



SOĞUK HAVA DEPOLARININ TALEP BAZLI YER SEÇİMİ YAKLAŞIMINDA KÜTLE DENGELİ ERİŞİBİLİRLİK MODELİ: İZMİR ÖRNEĞİ

Kemal Yasin GÖKA¹, Görkem GÜLHAN^{2*}, OLCAY POLAT³

¹Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, Türkiye

²Pamukkale Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Denizli, Türkiye

³Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Yer Seçimi,
Erişilebilirlik,
Soğuk Hava Deposu,
Kentsel Lojistik Plan,
İzmir.

Öz

Isıya duyarlı ürünlerin üretimi ve tüketimi arasındaki sürenin uzaması halinde duraklı bir zincir lojistik yapısına ihtiyaç duyulur. Bu yapı genel olarak üretim-taşıma-depolama-taşıma-tüketim şeklinde gerçekleşen zincirde soğuk hava depolarının ara durak düğümlerini üstlendiği sistemlerdir. İki taşıma süreci arasında kalan bir tesisin bulunduğu konum dolayısı ile taşıma maliyetlerini, ürün tazeliğini, ulaşım süresini, erişilebilirliği doğrudan etkilemektedir. Soğuk hava depolarının mekansal planlamaları genellikle mikro ölçekte üretim ve tüketim bölgelerinin arasında bulunan ve çeşitli çevresel dinamikler nedeniyle seçilen bir konumdan oluşmaktadır. Ancak bu dinamikler arasında trafik bazlı erişilebilirlik ve talep dengesini sağlayan bütünsel bir çerçevenin eksikliği problemi seyahat süresi ve talep dalgalanmalarının gerçekçiliğinden uzaklaştırabilmektedir. Bu çalışmada gıda taşımacılığında soğuk zincir verimliliğini artırmak amacıyla İzmir Sürdürülebilir Kentsel Lojistik Planı kapsamında gerçekleştirilen trafik ataması verilerinden yararlanılmıştır. Soğuk hava depoları yer seçim kriterlerinde trafik bazlı erişilebilirlik ve talep ölçütleri kullanılarak stratejik yer seçimi yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşım ürün ve taşıma türlerinden oluşturulan koridorlarda tampon bölgelerin belirlenmesi ile elde edilmiştir.

MASS BALANCED ACCESSIBILITY MODEL IN DEMAND-BASED SITE SELECTION APPROACH OF COLD STORAGES: THE EXAMPLE OF IZMIR

Keywords

Site Selection,
Accessibility,
Cold Storage,
Urban Logistic Plan,
İzmir.

Abstract

If the time between the production and consumption of heat-sensitive products is prolonged, a chain logistics structure with stops is needed. This structure is the system in which the cold storages undertake the intermediate stops in the chain, which generally takes place in the form of production-transport-storage-transport-consumption. The location of a facility between two transportation processes directly affects transportation costs, product freshness, transportation time, and accessibility. Spatial planning of cold storage usually consists of a location between micro-scale production and consumption zones and is chosen due to various environmental dynamics. However, the lack of a holistic framework that balances traffic-based accessibility and demand among these dynamics can distract the problem from the realism of travel time and demand fluctuations. In this study, in order to increase the cold chain efficiency in food transportation, the traffic assignment data carried out within the scope of the Izmir Sustainable Urban Logistics Plan was used. A strategic location selection approach has been proposed by using traffic-based accessibility and demand criteria in cold storage location selection criteria. This approach has been achieved by determining buffer zones in corridors formed from product and transport types.

Alıntı / Cite

Göka, K.Y., Gülhan, G., Polat, O. (2023). Soğuk Hava Depolarının Talep Bazlı Yer Seçimi Yaklaşımında Kütle Dengeli Erişilebilirlik Modeli: İzmir Örneği, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11 (2), 807-823.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

K. Y. GÖKA-0000-0002-5629-3223
G. GÜLHAN-0000-0003-2715-0984
O. POLAT-0000-0003-2642-0233

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	17.01.2023
Revizyon Tarihi / Revision Date	20.03.2023
Kabul Tarihi / Accepted Date	03.04.2023
Yayın Tarihi / Published Date	28.06.2023

* İlgili yazar / Corresponding author: ggulhan@pau.edu.tr, +90-535-218-48-16

MASS BALANCED ACCESSIBILITY MODEL IN DEMAND-BASED SITE SELECTION APPROACH OF COLD STORAGES: THE EXAMPLE OF IZMIR

Kemal Yasin GÖKA¹, Görkem GÜLHAN^{2*}, OLCA Y POLAT³

¹ Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, Türkiye

² Pamukkale Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Denizli, Türkiye

³ Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye

Highlights (At least 3 and maximum 4 sentences)

- Determination of freight movements
- Generating cold storage access buffer zones
- Proposition of cold storage locations

Purpose and Scope

In this study, in order to increase the cold chain efficiency in food transportation, the traffic assignment data carried out within the scope of the Izmir Sustainable Urban Logistics Plan was used. A strategic location selection approach has been proposed by using traffic-based accessibility and demand criteria in cold storage location selection criteria. This approach has been achieved by determining buffer zones in corridors formed from product and transport types.

Design/methodology/approach

A 5-step method has been developed to achieve the goals. Step 1 is the information gathering phase. With the information obtained in Step 2, the logistics Integrated Motion Model (BHM) was established. In Step 3, it was ensured that the high-scale needs and dense regions within the scope of agricultural products were determined. Step 4 includes site selection decisions. Step 5 is the conclusion and evaluation phase.

Findings

In this study, a Regional Scale Accessibility Based Strategic Site Selection approach has been proposed in the type of food products related to Cold Storage, which has an important position in Cold Chain Logistics. Since the Integrated Movement Model, which is determined as the demand model, can represent both passenger and freight movements in the same network, it has been possible to present realistic analyzes in current and future forecasts. As a result of the calculations, the curtain lines and the Mass Balanced Accessibility Model proposed within the scope of the study and the location selection in the Cold Storage Rooms were carried out on a volume-based regional scale. In this sense, it is clear that the proposed model will provide high consistency in the volume-dependent variables of site selection.

Originality

In this study, the locations of cold storage warehouses were not determined heuristically or based on expert opinions, contrary to what is known in the literature. The locations were determined by prioritizing freight movements and accessibility constraints by proposing as buffer zones, not points.

1. Giriş (Introduction)

Soğuk zincir sisteminin ilk hedeflerinden birisi gıda, kimya, tıp ve çiçekçilik gibi ısıya duyarlı ürün alanlarında tazeliğin korunmasıdır. Tüketicinin kısa vadede gerçekleşmesi halinde iklimlendirme ve ısı muhafaza sistemlerine sahip araçlar ve ürünler kullanılabilir. Ancak hızlı ve güçlü tüketim alışkanlıklarının yaygınlaşması, dijital olanakların ve elektronik ticaretin artması sonucunda bu ürünlere erişim imkanlarının geliştirilmesi soğuk hava depoları ile mümkün olmaktadır. Soğuk hava depoları tasarımı ilk sırada gelen yer seçimi konusu sürecin verimini doğrudan etkilemektedir. Tesis yer seçimi problemi altında değerlendirilen konu pek çok bilim alanı ile etkileşim içerisinde bulunan disiplinler arası bir yapıdır. Yer seçimi, güvenlik, erişilebilirlik, maliyet ve verimlilik gerekçeleri ile askeri alanlar, hastaneler, endüstriyel bölgeler, enerji santralleri, okul binaları, elektrik şarj istasyonu vb. için sistematik bir yaklaşım çerçevesi içinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yaklaşım etki etmesi öngörülen faktörlerin belirlenmesi ve yer seçim gerekçelerinin önceliklendirilmesini içermektedir. Kentlerde soğuk hava depolarının yer seçim kriterlerindeki gerekçeler noktasal konum, ürün hacmi, yatırım maliyeti, arazi kullanımı vb. unsurlar olarak değişmektedir. Ulaşım ise genelde yola yakınlık ve üretim ile tüketim noktası arasında noktasal uzaklık açısından ele alınmaktadır. Erişilebilirlik ölçütlerinin soğuk hava tesislerinin yer seçim kriterleri içerisinde trafikten ve talep değişkenlerinden bağımsız bir şekilde kullanılması bu yapıların verimliliklerinde isabet oranını düşürebilmektedir. Bu yaklaşımda kullanılan noktasal mesafe süreden bağımsız olduğundan çok modlu kent trafiğinin oluşturacağı olumsuz etkenler göz ardı edilmektedir. Trafik parametreleri bir lojistik sistemde seyahat süreleri ve rota planlamasına doğrudan etki ederler. Dolayısı ile büyük ve orta ölçekte yer seçiminin kent trafiği ve rota planlamalarından bağımsız düşünülmemesi gerekmektedir.

2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Bir soğuk hava deposu veya soğuk zincir lojistik merkezinin yer seçim kriterleri problemin iç dinamiklerinin bölgesel olarak araştırılmasını gerekli kılar. Geleneksel yöntemlerde soğuk hava deposu yer seçimi ulaşım giderleri ve mesafe ölçümüne göre yapılmaktadır (Liu ve Ren (2017)). Ancak mesafeye bağlı ölçütler tek başına yeterli olmamaktadır. Bu nedenle yer seçimi hesaplamalarında kullanılmak üzere bir çok kriter önerilmiştir. Bu kriterler ana gereksinimleri karşılamak adına yeni bir depo bölgesi geliştirilirken üretim alanı, ana yoldan uzaklık, talep ve elektrik tesisleri (Hiremath ve diğ. (2012) olarak düşünülebilir. Kriterler ekonomik ve çevresel olarak sınıflandırıldığında ise daha detaylı sonuçlar elde etmek mümkündür. Ekonomik faktörler; sabit ürün yatırımı, taze ürünlerin perakende cirosu, yük hacmi ve vergi oranları, sosyal faktörlerde politika destekleri, HR koşulları, lojistik gelişim durumları, kentsel ekonomik gelişim durumları olarak ele alınabilir. Çevresel faktörler, trafik gelişimi ve arazi fiyatları (Liu ve Ren (2017)) olarak değerlendirilebilir. Konum ise diğer tüm değişkenlerle bağlantılıdır. Dolayısı ile yer seçiminde mekansal kısıtlardan bahsedilebilir. Bunlar; mevcut soğuk hava deposu, mahsül haritası, ulaştırma, tarım marketleri, arazi kullanımı, elektrifikasyon, yeraltı suyu, yükseklik, deprensellik, su yolları, kumlu zemin, drenaj, yerleşim alanı, eğim, yol ağına yakınlık, tarım alanına yakınlık (Upadhyay ve Bhattacharya (2020)) olarak değişebilir. Konum aynı zamanda planlama amaçlarının da belirlenmesi ve önceliklendirmesini sağlayacaktır. Liu ve Fan (2018) soğuk zincir parkı olarak tanımladıkları alanı kar elde etmek için ilk ve en önemli adım olarak anlamlandırmıştır. Zhang ve diğ. (2021) ise tüm soğuk zincir ağının karbon emisyonu değerini düşürmek için optimum dağıtım merkezi yer seçimi üzerinde durmuştur.

Soğuk hava depoları yer seçimi probleminde kriterler artırılıp azaltılabilir. Young (1997) soğuk hava depolarında ilk yerleşimin temel aldığı bilgilerin her zaman bir dereceye kadar eksik kalacağından bahsetmiştir. Dolayısı ile yer seçimindeki amaç verimin mümkün olabildiğince artırılmasıdır. Bu da kriter seçimi ve planlama aşamalarının doğru tasarımı ile mümkündür. Bu konuda nitel ve nicel yöntemler tek başına kullanılabileceği gibi genellikle karma olarak kullanılır. Doğrudan karar vericinin veya uzmanın insiyatifi nitel yöntem olarak değerlendirilebilir. Ancak uzman görüşleriyle genellikle kriter belirleme, ağırlıklandırma aşamalarında fikir birlikçi ve nicel yöntemlere eşlikçi bir yaklaşım oluşturmak amaçlanır (Joshi ve diğ. 2011, Liu ve Ren. 2017, Kamali ve diğ. 2015). Kriterler yer seçimi probleminin çözümünde belirleyici rol oynadığından çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılan başlıca yöntemler arasında gelmektedir. Çok kriterli karar verme yöntemleri birbirleri ve GPS teknolojileri ile birleştirilerek kullanılabilir. Soğuk hava depolarının yer seçimi ve soğuk zincir verimliliği ölçütlerinde sıkça kullanılan çok ölçütlü karar verme sistemleri; Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process (AHP)) (Hassan ve diğ. 2020, Singh ve diğ. 2018, Liu ve Ren. 2017), İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sıralaması Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)) (Singh ve diğ. 2018, Jia ve Yang. 2012, Han 2020, Wang ve diğ. 2015), Kapsamlı Bulanık Gelişme (Fuzzy Comprehensive Evaluation (FCE)) (Jian ve Jing 2018, Dong 2020), Veri Kaplama Analizi (Data Envelopment Anaysis) (Mingfei ve Ting. 2011, Cao ve diğ. 2017) olarak değişmiştir. Liu ve Fan (2018) soğuk park alanlarının yer seçim modellerinde çok ölçütlü karar verme sistemleri kullanılmaktaysa da bu yöntemlerin operasyonel, öznel, uyumsuzluk ve ekonomi alanlarında farklı kullanımlarının ve eksikliklerinin olduğundan bahsetmişlerdir.

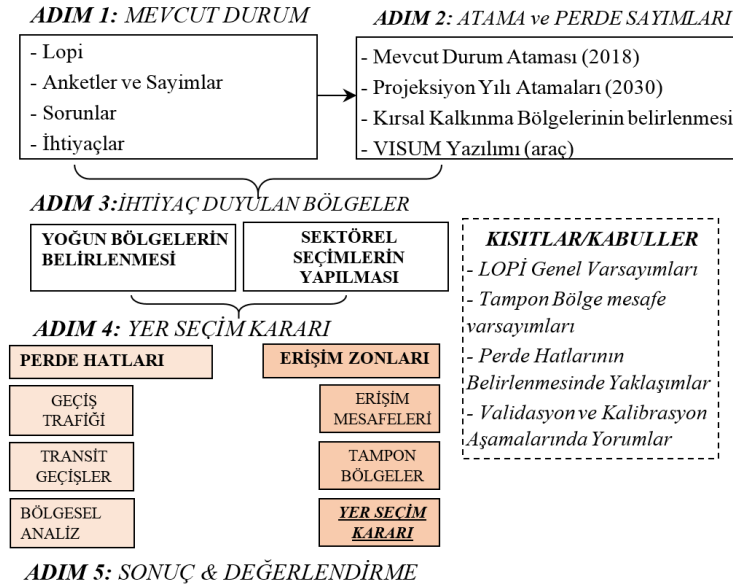
Soğuk hava depoları çeşitli kullanım alanlarına sahip olduğundan yer seçimi ve zincir lojistiği verimliliğinin ölçümü birçok durumda hedef ürün grubunun tanımlanması ile başlar. Hiremath ve diğ. (2012) Hindistan'ın Banaskantha bölgesinde üretilen patates ürünü ile ilgili olarak neredeyse tüm soğuk depoların tüketim marketlerine yakın yerlerde olduğundan bahsetmiştir. Yeni bir depo bölgesi geliştirilirken faktörler ise üretim alanı, ana yoldan uzaklık, talep ve elektrik tesisleri olarak ele alınmıştır. Viswanadham (2006, akt. Joshi ve diğ. (2011)) Hindistan'da taze meyve ve sebzelerin yaklaşık %35-40'ının sadece uygunsuz soğuk depo, kötü lojistik, tesirsiz soğuk zincir tesisleri ve diğer altyapı desteklerinin eksiklikleri yüzünden kayıp olduğundan bahsetmiştir. Dolayısı ile bir soğuk deponun sadece bulunduğu konum bahsi geçen bir veya birkaç parametre hakkında düzeltme önerebilecek nitelikte olabilir. Konum noktasal olabileceği gibi bölgesel olarak da ifade edilebilir. Noktasal konum önceden kriterlerde bahsedildiği üzere, ekonomik maliyet, su ve elektrik hattı, eğim vb. detaylar ile ilgiliyken, bölgesel konum daha çok erişilebilirlik ve verimliliği belirleyici rolü üstlenmektedir. Dolayısı ile yer seçimi problemlerinde bölgesel konumlar ve tampon bölgeler (Uyan 2013, Arkoc 2013, Şener ve diğ. 2006) sıklıkla kullanılmaktadır. Tampon bölgeler ara bölgedir. Bu bölgeler askeri literatürde tarafsız alan olabileceği gibi bir şehirde yeşil bant alanı olabilir. Dolayısı ile niteliklendirilmiş bölgesel alan olarak tanımlanabilir. Yer seçimi problemlerinde ise verimliliğin büyük ve orta ölçekli boyutları ile ilişkilidir. Soğuk zincir tesislerinin çevresel bağları ile gerçekleştirilen çalışma alanlarından biri de üretim-taşıma-depolama-taşıma-tüketim şeklinde gerçekleşen süreçte rota optimizasyonu (Chen ve diğ. 2021, Jiao ve diğ. 2021, Zhao 2020, Yuanguo ve Shengyu 2019) sağlamaktır. Bu yöntem de zincir yapısında bulunan tesislerin konumları ile doğrudan ilişkilidir. Üretim ve tüketim alanlarının konumları arz-talep ilişkisi içerisinde gelişmiş olduğundan rotalama var olan sistemler arasındaki yapıyı yönetmeye ve ara tesislerin verimini artırmaya yöneliktir.

Bir soğuk deponun soğuk zincir içerisindeki fiziksel ve operasyonel konumu verimliliği doğrudan belirleyici unsurlardan birisidir. Konum çevresel dinamikler ile beraber düşünülmelidir. Bu dinamikler arazi kullanımı, iş gücü, ekonomik faktörler gibi değişebilmektedir. Ancak sağlıklı bir planlama noktasal konumlamadan önce ürünün kendisinin ve ürün akış aksının hem mevcut durumda hem de gelecekte belirlenebilmesi ile alakalıdır. Çünkü mevcut ve gelecek durumdaki talebin kendisi arzı belirleyici temel unsurdur. Konu ile ilgili mevcut çalışmalar bahsi geçen çevresel dinamikleri içermekte ve hatta detaylandırmaktadır. Ancak bunlar problem bazlı sınırlandırılmış kriterleri kapsamaktadır. Ayrıca mekansal planlamaya yönelik ürün akış aksı ve rotalamaya yönelik aks trafiği unsurlarının mevcut ve gelecek değerler bazında bütüncül yaklaşımı eksik görülmüştür. Dolayısı ile çalışma kapsamında ürün talebi ve ağ trafiği dalgalanmalarının mevcut ve gelecek durumda görülebileceği, makro boyutta erişilebilirlik ve tampon bölgelerin kullanıldığı bütünsel bir stratejik yer seçimi yaklaşımı önerilmiştir.

3. Metodoloji ve Çalışma Alanı (Methodology and Study Field)

3.1. Metodoloji (Methodology)

Mevcut durumda çalışma bölgesi olarak belirlenen İzmir'de soğuk hava depoları şehrin çeşitli yerlerine dağılmış ve çoğunlukla şehir merkezine yakın, üretim alanlarından uzak konumda bulunmaktadır. Bu dağılık yapı literatür bölümünde bahsedilen soğuk zincir verimliliği yapısı üzerinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Dolayısı ile belirli tarım ürünlerine özel olarak yer seçimi çalışmaları öneri stratejik yaklaşım çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma uygulamaya dönük olduğundan, arazi maliyeti, eğim, su ve elektrik hatları vb. gibi bazı detayların elde edilmesi ilk aşamada gerekli görülmemiştir. Çünkü bu detayların hesaplanması ve depoların uygulamaya geçmesi arasında geçen sürede arazi kullanımları öngörülemez şekilde değişecektir. Dolayısı ile arazi belirlenmesi erişilebilirlik ve ürün akış dinamiklerinin makro boyutta baz alınması ile gerçekleştirilmiştir. Bu kriterlerin belirlenen amaçlara hizmet edebilmesi için Şehir'de gerçekleşen üretim ve tüketim yapısının bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle İzmir Sürdürülebilir Kentsel Lojistik Ana Planı'nda uygulanan veri toplama çalışmaları ve geliştirilen Bütünsel Hareket Modeli soğuk hava depolarının yer seçimi için önerilen yaklaşıma katkı sunmaktadır. Talep modeli hem lojistik araçları hem de ulaşım araçları için kurulduğundan önerilen yaklaşım trafik cinslerini ve rota sürelerini tutarlı bir biçimde değerlendirebilmektedir. Soğuk hava depolarında erişilebilirlik-talep dengesi stratejik yer seçimi yaklaşımı 5 adımda gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de çalışmanın akış seması gösterilmiştir.



Şekil 1. Akış Şeması (Flowchart)

Şekil 1’de gösterilen adımlar aşağıda detaylandırılmıştır.

Adım 1, bilgi toplanması aşamasıdır. Bu aşamada İzmir’de üretim-tüketim ve lojistik süreçlere ilişkin veriler toplanmıştır. Kurumlardan sosyo-ekonomik durum, yük ve üretim ilişkili arazi kullanımı, ulaşım altyapısı gibi bilgiler elde edilmiştir. Ardından mevcut durumda talep akışının belirlenebilmesi için yeni bilgiler kapsamında iş yeri anketleri, sürücü anketleri ve trafik sayımları ile hız etütleri gerçekleştirilmiştir. Bu adımda LOPI (2019) (İzmir Sürdürülebilir Kentsel Lojistik Ana Planı) verileri kullanılmıştır.

Adım 2’de elde edilen bilgiler ile lojistik Bütünleştirilmiş Hareket Modeli (BHM) kurulmuştur. Modelin kalibrasyonunun sağlanmasının ardından hem mevcut durum hem de projeksiyon yılları için trafik atamaları gerçekleştirilmiştir. Yük karayolu trafik atamalarında araçlar 3 farklı çeşide indirgenmiştir. Bunlar, treyler, kamyon ve kamyonettir.

Adım 3’te üst ölçekte ihtiyaçların ve tarım ürünleri kapsamında yoğun bölgelerin belirlenmesi sağlanmıştır. Kırsal üreticiler ile uygulanan anketler ve kurulan BHM modeli sonucunda uygulama gerçekleştirilecek ürün grupları seçilmiştir.

Adım 4, yer seçim kararlarını içermektedir. Kararlar perde hatları analizleri ve erişim zonları ile gerçekleştirilmiştir. Perde hatlarında trafik değişimleri, transit geçişler, bölgesel göstergeler ve erişim bölgelerinde, mesafeler, tampon bölgeler analiz edilmiştir. Perde hatları idari ilçe sınırlarında belirlenmiştir.

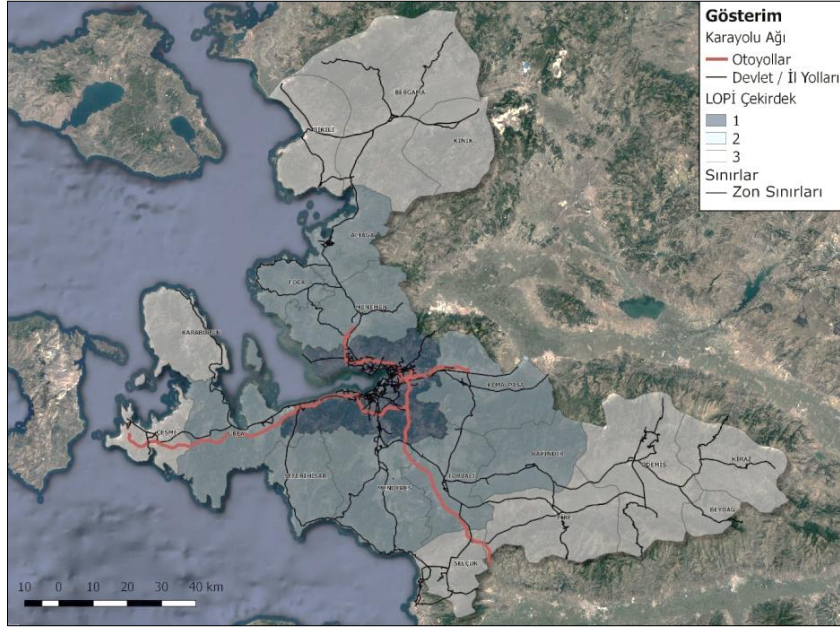
Adım 5 ise sonuç ve değerlendirme aşamasıdır.

3.2. Çalışma Alanı (Study Field)

Çalışma alanı Türkiye, İzmir’dir. İzmir eski çağlardan beri varlığını sürdüren ve günümüzde Türkiye’nin nüfus bakımından 3. Büyük ili olarak gelişmeye devam eden bir şehirdir. Ege Denizi kıyısında ve Akdeniz ile Marmara bölgelerinin arasında bulunması İzmir’i arz-talep dengesi ve lojistik süreçler konusunda avantajlı duruma getirmektedir. Üretim birçok kademede gerçekleşmektedir. Kırsal bölgelerde tarım ön plana çıkmaktayken kent merkezinin çeperlerinde sanayi üretimi ve merkezde hizmet bölgeleri yoğunlaşmaktadır. İzmir’de lojistik ulaşım türlerinin tümü bulunmaktadır. Bu sebeple türlerin birbirleri ile entegrasyonu sağlanabilmektedir. Bu entegrasyonun daha sağlıklı ve verimli bir şekilde gerçekleşebilmesi amacıyla İzmir Sürdürülebilir Kentsel Lojistik (LOPI) projesi yapılmıştır. LOPI projesi İzmir’de lojistik ile alakalı süreçlerin tümünden bilgi toplanmasını, anket yapılmasını, talep modeli kurulmasını ve geleceğe dair iyileştirme projeleri sunulmasını sağlamıştır. Öneriler ise yine kentin tümünü kapsayacak şekilde üç başlığa ayrılmıştır: Kentsel Lojistik, Katı Atık Lojistiği ve Kırsal Kalkınma Bölgeleri. Soğuk hava depoları ile ilgili önerilen stratejik yer seçimi yaklaşımı Kırsal Kalkınma Bölgelerine Yönelik Lojistik Öneriler çalışmalarının bir ürünüdür.

LOPI kapsamında il sınırlarındaki tüm süreçler çalışıldığından işlem tutarlılığı açısından İzmir’de üç adet çekirdek yapısı oluşturulmuştur. 1. Çekirdek Merkez Bölge olarak belirlenmiştir. 2. Çekirdek Kent Merkezi Çeperi olarak

belirlenmiştir. 3. Çekirdek ise Kırsal Üretimin Yoğunlaştığı Bölgelerdir. Şekil 2’de İzmir Karayolu Ağı ve Çekirdek Bölge Sınırları verilmiştir.



Şekil 2. İzmir Karayolu Ağı ve Çekirdek Bölge Sınırları (İzmir Road Network and Borders of Core Region)

4. Analiz ve Bulgular (Analysis and Findings)

4.1. Bilgi Toplanması (Information Gathering)

İzmir’de projenin gelecek öngörülerinde ve yatırım planlarında bulunabilmesi amacıyla bir dizi veri toplama çalışması gerçekleştirilmiştir. Mahalle bazlı yürütülen veri toplama çalışmaları aşağıdaki gibidir:

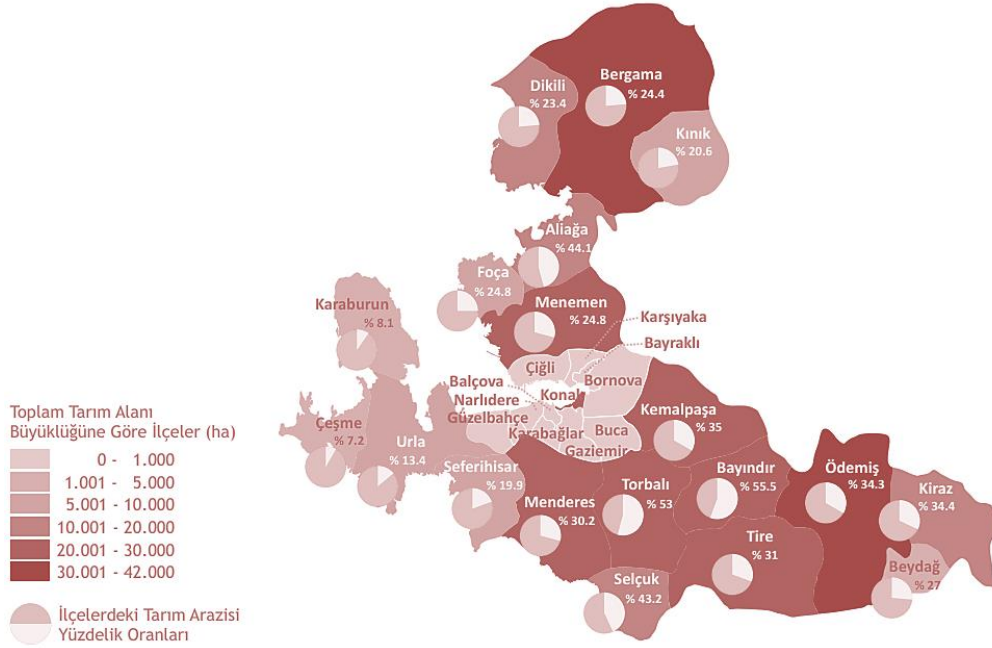
- Mevcut Verilerin Toplanması
 - Sosyo-ekonomik durum
 - Arazi kullanım yapısı
 - Ulaşım altyapısı
 - Ağır vasıta taşıt parkları
 - Tehlikeli madde taşımacılığı
 - Kırsal bölge üretici sistemleri
 - Katı atık lojistik süreçleri
- Yeni Verilerin Toplanması
 - Karayolu yük trafiği sayımları (24 saatlik, 5 araç sınıfında, 210 istasyon)
 - Ağır vasıta taşıt park sayımları
 - İş yeri anketleri (6.795 adet)
 - Yol kenarı anketleri (4.595 adet)
 - Kırsal bölge üretici anketleri (603 adet)
 - Katı atık lojistiği kurum görüşmeleri
 - Sanayi bölgelerinde yerinde incelemeler
 - Derinlemesine görüşmeler (20 kurum ve kuruluş)

Çalışma Alanı başlığında bahsedildiği üzere toplanan veriler ışığında İzmir ili ölçeğinde 3 kategoride planlama gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birisi de Kırsal Kalkınma Bölgeleri’dir. İzmir’de Kırsal Bölge Üretimi aktif olmakla birlikte sürece yönelik iyileştirmelere ihtiyaç duyulmaktadır. İzmir Merkez Kent olarak tanımlanan alanda 11 adet ilçe belediyesi bulunmaktadır.

Birinci bölge genel olarak kırsal niteliklerini artık kaybetmiş olmakla birlikte, halen tarım dışı faaliyetlere izin verilmeyen ve yer yer aktif tarım topraklarının varlığını sürdürmekte olduğu görülen alanlar niteliğindedir.

İkinci bölge ise birinci bölgeyi kuşaklayan alanlardan oluşmakta ve kuzeyde Aliağa, Foça, Menemen, doğu, güney ve batıda ise Kemalpaşa, Bayındır, Torbalı, Menderes, Seferihisar ve Urla İlçe Belediyelerini kapsamaktadır. Bu alanlar sanayileşme odaklarından meydana gelmiş ve bu yönde gelişmiş olsalar da tarımsal anlamda da bu

bölgelerde yoğun bir potansiyel ve hareketlilik bulunmaktadır. Mevcut tarımsal arazi kullanışları kapsamında toplam 344.423,70 hektarlık tarım arazilerinin genel ürün dağılımı, Tarla %41,4, Zeytin %28,3, Sebze %11,22, Meyve %9,56, Bağ %3,9 şeklindedir. şekil 3'te İzmir ilçe belediyelerinde tarım arazilerinin büyüklükleri verilmiştir.



Şekil 3. İzmir İlçe Belediyelerinde Tarım Arazilerinin Büyüklükleri (İzmir Kalkınma Ajansı ve Kalkınma Bankası, 2013) (Sizes of Agricultural Lands in İzmir District Municipalities (İzmir Development Agency and Development Bank, 2013))

Şehir bütününde yapılan saha çalışmalarına ek olarak kırsal bölgelerdeki rekolte, ürün çeşitliliği ve taşımacılık türlerinin öğrenilmesi amacıyla çalışma kapsamında kırsal bölge üreticileri ile görüşülmüş ve anket gerçekleştirilmiştir. Kırsal bölgelerde anket uygulaması şehir içerisine göre değişik dinamiklere sahiptir. Üreticinin yerinde bulunmaması, tesisin çalışma şeklinin değişiklik göstermesi, uzun süreli şehir dışı seyahatler dolayısı ile saha çalışmaları rastgele uygulanmış ve 10 ilçe (Ödemiş, Kınık, Çeşme, Bergama, Selçuk, Kiraz, Tire, Beydağ, Dikili, Karaburun), 113 mahallede 600 adet anket uygulanmıştır. Anketlerde;

- İzmir Büyükşehir Belediyesi sınırlarında yaşayanların birey bazında yaş, cinsiyet, eğitim, meslek durumu gibi demografik özellikleri,
- Üreticilerin faaliyet alanları, faaliyet süreleri, yetiştirdikleri ürün türleri, çalışan sayıları ve üretim alanlarının büyüklük durumları,
- Ayrıca gerçekleştirilen yolculukların karakteristikleri ve taşıt kullanımı, hammadde tedarik şekilleri, ürünlerin satış kanalları ve bir önceki yılda seyahat sıklıkları belirlenmeye çalışılmıştır.

Anketlerde katılımcılara üretilen ürün cinsleri; sebze, meyve, işlenmiş sebze, tahıl üretimi, işlenmiş tahıl üretimi, yem üreticiliği, gübre, fidancılık, çiçekçilik, büyükbaş besiciliği, büyükbaş süt üretimi, küçükbaş besiciliği, küçükbaş süt üretimi, kanatlı beyaz et üretimi, yumurta üretimi, süt ve süt ürünleri imalatı, et ve et ürünleri imalatı, su ürünleri imalatı, arıcılık ve diğer seçeneklerinde sunulmuştur. Birimler ise ton, litre ve adet seçeneklerinde sorulmuştur. Rastgele anket sonuçlarına göre üretimde ton cinsinden en yüksek paya büyükbaş süt üretimi sahiptir. Bunu süt ve süt ürünleri imalatı takip etmekte, ardından yem üreticiliği gelmektedir. Litre bazından ise yine büyükbaş süt imalatı en büyük paya sahiptir. Adet biriminde alınan cevaplara göre çiçekçilik ön plandadır. Bunu kanatlı beyaz et üretimi, yumurta üretimi ve fidancılık takip etmektedir. Ürünlerin geldiği tesis türlerinde ise Organize Sanayi Bölgesi, Küçük Sanayi Sitesi, Ambar/Depo, Lojistik Merkezi, Meyve/Sebze Hali, Balık Hali, Tarla/Sera, Maden, Liman, Gar seçenekleri incelenmiş ve üreticinin gelen ve giden ürünlerinin toplam talebinde Ambar/Depo tesisleri tüm tesislere göre %58 oranında işlem hacmine sahip olduğu görülmüştür. Üreticilerin en yüksek taşıt sahipliği ise %51 oranda traktördür. Bunun ardından %23 oranda kamyonet gelmektedir. Bununla birlikte sevkiyat süreçlerinde en çok kullanılan araç diğer türlere kıyasla %39 oranında kamyon ve tedarik süreçlerinde diğer türlere kıyasla en çok kullanılan araç yine %35 oranında kamyon ve farklı olarak %35 oranında römork olmuştur. Üreticilerin hammadde tedarik şekli dağılımında yerinde, yurtiçi, toptancı/perakendeci, ihracat,

e-ticaret, birlik/kooperatif ve birden fazla kategorileri sorulmuştur. Yerinde ve yurtiçi kategorileri ilk iki sırayı almaktadır. Bunun ardından birden fazla seçeneği gelmektedir.

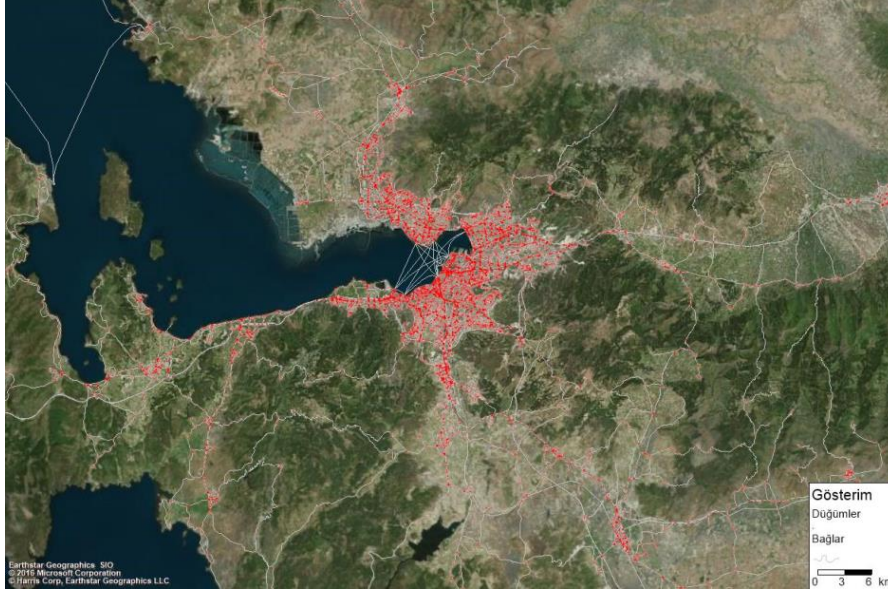
Mevcut bilgilerin yanında tüm ilçelerin anket sonuçları değerlendirildiğinde hangi sorunların hangi bölgelerde ağırlık kazandığı ve hangi konulara öncelik verilmesi gerektiği ile ilgili olarak ön fikirler ortaya çıkmıştır. Her ilçeden ayrı ayrı toplanan bulguların bütünleştirilmesi sonucunda aşağıdaki öneri/sıklık dereceleri elde edilmiştir.

- Seracılık sektörü ve güneş enerjisi kullanımının geliştirilmesi-4
- Yerel bölgede hammadde tedarik mekanizmalarının güçlendirilmesi-10
- İmalat/tarım/hayvancılık sektörlerinin lojistik faaliyetleri ve kanallarına yönelik iyileştirme-8
- Ambar/Depo/Çapraz sevkiyat noktalarına olan erişilebilirlik kanallarının geliştirilmesi-8
- Yerel satış olanaklarının artırılması-8
- Toptan ve perakendecilere yönelik ulaşım kanallarının iyileştirilmesi-2
- Meyve sebze ve balık hallerine olan erişilebilirlik kanallarının geliştirilmesi-1
- Toplama ve depolama olanaklarının geliştirilmesi-3
- İlçe içi yolların iyileştirilmesi-1
- OSB'lere olan erişilebilirlik kanallarının geliştirilmesi-1

İlçeler bazında gerçekleştirilen anketlerden toplanan önerilerin birleştirilmesi sonucu oluşturulan öneri/sıklık derecelerinde İzmir'de tedarik mekanizmalarının güçlendirilmesi, lojistik faaliyet ve kanallarına yönelik iyileştirme, yerel satış olanaklarının artırılması ve ambar/depo sevkiyat noktalarına olan erişilebilirlik kanallarının iyileştirilmesi en yüksek puanları almıştır. Bahsedilen öneriler bazı politik kararlara ihtiyaç duymaktadır. Bunun dışında çalışma kapsamında ambar/depo bölgelerine yönelik erişilebilirlik kanalları ile ilgili iyileştirmelerin beklediği görülmektedir. Üretimin yoğun gerçekleştirildiği bölgelerde hasat zamanı ürünlerin depolanamaması veya kalitesiz koşullarda saklanması hem üreticiyi olumsuz etkilemekte hem de gelecek yatırımları düşürerek fırsat maliyetlerini artırmaktadır. Dolayısı ile üretim bölgelerinde toplayıcı niteliğe sahip soğuk hava depolarının eksikliği görülmektedir. Bu olumsuz koşulların oluşturduğu pazar kaybının önlenmesi amacıyla Soğuk Hava Depolarında Stratejik Yer Seçimi Yaklaşımı ağıdaki diğer trafik bileşenleri ve ürün gruplarının talep aksları ile ilişkili bir şekilde Bütünleşik Hareket Talep Modeli kapsamında şekillenmiştir.

4.2. Bütünleşik Hareket Modelinin Kurulması (Establishment of the Integrated Mobility Model)

Toplanan bilgiler ışığında mevcut durumdaki yük ve yolcu trafiği akışlarını ortaya koyabilmek ve gelecek durumu öngörebilmek adına ulaşım ve lojistik araçlarının tümünü şehir bütününde kapsayan Bütünsel Hareket Modeli (BHM) kurulmuştur. Bu model derinlemesine görüşmeler ve gerçekleştirilen 3 adet Çalıştay ile ortak zeminde birleştirilerek şehirde bulunan lojistik paydaş görüşlerinin sayısal ortama aktarılabilmesi sağlanmıştır. BHM Modeli Geleneksel Dört Aşamalı Talep Tahmin Modeli'nin bir versiyonudur. Bu versiyonda Hareket Üretimi, Hareket Dağılımı ve Hareket Ataması aşamaları oluşturulmuştur. İlk aşamaların gerçekleştirilmesinden önce ağ zonlar, yol ağı, konektörler, kavşaklar bazında CBS ortamında hazırlanmıştır. Üretim ve dağılım bilgileri iş yeri anketleri, kırsal bölge üretici anketleri ve yol kenarı sürücü anketleri yardımıyla optimize edilmiş ve trafik atamaları yol ağındaki trafik sayımları ile sınılanmıştır. Bu şekilde döngüsel bir yaklaşımla kalibrasyon gerçekleştirilmiştir. BHM modeli önceden de bahsedildiği üzere İl genelini ve tüm araç sınıflarını kendi öznelikleri çerçevesinde değerlendirmektedir. Şekil 4'te il bütünü ağ elemanları verilmiştir.



Şekil 4. İl Bütünü Ağ Elemanlarının CBS Ortamında Temsil Edilmesi (Representing the Network Elements of the Province in the GIS Environment)

Faaliyetler

Yolcu ve yük hareketlerinin aynı anda ayrıntılı bir şekilde temsil edilebilmesi için geleneksel yolculuk amaçlarına benzer şekilde yük amaçlarının oluşturulması sağlanmıştır. Bu amaçlar lojistik terminolojisi için Faaliyetler olarak belirlenmiştir. Faaliyetler basit anlamda yük hareketlerini oluşturan sektörler olarak tanımlanabilir. İzmir ili için Plan kapsamında gerçekleştirilen anket sonuçlarına göre bu faaliyetler Özellikli Alan, Sanayi, Depo, Lojistik, Hizmet ve Ticaret şeklinde belirlenmiştir. Özellikli alanlar; Organize Sanayi Bölgeleri, Serbest Bölgeler, Rafineri Bölgeleri gibi bölgesel ölçekteki alanların kendi sınırlarından oluşturulmuştur. Sanayi alanları; Sanayi Siteleri, dağınık üretim bölgeleri vb yapıların alanlarının gruplandırılması ile elde edilmiştir. Lojistik/Depo alanları; yüksek kapasitede dağıtım ve depolama gerçekleştiren alanların kendi sınırlarından elde edilmiştir. Bunların içerisinde soğuk hava depoları, haller, lojistik firmaları vb. bulunmaktadır. Ticaret/Hizmet alanları; kamu kurumları, turizm tesis alanları, üniversite bölgeleri, ticaret bölgeleri vb. alanlardan oluşturulmuştur. Faaliyetler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Faaliyet 1a: Özellikli Alan
- Faaliyet 1b: Sanayi
- Faaliyet 2a: Depo
- Faaliyet 2b: Lojistik
- Faaliyet 3, 6: Hizmet
- Faaliyet 4, 5: Ticaret

Faaliyetlerin kendi içerisindeki gruplanması ve ayrımı talep tahmin modelinde kullanılacak parametrelerine göre belirlenmiştir. Ayrımların sınır yapıları için 1/25.000 ölçekli Bilgi Paftası'ndan yararlanılmıştır.

Yük Seyahat Üretim-Çekim Modeli

Faaliyet 1 olarak isimlendirilen grup sadece üretim yapan ticari firmaları kapsamaktadır. Bu faaliyet grubu içerisinde çekirdek 1 ve çekirdek 2 ilçelerin Organize Sanayi Bölgelerinde, Serbest Bölgede, tanımlanmış sanayi alanlarında ve rafineri alanlarında yer alan özellikli alt grup üretim tesisleri QGIS programı kullanılarak tespit edilmiş ve bu bölgedeki firmalar için (Faaliyet 1a) ve bu bölgeler dışında kalan diğer firmalar için (Faaliyet 1b) grupları oluşturulmuştur. Faaliyet 1a alan bazlı birim üretim kullanılırken Faaliyet 1b için alan ve çalışan sayısı bazlı regresyon modeli kurulmuştur. Faaliyet 2 olarak adlandırılan kısım ise lojistik/depo faaliyetlerini kullanan ticari firmalara yönelik olup bu faaliyet grubu için çekirdek 1 ve çekirdek 2 ilçelerde depo, tır parkı, antrepo vb hizmetleri veren firmalar için (Faaliyet 2a) ve nakliye hizmeti sağlayan diğer firmalar için (Faaliyet 2b) ayrı ayrı YSM modelleri kurulmuştur. Bununla beraber limanlara yönelik olarak alan bazlı birim üretim/çekim değerleri kullanılmıştır. Ticari faaliyet yapan firmalar içerisinde Faaliyet 3 hizmet firmaları için ve Faaliyet 6 diğer firmalar için (Faaliyet 3 ve 6) olmak üzere ortak YSM modelleri kurulmuştur. Faaliyet 4 perakende firmaları ve Faaliyet 5 toptancı firmalar için de (Faaliyet 4-5) ortak YSM üretim/çekim modelleri kurulmuştur. Tanımlanan 6 alt faaliyet grubu için YSM modellerini tahmin etmek için çalışan sayısı ve alan değişkenleri kullanılarak doğrusal kısıtlı regresyon modelleri kurulmuştur. Kısıtlı regresyon modelinde kısıt olarak hesaplanan öngörülen değerler toplamı

$(\sum_{i=1}^n \hat{y}_i)$ ile regresyon analizinde kullanılan değerler toplamı $(\sum_{i=1}^n y_i)$ arasındaki mutlak farkın %5'den küçük olması kullanılmıştır. Regresyon modellerinin oluşturulması sırasında firma başına sabit YSM katsayısı, hiçbir çalışana ve kullanım alanına sahip olmayan bir firmanın bir çekim veya üretim yapmasının mümkün olmamasından dolayı kullanılmamıştır. Bu doğrultuda plan kapsamında kullanılan YSM için aşağıdaki formülden faydalanılmıştır.

$$y = aX_1 + bX_2 \quad (1)$$

Burada, y bağımlı değişken (toplam üretilen veya çekilen taşıt sayısı), X_1 çalışan sayısını ve X_2 ise Faaliyet 1a, Faaliyet 1b, Faaliyet 3-6 ve Faaliyet 4-5 grubunda kapalı alan (m^2) ve Faaliyet 2a ve Faaliyet 2b grubunda kapalı alan+açık alan (m^2) değişkenlerini ifade etmektedir.

Yük Seyahat Dağılım Modeli

Çalışma kapsamında çift kısıtlı seyahat dağılım modeli kullanılmıştır. Seyahat dağılım modelinde direnim parametresi olarak seyahat süresi kullanılmış, bu parametrelerin tayini için Yol Kenarı Sürücü Anketlerinden yararlanılmıştır.

$$T_{ij}^p = a_i b_j G_i^p A_j^p f^p(t_{ij}) \quad (2)$$

Burada; T_{ij}^p : i-j zonları arasında p taşıt türü seyahat miktarı, G_i^p : i zonundan üretilen p taşıt türü seyahat miktarı, A_j^p : j zonuna çekilen p taşıt türü seyahat miktarı, $f^p()$: i-j zonları arasındaki p taşıt türü için direnim fonksiyonu, t_{ij} : i-j zonları arasındaki ortalama seyahat süresi ve a_i, b_j : üretim ve çekim kısıtlarının sağlanması için kullanılan dengeleme katsayılarıdır. Modelleme çalışmaları sırasında model kapsamında en iyi sonucu veren üretim yönlü kısıt ile beraber toplamaların minimumunu dengeleme kısıtı olarak kullanılan yöntem tercih edilmiştir. Çekim modelinin kısıt yöntemlerinin yanında direnim fonksiyonları da test edilmiş en uygun yapı seçilmiştir. Bu kapsamda; Logit, Kirchoff, Boxcox, Combined ve Tmodel fonksiyon yapıları test edilmiş ve aralarından Combined olarak da bilinen üstel denklem direnimlerin seyahatlere etkisini açıklamak üzere seçilmiştir. Analiz bölgeleri arasındaki $f()$ direnim fonksiyonu olarak bağıntıda verilen denklem kullanılmıştır.

$$f_{ij} = at_{ij}^b \exp(ct_{ij}) \quad (3)$$

Burada f , toplam direnim, a, b, c , katsayı, t ise seyahat süresi olmaktadır (Ortuzar & Willumsen, 2001). Direnim fonksiyonunun katsayılarının belirlenmesi amacı ile İzmir Sürdürülebilir Kentsel Lojistik Planı kapsamında gerçekleştirilen "Yeni Bilgilerin Toplanması ve Değerlendirilmesi" aşamasında uygulanan Yol Kenarı Sürücü Anketlerinden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Anketlerden elde edilen seyahat süresi değerleri tüm taşıt türleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Kent dışı yolculukların hesaplara dahil edilebilmesi adına kukla analiz bölgeleri oluşturulmuştur. Bu sayede İzmir dışına çıkan, yurtiçi veya yurtdışı tüm yolculukların hesaplara dahil edilmesi sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan modelde türel bazda direnim fonksiyonu yoktur çünkü modelde eşdeğer/birim araç ataması yapılmıştır.

Yük Seyahat Atama Modeli

BHM'de atama prosedürleri için PTV VISUM yazılımı kullanılmıştır. Ağdaki düğüm (node) ve bağlarda (link) başlangıç ataması yapılmasının ardından elde edilen taşıma süreleri, gecikme maliyet fonksiyonu olarak kullanılmıştır. Hacim/Gecikme fonksiyonu olarak Amerikan Karayolları Bürosu (BPR) tarafından geliştirilen fonksiyon kullanılmıştır:

$$t_{cur} = t_0 \left(1 + a \left(\frac{q}{q_{max}^c}\right)^b\right) \quad (4)$$

t_{cur} : Sıkışıklık seyahat süresi (dakika), t_0 : Serbest akım seyahat süresi (dakika), q : Atanan seyahat hacmi (taşıt-yön/saat), q_{max} : Link kapasitesi (taşıt-yön/saat), a, b, c : Katsayılar olmaktadır. İteratif (tekrarlı) çözümler ile yol ağındaki sonuç trafik değerleri elde edilmiştir. BHM'de araç cinsleri atamaları için aşağıdaki sınıflar seçilmiştir:

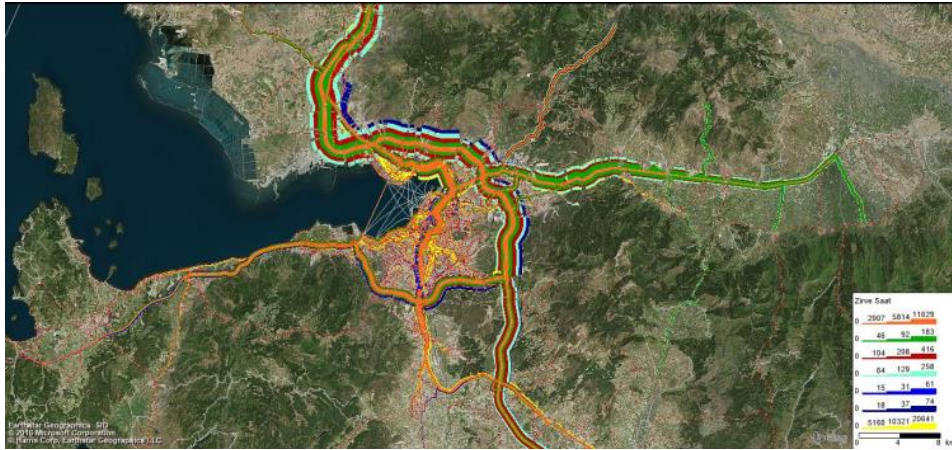
- Kapasite kısıtlı denge yöntemi ataması:
 - Otomobil,
 - Kamyonet,

- Kamyon,
- Treyler
- Zaman çizelgesi bazlı toplu taşıma ataması:
 - Otobüs,
 - Feribot,
 - Minibüs
- Trafik sistem tabanlı toplu taşıma ataması:
 - Katı atık araçları

İzmir’de önceden gerçekleştirilen ve Sürdürülebilir Kentsel Lojistik Projesi kapsamında güncellemesi sağlanan Ulaşım Ana Planı’nda 07:45-08:45 zirve saat olarak belirlenmiştir. Bu nedenle lojistik taşıtları da bu saat aralığında hesaplanmıştır. Hesaplamalar yoğun üretim bölgelerinin kendi dinamikleri olduğundan bu bölgelerde şehir bütününden farklı olarak ayrı ele alınmıştır. Yük taşıtları zirve saat hacimlerinde ortalama yaklaşık değerler: %6 Kamyonet, %6.5 Kamyon ve %4.5 Treyler oranlarında hesaplanmıştır. Tüm taşıtların tek bir ağa indirgenmesi ise TS 6407’de belirtilen Eşdeğer Birim Otomobil standartlarından yararlanılarak sağlanmıştır. Bunlar ise; Kamyonet: 1.25, Kamyon: 2.2, Treyler: 2.7 şeklindedir.

Sonuç

BHM’de İzmir’deki yol ağında gerçekleşen hareketlerin tümü yansıtılmaya çalışılmıştır. Böylelikle ağdaki taşıtların birbirine etkileri oransal gözlemler yerine model sonucu münferit şekilde ortaya konabilmiştir. Şekil 5’te tüm taşıt türlerinin atama sonuçları verilmiştir.



Şekil 5. Tüm Taşıt Türlerinin Atama Sonuçları (Assignment Results for All Vehicle Types)

4.2. Bölgesel Koridor Hareketleri (Regional Corridor Movements)

Bu bölümde, toplanan veriler ve BHM atama sonuçlarına göre İzmir’de kırsal bölgelerin ürün bazında üretim ve dağıtım potansiyelleri incelenmiştir. Bunlar kırsal bölgelerden şehir merkez ve çeperlerine doğru giden yükler ve türleri (Tablo 1) ile şehir merkez ve çeperlerinden kırsal bölgelere giden yükler ve türleri olarak oranlanmıştır (Tablo 2).

Tablo 1. Kırsal Bölgelerden 1. ve 2. Çekirdeklere Giden Yük Tür ve Oranları (%) (Types and Rates of Freight From Rural Areas to the 1st and 2nd Cores (%))

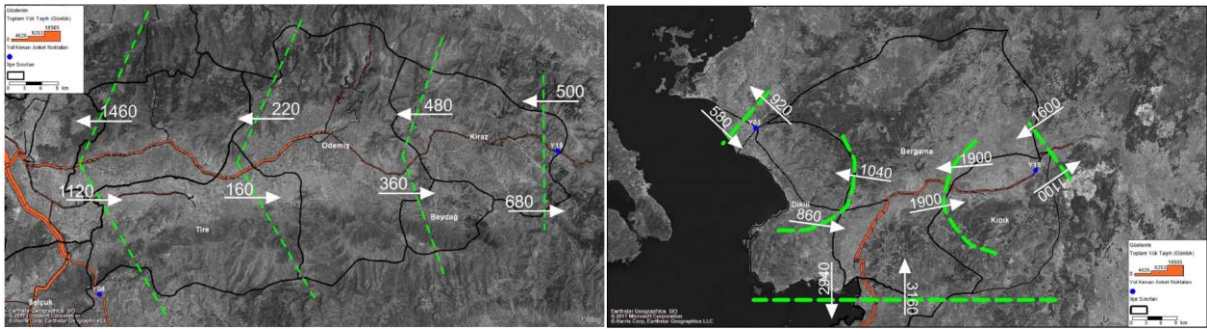
Toplam Oran	Tarım ürünleri	Gıda ürünleri, içecekler ve tütün	Kömür / kok / katı yakıt	Petrol / Dizel / Sıvı yakıtlar / Gazlar	Maden cevheri / Madencilik / Taşocağı ürünleri	Temel metaller; mamul metal ürünleri	Orman ürünleri / Odun / Kağıt	Yapı malzemeleri	Cam ve cam ürünleri	Kimyasal ürünler / Gübreler	Tekstil / Giyim	Makine / Ekipman / Araç	Mobilya	Diğer Üretim/Tüketici Ürünleri	Posta / Paket / Kargo	Gruplanmış ürünler; Muhtelif ürünler	Atıklar / hurdalar / ambalaj	Ev ve ofis taşınırken taşınan mallar	Diğer	Genel Toplam
Bergama	0,11	0,52	0	0	0	0,02	0	0,1	0	0	0,15	0	0,01	0,01	0,02	0,05	0	0	0	1
Beydağ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çeşme	0	0,39	0	0	0,09	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0,16	0,1	0,23	0	0	0,02	1
Dikili	0,25	0,67	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0,01	0	0	0	0	0	0	1
Karaburun	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Kınık	0	0,24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,74	0	0	0	0	0,01	0	1

Kiraz	0	0,58	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,37	1
Ödemiş	0,19	0,57	0	0	0	0	0	0,12	0	0	0,07	0	0,04	0	0,01	0	0	0	1
Selçuk	0	0,72	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0,02	0	0	0,23	0	0	0	0	1
Tire	0,11	0,63	0	0	0	0	0,11	0	0	0	0	0,11	0	0	0,02	0	0	0	1
Genel Toplam	0,14	0,59	0	0	0	0	0,04	0,05	0	0	0,04	0	0,08	0,02	0,01	0,02	0,01	0	1

Tablo 2. 1. ve 2. Çekirdeklerden Kırsal Bölgelere Giden Yük Tür ve Oranları (%) (Types and Rates of Freight From the 1st and 2nd Cores to the Rural Areas (%))

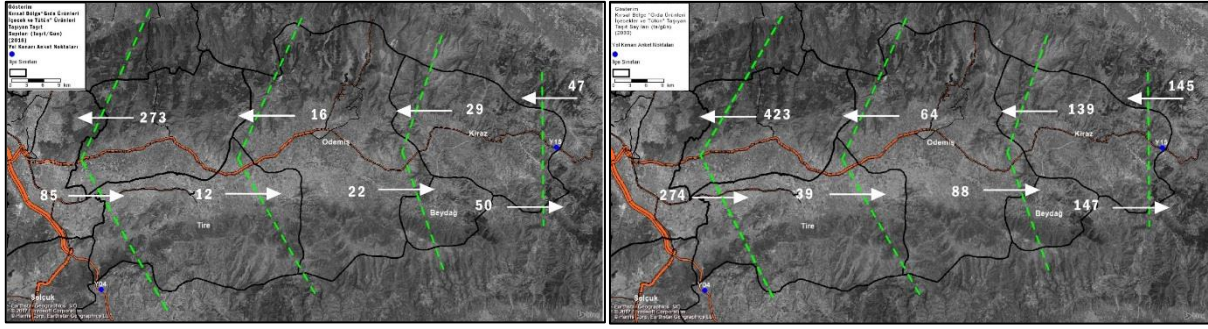
Toplam Oran	Tarım ürünleri	Gıda ürünleri, içecekler ve tütün	Kömür / kok / katı yakıt	Petrol / Dizel / Sıvı yakıtlar / Gazlar	Maden cevheri / Madencilik / Taşocağı ürünleri	Temel metaller; mamul metal ürünleri	Orman ürünleri / Odun / Kağıt	Yapı malzemeleri	Cam ve cam ürünleri	Kimyasal ürünler / Gübreler	Tekstil / Giyim	Makine / Ekipman / Araç	Mobilya	Diğer Üretim/Tüketici Ürünleri	Posta / Paket / Kargo	Gruplanmış ürünler; Muhtelif ürünler	Atıklar / hurdalar / ambalaj	Ev ve ofis taşınır taşıman mallar	Diğer	Genel Toplam
Bergama	0.1	0.1	0	0.4	0	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0	1
Beydağ	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0	0	0	0	0.1	0	1
Çeşme	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0	0	0.2	0	0.1	0	0	0.1	0	0.1	0	1
Dikili	0.1	0.1	0	0.7	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Karaburun	0	0.2	0	0	0.1	0.5	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Kınık	0.1	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.4	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	1
Kiraz	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.2	0	0.3	0	0	0.1	0.1	0	0	1
Ödemiş	0.1	0.1	0	0	0	0.1	0	0.2	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0.1	0	0	0	1
Selçuk	0	0.3	0	0	0	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0	0.3	0.1	0	0	0	0	0	1
Tire	0.2	0.1	0	0	0.1	0.1	0	0.4	0	0	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0	1
Genel Toplam	0.1	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.2	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0.1	0	0	0	1

Tablo 1 ve 2 incelendiğinde İzmir'in en yüksek tarımsal ve sanayi özellikli yük aracı hareketliliğinin kuzey ve doğu koridorlarında yer aldığı görülmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında kuzey ve doğu koridorlarının günlük hareketleri incelenerek toplayıcı stratejik soğuk depo yer seçimi bu koridorlar üzerinde yoğunlaştırılmıştır. İnceleme öncelikle toplam yük bazında yapılmıştır. İlçe bazında atama sonuçlarına göre doğu koridorunda Ödemiş ve Tire'nin en yüksek ağır taşıt hareketlerine sahip olduğu görülmektedir. Özellikle Ödemiş'in hem seyahat çekimi anlamında hem de seyahat üretimi anlamında yüksek hacmi bulunmaktadır. Kuzey'de ise Bergama'nın göreceli olarak bölgesindeki kırsal ilçeler arasında öne çıktığı gözlemlenmektedir. Şekil 6'da 2030 yılı için doğu ve kuzey kırsal bölge koridorları yük hareketleri verilmiştir.

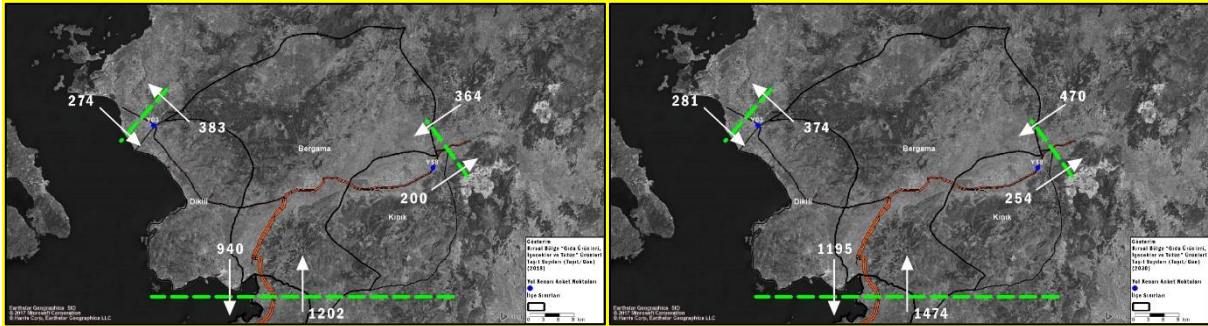


Şekil 6. Sırasıyla Doğu ve Kuzey Kırsal Bölge Koridorları Yük Hareketleri (2030) (Freight Movements of the Eastern and Northern Rural Corridors, respectively (2030))

Şekil 6'da verilen Doğu ve Kuzey Koridorları Toplam yük hareketleri daha sonra yük türlerine göre ayrılmış ve gıda ürünleri, içecek ve tütün türü için günlük atama sonuçları gösterilmiştir. Isıya Duyarlı yük grubu için toplam taşıt bazındaki günlük atama sonuçları 2018-2030 karşılaştırılması ile birlikte verilmiştir. Şekil 7 ve 8'de 2018 ve 2030 yılı doğu ve kuzey koridoru gıda ürünleri, içecek ve tütün türü için günlük atama sonuçları verilmiştir.

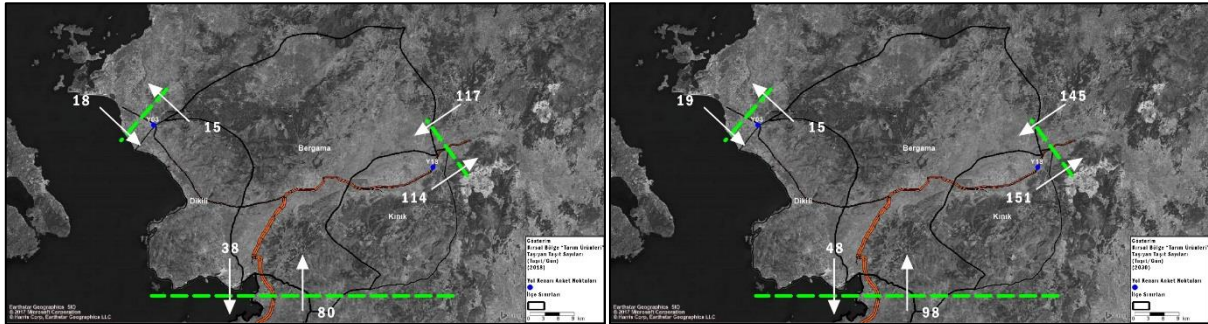


Şekil 7. 2018 ve 2030 yılı Doğu koridoru, gıda ürünleri, içecek ve tütün türü için günlük atama sonuçları (Daily assignment results for 2018 and 2030 East corridor, food products, beverage and tobacco type)



Şekil 8. 2018 ve 2030 yılı Kuzey Koridoru, gıda ürünleri, içecek ve tütün türü için günlük atama sonuçları (Daily assignment results for 2018 and 2030 North Corridor, food products, beverage and tobacco type)

Şekil 9'da 2018 ve 2030 yılı Kuzey Koridoru, tarım ürünleri taşıyan taşıt sayıları türü için günlük atama sonuçları verilmiştir.



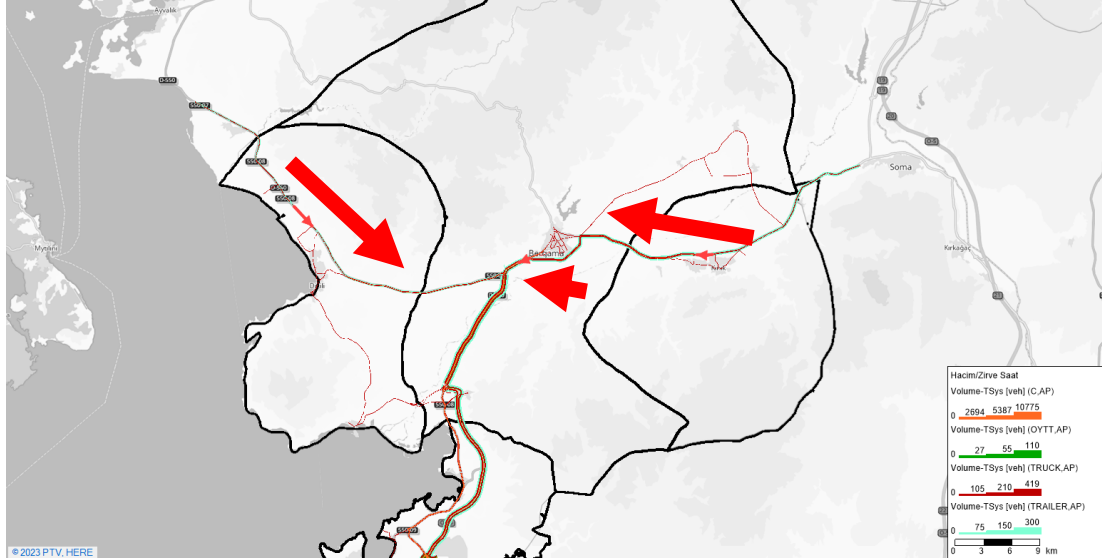
Şekil 9. 2018 ve 2030 yılı Kuzey Koridoru, tarım ürünleri taşıyan taşıt sayıları türü için günlük atama sonuçları (Daily assignment results for 2018 and 2030 Northern Corridor, type of vehicles carrying agricultural products)

Koridor ve perde hatları bazında gıda ürünleri, içecek ve tütün türü için günlük atama sonuçlarına göre Doğu ve Kuzey cephesinde İzmir'de kırsal üretim, dağıtım ve çekimin yüksek olduğu görülmektedir. Artış ivmeleri olarak nitelendirilebilecek ürün hacim sıçramalarının Doğu koridorunda Tire'de, Kuzey koridorunda perde hattı boyunca olduğu görülmektedir. 2018 yılına kıyasla 2030 yılında ortalama ürün türlerinin ortalama yaklaşık %50 artacağı tahmin edilmiştir. Bu durum toplayıcı soğuk depoların gerekliliği ve zincir verimliliğinin artırılması yönünde örnek teşkil etmektedir.

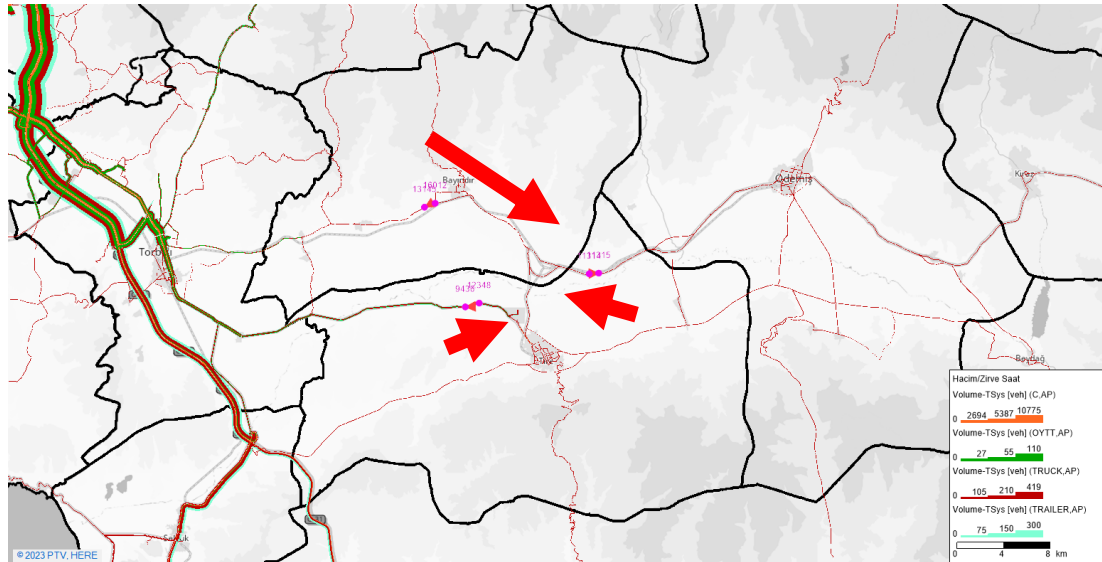
4.3. Kütle Dengeli Erişilebilirlik Modeli (Mass Balanced Accessibility Model)

Bölgesel koridor hareketlerinden görüleceği üzere Kuzey ve Doğu koridorları perde hatları arasında hacim sıçramaları meydana gelmiştir. Bunlar aynı zamanda gönderilip/alınan ürünler ile işlem yapılan yerler olarak da değerlendirilebilir. Bu nedenle makro ölçekte ilk yerleşimin bu bölgelerde olması gerekliliği açıktır. Ancak bunun ardından bölgesel (mezo) ölçekte yer seçiminin yapılması gerekmektedir. Bu da Soğuk Hava Depolarında Erişilebilirlik Tabanlı Stratejik Yer Seçimi kapsamında önerilen Kütle Dengeli Erişilebilirlik Modeli ile sağlanmıştır. Bu modele göre önceden perde bazında gerçekleştirilen ve bölge belirlemek için kullanılmış olan hacim ivmelenmeleri ağ ölçeğine (mezo) indirgenerek link bazında kullanılmıştır. Bunu gerçekleştirmek için hacim sıçramalarına denk düşen linkler, ısıya duyarlı ürün gruplarından oluşan 2030 yılı hacimleri ile ağırlıklandırılmış ve yol referansları boyunca ağırlık merkezleri hesaplanmıştır. Bu şekilde bölgesel ölçekte yer tayini sağlanmıştır.

Metodoloji bölümünde bahsedilen arazi değişkenleri sebebiyle mikro ölçekte yer seçimi yapılmamıştır. Şekil 10 ve 11'de Kuzey ve Doğu perdesi ağ bazında kütle dengelemeleri verilmiştir.

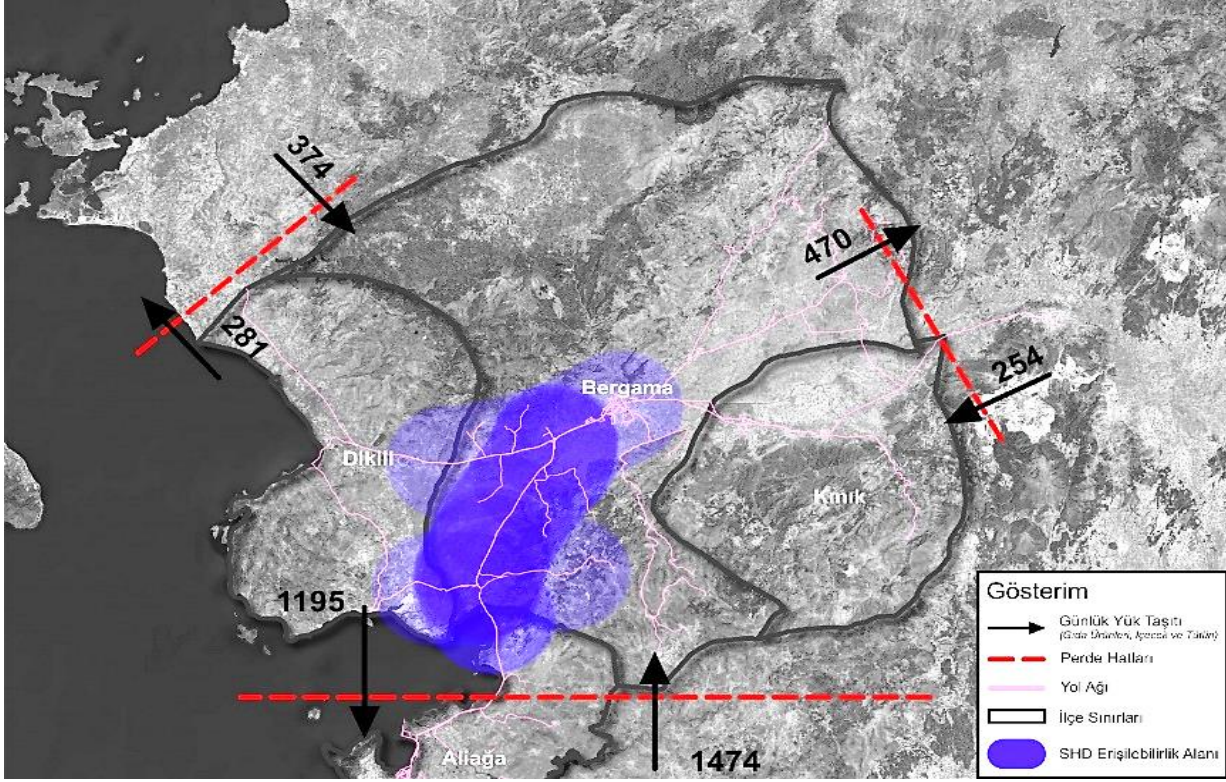


Şekil 10. Kuzey Perdesinin Ağ Bazında Kütle Dengelemesi (Network-Based Mass Balancing of the North Curtain)

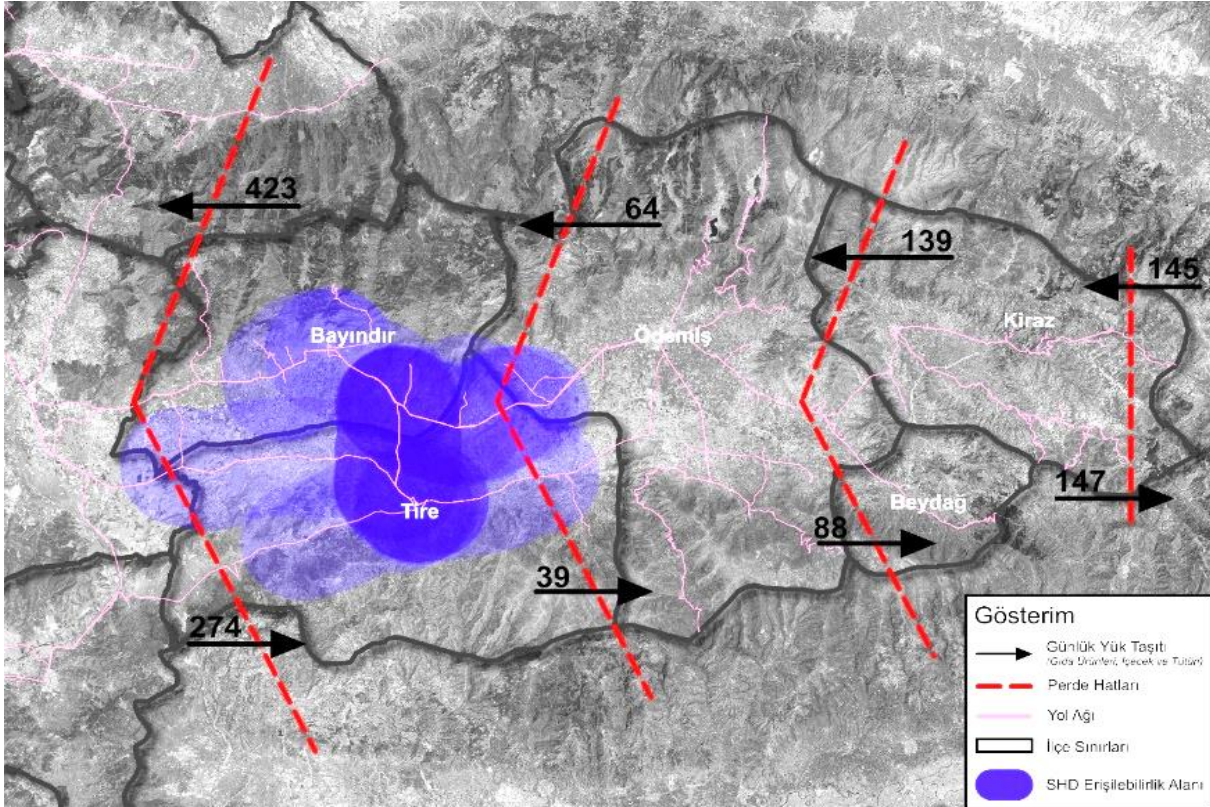


Şekil 11. Doğu Perdesinin Ağ Bazında Kütle Dengelemesi (Network-Based Mass Balancing of the Eastern Curtain)

Kütle Dengelemesi Modelinde hacim bazlı yer seçimi önce makro ardından bölgesel ölçekte hesaplanmıştır. Belirlenen alanlarda yük araçlarının kısa sürede erişebileceği tampon bölgeler oluşturulmuştur. Erişilebilirlik parametresi seyahat süresi olarak seçilmiş ve anayoldan itibaren 5 dakikalık süreler göz önünde tutulmuştur. Bu yaklaşım Literatür bölümünde bahsedilen, bir soğuk deponun anayola yakınlık kriterini belirli ölçülerde sağlamaktadır. Bu sayede Soğuk hava depoları için yatırım alanları keskinleştirilmiştir. Şekil 12 ve 13'te Kuzey ve Doğu koridorları kütle dengelemesi ile oluşturulan tampon bölgeler verilmiştir.



Şekil 12. Kuzey Koridoru Kütle Dengelenmesi ile Oluşturulan Tampon Bölgeler (Buffer Zones Created by Northern Corridor Mass Balancing)



Şekil 13. Doğu Koridoru Kütle Dengelenmesi ile Oluşturulan Tampon Bölgeler (Buffer Zones Created by Eastern Corridor Mass Balancing)

5. Sonuçlar (Results)

Bu çalışmada Soğuk Zincir Lojistiği içerisinde önemli bir konuma sahip Soğuk Hava Depoları ile ilgili gıda ürünleri türünde Bölgesel Ölçekte Erişilebilirlik Tabanlı Stratejik Yer Seçimi yaklaşımı önerilmiştir. Yaklaşım İzmir il

bütününde gerçekleştirilen Sürdürülebilir Kentsel Lojistik Ana Planı kapsamında kurulan talep modeli ile elde edilmiştir. Talep modeli olarak belirlenen Bütünleştirilmiş Hareket Modeli hem yolcu hem de yük hareketlerini aynı ağda temsil edebildiği için mevcut ve gelecek tahminlerinde gerçekçi analizler ortaya koymak mümkün olmuştur. BHM modeli sonucunda yük hareketleri ve yük taşıtları cinsleri izlenebilmiş ve ısıya duyarlı ürünlerin ağ üzerindeki hareketleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda perde hatları ve çalışma kapsamında önerilen Kütle Dengeli Erişilebilirlik Modeli ile Soğuk Hava Depolarında yer seçimi hacim bazlı bölgesel ölçekte gerçekleştirilmiştir. Önerilen modelin geleneksel çok kriterli metotlardan bazı farkları bulunmaktadır. Bunlar ağ üzerindeki taşıt hareketleri ve ürün gruplarının mevcut ve gelecek durum için tahmin edilmesi, önerilen yatırım alanlarının önce genel sonra bölgesel ölçekte belirlenmesidir. Bu anlamda önerilen modelin yer seçiminin hacime bağlı değişkenlerinde yüksek tutarlılık sağlayacağı açıktır. Önerilen yöntemle elde edilen yer seçim sonuçları ile birlikte soğuk hava depolarının daha erişilebilir noktalarda olacağı devamlı daha verimli ekonomik sonuçlar oluşturacağı, kentiçi ve dışı trafiğe olumlu yönde etkisi olacağı, daha az karbon salımı yaratacağı, kentsel gürültünün yaygınlığının azalacağı, tarım alanlarına daha az zarar geleceği, daha az işgücüne ihtiyaç duyulacağı, daha az petrol tüketimi oluşacağı ve , daha taze meyve ve sebze erişimi olacağı değerlendirilmektedir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Yazarlar bu makalenin oluşturulmasında kaynak ve veri destekleri için İzmir Büyükşehir Belediyesi, TÜMAŞ ve Trafik Analiz Merkezi'ne (TAM) teşekkür ederler.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Arkoc, O. (2014). Municipal solid waste landfill site selection using geographical information systems: a case study from Çorlu, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(11), 4975-4985.
- Cao, W., Yan, M., & Zhang, L. (2017). Cold Chain Logistics Enterprise Performance Evaluation Based on DEA-AHP and Its Improved Method.
- Chen, J., Liao, W., & Yu, C. (2021). Route optimization for cold chain logistics of front warehouses based on traffic congestion and carbon emission. *Computers & Industrial Engineering*, 161, 107663.
- Dong, W. (2020). Research on Supply Chain Resilience of Agricultural Products Based on AHP-FCE Model.
- Han, Y. (2020). Research on Selection of Fresh Cold Chain Logistics Service Providers Based on AHP-TOPSIS. *Int. J. Sci*, 7, 39-46.
- Hassan, M., Chakma, M., & Hasan, Z. (2020, July). An AHP Approach for Cold Storage Warehouse Site Selection: A Case Study in Bangladesh. In 2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT) (pp. 1-6). IEEE.
- Hiremath, D. B., Patil, N. R., & Dasgupta, A. (2013). Geospatial technique for potato cold storage allocation. *Journal of Geomatics*, 7(1), 13-17.
- Jia, Z. Y., & Yang, X. X. (2012). Application of entropy weight method and TOPSIS model in the cold-chain logistics and distribution center location. In *Advanced Materials Research* (Vol. 569, pp. 693-696). Trans Tech Publications Ltd.
- Jian, S., & Jing, Z. (2015). Evaluation of core competence of cold-chain logistics enterprises based on FCE model. *The Open Cybernetics & Systemics Journal*, 9(1).
- Jiao, X., Xu, W., & Duan, L. (2021). Study on Cold Chain Transportation Model of Fruit and Vegetable Fresh-Keeping in Low-Temperature Cold Storage Environment. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2021.
- Joshi, R., Banwet, D. K., & Shankar, R. (2011). A Delphi-AHP-TOPSIS based benchmarking framework for performance improvement of a cold chain. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 10170-10182.
- Hiremath, D. B., Patil, N. R., & Dasgupta, A. (2013). Geospatial technique for potato cold storage allocation. *Journal of Geomatics*, 7(1), 13-17.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2019. İzmir Sürdürülebilir Kentsel Lojistik Ana Planı. İzmir.
- Kamali, M., Alesheikh, A. A., Khodaparast, Z., Hosseinniakani, S. M., & Borazjani, S. A. (2015). Application of delphi-AHP and fuzzy-GIS approaches for site selection of large extractive industrial units in Iran. *Journal of settlements and Spatial planning*, 6(1), 9-17.
- Liu, H., & Fan, L. (2018, September). Location Selection of Cold Chain Logistics Park Based on "HF-A" Model. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 186, No. 6, p. 012047). IOP Publishing.
- Mingfei, L., & Ting, Y. (2011, July). The cold chain logistics performance evaluation on sideline products based on data envelopment analysis. In 2011 International Conference on Product Innovation Management (ICPIM 2011) (pp. 371-374). IEEE.
- Singh, R. K., Chaudhary, N., & Saxena, N. (2018). Selection of warehouse location for a global supply chain: A case study. *IIMB management review*, 30(4), 343-356.
- Şener, B., Süzen, M. L., & Doyuran, V. (2006). Landfill site selection by using geographic information systems. *Environmental geology*, 49(3), 376-388.

- Upadhyay, G., & Bhattacharya, B. K. (2019). Site Suitability for Developing New Cold Chain Using Multi-Criteria Decision Analysis and Geospatial Techniques. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 325-331.
- Uyan, M. (2013). GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region, Konya/Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 11-17.
- Viswanadham, N. (2006). Can India be the food basket for the world. Achieving rural and global supply chain excellence: the Indian way. Hyderabad: GLAMS, 1, 1-16.
- Wang, W., Dong, W., Wang, H., Wu, H., & Zhang, W. (2015, November). Research on Assessment of Farm Product Cold Chain Quality and Safety Based on Intuitionistic Triangular Fuzzy TOPSIS. In *3rd International Conference on Management Science, Education Technology, Arts, Social Science and Economics* (pp. 1247-1251). Atlantis Press.
- Yuanguo, Y., & Shengyu, H. (2019). Research on optimization of distribution route for cold chain logistics of agricultural products based on traffic big data. *Management Review*, 31(4), 240.
- Yubin Liu and Zongwei Ren , "Study on site selection of cold chain logistics in northwest territories", *AIP Conference Proceedings* 1864, 020157 (2017) <https://doi.org/10.1063/1.4992974>
- Young, M. (1997). The cold storage chain. In: Dellino, C.V.J. (eds) *Cold and Chilled Storage Technology*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1127-0_1
- Zhang, S., Chen, N., She, N., & Li, K. (2021). Location optimization of a competitive distribution center for urban cold chain logistics in terms of low-carbon emissions. *Computers & Industrial Engineering*, 154, 107120.
- Zhao, Z., Li, X., & Zhou, X. (2020). Distribution route optimization for electric vehicles in urban cold chain logistics for fresh products under time-varying traffic conditions. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020.