

ULAŞTIRMA SİSTEMLERİNİN ÇEVRESEL BOYUTU

Zübeyde ÖZTÜRK

İTÜ İnşaat Fak. Ulaştırma Anabilim Dalı
80626 Maslak/İstanbul

ÖZET

Ulaştırma türlerinin çevreye birçok olumsuz etkisi bulunmakla birlikte çalışmanın konusunu kazalar, gürültü, hava kirliliği ve iklim değişikliği oluşturmaktadır. Çalışmada, önce karayolu, demiryolu, havayolu ve iç su yolu çevre etkileri açılarından genel olarak incelenmektedir. Avrupa ülkelerinde Uluslar arası Demiryolları Birliği adına yapılan çevresel etkilerin maliyetlerini (dışsal maliyetler) belirleme çalışmalarının sonuçları üzerinde durulmaktadır. Ayrıca 17 Avrupa ülkesi için elde edilen ortalama birim maliyetlerden yararlanarak ülkemizde ulaşımdan kaynaklanan yıllık dışsal maliyetler hesaplanmaktadır.

1.GİRİŞ

Tüm ulaştırma sistemlerinin toplum ve insan için sağladıkları faydaların yanı sıra az ya da çok zararlı etkilerinin de bulunduğu herkesin kabul ettiği bir gerçektir. Ancak ulaştırma türlerinin çevreye ve insana verdikleri zararlar farklı boyutlarda ve farklı özelliklerdedir. Karayolu, demiryolu, hava yolu, iç su yolu gibi türlerin ekolojik sistemi ve ekolojik dengeyi etkilemesi kaçınılmazdır.

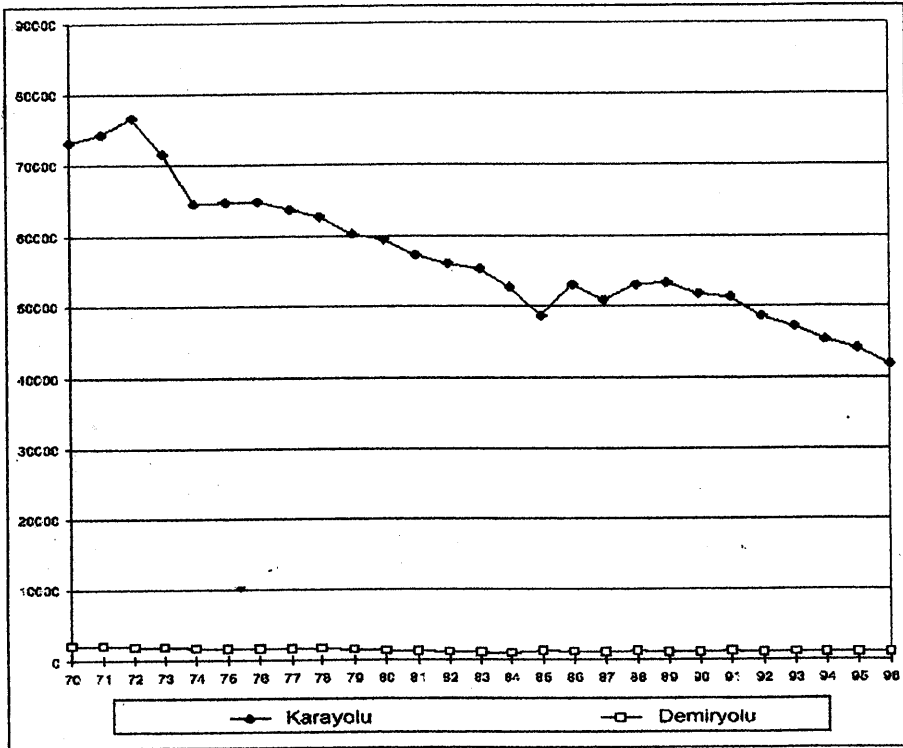
Ekolojik sistem; belirli özelliklere sahip bir yetişme-yaşama ortamında belirli canlı toplumlarından oluşmuş bir yaşama birliğinde, kendi içinde ve çevresi ile dinamik ve dengeli bir düzen ile madde ve enerji dönüşümlerinin devam ettiği bir varoluştur. Ekolojik sistemin çevresi ile tüm ilişkileri devamlı olup, ortam ve canlılar arasındaki denge varoluşun devamlılığını sağlar ve buna ekolojik denge denir. Ekolojik dengeyi etkileyen ve kısmen bozan birçok faktör bulunmakta olup, bunların başında önemli iklim değişikliklerini meydana getiren etkenler, doğal ortam oluşturan arazilerin ve buna bağlı olarak canlıların yok edilmesi

gibi olaylar gelmektedir,'Kantarıcı' (1994). Ulaştırma sistemlerinin de yapımı sırasında doğal arazilerin tüketilmesi ve bölünmesi, işletimi sırasında meydana gelen kazalar, hava ve gürültü kirliliği oluşturmaları ve oluşan CO₂ nedeniyle iklim değişiminin meydana gelmesi söz konusu olduğu için ekolojik dengeye ve bu denge içinde yer alan insana olumsuz etkileri bulunmaktadır. Sayılan bu etkiler ulaştırma türlerine göre farklılık göstermektedir.

2. ULAŞTIRMA TÜRLERİ BAZINDA GENEL İNCELEME

2.1. Karayolu Ulaşımı

Ulaştırma türleri içinde çevresel etkiler açısından en elverişsiz sistemdir. Karayolu trafik kazaları diğer sistemlerle karşılaştırılamayacak derecede önemlidir. Avrupa Birliğinin 15 üye ülkesinde ortalama günlük ölüm 123, yıllık 45000 dolayındadır. Bunun yanı sıra 1.6 milyon insan trafik kazaları sonucu yaralanmıştır. Ölümün 1970 den beri azalma göstermesi sevindirici olmasına rağmen bu yük oldukça fazladır. İstatistiklere göre bu ülkelerde kazalar nedeniyle polis, acil yardım, tıbbi müdahale ve diğer maddi zararların yıllık toplam maliyeti 15 milyar ECU dur. Diğer bir deyişle 45000 kişinin ölümü ekonomiye 45milyar ECU direk zarar vermektedir. Şekil 1 de 1970-1996 yılları arasında AB Ülkeleri'nde trafik kazalarında meydana gelen ölüm olayları görülmektedir.



Şekil 1. AB Ülkelerinde 1970-1996 Arasında Ölüm Sayıları

Kazaları azaltmak için eğitime büyük önem verilmeli, trafik kuralları, emniyet kemeri takma, alkolü araç kullanmama üzerinde önemle durulmalı, sıkı trafik kuralları uygulanmalıdır. Taşıtlardaki güvenlik sistemlerinin daha da geliştirilmesi kazalar sonucu oluşan zararların en aza indirgenmesinde önemli bir rol teşkil eder.

Karayolunda gürültü ve hava kirliliği de önemli seviyelerdedir. Taşıtların şehir içindeki düşük hızda ve ivmeli hareketlerindeki motor, aktarma organları ve egzoz sistemi gürültüleri en önemli gürültü kaynaklarını oluştururken, yüksek hızlı otoyollardaki trafikte lastik-yol etkileşiminden kaynaklanan gürültü en yüksek gürültü emisyonunu oluşturmaktadır. Karayolunda trafiğin devam süresinin fazla olması, araçların düzensiz seyretmesi, araç gürültülerinin homojen olmayışı gürültüyü ve insanda oluşturduğu rahatsızlık hissini olumsuz yönde etkilemektedir. Genel olarak, dizel motorlu çok büyük kamyonlar hariç tüm taşıtlarda 100 km/saat ve üzerindeki hızlarda lastik-yol gürültüsü en etkin kaynaktır. Modern küçük taşıtlar için bu değer 60 km/saat seviyesine kadar düşmektedir. Islak zeminde ise aynı lastik gürültüsü daha düşük hızlarda oluşmaktadır. Lastik-yol gürültüsü taşıtların iç gürültü seviyesi ve sürüş konforu üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir. Taşıt iç gürültü seviyesini esas olarak lastikler, süspansiyon ve aktarma organlarının her birinin gürültü seviyelerini azaltmalarının yanı sıra, bu üçünün doğal frekanslarının da farklı aralıklarda bulunmaları sağlanmalıdır.

En önemli çevre kirliliğini karayolu ulaşımı meydana getirmektedir. İstatistiklere göre yılda en çok yol yapan araçlar otomobiller, en çok yolcu taşıyan araçlar ise otobüslerdir. Bu yüzden otomobillerde yolcu-km ye düşen yakıt tüketimi ve meydana gelen hava kirliliği diğer karayolu araçlarından daha fazladır. Ekonomik faktörlerin yanı sıra, çevre kirliliğine neden olan kirletici emisyonların ve sera etkisine neden olan CO₂ emisyonlarının sınırlandırılması amacıyla, taşıtların yakıt tüketimlerine kısıtlamalar getirilmektedir. 1960 lardan günümüze kadar olan süreç içerisinde, gerek yolcu gerekse yük taşıtlarının yakıt tüketimleri taşıt tipine bağlı olarak %50-300 arasında değişen oranlarda azaltılabilmektedir. Bu gelişmeye 1970 lerde başlayan enerji krizine bağlı olarak hızlı bir artış sürecine giren petrol fiyatları neden olmuştur. Taşıtların yakıt tüketiminin azaltılması için üzerinde çalışılan teknolojik alanlar; taşıt boyutunun ve kütlesinin azaltılması, motor performansının iyileştirilmesi, lastik performansının iyileştirilmesi, aerodinamik form, transmisyon-motor uyumudur.

Karayolunda yaygın şekilde benzin, düşük oranda da dizel yakıt kullanılmaktadır. Egzoz emisyonu bileşimi dizel ve benzin motorlarında farklıdır. Herhangi bir önlem alınmamış dizel motoru benzin motorunda oluşan CO, HC (VOC) gibi zararlı gazları daha az içerdigi için, daha az çevre kirliliği yaratmaktadır. Gerekli önlemler alındığında, çevre kirliliği benzin motorlarında daha etkili bir şekilde azaltılabilmektedir. Bu nedenle taşıt araçlarındaki çevre kirliliği önleme çalışmaları, daha çok benzin motorlu araçlarda yoğunlaştırılmıştır.

Tablo 1. Taşıt Kategorilerine Göre Emisyonlar (g/km)

	Benzin tük. Lt/100km	NO _x	VOC	CO ₂	SO ₂	CO	Parça
Otomobil	9.0	1.8	2.0	208	0.03	13	0
Kat.lü oto	9.0	0.4	0.3	208	0.03	2.8	0
Dizel taşıt	7.5	0.7	0.1	195	0.2	0.7	0.10
Motobis.	4.0	0.2	3.5	92	0.02	17	0
Yük taşıtı	21.1	6.1	1.28	540	0.56	4.56	0.46
Otobüs	35.0	13.0	2.0	908	1.1	3.5	1.00

Taşıtların hareketi sırasında meydana gelen kirleticilerin yanı sıra yakıtın yanabilmesi için tüketilen oksijen miktarı da dikkate alınmalıdır. Çünkü bir litre yakıtın yanması sırasında 10 kişinin birer günlük oksijen gereksinimine denk oksijen tüketilmektedir.

Taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonunun sınırlandırılmasına ilişkin standartlarda halen tanımlanmamış olan, ancak çevre üzerinde olumsuz etkileri bulunan maddelerden biri de CO₂ tir. CO₂ doğrudan insan ve çevre sağlığı üzerinde zararlı etkilere sahip değildir. Ancak yanma sonucu üretilen CO₂'in yaklaşık %50 kadarı atmosfer tabakasında birikerek 'sera etkisi' sonucunda sıcaklık artışına neden olmakta ve dünya iklimini olumsuz etkilemektedir. Özellikle benzinli motorlar dizellilere oranla daha büyük bir CO₂ kaynağıdır. Ancak yakıtların değerlendirilmesinde yakıtın üretim ve yanması sırasında ortaya çıkan toplam CO₂ miktarları dikkate alınmalıdır. Fosil yakıtların kullanılması, ormanların tahrip edilmesi geçen 100 yılda sıcaklığın yaklaşık 0.6 °C artmasına neden olmuştur. Gelecek yüzyılda ise beklenen sıcaklık 1-3 °C dir. Beklenen bu artış insanoğlunun yerleşik düzene geçişinden beri yani yaklaşık 10000 yıllık artıştan daha fazladır. Stratosferde ozon azalması ve sera gazı birikimi küresel iklim değişimine neden olmaktadır. İklim değişimi ekolojik dengeyi bozmakta ve toplum sağlığını etkilemektedir. Ayrıca su kaynakları ve tarım ürünleri üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. İklim değişikliğinden kaynaklanan kuraklık, sel gibi olaylar, bitki hastalıkları ve haşereler risk faktörleri arasındadır. Günümüz iklim koşullarıyla taze su birçok yönden kirlenmekte, deniz seviyesinin yükselmesi nedeniyle de tuzlu su ile karışmaktadır.

2.2. Demiryolu Ulaşımı

Demiryolu karayoluna göre daha emniyetli bir ulaştırma türüdür. Özellikle yüksek hızlı demiryollarında yok denecek düzeyde kaza söz konusudur. İşletmeye açıldığı günden bugüne Japonların Tokaido- Şinkansen hattında 3 milyar yolcu taşınmıştır. Bu süre içinde ciddi bir yaralanma veya ölümle sonuçlanan bir kaza meydana gelmemiştir. Fransız TGV hattında ve Alman yüksek hızlı demiryolu hatlarında sonuçları fazla önemli olmayan birer kaza meydana gelmiştir. Bu örnekler demiryolunun karadaki alternatifi olan karayoluna göre ne kadar güvenlik unsuru yüksek bir sistem olduğunu kanıtlar niteliktedir.

Demiryolu gürültüsü kesikli gürültü tipine girip, zamana bağlı gürültü diyagramında sivri uçlar oluşturur. Bu tip gürültünün devamlılığı düşüktür, uykuda duyulan rahatsızlık azdır, haberleşme ve konuşma zorluğu fazladır. Tren seyirleri daha uzun bir aralık ve sessizlik vardır, bu nedenle uzun seyir aralıkları demiryolunda bir miktar dinlenme olanağı sağlar. Karayolunda gürültü yayılması benzer tipteki taşıtlarda ve eşit hızlarda bile motorun dönme sayısına bağlı olarak değişirken, demiryolunda benzer tip taşıtlar ve yakın hızlarda gürültü hemen hemen aynıdır. Karayolunda özel araçlar düzensiz seyrederek, seyirleri önceden tahmin edilemez. Buna karşın demiryolunda seyir planına uygun ve düzenli bir seyir şekli vardır. Yapılan araştırmalar bu tür gürültünün uykuyu bölmediğini ve böyle bir gürültü bölgesinde yerleşimlerin olabildiğini göstermiştir.

Demiryolu gürültüsünün de karayolunda olduğu gibi önemli kısmı sürtünmeyle meydana gelir. Tekerlek ve rayın temas bölgesinde üst yüzey pürüzlülüğü, kaymaların oluşması ve burulma titreşimi nedenleriyle sürtünme gürültüsü meydana gelmektedir. Meydana gelen sesin yayılması ise raylar, tekerlek bandajı, tekerlek diski ve işletim sistemiyle olmaktadır. Bir kısım titreşim taşıtın gövdesel sesini oluşturan vagon kasası ve diğer titreşimleri etkiler. Ayrıca hava hareketleri, çarpımlar ve aşınmalar yolu ile de gürültü oluşur, frenleme sisteminin gürültü üzerinde rolü söz konusudur. Gürültü üzerinde taşıt özellikleri kadar yol özelliklerinin de etkisi vardır. Yolun yarmada ya da dolguda olması, sanat yapıları, üst

yapının türü etkili olmaktadır. Balastlı üst yapıda balast tabakası arasında bulunan boşluklar nedeniyle sesi absorbe etmekte ve yansıtıcı yüzey oluşturmayarak gürültü seviyesinin azalmasına neden olmaktadır. Balastsız üst yapıda ise hem rayın hem traversin altına özel yastıklar konularak gürültünün asıl kaynağını oluşturan 30-250Hz aralığındaki frekansa sahip titreşimlerin yüksek oranda filtrasyonu gerçekleşir. Beton travers blokları altına hava kabarcıklı elastomer yastıklar yerleştirilmiştir. Nitrojenle şişirilen küçük kabarcıklar içeren hücreli elastomer yastık balastın görevini yapar, düşük frekanslı titreşimleri absorbe eder. Ray ile travers arasına da elastik kauçuk kılıf içinde mikro hücreli yastık yerleştirilmiştir. Bu ise yüksek frekanslı titreşimleri absorbe eder. Titreşimin çok düşük olması gereken yerlerde örneğin müze yakınından geçen hatlarda ise ya travers altındaki yastığın katılığı belirli bir seviyeye kadar azaltılır, ya da kütlesi artırılır.

Uluslararası Demiryolları Birliğince demiryollarında meydana gelen hava kirliliği ile motor tipinin ilişkileri araştırılmıştır. En uygun emisyon değerlerini ön yanmalı motorların verdiği görülmüştür. CO için en elverişsiz değeri şarj edilemeyen emici motorlar vermektedir. Soğutmalı ve soğutmasız olanlar arasında da çok kesin bir fark belirlenememiştir. Direkt püskürtmeli motorlarda özel önlemlerle emisyon miktarının azaltılması sağlanmaktadır. Elektrikli işletim sırasında hemen hemen hiç kirlileti emisyon oluşmaz, yalnızca santralde elektrik elde edilmesi sırasında oluşan kirlilik söz konusudur. Santral türünün ve yerinin seçimindeki esneklik ise büyük rahatlık sağlamaktadır. Tablo 2 de Avrupa Birliği Ülkelerinde santralden elektrik elde edilmesi sırasında meydana gelen emisyonlar görülmektedir,[UIC].

Tablo 2. Farklı Santrallerde Elektrik Elde Edilirken Meydana Gelen Emisyonlar ($\text{kg}/10^{12}\text{J}$)

Elektik santrali	NO _x	VOC	CO ₂	SO ₂
Ağır yakıt	376.1	24.8	207400	2306
Taş kömürü	680.1	8.3	258300	1493
Linyit kömürü	433	9.1	332050	3114
Gaz	358	13.1	193000	24
Nükleer	0	0	0	0
Hidro-elektrik	0	0	0	0
Diğerleri	0	0	0	0

Dizel lokomotiflerin çalışması sırasında meydana gelen kirlileti emisyonlar ise Tablo 3 de verilmektedir.

Tablo 3. Dizel Lokomotif Emisyonları (g/kg) 1993 yılı

	NO _x	VOC	CO ₂	SO ₂
Dizel lokomotif	50.9	4.6	3510	4.1

2.3. Havayolu Ulaşımı

Hava ulaşımı kazalar açısından oldukça emniyetli bir sistemdir. AB Dünya hava ulaşımının %30'una sahip olmasına rağmen dünyadaki kazaların %10 'u burada olmaktadır. Birlik içindeki standartlar oldukça yüksektir. Ancak bu standartların AB hava alanlarını kullanan diğer ülkelere de uygulanması amaçlanmıştır. Tablo 4 de hava yolunun güvenliliği açıkça görülmektedir.

Tablo 4. AB' de Yıllık Ölüm ve Yaralanma Sayıları

Ulaşım türü	Toplam ölüm	Toplam yaralanma	AB ortalaması ölüm/ milyar yolcu-km
Karayolu (1993)	47800	3300000	13
Demiryolu (1988-1992)	600	1300	2
Havayolu (1994)	18	6	0.5

Havayolunun çevreye etkilerini özellikle hava alanı üzerinde yoğunlaşarak incelemek gerekir. Hava alanlarının çevreye en önemli etkileri gürültü kirliliği ve hava kirliliği olup, diğer etkiler daha düşük boyutlardadır. Gürültü, havaalanı personeli için olduğu kadar, havaalanlarının çevresinde yaşayan insanlar için de ciddi sorun yaratmaktadır. Çalışmakta olan bir uçakta aerodinamik yapıdan ve motor sisteminin çalışmasından kaynaklanan gürültüler oluşabilir. Aerodinamik gürültü; uçak yüzeyini yakalama biçiminden, yüzeylerdeki boşluklara giren havanın değişik etkilerinden, kanat burun ve kuyruk bölgelerine çarpan havadan, iniş sistemleri içine sızan hava hareketlerinden oluşmaktadır. Motor gürültüsü ise egzoz sesinden oluşan gürültü, motorun tam güç çalışması sırasındaki ana gürültü ve titreşim gürültülerinden oluşur. Ayrıca pervaneli uçaklarda pervane gürültüsü de etkilidir. Hava taşıtlarından kaynaklanan gürültünün etkileri; sesin boyutu, süresi, uçakların iniş ve kalkışta izledikleri rotalar, yapılan işlemlerin sayısı ve tipleri, pistin kullanımı, günlük veya mevsimlik değişimler ve meteorolojik koşullar gibi pek çok faktöre bağlıdır. Yolcu uçakları için iniş ve kalkış sırasında belirlenmiş tipik gürültü düzeyleri dB(A) olarak Tablo 5 de yer almaktadır. Verilen değerler uçuş yolunun altında, iniş ve kalkış noktalarından 5 er km uzakta ölçülmüştür, 'Aknesil' (1992).

Tablo5. İniş ve Kalkış Noktalarında Tipik Uçak Gürültü Düzeyleri

Uçak Tipi	İniş		Kalkış	
	Yükseklik (m)	Gürültü dB(A)	Yükseklik (m)	Gürültü dB(A)
Douglas				
DC8	450	99	260	101
DC9	500	94	260	88
DC10	450	92	260	86
Boeing				
707	450	101	260	96
747	280	102	260	90
747 SP	380	97	260	85
727	450	99	260	88
737	500	93	260	84
767	600	85	260	84

Değişik tür uçakların iniş -kalkışta oluşturacağı gürültüler; uçağın türüne, yük durumuna göre değişiklik göstermektedir. Bu değerler üretici firmalar tarafından verilmektedir. Uluslar arası standartlarda yaşanabilecek çevre için gürültü üst sınır değerinin 65 dB den yüksek olmaması belirtilmiştir. Havaalanının bulunduğu bölge A-B-C olmak üzere 3 kısımda incelenir. A Bölgesi (75 dB ve üzeri) yalnızca hava limanı faaliyetine bağlı inşaatlara izin verilmeli, fakat bina içindeki gürültünün 42 dB'i geçmemesi için uygun yalıtım yapılmalıdır. B Bölgesi (70-75 dB) inşaatlar sınırlandırılmalıdır. Tarımla ilgili konut ve üretim binalarına bina içi gürültüsünü yerin türüne göre 35 dB'e kadar indirecek şekilde yalıtım yapılmalıdır. C Bölgesi (65 -70 dB) bu bölgede toplu konut, eğitim yapıları, sağlık yapıları, dinlenme tesisleri ve huzurevi gibi yapılara izin verilmemelidir. Bu bölgede inşaat yapılırsa yalıtım yapılması

zorunlu tutulmalıdır. Bu planlamaların yanı sıra gece uçuşlarının ($22^{00}-7^{00}$ arası) en aza indirilmesi için uçuş planlamaları yapılmalıdır.

Hava kirliliği, havaya yabancı madde ve bileşiklerin karışması ya da mevcut doğal elementlerin konsantrasyonlarında değişiklik meydana gelmesi olarak tanımlanabilir. Havayı kirletici maddelerin üretimi, hava aracı motor tipinin ve aracın işleme tarzının bir fonksiyonudur. Uçağın apronda beklerken, pistte ilerlerken, motor gücünün artırıldığı zamanlarda, inişlerde, kalkışlarda, vb. atmosfere bırakılan kirleticiler detaylı olarak araştırılmalıdır. Atmosfere verilen emisyonların içinde özellikle su buharı ve CO_2 büyük ölçüde yakıt tüketimi ile orantılıdır. Azot oksitler, karbon monoksit, yanmamış hidrokarbonlar ve partikül uçağın motor tipine, uçuş yüksekliğine, harcanan güce ve hıza bağlıdır. Sülfür dioksit miktarı yakıt kalitesi ile ilişkilidir. Tablo 6 uçuş sırasında sesaltı, sesüstü, sesötesi uçaklardan kaynaklanan kirletici emisyonları göstermektedir, 'Ulaştırma Uygar Merkezi' (1996).

Tablo 6. Uçuş Sırasındaki Emisyonlar (gr emisyon/kg yakıt)

Kirletici parametre	Sesaltı	Sesüstü	Sesötesi
NO_x	7-18	10-18	17
CO	3	3	-
HC	0.5	0.5	-
H_2O	1250	1250	8900
CO_2	3220	3220	-
SO_2	1	1	-

Havaalanının inşaatı sırasında bölgenin topografik özelliklerinin değiştirilmesi, bitki örtüsünün tahrip edilmesi bölgenin flora ve faunasını etkilemektedir. Canlılara en az zararın verilmesi için gerekli tüm önlemler alınmalıdır. Ayrıca yapılan kazı ve dolgu işlemleri nedeniyle ortaya çıkabilecek toprak erozyonu, sel, dere yataklarının dolması gibi faktörlerin canlılara olan etkilerine dikkat edilmelidir.

Havaalanlarından kaynaklanan gürültünün en aza indirilmesi amacıyla daha kaynaktan önlem almak, yani daha az gürültü üreten uçakların kullanımı gerekmektedir. Ayrıca uçağın yer hareketlerinin düzenlenmesi de gürültünün azaltılmasına yardımcı olacaktır. Pistlerin yerleri ve konumlarının belirlenmesinde rüzgar, diğer meteorolojik koşullar, çevredeki yerleşim gibi faktörler de dikkate alınarak çevrenin gürültüden etkilenmesi en aza indirilmelidir.

Havaalanlarının işletimi sırasında tehlikeli maddelerin taşınmasından, atık su ve katı atıklardan oluşan kirlilik, ısınma, trafik vb. faaliyetlerden kaynaklanan hava kirlenmesi ekolojik sistemi etkilemektedir.

2.4. Denizyolu-İç Suyolu

Yeryüzünde hayatın kaynağını oluşturan su ve deniz kirlenmesi çevre kirliliğinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Günümüzde deniz kirliliği deniz suyunda oksijen azalmalarına, denizlerde yaşayan canlılarda zehirlenme belirtilerine neden olmakta ve denizdeki canlılar giderek yok olmaktadır. Doğal olmayan deniz kirliliği; Deniz kıyıları boyunca kurulmuş bulunan yerleşme merkezleri ve sanayi tesislerinden, havayolu araçlarından, denizlerde kurulmuş bulunan platform ve boru hatlarından, gemilerden meydana

gelmektedir. Gemilerin neden olduğu kirlilik ise taşıtların işletilmesi sırasında doğal olarak meydana gelen hava kirliliği, su kirliliği, gürültü kirliliği gibi etkilerin dışında kazalar sonucu meydana gelen veya kasta ve bilgisizliğe dayanan kirliliktir. Gemilerden ve diğer deniz araçlarından denizlerin kirletilmesine neden olan maddeler, özellikle uluslar arası sözleşmeler ve deniz kirlenmesini önleme kuralları göz önünde bulundurularak beş başlık altında toplanabilmektedir. Bunlar; petrol, zehirli sıvılar, ambalajlı zararlı maddeler, pis sular, çöplerdir.

Denizlerin taşıtlar tarafından kirletilmesinin önlenmesi problemi beş ana başlık altında ele alınabilir:

- Gemilerde bulunması gereken cihaz ve donanım, işletme talimatnamesi bakımından gemilerin periyodik ve rast gele denetimi, belgelendirilmesi ve izlenmesi,
- Limanların hizmet sunduğu yük türü ile gemi trafiği yoğunluğuna bağlı alma tesislerinin optimum kapasiteleri ve işletme esasları ile ücret tarifelerinin belirlenmesi ve uygulanması,
- Kasıtlı ve bilgisizce kirletme fiillerinin takip ve tespit edilmesi, gemilerin grostonu ile atılan kirletici madde ve atıkların türü ve miktarına göre idari cezaların takdir edilmesi ve uygulanması,
- Kazaya bağlı olarak büyük ölçekli deniz kirlenmelerine karşı acil koruma ve denetim önlemleri için araç-gereç-donanım, etkin bir işbölümü ve görevlendirme, yapılanma organizasyonunun geliştirilmesi ve çalıştırılması,
- Hava ve deniz ortamının etkisiyle su akımına bağlı olarak özellikle belirli koy ve kıyılarda toplanan deniz suyu üstü kirletici maddelerin sürekli toplanması ve denizlerin temizliğinin korunması.

Deniz taşımacılığında Avrupa Komisyonu 1993-2000 yılları için Güvenli Denizler Ortak Politikasını (Common Policy on Safe Seas) yürürlüğe koymuştur. Daha bu günden proje tamamlanmış, bu alandaki birçok sorun çözülmüştür.

Nehirler doğa içinde son derece sınırlı bir yer tuttuğundan doğayı kirletmesi de sınırlıdır. İç sular boyunca yapılan yerleşimler, endüstri ve sanayi atıkları tahribatı arttırmaktadır. Ayrıca iç su yolu taşıtlarının yoğun olduğu yerlerde atıkların içerdiği yağlar suyu kirleterek canlıları yok etmekte ve doğaya zarar vermektedir. Modern tekne ve gemiler kullanılarak ve gereken özen gösterilerek gürültü kirliliği tamamen uygun seviyelere indirilirken, hava ve su kirliliği önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Tablo 7 de yük gemilerinin emisyon faktörleri verilmektedir.

Tablo 7. İç Suyolunda Yük Gemilerinin Emisyon Faktörleri

1988-90	CO ₂	NO _x	VOC	SO ₂
	g/ton-km	mg/ton-km	mg/ton-km	mg/ton-km
Yük gemisi	31	590	50	30

3. ÇEVRESEL ETKİ MALİYETLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Uluslar arası Demiryolları Birliği (UIC) adına 17 Avrupa ülkesinde ulaştırma sistemlerinin çevresel etkilerinin maliyetlerini belirleme çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda trafik kazaları, gürültü, hava kirliliği, iklim değişimi etkileri karayolu, demiryolu, havayolu ve iç su yolu için incelenmiştir. Tablo 8, 9, 10, 11 de 17 ülkeye ait bu sistemlerin trafik verileri görülmektedir. Bu trafik verilerine bağlı olarak ortaya çıkan toplam çevresel (dışsal)

maliyetler hesaplanıp, buradan yolcu ve yük için birim trafiğe düşen değerler belirlenmiştir. Sistemler bazında 1991 itibariyle, ölüm ve yaralanmalardan doğan tüm maddi ve manevi kayıplar hesaplanarak 1000 yolcu veya ton-km ye düşen değerler elde edilmiştir. Bu 17 ülkede tüm trafiğin bütün etkiler için yıllık dışsal çevre maliyeti 270 milyar ECU olup, toplam milli gelirin %4.6 sıdır. ECU/1000 yolcu-km için dışsal maliyet oranları otomobil, otobüs, uçak ve demiryolu sıralamasına göre 50:20:18:10 dir. ECU/1000 ton-km için ise ağır taşıt, uçak, iç su yolu, demiryolu sıralaması için 58:93:6:7dir.

Tablo 8. Karayolu Trafik Verileri (1991 yılı)

ÜLKE	otomobil	otobüs	toplam yolcu	ağır taşıt
	milyar yol-km/yıl			milyar ton-km/yıl
Avusturya	72	13	85	13.1
Belçika	75.6	10.5	86.2	26
Danimarka	55	10.4	65.4	10.4
Finlandiya	46.4	8.1	54.5	23.8
Fransa	599	43	642	148
Almanya	693	71.4	764	203
Yunanistan	19.1	5.3	24.4	12.3
İrlanda	36.4	3.83	40.2	5.1
İtalya	528	160	688	167
Luxemburg	4.45	1.1	5.55	0.8
Hollanda	152	13.5	166	23.3
Norveç	40.1	3.96	44.1	7.69
Portekiz	67	10.5	77.5	10.9
İspanya	145	38.6	184	150
İsveç	91.4	10.8	102	25.4
İsviçre	89	2.64	91.6	12.8
İngiltere	568	41	609	125
EUR 17	3282	448	3730	964

Tablo 9. Demiryolu Trafik Verileri (1991 yılı)

ÜLKE	İdare	Dizel Yolcu	Dizel yük	Elektrik Yolcu	Elektrik Yük	yol-km/yıl milyon	ton-km/yıl milyon
		mil-km /yıl, hat-km					
Avusturya	ÖBB	15.14	3.34	71.70	39.91	9208	12696
Belçika	SNCB/ NMBS	7.67	7.88	64.00	12.74	6771	8349
Danimarka	DSB	33.82	6.75	14.13	0.00	4797	1907
Finlandiya	VR	7.89	8.12	16.82	7.28	3230	7700
Fransa	SNCF	84.95	24.15	233.13	136.13	62101	53665
Almanya	DB/DR	196.56	58.27	387.69	204.07	55936	81790
Yunanistan	CH	-	-	-	-	1995	606
İrlanda	CIE	7.69	4.14	1.92	0.00	1290	603
İtalya	FS	54.29	4.37	182.80	62.94	46427	20581
Luxemburg	CFL	0.94	1.00	2.79	0.56	220	626
Hollanda	NS	13.70	2.6	92.68	8.88	12796	3187

Norveç	NSB	4.18	2.31	19.41	6.48	2150	2666
Portekiz	CP	14.87	4.32	14.44	2.90	5688	1727
İspanya	RENFE	27.14	9.94	100.29	35.29	15022	10507
İsveç	SJ/BV	5.48	3.28	52.05	35.12	55.24	18026
İsviçre	CFF/BLS	0.04	0.19	103.04	27.76	12793	8728
İngiltere	BR	177.68	47.84	195.65	6.81	32058	17274
toplam		652	188	1553	587	278006	250638

Tablo 10. Havayolu Trafik Verileri (1991 yılı)

ÜLKE	yolcu		yük		posta	
	ulusal	uluslararası	ulusal	uluslararası	ulusal	uluslararası
	milyon	yol-km	milyon	ton-km	milyon	ton-km
Avusturya	62.14	44.57	0	74	0	8.767
Belçika	0.9	16233	0	1268	0	65.213
Danimarka	755	9242	7	281	2	50.159
Finlandiya	915	5572	2	185	0	11.719
Fransa	29306	72396	274.68	7915	65.399	327.60
Almanya	6417.3	91985	39.956	96.82	45.664	329.76
Yunanistan	962	11886	8	241	1	22.722
İrlanda	123.48	5198	0	146	0	3.799
İtalya	6224	36220	31	2610	2	66.139
Luxemburg	0	381	0	1	0	0
Hollanda	50	60742	0	4799	0	179.12
Norveç	2661	5555	11	188	7	30.605
Portekiz	1403.2	14763	23.295	356	5.481	21.968
İspanya	8400	48133	102	1694	10	74.801
İsveç	2813	8299	19	261	0	26.37
İsviçre	240	32272	7	2006	0	98.398
İngiltere	4665	206912	6	8732	7	523.85
toplam	64998	630245	530.93	40439	145.54	1841

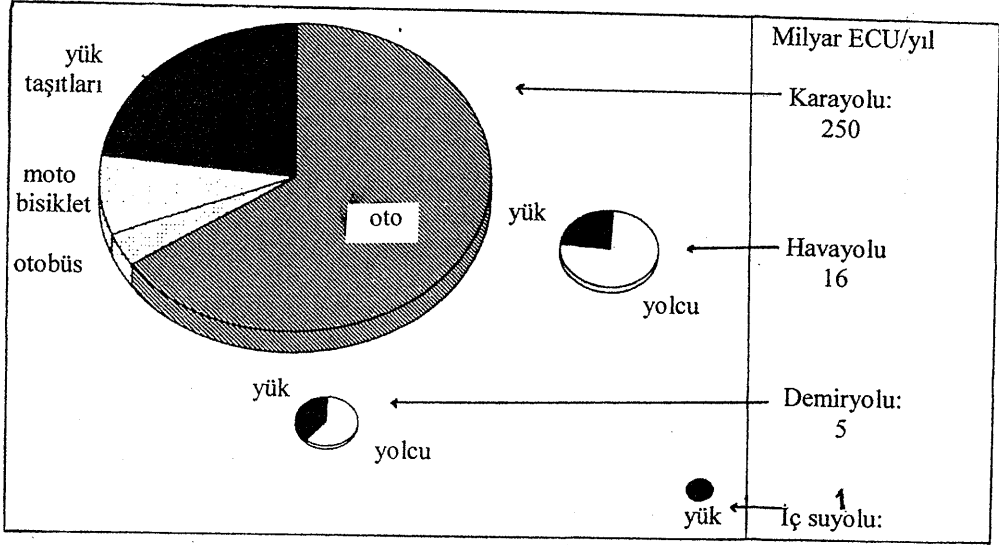
Tablo 11. İç suyuolu Trafik Verileri (1990 yılı)

ÜLKE	İç suyuolu Milyon ton -km/yıl
Avusturya	1872
Belçika	5448
Danimarka	0
Finlandiya	1100
Fransa	7581
Almanya	56600
Yunanistan	0
İrlanda	0
İtalya	129
Luxemburg	215
Hollanda	35706
Norveç	0
Portekiz	0

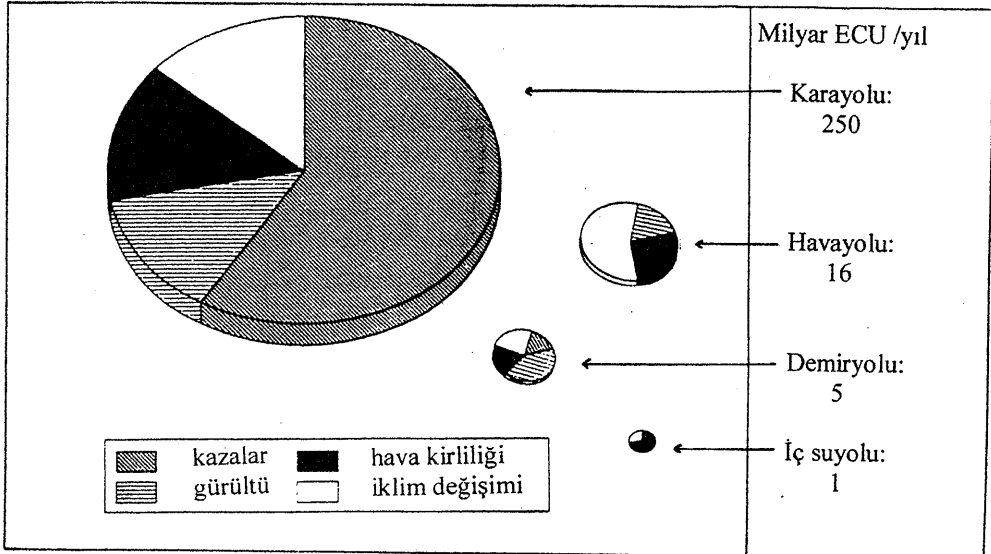
İspanya	0
İsveç	100
İsviçre	53
İngiltere	336
Toplam	109140

Tablo 12. 17 Avrupa Ülkesinde Trafığın Dışsal Maliyetleri milyar ECU/yıl (1991 yılı)

Etki	Kara yolu				Demir yolu		Hava yolu		İç suy	Toplam	
	oto	otob.	moto.	yük	yolcu	yük	yolcu	yük	yük	yolcu	Yük
Kaza	106	4.21	15.56	21	0.53	0.22	-	-	-	126	22
Gürültü	15	1.88	4.40	12	0.86	1.17	2.09	0.71	-	24	14
Hava k.	22	1.83	0.59	13	0.57	0.17	3.48	1.13	0.46	28	14
İklim d	22	1.22	0.33	10	0.83	0.27	6.80	2.17	0.21	31	13
Toplam	164	9	21	56	2.78	1.84	12	4.00	0.66	209	63



Şekil 2. Trafik Türlerine Göre Toplam Dışsal Maliyetler (1991)



Şekil 3. Etki Türüne Göre Trafığın Toplam Dışsal Maliyeti (1991)

İç suyu:
1

Şekil 3. Etki Türüne Göre Trafığın Toplam Dışsal Maliyeti (1991)
Tablo 12. Trafik Kazalarının Dışsal Maliyetlerine İlişkin Veriler (1991 yılı)

ÜLKE	Karayolu			Demiryolu	
	otomobil	otobüs	ağır taşıt	yolcu	yük
	ECU/1000 yol-km			ECU/1000 yol-km	ECU/1000 ton-km
Avusturya	50	9	36	2.6	1.2
Belçika	59	10	21	1.4	0.6
Danimarka	19	5	26	2.0	0.9
Finlandiya	26	8	10	3.4	1.6
Fransa	23	12	36	1.7	0.8
Almanya	46	11	18	2.1	1.0
Yunanistan	75	43	53	8.2	3.7
İrlanda	17	6	36	3.9	1.8
İtalya	23	4	14	1.1	0.5
Luxemburg	31	5	30	2.0	0.9
Hollanda	18	5	21	1.8	0.8
Norveç	22	9	17	3.1	1.4
Portekiz	53	17	23	10.0	4.5
İspanya	65	19	25	0.6	0.3
İsveç	21	6	7	1.7	0.8
İsviçre	26	10	20	2.5	1.1
İngiltere	26	14	21	1.2	0.6
EUR 17	32	9	22	1.9	0.9

Tablo 13. Trafik Gürültülerinin Dışsal Maliyetleri

ÜLKE	Kara yolu			Demir yolu		Hava yolu	
	otomobil	otobüs	yük	yolcu	yük	yolcu	yük
	ECU/1000 y-km	ECU/1000 t-km	ECU/1000 t-km	ECU/1000 y-km	ECU/1000 t-km	ECU/1000 y-km	ECU/1000 t-km
Avusturya	6.51	4.01	20.39	0.66	0.95	9.75	48.75
Belçika	8.18	4.69	12.47	3.59	3.35	2.48	12.39
Danimarka	3.40	2.93	16.96	1.71	2.42	2.02	10.09
Finlandiya	2.08	2.33	3.03	3.15	3.30	5.15	25.77
Fransa	3.97	6.80	23.91	0.46	1.08	2.26	11.30
Almanya	6.30	5.12	10.87	4.41	5.41	3.76	18.81
Yunanistan	6.77	13.44	17.38	2.19	9.20	2.16	10.80
İrlanda	2.92	3.44	24.56	4.98	18.37	3.13	15.64
İtalya	3.03	1.86	7.70	5.58	14.30	6.14	30.72
Luxemburg	4.01	2.3	14.53	3.66	2.16	6.02	30.11

Hollanda	2.73	2.39	13.61	2.22	3.85	7.57	37.84
Norveç	4.29	6.24	13.94	0.34	0.41	5.13	25.65
Portekiz	5.39	6.04	8.79	3.11	10.10	2.09	10.46
İspanya	6.31	6.27	8.94	5.11	10.37	3.05	15.27
İsveç	1.94	1.93	2.71	1.39	1.14	1.05	5.25
İsviçre	4.21	5.51	13.80	6.99	11.12	1.27	6.36
İngiltere	3.96	7.15	15.10	1.50	1.63	1.36	6.79
EUR 17	4.46	4.21	12.66	3.11	4.66	3.01	16.53

Tablo 14. Trafik Kaynaklı Hava Kirliliğinin Dışsal Maliyeti

ÜLKE	ECU / 1000 (yolcu, ton-km)							
	kara yolu			demir yolu		hava yolu		iç su yolu
	otom.	otobüs	yük	yolcu	yük	yolcu	yük	yük
Avusturya	6.40	3.39	17.92	2.23	0.47	5.74	29.99	4.20
Belçika	16.55	6.21	17.19	4.03	2.66	9.75	51.32	7.22
Danimarka	13.77	8.25	49.73	15.26	6.96	10.75	55.19	-
Finlandiya	11.35	8.46	11.42	3.85	1.63	6.81	33.51	4.69
Fransa	7.91	9.66	35.32	1.72	0.60	7.15	33.41	4.62
Almanya	10.47	7.74	17.10	4.13	1.03	10.09	51.49	7.23
Yunanistan	4.36	5.91	7.95	...	...	3.77	19.41	...
İrlanda	5.84	3.47	26.35	4.66	5.25	4.76	24.66	-
İtalya	8.73	3.83	16.47	1.87	0.76	8.16	40.15	5.62
Luxemburg	15.93	5.98	39.32	11.30	4.37	9.77	51.42	6.95
Hollanda	11.83	7.88	46.67	2.75	1.53	10.53	55.41	7.82
Norveç	9.52	8.82	20.50	3.08	1.45	7.41	34.59	-
Portekiz	3.00	2.29	3.47	1.66	1.57	2.45	12.81	-
İspanya	6.98	4.74	7.02	2.88	1.50	5.89	29.66	-
İsveç	14.09	12.89	24.99	1.60	0.31	9.12	43.67	5.93
İsviçre	8.12	9.89	25.78	0.07	0.37	8.46	44.41	6.24
İngiltere	15.70	16.71	36.71	9.33	3.96	9.65	50.24	7.09
EUR 17	10.45	6.91	21.83	3.49	1.18	8.59	45.13	7.16

Tablo 15. CO₂ Emisyonlarını Azaltma Stratejilerinin Maliyeti

ÜLKE	ECU / 1000 (yolcu, ton-km)							
	kara yolu			demir yolu		hava yolu		iç su yolu
	otom.	otobüs	yük	yolcu	yük	yolcu	yük	yük
Avusturya	6.88	1.87	12.27	2.95	0.95	9.52	49.67	1.78
Belçika	8.03	2.04	7.00	3.08	1.16	9.67	50.83	1.82
Danimarka	8.35	3.16	23.67	8.41	2.68	12.41	63.63	-
Finlandiya	11.46	5.66	9.49	3.51	1.25	13.75	67.71	2.41
Fransa	5.87	4.48	20.35	1.05	0.45	10.05	46.94	1.64
Almanya	7.62	2.74	7.51	4.53	1.47	10.80	55.15	1.96
Yunanistan	4.20	3.70	6.18	...	...	7.15	36.81	-
İrlanda	3.35	1.74	16.05	3.18	3.21	8.69	45.14	-
İtalya	5.49	1.50	8.04	2.55	1.71	9.71	47.73	1.70
Luxemburg	8.46	2.15	17.53	4.46	1.57	10.19	53.57	1.92
Hollanda	6.21	2.40	17.68	3.46	1.48	9.75	51.22	1.83

Norveç	8.15	5.19	15.00	1.86	0.83	13.12	61.40	-
Portekiz	3.17	1.58	2.96	1.61	1.38	5.11	26.61	-
İspanya	5.01	2.21	4.07	3.02	1.54	8.32	41.88	-
İsveç	9.43	5.35	12.97	1.08	0.21	14.16	67.93	2.35
İsviçre	7.87	4.51	14.59	0.11	0.20	11.66	61.16	2.18
İngiltere	6.66	5.27	14.38	5.42	1.42	9.24	48.04	1.72
EUR 17	6.58	2.73	10.73	2.97	1.09	9.78	50.45	1.89

Tablo 16. İklim Değişikliğinin Dışsal Maliyetleri 1991 yılı, (UIC)

	Kara yolu					Demir yolu		Hava yolu		İç suy.
	otom.	motorb	otobüs	kamyon	TIR	yolcu	yük	yolcu	yük	yük
ECU/1000y-t-km	6.6	4.0	2.7	30	10	3	1	10	50	1.9

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de toplam taşımacılığın büyük bir kısmı kara ulaşım sistemleri ile yapılmaktadır. Karayolları, yolcu taşımacılığında %94,1 yük taşımacılığında ise %85 gibi önemli bir paya sahiptir, Tablo 17, 'TÜBİTAK' (1998).

Tablo 17. Ülkemizde Ulaşım Modlarının Ağırlığı (1996 yılı)

Ulaşım türü	yolcu-km	%	ton-km	%
Karayolu	140743	94.1	95020	85.1
Demiryolu	6335	4.2	8338	7.47
Havayolu	2268	1.5	197	0.17
Denizyolu	200	0.1	8000	7.17
Toplam	149546	100	11555	100

Tablo 18. Ülkemizde Ulaşım Modlarının Dışsal Maliyetleri (ECU/yıl)

Etkiler	Kara yolu		Demir yolu		Hava Yolu	
	yolcu	yük	yolcu	yük	yolcu	yük
Kaza	4212	2090	12	7.5	-	-
Gürültü	624.5	1203	19.7	38.9	6.8	3.3
Hava kir.	1426	2074	22.1	9.8	19.5	8.9
İklim değiş.	879.5	2470.5	19	8.3	22.7	9.9
Toplam	7142	7837.5	72.8	64.5	49	22.1

1 ECU =1 EURO= 474 867 TL (7 Eylül 1999 itibariyle)

4. SONUÇLAR

Çalışmada, karayolu, demiryolu, havayolu ve iç suyunun ekolojik dengeye zarar veren olumsuz etkileri irdelenmektedir. Bu etkiler meydana geliş nedenleri ile birlikte tanımlanmakta ve ne gibi sonuçlara neden oldukları ve ne şekilde azaltılabilecekleri ana hatları ile açıklanmaktadır.

Ayrıca 17 Avrupa ülkesinde bu ulaştırma türlerine ilişkin trafik verilerine bağlı olarak meydana gelen çevresel etkilerin birim maliyetleri üzerinde durulmaktadır. Bu sonuçlardan yararlanılarak ülkemiz için dört ulaşım modunun dışsal maliyetleri hesaplanmıştır. 1996 yılı baz alınarak yapılan ve havayolu trafik kazalarının dahil edilmediği bu değerlendirmeye göre karayolu, demiryolu, havayolu sırası için yolcu taşımacılığında yıllık dışsal maliyet oranları 98:1.5:1, yük taşımacılığında 121:1:3 tür. Yolcu ve yük taşımacılığındaki payı çok büyük olan karayolu birim işe düşen dışsal maliyetinin de büyük olması nedeniyle çevreye ve topluma büyük bir yük getirmektedir.

KAYNAKLAR

KANTARCI, M. D.,(1994), Orman Yangınlarının Doğal Ekolojik Dengeye Etkileri, İTÜ V D, S. 3.

UIC- Internationaler Eisenbahnverband ,(1994), Externe Effekte des Verkehrs.

AKNESİL, A. E.,(1992), Havayolu Gürültüsü, YTÜ.

UYGAR Merkezi ,(1996), İTÜ, Kurtköy Havaalanı Gelişim Etüdü .

TÜBİTAK-TTGV., (1998), Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu Raporu, Ankara.

ABSTRACT

In this study, the negative effects of highway, railway, air and inner waterways transport on ecological equilibrium are examined. These effects are defined by their reasons of occurrence. Their results and measures to reduce them are outlined.

Moreover, unit costs of environmental effects resulting from these transportation types in 17 European countries are investigated. External costs of four transport modes are calculated for our country by using these results.

