

TASARIM PROJESİ DERS NOTLARI

5.BÖLÜM

5.1 KARAYOLLARI VE OTOYOLLARIN TASARIMINDA GEOMETRİK FAKTÖRLER

Bir karayolu yatırımı yapılırken, karayolu geometrik standartları ve karayolu proje elemanlarına bağlı olarak yolun yatay ve düşey eksenlerinin tasarımı gerçekleştirilmektedir. Bir karayolu projesinde, yatay ve düşey eksen tasarımının, önceden tanımlanmış standartları sağlayacak şekilde sürücü, arazi, iklim, çevre gibi etkenlerin de göz önüne alınarak yapılması gerekmektedir. Yatay ve düşey eksenler, yol geometrik standartlarına bağlı olarak, güvenli, konforlu, hızlı ve ekonomik bir ulaşım olarak verecek şekilde ve birlikte tasarlanmalıdır. Bu tasarımda dikkat edilmesi gereken çevresel ve sosyal hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilirler.

- Bölgenin doğal yapısı, bitki örtüsü, iklim, jeolojik yapı gibi araziye ait veriler dikkate alınmalıdır.
- Tasarlanan yolun mevcut yollar ile kesişimini sağlayan kavşaklar geometrik ve fiziki standartları açısından birbiriyle uyumlu ve bir bütün olarak planlanmalıdır.
- Seyahat süresini ve ücretlerini azaltarak, güvenli ve kapasite yönünden uygun bir ulaşım sağlanmalıdır.
- Transit trafiğin güzergah ve standartları, kent trafiğini rahatsız etmemeli, mümkün oldukça yerleşme bölgelerinin dışından geçirilmeli, bölgeler arası ulaşımı çevre yollarıyla sağlamalıdır.
- Yayıların güvenliği açısından, onlara özel bölgeler oluşturulmalı, alt ve üst geçitlerin yerleri planda belirtilmelidir.
- Diğer kamusal yapıların, motorlu taşıt trafiğinden en az şekilde etkilenmeleri sağlanmalıdır.
- Motorlu taşıtların kullandığı yollar kirliliğe sebebiyet vermemek için kısa yapılmalıdır.

5.1.1 Karayolu Yatay Eksen Tasarımında Dikkate Alınacak Teknik Etkenler

- Karayolu yatay eksen tasarımında;
- Karayolu geometrik standartları,
- Arazinin jeolojik yapısı,
- Arazinin topoğrafyası
- Bölgenin iklim koşulları
- Ekonomi,
- Estetik,
- Demiryolları, dere geçişleri,
- Turistik bölgeler, kent içi alanlar, tarihi eserler, ekili araziler dikkate alınarak,
- Sağlam zeminli,
- Toprak işi az, ortalama taşın mesafesi küçük olan,
- Yer altı ve yüzeysel suların doğal drenajının uygun olduğu,
- Yol alt, üst ve sanat yapıları malzemelerinin kolay ve ucuza sağlanabildiği,

- Bakım maliyeti düşük olan,
- Tarım arazilerine zarar vermeyecek şekilde ve kamulaştırma bedeli düşük olan yerlerden geçmesi,
- Geçki de fazla iniş çıkış yapılmaması,
- Karayolu geometrik standartlarına bağlı olarak belirlenen minimum yarıçaplardan daha büyük değerlerin kullanılması
- Keskin kapalı düşey kurp bitimlerine keskin dönüşlü yatay kurp konulmaması,
- Arazi topoğrafyasına bağlı olarak açık ve görüşü olan yatay kurplar seçilmesi,
- Uzun alıymanlardan sonra keskin kurplar konulmaması, büyük yarıçaplı kurplardan küçük yarıçaplı kurplara ani geçiş yapılmaması, kurp yarıçaplarının yavaş bir şekilde artırılıp- azaltılması,
- Kurp uzunluğunun küçük sapma açılı kurplarda yeterli olması,
- Yüksek ve uzun dolgulara keskin kurplar konulmaması,
- Keskin dönüşlerde kombine kurp kullanılmaması, kombine kurp kullanıldığı zamanda büyük yarıçaplı kurbun küçük yarıçaplı kurbun 1.5 katından daha büyük olması,
- Dever uygulanabilmesi için, çok yakın ters kurplar kullanılmaması,
- Aynı yöndeki kurplar arasına kısa tanjantlar konulmaması,
- Dere geçişlerinin dik ve derenin dar olduğu yerde yapılması,
- Yerleşim yerlerinin dışından geçirilmesi,
- Yatay eksenle istenmeyen durumlarla karşılaşmamak için düşey eksenle birlikte tasarlanması, gibi durumların dikkate alınması gerekmektedir. (Kiper, 2002; KGM, 2004)

5.1.2 Karayolu Düşey Eksen Tasarımında Dikkate Alınacak Teknik Etkenler

Karayolu düşey eksen tasarımında,

- Karayolu geometrik standartları dikkate alınarak maksimum eğim değerinin belirlenmesi,
- Yarma ve dolguların dengeli olarak dağıtılması,
- Karayolunun başlangıç ve bitim noktalarında dolgu ve yarma hacimleri mümkün olduğunca az olması,
- Yeraltı sularının ve yan derelerden gelebilecek suların dikkate alınması,
- Yan yol bağlantılarının dikkate alınması,
- Karayolunun tipi, sınıfı ve arazinin yapısına bağlı olarak yavaş değişim gösteren eğimlerin tercih edilmesi,
- İklim koşullarının dikkate alınması,
- Enine ve boyuna eğimi az olan düz arazilerde uzun mesafede sandık yarmada gidilmemesi,
- Minimum boyuna eğim değeri % 0.5 olmasına karşılık, düz arazilerde bulunan ve fazla yağış alan kentlerde boyuna eğim değerinin arttırılması,
- Estetikten yoksun ve tehlikeli olması nedeniyle, gizlenmiş iniş şeklindeki profillerden kaçınılması,
- Kısa düşey kurp ve uzun yatay kurbun birlikte kullanılması durumunda, düşey kurp boyunun yatay kurpla aynı büyüklüğe getirilmesi,
- Kazaları engellemek için eşdüzey kavşaklara yaklaşırken eğimin azaltılması,
- Karayolu ve demiryolu ile eşdüzey kesişmelerde mümkün olduğunca eğimin düşürülmesi ve buralarda düşey kurp teşkil edilmemesi,
- Rampalarda eğimlerin yukarı doğru azaltılması,

- Gerekli durumlarda tırmanma şeridi kullanılması,
- Boyuna eğimin bordürlü kısımlarda %0.5'ten büyük olması,
- Kırmızı çizginin eğim değiştirdiği yerlerde düşey kurp kullanılması ve düşey kurplar için şu hususlara dikkat edilmesi sağlanmalıdır:

1. Birbirini izleyen kırmızı çizgi arasındaki eğim farkı % 0.5'ten büyük olmalıdır. Düşük standartlı yollarda % 1 alınabilmektedir.
2. Yatay ve düşey kurpların üst üste gelmesi durumunda, her iki kurbanın some noktalarının çakıştırılması en uygun konumdur.
3. Bir kurbanın bitimi ile diğer kurbanın başlangıç noktası arasında en az 60 m mesafe olmalıdır. Bu koşulun sağlanamadığı durumda düşey kurban yarıçapı (R_d) ile yatay kurban yarıçapı (R_y) arasında $R_d/R_y \geq 6$ koşulu sağlanmalıdır. (Kiper, 2002; KGM, 2004)

5.1.3 Karayolu Yatay ve Düşey Eksen Birleşimi

Yatay ve düşey eksen birleşiminde de şu hususlara dikkat edilmektedir;

- Emniyet açısından, kapalı düşey kurplara, açık düşey kurpların en düşük kotuna ve yakınlarına keskin yatay kurplar konulmaması,
- İki şeritli yollarda, emniyetli geçme mesafesinin dikkate alınması,
- Kavşak yakınlarında, yatay kurpların görüşünün açık, kırmızı hattın da mümkün olduğunca yatık olması,
- Bölünmüş yollarda, değişken refüj genişlikleri ve yolun her iki yönü için farklı yatay ve düşey eksen tasarımlarının uygulanabilmesi,
- Gürültü ve tehlike açısından, güzergahların yerleşim yerlerini en az etkileyecek şekilde tasarlanması,
- Yol eksenini tasarlanırken görünüm açısından, nehir, park, kayalık gibi doğal ve yapay unsurların dikkate alınması. (Kiper, 2002; KGM, 2004)

5.1.4 Karayolu Geçki Optimizasyonu

Bir karayolu geçkisi oluşturulurken; verilen iki noktayı, çevre etkilerine, sosyo-ekonomik faktörlere, zemin cinsine, topoğrafyaya bağlı olarak birleştiren en ekonomik geçkinin belirlenmesine çalışılır. Bu iki noktayı birleştiren sınırsız seçenek vardır. Bu iki noktayı birleştirirken birçok faktörün birbiriyle ilişkili olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. (Jong ve Schonfeld, 2001; 2003).

Bir karayolu projelendirmesinde hedef iki noktayı birbirine bağlayan ve standartları daha önceden tanımlanmış bir güzergahın minimum maliyetle oluşturulmasıdır. Maliyeti minimize eden bir karayolu geçkisinin oluşturulması aslında bir optimizasyon problemi olup, oldukça karmaşıktır. Karayolu optimizasyonunun zorlukları şöyle sıralanabilir:

- Optimum geçki araştırmasının karmaşık bir coğrafi alanda yapılması,
- Geçki duyarlılık maliyetlerinin kesin ve açık bir şekilde belirtilmesi,
- Optimizasyon probleminin, bütün önemli geçki maliyet bileşenlerini kapsamaması ve net bir şekilde belirtilmesi,
- Optimizasyon yöntemlerinin geçki duyarlılık maliyetlerini bulmak için geliştirilmesi,
- Bir optimizasyon yaklaşımının, aşağıdaki koşulları kapsamaması;
- Karmaşık bir çalışma alanında bir çok yerel uygunluğa sahip araştırmalar, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) aracılığıyla gerçek haritalarda çalışmalar.
- Bir CBS veri tabanının, optimizasyon için gerekli bütün girdi verilerini ve haritaları elde etmek için kullanılması,
- Bir optimizasyon modeli ve CBS arasındaki ilişkinin, otomatik bir şekilde bütün

optimizasyon sürecinde oluşturulması,

- Bir optimizasyon modelinin, aşağıda belirtilen kriterleri temel alarak geçkileri değerlendirmesi;

Tek bir optimum geçki yerine, uygun olan birkaç geçkinin değerlendirilmesi, toprakışı ve kamulaştırma maliyeti gibi çeşitli maliyet bileşenlerinin temel alınması, Eğim ve eğrilik gibi çeşitli kısıtların temel alınması (Jha ve Mccall, 2001).

Karmaşık bir algoritmaya sahip optimizasyon probleminin çözümü için çeşitli matematiksel modeller kullanılabilir. Pratikte yıllarca karayolu geçki optimizasyonu yatay ve düşey eksenler için ayrı ayrı uygulanmıştır. Gelişen teknoloji ve modeller karmaşık algoritmaların bilgisayar ortamında kısa bir sürede çözümüne olanak tanımış ve eş zamanlı yatay ve düşey aliyman optimizasyonu gibi bir kavramdan söz etmek mümkün olmuştur. Aliyman optimizasyonu için günümüze kadar kullanılmış ve hala kullanılmakta olan çeşitli çözüm yöntemleri mevcuttur. Bunlar;

- Varyasyon hesapları
- Ağ optimizasyonu
- Dinamik programlama
- Sayma
- Lineer programlama
- Sayısal araştırma
- Genetik algoritma(GA)

olarak sıralanabilir. Ancak, bu optimizasyon yöntemleri içerisinde, Genetik Algoritma hariç diğerleri bazı olumsuzluklara sahiptir. Bu yöntemlerin olumsuzlukları aşağıda çizelge 5.1’de verilmiştir. (Braysy, 2001; Jha ve Schonfeld, 2001; Kim vd., 2003)

Tablo 5.1 Optimizasyon yöntemleri ve kusurları

Optimizasyon Yöntemi	Kusurları
Varyasyon Hesapları	Farklı amaç fonksiyonları gerektirir. Süreksiz faktörler için uygun değildir. Yerel optimizasyonlarda hata yapmaya eğilimlidir.
Ağ Optimizasyonu	Çıktılar düzgün değildir. Sürekli araştırma alanları için uygun değildir.
Dinamik Programlama	Çıktılar düzgün değildir. Sürekli araştırma alanları için uygun değildir. Kesin fonksiyonlar için uygulanamaz. İkincil problemler arasında bağımsızlık gerektirir.
Sayma	Sürekli araştırma alanları için uygun değildir. Etkili değildir.
Lineer Programlama	Lineer olmayan maliyet fonksiyonları için uygun değildir. Eğim ve eğrilik kısıtları için sadece sınırlı sayıda noktaları içerir.
Sayısal Araştırma	Yerel optimizasyonlarda hata yapmaya eğilimlidir. Karmaşık bir modellemidir. Süreksiz maliyet bileşenlerini kullanmada problem çıkarır.

Bu yöntemlerin yeterince sağlayamadığı aşağıdaki özellikleri gerçekleştirecek yeni bir matematiksel model gerekmektedir;

- Çeşitli maliyet bileşenlerini içeren
- Önemli kısıtları sağlayan
- Gerçekçi aliymanlar üreten

- Etkili ve iyi çözümler veren

Bu optimizasyon yöntemleri içerisinde genetik algoritma özellikle yerel optimizasyonlarda, hata yapmaya eğilimli olmaması sebebiyle geçki optimizasyonlarında oldukça etkilidir. Genetik algoritmanın diğer optimizasyon yöntemlerinden üstünlükleri şöyle sıralanabilir;

- Parametrelerin kendisiyle değil, parametre gruplarının koduyla çalışır.
- Araştırmayı bir noktadan değil, popülasyon adı verilen bir gruptan yapar.
- Türev ya da yardımcı bilgileri değil, amaç fonksiyonu bilgilerini kullanır.
- Belirli kuralları değil, olası geçiş kurallarını kullanır.(Kim vd., 2003)
- Karayolu standartlarını temel alan düzgün geçkiler üretir.
- Çok karmaşık maliyet fonksiyonlarını optimize eder.
- CBS veritabanındaki bilgileri doğrudan kullanarak, veri değerlendirme süresini azaltıp, gerçekçi ve çok düzensiz uzaysal verilerle bile çalışmaya olanak sağlayarak model oluşturur.(Jong, vd., 2000)

Genetik algoritma, grup çözümle çalıştığı için, bir çok çözüm içinden iyiler seçilir, kötüler elenir. Genetik algoritmaya göre iyi bireyler yaşamalı ve hatta çaprazlama ve yenileme operatörleri yardımıyla yeni bireyler oluşturulmalıdır.

Genetik algoritmada önerilen modelin karar değişkenleri üç boyutlu alanda some noktalarının önceden belirlenmiş koordinatlarıdır. İki iteratif algoritmayla yatay ve düşey alıymalar yerleştirilir. GA'da bir problem "çevre" ve probleme olası çözümlerin bir grubu da "popülasyon" olarak ele alınır. Popülasyondaki her birey güçlü bir sunuma "bir kromozom" olarak adlandırılıp kodlanır. Her üretimde bireyler sonra uygulanan genetik operatörler tarafından çevreye kendi en uygunluklarına ait yeni sonuçları üretmek için birbirleriyle yarışır. Birkaç üretimden sonra, en çok uyum sağlamış bireyler seçilir, zayıf çözümler yok olur ve popülasyon sonuç olarak bir optimal çözüme yönelir.(Jong, vd. 2000; Jha, vd., 2001)

5.1.5 Metraj Hesabı

Bir karayolu yatırımı, uzun süreli ve masraflı bir iştir. Böyle büyük bir yatırımın, en uygun maliyetle gerçekleştirilebilmesi için, farklı geçki seçenekleri arasından en uygun olanının seçilmesi gerekmektedir. Bu sebeple, proje başlangıcında, bütün geçki seçeneklerine ait maliyet analizleri yapılarak en uygun yani maliyeti en düşük ancak getirisi en büyük olan geçkinin seçilmesi amaçlanır. Böylece maliyeti önceden belirlenen geçkinin, daha sonra karayolu projesine ait bütün hesaplar yapıldıktan sonra, asıl maliyeti metraj hesabı yapılarak bulunur. Bir karayolunun metraj hesabının yapılabilmesi için, her yıl Bayındırlık Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğüne, yapılan işlerin birimlerine ve niteliklerine göre gruplandırılmış miktarı bulunan işlerin birim fiyatları yayınlanmaktadır. Her iş için bulunan metraj yani o işin miktarı ile birim fiyatının çarpılmasıyla işin maliyeti hesaplanmaktadır.

Karayollarında yapım metrajı aşağıdaki gibi 4 gruba ayrılarak hesaplanmaktadır:

1. Yol altyapısı

- Toprak işleri
- Sanat yapıları(Büz,menfez, köprü, duvar, ...vb.)

2. Yol üst yapısı

- Alttemel, temel ve kaplama

3. Diğer işler

- İşaretleme, korkuluk, çizgiler, levhalar,...vb. (Sütaş ve Öztaş, 1983)

5.2 KARAYOLLARI VE OTOYOLLAR ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ

5.2.1 ALTERNATİFLER

Karayolları projeleri ile ilgili ÇED kapsamında dikkate alınması gereken alternatifler şöyle sırlanabilir:

- Proje alternatifi
- Güzergah alternatifi
- Tasarım alternatifi
- Eylemsizlik (projenin gerçekleştirilmemesi) alternatifi

Bu alternatiflerin uygunluğu çevresel ve ekonomik faktörler göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.

Proje Alternatifi

Karayolu ulaşımı dünyadaki başlıca ulaşım yöntemidir ve birçok yerde alternatifi bulunmamaktadır. Havayolu, demiryolu ve denizyolu ulaşımı yolların ya da otoyolların bir alternatifi değildir, sadece tamamlayıcı bir niteliğe sahiptir. Buna rağmen ulaşım probleminin çözülmesi için karayollarının inşa edilmesinin yanında tüm uygun seçeneklerin değerlendirilmesi yararlı olacaktır. Yeni yolların inşa edilmesi ya da mevcut yolların genişletilmesi yerine mevcut yollardaki trafik yönetiminin ve toplu taşımanın geliştirilmesi, yük ya da yolcu taşınması için raylı sistemlerin kullanılması ve motorsuz ulaşım yapıları yatırımın artırılması gibi alternatifler çevre açısından ulaşım planlamasında göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca tamamen yeni bir yolun inşa edilmesine alternatif olarak mevcut yol ağının değiştirilmesi (genişletme, trafik yönetimi v.s.) de mümkündür.

Güzergah Alternatifi

Güvenilir ve sürdürülebilir yol projeleri için gerçekleştirilen ÇED çalışmaları, ulaşım probleminin çözümüne ilişkin alternatiflerden ayrı olarak seçilen proje için alternatif tasarımları da dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda güzergah (ve rota) alternatifleri üzerinde durulması gereken en önemli alternatiflerdir.

Yol güzergahları belirlenirken genellikle iki ya da üç alternatif üzerinde çalışılır. Bu alternatifler içerisinde bazı özel durumlar için, örneğin sulak alanlardan geçilmesi gibi, farklı alternatif yöntemler bulunabilir. Negatif etkileri önleyen ya da azaltan tasarımlar çoğu zaman yolun konumunda ya da inşaat ile ilişkili saha dışı faaliyetlerde değişiklik yapılmasını gerektirir. Güzergahın değerli ya da hassas kaynaklardan geçirilmemesi ve güzergahın vahşi alanlara ya da doğal şekliyle korunması gereken diğer alanlara erişim sağlamaması her bir projenin planlanmasında ve güzergahının belirlenmesinde dikkate alınması gereken iki unsurdur.

Güzergahın ekolojik olarak hassas, zor ya da emniyetsiz alanlardan geçirilmemesi çevresel etkilerin en aza indirilmesi için en iyi ve en ekonomik yoldur. Mevcut seçeneklerin uygun şekilde değerlendirilebilmesi amacıyla ana drenaj yapıları, tatlı sular ve sulak alanlar, ormanlar ve diğer önemli doğal habitatlar ve temel tarım alanları gibi başlıca çevresel kaynakların tanımlanması ve haritalarının çıkarılması için bölgesel bir veri tabanı geliştirilmelidir.

Bölgesel bir veri tabanının mevcut olmadığı yerlerde uydu verileri, hava fotoğrafları, akademik ya da ticari kaynaklardan alınacak bilgiler ya da yerel halktan alınacak bilgiler yararlı olacaktır. Bu tip bir analiz ile etkileri en olumsuz güzergah (ya da kavşak alanları) inceleme dışı bırakılabilir.

Çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan en uygun güzergahın seçilebilmesi için önerilen adımlar aşağıda sıralanmaktadır. ÇED'in projenin hazırlanma aşamasında uygulanması bu değerlendirmeyi kolaylaştıracaktır. ÇED çalışmaları, bu değerlendirme sonucunda seçilen alternatif üzerinde yoğunlaşacak ve ÇED Raporunda tercih edilen güzergahın seçilme nedenleri belirtilecektir.

Güzergah seçme süreci:

1. Olası güzergahların geçeceği bölgelerin kısa bir listesinin (hem tercih edilen hem de alternatif güzergahları içererek) oluşturulması.
2. Her güzergahın ekolojik ve sosyokültürel hassasiyetleri açısından tanımlanması.
3. Doğal ve sosyokültürel kaynakların bozulması anlamında her alanın etkileri özümseme kapasitesinin analiz edilmesi.
4. Ciddi çevresel sınırlamaları olan alanların elimine edilmesi.
5. Etkilenen halkla görüşülmesi.
6. Alternatiflerin uygunluğa göre sıralanması ve önerilen güzergahın seçilme sebepleri ile birlikte ortaya konması.

Aşağıda hususlar da güzergah seçimi sürecinde göz önünde bulundurulmalıdır:

- Su kaynağı olarak kullanılan besleme alanları veya halkın kullanımında olan baraj gölleri.
- Mevcut hava kalitesi.
- Arazi kullanımı ve doğal bitki örtüsü (koruma altında olan flora türleri, habitatlar)
- Nesli tükenme tehlikesi altında olan türlerin yaşam alanları.
- Arkeolojik, kültürel ve tarihi değere sahip alanlar,
- Otoyol yakınında ve gürültü haritaları ve hava kalitesi haritaları kapsamına giren alanlarda yaşayan insan sayısı.
- Dış ve iç güvenlik (örneğin tehlikeli maddelerin taşınması ve tünel güvenliği).
- Deprem riski olan alanlar



Tasarım Alternatifi

Alternatiflerin geliştirilmesi sadece güzergahın seçimi için değil, aynı zamanda yol trafiği ile ilgili teknik alternatiflerin geliştirilmesi için de önemlidir. Çoğu zaman karayollarının teknik olarak inşası için farklı çözümler söz konusudur. Örnek olarak bir tünelin inşası, alt yapı ile ilgili hususların birbirleri ile farklılık göstermesi durumunda bir köprünün inşasına alternatif oluşturabilir. Ayrıca yol genişliği ve şerit sayısı da her bir alternatif için farklı olabilir.

Bununla birlikte etkileri (ve etkilerin boyutlarını) değiştirebilecek birçok teknik ve yapısal olasılık/alternatif mevcut olup, bu alternatifler kullanılarak etkiler ortaya çıkmadan önlenmiş olur. Bu hususlarla ilgili bazı örnekler şunlardır:

- Yol kaplama malzemesinin seçimi (kullanılan malzemenin tipi ortaya çıkacak gürültü ile doğrudan ilgilidir).
- Yola verilecek eğim ve yüzey sularının toplanması için tasarlanacak sistem (örn. yağış sonucunda yoldan yüzey akışıyla yol kenarındaki topraklara ulaşacak suların kirlilik yaratmaması amacıyla drenaj sistemleri ile toplanması ve gerek görülürse arıtılması)

Eylemsizlik (Projenin Gerçekleştirilmemesi) Alternatifi

Eylemsizlik alternatifi, projenin gerçekleşmemesi durumunu irdeleyen bir alternatiftir. ÇED Raporu kapsamında bu alternatifi referans noktası olarak alınması açısından değerlendirilmesi önemlidir. Planlanan otoyolun çevresindeki bağımsız gelişmeler bu referans çerçevesinde de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu da nihai karar verilirken, örneğin toplu konut projelerinin ve sanayinin gelişmesinin göz önünde bulundurulması gerektiği anlamına gelmektedir. Nüfus artışı ve motorlu araçlardaki gelişmeler de bu bağlamda dikkate alınmalıdır. Böylece projenin hayata geçirilmemesi durumunda, projeden sağlanabilecek hangi faydaların ve projeden kaynaklanacak hangi etkilerin ortadan kalkacağı değerlendirilebilecektir.

5.2.2 ETKİLER

Karayolu projelerinin çevresel etkileri inşaat, bakım ve yolun kullanımından (işletme aşaması) kaynaklanmaktadır. Genel olarak karayolu projeleri hava kalitesi, su kalitesi, toprak kalitesi, biyolojik çevre (flora, fauna ve habitatlar) ve sosyoekonomik çevre üzerine etkilere sebep olurlar.

İnşaat Aşamasındaki Olası Etkiler

İnşaat nedeniyle meydana gelen önemli etkiler inşaat alanının hazırlanması, alt yapı ve üst yapı inşaatı sırasında oluşan etkilerdir. Bu etkilerden bazıları şunlardır:

- Orman ve diğer bitki örtüsünün yok olması.
- Arazi kullanımının değişmesi.
- Doğal drenaj yapılarının değişmesi.
- Toprak kayması ve erozyon nedeniyle yüzey sularına ulaşan sediman miktarının artması.

- Doğal peyzajın bozulması ve/veya kültürel varlıkların zarar görmesi.
- Vahşi hayvanların yaşam ortamlarının bozulması ve yoğun faaliyetlerden dolayı rahatsız olmaları.
- Yerel halkın inşaat faaliyetleri nedeniyle olumsuz etkilenmesi.

Bu etkilerin bir çoğu sadece inşaat alanında değil, aynı zamanda taş ocakları, malzeme temin noktaları ve malzeme depolama alanları gibi projeye hizmet veren tesislerde de görülür. Bununla birlikte olumsuz çevresel ve sosyoekonomik etkiler, asfalt tesislerinden dolayı toprağın kirlenmesinden, inşaat ekipmanlarından ve patlatmalardan kaynaklanan toz ve gürültüden, yakıt ve yağ sızıntılarından, atıklardan, çöplerden ve büyük projelerde harici iş gücünün varlığından kaynaklanabilir.

İşletme Aşamasındaki Olası Etkiler

Karayollarının kullanımın dolayı ortaya çıkan etkilerinden bazıları şunlardır:

- Motor yakıtlarına duyulan talebin artması.
- Hava kirliliğinin ve gürültünün artması, yol kenarlarına çöp atılması ve yoldan karşıya geçmek isteyen hayvanların ve insanların yaralanması ve ölmesi.
- Tehlikeli maddelerin taşınması sırasında oluşabilecek kazalardan dolayı sağlık riskinin ve çevresel tahribatin meydana gelmesi.
- Yol yüzeyindeki sızıntılardan ya da biriken kirlleticilerinden kaynaklanan su kirliliği.

Karayollarının işletme aşamasında görülen en önemli etkiler hava kalitesi, gürültü ve sosyoekonomik etkilerdir. Bu etkiler aşağıdaki bölümlerde ele alınmaktadır.

Hava kalitesi :

Yol trafiğinden kaynaklanan hava kirliliği, yeni bir yolun inşasının ya da mevcut bir yolda kapasite değişiminin önerildiği tüm projelerde göz önünde bulundurulmalıdır. Yolun kullanımından kaynaklanan emisyon değerlendirmelerinde tüm emisyon kaynakları dikkate alınmalıdır. Trafik akışı içerisindeki kirlilik nedenleri, özellikle bölgesel ölçekte etki azaltma stratejisinin seçiminde büyük bir etkiye sahip olduğundan açık bir şekilde tanımlanmalıdır. Araç emisyonlarında yol civarındaki hava kalitesi için önemli olan ana kirleticiler nitrojen oksitler (NO_x), hidrokarbonlar (HC), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO₂), partikül maddeler ve kurşundur (Pb).

Hava kirliliği nedeniyle insanlar, bitki örtüsü ve vahşi hayvanlar üzerinde olması muhtemel etkiler şunlardır:

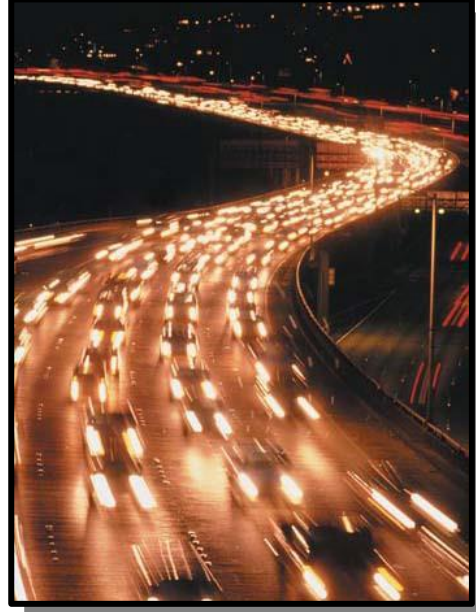
- İnsan Sağlığı: Motorlu araçlardan kaynaklanan hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkilerinin ölçülmesi oldukça zordur. Birçok durumda otomobillerden kaynaklanan bölgesel hava kirliliği ile özel bir hastalık arasında doğrudan bir neden sonuç bağlantısının kurulması mümkün olmamaktadır. Ancak, kanıtlar ana emisyon bileşenlerinin birkaçına maruz kalınması durumunda bazı sağlık bozukluklarının meydana geldiğini güçlü bir şekilde göstermektedir.
- Yapılar: insanlar tarafından kullanılan ve hava kirliliğine maruz kalan objeler kirlenme ve paslanma olmak üzere iki şekilde etkilenir. Partikül maddeler modern binalar, anıtlar ve kültür mirasları da dahil olmak üzere her çeşit yapının kirlenmesinden

sorumludur. NO_x ve SO₂'den kaynaklanan asit birikimi özellikle kireç taşı, mermer ya da kireç kullanılarak inşa edilen binalar için zararlıdır.

- Flora: Bitkiler hava kirleticilerinden hem fiziksel hem de kimyasal olarak etkilenir.
- Fauna: Hayvanlarda rastlanan bazı sağlık problemleri hava kirliliği ile ilgilidir.
- İnsanlarda olduğu gibi bu problemlerin birçoğu solunum yoluyla oluşmaktadır.

Hava kalitesi üzerine etkilerin niteliklerinin ve kapsamlarının belirlenmesi için aşağıdaki hususlarda bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır:

- Trafik hacmi
- Trafik birleşimi
- Trafiğin hızı
- Dağılım dinamikleri
- Araç emisyon seviyeleri
- Yol yüzeyi özellikleri



Gürültü

Gürültü, birçok alanda günlük yol kullanımının en göze çarpan etkisidir. Yol gelişiminden kaynaklanan gürültüler aşağıda belirtilen dört kategoride incelenebilir:

- (a) Araçlar.
- (b) Araçlar ile yol yüzeyi arasındaki sürtünme.
- (c) Sürücü davranışları.
- (d) Yapım ve onarım faaliyetleri.

Yol gelişiminden kaynaklanan gürültüler, yolun geçtiği çevrede yaşayanların rahatsız olmasına ve yaban hayatın olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Motorlu araçlar yapısı itibarı ile gürültülüdür. Ancak, gürültü etkilerini arttıran faktörler büyük ölçüde değişkendir, bu nedenle her bir yol projesinden kaynaklanan gürültü etkilerinin niteliği de büyük ölçüde değişmektedir. Gürültü etkilerini arttıran faktörler altı gruba ayrılmıştır. Bu gruplar şunlardır:

- Araçlar ile ilgili faktörler: Farklı araç tipleri farklı gürültü seviyelerinin üretilmesine neden olur. Genel olarak taşımacılıkta kullanılan kamyonlar gibi ağır araçlar hafif araçlara göre daha çok gürültü üretir. Bununla birlikte, egzoz sistemi yeterli olmayan araçlar gibi bakımı iyi yapılmamış araçlar bakımı doğru şekilde yapılmış araçlara göre daha çok gürültü üretir.
- Yol yüzeyleri: Bakımı yapılmış ve yüzeyi pürüzsüz yollar çatlaklı, hasarlı ve yamalı yüzeylere sahip yollara göre daha az gürültüye neden olur. Yol kenarlarının ağaçlandırılması gürültüyü emer ve azaltır.
- Yol geometrisi: Yolun düşey kesiti gürültünün yol kenarındaki alıcı ortamlara (çevredeki insanlar, fauna elemanları, vb.) geçişini etkileyebilir.
- Çevresel faktörler: Sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve hakim rüzgar yönü gibi hava koşulları farklı alanların yol gürültüsünden nasıl etkilendiğinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Endüstriyel ve diğer insan faaliyetlerinden kaynaklanan gürültü seviyeleri, yol gürültüsünün şiddetinin algılanmasını etkiler.
- Alan ilişkileri: Gürültü etkilerinin belki de en önemli belirleyicisi yol ile olası gürültü alıcıları arasındaki mesafedir. Yol ile alıcılar arasındaki mesafe kıaldıkça gürültü etkileri artar. Yol kenarındaki alanlardaki nüfus yoğunluğu arttıkça alıcı insan sayısı artar, bu da etkilerin artmasına yol açar.
- Trafik akışı: Belirli bir trafik akışı tarafından üretilen gürültü trafik akışındaki araçların tipi ve bakım koşulları, birim zamanda geçen araç sayısı ve trafik akışının hızı gibi bir çok faktöre bağlıdır.

Sosyo - ekonomik çevre

Karayolu yapımı ya da yol ağının geliştirilmesi faaliyetleri ile ilgili olarak sosyo - ekonomik çevre üzerine olabilecek etkiler çeşitlidir ve çoğu bu projelerden kaynaklanacak gürültü, hava kirliliği gibi direkt etkilerle bağlantılıdır. Sosyo - ekonomik çevreyi etkileyen unsurlar temel olarak sosyokültürel ve bazıları aşağıda belirtilmiştir:

- Yol kenarındaki ilanlardan dolayı görüşün azalması.
- Proje nedeniyle başlayan plansız şehirleşme ve arazi kullanımındaki gelişmeler.

- Yeni tali yolların inşası.
- Vahşi yaşam alanlarına ve diğer doğal alanlara daha çok insanın ulaşabilmesi.
- İstihdam ve mevcut ekonomik aktivitelerin yer değiştirmesi.

Yukarıda belirtilen muhtemel etkilere ek olarak, ÇED Raporu/Proje Tanıtım Dosyasında göz önünde bulundurulması gereken ve çeşitli proje aşamalarından etkilenebilecek çevresel ve sosyal bileşenlerin proje faaliyetleri ile bir arada sunulduğu etkileşim matrisi Şekil 3'te verilmiştir. Bu matrisin esas işlevi ne gibi proje faaliyetlerden etkilerin kaynaklanabileceğini hatırlatmak ve bu faaliyetlerin hangi çevre bileşenlerini etkileyebileceğini özetlemektir. Bu bağlamda, Şekil 3'de sunulan matris, veya benzeri, faaliyetlerin hangi çevresel bileşen üzerinde etki yaratacağını belirtmek için kullanılabilir. Ayrıca bu matris geliştirilerek bu etkilerin boyutu veya önemi de aynı sistemle ortaya konabilir.

Şekil 5.1 Çevresel Etki Etkileşim Matrisi

Proje Faaliyetleri ve Etki Bileşenleri	Bileşenler	Fiziksel Çevre								Biyolojik Çevre				Sosyo-ekonomik çevre								
		Arazi kaybı	Depremsellik	Toprak kayması	Erozyon ve çökme	İklim	Hava kalitesi	Gürültü	Su kullanımı ve kalitesi	Arazi kullanımı	Bitki örtüsü	Endemik flora türleri	Fauna elemanları (memeliler, kuşlar, vb.)	Özel koruma alanları	Sucul yaşam	Nüfus	Hassas gruplar	İstihdam	Eğitim	Peyzaj	Kültür varlıkları	Ulusal ve yerel ekonomi
	İnşaat Aşaması																					
	Kazı dolgu																					
	Katı atık oluşumu																					
	Atık su oluşumu																					
	Tesisin işgal ettiği alan																					
	Hava emisyonları																					
	Gürültü																					
	İş olanakları																					
	Görsel etkiler																					
	İşletme Aşaması																					
	Hava emisyonları																					
	Sıvı atıklar																					
	Su kaynaklarına etki																					
	Katı atıklar																					
	Gürültü																					
	Toz																					
	Trafik																					
	Kapanış Aşaması																					
	Su kirliliği																					
	Görsel etkiler																					
	Arazi kaybı																					

*Kapanış Aşaması: Projenin ekonomik ömrünün sonlanması

5.2.3 AZALTICI ÖNLEMLER

Karayolu inşaatından dolayı kaynaklanan gürültü, hava emisyonları vb. hususlarda ilgili mevzuatta belirtilen standart değerlerin aşılması durumunda, aşağıda belirtilen, ancak bu listeye sınırlı olmayan, çeşitli önlemler kullanılabilir. Çeşitli çevresel etkileri azaltıcı önlemler birbirleriyle ilgilidir ve mümkün olduğunca birlikte değerlendirilmelidir. Bahse konu önlemlerden bazıları şunlardır:

- Gürültü perdeleri ve ağaçlandırma yapılması ve binaların yalıtılması.
- Mimari tasarımlar ve peyzaj uygulamaları.
- Zaman kısıtlamaları (gece inşaat çalışması yapılmaması gibi).
- Kurşunsuz benzin kullanımı ve alternatif ulaşım yollarının geliştirilmesi
- Atık su ve yağmur sularının toplanması ve uygun şekilde arıtılması.
- Araç emisyonlarının kontrolü.
- Hız sınırlarının düşürülmesi.
- Alternatif yol yüzeylerinin kullanılması.
- Makine kullanımının ve çalışma saatlerinin kontrol edilmesi.
- Yolların düzenli bakımı.
- Uygun koridor/güzergahın seçimi.

Karayollarında kaynaklanan önemli etkilerden olan hava kalitesi ve gürültü ile ilgili azaltıcı önlemler daha detaylı bir şekilde aşağıda ele alınmaktadır.

Hava kalitesi

Motorlu araçlardan kaynaklanan hava kirliliğinin etkileri trafiğin nüfusun yoğun olduğu alanlardan uzaklaştırılması ve trafik tıkanıklıklarının giderilmesi ile önlenebilir. Genel bir kural olarak; uzun yol trafiğinin nüfusun yoğun olduğu alanlardan uzaklaştırılması, daha az olası etki ve trafik yönetim önlemlerine duyulan ihtiyacın azaltılması anlamına gelmektedir.

Projenin geçtiği güzergaha ve proje özelliklerine bağlı olarak, ortaya çıkabilecek hava kirliliğinin etkilerinin azaltılması için alınabilecek bazı önlemler şunlardır:

- Konutların, okulların ve çalışma alanlarının yakınından geçmeyen yol güzergahlarının seçilmesi.
- Trafik akışında tahmin edilen artışlar da göz önünde bulundurularak trafik sıkışıklıklarının giderilmesi için gerekli kapasitenin sağlanması.
- Konutların, okulların ya da çalışma alanlarının yakınlarında yoğun kavşakların ve tünel havalandırmalarının ve giriş ve çıkışlarının bulunmasının önlenmesi.
- Yolların planlanması ve nüfusun yoğun olduğu merkezlerin yakınlarında benzin istasyonları da dahil olmak üzere yol bileşenlerinin belirlenmesi sırasında hakim rüzgar yönünün dikkate alınması.
- Hızlanmayı ya da yavaşlamayı gerektirecek dik çıkış ya da inişlerden ve keskin virajlardan kaçınılması.
- Kirleticilerin filtrelenebilirliği için yollar ile insanların yaşadığı yerler arasına uzun ve bol yapraklı ağaçların yoğun bir şekilde dikilmesi.
- Teknolojik gelişmelere paralel olarak çevre dostu yakıtların kullanılması.

Gürültü

Gürültü problemleri, yol güzergahının değiştirilmesi ya da trafiğin bypass yolları kullanılarak gürültüye hassas alanlardan uzaklaştırılması ile önlenabilir. Özellikle hassas bölgelerde dik yokuşların ve keskin virajların en az olduğu güzergahların seçilmesi de gürültü problemlerini önleyebilir.

Bazı azaltıcı önlemler şunlardır:

- Motorlu araçlardan kaynaklanan gürültüler uygun araç yapımı, lastik seçimi ve egzoz sistemleri ve düzenli bakım gibi önlemler ile kaynağında azaltılabilir. Araç gürültü emisyonları araç tasarım kurallarının ve yürürlükteki gürültü yönetmeliklerinin ve mevzuatlarının uygulanması ile kontrol edilebilir.
- Aşınmış beton yollar üzerine bitümlü bir yüzey katının uygulanması sürtünmeye bağlı gürültünün azaltılmasında etkilidir. Hassas bölgelerde açık tesviyeli asfalt kullanımı ve yüzey yamalarından kaçınılması da sürtünme gürültüsünün azaltılmasında etkili olabilir.
- Yol tasarımında hızlanma, fren, vites değiştirme ve ağır kamyonlar tarafından motor frenlerinin kullanılmasından kaynaklan gürültünün azaltılması için dik yokuşlardan ve keskin dönüşlerden kaçınılmalıdır.
- Gürültü perdeleri, gürültü kaynağı ile korunan alıcılar arasındaki bakış hizasını kesmesi ve alınan gürültüyü emecek ya da yansıtacak kadar kalın olması durumunda etkilidir.
- Binaların ön kısımlarının sırlanmış çift cam gibi malzemelerle yalıtılması gürültünün emilmesi için sık uygulanan bir seçenektir. Bu yöntem en çok gürültü etkilerinin mevcut yollardaki trafik hacminin beklenmeyen bir şekilde artması sonucunda oluşması halinde kullanılmaktadır.

5.2.4 İZLEME

Çevresel Etki Değerlendirmesi kapsamında çalışma denetimi ve çevresel izleme ile ilgili planlara yer verilmelidir. Bu da tasarım ile inşaat arasındaki devamlılığı sağlayarak ÇED Raporu/Proje Tanıtım Dosyasının tam bir şekilde uygulanmasına yardımcı olur. Bu uygulama hem çevre konusunda hem de karayolları konusunda yetenekli ve sorumlu personelin çalışmasını gerektirir. İzleme taahhüdü ve raporlama prosedürü ile ilgili sorumluluklar ÇED Raporu/Proje Tanıtım Dosyasında belirtilecektir.

İnşaat faaliyetlerinin etkilerinin azaltılması için tasarlanan tüm azaltıcı önlemler projede sorumlu çevresel izleme yetkilileri tarafından izlenmeli ve uygulanmalıdır. İzleme faaliyeti sadece yol güzergahı ile sınırlandırılmamalı ve malzeme temin alanları, taş ocakları, atık sahaları, su yolu güzergahları, malzeme uygulama alanları, ulaşım yolları ve şantiyeler gibi projeden etkilenecek tüm alanları kapsamalıdır. İnşaat aşamasından sonra ÇED Raporu/Proje Tanıtım Dosyasında belirtildiği şekilde çevresel izleme faaliyeti devam etmelidir. Drenaj sistemleri ve erozyon/gürültü önleme amacıyla dikilen ağaçlar gibi bazı azaltıcı önlemler fonksiyonlarını uygun şekilde yerine getirebilmek için düzenli bakıma ihtiyaç duyarlar ve bu önlemlerin sürdürülebilir etkinliğinin sağlanması için izlenmesi gerekmektedir.

Azaltıcı önlemlerin uygulanmasından sonra etki izlemesi ya da değerlendirme Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporunda belirtilen geçerlilik hipotezlerini test edebilir ve azaltıcı önlemlerin beklenen sonuçların elde edilmesini sağlayıp sağlamadığını da belirlemede yardımcı olur.

Genel olarak izlenmesi gereken en önemli unsurlar ve parametreler şunlardır:

- Erozyon ve sedimantasyon kontrol önlemlerinin uygulanması ve etkinliği.
- Gürültü seviyeleri.
- Titreşim (özellikle inşaat aşamasında ihtiyaç duyulabilecek patlatma faaliyetleri için).
- Yol güzergahı yakınında yer alan ve oluşabilecek atık su veya yolun yüzey drenajı için alıcı ortam teşkil edebilecek su kaynaklarında; toplam askıdaki katı madde (TAK), elektriksel iletkenlik, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) ve yağ-gres gibi su kalitesi parametreleri.
- Havadaki, nitrojen oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO) ve askıdaki partiküller
- Vahşi hayvan göçleri ve hareketleri.

Yukarıda karayolu projelerinin inşaatı ve işletmesi aşamalarında genel anlamda izlenmesi gereken konu ve parametreler belirtilmiştir. ÇED Raporu/Proje Tanıtım Dosyasında yer alacak izleme programı, ilgili konular için genel anlamda şu bilgileri içermelidir:

- İzlenecek parametre
- Parametrenin izlenme nedeni
- Parametrenin izleneceği yer
- Parametrenin nasıl izleneceği/izleme ekipmanı/yöntemi
- Parametrenin ne zaman izleneceği - izleme sıklığı ve toplam izleme süresi
- İzleme maliyeti
- İzlemeden kimin sorumlu olduğu

5.3 KARAYOLU MALİYET ANALİZİ

- Bir karayolunun maliyeti;
- Yapım maliyeti,
- Bakım maliyeti,
- İşletme maliyeti,
- İdari ve genel giderler

toplamından oluşmaktadır. Burada, bakım maliyeti, işletme maliyeti ve idari ve genel giderler karayolu tamamlanıp işletmeye açıldıktan sonra oluşan giderlerdir. Yüksek maliyete sahip karayolu projelerinin gerçekleştirilebilmesi için, fayda/maliyet oranı yöntemiyle farklı geçki seçenekleri arasından en uygun yani, maliyeti en düşük ama sağlayacağı fayda en büyük olan geçkinin seçilmesi amaçlanmaktadır. Burada fayda da, karayolu yapılıp işletmeye açıldıktan sonra elde edilmektedir. Ancak maliyet, yukarıda belirttiğimiz 4 çeşit maliyetten ilki olan yapım maliyeti olup, karayolu yapılmadan önce belirlenebilmektedir ve bu maliyeti etkileyen ve bu çalışmanın da konusunu oluşturan en önemli etkenler, standartlara bağlı olarak belirlenen proje elemanlarıdır. Eğer bu proje elemanları, uygun şekilde belirlenirse, minimum maliyeti veren geçki elde edilebilir. Karayolunun konumunu, uzunluğunu, toprak işini etkileyen proje elemanlarının, karayolu yapım maliyetini ne şekilde etkilediği belirlenebilmektedir.

Karayolu projeleri uzun süreli ve yüksek bütçe olanakları gerektiren yatırımlardır. Devletin kaynaklarının sınırlı olması, kamu harcamalarının bu sınırlı kaynaklarla karşılanması gerekliliği sebebiyle bir karayolu projesi için gerekli olan maliyet analizlerinin yolun yapımına başlanmadan önce doğru bir şekilde yapılması ve buna bağlı olarak en uygun geçki seçeneğinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Gerekli araştırmalar yapılmadan belirlenmiş herhangi bir geçki seçeneğinin doğrudan uygulamaya konulması düşünülemez.

Maliyet analiziyle, proje hızı, yatay ve düşey kurplar, enine ve boyuna eğimler, platform-banket-kamulaştırma genişliği gibi diğer karayolu proje elemanları ve trafik faktörleri de dikkate alınarak karayolu geçkileri belirlendikten sonra maliyet analizleri yapılarak en uygun geçkinin seçilmesi amaçlanmaktadır. Maliyet analizinin temeli paradır. Yeni bir yolun yapımı ya da mevcut bir yolun iyileştirilmesi gerektiğinde, böyle bir yolun yapılmasından ya da iyileştirilmesinden sağlanacak faydaların, bu yol için yapılacak harcamalara göre değeri maliyet analizinin amacını oluşturmaktadır. Maliyet analizi, mevcut imkanlar ölçüsünde önerilen geçkinin ekonomik olup olmadığının ve düşük bir maliyetle istenilen projelendirmenin sağlanıp sağlanamayacağının belirlenmesi için, en uygun seçimi yapmaya yardımcı olmaktadır. Mevcut bir yoldaki iyileştirmede, en fazla faydayı sağlayacak iyileştirmenin seçilmesi mümkünken, yeni yapılacak bir karayolunda ise, farklı geçki seçenekleri arasından, yatırım, bakım ve işletme giderleri açısından bakılarak fayda ve maliyet yönünden en uygun olan geçkinin seçilmesi amaçlanmaktadır. Kamu sektörünün genişlemesi, altyapı yatırımlarının önem kazanması sebebiyle fayda-maliyet analizinin zamanla önemi artmaktadır. Bir karayolu maliyet analizi üç temel bileşene göre değerlendirilmektedir: Bunlar;

Giderler,

Gelirler,

Gelir-gider arasındaki faydalar.

Bir karayolunun sürekliliğinin sağlanması için o yoldan belli bir faydanın sağlanması gerekir (Ünver, 1971; DeGarmo ve Canada,1973; Çakır, 1999).

Bir karayolu projesinin maliyet analizi yapılırken amaç ve ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak ve olabilecek bütün seçeneklere bakılarak, bunlar içerisinden analiz yapmaya değer olacak olan alternatifler seçilmektedir. Bu alternatiflerin seçiminde; Karayollarının yapım veya iyileştirilmesinin topluma sağlayacağı faydalar,

- Karayollarının yapım, bakım ve işletme giderlerinin miktarı,
- Karayolunun yolu kullananlarda sebep olacağı işletme giderleri ve zaman değerleri,
- Karayolunu kullananlara sağlanan konfor ve kolaylığın dolaylı faydaları,
- Kazalar yönünden ülkeye ve yolu kullananlara sağlayacağı dolaylı faydalar dikkate alınarak,
- Olası bütün alternatifler ve bunlar arasındaki farklar dikkate alınmakta,
- Maliyet ve faydaların her biri aynı zaman periyodu içinde düşünülmekte,
- Maliyet analizindeki bütün faktörler belirli bir faiz oranı ile aynı zamana dönüştürülmekte yani aktüalize edilmektedir.(Ünver, 1971)

5.3.1 Karayolu Maliyet Etkenleri

Karayolu maliyetinde iki temel unsur vardır. Bunlar para ile ölçülebilen yani ekonomik analizi para değeri üzerinden yapılabilen ve yolu kullananı ilgilendiren maliyet etkenleri ile ekonomik analizi para ile değerlendirilemeyen ancak, genel ekonomik, sosyal ve toplum değerleri olan maliyet etkenleridir.(Winfrey ve Dale, 1974)

Maliyet Analizi, Para Üzerinden Değerlendirilebilen Maliyet Etkenleri

Maliyet analizi para üzerinden değerlendirilebilen maliyet etkenleri şöyle gruplandırılır;

1. Karayolu maliyetleri

- Yapım giderleri,
Mühendislik, kamulaştırma, toprak işleri, sanat yapıları, üstyapı ve banketler, terminal tesisleri...vb.
- Karayolu bakım ve onarım giderleri,
- İşletme giderleri,
- İdari giderler.

2. Yolu kullanana ait maliyetler

- Taşıt işletme giderleri,
Yakıt, motor yağı, lastikler, bakım, aşınma
- Kaza giderleri,
Mal hasarı, yaralanmalar, ölümler
- Seyahat süresi giderleri,
Ticari taşıtlar, otomobiller

Maliyet analizi para üzerinden değerlendirilebilen maliyet etkenleri, çeşitli analiz metotları kullanılarak önerilen yol geçkileri içerisinde en uygun olanını belirlemektedir. Bu analiz metotları içerisinde en çok kullanılanı fayda/maliyet oranı yöntemidir.

Maliyet Analizi, Para Üzerinden Değerlendirilemeyen Maliyet Etkenleri

Maliyet analizi para değeri üzerinden değerlendirilemeyen maliyet etkenleri şu şekilde gruplandırılır:

1. Yolu kullananların tercihleri

- Konfor, uygunluk, yüzey konforu

2. Sosyo-Ekonomik etkenler

2.1 Arazi ve iş ekonomisi

- Bölgenin ekonomik gelişimi
- İstihdam
- Arazi kullanılışı ve arazi değeri
- Ticaret hacmi
- Kaynakların kullanılması

2.2 Toplum değerleri

- Estetik
- Koruyucu hizmetler
- Diğer mahalli hizmetler
- Emlak vergilendirmesi
- Rekreasyon
- Sosyal
- Milli savunma

Maliyet analizi para değeri üzerinden değerlendirilemeyen maliyet etkenleri kamu faktörleri(kamu politikası, genel program, tercihler...vb.), de dikkate alınarak, ekonomik analizi para değeri üzerinden değerlendirilebilen maliyet etkenlerinin ekonomik analizinden sonra birlikte değerlendirilip, elde edilen sonuçlara bakılarak maliyet açısından uygun geçki seçeneğinin seçimine karar verilmektedir. (Winfrey ve Dale, 1974)

5.3.2 Fayda/Maliyet Analizi

Bir karayolu yatırımı için, eldeki kaynakların etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bir karayolu, geometrik standartları veya kaplaması yönünden iyileştirilirken, veya yeni bir karayolu yapılırken temel amaçlardan birisi, o yoldan en fazla faydayı sağlayabilmektir. Bu yoldan elde edilecek faydalar o yola yapılacak yatırımlarla karşılaştırılmaktadır. Bir karayolu projesinin, ekonomik bir şekilde planlanması ve projelendirilmesi maliyet analizlerinden yararlanmayı gerektirmektedir. Karayolu maliyet analizlerinde en çok kullanılan yöntem fayda/maliyet analizi yöntemidir. Farklı geometrik standartlara sahip yollar için farklı fayda/maliyet oranları elde edilmektedir. Fayda-maliyet oranı, farklı geçki seçeneklerinin fayda sağlama derecelerine göre sınıflandırmasını yapmaya olanak sağlayarak, en uygun geçki seçeneğinin seçilmesine yardımcı olmaktadır.

Proje yatırımının ekonomik etüdü yapılırken, sadece ilk yatırım giderlerinin değil, yatırımın devamlılığı sağlayan diğer giderlerin ve buna karşılık elde edilecek gelirlerin de dikkate alınması gerekmektedir. Bir karayolu projesinin en ucuz maliyetle gerçekleştirilmesi istenmektedir.(Heggie, 1972)

5.3.2.1 Fayda/Maliyet Analizinin Esasları

Karayolu yatırımlarında, değerlerin büyüklüğü nedeniyle, bu yatırımların ekonomik açıdan oluşacak sonuçlarının önceden belirlenmesi gerekmektedir. Karayollarında bir projeye başlamadan bütün seçenekler dikkate alınarak maliyet analizleri gerçekleştirilmektedir. Bir karayolu geçki seçenekleri arasında sağlanacak faydalar fazla olan geçki, o geçkiler arasında, karı, verimi ve ekonomikliği en fazla olan geçki anlamına gelmektedir. Bunun için önceliğin o geçkiye verilmesi gerekmektedir. Pay ve paydayı oluşturan fayda ve maliyetlerin, ayrı ayrı sayısal olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu hesaplamalarda fayda ve maliyetler yıllık maliyet bazında hesaplanmakta ve iskonto değerleri belirtilmektedir.

Karayolu projelerinin olumlu(fayda) ya da olumsuz(maliyet) sonuçlarını karşılaştırarak, bu sonuçlara göre en uygun projenin seçilmesini amaçlayan fayda/maliyet analiz yönteminde,

$$R = \text{Fayda} / \text{Maliyet}$$

oranının >1 olması gerekmektedir. Bu oranın 1'den büyüklüğü arttıkça yatırımın verimliliği artmaktadır.

Farklı geometrik standartlara sahip yollar için farklı fayda-maliyet oranları elde edilmektedir. Bu oranlar dikkate alınarak fayda maliyet oranları en yüksekten başlayarak sınıflandırılmaktadır. Mevcut kaynaklar düşünülerek fayda-maliyet oranı en yüksek olan yada fayda-maliyet oranı 1'den büyük olanlar içerisinde birisi seçilebilmektedir. En çok fayda sağlayacağımız geçki seçeneğini belirlerken fayda/maliyet analizinin yapılması gerekmektedir.

Faydanın para olarak karşılığının bulunması oldukça zordur. Bir proje değerlendirilirken faydaların parasal olarak belirlenebilmesi için, proje çıktılarının tam olarak tanımlanması ve bu çıktılara uygun fiyatlar uygulanarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Fayda-maliyet analizi, herhangi bir projenin sosyal fayda ve maliyetlerini ortak bir para cinsinden belirlemeyi ve sonra bunları karşılaştırarak bu yöntemle, en yüksek faydanın sağlanmasını amaçlanmaktadır.

Fayda maliyet analizinde, hesapların kolaylaştırılması açısından, zaman sürekli alınmayıp bölünebilmekte, gelecekteki fayda ve maliyetler belirli yıllarda meydana geldikçe incelenebilmektedir. Değerlendirilen projenin, ilk yılları inşaat çalışmaları ile geçtiği için belli bir yıla kadar faydasının olmadığı varsayılmaktadır. Sonraki yıllarda fayda önce artmakta, sonra belli bir düzeyde kalmakta, sonra da düşmektedir.(Çakır, 1999)

5.3.2.2 Fayda/Maliyet Yönteminde Aktüalizasyon

Karayolu yatırımlarının maliyet analizlerinde kullanılan fayda/maliyet oranı yöntemi, gelir ve giderlerin aktüalizasyonunu esas almaktadır. Yeni bir karayolunun yapımı veya eski bir yolun iyileştirilmesi için yapılan yatırımlar bir anda yapılmayıp her yıl belirli bir miktar olacak şekilde belirli bir zamana yayılmaktadır. Ayrıca bakım ve işletme giderleri de yol işletmeye açıldıktan sonra hizmet süresi boyunca farklı zamanlarda yapılmakta ve yol işletmeye açıldıktan sonra yıldan yıla artan trafik hacmine bağlı olarak elde edilen faydalarda artmaktadır. Bu sebeple, paranın alım gücü zamana bağlı olarak değişeceği için fayda ve maliyetlerin zaman içinde oluşan izafiliklerini gidererek aynı zamandaki değerlerinin başka bir deyişle aktüalize edilmiş değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Fayda ve maliyetlerin aktüalize edileceği tarih genelde yolun işletmeye açıldığı yıl olarak alınmaktadır.

Aktüalizasyonda Faiz İşlemi

Bugünkü değeri a olan ana paranın(yatırım), f cari faiz oranında n yıl sonraki değeri şu eşitlikle belirlenmektedir;

$$A = a.(1 + f)^n$$

A : Paranın n yıl sonraki değeri a :

Anapara

f : Faiz oranı

Burada $A > a$ 'dır ve nakit miktarı n yıl içinde bileşik faiz kuralına uyarak artmaktadır. (Sütaş ve Öztaş, 1983)

Aktüalizasyonda İndirim İşlemi

Gelecekte değeri a olan bir anaparanın (fayda), f cari faiz oranı altında n yıl önceki değeri faiz işleminin tersi olarak şu şekilde bulunmaktadır.

$$A' = \frac{a}{(1 + f)^n}$$

A' : Paranın n yıl önceki değeri

Burada $A' < a$ olup, gelecekteki değer a ise bugünkü değeri f cari faiz oranına bağlı olarak iskonto edilmiş (azaltılmış) bir değer olmaktadır. (Sütaş ve Öztaş, 1983)

İşletmeye Açılış Yılına Aktüalizasyon

Fayda ve maliyetlerin ekonomik karşılaştırmasında, aktüalizasyon (herhangi bir yıla yapılan indirgeme) işlemi, yolun işletmeye açıldığı yıla bağlı olarak yapılmaktadır.

p ; yapım ve işletme faaliyetleri yılı ve

n ; yolun işletmeye açıldığı yıldan itibaren hizmet ömrü olan bir yolda, yapım sırasında yıllık harcamalar;
 $c_1, c_2, c_3, \dots, c_p$

Hizmet ömrü sırasında yıllık bakım ve işletme harcamaları;

$c_1', c_2', c_3', \dots, c_n'$

Hizmet ömrü sırasında elde edilen dolaylı ve dolaysız faydalar;

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$

ile ifade edilen, işletmeye açılış yılından önce yapılan harcamalar faiz, sonraki değerler iskonto uygulanarak aktüalize edilmiş maliyetler için aşağıdaki eşitlik ;

$$C = c_1(1+f)^p + c_2(1+f)^{p-1} + c_3(1+f)^{p-2} + \dots + c_p(1+f) + \frac{c_1'}{(1+f)} + \frac{c_2'}{(1+f)^2} + \frac{c_3'}{(1+f)^3} + \dots + \frac{c_n'}{(1+f)^n} \quad (4.4)$$

aktüalize edilmiş faydalar için de aşağıdaki eşitlik ;

$$B = \frac{b_1}{(1+f)} + \frac{b_2}{(1+f)^2} + \frac{b_3}{(1+f)^3} + \dots + \frac{b_n}{(1+f)^n} \quad (4.5)$$

kullanılmaktadır. Bu formüllerden bulunan değerlerle B/C (Fayda/Maliyet) oranı belirlenmektedir. Bulunan değer 1'den büyüdükçe o karayolu yatırımının verimliliği artmaktadır.

(Aktüalize edilmiş fayda)/(Aktüalize edilmiş maliyet) oranı, paranın zamanla değerinin değişmesi ve ekonomik kurallara bağlı olarak daha akılcı bir karşılaştırma imkanı sağlamaktadır. (Sütaş ve Öztaş, 1983)

Fayda'nın İçeriği

Bir karayolu yatırımı gerçekleştikten sonra iki çeşit fayda ortaya çıkmaktadır.

Dolaysız Faydalar

Dolaysız faydalar, yolun yapımı veya iyileştirilmesi sonucu, taşıt işletme giderlerinin azalmasıyla sağlanan ve kolaylıkla hesaplanabilen faydalar ile zamandan sağlanan ancak kolay hesaplanamayan faydalardır. Taşıt işletme giderleri, yol uzunluğunun kısaltılması, boykesit eğimlerinin düşürülmesi, yatay kurp yarıçaplarının büyütülmesi, taşıtların duruş kalkışlarının azaltılması, kaplama yüzeyinin iyileştirilmesi gibi düzenlemelerle azaltılabilir. Bu şekilde düzenlemeler için yapılacak giderler, taşıt işletme giderlerindeki azalma nedeniyle doğrudan fayda olarak geri dönerler.

Dolaylı Faydalar

Dolaylı faydalar, yeni bir karayolunun yapılması veya mevcut bir yolun iyileştirilmesi halinde, yolu kullananlar dışında bu yolun yapılmasıyla milli gelirde elde edilecek kazançları ifade eder. Mevcut yolun iyileştirildiği veya yeni bir yolun yapıldığı bölgede, yolun birleştirdiği merkezlerin belli bir işletme periyodu içerisinde oluşacak üretim ve ticari faaliyetler ve üretici-tüketici karlarındaki artışları belirlemeyi hedefler. Dolaylı faydalar kesin olarak hesaplanması zor olan, belirlenmesi istatistik verilere ve tahminlere dayanan, sosyo- ekonomik faydalardır. (Sonuç, 1983)

Maliyet'in İçeriği

Bir karayolunun iyileştirilmesi veya yeni bir karayolu yapımı sırasında yapılan giderler ile o yolun ekonomik ömrü süresince gerçekleştirilen harcamaların bütünü toplam maliyeti vermektedir. Daha önce maliyet analizi, para üzerinden değerlendirilebilen maliyet etkenleri konusunda değinmiş olduğumuz karayolu maliyetleri içerikleriyle birlikte daha kapsamlı olarak şu şekilde ifade edilmektedir:

- Yapım maliyeti:
 - Kamulaştırma maliyeti
 - Toprak işleri maliyeti
 - Sanat yapıları maliyeti
 - Üstyapı maliyeti
 - Aydınlatma ve işaretleme tesis maliyetleri
- Bakım onarım maliyeti
 - Altyapıda ve kaplamada oluşabilecek arızaların giderilmesi
 - Dolan hendek ve sanat yapılarının temizlenmesi
 - Karla mücadele
 - Kaplama üstü ve pano işaretlerinin yenilenmesi
 - Yol boyu yapılan peyzaj çalışmaları...vb.
- İşletme maliyeti
 - Sinyalizasyon
 - Aydınlatma
 - Telefon
 - Servis aracı...vb.

- İdari ve diğer harcamaların maliyeti
 - Yol yapımı ve hizmet ömrü süresince kurum tarafından yapılan işlem, personel harcamaları ve yapılan diğer giderler.(Sütaş ve Öztaş, 1983))

Maliyet Hesabı

Maliyet hesabı, yapılacak olan karayolunun, konumuna, uzunluğuna, toprak işine bağlı olarak belirlenen yapım maliyeti ile, yol yapılıp işletmeye açıldıktan sonra oluşan ve araç işletme, seyahat süresi ve kaza maliyetlerini kapsayan kullanıcı maliyetinden oluşur. Karayolunu yapan kurumlar genellikle, yapım maliyetini temel alıp, kullanıcı maliyetlerini dikkate almamaktadır.

Karayolu Yapım Maliyetleri

- **Konuma Bağlı Maliyetler**

Konuma bağlı maliyetler; arazi edinimi (kamulaştırma) ve zemin stabilizasyonu maliyetlerini içerir. Kamulaştırma maliyetini belirlemek oldukça zordur. Çünkü, yolun geçeceği bölgede, değer biçme, verilecek zarar ve yeniden oluşumun dikkate alınması gerekir. Bölgenin kent içi, kent dışı, tarım arazisi olması gibi durumların değer biçmede dikkate alınması gereklidir. Kamulaştırma maliyetinin hesaplanması oldukça karmaşıktır. Kamulaştırmadan önce ve sonra, arazilerin ve yapıların değerine bağlı olarak oluşturulan geçici irtifak hakkı ve değer biçme ücretine bağlı olarak belirlenir. Bir aliymanda konuma bağlı toplam maliyet;

$$C_N = \sum_{J=1}^m K_J A_J$$

formülüyle hesaplanır. Burada,

m: Karayolu geçkisinin geçtiği parsel sayısı

K_J: j.parsel için konuma bağlı birim maliyet

A_J: j.parsel içinde yolun kapladığı alan

Konuma bağlı maliyetlerin hesaplanmasında, yol aliymanının geçtiği yerin farklı özellikteki arazi parsellerinden oluşması dikkate alınır. Bu araziler; taşkın alanları, nehirler ...vb. gibi toplam maliyeti yükseltecek alanlarda olabilir. Maliyeti yükseltmemek için böyle yerlerden sakınılmalıdır. (Jong, vd., 2000)

- **Uzunluğa Bağlı Maliyetler**

Uzunluğa bağlı maliyetler; hava ve gürültü kirliliği, kimyasal atıkları yok etme gibi araç seyahat süresine bağlı çevresel faaliyetlerle, şev içi-şev dışı maliyetler ve üstyapı maliyeti gibi maliyetleri kapsar. Uzunluğa bağlı maliyetler, birim uzunluk maliyetiyle aliyman uzunluğunun çarpılmasıyla elde edilir. Birim uzunluk maliyeti; birim yapım maliyeti, birim bakım maliyeti ve birim çevresel maliyetlerden oluşur. Aliyman uzunluğuna bağlı toplam maliyet;

$$C_L = L_n (K_C + K_M + K_{E.L})$$

formülüyle hesaplanır.

L_n : Toplam aliyman uzunluğu

KC: Birim uzunluğun yapım maliyeti

KM: Birim uzunluğun bakım maliyeti

KE.L: Birim uzunluğun çevresel maliyeti

Uzunluğa bağlı maliyetler belirlenirken yolun yapılacağı bölgedeki canlılar ve çevre de dikkate alınmalıdır. Yolun yapılacağı bölgedeki bazı çevresel faktörler CBS' den belirlenebilir, bazılarının belirlenmesi ise özel analizler gerektirir. Örneğin, hava kirliliği, su kalitesi, gürültü, sosyo-ekonomik etkiler gibi çevresel faktörler özel analiz gerektirir. Tarım alanı, taşkın alanı, tarihi alanlar gibi çevresel faktörler ise CBS'den belirlenebilir ve bu bölgelerin en az zarar görmesi sağlanabilir. (Jong, vd., 2000,)

- **Toprak İşine Bağlı Maliyetler**

Toprak işi maliyetinin hesabı, kazı ve dolgu hacimlere bağlı olarak belirlenir. Bir karayolu projesinde temel amaçlardan birisi, toprak işi miktarını minimum yapmaktır. Toprak işi miktarını belirlemek için, geçki eksenini boyunca belirli aralıklarla enkesitler alınır. Toprak işide pratikte uygulanan, yarma bölümünden, dolgu bölümüne toprağı taşıyarak net toprak işi hacmini minimum yapmaktır.

Kazı-dolgu maliyetlerinde, bir enkesitin yarma kısmı için toplam maliyet şu eşitlikle hesaplanır:

$$C_T = C_H + 0.5L_sK_C \left[\left(\frac{H_1 + H_2}{2} * 1 \right) + \left(\frac{H_2 + H_3}{2} * b \right) + \left(\frac{H_3 + H_4}{2} * W_{d1} \right) + \left(\frac{H_4 + H_5}{2} * W_{d2} \right) + \left(\frac{H_5^2}{2 * m_C} \right) \right] \quad (4.8)$$
$$+ L_t \left[a_i + 365Tb_i + c_i(1 + b + W_{d1} + W_{d2} + \frac{H_5}{m_C})m_C^2 \right]$$

Kazı-dolgu maliyetlerinde, bir enkesitin dolgu kısmı için toplam maliyet şu eşitlikle hesaplanır:

$$C_T = C_H + 0.5LK_f \left[\left(\frac{H_1 + H_2}{2} * 1 \right) + \left(\frac{H_2 + H_3}{2} * b \right) + \left(\frac{H_3^2}{2 * m_f} \right) \right] + Lt \left[a_i + 365Tb_i + c_i \left(1 + b + \frac{H_3}{m_f} \right) m_f^2 \right] \quad (4.9)$$

CT: Toplam maliyet

CH: Taşıma maliyeti

Lt : Karayolu bölümünün uzunluğu

s: Çekme ya da kabarma faktörü

H_i : Enkesit alanını hesaplamak için kullanılan yükseklik miktarı

l: Şerit genişliği

b: Banket genişliği

K_f: Birim dolgu maliyeti

K_c: Birim yarma maliyeti

W_{di}: Enkesit alanını hesaplamak için kullanılan genişlik miktarı

m_c: Yarma eğimi

m_f: Dolgu eğimi

$$T = YOGT * 365 * (1 + 0.01r_j)^n$$

r_j: Yıllık trafik büyüme faktörü

n: yıl

a_i, b_i : Bakım maliyet fonksiyonu sabiti

c_i: Toprak maliyet katsayısı

Birim yarma maliyeti toprak çeşidine bağlıdır. Gevşek topraklar için bu maliyet miktarı düşük, sıkı ya da kayalık topraklar için ise yüksektir. Toprak karakteristikleri çekme ve kabarma sebebiyle dolgu hacmini de etkilemektedir. (Jong, vd., 2000)

• Kullanıcı Maliyetleri

Kullanıcı maliyetlerini oluşturan en önemli bileşenler, araç işletme maliyeti, seyahat süresi maliyeti ve kaza maliyetidir. Kullanıcı maliyetlerinin, karayolu geçkisiyle olan ilişkisi açık olmadığı için kullanıcı maliyetlerinin hesabı daha az etkili olur. İlişkiler genellikle istatistiksel analizlerle belirlenir. Yapım maliyetinde genellikle kullanıcı maliyetleri dikkate alınmamaktadır. (Jong, vd., 2000)

5.3.3 Metraj Hesabı

Bir karayolu yatırımı, uzun süreli ve masraflı bir iştir. Böyle büyük bir yatırımın, en uygun maliyetle gerçekleştirilebilmesi için, farklı geçki seçenekleri arasından en uygun olanının seçilmesi gerekmektedir. Bu sebeple, proje başlangıcında, bütün geçki seçeneklerine ait maliyet analizleri yapılarak en uygun yani maliyeti en düşük ancak getirisi en büyük olan geçkinin seçilmesi amaçlanır. Böylece maliyeti önceden belirlenen geçkinin, daha sonra karayolu projesine ait bütün hesaplar yapıldıktan sonra, asıl maliyeti metraj hesabı yapılarak bulunur. Bir karayolunun metraj hesabının yapılabilmesi için, her yıl , Bayındırlık Bakanlığı,

Karayolları Genel Müdürlüğünce, yapılan işlerin birimlerine ve niteliklerine göre gruplandırılmış miktarı bulunan işlerin birim fiyatları yayınlanmaktadır. Her iş için bulunan metraj yani o işin miktarı ile birim fiyatının çarpılmasıyla işin maliyeti hesaplanmaktadır.

Karayollarında yapım metrajı aşağıdaki gibi 4 gruba ayrılarak hesaplanmaktadır:

1. Yol altyapısı
 - Toprak işleri
 - Sanat yapıları(Büz,menfez, köprü, duvar, ...vb.)
2. Yol üst yapısı
 - Alttemel, temel ve kaplama
3. Diğer işler
 - İşaretleme, korkuluk, çizgiler, levhalar,...vb. (Sütaş ve Öztaş, 1983)

5.4 GENEL YOL GÜVENLİK KONSEPTİ

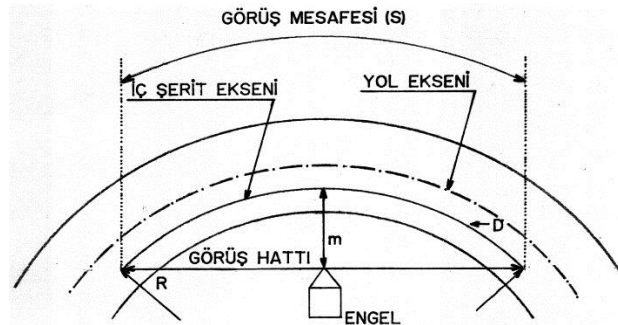
Dere geçişlerinde köprü maliyetini azaltmak için proje güzergah ekseni mümkün olduğunca dereye dik ve derenin dar olduğu kesimler seçilmelidir.



Yatay kurpların iç kısımlarında, duvar, yarma şevi, bina ve bariyer gibi görüşü engelleyen nesneler bulunması durumunda yol tasarımında trafik güvenliğinin sağlanması açısından değişiklik yapılması gerekecektir.

Kurba dönen taşıtın sürücüsünün D noktasındaki bir tehlikeyi görebilmesi ve aracını emniyetle durdurabilmesi için sürücünün görüş hattının iç şerit ekseninden (m) kadar mesafede yanal görüş engeli olmamalıdır.

$$m = R \left(1 - \cos \frac{28,65 S}{R} \right)$$

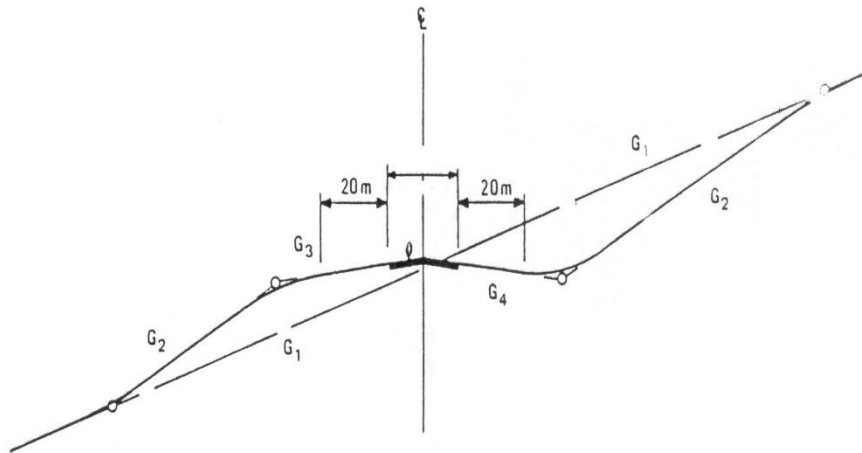


- m : Yanal görüş açıklığı, m
R : Kurp yarıçapı, m
S : Duruş görüş mesafesi, m

Yolun her iki tarafında (banketlerin iç kenarları ile kamulaştırma sınırı arasında kalan alanlar) istem dışı nedenden dolayı yol dışına çıkan taşıtlar için yeterli bir güvenlik alanı oluşturulmalıdır. Bu alan içerisinde trafik güvenliğini olumsuz yönde etkileyen sabit cisimler yer almamalı kaldırılması mümkün olmayanlar için ise gerekli trafik güvenliği tedbirleri alınmalıdır.



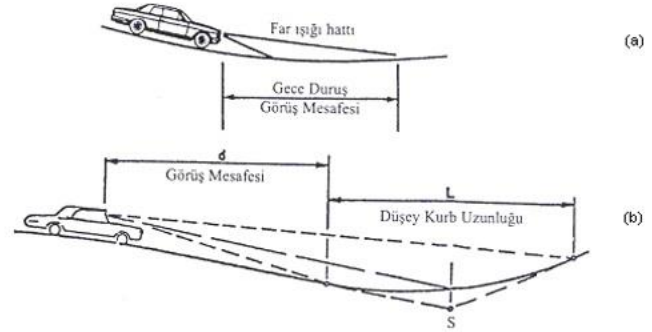
Tali yol düşey eğiminin anayol enine eğiminden büyük (farklı) olduğu durumlarda şekildeki gibi görüş mesafesini azaltmayacak şekilde uygun eğimler ve düşey kurplarla düzenleme yapılmalıdır.



- G1: tali yolun başlangıçtaki eğimi
- G2: kavşaktaki eğimi düşürmek için uygulanan eğim
- G3: kavşakta anayolun maksimum enine eğimi
- G4: %0.5 ve %2 arasında bir eğim

Genel sürüş emniyeti açısından bir dere tipi düşey kurp en az duruş görüş mesafesine eşit bir d far ışığı görüş mesafesi sağlayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.

$$S > L \text{ ise } L = 2d - \frac{200(0,6 + d \tan 1^\circ)}{A} = 2d - \frac{120 + 3,5d}{A}$$



$$S < L \text{ ise } L = \frac{Ad^2}{200(0,6 + d \tan 1^\circ)} = \frac{Ad^2}{120 + 3,5d}$$

L : Dere düşey kurp uzunluğu, m

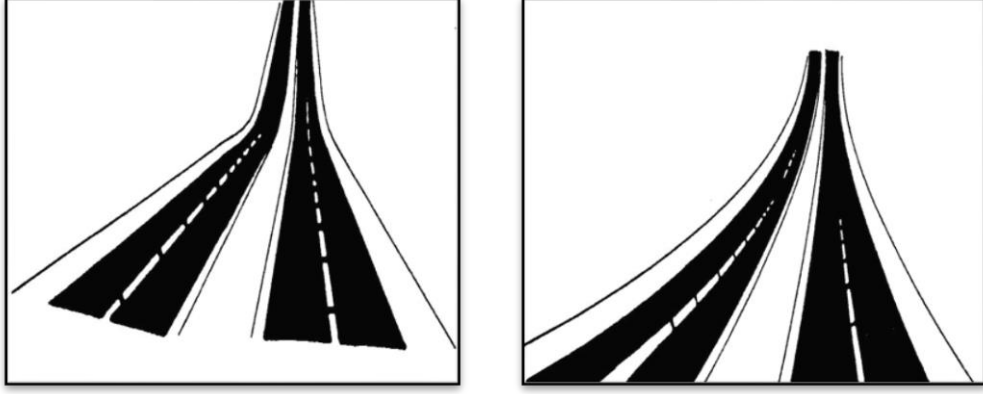
d : Taşıt ile yukarıda tanımlanmış olan ışık hattının yol yüzeyini kesiği nokta arasındaki mesafe, m

A : Eğimlerin cebrik farkı, %

Sık sık değişen ve kısa uzunluktaki eğimler yerine arazi topoğrafyasına uyumlu eğimler tercih edilerek yol güvenliği açısından mümkün olduğunca düşük eğim kullanılmasına çalışılmalıdır. Yarmalarda, yeterli drenajın sağlanamadığı yerlerde dere tipi düşey kurplardan olabildiğince kaçınılmalıdır. Yetersiz drenaj nedeni ile hidroplan ve sürtünme direnci gibi problemler ile kaza riski artacağından bordürlü yollarda yolun boyuna eğimi % 0,5'den daha az olmamalıdır.

Uzun iniş eğimli boykesitlerden kaçınılmalıdır. Çok uzun inişin sonunda bir çıkış eğimi yoksa özellikle ağır taşıtların aşırı hızlanmaları trafikte tehlike yaratacaktır. Uzun çıkış eğimli boykesitlerde daha dik eğimlerin alt tarafa konulmasına ve tırmanışın sonuna yaklaşırken eğimin azaltılmasına veya sürekli tırmanan eğim yerine kısa mesafeli yatık eğimlerle sürekliliği kesilmiş düşey eksen tasarlanmasına çalışılmalıdır.

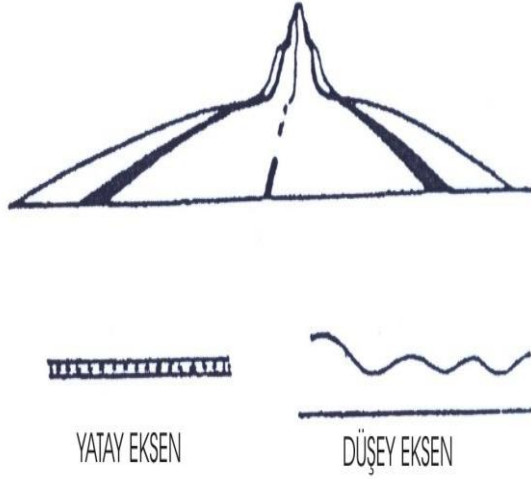
İki düşey alıyman arasına çok kısa dere tipi düşey kurp konulmasından kaçınılmalıdır. Gece sürüşlerinde far ışığının aydınlatma mesafesi kısa düşey kurbun görünmesini engelleyerek yol güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Böyle durumlarda dere tipi düşey kurbun boyu uzatıldığında optik kırıklık giderilerek yol güvenliği artırılabilecektir.



Aynı yönlü iki düşey kurp arasına kısa aliyman konulmasından kaçınılmalıdır.



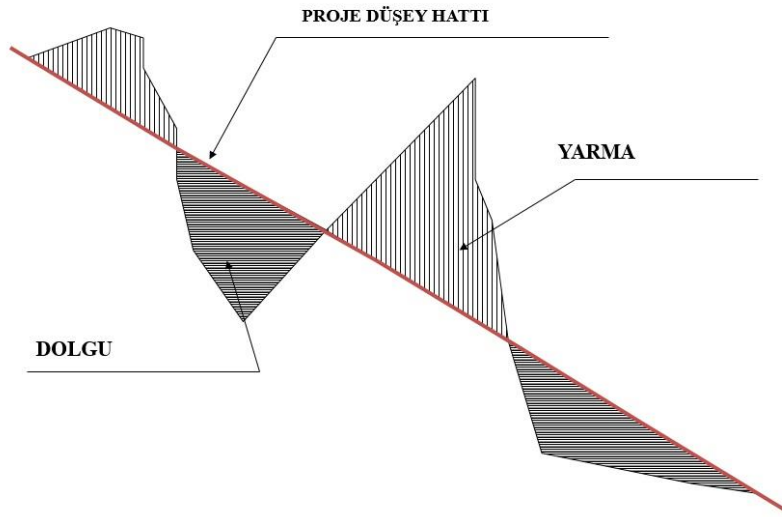
Sürekli eğim değiştiren (ondülasyonlu) boykesitlerden kaçınılmalıdır. Aşağıda görülen ondülasyonlu boykesitler özellikle ağır taşıtların daha hızlı hareket etmesine neden olarak tehlike yaratabilecektir.



“Gizlenmiş-İniş” tip profillerden kaçınılmalıdır. Genellikle bu tip profillere, uzun yatay aliymanlarda, düşey eksenin dalgalı doğal arazi çizgisini yakından takip etmesi durumunda rastlanmaktadır. Bu tür boykesitler estetik açıdan ve sürüş zorluğu yaratması bakımından istenmeyen durumlardır. Öndeki taşıdı geçmek isteyen sürücü iniş ötesinde karşı şeridinin boş olduğunu görerek yanılabilmektedir. Sürücü tepenin ötesinde gizlenmiş olarak gelen bir taşıtın varlığından habersizdir. Bu tip profiller, yatay kurplarla veya yüksek dolgu ve yarmalar kullanılarak yavaş yavaş değişen eğimlerin uygulanması ile düzeltilebilir.



30



Ova ve düz arazilerde yer altı sularının tesirleri gözönüne alınarak proje düşey hattı yeterli yükseklikten (min 1-1.5m.) geçirilmelidir. Yan derelerden gelen suların gerektireceği seviyenin üstünde bir proje düşey hattı tespit edilmelidir.



1.1 Proje Yatay ve Düşey Hattının Uyumu

Yatay ve düşey eksenler karayolunun temel unsurları olup özenle tasarlanmalıdır. Yol yapımı bittikten sonra eksen bozukluklarının düzeltilmesi çok zor ve maliyetlidir. Yatay ve düşey eksen tasarımları birbirinden bağımsız olarak düşünülemez. Emniyet ve düzenli trafik akışı ile birlikte estetiği sağlamanın en güvenilir ve ekonomik yolu yatay ve düşey eksenleri için başında bu bilinçle ve iyi bir uyum içinde belirlemekten geçmektedir.

1.2 Yatay ve Düşey Eksenlerin Uyumunda Gözönüne Alınması Gereken Hususlar

Yatay ve düşey geometrinin dengeli ve uyumlu olabilmesi için yatay kurp yarıçapları ve boyuna eğimlerin tasarımında uyum sağlanmalıdır. Aliyman veya büyük yarıçaplı yatay eksen ile dik veya uzun eğimler, yatık boyuna eğimlerle küçük yarıçaplı yatay kurpların birleşiminden kaçınılmalıdır.

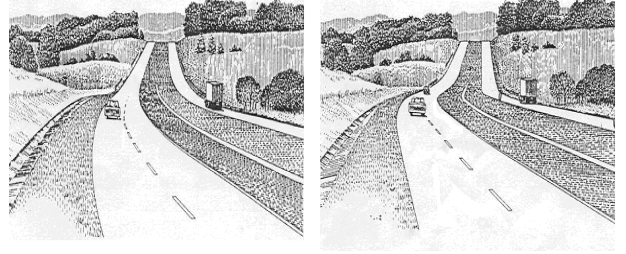
Örtüşen ve/veya çakışan yatay ve düşey kurpların neden olacağı trafik etkileri özenle etüt edilmelidir. Bu durumlarda emniyet, konfor ve estetiğin olumsuz etkilenmemesi için aşağıdaki kuralların gözönünde bulundurulması yararlı olacaktır.

Tepe tipi düşey kurbun başlangıcında veya tepe noktasında kesinlikle keskin yatay karp kullanılmamalıdır. Özellikle gece sürüşlerinde sürücülerin eksendeki yatay değişimi algılama zorluğu kaza riskini artıracaktır.

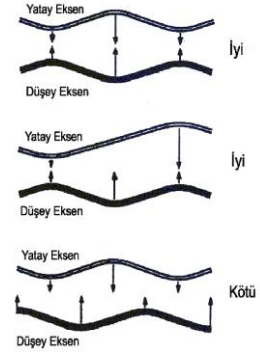
Dere tipi düşey kurbun başlangıcında veya en düşük noktasında keskin yatay karp kullanılmamalıdır. Aksi taktirde sürücünün yolun ilerisini görebilmesi engellenerek yoldan çıkma türü kaza riski artacaktır.

Çok dik eğimli düşey eksenin sonuna kesinlikle keskin yatay karp konulmamalıdır. Böyle durumlarda özellikle gece sürüşlerinde sürücünün ilerisini görebilmesi engellenmekte ve ağır taşıtların hızlanması sonucunda keskin yatay karp girişlerinde yoldan çıkma türü kaza riski artmaktadır. Yatay karp ile düşey karp çakışmak zorunda ise, her iki kurbun uzunluğu birbirine eşit, mümkünse karp başlangıcı ile bitişi aynı noktada olmalı ve her ikisinin some noktası çakıştırılmalıdır.

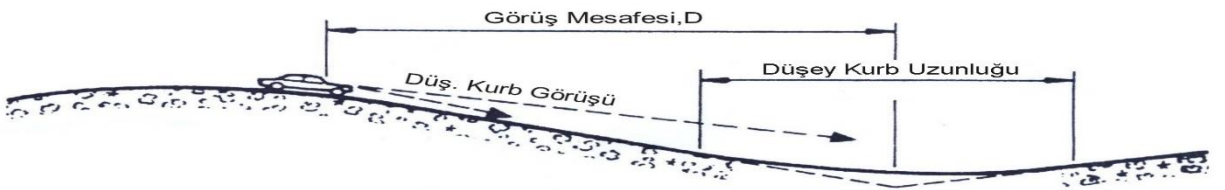
Uzun yatay kurbun sonuna kısa düşey kurbun konulması yola kırık bir görünüş vermektedir. Bu istenmeyen durum düşey karp boyunun uzatılması ile giderilebilmektedir.



Birbirini takip eden yatay kurplar ile düşey kurpların iyi ve kötü birleşimleri

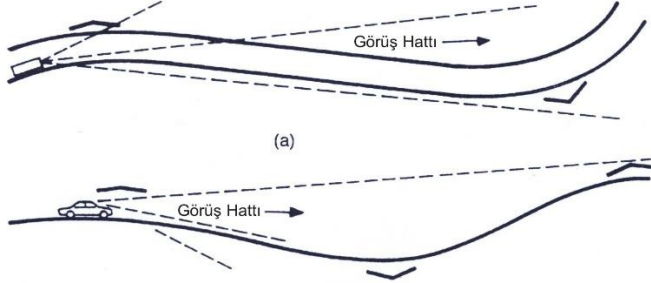


Özellikle gece sürüşlerinde yol güvenliği açısından far aydınlatma mesafesi içinde yatay ve düşey kurpların görünürlüğü sağlanmalıdır. Dere tipi düşey kurbun görünürlüğünün sağlanması için düşey karp boyunun, görüş mesafesine eşit veya en azından görüş mesafesinin 0.6 katı olması gerekmektedir. Yatay karp boyu (m cinsinden) tasarım hızının üç katı tercihen bu uzunluğun iki katı olmalıdır.



Yatay ve düşey eksenler aynı yönde çok sayıda karp kullanılarak oluşturulmamalıdır. Yolun

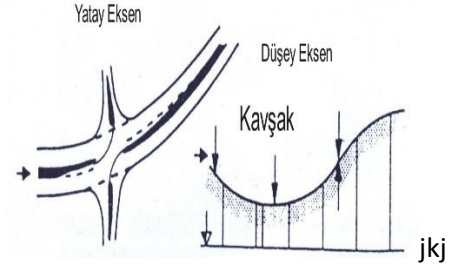
görünür uzunluğu için, yeterli görüş mesafesi sağlanması koşulu ile yatay ekseninde en fazla iki, dikey ekseninde en fazla üç karp kullanılarak tasarlanmalıdır. Sürücünün görüş hattında, yatayda iki ve dikeyde üçten fazla kırıklık (karp) olursa, dikkat yoğunlaşması nedeniyle yolun daha ilerisini algılayabilmesi zorlaşacaktır. Bu husus hem gece hemde gündüz sürüşlerinde yol güvenliği açısından önem kazanmaktadır.



Kavşak yaklaşımlarında araçların yavaşlama ve durma ihtiyaçları için yatay ve dikey kurplar mümkün olduğunca büyük yarıçaplı olmalı ve gerekli görüş mesafesi sağlanmalıdır.



Kavşaklar görünürlükleri açısından mümkün ise dere tipi dikey kurpta düzenlenmelidir. Kavşağın görünürlüğü bitkilendirme, aydınlatma ve trafik işaretleri gibi uygun önlemler ile artırılabilir. Kavşaklarda gerekli görüş mesafesi önemle dikkate alınmalıdır.



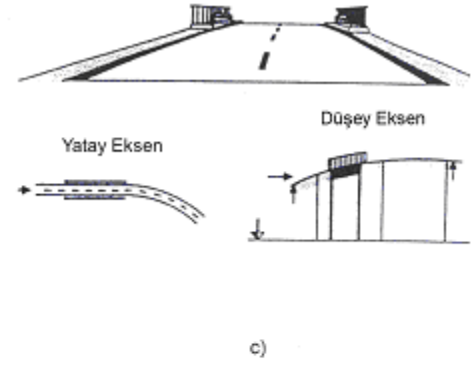
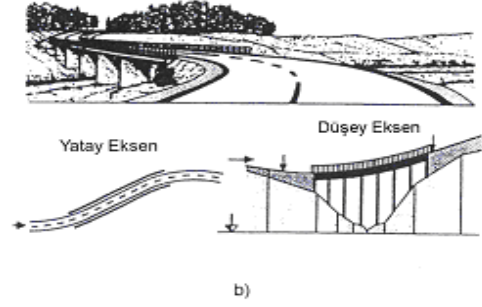
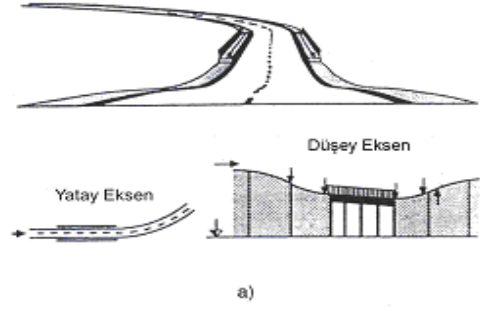
Bölünmüş yollarda proje veya sürüş avantajının sağlanacağı durumlarda değişken refüj genişlikleri ve her iki yön için farklı yatay ve dikey eksen uygulaması yapmak mümkündür.



Köprü geçişlerinde, yatay ve düşey eksen uyumları yol güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Köprüler gibi mühendislik yapılarının tasarımları, Şekil (b)'de görüldüğü gibi yatay ve düşey eksen ile uyumlu olmalıdır.

Ayrıca Şekil (a)'da görülen düz ve basık yerleşimlerden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.



Köprü geçişlerinde, yatay ve düşey eksen uyumları yol güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Köprüler gibi mühendislik yapılarının tasarımları, Şekil (b)'de görüldüğü gibi yatay ve düşey eksen ile uyumlu olmalıdır.

Ayrıca Şekil (a)'da görülen düz ve basık yerleşimlerden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.

