

## ORMAN YOLLARININ POTANSİYEL EKOLOJİK ETKİLERİ

Mehmet EKER<sup>1\*</sup> H. Hulusi ACAR<sup>2</sup> H. Oğuz ÇOBAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SDÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 32260, ISPARTA

<sup>2</sup> KTÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61082, TRABZON  
\* meker@orman.sdu.edu.tr

### ÖZET

Yollar bitki ve hayvan popülasyonları üzerinde küçülmelere ve habitat kayıplarına, toprak, su kaynakları ve akarsular üzerindeki erozyon ve sedimentasyon oluşumuna, kimyasal kirlenmeye, fragmentasyona, kenar etkilerine ve insan etkilerinin ıssız alanlara erişimine neden olur. Bu çalışma, yolların orman ekosistemi üzerindeki bazı ekolojik özelliklerinin tanımlanması ve bilinen ekolojik etkilerin sınıflandırılarak bu konuda farkındalık oluşturulması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, etki faktörlerine, etkinin dağılımına ve etkilenen nesnelere göre sınıflandırılmalar yapılmış ve orman ekosistemi içindeki yol yoğunluğu, araç sayısı, vb. faktörlere bağlı olarak orman yollarının potansiyel ekolojik etkilerinin zamanla aktif etkilere dönüşebileceği sonucuna varılmıştır. Orman kaynaklarından yararlanmanın sürdürülebilirliği açısından yolların ekolojik etkileri, ÇED kriterleri içinde değerlendirilmeli ve bir kalite göstergesi olarak göz önünde bulundurulmalıdır.

**Anahtar kelimeler:** Orman yolları, Yolların ekolojik Etki sınıflandırması, Yol yoğunluğu, Transport ağı, Yol ekolojisi, Yolların kenar etkisi

## THE POTENTIAL ECOLOGICAL IMPACTS OF FOREST ROADS

### ABSTRACT

Roads have general impacts: shrinkage and habitat losses on plant and animal population, creation erosion and sedimentation on soil, streams, and water resources, chemical pollution from vehicle emission, habitat fragmentation, road edge and effect zones, and associated human impacts in isolated natural areas. The study was carried out in order to describe and classify some ecological impacts of roads on forest ecosystem, and create awareness about the impacts of forest roads. The ecological impacts were classified by impact factors, distribution of impacts to land, and affected objects. As a result, it was drawn a conclusion that the potential ecological impacts of forest roads can be turn into active impacts in the course of time depending on road density in the forest ecosystem, number of vehicle, and the other factors. The ecological impacts of forest roads should be, therefore, evaluated in Environmental Impact Assessment criteria and taken into consideration as quality indicator from sustainability of forest resources point of view.

**Keywords:** Forest roads, Classification of ecological impacts, Road density, Transportation network, Road ecology, Edge effect of roads

## 1. GİRİŞ

Yollar, üzerinde buldukları araziye ağ şeklinde örerek karasal transport sisteminin temel alt yapısını oluşturur ve coğrafik olarak birbirinden farklı konumlarda bulunan yerlerin ve nesnelerin fiziksel bağlantısını ve erişimini sağlar. Bununla birlikte, bütünleşik konumsal arazi deseni üzerinde ekolojik, ekonomik ve sosyal açılardan yapısal değişimlere neden olur (Forman ve Hersperger, 1996; Coffin, 2007). Yollar, ekosistem fonksiyonlarının dinamikleri ve ekosistem içindeki tür kompozisyonlarının dahil olduğu ekosistem bileşenleri üzerinde olumsuz etkiler yapar. Yol ağı, ekosistemler üzerinde gürültüden hidrolojiye ve fragmentasyondan araçların gaz salınımına (emisyon) kadar 20' den fazla ekolojik etkiye sahiptir (Forman ve Deblinger, 2000). Yollar; akarsular, yer altı sularının akışları, yaban hayatı koridorları boyunca hayvan hareketliliği, toprak, kar ve rüzgârla tohum akışı, ekosistemler arasındaki insan hareketliliği ve insan, mal ve eşya taşıyan araç hareketliliği şeklinde sıralanabilecek doğal akışları ve ekolojik süreçleri kesintiye uğratabilir.

Yolların ekosistem üzerinde bahsi geçen bu olumsuz etkileri çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuştur (Forman ve Alexander, 1998; Spellerberg, 1998; Gucinski vd., 2000; Trombulak ve Frisell, 2000; Noss, 2002; Coffin, 2007, Akkuzu vd., 2009). Örneğin, yaban hayatı biyologları, yolların; yaban hayvanlarının hareketlerini kısıtlayan bir engel oluşturduğunu (Mader vd., 1990; Develly ve Stouffer, 2001), hayvanlar için bir ölüm kaynağı olduğunu (Dodd vd., 2004) ve hayvanlarda davranış bozukluklarına neden olduğunu tespit etmişlerdir (Kerley, vd., 2002). Orman yollarını konu edinen çalışmaların çoğunluğu planlama, inşaat tekniği ve maliyetlendirme ile ilgilidir. Ancak, son zamanlarda, orman yolları – çevre ilişkisine odaklanılmıştır. Bu kapsamda, yolların arazi bütünlüğüne, habitat ve arazi fragmentasyonu üzerindeki etkileri ve arazi bütünlüğü süreçleri üzerindeki geniş ölçekli etkilerine dikkat çekilmiştir (Reed vd., 1996; Acar ve Şentük, 1996; Saunders vd., 2002; Hawbaker ve Radeloff, 2004; Görçelioğlu, 2004; Eker ve Acar, 2005). Böylelikle; ekosistem bileşenleri, süreçleri ve yapısı üzerinde yolların etkisini ve bu olumsuz etkileri ortaya çıkaran mühendislikle ilgili ekolojik etki kaynaklarının ve nedenlerinin araştırılmasını konu edinen “yol ekolojisi” adlı yeni bir çalışma alanı ortaya çıkmıştır (Forman, 1998).

Öte yandan, orman yollarının bitki ve hayvan toplulukları ile ekolojik süreçler üzerindeki doğrudan etkileri kolaylıkla tespit edilebilirken zamanla ortaya çıkan dolaylı etkilerinin anlaşılması güçleşmektedir. Bunun nedeni, problem odaklı araştırmalar haricinde, orman yollarının ekosistem üzerindeki etkilerinin bir çırpıda belirlenmesine yönelik çalışmaları yürütmedeki zorluktur. Ancak orman ekosistemleri üzerinde meydana gelen olumsuz etkilerden biri olarak orman yollarının etkisi uzun vadede belirlenmelidir.

Bu çalışmanın amacı; orman yollarının, ekolojik süreçleri ve ekosistem yapısını nasıl etkilediğinin genel çerçevesini ortaya koymaktır. Bununla birlikte; a) arazi bütünlüğü üzerinde yol ağının ekolojik etkilerinin rolünü tanıtmak, b) en yaygın ekolojik etkileri sınıflandırmak, c) ekolojik etkilerin tahmin ve tespit edilmesinde yol yoğunluğu, kenar etkisi ve bunlara bağlı bazı göstergelerin kullanılabilirliğine

işaret etmek, d) Türkiye’deki mevcut orman yol ağı ve ayrıca karayolu bilgilerine dayanarak yolların potansiyel ekolojik etkilerini tartışmaktır. Böylelikle, yolların özellikle orman ekosistemleri üzerindeki ekolojik etkilerine ve bu etkilerin ne gibi sonuçlar doğuracağına dikkat çekilerek gelecekte yapılacak olan çalışmalara bilgi altlığı sağlanması hedeflenmiştir.

## 2. YÖNTEM

Orman yollarının ekolojik etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla yerli ve yabancı literatür taranmış ve dokümantasyon analizi yapılarak konuya ilişkin bilgi toplanmıştır. Ekolojik etkilerin belirlenmesine yarayan yol yoğunluğu, kenar etki zonu vb. bazı göstergeleri kullanabilmek için Türkiye karayolları ve ulaşım bilgileri ile orman yollarına ait genel ve teknik bilgiler, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Orman Genel Müdürlüğü (OGM) kayıtlarından elde edilmiş ve “yol ekolojisi” (Forman, 1998) yaklaşımıyla değerlendirilmiştir.

Orman yollarına ait; toplam yol genişliği, inşaat alanı genişliği, vb. gibi bazı teknik verilerin hesaplanmasında hipotetik arazi modeli ve standart tipte yol enine kesiti çizilerek bunların üzerinden ölçü ve hesaplamalar yapılmak suretiyle veri türetilmiş ve değerlendirmeler yapılmıştır. Örneklendirmelerin güçlendirilmesi amacıyla, bazı orman planlama birimlerine ait yol ağı planı verilerinden yararlanılmıştır. Yol yoğunluğunun hesaplanmasında genel yol yoğunluğu formülü (Eker ve Acar, 2006) kullanılmıştır. Kenar etki zonu ve inşaat alan genişliği ise “işletmeye açma oranı” yaklaşımı (Erdaş, 1997) ile belirlenmiştir.

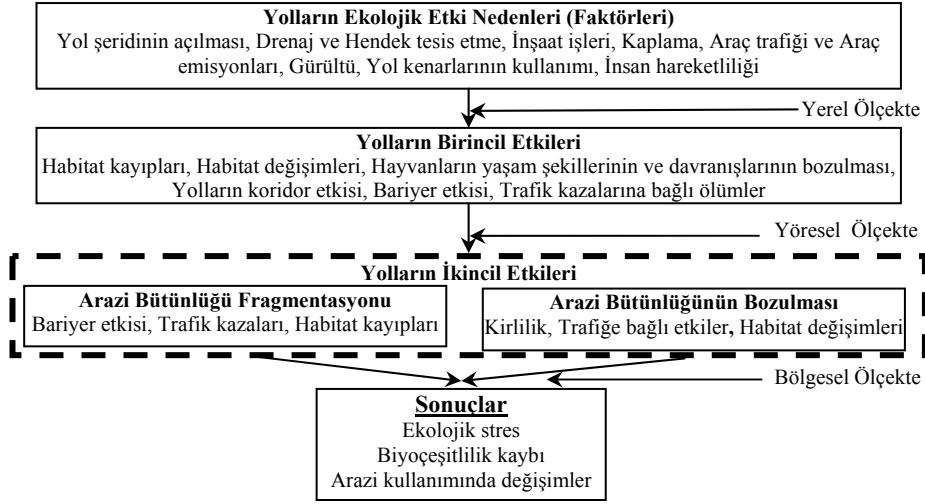
## 3. YOLLARIN EKOLOJİK ETKİLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Yolların en belirgin ekolojik etkileri a) yol inşaatlarından dolayı oluşan habitat kayıpları, b) değiştirilen su yolları ve buna bağlı olarak yüzeysel akışlardaki değişimler, c) toprak erozyonu ve akarsular üzerindeki sedimentasyon etkisi, d) tür desenindeki değişimler, e) uzak alanlara (orman içine) insanların ulaşımı ve buna bağlı tahribatlar (kaçakçılık, av, otlatma, açmacılık, vb.) (Reed vd., 1996; Forman vd., 1997) şeklinde kabaca sıralanabilir.

Orman yollarının yerleşim yerleri, kültür arazisi ve orman arazisindeki ekolojik etkilerini, etki kaynağının yol ve/veya araç trafiği oluşuna göre; habitat ve türler üzerindeki etkiler, su ve toprak üzerindeki etkiler ve atmosfer üzerindeki etkiler olarak sınıflandırmak mümkündür (Çizelge 1) (Forman ve Hersperger, 1996).

Yolların ekolojik etkileri, alansal büyüklüğe göre sıralandığında yerel, yöresel ve bölgesel ölçekli etkiler olarak nitelendirilebilmektedir. Yolların canlı varlıklar üzerindeki etkisi bu sınıflandırmayla ilişkilendirildiğinde; yolların; bireyler, topluluklar, popülasyonlar ve ekosistemler üzerinde etkiler oluşturduğu söylenebilir. Yolların ekolojik etkileri, farklı konumsal ve ekolojik ölçekte meydana geliş nedenlerine göre de; birincil ve ikincil etkiler olarak sınıflandırılabilir (Şekil 1) (Seiler ve Eriksson, 1997). Buna göre; yolların ilk etkili olduğu yer, yolun kenarı yani yola komşu olan sahalardır ve burada biyotop

düzeyinde bir etkilenme söz konusudur. Yolların fragmentasyon, erozyon vb. gibi bileşik etkileri ise arazi bütünlüğü ölçeğinde ortaya çıkan etkilerdir.



Şekil 1. Yolların ekolojik etki nedenleri, etkiler ve sonuçları (Seiler ve Eriksson, 1997)

Çizelge 1. Yol ve araç trafiğinin ekolojik etkilerinin sınıflandırılması (Forman ve Hersperger, 1996)

Ekolojik Etkiler	Etki Kaynağı	
	Yol	Trafik
<b>Habitat ve Türler Üzerindeki Etkiler</b>		
Yol ağının nadir bulunan doğal habitatları bölmesi/uzaklaştırması ve doğa bütünlüğünü bozması	+	-
Yolların özellikle yaban hayatı koridorlarında hayvan hareketlerini ve davranışlarını bozması	+	+
Trafik ses düzeyinin (gürültünün) biyoçeşitliliği azaltması	-	+
Yeni yolların kırsal kalkınmayı/gelişimi (yerleşim alanlarının yayılmasını) sağlaması ve bundan dolayı anahtar tür ve habitatların kaybı ve doğal akışların aksaması	+	-
Egzotik/istilacı türler; tarım ve mera alanlarının zararlı böceklerce istilası	-	+
Orman içine ulaşımın sağlanması; yaban hayatının, habitat kalitesinin ve biyoçeşitliliğin azalması	+	+
<b>Su ve Toprak Üzerindeki Etkiler</b>		
Yüzeysel su akışı ve yeraltı suyu gibi doğal akışların parçalanıp dağılması	+	-
Akarsular ve nehirlerde pik akışların yükselmesi; su taşkını ve sellerin artması; su akış yönlerinin değişimi	+	-
Toprak erozyonunun hızlanması; Çamur akıntılarının oluşumu (feyezan)	+	-
Daha fazla sedimentasyon akışı; akarsuların kirlenmesi; balık türleri ve sayısında azalış	+	-
<b>Atmosfer Üzerindeki Etkiler</b>		
Azot emisyonunda artış ve doğal ekosistemlerde hasarlar	-	+
Ozon emisyonunun ağaçlar, doğal sistemler ve dağ ekolojisi üzerindeki hasarları	-	+
Sera gazları ve emisyon partiküllerinin iklim ve vejetasyon üzerindeki hasarları	-	+

Yolların ekolojik etkileri Forman ve Alexander (1998) tarafından aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır. Buna göre;

1. Yolların vejetasyon ve hayvanlar üzerindeki etkileri: Yolların bitkilerin verimliliği, dağılımı ve şekilleri üzerindeki etkileri, Yolların hayvanlar ve hareket davranışları üzerindeki etkileri
2. Yol ve araç trafiğinin popülasyonlar üzerindeki etkileri: Trafik kazalarının neden olduğu hayvan ölümleri, araçların verdiği rahatsızlıklar ve yollardan kaçınma etkisi, yolların bariyer etkisi ve habitat fragmentasyonu
3. Yolların toprak, su kaynakları ve akarsular üzerindeki erozyon ve sedimentasyon etkileri: Toprak üzerindeki etkiler, su akışları üzerindeki etkiler, sediment akışına etkisi
4. Yolların atmosfer üzerindeki etkileri: Kimyasal transport ve kirlilik, emisyonlar (sera gazı, nitrojen oksit, ozon)
5. Yol ağının diğer etkileri (Yol yoğunluğuna bağlı etkiler): Arazi deseni üzerindeki konumsal etkiler, yolların kenar etkisi, yolların yangınlar üzerindeki etkisi (yangın nedenlerine katkıda bulunması (orman içine insan akışı, yol kenarı açıklıklar), yangın seyrini etkilemesi (yol kenarı açıklıkları, emniyet şeridi/bariyer), yangına müdahale zamanı ve ulaşılabilirlik etkisi.

Yolların toplam etkileri, Gucinski vd. (2000) tarafından aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

1. Yolların doğrudan fiziksel ve ekolojik etkileri: Jeomorfoloji, hidroloji, yetişme ortamı verimliliği, habitat fragmentasyonu ve konumsal düzen, habitatlar ve biyolojik istilalar üzerindeki etkiler,
2. Yolların dolaylı ve arazi bütünlüğü ölçeğindeki etkileri: Suda yaşayan habitatlar, karada yaşayan canlılar, yollara bağlı ölümler, orman hastalıkları, biyoçeşitlilik ve doğa koruma, su kalitesi ve hava kalitesi üzerindeki etkiler,
3. Yolların doğrudan sosyo-ekonomik etkileri: Odun üretim programları, odun dışı orman ürünleri üretimi, otlatma, enerji ve mineral kaynakları, ekoturizm ve rekreasyonel faaliyetler üzerindeki etkiler,
4. Yolların dolaylı sosyo-ekonomik etkileri: Yangınlar, orman envanteri, izleme ve bilimsel araştırmalar, özel mülkiyet arazileri, arazinin piyasa dışı ve edilgen kullanım değeri, tarihi kalıntılar ve kültürel değerler üzerindeki etkileri ve ekonomik etkiler, şeklinde sıralamıştır.

Noss (2002) ise yolların ekolojik etkilerini doğrudan ve dolaylı etkiler olarak ikiye ayırmıştır. Doğrudan etkileri; trafik kazaları, yollardan kaçınma ve diğer davranış değişiklikleri, fragmentasyon ve popülasyon izolasyonu, kirlilik, karasal habitatlar, suda yaşayan habitatlar ve hidroloji üzerindeki etkiler olarak sıralamıştır. Dolaylı etkileri ise insanların ulaşımı ve buna bağlı birikimli etkiler olarak tarif etmiştir.

Coffin (2007), yolların ekolojik etkilerini; ekosistem bileşenleri üzerindeki biyotik ve abiyotik etkiler olarak sınıflandırmıştır. Abiyotik etkileri; hidroloji ve su kalitesi üzerindeki etkiler (erozyon, sediment transportu ve kimyasal kirlenme),

gürültü ve diğer atmosferik etkiler olarak sıralamıştır. Biyotik etkileri ise; yolların ölüm kaynağı olma ve hayvan hareketleri için bariyer oluşturma etkisi, yolların habitat, yaşam koridoru ve kanalı olma etkisi şeklinde sıralamıştır. Yolların; arazi bütünlüğünü bozma/değiştirme, fragmentasyon ve kenar etkisi (yol etki zonu) oluşturma özelliklerini de ekolojik etkiler olarak tarif etmiştir.

Türkiye’de orman yollarıyla ilgili iş ve işlemlerle uygulama kurallarını gösteren “Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı” adlı 292 sayılı tebliğde de orman yollarının olumsuz etkileri, iyi planlanmamış 1 km uzunluğundaki bir yol esas alınarak nitelendirilmiştir. Buna göre; a) yol tiplerine göre en az 4 000-8 000 m<sup>2</sup> ormanlık alanın açıldığı ve meşçere yaşına göre 400- 3 500 ağacın kesildiği, b) kazı materyalinin yamaç aşağısına akması sonucu alt yamaçtaki dikili ağaçlarda kırılma, yaralanma ile tahribat olduğu ve böcek zararlarına yol açtığı, c) yamaçlardaki destek dokunun kırılarak heyelanlara sebep olunduğu, d) sık yeraltı sularının akış yönlerinin değişerek doğal meşçerelerin su ihtiyaçlarının karşılanamaması sonucu ekosistemin olumsuz yönde değiştirildiği, e) rüzgâr koridorları oluşturarak ağaçlardaki kırılma ve devrilmelerin arttığı, f) yüzeysel akış mesafesinin arttırıldığı ve erozyonun tetiklendiği, g) ulaşım ile birlikte doğal bakır alanlarda yapay ve yoğun baskı sonucu yaban hayatının tedirgin edilerek yaşama hakkının kısıtlanması, h) yol yapım ve bakım masraflarıyla ulusal ekonomiye borç yüklendiği (OGM, 2008a), şeklinde sıralanmıştır.

Bir yol ağında, bu ekolojik etkilerin görülme ihtimalinin kestirilmesinde yada ekolojik etkilerin değerlendirilmesinde; yol yoğunluğu, yol etki zonu ve kenar etkisi kullanışlı bir göstergedir (Forman ve Hersperger, 1996).

### 3.1. Yol Yoğunluğuna Bağlı Ekolojik Etkiler

Yol yoğunluğu, bir arazi bütünlüğü üzerinde yolların bazı ekolojik özelliklerini betimleyebilen iyi bir göstergedir (Forman, 1995; Forman ve Alexander, 1998). Yol yoğunluğunun gösterge olarak kullanılabilmesi ekolojik etkiler; hayvanların hareketleri ve dolaşımı, popülasyon fragmentasyonu, insan ulaşımı, hidroloji, akuatik ekosistemler ve yangın ilişkileri olarak sıralanabilir. Nitekim birçok çalışmada, hayvan ve bitki tür yoğunluğu ile yol yoğunluğu arasında negatif; yoldan uzak olma ile pozitif doğrusal ilişkiler olduğu tespit edilmiştir (Mech vd., 1988; Canaday, 1996; Develey ve Stouffer, 2001). Hatta yol yoğunluğunun düşük olduğu ya da yolların hiç olmadığı alanlar, korunan alanlar olarak ayrılmaktadır (Strittholt ve DellaSala, 2001; Crist ve Wilmer, 2002). Bazı çalışmalarda; yol yoğunluğu ve buna bağlı olarak artabilecek büz, menfez vb. sanat yapıları ile ince sediment oluşumu arasında pozitif bir ilişki olduğu işaret edilerek yol yoğunluğunun etkilerine dikkat çekilmektedir (Eaglin ve Hubert, 1993). Hidrolojik etkiler de, yol yoğunluğuna karşı duyarlıdır. Havzada yol yoğunluğunun % 5’in üzerine çıkması su ekosistemlerinde değişime neden olabilmektedir (McGurk ve Fong, 1995).

Yol yoğunluğu arttıkça bazı hayvan popülasyonlarının sayısı düşmektedir (Miller vd., 1996; Reed vd., 1996). Örneğin, büyük yırtıcı hayvan

popülasyonlarının bulunduğu doğa koruma fonksiyonuna ayrılmış arazi bütünlüğünde, yol yoğunluğunun yaklaşık 6 m/ha olabileceği belirtilmiştir (Mech, 1989; Forman vd., 1995).

Yüksek yol yoğunluğu; bir yandan insandan kaynaklanan yangınların artmasına öte yandan yangınla müdahale ve söndürme etkinliğinin artması ile ortalama yangın büyüklüğünün düşmesine neden olmaktadır (Saunders ve Hobs, 1991). Bununla birlikte insana bağlı oluşan yangınların % 78' inin yol kenarından 80-100 m uzakta gerçekleştiği bildirilmiştir. Yollar, aynı zamanda yangınların kontrol altına alınması, söndürülmesi ve bariyer oluşturulması açısından da önemlidir (Noss, 2002).

### 3.2. Yolların Kenar Etkisi ve Yol Etki Zonu

Yolların ekolojik etkilerinin analiz edilmesinde “yol koridoru” veya “yolun koridor etkisi” yada “kenar etkisi” terimlerine sıkça rastlanır. Yol koridoru; yol yüzeyinin, yol kenarının ve yol inşaatı açma alanının içinde bulunduğu genişliği ifade eder. Yol koridorlarının teorik olarak; nakil hattı, bariyer, habitat ve kaynak (besin, barınma, vb.) olarak fonksiyonel rolleri bulunmaktadır. Orman bütünlüğü içinde yol koridorları yada yolların kenar etkisi yani ekotonlar yüksek ekolojik öneme sahiptir (Forman ve Alexander, 1998).

Yolların kenar etkisi, habitat fragmentasyonunun en önemli faktörlerinden birisi olarak görülmektedir (Noss, 2002) ve yolun kenar uzunluğu ile ölçülür (Hawbaker ve Radeloff, 2004; Coffin, 2007). Yollar bütünsel bir orman arazisini böldüğünde, ekolojik farklılık arz eden kenar habitatlarının oluşmasına neden olur. Buna bağlı olarak, organizmalar arasındaki etkileşim çeşitliliği ve çevresel heterojenlikle sonuçlanan bir konumsal desen ortaya çıkar (Turner vd., 2001). Öte yandan, yol yapımıyla oluşan kenar zonlarının (ve uzunluklarının) tıraşlama kesimiyle oluşandan 1,54 ile 1,98 arasında değişen oranlarda daha fazla olduğu belirtilmektedir (Reed vd., 1996).

Yol kenarı bir hat değildir ancak değişen genişlikte bir etki zonudur. Mikro iklimdeki değişimler, rüzgâr devriklerindeki artışlar ve diğer etkiler kapalı orman yapısı içinde 2–3 ağaç boyu mesafeye ilerleyebilir. Yolun olumsuz etkilerinin hakim olduğu zonda bazı türler için uygun, bazıları için ise uygun olmayan yaşam alanları oluşur (Forman vd., 1995). Çoğu egzotik yabancı tür olan ışık türleri, yolların neden olduğu kenarlardan başlayarak içe doğru yayılış gösterirler. Herhangi bir bakım yapılmaksızın dar bir orman yolunun eğer çevresi uzun boylu ve kapalı bir orman örtüsü ile kaplı ise, burada kalıcı bir kenar etkisinin oluşmayacağı beklenir. Ancak, yolun teknik kalitesi arttıkça yani yola iyileştirme çalışmaları uygulandıkça, yolun genişliği ve orman içine (orman kenarına) güneş ışığının ve rüzgârın girişi artar. Kenar türleri yolun neden olduğu açıklıklara akın eder. Geometrik nitelikleri arttırılmış yollarla bölünen ormanlarda büyük kenar habitatları oluşabilir, doğal flora ve fauna değerinin korunması azalabilir (Noss, 2002) ve canlı türlerinin yaşam düzenlerinde de farklılıklar gözlenebilir (Godefroid ve Koedam, 2004).

Yol etki zonu, yolun her iki yakasındaki habitat uygunluğunun, rüzgar etkisinin ve eğimin farklı olmasından dolayı yol eksenine eşit uzaklıkta olmayan asimetrik etki alanını ve ekolojik değişkenlerin sırasını temsil eder (Şekil 2) (Forman, 1998). Yol etki zonu, yolların ekolojik etkileri ile ilişkilidir ve bazen yol yüzeyinden daha fazla alanı işgal edebilir (Forman, 1995). Yol etki zonunun ortalama genişliğinin bilinmesi, yollardan ekolojik olarak etkilenen alanların tahmin edilmesine yarayan iyi bir göstergedir (Forman vd., 1997). Örneğin; Hollanda'da trafik gürültüsüne duyarlı kuşların habitatlarının korunması için toplam ülke alanının % 10-20' si yol etki zonu olarak ayrılmıştır. Amerika'da da yollardan ekolojik olarak doğrudan etkilenen alanların, toplam ülke alanının % 15-20'sini kapsadığı belirtilmiştir (Forman ve Alexander, 1998).

Yolların ekolojik etkilerinin komşu olduğu alanlara erişmesi yere ve zaman göre değişmektedir. Özellikle ormanlık alanlarda yer alan kıvrımlı yolların etki zonları; bu alanlarda yaşayan bitki ve hayvan türleriyle buradaki ekolojik süreçlere bağlı olarak doğrusal uzanan yollardan daha fazla olabilir (Forman vd, 1997). Bununla birlikte; yolların etki zonlarının genişliğinin henüz tam olarak hesaplanmadığı yada buna ilişkin yöntemlerin geliştirilemediği (Ries vd., 2004) belirtilmesine rağmen, öncelikle yola yakın kısımların, en çok etkilenen alanlardan olduğu bilinmektedir. Forman ve Deblinger (2000) tarafından; yol etki zonlarının yoldan 100 metre uzağa ve hatta buradan da iç alanlara doğru ilerleyebildiği gözlemlenmiştir.

200-1000 m	100-200 m	50-100 m	≤ 50 m	YOL	≤ 50 m	50-100 m	100-200 m	200-1000 m	> 1000 m	Yoldan Uzaklık
<b>YUKARI (Üst yamaç)</b>					<b>AŞAĞI (Alt yamaç)</b>					<b>EĞİM MESAFESİ ve YÖNÜ</b>
									Hidrolojik Etkiler	
									Su akış sistemlerindeki tuz, kurşun, vb. elementler	
									Eğim yönünde sediment akışı	
<b>YUKARI</b>				<b>AŞAĞI</b>					<b>RÜZGAR MESAFESİ ve YÖNÜ</b>	
									Yoldaki tozla birlikte kil, kum ve besinlerin (tohum, vb.) hareketi	
									Tarım alanlarındaki çam ağaçlarında tuz zararı	
									Sakin trafiğin otluk alanlardaki kuşlarda etkisi	
									Yoğun trafiğin otluk alanlardaki kuşlarda etkisi	
									Orman kuşlarındaki etkiler	
<b>AZ UYGUN ÇEVRE</b>				<b>DAHA UYGUN ÇEVRE</b>					<b>UYGUN HABİTAT ÇEVRELERİ</b>	
									Yol kenarı türlerinin oluşturduğu istilalar	
									Yaban hayatı, yangın ve hassas habitatları etkileyen insan ulaşımı	

Şekil 2. Yolların ekolojik etkilerine bağlı olarak ortaya çıkan yol etki zonları örneği (Forman, 1998)



#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yol ağının planlanması, projelendirilmesi ve aplikasyonunun ardından yol güzergahının açılması, inşaat işleri, üst ve alt yapı çalışmaları, araç trafiği, yolların ve yol kenarlarının çeşitli amaçlarla kullanımı ve bakım-onarım faaliyetleri yolların ekolojik etkilerini ortaya çıkaran temel faktörlerdir.

Bu faktörlere bağlı olarak hayvan ve bitki habitatlarında bazı yapısal bozulmalar oluşmaktadır. Yol ağı, araç trafiğiyle birlikte ekolojik bir sınır etkisi oluşturarak habitat kayıplarını artırır, arazi bütünlüğünü parçalar ve popülasyonları, demografik ve genetik özellikleri açısından bölümlere ayırır. Bütünleşik arazi yapısı içerisinde yol ağı, yerel hidrolojik ve jeomorfolojik etkilere ve sonuçta; toprak yapısında, su kaynaklarında ve akarsularda erozyon oluşumuna ve sedimentasyon akışının hızlanmasına ve akış süreçlerinde değişimlere neden olur. Yol kenarlarında ve kenar etki zonu içindeki akarsularda kimyasal kirlenmeler oluşur. Yol ağı, yatay ekolojik akışları kesintiye uğratar, arazi bütünlüğünün mekansal düzenini değiştirir. Habitat bozulmalarına, fragmentasyona ve kenar etkisinin artmasına neden olur. Orman içine açılan yollar; araçların, silahların, motorlu testerelerin, iş makinelerinin ve mangalların orman içine girişini kolaylaştırır. Yol ağının el değmemiş orman alanlarını işletmeye açması ve insan ulaşılabilirliğini arttırması; kaçak avlanma, ormansızlaşma ve orman arazisinin tarım arazisine dönüşümünde etkili olmaktadır (Noss, 2002). Sonuçta, yol ağının ekolojik etkileri; ekolojik baskıların oluşmasına, biyolojik çeşitlilik kaybına ve arazi kullanım sınıflarında değişime yol açabilir.

Orman yollarının yukarıda bahsedilen ekolojik etkilerinin; yol eksenine olan fiziksel uzaklığı yani alana dağılımı yönünden bir sınıflandırması yapıldığında; öncelikle yol kenarlarında sonra sırasıyla havzacık, havza ve bölge bazında etkilerin oluştuğunu söylemek mümkündür. Başka bir ifadeyle; orman yolları yerel, yöresel ve bölgesel ölçekte etkilere sahiptir.

Yolların ekolojik etkilerinin ortaya çıkış zamanları dikkate alındığında; yolun a) inşaat sürecinde ortaya çıkan etkileri (gençlik ve dikili ağaç; mikro-flora ve fauna; toprak ve akarsular üzerinde), b) kullanım sürecinde ortaya çıkan etkileri, şeklinde bir sınıflandırma yapmak mümkündür.

Ekolojik etkiler, kaynağına göre sınıflandırıldığında; a) yolların (yol ağı inşaatı ve yol kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan etkiler; örneğin dolgu ve kazı şevlerinin akışı), b) araçların (yolların araçlar tarafından kullanılması sürecinde ortaya çıkan etkiler; örneğin egzoz gazları, gürültü, vb.) etkileri, şeklinde sıralama yapılabilir.

Ekolojik etkilere maruz kalan varlıklar açısından bir sınıflandırma yapıldığında; yolların, ekosistemin biyotik ve abiyotik bileşenlerini etkilediği söylenebilir. Yollar, biyotik bileşenlerden bitki ve hayvanlar üzerinde; bireyler, toplumlar, popülasyonlar ve ekosistemler ölçeğinde etkiler oluşturur.

Yolların ekolojik etkilerinin çıkış zamanı ve etkiye maruz kalan varlıklar ile etkinin yayılış alanı, birlikte ele alınarak bir sınıflandırma yapıldığında; a)

doğrudan, b) dolaylı etkiler şeklinde bir sınıflama yapılabildiği gibi; birincil ve ikincil etkiler olarak da sınıflama yapılabilmek mümkündür.

Yolların orman ekosistemi üzerindeki ekolojik etkilerinin tanımlanmasında ve değerlendirilmesinde kullanabilmek amacıyla şöyle bir sınıflandırmanın yapılabileceği sonucu ortaya çıkmıştır: a) Fiziksel çevre üzerindeki etkiler (iklim, topoğrafya ve jeomorfoloji, jeoloji, yeraltı ve yerüstü su kaynakları, atmosfer, gürültü, kirlilik), b) Biyolojik çevre üzerindeki etkiler (bitkiler ve hayvanlar), c) Sosyo-ekonomik bileşenler üzerindeki etkiler (arazi kullanımı da dahil), d) Kültürel/arkeolojik değerler üzerindeki etkiler. Nitekim Gümüş ve Acar (2005) tarafından orman yollarının çevre etki değerlendirmesi kriterleri için hazırlanan sette, orman yollarının; toprak, su, vejetasyon, atmosfer, sosyo-ekonomik koşullar ve kültürel mirastan oluşan çevre bileşenleri üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir.

Öte yandan, yol ağının tamamında tüm ekolojik etkilerin oluşacağını yada muhtemel etkilerin eşit şiddetlerde oluşacağını söylemek mümkün değildir. Ekolojik etkilerin bazıları tüm yol hattı boyunca bazıları da yolun çeşitli kısımlarında ortaya çıkmaktadır. Ekolojik etkileri farklılaştıran sahaya özel faktörler; inşaat tekniği, yolun eğimi, yolun yamaçtaki pozisyonu, iklim, bitki örtüsü, havza hidrolojisi, toprak özellikleri ve jeolojik yapı olarak sıralanabilir (Gucinski vd., 2000, Switalski vd., 2004).

Yolların, içinden veya kenarından geçtiği su ve karasal yaşam sistemleri üzerinde doğrudan ekolojik etkilere sahip olduğu (Wisdom vd., 2000) bilinirken bir ağ yapısına sahip yolların arazi bütünlüğü üzerindeki birikimli etkileri daha az anlaşılmaktadır (Riitters ve Wickham, 2003). Arazi bütünlüğü üzerinde yolların temel etkileri; var olan arazi örtüsünün değişmesi, arazi kullanımının ve kapalılığının değişmesi şeklindedir (Angelsen ve Kaimowitz, 1999). Fragmentasyon ve arazi bütünlüğü kaybından dolayı habitat kalitesinin azalması (Carr vd., 2002) ve bununla birlikte yol ağının ekosistem üzerinde geniş ölçekte etkileşimli zararlarının ortaya çıkışı, ekolojik açıdan önemlidir (Forman vd., 1995).

Orman yolları, verimli üst toprağın taşınmasına, toprak özelliklerinin ve mikro-iklimin değişmesine ayrıca erozyonun artmasına neden olduğundan yetiştirme ortamının verimliliğinin de düşmesine yol açar. Yalnızca yol yapmak için açılan yetiştirme alanı kaybı, orman arazisinin % 1 ile % 30' u arasında değişebilir (Megahan, 1988).

Hâlihazırda Ülkemizde 2007 yılı itibarıyla 138.689 km üretim yolu, 811 km kule/kulübe yolu ve 16 306 km yangın emniyet yolu olmak üzere toplam 155.806 km orman yolu bulunmaktadır. Fonksiyonel planlama yaklaşımına göre yeniden tespit edilen miktarla yani yeni yapılacak yollarla birlikte toplam 210.000 km orman içi yol ve 26.000 km yangın emniyet yolu miktarına ulaşılması beklenmektedir. Orman içinden geçen köy ve il yollarından, ormancılık faaliyetleri için kullanılacak standartta olanlar yaklaşık 40.000 km'dir. Buna göre yeni yapılacak orman yolu uzunluğunun yaklaşık 13.000 km, yangın emniyet yollarının ise 10.000 km olduğu hesaplanmıştır. Her yıl ortalama 1.000–1.400 km yeni orman yolu inşa edilmektedir. Orman içi mevcut tüm yolların yoğunluğu bozuk orman alanları için 9,24 m/ha olup, planlanan tüm yollar yapıldığında 11,14 m/ha'a

ulaşması tahmin edilmektedir. Tam kapalı verimli ormanlarda ise yol yoğunluğunun 20 m/ha'nın üzerinde olması hedeflenmiştir. Ülkemizde orman yolları çoğunlukla B-Tipi Tali Orman Yolu standardında yapılmakta olup ortalama yol genişliği platform ve hendekle birlikte 5 m'dir (OGM, 2008a). Kazı ve dolgu sevi alanlarıyla birlikte yol inşaat alanı genişliği ise 20 m'ye kadar ulaşabilmektedir (Tunay ve Melemez, 2004; Arıca, 2008). Bununla birlikte, orman yollarında trafik yoğunluğu ortalama 1.000 – 20.000 araç/yıl arasında değişmektedir (Erdaş, 1997).

Türkiye karayolu ağı, 2005 yılı sonu itibarıyla (şehir içi vb. yollar da dahil) toplam 511.121 km' dir (TRACECA, 2008). Bununla birlikte; devlet yolu, bölge yolu ve otoyollardan oluşan toplam karayolu uzunluğu 2008 yılı başlangıcı itibarıyla 63.899 km' ye ulaşmıştır (KGM, 2009). 2006 yılı başlangıcı itibarıyla köy yolları uzunluğunun 285.632 km olduğu bilinmektedir (KHGM, 2009). İl ve köy yolları; geometrik ve fiziki standartlar yönüyle yapılan sınıflandırmaya göre genellikle III. veya IV. sınıf yol olarak inşa edilmektedir. Bu sınıftaki yollarda günlük taşıt sayısı 2.500 – 8.000 taşıt/gün olup kamulaştırma genişliği ise ortalama 15 m' dir (Hasdemir ve Demir, 2000).

Türkiye'de ormanlık alanlarda planlanan yolların toplam alanının (hendek ve platform genişliği toplamının yol uzunluğu ile çarpımı), ormanlık alanın yüzde birinden fazla olamayacağı belirtilmiştir (OGM, 2008b). Buna göre Türkiye'deki B-Tipi tali orman yollarının uzunluğu ortalama 140.000 km olarak dikkate alınabilir. Orman yolu platform genişliği 4 m ve hendek genişliği 1 m olmak üzere toplam 5 m'lik yol genişliğinden bahsedilebilir. Bu verilerle ortalama 70.000 ha'lık orman alanının yollardan dolayı kaybolduğu ve bunun toplam ormanlık alanının yaklaşık % 0,3' üne karşılık geldiği hesaplanmıştır.

Ancak, inşaat alanı genişliği ortalama 20 m olarak alınırsa yol inşaatından dolayı değişime uğrayan alan, toplam ormanlık alanın yaklaşık %1,2' sine karşılık gelir. Öte yandan; 155.206 km' lik orman yol uzunluğu ile birlikte Türkiye' de yaklaşık toplam 505.307 km uzunluğunda karayolu ağı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu miktarın tamamında ortalama 15 m' lik inşaat alan genişliğinin olduğu ve Ülkemizin toplam karasal alanının yaklaşık 770.760 km<sup>2</sup> (TRACECA, 2008) olduğu dikkate alındığında yol koridorunun toplam ülke alanının % 1' ini kapladığı hesaplanmıştır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde de bu değer aynı olduğu belirtilmektedir (Forman ve Alexander, 1998).

Öte yandan, yol ağının ve araç trafiğinin ekolojik etki zonu; trafik yoğunluğuna ve araç hızına bağlıdır. Örneğin; ortalama araç hızının 120 km/sa ve trafik yoğunluğunun 10.000 araç/gün olduğu ağaçlık alanlarda yol etki mesafesi yoldan içeri doğru 305 m; araç hızının aynı olduğu ağaçlık alanlarda trafik yoğunluğunun 50.000 araç/gün olması halinde 810 m etki mesafesi belirlenmiştir (Reijnen vd., 1996). Türkiye'de çok amaçlı fonksiyonel orman amenajman planlaması yaklaşımıyla ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonlara göre işletilen ve ortalama yol yoğunluğunun 11,24 m/ha olduğu, 18.968 ha büyüklüğündeki bir planlama biriminde (Melli Orman İşletmesi, Bucak Orman İşletme Müdürlüğü, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü) yol etki zonu genişliği tek taraflı 250 m alındığında

toplam alanın % 42' sinin yol ağından doğrudan yada dolaylı olarak etkilenebileceği belirlenmiştir.

Yol inşaatı esnasında kazı şevleri ve civarındaki üst toprak uzaklaştırıldığından ve dolgu şevi tarafında da toprak sıkıştırıldığından yol kenarlarının ağaçlandırılmasında güçlükler yaşanmaktadır. Çünkü yol inşaatları sırasında civardaki toprağın fiziksel özellikleri (derinliği, yoğunluğu, infiltrasyon kapasitesi, su tutma kapasitesi, vb) değişmekte, besin maddeleri kaybı artmakta ve toprak sıkışması meydana gelmektedir (Swanson vd., 1981). Bu bilgilere bağlı olarak yolların ekolojik etkilerinin zamanla anlamlı ekonomik etkilere dönüşebileceği sonucuna ulaşmak mümkündür. Zira % 50 yamaç eğimine sahip bir orman arazisinde platform ve hendek genişliği toplamı 5 m olan yol inşaatının enine kesitinde, dolgu şevinin yaklaşık % 67 eğime ulaştığı hesaplanmıştır. Dolayısıyla hem kazı hem de dolgu şevlerinde doğal arazi eğiminin değişmesi sonucu yağmur suları ve yüzeysel akış sularının akış hızı, yönü ve miktarları da değişecek, yerçekimi etkisiyle ince sediment ve toprak akışı artacak ve erozyon oluşma riski artacaktır. Nitekim yol, havza ve iklim verilerinden yararlanılarak oluşturulan modellerde, yol şevlerinde eğime bağlı olarak sediment miktarının arttığı belirtilmiştir (Akay vd., 2007).

Bununla birlikte, yol yoğunluğu ve yol etki zonunun artması biyoçeşitlilik ve doğal hayatı koruma üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir (Forman ve Collinge, 1996). Bu yüzden yol yoğunluğu arazi bütünlüğünün ekolojik analizinde ve arazi üzerindeki konumsal desenin açıklanmasında aydınlatıcı bir göstergedir ve orman kaynaklarının ekolojik sürdürülebilirliğinin ölçülmesine de yarayabilir. Yol yoğunluğunun olumsuz etkileri; yol genişliğine, yolun tipine, trafik yoğunluğuna, ağ bağlantısına ve iç alanlara ulaşımı sağlayan irtibat yollarının sıklığına karşı duyarlıdır. Türkiye için genel yol yoğunluğu değeri; 6,55 m/ha olarak hesaplanmıştır. Orman içi mevcut yolların yoğunluğu bozuk orman alanları için 9.24 m/ha, tam kapalı verimli ormanlar için ise 20 m/ha' dır (OGM, 2008b). Ekolojik fonksiyona ayrılmış orman arazisinde, yol ağının etkileri dikkate alınarak yol yoğunluğunun düşük tutulması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Öte yandan, üretim ormanlarında da yol ağının ekolojik etkileri, farklı ölçekte de olsa ortaya çıkacağından, yol yoğunluğu oranının belirlenmesinde; teknik ve ekonomik ölçütler yanında potansiyel ekolojik etkiler de dikkate alınmak zorundadır.

Türkiye'de, otomobil (% 49,4), kamyonet (% 15), traktör (% 9,9), kamyon (% 5,4), minibüs (% 2,8) ve otobüsten (% 1,4) oluşan trafikteki toplam araç sayısı 2008 yılı Kasım ayı sonu itibariyle 13.741.427 adettir. Öte yandan, 2008 yılı sonu verilerine göre Türkiye nüfusu 71.517.100 kişi olup bu miktarın % 25'i kırsal kesimde yaşamaktadır (TÜİK, 2009).

Türkiye nüfusu ve toplam araç sayısı dikkate alındığında; 71,5 milyon nüfus için toplam 13,7 milyon adet araç ve yaklaşık 500.000 km karayolu bulunmaktadır. Türkiye geneli için kişi başına araç sayısı yaklaşık 0,2; kilometre başına araç sayısı yaklaşık 27 adettir. Öte yandan Türkiye nüfusunun % 25' i köylerde (kırsal alanda) yaşamaktadır. Buna göre de 17.905.377 kişi 285.632 km uzunluğundaki köy yollarını kullanmaktadır. İstatistiklere bağlı olarak ortaya çıkan bu rakamların

kullanılmasıyla kırsal alandaki 1 km yola yaklaşık 13 araç ve 63 kişi düşmektedir. Aynı şekilde, orman içi ve bitişiğinde yaşayan yaklaşık 7 milyon kişi ve 155.806 km orman yolu üzerinden yapılan hesaplamada, 1 km orman yolu başına 9 aracın ve 45 kişinin düştüğünü söylemek mümkündür. Orman yol uzunluğunun, toplam karayolları uzunluğuna olan oranı ise 0,31' dir. Bu sonuçlar bağlamında, yolların potansiyel birikimli etkilerinin ve özellikle araç trafiğinin hayvan ve bitki popülasyonları ile akarsu kaynakları üzerinde etkili olabileceğini söylemek mümkündür.

Elde edilen bu sonuçlara ve yolların potansiyel ekolojik etkilerine göre; kırsal alanda yer alan kara ve su ekosistemlerinin yol ağının olumsuz etkilerine maruz kalmama ihtimali çok zayıftır. Çünkü her yıl en azından 1.000 - 1.400 km uzunluğunda tali orman yolu inşa edilmekte yada bakım ve onarımı yapılmaktadır. İnşaat sırasında meydana gelebilecek çevresel zararların etkilerini azaltmak için önlemler (örneğin; ekskavatör kullanımı) yaygınlaşsa da arazi örtüsünün kaldırılması ve doğal yamaç eğiminin değiştirilmesi sonucu ekosistemin hem abiyotik hem de biyotik bileşenleri üzerinde çeşitli düzeylerde etkiler oluşabilmektedir.

Yolların sahip olduğu ve yukarıda sıralanan potansiyel ekolojik etkilerin Ülkemiz orman yol ağı için de geçerli olabileceğini söylemek mümkündür. Nitekim, 292 Sayılı Tebliğde, orman yollarının; alan ve servet kaybı, orman hastalıkları riski, sediment ve erozyon oluşumu, doğal süreçlerin kesintiye uğraması, ulaşımına bağlı insan baskısı gibi olumsuz etkilerine işaret edilmiştir (OGM, 2008a).

Yeni yolların yapılması, ormanlık alanların önce bozuk ormanlara dönüşmesine sonra da farklı sınıfta arazi kullanımlarına neden olabilmektedir (Dale vd., 1994). Nihayetinde, orman yol ağı, arazi konumsal bütünlüğünü bozarak bütünsel poligonların; ortalama alan büyüklüklerini, parçalanma oranlarını ve poligon şekillerini değiştirebilmektedir (Eker ve Çoban, 2008). Orman yol ağı hem arazi bütünlüğünün konumsal desenini hem de yatay doğal süreçleri kesintiye uğratmakta ve biyoçeşitliliği azaltmaktadır (Li vd, 1993). Bununla birlikte Türkiye'de orman yollarının çoğunluğu, ekolojik yaklaşımın önem kazanmasından (1994 Rio Sözleşmesi) önce planlanmış ve yapılmıştır. Nitekim 1994 yılı sonuna kadar yaklaşık 120.000 km orman yolu inşa edilmiştir (Erdaş, 1997). Bu bakımdan, günümüzde çevre koruma bilincinin artması ve bu yönde ormanlara yapılan müdahalelerin çevresel açıdan uygunluğunun sorgulanması çerçevesinde, yol ağının ekosistemler üzerindeki ekolojik etkileri göz önünde bulundurulmak zorundadır.

## 5. ÖNERİLER

Yolların ekolojik etkilerinin önlenmesi veya azaltılması için öncelikle politika düzeyinde çevresel önlemler alınmalıdır. Amortisman süresini dolduran ve hala kullanımda olan orman yolları; ekolojik etkiler açısından yeniden değerlendirilmek durumundadır. Bu değerlendirmenin yapılabilmesi için yukarıda işaret edilen ekolojik etkilere göre ölçüt ve gösterge setlerinin türetilmesi ve gündemde olan

Sürdürülebilir Orman Yönetimi (SOY) anlayışı içinde ele alınması mümkündür. Öncelikle, korunan alanlarda yapılan ve yapılacak olan yollar için ekolojik (çevresel) etki değerlendirmesinin ve yaşam döngüsü analizlerinin yapılması gereklidir. Böylelikle, olumsuz ekolojik etkilerin çok yüksek olduğu yollar ya onarımlarla çevreye uyumlu hale getirilebilir yada kullanıma kapatılabilir. Yeni yol yapılacak alanlarda, yol yoğunluğunun kararlaştırılmasında, alanların hangi fonksiyonu sağladığına dikkate edilmeli ve konumsal desen buna göre düzenlenmelidir.

#### KAYNAKLAR

- Acar, H.H., Şentürk, N., 1996. Dağlık arazide orman yollarının planlanması ve üretim çalışmalarının orman ekosistemi üzerine olan etkileri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri:B, Cilt 43, Sayı 1-2, s. 103-111.
- Acar, H.H.; Eker, M., 2001. Excavator using for the forest road construction at steep terrain ve its case in Turkey. Proceedings of The Third Balkan Scientific Conference, 2-6 October, Volume IV, Sofia, Bulgaria, p. 257 – 268.
- Akay, A.E., Erdas, O., Yüksel, A., Bozali, N., Gündogan, R., Öztürk, T., 2007. Bilgisayar destekli orman yolu planlama modeli. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon
- Akkuzu, E., Eroğlu, H., Sonmez, T., Yolasıgımaz, H.A., Sariyıldız, T., 2009. Effects of forest roads on foliage discoloration of oriental spruce by *Ips typographus* (L.), African Journal of Agricultural Research 4 (5): 468-473.
- Angelsen, A., Kaimowitz, D., 1999. Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. The World Bank Research Observer 14:73-98.
- Arcak B. 2008. Orman yolu inşaatında dolgu ve inşaat etki alanlarının uzaktan algılama verileri ile belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Canaday, C., 1996. Loss of insectivorous birds along a gradient of human impact in Amazonia. Biological Conservation 77, 63–77.
- Crist, M.R., Wilmer, B., 2002. Roadless areas: the missing link in conservation. an analysis of biodiversity and lanscape Connectivity in the Northern Rockies. The Wilderness Society, Washington, DC.
- Carr , L.W., Fahrig, L., Pope, S.E., 2002. Impacts of landscape transformation by roads. In:Gutzwiller, K.J. (Eds.), Applying Landscape Ecology in Biological Conservation, Springer-Verlag, New York, pp. 225-243.
- Coffin, A.W., 2007. From roadkill to road ecology:a review of the ecological effects of roads. Journal of Transport Geography 15:396-406.
- Dale, V. H., H. Offerman, R. Frohn, and R. H. Gardner. 1994. Landscape characterisation and biodiversity research. Pages 47–66 in T. J. B. Boyle and B. Boontawee, (Eds.), Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forests. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia.
- Develey, P.F., Stouffer, P.C., 2001. Effects of roads on movements by understory birds in mixed-species flocks in central Amazonian Brazil. Conservation Biology 15, 1416–1422.
- Dodd Jr., C.K., Barichivich, W.J., Smith, L.L., 2004. Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. Biological Conservation 118, 619–631.
- Eaglin, G.S., Hubert, W.A. 1993. Effects of logging and roads on substrate and trout in streams of the Medicine Bow National Forest, Wyoming. North American Journal of Fisheries Management 13(4):844-846.

## ORMAN YOLLARININ POTANSİYEL EKOLOJİK ETKİLERİ

- Eker, M., Acar, H.H., 2005. Orman yolları ve üretim faaliyetlerinde çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik bazı uygulama önlemleri. I. Çevre ve Ormanlık Şurası, 21-24 Mart 2005, Antalya, Tebliğler Kitabı, Cilt-II, s.381-389.
- Eker, M., Acar, H.H., 2006. Ormanlıkta odun hammaddesi üretiminde yıllık operasyonel planlama modelinin geliştirilmesi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(2), 235-248. Isparta
- Eker, M., Çoban, H.O., 2008. Impacts of forest road network on the landscape spatial structure of a multifunctional forest planning unit. Journal of Environmental Biology, (In progress)
- Erdaş, O., 1997. Orman Yolları – Cilt:I, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları No:187/25, 391 s., Trabzon
- Forman, R.T.T. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. Landscape Ecology 10(3):133-142.
- Forman, R.T.T., Collinge, S.K. 1996. The 'spatial solution' to conserving biodiversity in landscape regions. In: DeGraaf, R.M.; Miller, R.L., (Eds.), Conservation of faunal diversity in forested landscapes. London: Chapman & Hall: 537-568.
- Forman, R.T.T.; Hersperger, A.M. 1996. Road ecology and road density in different landscapes, with international planning and mitigation solutions. In: Evink, G.; Garrett, P.; Berry, J. (Eds.), Proceedings, transportation and wildlife: reducing wildlife mortality and improving wildlife passageways across transportation corridors, Florida Department of Transportation/ Federal Highway Administration transportation-related wildlife mortality seminar, April 3-May 2, 1996, Orlando, FL. 1-23.
- Forman, R.T.T.; Friedman, D.S.; Fitzhenry, D.; Martin, J.D.; Chen, A.S.; Alexander, L.E. 1997. Ecological effects of roads: toward three summary indices and an overview for North America. In: Canters, K.; Piepers, A.; Hendriks-Heersma, D., (Eds.), Proceedings of the international conference "Habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering", 17-21 September 1995, Maastricht—The Hague, The Netherlands. Delft, The Netherlands: Ministry of Transport, Public Works and Water Management: 40-54.
- Forman, R.T.T., 1998. Road ecology: a solution for the giant embracing us. Landscape Ecology 13, III–V.
- Forman, R.T.T., Alexander, L.E., 1998. Roads and their major ecological effects. Annu. Rev. Ecol. Syst. 29 : 207-231
- Forman, R.T.T., Deblinger, R.D., 2000. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. Conservation Biology 14, 36–46.
- Godefroid, S., Koedam, N., 2004. The impact of forest paths upon adjacent vegetation: effects of the path surfacing material on the species composition and soil compaction. Biological Conservation 119, 405–419.
- Görcelioğlu, E., 2004. Orman yolları-erozyon ilişkisi. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No:4460/476, 184 s., İst
- Gucinski, H., Brooks, M. H., Furniss, M. J., Ziemer, R. R., 2000. Forest roads: a synthesis of scientific information. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report PNW-GTR-509, Portland, Oregon
- Gümüş, S., Acar, H.H., 2005. Orman yollarının planlanmasında çevre etki değerlendirmesi imkanları. I. Çevre ve Ormanlık Şurası, Mart 2005-Antalya, Çevre ve Orman Bakanlığı, Tebliğler Kitabı, Cilt-1, s.259-266
- Hasdemir, M., Demir, M., 2000. Türkiye' de orman yollarını karayollarından ayıran özellikler ve bu yolların sınıflandırılması. İ.Ü. Orman Fakültesi, Seri B, Cilt 50, Sayı 2, s.85-97.
- Hawbaker, T.J., Radeloff V.C, 2004. Roads and landscape pattern in northern wisconsin based on a comparison of four road data sources. Conservation Biology, 18 (5), 1233–1244.
- Kerley, L.L., Goodrich, J.M., Miquelle, D.G., Smirnov, E.N., Quigley, H.B., Hornocker, M.G., 2002. Effects of roads and human disturbance on Amur tigers. Conservation Biology 16, 97–108.
- KGM, 2009. İstatistikler, Karayolları Genel Müdürlüğü, www.kgm.gov.tr, Erişim Tarihi: Şubat 2009

- KHGM, 2009. Genel Envanter Özeti, Köy Yolları Envanteri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, [http://www.khgm.gov.tr/ENVANTER/EN\\_GENEL.HTM](http://www.khgm.gov.tr/ENVANTER/EN_GENEL.HTM), Erişim Tarihi: Şubat 2008
- Li, H., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Spies, T.A., 1993. Developing alternative forest cutting patterns: a simulation approach. *Landsc. Ecol.* 8, 63–75.
- Mader, H.J., Schell, C., Kornacker, P., 1990. Linear barriers to arthropod movements in the landscape. *Biological conservation* 54: 209-222.
- McGurk, B.J.; Fong, D.R. 1995. Equivalent roaded area as a measure of cumulative effect of logging. *Environmental Management* 19(4):609-621.
- Mech, L.D., Harris, S.H., Radde, G.L., Paul, W.J., 1988. Wolf distribution and road density in Minnesota. *Wildlife Society Bulletin* 16, 85–87.
- Mech, L.D., 1989. Wolf population survival in an area of high road density. *Am. Midl. Nat.*, 121, 387-389.
- Megahan, W.F., 1988. Effects of forest roads on watershed function in mountainous areas. In: Balasubramaniam, [and others] eds. *Symposium on environmental geotechnics and problematic soils and rocks, proceedings*, Bangkok. Rotterdam, The Netherlands; Brookfield, VT: A.A. Balkema: 335-348.
- Miller, J.R.; Joyce, L.A.; Knight, R.L.; King, R.M. 1996. Forest roads and landscape structure in the southern Rocky Mountains. *Landscape Ecology* 11(2):115-127.
- Noss, R., 2002. The ecological effects of roads, Wildlands Center for Preventing Roads, <http://www.eco-action.org/dt/roads.html>, Erişim Tarihi: Kasım 2008
- OGM, 2008a. Orman yolları planlaması, yapımı ve bakımı, Tebliğ No: 292, Orman Genel Müdürlüğü, 338 s. Ank.
- OGM, 2008b. 2003-2007 Çalışma döneminin değerlendirilmesi, Orman Genel Müdürlüğü, 100 s.
- Reed, R.A.; Johnson-Barnard, J.; Baker, W.L. 1996. Contribution of roads to forest fragmentation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology* 10(4):1098-1106.
- Reijnen, R., Foppen R., Meeuwssen, H., 1996. The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. *Biological Conservation*, 75, 255-260.
- Ries, L., Fletcher, R.J., Battin, J., Sisk, T.D., 2004. Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models and variability explained. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35, 491–522.
- Riitters, K.H., Wickham, J.D., 2003. How far to the nearest road? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1, 125–129.
- Saunders D.A., Hobbs, R.J., 1991. *Nature Conservation - 2: The Role of Corridors*. Chipping Norton, Australia: Surrey Beatty.
- Saunders, S.C., Mislivets, M.R., Chena J., Cleland D.T., 2002. Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the Northern Great Lakes Region-USA. *Biological Conservation*, 103, 209–225.
- Seiler, A., Eriksson, IM., 1997. New Approaches for ecological consideration in Swedish Road Planning, In: Canters, K. et al., (Eds.) *Proceedings of the International Conference on Habitat Fragmentation, Infrastructure and the Role of Ecological Engineering*, Maastricht&DenHauge, Netherlands, pp. 253-264
- Stritholt, J.R., DellaSala, D.A., 2001. Importance of roadless areas in biodiversity conservation in forested ecosystems: case study of the Klamath-Siskiyou Ecoregion of the United States. *Conservation Biology* 15, 1742–1754.
- Spellerberg, I.F., 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 7(5), 317-333.
- Swanson, F.J.; Swanson, M.M.; Woods, C. 1981. Analysis of debris-avalanche erosion in step forest lands: an example from Mapleton, Oregon, USA. In: Davies, T.R.H.; and Pearce, A.J., (Eds.),



## ORMAN YOLLARININ POTANSİYEL EKOLOJİK ETKİLERİ

- Erosion and sediment transport in Pacific Rim steeplands. Symposium. IAHS-AISH Publication 132. Washington, DC: International Association of Hydrologic Sciences: 67-75.
- Switalski, T.A., Bissonette, J.A., DeLuce, T.H., Luce, C.H., Madej, M.A., 2004. Benefits and impacts of road removal, *Frontiers in Ecology and the Environment* 2(1):21-28.
- Tunay M., Melemez K. 2004. Dik eğimli arazide orman yol inşaatının çevresel etkileri. *Ekoloji*, 13: 52, 33-37.
- Turner, M.G., Gardner, R.H., O'Neill, R.V., 2001. *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer, New York.
- TRACECA, 2008. Türkiye Karayolu Ulaştırma Sistemi, TRACECA Türkiye Ulusal Sekreterliği, <http://www.traceca.org.tr/tra/menu-ulkeler/turkiye>, Erişim tarihi: Aralık 2008
- Trombulak, S.C., Frissell, C.A., 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14:18-30.
- TÜİK, 2009. İstatistikler, Türkiye İstatistik Kurumu, [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr), Erişim tarihi: Şubat 2009
- Wisdom, M.J., Holthausen, R.S.; Wales, B. K. 2000. Source habitats for terrestrial vertebrates of focus in the interior Columbia basin: Broad-scale trends and management implications. General Technical Report, PNW GTR-485. Portland, OR: USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station.