye’de Su Erozyonu Tehlikesi ve Tarım Arazilerinde Alınması Gereken Önlemler." EÜZF Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayın Bülteni 27.
- The Geosynthetic Materials Association (GMA), 2002. Handbook of Geosynthetics.
- Tutumluer, E., 2013. Yol Yapımında Geosentetiklerin Kullanımı, ODTÜ Geosentetikler Semineri, Ankara.
- Ural, T. 1999. Maçka Orman İşletme Müdürlüğü Yeşiltepe Orman İşletme Şefliği’ndeki Orman Yol Şevlerinin Bitkilendirme Yolu ile Stabilizasyonu Üzerine Araştırmalar.(yayımlanmamış), KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Wasti, Y., 2007. Geosentetikler – Teori ve Uygulama, Ankara.
- Yılmaz, H.R., Eskişar, T., Aklık, P., 2005. Geofoam Malzemesinin Geoteknik Mühendisliğinde Kullanım Alanları ve Önemi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Bülteni.
- Yılmaz, H. R., Eskisar T., 2007. Geosentetik Ürünlerin Geoteknik Mühendisliği Sorunlarının Çözümünde Kullanımı ve Sağlanan Faydalar, 2. Geoteknik Sempozyumu, 22-23 Kasım 2007, Adana.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Erzurum’da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini Erzurum’da tamamladı. 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 2009 da bu bölümden mezun oldu. Aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başladı ve halen devam etmektedir. Ayrıca 2011-2013 yılları arasında Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü’nde uzman yardımcısı olarak çalıştı. 2013 yılı mayıs ayında Atatürk Üniversitesi İspir Hamza Polat Meslek Yüksekokulu’na uzman olarak atandı ve aynı göreve devam etmektedir.