T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EROZYONU ÖNLEME FONKSİYONU GÖRECEK ALANLARIN BELİRLENMESİ: DELİYAR İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ

Yasemin ÖZTÜRK

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ahmet YEŞİL

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Amenajmanı Programı

İSTANBUL-2019

2601080223 Öğrenci numaralı Yasemin ÖZTÜRK tarafından hazırlanan bu çalışma 17/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Orman Amenajmanı Programında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Ahmet YEŞİL (Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Prof. Dr. Ender MAKİNECİ ÜYE
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Doç. Dr. Hayati ZENGİN ÜYE
Düzce Üniversitesi,
Orman Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam ayrıca İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Orman Fakültesi Orman Amenajmanı Ana Bilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. Ahmet YEŞİL'e, sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana sürekli destek olan Prof. Dr. Yusuf Serengil olmak üzere İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Orman Fakültesi Havza Yönetimi Anabilim Dalındaki tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de sonsuz teşekkürler ederim.

Haziran 2019 Yasemin ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **viii**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **ix**
ÖZET ..... **x**
SUMMARY ..... **xi**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **3**
2.1. TOPRAK EROZYONUNUN OLUŞUMU 3
2.1.1. Toprak Erozyonuna Neden Olan Etkenler 3
2.1.1.1. İklim Etkenleri ve Özellikleri *4*
2.1.1.2. Yüzey veya Toprak Özellikleri *4*
2.1.1.3. Bitki Örtüsünün Özellikleri *6*
2.1.1.4. İnsanlar *7*
2.1.2. Erozyonu (Toprak Kayması) Önleme Fonksiyonu Görecek Alanları Seçme Kriterleri: 7
2.1.3. Erozyon (Toprak Kaybı) Önleme ve Orman Arazilerinde Uygulanacak Silvikültürel Maddeler: 8
2.1.4. Taş Kaya Yuvarlanmalarının Engellenmesi ve Toprak Kaybı Açısından Önemi 10
2.1.5 Taş ve Kaya Yuvarlanmaları ile Ağaç ve Orman Arasındaki Bağlantılar 10
2.1.5.1. "Taş Ve Kaya Yuvarlanmaları" anlamı *10*
2.1.5.2. Taş ve Kaya Yuvarlanmasına Karşı Alınması Gerekli Silvikültürel Önlemler *11*
2.2. TAŞ VE KAYA YUVARLANMALARININ BULUNDUĞU ARAZİLERDE TOPRAK KAYBINI ÖNLEMEK İÇİN ORMANLIK ALANLARIN YAPI VE KURULUŞLARI HAKKINDA OPTİMAL GÖRÜŞLER 12
2.3. TOPRAK KORUMA ORMANLARININ OLUŞUMU VE SINIFLANDIRILMASI 17
3. MALZEME VE YÖNTEM **18**

3.1. ÇALIŞMA ALANI 18
3.2. AĞAÇ BÜYÜME MODELİ MOSES 3.0 22
3.3. KORUMA ORMANINDA KAYA YUVARLANMALARI TEHLİKESINI HESAPLAMAK IÇIN ROCKFOR.NET ILKELERI 25
3.3.1. Gerçek Büyüklükte Kaya Yuvarlanma Deneyleri 27
3.3.2. Rockfor.net 'in Temel Kavramı 28
3.3.3. Enerji Çizgisi Kavramı 29
3.3.4. Karşılaşılan Göğüs Yüzeyi Alanı 31
3.3.5. Perde Başına Enerji Dağılımı 32
3.3.6. Enerji Hattı Ve Kaya Düşme Hızı 33
3.3.7. Karşılaşılan Göğüs Yüzeyi 33
3.3.8. Aracın Oluşturulması Ve Kavramsallaştırılması 36
3.3.9. Rockfor.net'in Doğruluğu 40
3.3.10. Rockfor.net' in Uygunluğu 40
3.3.11. Rockfor.net Sonuçları ve Görünümü 42
4. BULGULAR **43**
TARTIŞMA VE SONUÇ **55**
5.1. DOĞAL KORUMA ORMANI OLUŞTURMAK İÇİN GEREKSİNİMLER 57
KAYNAKLAR **58**
ÖZGEÇMİŞ **66**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1 MOSES büyüme simülatörü yapısı (Spyroglou 2003) 24
Şekil 3.2 Vaujany (France) içinde çalışma alanına genel bakış 28
Şekil 3.3 Açıklama ilkesi gerçek bir orman yapısı ifade ettikleri için sanal kaya yuvarlanmalarını koruyucu ağaç sıralar (perdeler) 28
Şekil 3.4 Açıklama enerji hattı prensibi. 1. Düzen bir uçurum görünümü verir bir kaya yuvarlanması olayı sıçrama yerleri ile yamaç için; 2.düzen kaya yuvarlanma olayının enerji hattı ile yamacın bir kesidini gösteriyor. 29
Şekil 3.5 Etkileyen kaya ile etkilenen ağacın bazal alanı (g_{en}) 31
Şekil 3.6 Gözlenen ve kaya düşme hızları ile enerji hattı 31^o açısı prensibi 34
Şekil 3.7 Her bir kaya için gerçek kümülatif bazal ile karşılaşılan serbest noktadan yuvarlanan kayanın gerçek planimetrik durma noktası 34
Şekil 3.8 Rockfor.net programı için gerekli olan girdi parametreleri 36
Şekil 3.9 Duran kayaların kümülatif yüzdesi ve kalan kayaların düşme tehlikesi 42

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 Taş kaya yuvarlanmasına karşı geçiş bölgesinde etkin koruma sağlamak için gereken minimum ve ideal gövde sayıları (Frehner ve ark.,2005) 13

Tablo 3.1 Bazı kaya tiplerinin taş ve kaya yuvarlanmasına karşı hassasiyeti (Gsc, 2002'e Dorren ve Sejmonsbergen, 2003) 21

Tablo 3.2 Vaujany test alanının giriş ve çıkış verileri (PRH = muhtemel kaya düşme tehlikesi) 38

Tablo 3.3 Gözlenen veri giriş parametreleri Rockfor.net ve doğrulama olguların sonuçları kullanıldı. (PRH = muhtemel kaya düşme tehlikesi) 39

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	**Açıklama**
m^3	: Metre küp, hacim birimi
%	: Yüzde
m/s	: Metre bölü saniye, hız birimi
g	: Yer çekimi
m	: metre uzunluk
º	: Açı birimi
J	: Joule, Enerji birimi

Kısaltmalar	**Açıklama**
M	: Cisim kütlesi
E_{pot}	: Potansiyel enerji
g_{en_real}	: Göğüs yüzey alanı
PRH	: Muhtemel kaya düşme tehlikesi
DBHr	: Gerekli göğüs boyu yükseklik çapı
Grequired	: Teorik Göğüs Yüzeyi
Gavailable	: Mevcut Göğüs Yüzeyi

)

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EROZYONU ÖNLEME FONKSİYONU GÖRECEK ALANLARIN BELİRLENMESİ: DELİYAR İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ

Yasemin ÖZTÜRK

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Ahmet YEŞİL

Son zamanlarda orman ekosistemlerinin gördüğü fonksiyonlara olan talep hızla artmaktadır. Buna bağlı olarak toplumun ormanlara bakışı açısında da önemli pozitif gelişmeler olmaktadır. Erozyonu önleme orman ekosisteminin en önemli fonksiyonlarından birisidir. Orman kaynaklarının toplum taleplerini en iyi şekilde karşılayabilmesi için uygulanabilir bir amenajman planlamasına gereksinim duyulmaktadır. Orman Genel Müdürlüğü 2000'li yılların başından itibaren Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama sistemine geçmiştir. Ancak bir plan ünitesinde hangi fonksiyonların bulunduğunu amenajman planlama heyeti belirlemektedir. Bu durumda ortaya konulan fonksiyonlar nesnel olmamaktadır.

Bu çalışmanın ana amacı, bir planlama ünitesinde Erozyonu Önleme Fonksiyonu görecek alanların belirlenmesinde nesnel kriterlerin ortaya konulmasıdır.

Haziran 2019, 77. sayfa.

Anahtar kelimeler: Erozyon, eko sistem, orman kaynakları,

SUMMARY

M.Sc. THESIS

THE DETERMINATION OF THE AREA OF EROSION CONTROL FUNCTION:A CASE STUDY DELIYAR PLANNING UNIT

Yasemin ÖZTÜRK

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Forest Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Ahmet YEŞİL

Recently, the demand for forest ecosystems has increased rapidly. Accordingly, there are significant positive developments in the society's perspective on forests. Erosion Prevention is one of the most important functions of forest ecosystem. In order for forest resources to meet the demands of the society in the best way, a practical management plan is needed. The General Directorate of Forestry has started the Ecosystem Based Functional Planning System since the beginning of 2000s. However, a planning committee determines which functions are in a plan unit. The functions presented in this case are not objective.

The main aim of this study is to determine the objective criteria in determining the areas to be used in a planning unit to prevent the erosion function-----

June 2019, 77 pages.

Keywords: Erosion, ecosystem, forest resources

1. GİRİŞ

Dünyadaki kara parçalarının yaklaşık dörtte biri dik eğimli dağlık alanlardan oluşmakta ve bu alanların 9 milyon km2 büyüklüğündeki kısmı orman alanıdır (Price ve Butt 2000). İnsanlar dağlık alanlardaki ormanlık alanlarda yaşamlarını sürdürmekte ve çalışmaktadır.

Dağlık bölgelerde alt yapı ve orman eko sistemi için en tehdit oluşturan doğal afetlerin başında çığ, taş ve kaya yuvarlanmaları gelmektedir. Bu afetler insan hayatının sürdürülmesinde de risk oluşturmaktadır ve önüne geçebilmek için subalpin ve yüksek dağ ormanları önem arz etmektedir (Brang ve ark. 2001). Özellikle Alp Dağlarındaki çığ, taş ve kaya yuvarlanmalarına karşı ormanların koruyucu etkisi görülmektedir. Avrupa'da başta Avusturya ve İsviçre bu dağ ormanlarını korumak ve geliştirmek için her sene bütçelerinden 50 milyon Euro ayırmaktadırlar (Aydın, 2007).

Dağ ormanları; çığ, taş ve kaya yuvarlanmaları, sel, erozyon, heyelan ve benzeri doğal afetlere karşı, özellikle eğimli dağlık yamaçlarda koruma görevi görmektedir (Çolak ve Pitterle,1999; Berger ve ark. 2002; Schönenberger ve ark. 2005, Aydın, 2007). 19. yy'da Orta Avrupada sel, çığ, taş ve kaya yuvarlanmaları gibi çok sayıda doğal afet meydana gelmiş ve bir çok yerleşim yerleri ve tarım alanları zarar görmüştür. Bu afetlerin önüne geçmek adına Avusturya ve Bavyera'da 1852, İsviçre'de ise 1876 yılında ormanlık alanları artırma ve doğal afetlere karşı koruyucu görevlerini yerine getirebilmeleri için belli ormanlık alanlarda ağaç kesmeyi sınırlandırıcı önemli yasalar çıkarılmıştır (Aydın, 2007).

Doğada insanoğlunun neden olduğu etkiler ve doğal afetler, dağlık alanlardaki erozyon artması ve yamaç durumunun değişmesini etkiler. Dağ ormanlarını etkilendiği doğal afetlerin geneli iklim değişikliğine bağlıdır. Zamanla nüfus yoğunluğunun ve turizm faaliyetlerinin dağlık bölgelerde artması buradaki dağ ormanlarının doğal afetlerine karşı koruma önemini ortaya çıkarmıştır. (Krauchi ve ark.,2000). Çığ, taş ve kaya yuvarlanmalarına karşı en etkili önlemin dağ ormanları olduğu bilinmektedir. Lakin bu dağ ormanlarının afetlere karşı en çok veya uygun değerde koruma sağlayacak ağaç topluluklarının hangi özelliklere sahip olması gerektiği ve nasıl bir önleyici özelliğe sahip olması hakkında fazla bir bilgi bulunmamaktadır (Dorren, 2002; Dorren ve ark., 2005). Dorren ve ark. (2004) dağ orman ile taş ve kaya yuvarlanma

arasındaki bağlantıları bölgesel olarak incelemiştir. Bu çalışmalar sonucunda dağ ormanlarının, taş ve kaya yuvalanmalarına karşı önleyici etkisi olduğu bulunmuştur (Aydın, 2007).

Ülkemizde de Ankara, Antalya, Artvin, Bolu, Bursa, Elazığ, Erzurum, Giresun, İzmir, Kastamonu, Mersin, Muğla, Sinop ve Trabzon gibi illerde sıkça görülen çığ, taş ve kaya yuvarlanmaları, belirttiğimiz illerde yaşayan insanların yaşamlarını ve yaşam alanlarını olumsuz yönde etkilemektedir (Tavşanoğlu, 1961, Aydın, 2007). Türkiye (ortalama yüksetisi 1132m), dağlık bir ülke olup ortalama yükseltisi Avrupa (330 m) ortalamasını hatta Asya (1010 m) ortalamasını geçmektedir. Türkiye'de yükseltisi 1km üzeri olan alanlar (göller hariç) ülke yüz ölçümünün yarısından fazlasını oluşturmaktadır (Aydın, 2007).

Hatta Ülkemiz'de 1500 m üzerindeki toplam alan oranı tüm yüzölçümün dörte birinden biraz fazlasıdır ve bu dilimin içinde bulunan orman alanı ülkemizin toplam orman alanının %15'ini oluşturmaktadır (Aydın, 2007). Türkiye'de eğimi %40'ın üzerinde bulunan alanlar, ülke yüz ölçümünün %45'ini oluşturmaktadır (Uzunsoy ve Görecelioğlu, 1985, Aydın, 2007). Dağlık ve eğimli bir ülke olan Türkiye'de taş ve kaya yuvarlanmaları ciddi bir sorun olmakla beraber bu olayların ormanlara etkileri ve ilişkileri üzerine yeterince çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, bir planlama ünitesinde toprak koruma fonksiyonu görecek alanların belirlenmesinde nesnel kriterlerin ortaya konulmasına çalışılmıştır. Araştırma sahası Bolu Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı, Kıbrıscık Orman İşletme Müdürlüğü, Çökeren İşletme Şefliği Deliyar Mevkii sınırları içinde kalan bozuk karaçam (Pinus nigra) meşcerelerdir. Toprak koruma fonksiyonu açısından dağ ormanlarının öncelikli konusu taş kaya yuvarlanmaları ve moloz akıntısı gibi kitlesel toprak hareketleridir. Bu çalışmada da üst orman zonunda taş ve kaya yuvarlanmaları konusu üzerine odaklanılmıştır. Taş ve kaya yuvarlanmalarına karşı planlanacak ormanlık alanların belirlenmesi, bu alanlarda uygulanması gereken silvikültürel müdahaleler, orman yapısı ve kuruluşu, planlama şekli ve ilkeleri gibi konular üzerinde durulmuştur. Orman ve bölgenin karakteristik özellikleri, düşen kayaların boyutuna ve düşen kaya enerjilerini ve koruyucu kapasiteyi belirlemek için Rockfor.net hesaplamasından ve ağaç büyütme modeli MOSES'den yararlanılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. TOPRAK EROZYONUNUN OLUŞUMU

Erozyon oluşumunda iki büyük etken bulunmaktadır. Bunlardan biri insan kaynaklı diğeri ise doğal etmenlerdir. Doğal etmenlerin başlıcaları iklim, toprak, bitki örtüsü özellikleri ve eğimli topoğrafik yapı oluşturmaktadır (Balcı, 1996).

İnsan kaynaklı etmenleri sosyo-ekonomik etmenler oluşturur;

Başlıcaları;

- Arazilerin özelliklerine uygun bir şekilde kullanılmaması
- Yanlış ve hatalı toprak işleme
- Geniş alanlarda doğru nadas uygulamalarının yapılmaması
- Yanlış bitkilendirmenin uygulanması
- Verimli orman alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesi
- Çayır-meraların düzenli ve kontrollü bir biçimde otlatılmaması
- Orman yangınlarının önüne geçilememesi.

Toprak tahribat hızının artmasındaki en büyük etkenler insan kaynaklı ve doğal etmenlerden oluşan erozyonlardır. Erozyonun oluşmasında etkenlerin belli kısımları aşağıdaki başlıklarda yer verilmiştir. (Sarı, 1998).

2.1.1. Toprak Erozyonuna Neden Olan Etkenler

- İklim özellikleri
- Yüzey ve toprak özellikleri
- Topoğrafik yapı
- Bitki örtüsü
- İnsanlar

2.1.1.1. İklim Etkenleri ve Özellikleri

Erozyonu oluşturan iklim koşulları; sıcaklık, nem, rüzgar ve yağış gibi etkenlerdir. Sıcaklık ve rüzgar, bitki ve toprakta oluşan buharlaşma üzerinde etkilidir. Bu iki etken, özellikle kurak bölgelerdeki bitkilerde aşırı terleme ile ciddi su kayıplarına neden olur. Ciddi su kaybı yaşayan bitkiler sağlıklı gelişimlerinin engellenmesiyle zayıf bitki örtüsü erozyon durumunda toprağı koruyamayacağı bir duruma gelmektedir. Aynı şekilde bu iki etkenden dolayı toprakta oluşan buharlaşma ile su kaybı yaşayan toprağın kendisine has özelliklerinin bozulmasına veya kaybetmesine neden olmaktadır.

İklimsel etkenlerden birisi olan yağış, erozyon oluşumunda en çok etkili olandır. Bitki ve toprak üstüne düşen yağış miktarı, şiddeti, süresi ve türü ile ayrıca mevsim zamanına göre erozyon oluşumunda etkilidir. Kurak veya yarı kurak bölgelerde oluşan sağanak yağış erozyonda en büyük etkendir. Erozyon oluşturan yağış karakteristik özellikleri aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir (Balcı, 1996).

•Yağışın şiddeti

•Yağışın süresi

•Yağışın toplam miktarı

•Damlaların büyüklüğü ve hızı

•Yağışların mevsimlere göre dağılımı

2.1.1.2. Yüzey veya Toprak Özellikleri

Toprak yüzeyine düşen yağmur miktarı ne kadar artarsa toprağa nüfuz eden suyun azalmasına sebep olacaktır. Suyun ne kadarını toprak tarafından ne kadar emileceği, ne kadarının yüzeysel akışa geçeceği konusu, toprak ve arazi özelliklerine bağlıdır (Özhan, 2006). Bu özellikler toprak katmanları ile alakalı olup, katmanların toprağın doğal etkenlerden oluşan gözenek, gözenek büyüklüğüne ve strüktür durağanlığına bağlıdır. Toprakların kendi özellikleriyle gözenek oluşturamaması ve dış etkenlerden (insanların toprakları hatalı bir şekilde işlemesi, hayvanların otlatılma zamanların iyi ayarlanmamaları) olan gözeneklerin azalması gelen yağmur sularının

toprak tarafından emilmesi yerine, toprak yüzüne paralel eğimin olduğu tarafa akma olur. Bu akış arazinin erozyona uğramasına sebeb olur (Sarı, 1998).

İdeal toprak özelliklerinde erozyona dayanımını veya dayanıksızlığını gösteren indikatör nicelikler aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

•Strüktür oluşumu, agregatlaşma

•Agregatların suya dayanıklılığı stabilitesi

• Özgül ağırlık – hacim ağırlığı

• Gözenek hacmi, gözenek çapları ve gözeneklerin devamlılığı

• Kil minerallerinin miktarı ve tipi

• Organik madde miktarı

• Değişebilir katyonların cinsi ve miktarı

• Mikroorganizma faaliyetinin düzeyi

• Toprakların potansiyel verimliliği

Ayrıca yağış öncesi toprak içindeki nemin miktarı da erozyon oluşumu ve oluşan erozyonun şiddetini etkilemektedir.

2.1.1.3. *Topoğrafik Yapı*

Yüksek derecede eğime sahip sarp ve geniş yamaçlı dağlık araziler erozyonu arttıran yeryüzü şekilleridir. Bitki örtüsü veya toprak özelliklerine bakmaksızın eğimin başlamasıyla yüzey akışı ile erozyon oluşmaktadır.

Eğim derecesi dışında uzunluğuna bağlı olarak erozyon arasında doğru bir ilişki bulunmaktadır. Eğim uzunluğu arttıkça erozyondaki toprak kaybı miktarı da artmaktadır. Bazı durumlarda eğimin artışı ile toprak kaybı 13 kat artabilmektedir.

Eğim derecesinin erozyon şiddeti ile ilişkisi aşağıda özetlenmiştir (Sarı, 1998).

- % 0-4 eğimli arazi erozyon hızı; yavaş
- % 4-7 eğimli arazi erozyon hızı; fazla
- % 8- > eğimli arazi erozyon hızı; çok fazla olmaktadır.

Toprakların özelliklerinden tekstür (kum, toz, kil oranları) ile eğim arasındaki ilişki aşagıdaki ek de özetlenmektedir. (Sarı, 1998).

4 dekarlık bir alanda;

- Killi bir toprakta: % 2 eğimde yılda erozyonla 7,8 ton toprak kaybı
  % 4 eğimde yılda erozyonla 20,6 ton toprak kaybı

- Balçık türünde bir toprakta: % 4 eğimde yılda erozyonla 20 ton toprak kaybı
  % 8 eğimde yılda erozyonla 52 ton toprak kaybı

meydana geldiği gözlenmiştir.

2.1.1.3. Bitki Örtüsünün Özellikleri

Bitki örtüsü, erozyonu önleyen ve engelleyen etkin bir doğal etkendir.

Toprağın ot, çalı, ağaç vb. çeşitli bitki örtüsü ile örtülü bulunması, erozyonun oluşumunda etkide bulunan iklim, toprak ve topoğrafya etkenlerini önleyici özelliğiyle erozyonun şiddetini azaltmaktadır. Arazi yüzeylerinde oluşan yüzey akış miktarını azaltan ve toprakların erozyonla kaybını önemli derecede engelleyen bitki örtüsünün işlevleri, aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Toprağa dik olarak düşen yağmur damlalarının hızını azaltır ve suyun toprak yüzeyine daha yavaş ulaşmasının sağlar. Böylece kinetik enerjilerinin büyük bir kısmını kaybeden yağmur damlalarının, toprak agregatlarını parçalaması ve bu parçaların toprakların gözeneklerini tıkaması engellenir ve yağış sularının önemli bir kısmı toprak tarafından daha kolayca emilir.
- Bitkilerin toprak üstü kısımları yüzey akışa geçen suların hızını azaltır ve suyun arazi yüzeyindeki ana akış yollarını bölerek toprakların taşıma enerjilerini azaltır.

- Bitki kökleri vasıtasıyla toprak kohezyonu arttırılarak toprakların su etkisi ile dağılıp parçalanmaları engellenir. Erozyonla oluşacak toprak kayıplarının engellenmesi, bitkilerin sıklığı, çeşidi, ömrü ve yetişme dönemi özellikleri ile de doğrudan ilişkilidir.

2.1.1.4. İnsanlar

Canlılar var oluşundan itibaren, özellikle de insanlar bilerek ve/veya bilmeyerek yaşadıkları ortamın bitki örtüsünü sürekli tahrip etmektedirler. Günümüzde insanoğlu varlıklarını hayvancılık ve tarım yaparak sürdürürler. Bu durum bitki örtüsünün ve toprak kalitesinin tahrip olmasına neden olmaktadır. Denge koşulları kendiliğiyle devamını sürdürebilmişken, insanoğlu tabiata müdahale ederek toprak dengesini bozmuşlardır. Verimli toprakların üzerine yerleşkeler kurulması ve tarım ile hayvancılık için tahsil edilmiş toprakların kalitesinin düşük olması erozyon (toprak kayması) oluşumuna neden olmaktadır. Ayrıca toprak işlemsi ve hayvancılığın toprak kalitesini düşürecek şekilde hatalı uygulamalar yapılması arazinin değerini yitirmesine ve erozyonun şiddetini arttırmasına sebep olmaktadır

İnsanoğlunun erozyon oluşumundaki etkenleri incelemek için; Türkiye'nin bitki örtüsü ve toprak durumu, arazi kullanım şekli ve işleme biçiminin nasıl olduğunu geniş bir pencereden gözlem yapmak gerekir.

2.1.2. Erozyonu (Toprak Kayması) Önleme Fonksiyonu Görecek Alanları Seçme Kriterleri:

Erozyon önleme ve seçim kriterleri seçiminde öncelikle bir plan çerçevesinde aşağıdaki maddeler üzerinde durabiliriz (Sarı,1998).

-Planlanan alanda eğimin ölçüsüne bakılmadan en az bir ha'lık bir alanda çizgi (oluk) ve oyuntunun bulunduğu orman arazilerindeki erozyon

- Eğimi %60-79 arasında olan araziler

- Toprak kayma olaylarının bulunduğu araziler

- Orman arazilerinin bitiminde bulunan işlenen veya işlenmeyen toprak alanlarının erozyon görünen kısımlarının üstündeki ormanlar

- Sahil ve toprağında kumul yapısı bulunduğu yerlerin etrafındaki orman arazileri

- Eğim açısı geniş olan kayalık yerlerde kaya ve taş kayması ihtimali yüksek olan yamaçların; özellikle yaşam alanlarını tehdit eden bölgeler

- Yerleşke alanları veya tarım alanlarını tehdit altında bırakacak sel ve taşkın felaketine neden olacak akarsu havzalarındaki orman arazileri

- Çığ tehlikesinin bulunduğu orman arazileri

- Yüksek yamaçlarının sayısı fazla olan orman arazileri

2.1.3. Erozyon (Toprak Kaybı) Önleme ve Orman Arazilerinde Uygulanacak Silvikültürel Maddeler:

-Ormandaki ağaç sıklığı (kapalılık) ile erozyon arasında güçlü bir bağ bulunmaktadır. Ağaç sıklığı azaldıkça erozyon oluşumu ihtimalinin artmasına yol açar. Bu ihtimallerin artmasını engellemek adına, ormanın ekolojik ve bitki örtüsünün (ağaççık, ağaç, çalı, ölü örtü ve otsu bitkiler) devamlılığını sağlayarak orman sıklığı arttırılmalıdır. Bunun için, orman arazisi korunmalı, ağaçların gelişimini sağlamak adına uygun ortam hazırlanmalı, ağaç türlerinin biyolojik özellikleri verdiği imkan miktarında derin kök yapısı, sıklığı oluşturulmalıdır.

- Toprak kaymasını önlemek adına ağaç türlerinin yapısına uygun şekilde sıklığını arttırabileceğimiz kadar iyi bir yapı oluşturulmalıdır. Bu yapı planlı bir şekilde düzenlenmeli ve işletilmelidir.
- Ağaç türü ve türlerin sıklığı arttırılmaya uygun değil iseler planlama yaş sınıfları amenajman metodunun küçük maktalı varyantı (Yaş sınıfı alanının ormana dağıtılması sistemi) kullanılarak yapılmalı, geniş alanlarda aynı yaşlı ve tek tabakalı ormanların oluşmasını önleyecek şekilde planlama düzenlemelidir.
- Yapılacak bütün organizasyonların kesinlikle orman arazilerini doğal özelliklerini koruyacak şekilde planlanması ve planlanan şekilde müdahaleyi yaparak doğal ortamın korunmasını sağlamamalıdır.
- Küçük alanlarda (ağaç boyutları küçük, sayısı fazla) gençleştirme çalışmaları yapımında miktar en fazla 5 ha geçmeyecek şekilde olmalı ve gençleştirme sürecinin mümkün mertebe uzun sürmesi sağlanmalıdır.
- Erozyon tehlikesi olan bölgelerde ağaç kesimi yani traşlama kesimler engellenmelidir.

- Orman arazisine uygulanan gençleştirme ve diğer erozyon önleyici faaliyetler aksatılmadan devamlı uygulanmalı ve biyolojik özellikleri bozacak etkenlere (biyotik ve abiyotik) dayanıklı ağaç grupları oluşturulmalıdır.
- Ağaç sıklığı yani kapalılık durumunu münkün mertebe bozmayacak şekilde bakımları düzenli yapılmalı ve bu bakımların yapılma esnasında kapalılığı bozacak patika açılmamalıdır.
- Ağaç toplulukları gençlik-kültür bakımından seçilen fidanların zarar görmeyecek şekilde ve ayrıca yerleştirilecek yerin temizliği dikkatli bir şekilde yapılmalıdır.
- Orman arazisinde yapılan faaliyetler sırasında orman iç sınırı ile dış sınırını koruyacak düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. İç ve dış sınırları bir olarak göz önünde bulundurulmalıdır.
- Sıklığı az olan orman arazilerinin sıklığını artırmak için en hızlı şekilde gençleştirme ve yenileme çalışmaları yapılması gerekmektedir.
- Her yapılan işlemin erozyon durumu kontrol edilerek ilerlenmelidir.
- Heyelan ve çığ tehlikesi bulunan arazilerde kesimler yüksek olmalı ve bu yüksekliklerin çığ tehlikesini barındıran yerlerde kar yükseliğinden az olmalıdır.
- Heyelan tehditinin olduğu bölgelerde kesilen ağaçların gövdeleri yamaç eğimine dik gelecek şekilde düzenlenmelidir.
- Akarsu yamaçlarında bulunan orman arazilerinde, akarsunun ana kolunun kenarlarında 50 - 100 m, yan kollarında ise 30 - 50 m genişliğinde tampon alanlar bırakılmalıdır. Bu tampon alanlarında bitki örtüsü yapısını bozacak müdahalelerden kaçınılmalıdır.
- Orman arazilerinde kesim organizasyonunda oluşacak bölümlerde bitki örtüsünün mekanik direncinden yararlanılmalı, yararlanamadığımız durumlarda kesilen ürünleri belirlenmiş sürütme yollarından arazi dışına çıkartılması sağlanmalıdır.
- Taş ve kaya kayması olabilecek bölgeler dışındaki erozyon olmayan orman arazilerinde üretimden vazgeçilerek, mevcut kerestecilik alanları ormanlık bölgelere dönüştürülmelidir.
- Toprak kayma riski az olan ormanlık alanlarda mümkün mertebe yol yapılmamalıdır. Yol yapılması durumunda ise bitki örtüsüne en az zarar verecek araçlar kullanılmasına özen gösterilmelidir.

2.1.4. Taş Kaya Yuvarlanmalarının Engellenmesi ve Toprak Kaybı Açısından Önemi

Toplu toprak hareketleri olan taş ve kaya yuvarlanmaları, en büyük toprak kaybının nedenidir. Türkiye'de geniş saha içinde bulunan çıplak dağlık alanlarda ve yetersiz bitki örtüsü olan yamaçlarda taş ve kaya yuvarlanmalarının sık görülmesine sebep olur. Özellikle rakımı yüksek bölgelerde sık görünen taş ve kaya yuvarlanmaları, en temel toprak kaybıdır (Tavşanoğlu, F., 1961). Yukarıda bahsettiğimiz üzere dik ve çıplak veya yetersiz bitki örtüsü olan yamaçlarda bulunan topraklarda su ve rüzgar gibi dış etkenlerden erozyona uğrayıp küçük veya büyük taşlar hatta kaya bloklarının boyutlarına kadar ulaşmasına, ilkbaharda sıcaklığın arttığı zamanda şiddetli yağmur veya dolunun etkisi ile oluşan toprağın aşağı yöndeki hareketine taş ve kaya yuvarlanmaları denir. (Tavşanoğlu, F., 1961). Yuvarlanan taş ve kayalar, düştüğü yer olan yamaç etekleri veya dereler içinde toplanarak gelen sularla hareket edebilirler (Tavşanoğlu, F., 1961). Ülkemizde yaşanan taş ve kaya yuvarlanmalarına karşı alınması gereken tedbirler önemle göz önünde bulundurulmalı ve bu tedbirleri yerine getirmek için taş ve kaya yuvarlanmalarının ciddiyetini anlatmak ve insanların kavramasını sağlamak gerekmektedir.

Alpin zonda (belli bir yükseklikten sonra bitki örtüsün bulunmadığı kayalık alan) sıkça görünen taş kaya yuvarlanmalarına karşı özel bir amenajman uygulaması gerekmektedir.

2.1.5 Taş ve Kaya Yuvarlanmaları ile Ağaç ve Orman Arasındaki Bağlantılar

2.1.5.1. "Taş Ve Kaya Yuvarlanmaları" anlamı

Taş ve kaya yuvarlanma tanımı olarak taş ve kaya parçaların hacimleri $5m^3$ ten küçük grup halinde veya $5m^3$ ten büyük kaya parçasının hareketine denir (Berger ve ark, 2002, Aydın, 2007).

Perret ve ark (2004) taş ve kaya yuvarlanmalarını aşağıdaki maddeler halinde gruplandırmıştır (Aydın, 2007) :

A- Taş ve kaya yuvarlanması: Bir yamaçtan kopan taşların çapı 0,5m den küçük ve kaya blokların çapı 0,5m den büyük parçalar halinde yuvarlanarak veya yere çarparak oluşan ani hareketlere demiştir. Bu olaylar ani gelişen olaylar olduğu gibi ard arda gelebilecek olaylardır. Düşen parçaların hız ortalamaları 3-30 m/s (metre/saniye) hareket eder ve eğimin açısı 30 derecenin altına inmesiyle yavaşlayarak dururlar.

B- Yamaç Göçmeleri: Bu olay bir yamacın bir kısmının bütün olarak koparak hareket etmesidir. Bu kopan parçanın boyutları 100 ila 100.000 m^3, arasında olup ortalama hızları 10 ila 40 m/s arasında olabilmektedir.

C- Kaya Çığları: Üçüncü sınıf olan ve kaya boyutların en büyük çaplara ulaşan olaydır. Bu kaya ve kaya toplulukların kitlelerinin hacimleri 1 milyon m^3 ten büyük olup hızları 40 m/s nin olması durumunda gerçekleşir.

Taş ve kaya yuvarlanmaların içindeki yamaç karakteristikleri (yamacın su sızması ve sızan suyun hareketi ile nem seviyesi değişmesi) taş ve kayanın iç sıcaklığın değişmesi, donma ile çözülme döngüsü, jeolojik faktörler ve yükselti bakı ile topoğrafya değişiklikleri ormanlık arazinin yapısına etkili olan faktörlerdir.

Sirk (Buz yalağı) ; karların erime zamanı yani ilk 5-15 gün içerisinde yamaçlardaki taş ve kayaların donma-çözülme derinliğinin yer yer 1m'ye varmasıyla oluşan taş ve kaya yuvarlanma olayıdır.

2.1.5.2. Taş ve Kaya Yuvarlanmasına Karşı Alınması Gerekli Silvikültürel Önlemler

1. Taş ve kaya yuvarlanma alanlarında ağaç yetiştirmeye uygun arazilerde sık ve kapalı bir orman oluşturmak için yapraklı ağaçlar kullanılmalıdır. Bu sık düzen içinde bulunan ağaçlık kesim en iyi önlemdir. Ayrıca geniş yapraklı ağaçları bulunduran ormanlık alanlar filizlenme kabiliyetileri sayesinde en kısa sürede istenilen seviyeye ulaşır.
2. Taş ve kaya yuvarlanması tehlikesi bulunan alanlarda kesim olması durumunda mutlaka kesilecek ağaçların seçilmesi özel bir itina ile yapılması gerekmektedir. Gerekmediği sürece kesilmemesi önemlidir.
3. Kesilmesi kararlaştırılmış ağaçların kütük boyutları yerden en az 50-60 cm yükseklikte olacak şekilde kesilerek bırakılmalıdır. Hatta kesimlerde elde edilen dal ve faydalanamayacağımız bölümleri kütüklerin enine denk gelecek şekilde yerleştirilmesi önemlidir.
4. Önlem için yerleştirilen ağaçların ilk zamanındaki fidan hallerinden büyümeleri için taş ve kaya yuvarlanma tehlikesine karşı korumamız gerekmektedir. Bu koruma olayı için yuvarlanan taşları kurulacak fidan bölgesinden uzakta bir yerde durdurmak için uğraşılmalıdır.

5. Yükseltinin artımı ile ormanlık alanların sınırı çizilmeye başlar. Bu sınırların üstünde ağaç yetişmemesi taş ve kaya yuvarlanmaların en çok bu bölgelerde tehlikeli olması ve önlemlerin burada yapılması çok önemlidir.

2.2. TAŞ VE KAYA YUVARLANMALARININ BULUNDUĞU ARAZİLERDE TOPRAK KAYBINI ÖNLEMEK İÇİN ORMANLIK ALANLARIN YAPI VE KURULUŞLARI HAKKINDA OPTİMAL GÖRÜŞLER

Doğal afetler; heyelan, sel ve erozyonlar toprağın yapısına daha bağlı iken kar düşmesi, yuvarlanması ve çığ gibi felaketler toprak yüzeyinin üstündeki yapay veya doğal engelleyici yapılarla kaplı olması bu felaketlerin oluşmadan önlenmesini sağlamış olur (McClurtg ve Schaerer , 1993). Bitki örtüsü bulunan alanlarda oluşabilecek doğal afetlerin (taş ve kaya yuvarlanmaları, çığ, sel gibi) şiddeti, hızı ve oluşacak zararların bitki örtüsü olmayan alanlara göre azaldığı görülmüştür. (Perret ve ark. 2004).

Taş ve kaya yuvarlanmalarının başladığı bölgede ağaç köklerinin kayaları çatlatması ve parçalamasından kaynaklı yuvarlanmaların daha çok hızlandırdığı görülmektedir (Jahn, 1988) Bundan dolayı da en çok ormanların koruyucu etkisi eylemin başladığı ve bittiği bölgelerde gözlemlenir.

Taş ve kaya yuvarlanmalarının enerjisini azaltan bölgeler bitki örtüsü ile kaplanmış yamaçlardır. Bunun sebepleri maddeler halinde aşağıda sıralanabilir (Jahn 1988, Brauner ve ark, 2005)

1- Yuvarlanmakta olan taş ve kayalar, çarptıkları ağaç ve benzeri bitki örtüsünde kinetik enerjilerinin büyük çoğunluğunu (%80) kaybeder.
2- Sürtünmenin çalılık ve bitki örtüsünde olmasından kinetik enerji azalır.
3- Ormanlık arazilerin toprağın veriminden kaynaklı nem kapasitesi yüksektir. Nemli toprak taş ve kayaların yuvarlanma esnasında hız, enerji ve sıçrama yüksekliğini azaltır.
4- Ormanlık alanlarda bulununan çalılık, kuru ağaçlar veya devrik ağaçlar gibi benzeri bitki örtüleri zemin üzerinde pürüzlülük yapmasına sebep olur.

Taş ve kaya yuvarlanmaların yaşandığı orman alanların hektar başına ağaç sayıları dikkat çekmiştir ve bunun üzerine İsviçre Ormancılık Örgütü bir çalışma yaparak bir el kitabı

hazırlamıştır. Bu kitaba göre ağaç çaplarına göre hektarda bulunması gereken minimum gövde sayısı Tablo 2.1 ‘de verilmiştir.

Tablo 2.1 Taş kaya yuvarlanmasına karşı geçiş bölgesinde etkin koruma sağlamak için gereken minimum ve ideal gövde sayıları (Frehner ve ark. 2005).

Taş/kaya çapı	<40 cm	40-60 cm	>60cm
Minimum gövde sayısı	≥400 ($d_{1.30}$ >12cm)	≥300 ($d_{1.30}$ >24cm)	≥150 ($d_{1.30}$ >36cm)
İdeal gövde sayısı	≥600 ($d_{1.30}$ >12cm)	≥400 ($d_{1.30}$ >24cm)	≥200 ($d_{1.30}$ >36cm)

Taş ve kaya yuvarlanmalarının sık yaşandığı ormanlardan birini ele alırsak; Fransa Alpler’inde sık görünen kısımlardaki ağaçların çapları yanı sıra ağaç sayısı da önemli olmaktadır. Bu anlamda ince çaplı ağaçların, taş ve kaya yuvarlanmalarına karşı etkin bir rol oynayacağı görülebilir. Resim 2.1. de görüleceği gibi 1,5 m^3 hacimli yuvarlanmış bir kaya önce geniş çaplı bir ağaca çarptıktan sonra çapı 10 cm olan ince bir ağaç tarafından durdurulmuştur (Dorren ve ark. 2004, Dorren ve ark 2005)

Taş ve kaya yuvarlanması etkisinde kalmış alandaki koruma ormanının kalın çaplı ve sık ağaçlardan oluşması ve afetin başlangıç noktasında olması istenir (Wehrli, 2005). Lakin bu bölgelerde tercih edilen kalın ağaçların sayısını çok arttırmak en doğru koruma şekli sanılsa da doğru değildir. Çünkü kalın ağaçların sayısını çok artırarak sık ormanlık oluşturmak mümkün değildir (Omura ve Marumo 1988. Brang ve ark., 2001, Le Hir ve ark., 2005). Bu tarz ormanlık alanların ayırca fırtına ve kar kırmasına karşı daha kırılgan ve gençleştirmede sıkıntı olmaktadır. (Brang ve ark., 2001).

Çok az miktarda olsa bile ağaçların yamaçlarda taş ve kaya yuvarlanmalarında kinetik enerjilerinin azaltılmasında ve durdurulmasında katkı sağlayabilmektedir.

(Dorren ve ark, 2004). Yuvarlanmaların görüldüğü dik eğimli yamaçlarda bulunan devrik ağaçlar, kuru ağaçlar ve yüksek kesilmiş ağaç gövdeleri ile çalıların yuvarlanmaları engellediği görülmüştür (Dorren ve ark., 2003; Scönenberger ve ark., 2005; Brauner ve ark., 2005; Dorren ve ark., 2005). Ayrıca standart bir yöntem olan kesilmiş ağaç gövdelerinin yamaç üzerinde yatık veya çapraz (diyagonal) yerleştirilmesidir. Örnek olarak Avrupa Ladini (*Picea abies*) ağaçları (50 cm'den kalın) bulunduğu Avusturya'da taş ve kaya yuvarlanmasına karşı yamaçta tampon görevini 10 yıl boyunca etkili olarak sürdürmektedir (Dorren ve ark., 2004).



Resim 2.1 Kaya yuvarlanmalarının önünde ağaçlar zaman zaman mekanik engel konumundadır. (Kaynak Ernst Ott)

Bütün doğal felaketlere karşı ormanlık yapı, afetin etkisini yavaşlatabilir, belli bölgelerde durdurabilir. Fakat bu afetin içinde bulunan kitlelerin boyutu ile sınırlıdır. Küçük kitlelere etkili iken, büyük kitlelerde karşı mümkün olamayabilir (çığ ve kaya akıntıları).

Yeni nesil ağaçların gelişimini tamamlayıncaya kadar suni savunma sistemleri oluşturulabilir. Örnek olarak Resim 2.2 de görüldüğü gibi taş, kaya yuvarlanmalarını ve kar kaymasını önlemek için ahşap tripodlar kullanılabilir.



Resim 2.2 Taş ve kaya yuvarlanmalarını ve kar kaymasını önlemek için ahşap tripotlar kullanılır.(Kaynak Ernst Ott) Vaujany, Savoie, Fransa.

Bir koruma ormanın oluşturulması sabit bir kurala bağlı değildir. Oradaki tehlikelere mevcut özel bir şekilde yapılandırılmalıdır. Bu zamana kadar tutulan verilerde "koruma ormanları" yamaç üzerinde düşen taş, kaya ve moloz gibi materyallerin hareketini engellemektedir.



Resim 2.3 British Columbia, Kanada subalpin *Abies lasiocarpa Picea* engelmannii ormanında doğal olarak bakımlı odun üzerinde fidan kuruluşu.

Tehlikelere karşı bir orman arazisi oluşturmak için, ideal ağaç boyutlarına ulaşmış mümkün olduğunca sık ağaç yetiştirmek gerekir. Ağaç yoğunluğundan oluşacak ağaç büyüme rekabeti ağaç sayısını azaltmasına veya biyolojik büyümenin durmasına yol açabilmektedir. Ağaçların boyutu (büyüklüğü) ve sıklığı ile koruma etkisi arasındaki bağlantılar değişkenlik gösterebilir;

Yoğunluğu yüksek, küçük meşcerelerin koruma etkisi daha etkili ve büyük olabilir. Küçük boyutlu mesçereler, büyük boyutlu mesçerelere göre küçük kayalara karşı daha büyük koruma etkisi oluşturabilir. Bunun yanı sıra yüksek ağaç sıklığı bazı felaketlere karşı ağaçların direncini azaltır (Korpel' 1995); doğal felaketlerden biri olan fırtına yüksek boyutlu ağaç yoğunluğunu azaltarak daha küçük koruyucu etkisi olan meşcere grupları oluşturur (örn. genç büyüme evreleri). Zaman içinde insanoğlunun yaptğı ormanlık alanlardaki faaliyetler (silvikültürel işlemler), insandan kaynaklı tabiat bozukluklarına (antropojenik bozukluklara) yol açabilir. Sonuç olarak, hedeflenen ağaç topluluğu için ağaç boyutları ve miktarı yeterli olabileceği gibi uzun vadede biyolojik orman yenilemede de ağaçların bireysel olarak kendini bozmadan direnç sağlayabileceğini düşünebiliriz.

Doğal afetlere karşı koruma sağlamak için belirlenen orman arazilerinin minimum gereksinmeleri tespit edilmesi gerekir (Sakals ark.). Örnek olarak kaya yuvarlanmalarının sık görüldüğü yerlerde ağaçlar arasındaki mesafelerin az olması gerekmektedir (Omura ve Marumo 1988; Zinggeler ve ark. 1990; Gsteiger 1993; Cattiau ark. 1995; Dorren ve ark. 2004).

2.3. TOPRAK KORUMA ORMANLARININ OLUŞUMU VE SINIFLANDIRILMASI

Doğal felaketler arazi eğiminin yüksek olduğu yerlerde görülür bu yüzden toprak koruma ormanları dağlık bölgelerin dik yamaçlarına kurulur. Ilıman iklimlerde en yaygın görülen doğal afetler, sel, çığ ve kaya yuvarlanmaları ve tropikal (ve benzeri) iklimlerde ise heyelan ve toprak erozyonları görülür bu yerlerde toprak koruma ormanları kurulur. Toprak koruma ormanları özellikle sel ve yüzey erozyonuna karşı koruma sağlar.

İsviçre'deki dağlık bölgelerde %16 üzerinde toprak kaybı tespit edilmiş olup, bu kayıpların %37 üzerinde kar hareketi ve %31 in üzerinde kaya yuvarlanmalarının sebep olduğu gözlemlenmiştir (EAFV ve BFL1988 p.85). Fransa'daki dağlık bölgelerde ormanlık bölgeler doğal afetlere karşı; erozyonlara çığlara, kaya yuvarlanmalarna ve toprak kaymasına karşı koruduğu gözlemlenmiştir (Sonnier 1991). Almanya Bavyera bölgesinde bulunan Alpler de yer alan toprak koruma alanları erozyon ve moloz akıntılarına karşı, çığlara karşı ve sellere karşıda koruma sağladığı tahmin edilmektedir. (Plochmann 1985). İstatistiklerde yer alan rakamlar incelendiğinde dağlık bölgelerdeki doğal afet etkilerinin azalmasında ormanın önemi ortaya çıkmaktadır.

Ne yazıkki tutulan istatistiklerde toprak koruma ormanlarına ait belirli değerler olmaması sınıflandırılma yapılmasını zorlaştırmaktadır.

Günümüzde teknolojiden yararlanarak toprak koruma alanlarının haritalanmasında sayısal veriler, doğal afet simülasyon modelleri, LIDAR ve benzeri teknikler kullanılmaya başlanmıştır (Dorren ve ark. 2004). Bu metodlar sayesinde toprak koruma arazilerin sınıflandırılmasında objektif bir bakış açısı ile incelememizi sağlar.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olarak Kıbrıscık İşletme Müdürlüğü Çökeren İşletme Şefliği Deliyar bölgesini seçtik ilgili alanı ziyaret ettik. Kaya yuvarlanma alanlarını, birikmiş kaya örneklerini ve kaya boyutlarını inceledik. Çalışma alanı Kıbrıscık İşletme Müdürlüğü Çökeren İşletme Şefliği Deliyar mevkii plan ünitesi 40°19' 30"- 40°28' 30" kuzey enlemleri arasındadır. 1400-1600 m deniz seviyesi yüksekliğinde, ortalama yamaç eğimi $30^{0'}$ dir. Alandaki baskın ağaç türü bozuk karaçam (*Pinus nigra*) olup bozuk meşcereler şeklindedir. Bu alandaki ortalama meşcere sıklıgı 396 ağaç/ ha'dır , toplam alan 44,47 m^2/ha olarak ölçülmüştür. Ağaç yaşları 100 yaşını geçmiş olup göğüs boyu yükseklik çapı 40-50 cm arasındadır. Burada alana düşen ortalama kaya hacmi 0,52 m^3'tür ve ortalama kaya kütlesi 1500 kg'dır.

Bu alandaki kaya ve taş yuvarlanma risklerini hesaplarken Rockfor.net ilkelerinden yararlanılmıştır.





Resim 3.1 Kıbrıscık İşletme Müdürlüğü Çökeren İşletme Şefliği Deliyar Mevkii Birikmiş kaya örnekleri

Resim 3.2 Kıbrıscık İşletme Müdürlüğü Çökeren İşletme Şefliği Deliyar Mevkii (Kaynak Koray Cantürk)



Resim 3.3 Kıbrıscık İşletme Müdürlüğü Çökeren İşletme Şefliği Deliyar Mevkii yol kenarına düşen kaya Fotoğrafları



Resim 3.4. Kıbrıscık İşletme Müdürlüğü Çökeren İşletme Şefliği Deliyar Mevkii Yol kenarına düşen kaya boyutu örneği

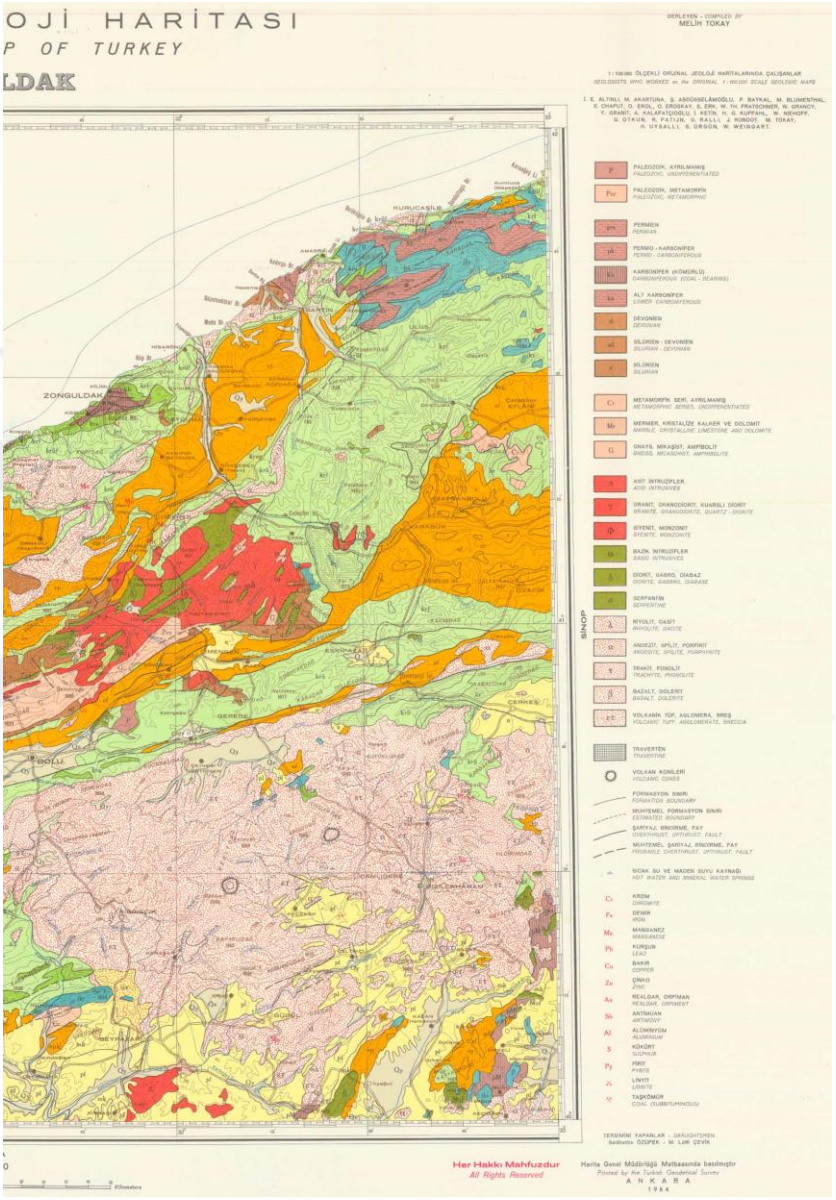
Aşağıdaki parametrelere göre 50 yıl boyunca sabit veya hareketli olduğunu bulabiliriz.

A. Fonksiyon olarak elimizde bulunan değişebilen parametreler
   F(Göğüs çapı, Hektar başına düşen kök sayısı, kaya etki alanı)

B. Sabit parametreler
   1. Kaya karakteristik özellikleri (Resim 3.5, Kıbrıscık İşletme Müdürlüğü Çökeren İşletme Şefliği Deliyar Mevkii anakaya haritası)
      - Kaya çapı
      - Kaya yoğunluğu
      - Kaya şekli
   2. Eğim Özellikleri
      - Ortalama eğim ölçüsü
      - Yamaç yüksekliği
      - Ormanlık alan yamaç uzunluğu
      - Ormanlık alan olmayan yamaç uzunluğu

Potansiyel taş ve kaya yuvarlanmalarının kaynağı olan bölgeler genellikle eğim haritaları ve jeolojik haritaların birlikte değerlendirilmesiyle belirlenir. Örneğin Jeolojik yapı moren ise veya birikmiş taş çakıl yığınlarından oluşan eğimli bir yamaç ile göller, dereler ve glasiyerler gibi alanlarda eğim 40 derecenin üstünde ise potansiyel taş ve kaya yuvarlanmasına kaynak teşkil

edebilecek alanlardır (Dorren ve ark., 2003). Şeyl, kumtaşı, kireçtaşı ve kuvarsit anakayaları taş ve kaya yuvarlanması açısından yüksek risk taşırlar (Duarte ve Marquinez, 2002), Duarte ve Marquinez



Resim 3.5 Kıbrıscık İşletme Müdürlüğü Çökeren İşletme Şefliği Deliyar Mevkii Jeoloji Haritası

2002 İspanya'da kalker yapıların üzerindeki araştırmalarında en çok kaya ve taş yuvarlanmları rastlandığını ve bu olayın olasığını artıran nedenler yükselti ve hava sıcalığın sıfırın altına düştüğün gün içinde sıcaklığın artmasıdır. Rakımın yüksek olduğu yerlerde donma-çözülme döngüsünün güçlü olması ve nemden kaynaklı kayada ayrışma meydana getirmesi, yükseltinin

artması ile taş ve kaya yuvarlanma arasındaki bağlantıyı ifade eder. Özetle yüksek dağlık alanlarda sıcaklık değişiklikleri, yağmur ve kar yağışları taş ve kaya yuvarlanma afetlerin genel sebepleridir.

Taş ve kaya yuvarlanma hadiselerine karşı hassas olan silisli yamaçların eğimin artması ile bu hadislerin görünmesi riski artmaktadır (Marquinez ve ark., 2003). 2005 yılında Stoffel ve ark., taş ve kaya yuvarlanması aktivitesini incelemelerinde gnays yapısının eğim açısının yükselmesi ile taş ve kaya yuvarlanma aktivitesinin artığını belirlemişlerdir. Magmadan oluşan kayaların aşırı soğumaları ile parçalanma aktivitesi yüksek olur (Schweigl ve ark., 2003) (Tablo3.1).

Tablo 3.1 Bazı kaya tiplerinin taş ve kaya yuvarlanmasına karşı hassasiyeti (Gsc, 2002'e Dorren ve Sejmonsbergen, 2003).

Kaya tipi	Yoğunluk (kg/m3)	Yuvarlanmaya karşı hassasiyeti	Kaya tipi	Yoğunluk (kg/m3)	Yuvarlanmaya karşı hassasiyeti
Tabakalı Marn ve Kumtaşı	2400	Düşük	Dolamit ve Kireçtaşı	2400	Yüksek
Kireçtaşı, Kumtaşı ve Şist	2600	Orta	Amfibol, ofiyolit ve gnays	2950	Yüksek
Kireçtaşı	2500	Yüksek	Kuvarsitli gnays ve granit gnaysı	2750	Yüksek
Şist ve Marn	2400	Düşük	Mikaşist	2750	Düşük
Kireçtaşı ve Dolamit	2600	Yüksek	Biotitli gnays	2650	Yüksek
Gnays, Amfibol ve Kireçtaşı	2900	Yüksek	Serpantin, Kalsit ve Amfibol	3000	Yüksek

3.2. AĞAÇ BÜYÜME MODELİ MOSES 3.0

MOSES (Hasenauer 1994, 2000, 2005) Avusturya da geliştirilmiş bir mekansal ağaç büyüme modelleme yaklaşımı olup potansiyel büyüme kavramına dayanır. Doğrudan ağaç büyüme tahmin modellerine göre diğer coğrafi bölgelere uyarlanabilir olması bakımından avantajlı bir modeldir.

Parametreler MOSES içinde çap ve boy artımları için ve statik taç modeli için doğrusal olmayan regresyon hesaplaması kullanılarak tahmin edilmiştir. Açık alanda yetiştirilen *Picea sitchensis* 45 ağaç boyu ilişkili çalışması ile incelenmiş ve modelleme yaklaşımı kullanılabilmiştir. Parametreler Galler'de P. sitchensis için potansiyel yükseklik gelişme sağlayan bir bonitet endeks fonksiyonu için tahmin edilmiştir. Bu çalışmada Galler'de uygulanan MOSES modelleme yaklaşımı uygulaması için deneysel bir prototip çap ve boy artımı modelleri ve MOSES modelleme yaklaşımı statik taç modeli tarafından oluşturulmuştur. Bu yaklaşımın uygun bir değerlendirme izni, büyüme modelleme araştırma içine derinlemesine bilgi geliştirme, veri toplama yöntem değişiklikleri ve bilgi eksikliği sorununa çözüm aramıştır.

MOSES, mekansal açık potansiyel büyümeye bağımlı ağaç büyüme modeli Viyana Doğal Kaynaklar ve Uygulamalı Yaşam Bilimleri Üniversitesi'nde aslında ladin – çam, kayın- ladin meşcereleri için geliştirilmiştir (Hasenauer 1994, 2000, 2005). Model, şu an Avrupa kıtasında tüm önemli ağaç türleri için uyarlanmış Avusturya ve İsviçre'de sürekli izleme parselleri verileri kullanılarak geliştirilmiştir; beş yılda artış dönemlerinde toplam yaklaşık 70000 noktada uygulama yapılmıştır. Bu model çap artımı, boy artımı, dinamik taç modeli ve mortalite bileşenlerinden oluşmaktadır. Tahmin aralığı beş yıldır (Hasenauer 2005) kalıcı örnek alan üzerinde ölçme döngüsü için geliştirilmiştir.

MOSES modeli içinde artım bileşenleri potansiyel büyüme kavramı takibi mevcut yıllık çap (id_{obs}) ve boy artımı (ih_{obs}) önceden tanımlanmış potansiyel yüksekliğe (ih_{pot}) ve çap artışlarına (id_{pot}) göre tahmin edilmektedir (Hasenauer 2005). Potansiyel yükseklik yani belirli alanlar ve alan türleri olan Bonitet Endeks Çizelgesi tarafından elde edilmiştir. Potansiyel yükseklik bir ağacın stok fazlasını temsil eden, rekabet ve rekabet endeks tarihini gösteren

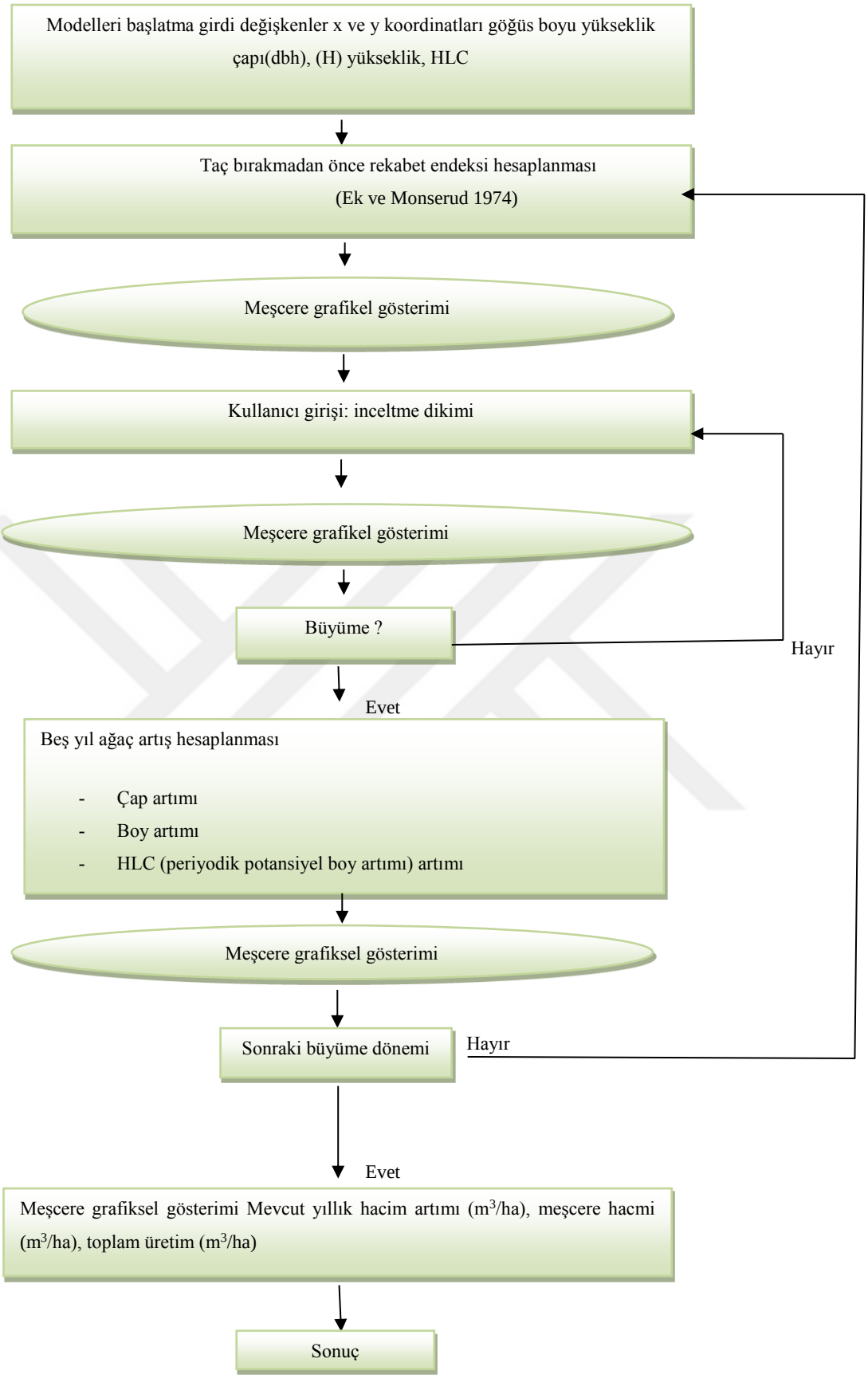
(Monserud 1975) Taç Oranı tarafından formülde(*CR*) azaltılmıştır. Çap ölçümüde aynı şekilde yapılmaktadır, ancak potansiyel çap artırımı açık yetiştirilen ağaçlardan elde edilir.

Çap artımı aynı şekilde hesaplanır fakat potansiyel çap artımı açık yetiştirilen ağaçlardan elde edilir. Rekabet değişikliğini de temsil eden bir bileşeni vardır *(CIDIFF)* silvikültürel müdahaleler sonucu taç serbest kalarak model olmaktadır (Hasenauer 2005b). Bağıl beş yıllık artış olduğu tahmin edilmektedir:

$$\frac{id_{obs}}{id_{pot}}, \frac{ih_{obs}}{id_{pot}} = CR^{b_1}\left(1 - e^{\frac{b_2}{CIU(1+b_3 \cdot CIDIFF)}}\right) + \varepsilon \qquad (3.1)$$

id_{pot} açık yetişen ağaç göğüs boyu yüksekliği ve yükseklik arasındaki ilişki hesaplanır ve ih_{pot} belirli bir alanda baskın ağaçlar için boy artımı hesaplanır; alanın belirli değişkenleri bu parametreye dahil edilmiştir (Hasenauer 2005). Potansiyel periyodik artış, modelin işleyişinin temeli, bir baskın ağaç gibi büyümüş olsaydı hesaplanmış ağaç yaşı türetmek için bonitet işlevini yeniden düzenleyerek belirlemiş olurdu. Tahmin aralığının uzunluğu eklenmiş ve gelecek baskın ağaç yüksekliği hesaplanmıştır, iki yükseklik arasındaki fark periyodik potansiyel boy artımını vermektedir (Hasenauer 2005). Bu ağaç yükseklikleri daha sonra bir allometrik fonksiyon sayesinde göğüs yüksekliğindeki çapa çevirmek için kullanılabilir (Hasenauer 1997) ve ikisi arasındaki fark potansiyel periyodik çap artımını vermektedir.

Diğer önemli unsurlar MOSES modelinde ise canlı taç tabanı yükseklik değişimini öngören (Hasenauer 2005) ve ağaç ölüm olasılığını hesaplamak için bir model bileşeni olan dinamik bir taç modelidir. Bir büyüme simülatörü ormancıların orman değişikliklerini incelemek için MOSES modelleme yaklaşımı geliştirilmiş orman meşcerelerini bir bilgisayardan kullanılmasına izin vermiştir. Büyüme simülatörü yapısı Şekil 3.1 'de sunulmuştur.



Şekil 3.1 MOSES büyüme simülatörü yapısı (Spyroglou 2003)

3.3. KORUMA ORMANINDA KAYA YUVARLANMALARI TEHLİKESINI HESAPLAMAK IÇIN ROCKFOR.NET ILKELERI

Şu an için orman koruma için net kurallar belirlenmemiştir, hesaplamalar orman ve bölgenin karakteristik özellikleri, düşen kayaların boyutuna ve düşen kayaların enerjilerine bağlıdır. Bu gereksinimleri karşılamak ve koruyucu kapasiteyi belirlemek için, Rockfor.net (www.rockfor.net) geliştirilmiştir. Bu yazıda aynı zamanda hesaplama yöntemlerinin temel ilkeleri açıklanmaktadır. Ayrıca, doğrulama sağlama çalışmalarını da sunmaktadır.

Dağlık bögelerde kaya yuvarlanmaları doğal bir süreçtir. Ama onun kendiliğinden serbest düşme hızı yerleşim alanlarında ve yollarda oluşabilecek büyük çaplı zararlar risk oluşturabilmektedir, uçurum yüzeyinden kaya yuvarlanmaları kaya hacmi bir litre ile birkaç metreküp arasında değişebilmektedir, ve bunlar bireysel kaya yuvarlanmaları olarak adlandırılır. (Selby, 1982) Hava koşullarıyla ve mekanik etkilerle karşı karşıya olduğu için kaya yuvarlanmaları sarp kayalarda gerçekleşir (Erismann & Abele 2001). Geçmişte yaşanan kaya yuvarlanmaları olan bölgelerde, risk alanlarının detaylı araştırılması ve ölçülendirilmesi yapılmıştır. İnşaat mühendisliği teknikleri hızla son yıllarda gelişmesine rağmen, teknik koruma olanakları sınırlı ve herşeyden önemlisi çok pahalıdır. Avrupa Alplerinde kaya yuvarlanmalarından korunacak birçok öğe bulunmaktadır, bir koruma ormanının ne kadar kayayı durdurması gerektiği yerleşim alanlarını ve yolları korumak için önemlidir. Bu kayalar, ormanların teknik koruyucu önlemler için çevre dostu ve düşük maliyetli alternatif koruma göstergeleri tarafından onaylanmıştır. Jahn (1988), Gsteiger (1993), Kienholz & Mani (1994), Schwitter (1998) ve Dorren ve ark. (2005) Ormanların sağladığı korumadan ormancılar sorumludur, üç nedenden dolayı orman meşceresi koruma işlevi devlet tarafından ölçülmesi mümkün olmalıdır, ilk olarak kaya yuvarlanmaları tarafından ormanlarda oluşabilecek risk artışlarını önlemek için silvikültürel müdahale gerektiren kararlar alınması şarttır. Orman meşcerelerinin doğal evrimi nedeniyle zaman içinde ormanların kaya yuvarlanmalarına karşı koruyucu kapasitesi değişmektedir (Ott 1978, Brang 2001). İkinci olarak bir potansiyel koruyucu orman meşceresinin koruyucu işlevinin bulunduğu alanlarda oluşabilecek kaya yuvarlamalarının miktarı ve yerleri belirlenerek bu bölgelerin haritasını çıkarmaya olanak sağlar. Üçüncü olarak, inşaat mühendisliği ve orman amenajmanı tekniklerini birlikte kullanarak ileride oluşabilecek kaya yuvarlanma tehlikelerine önlem olarak geleceğe yatırım

hedefleyen yerel kaya yuvarlanma tehlikeleri hakkında daha ayrıntılı saha araştırmaları gereklidir.

Bir ormanın koruyucu kapasitesinin hesaplanması küçük veri kümesi ile hızlı bir şekilde formüle edilerek değerlendirilmesi mümkündür. Örneğin yamaç veya orman meşceresi ölçeğinde, giriş verileri bir küresel gerçeklik temsil etmelidir ve verileri elde etmek kolay olmalıdır. Şimdiye kadar bu gereksinmeleri karşılayan yeterli bir araç yoktur.

Ancak, gerekli meşcere yoğunlukları ve çapları hakkında bir fikir verebilmek adına kaya yuvarlanmaları koruma ormanları için belirli kurallar oluşturulmuştur (e.g., Wasser & Frehner 1996). Hakim kaya boyutu üzerine meşcere özellikleri ile ilgili daha yeni kurallar gereklidir (e.g., Frehner ark. 2005, Gauquelin ve ark. 2006). Küçük kayalar daha düşük bir etki ihtimali olduğu gibi son derece önemli bir parametredir, aynı zamanda düşük bir kinetik enerjiye sahiptir. Büyük kayaların darbe etkisi çok büyük ve çok daha fazla kinetik enerjiye sahiptir. Ayrıca, bir kayanın boyutunu önemli ölçüde kayanın hareket modu etkiler (Gerber 1998). Düşen kaya boyutunun etkisini kaya yuvarlanması yörünge simülasyon modelleri 2D ve 3D dikkate alır (e.g., Zinggeler 1990, Spang Sönser 1995, Le Hir 2005, Dorren ark. 2006). Ancak bu modellerin modelleme uzmanlık bilgisine ve bu alanda model parametre değerlerinin elde edinimine ihtiyaç vardır. Bu nedenle 2D ve 3D yörünge simülasyon modelleri orman uygulayıcıları için uygun değildir.

Bir kaya yuvarlanmasına karşı ormanların koruyucu kapasitesini hesaplamak için ilk dikkate alınacak kavramlar kaya boyutu, 'ortalama serbest ağaç uzaklığı' (MTFD) Gsteiger (1993), Perret ark (2004), Brauner ark (2005) ve Dorren ark. (2005) tarafından uyarlanmıştır. MTFD bir kayanın iki ağaç arasında yuvarlandığı ortalama mesafe anlamına gelir. Bu mesafe kaya büyüklüğü belirli bir planimetrik alan için meşcere yoğunluğu ve bu alandaki göğüs yüksekliğindeki (DBH), ortalama ağaç çapı ile hesaplanır. Bu nedenle, MTFD her zaman planimetrik mesafe olarak ifade edilir.

Gsteiger (1993) 40m' yi aşan MTFD kayaların durdurulmasında veya yavaşlamasında etkili olmadığını varsaymıştır. Ancak bu arazi koruma ormanı ile kaplı ortalama yamaç eğimine ve daha da önemlisi, kaya üzerinde gelişen enerjiye bağlıdır. Alan, yamaç eğimi ve kaya enerjisi dikkate alınacak gerekli araçlardır. Basit bir alan ölçümü yapmak için bazal alanın yamaç eğiminin dengelenmesi releskop ile ölçülür (Bitterlich 1984). Ayrıca Dorren ve ark (2005)

belirli bir ağaç yüzeyi içinde ağaç çapına göre yeterli düzeyde düşen kayaları yakaladığını belirlemişlerdir. Bu tartışmalar göğüs yüzeyi destek tabanlı bir araç gerçekleştirmiştir.

Özetle, MTFD kavramı ve mevcut yönergelere rağmen, halen meşcere yoğunluğu ve bazal alanın gerekli kombinasyonunu belirlemek için net bir nicel kural yoktur, ne olursa olsun ortalama göğüs boyu yükseklik çapı (DBH)'na çevrilmektedir. Bu gerekli kombinasyon hakim kaya büyüklüğüne, kayanın kinetik enerjisine (yamaç eğimi yüksek derece tarafından belirlenir) yamaç uzunluğuna ve orman meşceresinde mevcut bulunan ağaç türlerine bağlıdır. Kaya yuvarlanmalarına karşı orman meşceresinin koruyucu kapasitesini belirlemek için yukarıda belirtilen parametreler hızla hesaplanarak Rockfor.net geliştirilmiştir. Dorren ve Ark.(2005)'larının amacı ilk olarak temel ilkeleri açıklamak, ikinci olarak kullanılan hesaplama yöntemlerini tanımlamak ve son olarak da çalışmaları doğrulamak için çalışmaları sunmaktır.

3.3.1. Gerçek Büyüklükte Kaya Yuvarlanma Deneyleri

Rockfor.net tarafından yürütülen parametreler farklı hesaplamalarda kullanılan kalibrasyon için Forêt Communale de Vaujany Fransız Alpleri'nde kaya yuvarlanma deneylerini gerçek boyuta taşımıştır (Enlem 45 ° 12 ', boylam 6 ° 3'). (Şekil 3.2) deki alan ayrıntılı olarak analiz edilmiş deniz yükseklik seviyesi 1200m -1400m arası değişmekte ve 38º ortalama eğime sahiptir. Bir orman yolunda 1 m ortalama çap yamaç aşağı, bir Caterpillar hidrolik ekskavatör kullanarak 57 ayrı kaya türüne rastlanmıştır. Ortalama kaya hacmi 0.52m^3 (min. = 0.15 m3; max. = 1.51 m3; stddev. = 0.32 m3, n = 57) ve ortalama kaya kütlesi 1466kg dır. Ek ayrıntılar ve deney protokolü Dorren ve ark (2005)'te sunulmuştur. Alan ayrıntılı olarak üçgen alanı kapsamaktadır. Çalışma alanı 106m taban ve 300m yüksekliğe sahiptir. Bu lateral 10º'lik sapma eğimin her iki tarafına karşılık gelir. Bu bölgede ortalama meşcere yoğunluğu 294 ağaç/ha 'dır. Toplam göğüs yüzeyi 31.6m^2/ha ölçülmüş olup (DBH) göğüs boyu yükseklik çapının 36.9cm olduğunu verir. Bu alandaki başlıca ağaç türleri (*Abies alba* – 57%), (*Picea abies* – 13%), (*Fagus sylvatica* – 23%) ve (*Acer pseudoplatanus* – 7%) 'dir.

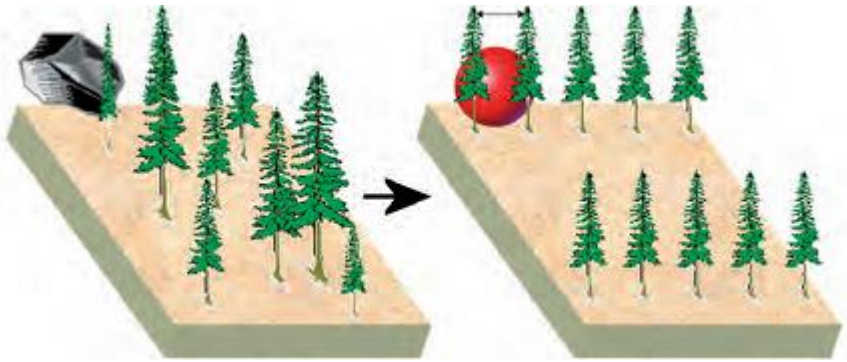
3.3.2. Rockfor.net ‘in Temel Kavramı

Rockfor. net ‘in temel kavramı var olan bir ormanın açık kaya yuvarlanma alanları bir dizi olarak kabul edilir ve ağaçlar sıra oluşturur (şekil2.4). Bu sıralar perde olarak adlandırılır. Rockfor.net düşen kaya tarafından enerji hattı ilkesi ile hesaplanarak toplam enerjiyi hesaplamaya başlar.



Şekil 3.2 Vaujany(France) içinde çalışma alanına genel bakış

<kaya çapı>



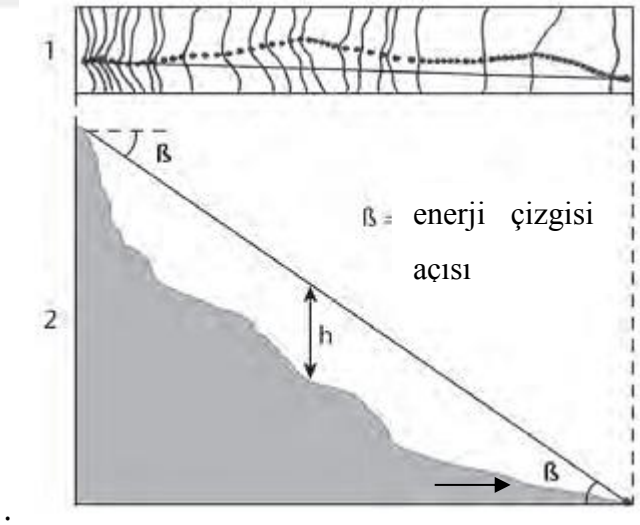
Gerçek Sanal

Şekil 3.3 Açıklama ilkesi gerçek bir orman yapısı ifade ettikleri için sanal kaya yuvarlanmalarını koruyucu ağaç sıralar (perdeler)

Sonra her perdenin enerji kapasitesini ve toplam kaya enerjisini tutacak perde sayısını hesaplar. Daha sonra, perdeler gerekli sayıda gerekli göğüs yüzeyi ortalama (DBH) göğüs boyu yükseklik çapı kullanılarak hesaplanır. Son olarak Rockfor.net çalışılan ormanda düşen kaya tarafından göğüs yüzeyi hesaplanır. Kaya yuvarlanmalarına karşı ormanın koruyucu rolü miktarı gerekli göğüs yüzeyi ve teorik göğüs yüzeyi karşılaştırılarak belirlenebilir. Bütün bu adımlar, parametreler gerçekleşen hesaplama adımları için gerekli kalibrasyon gibi bilgiler, ayrıntılı olarak aşağıdaki bölümlerde anlatılacaktır.

3.3.3. Enerji Çizgisi Kavramı

Enerji kaybı sırasında düşen kayaların enerjisi Rockfor.net gibi basitleştirilmiş bir araç olarak dikkate alınamaz. Bu nedenle, enerji çizgi hattı açı ilkesi Heim (1932), Toppe (1987), Gerber (1998), ve Meissl (1998) tarafından açıklandığı gibi enerji miktarı harcanmış olarak hesaplanır.



Şekil 3.4 Açıklama enerji hattı prensibi. 1. Düzen bir uçurum görünümü verir bir kaya yuvarlanması olayı sıçrama yerleri ile yamaç için; 2.düzenkaya yuvarlanma olayının enerji hattı ile yamacın bir kesidini gösteriyor.

Enerji çizgisi ilkesi belirli bir noktadan düşen kayanın kinetik enerjisi o noktadaki potansiyel enerjiye (E_{pot}) eşittir.

$$E_{pot} = m*g*h \quad (3.2)$$

m kaya kütlesi (kg) , g yer çekim ivmesi (9.81m/s) , h belirli bir noktadaki enerji hattı ile arazi arasındaki yükseklik farkıdır (şekil 3.4).

Enerji çizgi hattı Rockfor.net'te kullanılan açı 31^{o}'dir. Gerçek kaya yuvarlanma boyutu sırasında orman olmayan alanın eğimi 38^{o} olarak görülmüştür (Dorren ve ark 2005). Sayılar en yakın aşağı tam sayıya yuvarlanır. Rockfor.net tarafından dayatılan kısıtlama maksimum hız (V_{max}) ayrıca, enerji nakil hattı takip edilerek kaya tarafından elde edilebilir ve hesaplanır.

$$V_{max}=\sqrt{2 * g * h} \quad (3.3)$$

Eğer orman toplam göğüs yüzeyi alanı (G) en az 10m^2 ise yamaç eğimi 0,64* den fazla olamaz. V_{max} m/s olarak verilir. Eğer göğüs yüzeyi alanı (G) düşükse veya orman örtüsü yok ise maksimum kaya hızı yamaç eğimi 0.8* olarak varsayılır. 0.64 ve 0.8 değerleri gerçek deneylerde ele alınan hız değerleridir. Ormanlık alanda maksimum hız 24.3m/s ve ormanlık olmayan alanda hız 30.4m/s dir. Sonuç olarak, yamaç eğimi ve maksimum hız arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayılır. Minimum göğüs yüzeyi alanı (G) biriminin 10m^2 gözlemi Doche (1997) tarafından yapılmıştır. Bir alt birim göğüs yüzeyi alanı (G) nin kaya yuvarlanmaları üzerine hemen hemen hiç azaltıcı etkisi olmadığına dayanır. Rockfor.net tarafından hesaplanan ormandaki enerji miktarı (E_{totd}) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$E_{totd} = 0.5 * m * V_{max}^2 + m * g * 0.25 * Fh \quad (3.4)$$

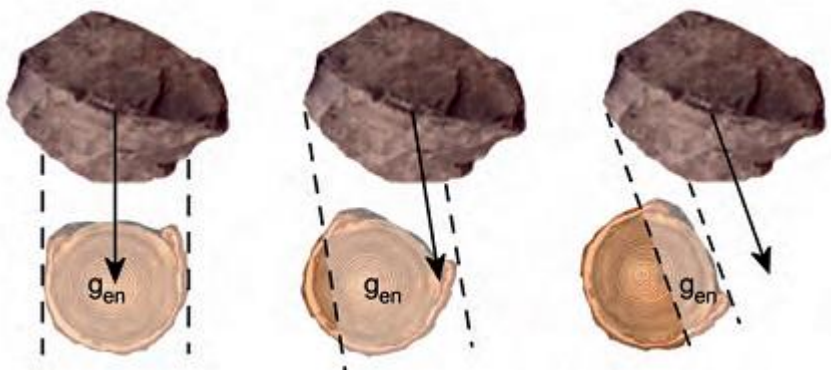
m, kg cinsinden kaya kütlesi; V_{max}, m/s cinsinden verilmiştir. *Fh* uçurum uzunluğu ya da kaya yüzeyi ve E_{totd}, J cinsinden verilir. Denklem (3.4)'te ilk bölümü kaya translasyonel kinetik enerjiyi hesaplar ve ikinci bölümde ek bir potansiyel enerji hesaplanmıştır. İşte bu ilk enerjinin %75' i yamaç yüzeyine ilk etki ettiği zamanda harcanmış olduğunu varsaymıştır (Broilli 1974, Evans & Hungr 1993). Kalan %25 enerji rotasyon nedeniyle kinetik enerjiye çevrilmiştir. Enerji nakil hattı ilkesini değerlendirmek için, verilen hızı enerji hattı ilkesi ile mutlak maksimum hız ve tüm kayalarda ortaya çıkan ortalama maksimum hızı karşılaştırarak dijital filmlerle hesaplanmıştır (Dorren ark 2005).

3.3.4. Karşılaşılan Göğüs Yüzeyi Alanı

Her kaya test alanında test edilikten sonra, gelen durma noktası kullanılarak kaya yörüngesi incelendikten sonra bir uyartı ile LR 200 lazer mesafe ölçer, Lazer Teknolojisi Inc (Centennial, Colorado, USA) tarafından üretilmiştir. Ağaçlar etkili olsaydı, etkileyen kaya ile örtüşen ağacın taban alanı ölçülürdü (şekil3.5). Her kaya için durma noktasına kadar toplam göğüs yüzeyi alanı (g_{en_real}) karşılaştırıldı. Daha sonra, gerçek planimetrik mesafe arasında bir ilişki kuruldu ve g_{en_real} lineer regresyon kullanıldı. Sonra g_{en_theo} hesaplandı. G_{en_theo} Toplam taban alanı olan bir ormanın içinde, belirli bir mesafe giden kayanın teorik bazal alanıdır. Aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$g_{en_theo} = (d^* Rdiam) * G / 10\,000 \qquad (3.5)$$

g_{en_theo} , m^2 cinsinden ; d kayanın yuvarlanma mesafesi (m); R_{diam} yuvarlanan kayanın çapı (m); ve G toplam göğüs yüzeyi alanı (m^2/ha) olarak alınır. Teorik olarak görülen göğüs yüzeyi alanı (g_{en_theo}) uygunluğunu doğrulamak için g_{en_real} ve g_{en_theo} arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı test edilmiştir ($\alpha = 0.05$). Ayrıca, içinde orjinal g_{en_real} veri değiştirme ile yeniden örneklenen bir veri seti için 10 000 lineer regresyon uygulanmış bir bootstrap analizi kullanılmıştır. g_{en_theo} eğimi regresyon yamaç dağıtım bootstrap tarafından üretilen % 95 yüzdelik güven aralığı içinde düşerse daha sonra analiz edilebilir.



Şekil 3.5 Etkileyen kaya ile etkilenen ağacın göğüs yüzeyi alanı (g_{en}).

Fotoğraf Michelle Bollschweiler tarafından alınmıştır (Dendrolab, Univ. Fribourg).

3.3.5. Perde Başına Enerji Dağılımı

Rockfor.net 'in anahtar parametresi bir perde tarafından harcanan enerjinin maksimum harcanmış enerji miktarına oranıdır. Daha fazla kolaylık sağlamak için bu parametre $d_{Ecfactor}$, aslında her perde etkinliği için bir ölçüdür.

Bu anahtar parametre için bir değer elde etmek için orman yolunun orman çıkışında, Şekil 3.2' de verilen, 175m planimetrik veya 222m yamaç üzerinde g_{en_theo} ölçülmüş ve hesaplanmıştır. Bu gözlenen g_{en_theo} g_{en_real} in temsilcisi olduğu varsayılmıştır. Ağaç etkileri sayısı ortalaması hesaplanmıştır.

$$Nr_tree_impacts=(g_{en_theo}*4)/(\pi*(DBHm)^2) \quad (3.6)$$

DBH, ormanın m cinsinden göğüs boyu yükseklik çapıdır. Orman tarafından bütün kayaların durduğu noktada harcanmış olması gereken enerji miktarı ve her bir perde tarafından harcanan enerji miktarının ağaç etkileri sayısı ortalaması hesaplanabilir.

Orman çıkışındaki orman yolundaki Vaujany' de %66 kaya yuvarlanması durduğu gözlenmiştir (şekil 3.9). Bu perde sayısı tüm kayaları durdurmak için gerekli demektir , öngörülen perde sayısı (Nr_required_curtains) aşağıdaki formülle hesaplanabilir,

$$Nr_required_curtains=Nr_tree_impacts*(100/66) \quad (3.7)$$

Oluşturulan perdeler standart ağaçlardan oluşturulmuştur. Standart ağaç, kendi türlerinin ormanda ortaya çıkan türlerinin ağırlıklı karışımı demektir ve (DBH) göğüs boyu yükseklik çapı (G) göğüs yüzeyi alanındaki göğüs boyu yükseklik çapına eşittir. Harcanan maksimum enerji miktarı verilen formülle standart ağaç tarafından hesaplanır:

$$max_E_diss=FE_ratio*38.7*DBH^{2.31} \quad (3.8)$$

max_E_diss maksimum enerji miktarı J olarak verilen standart ağaç tarafından harcanır, FE_ratio Abies alba' nın belirli bir ağaç türü kırılma enerjisi oranıdır. Göğüs boyu yüksekliği çapı (cm) cinsindendir. Bu denklem Dorren ve Berger tarafından 2006 yılında detaylı açıklanmıştır. Örneğin, Dorren & Berger için (2006), FE_ratio *Picea abies ve Abies alba* için 0.9 'dur. FE_ratio 1 kullanarak kendi çapında bir fonksiyonu olan bir Abies alba tarafından harcanan maksimum enerjiyi temsil eder. Denklem (3.8)' de bu hesaplanmıştır.

Bir orman meşceresinde birden fazla ağaç türleri oluşuyorsa, orman içindeki türlerin dağılımı kullanılarak FE_ratio ağırlıklı ortalama hesaplanabilir. Örneğin, orman % 80 Abies alba ve % 20 Picea abies, standart ağaçlardan oluşuyorsa, bir FE_ratio % 80 * 1 +% 20 * 0,9 = 0,98 sahiptir. Standart ağaç olarak, enerji dağılım kapasitesine göre bütün türlerin ortaya çıkan ağırlıklı karışımı tarafından belirlenir.

Perde sayısı ile tüm kayaları durdurmak için gerekli olan bu miktar çarpımı daha sonra orman tarafından yayılan toplam enerji miktarını sağlar. Son olarak, $dE_{cfactor}$ aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$dEcfactor=Etotd/(Nr_required_curtains*max_E_diss) \quad (3.9)$$

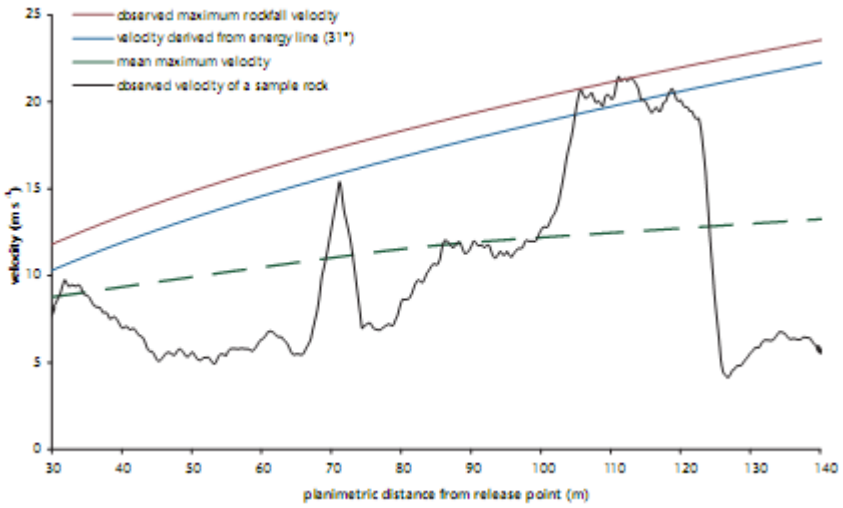
3.3.6. Enerji Hattı Ve Kaya Düşme Hızı

Enerji hattı ilkesi tarafından verilen hız karşılaştırması, 31^{o}'lik açı ile denemeler sırasında gözlenen bu hızlar kullanılarak (şekil 3.6) enerji hattı prensibi mutlak maksimum hızları hafife aldığını (şekil 3.6' deki eğri) ve tüm serbest kayaçların ortalama maksimum hızlarını abarttığını gösterir (eğri c). Mutlak maksimum hız eğrisi (eğri a) tüm maksimum hızların üst sınır tespitini gösterir. Örnek bir kayanın gözlenen hızı (eğri d), kayanın en yüksek hıza sahip olduğu bu enerji hattı (eğri b) mesafe üzerinden örnek kaya maksimum hızlarını temsil etmiştir.

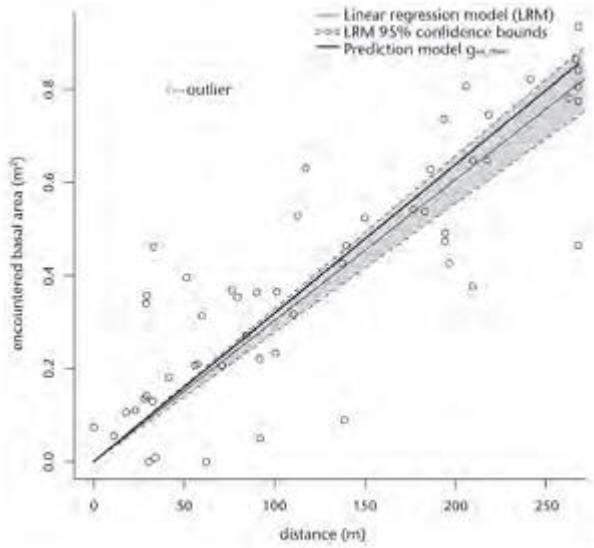
Enerji miktarını hesaplamak için enerji hattını kullanarak orman tarafından harcanmış olması daha sona 236m planimetrik mesafe 38^{o}'lik yamaçta sınırlı Vmax 24,3 m/s , ilk düşme yüksekliği 0 m ve kaya kütlesi 1466 kg hesabı içine alarak, harcanan enerji 433 565 J olarak hesaplanmıştır.

3.3.7. Karşılaşılan Göğüs Yüzeyi

Geçmişte yapılan analizlerin aykırı olduğu gözükmüştür (şekil 3.8). Bunlar g_{en_real} ve gerçek planimetrik mesafe arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermiştir ($y = 0.003x$, $R2 = 0.73$, $p < 0.0001$, $n = 56$), Şekil (3.8) sunulmaktadır.



Şekil 3.6 Gözlenen ve kaya düşme hızları ile enerji hattı 31° açısı prensibi kullanılarak tahmin edilmektedir.

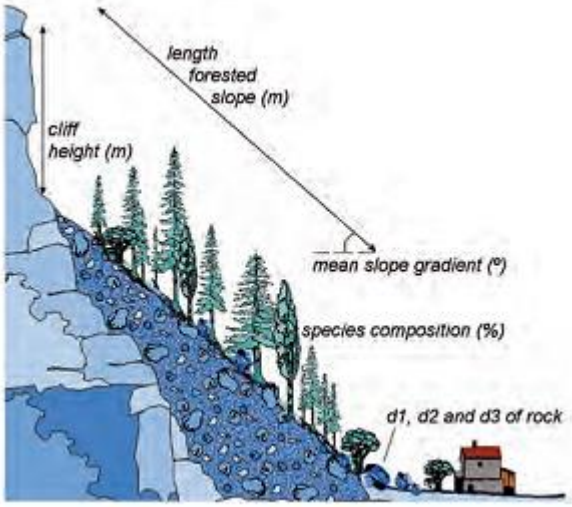


Şekil 3.7 Her bir kaya için gerçek kümülatif bazal ile karşılaşılan serbest noktadan yuvarlanan kayanın gerçek planimetrik durma noktası.

Göğüs yüzeyi alanına düşen kayalar % 95 güven sınırları ile karşılaştığında g_{en_real} doğrusal regresyon sunar. Ayrıca g_{en_real} ve lineer regresyon ve teorik model g_{en_theo} arasında iyi bir uyum söz konusudur (ortalama kök alan hatası= 0,13, n = 56). Istatistiksel test ikisi arasında önemli bir fark olmadığını gösterir ($p = 0,46$, $\alpha = 0,05$). Ayrıca, bootstrap analizinde g_{en_theo} eğimi içinde % 95 yüzdelik güven aralığı regresyon yamaç dağılımı düşme gösterir.

Birikmiş kümülatif göğüs yüzeyi alanı, orman orta yolunun yokuş yukarısındaki orman çıkışında bir kayanın teoride çarpıştığı (gen_theo) 0,55 m^2'lik alandır. Serbest bırakılmış noktadan başlayan boşluk ve deneyler sırasında gözlemlenen çarpışmış göğüs yüzeyi alanı arasındaki donatılmış doğrusal ilişki ile hesaplanmış gerçek çarpışmış göğüs yüzeyi alanı 0,58 m^2'dir.

gen_theo 0,55 m^2, 5,15 ağaç etkileri veya perdeye eşittir. Eğer 5,15 perde kayaların % 66 sını durdurursa ,toplam miktar veya perdeler tüm kayaları durdurmak için gerekli miktar 7,81'e eşittir (eşitlik 3.7). Toplam enerji miktarı standart ağaçların oluşturduğu ormanlar tarafından harcanmış olacak enerji miktarı 7,81 ile bir perde ile harcanan enerji miktarı çarpılır. Maksimum enerji miktarı standart ağaç tarafından ve FE_ratio 1,15 ile 186166 J enerji harcanmıştır (*Abies alba* 57% * 1 + *Picea abies* 13% * 0,9 + *Fagus sylvatica* 23% * 1.7 + *Acer pseudoplatanus* 7% * 1,1)(Dorren ve Berger tarafından 2006 da yayınlanmıştır). Bu nedenle, son dEcurtain_factor toplam enerji, enerji hattı tarafından verilen , 433565 J, 186 166 J * 7,81 perdeleri tarafından, 0.3 ile sağlanarak hesaplanabilir. Bu değer, böylece her perde, ya da her darbe etkinliğine eşittir.



Şekil 3.8 Rockfor.net programı için gerekli olan girdi parametrelerini gösteriyor.

3.3.8. Aracın Oluşturulması Ve Kavramsallaştırılması

Rockfor.net kaya yuvarlanması tarafından oluşan toplam enerji ile bir orman tarafından toplam harcanan enerjiyi karşılaştırarak kaya yuvarlanmasına karşı bir ormanın koruyucu rolünü belirler. Bunu yapmak için, enerjileri ifade eden göğüs yüzeyi karşılaştırılmıştır. Teorik göğüs yüzeyi (Grequired) ile mevcut göğüs yüzeyi (Gavailable) arasındaki fark tüm kayaları durduran kabul gösterge için kaya yuvarlanma tehlikesi, yani belirli bir yamaçta ormanlık bölgeyi aşan kayaların sayısı belirlenmiştir. Rockfor.net muhtemel kaya düşme tehlikesi (PRH) ni hesaplar.

$$PRH=100-(G_{available}*100/G_{required}) \quad (3.10)$$

PRH ‘ın yüzdesi verilmektedir.

$$G_{required}=Nr_req_curtains*\pi*0.25*DBH^2 \quad (3.11)$$

$$Nr_req_curtains=E_{totd}/(max_E_diss*dE_{cfactor}) \quad (3.12)$$

$$G_{available}=((Rock_diameter*Slope_length)/10000)*G \quad (3.13)$$

Göğüs yüzeyi yükseklik çapı m, kaya çapı m, ormandaki yamaç uzunluğu m cinsinden verilmiştir. Rockfor.net tarafından % 1 olarak verilen minimum muhtemel tehlikesi (PRH) sabittir çünkü % 100 koruma neredeyse imkansızdır. Muhtemel kaya düşme tehlikesi PRH, girdi verileri Şekil (3.8) de sunulan hesaplama için gereklidir.

Muhtemel kaya düşme tehlikesine (PRH) ek olarak, Rockfor.net için % 1'lik bir muhtemel kaya düşme tehlikesi (PRH) elde etmek için gerekli meşcere yoğunluğu ve gerekli ortalama göğüs boyu yükseklik çapı sağlar. Gerekli göğüs boyu yükseklik çapı (DBHr) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$DBHr = \left(\frac{Etotd * Curtaindist}{Slope_length * FE_ratio * dEfactor * 38.7}\right)^{\frac{1}{2.31}} \qquad (3.14)$$

$Curtain_{dist,}$ iki perde arasındaki mesafedir, 30m olarak sabittir, kaya yuvarlanmaları için koruma ormanı içinde bulunan boşluk Gsteiger (1993), Frehner ark (2005), Dorren ark (2005), ve Gauquelin ark (2006) tarafından ortaya konulmuştur.

Gerekli meşcere yoğunluğu aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Rq_stand_density = (4 * Grequired)/(\pi * DBHr^2/10000) \qquad (3.15)$$

PHP (www.php.net) geliştirilen ortalama göğüs boyu yükseklik çapı (DBH) ve hedef meşcere yoğunluğu, Rockfor.net ve halka açık ücretsiz internet versiyonu (www.Rockfor.net) , minimum ve maksimum değerler sağlamaktadır, ±% 5 ile giriş kaya çapı değişen değerler tarafından gerekli göğüs boyu yükseklik çapı DBH ve gerekli meşcere yoğunluğu hesaplanır. Bu nedenle, muhtemel kaya düşme tehlikesi (PRH) verilen ortalama muhtemel kaya düşme tehlikesi (PRH) girdisi kaya çapı için -% 5 ve giriş kaya çapı +% 5 sonuç olarak hesaplanır.

Bir önceki bölümde olduğu gibi Rockfor.net'e başvurarak eldeki parametreler Vaujany test alanında kullanılan girdilerin sonuçları tablo 3.2 de yer almaktadır, muhtemel kaya düşme tehlikesi (PRH) %34 , 175 m planimetrik mesafe (orta orman yolu) ve %11 , 236 m planimetrik mesafe (kayaların durduğu nokta) dir.

Tablo 3.2 Vaujany test alanının giriş ve çıkış verileri (PRH = muhtemel kaya düşme tehlikesi)

Genel açıklama	**Alan Özellikleri**			**Orman özellikleri**					**Kaya özellikleri**		**Kaya düşme tehlikesi**	
Yer	Düşme yüksekliği(m)	Yamaç Eğimi (°)	Ağaçsız alan yamaç uzunluğu(m)	Ağaçlık alan yamaç uzunluğu(m)	Yoğunluk (kök/ha)	Bazal alan (G) (m^2/ha)	DBH göğüs boyu yükseklik çapı (cm)	Tür kompozisyonu	Ortalama Çap (m)	Tür ve şekil	Gözlenen kaya düşme tehlikesi (%)	PRH Rockfor .net ile (%)
Vaujany	0	38	0	222 299	294	31.6	36.9	Abies alb 57% Picea ab. 13% Fagus syl 23% Acer ps 7%	1	Granit küre	34 0	34 11

Tablo 3.3 Gözlenen veri giriş parametreleri Rockfor.net ve doğrulama olguların sonuçları için kullanıldı. (PRH = muhtemel kaya düşme tehlikesi)

Genel açıklama	**Alan Özellikleri**			**Orman özellikleri**					**Kaya özellikleri**		**Kaya düşme tehlikesi**	
Yer	Düşme yüksekliği(m)	Yamaç Eğimi (º)	Ağaçsız alan yamaç uzunluğu(m)	Ağaçlık alan yamaç uzunluğu(m)	Yoğunluk (kök/ha)	Bazal alan (G) (m^2/ha)	DBH göğüs boyu yükseklik çapı (cm)	Tür kompozisyonu	Ortalama Çap (m)	Tür ve şekil	Gözlenen kaya düşme tehlikesi (%)	PRH Rockfor .net ile (%)
Savournon(FR) 05/04/2006	49	28	0	525	1534	29.6	16	Quercus sp. 5% Fagus syl. 95%	2.84	Kalker Dikdörtgen	66	85
St. Martin le Vinoux(FR) 06/08/1987 (Bigot 2006)	20	35	0	270	800	16.1	16	Quercus sp. 80% Pinus ni. 20%	1	Kalker Dikdörtgen	75	78
Lumbin(FR) 07/01/2002	50	32	0	707	1080	23.3	17	Quercus sp. 5% Acer ps.62% Robinia ps.8%	2.35	Kalker Dikdörtgen	100	88
La Fontanil(FR) 1998 (envanter Cren 1999)	30	32.8	0	148	2750	34.8	13	Quercus sp. 65% Fagus syl 25% Acer ps. 10%	1.25	Kalker Dikdörtgen	25	26
Deimtigtal(CH) 2001, (envanter Stoffel ve ark. 2006)	50-350	40	0	90	523	20.1	22	Picea ab 97% Acer ps 3%	0.15	Kalker Dikdörtgen	<5	4 (ortalama)
Vailly (FR) 1997, deney Doche 1997)	0	38	0	140	485	38.7	28	Picea ab48% Abies alb16% Acer ps 21% Fagus syl 15%	0.87	Granit Küre	34	35
Balzerg (LI)1987, Deney Jahn 1988)	0	35.5	0	161	3400	-	13	Fagus syl 50% Picea ab 25% Pinus syl 25%	0.28	Kalker Dikdörtgen	0	1

Tablo 3.3, veri kaynağı genel bir tanımı özetlenmiştir, veri arazide gözlenen, girdi parametreleri gerçek ve hesaplanan muhtemel kaya düşme tehlikesi (PRH) Rockfor.net doğrulamak için kullanılır.

3.3.9. Rockfor.net'in Doğruluğu

Rockfor.net performansını değerlendirmek için geliştirilen araçlar:

1. Geçmişteki kaya yuvarlanma olayları;

2. Orman envanterlerinde daha önceden meydana gelen kaya yuvarlanmaları olaylarını durdurma pozisyonları orman planına işlenmiştir;

3. Veriler Vaujany test alanında yapılan kaya yuvarlanmaları deneylerinden gelen sonuçlardan elde edilmiştir.

3.3.10. Rockfor.net' in Uygunluğu

Aracın temel ilkelerinin açıklanması Rockfor.net aracının temel ilkelerinin açıklanması şiddetli bir şekilde göğüs yüzeyine dayalı olduğunu göstermiştir. Durma mesafesi ve göğüs yüzeyi (g_{en_real}) karşılaştırılmıştır ve bu nedenle deneylerimiz sırasında dolaylı olarak kayaların dağıtılmış enerjileri ortaya çıkmıştır. Toplam göğüs yüzeyi (g_{en_real}) ve görülen teorik göğüs yüzeyi (g_{en_theo}) arasındaki ilişki tahmini ve kaya yuvarlanmalarına karşı bir ormanın koruma işlevini hesaplamak için iyi bir temel oluşturmuştur. Rockfor.net parametre değerleri sadece gözlemleri tek bir alana dayalı olmasına rağmen, doğrulama durumlarında gösterdiği gibi bu araç da diğer alanlarda da gerçekleştirildiği söylenebilir. Maksimum hata doğrulama payı olan durumlarda gözlenen %19 olduğu ortalama kök hata alanı % 9.3 'tür. Daha da önemlisi, Rockfor.net tatmin edici doğrulama alanları az veya çok olsun tüm kayaçlar için tahmin edilen durdurma yaklaşık % 25, % 50 veya daha fazla olur ya da kayaçların % 75 daha ormanlık bölgelerden geçmesi mümkündür. Sonuç olarak, Rockfor.net temel ilkeleri geçerli kabul edilebileceğine inanılmaktadır.

Rockfor.net' te bulunan kullanıcı aracı vardır, dengeleme gerekmez. Sadece alan ile ilgili, küresel girdi verileri gereklidir ve hiçbir aşırı bilgi gerekmemektedir. Ayrıca, gerekli araç kaya boyutu ile ilgili olarak belirli bir alandaki meşcere yoğunluk çapları ve kaya yuvarlanması enerjisi ve orman özellikeri ile ilgili ortalama belirli bilgi sağlar.

İyileştirmeler dengelemeler ve aracın doğrulaması konusunda yapılabilir. Ek olarak gerçek boyuttaki kaya yuvalanması deneylerinde başka bir taraftan bize ek bir veri ile aracı yeniden dengelemeye olanak sağlar. Bu nedenle, şu anda kullanılan parametre değerlerinin sağlamlığını

test edebilmektedir. Kesin olarak 0,3 olarak belirlenen ($dE_{curtain_factor}$) dayanıklılık faktorü önemli bir parametre olarak kullanılır. Aslında bu değer, yüksek enerji dağıtımına (Dorren & Berger 2006) yol açan cepheden bir ağaç ile çarpışacak (p=33%) olasılığı ile yakın bir anlama gelir. Bu parametre değerinin diğer alanlardan alınan bilgiler ile kalibrasyon yaparken belirgin olarak değiştiğini ortaya çıkarmak çok ilginç olacaktır.

Ek doğrulama bizi bir bütün olarak aracın sağlamlığını test etmek için izin vermektedir. Şu anda, çeşitli varsayımlar içermektedir. Bir örnek maksimum hız sınırlama enerji hattı hesaplaması ve altı çizili koşullar uygulanmaktadır. Başka bir örnek varsayımı toplam bgöğüs yüzeyi (g_{en_real}) ve durma mesafesi arasındaki doğrusal ilişkinin tüm orman türleri için geçerli olmasıdır. Kayaların kümülatif mesafe ile ilgili serbest noktada durması için , bir logaritmik fonksiyon uygun olabilir (şekil 3.9). Böyle bir fonksiyon, doğrusal olarak, bir ormanın koruyucu kapasitesini artıracaktır ve daha hızlı yuvarlanma mesafesi üzerinde durulur. Bu fonksiyonu daha iyi tanımlamak için Rockfor.net için öneme sahip olan ek veriler gereklidir.

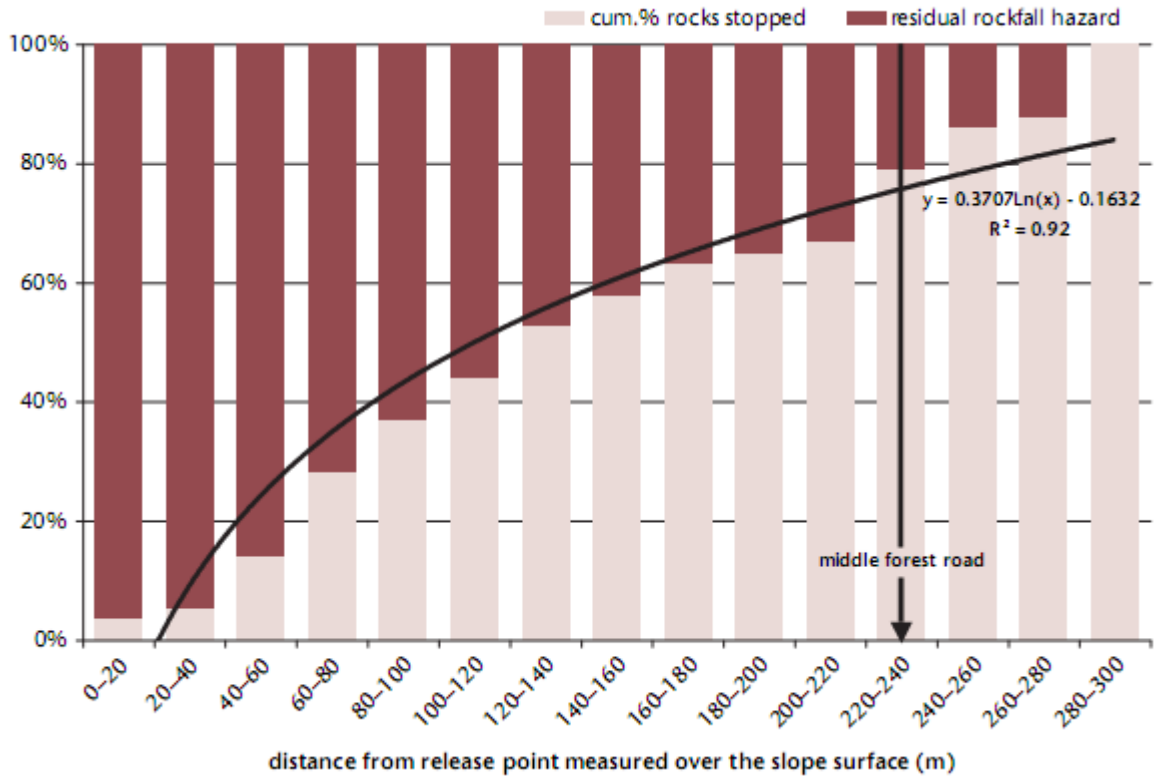
Durdurma nedenleri yüzey pürüzlülüğü veya düz alanlar gibi ağaç etkileri dışında, Rockfor.net için izah edilememektedir, onun kurulumu nedeniyle bu mümkün değildir. Ancak, özellikle küçük kayalar arazi özellikleri yüksek bir yüzey pürüzlülüğü ağaç etkilerinden daha fazla olması nedeniyle durdurma eğilimindedir. Aslında etkisi bulunmayan düz alanlar yani çalışma alanında bulunan tüm kayaların durduğu yerde Rockfor.net tarafından %11 kaya düşme tehlikesi olarak hesaplanmıştır. Gerçekte, bu kayaçların çok etkili bir koruyucu önlem olarak bilinen orman yolu (şekil 3.9) üzerinde durmuştur (Dorren ark. 2005).

Rockfor.net şu anda sadece bir tipik arazi türü için uyarlanmıştır: oldukça yüksek eğimli düz yamaç homojen olan ormandır. Arazi varyasyonları küçük kaya yüzeyleri, ormanda oluşan yerel varyasyonlar kaya yuvarlanmaları sel ve çığlar dikkate alınmaz.

Bununla birlikte, temel bir araç olan mevcut kullanıcıdan gelen küçük bir veri kaya yuvarlanması olan koruma orman hakkında oldukça ayrıntılı bilgiler vermektedir. Ayrıca, kullanıcı farklı orman meşceresi kaya yuvarlanmasına karşı koruyucu kapasitesini karşılaştırmamızı sağlar. İlk sonuçlar umut verici olmuştur ve kaya yuvarlanmasına karşı koruma ormanlarını yönetmek için yardımcı olmaktadır. Aracı daha da geliştirilmesi ve onaylanması açıktır.

3.3.11. Rockfor.net Sonuçları ve Görünümü

Rockfor.net temel ilkeleri geçerli olarak kabul edilebilir. Bu nedenle, ormancıların elinde kaya düşmesine karşı bir ormanın koruma fonksiyonlarının hızlı ölçümünü sağlayacak bir aleti vardır. Öncelik bu aletin ilave bir değer ölçümüne verilmelidir. Ormanda farklı silvikültürel müdehaleleri test etmek için ve bunun gelecekte korumacı kapasiteye etkilerini görmek için gelecek araştırmalar Rockfor.net içerisinde bulunan bağlantıya odaklanmaktadır.



Şekil 3.9 Duran kayaların kümülativ yüzdesi ve kalan kayaların düşme tehlikesi , belirli bir noktaya baskın yapan kaya yüzdesi serbest noktası mesafeye karşı gerçek boyutu deneyler sırasında gözlenmiştir. Logaritmik fonksiyon duran kayaların kümülatif yüzdesini siyah bir eğri olarak çizilmiştir (R^2=0,92). Kesik beyaz çizgi halen Rockfor.net tarafından kullanılan doğrusal ilişkiyi gösterir (R^2=0,98).

4. BULGULAR

Orman koruma alanında kaya yuvarlanmasının başladığı nokta ile durma noktası arasındaki mesafe 350m'dir. Burada yuvarlanan kayaların harcadığı maksimum enerjileri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kayaların 30º 'lik yamaçta ilk düşme yüksekliği 10 m olarak görülmüştür. Maximum hız (Vmax) 31,31m/s olarak hesaplanmıştır. Ve kaya kütlesi 1500 kg görülmüştür. Bu verileri kullanarak yuvarlanan kayanın 674 438 J enerji harcadığı ortaya çıkmıştır.

Gerçek göğüs yüzeyi, serbest düşme noktası ile durma noktası arasındaki mesafe hesaplanarak göğüs yüzeyi deneyler sırasında 0,61 m^2 olarak gözlenmiştir.' gen_theo 0,55 m^2, 5,15 ağaç etkilerine veya perdeye eşittir. Eğer 5,15 perde kayaların % 66 sını durdurursa , tüm kayaları durdurmak için gerekli toplam miktar veya perdeler 7,81'e eşittir (eşitlik 3.7) (Dorren 2006). Maksimum enerji miktarı bir standart ağaç tarafından FE_ratio 1 ile harcanmıştır. Bu değer ile enerji 193 910 J'dür (değerler Dorren ve Berger tarafındn yayımlanmaktadır 2006).

Rockfor.net tarafından % 1 olarak verilen minimum muhtemel kaya düşme tehlikesi (PRH) sabittir çünkü %100 koruma mümkün değildir.

Kaya Özellikleri

Kaya boyutu (3x)	0.5	0.5	0.5	m
Kaya yoğunluğu		3000		kg m-3
Kaya şekli	Undefined			-

Eğim özellikleri

Ortalama eğim	30 º
Yamaç yüksekliği	10 m
Ormanlık yamacın uzunluğu (planimetrik)	350 m
Ormansız yamacın uzunluğu (planimetrik)	10 m

Orman özellikleri

Ortalama meşcere sıklığı (GYÇ ≥ 8 cm)	396	ha-1
Göğüs yüzeyi (GYÇ ≥ 8 cm)	44	m2/ha

Ya da

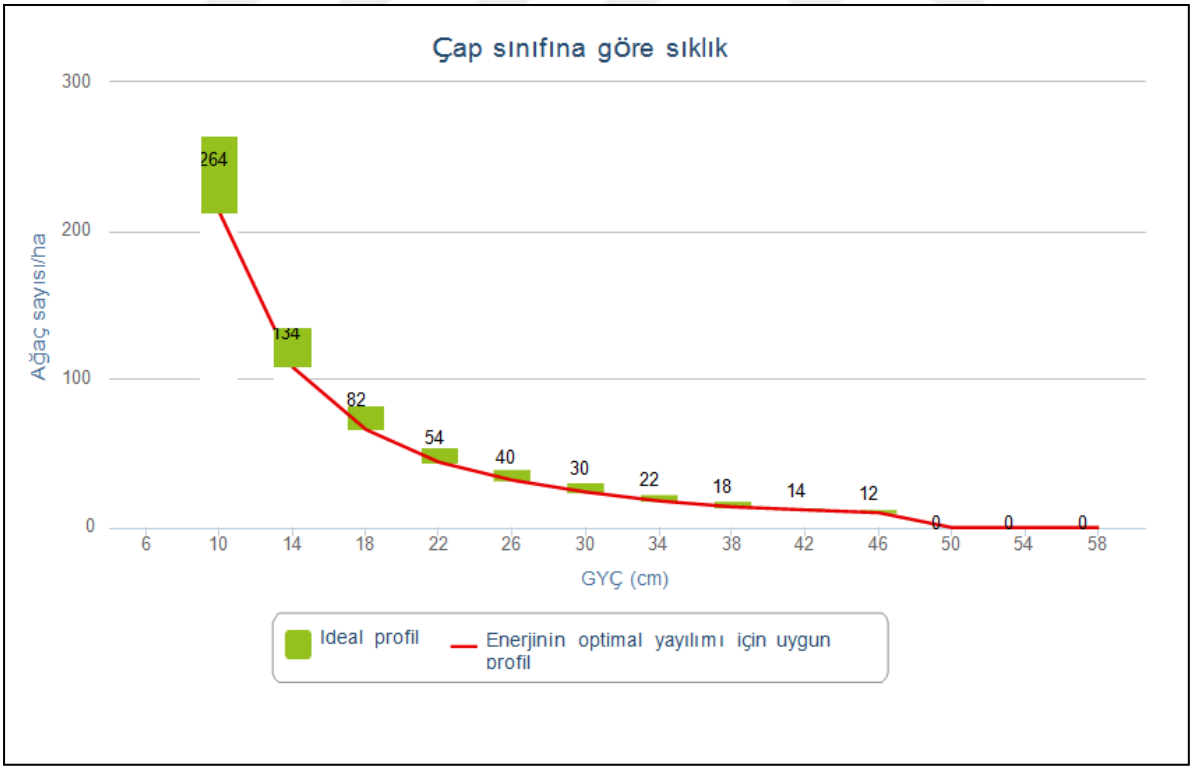
Ortalama göğüs çapı (GYÇ; ≥ 8 cm)	38	cm

Baskın ağaç türlerinin yüzdesi

- Karaçam (*Pinus nigra*) %
- Diğer yapraklı türler %
- Diğer ibreli türler %

1. Mevcut koruma derecesi: 25 - 50 %

2. Kaya yuvarlanmalarına karşı ideal orman tipi:



Gerekli sıklık derecesi GYÇ ≥ 8 cm: 670 adet/ha

Gerekli sıklık derecesi GYÇ ≥ 12 cm: 410 adet/ha

Gerekli sıklık derecesi GYÇ ≥ 24 cm: 140 adet/ha

Gerekli sıklık derecesi GYÇ ≥ 36 cm: 40 adet/ha

- Ideal göğüs yüzeyi (GYÇ ≥ 8 cm; ideal hedef profil): 25 m2/ha

- Minimum standart göğüs yüzeyi (GYÇ ≥ 8 cm; minimum hedef profil): en az 20 m2/ha

- İstenen göğüs yüzeyi (GYÇ ≥ 8 cm) optimum enerji dağıtımı için (potansiyel tüm kayaları durdurmak için) 20 m2/ha

Veri hesaplaması için:

Kaya hacmi = 0.13 m3

Kaya kütlesi= 375 kg

Ormandaki maksimum kaya enerjisi = 15 kJ

Ormanlık eğimin uzunluğu (eğim boyunca ölçülen) = 404 m Şimdiki standart Göğüs yüzeyi alanı = 44 m2 ha-1

Kaya Özellikleri

Kaya boyutu (3x)	1	1	0.5	m
Kaya yoğunluğu			3000	kg m-3
Kaya şekli	Undefined			-

Eğim özellikleri

Ortalama eğim	30	º
Yamaç yüksekliği	10	m
Ormanlık yamacın uzunluğu (planimetrik)	350	m

Ormansız yamacın uzunluğu (planimetrik)	10	m

Orman özellikleri

Ortalama meşcere sıklığı (GYÇ ≥ 8 cm)	396	ha-1
Göğüs yüzeyi (GYÇ ≥ 8 cm)	44	m2/ha

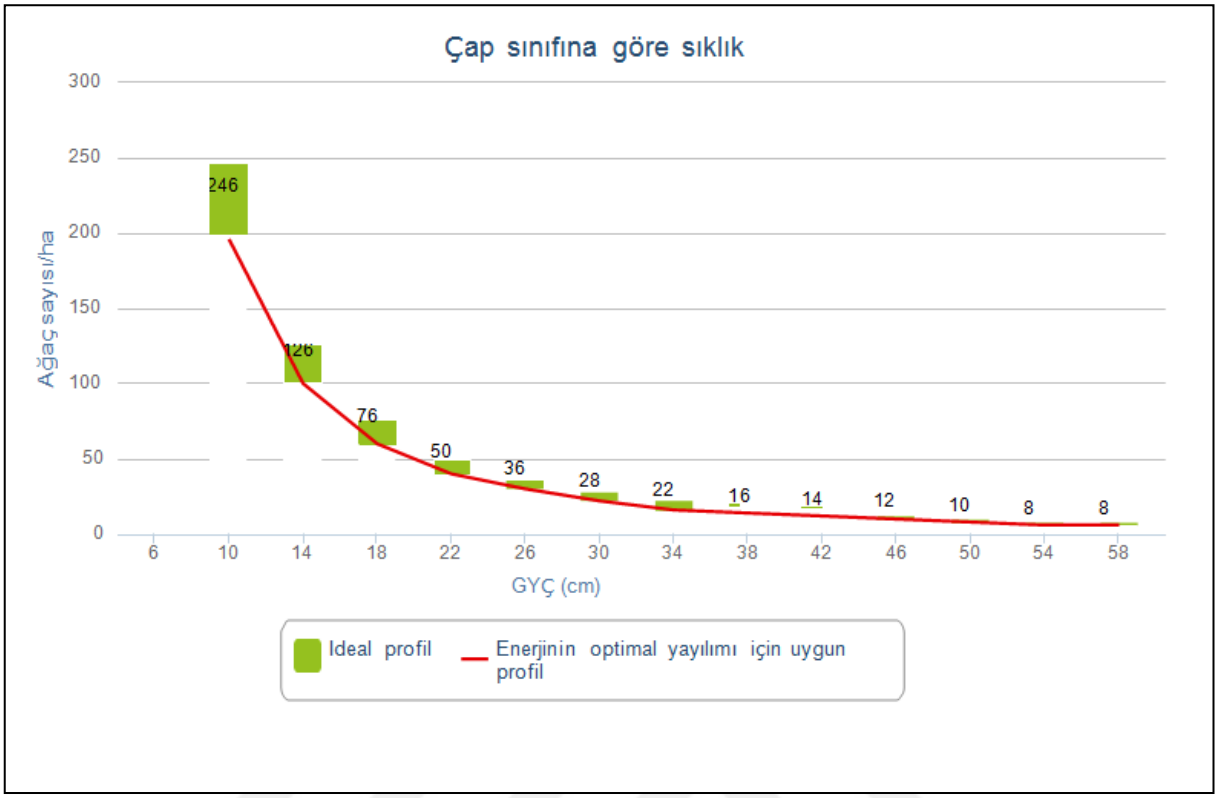
Ya da

Ortalama göğüs çapı (GYÇ; ≥ 8 cm)	38	cm

Baskın ağaç türlerinin yüzdesi

- Karaçam (*Pinus nigra*) %
- Diğer yapraklı türler %
- Diğer ibreli türler %

1. Mevcut koruma derecesi: 25 – 50 %
2. Kaya yuvarlanmalarına karşı ideal orman tipi:



Gerekli sıklık derecesi GYÇ ≥ 8 cm: 650 adet/ha

Gerekli sıklık derecesi GYÇ ≥ 12 cm: 410 adet/ha

Gerekli sıklık derecesi GYÇ ≥ 24 cm: 150 adet/ha

Gerekli sıklık derecesi GYÇ ≥ 36 cm: 70 adet/ha

Ideal göğüs yüzeyi (GYÇ ≥ 8 cm; ideal hedef profil): 25 m2/ha

Minimum standart göğüs yüzeyi (GYÇ ≥ 8 cm; minimum hedef profil): en az 20 m2/ha

İstenen göğüs yüzeyi (GYÇ ≥ 8 cm); optimum enerji dağıtımı için (potansiyel tüm kayaları durdurmak için) 20 m2/ha

Veri hesaplaması için:

Kaya hacmi =	0.5	m3
Kaya kütlesi =	1500	kg
Ormandaki maksimum kaya enerjisi =	50	kJ
Ormanlık eğimin uzunluğu (eğim boyunca ölçülen) =	404	m
Şimdiki standart Göğüs yüzeyi alanı =	44	m2 ha-1

Kaya Özellikleri

Kaya boyutu (3x)	2 2 2	m
Kaya yoğunluğu	3000	kg m-3
Kaya şekli	Undefined	-

Eğim özellikleri

Ortalama eğim	30	º
Yamaç yüksekliği	10	m
Ormanlık yamacın uzunluğu (planimetrik)	350	m
Ormansız yamacın uzunluğu (planimetrik)	10	m

Orman özellikleri

Ortalama meşcere sıklığı (GYÇ ≥ 8 cm)	396	ha-1
Göğüs yüzeyi (GYÇ ≥ 8 cm)	44	m2/ha

Ya da

Ortalama göğüs çapı (GYÇ; ≥ 8 cm)	38	cm

Baskın ağaç türlerinin yüzdesi

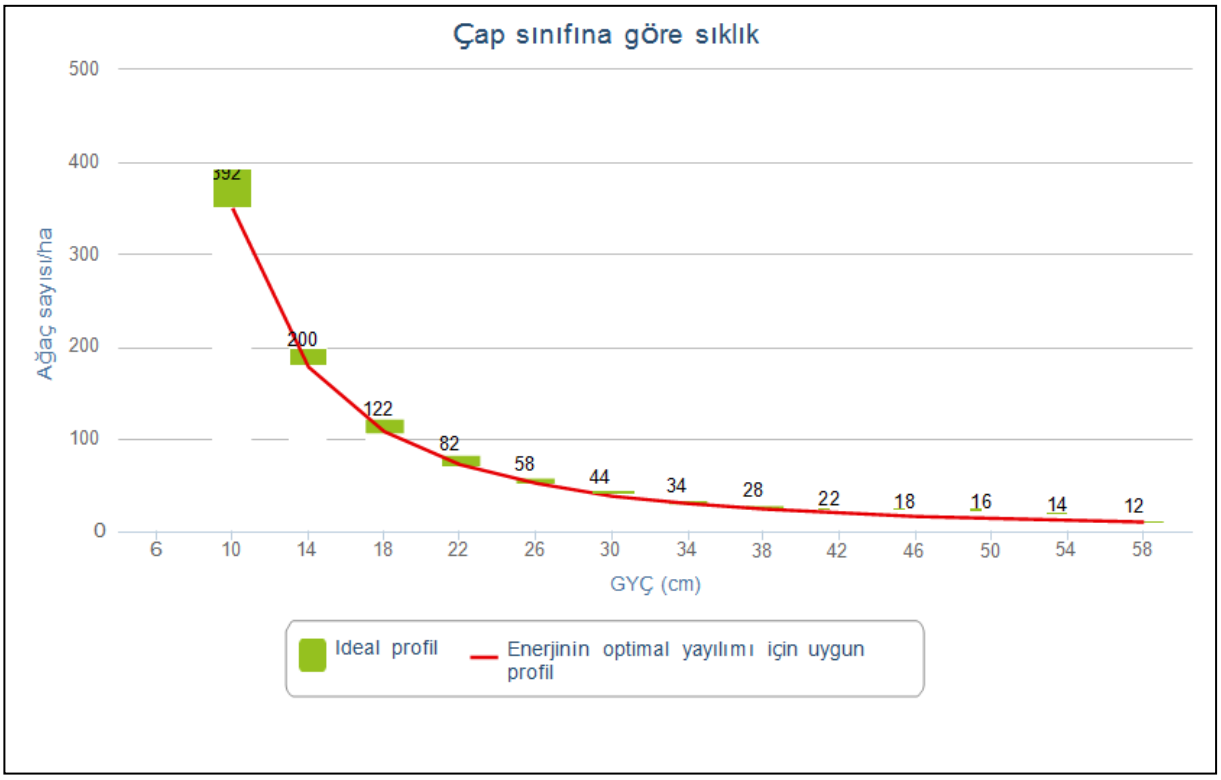
- Karaçam (*Pinus nigra*) %

- Diğer yapraklı türler %

- Diğer ibreli türler %

1. Mevcut koruma derecesi: 25 – 50 %

2. Kaya yuvarlanmalarına karşı ideal orman tipi:



Gerekli sıklık derecesi GYÇ ≥ 8 cm: 1040 adet/ha

Gerekli sıklık derecesi GYÇ ≥ 12 cm: 650 adet/ha

Gerekli sıklık derecesi GYÇ ≥ 24 cm: 250 adet/ha

Gerekli sıklık derecesi GYÇ ≥ 36 cm: 110 adet/ha

Ideal göğüs yüzeyi (GYÇ ≥ 8 cm; ideal hedef profil): 40 m2/ha

Minimum standart göğüs yüzeyi (GYÇ ≥ 8 cm; minimum hedef profil): en az 36 m2/ha

İstenen göğüs yüzeyi (GYÇ ≥ 8 cm); optimum enerji dağıtımı için (potansiyel tüm kayaları durdurmak için)

Veri hesaplaması için:

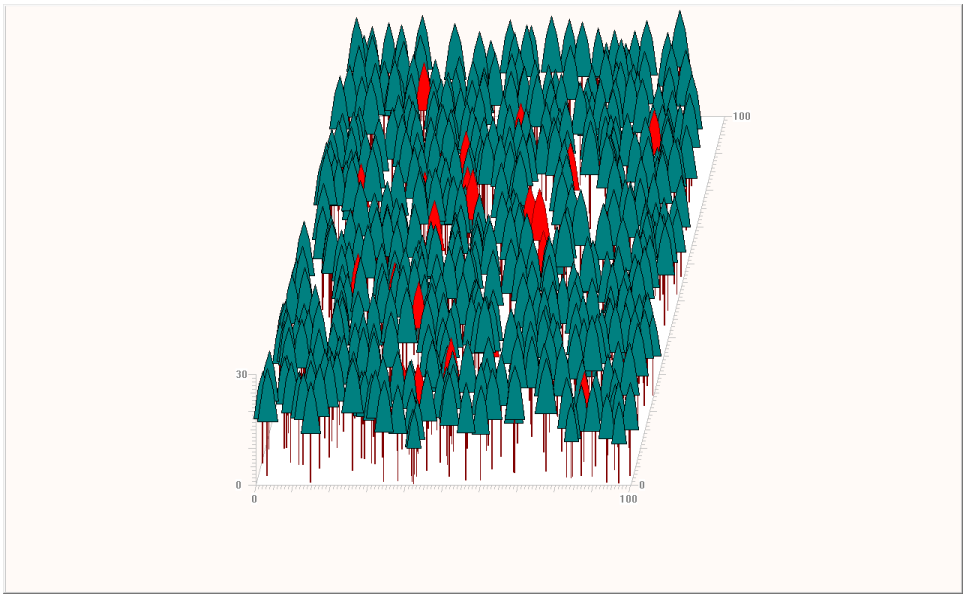
Kaya hacmi = 8 m3

Kaya kütlesi = 24000 kg

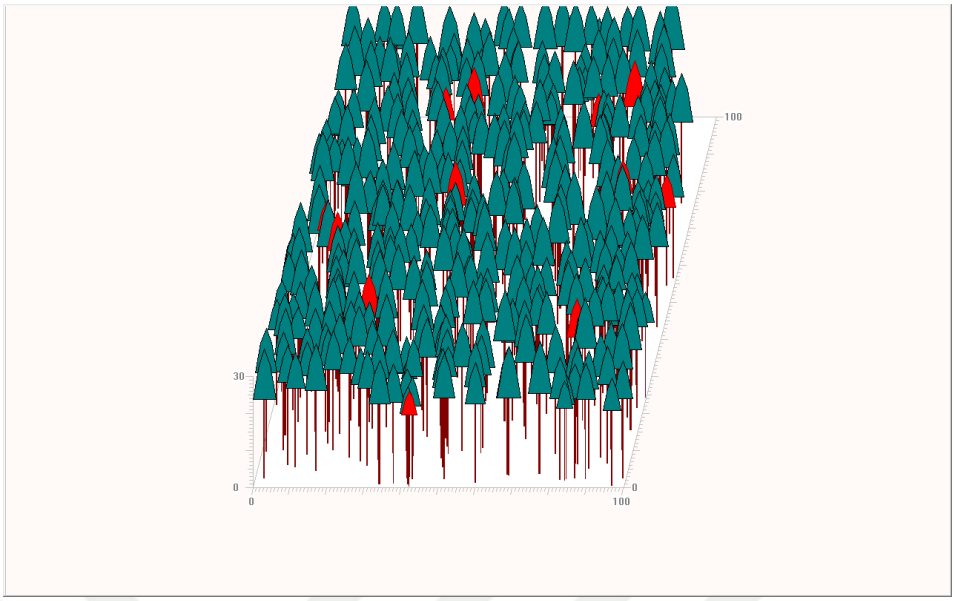
Ormandaki maksimum kaya enerjisi = 950 kJ

Ormanlık eğimin uzunluğu (eğim boyunca ölçülen) = 404 m

Şimdiki standart Göğüs yüzeyi alanı = 44 m2 ha-1

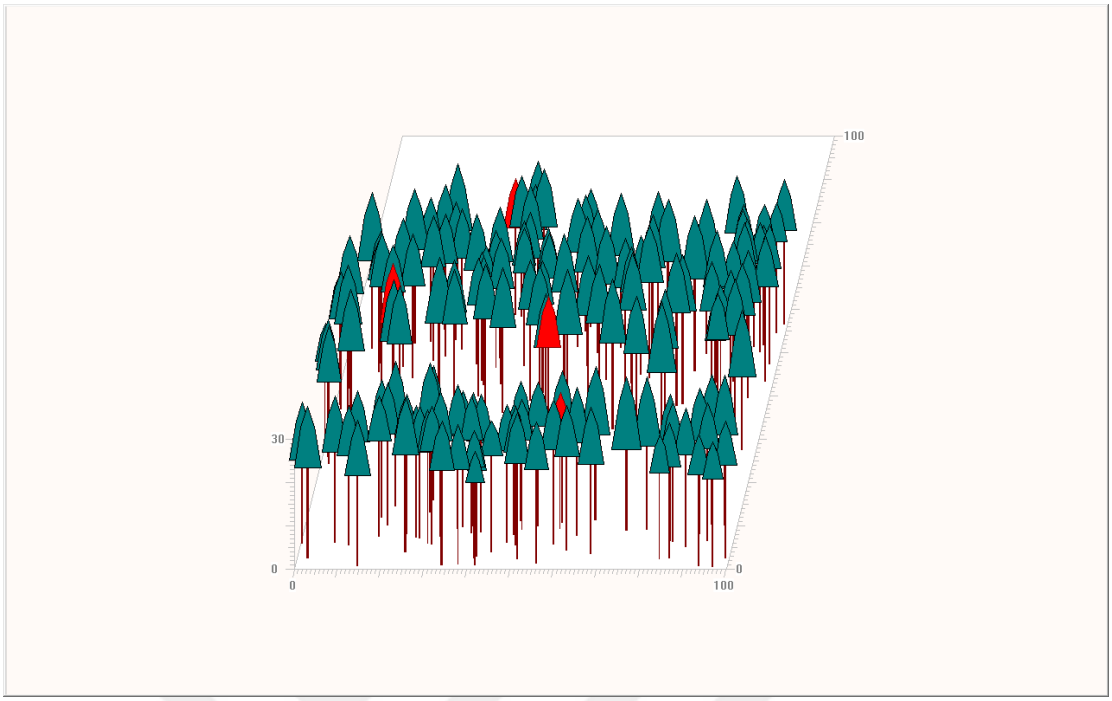


Resim 4.1 1. Periyod daki (ilk 5 yıldaki) Yaşlı kara çam meşceresi



Resim 4.2 10. Periyod daki (ilk 50 yıldaki) Yaşlı kara çam meşceresi

Sonuç olarak biz bu iki resmi karşılaştırdığımızda biri 5 yıl diğeri 50 yıl içindeki değişimlerde (Resim 4.2) de ağaçlar arasındaki boşlukların arttığını görüyoruz ve bu artımın nedeni hava koşulları, böcek zararları, insanların etkisi vs. 50 yıl içinde olabilecek ve bu da olabilecek olan riski arttırabilir ama diğer taraftanda göğüs boyu yükseklik çapı artacağı için bu ağaçlar daha sürdürülebilir ve daha sabit durabilir bu da demek oluyor ki riskte değişme olmayabilir. Bu durumda 5 yıl içinde de 50 yıl içinde de yalnız %1 risk olarak hesaplanmış olur RockFor.net hesaplamasında (http://www.ecorisq.org/en/rockfornet.php) görülür.

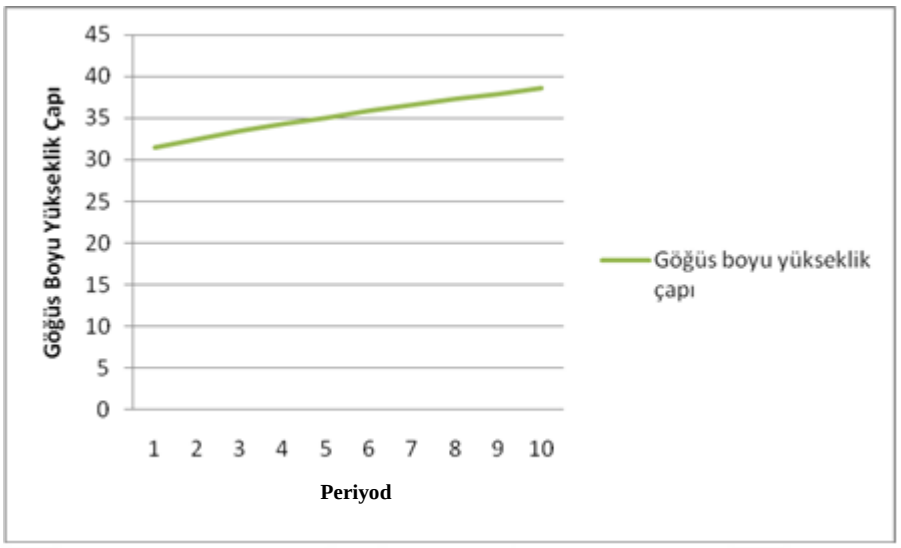


Resim 4.3 Düzgün traşlama yapılıp ağaçların perde görevinde duracak şekildeki 50 yılda gösteren değişimi

Ek olarak eğer düzgün bir kesim yapılırsa ve ağaçlar perde görevini görürse risk de artma gözükmez ve risk ancak %1 olur.

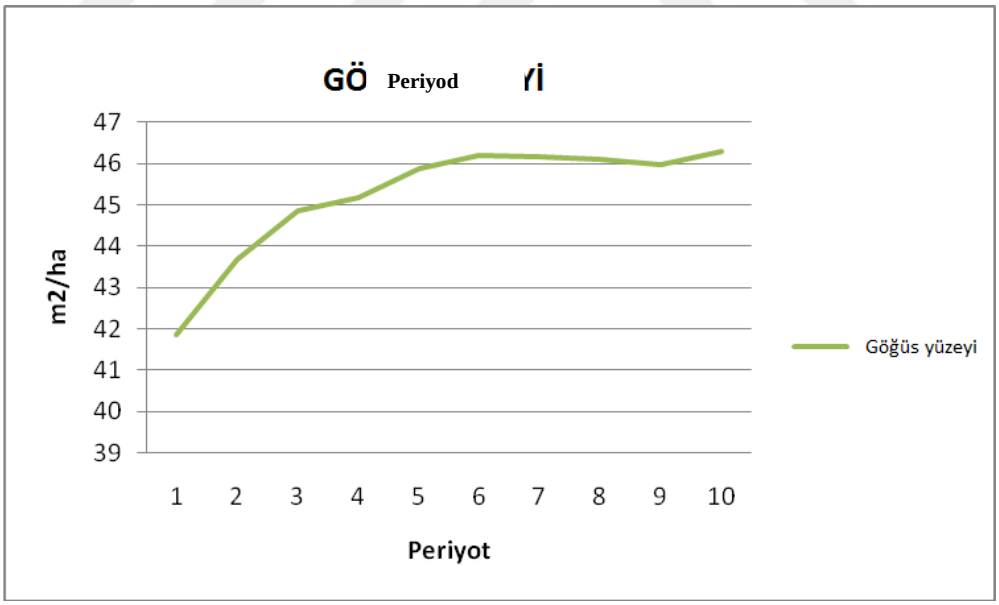
Aynı şekilde bütün alanı temizlersek ne olur diye araştırma yaptık ve 50 yıl içinde evet risk çok var ama göğüs boyu yüksekliği çapı arttığı için risk gittikçe azalma göstermektedir.

MOSES ağaç büyüme modelini kullanarak 50 yılda göğüs boyu yükseklik ($d_{1.30}$) çapı değişimi, göğüs yüzeyi değişimi ve hektara düşen kök sayısı ölçümleri çıkarıldı.



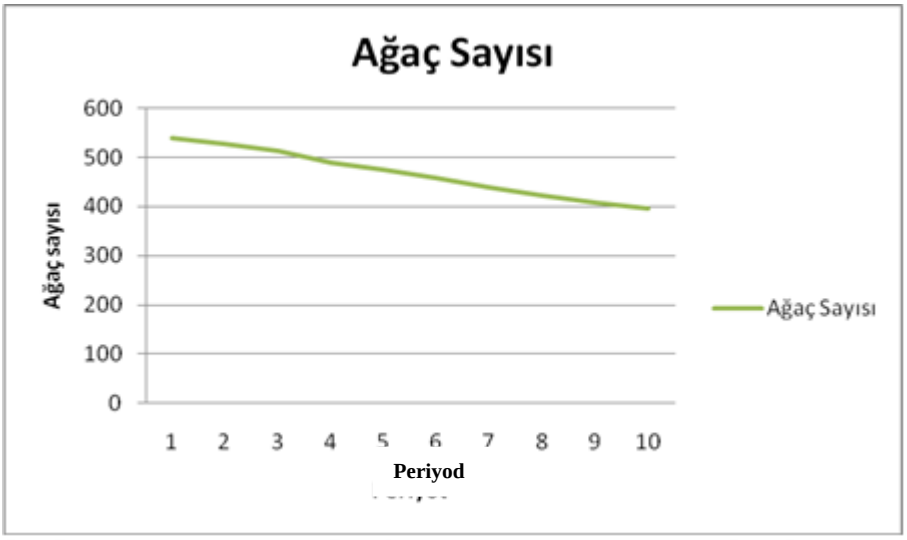
Grafik 4.1 50 yıl içindeki yaşlı Karaçam meşceresindeki göğüs boyu yüksekliğindeki çap değişimi (Her periyod 5 yılı göstermektedir.)

50 yılda göğüs boyu yükseklik çaplarının arttığını görüyoruz çünkü her yıl ağaçlarda çap artımı olmaktadır ve kaya yuvarlanmalarını engellemek için olumlu bir sonuçtur



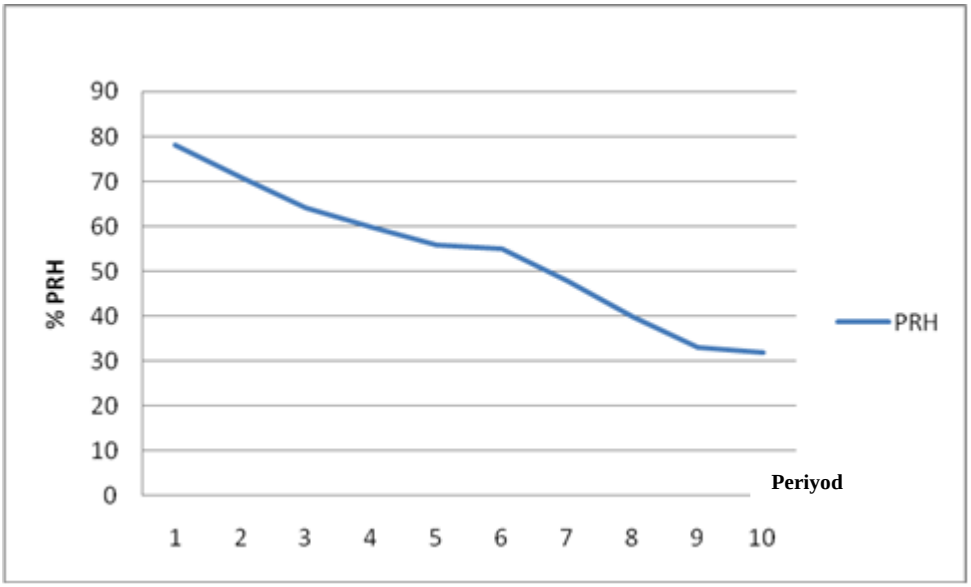
Grafik 4.2 50 yıl içindeki yaşlı Karaçam meşceresindeki hektardaki bazal alan değişimi (Her periyod 5 yılı göstermektedir.)

Bazal alan grafikte görüldüğü gibi 50 yıl içinde artmaktadır koruma ormanının kaya yuvarlanmalarına karşı güçlü bir yapıya sahip olacağını göstermektedir.



Grafik 4.3 50 Yıl içindeki yaşlı Karaçam meşceresindeki hektardaki ağaç sayısı değişimi (Her periyod 5 yılı göstermektedir.)

50 yıl içinde doğal koşullardan dolayı (hava koşulları, böcek zararları, insanların etkisi vs.) meşcerede bulunan ağaç sayısı azalmaktadır ve bu da olabilecek olan riski arttırabilir ama diğer taraftanda göğüs boyu yükseklik çapı arttığı için bu ağaçlar daha sürdürülebilir ve daha sabit durabilir bu da demek oluyor ki riskte değişme olmayabilir.



Grafik 4.4 Tamamen kesilmiş ağaçların 50 yıl içindeki göğüs boyu çapı arttıkça riskin azaldığını görüyoruz. (Muhtemel kaya düşme tehlikesi=PRH).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Koruma ormanların üzerine yapılan araştırmaların artması ve önem kazanmasıyla günümüzdeki ormancılık kavramı bilinci artmıştır. Taş ve kaya yuvarlanmaların karşı koruma ormanların önemi ve koruma ormanların rejenerasyon ve afetlerden kaynaklı hasarlardan ormanların yenilenmesi incelenmiştir (Fischer, 1998; Heurich, 2001; Schönenberger, 2002). Teknolojiden faydalanarak ormanlık alanların coğrafi bilgilerini girilmesi ile farklı senaryolar oluşturarak simülasyon yapabilme durumuna geldik. Risk hesapları doğal afetler üzerinde yapılarak doğru bir yapı kurulmasını katkı sağlar (Heinimann ark., 1998). Lakin, bu faydalı çalışmaların yanı sıra çözümlenememiş sorunlar bulunmaktadır. Her ormanlık alanların kendi içerisinde farklı araçların bulunması sabit bir kural oluşmasını engeller. Bunun dışında toprak kaymaları, çığ ve seller gibi doğal afetlerin önüne geçme için koruma ormanların yapımında eksikler bulunmaktadır. Bilinen simülasyon modellerinden faydalanarak orman dinamiklerin incelemerinde iyi sonuçlar elde edilse de ağaç toplulukların büyüme bozuklukların sebep ve yenilenme süreçlerindeki fatktörler arasında farklıklar bulmak zordur. Özetle doğal bilimi günümüzdeki mühendislik bilgilerin bir tam bağlantımı bulunmamaktadır. Entegre risk temelli yaklaşımlar istenilen seviyenin altındadır.

Belirsizlikleri azaltmak için bilinen risklerin dışında yeni risklerin belirlenmesi ve koruma ormanların yapısını üzerinde araştırmaları artırmalıyız. Belirsizliklerin azalmasıyla yönetim seçenekleri artmış olur. Ayrıca bu sayede sürdürebilir kaynak yönetime katkı sağlamış olur. Ve koruma ormanların yönetiminde odun kesimi ve koruma yapısını gibi teknikler de katkı sağlar.

Doğal afetlerine (taş ve kaya yuvarlanmaları, çığ, erozyon, heyelan, sel vb…) karşı yüzeysel akışı en aza indirgeyen etkili koruma şekli bitki örtüsü ormanlarıdır. Koruma ormaların sınırı altında bulunan yerleşke yelerini koruyarak insanların yaşamını sürdürebilmesi için önemli rol oynar. Ormanlar doğal afetlere karşı etkili koruma şekli olmasına rağmen kesin bir önleme yapabilir diyemeyiz, lakin felaketlerin boyutsal büyüklüğü ve şiddetini seviyesini katiyen azaltır. Koruma ormanların yanı sıra günümüzün teknolojisinden yararlanarak yapılan teknik koruyucu hem pahalı hemde daha az koruma sağlamaktadırlar. Yinede koruma ormanların ilaveten bu teknik koruyuculardan da faydalanmalıyız. Maksimum hıza ulaşmları için yuvarlanan taş ve kayaların 40 m gibi bir mesafe ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden tehlikeli bölge

sınıfındaki yelerde 20 m'den fazla açıklık olmamasına özen gösterilmelidir. (Berger ve ark., 2002; Perret ve ark., 2004; Dorren ve ark., 2005)

Dünya üzerinde, taş ve kaya yuvarlanmaları karşı etkili olacak şekilde nitelikli ormanlık alanlar istenilen seviyede bulunmamaktadır. Bu konu üzerinde Orta Avrupa'daki ülkelerde bulunan ormancılık üzerine çalışan kurumlar son zamanlarda çalışmalarını yoğunlaştırmıştır.

Dağ ekolijik sistemlerin süreçlerini belirlemek için; gözlem ve izeleme üzerinden deneysel ve risk çalışmaları koordineli bir şekilde yapılması gerekir. Özellikle yaşam yerleşkelerini tehtid eden taş ve kaya yuvarlanmaların risk haritaları oluşturulması ve oluşturulurken bu riskin yörünge hattı, genişliği, uzunluğu gibi yuvarlanan taş ve kayaların hızını, enerjisi ile sıçrama yükseklikleri hesaplanarak önlemlerin nitelikleri belirlenmesi sağlanmalıdır.

Koruyucu dağ ormanların işlevlerini yapabilmemeleri için taş ve kaya yuvarlanmaların bu koruyucu ormanların üzerindeki etkilerini göz önüne alınmalıdır. Bu etkileri bilimsel çalışmalar, şu maddeler üzerinden gidebiliriz;

Taş ve kaya yuvarlanmaların kinetik enerji ve birikme mesafelerin belirlenmesi

Taş ve kaya yuvarlanmalarına karşı farklı ağaç toplukların üzerindeki etkileri senaryoları oluşturulması ve en doğru meşcere kurulumunun belirlenmesi

a- Taş ve kaya yuvarlanmalarına karşı, ağaç türlerin bireysel tutumu gözlenmesi ve belirlenmesi
b- Taş ve kaya yuvarlanma aktivitlerin gözlenerek risk haritların coğrafi bilgi sistemi üzerinde hazırlanması.
c- Taş ve kaya yuvarlanma aktivitelerin kronojik olarak kayıt altında tutularak hazırlanması

Bu maddeler doğrultusunda Türkiye, Ulusal Orman envanterlerini çıkarılarak dağlık bölgelerdeki taş ve kaya yuvarlanma aktivitelerin kaydı oluşturulmaya başlanmalı ve Ormancılık üzerine çalışan araştırma kurumların bu aktivitelerin araştırmaları bilimsel yaklaşımla ilerlemeli ve araştırmalarında desteklenmelidir (Aydın, 2007).

5.1. DOĞAL KORUMA ORMANI OLUŞTURMAK İÇİN GEREKSİNİMLER

Koruma ormanların oluşturumunda doğal bozukluk rejimlerin etkilerinden yetersiz kalma durumundan ideal yapım oluşmayabilir. Örnek olarak Ladin (*Picea abies*) bulunan bir dağ da fırtınadan çok daha fazla etkilenebilir. Ormanlarda doğal bozuklukları, insanların yaptığı bozukluklar, doğal afetlerden oluşan bozukluklara göre uzun bir vadede daha yıkıcı olabilir. İnsanların yaptığı etkiler ile doğal durumdaki ağaçların aralık mesafeleri açılmaya başlayabilir (Ott ark. 1997). Aynı şekilde Alpler'deki ormanlarda müdahale olmaması ve doğal bozukluklara herhangi bir koruma önlemi alınmaması riskli bir yönetim stratejisidir.

İleri yönelik planlamalarda istenilen doğallık için üç etkene bağlıdır. Bunlardan ilki ormanlık alanların bitiş sınırında engeller bulunması ile uzun vade de etkin koruma sağlamaktır. İkinci etken tasarlanan koruma ormanların meşcere yapıları, ormanın ekolijik bakımı sırasında koruma sağlayacak şekilde seçilmesidir. Üçüncüsü doğal görünümü sağlamak için yönetimi bilen deneyimli kişilerin sağlanmalıdır. Bu etkenleri sağladıkça uzun yıllar boyunca devamlı bir orman örtüsü sağlanarak doğal ekoloji dinamikleri korunmuş oldu.

Ormandaki ağaç yapı değişiklikleri kısa sürede değiştirmek mümkün değildir. Mevcut yapıyı ya göre yönetim belirlenmelidir (Ott ve ark. 1997). Devamlı koruma sağlamak için doğru ağaç yapısı seçerek oluşması yılları, hatta insanların müdahaleleri ile bile yüzyıllar sürebilir.

5.2 KORUMA ORMANLARININ MALİYET BAKIMINDAN ETKİN YÖNETİMİ SAĞLAMAK İÇİN YARDIMCI BİLGİLER

1) Yapılacak her müdahale etkili bir koruma sağlayacak şekilde yapılmalıdır.
2) Yapılacak müdahaleler doğru yapılarak etkisini görebilmemiz gerekir.
3) Ayrıca doğru zamanda yapılarak maliyetin az, etkinin çok olduğu vakittir.
4) Müdahaleler ormanın dinamiklerine uygun ve süreçlerin etkili olup doğallığı bozmayacak bir şekilde ilerlenmelidir.
5) İnsanların müdahaleleri şeffaf ve standart olarak ilerlenmelidir.
6) Her türlü işlem etkili olmalı ve başarılı bir şekilde sonuçlanmalıdır.
7) Müdahalelerin maliyetlerin faydaların üstüne çıkmamalıdır.

KAYNAKLAR

AMMER,C.,1996:Impact of ungulates on structure and dynamics of natural regeneration of mixed mountain forests in the Bavarian Alps.*For.Ecol.Manage.*88:43–53.

AYDIN, A. 2007. Ormanlık Alanlarda Taş ve Kaya Yuvarlanmaları. *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 57, Sayı 2*, İstanbul.

BALCI, N. 1996. *Toprak Koruma Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi.

BITTERLICH W (1984) The relascope idea: relative measurements in forestry. *Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux*. 242 p.

BRANG,P., 1998: Early seedling establishment of Picea abies in small forest gaps in the Swiss Alps.*Can.J.For.Res*.28,4:626–639

BRANG P (2001) Resistance and elasticity: promising conceptsfor the management of protection forests in the European Alps. *For Ecol Manage* 145: 107–119.

BRANG,P.;SCHÖNENBERGER,W.;BACHOFEN,H.;ZINGG,A.;WEHRLI,A.,2004:Schutz wald dynamik unter Störungen und Eingriffen: Auf dem Weg zu einer systemischen Sicht *[Dynamics of protection forests subject to disturbances and interventions*: *En route to a systemic view].Forum für Wissen* 2004:55–66.

BRAUNER M, WEINMEISTER W, AGNER P, VOSPERNIK S, HOESLE B (2005) Forest management decision support for evaluating forest protection effects against rockfall. *For Ecol Manage* 207: 75–85.

BROILLI L (1974) Ein Felssturz in Grossversuch. *Rock Mech Suppl* 3: 69–78.

BURSCHEL,P.; EL KATEB,H.;HUSS,J.; MOSANDL,R.,1985: Die Verjüngung im Bergmischwald [Regeneration in mixed mountain forests].*Forstwiss.Cent*.bl.104:65–100.

DIACI,J.; PISEK,R.; BONCINA,A.,2005: Regeneration in experimental gaps of subalpine Picea abies forest in the Slovenian Alps.*Eur.J.For.Res*.124:29–36.

DOBBERTIN,M., 2002: Influence of stand structure and site factors on wind damage comparing the storms Vivian and Lothar. *For.Snow Landsc*.Res. 77:187–205.

DORREN LKA, BERGER F (2006) Stem breakage of trees and energy dissipation at rockfall impacts. *Tree Physiol* 26: 63–71.

DORREN LKA, BERGER F, PUTTERS US (2006) Real size experiments and 3D simulation of rockfall on forest slopes. *Nat Hazards Earth Syst* 6: 145–153.

DORREN LKA, BERGER F, LE HIR C, MERMIN E, TARDIF P (2005*)* Mechanisms, effects and management implications of rockfall in forests. *For Ecol Manage* 215: 183–195.

DORREN, L.K.A., F. BERGER, A.C. IMESON, B. MAIER VE F. REY, 2004a. *Integrıty, stability and management of protectiorı forests in tte European Alps*. Forest Ecology and Manageıuent . 195 (1-2): 165-176.

DORREN, L.K.A., B. MAIER, U.S. PUTTERS YE A.C. SEINJMONSBERGEN, 2004b. *Combining field and rnodelling techniques to assess rockfall dynarnics on a protection forest hillslope in the european alps.* Geoıuorphologv. 57: 151-167.

DORREN, LKA, MAIER, B. and SEIJMONSBERGEN, A.C. (2003) Improved Landsat-Based Forest Mapping in Steep Mountainous Terrain Using Object-Based Classification. Forest Ecology and Management, 183, 31-46.

DUARTE and MARQUINEZ , 2002 The influence of environmental and lithologic factors on rockfall at a regional scale: an evaluation using GIS in Geomorphology 43(1-2):117-136 · February 2002 with 166 Reads

ERISMANN TH, ABELE G (2001) Dynamics of rockslides and rockfalls. *Berlin: Springer.* 316 p.

EVANS SG, HUNGR O (1993) The assessment of rockfall hazard at the base of talus slopes. *Can Geotech J* 30: 620–636.

FISCHER,A.(ed) 1998.Die Entwicklung von Waldbiozönosen nach Sturmwurf [Development of forest ecosystems after windthrow].*Landsberg,ecomed*.427 pp.

FREHNER M, WASSER B, SCHWITTER R (2005) *Nachhaltigkeit und* Erfolgskontrolle im Schutzwald – Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. *Bern: Bundesamt Umwelt Wald Landschaft*. 564 p.

GALL,R.; MEIER,F.; MEIER,A.L.; FORSTER,B., 2003: Regionale Verteilungsmuster des Buchdrucker-Stehendbefalls (Ips typographus L.) nach Sturmschäden im Kanton Bern[Regional patterns of bark beetle (Ips typographus L.) attack on standing trees after windthrow in the canton of Bern].*Schweiz.Z.Forstwes*.154:442–448.

GERBER W (1998) Waldwirkung und Steinschlag. In: Proc 14. *Arbeitstagung Schweizerischen Gebirgswaldpflegegruppe & FAN, Grafenort/Engelberg*, unpublished report. pp. 1–15.

GRÊT-REGAMEY,A.;BEBI,P.;BISHOP,I.;SCHMID,W.,subm.:*Linking GIS-based models to value ecosystem services in an Alpine region.*

GSTEIGER P (1993) Steinschlagschutzwald. Ein Beitrag zur Abgrenzung, Beurteilung und Bewirtschaftung. *Schweiz Z Forstwes* 144: 115–132.

HASENAUER, H., 1994: Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige

Fichten- Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände *Forstliche Schriftenreihe der Universität für Bodenkultur.* Wien. Band 8, 152 p.

HASENAUER, H. 1997. Dimensional relationships of open-grown trees in Austria.

Forest Ecology and Management 96: 197-206.

HASENAUER, 2000. Die simultanen Eigenschaften von Waldwachstumsmodellen,

Blackwell Berlin, 131pp.

HASENAUER, H. 2005. The growth model MOSES 3.0. Subchapter 4.2 In Hasenauer, H. (ed) *Sustainable Forest Management: Growth models for Europe. Springer*, Berlin. 398 p.

HEGG,C.;BADOUX,A.;WITZIG,J.;LÜSCHER,P.,2005: Forest influence on runoff generation.In: COMMARMOT,B.;HAMOR,F.(eds) *Natural Forests in the Temperate Zone of*

*Europe – Values and Utilisation.Conference 13–17 October 2003,Mukachevo,Ukraine.Proceedings.*Birmensdorf,Swiss Federal Research Institute WSL;Rakhiv,Carpathian Biosphere Reserve.72–79.

HEIM A (1932) Bergsturz und Menschenleben. *Beiblatt Vierteljahrschr Nat.forsch Ges Zür* 77: 218.

HEINIMANN,H.R.;HOLLENSTEIN,K.;KIENHOLZ,H.;KRUMMENACHER,B.;MANI,P.,1998: Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren [Methods for analysing and evaluating natural hazards].*Umwelt-Materialien,Naturgefahren*,85:247.

HEURICH,M.(ed) 2001:Waldentwicklung im Bergwald nach Windwurf und Borkenkäferbefall [Forest dynamics in mountain forests after windthrow and bark beetle attack]. *Wissenschaftliche Reihe Nationalpark Bayerischer Wald* 14:182.

JAHN J (1988) Entwaldung und Steinschlag. *In: Proc Interpraevent, Graz,* vol 1. pp. 185–198.

KIENHOLZ H, MANI P (1994) Assessment of geomorphic hazards and priorities for forest management on the Rigi north face, Switzerland. *Mt Res Dev* 14: 321–328.

KORPEL',S., 1995: *Die Urwälder der Westkarpaten [Old-growth forests in the western Carpathian mountains]*.Stuttgart,Jena,New York,Gustav Fischer.

KUPFERSCHMID,A.D.; BUGMANN,H.,2005: Effect of microsites,logs and ungulate browsing on Picea abies regeneration in a mountain forest. *For.Ecol.Manage*.205.

LE HIR C (2005) *Forêt et chutes de blocs: méthodologie de modélisation spatialisée du rôle de protection.* Marne-La-Vallée: Univ Marne-La-Vallée, PhD Thesis. 195 p.

MARQUINEZ, R., RM. DUARTE, P. FARIAS VE M.J. SANCHEZ, 2003. *Predictive GIS-based model ofrockfall activity on mountain cliffs. Natural Hazards. 30(3):341-360.*

MCCLUNG D., SCHAERER, P.A.1993, *The Avalanche Handbook* , Seattle: Mountaineers.

MEYER-GRASS,M.;SCHNEEBELI,M.,1992:Die Abhängigkeit der Waldlawinen von StandortsBestandes- und Schneeverhältnissen *[How forest avalanches depend on site,stand and snow conditions]*. *In: FIEBIGER, G.; ZOLLINGER, F.(eds) Schutz des Lebensraumes vor Hochwasser, Muren und Lawinen.Internationales Symposium* Interpraevent 1992, Bern, Tagungspubli-kation. Vol.2. Klagenfurt, Forschungsgesellschaft für Vorbeugende Hochwasserbekämpfung. 443–454.

MEISSL G (1998) *Modellierung der Reichweite von Felsstürzen. Fallbeispeile zur GIS-gestützten Gefahrenbeurteilung aus dem Bayerischen und Tiroler Alpenraum*. Innsbruck: Inst Geogr Univ Innsbruck, PhD Thesis. 249 p.

MONSERUD, R.A. 1975. *Methodology for simulating Wisconsin northern*

hardwood stand dynamics. Ph.D. thesis. Univ. of Wisconsin, Madison. 156 p.

OMURA, H.; MARUMO,Y., 1988:An experimental study of the fence effects of protection forest on the interception of shallow mass movement. *Mitt.Forstl.Bundesvers.anst*.Wien 159:139–147.

OTT E (1978) Zur Notwendigkeit der Pflege von Gebirgswäldern. *Schweiz Z Forstwes* 129: 101–116.

PERRET S, DOLF F, KIENHOLZ H (2004) Rockfalls into forests: analysis and simulation of rockfall trajectories – considerations with respect to mountainous forests in Switzerland. *Landslides* 1 (2): 123–130.

PRICE, M. VE BUTT, N. 2000 Forests in Sustainable Mountain Development. *IUFRO Research Series, No:5*

REIF,A.;PRZYBILLA,M.,1998:Regeneration der Fichte in den Hochlagen des NP Bayerischer Wald [Regeneration of Norway spruce in high elevation forests of the national park Bayerischer Wald]. *Allg.Forst Z.Waldwirtsch*.Umweltvorsorge 53:400–403.

SARI M, 1998, *Guide to citing Internet sources* [online], http://www.scribd.com/doc/32279559/Cevre-ve-insan-4-Erozyon-ve-Toprak-Erozyonun-Oluşumu [Ziyaret Tarihi: 9 Ekim 2010].

SCHWITTER R (1998) Zusammenfassung und Schlussfolgerungen. In: Proc 14. *Arbeitstagung Schweizerischen Gebirgswaldpflegegruppe & FAN, Grafenort/Engelberg*, unpublished report. pp. 1–5.

SELBY MJ (1982) Hillslope materials and processes. *New York: Oxford Univ Press*. 264 p.

SPANG RM, SÖNSER T (1995) Optimized rockfall protection by «ROCKFALL». *In: Proc 8th Int Conf Rock Mechanics, Tokyo (25–30 Sept 1995).* pp. 1233–1242.

STOFFEL, M ET AL (2005) Analyzing rockfall activity (1600-2002) in a protection forest a case study using geomorphology. *Geomorphology*, 68:224-241

STOFFEL M ET AL (2006) Assessing the protective effect of mountain forests against rockfall using a 3D simulation model. *For Ecol Manage* 225: 113–222.

TAVŞANOĞLU, F., 1961. Türkiye 'de çığ gelen taş ve kaya yuvarlanan yerlerin belli edilmesi. *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri A1(1)*, İstanbul.

TOPPE R (1987) Terrain models – a tool for natural hazard mapping. In: Salm B, Gubler H, editors. Avalanche formation, movement and effects. *Wallingford: IAHS Press.* pp. 629–638.

UZUNSOY, M.O. ve E. GÖRECELİOĞLU, 1985. Havza ıslahında Temel İlke ve Uygulamalar. iü. Yayın No: 3310, Or. Fak. Yay. No:371, İstanbul

WASSER B, FREHNER M (1996) Minimale Pflegemassnahmen

für Wälder mit Schutzfunktion. Wegleitung. Bern: *Bundesamt Umwelt Wald Landschaft*. 122 p.

WEHRLI, A.R., 2005: Mountain forest dynamies and their impacts onthe long-term protective effect against rockfall - A modelling approach. *Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Diss. Eth. No: 16358*

WILHELM,C.,1999.Kosten-Wirksamkeit von Lawinenschutzmassnahmen an Verkehrsachsen. Vorgehen, Beispiele und Grundlagen der Projektevaluation [Cost-effectiveness of avalanche defense measures along traffic routes:Procedures,examples and basis for evaluating projects]. *Bern,Vollzug Umwelt,Praxishilfe:Bundesamt für Umwelt,Wald und Landschaft BUWAL.*

ZINGGELER A (1990) *Steinschlagsimulation in Gebirgswäldern: Modellierung der relevanten Teilprozesse*. Bern: Univ Bern, MSc Thesis. 116 p

EKLER

Resim 2.1 : Kaynak Ernst Ott

Resim 2.2 :Kaynak Ernst Ott

Resim 2.3 : Anonim

Resim 3.1 : Kaynak Koray Cantürk

Resim 3.2 : Kaynak Koray Cantürk

Resim 3.3 : Kaynak Koray Cantürk

Resim 3.4 : Kaynak Koray Cantürk

Resim 3.5 : Kaynak www.mta.gov.tr

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Yasemin Öztürk
Doğum Yeri	İstanbul
Doğum Tarihi	17.09.1984
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	05333681678
E-Posta Adresi	Yasemin.ifsa@yahoo.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Orman Fakültesi
Bölümü	Orman Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2008

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Orman Amenajmanı

Makale ve Bildiriler