

TÜRKİYE’DE LOJİSTİK MERKEZLERİN GELİŞİMİNDE ALTYAPI VE ÇOK MODLU TAŞIMACILIĞIN ROLÜ: KAVRAMSAL BİR İNCELEME VE TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Onur AYDOĞAR¹

ÖZET

Bu çalışmada Türkiye’de lojistik merkezlerin gelişiminde altyapı kapasitesi ve çok modlu taşımacılığın rolü incelenmiştir. Çalışma kapsamında 2019–2023 dönemine ait seçilmiş lojistik merkez verileri kullanılarak istasyon yol sayısı, lojistik merkez alanı ve operasyonel göstergeler ile taşımacılık performansı arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Analiz sürecinde veriler Microsoft Excel ortamında düzenlenmiş; alan başına yük, yol verimliliği ve operasyonel verimlilik gibi türetilmiş göstergeler hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, lojistik merkezlerin performansının yalnızca altyapı büyüklüğüne değil, altyapının kullanım etkinliğine ve çok modlu taşımacılığa entegrasyon düzeyine de bağlı olduğunu göstermektedir. Özellikle demiryolu altyapısı güçlü ve çok modlu taşımacılık potansiyeli yüksek lojistik merkezlerde taşınan toplam yük miktarlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte bazı merkezlerde altyapı kapasitesine rağmen verimlilik göstergelerinin sınırlı kalması, planlama ve işletme süreçlerinin önemini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak çalışma, Türkiye’de lojistik merkezlerin etkinliğinin artırılabilmesi için altyapı yatırımlarının çok modlu taşımacılığı destekleyecek biçimde ele alınması ve mevcut altyapının daha verimli kullanılmasına yönelik politikaların geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Lojistik merkez, altyapı, çok modlu taşımacılık, kritik altyapı, Türkiye, lojistik planlama.

¹Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yüksek Lisans Öğrencisi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. onur.aydogar@hotmail.com , Orcid No: [0009-0000-6746-8466](https://orcid.org/0009-0000-6746-8466)

1. Giriş

Küresel tedarik zincirlerinin karmaşıklığı, üretim coğrafyalarının parçalanması, tüketim alanlarının çeşitlenmesi, lojistik faaliyetlerin ölçeğini ve niteliğini dönüştürmektedir. Taşımacılık maliyetleri ile teslimat süreleri üzerindeki rekabet baskısı, ülkelerin lojistik kapasitesini stratejik bir unsur hâline getirmektedir. Lojistik performansın artırılması, yalnızca işletmelerin operasyonel yetkinliği ile sınırlı kalmamakta; kamu altyapısı, ulaştırma ağlarının bütünleşmesi, hizmet standartları, düzenleyici çerçeve ve mekânsal planlama gibi çok boyutlu bileşenlere dayanmaktadır (Mesutoğulları, 2024, s. 59). Bu bağlamda lojistik merkezler, tedarik zincirinin düğüm noktaları olarak öne çıkmaktadır.

Lojistik merkez kavramı üzerinde literatürde tam bir görüş birliği bulunmamakta; farklı ülkelerde ve kurumlarda yük köyü (freight village), lojistik köy (logistics village), lojistik park (logistics park), iç lojistik merkezi (inland logistics centre) ve yük dağıtım merkezi gibi farklı kavramlar kullanılmaktadır. Bu terminolojik çeşitlilik, lojistik merkezlerin üstlendikleri fonksiyonların ve ulaştırma sistemleri içerisindeki rollerinin ülkeden ülkeye farklılaşmasından kaynaklanmaktadır. Kurumlar ve araştırmacılar tarafından yapılan tanımlar benzer özellikler taşımakta; ancak bazı boyutlarda ayrışmaktadır. Tanımlardaki bu farklılaşmanın lojistik merkezlerin ağ içindeki konumları, işlevsel kapsamaları ve yerleşim düzenlerindeki çeşitlilikten kaynaklandığı değerlendirilmektedir (Rodrigue vd., 2013, s. 153). Lojistik merkez kavramı yük köyü, lojistik üs, lojistik köy, lojistik alan, taşımacılık merkezi, lojistik odak, lojistik park ve dağıtım parkı gibi ifadelerle eş anlamlı biçimde kullanılmaktadır (Tanyaş, 2020, s. 3). Lojistik merkeze ilişkin tanımların Tablo 1’de sunulduğu belirtilmektedir.

Lojistik merkezler, depolama, elleçleme, gümrükleme, dağıtım, katma değerli hizmetler, bilgi akışı yönetimi gibi faaliyetlerin tek bir mekânda yoğunlaştırıldığı alanlar olarak tanımlanmaktadır. Söz konusu merkezler, taşımacılık sistemleri arasında geçişi kolaylaştıran, ölçek ekonomisi sağlayan, lojistik hizmet verimliliğini artıran yapılar olarak değerlendirilmektedir. Lojistik merkezlerin etkinliği, ulaşım altyapısının kalitesi ve taşıma türleri arasındaki entegrasyon düzeyi ile yakından ilişkilidir (Özgüner, 2019, s. 72). Altyapı yetersizlikleri, bağlantı kopuklukları, kapasite sınırlılıkları, lojistik süreçlerde maliyet artışına yol açabilmektedir. Bu nedenle merkezlerin gelişimi, yalnızca mekân seçimi ya da depo kapasitesi üzerinden değil, ulaştırma altyapısının bütüncül işleyişi üzerinden tartışılmaktadır.

Son yıllarda lojistik merkezlere ilişkin akademik çalışmalar, bu yapıların yalnızca yüklerin depolandığı ve aktarıldığı fiziksel alanlar olmadığını; aynı zamanda tedarik zincirlerinin

TÜRKİYE’DE LOJİSTİK MERKEZLERİN GELİŞİMİNDE ALTYAPI VE ÇOK MODLU TAŞIMACILIĞIN ROLÜ: KAVRAMSAL BİR İNCELEME VE TÜRKİYE ÖRNEĞİ

dayanıklılığını artıran, ulaştırma türleri arasındaki koordinasyonu sağlayan ve bölgesel ekonomik gelişmeyi destekleyen stratejik lojistik düğüm noktaları olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle dijitalleşme, sürdürülebilir lojistik uygulamaları ve intermodal taşımacılık alanındaki gelişmeler, lojistik merkezlerin performansının yalnızca fiziksel kapasiteye değil; altyapının etkin kullanımına, taşıma modları arasındaki entegrasyona ve operasyonel planlama yetkinliğine de bağlı olduğunu göstermektedir.

2.Türkiye’nin Lojistik Merkezlerle İlişkin Geliştirdiği Stratejiler

Türkiye'nin lojistik merkezlere yönelik geliştirdiği stratejiler incelendiğinde, lojistik sektörünün dış ticaret hacmindeki artış, küresel tedarik zincirlerindeki dönüşüm ve ulaştırma koridorlarının yeniden şekillenmesiyle birlikte giderek daha stratejik bir konuma ulaştığı görülmektedir. Türkiye’de lojistik sektörü, dış ticaret hacmindeki artış ve küresel tedarik zincirlerindeki dönüşüm doğrultusunda stratejik bir alan hâline gelmiştir. Dünya Bankası tarafından yayımlanan Lojistik Performans Endeksi verileri, Türkiye’nin lojistik yeterlilik düzeyini ortaya koymakta ve ülkenin lojistik politikalarına ilişkin karşılaştırmalı değerlendirme imkânı sunmaktadır. Türkiye’nin Avrupa, Orta Doğu ve Türk Cumhuriyetleri arasında geçiş noktası konumunda bulunması, ülkenin lojistik üs olma potansiyelini artırmaktadır. Bununla birlikte yalnızca coğrafi avantajın rekabet gücü açısından yeterli olmadığı ve lojistik ile ulaştırma alanlarında yapısal sorunların bulunduğu ifade edilmektedir (Babacan, 2003, s. 45).

Türkiye’de lojistik altyapısı özellikle 1980’li ve 1990’lı yıllarda kara yolu, hava yolu, deniz yolu, demir yolu ve kombine taşımacılık alanlarında gerçekleştirilen yatırımlarla gelişim göstermiştir. 2000’li yıllardan itibaren sektör; hizmet çeşitliliğini artıran, uluslararası iş birlikleri geliştiren ve hizmet kalitesini yükselten daha bütünleşik bir yapıya dönüşmüştür (Babacan, 2003, s. 47; Babacan, 2003, akt. UTİKAD, t.y.).

Türkiye’de lojistik sisteminin geliştirilmesine yönelik başlıca strateji belgeleri arasında 2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı, Türkiye Lojistik Master Planı, 12. Kalkınma Planı, 12. Ulaştırma ve Haberleşme Şurası ile Ulusal Ulaştırma Ana Planı yer almaktadır. Bu belgelerde lojistik merkezlerin etkinliği, ulaştırma modları arasındaki entegrasyon ve lojistik altyapının geliştirilmesi temel hedefler arasında gösterilmektedir. Türkiye’de lojistik merkezlerin

kurulmasından sorumlu kurum TCDD olup güncel durumda 12 lojistik merkez faaliyete geçmiş, toplamda 23 merkezin kurulması planlanmıştır (TCDD, t.y.).

Çok modlu taşımacılık yaklaşımı, lojistik merkezlerin işlevselliğini güçlendiren temel unsurlar arasında yer almaktadır. Karayolu, demiryolu, denizyolu, havayolu gibi taşıma türleri arasında koordinasyonun sağlanması, taşıma maliyetlerinin azaltılmasına, çevresel etkilerin sınırlandırılmasına, güvenilir teslimat performansının yükseltilmesine katkı sunmaktadır (Çelik, 2023, s. 37-38). Çok modlu taşımacılığın yaygınlaşması, aktarma terminalleri, demiryolu bağlantıları, liman entegrasyonu, intermodal ekipman kullanımı, dijital izlenebilirlik sistemleri gibi altyapı bileşenlerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Lojistik merkezlerin tasarımında altyapı planlamasının belirleyici hâle gelmesi, çok modlu taşımacılık hedeflerinin sürdürülebilir biçimde gerçekleşmesine olanak tanımaktadır.

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle Avrupa, Asya, Orta Doğu ve Kafkasya ekseninde transit taşımacılık açısından kritik bir kavşakta yer almaktadır. Uluslararası ticaret hacmindeki büyüme, üretim bölgelerinin çeşitlenmesi, ihracat pazarlarına erişim ihtiyacı, lojistik altyapı yatırımlarını öncelikli bir politika alanı hâline getirmiştir. Lojistik merkez projeleri, ulaştırma ağlarının etkin kullanımı, taşımacılık sürelerinin kısaltılması, liman ve hinterlant ilişkilerinin güçlendirilmesi amacıyla gündeme taşınmaktadır. Demiryolu taşımacılığının payının artırılması, liman bağlantılarının iyileştirilmesi, organize sanayi bölgeleri ile lojistik merkezler arasındaki entegrasyonun güçlendirilmesi, çok modlu taşımacılığın yaygınlaşması açısından stratejik bir çerçeve sunmaktadır. Buna karşın altyapı yatırımlarının bölgesel dağılımı, lojistik merkezlerin işletme modeli, bağlantı kalitesi, kurumsal koordinasyon, dijitalleşme düzeyi gibi unsurlar, performans üzerinde belirleyici olmaya devam etmektedir.

Lojistik merkezlerin Türkiye'deki gelişim sürecinin incelenmesi, altyapı yatırımları ile çok modlu taşımacılık hedefleri arasındaki ilişkinin kavramsal düzlemde tartışılmasını gerekli kılmaktadır. Altyapı projelerinin lojistik merkezleri destekleme kapasitesi, taşıma türleri arası geçişin maliyeti, terminal bağlantılarının sürekliliği, hizmet entegrasyonunun düzeyi, uluslararası koridorlarla uyum gibi başlıklar, lojistik sistemin bütünsel değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede çalışma, lojistik merkezlerin gelişimini altyapı ve çok modlu taşımacılık perspektifinden ele almayı amaçlamaktadır.

Literatürde lojistik merkezlerin altyapı kapasitesi ile kullanım etkinliği ve çok modlu taşımacılık entegrasyonunun birlikte ele alındığı çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma, Türkiye'de lojistik merkezlerin gelişiminde altyapı kapasitesi ve çok modlu

taşımacılık sistemlerinin rolünü kavramsal bir perspektiften inceleyerek literatürdeki bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Bu yönüyle çalışma, lojistik merkezlerin ulaştırma altyapısı ile entegrasyonu ve çok modlu taşımacılık ağları içerisindeki konumunun anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Çalışmaya dâhil edilen veriler TCDD lojistik merkezleri ile sınırlandırılmıştır. Elde edilen değerlendirmelerin, lojistik merkez planlaması, altyapı yatırımlarının önceliklendirilmesi, taşıma türleri arasındaki entegrasyonun güçlendirilmesi konusunda politika önerilerine zemin oluşturması beklenmektedir.

3. Çok Modlu Taşımacılık ve Matematiksel Model

Çok modlu taşımacılık sistemleri, arz noktalarından talep noktalarına kadar uzanan süreçte birden fazla taşıma aşamasını içeren bütünleşik lojistik yapılar olarak değerlendirilmektedir. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, çok modlu taşımacılık sistemlerinde ortaya çıkan problemlerin çoğunlukla terminal operasyonları, konteyner yerleşimi, aktarma süreçleri ve taşıma optimizasyonu üzerine yoğunlaştığı görülmektedir.

Wilson vd. (2001, s. 3), konteyner gemilerinde uygun yerleşim planı oluşturmayı amaçlamış ve çözüm sürecinde Dal-Sınır Algoritması ile Tabu Arama Algoritması’nı kullanmıştır. Bish vd. (2005, s. 7), konteynerlerin depo sahalarındaki düzenlenmesi ve taşıyıcı araç tahsisi problemlerine odaklanırken, Castilho vd. (1993, s. 4) konteyner elleçleme hareketleri ile alan kullanımını minimize etmeye yönelik çalışmalar gerçekleştirmiştir. Depo düzeninin belirlenmesi, konteynerlerin geliş zamanlarına göre gruplandırılması ve ayrıştırılması süreçlerinde simülasyon tekniği uygulanmıştır (Castilho vd., 1993, s. 6). Simülasyon yaklaşımı Bruzzone vd. (1998, s. 11) tarafından da terminal içi konteyner yerleşim planlamasında kullanılmıştır.

Terminal operasyonlarına yönelik çalışmalarda darboğaz oluşturan süreçlerin optimize edilmesine odaklanıldığı görülmektedir. Ng vd. (2005, s. 14) tarafından istif vinci operasyonlarında hazırlık sürelerini minimize edilmesi amaçlanmış, bu doğrultuda işlem sürelerine ilişkin alt ve üst sınırlar belirlenmiş ve Dal-Sınır Algoritması kullanılarak çözüm geliştirilmiştir (Ng vd., 2005, s. 16). Zhang vd. (2003, s. 8) ise karmaşık terminal yapılarında konteyner depolama yeri belirleme problemini incelemiştir. Bunun yanında Kim vd. (2004, s. 5) konteyner yerleşim düzeni üzerine çalışmış ve Dinamik Programlama ve Ulaştırma Modeli

yöntemlerini kullanmıştır (Kim vd., 2004, s. 7). Newman vd. (2000, s. 13) ise demir yolu ağırlıklı intermodal taşımacılık sistemlerinde tren çizelgeleme ve konteyner atama problemlerine çözüm geliştirmiştir. Literatürde ayrıca çok modlu taşımacılık sistemlerinin yalnızca terminal operasyonlarıyla sınırlı kalmayıp bütünleşik lojistik ağ yapısı çerçevesinde ele alındığı çalışmalar da bulunmaktadır. Alattar (2003, s. 21), Almanya'dan Türkiye'ye gerçekleştirilen taşımalar üzerinde yaptığı çalışmada yükleme, depolama ve boşaltma süreçlerini birlikte değerlendirmiştir.

Bu doğrultuda çalışma kapsamında, literatürde yer alan yöntemlerden hareketle firma özelinde yeni bir doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Modelde yerel depolar, aktarma merkezleri ve talep noktaları arasındaki taşıma ilişkileri dikkate alınmış; kara yolu, deniz yolu ve demir yolu taşımacılığı birlikte değerlendirilmiştir. Toplam taşıma, aktarma ve depolama sürelerinin minimize edilmesi amaçlanmıştır.

Model kapsamında taşıma süreleri rota bazlı olarak parametreleştirilmiş; yükleme, boşaltma ve depolama süreçleri taşıma modlarına göre tanımlanmıştır. Ayrıca aktarma merkezleri için kapasite kısıtları oluşturulmuş ve karar değişkenleri rota boyunca taşınan ürün miktarlarını temsil edecek şekilde belirlenmiştir.

Amaç fonksiyonu, taşıma süreleri ile aktarma ve depolama süreleri toplamının minimizasyonu üzerine kurulmuştur. Böylece literatürdeki aşama bazlı yaklaşımlardan farklı olarak, çok aşamalı ve bütünleşik bir yapı içerisinde sistem genelinde zaman minimizasyonu hedeflenmiştir. Bu doğrultuda model, taşıma, aktarma ve depolama süreçlerinde geçen toplam süreyi minimize etmeyi amaçlamaktadır.

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J (Rt_{pij} R_{pij}) + \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J (St_{pij} S_{pij}) \\
 &+ \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (Tt_{pjk} T_{pjk}) \\
 &+ \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L (Rt_{pkl} R_{pkl})
 \end{aligned}$$

Aktarma İstifleme Süreleri Minimizasyonu: Aktarma merkezlerinde ve yerel depolarda yüklerin boşaltılması, ilgili alanlarda depolanması ve yeniden yüklenmesi süreçlerinde

TÜRKİYE’DE LOJİSTİK MERKEZLERİN GELİŞİMİNDE ALTYAPI VE ÇOK MODLU TAŞIMACILIĞIN ROLÜ: KAVRAMSAL BİR İNCELEME VE TÜRKİYE ÖRNEĞİ

harcanan yük başına birim süreler ile bu işlemlere maruz kalan yük miktarının çarpımı sonucunda toplam süre elde edilmektedir.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen model, çok modlu taşımacılık sürecinde taşıma, aktarma ve depolama aşamalarında geçen toplam sürenin minimizasyonunu amaçlamaktadır. Model, farklı taşıma modları arasındaki geçişleri ve aktarma merkezlerindeki operasyonel süreçleri dikkate alarak sistem genelinde zaman verimliliğini artırmayı hedeflemektedir.

$$\begin{aligned} &= \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J (R a_{pi}^{l,bos} + R d_{pi}^l) R_{pij} \\ &+ \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J (S a_{pi}^{l,bos} + S d_{pi}^l) S_{pij} + \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J (R a_{pi}^{l,yuk} R_{pij}) \\ &+ \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J (S a_{pi}^{l,yuk} S_{pij}) \\ &+ \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J (R a_{pj}^{l,bos} + R d_{pj}^l) R_{pij} \\ &+ \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J (S a_{pj}^{l,bos} + S d_{pj}^l) S_{pij} + \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K T a_{pj}^{l,yuk} T_{pjk} \\ &+ \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (T a_{pk}^{k,bos} + T d_{pk}^k) T_{pjk} \\ &+ \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L R a_{pk}^{k,yuk} R_{pkl} \end{aligned}$$

Çalışma kapsamında denklemlerde ifade edilen süre bileşenleri bütünleştirilerek toplam süre için minimum değerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, amaç fonksiyonlarının optimizasyonu sürecinde dikkate alınması gereken matematiksel model kısıtları aşağıda sunulmaktadır. Birinci Aktarma Merkezine Gelen-Giden Yük Miktarının Eşitliği Kısıtı: Birinci aktarma merkezleri olarak belirlenen Trieste Limanı ve Halkalı demir yolu istasyonuna giriş

yapan yük miktarı ile çıkış yapan yük miktarının eşit olması gerekmektedir. Bununla birlikte Trieste Limanı'na kara yolu ile, Halkalı demir yolu istasyonuna ise deniz yolu ile erişim bulunmamaktadır. Bu durum nedeniyle söz konusu kısıt, deniz yolu taşımacılığına ilişkin kısıt ve kara yolu taşımacılığına ilişkin kısıt olmak üzere iki ayrı bileşen halinde ele alınmıştır.

Deniz yolu Yüğü

$$\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I S_{pi1} = \sum_{p=1}^P T_{p13} \forall p \in P$$

Deniz yolu aracılığıyla birinci aktarma merkezi olan Trieste'ye taşınan her bir ürün miktarının, Trieste Limanı'ndan demir yolu ile sevk edilen ürün miktarına eşit olması gerekmektedir.

Kara yolu Yüğü

$$\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I R_{pi2} = \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^2 T_{p2k} \forall p$$

Kara yolu ile birinci aktarma merkezi olan Halkalı'ya taşınan her bir ürün miktarının, Halkalı demir yolu istasyonundan demir yolu ile sevk edilen ürün miktarına eşit olması gerekmektedir. Bu kısıt, birinci aktarma merkezinde giriş ve çıkış dengesinin sağlanması açısından zorunlu görülmektedir. İkinci Aktarma Merkezine Gelen-Giden Yük Miktarının Eşitliği Kısıtı: Birinci aktarma merkezlerinden çıkan toplam ürün miktarının, ikinci aktarma merkezlerine ulaşan toplam ürün miktarı ile eşit olması beklenmektedir. Ancak taşıma ağının yapısı nedeniyle Trieste Limanı'ndan Sopron ve Viyana demir yolu istasyonlarına doğrudan gönderim bulunmamaktadır. Benzer biçimde Halkalı demir yolu istasyonundan Lüksemburg demir yolu istasyonuna sevkiyat gerçekleştirilememektedir. Bu nedenle, ikinci aktarma merkezlerine ilişkin giriş-çıkış eşitliği kısıtları her bir merkez için ayrı biçimde tanımlanmıştır. Bu kapsamda, demir yolu ile Sopron istasyonuna ulaşan yük miktarının, kara yolu ile talep noktalarına gönderilen yük miktarına eşit olması gerekliliği aşağıdaki denklemde ifade edilmektedir.

$$\sum_{p=1}^P P_{22} = \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L 2 \left| R_{p1l} \right|$$

TÜRKİYE’DE LOJİSTİK MERKEZLERİN GELİŞİMİNDE ALTYAPI VE ÇOK MODLU TAŞIMACILIĞIN ROLÜ: KAVRAMSAL BİR İNCELEME VE TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Demir yolu ile Viyana istasyonuna taşınan yük miktarının, kara yolu aracılığıyla talep noktalarına sevk edilen yük miktarlarına eşit olması gerekmektedir.

$$\sum_{p=1}^P T_{p22} = \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L R_{p2l} \quad \forall p \in P$$

Demir yolu ile Lüksemburg istasyonuna ulaşan yük miktarının, buradan kara yolu ile talep noktalarına sevk edilen yük miktarlarına eşit olması gerekmektedir. Bu denge koşulunu ifade eden kısıt aşağıdaki denklemde sunulmaktadır.

$$\sum_{p=1}^P T_{p13} = \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L R_{p3l} \quad \forall p \in P$$

Birinci Aktarma Merkezinin Kapasitesi Kısıtı: Birinci aktarma merkezlerine sevk edilen ürünlerin tamamı tek bir taşıma modu ile taşınmamaktadır. Ürünlerin bir bölümü deniz yolu ile, diğer bölümü ise kara yolu ile taşınmaktadır. Bu nedenle, farklı taşıma modları kapsamında aktarılan ürün miktarları, ilgili taşıma moduna tahsis edilen kapasite alanları doğrultusunda ayrı biçimde değerlendirilmiştir. Bu çerçevede, deniz yolu ile Trieste Limanı’na taşınan toplam ürün miktarının Trieste Limanı’nın kapasitesini aşmaması gerekmektedir.

$$\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I S_{pi1} \leq A1 \quad \forall p \in P \text{ ve } \forall i \in I$$

Kara yolu ile taşınan toplam ürün miktarının, Halkalı demir yolu istasyonunun kapasitesini aşmaması gerekmektedir.

$$\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I R_{pi2} \leq A2 \quad \forall p \in P \text{ ve } \forall i \in I$$

İkinci Aktarma Merkezinin Kapasitesi Kısıtı: İkinci aktarma merkezlerine taşınan ürünlerin tamamı tek bir rota üzerinden sevk edilmemektedir. Bu nedenle, ikinci aktarma merkezlerine ilişkin kapasite kısıtları, taşıma ağındaki farklı yönlendirmeler dikkate alınarak ayrı durumlar altında ele alınmıştır. Bu kapsamda, demir yolu ile Halkalı demir yolu istasyonundan Sopron

demir yolu istasyonuna taşınan ürün miktarının, Sopron demir yolu istasyonunun kapasitesini aşmaması gerekmektedir.

$$\sum_{p=1}^P T_{p21} \leq B1 \quad \forall p \in P$$

Demir yolu aracılığıyla Halkalı demir yolu istasyonundan Viyana demir yolu istasyonuna sevk edilen ürün miktarının, Viyana demir yolu istasyonunun kapasitesini aşmaması gerekmektedir.

$$\sum_{p=1}^P T_{p22} \leq B2 \quad \forall p \in P$$

Demir yolu ile Trieste Limanı'ndan Lüksemburg demir yolu istasyonuna taşınan ürün miktarının, Lüksemburg demir yolu istasyonunun kapasitesini aşmaması gerekmektedir.

$$\sum_{p=1}^P T_{p13} \leq B3 \quad \forall p \in P$$

Arz Eşitliği Kısıtı: Müşteriler tarafından yerel depolara getirilerek teslim edilen ürün miktarlarının, yerel depolardan deniz yolu ve kara yolu aracılığıyla sevk edilecek toplam ürün miktarına eşit olması gerekmektedir.

$$\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J R_{pij} + \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J S_{pij} = X_{pi} \quad \forall p \in P \text{ ve } \forall i \in I$$

Her Talep Noktasının Her Ürün Tipi İçin Toplam Talebinin Karşıllanması Kısıtı: Talep noktalarının her bir ürün tipi bakımından talep ettiği miktarın, ikinci aktarma merkezlerinden kara yolu aracılığıyla sevk edilen toplam ürün miktarına eşit olması gerekmektedir.

$$\sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L R_{pkl} = D_{pl} \quad \forall p \in P \text{ ve } \forall l \in L$$

4. Türkiye’de Çok Modlu Taşımacılık

Türkiye’nin jeopolitik konumu, iki kıtayı birbirine bağlayan stratejik bir geçiş hattı oluşturmakta ve üç tarafının denizlerle çevrili olması nedeniyle ulaştırma seçeneklerini çeşitlendirmektedir. Diğer ülkelerle ticari ilişkileri kolaylaştıran bu coğrafi avantaj, taşımacılık faaliyetlerinde geleneksel yöntemlerin tek başına yeterli olmamasına yol açmakta ve çok modlu

TÜRKİYE’DE LOJİSTİK MERKEZLERİN GELİŞİMİNDE ALTYAPI VE ÇOK MODLU TAŞIMACILIĞIN ROLÜ: KAVRAMSAL BİR İNCELEME VE TÜRKİYE ÖRNEĞİ

taşımacılığı (intermodal taşımacılık) zorunlu hâle getirmektedir. Özellikle ihracat gerçekleştiren işletmeler açısından taşımaya ilişkin maliyetler giderek daha belirleyici bir unsur hâline gelmekte, rekabet koşulları nedeniyle toplam taşıma maliyetlerini düşürmeye yönelik eğilim güçlenmektedir (Barbanova, 2015, s. 28). Bu bağlamda, farklı taşıma türleri arasında maliyet açısından en uygun seçeneğin belirlenebilmesi, çok modlu taşımacılığın sağladığı esneklik ve operasyonel rahatlıkla ilişkilendirilmektedir. Taşıma mesafelerinin değişkenliği dikkate alındığında, ihracat yapan işletmelerin belirli kilometre aralıklarına göre maliyet açısından uygun taşıma türünü seçebilme kapasitesine sahip olması, çok modlu taşımacılığın Türkiye’deki köklü firmalar açısından önemini artırmaktadır.

Türkiye lojistik sisteminde her bir taşıma türüne ilişkin eksikliklerin bulunduğu görülmektedir. Kara yolu taşımacılığında araçların verimsiz kullanılması ve filonun yaşlı olması sistemin etkinliğini olumsuz etkilemektedir. Demir yolu taşımacılığında ise vagon sayısının yetersizliği ve işletme hızının düşük olması, hatların eski ve çoğunlukla tek hatlı olması gibi yapısal sorunlar ön plana çıkmaktadır. Demir yolu istasyonlarında yük elleçleme faaliyetleri için gerekli alan ve ekipman eksikliği, taşımacılık sürecinin işleyişini kısıtlamaktadır. Demir yolu ile gerçekleştirilen taşımaların büyük ölçüde dökme yük üzerine yoğunlaşması ve taşınan ürünlerin çoğunlukla kamu kaynaklı olması, bu modun çeşitlenmesini sınırlandıran bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Deniz yolu taşımacılığında limanların kapasite bakımından sınırlı olması, hizmet maliyetlerinin yükselmesine neden olmakta; hava yolu yük taşımacılığında ise milli hava yolu kapasitesinin yeterli düzeyde olmaması ve kargo operasyonlarının ağırlıklı olarak yabancı firmalar tarafından yürütülmesi dikkat çekmektedir. Taşımacılık sektöründe deneyimli personel eksikliği, özellikle yönetim düzeyinde bilgi ve uzmanlık yetersizliği ile birleştiğinde sektörün kurumsal kapasitesini zayıflatmaktadır. Ayrıca bilgi teknolojileri (BT) kullanım oranlarının düşük olması, lojistik süreçlerin dijitalleşmesini ve verimlilik artışını sınırlayan önemli bir faktör olarak görülmektedir.

Belirtilen zayıf yönlerle karşın Türkiye’nin Asya ile Avrupa arasında köprü konumunda bulunması, iş gücü maliyetlerinin düşük olması, pazar potansiyeli, dış ticaret hacmindeki artış eğilimi ve geniş araç filosu ülkenin lojistik sisteminin güçlü yönleri arasında yer almaktadır (Bulut, 2018, s. 52). Bu güçlü yönlerin, Türkiye’de faaliyet gösteren köklü işletmelere stratejik bir avantaj yaratacak biçimde aktarılması gerektiği değerlendirilmektedir. Bağlantılı olarak,

farklı taşıma türlerinin avantajlarının bütüncül şekilde kullanılması ve mevcut zayıflıkların giderilmesine yönelik planlamaların yapılması önem taşımaktadır. Çok modlu taşımacılığa geçişin rekabet gücü ve maliyet etkinliği açısından sağladığı katkıların büyük ölçekli firmalara açıklanması, lojistik sistemin geliştirilmesi bakımından temel bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye’de seçilmiş lojistik merkezlere ait 2019–2023 dönemini kapsayan ikincil veriler kullanılmıştır. Veriler, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) faaliyet raporları ve lojistik merkez istatistiklerinden elde edilmiştir. Analiz sürecinde veriler Microsoft Excel ortamında düzenlenmiş ve analiz edilmiştir. Lojistik merkezlerin altyapı kapasitesini temsil eden İstasyon Yol Sayısı ve Lojistik Merkez Alanı ile operasyonel göstergeler olan Elleçlenen Vagon Sayısı, Yurtiçi ve Yurtdışı Taşınan Yük Miktarları temel değişkenler olarak ele alınmıştır. Lojistik merkezlerinin performansı, 2019-2023 dönemine ait seçilen göstergelerin aritmetik ortalamaları esas alınarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, altyapının kullanım etkinliğini ölçmek amacıyla alan başına yük, yol verimliliği ve operasyonel verimlilik gibi türetilmiş göstergeler Excel’de hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, pivot tablolar ve grafikler aracılığıyla merkezler arası karşılaştırma ve yıllar itibarıyla değişim analizine tabi tutulmuştur. Buradan hareketle merkezlerin performans düzeyleri ortaya konulmuştur. Böylece bu yöntem, lojistik merkezlerin altyapı kapasitesi ile taşımacılık performansı arasındaki ilişkiyi betimleyici ve karşılaştırmalı bir yaklaşımla ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Tablo 6.1. Türkiye’de Seçilmiş Lojistik Merkezlerin Temel Girdi ve Çıktı Göstergeleri (2019–2023)

Yıl	İstasyon	Yol İstasyon Sayısı	Lojistik Merkezin Alanı	Lojistik Merkezde Çalışan Personel Sayısı	Lojistik Merkezde Elleçlenen Vagon Sayısı	Yurtiçinde Taşınan Yük Miktarı (Ton)	Yurtdışına Taşınan Yük Miktarı (Ton)	Yıl Beş Boyunca Yıllara Göre Taşınan Toplam Yük Miktarı (Ton)
2019	Halkalı	62	220000		17668	31963,901	564848,86	596812,76
2019	Köseköy	5	65000		8719	278260,97	7437,357	285698,33
2019	Hasanbey	7	541000		1896	53760,462	12026,57	65787,032
2019	Gökköy	29	247000		6379	207989,07	0,01	207989,07
2019	Kaklık	13	120000			78155,907	930,221	79086,128
2019	Uşak	10	140000		681	28025,085		28025,085
2019	Palandöken	62	350000		1659	51799,463	43,511	51842,974
2019	Gelemen	11	680000					
2019	Türkoglu	4	805000		5396	102639,82		102639,82
2019	Yenice	17	398000		32143	1205322,5	2621,873	1207944,4
2019	Kars	18	350000					

TÜRKİYE’DE LOJİSTİK MERKEZLERİN GELİŞİMİNDE ALTYAPI VE ÇOK MODLU TAŞIMACILIĞIN ROLÜ: KAVRAMSAL BİR İNCELEME VE TÜRKİYE ÖRNEĞİ

2019	Kayacık	17	1000000					
2020	Halkalı	62	220000	133	21285	15134,186	766056,92	781191,1
2020	Köseköy	5	65000	64	9369	229926,86	57753,197	287680,05
2020	Hasanbey	7	541000	221	2689	74111,626	9145,794	83257,42
2020	Gökköy	29	247000	130	4490	150669,17	45,3	150714,47
2020	Kaklık	13	120000	2944	40	88125,33	8679,025	96804,355
2020	Uşak	10	140000	37	711	28143,365	12,45	28155,815
2020	Palandöken	62	350000	53	3613	130901,06	423,358	131324,42
2020	Gelemen	11	680000	79				
2020	Türkoğlu	4	805000	2	9844	276011,29	896,697	276907,98
2020	Yenice	17	398000	7	34091	1248101,2	10342,153	1258443,4
2020	Kars	18	350000	42				
2020	Kayacık	17	1000000	6				
2021	Halkalı	62	220000	127	25813	28568,568	923579,51	952148,08
2021	Köseköy	5	65000	9	14009	294364,38	149285,1	443649,48
2021	Hasanbey	7	541000	204	4503	122000,35	3487,183	125487,54
2021	Gökköy	29	247000	127	4303	170577,97	52,72	170630,69
2021	Kaklık	13	120000	1876	37	49628,25	10439,905	60068,155
2021	Uşak	10	140000	35	654	24869,186	99,858	24969,044
2021	Palandöken	62	350000	52	4502	169596,94		169596,94
2021	Gelemen	11	680000	78	16697	643159,27		643159,27
2021	Türkoğlu	4	805000	3	9992	434635,29	8946,75	443582,04
2021	Yenice	17	398000	6	34381	1245329,5	5486,35	1250815,9
2021	Kars	18	350000	37	788	23860,443	1139,17	24999,613
2021	Kayacık	17	1000000	7	4048	99075,917	6007,873	105083,79
2022	Halkalı	62	220000	154	30435	26783,829	1128296,6	1155080,5
2022	Köseköy	5	65000	6	14846	312987,09	175506,36	488493,45
2022	Hasanbey	7	541000	196	5616	161689,35	7960,891	169650,24
2022	Gökköy	29	247000	122	3147	143630,91	0,01	143630,91
2022	Kaklık	13	120000	1443	40	28097,565	21304,097	49401,662
2022	Uşak	10	140000	36	514	17904,499	151,1	18055,599
2022	Palandöken	62	350000	50	5036	190792,5	408	191200,5
2022	Gelemen	11	680000	73	18980	711853,66	12421,483	724275,14
2022	Türkoğlu	4	805000	3	7060	279422,35	9004,107	288426,46
2022	Yenice	17	398000	225	29541	1085917,3	6652,026	1092569,3
2022	Kars	18	350000	43	1505	45326,129	798,555	46124,684
2022	Kayacık	17	1000000	7	17860	432670,28	21848,606	454518,88
2023	Halkalı	62	220000	151	25825	19304,184	937891,66	957195,84
2023	Köseköy	5	65000	7	16147	353764,68	112984,2	466748,88
2023	Hasanbey	7	541000	181	4142	106043,27	11279,402	117322,68

2023	Gökköy	29	247000	121	3744	161048,39	1985,24	163033,63
2023	Kaklık	13	120000	612	44	11462,845	5330,167	16793,012
2023	Uşak	10	140000	38	359	13978,764		13978,764
2023	Palandöken	62	350000	52	2912	107009,7	3,958	107013,65
2023	Gelemen	11	680000	84	29335	1044156,5	7303,187	1051459,6
2023	Türkoğlu	4	805000	3	2885	97836,924		97836,924
2023	Yenice	17	398000	229	45153	1913404,4	1903,274	1915307,7
2023	Kars	18	350000	39	1550	57136,114	43,538	57179,652
2023	Kayacık	17	1000000	6	20651	525392,14	5831,611	531223,75

Tablo 6.1’de lojistik merkezlere ait istasyon yol sayısı, lojistik merkez alanı, çalışan personel sayısı, elleçlenen vagon sayısı ile yurtiçi, yurtdışı ve toplam taşınan yük miktarları sunulmaktadır. Bu göstergeler, lojistik merkezlerin hem altyapı kapasitesini hem de taşımacılık faaliyetlerinin ölçeğini ortaya koymaktadır. Tablo incelendiğinde Halkalı, Yenice ve Gelemen lojistik merkezlerinin istasyon yol sayısı ve taşınan toplam yük miktarı bakımından diğer merkezlere kıyasla belirgin biçimde öne çıktığı görülmektedir. Bu merkezlerin hem yüksek altyapı kapasitesine sahip olmaları hem de demiryolu ağlarına güçlü şekilde entegre olmaları, taşımacılık hacimlerinin yüksek olmasında etkili olmaktadır. Buna karşılık Kaklık, Uşak ve Kars gibi merkezlerde istasyon yol sayısının sınırlı olması ve taşınan yük miktarlarının görece düşük seviyelerde kalması, altyapı kapasitesi ile taşımacılık performansı arasındaki ilişkiyi açık biçimde göstermektedir. Ayrıca bazı merkezlerde personel sayısındaki artışa rağmen taşınan yük miktarlarının aynı ölçüde artmaması, lojistik merkez performansının yalnızca işgücüyle değil altyapı ve operasyonel organizasyonla da doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 6.2. Lojistik Merkezlerde Verimlilik Göstergeleri (Alan, Yol ve Operasyonel Verimlilik)

Yıl	Merkez	Alan Başına Yük	Yol Verimliliği	Operasyonel Verimlilik
2019	Halkalı	2,7127853	9626,0123	33,779305
2019	Köseköy	4,3953588	57139,665	32,7673271
2019	Hasanbey	0,1216026	9398,1474	34,6978017
2019	Gökköy	0,842061	7172,037	32,6052789
2019	Kaklık	0,6590511	6083,5483	
2019	Uşak	0,2001792	2802,5085	41,1528414
2019	Palandöken	0,1481228	836,177	31,2495322
2019	Gelemen			
2019	Türkoğlu	0,1275029	25659,954	19,0214635
2019	Yenice	3,0350362	71055,554	37,5803259
2019	Kars			

**TÜRKİYE’DE LOJİSTİK MERKEZLERİN GELİŞİMİNDE ALTYAPI VE ÇOK
MODLU TAŞIMACILIĞIN ROLÜ: KAVRAMSAL BİR İNCELEME VE TÜRKİYE
ÖRNEĞİ**

2019	Kayacık			
2020	Halkalı	3,5508686	12599,856	36,7014847
2020	Köseköy	4,425847	57536,011	30,7055239
2020	Hasanbey	0,1538954	11893,917	30,9622239
2020	Gökköy	0,61018	5197,0507	33,5666973
2020	Kaklık	0,806703	7446,4888	2420,10888
2020	Uşak	0,201113	2815,5815	39,6003024
2020	Palandöken	0,3752126	2118,1358	36,3477498
2020	Gelemen			
2020	Türkoğlu	0,3439851	69226,996	28,1296203
2020	Yenice	3,161918	74026,08	36,9142402
2020	Kars			
2020	Kayacık			
2021	Halkalı	4,3279458	15357,227	36,8863781
2021	Köseköy	6,8253766	88729,896	31,6688901
2021	Hasanbey	0,2319548	17926,791	27,867541
2021	Gökköy	0,6908125	5883,8169	39,6538901
2021	Kaklık	0,500568	4620,6273	1623,46365
2021	Uşak	0,1783503	2496,9044	38,1789664
2021	Palandöken	0,4845627	2735,4345	37,6714658
2021	Gelemen	0,9458225	58469,024	38,5194507
2021	Türkoğlu	0,5510336	110895,51	44,393719
2021	Yenice	3,1427535	73577,405	36,381021
2021	Kars	0,0714275	1388,8674	31,7253972
2021	Kayacık	0,1050838	6181,3994	25,9594343
2022	Halkalı	5,2503658	18630,33	37,952373
2022	Köseköy	7,5152838	97698,689	32,9040447
2022	Hasanbey	0,3135864	24235,748	30,2083757
2022	Gökköy	0,5815017	4952,79	45,6405812
2022	Kaklık	0,4116805	3800,1278	1235,04155
2022	Uşak	0,1289686	1805,5599	35,1276245
2022	Palandöken	0,5462872	3083,8791	37,9667401
2022	Gelemen	1,0651105	65843,194	38,1599124
2022	Türkoğlu	0,3582937	72106,615	40,8536062
2022	Yenice	2,7451491	64268,784	36,9848459
2022	Kars	0,1317848	2562,4824	30,6476306
2022	Kayacık	0,4545189	26736,405	25,4489856
2023	Halkalı	4,3508902	15438,643	37,0646986
2023	Köseköy	7,180752	93349,776	28,9062291

2023	Hasanbey	0,2168626	16760,382	28,3251268
2023	Gökköy	0,6600552	5621,8494	43,5453077
2023	Kaklık	0,1399418	1291,7702	381,659364
2023	Uşak	0,0998483	1397,8764	38,9380613
2023	Palandöken	0,3057533	1726,0267	36,749194
2023	Gelemen	1,5462642	95587,24	35,8431785
2023	Türkoğlu	0,1215366	24459,231	33,9122787
2023	Yenice	4,8123308	112665,16	42,4181709
2023	Kars	0,1633704	3176,6473	36,8900981
2023	Kayacık	0,5312238	31248,456	25,7238755

Tablo 6.2’de lojistik merkezler için hesaplanan alan başına yük, yol verimliliği ve operasyonel verimlilik göstergeleri yer almaktadır. Alan başına yük, lojistik merkez alanının ne ölçüde etkin kullanıldığını; yol verimliliği, demiryolu altyapısının kapasite kullanım düzeyini; operasyonel verimlilik ise vagon başına düşen yük miktarını ifade etmektedir. Tablo sonuçları, lojistik merkezler arasında verimlilik açısından önemli farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Köseköy ve Yenice lojistik merkezleri, görece sınırlı alanlara sahip olmalarına rağmen yüksek yol verimliliği değerleriyle dikkat çekmektedir. Bu durum, söz konusu merkezlerde demiryolu altyapısının yoğun ve etkin bir şekilde kullanıldığını göstermektedir. Buna karşılık alan büyüklüğü yüksek olan bazı merkezlerde alan başına yük değerlerinin düşük kalması, altyapı yatırımlarının her zaman otomatik olarak yüksek performansa dönüşmediğini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, lojistik merkezlerin gelişiminde altyapı kapasitesi kadar altyapının planlama, işletme ve entegrasyon düzeyinin de belirleyici olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, lojistik merkez performansının yalnızca altyapı büyüklüğüne bağlı olmadığını, altyapının etkin kullanımı ve çok modlu taşımacılık entegrasyonunun belirleyici olduğunu göstermektedir. Özellikle demiryolu bağlantısı güçlü merkezlerin daha yüksek performans göstermesi, intermodal taşımacılığın lojistik sistem verimliliğini artırdığına ilişkin literatürü desteklemektedir. Türkiye özelinde değerlendirildiğinde ise lojistik merkezler arasındaki performans farklılıklarının planlama, işletme ve altyapı kullanım düzeylerinden kaynaklandığı görülmektedir.

Tablo 6.3. Lojistik Merkezlere Göre Ortalama Taşınan Yük ve Verimlilik Göstergeleri

İstasyon	Ortalama Beş Yıl Boyunca Yıllara Göre Taşınan Toplam Yük Miktarı (Ton)	Ortalama Alan Başına Yük	Ortalama Yol verimliliği
----------	--	-----------------------------	-----------------------------

**TÜRKİYE’DE LOJİSTİK MERKEZLERİN GELİŞİMİNDE ALTYAPI VE ÇOK
MODLU TAŞIMACILIĞIN ROLÜ: KAVRAMSAL BİR İNCELEME VE TÜRKİYE
ÖRNEĞİ**

Gelemen	806298,0153	0,711439425	43979,89175
Gökköy	167199,755	0,676922085	5765,508793
Halkalı	888485,6504	4,038571138	14330,41372
Hasanbey	112300,9804	0,20758037	16042,9972
Kaklık	60430,6624	0,503588853	4648,512492
Kars	42767,983	0,073316542	1425,599433
Kayacık	363608,8087	0,218165285	12833,25207
Köseköy	394454,0376	6,068523655	78890,80752
Palandöken	130195,6978	0,371987708	2099,93061
Türkoğlu	241878,6446	0,300470366	60469,66115
Uşak	22636,8614	0,161691867	2263,68614
Yenice	1345016,134	3,379437522	79118,59609
Genel Toplam	378722,5285	1,392641235	26822,40475

Tablo 6.3’te lojistik merkezlerin 2019–2023 dönemi için ortalama taşınan toplam yük miktarı, ortalama alan başına yük ve ortalama yol verimliliği değerleri sunulmaktadır. Bu tablo, merkezler arasında karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılmasına olanak sağlamaktadır. Tablo 6.3 incelendiğinde Yenice ve Halkalı lojistik merkezlerinin ortalama taşınan yük miktarı bakımından açık ara öne çıktığı görülmektedir. Köseköy lojistik merkezi ise yüksek yol verimliliği değeri ile altyapı kullanım etkinliği açısından dikkat çekmektedir. Buna karşılık Kars ve Uşak lojistik merkezlerinde hem taşınan yük miktarlarının hem de verimlilik göstergelerinin düşük seviyelerde kaldığı görülmektedir. Bu durum, lojistik merkezlerin bölgesel konumlarının, bağlantı olanaklarının ve çok modlu taşımacılığa entegrasyon düzeylerinin performans üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 6.4. Yıllara Göre Taşınan Toplam Yük ve Ortalama Operasyonel Verimlilik

Satır Etiketleri	Toplam Beş Yıl Boyunca Yıllara Göre Taşınan Toplam Yük Miktarı (Ton)	Ortalama operasyonel verimlilik
2019	2625825,612	
2020	3094478,98	

2021	4414190,517	167,6974835
2022	4821427,329	135,5780225
2023	5495094,099	64,16463189
Genel Toplam	20451016,54	367,4401

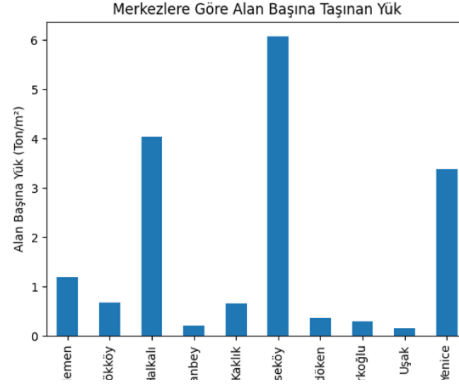
Tablo 6.4'te 2019–2023 döneminde yıllar itibarıyla taşınan toplam yük miktarı ile ortalama operasyonel verimlilik değerleri sunulmaktadır. Tablo, lojistik faaliyetlerin zaman içerisindeki gelişimini ve dalgalanmalarını ortaya koymaktadır. Tablo 6.4 sonuçlarına göre incelenen dönemde taşınan toplam yük miktarında belirgin bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. Özellikle 2021 yılından itibaren taşımacılık hacminde kayda değer bir yükseliş yaşanmıştır. Ancak aynı dönemde operasyonel verimlilik değerlerinin yıllar itibarıyla dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir. Bu durum, taşımacılık hacmindeki artışın her zaman aynı ölçüde operasyonel verimlilik artışıyla desteklenmediğini göstermektedir. Dolayısıyla lojistik merkezlerin gelişiminde kapasite artışlarının yanı sıra operasyonel süreçlerin iyileştirilmesi de önem taşımaktadır.



Şekil 6.1. İstasyon Yol Sayısı ile Taşınan Toplam Yük Arasındaki İlişki

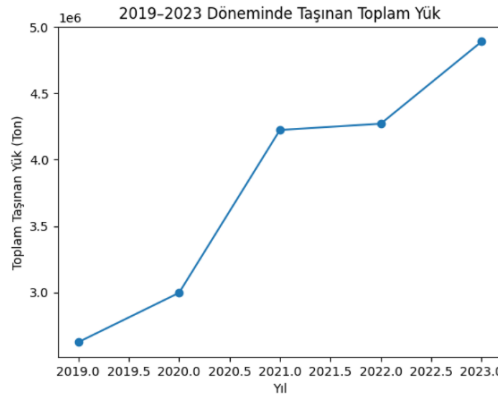
Şekil 6.1, lojistik merkezlerin istasyon yol sayısı ile taşınan toplam yük miktarı arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Grafik genel olarak istasyon yol sayısı arttıkça taşınan toplam yük miktarının da arttığını göstermektedir. Bu durum, demiryolu altyapı kapasitesinin lojistik merkezlerin taşıma performansı üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermektedir. Ancak bazı merkezlerde yol sayısının yüksek olmasına rağmen taşınan yük miktarının görece sınırlı kalması, altyapının etkin kullanımının en az altyapı büyüklüğü kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

TÜRKİYE’DE LOJİSTİK MERKEZLERİN GELİŞİMİNDE ALTYAPI VE ÇOK MODLU TAŞIMACILIĞIN ROLÜ: KAVRAMSAL BİR İNCELEME VE TÜRKİYE ÖRNEĞİ



Şekil 6.2. Lojistik Merkezlerde Alan Başına Taşınan Yük

Şekil 6.2’de lojistik merkezlerin alan başına taşınan yük değerleri sunulmaktadır. Grafik, merkezler arasında alan kullanım verimliliği açısından önemli farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Bazı merkezlerde sınırlı alanlara rağmen yüksek taşımacılık performansı elde edilirken, bazı merkezlerde geniş alanlara karşın verimlilik düzeylerinin düşük kaldığı görülmektedir. Bu bulgu, lojistik merkezlerin yalnızca fiziksel büyüklükleriyle değil, operasyonel organizasyonları ve bağlantı düzeyleriyle de değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 6.3. 2019–2023 Döneminde Taşınan Toplam Yükün Yıllara Göre Değişimi

Şekil 6.3, 2019–2023 döneminde taşınan toplam yük miktarının yıllar itibarıyla değişimini göstermektedir. Grafik, özellikle son yıllarda taşımacılık hacminde istikrarlı bir artış eğilimi olduğunu ortaya koymaktadır. Bu artış, Türkiye’de lojistik merkezlerin ve çok modlu taşımacılık altyapısının giderek daha etkin kullanıldığını göstermektedir. Ancak artan

taşımacılık hacmine paralel olarak verimlilik göstergelerinde aynı ölçüde bir artışın görülmemesi, lojistik merkezlerin sürdürülebilir gelişimi açısından operasyonel iyileştirmelerin önemini vurgulamaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye’de lojistik merkezlerin gelişiminde altyapı kapasitesi ve çok modlu taşımacılığın rolü kavramsal ve uygulamalı bir çerçevede incelenmiştir. Çalışma kapsamında lojistik merkezlerin yalnızca depolama ve taşıma faaliyetlerinin yürütüldüğü alanlar olmadığı; taşıma, depolama, elleçleme, gümrükleme ve katma değerli hizmetlerin bütünleşik biçimde gerçekleştirildiği stratejik lojistik düğüm noktaları hâline dönüştüğü görülmüştür. Küresel tedarik zincirlerinin giderek daha karmaşık bir yapıya dönüşmesi, lojistik merkezlerin ulaştırma sistemleri içerisindeki önemini artırırken, bu merkezlerin etkinliğinin yalnızca fiziksel altyapı büyüklüğüyle açıklanamayacağını ortaya koymuştur. İncelemede kullanılan 2019–2023 dönemi TCDD lojistik merkez verileri, altyapı kapasitesi ile taşımacılık performansı arasında doğrudan bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Özellikle istasyon yol sayısı, lojistik merkez alanı ve elleçlenen vagon sayısı gibi altyapı ve operasyonel göstergelerin taşınan toplam yük miktarı üzerinde belirleyici olduğu görülmüştür. Halkalı, Yenice ve Gelemen gibi demiryolu altyapısı güçlü ve çok modlu taşımacılık potansiyeli yüksek merkezlerin taşımacılık hacmi bakımından öne çıkması, demiryolu bağlantıları ile intermodal entegrasyonun lojistik merkez performansı açısından kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte bazı merkezlerde altyapı kapasitesinin yüksek olmasına rağmen alan başına yük ve operasyonel verimlilik göstergelerinin düşük kalması, altyapı yatırımlarının tek başına yeterli olmadığını ortaya koymaktadır. Bu durum, lojistik merkez performansında planlama, işletme modeli, operasyonel organizasyon ve altyapının etkin kullanım düzeyinin belirleyici olduğunu göstermektedir.

Analiz sonuçları, Türkiye’de taşımacılık hacminin yıllar itibarıyla artış eğiliminde olduğunu ortaya koyarken, operasyonel verimlilik göstergelerinde aynı ölçüde bir artışın gerçekleşmediği görülmüştür. Bu bulgu, lojistik merkezlerin gelişiminde niceliksel büyümenin yanında niteliksel iyileştirmelerin de gerekli olduğunu göstermektedir. Özellikle taşıma türleri arasındaki teknik ve kurumsal entegrasyon eksiklikleri, demiryolu altyapısındaki kapasite sorunları, liman bağlantılarındaki yetersizlikler ve operasyonel koordinasyon eksiklikleri, çok

TÜRKİYE’DE LOJİSTİK MERKEZLERİN GELİŞİMİNDE ALTYAPI VE ÇOK MODLU TAŞIMACILIĞIN ROLÜ: KAVRAMSAL BİR İNCELEME VE TÜRKİYE ÖRNEĞİ

modlu taşımacılığın etkin biçimde yaygınlaşmasını sınırlayan temel unsurlar arasında yer almaktadır. Türkiye’de çok modlu taşımacılığın gelişimini sınırlandıran yapısal sorunlar arasında; kara yolu taşımacılığında araçların verimsiz kullanımı ve yaşlı filo yapısı, demir yolu taşımacılığında tek hatlı altyapı, düşük işletme hızı, vagon ve ekipman eksikliği, deniz yolu taşımacılığında liman kapasite sorunları, hava yolu taşımacılığında ise milli kargo kapasitesinin sınırlı olması temel zayıf alanlar olarak öne çıkmaktadır. Buna rağmen Türkiye’nin Avrupa ile Asya arasında köprü konumunda bulunması, dış ticaret hacmi ve ulaştırma potansiyeli önemli avantajlar sunmaktadır. Bu avantajların stratejik rekabet gücüne dönüşebilmesi için taşıma türleri arasındaki entegrasyonun güçlendirilmesi gerekmektedir.

Çalışmada ele alınan matematiksel modelleme yaklaşımı, çok modlu taşımacılık süreçlerinde taşıma, aktarma ve depolama süreçlerinin bütünselik biçimde değerlendirilmesinin önemini ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, lojistik merkez etkinliğinin yalnızca tek bir taşıma moduna değil, modlar arası geçişlerin etkinliğine ve aktarma merkezlerinin operasyonel kapasitesine bağlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, lojistik merkez planlamasında fiziksel altyapının yanında operasyonel akış yönetimi ve koordinasyon mekanizmalarının da dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışma, Türkiye’deki lojistik merkezlerin performansının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine katkı sunmakta ve lojistik merkez planlamasına yönelik gelecekte yapılacak araştırmalar için bir referans çerçevesi oluşturmaktadır.

Sonuç olarak çalışma, Türkiye’de lojistik merkezlerin gelişiminin altyapı bütünlüğü ve çok modlu taşımacılık entegrasyonu ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Lojistik merkezlerin ulusal ve uluslararası taşımacılık ağlarında daha etkin rol üstlenebilmesi için altyapı yatırımlarının çok modlu taşımacılığı destekleyecek şekilde planlanması, mevcut altyapının kullanım etkinliğinin artırılması, teknik ve kurumsal entegrasyonun güçlendirilmesi ve lojistik merkezlerin işlevsellik temelli bir anlayışla yönetilmesi gerekmektedir. Ayrıca lojistik merkezlerin kritik altyapı niteliği taşıyan yapılar olarak değerlendirilmesi; güvenlik, süreklilik, dijitalleşme ve risk yönetimi boyutlarının planlama süreçlerine dâhil edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede Türkiye’nin transit ülke avantajını sürdürülebilir lojistik

rekabet gücüne dönüştürebilmesi, altyapı planlaması ile çok modlu taşımacılık hedeflerinin uyumlu biçimde yürütülmesine bağlıdır.

TÜRKİYE'DE LOJİSTİK MERKEZLERİN GELİŞİMİNDE ALTYAPI VE ÇOK MODLU TAŞIMACILIĞIN ROLÜ: KAVRAMSAL BİR İNCELEME VE TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Kaynakça

- Alattar, M.A., (2003). *Multiobjective optimization for intermodal container freight terminals: Mathematical modeling of transport and operations* (Doctoral dissertation, University of Southern California).
- Babacan, M. (2003). Lojistik sektörünün ülkemizdeki gelişimi ve rekabet vizyonu. *Ege Academic Review*, 3(1), 8–15.
- Barbanova, K. (2015). *Türkiye ihracatında multimodal taşımacılık: İhracat yüklerinin Romanya Constanta Limanı üzerinden Avrupa'ya dağıtım örneği* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Aydın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Bish, E. K., Chen, F. Y., Leong, Y. T., Nelson, B. L., Cheong, J. W., & Levi, D.S. (2005). Dispatching vehicles in a mega container terminal. *OR Spectrum* 27, 491-506.
- Bruzzzone, A. & Signorille, R. (1998). Simulation and genetic algorithms for ship planning and shipyard layout. *Simulation*, 71(2), 74-83.
<https://doi.org/10.1177/003754979807100202>
- Bulut, G. (2018). *Türkiye Avrupa arası çok modlu taşımacılık uygulamaları ve incelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Castilho, B. D. & Daganzo, C. F. (1993). Handling strategies for import containers at marine terminals. *Transportation Research Part B: Methodological*, 27(2), 151-166.
- Çelik, A. (2023). *Lojistik merkezlerin yönetim yapılarının oluşumunda işletmelerin etkisi: Konya örneği* (Yayımlanmamış doktora tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Dünya Bankası. (2016). *Rekabet için bağlanma 2016: Küresel ekonomide ticaret lojistiği- Lojistik Performans Endeksi (LPI)*. Dünya Bankası.
- Kim, K.H., & Bae, J.W. (2004). A Look-ahead dispatching method for automated guided vehicles in automated port container terminals. *Transportation Science* 38(2), 224–234.

- Mesutoğulları, T. D. (2024). *Küresel tedarik yapısının kurulmasını destekleyen faktörlerin belirlenmesi için ölçek geliştirme çalışması* (Yayımlanmamış doktora tezi). Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Newman, A. M., & Yano, C. A. (2000). Scheduling direct and indirect trains and containers in an intermodal setting. *Transportation Science*, 34(3), 256–270.
- Ng, W. C., Mak & K. L. (2005). Yard crane scheduling in port container terminals. *Applied Mathematical Modelling*. 29(3), 263–276.
- Özgüner, Z. (2019). *Üretim işletmelerinin lojistik faaliyetlerinde süreçsel etkinliğin başarı dinamikleri*. Hiperlink Yayınları.
- Rodrigue, J. P., Debie, J., Fremont, A. & Gouveral, E. (2010). Functions and actors of inland ports: European and North American dynamics. *Journal of Transport Geography*, 18 (4), 519-529.
- Tanyaş, M. (2020). Kentsel lojistik ve lojistik merkezler [Yayımlanmamış ders notları]. Maltepe Üniversitesi. <https://www.slideshare.net/slideshow/05-kentsellojistikvelojistikmerkezler/35581476>
- Tanyaş, M., Güngör, S. & Çopur, M. (2013). *Karabük ili lojistik merkez ön fizibilite raporu*. Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı (BAKKA).
- T.C. Devlet Demir Yolları Genel Müdürlüğü (t.y.). *Lojistik Merkezler*. TCDD. <https://www.tcdd.gov.tr/kurumsal/lojistik-merkezler>. Erişim Tarihi: 27.11.2025.
- Wilson, I. D., Roach, P. A., & Ware, J. A. (2001). Container stowage pre-planning: Using search to generate solutions a case study. *Knowledge Based Systems*, 14(3-4), 137-145. [https://doi.org/10.1016/S0950-7051\(01\)00090-9](https://doi.org/10.1016/S0950-7051(01)00090-9)
- Zhang C., Liu J., Wan Y., Murty K. G. & Linn R. J. (2003). Storage space allocation in container terminals. *Transportation Research Part B: Methodological*, 37(10), 883- 903.
- Zhang, C., Wan, Y., Liu, J., & Linn, R. J. (2002). Dynamic crane deployment in container storage yards, *Transportation Research Part B: Methodological*, 36 (6), 537–555.