



# Tesis Yeri ve Kapasite Seviyesi Seçimi Probleminin Pandemi Döneminde Bir Tedarik Zinciri Vakasına Uygulaması

Batuhan Kocaoğlu<sup>1</sup>, Emre Yavuz<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Piri Reis Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6876-1362), [batuhan.kocaoğlu@gmail.com](mailto:batuhan.kocaoğlu@gmail.com)

<sup>2\*</sup> Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2453-7713), [emreyavuz999@gmail.com](mailto:emreyavuz999@gmail.com)

(İlk Geliş Tarihi 21 Mart 2021 ve Kabul Tarihi 18 Eylül 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.900485)

**ATIF/REFERENCE:** Kocaoğlu, B. & Yavuz, E. (2022). Tesis Yeri ve Kapasite Seviyesi Seçimi Probleminin Pandemi Döneminde Bir Tedarik Zinciri Vakasına Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (41), 429-435.

## Öz

Bu çalışmada kademeli kapasitelere sahip tesisler için tesis yeri ve kapasite seviyesi seçimi problemi ele alınmıştır. Doğru kapasitede ve doğru lokasyonda tesis seçimi yaparak, tesislerin sabit işletme giderleri ile bu tesislerde üretilen mal ve hizmetlerin dağıtım merkezlerine taşıma maliyetlerinden oluşan toplam maliyetin en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Bu problemin çözümü için tam sayılı doğrusal programlama modeli önerilmiştir. Bu çalışmada fark yaratan durum, bir tek aşamalı tedarik zincirinde potansiyel lokasyonlardaki tesisler arasından seçim kararının yanı sıra, kademeli kapasitelerin tesisler arasında transferi veya sisteme dahil olacak yeni kapasitelerin dağıtımını problemini ele almak için yeni bir tam sayılı doğrusal programlama modeli önerilmesidir. Böylece atıl kapasiteler daha iyi değerlendirilebilecek ve taşıma maliyetleri düşürülebilecektir. Gerek iş hayatında gerekse insanların bireysel yaşamında derin izler bırakan COVID-19 sürecinin tedarik zincirleri üzerindeki etkisi tüm ezberleri bozmuştur. Pandemi döneminde Pazar ihtiyaçlarının neredeyse tamamen değişmesi ile, çoğu tedarik zinciri ağı mevcut yapısıyla ihtiyacı karşılamakta zorluk çekmektedir. İşte tam bu noktada tedarik zincirini yeniden tasarlamak isteyen bir dezenfektan üreticisi ile ilgili vaka ele alınmış ve tanıtılan model bu vakaya uygulanmıştır. İncelenen vakanın ve uyarlanan modelin, benzer durumdaki vakaların çözümüne katkı sağlaması hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tesis Yeri Seçimi, Tam Sayılı Programlama, Kapasiteli Tesisler, COVID-19, FMCG.

## Application of the Facility Location and Capacity Level Selection Problem to a Supply Chain Case in the Pandemic Period

### Abstract

In this paper, the problem of facility location and capacity level selection for facilities with gradual capacities is investigated. By choosing the right facility location with the right capacity, it is aimed to minimize the total cost consisting of fixed operating costs of the facilities and the transportation costs of the goods and services from the facilities to distribution centers. An integer linear programming model is formulated to solve this problem. What makes the difference in this paper is that a new integer linear programming model is proposed to address the problem of the decision to choose between facilities at potential locations in a single-stage supply chain, as well as the transfer of multilevel capacities between facilities or the distribution of new capacities to be included in the system. Thus, idle capacities can be better utilized and transportation costs can be reduced. The impact of COVID-19, which leaves deep marks both in business life and in people's individual life, has broken all the routines of the supply chains. During COVID-19 period, almost all market needs changed and most of the supply chain networks have difficulty to meet the requirements with their existing structure. At this point, a case of a disinfectant manufacturer who wanted to redesign its supply chain was discussed and the introduced model was applied to this case. It is aimed that the investigated case and the adapted model contribute to the solution of similar cases.

**Keywords:** Facility Location, Integer Programming, Capacitated Facilities, COVID-19, FMCG.

\* Sorumlu Yazar: [emreyavuz999@gmail.com](mailto:emreyavuz999@gmail.com)

## 1. Giriş

Sınırlı kapasiteli tesis yeri seçimi problemi, bir dizi müşteriye hizmet vermek için sınırlı kapasiteye sahip bir dizi tesisin yerleştirilmesinden oluşur. Amacı, tesis kurulumu ve işletmesiyle ilgili sabit maliyetlerden ve bu tesislerden müşterilere mal dağıtımını sağlayan dağıtım merkezlerine taşıma ile ilgili değişken maliyetlerden oluşan toplam maliyeti minimize etmektir. Bu problemde hem tesislerin potansiyel yerleri hem de dağıtım merkezlerinin talepleri önceden bilinmektedir. Bu Tesis Yeri Seçimi Teorisinde iyi bilinen bir problemdir ve kapsamlı bir şekilde incelenmiştir (Guignard ve Spielberg, 1979; Sridharan, 1995).

Sınırlı kapasiteli tesis yeri seçimi problemi için, genellikle iki tahsis modeli dikkate alınır: ilki bir dağıtım merkezine birden fazla tesisten mal gönderimi ile ilgili olan çoklu kaynak kullanımı, ikinci ise her dağıtımın merkezine yalnızca bir tesisten mal gönderimi yapılabilen tek kaynak kullanımıdır. İlkinden daha küçük ölçekli olmasına rağmen, ikinci yaklaşım literatürde daha çok ilgi görmüştür (Contreras ve Díaz, 2008; Cortinhal, 2003), (Gadegaard ve diğerleri, 2018). Bu çalışmada çoklu kaynak kullanımı modelini ele alınacaktır.

Günümüzde tesis yeri seçimi problemi, ya daha verimli yeni çözüm algoritmalarının geliştirilmesi açısından ya da konu ile ilgili çözüm bekleyen yeni güncel vakaların gelişmesi sebebiyle, bilim dünyasının araştırmalarında ilgi odağı olmaya devam etmektedir ve son yıllarda çok sayıda makale literatüre kazandırılmıştır. Bunlardan, Irawan ve Jones (2019) iki aşamalı bir tedarik zincirinde çok düzeyli kapasitelere sahip tesis yeri seçimi üzerine yaptıkları çalışmada, dağıtım merkezlerinin yerlerinin kapasiteleri ile belirlenmesi ve fabrikalardan dağıtım merkezlerine ve müşterilere ürün akışı da optimize edilmesi problemini ele almıştır. Burada, tesislerin bir üretim limiti varken, potansiyel dağıtım merkezleri, çok seviyeli kapasiteler olarak tanımlanan, aralarından seçim yapabileceğiniz birkaç olası kapasite seviyesine sahiptir. Burada dağıtım merkezi açma sabit maliyetlerini ve nakliye maliyetlerini en aza indirmek için iki tane tam sayılı doğrusal programlama modeli tanıtılmış ve performansları karşılaştırılmıştır. İki aşamalı tedarik zinciri üzerine diğer bir güncel çalışmada ise Souto ve diğerleri (2021) problemin çözümünü için düşük hesaplama zamanında yüksek kaliteli çözümler bulan, Kümeleme Arama, Uyarlanabilir Geniş Komşuluk Arama ve Yerel Dallanma Yöntemlerinin hibridizasyonu bir yöntem önermiştir. Matos ve diğerleri (2021), sınırlı kapasiteli tesis yeri seçimi problemi çözümünü için hem sıralı hem de paralel Gevşeme Uyarlamalı Bellek Programlama yaklaşımı önermiştir. Literatürde karşılaşılan diğer bir yaklaşım da kapasite transferlerinin mümkün olduğu bir tesis yeri seçimi problemleridir. Corberána ve diğerleri (2020) bu problemde kapasite fazlası olan tesislerin, bu kapasitenin bir kısmını başka bir tesise devrederek darboğazı kaldırabilme seçeneği değerlendirilmiştir ve bu problem için kurulum maliyetleri ve dağıtım maliyetleri toplamını minimize eden karışık tam sayılı matematiksel programlama modelleri önerilmiştir. Kademeli kapasiteler üzerine çalışma yapan Irawan ve diğerleri (2019), kullanılan kapasiteye ve tesisin bulunduğu alana bağlı olarak, bir tesisin açılış (sabit) maliyeti ve birkaç olası kapasitenin varlığı ile tek kaynaktan yer seçimi problemini ele almıştır. Albareda-Sambola ve diğerleri (2017) ise, bölünemeyen talepleri olan bir sabit maliyetli tesis yeri problemini ele almıştır. Burada tesisler homojen olasılıkla başarısız olabilir ve bu arızalar bağımsız

olarak gerçekleşir. Her müşteri için, açık tesislere bir atama dizisi tanımlanır ve her senaryoda, müşteriye başarısız olmayan sıradaki ilk tesisten hizmet verilir. Bir müşterinin kaybolduğu veya dışarıdan temin edildiği durumları modellemek için, büyük atama maliyetlerine sahip, arızasız bir ekstra kukla tesis kullanıldığı bir model geliştirilmiş ve problemi çözmek için Benders ayrıştırma algoritması modern bir dal kesme karışık tamsayı programlama çözücüsüne gömülmüştür.

Literatürdeki çoğu tesis yeri seçimi problemi, her bir potansiyel tesis için sabit kapasiteye sahip, tesis yeri seçimi ile ilgilidir. Ancak pratik durumlarda tesisin kapasitesi de belirlenmesi gereken bir karar değişkeni olarak değerlendirilmektedir (Correia ve Captivo, 2003). Bu, sorunun yalnızca tesisin en uygun yerini bulmak değil, aynı zamanda kapasitesini bulmak olduğu anlamına gelir. Bu çalışmada, tek aşamalı bir tedarik zincirinde, kademeli kapasitelere sahip tesisler için mevcuttaki toplam kapasitenin, potansiyel lokasyonlardaki tesisler arasında optimum dağıtımını sağlayarak sabit işletme maliyetlerinin ve tesisler ile dağıtım merkezleri arasındaki değişken taşıma maliyetlerinin toplamını minimize eden bir model kurduk. Bu model, mevcutta kademeli kapasitelere sahip bir tesisteki kapasitenin, belirli kademe veya kademelerinin başka tesis veya tesislere transferi ile toplam sabit ve değişken maliyetlerin düşürülmesi ihtiyacına cevap verdiği gibi, gelecekte artan bir talep olması durumunda yeni talebe göre yapılacak yatırımın hangi tesise yapılması konusunu ve tedarik zincirinin yeniden tasarımı konusuna da yanıt aramaktadır.

Araştırmalarımıza göre, bu yönüyle bir problem literatürde henüz ele alınmamıştır. Bu nedenle, bu makale, bir tek aşamalı tedarik zincirinde potansiyel lokasyonlardaki tesisler arasından seçim kararının yanı sıra, kademeli kapasitelerin tesisler arasında transferi veya sisteme dahil olacak yeni kapasitelerin dağıtım problemini ele almak için yeni bir tam sayılı doğrusal programlama modeli önermektedir. Böylece atıl kapasiteler daha iyi değerlendirilebilecek ve taşıma maliyetleri düşürülebilecektir. Bu makalenin ana katkıları aşağıdaki gibidir:

- Kademeli kapasitelerin, tek aşamalı tedarik zincirinde kapasite sınırlı tesis yeri seçimi problemi için, kapasite transferini de göz önüne alarak hem tesis yeri seçimi hem de kapasite seviyesinin belirlenmesi ile tedarik zinciri ağını yeniden tasarlama üzerine yeni bir model önerilmiştir,

- Sorunumuzun önemli bir özelliği olan kapasite transferi, tesisler arasında sadece mevcut kapasite fazlasını yönetmeye izin vermekle kalmayıp, aynı zamanda açık tesisler arasında genel operasyonel kapasitenin daha iyi bir kullanımını sağlayacak bir iş birliği stratejisi olarak görülebilir. Bunun yanında mevcut tesislerden bazılarının kapanması veya yeni tesislerin açılarak kapasitenin paylaşılması suretiyle işletme ve taşıma maliyetleri toplamı düşüren bir yeniden tasarım süreci olarak düşünülebilir.

- Problemi çözmek için çözümünü basit bir tam sayılı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir,

- Bu model, Pandemi döneminde neredeyse tamamen değişen pazar koşullarında şirketlerin rekabete çevik bir şekilde adapte olabileceğini gösterir bir vaka üzerinde uygulanmıştır, buna göre hijyen ürünleri üreten bir FMCG firmasının dezenfektan üretim ve dağıtım ağıının yeniden tasarımı değerlendirilmiştir.

Bu makalenin geri kalan bölümlerini şu şekilde özetleyebiliriz. 2. Bölümde kademeli kapasitelerin tek aşamalı

tedarik zincirinde kapasite sınırlı tesis yeri seçimi problemi için matematiksel model sunulmuştur. 3. Bölümde örnek bir vaka üzerinden modelin uygulanması ve MS Excel Çözücü kullanılarak elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Son olarak da Bölüm 4'te sonuçlar ve öneriler paylaşılmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Notasyonlar

Bu kısımda, sınırlı kapasiteli tesis yeri seçimi problemi için standart optimizasyon modeli üzerine (3) ve (4) numaralı kısıtlar eklenerek, kademeli kapasitelere sahip tesisler için toplam kapasitenin, potansiyel lokasyonlardaki tesisler arasında optimum dağıtımını sağlayarak, sabit işletme maliyetlerinin ve değişken taşıma maliyetlerinin toplamını minimize eden modeli tanıtılacaktır. Modeli kurmadan önce, modelde kullanılacak notasyonlar ve açıklamaları aşağıda paylaşılmıştır:

Bu problemde üç farklı kümeyi ele alınmaktadır:

$I$  tesisler için potansiyel konumlar kümesi

$J$  dağıtım merkezleri kümesi

$K$  üretim hatları kümesi

Burada  $K$  ele alınan, ürünü üretme kabiliyeti olan makineler kümesini, diğer bir deyişle üretim hatları kümesini ifade etmektedir. Bu üretim hatlarının her birinin kapasitelerinin eşit olduğu ve bu üretim hatlarının aynı 2. el makine satın alınmasında olduğu gibi, başka bir tesise taşınabildiği varsayılmaktadır.  $s(K)$  ise elimizdeki eşit kapasitedeki makine sayısını ifade etmektedir.

Karar değişkenleri;

$y_i$   $i \in I$  tesisinin sahip olduğu kapasite seviyesidir

$x_{ij}$   $i \in I$  tesisinden  $j \in J$  merkezine sevk edilen miktar

Diğer parametreler;

$c_{ij}$   $i \in I$  tesisinden  $j \in J$  merkezine birim taşıma maliyeti

$f_i$   $i \in I$  tesisinde 1 hattı işletmek için gerekli sabit maliyet

$s$  bir hattın kapasitesi

$d_j$   $j \in J$  merkezinin talebi

### 2.2. Matematiksel Model

Yukarıda tanımlanan notasyonlara göre, doğrusal programlama modelinin formülasyonu;

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij} + \sum_{i=1}^m f_i y_i \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq s y_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{kapasite kısıtı} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq d_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{talep kısıtı} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m y_i \leq s(K) \quad \text{toplam hat sayısı kısıtı} \quad (4)$$

$$y_i \geq 0 \quad \text{ve tam sayı,} \quad i \in I \quad (5)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{ve} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

Amaç fonksiyonu (1), tesislerin sabit işletme maliyetleri ve malların tesislerden dağıtım merkezlerine değişken taşıma maliyetleri toplamını minimize etmek istemektedir. Kısıt (2) talebin karşılanırken ilgili tesisin kapasitesini aşmamasını sağlar. Kısıt (3), tüm talebin karşılanmasını sağlar. (4) toplam makine veya üretim hattı sayısı kısıtıdır. Son olarak, kısıt (5) ve (6) karar değişkenlerinin alanını tanımlar.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Modelin Örnek Vakaya Uygulanması: Dezenfektan Dağıtım Ağı Tasarımı

Doğal afetler ve salgın hastalıkların insanlık üzerinde birçok negatif etkisi vardır. Bu negatif etkilerin birçoğu gelen doğal kısıtlar, alınan önlemler veya değişen ihtiyaçlar sebebiyle tedarik zinciri operasyonları üzerinde çok yönlü etkiye sahiptir. 2020 yılı itibarıyla, COVID-19 salgınının dünya çapında yayılması nedeniyle, her ölçekte tedarik zinciri operasyonu doğrudan etkilenmiştir ve büyük zorluklarla karşı karşıya kalmıştır. Günümüzün gelişen teknolojisiyle bile, bu zorlukların üstesinden gelmek için ciddi efor sarfedilmiştir. Değişen arz talep dengeleri ve yeni lojistik koşullarla beraber, şirketler ayakta kalabilmek için çevik olmak ve yeni koşullara hızlı uyum sağlamak zorundadır. Turizm, restoran, eğlence vb. hizmet sektörleri bu süreçte ciddi yaralar alırken, e-ticaret, hazır gıda, sağlık hizmetleri, ilaç ve hijyen ürünleri sektörleri bu süreçten olumlu etkilenmiştir. Bu salgının en önemli özelliği, hızlı bir yayılma karakteristiğine sahiptir olmasıdır. Bu nedenle devletler, kurumlar ve bireyler hastalığın yayılmasını sınırlamak için yeni önleyici tedbirler benimsemiştir. Bireysel tedbirlerin başında ise hijyen alışkanlıkları gelmektedir. Bunun da etkisi, hijyen ürünleri sektöründe ve özellikle el temizleme ürünleri tüketiminde ciddi talep artışına neden olmuştur. Bu ürünlere talebin artması hem üretim tedarik zincirinde hem de dağıtım tedarik zincirinde hızlı uyum sağlayabilen şirketlere yeni fırsatlar sunmuştur.

Bu çalışmada Türkiye genelinde dağıtım ve satış ağı olan, İstanbul lokasyonlu dezenfektan ve kolonya üreticisi şirketin, bu ürün üzerinde tedarik zinciri ağını yeniden tasarlaması vakası ele alınacaktır. Vakayı ele almadan önce de takip eden bölümde COVID-19'un yapısı ve dünya genelinde etkileri sunulmuştur.

#### 3.1.1. COVID-19'un Tedarik Zincirlerine Etkisi

Dünya, Aralık 2019'dan bu yana Çin'in Wuhan kentinden başlayıp, dünyanın tüm ülkelerine yayılan bir virüs sebebiyle ciddi karmaşık zorluklarla yüzleşmeye başladı. Wuhan şehrinde Aralık 2019'un sonunda sebebi bilinmeyen 27 zatürree vakası görüldü (Lu ve diğerleri, 2020). Bu virüs, Çin'de çok kısa sürede birçok insanı enfekte etti ve tüm dünyaya yayıldı. Dünya Sağlık Örgütü, COVID-19 salgınının uluslararası bir halk sağlığı acil durumu içerdiğini belirterek, ülkemizde de ilk vakanın görüldüğü 11 Mart 2020 tarihinde Pandemi ilan etti (URL\_01, 2020). Bu dönemde birçok ülkede uygulanan sokağa çıkma kısıtlamaları, dünya genelinde ekonomik sıkıntılara sebep oldu. Sokağa çıkma kısıtlaması uygulanan ülkelerde, restoran ve kafe

gibi birçok küçük işletme kepenk kapattı. Bu dönem evinde daha fazla vakit geçirmek zorunda kalan insanlar açısından ekonomik ve sağlık sıkıntılarının yanında psikolojik anlamda da derin izler bıraktı. Bütün bu negatif etkilerin yanında doğa açısından olumlu gelişmeler oldu, doğa kendini onarmaya başladı ve çevre kirliliğinde ciddi oranda azalma gözlemlendi (Taş ve Yağanoğlu, 2020).

2020 süresince arz talep dengelerini alt üst ederek ticareti önemli ölçüde sarsan ve küresel ekonomiyi açıkça etkileyen COVID-19 salgınının, bu etkilerinin uzun vadede devam edeceği öngörülmektedir (Grida ve diğerleri, 2020). COVID-19 pandemisine benzer bir salgın sonucu maruz kalınan tedarik zinciri riskleri, tahmin edilemeyen uzun vadeli bozulmalar olarak nitelendirilmektedir ve salgının dünya genelinde yayılmasıyla birlikte bir tedarik zincirleri bozulması meydana gelmektedir (Ivanov ve Dolgui, 2020). Yapılan çalışmalara göre, dünyanın hemen hemen her bölgesinde faaliyet gösteren en büyük 1000 tedarik zincirine ait tesislerin çoğunun salgından etkilendiği ve karantinalar sebebiyle ciddi aksaklıkların olduğu kanıtlanmıştır (Linton ve Vakıl, 2020).

COVID-19 salgını döneminde tedarik zinciri alanındaki araştırmacıların ilgisi, salgınla mücadelede etkili olan sektörler odaklanarak Pandemi etkilerini uzun vadede azaltmaya yönelik çalışmalara yöneldi. Bu da tedarik zincirlerinin özellikle gıda, hijyen, sağlık ve ilaç gibi insanların temel ihtiyaçlarına hizmet eden endüstrilerle ilgili yeni çalışmalar yapmasına sebep oldu. En gelişmiş ülkeleri bile derinden etkileyen bu pandemi döneminde dünya genelinde sağlık kuruluşları, hastane ve insani yardım tesislerine olan ihtiyaç da artmış, bu tesislere yer seçimi konusunda başta çok kriterli karar verme yöntemleri olmak üzere farklı teknikler kullanarak çalışmalar yapılmıştır (Hallak ve Miç, 2021). Salgında en önemli koruyucu ekipmanlardan biri olan maske gibi ekipmanları üretmek için, alternatif tedarik zincirlerini keşfetmenin önemini araştırılmıştır (Shokrani ve diğerleri, 2020). COVID-19 salgını döneminde tedarik zincirlerinin karşılaştığı en önemli zorluklardan biri de hizmet ve mallara olan talep miktarını belirlemede karşılaşılan zorluklardır. Bu dönemde insanların panikle toplu alışveriş yapması, bu talebin sürekli olmayacağını öngöremeyen tedarik zincirlerinin hızlı tepki verme çabası ile birleşince birçok noktada darboğaz yaşandığı gibi benzer şekilde birçok noktada da stok yığılması ile sonuçlanmıştır. Bu dönemde (Govindan, Mina ve Alavi, 2020) bulanık çıkarım sistemine dayalı bir karar verme sistemi geliştirdikleri çalışmayla talep tahmin doğruluğunu artırma konusunda katkı sağlamıştır.

Virüsün yayılmasına engel olmak için alınan en önemli tedbirlerin başında el hijyeni gelmektedir. Virüs yağlı ikili katman yapısından dolayı %75 etanol, klorin içerikli dezenfektanlara ve klasik sabun gibi yağ çözücü özelliği güçlü olan temizleyicilere karşı duyarlıdır. Bu sebeple özellikle alkollü dezenfektan özelliğine sahip ürünlere de aşırı talep artışı olmuştur (Türken ve Köse, 2020; Uğurlu ve diğerleri, 2020). Bu talep artışları mevcut üreticilerin kapasitelerini zorlamış, hammadde ve malzeme tedariklerinde aksaklıklara neden olmuştur. Fakat bu süreçte tedarik zincirlerini doğru yönetebilen şirketler bu süreçte güçlerine güç katarak yollarına devam etmektedir. Bir sonraki bölümde Türkiye’de faaliyet gösteren bir kolonya ve dezenfektan üreticisinin COVID-19 döneminde tedarik zincirini yeniden tasarlama vakası ele alınmıştır.

### 3.1.2. Örnek Vaka Tanımı

Bu vakada İstanbul’da bir fabrikası olan kolonya ve dezenfektan üreticisi firmanın, Pandemi ile bu ürünlere olan talebin patlaması ve rekabette güç kazanmak için tedarik zincirini yeniden tasarlaması konusu ele alınmıştır. Firmanın Türkiye genelinde hali hazırda depolama ve sevkiyat için kullandığı 8 dağıtım merkezi mevcuttur ve bu dağıtım merkezleri İstanbul, Bursa, İzmir, Konya, Samsun, Antalya, Gaziantep ve Erzurum illerinde bulunmaktadır. Firma bu lokasyonları geçmiş yıllarda pazarın konumuna göre belirlemiş ve uzun yıllardır kullanmaktadır. Firmanın satışları 2020 yılında 20 katına çıkmıştır ve mevcut 8 dağıtım merkezinin gelecek dönemde yıllık talepleri palet bazlı olarak Tablo 1’de verilmiştir. Her palette 2.000 adet dezenfektan veya kolonya istiflenmektedir. Ayrıca potansiyel üretim tesisleri lokasyonları ile dağıtım merkezleri arasındaki nakliye maliyetleri (TL/palet) de Tablo 1’de verilmiştir. Firmanın mevcutta İstanbul’daki tesisinde, her biri yıllık 6 Milyon adet (3.000 Palet) kapasiteye sahip 6 üretim hattı mevcuttur. Firma hem hammadde ve ambalaj üreticilerine yakın olarak girdi tedarik süresini ve maliyetini azaltmak, hem de mevcut pazarlara daha yakın olarak taşıma maliyetlerini azaltmak istemektedir. Bu stratejinin firmaya, yerel üreticilerle maliyet ve temin süresi anlamında rekabet avantajı katması öngörülmektedir. Bu sebeple mevcutta dağıtım merkezi olarak kullandığı 8 lokasyon içerisinde üretim faaliyeti için yeterli kapalı alana sahip İzmir, Konya ve Gaziantep’teki tesislerinde üretim faaliyeti yapıp yapmama konusunu değerlendirmek istemektedir. Tesis ve Dağıtım Merkezlerinin harita üzerindeki konumları Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Dağıtım Merkezi Bazlı Talepler ve Taşıma Maliyetleri (Table 1. Distribution Center Based Demands and Transport Costs)

Tesisler	Dağıtım Merkezleri ve Birim Taşıma Maliyetleri (TL/palet)							
	İstanbul	Bursa	İzmir	Konya	Samsun	Antalya	Gaziantep	Erzurum
İstanbul	0	30	60	73	91	103	90	157
İzmir	60	40	0	85	140	65	95	175
Konya	73	55	85	0	70	42	55	90
Gaziantep	155	86	145	75	95	80	0	80
Talep (Palet)	3.800	1.900	2.600	2.900	1.400	2.200	1.550	1.250

Karışım ve dolmuş ekipmanlarından oluşan bu likit üretim hatlarının taşınma ve yeniden kurulum maliyetinin göreceli olarak düşük olması ve sökme, taşıma ve yeniden kurulumun

kolay ve çok zaman almaması sebebiyle firma, değişen piyasa koşullarına göre hızlı aksiyon almak adına, her yıl gelecek yılın satış tahminleri ışığında tedarik zincirini bir yıllık süreyle



yeniden tasarlamayı planlamaktadır. Böylelikle pandeminin bitmesi veya yeni virüs varyanlarının etkilerine göre piyasa koşulları yıllık olarak değerlendirilebilecektir. Bu sebeple üretim hatlarının İstanbul ve değerlendirilecek potansiyel lokasyonlardaki makine başına sabit maliyetler; hattı taşıma ve yeniden kurulum maliyetlerinin bir yıllık operasyon maliyetine yansıtılması ve tesis metrekare maliyeti, bakım onarım maliyeti gibi sabit giderleri kapsamakta olup Tablo 2'deki gibi belirlenmiştir.

Şirket bu veriler ışığında toplam sabit maliyetlerini ve taşıma kaynaklı nakliye maliyetlerini minimize etmek için alternatif lokasyonlarda hat kurması gerekip gerekmediğini, gerekiyorsa hangi lokasyonlarda hangi kapasite seviyesinde bir üretim gerektiği sorularına cevap arıyor. Bu çalışma sonucuna göre İstanbul'daki hatlardan tamamının veya bir kısmının diğer potansiyel şehir veya şehirlerdeki tesislere transferi kararı değerlendirilecektir.

Tablo 2. Tesis Bazlı Üretim Hattı Yıllık Sabit Maliyetleri (Table 2. Plant Based Production Line Annual Fixed Costs)

Tesisler	Makine Sabit Maliyet (TL)
İstanbul	200.000
İzmir	260.000
Konya	240.000
Gaziantep	230.000



Şekil 1. Dağıtım Merkezlerinin Türkiye'deki Dağılımı (Figure 1. Distribution Centers in Turkey)

### 3.1.3. MS Excel Çözücü ile Problemin Çözümü

Bölüm 3.1.2'de paylaşılan veriler ışığında ilk önce mevcut durumun resmini çizmek için, İstanbul tesisinde 6 makine ile yıllık sabit işletme maliyeti 1.200.000 TL olarak hesaplanabilir. Yıllık 17.600 paletin 8 dağıtım merkezine veya bölge deposuna gönderimi için, değişken taşıma maliyeti ise yıllık 1.114.450 TL olup, yıllık toplam maliyet 2.314.450 TL çıkmaktadır.

Bu problemde her üretim hattının belirli bir kapasitesi ve belirli bir sabit maliyetinin olması, kademeli kapasite kavramını ve bu üretim hattı sayısına bağlı kademeli sabit maliyet kavramını karşımıza çıkarmaktadır. Bu hatlardan bir kısmının farklı bir tesisi taşınarak toplam maliyeti düşürme yaklaşımı ise, tesisler arasında kapasite transferi yaklaşımını ele almamıza sebep olmaktadır.

Yine bir önceki bölümde paylaşılan veriler ışığında, Bölüm 2'de tanımlanan matematiksel modele göre Excel Çözücü tablomuzu oluşturarak, Şekil 2'deki optimum çözümü elde ediyoruz. Bu çözüme göre 4 şehirde de tesis kurulumu kararı çıktığını görebilmekteyiz. Buna göre İstanbul'da iki, İzmir'de

bir, Konya'da iki ve Gaziantep'te bir üretim hattının devreye alınması ile sabit işletme maliyetleri toplamı 1.370.000 TL'ye çıkarken, değişken taşıma maliyetleri 358.300 TL'ye inmektedir ve toplam maliyet 1.728.300 TL'ye inecektir. Optimum çözümün ilk durumla kıyaslayacak olursak, sabit maliyetler %14 artarken, taşıma maliyetleri %68 azalacaktır ve toplam maliyet %25 düşerek yıllık 586.150 TL tasarruf sağlanabilecektir. Bu sebeplerle İstanbul fabrikadaki altı üretim hattının 4'ünün, diğer lokasyonlardaki tesislere transferi maliyetleri %25 düşürerek, şirkete bu sektörde ciddi maliyet avantajı sağlayacaktır. Bunun yanında taşıma giderlerinin bu kadar düşmesi, aynı zamanda karbondioksit salınımı azaltarak daha çevre dostu bir tedarik zinciri olacaktır. Ayrıca müşteriye daha yakın olmak teslim sürelerini kısaltacak, dolayısıyla stok seviyelerinin de düşürülmesine katkı sağlanacaktır. Firma daha düşük stok seviyesiyle, müşteri taleplerini daha hızlı karşılayabileceği bir sisteme kavuşacaktır. Diğer yandan, üretimi farklı lokasyonlara bölmek, üretim ve kalite standartları açısından sapma riskleri ortaya çıkarabilir. Ayrıca nihai karar verilirken, diğer maliyetlerdeki değişiklikler ve operasyonu etkileyen diğer unsurlar da dikkate alınmalıdır.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
3	Tesis Lokasyon	1 Hat için Sabit Maliyet	İstanbul	Bursa	İzmir	Konya	Samsun	Antalya	Gaziantep	Erzurum	Kapasite
4	İstanbul	200.000	0	30	60	73	91	103	90	157	6.000
5	İzmir	260.000	60	40	0	85	140	65	95	175	3.000
6	Konya	240.000	73	55	85	0	70	42	55	90	6.000
7	Gaziantep	230.000	155	86	145	75	95	80	0	80	3.000
8	Talep		3.800	1.900	2.600	2.900	1.400	2.200	1.550	1.250	18.000
9											
10											
11	Lokasyon	Hat Sayısı	Sevkiyatlar							Sevk Miktarı	
12	İstanbul	2	3.800	1.900	0	0	300	0	0	0	6.000
13	İzmir	1	0	0	2.600	0	0	200	0	0	2.800
14	Konya	2	0	0	0	2.900	1.100	2.000	0	0	6.000
15	Gaziantep	1	0	0	0	0	0	0	1.550	1.250	2.800
16	Hat Sayısı	6	3.800	1.900	2.600	2.900	1.400	2.200	1.550	1.250	17.600
17											
18											
19	MinZ=	1.728.300									

Şekil 2. Modelin Uygulanması ve Çözümü ile Yıllık Toplam Maliyet (Figure 2. Annual Total Cost by Using the Model)

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu makalede kademeli kapasite alternatifleri içerisinde, optimum kapasite ile tesis yeri seçimi problemi ele alınmış ve bu probleme ait bir matematiksel model önerilmiştir. Bu model kullanılarak tesislerin sabit işletme maliyetleri ile, bu tesislerin hizmet ettiği dağıtım merkezlerine taşıma maliyetlerinden oluşan toplam maliyetin en aza indirilmesini sağlayacak, kapasite seviyesi ve tesis yeri seçimi gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu model üretim kapasitesini artıracak yeni bir yatırımın hangi tesise yapılması sorusuna cevap bulabileceği gibi, değişen pazar koşullarında mevcut bir kapasitenin optimum şekilde dağılımını sağlayarak kapasite transferi konusundaki sorulara da yanıt verebilecektir. Literatürdeki tesis yer seçimi ile ilgili birçok çalışma vardır. Bunların bir kısmı iki aşamalı tedarik zinciri yapılarında depo kapasiteleri ile birlikte depo yeri seçimi ile ilgili olduğu gibi, bir kısmı da kapasite transferi ile ilgili sorulara odaklanmıştır. Bu çalışma bu iki bakış açısını tek aşamalı bir tedarik zinciri problemine yansıtarak, farklı bir tedarik zinciri probleminin çözümünü sağlamıştır.

Teknoloji ile birlikte gelişen dünyada, artık tedarik zincirleri yine teknolojinin desteği ile daha güçlüdür. Ancak bu gelişmeler, beraberinde rekabeti de arttırmış ve hız, tedarik zincirlerinin maliyetle birlikte en önemli performans kriterlerinden biri olmuştur. Ancak her şey her zaman yolunda gitmemekle beraber, 2020 yılı süresince yaşanan Pandemi tüm sektörlerde olduğu gibi tedarik zincirinde de çözülmesi gereken birçok yeni problemi karşımıza çıkarmıştır. Optimizasyon araçlarını iyi kullanabilen şirketler, daha çevik bir şekilde kararlar alarak rakiplerine karşı hayatta kalma mücadelesinde bir adım öne geçebilmektedirler.

İşte tam da böyle bir ortamda, değişen pazar koşullarına hızlı bir şekilde adapte olma ihtiyacı olan bir dezenfektan üreticisinin, tedarik zinciri ağı ile ilgili bir vaka ele alınmıştır. Örnek problem bu makalede tanıtılan model ile çözümlenerek, firmanın çağımızın en önemli iki performans kriteri olan hız ve maliyet konusunda avantaj yaratarak, daha az çevre kirliliği ile daha fazla insanın daha ekonomik bir şekilde hijyen ürünlerine ulaşmasına katkı sağlamıştır. Firmaların hızlı değişen piyasa koşullarında rekabette ayakta kalabilmek için artık stratejilerini

daha kısa süreli ara değerlendirmelere imkan sağlayan esnek ve kolay uygulamalara yönelmek durumundadır.

Bu model farklı sektörlerdeki benzer problemlere cevap verebilecek nitelikte olup, farklı sektörlerde uygulanabilir. Bunun yanında bu çalışmada sadece eşit kapasitelere sahip üretim hatları konu edilmiştir. Farklı kapasitelerde üretim hatlarını ele alarak, tesis yeri ve tesis kapasitesi seçimi bu makalenin bir uzantısı olabilir.

#### Kaynakça

- Albareda-Sambola, M., Landete, M., Monge, J., & Sainz-Pardo, J. (2017). Introducing capacities in the location of unreliable facilities. *Eur. J. Oper. Res.*(259), 175–188.
- Contreras, I.A., & Díaz, J.A., (2008). Scatter search for the single source capacitated facility location problem. *Ann. Oper. Res.*(157), 73–89.
- Corberána, A., Landete, M., Peiróa, J., & Saldanha-da-Gamac, F. (2020). The facility location problem with capacity transfers. *Transportation Research*(138), 1-19.
- Correia, I., & Captivo, M. E. (2003). A lagrangean heuristic for a modular capacitated location problem. *Annals of Operations Research*(122), 141-161.
- Cortinhal, M. C. (2003). Upper and lower bounds for the single source capacitated location problem. *ur. J. Oper. Res.*(151), 333–351.
- Gadegaard, S.L., Klose, A., & Nielsen, L.R. (2018). An improved cut-and-solve algorithm for the single-source capacitated facility location problem. *EURO J. Comput.*(6), 1-27.
- Govindan, K., Mina, H., & Alavi, B. (2020). A decision support system for demand management in healthcare supply chains considering the epidemic outbreaks: A case study of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 1-14.
- Grida, M., Mohamed, R., & Zaided, A.N.H. (2020). Evaluate the impact of COVID-19 prevention policies on supply chain

- aspects under uncertainty. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*(8), 1-8.
- Guignard, M., & Spielberg, K.. (1979). A direct dual method for the mixed plant location problem with some side constraints. *Math. Program*, 17, 198–228.
- Hallak , J., & Miç , P. (2021). Multi Criteria Decision Making Approach to the Evaluation of Humanitarian. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 22, 71-80.
- Irawan, C. A., & Jones, D. (2019). Formulation and solution of a two-stage capacitated facility location problem with multilevel capacities. *Ann Oper Res*, 272, 41-67.
- Irawan, C. A., Luis, M., Salhi, S., & Imran, A. (2019). The incorporation of fixed cost and multilevel capacities into the discrete and continuous single source capacitated facility location problem. *Annals of Operations Research*, 275, 367–392
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. *Int. J. Prod. Res.*, 58(10), 2904-2915.
- Linton, T., & Vakil, B. (2020). Coronavirus is proving we need more resilient supply chains. *Harward Business Review*: <https://hbr.org/2020/03/coronavirus-is-proving-that-we-need-more-resilient-supply-chains> adresinden alındı
- Lu, H., Stratton, C.W., & Tang, Y. W. (2020). Outbreak of pneumonia of unknown etiology in Wuhan, China: The mystery and the miracle. *J Med Virol*, 92, 401-402.
- Matos, T., Oliveira, O., & Gamboa, D. (2021). RAMP algorithms for the capacitated facility location problem. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 9, 799–813
- Shokrani, A., Loukaides, E.G., Elias, E., & Lunt, A.J. (2020). Exploration of alternative supply chains and distributed manufacturing in response to COVID-19; a case study of medical face shields. *Materials & Design*(192), 1-3.
- Sridharan, R. (1995). The capacitated plant location problem. *Eur. J. Oper. Res.* (87), 203–213.
- Suoto, G., Morais, I., Mauri, G.R., Riberio, G.M., & Gonzales P.H. (2021). A hybrid matheuristic for the Two-Stage Capacitated Facility Location problem. *Expert Systems with Applications*, 185, 1–12.
- Taş, M. B. H., & Yağanoğlu, M. (2020). Ağır Akut Solunum Yolu Yetersizliği Sendromu Koronavirüsü 2 (SARS-CoV-2) Dünya Çapındaki Analizi ve Gelecekteki Durumu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 20, 248-253.
- Türken, M., & Köse, Ş. (2020). COVID-19 Bulaş Yolları ve Önleme. *Tepecik Eğit. ve Araşt. Hast. Dergisi*, 36-42.
- Uğurlu, Y., Durgun, H., Nemitlu, E., & Kurd, O. (2020). COVID-19 Salgını Sırasında Bireylerin Sosyal El Yıkama Bilgi ve Tutumunun Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği. *Journal of Contemporary Medicine*, 617-624.
- URL\_01. (2020, Temmuz 02). Pandemi. T.C. Sağlık Bakanlığı Covid-19 Bilgilendirme Sayfası: <https://covid19.saglik.gov.tr/TR-66494/pandemi.html> adresinden alındı