

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ULAŞTIRMA BİLİM

ALANINDA

ULUSLARARASI ÇALIŞMALAR

Mart 2024

EDİTÖR

PROF. DR. EROL İSKENDER

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Mart 2024

ISBN • 978-625-6319-05-9

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ULAŞTIRMA
BİLİM ALANINDA
ULUSLARARASI
ÇALIŞMALAR

Mart 2024

Editör

Prof. Dr. Erol İSKENDER

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

YÜKSEK HIZLI TRENLER VE TURİZM GELİŞİMİ İLİŞKİSİNİN
İNCELENMESİ

Yunus Emre AYÖZEN 1

BÖLÜM 2

SBS MODİFİYE BİTÜMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE
LABORATUVARDA ÜRETİM STRATEJİLERİ

Celaleddin Ensar ŞENGÜL..... 17

Atakan AKSOY 17

Erol İSKENDER 17

BÖLÜM 3

AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİNİN KARBON EMİSYONU
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hümeyra BOLAKAR TOSUN 29

BÖLÜM 4

YÜKSEK HIZLI TREN HATTI YATIRIM KARAR SÜRECİNİN
İNCELENMESİ

Yunus Emre AYÖZEN 43

BÖLÜM 1

YÜKSEK HIZLI TRENLER VE TURİZM GELİŞİMİ İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ

Yunus Emre AYÖZEN¹



Bu tarz çalışmalar kapsamında Çin'in yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının bölgesel turizm kalkınması üzerindeki etkileri sınanmaktadır. Çalışma kapsamında çekim modelinin geliştirilmesi için zaman-yer ikamesi konsepti uygulanmakta ve Çin yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının kümeli uygulanması ile oluşturulan etkilerin açıklanmasında ayrı turist hatları kullanılmaktadır (1). Geleceğe dair Çin'de ızgara tipi hatlı turizm ulaştırma modelinin değerlendirilmesi dâhilinde bu tarz çalışmalar kapsamında Çin turizmde yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının aşağıdaki etkilerini değerlendirmektedir: a) turizm pazarlarının yeniden dağılımı ve dönüşümü; b) daha büyük ölçeklerdeki pazar rekabeti ve c) kentsel turizm merkezlerinin yeniden tahsisi.

Turizm ulaştırması, turizm sisteminin gerekli parçalarından birisini ifade etmektedir. Aynı zamanda turistleri turistik varış noktalarına bağlamayı da ifade etmektedir. Ulaştırmadaki teknolojik ilerlemeler, özellikle de ikinci dünya savaşından sonra havayolu yolcu taşımacılığındaki gelişmeler, uluslararası turizmde devrim niteliğindeki değişimleri mümkün kılmış olup bu suretle belirli bir pazardan herhangi bir verili varış noktasına erişimin uygulanabilirliği de değişmektedir. Çin turizmi 1978'de ilgili politikaların başlaması ve reform insiyatifinden bu yana hızlı bir gelişim göstermektedir (2). Yakın dönemde Çin, dünya çapında ilgi ve dikkat oluşturan bir şekilde dünyanın en gelişmiş yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağını inşa etmek için harekete geçmiştir. Yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının Çin'in bölgesel ekonomilerinin kalkınmasını daha da ilerleteceği kesindir. Diğer taraftan ulaştırma, turizm sisteminin vazgeçilmez bir parçası olduğundan dolayı ulaştırmanın ilerlemesine yönelik herhangi bir yeni teknolojik uygulama, aynı zamanda turizmde de önemli bir etki ortaya koyacaktır. Çin'in coğrafik durumu, yüksek hızlı demiryollarının (YHD) uygulandığı Japonya ve Avrupa Birliği (AB) gibi ülkelerdekenden oldukça farklı olduğundan dolayı yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının turizmdeki etkileri, kendilerine dünyanın diğer bölgelerindeki öncüllerinden örnekler bulmakta da zorlanmaktadır. Dolayısı ile bu tarz çalışmalar kapsamında Çin'in yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının bölgesel turizm kalkınmasındaki etkilerinin sınanması hedeflenmektedir.

2009 yılı Aralık'ında Guangzhou-Wuhan yüksek hızlı demiryolu (YHD) hattının ilk işletimi Çin demiryolu ulaştırmasında yeni bir döneme işaret etmektedir. Yüksek hızlı tren (YHT) işletimi Guangzhou ile Wuhan arasındaki seyahat süresini 12 saatten 3 saate düşürmüştür (3). 2009 yılının sonunda ilk yüksek hızlı tren hattının işleme alınmasından bu yana Çin olağanüstü bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı gelişimine şahitlik etmektedir. 2010 yılı sonu itibari ile Çin'in işletimdeki yüksek hızlı tren hattı uzunluğu 8358 km'ye ulaşmış ve yaklaşık olarak 17.000 km'sinin inşası ise planlanmış olup akabinde ise standart altı prosedürlerin olduğu ile ilgili yeniden tespit ve tayin süreci belirlemiştir. Bununla beraber verili problemlerin çözülebilir olması dâhilindehâlihazırda Çin zaten sahip olduğu yüksek hızlı demiryolu (YHD)

hat kilometreleri, en yüksek hız ve inşa halindeki en uzun yüksek hızlı demiryolu (YHD) hat kilometreleri itibari ile dünyada birinci sıraya yükselmiş vaziyettedir. Çin'in Orta ve Uzun Vadeli Demiryolu Ağ Gelişim Planı'na (2008 versiyonu) göre 2020 yılı itibari ile Çin'in 250 km/saat ve üzerindeki hızlara sahip demiryolu ağ uzunluğunun (yüksek hızlı demiryolu ağı) 16.000 km'ye ulaşması ve bütün bölgesel merkez kentler ile 500.000 ve üzeri nüfuslu bütün kentlere yüksek hızlı demiryolu (YHD) hizmetinin götürülmesi öngörülmektedir (4). 4 ana dikey ve 4 ana yatay hattın oluşan yapıdaki eksenal bir ağ dâhilinde Çin'in yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının 2020 yılı itibari ile ülke nüfusunun %90'ını kapsaması beklenmektedir. Böylesine gelişmiş bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı dâhilinde mevcut seyahat süreleri güneyden kuzeye %65 oranında, doğudan batıya %75 oranında azalmaktadır. Demiryolu ulaştırmasındaki bu gibi bir değişim, gelecekteki Çin turizmi ve gelişimi için önemli bir kazancı ifade etmekte iken aynı zamanda yakıt maliyetlerinin daha da artması beklenen havayolu ulaştırması için de yeni alternatifler ortaya konmalıdır. Dolayısı ile Çin turizm kalkınmasının geleceğinde yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının getireceği potansiyeli etkilerin değerlendirilmesi de zaruridir (5).

Çin'de yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının gelişimi Çin'in turizm sisteminin yerleşim yapısını da yeniden yapılandıracaktır. Turizm literatüründe çekim ve ayrık turizm hattı modelleri olarak adlandırılan iki teori Çin'de yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı etkilerinin açıklanmasında kullanılmaktadır. Turizm çekimleri ve turizm yersel davranışlarının yerleşim işlevlerine dayalı olarak bu iki teori turizm etkinliğinde mesafe düşüşü kanununu önermekte ve yersel dağılımlı turizm pazarları için dairesel bir yapıyı ortaya koymaktadır. Her ikisi de turizm talebinin turizm maliyetince belirlendiğini kabul etmektedir. Seyahat mesafeleri arttıkça, tüm diğer unsurlar sabit iken turizm maliyetleri de artmaktadır (ekonomik maliyetler ve zaman maliyeti dâhil). Ve dolayısı ile talep kanununa bağlı olarak da turist talebi ve hacim düşmektedir. Bununla beraber yeni teknoloji etkileri bütün koşulların sabit olduğu kabulünü zorlamaktadır.

Çekim modeli fizik disiplininden üretilmiştir fakat 1930'lu yıllardaki erken dönem çalışmalarından bu yana sosyal bilimlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. 1966 yılında turizm araştırmalarında çekim modeli ilk defa uygulanmış ve model diğerlerince de uyarlanıp kullanılmıştır. Çekim modeli; turizm pazar amacı ve düzeylerinin belirlenmesinde temel bir araçtır. Aşağıdaki gibi açıklanabilir:

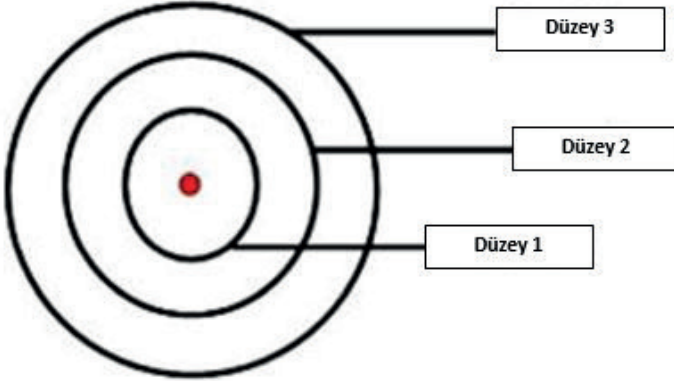
T belirli bir turizm sektörüne turist çekiminin çekim gücü olarak alındığında P, pazar büyüklüğü olup A turist çekiminin kalitesi ya da düzeyi, D pazar ile çekim yeri arası mesafe, G ise verili bir sabitedir. Şekil 1'de çekim modeli dâhilinde bir turist çekimi için pazarların dairesel bir yapısı gösterilmektedir. Bu gösterim; çekim düzeyi, seyahat süresi çekiminde düşüş ve ma-

liyetler/fiyatlar gibi değişkenlere dayalıdır. Mevcut konsept varış noktalarını uzak pazarlara daha az cazip kılmaktadır.

Bu nedenle bir turizm pazarı perspektifinde, aynı zamanda bir mesafe yasası bulunmakta olup seyahat mesafeleri arttıkça turizm etkinlikleri azalmaktadır (6). Bazı akademisyenler ayrık turistik hatlar ve eğlence dinlence etkinlik merkezleri geliştirmiş olup bu konseptleri ampirik veriler kullanarak sınamaktadırlar. Ayrık turistik hat modeli aşağıdaki gibi açıklanabilir:

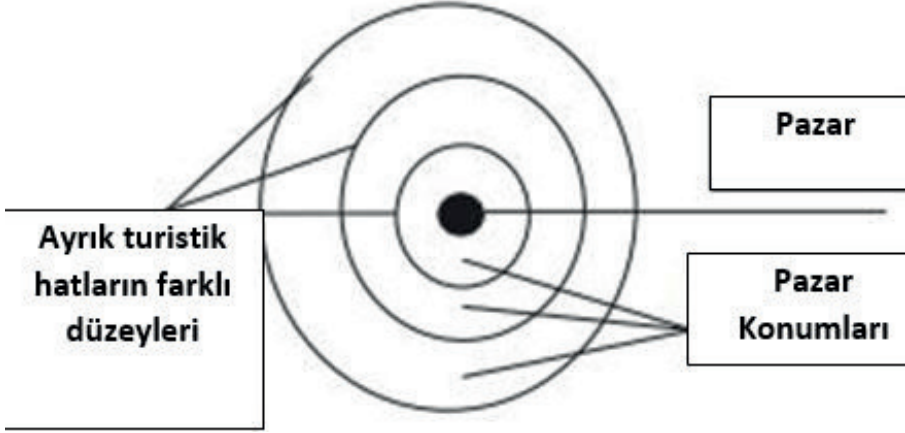
$$E = k \cdot P/D^r \quad (1)$$

E bir turist pazarında turistlerin toplam meskûnlara olan oranını ifade ederken P Pazar boyutu, D pazara olan mesafe, k ve r ise ilgili sabitelerdir. Model, azalan seyahat mesafelerindeki bir turizm pazarında turistlerin nüfusa göre oranının kuralını tanımlamaktadır.



Şekil 1. Turist Çekiminde Pazarın Dairesel Yapısı

Ayrık turistik hat modelinden Şekil 2’de görüldüğü üzere bir turizm pazarının çalışma şekli için yine bir dairesel yapı teşkil edilebilir.



Şekil 2. Turizm Pazarı Çalışma Şeklinin Dairesel Yapısı

Yukarıdaki iki modelde birçok iyileştirme, geliştirme söz konusudur. Modellerce önerildiği şekli ile dairesel yapılar geliştirildiğinde, zaman-yerleşim ikame mekanizması ele alınmaktadır. Yeni ulaşırma teknolojilerinin uygulamasından dolayı seyahat edilen mesafe ve kilometre başı maliyet arasındaki oran doğada doğrusal değildir (non lineerdir) ve seyahat süresine göre hesaplanan zaman bazlı turizm maliyetleri ile harcamalar seyahat süresi ile orantılı değildir. Sonuç olarak turizm pazarı etkinliklerinin dairesel yapısı, ulaşırma teknolojileri ve değişen maliyet yapılarına göre değişecek ve dönüşecektir. 2007 yılında Wang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada aynı zamanda önemli ulaşırma hatları boyunca turizm pazarının dairesel yapısı dairesel hatlar boyunca birçok düğüm noktası uzantısı ortaya koymaktadır. Ampirik çalışmalar Çin turizm pazarının dairesel yapısında bu gibi düğüm noktası uzantılarının varlığını doğrulamaktadır (7).

Çin'in yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı, ülkede turizm ulaşırması için emsalsiz bir yeni durum ortaya koymaktadır. Bu bölgesel bir ulaşırma gelişiminden öte Çin'de turizmin yersel yapısında büyük ölçekli bir radikal değişimi ifade etmektedir. Hem çekim modeli ve hem de ayrık turistik hat modeli, ulaşırma ve seyahat mesafesinin turizm maliyetleri için yaklaşık hesaplama değerleri olarak kullanılabilceğini kabul etmektedir. Bununla beraber turizmin niteliği zaman maliyetleri ve ekonomik açılardan öncül olmalıdır. Coğrafi yerleşim ve mesafenin kendisi, dolaylı zaman artışı ve ekonomik maliyetlere karşın turistlerde başlı başına birer maliyet algısını empoze etmektedir (8). Günümüz Çin toplumunun refah seviyesi ve kentleşmenin artması ile beraber turizmin yüksek ekonomik maliyeti engeli zayıflarken zaman maliyeti de acil tüketici toplum ihtiyaçlarına paralel olarak toplumun önceliklerinin değişmesi ile daha etkili bir hal almaktadır. Algılanan zaman maliyetinin azaltılması için, evet gerekli olan zaman daha az ise insanlar daha

uzun mesafelere seyahat edebilirler (9). Bu gibi bir zaman-yerleşim ikamesi mekanizması, Çin’de metropolitan kent ulaştırma kalkınması örneklerinden gözlemlene gelmektedir. Örneğin Pekin’deki yerel meskûnlar ulaştırma zamanından tasarruf etmek için kentinde kısa mesafeler kat etmekten ziyade ring yolları boyunca seyahati tercih etmektedirler (10). Sonuç olarak ring yolları boyunca ekonomi etkinlikler artmakta ve daha kolay mobilite unsurlarının bir parçası olarak emlak fiyatları da yükselmektedir. Çin’in yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı planlandığı üzere bütünü ile tamamlandığında turizm maliyeti çoğu zaman yerleşimden ziyade zamana göre belirlenecek olup zaman yerleşim ya da mesafenin yerine ikame olabilmektedir (11). Bu gibi bir zaman-yerleşim ikamesi dikkate alındığında, mesafeye göre belirlenen turizm yerleşim yapısı seyahat süresince belirlenen yeni bir yerleşim yapısınca ikame edilmektedir. Dolayısı ile çekim modeli ve ayrık turistik hat modeli, zaman yerine mesafe ikamesinin kullanımı yolu il daha fazla geliştirilmeye ihtiyaç duymaktadır (12).

Mesafe yerine zaman ikame edildiğinde ayrık turistik hat modeli $E = k \cdot P/D^p$ ’den $E = K \cdot P/t^p$ ’ye dönüşür ve çekim modeli de $T = G \cdot A/D^p$ ’den $T = G \cdot A/t^p$ ’ye dönüşür. Bu gibi model iyileştirmeleri ile Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterilen dairesel yapılar, önemli ölçüde dönüşecek, büyüyecek ve yeniden yapılacaktır.

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı Çin’de yüksek kapasiteli bir demiryolu ulaştırması ızgara ağı temin etmeye başlamıştır (13). Zaman-yer ikamesi dâhilinde Çin’de turizm etkinlikleri Şekil 3’te görüldüğü üzere bir ızgara ağı yerleşim yapısı tarafından artan bir şekilde etkilenmektedir (14).



Şekil 3. Çin Yüksek Hızlı Demiryolu Ağının Anahtar Yerleşim Yapısı

Yeni ızgara yerleşim modeli hayata geçirildiğinde, ağ noktalarına (tren istasyonları ya da terminaller) olan nispi mesafe/seyahat süresi, yeni turizm yerleşimlerinin belirlenmesinde hayati olacaktır. Ağı şekillendiren ızgara hatlarında, turizm etkinlikleri gelişecektir çünkü turizm sistem unsurları hat boyunca hem yerleşimsel ve hem de kümeli terimlerle belirlenecektir. Aynı zamanda ızgara hatların uzağındaki ve dışındaki alanlarda, bu ızgara ağının önem derecesi hiçbir zaman daha fazla düşmeyecektir (15).

Izgara ağı modelinin geometrik özelliklerinin sınanmasına ihtiyaç vardır. Izgara ağı; terminalleri, aktarma merkezlerini, düğüm noktalarını, boş alan noktalarını, ağ dışı yerleşimlerini, ana ızgara hatlarını ve tali ızgara hatlarını geliştirmektedir. Her bir hat ve nokta tipi, turizm etkinliklerinde sektör için kendi temsili etkilerine ve anlamlarına sahip olmaktadır (16). Örneğin aktarma merkezleri ve düğüm noktaları, önemli kaynak pazarları ve bölgesel turist dağıtım merkezlerinde geliştirilecek gibi görünmekte olup aynı zamanda turizmle bağlantılı sektör kümelenmelerinde de merkez olabileceklerdir (17). Terminaller büyük marjinalize maliyetlerin zorlukları ile karşı karşıyadır. Bununla beraber aynı zamanda ağ dışı alanlar için ikincil bir turist dağıtım merkezi olarak hizmet verebilirler (18). Boş alan noktaları aynı zamanda yatırımcılarca marjinalize edilme ve ihmal edilme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Turizm etkinlikleri için mücavir alan aktarma merkezleri ve düğüm noktalarına entegre olmaları ve başarılı olmak için kendilerine has çekimlerine dayalı olarak yeniden konumlanma ihtiyacını duymaktadırlar (19).

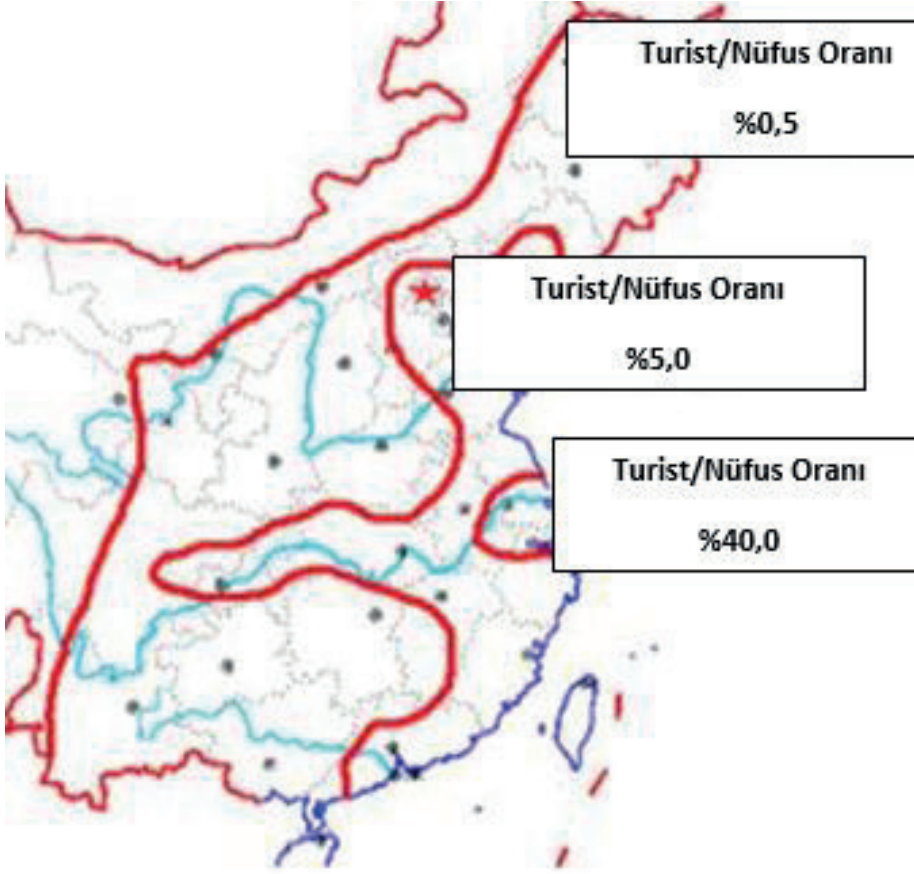
Daha da devrim niteliğindeki etkiler, ızgara hatlarında oraya çıkmaktadır. Izgara hatları boyunca; yer, mesafe ve seyahat süresi yoğunlaşmış homojenleşecektir. Izgara hatlar boyunca seyahat, ızgara ağı dışındaki seyahatten oldukça farklılaşmaktadır (20). Izgara hatlar boyunca zaman ve mesafe oldukça düşmektedir. Pekin-Tianjin metropoliten alanı gibi bazı bölgelerde kentler arası seyahat, kent içi metro seyahati ile eşdeğer bir hale gelecek şekilde işletilecektir. Yangtze nehri bölgesi, Pekin-Tianjin bölgesi ve Pearl River Delta bölgesi büyüyecek ve ana turist kaynağı pazarları ile varış noktaları arasındaki seyahatlerde ulaştırma engelleri büyük ölçüde ortadan kalkacaktır (21). Şekil 1 ve Şekil 2'deki dairesel yapılar dikkate alındığında, turizm pazarının bir turizm çekimine ya da belirli bir kaynak pazarının turizm etkinliklerine göre farklı dairesel düzeylerinin, sıklaşacağı, çakışacağı ve birleşeceği düşünülmektedir (22). Büyüyen turizm pazarı ve etkinlik amacı dâhilinde, yeni bir ulusal turizm rekabetçiliği devri başlamaktadır. Izgara ağında turizm pazarı etkinliklerinin yoğunlaşması ile ızgara ağında aynı zamanda turizm endüstrisi kaynakları, yatırımları ve tamamlayıcı unsurları da yoğunlaşmaktadır (23). Daha fazla turizm etkinliklerine aktarma merkezleri ve düğüm noktalarında rastlanmakta olup turizm endüstrisi yapısı ve işlevleri artmaktadır. Aynı zamanda boş alan noktaları ve ağın dışındaki alanlar bölgesel turizm kalkınmasında marjinalize edilmekte ya da potansiyel olarak ihmal edilmektedirler (24).

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının gelişiminin bir sonucu olarak Çin'de turizm endüstrisinde köklü değişimler beklenebilir. Bu tarz çalışmalar kapsamında Çin turizminde yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı etkilerinin değerlendirilmesinde turizm pazarlarının yerleşim yapılarının değişimlerine odaklanılmaktadır (25). Üç ana etki tanımlanmaktadır.

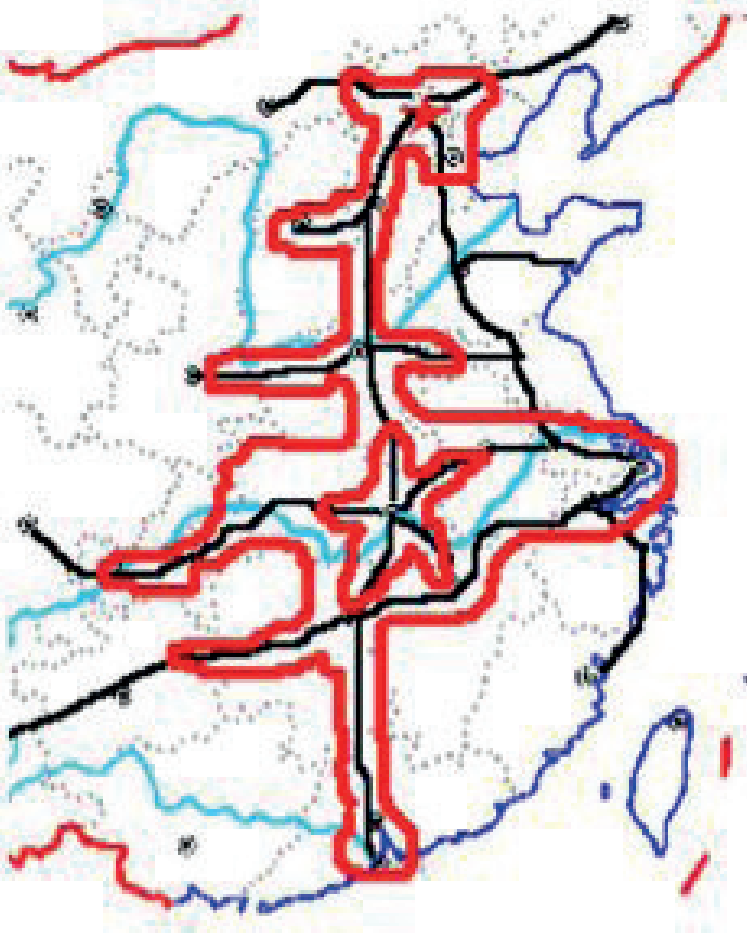
1. Turizm Alanının Geliştirilmesi ve Genişletilmesi

Turizm Pazar yerleşimi yersel olarak ayrık turistik hatlar ile gösterilebilmektedir. 1999 yapılan bu tarz çalışmalar kapsamında Şanghay turizm pazar yerlerindeki çalışmaya dayalı olarak sırası ile gösterilen %40,0, %5,0 ve %0,5'lik turist sayısının nüfusa oranlarının denk geldiği turizm hatlarındaki sırası ile 200 km, 1000 km ve 2000 km'lik seyahat mesafeleri ifade edilmektedir (26). İlgili detaylar Şekil 4'te verilmektedir. Çin'in Orta ve Uzun Vadeli Demiryolu Ağ Gelişim Planı'na (2008 versiyonu) göre Şekil 5'te görüldüğü üzere Wuhan turizm pazarı için 1 saat ve 4 saat seyahat süreli yerlerden müteşekkil seyahat alanı çizilmiştir. 2010 yılında 4 saatlik seyahat süresi dâhilinde turistler Wuhan'dan Pekin-Tianjin bölgesine, Yangtze nehri bölgesine, Pearl River Delta bölgesine, Xi'an, Taiyuan ve Chongqing'e ulaşabilmektedir. Turizm etkinlikleri şekilde gösterilen ızgaraya dayalı olarak gelişmektedir (27). Bununla beraber Hunan ilinin kuzeybatısı, Anhui ilinin kuzeyi ve Shanxi ilinin güneyi gibi bazı coğrafi mücavir alan bölgeleri yeni ızgara ağına göre boş alan noktalarına dönüşecektir (28).

İşletimdeki yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının bütün boyutları dâhilinde Çin'deki ana turizm pazarları için varış noktası seçimi, çok büyük bir gelişim göstermektedir. Pekin-Tianjin bölgesi, Yangtze nehri bölgesi, Pearl River Delta bölgesi gibi, Çin'de ana turizm pazarları olarak coğrafi turizm yerleşimleri büyük ölçüde birbirileri ile birleşmeye başlamıştır (29). Turist varış noktaları ve ürünler, ana pazarların seyahat mesafeleri daha kısa seyahat süreleri ile ikame olduğundan dolayı, ulusal çapta bir rekabetle karşı karşıya kalacaklardır (30).



Şekil 4. Şanghai Turizm Pazarının Seyahat Yerleşimi



Şekil 5. 2020 Yılında Yüksek Hızlı Demiryolu Ağı Tarafından Etkilenen Wuhan Turizm Pazarının Projelendirilen 1 Saat ve 4 Saat Seyahat Süreli Yayılma Alanı

Bazı varış noktaları ve turizm ürünleri, pazar payını kaybetme ihtimali olan geleneksel bir pazara dayanmaktadır. Pekin-Tianjin kentler arası yüksek hızlı treni (YHT) işletime alındığında, Tianjin çevresindeki eğlence, dinlenme ve gezi etkinlikleri Pekin pazarı tarafından da paylaşılacaktır. Diğer taraftan da Pekin metropoliten alanını çevreleyen banliyö kırsal turizmi ürünleri, söz konusu Pekin pazarından türeyen özellikleri kaybetmektedir. Pekin, Şanghay ve Guangzhou gibi büyük metropoliten kentlerin taşma etkisinin, turistleri geleneksel uzun mesafeli varış noktalarına ittiği aşikârdır (31).

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı işletimi dahası ızgara ağ yapısındaki kentlerin yerleşimine bağlı olarak turizm merkezleri ve diğer daha zayıfları gibi çeşitli Çin kentlerini güçlendirmektedir (32). Çin’de ileriye doğru Pekin, Şanghay, Guangzhou ve Wuhan süper kentler olarak belirecek olup birinci dereceden turist dağıtım merkezlerine dönüşeceklerdir (33). Bu kentlerden

turistler yüksek hızlı demiryolu (YHD) hat bağlantıları ile Çin kentlerine çoğuna ulaşabileceğinden dolayı bu dört kent aynı zamanda yüksek hızlı demiryolları (YHD) ile günü birlik seyahat süreleri dâhilinde Çin kentlerinin çoğundan da erişilebilen bir durumdadır (34). Sadece, bu dört kentin Çin'de en baskın turist üretim ve çekim zonları olma özelliğini koruyabilmeleri ile ilgili küçük soru işaretleri bulunmaktadır. Özellikle Wuhan, Çin'de yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağındaki merkezi konumundan dolayı fazlası ile gelişmekte olup turizm pazarları ve varış noktalarının çoğu Wuhan'a maksimum 5 saat'lik seyahat süreleri dâhilinde ulaşabilmektedir (35).

Shenyang, Chongqing, Changsha gibi bölgesel büyük kentler ızgara ağındaki önemli birer aktarma merkezleri ya da düğüm noktaları gibi hizmet vermekte olup kolaylıkla önemli birer bölgesel turist sevkiyat merkezlerine dönüşebilmektedirler (36). Turizm kaynakları bu kentlerde kümelenmeye başlamaktadır. Kunming, Yunnan vilayetinin merkez kenti, Ningxia özerk bölgesinin başkenti Yinchuan gibi bazı uzak mesafeli yüksek hızlı tren (YHT) aktarma merkezi kentleri bir taraftan ızgara ağındaki kentlere nazaran marginalize olurken fakat diğer taraftan da ızgara ağındaki pazarları ve varış noktalarını ızgara ağı dışındaki pazarlara ve varış noktalarına bağlayan birer bölgesel turizm merkezi olarak da hizmet verebilmektedir (37). Izgara ağındaki bazı boş yer noktaları ve ızgara ağı dışındaki büyük alanlar için bölgesel turizm gelişim potansiyeli erişilebilirlik açısından dezavantajlı olacaktır (38).

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı aynı zamanda Çin'in bölgesel turizm endüstrisinin yeniden yapılandırılmasına da öncülük edebilir. Turizm pazarının genişletilmesi amacı ve ızgara hatlarındaki turizm kentleri boyunca turizm kaynaklarının yoğunlaşmasına bağlı olarak çeşitli ilave turist varış noktalarının, pazarların önemli ölçüde değişme ihtimalinden dolayı kendilerini yeniden konumlandırmasına ihtiyaç bulunmaktadır (39). Sonuçta Çin'in turizm endüstrisinin yerleşim yapısı önemli ölçüde ülkenin yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı tarafından üretilen etkilere bağlıdır. Bazı kentler avantaj elde eder iken diğerleri ise bölgesel turizm gelişim paralelinde geleneksel avantajlarını kaybedebilmektedirler (40).

Sonuçlar

Bu tarz çalışmalar kapsamında Çin'in yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının bölgesel turizm kalkınmasındaki etkileri sınanmaktadır. Bu tarz çalışmalarda Çin turizmde yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının ana etkilerinin açıklanması ve belirlenmesi için teorik temellerin araştırılmasına yönelik olarak zaman-mekan ikame mekanizmasının entegre edilmesi yolu ile çekim modeli ve ayrışık turistik hat modeli geliştirilmektedir (41). Bu kapsamda yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının ana etkileri belirlenip değerlendirilmiştir. Bunlar; turizm pazar yerlerinin genişletilmesi ve dönüşümü, daha büyük bir boyutta şiddetli pazar rekabeti ve kentsel turizm merkezle-

rinin yeniden dağılımıdır (42). Söz konusu üç ana etki temelinde, yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağının ızgara ağ yapısı tarafından desteklenen turizm pazarları ve çekimlerinin dairesel yapısının değişimine dayalı olarak tanımlanmaktadır. Bu mantıkla, çalışma alanındaki sonuçlar turizm kalkınmasının yersel bir perspektifi ile sınırlandırılmaktadır. Elbette ki yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı gelişimi, Çin’de turizm kalkınmasında aynı zamanda sosyal ve kültürel etkilere de sahip olmaktadır. Havayolu endüstrisi, otel endüstrisi, özellikle de kümelenme ekonomisine sahip otel sektörü gibi turizme bağlı endüstrilerdeki etkileri de gelecekte aynı zamanda sınanmalıdır. Bir araştırma notu olarak bu kapsamda Çin turizmine bağlı olarak yeni bir araştırma akımının önü açılmaya çalışılmaktadır (43).

Bu tarz çalışmalar kapsamında teorik istikşafı odaklanılmakla beraber medyada ampirik ispatlarla raporlandığı üzere verili varış noktaları için yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı bağlantılarının kurulumundan sonra, oldukça genişletilmiş olan çeşitli ana pazar yerlerine seyahat noktası da tasdiklenmiştir. Yakın dönem medya raporları Guangzhou-Wuhan yüksek hızlı demiryolu (YHD) bağlantısının, Guangzhou’dan turist akınlarının çekilmesi yolu ile Wuhan’ı bir turist varış noktasına dönüştürdüğü ifade edilmektedir (44). İlginç bir şekilde Wuhan’dan Guangzhou’ya turist akımları öngörüldüğü kadar olmamaktadır. Bu gibi bir dengesiz turist akımı durumu araştırmacılara, ilgili turizm yer gelişim modellerinin daha da ilerletilmesi için yüksek hızlı demiryolu (YHD) ile bağlanan kentlerin, örneğin Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYİH) düzeyi ya da ortalama hane halkı gelir düzeyinin dâhil edilmesi gibi teorik gelişim ile ilgili daha fazla değişkenin dâhil edilmesini teşvik etmektedir. Diğer kısa vadeli değişkenler; ağ inşası üzerinde etkisi olan finansal usulsüzlük ve yolsuzluk iddialarının ortaya çıkması ile Wenchuan kazasının bir sonucu olarak yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağına olan kamusal itibarı da içermelidir. Bu problemlerin geçici olduğu kabulü ile diğerlerinde olduğu gibi turistik varış noktalarının nasıl marjinalize olduğu konusu da yerel geleceklerden, kültürlerden ve uygun pazarları cezbetmek için de turizm kazan-cında olduğu gibi tatile çıkma mantığından faydalanabilir (45).

Çin’de yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı ile ilgili yeni haberlere bağlı olarak halihazırdaki veriler bu tarz çalışmalar kapsamında ifade edildiği üzere ızgara ağ modelinin ampirik olarak sınanması için elverişli değildir. Gelecek dönem çalışmaları; burada tartışıldığı üzere Çin turizminde yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı etkilerinin model türevleri ve ızgara ağı modelinin sınanması için belirli bir zaman noktasındaki verilerin toplanması için daha odaklı araştırmalar uygulayabilir (46). Bu tarz çalışmalar kapsamında aşikâr sınırlandırmalara karşın, Çin turizminde yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı etkilerinin sınanmasında yer alan teorik temeller ve göstergeler muhtemelen gelecek araştırmalarının bir temeli olarak hizmet edebilir.

KAYNAKÇA

1. Venables, A.J., 2013. Expanding cities and connecting cities: the wider benefits of better communications, unpublished draft, Oxford.
2. Bao, J., & Chu, Y. (1999). *Tourism geography*. Beijing: Higher Education Press.
3. Chang, J. (2004). Master plan of Linfen tourism development. Unpublished manuscript
4. ChinaNews (2011, April 27). Wuguang High Speed Rail booms tourism in two places and Guangdong goes north to promote tourism in order to counter huge tourist outflows. Retrieved May 11, 2011, from <http://news.sohu.com/20110427/n306515135.shtml>
5. Crampon, L. J. (1966). Gravitational model approach to travel market analysis. *Journal of Marketing*, 30, 27–31.
6. Dong, S. (2003). Master plan of Jiuquan tourism development. Unpublished manuscript.
7. Edwards, S. L., & Dennis, S. J. (1976). Long distance day tripping in Great Britain. *Journal of Transport Economics and Policy*, 10, 237–256.
8. Jiang, X., & Liang, C. (2008). An exploration on the impacts of high speed rail on the economic development of Beijing Tianjin and Hebei Metropolitan Region. *China Railways*, 2008(8), 14–37.
9. Leiper, N. (1990). *Tourism systems. An interdisciplinary perspective*. Massey University. Wang, Z.,
10. Jiang, Y., Wang, Y., Li, S., Wang, Y., & Wong, G. (2002). Tourism area model and the applications based on GIS. *Tourism Tribune*, 17(2), 57–62.
11. Wang, X., Ma, Y., Xiao, M., Wu, D., & Liu, R. (2007). Transformation of tourism market circle layer structure. *Economic Geography*, 27(5), 852–855.
12. Weaver, D., & Lawton, L. (2002). *Tourism Management (2nd ed.)*. Milton, Queensland: John Wiley & Sons Australia.
13. Wu, B., Xu, B., & Qiu, F. (1999). *A study on China's domestic tourist source market system*. Shanghai: East China Normal University Press.
14. Okabe, S., 1979. Impact of the Sanyo Shinkansen on Local Communities. In: Straszak A., Tuch, R., (Eds.), *The Shinkansen High-Speed Rail Network of Japan (proceedings of an International Institute for Applied Systems Analysis Conference, June 27–30, 1977. pp. 105–129.*
15. Pagliara, F., Vassallo, J.M., Roman, C., 2012. High-speed rail versus air transportation. Case study of Madrid–Barcelona, Spain. *Transp. Res. Rec.* 2289, 10–17.
16. Peeters, P., Szimba, E., Duijnisveld, M., 2007. Major environmental impacts of European tourist transport. *J. Transp. Geogr.* 15 (2), 83–93.

17. Preston, J., 2012. High-speed rail in Britain: about time or a waste of time? *J. Transp. Geogr.* 22, 308–311. Preston, J. 2013. The Economics of Investment in High Speed Rail: Summary and Conclusions. OECD, International Transport Forum, Discussion paper 2013- 30.
18. Rey, B., Myro, R., Galera, A., 2011. Effect of low-cost airlines on tourism in Spain. A dynamic panel data model. *J. Air Transp. Manage.* 17, 163–167.
19. Riieveld, P., Bruinsma, F., Van Delft, H., Ubbels, B., 2001. Economic impacts of high speed trains. Experiences in Japan and France: expectations in The Netherlands, Serie Research Memoranda (de Faculteit der Economische Wetenschappen en Bedrijfskunde), no. 20.
20. Román, C., Espino, R., Martín, J.C., 2007. Competition of high-speed train with air transport: the case of Madrid–Barcelona. *J. Air Transp. Manage.* 13, 277– 284.
21. Scuttari, A., Della Lucia, M., Martini, U., 2013. Integrated planning for sustainable tourism and mobility. A tourism traffic analysis in Italy's South Tyrol region. *J. Sustain. Tourism* 21, 614–637.
22. Discazeaux, C., Polèse, M., 2007. Cities as Air Transport Centres: An Analysis of the Determinants of Air Traffic Volume for North American Urban Areas. INRS Urbanisation, Culture et Société, Working Paper 2007–2005, available at: (accessed 26 August 2012).
23. Dobruszkes, F., 2007. Air transport public service obligations in face of liberalisation of the European sky. *Eur. Union Rev.* 12 (1–2), 105–125.
24. Dobruszkes, F., Lennert, M., Van Hamme, G., 2011. An analysis of the determinants of air traffic volume for European metropolitan areas. *J. Transp. Geogr.* 19 (4), 755–762. EC/European Commission, 1998. COST 318. Interaction Between High Speed and Air Passenger Transport. Final Report, Brussels, Luxembourg, ECSC-EECEAEC (available at http://temis.documentation.equipement.gouv.fr/documents/Temis/0030/Temis-0030323/12414_1.pdf).
25. EC/European Commission, 2011. White Paper. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. COM(2011) 144 Final, Brussels, European Commission, available at: .
26. Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M., Buhl, S., 2005. How (in)accurate are demand forecasts for public works projects? The case of transportation. *J. Am. Plann. Assoc.* 71 (2), 131–146.
27. Friederiszick, H., Gantumur, T., Jayaraman, R., Röller, L.-H., Weinmann, J., 2009. Railway Alliances in EC Long-Distance Passenger Transport: A Competitive Assessment Post-Liberalization 2010. ESMT White Paper No. WP-109-01, ESMT European School of Management and Technology.
28. Fu, X., Zhang, A., Lei, Z., 2012. Will China airline industry survive the entry of high-speed rail? *Res. Transport. Econ.* 35, 13–25.
29. Hashimoto, T., 2009. Summary of Report for MLIT Growth Strategy Council, No. 5. (in Japanese). Jiang, C., Zhang, A., 2014. Effects of high-speed rail and airline cooperation under airport capacity constraint. *Transport. Res. B* 60, 33–49.

30. Martin, J.C., Roman, C., 2004. Analyzing competition for hub location in inter-continental aviation markets. *Transport. Res. E* 40, 135–150.
31. Suzuki, Y., Crum, M.R., Audino, M.J., 2004. Airport leakage and airline pricing strategy in single-airport regions. *Transport. Res. E* 40, 19–37.
32. Takebayashi, M., 2012b. The Future Relations between Air and Rail Transport in the Island Country, Proc. of ATRS 2012, paper ID 143 (CDROM).
33. Takebayashi, M., 2013. Network competition and the difference in operating cost: model analysis. *Transport. Res. E* 57, 85–94.
34. Yang, H., Zhang, A., 2012. Effects of high-speed rail and air transport competition on prices, profits and welfare. *Transport. Res. B* 46, 1322–1333.
35. Zhou, J., Lam, W.H.K., Heydecker, B., 2005. The generalized Nash equilibrium model for oligopolistic transit market with elastic demand. *Transport. Res. B* 39, 519–544
36. Crozet, Y., 2015. High Speed Rail and Urban Dynamics: Wider or Targeted Economic Effects? Paper to Seminar on High-speed rail and the city: urban dynamics and tourism Paris-Est University, January 2015.
37. Department for Transport, 2005. Transport, Wider Economic Benefits, and Impacts on GDP (Technical Paper). Department for Transport, London.
38. Department for Transport, 2014. WebTAG: TAG unit A2-1 wider impacts, <https://www.gov.uk/government/publications/webtag-tag-unit-a2-1-wider-impacts>.
39. Dornbusch, J., 1997. Nantes, sept ans apres l0 arrivee du TGV Atlantique, Notes de Synthese du SES,
40. Mai-Juin. Fujita, M., Krugman, P.R., Venables, A.J., 1999. *The Spatial Economy: cities, Regions and International Trade*. MIT Press, Cambridge, MA.
41. Garmendia, M., Romero, V., de Urena, J.M., Coronado, J.M., Vickerman, R.W., 2012. ~ High-speed rail opportunities around metropolitan regions: the cases of Madrid and London. *J. Infrastruct. Syst.* 18, 305–313.
42. City of Minneapolis, 2015. Transportation Data Management System. *Transp. Data Manag. Syst.* <http://minneapolis.ms2soft.com/tcds/tsearch.asp?Loc¼Minneapolis&mod¼> (Accessed 16 October 2015).
43. Collins, A., Cetin, M., Frydenlund, E., Robinson, M., 2015. Exploring a toll auction mechanic enabled by V2I technology. In: *Proceedings of the TRB 2015 Annual Meeting Compendium of Papers*. Presented at the TRB Annual Meeting 2015. Washington, D.C., United States.
44. Gallien, J., Gupta, S., 2007. Temporary and permanent buyout prices in online auctions. *Manag. Sci.* 53 (5), 814–833.
45. Goodall, N., Smith, B.L., 2010. What drives decisions of single-occupant travelers in highoccupancy vehicle lanes? *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 2178, 156–161.
46. Grebe, T., Ivanova-Stenzel, R., Kroger, S., 2006. How eBay sellers set € “Buy-it-now” pricesbringing the field into the lab. *Gov. Effic. Econ. Syst.* (Discussion Paper 181) <https://epub.uni-muenchen.de/13370/>. HELP Inc., 2016. About Us – PrePass. <http://prepass.com/about-us/> (Accessed 24 May 2016).

BÖLÜM 2

SBS MODİFİYE BİTÜMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE LABORATUVARDA ÜRETİM STRATEJİLERİ

Celaleddin Ensar ŞENGÜL¹

Atakan AKSOY²

Erol İSKENDER³



1 Dr, DSI Genel Müdürlüğü, On Dördüncü Bölge Müdürlüğü, celensen@dsi.gov.tr, 0000-0003-0998-028X

2 Prof. Dr. KTÜ Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, aaksoy@ktu.edu.tr, 0000-0001-5232-6465

3 Prof. Dr. KTÜ Of Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, eiskender@ktu.edu.tr, 0000-0001-7934-839X

1. Giriş

Bitüm modifikasyonunda stiren-butadien-stiren (SBS), polietilen (PE), polipropilen (PP), etilen vinil asetat kopolimeri (EVA) ve stiren-etilen/butadien-stiren (SEBS) kopolimerleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar arasında SBS modifiye asfalt en yaygın kullanılanıdır. SBS'yi asfaltla karıştırarak, polistiren (PS) bloklar fiziksel olarak çapraz bağlanabilir ve üç boyutlu bir ağ oluşturur, polibütadien (PB) orta bloklar ise malzeme esnekliği sağlar, böylece asfalt performansını önemli ölçüde artırır (Wen, vd., 2002; Lu ve Isacsson, 1997).

Enerji tasarrufu, inşaat kolaylığı ve ekonomik avantajları nedeniyle asfalt modifikasyonu için stiren-bütadien-stiren (SBS) katkı maddesi kullanılabilir. Cole-Cole grafikleri ve termal depolama testleri ile asfalt tipinin ve SBS polimer dozajının asfaltın reolojik özellikleri, uyumluluğu ve depolama stabilitesi üzerindeki etkisi, sıcaklık ve frekans taraması, kararlı durum akışı, çoklu gerilme sürünme ve geri kazanım (MSCR) testleri yoluyla araştırılmış; yüksek SBS polimer içeriğinin modifiye asfaltın tekerlek izi önleme, yorulma önleme, viskoz akma direnci ve elastik geri kazanım yeteneklerini geliştirmek için faydalı olduğu görülmüştür. Asfaltın kimyasal bileşimi, SBS lateks modifiye asfaltın özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek asfaltenler ve düşük reçineler tekerlek izi önleme ve geri kazanım özelliklerini geliştirmek için elverişlidir ancak modifiye asfaltın yorulma, uyumluluk ve depolama stabilitesini zayıflatmaktadır (Ren vd., 2019).

SBS, düşük sıcaklıklarda çatlak direncini ve yüksek sıcaklıklarda tekerlek izi direncini geliştirdiği için modifiye asfalt üretiminde yaygın olarak kullanılan elastik bir polimer katkı maddesidir. PB bloğu, orijinal hacminin 9-10 katına kadar genişlemek için malteni (aromatikler ve doymuşlar) emer, PS bloğu ise aromatikler tarafından şişirilir (Liang vd., 2015; Masson vd., 2003).

Modifiyer pazarına stiren-bütadien-stiren kopolimeri (SBS) hakimdir. SBS'nin modifikasyon için kullanılmasıyla, geliştirilmiş reolojik özelliklere sahip bir asfalt bağlayıcı elde edilir. Bu geliştirilmiş özellikler arasında viskozite, agregalara yapışma ve kohezyon yer alır. Sonuç olarak, SBS modifiye asfalt karışımı, kalıcı deformasyona ve termal çatlamaya karşı artan direnç ve ayrıca yorulma dayanıklılığı ile karakterize edilir (Nian vd., 2018; Słowik, 2017; Moreno-Navarro vd., 2015; Laukkanen vd., 2018; Rossi vd., 2015).

2. SBS Modifiye bitümün geliştirilmeye açık yönleri

Ancak yoğunluk, polarite, bağlı moleküler kütle ve mekanik yöntemlerle (kolloid öğütme yöntemi ve yüksek hızlı kesme yöntemi) karışabilirlikteki büyük farklılıklar nedeniyle, SBS ve asfalt depolama, nakliye sırasında faz ayrılmasına eğilimlidir (Fawcett ve McNally, 2003; Liang vd., 2017; Zani vd., 2017). Depolama stabilitesi problemi olarak ta adlandırılan faz ayrılması mo-

difiye asfaltın performansını bozar ve bu nedenle modifiye asfaltın avantajlarından tam olarak yararlanılamaz hale gelir. Bu nedenle, farklı koşullar altında SBS modifiye asfaltın faz yapısı değişiminin davranışını anlamak gerekir.

SBS modifiyeli asfaltın uyumluluk ve depolama stabilitesi açısından dezavantajları olduğu açıktır (Liang, vd, 2015). Diğer bir problem, yüksek içeriikli SBS modifiye asfaltın zayıf işlenebilirliğe ve düşük ekonomik verimliliğe sahip olmasıdır ve bu da SBS kopolimerinin uygulanmasını daha da sınırlandırmaktadır (Zhang vd., 2013; Lin vd., 2017).

Son zamanlarda, stabilite sorununu hafifletebilecek ve SBS ile modifiye edilmiş asfaltın üstyapı performansını daha da iyileştirebilecek kompleks modifiye asfalt hazırlamak için SBS modifiyeli asfalta başka katkı maddelerinin eklenebileceği ifade edilmektedir. Qian ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, yüksek kürleme yöntemiyle üretilen CR/SBS kompozit modifiye asfaltın daha iyi performans gösterdiği ve asfalt bağlayıcı üretmek için uygun maliyetli bir yaklaşım olduğu sonucuna varmıştır (Qian vd., 2018).

Ayrıca Li ve arkadaşları kalsiyum karbonat ve SBS kompoziti ile modifiye edilmiş asfalt üzerinde yaptıkları çalışmada kalsiyum karbonat ilavesinin yalnızca SBS ile modifiye edilmiş asfalta göre modülü güçlendirdiği, depolama stabilitesinin arttığı ve viskoelastik özelliklerin daha iyileştiği görülmüştür (Li, vd., 2019).

SBS modifiye asfaltların bir eksikliği de, SBS modifiyeli asfaltın, kullanılan yüksek hızlı kesme işlemi nedeniyle, asfalt endüstrisi tarafından üretilmesi ve daha sonra asfalt bağlayıcı ve agreganın karıştırıldığı ve sıkıştırıldığı şantiyeye taşınmasıdır. Bu nedenle, asfalt ve SBS arasındaki faz ayrışması, termal depolama ve nakliye sırasında kolaylıkla gerçekleşebilir (Bai, 2017; Dong vd., 2014). Ayrıca, SBS ile modifiye edilmiş asfalt için hazırlık süreci, yüksek hızlı kesme ve karıştırma dahil olmak üzere karmaşık, enerji yoğun ve maliyetlidir.

SBS modifiyeli asfaltın hem depolama stabilitesi hem de uyumluluğu, asfalt yollardaki mühendislik uygulaması ve performansı için oldukça önemlidir. Depolama ve nakliye sırasında SBS kopolimerinin bitümden güçlü bir faz ayrılması beklenmemektedir (Cong vd., 2005).

DSR cihazı kullanarak düşük sıcaklıklarda SBS ile modifiye edilmiş asfalt bağlayıcıların reolojik özelliklerini incelemiş ve bu elastomerin eklenmesiyle düşük sıcaklık sertliğinin önemli ölçüde azaldığını doğrulamıştır (Laukanen vd., 2018).

3. SBS Modifiye Bitüm Üretiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

SBS kopolimerleri, dayanımlarını ve esnekliklerini, moleküllerinin üç boyutlu bir ağ halinde fiziksel olarak çapraz bağlanmasından alırlar. Polisti-

ren uç bloklar polimere güç verirken, polibütadien kauçuk matris orta bloklar malzemeye olağanüstü elastikiyet kazandırır. Bu çapraz bağların etkinliği, polistirenin cam geçiş sıcaklığının (yaklaşık 100°C) üzerinde hızla azalır, ancak polistiren alanları, kopolimerin mukavemetini ve elastikiyetini geri yükleyerek soğutma üzerine yeniden şekillenecektir (Isacsson ve Lu, 1995; Lu ve Isacsson, 1997; Whiteoak, 1990).

SBS oranının modifiye asfaltın uyumluluğu ve depolama stabilitesi üzerindeki etkileri sıklıkla araştırmalara konu olmaktadır. Lu ve arkadaşları floresan mikroskopu ve dinamik mekanik analiz kullanarak SBS ile modifiye edilmiş bitümün uyumluluğunu ve depolama stabilitesini araştırmıştır. Sonuçlar, modifiye asfaltın depolama stabilitesinin SBS içeriğindeki artışla azaldığını göstermiştir; ek olarak, bitümdeki SBS dağılıma derecesi, modifiye bağlayıcıların depolama stabilitesini ve reolojik özelliklerini de etkilemiştir (Lu ve Isacsson, 1997).

SBS'nin asfaltta dağılımı “ada” yapısından “iç içe geçen ağ” yapısına ve sürekli faza kadar değişmektedir. Asfalt, modifiye asfalt üretimi için ideal bir süreç olan “adalara” bölünmüştür (Qinglin, 2006). SBS'nin bitüm ağırlığına göre %6 kullanım oranında, kopolimer dağılıma aşamasındadır ve asfalt bağlayıcı özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olan sürekli bir ağ oluşturur (Slowik, 2013).

SBS içeriğinin yaklaşık %4-7 olması genellikle kritik bir noktadır ve SBS ile asfalt fazlarının sürekli olduğu bir durum oluşturur ve bu durum kararsızdır (Ping ve Peiwen, 2006). SBS içeriğinin artmasıyla, modifiyer partikülleri ile asfalt misel arasındaki mesafe giderek kısalmakta ve arayüz tabakası giderek bulanıklaşmaktadır (Shuangrui, Qing ve Shengxiong, 2008).

SBS içeriği, asfalt harcındaki SBS partiküllerinin hacim fraksiyonunu önemli ölçüde etkiler. SBS oranının artmasıyla, SBS ortalama parçacık alanı, alan ağırlıklı ortalama eksen oranı ve bunların varyasyon katsayıları artar. Çok fazla düşük modifikasyon sıcaklığı, karışımdaki SBS katkısını kötüleştirerek, geniş bir parçacık boyutu aralığı, daha yüksek eksen oranı ve daha yüksek alan oranı ile sonuçlanır. Alan oranı, kesme hızı ve ekleme oranı ile artarken, daha yüksek bir kesme hızı, SBS ağını kıracak ve nihai mekanik özellikleri zayıflatacaktır. 3500 rpm'deki numuneler, alan ağırlıklı ortalama eksen oranında en düşük varyasyon katsayısına sahiptir, bu da daha iyi homojen bir SBS partikül şekline işaret eder (Xiao, 2021).

Farklı S/B blok oranları ile SBS modifiye asfaltın faz davranışının incelendiği çalışmada SBS modifiye asfaltın faz davranışının, asfaltın hafif bileşenlerinin farklı absorpsiyon kapasiteleri ile sonuçlanan S/B oranı ile ilgili olduğu görülmüştür (Jianhui vd., 2016). Sıcaklık, camsı geçiş sıcaklığından (Tg) daha düşük olduğunda, bu konu, SBS'nin kendisi tarafından oluşturulan fiziksel çapraz bağlı ağ ile ilgilidir. PS blokları polimere mukavemet verirken,

PB blokları malzemeye PS bloğunun camsı geçiş sıcaklığının altında mükemmel elastikiyet verir (Airey, 2003).

SBS bitüm ile karıştırıldığında, SBS kopolimerinin elastomerik fazı bitümden maltenleri (yağ fraksiyonları) emer ve başlangıç hacminin dokuz katına kadar şişer (Isacsson ve Lu, 1995; Bardesi vd., 1999; Cavaliere, Diani ve Vitalini Sacconi, 1993). Uygun SBS konsantrasyonlarında, bitüm özelliklerini önemli ölçüde değiştirerek PMB boyunca sürekli bir polimer ağı (faz) oluşturulur. Termoplastik kauçuklar, asfaltlara benzer veya daha yüksek moleküler ağırlıklara sahip olduklarından, malten fazının çözünürlük gücü için rekabet ederler ve yetersiz malten mevcutsa faz ayrımı meydana gelebilir. Bu faz ayrımı, baz bitüm ve polimerin uyumsuzluğunun bir göstergesidir ve termoplastik kauçuk PMB'leri karıştırırken dikkatli olunmalıdır. SBS-bitüm karışımının uyumluluğu, aromatik yağların eklenmesiyle geliştirilebilir. Bununla birlikte, harmandaki çok yüksek bir aromatik içerik, polistiren bloklarını çözecek ve SBS kopolimerinin yararlarını yok edecektir.

İki bileşen (bitüm ve SBS polimeri) arasındaki kimyasal farklılık, genellikle mekanik karıştırmayı takiben iki farklı faz ile sonuçlanacaktır (Brule, 1996). SBS PMB'nin bu iki fazlı yapısı, polimer ve bitüm fazları olarak da bilinen polimer açısından zengin bir faz ve asfaltın açısından zengin bir fazdan oluşur. Polimer fazı, bitümün hafif, uyumlu fraksiyonları (örneğin aromatik yağlar) tarafından şişirilen polimerden oluşurken, ağır fraksiyonlar (esas olarak asfaltlar) bitüm fazını oluşturmak üzere konsantre edilir.

Bazı araştırmacılar asfalttaki aromatiklerin içeriğinin asfalt ve polimer arasındaki uyumlulukta önemli bir rol oynadığını ve aromatik içeriği ne kadar yüksekse modifiye asfaltın o kadar iyi performans gösterdiğini vurgulamaktadır (Shingo vd., 2001). Asfalttan n-heptan ile ekstrakte edilen çözünür fraksiyon olan maltenin tercihen SBS'nin polibütadien birimi ile etkileşime girebileceği, buna karşın çözünmeyen fraksiyon olan asfaltın ağırlıklı olarak polistiren birimi ile etkileşime gireceği söylenebilir. Modifiye asfaltta polimer dağılımının aromatik ve asfaltın içerikleri ile yakından ilgili olduğu sonucuna varılabilir. Ayrıca, yüksek aromatik içerik ve düşük asfaltın içeriği, SBS'nin dağılımını iyileştirebilir (Cavaliere, Diani ve Dia, 1996).

SBS ile asfalt arasındaki iyi uyum için asfaltın içeriği de uygun olmalıdır. Yüksek aromatik içerik ve düşük asfaltın içeriği, asfaltta SBS dağılımını iyileştirebilir. Tane boyutu dağılım eğrilerinin aralığı daraldıkça modifiye asfaltın viskozitesi artar. S/B oranı arttıkça, SBS'nin dağılımı ve modifiye asfaltın performansı için orta düzeyde bir S/B oranı vardır. S/B oranı 30/70 olduğunda, partikül boyutu dağılım eğrisi en dardır ve modifiye asfaltın performansı diğerlerinden daha yüksek oranda iyileştirilir. Ancak, SBS'nin dağılımı ve 30/70 S/B'de radyal ve lineer SBS ile hazırlanan modifiye asfaltın performans

trendleri çok az farklılık göstermektedir. SBS içeriği, SBS'nin dağılımı ve modifiye asfaltın performansı üzerinde de büyük etkiye sahiptir. SBS içeriğinin düşürülmesi, SBS'nin dağılımını iyileştirmek için elverişlidir, ancak modifiye asfaltın performansı üzerinde kötü bir etkiye sahiptir; diğer bir deyişle, SBS içeriği arttıkça partikül boyutu dağılımı genişler ve modifiye asfaltın yumuşama noktası artar, penetrasyon ve süneklik azalır (Dong vd., 2014).

PMB üretimi için molekül ağırlığı 120000, stiren oranı %31 olan lineer bir SBS kopolimerinin kullanıldığı bir çalışmada, SBS'in toluende çözülmesinde viskozitesi 11.0 cSt (11×10^{-3} Pa.s) olarak ölçülmüştür. %3'ten %7'ye kadar değişen çeşitli polimer içeriklerinde PMB'ler, 170°C ve 185°C arasındaki sıcaklıklarda Silverson yüksek kesmeli laboratuvar değirmeni kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışmada, parafinik bitümün, naftenik bitüme kıyasla daha yüksek derecede polimer modifikasyonu gösterdiği belirtilmektedir. Farklılıkların daha yüksek polimer içeriklerinde, yüksek sıcaklıklarda ve düşük frekanslarda daha belirgin olduğu ifade edilmektedir. Sonuç olarak, baz bitümün düşük viskozitesi, SBS polimer ağının polimerik doğasının modifiye edilmiş bağlayıcının reolojik özelliklerine hakim olmasına olanak tanıdığı görülmüştür (Airey, 2004).

4. SBS modifiye bitüm parametrelerinin değerlendirilmesi

SBS modifiye bitümden beklenen performansın alınabilmesinde en kritik aşamalardan birisi de modifikasyon parametrelerinin doğru seçilmesidir. Kullanılan asfalt ile SBS uyumu iyi olsa bile uygun olmayan modifikasyon süreci modifiye asfaltın özelliklerinin yetersiz kalmasına sebebiyet verebilir.

Bir çalışmada, ilk olarak, SBS'in eklenmesi için kabul edilebilir bir düşük viskozite sağlamak için asfalt bağlayıcı 145 °C'ye ısıtılmıştır. İkinci olarak, sabit sıcaklık koşullarını sağlamak için ısıtılmış bir ortamda tutulan asfalt bağlayıcının sıvı haline belirli bir miktar SBS modifiyer eklenmiştir. Son olarak, homojen bir modifiyer dağılımı elde etmek için SBS, yüksek hızlı, kesme etkili bir mikser ile 1 saat boyunca belirli bir kesme hızında sıvı bağlayıcı ile karıştırılmıştır. Sonunda, SBS modifiyeli bağlayıcı, SBS katkısının şişmesini teşvik etmek için en az 30 dakika boyunca 100°C'de bir fırına yerleştirilmiştir (Dong vd., 2014; Ren vd., 2019).

Bir çalışmada SBS modifiye bitüm hazırlanması için üç adım takip edildi. İlk olarak, %5 lineer SBS 1301 ve #70 asfalt içeriği, 4000 rpm'de 180°C'de 0,5 saat süreyle kesilmiştir. İkinci aşamada, karışımlar, 1 saat boyunca 180°C'de mekanik bir karıştırıcıda karıştırılmıştır. Son olarak ise %0.15 kükürt içeriği eklendi ve kopolimer ve kükürtün tam olarak çapraz bağlanabilmesi için karıştırmaya 180°C'de 1.5 saat devam edilmiştir. SBS ile modifiye edilmiş asfaltın temel özellikleri Tablo 1'de listelenmiştir (Tan vd., 2022).

Tablo 1. SBS modifiye bitümün özellikleri (Tan vd., 2022)

Özellik		Birim	Sonuç
Bitüm derecesi		-	PG 64-28
Penetrasyon, 25 °C (0.1 mm)		0.1 mm	59
Yumuşama noktası (R&B, °C)		°C	78
Düktilite, 5 °C		cm	44
Elastik geri dönme, 25 °C		%	92
Kinematik viskozite	165°C	Pa·s	0.517
	135°C	Pa·s	1.931
RTFOT (163°C, 85 dk.)	Kütle kaybı	%	-0.212
	Penetrasyon oranı	%	82
	Düktilite, 5°C	cm	32

Zhang ve arkadaşları tecrübelerine dayalı olarak, SBS modifiye asfalt üretimi için aşağıdaki prosedürü takip etmiştir: asfalt, demir bir kapta akışkan hale gelecek şekilde ısıtılmış, daha sonra yaklaşık 170 °C'ye ulaştıktan sonra, asfalta belirli bir miktar SBS ilave edilmiş ve 175 °C'ye ulaştıktan sonra karışım, 3000 devir/dk'da 60 dakika karıştırılmış ve süreç tamamlanmıştır (Zahang vd., 2012).

5. Sonuç

SBS polimer, bitüm modifikasyonunda sağladığı yüksek performans nedeniyle tercih nedenidir. SBS polimerin faz ayrışması, yüksek maliyet gibi dezavantajları vardır.

Modifiye bitüm matriksi içerisindeki SBS polimer yoğunluğunun artması depolama stabilitesinin düşmesine neden olmaktadır. Genel kullanım oranı %4-6 olarak verilmektedir. SBS kopolimeri, bağlayıcı yapısını değiştirir, genişler ve ısıtılmış bağlayıcıdan maltenleri emerek hacmini artırır. %6 SBS içeriğinde, kopolimer dispersiyon aşamasındadır ve asfalt bağlayıcı özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olan sürekli bir ağ oluşturur. Daha yüksek kullanım oranlarında depolama stabilitesinde sorunlar oluşabilmekte ve maliyet artmaktadır. Diğer bir problem ise yüksek içerikli SBS modifiye asfaltın zayıf işlenebilirliğe ve düşük ekonomik verimliliğe sahip olmasıdır.

SBS modifikasyonun başarımı bitüm cinsine bağlıdır. Bitüm içerisindeki asfaltın oranının artması bitüm polimer uyumluluğunu azaltmaktadır. Bitüm içerisindeki yağsı bileşikler ise bitüm-SBS uyumunu artırmakta, SBS in bitüm içerisinde daha homojen dağılmasına yardımcı olmaktadır. SBS-bitüm karışımının uyumluluğu, aromatik yağların eklenmesiyle geliştirilebilir. Bununla birlikte, karışımdaki çok yüksek bir aromatik içerik, polistiren bloklarını çözer ve SBS kopolimerinin yararlarını yok edebilir.

Kullanılan bitümün derecesi de modifikasyon başarımı üzerinde önemli rol oynamaktadır. Yüksek penetrasyonlu ve düşük viskoziteli bitümler ile yapılan modifikasyonlarda daha homojen SBS dağılımı gerçekleşmektedir.

SBS modifiye bitümlerden beklenen özelliklerin elde edilebilmesi için yüksek kesme etkili mikserlerin kullanılması gerekmektedir. Alan oranı, kesme hızı ve ekleme oranı ile artarken, daha yüksek bir kesme hızı, SBS ağını kırarak nihai mekanik özellikleri zayıflatabilir. Modifikasyon süreci tamamlanmadan önce modifiye bitümde kararlı durum koşullarının sağlandığından emin olunmalıdır. Sıcaklığın modifikasyon üzerinde anahtar rol oynadığı bilinmektedir. PMB'nin viskozitesine bağlı olarak 170 ve 185°C arasındaki sıcaklıklarda modifikasyon yapılmalıdır. 3500 devir/dak. karıştırma hızında SBS modifiye bitümler, alan ağırlıklı ortalama eksen oranında en düşük varyasyon katsayısını göstermiştir. Genellikle 1 saat modifikasyon süresi uygulanmaktadır. Bazı araştırmalarda modifikasyon sonrasında 100°C'de 30 dakika gibi bir kürleme yapılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Airey, G. D. (2003). Rheological properties of styrene butadiene styrene polymer modified road bitumens. *Fuel*, 82(14), 1709-1719.
- Airey, G. D. (2004). Styrene butadiene styrene polymer modification of road bitumens. *Journal of Materials Science*, 39, 951-959.
- Bai, M. (2017). Investigation of low-temperature properties of recycling of aged SBS modified asphalt binder. *Construction and Building Materials*, 150, 766-773.
- Bardesi, A., Brülé, B., Corté, J. F., Diani, E., Gerritsen, A., Lefebvre, G., ... & Watkins, S. (1999). Use of modified bituminous binders, special bitumens and bitumens with additives in road pavements. *World Road Association (PIARC)*, (303).
- Cavaliere, M. G., Da Via, M., & Diani, E. (1996). Dynamic-mechanical characterization of binder and asphalt concrete. In *Eurasphalt & Eurobitume Congress, Strasbourg, 7-10 may 1996. volume 2. Paper E&E. 4.227.*
- Cavaliere, M. G., Diani, E., & Vitalini Sacconi, L. (1993). *Proceedings of the 5th Eurobitume Congress, Stockholm (1A, 1.23, 138).*
- Cong, Y., Huang, W., Liao, K., & Zhai, Y. (2005). Study on storage stability of SBS modified asphalt. *Petroleum Science and Technology*, 23(1-2), 39-46.
- Dong, F., Zhao, W., Zhang, Y., Wei, J., Fan, W., Yu, Y., & Wang, Z. (2014). Influence of SBS and asphalt on SBS dispersion and the performance of modified asphalt. *Construction and Building Materials*, 62, 1-7.
- Fawcett, A., & McNally, T. (2003). Polystyrene and asphaltene micelles within blends with a bitumen of an SBS block copolymer and styrene and butadiene homopolymers. *Colloid and Polymer Science*, 281, 203-213.
- Isacsson, U., & Lu, X. (1995). Testing and appraisal of polymer modified road bitumens—state of the art. *Materials and structures*, 28, 139-159
- Jiang, Q. (2006). A study on experiment of mechanical properties of large stone asphalt mixes. *Highway*, 2, 161-164.
- Laukkanen, O. V., Soenen, H., Winter, H. H., & Seppala, J. (2018). Low-temperature rheological and morphological characterization of SBS modified bitumen. *Construction and Building Materials*, 179, 348-359.
- Li, J., Yang, S., Liu, Y., Muhammad, Y., Su, Z., & Yang, J. (2019). Studies on the properties of modified heavy calcium carbonate and SBS composite modified asphalt. *Construction and Building Materials*, 218, 413-423.
- Li, S., Lin, Q., & Dong, S. (2008). Comparative research on effects different stabilizers styrene butadiene styrene polymer modified asphalt. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 5, 12-15.
- Liang, M., Liang, P., Fan, W., Qian, C., Xin, X., Shi, J., & Nan, G. (2015). Thermo-rheological behavior and compatibility of modified asphalt with various styrene-butadiene structures in SBS copolymers. *Materials & Design*, 88, 177-185.

- Liang, M., Xin, X., Fan, W., Luo, H., Wang, X., & Xing, B. (2015). Investigation of the rheological properties and storage stability of CR/SBS modified asphalt. *Construction and Building Materials*, 74, 235-240.
- Liang, M., Xin, X., Fan, W., Wang, H., Ren, S., & Shi, J. (2017). Effects of polymerized sulfur on rheological properties, morphology and stability of SBS modified asphalt. *Construction and Building Materials*, 150, 860-871.
- Lin, P., Huang, W., Li, Y., Tang, N., & Xiao, F. (2017). Investigation of influence factors on low temperature properties of SBS modified asphalt. *Construction and Building Materials*, 154, 609-622.
- Lu, X., & Isacsson, U. (1997). Compatibility and storage stability of styrene-butadiene-styrene copolymer modified bitumens. *Materials and Structures*, 30, 618-626.
- Lu, X., & Isacsson, U. (1997). Rheological characterization of styrene-butadiene-styrene copolymer modified bitumens. *Construction and Building Materials*, 11, 23-32.
- Masson, J-F, Collins, P., Robertson, G., Woods, J. R., & Margeson, J. (2003). Thermodynamics, phase diagrams, and stability of bitumen-polymer blends. *Energy & Fuels*, 17(3), 714-724.
- Moreno-Navarro, F., Sol-Sanchez, M., & Rubio-Gamez, M.C. (2015). The effect of polymer modified binders on the long-term performance of bituminous mixtures: The influence of temperature. *Construction and Building Materials*, 78, 5-11.
- Nian, T., Li, P., Wei, X., Wang, P., Li, H., & Guo, R. (2018). The effect of freeze-thaw cycles on durability properties of SBS-modified bitumen. *Construction and Building Materials*, 187, 77-88.
- Qian, C., Fan, W., Liang, M., He, Y., Ren, S., Lv, X., Nan, G., & Luo, H. (2018). Rheological properties, storage stability and morphology of CR/SBS composite modified asphalt by high-cured method. *Construction and Building Materials*, 193, 312-322.
- Ren, S., Liu, X., Fan, W., Wang, H., & Erkens, S. (2019). Rheological properties, compatibility, and storage stability of SBS latex-modified asphalt. *Materials*, 12(22), 3683.
- Rossi, C. O., Spadafura, A., Teltayev, B., Izmailova, G., Amerbayev, Y., & Bortolotti, V. (2015). Polymer modified bitumen: Rheological properties and structural characterization. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 480, 390-397.
- Shingo, K., Shigeru, T., Zhang, X. M., Dong, D. W., & Inagaki, N. (2001). Compatibilizer role of styrene-butadiene-styrene tri-block copolymer in asphalt. *Polymer Journal*, 33(3), 209-213.
- Słowik, M. (2013). Selected Issues of Viscoelasticity of Modified Asphalt Binders Containing SBS Elastomer. Post-Doctoral Dissertation, Poznan University of Technology, Poznan, Poland.

- Słowik, M. (2017). Thermorheological Properties of Styrene-Butadiene-Styrene (SBS) Copolymer Modified Road Bitumen. *Procedia Engineering*, 208, 145–150.
- Tan, Y., Zhang, J., Zou, G., & Qin, H. (2022). Aging characterization of rheology and morphology evolution of SBS-modified asphalt. *Construction and Building Materials*, 342(Part A), 128027.
- Wen, G., Zhang, Y., Zhang, Y., Sun, K., & Fan, Y. (2002). Rheological characterization of storage-stable SBS-modified asphalts. *Polymer Testing*, 21(3), 295–302.
- Whiteoak, C. D. (1990). *Shell Bitumen Handbook* (Shell Bitumen, Surrey, UK, 1990).
- Xiao, Y. (2021). Micro-morphologies of SBS modifier at mortar transition zone in asphalt mixture with thin sections and fluorescence analysis. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, 2(23).
- Xiong, P., & Hao, P. (2006). Measures and mechanism analysis of improving the storage stability of styrene-butadiene-styrene polymer modified asphalt. *Journal of Tongji University (Natural Science)*, 34(5), 613–618.
- Xu, J., Xia, T., Li, Y., Wang, M., Hao, Z., & Dai, J. (2016). Effect of S/B block proportion on the phase behavior and rheology of SBS modified bitumen. *Petroleum Science and Technology*, 34(23), 1867-1871.
- Zani, L., Giustozzi, F., & Harvey, J. (2017). Effect of storage stability on chemical and rheological properties of polymer-modified asphalt binders for road pavement construction. *Construction and Building Materials*, 145, 326–335.
- Zhang, F., & Hu, C. (2013). The research of SBS and SBR compound modified asphalts with polyphosphoric acid and sulfur. *Construction and Building Materials*, 43, 461–468.
- Zhang, Q., Fan, W., Wang, T., Nan, G., & Sunarso, J. (2012). Influence of emulsification on the properties of styrene-butadiene-styrene chemically modified bitumens. *Construction and Building Materials*, 29, 97–101.

BÖLÜM 3

AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİNİN KARBON EMİSYONU AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hümeyra BOLAKAR TOSUN¹



1. GİRİŞ

Ulaşım, insanların, malların veya hayvanların bir yerden başka bir yere taşınmasını ifade eder. Ticareti, iletişimi ve kaynak alışverişini kolaylaştıran insan uygarlığının çok önemli bir yönüdür (Erdoğan, 2016; Akbulut, 2016). Başka bir tanımıyla ulaşım, hammadde ya da madde, yarı mamul ürünler veya insanların bir noktadan bir diğer noktaya götürülmesine olanak sunan unsurlar olarak tanımlanabilir (Görçün, 2018) Ulaşım hizmetlerinin ekonomik kalkınma üzerine etkisi oldukça yüksek olmakla beraber şehirler için bir nebze gelişmişlik göstergesi olarak da nitelendirilebilir. Ülkemizde ve dünyada çeşitli ulaşım modları mevcuttur ve bunlar, taşıma araçlarına bağlı olarak farklı kategorilere ayrılmıştır. Yaygın kullanılan ulaşım modları şunlardır:

1.1. Karayolu taşımacılığı:

Bu taşımacılık sistemi, yollarda ve otoyollarda seyahat eden otomobil, otobüs, motosiklet, bisiklet ve kamyon gibi araçları içerir. Bu sistem modlarından birini oluşturan karayolu taşımacılığı; ürünlerin belirli bir bedel karşılığında noktadan noktaya aktarmasız olarak ulaştırılmasını amaçlayan gönderici ve taşıyıcının yaptığı sözleşmeler, çerçevesinde sağlayan ve bunun yanında diğer taşıma sistemlerini destekleyen bir taşımacılık modudur (Koban & Keser, 2015)



Şekil 1. Karayolu Taşımacılığı (URL1)

1.2. Demiryolu taşımacılığı:

Tren taşımacılığı olarak da bilinen demiryolu taşımacılığı, yolcuların ve malların demiryolu hattı üzerinde hareketini içerir. Uzun bir geçmişi olan önemli bir ulaşım şeklidir ve modern ulaşım sistemlerinin önemli bir bileşeni olmaya devam etmektedir. Devletlerin enerji tüketim sektörlerinin başında gelen ulaşım sektörü çalışmalarının sonucunda sektördeki gelişmeler ile beraber biraz geri planda kalan demiryollarının avantajları yeniden

gündeme gelmiştir. Limanların demiryoluyla, demiryollarının da karayolu ile birbirine bağlanması ve çoklu taşımacılığın dahada geliştirilmesi ülkelerin hedefleri arasında yer almaktadır. Bu hedefler çerçevesinde demiryollarının canlandırılmasına yönelik projeler daha önemli hale gelmiştir (Yavuz, 2012).



Şekil 2. Demiryolu Taşımacılığı (URL2)

1.3. Hava Taşımacılığı:

Hava taşımacılığı, insanların, malların ve kargoların uçaklarla taşınmasını ifade eder. Yolcu, yük ve diğer eşyaları Dünya atmosferi boyunca taşımak için uçak ve helikopterlerin kullanıldığı bir ulaşım şeklidir. Hava taşımacılığı hızı, verimliliği ve uzun mesafeleri kat etme yeteneği ile bilinir ve bu da onu küresel ulaşım ağının önemli bir bileşeni haline getirir.



Şekil 3. Hava taşımacılığı (URL3)

1.4. Su taşımacılığı:

Deniz veya deniz taşımacılığı olarak da bilinen su taşımacılığı, insanların, malların ve kargoların çeşitli gemi türleri kullanılarak su kütleleri üzerinde hareketini içerir. Bu ulaşım şekli, dünya çapındaki limanları birbirine

bağlayan ve malların ve yolcuların hareketini kolaylaştıran uluslararası ticaret için gereklidir.



Şekil 4. Su Taşımacılığı (URL4)

1.5. Boru Hattı Taşımacılığı:

Boru hattı taşımacılığı, sıvıların, gazların ve bazen katıların boru hatları aracılığıyla hareketini içerir. Boru hatları, geniş mesafelere yayılabilen, çeşitli malzemelerin taşınması için uygun maliyetli ve verimli bir araç sağlayan uzun, birbirine bağlı boru ağlarıdır.



Şekil 4. Boru Hattı taşımacılığı (URL5)

2. KARBON EMİSYONU

Karbon emisyonları, başta karbondioksit (CO₂) olmak üzere karbon bileşiklerinin atmosfere salınmasını ifade eder. Bu emisyonlar çeşitli insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır ve fosil yakıtların yakılmasının da önemli bir payı vardır.

Karbon emisyonları, iklim değişikliğinin önemli bir etkenidir ve insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkisini azaltmaya yönelik küresel çabaların temel odak noktasıdır. Karbon emisyonlarının ana kaynakları şunları içerir:

2.1.Fosil Yakıtların Yakılması

Enerji santrallerinde, endüstriyel tesislerde ve araçlarda enerji üretimi için kömür, petrol ve doğal gazın yakılması, karbon emisyonlarının önemli bir kaynağıdır. Bu işlem atmosfere karbondioksit ve diğer sera gazlarının salınmasına neden olur.

2.2. Ormansızlaşma ve Arazi Kullanımı Değişiklikleri

Ormanlar tarım, ağaç kesimi veya başka amaçlarla temizlendiğinde ağaçlarda depolanan karbon atmosfere salınır. Ayrıca kentleşme gibi arazi kullanımındaki değişiklikler de karbon emisyonlarının artmasına katkıda bulunabilir.

2.3. Endüstriyel İşlemler

Bazı endüstriyel faaliyetler yan ürün olarak karbon emisyonlarına neden olur. Örneğin çimento üretimi, kireçtaşının kimyasal olarak klinkere dönüşümü sırasında CO₂ salınımını içerir.

2.4 Atık Yönetimi

Depolama alanları, organik atıkların ayrışması nedeniyle güçlü bir sera gazı olan metan üretir. Uygun olmayan atık yönetimi uygulamaları daha yüksek metan emisyonlarına neden olabilir.

2.5. Yenilenebilir Enerjiye Geçiş

Fosil yakıtlardan güneş, rüzgar ve hidroelektrik enerji gibi çıkarılabilir enerji kaynaklarına geçiş, enerji sektöründeki karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltmaktadır.

2.6. Enerji verimliliği

Endüstrilerde, binalarda ve ulaşımda enerji dağılımları, genel enerji taleplerini ve dolayısıyla buna bağlı karbon emisyonlarını azaltır.

2.7. Ağaçlandırma ve Ağaçlandırma

Ağaç dikmek ve mevcut ormanları korumak, doğal bir karbon havuzu görevine göre karbonun bozulmasına yardımcı olur.

2.8. Karbon Yakalama ve Depolama (CCS)

CCS teknolojileri, endüstriyel proseslerden ve enerji santrallerinden kaynaklanan karbon emisyonlarını yakalayıp atmosfere karışmasını engeller. Yakalanan karbon daha sonra faaliyetlerinde depolanır veya başka amaçlar için kullanılır.

2.9 Sürdürülebilir Uygulamaların Teşviki

Sürdürülebilir tarımın, sorumlu arazi desteğinin ve çevre dostu ulaşım uygulamalarının teşvik edilmesi, genel karbon emisyonunun azaltılmasına katkı sağlanmaktadır.

2.10. Uluslararası Anlaşmalar

Küresel girişimler ve anlaşmalar, karbon emisyonlarını toplu olarak küresel sıcaklık artışlarını sınırlama güçlerinde ülkelerin sınırlarını hedeflemektedir. İklim değişiminin azalması, ekosistemler üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirilmesi ve gezegen için sürdürülebilir bir gelecek sürdürülmesi için karbon emisyonlarının azaltılması büyük önem taşıyor. Bölgelerin, hükümetlerin tümünde, sürdürülebilirliğin benimsenmesinde ve karbon salınımlarının azaltılmasına katkıda bulunan işletmelerin faaliyetlerinde önemli bir rol oynamaktadır. (IPCC, 2001).

3. AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ

Akıllı Ulaşım Sistemleri (ITS), ulaşım sistemlerinin güvenliğini, verimliliğini ve genel işlevselliğini artırmak için ulaşım altyapısına ve araçlara entegre edilen bir dizi ileri teknoloji ve uygulamayı kapsar. ITS, trafik yönetimi, araç işletimi ve yolcu bilgileri dahil olmak üzere ulaşımın çeşitli yönlerini geliştirmek için bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanır. Akıllı Ulaşım Sistemlerinin temel bileşenleri ve uygulamaları şunlardır:

1.Sensörler ve Gözetim Sistemleri: Trafik koşullarını izlemek, yol kullanımına ilişkin verileri toplamak ve gerçek zamanlı bilgi sağlamak için kameralardan, radardan ve diğer sensörlerden yararlanan sistemlerdir.

2.İletişim ağları: Araçlar, altyapı ve trafik yönetim merkezleri arasındaki iletişimi etkinleştirerek daha iyi karar alma süreci için veri alışverişini kolaylaştırır.

3.Veri Yönetimi ve Analitik: Trafik tahminine, optimizasyona ve planlamaya yardımcı olarak değerli bilgiler elde etmek için büyük hacimli verileri işleyen ve analiz eden sistemlerdir.

4. Gelişmiş Trafik Yönetim Sistemleri (ATMS): Sinyal zamanlamalarını optimize etmek, sıkışıklığı yönetmek ve trafik akışını iyileştirmek için kullanılan sistemlerdir.

5.Araçtan Her Şeye (V2X) İletişim: Güvenliği ve koordinasyonu artırmak için araçlar (V2V), araçlar ve altyapı (V2I) ve diğer yol kullanıcıları arasındaki iletişimi etkinleştiren sistemlerdir.

6.Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri (ADAS): Sürücü güvenliğini artırmak için uyarlanabilir hız sabitleyici, şeritten ayrılma uyarısı ve çarpışma önleme sistemleri gibi teknolojileri birleştiren sistemlerdir.

7.Akıllı Park Çözümleri: Mevcut park yerleri hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayan, sıklığı azaltan ve verimli park etmeyi kolaylaştıran çözümlerdir.

8.Toplu Taşıma Geliştirmeleri: Toplu taşıma sistemlerinde planlama, takip ve ödeme için akıllı sistemler uygulayan yenilikçi yaklaşımlardan oluşur (Yardım ve Akyıldız, 2005).

Akıllı Ulaşım Sistemleri (ITS) birçok nedenden dolayı giderek önem kazanmaktadır. Bu sistemlerin faydalarını aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür:

1.Güvenlik: ITS, sürücülere trafik koşulları, tehlikeler ve kazalar hakkında gerçek zamanlı bilgiler sağlayarak yol güvenliğini artırmaya yardımcı olabilir. Bu, rotaları ve hızları hakkında daha iyi kararlar almalarına yardımcı olarak çarpışma riskini azaltabilir.

2.Verimlilik: ITS aynı zamanda ulaşım sistemlerinin verimliliğinin artırılmasına da yardımcı olabilir. Trafik akışını optimize etmek, sıklığı azaltmak ve yolculuk sürelerini iyileştirmek için trafik verilerini kullanarak. Bu hem işe gidip gelenlere hem de işletmelere fayda sağlayabilir.

3.Çevre: Sıklığı azaltarak ve trafik akışını iyileştirerek, ITS aynı zamanda emisyonların azaltılmasına ve hava kalitesinin iyileştirilmesine de yardımcı olabilir. İklim değişikliğiyle mücadele etmeye çalışırken bu giderek daha önemli hale geliyor.

4.Bilgi: ITS, yolculara seyahat seçenekleri hakkında gerçek zamanlı bilgi sunarak yolculukları hakkında bilinçli kararlar almalarına olanak tanır. Bu, toplu taşıma programları, park yeri durumu ve kapalı yollarla ilgili bilgileri içerebilir.

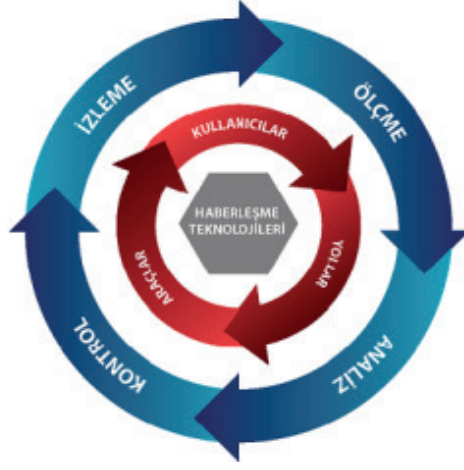
Genel olarak ITS, ulaşım sistemlerimizi daha güvenli, daha verimli ve daha çevre dostu hale getirme potansiyeline sahiptir. Teknoloji gelişmeye devam ettikçe gelecekte daha da yenilikçi ITS uygulamalarının ortaya çıkmasını bekleyebiliriz. (Tufan, 2014).



Şekil 5. Akıllı Ulaşım Sistemleri (URL6)

4. AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ İLE KARBON EMİSYONU İLİŞKİSİ

Ulaşım sistemleri ülkelerin ekonomik ve sosyo-kültürel gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Ekonomik olarak gelişmeyi ve iletişim kurmayı destekleyerek kaynaklara ve pazarlara erişim olanağı sağlar. Taşıma sistemi seçimi; hız, mesafe, maliyet ve taşınan ürünlerin ve insanların niteliği gibi faktörlere bağlıdır. Daha verimli ve daha sürdürülebilir ulaşım sistemleri, çevreye verdiği olumsuz etkiyi en aza indirmek, trafik sıkışıklığını azaltmak için gereklidir. Günümüz dünyasında teknolojiye meydana gelen gelişmeler ve yenilikçi çözümlerin benimsenmesi, ulaşım sistemlerin güvenliğini, verimliliğini ve çevresel açıdan sürdürülebilirliğini düzeltmeyi amaçlamaktadır (Gupta vd., 2011; Xu vd., 2016).



Şekil 6. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve çevresel etkisi (URL7)

Araç yakıt tüketiminden kaynaklanan karbon emisyonları, başta karbondioksit (CO₂) olmak üzere sera gazı emisyonlarına önemli bir katkıda bulunmaktadır. Benzin ve dizel gibi fosil yakıtlar içten yanmalı motorlarda yakıldığında, yakıttaki karbon havadaki oksijenle birleşerek yan ürün olarak CO₂ üretir. Aşağıda araç yakıt tüketiminden kaynaklanan karbon emisyonlarının nasıl oluştuğuna ilişkin bir genel bakış yer almaktadır:

1. Yanma Süreci: Geleneksel içten yanmalı motorlarda yakıt, aracın tahriki için enerji üretmek üzere bir yanma sürecinden geçer. Fosil yakıtların ana bileşenleri karbon ve hidrojen atomlarından oluşan hidrokarbonlardır.

2. Fosil Yakıtlardaki Karbon: Benzin (benzinli motorlarda kullanılır) ve dizel (dizel motorlarda kullanılır) hidrokarbon bazlı yakıtlardır. Bu yakıtlardaki karbon içeriği yanma sırasında oksijenle birleşerek karbondioksit salınımına neden olur.

3. Kimyasal reaksiyon: Hidrokarbonların yanması için temel kimyasal reaksiyon şu şekilde temsil edilebilir:

Hidrokarbon (C_nH_m) + Oksijen (O₂) → Karbon Dioksit (CO₂) + Su (H₂O) + Enerji

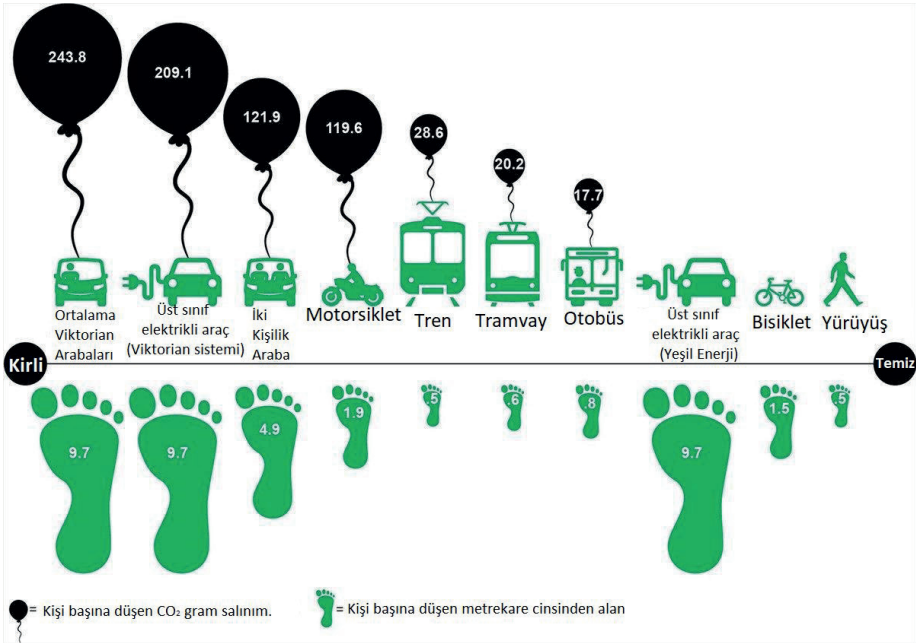
4. Karbon Dioksit Emisyonu: Bu süreçten yayılan ana sera gazı, egzoz gazı olarak atmosfere salınan karbondioksittir (CO₂).

5. Emisyonları Etkileyen Faktörler: Yakılan birim yakıt başına yayılan karbondioksit miktarı, yakıtın karbon içeriği, motorun yanma verimliliği, yakıtın enerji içeriği gibi faktörlere bağlıdır.

6. Yakıt Verimliliği ve Emisyon Standartları: Yakıt verimliliğini artırmak ve sıkı emisyon standartlarına uymak, araçlardan kaynaklanan karbon emisyonlarını azaltmak için çok önemlidir. Yakıt enjeksiyonu, turboşarj ve hibrit/elektrikli tahrik gibi teknolojiler, yakıt verimliliğinin artmasına ve emisyonların azaltılmasına katkıda bulunur.

7. Alternatif Yakıtlar ve Teknolojiler: Biyoyakıt, hidrojen ve elektrik gibi alternatif yakıtların kullanımı araçlardan kaynaklanan karbon emisyonlarını azaltabilir. Özellikle elektrikli araçlar (EV'ler), elektriğin yenilenebilir kaynaklardan gelmesi durumunda sıfır egzoz borusu emisyonu üretir (URL8).

Hükümet düzenlemeleri ve politikaları, araçlara yönelik emisyon standartlarının şekillendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Pek çok ülke, taşıtlardan yayılan karbondioksit dahil kirletici maddelerin miktarını sınırlandırmayı amaçlayan emisyon standartlarını uygulamaya koydu.



Şekil 6. Ulaşım türlerine göre karbon salınımı (URL9)

Araç yakıt tüketiminden kaynaklanan karbon emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliğini hafifletmeye yönelik küresel çabaların kritik bir yönüdür. Stratejiler arasında daha temiz ve daha sürdürülebilir yakıtlara geçiş, ileri teknolojiler yoluyla yakıt verimliliğinin artırılması ve elektrikli araçlar gibi alternatif tahrik sistemlerinin benimsenmesinin teşvik edilmesi yer almaktadır (Tektaş, vd.,2016).

Akıllı ulaşım sistemleri trafik yönetim sistemleri ile trafik akışını optimize edebilir, sıklıklağı azaltabilir ve dur-kalk trafiğini en aza indirebilir. Bu, daha verimli yakıt kullanımına ve genel emisyonların azaltılmasına yol açarak hava kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunabilir. Ayrıca gelişmiş sürücü destek sistemleri ve akıllı altyapı sistemleri, çevre dostu sürüş davranışını teşvik edilmektedir. Uyarlanabilir hız sabitleyici ve gerçek zamanlı trafik bilgileri gibi özellikler, sürücülerin yakıt açısından daha verimli kararlar almasına yardımcı olarak karbon ayak izlerini azaltmaya yardımcı olmaktadır.

Akıllı sistemler toplu taşımının verimliliğini artırarak otobüs, tren ve diğer ortak ulaşım türlerinin kullanımının artmasına yol açabilir. Bu, bireysel araç yolculuklarının azalmasına, trafik sıklıklağıının azalmasına ve emisyonların azalmasına neden olmaktadır. Yine akıllı ulaşım sistemleri aracılığıyla verimli park yönetimi, park yeri aramak için harcanan süreyi azaltabilir, bu da aracın rölantide çalışmasını ve yakıt tüketimini azaltır. Bu, emisyonların azaltılmasına ve hava kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunur. Bunun yanı sıra akıllı ulaşım sistemleri, bisiklet paylaşımı, elektrikli scooter ve araba paylaşım hizmetleri gibi alternatif ulaşım modlarını destekleyebilir ve entegre edebilir. Bu modlar, kısa mesafeli seyahatler için çevre dostu alternatifler sunarak geleneksel fosil yakıtla çalışan araçlara olan bağımlılığı azaltır. Sürücülere gerçek zamanlı trafik bilgilerinin sağlanmasına olanak sunan akıllı ulaşım sistemleri, onların daha az sıkışık rotalar seçmesine olanak tanıyarak seyahat süresini ve yakıt tüketimini azaltır. Bu, daha sürdürülebilir ve verimli bir ulaşım ağına katkıda bulunur (Dimitrakopoulos ve Demestichas, 2010).

SONUÇ

Akıllı ulaşım sistemleri, karbon emisyonlarının azaltılmasında ve çevresel kaygıların giderilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu sistemler ulaşım ağlarının verimliliğini, güvenliğini ve sürdürülebilirliğini artırmak için ileri teknolojilerden yararlanır. Akıllı ulaşım sistemlerinin karbon emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunabileceği bazı yollar şunlardır:

1. Trafik Yönetimi ve Optimizasyonu: Akıllı ulaşım sistemleri, trafik akışını optimize etmek için gerçek zamanlı verileri ve analizleri kullanır. Bu, trafik sıklıklağıının ve rölanti süresinin azaltılmasına yardımcı olarak yakıt tüketiminin ve emisyonların azalmasına yol açar.

2. Akıllı Ulaşım Altyapısı: Akıllı trafik ışıkları ve uyarlanabilir sinyal kontrolü gibi akıllı altyapının uygulanması, daha verimli trafik yönetimine olanak sağlar. Bu, gereksiz durma ve başlamaları en aza indirerek genel yakıt verimliliğini artırır ve emisyonları azaltır.

3. Toplu Taşımacılığın İyileştirilmesi: Akıllı ulaşım, toplu taşıma sistemlerinde gerçek zamanlı izleme, tahmine dayalı planlama ve rota optimizasyon-

yonu gibi gelişmeleri içerir. Bu, daha fazla insanı toplu taşıma kullanmaya teşvik ederek yollardaki bireysel araç sayısını azaltıyor ve genel emisyonları azaltıyor.

4. Bağlantılı ve Otonom Araçlar (CAV'lar): CAV'ler trafik düzenlerini optimize etmek, sıklığı azaltmak ve yakıt verimliliğini artırmak için birbirleriyle ve altyapıyla iletişim kurabilir. Ek olarak, otonom araçlar daha verimli çalışacak şekilde programlanabilir, bu da yakıt tüketiminin ve emisyonların azalmasını sağlar.

5. Araç Paylaşımı ve Araç Paylaşımı Platformları: Akıllı ulaşım sistemleri, birden fazla yolcunun tek bir aracı paylaşmasına olanak tanıyarak araç paylaşımı ve araç paylaşımı hizmetlerinin büyümesini kolaylaştırır. Bu, yollardaki toplam araç sayısını azaltır ve kaynakların daha verimli kullanılmasına katkıda bulunarak yolcu başına daha düşük karbon emisyonu sağlar.

6. Elektrikli Araç (EV) Entegrasyonu: Akıllı ulaşım, elektrikli araçların ulaşım ağına entegrasyonunu teşvik ediyor. Şarj istasyonlarının kullanılabilirliğine ve elektrikli araçlara yönelik rotaların optimizasyonuna ilişkin gerçek zamanlı verilerle, elektrikli araçların benimsenmesi teşvik edilebilir ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunulabilir.

7. Veriye Dayalı Karar Verme: Akıllı ulaşım sistemleri, trafik yönetimi, altyapı planlaması ve politika geliştirme konusunda bilinçli kararlar almak için veri analitiğinden yararlanır. Bu veriye dayalı yaklaşım, emisyon azaltımını fırsatlarının belirlenmesine yardımcı olur ve hedeflenen müdahalelerin uygulanmasını destekler. 8.Çevresel İzleme ve Raporlama: Bu sistemler çevresel etkilerin izlenmesine olanak tanıyarak karbon emisyonları ve hava kalitesine ilişkin değerli bilgiler sağlar. Bu bilgi, taşımacılığın karbon ayak izini daha da azaltacak politika ve stratejilerin uygulanması için kullanılabilir.

Akıllı ulaşım sistemleri, bu unsurları birleştirerek daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir ulaşım ekosistemi yaratılmasına katkıda bulunuyor. Teknoloji ilerlemeye devam ettikçe akıllı ulaşım ve emisyon azaltımı konularında daha fazla yenilik potansiyeli önemli olmaya devam etmektedir. Sürdürülebilir akıllı ulaşım, çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliğe odaklanarak teknoloji ve inovasyonun ulaşım sistemlerine entegrasyonunu ifade eder. Asıl amaç, günümüzün ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayan verimli, erişilebilir ve çevre dostu ulaşım çözümleri yaratmaktır.

KAYNAKÇA

- Erdoğan, H. T. (2016). Ulaşım hizmetlerinin ekonomik kalkınma üzerine etkisi. İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 3(1), 187-215.
- Akbulut, F. (2016). Kentsel Ulaşım Hizmetlerinin Planlanması Ve Yönetiminde Sürdürülebilir Politika Önerileri. Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(1), 336-355.
- Görçün, Ö. F. (2018). Ulaştırma sistemlerine giriş. Köksal Büyük (Ed.), Ulaştırma sistemleri ve yönetimi kitabı , s. 2-35. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını.
- Koban, E., & Keser, Y. H. (2015). Dış ticarete lojistik. (6. Baskı). Bursa: Ekin Yayınevi.
- URL1, <https://www.glojistik.com/haber-detay/karayolu-tasimaciligi-avantajlari-dezavantajlari/252>
- Yavuz, S. (2012). Türk Demiryollarının Serbestleşme Süreci Beklentiler ve Zorluklar. [http://www.utikad.org.tr/haberler/?id=9981\(12.08.2013\)](http://www.utikad.org.tr/haberler/?id=9981(12.08.2013)).
- URL2, <https://oriontr.com/v2/portfolio/demiryolu-tasimaciligi/>
- URL3, <https://globelink-unimar.com/havayolu-tasimaciliginda-dikkat-edilmesi-gereken-unsurlar/>
- URL4, <https://www.berkbayraktar.com.tr/2020/01/ic-suyolu-nehir-tasimaciligi.html>
- URL5, <https://lojistikbilimi.com/boru-hatti-lojistigi/>
- IPCC, 2001, Climate change: the scientific basis. Intergovernment panel on climate change Cambridge Univ. Press, Cambridge (UK) (2001)
- Yardım, M., & Akyıldız, G. (2005). Akıllı Ulaştırma Sistemleri ve Türkiye'deki Uygulamalar.
- Tufan, H. (2014). Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulamaları ve Türkiye için bir AUS Mimari Önerisi. Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, TC Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı.
- URL6, https://theconstructor.org/transportation/intelligent-transportation-system/1120/#google_vignette
- URL7, <https://hgm.uab.gov.tr/akilli-ulasim-sistemleri-aus>
- Gupta, V. K., Agarwal, S., & Saleh, T. A. (2011). Synthesis and characterization of alumina-coated carbon nanotubes and their application for lead removal. Journal of hazardous materials, 185(1), 17-23.
- Xu, Z., Jiang, Y., Jia, B., & Zhou, G. (2016). Elevated-CO2 response of stomata and its dependence on environmental factors. Frontiers in plant science, 7, 657.
- URL8, https://theicct.org/sites/default/files/publications/Registration_Tax_Turkey_TK_20190429.pdf
- URL9, https://twitter.com/ozturk_mustafa/status/1004039125517905920

- Tektaş, M., Korkmaz, K., & Erdal, H. (2016). Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Geleceği (Ekonomik Ve Çevresel Faydaları. *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, 561-577.
- Dimitrakopoulos, G., & Demestichas, P. (2010). Intelligent transportation systems. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 5(1), 77-84.

BÖLÜM 4

YÜKSEK HIZLI TREN HATTI YATIRIM KARAR SÜRECİNİN İNCELENMESİ

Yunus Emre AYÖZEN¹



¹ ayozenyunusemre@gmail.com, T.C. ULAŞTIRMA ALTYAPI BAKANLIĞI

1. Giriş

Bu tarz çalışmalar kapsamında yüksek hızlı demiryolu (YHD) altyapısına olan kamu yatırımları ile ilgilenilmekte ve yeni yüksek hızlı demiryolu (YHD) hatlarının inşasına ayrılan kamu paralarının ekonomik mantığının anlaşılmasına çalışılmaktadır. Maliyet ve talep verilerinin sınılanması, yüksek hızlı demiryollarına (YHD) yatırım durumu, karşılanması gereken çeşitli koşulları gerektirmektedir. Bunlar; yeni hattın inşa edilmekte olduğu koridorda planlanan yüksek trafik hacmi, önemli zaman tasarrufları, yolcuların potansiyel olarak ödemeyi gözden çıkardıkları miktarın yüksek ortalaması, konvansiyonel demiryolları (KD) ve havalimanlarından ortaya çıkan kapasitedir. Buna karşın net çevresel faydaların, yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırımlarının sosyal cazibesi üzerindeki etkisi önemsiz derecede gibi görünmektedir. Bu tarz çalışmalar kapsamında; öngörülen faydaların yüksek hızlı demiryolu (YHD) projelerindeki yatırımları destekleyebildiği koşullar altında bir fayda maliyet analizi kurgusu dâhilinde değerlendirmeler yapılmaktadır (1).

Altyapı yatırımları, önemli miktarlardaki kamu fonlarını gerektirmektedir. Kentler arası ulaştırma durumunda koridorların çoğu hâlihazırda işletimdedir ve yüksek hızlı demiryolu (YHD) gibi büyük projelerdeki yatırımlar, projenin olmadığı duruma nazaran seyahat maliyetlerinin (zaman ve maliyet tasarrufları, güvenilirlik, konfor ve dışsallıklar) azaltılmasının bir aracı olarak görülebilmektedir. Yüksek hızlı demiryolu (YHD) altyapısının yatırım varlığının türü ve maliyet ve talep belirsizliğine konu olmasından dolayı optimum zamanlama, yatırım kararları çoğu durumda ertelenebildiğinden dolayısıyla bir ekonomik husus olmaktadır. Bu özellikler, hükümetin ellerinde olan yatırım seçeneğine önemli bir değer atfetmektedir (2).

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) teknolojilerine giriş, 300 km/saat'in üzerindeki hızlara ulaşabilen yolcu trenlerinin hareketine imkân sağlayan kateker dizisi ve altyapıdan müteşekkil olup demiryolu ulaştırması canlanmasına öncülük etmektedir. Sanayinin talepleri ve yüksek hızlı demiryolları (YHD) efsanesinin dışında söz konusu teknoloji 400-600 km'lik mesafelerde karayolu yolcu taşımacılığı (KYT) ve havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) ile rekabetçidir ve bu durumda diğer ulaştırma türlerine karşı baskın tür durumunda olmaktadır. Kısa mesafeli seyahatlerde özel araç nispi avantaja sahip olmakta ve uzun mesafeli seyahatlerde ise havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) türleri arası dağılımda adeta bir hegemonya kurmaktadır (3).

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) teknolojisi; yeni hatların inşası için önemli miktarlarda kamu parası ayrılması sayesinde bütün dünyada yayılmaktadır. Daha olası kentler arası yolcu taşımacılığı ağı, kentler arası taşımacılıkta hâlihazırdaki dengeyi değiştiren yüksek hızlı demiryolu (YHD) altyapı yatırımlarında kamu kararlarından derin bir şekilde etkilenmektedir. Ulusal hükümetler ve Avrupa Komisyonu gibi ulus üstü yapılanmalar, olduk-

ça avantajlı koşullar altında finans destekli ulusal projeler ya da doğrudan yatırım vasıtası ile yeni teknolojilerin üretimine yardımcı olmaktadır (4).

Birleşik Krallık ya da Amerika Birleşik Devletleri (ABD) gibi diğer ülkeler, kamu fonları ile yüksek hızlı demiryolu (YHD) hatlarının inşasının finansmanı için yakın geçmişe kadar isteksizdirler. Hâlihazırda ulusal bir ulaştırma politikasının merkezi bir konumlandırması dâhilinde, yüksek hızlı demiryolu (YHD) hizmetlerinin içerilmesi için Amerika Birleşik Devletleri (ABD) hükümetinin kararı ve Çin'in de kendi demiryolu sistemini geliştirmek için 162 milyar ABD Doları harcayacağını duyurması, orta mesafeli kentler arası koridorlarda karayolu ulaştırması ve havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) ile rekabet edebilen bu demiryolu teknolojilerine yeni bir destek anlamına gelmektedir (5).

Yüksek hızlı demiryollarının (YHD9 başlaması, bu kamu yatırımlarının ekonomik analizi için çeşitli ilginç karakteristikler ortaya koymaktadır.

(i) Toplumun geneli, medya ve politikacılar tarafından desteklenen modernite ile bağlantılı yeni bir altyapı teknolojisidir

(ii) Vergi mükelleflerinin ödemelerinin önemli miktardaki bir toplamını da içeren bir hükümet müdahilliği ile başlamıştır

(iii) Ekonomide özel sektörü (inşaat ve katener dizisi şirketleri, havayolları, otobüs işletmecileri vs.) etkilemektedir

(iv) Bu yatırım parası için değerlendirmeye ışık tutabilen standart bir fayda maliyet analizinin nasıl olacağını göstermektedir

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) altyapısının ekonomik analizleri, söz konusu altyapının ekonomik değerlendirmesi ile ilgili araştırma çabaları; kamu parası katkılı olanlara kıyasla sınırlı olmasına karşın farklı açılardan ele alınmaktadır. 1991 yılında Nash'in, 1997 yılında Martin'in, 1997 yılında Vickerman'ın ve 2007 yılında da Rus ve Nombela'nın çalışmalarında genel bir değerlendirme bulunabilmektedir. Mevcut ya da projelendirilen hatların fayda maliyet analizleri; Madrid ve Sevilla için Rus ve İnglada'nın (2003, 2007), Madrid-Barselona (2005) için de Rus ve Román, Los Angeles-San Fransisko için Levinson ve arkadaşları (1997) ve Birleşik Krallık için de SteerDaviesGleave (2004) ve Atkins'in (2004) çalışmalarında hâlihazır ve projelendirilen fayda maliyet analizleri bulunabilir. Yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırımlarının bölgesel etkileri; Vickerman'ın (1995, 2006), 1997 yılında Blum ve arkadaşlarının, 1994 yılında Plassard'ın, 1997 yılında Haynes'in ve 2007 yılında da Preston ve Wall'in ve de daha geniş bir perspektiften ise 2002 yılında Puga'nın çalışmasında bulunabilmektedir. Çevresel etkiler ile ilgili ise SeeKage-son'un 2009 yılındaki çalışmasına bakılabilir (6).

Bu da her zaman için yüksek hızlı demiryolu (YHD) ile ilgili olan bir

durum değildir. Altyapı maliyetleri dâhil edildiğinde demiryolları maliyet iyileştirmelerinden uzak kalmaktadır. Dahası hangi tür bir fiyatlandırma kararının uygulanacağı noktası, gerçekten de kritik olan demiryolu ücretlerinin hesabında kullanılmaktadır (7).

2. Yüksek Hızlı Trenler

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) seçeneği ile ilgili olarak sabit maliyetlerin yüksek bir oranı dâhilinde kısa vadeli marjinal maliyetler ya da aksine ortalama maliyete daha da yakınsak olan herhangi bir şey; öngörülen türel dağılımda demiryolu için talep hacmini radikal ölçülerde değiştirebilir ve bu engellenemez gerçek bütün bir yatırımın öngörülen net faydaları üzerinde açık bir şekilde derin bir etkiye sahiptir (8). Bu kamusal müdahalenin anlaşılmasında fiyatlandırma hayati olmasına karşın bu nokta bu tarz çalışmalar kapsamında değerlendirilmemektedir. Bu kapsamda bu noktada devlet ödenek fiyatlarının kısa vadeli marjinal sosyal maliyetlere eşit olduğu kabulü yapılmaktadır.

Bu tarz çalışmalar kapsamında sadece ulaştırma sektörünü değil ve fakat aynı zamanda da kaynakların dağılımını önemli ölçüde etkileyen yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırım kararlarının ekonomik ölçütlerine belli ölçüde ışık tutulmaktadır (9). Bu kapsamda yüksek hızlı demiryolu (YHD) altyapısının inşasında, veri mükelleflerinin paralarına göre yatırım yapmak için belirlenen kısıtlar dâhilindedegerlendirmeler yapılmaktadır. Bu kapsamda da yüksek hızlı demiryollarının (YHD) bakım ve işletiminin fayda ve maliyetleri tanımlanmaktadır. Yüksek hızlı demiryolu (YHD) altyapısına yatırımın fayda ve maliyeti de bu bağlamda değerlendirilmektedir (10).

Bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) hattının inşası ve işletiminin toplam sosyal maliyeti; üretici, kullanıcı ve harici maliyetlerden oluşmaktadır. Üretici maliyetleri iki ana maliyet tipini içermektedir. Bunlar; altyapı ve işletim maliyetleridir. Kullanıcı maliyetleri temelde toplam zaman maliyetleri ile ilişkili olup bunlar da erişme ayrılma bekleme ve seyahat için harcanan zamanı, güvenilirliği, kaza olasılığını ve konforu içermektedir. Harici maliyetler ise hattın yapım ve işletimi ile alakalıdır (11).

Yeni bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) hattının inşaat maliyetleri; karayolu hemzemin geçitleri, sık duraklar, keskin virajlar, yeni sinyal mekanizmaları ve daha güçlü elektrik sistemleri gibi 300 km/saat'in üzerine çıkmayı engelleyen teknik problemlerin aşılması için gerekli çabaya göre belirlenmektedir. Demiryolu altyapısı aynı zamanda istasyon inşasını da gerektirmektedir. Bazen maliyetli sanatsal tasarım dâhilindeki genellikle tekil yapılar olan demiryolu istasyonlarının yapım maliyetleri hesaba katılmakta olup teknik işletim için minimum gereksinimin üzerinde olmasına karşın, bu maliyetler sistemin bir parçasıdır ve temin edilen ilgili hizmetler, seyahatin geliştirilmiş maliyetlerini etkilemektedir (örne-

ğin istasyonlardaki hizmet kalitesi, bekleme süresi kaynaklı yararsızlığı azaltmaktadır) (12).

Hizmette ya da inşa halindeki 45 yüksek hızlı demiryolu (YHD) hatlarının güncel inşa maliyetlerinden hareketle (planlama ve arazi maliyetleri olup ana istasyonlar hariç tutulmaktadır) bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) hattının kilometre başına ortalama maliyeti 20 milyon Euro'luk bir ortalama dâhilinde 10 milyon Euro ile 40 milyon Euro arasında değişmektedir. Daha yüksek değerler zorlu arazi koşulları ile ve yüksek yoğunluklu kentsel alanlardan geçiş ile ilgilidir (13).

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) hizmetlerinin işletimi iki tür maliyeti içermektedir. Bunlar; altyapı bakım maliyeti ve işletim maliyetidir (14). Bu da ulaştırma hizmetlerinin, kullanılan altyapıya göre ayrılması ile ilgili bir konudur. Altyapı bakım ve işletim maliyetleri; emek maliyetleri, rayların bakım ve işletimi yolu ile diğer malzeme maliyetleri ile trafik yönetimi ve güvenlik sistemlerinin yanı sıra enerji arz ve sinyal sistemleri, istasyonlar, terminalleri içermektedir. Bu maliyetlerin bir kısmı sabittir ve teknik ve güvenlik standartlarına göre icra edilen rutin işlemlere bağlı olmaktadır. Diğer durumlarda da ray bakımında olduğu gibi maliyet, trafik yoğunluğundan etkilenmektedir. Benzer bir şekilde elektrik sürtünme yüklemelerinin bakım maliyeti işletimde seyreden tren sayısına bağlı olmaktadır. Altyapı bakım maliyetleri 100.000 Euro/kilometre olup toplam bakım maliyetlerinin %40 ila %67'sini oluşturmaktadır. Dolayısı ile de 500 kilometrelik temsili bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) hattının yatırım maliyeti 10 milyar Euro olup (planlama, istasyonlar ve arazi maliyetleri hariç) hattın bakım maliyetleri ise 50 milyon Euro/yıl olmaktadır. Bu söz konusu sabit maliyetlere seferdeki trenlerin işletim maliyetlerinin de eklenmesi gerekmektedir (15).

Demiryolu işletimcilerine göre değişen yüksek hızlı demiryolu (YHD) hizmetlerinin işletim maliyetleri (tren işletimi, katener dizisinin bakımı, ekipman, enerji, satışlar ve idare) trafik hacimleri ve trenlerde kullanılan teknolojilere bağlı olmaktadır. Avrupa'daki durumda hemen hemen her ülke kendi teknolojik özelliklerini geliştirmiştir. Her tren; uzunluğu, kompozisyonu, koltukları, ağırlığı, çekim gücü, sürtünmesi, merkezkaçı karşı özellikleri vb. ye göre farklı karakteristiklere sahip olmaktadır (16). Koltuk başına katener dizisinin öngörülen satın alma maliyeti 33.000 ila 65.000 Euro arasında değişmektedir. Koltuk başına tren işletim maliyetleri ise 41.000 ila 72.000 Euro arasında değişir iken koltuk başına katener dizisi bakım maliyetleri ise 3000 ila 8000 Euro arasında olmaktadır. İşletim ve bakım maliyetlerinin eklenmesi ve bunun bir trenin 300.000 ila 500.000 kilometre/yıl seyirler yapmasına göre dikkate alınması dâhilinde, tren başına koltuk sayısının 330 ila 630 arasında olduğu hesaba katılarak koltuk kilometre başına maliyet farklı ülkelerde iki katına kadar çıkabilmektedir (17).

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) hizmetlerinin bağlamasına ilişkin önemli bir argüman ise çevre dostu ulaştırma türlerinden trafik sapmaları sayesinde etkilenen koridorda dışsallıkların azalmasıdır. Bununla beraber bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) hattının yapımı ve işletimi; işgal edilen arazi, bariyer etkileri, görsel müdahaleler, hava kirliliği ve küresel ısınmaya katkıya bağlı olarak çevresel maliyetlere neden olmaktadır. Trenlerin daha yoğun nüfuslu alanlara doğru seyrinde bu söz konusu etkilerini ilk dördü daha güçlü olacak gibi görünmektedir (18).

Yakın dönem çalışmaları göstermektedir ki arazi işgali, bariyer etkileri, görsel müdahale ve gürültünün yanında yüksek hızlı demiryolu (YHD) teknolojisinin çevresel etkileri özellikle de inşa aşamasında belirginleşmektedir (19). 2009 yılında Kageson şu sonuca ulaşmıştır 'Yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırımı inşa edilmesinden önce mevcut bölgedeki trafik kaynaklı sera gazı salımının düşürülmesi gibi birçok kısıtlara sahiptir. Söz konusu düşüş küçük olmasından dolayı inşa kaynaklı salımları telafi etmesi on yıllar alabilir. Bununla beraber kapasite kısıtları ve büyük ulaştırma hacimleri yüksek hızlı demiryollarına (YHD) uymaktadır ve bu durum da salımların tümünde artışa neden olmamaktadır.' Bu da bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) projesinde sosyal dengede mevcut trafiğin neden oldukça kritik olduğunun açıklanmasında söz konusu teknolojinin sabit maliyetlerinin (altyapı yapım, bakım ve inşa ile ilgili harici maliyetler) öneminin altını çizmektedir (20).

Diğer ulaştırma türleri ile yüksek hızlı demiryollarının (YHD) enerji tüketiminin karşılaştırılması dâhilinde yüksek hızlı demiryolları (YHD) ortalama bir trenin iki katı düzeyinde yolcu kilometre başına enerji tüketimine sahip iken bu durum yüksek yükleme faktörleri ile önemli ölçüde telafi edilebilmektedir. Örneğin Fransız TGV ortalama %67'lik bir ortalama yük faktörü dâhilinde işletilmekte olup konvansiyonel trenler için ise tipik olarak yük faktörü ortalama %40 ila %45'ten fazlası değildir. Farklılığın nedeni ise TGV'nin sınırlı sayıdaki dur kalklarının, aynı zamanda kısa mesafe yolculuklarda önemli rakamlara ulaşabilen trenlerdekinden daha ileri yönetim tekniklerinin kazanılmasını ve zorunlu koltuk rezervasyonunun tahkimini mümkün kılmasıdır. Yüksek hızlı demiryolları (YHD) havayolları yolcu taşımacılığına (HYT) karşın açık bir şekilde önemli bir miktarda enerji temin etmekte olup fakat otomobillere karşı bu avantaj daha da artmaktadır çünkü yüksek hızlı demiryollarının (YHD) tipik olarak otomobilden daha yüksek olan yükleme faktörleri daha marjinaldir (21).

Yüksek hızlı demiryollarından (YHD) kaynaklı ilkesel faydalar şu şekilde sıralanabilir: daha düşük toplam seyahat süresi, daha yüksek konfor ve güvenilirlik, üretilen talep, kaza olasılığında düşüş ve trafik tıkanıklığını diğer ulaştırma türlerine dağıtmaya yardımcı olan ekstra kapasite ortaya çıkışıdır. Son olarak yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırımlarının ulaştırmanın çev-

resel etkilerini düşürdüğü ve istenen yerleşim etkilerine sahip olduğu değerlendirilmektedir.

Bunlardan ilki toplam seyahat süresidir. Bir seyri sefer seyahatinde harcanan kullanıcı süresi; erişim ve ayrılma süresi, bekleme süresi ve araç içi seyahat süresini içermektedir. Toplam kullanıcı zaman tasarrufu; yolculuğun başlangıç noktasında kullanılan ulaştırma türüne bağlı olmaktadır. Yedi ülkede yüksek hızlı demiryolu (YHD) kalkınması ile ilgili mevcut durum çalışması göstergeleri; orijinal ulaştırma türü Avrupa'daki çoğu demiryolunda olduğu üzere 130 km/saat hızla işletilen konvansiyonel demiryolu (KD) olduğunda, yüksek hızlı demiryolu (YHD) hizmetlerinin başlamasının 350-400 kilometre mesafelerde 45-50 dakikalık zaman tasarrufları ürettiğini göstermektedir. Konvansiyonel trenler 100 km/saatlik hızlarda işletildiğinde ise potansiyel zaman tasarrufları 1 saat ve üzerinde olup fakat işletim hızı 160 km/saat olduğunda ise zaman tasarrufları 450 kilometrenin üzerindeki mesafeler için ise 1 saat 30 dakikalık bulmaktadır. Pratik olarak erişme, ayrılma ve bekleme süreleri ise aynıdır (22).

Karayolu ya da havayolundan bir yolcu geçişi olduğunda durum dramatik ölçülerde değişmektedir. Karayolu ulaştırması ve 500 kilometre dolaylarında hat uzunluğu için yolcular zaman tasarrufu sağlayabilmektedir fakat erişim, ayrılma ve bekleme süreleri açısından ise kayıp yaşamaktadırlar. Seyahat mesafesi yeterince uzun olduğunda faydalar maliyetlerden fazla olmaktadır olup yüksek hızlı demiryolu (YHD) seyir hızları özel araç hızlarının ortalaması olarak iki katı şeklinde gerçekleşmektedir (23). Bununla beraber seyahat mesafeleri; erişim ayrılma ve bekleme süreleri ile birlikte araç içi seyahat süresindeki kayıplar nedeni ile yüksek hızlı demiryollarının avantajlarını azaltmaktadır. Yine de yüksek hızlı demiryolu (YHD) ve özel araç arasında türel seçimde anahtar bir unsur ise yolcunun varış noktasında bir araca ihtiyacı olup olmadığıdır. Bu da sırası ile seyahat amacına ve varış noktasındaki toplu ulaştırma elverişliliğine bağlıdır. Benzer bir şekilde birlikte yolculuk eden kişi sayısı; hâlihazırda sifıra yakın sayıda seyahat yapan bir araçta seyahat eden ikinci bir kişinin marjinal maliyeti olarak değerlendirilebilir. Dahası genellikle seyahat kalitesinin otomobil seyahatinden ziyade yüksek hızlı demiryolları (YHD) için daha yüksek olduğu kabul edilmektedir. Bazı durumlarda bu doğru olabilir fakat her zaman doğru değildir. Örneğin otomobil ile istenen zaman ve yerde durulabilir ve otomobil ile seyahatte şahsi bagaj imkânı bulunmaktadır (24).

3. Rekabetçilik

Bazı durumlarda havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) karayolu yolcu taşımacılığının (KYT) zıttı durumda yer almaktadır. Mesafe arttıkça yüksek hızlı demiryolu (YHD) pazar payı düşmektedir. 2000 kilometrelik (ya da daha altı) bir mesafede yüksek hızlı demiryollarının (YHD) avantajı ortadan kay-

bolmaktadır. Bu noktada yüksek hızlı demiryolu (YHD) ulaştırma türü pazar payını maksimize eden ortalama mesafenin (500 kilometre) ne olduğu sorusu ile karşılaşılmaktadır. 500-600 kilometre uzunluğundaki bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) hattı için havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) daha düşük araç içi seyahat süresine sahip olmaktadır. Yüksek hızlı demiryollarının (YHD) avantajı, konfordaki farklılıklara ilaveten erişim ayrılma ve bekleme sürelerine dayanmaktadır (25).

Erişim ve ayrılma sürelerinin yüksek hızlı demiryollarında (YHD) havayolu yolcu taşımacılığınınkinden daha düşük olduğu kabulü altında bir yolcunun havayollarından demiryollarına geçişinin net kullanıcı faydasının, türel geçişten sonraki daha uzun seyahat süresi durumunda dahi pozitif olabileceği görülmektedir (26). Bu; erişim ayrılma ve bekleme süresi değerleri, daha uzun araç içi seyahat sürelerinitazmin etmek için yeterli olduğu durumu işaret etmektedir. Bununla beraber yüksek hızlı demiryolları (YHD) için havayolu yolcu taşımacılığına (HYT) nazaran daha düşük seyahat süreleri her zaman ortaya çıkan bir durum değildir. Daha açık bir şekilde bu durum net kalkış ve varış noktalarına bağlı olmaktadır. Banliyö yerleşimlerine özellikle iş dışı yolculuklar için ve hatta iş yolculukları için dahi havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) taşımacılık süresinin yanı sıra erişim süresi ve ayrılma süresi bakımından da bir avantaja sahip olabilir.

Havayolu yolcu taşımacılığına (HYT) nazaran yüksek hızlı demiryollarının (YHD) nispi avantajı ise zaman değerlerinin hâlihazırdaki farklılıklarından önemli ölçüde etkilenmektedir ve bu değerler havalimanlarındaki güvenlik kontrolleri dolayısı ile bekleme, kuyruklanma ve geçişin güncel deneyimleri ile bağlantısız değildir. Dolayısı ile demiryolu yolcu taşımacılığı için arttırılmış potansiyel güvenlik ölçütlerinin göstergeleri gözden çıkarılmamalıdır. Eğer bu ölçütlerde artış olur ise diğer ulaştırma türlerine nazaran yüksek hızlı demiryollarına (YHD) olan talep iki nedenle azalmaktadır. Seyahat süresi artabilir ve seyahat kalitesi düşebilir (27).

Faydalar aynı zamanda üretilen trafikten de kaynaklanmaktadır. Yeni trafiğin faydasının ölçümündeki geleneksel yaklaşım inframarjinal (alt marjinal) kullanıcının faydasının yüksek hızlı demiryolu (YHD) olan ve olmayan durum dahilinde seyahatin üretilen maliyetlerindeki farka eşit olduğunu değerlendirmektedir. Proje dâhilindeki son kullanıcı her iki alternatif için de birbirinden farksızdır, bu nedenle de kullanıcı faydası sıfıra eşit olmaktadır. Doğrusal bir talep fonksiyonu kabulü altında üretilen talebin toplam kullanıcı faydası seyahatin üretilen maliyetindeki farkın yarısına eşittir. Bununla beraber de söz konusu üretilen seyahatlerin, bir geleneksel fayda maliyet analizinin içerilmeyen daha geniş ekonomik faydaları yansıtıp yansıtmadığı noktasında birçok kuşku bulunmaktadır. Eğlence seyahatleri turist harcamalarının çekimi yolu ile varış noktasında fayda temin etmektedir. Günlük yolculuklar ve ev iş yolculukları istihdamın, ikametlerin ya

da ilave ekonomik etkinliklerin yeniden dağılımı ya da artışını yansıtmaktadır (28).

Bunun yanı sıra birçok doğrudan olmayan faydalar genelde ulaştırma altyapı yatırımları ile ilgilidir ve münhasıran yüksek hızlı demiryollarında (YHD) değildir, bu nedenle de bunlar eğer ulaştırma yatırımlarındaki sosyal geri dönüşü arttırır ise bile, ulaştırma yatırımlarındaki seçenekler arasında daha iyi bir konumda olan yüksek hızlı demiryollarını (YHD) gerektirmektedir. Dahası müdahale edilmemiş rekabetçi pazarlarda teori, ikincil pazardaki marjinal değişimin net faydasının sifıra eşit olduğunu söylemektedir (29)

Yersel etkilere ilişkin ise yüksek hızlı demiryolu (YHD) hatları daha merkezi yerleşimlerin lehine gibi görünmekte olup bu nedenle de eğer hedef; merkezi kentlerin yeniden üretilmesi ise yüksek hızlı tren (YHT) yatırımı faydalı olabilir. Bununla beraber eğer durgun bölgeler mücavir alanlarda ise etki olumsuz yönde olabilir. Yüksek hızlı tren (YHT) aynı zamanda pazarların gelişmesine ve ölçek ekonomilerinin sömürülmesine imkân tanıyan kumelenmelerin harici faydalarının olduğu ana kentsel merkezlerdeki istihdam yerleşimini tetikler ve hatalı rekabet etkilerini de azaltır. Bu etkilerden herhangi birisi hizmet endüstrisi durumunda mevcut olması daha muhtemel olan etkilerdir. Yerleşim etkileri birçok unsura bağlıdır ve mücavir alanın merkezinin ekonomik etkinliklerin yeniden dağılımından faydalanıp faydalanmayacağı noktasının öncelikli olarak tayini zor olmaktadır.

Bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) altyapı inşasının birçok etkisi olmasına karşın ilk doğrudan etki, seyahat süresindeki düşüştür (buna eş zamanlı olarak seyahat kalitesi ise artmaktadır) ve karayolları ile havalimanları trafik tıkanıklık düzeylerindeki düşüş durumunda kesit tesirleri önemli olmaktadır. Konvansiyonel demiryolu (KD) ağının doyumu kapasite artışı gerektirir iken yeni bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) hat inşası, kapasite açığa çıkışının ilave faydaları dâhilinde konvansiyonel ağın gelişimi ve büyümesi için bir alternatif olarak değerlendirilmelidir. Açıkçası ilave kapasite, talep güzergâhtakimevcut kapasiteyi aştığı zaman bir değer kazanmaktadır. Söz konusu kısıtlar altındaki bir ilave kapasite, sadece yüksek hızlı demiryolu (YHD) ile hizmetlendirilen kentler arasındaki trafik gelişimini sönmüleyemediğinden dolayı değil ve fakat aynı zamanda da banliyö ya da yük gibi diğer trafik türlerini karşılamada hâlihazırdaki hatlarda kapasite açığa çıkardığı için de değerli olarak telakki edilmektedir. Havalimanındaki durumda ise ilave kapasite trafik tıkanıklığı ya da yoksunluğu azaltmada da kullanılabilir. Herhangi bir durumda yüksek hızlı demiryollarının (YHD) dahil, bu söz konusu ilave faydayı üretir.

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırımının çevresel etkisi iki noktaya işaret etmektedir. Bunlardan birisi havayolu ve karayolu trafiğinde kaydedi-

len düşüştür. Bu gibi durumlarda yüksek hızlı demiryollarının (YHD) söz konusu ulaştırma türlerinin negatif hariciliklerinin azaltılmasına olan katkısı pozitif olabilir, buna rağmen bu durumun söz konusu ulaştırma türlerinden önemli ölçülerde yolcu sapmaları gerektirdiği unutulmamalıdır. Dahası kapasite kullanımı, gürültü kirliliğinin yanı sıra yüksek hızlı tren (YHT) tarafından (inşa aşaması da dâhil olmak üzere) tüketilen elektrik enerjisinin üretimi ile ilgili kirliliğin telafisi için yeterince yüksek olmalıdır. Demiryolu altyapısı aynı zamanda, inşa ve bilahare bakım ve işletim için gerek duyulan erişim yolları adına dikkate alınan arazinin yanı sıra bariyer etkisi gibi olumsuz çevresel etkilere de sahip olmaktadır. Bu söz konusu etkilerin net dengesi; etkilenen bölgelerin değeri, etkilenen insan sayısı, saptırılan trafikten kaynaklı faydalar ve benzeri unsurlara bağlı olmaktadır (30).

Bununla ilgili olarak söz konusu ulaştırma türlerindeki altyapı harcamaları; trafik ile ilgili marjinal sosyal maliyetleri içermemekte olup bu gibi bir maliyet sapmasından faydalar temin edilecektir. Bu faydaların hesabı; trafik tıkanıklığı, gürültü, hava kirliliği, küresel ısınma ve trafik kaza dışsal maliyetlerinin marjinal maliyet değerlemelerini ve bunların vergi ve ödemeler ile kıyasını gerektirmektedir. İki Avrupa koridoru için yolcu kilometre başına marjinal dışsal maliyetler (trafik kazaları ve çevresel maliyetler dahil fakat trafik tıkanıklığı hariç olmak üzere) INFRAS/IWW (2000)'ye göre hesaplanmaktadır. Sonuçlar Paris ve Brüksel arasındaki yüksek hızlı demiryolunun (YHD) otomobil ya da havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) dışsal maliyetlerinin çeyreğinden daha az olduğunu göstermektedir. Uzun mesafelerde ise havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) alternatifinin çevresel maliyetlerinin çoğunluğu havalanma ve inişte ortaya çıktığından dolayı da yüksek hızlı demiryollarının (YHD) havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) üzerindeki avantajı düşmektedir.

Ağ dışsallıklarının varlığı yüksek hızlı demiryollarının (YHD) bir diğer sözde doğrudan faydasıdır. Şüphesiz ki yoğun bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) ağı daha az gelişmiş bir demiryolu türüne nazaran demiryolu yolcularına daha ok imkânlar sunmaktadır. Bununla beraber bu etkileri ekonomik önemi şüpheli bir konudur. Bununla beraber ağların, bağlanmamış hatlardan daha değerli olduğu fikrinin karşıtı savunulmamaktadır. İfade edilmek istenen ise ağ etkileri olduğunda bir güzergâh düzeyindeki faydalar olarak kavranması gerekliliğidir. Daha uzun kalkış varış yolculukları daha yoğun bir ağda olduğunda demiryolu yolcusu kazançlı çıkmasına karşın, belirli bir yolcunun A'dan B'ye seyahatte temin ettiği fayda, sıklıkta artış olmasa dahi yolculuk sayısı dâhilinde artış göstermemekte olup bu etki (bir tür Mohr etkisi) bir hat düzeyinde içeriilmektedir (31).

Havayolları açık rekabet ile işletilmektedir bu nedenle de yüksek hızlı demiryolu (YHD) hizmetlerinin başlaması ile üretilen talepteki dışsal şoka intibak, işletim sayılarındaki bir düşüş anlamına gelmektedir. Bu da sıklıkla-

rı etkilemektedir, bunun ilk nedeni ise talepteki düşüşün ciddi manada fazla olması olup ikincisi ise havayollarının kamu hizmeti zorunluluklarına tabi olmaması, bu nedenle de intibakın yasal olarak fizibil olmasıdır, üçüncüsü ise uçuş işletimlerinin doğasından dolayı (kalkış ve iniş için gerekli yuvalar) hizmetler kesildiğinde sıklıklar mecburen etkilenmektedir. Saat başına uçuş sayısındaki düşüş yolcuların rastgele seyahati durumunda toplam seyahat süresini arttırmakta ya da yolcular kendi uçuşlarını, daha az cazip olan zaman çizelgeleri dâhilinde yoğun olarak yaptığında da faydayı azaltmaktadır. Aynı argüman otobüslere de uygulanmaktadır. Eğer kentler arası hizmetler marka kiralama (franchising) vasıtası ile temin edilse dahi uzun vadeli intibak kaçınılmaz olarak daha az cazip bir zaman çizelgesi anlamına gelmektedir.

Demiryollarının tarihi; kamu düzenlemelerinin rekabetteki kısıtlara dayalı olduğunu ve ağır sübvansiyonların; demiryollarının baskın ulaştırma türü özelliğini karayolu ve havayolu yolcu taşımacılığına kaydırmada etkin olmadığını göstermektedir. Bu durum; orta mesafe yolcu pazarlarında ise hızlı bir değişime uğramaktadır. Yüksek ana para maliyetli yeni ayrık altyapılar üzerindeki büyük kamusal yatırımlar, otomobil ve uçakların marjinal pazar payları dahilinde demiryollarının gerisinde kaldığı koridorlarda demiryollarına lider konumunu yeniden kazandırmaktadır. Günümüzde 500 kilometre dolaylarındaki koridorlar ve yüksek hızlı demiryolu (YHD) hizmetleri dahilinde %70-90 aralıklarındaki bir demiryolu payına rastlamak alışılmışın dışında değildir.

Yüksek hızlı demiryollarının (YHD) başarısının hem kendi cazibesi (zaman tasarrufları, güvenilirlik ve konfor) ve hem de kamu desteğine (bazı hatlarda fiyatlar toplam maliyetlerin ancak %40'ını karşılamaktadır) bağlı olduğu da açıktır. Yüksek hızlı demiryollarının (YHD) ağ büyümesi pazar disiplinin dışındaki bir husustur. Yüksek hızlı demiryolu (YHD) teknolojisi havayolu gecikmeleri ve karayolu trafik tıkanıklığı kaynaklı problemlere cevap veriyor değildir ve fakat hükümetin trafik tıkanıklığı ve çevresel dışsallıkları kaynaklı problemler ile ilgili karar sonuçları ile bağlantılanmaktadır. Demiryolu endüstrisinde ve politik merkezde; yüksek hızlı demiryolu (YHD) kamu yatırımlarının yüksek pazar payı dâhilindeki başarılarının daha hızlı ve daha güvenilir hizmetler ile başarıldığına dair kanaat yaygındır. Toplum bu yatırımlar için daha fazla ödemeyi gözden çıkarmadığı halde bir ekonomist için ana nokta burası değildir.

Yeni bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) projesi varsayımları dikkate alınmalıdır. Bu projenin ekonomik değerlendirmesindeki ilk aşama; yatırımın yapıldığı durum ile hiçbir şey yapılmadığı durumun karşılaştırılması ile yatırım değerlendirmesini gerçekleştirmektir. Sıkı bir ekonomik değerlendirme; temel durum ve çeşitli proje durumlarının karşılaştırmaktadır. Bu alternatifler; konvansiyonel altyapının geliştirilmesi, idari ölçütler, karayolu ve havayolu ücretlendirmesi ve hatta yeni karayolu ve havayolu kapasitesinin inşasını

içermektedir. Bu noktada ilgili alternatiflerin uygun bir şekilde değerlendirildiği kabul edilmektedir.

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) altyapısındaki kamu yatırımları; konvansiyonel demiryolu, havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) ve karayolunun birbirinin yerine ikame olduğu koridorlarda demiryolu yolculuğunun genelleştirilmiş maliyetinin değiştirilmesinin bir yolu olarak tasarlanabilir. Yeni bir ulaştırma türü olarak yüksek hızlı demiryolu (YHD) hatlarının inşasının modellenmesine karşın hâlihazırdaki ulaştırma türlerinden birisi olarak demiryolunun geliştirilmesi gibi söz konusu belirli yatırımlar değerlendirilmektedir. Dahası gözden çıkarılan toplam ödemenin ihmali ve fazlalıklardaki marjinal değişimlerin yoğunlaşması ya da alternatif olarak kaynak maliyetleri ve gözden çıkarılan ödemelerdeki değişimin ihmali de muhtemeldir (32).

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) teknolojisi, konvansiyonel demiryolu (KD) ve karayolu ulaştırmasından daha hızlı ve bazı mesafeler için havayolu yolcu taşımacılığından (HYT) daha güvenilir bir ulaştırma türüdür. Belirli bir projenin ekonomik değerlendirmesi; diğer ulaştırma türlerinden geçiş yapan yolculuklar, üretilen trafik ve ilgili koridora has koşullar hakkında ayrıklı bilgi gerektirmesine karşın, çeşitli kabuller ile ilerlemek problemin basitleştirilmesinde muhtemel olmaktadır.

Bu kabullerin ana amacı; üretilen talep ve zaman tasarruflarından türetilen yüksek hızlı demiryolu (YHD) faydalarına yoğunlaşmak, faydaları ilave demiryolu kapasitesi tedariki ve her bir koridorun yerel koşullarına daha hassas olan karayolu ve havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) türlerinden sapsmalarla bağlı olarak trafik kazaları, trafik tıkanıklıkları ve çevresel etkilerin düşürülmesinin dışında tutmaktır. Mantık; bu yatırımın ekonomik cazibesi ile ilgili mantıksal değerlendirmeler için çeşitli temellerin tahkimi adına yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırımının tartışma götürmez etkileri üzerinde yoğunlaşan çabalardâhilinde gerçek verilerle temel modelinin işler hale getirilmesidir.

Bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) hattına yatırım durumu, işletimin ilk yılında minimum talep düzeyini gerektirmektedir. Pozitif bir net şimdiki değer (NŞD) için asgari talep eşiği daha yüksektir daha düşük olanlar ise zaman değeri, ortalama zaman tasarrufu/yolcu, üretilen trafik oranı, zaman bağlı faydalar ya da büyüme, proje ömrü ve alternatif türlerdeki zaman tasarrufudur, yatırım, bakım ve işletim maliyetleri ile sosyal iskonto oranı ise söz konusu eşikten daha yüksek olmaktadır.

De Rus ve Nombela (2007) ve de Rus ve Nash (2007) Denklem (1) ve Denklem (2)'deki temel parametreler ile alakalı farklı kabuller altında proje ilk yılındaki (Q_0) gerekli talep hacmini (mevcut ve saptırılan yolculuk sayıları) hesaplamaktadır. Pozitif bir net şimdiki değer (NŞD) için gerekli olan minimum Q_0 değeri aşağıdaki gibi çözümlenebilir:

$$Q_0 = \frac{[(1)/(V(T_0 - T_1) * (1 + \alpha))] * [(r - g / 1 - e^{-(r-g)T}) * I + C_q + C_f * (r - g) / (r) * (1 - e^{-rT}) / (1 - e^{-(r-g)T}) - (C_c * (1 + \alpha))]}{(6)}$$

Tipik inşa ve işletim maliyetleri, zaman tasarrufu, zamanın değeri, faydaların yıllık artışı ve sosyal iskonto oranı dâhilindeki sonuçlar göstermektedir ki sosyal fayda terimlerine göre uyarlanması gereken yeni bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) hat yatırımı için minimum talep eşiği, projenin ilk yılı için 10 milyon yolculuk dolaylarındadır. Bu söz konusu başlangıç talebi hacmi, faydaların temelde saptırılan trafikten kaynaklı zaman tasarruflarından elde edildiği, üretilen talep ile ilgili gözden çıkarılan ödeme ve alternatif ulaştırma türlerindeki hizmet düşüşünün engellenebilir maliyetleri kabulleri altında temin edilmektedir (33).

Dahası bu ortalama değerler; bütün yolcuların bütün bir hat boyunca seyahat ettiğini göstermektedir. Hat boyunca hâlihazırda verili orta istasyonlar ve değişen seyahat süreleri dâhilinde düşük tahmin edilen bu değerler, talep eşiğini gerektirmektedir. Ayrıca saptırılan trafik aynı zamanda da karayolu yolcu taşımacılığı (KYT) ve havayolu yolcu taşımacılığından (HYT) gelmektedir. Karayolu yolcu taşımacılığından (KUT) yolcu geçişleri daha yüksek olmasına karşın zaman tasarrufları, havayolu yolcu taşımacılığından (HYT) yolculuk geçişleri söz konusu olduğunda daha düşük değerlerde gerçekleşmektedir. Bu tarz çalışmalar kapsamında yolcu başına ortalama zaman tasarruflarının, orta mesafeli yüksek hızlı demiryolu (YHD) hatlarındaki herhangi bir mevcut durumu içerir şekilde 30 dakika ile 1 saat 30 dakika arasında değişmektedir.

Diğer anahtar parametreler ise zamanın değeri ve iskonto oranıdır. Bu kapsamda kullanılan ortalama zaman değeri 15 ila 30 Euro arasında değişmektedir. Sağlamlıktan ödün vermemek adına, seçilen maksimum değer belirtilen mimari tasarım değerlerinin üzerindedir. Bu aralık; muhtemel farklı seyahat amaçlarını, başlangıç ulaştırma türü terkiplerini ve raporlanan zaman değerinde yer almayan kalite için gözden çıkarılan ekstra ödeneği kapsamaktadır. Sosyal iskonto oranı gerçek durumlarda, önerildiği üzere %5'tir, örneğin bu durum Avrupa Komisyonu altyapı proje değerlendirmeleri içi söz konusu olmaktadır.

Hassasiyet testleri; ortalama değerler dâhilinde elde edilen NŞD = 0'a neden olan ilk yıl eşik değer talebindeki etkilerin tespiti için uygulanmaktadır. Kilometre başı yatırım maliyetlerinin 12, 20, 30 ve 40 milyon Euro değerlerini almasına imkân tanınmaktadır. Yolcu başına ortalama faydalar ise 20, 30 ve 45 Euro olmaktadır. Saptırılan talebe nispetle üretilen talep yüzdeleri ise 20, 30, 40 ve 50'dir. Net faydaların yıllık büyüme oranları ise %2, %3 ve %4'tür. Sosyal iskonto oranı ise %5 ve alternatif olarak %3'tür. Hassasiyet test sonuçları ise ilk yılda 6 milyonluk yolculuk sayılarının altında bir toplam talepteki yüksek hızlı demiryolu (YHD) durumu için göstergeler elde edildiğini fakat

bundan farklı olarak düşük iskonto oranları ve düşük yapım maliyetlerinin olduğu yerde kısıtların; yolcu başına yüksek zaman tasarrufu değerleri ile terkip edildiğini ortaya koymaktadır. Yüksek yapım maliyetleri fakat aksi takdirde avantajlı kısıtlar dâhilinde ilk yıl toplamında en az 10 milyon yolculuk talep değeri gerekmekte olup istenmeyen koşullar altında ise söz konusu gereksinim bu değerden dikkate değer ölçüde yukarıda olmaktadır (34).

Bu tarz çalışmalar dâhilinde vurgulandığı üzere öngörülen talep eşikleri faydaların rekabetçi ulaştırma türleri arasında saptırılan trafikten ve üretilen yolculuk sayıları için gözden çıkarılan ödemedeki kaynaklandığı kabulünü ortaya çıkarmaktadır. Gerek duyulan yeni demiryolu kapasitesi temin edildiğinde ve karayolları ve havayollarında önemli trafik tıkanıklıkları ortaya çıktığında, yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırımlarının ilave faydaları, pozitif bir net şimdiki değer (NŞD) için gerek duyulan ilk yıl talebini düşürebilir.

Yeni yüksek hızlı demiryolu (YHD) hatlarının inşası; hem hâlihazır-güzergâhlardaki kapasitelerin serbest bırakılması vehem de kendiliğinden yeni altyapı temini vasıtası ile hem yolcu ve hem de yük taşımacılığı için kapasiteyi arttırmaktadır. Hâlihazırdakigüzergâhlardaki iyileştirilmiş hizmetlerin başlamasını zorlaştıran ciddi şişe boyunlarına yol açan bu durumlarda yüksek hızlı demiryolu (YHD) için yatırım ihtimali daha da güçlenmektedir. Yüksek hızlı demiryollarının (YHD) ana çevresel faydalar ve daha geniş ekonomik faydalar temin ettiği koşullarda da bu söz konusu ihtimal güçlenmektedir.

Koşul (1)'in icrası yeterli değildir. Pozitif bir net şimdiki değer (NŞD) dâhilinde bile; yeni demiryolu altyapısının inşasının ertelenmesi daha iyi olabilir (herhangi bir belirsizlik olmadığı ve bir erteleme faydası olarak yeni bir bilginin ortaya çıkmadığı kabulünde dahi). Net faydaların yıllık büyüme oranın; sosyal iskonto oranından daha büyük olduğu ($g > r$) ve yeni altyapının pozitif bir net şimdiki değer (NŞD) ile uyumlu devam edeceği kabulü yapılabilir. Net faydaların üstel büyümesi durumunda dahi optimum zamanlama sorunsalı devam etmektedir. Eğer net fayda kayıpları; yatırımın fırsat maliyetlerinden daha düşük ise bir yıl daha beklemek dikkate alınmaya değerdir.

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) hizmetleri dahilinde orta mesafelerde demiryollarının yakaladığı yüksek pazar payları yüksek hızlı demiryolu (YHD) teknolojisine yatırımın lehine bir argüman olmaktadır. Eğer ki yolcular havayollarından demiryollarına ezici bir çoğunlukla geçmeye karar verirler ise bu durum onların daha iyi bir durum yönünde tercihte bulduklarını göstermektedir. Problem şudur ki yolcular havayollarından demiryollarına geçmeye karar vermektedir çünkü kendileri için yolculuğun üretilen maliyeti yeni alternatifte daha düşüktür (havayolu yolcu taşımacılığı da bizatihi belirli bir trafik tıkanıklığına neden olmaya devam ettiği için bu durumun herkes

için böyle olduğu da kesin olarak söylenemez) fakat bu durum da kolayca fark edilebileceği üzere söz konusu değişimin topla toplumsal faydanın lehine bir garanti sunmamaktadır.

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) hattının olduğu koridordaki doğrudan fayda, büyük ölçüde de demiryolu ulaştırma türünün de dâhil olduğu hâlihazırda ulaştırma türlerinden saptırılan trafikten kaynaklanmaktadır. Bu söz konusu faydalar; zaman tasarruflarının ($T_0 - T_1$) her iki alternatif için farklı olmayan son kullanıcıya karşılık gelen değer olan sıfır ve değişimden sonra da ilk kullanıcı tarafından temin edilen en yüksek faydanın ortalaması olarak yorumlanması gerektiği noktada da Denklem (2)'deki C_c ve $v(T_0 - T_1)Q_0$ 'da hesaplanmaktadır (35).

Birincil pazarda ölçülen türler arası etkiler; konvansiyonel ulaştırma türünden yeni ulaştırma alternatifine geçen yolcu sayısı, ortalama zaman tasarrufları, zamanın değerini ürünü ve konvansiyonel ulaştırma türündeki zaman tasarruflarından meydana gelmektedir. Buradaki enteresan nokta ise söz konusu ortalama değerlerin, türler arası rekabetin anlaşılması ve kullanıcı davranışı ile ilgili kullanışlı bilgiyi ihtiva etmesidir. Zaman tasarrufları; kullanıcı farklı faydasızlıklar dâhilinde erişme süresi, ayrılma süresi, bekleme süresi ve araç içi seyahat süresini içermektedir. Kullanıcılar karayollarından yüksek hızlı demiryollarına (YHD) geçtiğinde, araç içi seyahat süresi bağlamında önemli miktarda bir zaman tasarrufu temin etmekte olup fakat kısmen de ilk seyahat sürelerini dengeler bir şekilde ilave erişme, ayrılma ve bekleme sürelerine muhatap olmaktadır.

Bunun tersi bir durum ise; araç içi seyahat süresindeki önemli artışı sert bir şekilde dengeleyen erişme, bekleme ve ayrılma sürelerindeki bir azalmadan (bu da daha önce ifade edildiği üzere her zaman rastlanan bir durum değildir) kaynaklı olarak yüksek hızlı demiryollarına (YHD) bir kullanıcı geçişine tecrübe edilmesine neden olan zaman tasarruflarının olduğu havayolu yolcu taşımacılığındaki (HYT) durumda ortaya çıkmaktadır. Zaman tasarruflarına nazaran negatif bir denge durumu dâhilinde bile farklı zaman değerleri dikkate alındığında kullanıcı faydası nispeten pozitif olabilir (bu söz konusu karşılaştırmaya bilet fiyatları dâhil edilmemiştir).

Sonuç şudur ki yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırım durumu nadiren, havayolu yolcu taşımacılığında (HYT) saptırılan trafik tarafından temin edilen fayda ile gerekçelendirilebilmektedir. Karayolu yolcu taşımacılığında (KYT) saptırılan trafikten temin edilen faydadan daha yüksek görünmektedir fakat bahsi geçen mesafelerde bunun başarılması daha da zor olmaktadır. Diğer doğrudan olmayan faydalar, proje ile azalan trafik hacimlerinin olduğu yerde diğer ulaştırma türlerinden temin edilebildiğinden dolayı, karayolu yolcu taşımacılığı (KYT) ve havayolu yolcu taşımacılığında (HYT) saptırılan trafiğin faydaları yukarıda tartışılan doğrudan faydaları aşmaktadır. Bu

kapsamda, ikincil pazarlardaki ilave faydaların temini için gerekli koşullar sınanabilir.

Birincil pazarlardaki zaman tasarruflarının türler arası bir etki olduğu empoze edilmelidir. Söz gelimi yüksek hızlı demiryolu (YHD) kullanıcısı olan diğer ulaştırma türlerinin kullanıcıları tarafından temin edilen doğrudan faydalar bunlardandır. Buna ilave olarak, yerine ikame ulaştırma türündeki trafik azalması, üretilen maliyeti etkileyebilir ve böylelikle de konvansiyonel ulaştırma türünde kalan kullanıcının seyahat maliyetini de etkileyebilir (36).

Hâlihazırdaki ulaştırma türleri; sadece yeni ulaştırma türünün devreye girmesi yolu ile etkilenen pazarlar değildir. Ekonomideki birçok diğer pazar, ürünleri birincil pazarların tamamlayıcıları ya da yerine ikameleri olduğundan dolayı da etkilenmektedir. Sözde bu 'doğrudan olmayan etki'lerin değerlendirilişi de herhangi bir ikincil pazardakine benzer olup yüksek hızlı demiryolu (YHD) hizmetleri ile bağlanan kentlerin restoranları ya da havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) pazarları vasıtası ile gerçekleşmektedir.

Doğrudan olmayan ya da ikincil faydaların hangilerinin dâhil edileceği noktası da önemli olmaktadır. Bunun cevabı ise Denklem (2)'deki $\sum_{i=1}^N \int_0^T \delta_i(q_i^1 - q_i^0) e^{-(r-g)t} dt$ çözümlemesinde yer almaktadır. Ekonomide, yüksek hızlı demiryolu (YHD) ürününün dışından N adet pazar bulunmakta ve denge miktarı proje dâhilinde bu söz konusu pazarların bir kısmında $(q_i^1 - q_i^0)$ değişmektedir. Değişim pozitif ya da negatif olabilir. Bu pazarların rekabetçi olduğu, vergi ya da sübvansiyon veya herhangi bir düzensizlikten etkilenmediği ve dolayısı ile de $\delta_i = 0$ olduğu varsayılmaktadır. Bu söz konusu kısıtlarda herhangi bir ilave fayda bulunmamaktadır. Dahası, ikincil pazarlardaki bazı ilave fayda düzenlemelerine (ya da maliyetlere) dönüştürülen doğrudan olmayan etkiler, gerekli olmaktadır (istihdamsızlıklar, haricilikler, vergiler, sübvansiyonlar, pazarın gücü ya da marjinal sosyal maliyet ile dengedeki gözden çıkarılan ödeme arasındaki diğer herhangi farklılıklar).

Benzer bir yaklaşım ikincil faydalar olarak türler arası etkilerin analizi için kullanılabilir. Denklem (2)'deki $\sum_{i=1}^N \int_0^T \delta_i(q_i^1 - q_i^0) e^{-(r-g)t} dt$ çözümlemesi, havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) ve karayolu yolcu taşımacılığı (KYT) pazarlarını içermektedir. Türler arası etkilerin analizi adına; havayolu yolcu taşımacılığını (ya da karayolu yolcu taşımacılığını) etkileyen yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırımları N adet pazar dizisini ortaya çıkarmakta ve genel olarak da bu ulaştırma türlerinden herhangi birisi de alternatif ulaştırma türü A olarak adlandırılmaktadır. Doğrudan olmayan etkileri hesaba katan genel açıklama, türler arası etkilerin değerlendirilmesi için az bir ölçüde modifiye edilebilir.

$$\int_0^T (p_A - c_A) * q_A * \epsilon_{AH} * (\Delta p_H / p_H) * e^{-(r-g)t} dt \quad (7)$$

Burada;

p_A : alternatif türün (bu tarz çalışmalar kapsamında karayolu yolcu taşımacılığı ve havayolu yolcu taşımacılığıdır) toplam ya da geliştirilmiş fiyatı

c_A : alternatif türün marjinal maliyeti

q_A : alternatif türdeki talep

ϵ_{AH} : yüksek hızlı demiryollarının (YHD) geliştirilmiş maliyetine nazaran havayollarının (ya da karayolu) çapraz elastisitesi

p_H : demiryolu seyahatinin toplam ya da geliştirilmiş maliyeti

(7) nolu denkleme göre, türler arası ikincil etkiler çapraz elastisite ($\Delta p_H / p_H$ projeye göre her zaman negatiftir) ve bozulma işaretlerine bağlı olarak pozitif ya da negatif değer alabilirler. Karayolu trafik tıkanıklıkları ve havayolu yolcu taşımacılığı tehirlerindeki azalmalar; yüksek hızlı demiryollarının (YHD) devreye girmesini ilave bir faydası olarak telakki edilebilirlerdir. Denklem (7) faydanın mevcudiyeti, optimum fiyatlandırmanın olmaması gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Karayolu tıkanıklığı ya da havayolu tehirlerinin optimum bir şekilde fiyat tasarımına tabi tutulduğu yerde bu pazarlarda başka ilave herhangi bir fayda ortaya çıkmamaktadır (37).

Dahası herhangi bir trafik tıkanıklığı ücretlendirmesinin ve dolayısı ile de fiyatın marjinal maliyetten daha düşük olduğu kabulü de yapılmaktadır. Bu durumda dahi ilave faydaların varlığı; trenle seyahatin geliştirilmiş maliyetindeki değişime nazaran alternatif türdeki talebin çapraz elastisitesine bağlı olmaktadır. Bu söz konusu çapraz elastisite; ifade edilen orta aralık-taki mesafelerin dışında ya da uçuşları birbirine bağlayan yolculuk oranları yüksek olduğunda karayolu yolcu taşımacılığı (KYT) ve havayolu yolcu taşımacılığı (HYT) için oldukça aşağı değerde olabilmektedir.

Sonuç olarak kapasite problemlerine bağlı olarak havalimanları ve karayollarındaki bozulmaların; yeni bir şeyin yapıldığı alternatiflerdeki durumların bir parçası olarak yeni yüksek hızlı demiryolu (YHD) hatlarının planlanma değerlendirmesinde hesaba katılabilen diğer ekonomik yaklaşımlar (trafik tıkanıklığı ücretlendirmesi ve yatırım) ile ilgili olabileceği noktası vurgulanmaya değerdir.

4. Sonuçlar

Yeni yüksek hızlı demiryolu (YHD) hatlarında kamu parası harcanmasının ekonomik mantığı; zaman ve maliyet tasarruflarının doğrudan olan saf faydalarından ve üretilen talep için gözden çıkarılan net ödmeden çok, doyumun ortaya çıktığı noktada konvansiyonel demiryolu (KD) için kapasite salımı adına ve karayolu ve havayolu trafik tıkanıklığının hafifletilmesi adına daha fazla kapasiteye bağlı olmaktadır (38). Dahası yüksek hızlı demiryoluna (YHD) yatırımın gerekçesi; mevcut talep hacimleri ile havayolu kapasitesi, karayolu ve demiryolu ağları ile ilgili yerel koşullara da sıkı sıkıya bağlı

olmaktadır. Yeni teknolojinin ekonomik değerlendirmesi yeni alternatiflerin devreye alındığı, yeni durum senaryosu dâhilinde temel duruma aksettirilen yerel koşulları karşılaştırmaya tabi tutmalıdır.

Yüksek hızın (YH) temel problemi teknolojik değil ekonomiktir. Yüksek hızlı demiryolu (YHD) altyapı maliyeti; yüksek, gömülü ve sıkı entegrasyonludur (altyapı boyutu hâlihazırdaki talep hacminden bağımsız olarak verili hat uzunluğu ile nerede ise aynıdır). Düşük trafik yoğunluklu koridorlarda, yolcu başına maliyet oldukça yüksek olup bu da finansal istikrarın fizibil olmayan bir noktada sağlanmasını beraberinde getirmekte ve yatırımın ekonomik gerekçesi ile ilgili de şüphe uyandırmaktadır (39).

Doğrudan olmayan türler arası etkilere dayalı olarak ikinci bir en iyi alternatif olan yüksek hızlı demiryolu (YHD) yatırım durumu koridordaki hâlihazır öncesi trafik koşullarında önemli miktarlarda bir saptırılan trafik etkisini gerektirmektedir (40). Bu da; genelleştirilmiş maliyetteki değişime nazaran alternatif türdeki talebin yeterli yükseklikteki çapraz elastisitesinin, koridordaki yüksek talep hacminin ve önemli miktardaki bozulmaların bir terkihi anlamına gelmektedir. Dahası türler arası rekabetin, seyahatin genelleştirilen fiyatına dayalı olduğu da vurgulanmalıdır. Türel seçim; her bir ulaştırma türünün ayrı ayrı rekabetçilik avantajından etkilenmektedir fakat karşılaştırmalı avantaj, birbirinden bütünü ile farklı iki gerçeği yansıtmaktadır. Teknolojik bir avantajı yansıtmaktadır fakat buna karşın diğer taraftan aynı zamanda da ücretlendirme politikalarına göre açıklanmaktadır. Orta mesafeli koridorlarda pazar payı üzerindeki etki, toplam maliyet iyileştirmesi hedefi ya da hükümetin değişken maliyetli ücretlendirme yapıp yapmamasına bağlı olarak dramatik ölçülerde değişebilmektedir (41).

Yüksek hızlı demiryolu (YHD) trenleri; işletim gücünü elektrik enerjisinden almaktadır ve dahası da elektrik üretiminde ana kaynaklar kömür, petrol ya da gaz olduğu durumlarda hava kirliliği ve küresel ısınma etkileri üretmektedir. Yeni bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) inşasının olumsuz çevresel etkileri, yüksek hızlı demiryollarında (YHD) yolcu geçişi olduğu durumda karayolu ve havayolu yolcu taşımacılığında (HYT) hariciliklerdeki azalma ile kıyas edilmektedir. Nihai denge birçok unsura bağlı olmaktadır fakat temelde net etki, saptırılan trafiğin hacminde ve dışsal maliyetlerin içselleştirilip içselleştirilmediği, ne ölçüde içselleştirildiği üzerinde yerine ikame tür le yüksek hızlı demiryollarındaki (YHD) negatif dışsallıkların büyüklüğüne bağlı olmaktadır (42).

Yeni bir yüksek hızlı demiryolu (YHD) projesinden hangi koşullar altında net refah kazanımları beklenebileceği noktası tespit ve tayin edilmektedir. Çeşitli basitleştirici fakat makul kabuller kullanmak sureti ile bir röper noktasının temini mümkün görünmektedir. Pozitif bir net şimdiki değerden kaynaklı minimum talep düzeyi; yeni kapasite, üretilen talep ve saptırılan

trafikten kaynaklı zaman tasarruflarından öte ilave fayda temin etmediği durumda beklenebilir. Tipik inşa maliyetleri, zaman tasarrufları ve tahmin edilen talep artışı dâhilinde, 10 milyon yolculuk dolaylarındaki bir tablo; işletiminin ilk yılında 500 kilometre uzunluğundaki bir hat uzunluğu için gerekebilir (43).

KAYNAKÇA

1. Abelson, P. and P. Hensher. 2001. "Induced travel and user benefits: clarifying definitions and measurement for urban road infrastructure," in Hensher D. and K. Button (eds.): Handbook of transport systems and traffic control, Handbooks in Transport 3. Elsevier, Pergamon.
2. Adler, N., C. Nash and E. Pels. 2007. "Infrastructure Pricing: The Case of Airline and High Speed Rail Competition," Paper presented at the 11th World Conference on Transport Research, Berkeley.
3. Atkins. 2004. High speed line study. Department of Environment, Transport and the Regions. London.
4. INFRAS, CE Delft, Fraunhofer Gesellschaft ISI, University of Gdansk, 2008. Handbook on Estimation of External Cost in the Transport Sector, produced within the study Internalisation Measures and Policies for All External Costs of Transport (IMPACT). CE Delft, Delft.
5. Infrastructure UK, 2010. Infrastructure Cost Review. London.
6. KPMG, 2013. High Speed Rail: Consequences for employment and economic growth, Technical Report. HS2 Ltd., London.
7. Banister, D. and M. Givoni. 2006. "Airline and railway integration," Transport Policy, 13(4): 386-397.
8. Becker, G. S. 1983. "A theory of competition among pressure groups for political influence," The Quarterly Journal of Economics 98 (3): 371- 400.
9. Becker. G.S. 2001. "A comment on the conference on cost-benefit analysis," in Adler, M.D. and E.A. Posner (eds) Cost-benefit analysis: Legal, economic and philosophical perspectives, Chicago: The University of Chicago Press.
10. National Audit Office (2012) Department for Transport. The Completion and Sale of High Speed 1. HC1834. The Stationery Office, London.
11. Perl, A. (2012) Assessing the Recent Reformulation of United States Passenger Rail Policy. Journal of Transport Geography. 22, 271-281.
12. Preston, J. (2009a) Competition for Long Distance Passenger Rail Services: The emerging evidence. International Transport Forum. 18th Symposium, Madrid.
Preston, J. (2009b) The Case for High Speed Rail: A Review. Report for the RAC Foundation, London. August.
13. Preston, J. (2010) The Case for High Speed Rail: An Update. Report for the RAC Foundation, London. September. Preston, J. (2012)
14. Blum, U., K. E. Haynes and C. Karlsson. 1997. "Introduction to the special issue The regional and urban effects of high-speed trains," The Annals of Regional Science, 31: 1-20.
15. Bonnafous A. 1987. "The Regional Impact of the TGV," Transportation 14: 127-137.

16. Campos, J. and G. de Rus. 2009. "Some stylized facts about high-speed rail: A review of HSR experiences around the world," *Transport Policy*, 16(1) :19-28.
17. CE Delft. 2003. "To shift or not to shift, that's the question. The environmental performance of the principal modes of freight and passenger transport in the policymaking context." Delft.
18. de Rus, G. and V. Inglada. 1997. "Cost-benefit analysis of the high-speed train in Spain," *The Annals of Regional Science*, 3: 175-188.
19. Kurosaki, F., 2014. Shinkansen Investment before and after JNR Reform, International Transport Forum Discussion Paper No. 2013–2027. OECD, Paris.
20. Le Vine, S., Jones, P., 2012. On the Move: Making Sense of Car and Train Travel Trends in Britain. University College London, London.
21. Lyons, G., Jain, J., Holley, D., 2007. The use of travel time by rail passengers in Great Britain. *Transp. Res. Part A* 41, 107–120.
22. de Rus, G. and C.A. Nash. 2007. "In what circumstances is investment in high-speed rail worthwhile?" Working Paper 590, Institute for Transport Studies, University of Leeds.
23. de Rus, G. and G. Nombela. 2007. "Is investment in high speed rail socially profitable?" *Journal of Transport Economics and Policy*, 41 (1): 3-23.
24. de Rus, G. and C. Román. 2005. "Economic evaluation of the high speed rail Madrid-Barcelona," 8th NECTAR Conference. Las Palmas, Spain.
25. de Rus, G. and M.P. Socorro. 2010. "Infrastructure investment and incentives with supranational funding," *Transition Studies Review*, 11 (17): 551-567.
26. Dixit, A.K. and R.S. Pindyck. 1994. *Investment under uncertainty*, Princeton University Press.
27. European Commission. 2008. *Guide to cost-benefit analysis of investment projects*, Directorate General Regional Policy.
28. Gómez-Ibañez, J.A. 2006. "An overview of the options" in Gómez-Ibañez, J.A. and G. de Rus, G. (eds): *Competition in the railway industry: An international comparative analysis*. Edward Elgar.
29. Graham, J.D. 2007. "Agglomeration, productivity and transport investment," *Journal of Transport Economics and Policy*, 41 (3): 317- 343.
30. Levinson, D., J.M. Mathieu, D. Gillen and A. Kanafani. 1997. "The full cost of high-speed rail: an engineering approach," *The Annals of Regional Science*, 31: 189-215.
31. Martin, F. 1997. "Justifying a high-speed rail project: social value vs. regional growth," *The Annals of Regional Science*, 31: 155-174.
32. Mohring, H. 1976. *Transportation Economics*. Ballinger Publishing Company.
- Nash, C. A. 1991. *The case for high speed rail*. Institute for Transport Studies, The University of Leeds, Working Paper 323.

33. Nash, C. A. 2001. "Pricing European Transport Systems: Recent developments and evidence from case studies," *Journal of Transport Economics and Policy*, 35 (3): 363-380.
34. Bjork, Tomas. 2009. *Arbitrage Theory in Continuous Time*. Oxford: Finance.
35. Bowe, Michael, and Ding Lee. 2004. "Project Evaluation in the Presence of Multiple Embedded Real Options: Evidence From the Taiwan High-speed Rail Project." *Journal of Asian Economics* 15:71-78.
36. Brandão, Luiz. 2002. "Uma Aplicação Da Teoria Das Opções Reais Em Tempo Discreto Para Avaliação De Uma Concessão Rodoviária No Brasil." PhD diss., PUC-Rio.
37. Couto, Gualter, Cláudia Nunes, and Pedro Pimentel. 2015. "High-speed Rail Transport Valuation and Conjuncture Shocks." *European Journal of Finance* 21(10-11): 791-805
38. Steer Davies Gleave. 2004. *High speed rail: International comparisons*. Commission for Integrated Transport. London.
39. Marks P., Fowkes A.S., Nash C.A., 1986. *Valuing Long Distance Business Travel Time Savings for Evaluation: A Methodological Review and Application*. PTRC Summer Annual Meeting.
40. UIC. 2005. *High Speed Rail's leading asset for customers and society*. UIC Publications. Paris.
41. Venables, A.J. 2007. "Evaluating urban transport improvements. Cost-benefit analysis in the presence of agglomeration and income taxation," *Journal of Transport Economics and Policy*, 41 (2): 173-188.
42. Vickerman, R. 1995. "The regional impacts of Trans-European networks," *The Annals of Regional Science*, 29: 237-254.
43. Vickerman, R. 1997. "High-speed rail in Europe: Experience and issues for future development," *The Annals of Regional Science*, 31: 21-38.