Nur Hivda YILDIZ

ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANABİLİM DALI

Yüksek Lisans Tezi

2022

T.C.
KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET ve LOJİSTİK ANABİLİM DALI ULUSLARARASI TİCARET ve LOJİSTİK BİLİM DALI

SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİK AĞI İÇİN MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ

Hazırlayan
Nur Hivda YILDIZ

Danışman
Doç. Dr. Neslihan DEMİREL

Yüksek Lisans Tezi

Ocak 2022, KAYSERİ

T.C.

KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ULUSLARARASI TİCARET ve LOJİSTİK ANABİLİM DALI

ULUSLARARASI TİCARET ve LOJİSTİK BİLİM DALI

SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİK AĞI İÇİN MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan

Nur Hivda YILDIZ

Danışman

Doç. Dr. Neslihan DEMİREL

Ocak 2022, KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Nur Hivda YILDIZ

T.C.
KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Anabilim Dalı : Uluslararası Ticaret ve Lojistik

Program Adı : Uluslararası Ticaret ve Lojistik

Tez Başlığı : Soğuk Zincir Lojistik Ağı için Matematiksel Model Önerisi

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının a) Giriş, b) Ana bölümler ve c) Sonuç kısımlarından oluşan (Kapak, Önsöz, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) toplam 91 sayfalık kısmına ilişkin 18/01/2022 tarihinde Turnitin intihal programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre tezin benzerlik oranı: % 9' dur.

Uygulanan filtrelemeler:

1- Giriş dahil

2- Ana Bölümler dahil

3- Sonuç dahil

4- Alıntılar dahil

5- Kapak hariç

6- Önsöz ve Teşekkür hariç

7- İçindekiler hariç

8- Kaynakça hariç

9- Özet hariç

10- Yedi (7) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Önerisi Hazırlama, Tez Yazma ve Teslim Yönergesini inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim. 18/01/2022

Danışman: Öğrenci:

Doç. Dr. Neslihan DEMİREL Nur Hivda YILDIZ

YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI

Soğuk Zincir Lojistik Ağı için Matematiksel Model Önerisi adlı Yüksek Lisans tezi, Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	Danışman
Nur Hivda YILDIZ	Doç. Dr. Neslihan Demirel

Uluslararası Ticaret ve Lojistik ABD Başkanı

Prof. Dr. Tuncay Çelik

KABUL ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Neslihan DEMİREL danışmanlığında Nur Hivda YILDIZ tarafından hazırlanan "Soğuk Zincir Lojistik Ağı için Matematiksel Model Önerisi" adlı bu çalışma jürimiz tarafından Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü …….. Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

…../…../…..

Tez Savunma Tarihi

JÜRİ

Danışman **:** …… ……..

Üye **:** …… ……..

Üye **:** …… ……..

ONAY

Bu Tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun ……/……/…….. tarihli ve …….. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

……. /……../……

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca kıymetli bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, ufkumu açan, ilgisini ve desteğini esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Neslihan Demirel'e, yardım ve katkılarından dolayı Arş. Gör. Nadide Aktaş'a, modellemede kullanılan verilerin elde edilmesinde destek sağlayan Kars İl Sağlık Müdürlüğü'ne ve kıymetli vaktini ayırarak benimle aşı soğuk zinciri süreci ile ilgili bilgilerini paylaşan Kars Halk Sağlığı Hizmetleri Başkanı sayın Dr. Aytaç Erman Kesgin'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hayatımın her aşamasında olduğu gibi yüksek lisans eğitimim boyunca da maddi manevi destekçim olan, beni cesaretlendiren annem ve babam başta olmak üzere sevgili aileme, ilgisi ve desteğinden dolayı kıymetli büyüğüm Sedat Kanbay'a teşekkürü bir borç bilirim.

Nur Hivda YILDIZ

Kayseri, Ocak 2022

SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİK AĞI İÇİN MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ

Nur Hivda YILDIZ

Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2022

Danışman: Doç. Dr. Neslihan DEMİREL

ÖZET

İnsan yaşamını doğrudan ilgilendiren gıda ürünlerinin ve tıbbi ürünlerin genel ürün profilini oluşturduğu soğuk zincirde ürünlerin son kullanıcıya ulaşıncaya dek herhangi bir kalite kaybına uğramaması gerek tüketici sağlığı gerekse işletmelerin ekstra maliyetlere katlanmak zorunda kalmaması açısından son derece kritiktir. Soğuk zincire tabi ürün gruplarından biri olan aşılar, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de çocukluk çağından itibaren bireylere, çeşitli hastalıklara karşı koruma sağlamak amacıyla, belli bir aşılama takvimi çerçevesinde uygulanmaktadır. Bulaşıcı hastalıklarla mücadelede önemli rol oynayan aşıların, türlerine göre belirlenen özel sıcaklık koşullarında depolanması ve taşınması gerekmektedir. Soğuk zincirde meydana gelen bir kırılma aşıların etkinliğinin geri döndürülemez şekilde kaybolmasına ve aşılama programlarının aksamasına neden olmaktadır. Bu kapsamda etkin bir şekilde tasarlanan ve yürütülen aşı soğuk zinciri büyük önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'de aşı soğuk zinciri süreci detaylı olarak incelenmiş ve aşı soğuk zinciri ağ yapısı ele alınmıştır. Genişletilmiş Bağışıklama Programı'nda yer alan aşılar ile 0-4 yaş arası tam bağışıklanmış popülasyonu maksimize edecek bir matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, 1 adet il deposu ve 8 adet Toplum Sağlığı Merkezi bulunan Kars ili için örnek bir probleme uygulanmıştır. Ayrıca modelin farklı koşullarda nasıl sonuç verdiğini göstermek amacıyla çeşitli senaryolar geliştirilmiş ve sonuçları analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Soğuk Zincir Lojistiği, Aşı, Genişletilmiş Bağışıklama Programı (GBP), Doğrusal Programlama

MATHEMATICAL MODEL PROPOSAL FOR COLD CHAIN LOGISTICS NETWORK

Nur Hivda YILDIZ

Kayseri University, Institute of Graduate Education, Master Thesis, January 2022

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Neslihan DEMİREL

ABSTRACT

In the cold chain, which food products and medical products that directly concern human life form the general product profile, it is extremely critical that the products do not suffer any quality loss until they reach the end user, both for consumer health and for businesses not to have to bear extra costs. Vaccines, one of the product groups subject to the cold chain, are administered within the framework of a certain vaccination schedule in order to provide protection against various diseases, beginning from childhood, in our country as well as all over the world. Vaccines, which play an important role in the struggle with infectious diseases, need to be stored and transported under special temperature conditions determined according to their types. A break in the cold chain causes the effectiveness of vaccines to be irreversibly lost and disruption of vaccination programs. In this regard, the cold chain of vaccines, which are effectively designed and carried out is of great importance.

In this thesis, the vaccine cold chain process in Turkey was examined in detail and the vaccine cold chain network structure was considered. First, a mathematical model was developed to maximize the fully immunized population aged 0-4 years with the vaccines included in the Expanded Program on Immunization. The developed model was applied to a sample problem for Kars province, which has 1 provincial warehouse and 8 community health centers. In addition, various scenarios were developed to show the results of the model under different conditions and results were analyzed.

Keywords: Cold Chain Logistics, Vaccine, Expanded Program on Immunization (EPI), Linear Programming

İÇİNDEKİLER

SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİK AĞI İÇİN MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ..... **i**

TEZ İNTİHAL RAPORU TESLİM FORMU ..... **ii**

YÖNERGEYE UYGUNLUK ..... **iii**

KABUL VE ONAY TUTANAĞI ..... **iv**

TEŞEKKÜR ..... **v**

ÖZET ..... **vi**

ABSTRACT ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ ..... **xii**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **xiv**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **xv**

GİRİŞ **1**

BİRİNCİ BÖLÜM

LOJİSTİK ve TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

1.1. Lojistik 4

1.1.1. Lojistiğin Tarihsel Gelişimi 5

1.1.2. Lojistik Faaliyetler 6

1.1.2.1. Satın Alma 7

1.1.2.2. Depolama 7

1.1.2.3. Elleçleme 7

1.1.2.4. Taşıma 8

1.1.2.5. Sipariş İşleme 8

1.1.2.6. Ambalajlama 8
1.1.2.7. Talep Tahmini 9
1.1.2.8. Stok Yönetimi 9
1.1.2.9. Müşteri Hizmetleri 10
1.1.2.10. Üretim Planlama 10
1.1.2.11. Kuruluş Yeri Seçimi 10
1.1.2.12. Sigortalama ve Gümrükleme 11
1.1.2.13. Bilgi Yönetimi 11
1.1.2.14. Tersine Lojistik 12
1.1.3. Lojistik Yönetimi 12
1.1.4. Lojistiğin Bölümleri 14
1.1.4.1. Tedarik Lojistiği 14
1.1.4.2. Üretim Lojistiği 14
1.1.4.3. Dağıtım Lojistiği 15
1.1.4.4. Tersine Lojistik 15
1.2. Tedarik Zinciri Yönetimi 16
1.2.1. Tedarik Zinciri Yönetiminin Tarihsel Gelişimi 18
1.2.2. Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı 19
1.2.3. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi İlişkisi 20

İKİNCİ BÖLÜM

SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİĞİ

2.1. Soğuk Zincir 21
2.2. Soğuk Zincir Yönetimi 23
2.3. Soğuk Zincire Konu Olan Ürünler 24
2.3.1. Gıdalar 25
2.3.1.1. ATP Konvansiyonu ve İçeriği 26

2.3.2. İlaçlar 28
2.3.3. Aşılar 30
2.3.4. Aşıların Sınıflandırılması 33
2.3.1.1. Canlı Aşılar 33
2.3.1.2. Canlı Olmayan Aşılar 33
2.3.2. Aşıların Isıya Duyarlılıkları 34
2.3.3. Aşıların Işığa Duyarlılıkları 34

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AŞI TEDARİK ZİNCİRİ

3.1. Türkiye'de Aşının Tarihçesi 36
3.2. Genişletilmiş Bağışıklama Programı 37
3.3. Aşı ile Önlenebilir Hastalıklar Daire Başkanlığı 39
3.4. Aşıların Sevkiyatı 40
3.5. Aşı Takip Sistemi (ATS) 41
3.6. Aşılar için Soğuk Zincir 48
3.7. Ekipmanlar 50
3.7.1. Aşı Nakil Kapları 51
3.7.1.1. Uzun Ömürlü Aşı Nakil Kapları (Soğuk Kutular) 51
3.7.1.2. Kısa Ömürlü (Askılı) Aşı Nakil Kapları 52
3.7.2. Buz Aküleri 53
3.7.3. Buzdolapları 54
3.7.4. Köpük Koruyucular 57
3.7.5. Termometreler 57
3.7.6. Aşı Flakon İzlemcileri (VVM) 58
3.7.7. Donma Göstergeleri (Freeze Watch Indicator) 58
3.7.8. Soğuk Zincir İzleme Kartları 60

3.8. Soğuk Zincirde Karşılaşılan Sorunlar 61
3.8.1. Elektrik Kesintileri 62
3.8.2. Buzdolabında Aşı Dışında Ürün Bulundurulması 62
3.8.3. Buzdolabı Isısının +8°C Üzerine Çıkması 62
3.8.4. Buzdolabı Isısının +2°C Altına Düşmesi 63
3.8.5. Soğuk Zincirde Görevli Personelden Kaynaklı Sorunlar 63

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

AŞI TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI

4.1. Literatür Araştırması 64
4.1.1. Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı ile İlgili Çalışmalar 64
4.1.2. Soğuk Zincir Ağ Tasarımı ile İlgili Çalışmalar 68
4.1.3. Aşı Tedarik Zinciri ile İlgili Çalışmalar 69
4.2. Problemin Tanımlanması 73
4.3. Matematiksel Model 76
4.3.1. Notasyonlar 76
4.4. Örnek Problem 79
4.4.1. Sonuçlar 81
4.4.2. Senaryo Analizleri 87
SONUÇ 90
KAYNAKÇA 92
ÖZGEÇMİŞ 108
TEZ İNTİHAL RAPORU 109

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

Simgeler

₺: Türk lirası

$: Dolar

cc: Santimetre küp

m^3: Metre küp

Kısaltmalar

AHBS: Aile Hekimliği Bilgi Sistemi

ASM: Aile Sağlığı Merkezi

ATP: Accord Relatif Aux Transports Internationaux De Denrées Périssables Et Aux Engins Spéciaux À Utiliser Pour Ces Transports

ATS: Aşı Takip Sistemi

BCG: Bacillus Calmette-Guerin

CCM: Cold Chain Monitor

CSCMP: Council of Supply Chain Management Professionals

DaBT-İPA-Hib: Difteri, Asüler Boğmaca, Tetanoz, İnaktif Polio, hemofilus Influenza tip b Aşısı

DSÖ: Dünya Sağlık Örgütü

EPI: Expanded Program on Immunization

FW: Freeze Watch

GBP: Genişletilmiş Bağışıklama Programı

HBYS: Hastane Yönetim Bilgi Sistemi

Hep-A: Hepatit A

Hep-B: Hepatit B

HSM: Halk Sağlığı Müdürlüğü

KKK: Kızamık, Kızamıkçık, Kabakulak

KPA: Konjuge Pnömokok Aşısı

MBYS: Muayene Bilgi Yönetim Sistemi

LP: Linear programming

MILP: Mixed integer linear programming

MINLP: Mixed integer non-linear programming

MIP: Mixed integer programming

MOLP: Multi-objective linear programming

OPA: Oral Polio Aşısı

RFID: Radio Frequency Identification

STC: Sıcaklık Takip Cihazı

TD: Tetanoz ve difteri

THSK: Türk Halk Sağlığı Kurumu

TSM: Toplum Sağlık Merkezi

VVM: Vaccine Vial Monitor

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. *Ulusal Çocukluk Dönemi Aşılama Takvimi* 37
Tablo 3.2. *GBP Genelgesi Aşı Sevk Dönemleri* 40
Tablo 4.1. *Tedarik Zinciri Ağ Tasarımını Ele Alan Çalışmalar* 65
Tablo 4.2. *Soğuk Zincir Ağ Tasarımını Ele Alan Çalışmalar* 68
Tablo 4.3. *Aşı Tedarik Zincirini Ele Alan Çalışmalar* 70
Tablo 4.4. *Aşılara İlişkin Bilgiler* 80
Tablo 4.5. *Kars İlinde Bulunan TSM'lere İlişkin Veriler* 81
Tablo 4.6. *İl Deposu Yıllık Talep Miktarı* 82
Tablo 4.7. *Merkez Depodan İl Deposuna t Dönemde Taşınan i Aşısı Doz Miktarı* 82
Tablo 4.8. *İl Deposu Dönem Stokları* 83
Tablo 4.9. *TSM'lerin t Dönemdeki i Aşısı Talepleri* 83
Tablo 4.10. *TSM'lerin t Dönemdeki i Aşısı Talepleri* 84
Tablo 4.11. *İl Deposundan TSM'lere t Dönemde Taşınan i Aşısı Doz Miktarı* 84
Tablo 4.12. *TSM'lerin t Dönemdeki i Aşısı Talepleri* 85
Tablo 4.13. *i Aşısından k TSM'de t Dönemde Uygulanan Doz Miktarı* 86
Tablo 4.14. *Senaryolar* 87

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. *İleri ve Tersine Lojistik Ağı* *16*
Şekil 3.1. *ATS Saha İzleme Ekranı* 44
Şekil 3.2. *Araç Takip Ekranı* 47
Şekil 3.3. *Aşıların Soğuk Zincir Aşamaları* 50
Şekil 3.4. *Uzun Ömürlü Aşı Nakil Kabı (Soğuk Kutu)* 52
Şekil 3.5. *Askılı Aşı Nakil Kabı* 53
Şekil 3.6. *Buz Aküsü* 54
Şekil 3.7. *Buzdolabı İçerisinde Aşıların Yerleşim Düzeni* 56
Şekil 3.8. *VVM'nin Okunması* 58
Şekil 3.9. *Donma Göstergesi* 59
Şekil 3.10. *Dijital Donma Göstergesi* 60
Şekil 3.11. *CCM* 61
Şekil 4.1. *Aşı Tedarik Zinciri Ağ Yapısı* 73
Şekil 4.2. *Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Aşı ve İlaç Deposu* 74
Şekil 4.3. *Frigorifik Aşı Nakil Kamyonu* 75
Şekil 4.4. *Frigorifik İl Aşı Dağıtım Aracı* 75
Şekil 4.5. *Senaryo I için Amaç Fonksiyonu Değerindeki Değişim* 88
Şekil 4.6. *Senaryo II için Amaç Fonksiyonu Değerindeki Değişim* 88
Şekil 4.7. *Senaryo III için Amaç Fonksiyonu Değerindeki Değişim* 89

GİRİŞ

İşletmeler ürünlerini dünyanın çeşitli noktalarındaki müşterilere doğru zamanda, doğru miktarda, doğru şartlar altında ve doğru maliyetlerle ulaştırabilmek amacıyla lojistik süreçlere odaklanmaktadır. Askeri kökenli bir kavram olduğu bilinen lojistik, küreselleşmenin ve teknoloji alanında yaşanan gelişmelerin etkisiyle her geçen gün daha önemli ve kapsamlı hale gelmektedir. Mal, hizmet ve bilgilerin üretim ve tüketim noktaları arasındaki ileri ve geri akışını içeren süreç olarak ifade edilebilen lojistik her bir ürün grubu için farklı strateji ve uygulamalar gerektirebilmektedir. Diğer ürün gruplarıyla kıyaslandığında taze meyve-sebze, et ve et ürünleri, hayvansal gıdalar, dondurulmuş gıdalar, ilaçlar, aşı ve anti serumlar gibi kolay bozulabilir ürünlerin lojistik süreçleri son derece hassastır ve özel koşullar gerektirmektedir. Bu tür kolay bozulabilen ürünlerin uzayan mesafelere ve depolama sürelerine rağmen kalite kaybı yaşamadan tüketicisine ulaştırılması, lojistik süreçler boyunca ürünlerin belli bir sıcaklık aralığında muhafaza edilmesi ve sürecin etkin yönetimi ile mümkündür. Uygun sıcaklık koşulları sağlanmadığı takdirde söz konusu ürünler kolayca bozularak işletme açısından ekstra maliyetlere yol açarken bu bozulmaların fark edilmemesi ise insan sağlığı için büyük risk oluşturmaktadır. Günümüzde insan yaşamının devamlılığı için gerekli olan gıda ürünlerinin ve tıbbi ürünlerin kaynağından dünyanın çeşitli noktalarındaki tüketim noktalarına özel koşullar altında ulaştırılması soğuk zincir lojistiğinin kapsamına girmektedir. Soğuk zincir; sıcaklığa karşı duyarlı, kolay bozulabilir ürünlerin, bu ürünlerle ilgili bilgi ve hizmetlerin üretim noktası ile tüketim noktası arasındaki akışının etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirildiği süreç olarak ifade edilmektedir. Bu kapsamda tıbbi ürünleri de içeren soğuk zincir lojistiği; hastalıkları, hastalıklara bağlı sakatlıkları ve ölümleri önleme, dolayısıyla insan ve toplum sağlığını iyileştirme konusunda büyük önem taşımaktadır.

Günümüzde ulaşım teknolojilerinin gelişmesi ile uzaklık kavramı ortadan kalkmıştır. Bu durum insanların, ülkeler ve hatta kıtalar arasında kolayca seyahat edebilmesini sağlamış

ve böylece bulaşıcı hastalıklar dünya üzerinde daha hızlı ve kolay yayılma imkânı bulmuştur. Bulaşıcı hastalıklarla mücadelede bilinen en etkili ve en uygun maliyetli yöntem aşılamadır. Aşılar, bireylerin bulaşıcı hastalıklara yakalanmadan önce bağışıklanmasını sağlayarak hastalıkların toplumda görülme sıklığını azaltmakta ve bulaşıcı hastalıkların yıkıcı etkilerini ortadan kaldırmaktadır.

İnsan ve toplum sağlığı ile doğrudan ilişkili olan tıbbi ürün lojistiği bahsi geçtiği üzere aşı soğuk zincirini de içerisinde barındırmaktadır. Aşılar; ısı artışı, donma ve ışık gibi çevresel faktörlerden kolayca etkilenebilen hassas biyolojik ürünlerdir. Uygun sıcaklık koşulları sağlanmadığı takdirde aşıların bağışıklık kazandırma gücü kalıcı olarak ortadan kalkmaktadır. Aşıların etkinliği, tüm lojistik süreç boyunca uygun ekipman kullanımı ve soğuk zincirde yer alan eğitimli personel ile korunmaktadır. Aşı soğuk zincirinde meydana gelebilecek kırılmalar ile ürün kayıpları ve aşılama programlarında aksamalar yaşanırken etkin bir soğuk zincir aşıları bozulmadan ve zamanında ihtiyaç noktalarına ulaştırabilmektedir.

Aşıların ihtiyaç noktalarına hiçbir kalite kaybı yaşanmadan ulaştırılmasında özel bir ağ tasarımına ihtiyaç duyulmaktadır. Aşı soğuk zincirleri; pek çok belirsizlik, olası ekipman arızaları ve eğitimsiz personelden kaynaklı kırılmalar ile beklenmeyen salgın hastalıklar gibi bir dizi zorlukla karşı karşıya kalmaktadır. Bağışıklama programlarının aksamadan sürdürülmesi ise ancak güçlü bir ağ yapısı ile sağlanmaktadır. Bu doğrultuda bağışıklama sürecinin önemli bir süreci olan aşı soğuk zinciri teoride ve pratikte oldukça ilgi çeken alanlar arasında yer almaktadır.

Aşı soğuk zinciri ile ilgili literatürde soğuk zincir sürecinin işleyişini konu edinen pek çok çalışma yer almaktadır. Bunun yanında farklı gelişmişlik seviyelerindeki ülkelerde aşı soğuk zinciri ağ tasarımı ve modellemesi yapılan çalışmalar da bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında Türkiye'deki aşı soğuk zinciri süreci ele alınmış ve Genişletilmiş Bağışıklama Programı (GBP) kapsamında yer alan dört aşı için bir soğuk zincir ağ tasarımı ve modellemesi yapılmıştır. Literatürde Türkiye'de GBP kapsamında yer alan aşılarla ilgili ağ tasarımı ve modellemesini konu edinen bir çalışmaya rastlanmamış, literatüre bu alanda katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasında soğuk zincir kavramı, soğuk zincire konu olan aşılar ve bunlarla ilgili soğuk zincir sürecinin Türkiye'deki durumu incelenmiş ve aşılar için soğuk zincir ağ tasarımı ve modellemesi yapılmıştır. Tezin birinci bölümünde lojistik ve tedarik zinciri

yönetimi kavramları üzerinde durulmuş, lojistiğin tarihsel gelişimi, lojistik faaliyetler, lojistik yönetimi, lojistiğin bölümleri, tedarik zinciri yönetiminin tarihsel gelişimi , tedarik zinciri ağ tasarımı ile lojistik ve tedarik zinciri yönetiminin ilişkisi gibi konulara değinilmiştir. İkinci bölümde soğuk zincir kavramı, yönetimi, soğuk zincire konu olan ürünler ve çalışmanın konusu olan aşılar detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Üçüncü bölümde Türkiye'de aşı uygulamaları, bağışıklama programı, aşıların soğuk zincir süreci, Aşı Takip Sistemi (ATS) ve aşı soğuk zincirinde kullanılan ekipmanlar incelenmiştir. Dördüncü bölümde literatür araştırması, geliştirilen matematiksel model, senaryo analizleri ve sonuçlara yer verilmiştir. Beşinci bölümde tez çalışmasının sonuçları değerlendirilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM
LOJİSTİK ve TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Askeri bir kavram olarak ortaya çıkan lojistik II. Dünya Savaşı sonrası artan tüketimin ve küreselleşmenin etkisiyle birlikte işletmeler tarafından ilgi görmeye başlamıştır. Bu alanda giderek önem kazanan lojistik kavramının farklı tanımlamalarıyla karşılaşılmaktadır. Tedarik zinciri kavramı ile karıştırılan lojistik esasında tedarik zincirinin bir parçası olarak kabul edilmektedir. Bu bölümde lojistik ve tedarik zinciri kavramları ele alınmaktadır.

1.1. Lojistik

Kavram ile ilgili olarak taşıma, depolama, stok ve malzeme yönetimi görevlerini kapsayan bir faaliyet olduğu yönünde sınırlı bir tanımlama yapılmaktayken gelişen teknolojik koşullar ile yönetim becerilerindeki değişimler sayesinde lojistik, tedarik zincirinin farklı basamaklarındaki faaliyetlerin bütünleştirilmesi ve koordine edilmesinde temel mekanizma haline gelmiştir (Stock vd., 1998, ss. 38-39). Günümüzde lojistik denildiğinde hala ilk olarak fiziksel dağıtım ve nakliye faaliyetleri düşünülmektedir. Oysa lojistik, temelde bu faaliyetleri gerçekleştirirken aynı zamanda kalite, zaman, fiyat ve müşteri memnuniyeti gibi unsurları da gözetmektedir. Mal ve hizmetler, müşterileri tarafından tüketilmek istenildikleri yer ve zamanda bulunmadıkları takdirde değer oluşturmazlar (Bilginer vd., 2008). Lojistik; işletmelerin ortakları, tedarikçileri ve müşterileri açısından yer ve zaman değeri yaratmaktadır.

13.000'den fazla üyesiyle dünyanın en büyük tedarik zinciri ve lojistik yönetimi organizasyonu olan Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi (Council of Supply Chain Management Professionals [CSCMP])'nin tanımına göre lojistik, "Müşteri ihtiyaçlarını karşılamak üzere üretim noktası ile tüketim noktası arasında malların, hizmetlerin ve bunlarla ilgili bilgi akışının etkin ve verimli bir şekilde her iki yöne doğru hareketinin ve depolanmasının planlanması, uygulanması ve kontrolü sürecidir" (www.cscmp.org).

Bu tanımlamalardan yola çıkarak lojistik, bir ürünün veya hizmetin üretildiği noktadan tüketim noktasına kadar hem müşteri memnuniyetini hem de işletmenin karını maksimize etmek üzere planlama, organizasyon, depolama, nakliye ve yönetim faaliyetlerinin tamamı şeklinde ifade edilebilir. Diğer taraftan bu tanımlama günümüzde eksik kalmakta ve sadece geleneksel ileri lojistiğin ilgi alanını sunmaktadır. Çevresel kaygıların ve kısıtlayıcı yasaların gelişmesiyle birlikte lojistik kavramı, ürünlerin kalite problemleri, garanti şartları, yanlış teslimat, kullanım ya da ekonomik ömrünü tamamlama gibi nedenlerle geri dönüşlerini de dikkate alacak şekilde genişlemiştir.

1.1.1. Lojistiğin Tarihsel Gelişimi

İnsanlık tarihi kadar eskilere dayandığı düşünülen lojistik, tarihsel gelişimine bakıldığında kavramsal olarak ilk kez askeri literatürde karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla ilk kez askeri alanlarda ve savaşlarda uygulamaları görülmüş, askerlere malzeme, yiyecek ve giyecek tedarik edilebilmesi açısından savaşların kazanılmasında önemli rol oynamıştır (Çekerol & Kurnaz, 2011, s. 49). I. Dünya Savaşı'na dahil olan devletler özel askeri lojistik sistemleriyle bağlantı kurabilecekleri ve yönetim yollarını bulabilecekleri şekilde konumlanmışlardır. Uzayan savaş koşullarıyla birlikte lojistik; birliklerin gıda, askeri teçhizat ve ilaç tedarikini sağlayan hayati bir unsur haline gelmiştir. Savaş sonrası askeri lojistiğin önemi anlaşılmış, daha zorlu ve daha uzun olacağı tahmin edilen II. Dünya Savaşı için hazırlıklara başlanmıştır. Savaş hazırlıklarının başlamasıyla her devlet örgütsel yetenekleri doğrultusunda askeri lojistik yöntemlerini özel sektöre aktarmıştır (Cuturela & Manole, 2013, ss. 195-196). Literatürde lojistik, bir askeri birliğin operasyon yeteneğini destekleyecek her bir unsurun tasarımı, uygulanması, gerekli malzeme ve ekipmanın teminiyle savaşta ve barışta etkinliğin sağlanması şeklinde tanımlanmıştır (Tutar vd., 2009, s. 192).

Zaman içerisinde lojistik, askeri alanda sınırlı kalmamış ve bir yönetim anlayışı haline gelmiştir. Yöneticilerin ilgilendikleri ana faaliyetin üretim olduğu 1950'li yıllara kadar lojistik bir "necessary evil" yani yapılması zorunlu fakat yarattığı maliyetler açısından işletmeleri zorlayan bir faaliyet olarak kabul edilmiştir (Tseng vd., 2005, s. 1660). 1950-1960'lı yıllara gelindiğinde ise dünya ekonomisindeki eğilimlerin değişmeye başlaması ve pazarlama alanındaki gelişmeler ile lojistik kavramı gündeme gelmiştir (Biçer, 2007, s. 5). Fiziksel dağıtım kavramının ortaya çıktığı 1960-1970 yılları arasında yapılan çalışmalar bütünleşik bir sistem planlanması şeklinde olmuş, fiziksel dağıtım ve satın

alma faaliyetlerinin eş zamanlı sürdürülmesi günümüzdeki tedarik ve dağıtım lojistiği süreçlerinin temelini oluşturmuştur (Özdemir & Gökmen, 2016, s. 123). 1980 ve 90'lı yıllara gelindiğinde gerek üretim gerekse bilgisayar teknolojilerinde yaşanan gelişmeler sayesinde lojistikte büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Bununla birlikte ulaştırma alanındaki gelişmeler, ürünlerin daha önceleri ulaştırılamayan ya da ulaştırıldığında işletmelerin yüksek maliyetlere katlanmasına neden olan pazarlara daha uygun maliyetlerle ulaştırılabilmesini sağlamıştır (Ok, 2016, s. 8). 1990'larda lojistik, firmalar tarafından genel stratejinin vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiş ve üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcılar ile stratejik ortaklıkların büyümesi de önem kazanmaya başlamıştır (Southern, 2011, s. 59).

Günümüzde yaşamın pek çok alanı gibi lojistik alanı da bilişim sistemleri ve teknoloji alanında yaşanan gelişmelerden olumlu şekilde etkilenmiştir. Takip sistemleri, hızlı veri alışverişi sağlayan sistemler ile barkod ve RFID (radyo frekansı ile tanımlama) gibi otomatik tanımlama sistemlerinin geliştirilmesi ile lojistiğin stratejik öneminin artmış bu sistemleri etkin şekilde kullanan işletmeler rekabet üstünlüğü elde etmişlerdir (Coşkun, 2017, s. 11).

1.1.2. Lojistik Faaliyetler

İşletmeler, küresel rekabet ortamı içerisinde müşteri memnuniyetini sağlamak üzere yüksek kalitede ürün üretmek ve bunları müşterilerine doğru zamanda, doğru yerde ve doğru koşullar altında sunmak zorundadırlar. Artan küresel rekabet koşullarının yanı sıra teknolojideki hızlı gelişim ve değişen ürün yaşam döngüleri de işletmeleri lojistik faaliyetlerini daha etkin ve daha verimli hale getirmeye zorlamaktadır. Taşınan ürünlerin işletmeler açısından sahip olduğu değer hem lojistik kavramını hem de lojistik faaliyetleri son derece değerli ve kritik hale getirmektedir. Lojistik, sürecin başlangıcından sonuna kadar olan zaman zarfında envanter yönetiminden sigorta işlemlerine kadar pek çok faaliyetin gerçekleştirilmesini içeren bir kavramdır (Yazıcı, 2020, s. 13).

Genel olarak lojistik; müşteri ihtiyaçlarını karşılamak üzere malların, hizmetlerin ve bilgilerin üretim noktası ile tüketim noktası arasındaki her iki yönlü fiziksel akışının ve depolanmasının planlanması, yürütülmesi ve kontrolü faaliyetlerini kapsayan süreçlerden meydana gelen bir sistemdir ve tahmin, planlama, örgütleme, organizasyon, koordinasyon ve kontrol unsurlarını bünyesinde bulundurmaktadır (Şen, 2014, ss. 85, 103). Lojistiğin, ürün ve hizmetlerin üretiminden müşteriye ulaşıncaya kadar ve

müşterilerden geri döndükten sonra kapsadığı faaliyetlerden izleyen başlıklarda kısaca bahsedilmektedir.

1.1.2.1. Satın Alma

Satın alma faaliyeti, işletmenin ihtiyacı olan hammadde, yarı mamul veya bitmiş ürünlerin belirlenerek üretimin gerçekleşmesi için uygun zaman içerisinde ve doğru miktarlarda temin edilmesi görevlerini üstlenmektedir. Ayrıca ilgili ekipman temininin en uygun koşullar ile gerçekleştirilmesi, yüksek üretim kalitesi açısından tedarik kaynaklarının seçimi, satın alma zaman ve miktarlarının belirlenmesi de satın alma faaliyeti içerisinde gerçekleştirilmektedir.

1.1.2.2. Depolama

Depolama, üretilecek üründe kullanılmak üzere temin edilmiş hammadde veya yarı mamullerin ve tüketime hazır hale getirilmiş ürünlerin muhafaza edilmesi, bekletilmesi faaliyeti olarak ifade edilmektedir. Depolar üretimde gerekli olan malzemenin ihtiyaç anında kullanılabilmesi için muhafaza edildiği aynı zamanda da üretimi tamamlanan malların satışa kadar elde bulundurulduğu alanlardır. Depolarda gerçekleştirilen faaliyetler; boşaltma, aktarma, taşıma, sınıflandırma ve yüklemedir (Özcan, 2008, s. 289).

İşletmeler artan rekabet ortamında riski en aza indirmek adına ihtiyaç anında hammaddeye ulaşmak için ve müşteri taleplerindeki belirsizliklere karşı stok bulundururlar. Mallar daha önce üretilip depolanmadığında talebin üretim hızını geçmesiyle birlikte satış kaybı oluşacaktır (Çokay, 2012, s. 34). Depolama faaliyeti bu anlamda kritik bir rol üstlenmektedir.

1.1.2.3. Elleçleme

4458 sayılı Gümrük Kanunu'nda elleçleme faaliyeti, "Gümrük gözetimi altındaki eşyanın asli niteliklerini değiştirmeden istiflenmesi, yerinin değiştirilmesi, büyük kaplardan küçük kaplara aktarılması, kapların yenilenmesi veya tamiri, havalandırılması, kalburlanması, karıştırılması ve benzeri işlemlerdir" şeklinde ifade edilmiştir. Özetle elleçleme faaliyeti; malzemelerin fabrika veya depo içerisindeki yükleme, boşaltma, istiflenme hareketleriyle ilgilidir.

Elleçleme faaliyetinde tüm bu hareketler konveyör, forklift, vinç, transpalet gibi ekipmanlar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Elleçleme faaliyetinin amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (Bulut, 2007, s. 90):

- Etkin bir depolama,
- Ürünlerin depolarda beklediği süreleri kısaltma,
- Faaliyetleri gerçekleştirmek üzere kullanılan insan gücünü azaltma,
- Dolaşım alanlarını azaltma,
- Çalışma koşullarını etkin hale getirme,
- Depolamanın yapıldığı alan içinde elleçlemeyi azaltma,
- Oluşan maliyetleri minimum seviyeye getirme,
- Lojistik hizmet düzeyini maksimum hale getirme.

1.1.2.4. Taşıma

Taşıma (nakliye) faaliyeti, hammaddelerin üretim noktasına ve ürünlerin müşteri ihtiyaçları doğrultusunda tüketim noktalarına olan fiziksel hareketini ifade etmektedir. Bazı ürünlerin nakliyesinde ürünün niteliği dolayısıyla kullanılacak ekipmanların tahsis edilmesi ve ürünlerin kullanım noktasına kadar niteliğini koruyabilmesi çok önemlidir ve bu yönüyle taşıma faaliyeti maliyet arttırıcı etki yaratabilmektedir (Alkusal, 2006, s. 5).

Taşıma faaliyeti; karayolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı, boru hattı taşımacılığı ve iç suyolu taşımacılığı olmak üzere 6 farklı taşıma modu kullanılarak gerçekleştirilir. Taşıma modu seçiminde; maliyet, hız, taşınacak ürünün özellikleri, mesafe, ambalajlama ve müşteri özellikleri dikkate alınmaktadır (Kayabaşı, 2007, s. 65).

1.1.2.5. Sipariş İşleme

Sipariş işleme, müşterilerden siparişin alınmasıyla başlayıp alınan siparişlerin izlenmesi ve hazırlanması ile devam eden ve müşteriye teslim ile son bulan faaliyet alanıdır. Lojistik iş süreçlerinin başarısında kilit nokta, müşteri siparişlerinin yerinde ve zamanında, müşteriyi tatmin edecek bir sonuçla teslim edilmesidir. Bu nedenle bu sürecin en doğru teknik ve yöntemler ile yönetilmesi önemlidir (Megep, 2011, s. 36). Başarılı bir sipariş işleme sistemi, siparişin verilmesi ve teslimatın yapılması arasındaki süreyi kısaltarak zaman ve maliyet kazancı sağlar. Sipariş işlemleri günümüzde elektronik ortam üzerinden yapılabilmektedir (Eker, 2006, s. 14).

1.1.2.6. Ambalajlama

Ambalajlama, ürünlerin tüketiciye ulaştırılana kadar geçirdiği depolama, elleçleme, nakliye süreçlerinde zarar görmesini engelleyen ve taşımada kolaylık sağlayan son derece

önemli bir faaliyettir. Ürünü çeşitli dış etkenlerden korumasının yanında, pazarlama açısından da önemli bir faaliyet olan ambalajlama ile taşıma modu seçimi, depolama faaliyeti ve bunların maliyeti arasında sıkı bir ilişki vardır.

Lojistik açısından ambalajlamanın iki görevi vardır. Bunların ilki ürünün istenilen yere taşınmasında kolaylık sağlaması, ikincisi ise ürünü hem yurtiçi hem yurt dışı bütün taşımalarda alabileceği hasarlardan korumasıdır. Ayrıca dış pazarlarda farklı bir etiketleme kullanılması zorunlu olmakla birlikte ortak bir dil olan sembollerin kullanılmasındaki amaç ürünlerin hangi koşullar altında depolanacağı, elleçleneceği ve stoklanacağı hakkında bilgi vermektir. Aksi takdirde uygulanabilecek yanlış işlemler ürünün değer kaybetmesine ve ilave maliyetlere neden olabilmektedir (Gürdal, 2006, s. 22).

1.1.2.7. Talep Tahmini

Talep tahmini, geçmiş yıllara ait talep miktarları ve talebi etkileyen faktörler dikkate alınarak, gelecek dönemlerdeki taleplerin öngörülmesidir. Talep tahmini; müşteri taleplerini, tutundurma stratejilerini ve işletmenin satış gücünü belirlemesiyle pazarlamaya, yapılacak üretimin planlanmasına yardım etmesiyle üretime, depolanacak ürünlerin yer ve miktarıyla talepler doğrultusunda hangi bölgelere taşınacağının belirlenmesiyle lojistiğe katkı sağlar ve etkinliği arttırır (Akyıldız, 2004, s. 8).

1.1.2.8. Stok Yönetimi

Stok; hammadde, yarı mamul, bitmiş ürünler ile yardımcı malzemeler ve hazır parçaların, satış ve teslimlerinin istenen şekilde gerçekleştirilmesi ve üretimin istenilen seviyede tutulması için elde bulundurulmasıdır (Megep, 2011, ss. 38-39). Stok yönetimi ise hammadde, yarı mamul ve mamullerin stoklanmasıyla ilgili faaliyetleri düzenlerken stoklama maliyetlerin azaltılması, oluşabilecek herhangi bir zararın etkin şekilde yönetilmesini sağlamaktadır (Temelli, 2011, s. 13). Müşteri hizmet düzeyi ile stok maliyetleri arasında denge kurmak adına neyin, nerede, ne kadar stoklanması gerektiğine karar vermektedir.

Bulundurulan stokların doğru şekilde depolanmaması, eksik ya da fazla olması gibi durumlar işletmeler açısından ek maliyetlere neden olabilir. Gerektiğinde hazır bulunmayan parça veya malzemeler nedeniyle üretimde aksaklıklar oluşabilir, müşteri potansiyeli kaybedilebilir. Fazla bulundurulan stoklar ise hatalı talep tahminine bağlı

olarak üretimde yer alamadıklarında işletme için ek maliyetlere neden olmaktadır (Megep, 2011, s. 39).

1.1.2.9. Müşteri Hizmetleri

Müşteri hizmetleri, belirlenen uygun maliyetlerle hizmet sağlarken müşteriye ilişkin tüm hususların yönetilmesini ve bütünleştirilmesini hedef alan müşteri yönlü bir hizmettir (Deran vd., 2014, s. 31). Siparişin alınmasından müşteriye teslim edilmesine kadar olan süreçte yapılan tüm işlemler müşteri için hizmetin birer parçası olarak kabul edilmektedir (Oda, 2008, s. 13). Günümüzde rekabet koşullarının da artmasıyla değişen müşteri isteklerine cevap verebilen ve müşteri hizmet düzeyi yüksek olan işletmeler diğerlerine karşı üstünlük sağlamaktadır.

1.1.2.10. Üretim Planlama

Üretim planlaması, talebi tahmin edilen veya sipariş durumunda olan ürünün eldeki kaynakları etkili şekilde kullanarak istenen zamanda, miktarda ve nitelikte üretilmesi yönünde gerçekleştirilen bir lojistik faaliyettir. Aynı ortamda birden fazla ürünün üretildiği günümüz şartlarında üretim planlama faaliyetinin amacı; üretilen ürün için optimal miktarı belirlemektir (Deran vd., 2014, s. 33).

1.1.2.11. Kuruluş Yeri Seçimi

Lojistik faaliyetlerin aksamadan sürdürülebilmesi hususunda en önemli faaliyetlerden biri de kuruluş yeri seçimidir. Hammadde kaynaklarına ve pazara yakınlık, ulaşım imkânları ve maliyetleri gibi pek çok etkenin göz önünde bulundurulmasıyla gerçekleştirilen etkin yer seçimi istenilen ürünün istenilen yere zamanında, minimum maliyetle ulaştırılabilmesi açısından oldukça önemlidir. Üretimde kullanılacak hammaddenin üretim tesisine gelmesi, bitmiş ürünlerin müşterilere ulaştırılması için çeşitli şekillerdeki ulaştırma modlarına başvurulur. Ulaştırma seçeneklerine istenilen zamanda düşük maliyetlerle erişebilmek işletmelere üstünlük sağlayabilecek bir konudur (Kayabaşı, 2007, s. 74).

Günümüzde müşterilerin mal veya hizmet tercihleri yalnızca fiyat kriterine göre şekillenmemekte; kalite, ekonomiklik ve istenilen zamanda ve miktarda elde edilebilirlik tercihlerin oluşmasına etki etmektedir. İşletmelerin bu beklentileri karşılamasında ve aynı pazarı paylaştığı rakiplerine karşı avantaj sağlamasında kuruluş yeri seçimi büyük önem taşımaktadır (Alp & Gündoğdu, 2012, s. 8). Kuruluş yeri seçim kararı bir üretim işletmesi

için gerçekleşebileceği gibi, ana depo, tali depo, aktarma merkezi gibi tedarik zincirinin farklı üyeleri için de gerçekleşebilmektedir.

1.1.2.12. Sigortalama ve Gümrükleme

Uluslararası ticarette söz konusu malların taşınması, banka ve gümrük işlemlerinin gerçekleştirilmesi için taraflar arasında yapılacak anlaşma doğrultusunda bu malların sigortalanması gerekir. Sigortalama, malları oluşabilecek risklere karşı güvence altına alan, taraflar arasında güven ortamı oluşmasını sağlayan hukuki bir zorunluluktur. Sigortalama işlemi ithalatçı veya ihracatçı tarafından gerçekleştirilebilirken bu sorumluluğu üstlenen tarafın diğer lojistik faaliyetleri için anlaşmış olduğu lojistik hizmet sağlayıcı firmalar da bu hizmeti verebilmektedir (Megep, 2011, s. 38).

Gümrükleme ise mal veya hizmetlerin ülke sınırlarından çıkışı veya ülke sınırlarına girişi ile ilgili işlemlerin gümrük mevzuatına uygun şekilde gerçekleştirilip yönetilmesi sürecidir. Gümrükler, uluslararası ticarette vergileri tahsil etme, ticareti yönetme ve yasal düzenlemeler doğrultusunda ülkelerin iç ekonomik göstergelerini koruma gibi önemli görevler üstlenen kritik noktalardır. Gümrükleme sürecinde zaman zaman kendi ülkemizden veya yasal düzenlemeleri sebebiyle diğer ülkelerden kaynaklı aksamalar yaşanabilmektedir. Bu aksaklıklar ise lojistik zincirinin diğer halkalarında da olumsuz etkiler yaratabilmektedir (Koban, 2017, s. 56).

1.1.2.13. Bilgi Yönetimi

Lojistik süreçlere konu olan ürünler kadar bunlara ilişkin bilgi akışının yönetimi de hem tüketici hem işletme açısından önem taşımaktadır. Bilgi yönetimi süreci genel olarak ilgili bilginin aranması, bilgiye ulaşma, bilginin kaydı ve daha sonra uygun yerde doğru şekilde kullanılarak diğer birimlere aktarılması, güncellenmesi ve güncelliğini kaybeden bilgilerin arşivlenmesi aşamalarından oluşur (Gün, 2006, s. 41).

Küreselleşen dünya ticareti ile tedarik, imalat ve tüketim noktaları arasına büyük mesafeler girmiş, bu da taraflar arasında iletişime duyulan ihtiyacı arttırmıştır. Dolayısıyla bilginin taraflar arasında doğru şekilde aktarımı, sistemin başarısını ve performansını etkileyen önemli bir unsur haline gelmiştir. Tedarikçilerden müşterilere kadar sağlanması gereken bilgi akışı gerekliliği işletmeleri bilgi teknolojilerine yatırım yapmaya zorlamış ve bu teknolojilerde yaşanan gelişmeler lojistik faaliyetlerin etkin ve verimli şekilde gerçekleştirilmesine katkı sağlamıştır (Uludağ, 2013, ss. 71-72).

1.1.2.14. Tersine Lojistik

Tersine lojistik, bir üretim tesisi tarafından önceden sevk edilen ürünlerin veya parçaların geri dönüşüm, yeniden üretim veya bertaraf için tüketim noktalarından sistematik bir biçimde alındığı süreci ifade eder (Dowlatshahi, 2007, s. 3455). Ürünlerin tersine lojistik sürecine dâhil edilmesinde tüketici tarafından artık istenmemesi, servis ihtiyacı, üreticinin ürünü geri çağırması, ürünün kullanım ömrünü tamamladığı için malzeme geri kazanımı veya imhası amacıyla üreticiye gönderilmesi gibi sebepler etkili olmaktadır. Ayrıca stok fazlalığı, satılamayan ürünler, tüketiciye ulaşmadan ürün yaşam süresinin sona ermesi veya ürünün tedarik zincirindeki akışı sırasında uğradığı herhangi bir hasar nedeniyle de ürünler tersine lojistik sürecine dahil edilebilmektedir (Ayhan, 2012, s. 43).

1.1.3. Lojistik Yönetimi

Lojistik yönetimi, müşterilerin ihtiyaçları doğrultusunda üretim noktası ile tüketim noktası arasındaki malzemelerin iki yönlü akışı boyunca yer alan faaliyetlerin bilgi tabanlı bütünsel yönetimidir. Dünya ticaretinin küreselleşmesine bağlı olarak işletmeler de zamanla küreselleşme yolunda adımlar atmaya başlamış ve bu durum lojistiğe duyulan ihtiyacı arttırarak lojistik yönetiminin gerekliliğini ön plana çıkarmıştır. Artan tüketici beklentileri ve ülkeler arası ticaretin artması beraberinde rekabeti getirmiş, işletmelerin bu rekabet ortamına uyum sağlayabilmek için müşterilerine doğru yer ve zamanda uygun fiyatlı ve kaliteli ürün sunarak müşteri memnuniyeti sağlamaları, bunu yaparken de maliyetlerini azaltmaları ve doğru stratejiler benimsemeleri gerekmiştir. Tüm bu durumlar dikkate alındığında etkin bir lojistik yönetimi işletmeler için vazgeçilmez bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde işletmeler, küresel pazarda artan rekabet, kısa yaşam döngüsüne sahip ürünlerinin ve müşteri beklentilerinin artmasıyla lojistik sistemlere ilgi duymaya ve yatırım yapmaya başlamıştır. Lojistik sistemlerde ürünler bir ya da daha fazla üretim merkezinde üretilerek depolara, perakendecilere ve nihayetinde müşterilere gönderilir ve sistemde tüm bu süreç boyunca yer alan her tesis dikkate alınır. Lojistik yönetiminin amacı, süreç içerisindeki tüm maliyetlerin toplamını en aza indirmektir. Lojistik yönetimi, planlama, uygulama ve kontrol mekanizmaları etrafında geliştiğinden stratejik, taktiksel ve operasyonel anlamda işletmenin hemen hemen tüm faaliyetlerini kapsamaktadır (Simchi-Levi vd., 1999, s. 3).

Lojistik yönetiminin kapsamına hammadde ve ürünün taşınması, depolanması, satışı, iş hazırlama gibi bütün hareketleri yani fiziksel akışı ve bunlarla ilgili bilgi akışının tamamı girmektedir. Bu fiziksel akış ve ilgili bilgi akışı; hammadde ve malzemelerin depolara, yarı mamul ve işletmeye ait malzemelerin üretimde kullanılmak üzere üretim istasyonlarına, bitmiş ürünlerin depolara, satış noktalarına ve tüketicilere taşınması süreçlerinin tamamını kapsar. Bir başka ifadeyle lojistik yönetimi, üretim öncesi, üretim anı ve üretim sonrası tüm bilgi ve taşıma hareketlerinden oluşur (Özcan, 2008, s. 278). Günümüz koşulları bu akışlara hatalı, arızalı, kullanım ömrünü ya da ekonomik ömrünü tamamlamış ve müşterisi tarafından artık istenmeyen ürünlerin ve bunlarla ilgili bilgilerin akışının da eklenmesini gerekli kılmıştır.

Bir işletmenin en önemli maliyet kalemlerinden birini lojistik faaliyetler oluşturmaktadır. Lojistik faaliyetlerin oluşturduğu bu maliyetlerin minimum hale getirilmesi ise bir ihtiyaçtan çok küreselleşme sonucu benzer üretim teknolojilerine ve hammaddeye erişebilen ve üretim aşamalarında verimlilik açısından doyuma ulaşan işletmeler için zorunluluk haline gelmiştir. Etkin bir lojistik yönetimi, işletmeler açısından maliyetleri düşürme, kaliteyi ve müşteri memnuniyetini yükseltme gibi faydalar sağlamaktadır (Eker, 2006, s. 4). Diğer bir deyişle, rakiplerle benzer maliyetlerle daha iyi müşteri hizmet düzeyi için ya da yakın müşteri hizmet düzeyini daha düşük maliyetlerle sağlayabilmek için lojistik kilit rol oynamaktadır.

Etkin lojistik yönetimi ürünün ticari ömrü üzerinde rakiplerine karşı olumlu etkiler yaratarak işletmelere rekabet üstünlüğü avantajı sağlamaktadır. Yüksek kalitede ürün doğru yerde, doğru zamanda, doğru miktarda ve doğru maliyette müşterisine sunulamadığı takdirde kalitesinin ne düzeyde olduğu ikinci planda kalmaktadır. Kaliteli bir ürünün hatalı teslimatı (ürünün kendisi açısından ya da miktar olarak), hasarlı bir şekilde teslim edilmesi, doğru koşullar altında muhafaza edilmemesi ya da taşınmaması, zamanından önce veya sonra teslim edilmesi müşterinin gözündeki ürün değerini azaltacaktır. Özetle bütünsel bir kaliteden bahsedebilmek için ürün kalitesi kadar lojistik faaliyetlerin etkinliği de önem taşımaktadır.

İşletmelere daha geniş bir açıdan bakılmasını sağlayan lojistik yönetimi, tedarik kaynaklarından müşterilere doğru olan ileri fiziksel akışı, müşterilerden tedarik kaynaklarına doğru olan tersine fiziksel akışı ve her iki yönlü bilgi akışını bir bütün halinde ele alır. Lojistik yönetiminin başarısı, lojistik faaliyetler arasındaki ilişkinin doğru

şekilde planlanması ve yürütülmesiyle mümkün olmaktadır. Uzun yıllar üretim ve pazarlama faaliyetleri birbirinden ayrı değerlendirilmiş ve faaliyetler arasında bulunan ilişki yok sayılmıştır. Lojistik yönetiminde elde edilecek olan başarı faaliyetler arasında en iyi şekilde koordinasyonun sağlanması ve bunların bütünleştirilmesine bağlıdır (Gümüş, 2009, s. 109).

1.1.4. Lojistiğin Bölümleri

Lojistik daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi ürünlerin ve hizmetlerin üretim noktasından ya da kaynağından tüketimine ve tüketim noktasından tekrar kaynağına dönmesine ya da uygun bir biçimde bertarafına kadar pek çok faaliyeti kapsayan bir süreçtir. Lojistik kavramı işletme bakış açısıyla ele alındığında dört bölüme ayrılmaktadır.

1.1.4.1. Tedarik Lojistiği

Tedarik lojistiği (girdi lojistiği- inbound logistics), üretim öncesi süreçte işletmeler ve tedarikçiler arasında hammadde ve yarı mamuller ile ilgili stok, depolama, taşıma ve rota seçimi ile bunların takibinin gerçekleştirildiği çok aşamalı bir süreçtir. Kısaca, üretimin gerçekleştirilebilmesi için gerekli hammaddelerin üretim hattına gelmesinin sağlandığı süreç olarak da tanımlanabilmektedir. Tedarik lojistiği işletmelere üretim öncesi maliyetler açısından kolaylık sağlar. İşletme, doğru hizmet sağlayıcı seçimi, tedarikçilerle iyi ilişkiler sürdürmesi, hammadde ve malzeme stoklarını doğru yönetmesi ve yük akışı kombinasyonunu uygun hale getirmesiyle üretim faaliyetlerini düşük stoklarla gerçekleştirebilir. Böylece üretimden önceki süreçte maliyetler açısından avantaj elde eder (Eker, 2006, ss. 7-8).

1.1.4.2. Üretim Lojistiği

Üretim lojistiği (malzeme yönetimi-materials management), üretimde kullanılacak malzemelerin doğru yer, doğru zaman ve doğru miktarlarda üretim merkezlerinde bulundurulması, bunların sevkinin sağlanması ve optimize edilmesi görevlerini üstlenen, üretimden dağıtıma kadar malzeme ve bilgi akışının sağlandığı ve kontrol edildiği süreçtir (Megep, 2011, s. 10). Üretim lojistiği kısaca, üretime girecek olan her bir kaynağın üretim hattına getirilmesini ifade eden üretim öncesi bir süreç olarak tanımlanabilir.

1.1.4.3. Dağıtım Lojistiği

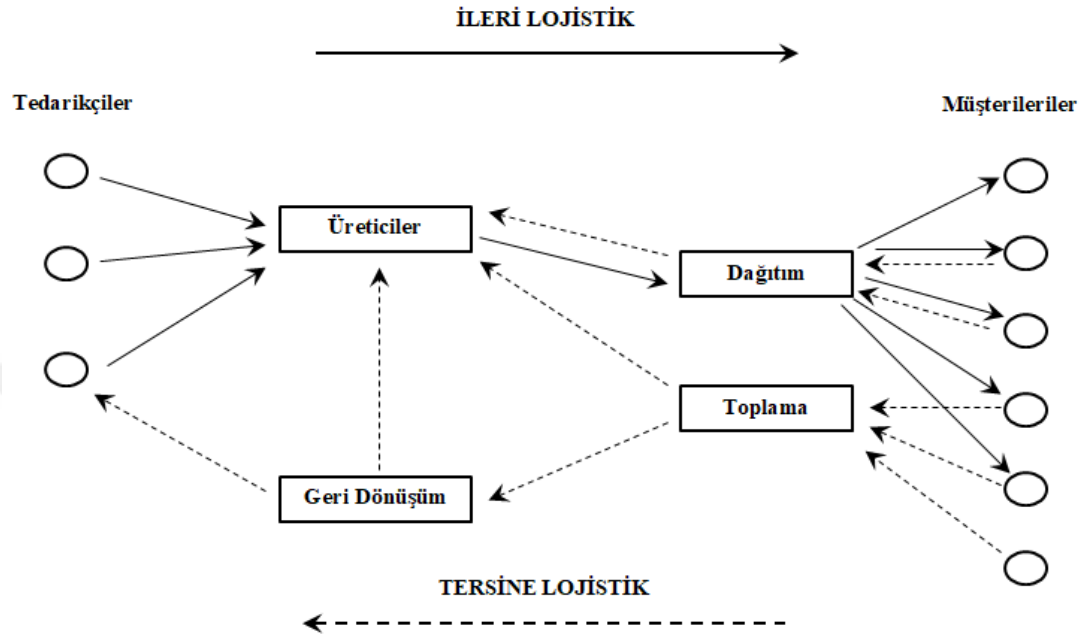
Dağıtım lojistiği (çıktı lojistiği- outbound logistics), fiziksel dağıtım kanallarını kapsayan ve ürünlerin tüketiciye ulaştırılmasına yönelik faaliyetlerle ilgilenen ve bunları kontrol altında tutan bir süreçtir. Dağıtım lojistiği süreci sayesinde üretim süreci tamamlanmış ürünlerin, müşteriye ulaşmasına kadar gerçekleştirilen tüm faaliyetlerin kontrolü gerçekleştirilerek müşteriye en uygun koşullar altında ulaştırılması mümkün olmaktadır (Özgün, 2007, s. 5). Hem fiziksel akışın hem bilgi akışının gerçekleştiği dağıtım lojistiği kısaca, üreticilerden alınan malzeme ve bitmiş ürünlerin stoklanarak tüketicilere dağıtılmasını ifade etmektedir. Böylece zincirde yer alan tüm toptancılar ve perakendecilerin bir araya geldiği bir sistem meydana gelmektedir (Eker, 2006, s. 9).

1.1.4.4. Tersine Lojistik

Artan dünya nüfusu ve değişen tüketim alışkanlıkları ile atık miktarlarında da artış meydana gelmektedir. Günümüzde uygun şekilde imha edilmeyen veya yeniden ekonomiye kazandırılmayan bu atıkların meydana getirdiği çevre kirliliği son derece ciddi bir sorun haline gelmiştir. Tersine lojistik, atık olarak nitelendirilen kullanılmış ve kullanım ömrünü tamamlamış ürünlerin çevresel kaygılar veya rekabet üstünlüğü elde etme amacı gibi nedenlerle, üreticiler tarafından yeniden kullanılabilir hale getirilmek veya uygun şekilde elden çıkarmak üzere müşterilerden geri toplanması ile başlayan tersine bir akışı ifade etmektedir. Süreç sayesinde üreticiler dönen ürünleri yeniden tedarik zincirine dahil ederek ihtiyaç duydukları malzeme miktarını azaltabilmekte ve çevresel açıdan daha verimli hale gelmektedirler (Jayaraman vd., 2003, s. 128).

Tersine lojistik yalnızca kullanılamaz hale gelmiş ürünlerin geri dönüşüyle ilgili değildir. Aynı zamanda satılamayan, hatalı ve garanti kapsamına giren ürünlerin geri dönüşleri de tersine lojistiğin konusu olabilmektedir. Bir tersine lojistik sistemi genel olarak; toplama, sınıflandırma, ayrıştırma, yeniden işleme ve yeniden dağıtım faaliyetlerini kapsamaktadır. Bütün tersine lojistik sistemlerinde bu faaliyetlerin bir kısmı veya tamamı yer alırken fark yaratan faaliyet yeniden işlemedir. Yeniden işleme faaliyetinde tamir, ürün yenileme, yeniden imalat, geri dönüşüm gibi farklı geri kazanım seçenekleri kullanılabilmektedir (Demirel vd., 2011, s. 930). Bu tanımlamalardan hareketle tersine lojistik kısaca kullanılmış ürünlerin son kullanıcıdan üreticiye doğru çeşitli nedenlerle gerçekleşen fiziksel akış olarak ifade edilebilir. Şekil 1.1’de ileri ve tersine lojistik ağ yapısı gösterilmektedir.

Şekil 1.1. *İleri ve Tersine Lojistik Ağı*



Kaynak: Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van der Laan, E., Van Nunen, J. A., & Van Wassenhove, L. N. (1997*). Quantitative models for reverse logistics: A review.* European Journal of Operational Research, s. 5

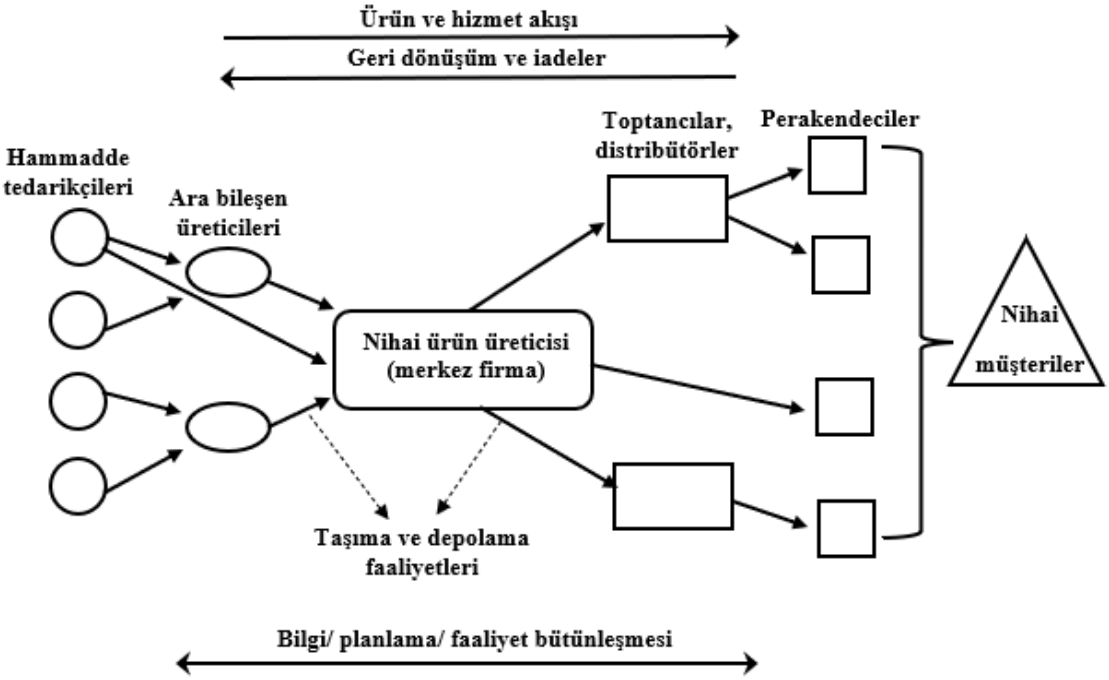
Tersine akışta kullanım ömrünü tamamlamış olma, müşterinin kalite beklentisini karşılayamama, hatalı ürünlerin firma tarafından geri çağrılması ve garanti kapsamında tamir veya ürün değişimi gibi sebepler etkili olmaktadır. Ürünler tamir, yenileme, parça alma, yeniden imalat ve geri dönüşüm yöntemlerinden biri ya da birkaçı kullanılarak geri kazanılabileceği gibi bunlardan herhangi biri ekonomik veya teknolojik olarak gerçekleştirilemediği takdirde yakma veya gömme yoluyla bertaraf edilebilir (Demirel & Gökçen, 2008, s. 904). Tersine lojistik süreci, ürünlerin müşteriden alındıktan sonra mevcut kalite düzeyine göre izleyebileceği pek çok farklı rota bulunması ve bu ürünlerin üreticiye geri akışına kadar oluşturacağı maliyetlere değecek kalitede olup olmadığı belirsizlikleri bulunduğundan karmaşık bir süreçtir (Karaçay, 2005, s. 328).

1.2. Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik zinciri; üretimde kullanılacak hammadde ve parçaların tedariki, üretim ve montaj, depolama ve stok takibi, sipariş yönetimi, zincirde yer alan tüm kanallara dağıtım, müşteriye teslimat faaliyetlerini ve tüm bu faaliyetleri izlemek için gerekli bilgi

sistemlerini içeren bir yapı olarak tanımlanmaktadır (Lummus & Vokurka, 1999, s. 11). Şekil 1.2 ’de genel bir tedarik zinciri ağı yer almaktadır.

Şekil 1.2. *Tedarik Zinciri*



Kaynak: Wisner, J.D., Leong, G.K. ve Tan K.C. (2014). *Principles of supply chain management: A balanced approach* (4. baskı). Cengage Learning, s. 6

Tedarik zinciri bire bir ilişkiler zincirini değil, birden fazla işletme ve ilişki ağını temsil etmektedir. İşletme içi ve işletmeler arası entegrasyon fırsatı sağlayan tedarik zinciri, sürecin başarısına odaklanmakta ve zincirin üyeleri arasındaki ilişkileri yönetmektedir (Lambert & Cooper, 2000, s. 65). Tedarik zincirinde yer alan her işletme nihai müşterisine değer katarak faaliyetleri ve süreçleri entegre etmekte ve böylece pazar başarısına önemli katkı sağlamaktadır (Aydın, 2005, s. 1).

Tedarik zincirleri ileri, tersine ve kapalı döngü tedarik zincirleri olarak sınıflandırılmaktadır. İleri akış en genel tanımıyla, ürünlerin ve hizmetlerin üreticiden tüketiciye doğru olan akışını ifade ederken tersine akış ürünlerin kullanım noktalarından çeşitli nedenlerle kaynağına geri akışını ifade etmektedir. Kapalı döngü tedarik zinciri ise hem ileri hem de tersine akışı eş zamanlı içeren süreçleri ifade etmektedir.

Tedarik zinciri yönetimi ise, siparişlerin alınması ve planlanması ile başlayan, üretimde kullanılacak hammadde ve kaynakların belirlenmesi, üretim, stok ve sipariş takibi, sipariş teslimi sonrasında da ürün desteği olmak üzere pek çok faaliyeti kapsayan stratejik ve hiyerarşik bir yaklaşım olarak tanımlanabilmektedir (Nebol, 2016, s.217). Tedarik zinciri yönetimi, zincirde yer alan tüm bu faaliyetleri koordine ederek sürece sorunsuz şekilde entegre ederken zincirde yer alan tüm ortakları birbirine bağlayarak tüm sürecin tek bir sistem olarak görülmesini sağlamaktadır (Lummus & Vokurka, 1999, s. 12). Yüksek müşteri hizmet düzeyi, düşük stok yatırımları ve düşük maliyetleri hedefleyen tedarik zinciri yönetimi, bu hedefleri gerçekleştirmek üzere müşteri talepleri ile gelen malzeme akışı arasında bir uyum sağlamaya odaklanmaktadır (Stevens, 1989, s. 3).

1.2.1. Tedarik Zinciri Yönetiminin Tarihsel Gelişimi

1950-1960'lı yıllarda üreticiler, birim üretim maliyetlerini en aza indirmek amacıyla temel operasyonel strateji olarak az ürün veya süreç esnekliği ile kitlesel üretim üzerinde durmaktaydı. Bu dönemde yeni ürün geliştirme süreci yavaş ve işletme içi teknoloji ve kapasite ile sınırlanmaktaydı. Darboğazlar, dengeli bir hat akışı sürdürmek için stoklarla desteklenmekte ve bu durumun bir sonucu olarak yarı mamul stoklarına büyük yatırımlar yapılması zorunluluğu ortaya çıkmaktaydı. Ayrıca bu dönemde, teknoloji ve uzmanlığın müşteriler veya tedarikçilerle paylaşılması bir risk olarak değerlendirilmekte ve alıcı ile tedarikçi arasında işbirlikçi ilişkilere önem verilmemekteydi (Tan, 2001, ss. 40-41).

1970'lerin sonu ve 1980'lerin başına rastlayan dönemde küreselleşme, teknolojik gelişmeler, uluslararası rekabetin artması ve stratejik ortaklıkların etkisiyle dünya ticaretinde değişimler yaşanmıştır. Tedarik zinciri yönetimi de bu değişimden payını almış ve müşteri talepleri ile tedarikçilerin rolünün ön plana çıktığı bütünleşmiş bir yaklaşıma dönüşmüştür (Keane vd., 2003, s. 25).

1990'lara gelindiğinde pek çok üretici ve hizmet sağlayıcı, tedarikçileriyle iş birliği yapmaya, satın alma ve tedarik yönetimi işlevlerini tedarik zinciri yönetimi olgusunun ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirmeye başlamıştır (Tan, 2001, s. 39). 1990'lardan itibaren artık işletmelerin önceliği müşteriler olmuştur. Müşteri memnuniyet düzeyini en yüksek seviyeye çıkarmak amacıyla işletmeler zincirin diğer üyeleriyle sağlanacak iş birliğini geliştirmek için yeni yollar aramaya başlamıştır (Özdemir, 2004, s. 87).

2000'li yıllarda internetin hayatımıza girmesi pek çok alanı olduğu gibi tedarik zinciri yönetiminin gelişimini de etkilemiştir. Bu yeni dönemde lojistik faaliyetlerin pek çoğunun gerçekleştirilmesinde internet ve bilgi-iletişim temeline dayanan ağ

yapılanmaları etkili olmaya başlamıştır (Erturgut, 2016, s. 22). İnternet ve bilgi teknolojilerinde yaşanan gelişmelerin yanı sıra küreselleşme ile rekabet koşulları da artmıştır. İşletmelerin artan rekabet koşullarında varlıklarını sürdürebilmesi ve dünyanın çeşitli noktalarındaki müşterilerinin taleplerine yanıt verebilmesi hususunda tedarik zinciri yönetiminin önemi ön plana çıkmıştır.

1.2.2. Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı

Tedarik zinciri ağı; tedarikçi, üretici, dağıtım merkezleri, perakendeci ve müşterilerin meydana getirdiği sistemlerin, alt sistemlerin, faaliyetlerin ve operasyonların bağlantılarını kapsayan karmaşık bir yapıdır. İşletmelerin en üst seviyede etkinliği ve verimliliği tedarik zinciri ağının bu karmaşık yapısının doğru biçimde tasarlanması, modellenmesi ve uygulanması ile mümkün olmaktadır. Müşterilere çok sayıda ürünün en iyi kalite ve fiyatla en kısa zamanda sunulması ağ yapısının yalın hale getirilmesiyle olanak bulmaktadır (Paksoy, 2005, s. 439). Tedarik zinciri ağ tasarımı, her ağ tasarımının farklı özellikleri bulunsa da genellikle şu üç adım izlenerek gerçekleştirilmektedir (Paksoy, 2005, ss. 438-439):

- Problemin tanımlanması: Yapılacak çalışmanın sistemdeki potansiyel sorunlara çözüm üretebilir olması gerekmektedir. Model, sistemde yer alan tüm parçaları kapsayacak şekilde tasarlanmalıdır. Gereksiz bilgi ve detayların yer aldığı modeller bilgisayar üzerinde diğer modellere kıyasla daha yavaş çalışmakta ve daha yüksek maliyetlere yol açmaktadır.
- Hedeflerin belirlenmesi: Hedefler belirlenirken problemin durumu dikkate alınmakta ve ağ tasarımında kullanılan yöntemler de bu sürece katkı sağlamaktadır. Belirlenen hedeflerin, daha önce geliştirilen modelin sonuçlarının yeni verilere uyarlanabilmesine olanak verecek ölçüde planlanması gerekmektedir.
- Model formülasyonu: Problemin tanımlanması ve hedeflerin belirlenmesi sonrası artık model genel hatlarıyla ortaya konabilir. Öncelikle gerekli verilerin, bilgilerin ve bunların nasıl elde edileceğinin belirtilmesi gerekmektedir. Tüm bunlar belirlenen hedefler ile ilgilidir ve model kurucu tarafından hangi verilerin gerekli olduğu belirlenmektedir.

Bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişmeler; ekonomik faaliyetlerin küreselleşmesi, ürün yaşam döngülerinin kısalması ve parti büyüklüklerinin küçülmesi gibi değişimlere yol açmıştır. Tüm bu değişimler tüketici tercihlerindeki değişimleri de beraberinde getirmiştir. Sonuçta talep belirsizliğinde yaşanan artış iyi tasarlanmış bir tedarik zinciri

ağının önemini ortaya koymuştur (Melo vd., 2009, s. 403). İyi tasarlanmış bir tedarik zinciri ağı daha düşük maliyetler, müşteri taleplerinin uygun şekilde karşılanması ve rekabet üstünlüğü gibi avantajlar sağlamaktadır.

1.2.3. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi İlişkisi

Lojistik ve tedarik zinciri yönetimi zaman zaman birbiriyle karıştırılan iki kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. En temel tanımıyla lojistik, müşteri taleplerini karşılamak üzere ürün, bilgi ve hizmetlerin üretim noktasından tüketim noktasına kadar olan akışının ve depolanmasının etkin ve verimli bir biçimde gerçekleştirilmeye çalışıldığı bir alandır. Tedarik zinciri yönetimi ise hammadde ve kaynak temininden başlayarak ürün geliştirme süreçlerini ve ağ tasarımını da kapsayan, lojistiğe kıyasla daha geniş kapsamlı bir kavramı ifade etmektedir (Erturgut, 2016, ss. 26-27). Nihai müşterilerine odaklanmak üzere süreçleri bütünleştiren, zincirde yer alan tedarikçi ve müşterilerle ortaklık kurarak değer yaratmayan fonksiyonları eleyen işletmeler için lojistik, tedarik zinciri yönetimi için bir zorunluluk değil başarıya katkı sağlayan bir unsurdur (Özgün, 2006, s. 9). Özetle lojistik, tedarik zinciri kavramının temelinde bulunan önemli bir parça olarak görülmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM
SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİĞİ

Diğer ürünlerin lojistik süreçleriyle kıyaslandığında kolay bozulabilir ürünlerin lojistik süreçleri daha hassastır. Bu ürünlerin özellikle uzun mesafelere ulaştırılmasında uzayan sürelere rağmen kalitelerini ve dayanıklılıklarını koruyabilmeleri soğuk zincir lojistiği ile mümkün olabilmektedir. Soğuk zincir, ürünlerin kaynağından tüketim anına kadar devam etmektedir. Zincirin devamlılığı; depolama, nakliye, elleçleme gibi aşamaların her birinde ürünlerin belirlenen sıcaklık aralığında tutulması ve bunun kontrolü ile sağlanabilmektedir.

2.1. Soğuk Zincir

Soğuk zincir; ilaç, aşı, kan, kan ürünleri vb. tıbbi ürünler, kimyasal ürünler, taze meyve ve sebzeler, dondurulmuş veya soğutulmuş gıda ürünleri gibi insan yaşamı için gerekli olan, ısıya karşı duyarlı, kolay bozulabilen ve bozulduğu takdirde insan sağlığı için risk oluşturan işletme açısından ise ekonomik kayıplara neden olan ürünlerin belli bir sıcaklık aralığında veya dondurulmuş şekilde üretim noktasından tüketicisine ulaşana kadar muhafaza edilmesi ve taşınması faaliyetlerinin tamamını içermektedir. Soğuk zincir lojistiği, taze olan gıda ürünlerinin tüketim noktasına ulaşıncaya kadar raf ömrünü korumak veya uzatmak amacıyla kontrollü bir sıcaklık aralığında nakliye ve depolama faaliyetlerinin kesintisiz şekilde sürdürülmesini ifade etmektedir (Ali vd., 2018, s. 923).

Soğuk zincir bir bilim, teknoloji aynı zamanda bir süreç olarak tanımlanabilir. Bir bilim olarak tanımlanması bozulabilirliğe bağlı biyolojik ve kimyasal süreci anlamayı gerektirmesindendir; bir teknoloji olarak tanımlanması uygun sıcaklık koşullarını sağlamak için fiziksel araçlara gereksinim duymasındandır; bir süreç olarak tanımlanması ise ısı duyarlılığı bulunan ürünlerin hazırlanması, depolanması, taşınması ve izlenmesi şeklinde tanımlanmış pek çok görevi gerçekleştirilmesinin gerekliliğinden kaynaklanmaktadır (Rodrigue, 2014, s. 2).

Soğuk zincir, taze tarım ürünleri, gıda ürünleri, tıbbi ürünler ve kimyasal ürünler gibi sıcaklık kontrollü ürünlere artan talep nedeniyle küresel ekonomide son derece önemli hale gelmiştir (Tamimi vd., 2010). Bozulabilir ürünler, ülke sınırları içinde veya dışında değerlerini korumak için soğuk zincir ile taşınır. Soğuk zincirin bütünlüğü; üretim noktasından tüketime kadar taşıma, depolama ve elleçleme aşamalarının her biri boyunca korunmalıdır. Mühendislik açısından soğuk zincirin sıcaklığı izleme, ekipmanların kurulumu ve sürdürülmesi, ürünlerin hızlı şekilde taşınması, soğutulmuş konteynırların kullanılması ve soğuk depolama bölümleri kapılarının kapalı tutulması gibi yönetim görevleri vardır (Salin & Nayga, 2003, s. 918).

Sıcaklığa duyarlı gönderilerin verimli şekilde taşınması zaman ve koordinasyon gerektirirken yaşanabilecek gecikmeler parasal maliyetlerin yanı sıra insan sağlığının tehlikeye girmesi gibi sonuçlara da sebep olabilmektedir. Ürünlerin tüketiciye ulaşana kadar olan süreçte zarar görmemesi ve tehlikeye girmemesini sağlamak için gerek ilaç ve tıbbi malzeme endüstrilerindeki gerekse gıda endüstrilerindeki işletmelerin soğuk zincire olan ihtiyaçları giderek artmaktadır. Sıcaklığa duyarlı malzemelerin bir tedarik zinciri boyunca taşınmasını ifade eden soğuk zincir, gönderilerin değerini korumak için termal ve soğutulmuş paketleme yöntemlerine ve lojistik planlamaya ihtiyaç duymaktadır (Craig, 2007, s. 1).

Ürünlerin hasatı veya üretiminden tüketim noktasına varıncaya kadar soğuk zincirin devamlılığının sağlanmasında zincirde görev alan herkesin payı bulunmaktadır. Soğuk zincir aşamalarından herhangi birinde yapılacak bir hata zincirin kırılması demektir ve bu durum ürünün son kalitesi ve güvenliği üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Sarısoy, 2011, s. 34). Soğuk zincir sisteminin başarısında rol oynayan üç önemli faktör bulunmaktadır (Tamimi vd., 2010, s. 4):

- Personel,
- Depolama ve taşıma faaliyetlerinin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi için kullanılan ekipmanlar,
- Sürecin etkin yönetimi için gerekli prosedürler.

Soğuk zincirin en önemli halkası kuşkusuz personeldir. Kullanılan ekipmanlar son teknoloji bile olsa nihayetinde bunları kullanmak için eğitimli ve bilinçli personellere ihtiyaç duyulmaktadır. Bir diğer önemli faktör olan ekipmanlar ise ürünün zarar görmeyeceği ve soğuk zincire uyumlu şekilde tasarlanmış olmalıdır. Ürünlerin kalite

kaybı yaşamadan tüketicisine ulaştırılması için ulusal ve uluslararası mevzuatlar dikkate alınarak hazırlanan prosedürler de soğuk zincirin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesinde son derece önemli bir faktördür (Emanet, 2018, s. 16).

2.2. Soğuk Zincir Yönetimi

Günümüzde soğuk zincir denildiğinde akla ilk gelen sektörler gıda ve ilaç sektörleridir. Değişen beslenme alışkanlıkları tüketicileri hazır dondurulmuş gıdalara yöneltmiş, artan talep doğrultusunda gıda sektöründe faaliyet gösteren işletmeler de ürün çeşitliliklerini arttırmışlardır. Tüketime hazır şekilde piyasaya sunulan dondurulmuş gıdaların yanı sıra çabuk bozulabilen et, balık, süt ürünleri, taze meyve ve sebze gibi ürünlerin de tazeliğini koruyacak şekilde tüketim noktalarına ulaştırılması soğuk zincire ve etkili bir soğuk lojistik yönetimine olan ihtiyacı arttırmaktadır. Öte yandan insanların çeşitli hastalıklara karşı bağışıklık kazanmasında önemli rol oynayan aşıların, hastalıkların tedavisinde kullanılan pek çok ilacın ve tıbbi ürünün de ihtiyaç noktalarına ulaşıncaya kadar ve muhafaza edildikleri süre boyunca etkinliklerini kaybetmemeleri başarılı bir soğuk zincirle mümkün olmaktadır. Etkili bir soğuk zincir, ürünlerin kaynağından, farklı pek çok tüketim noktasına veya ürün değerinin tüketici için daha yüksek olduğu konumlara taşımasına olanak sağlar. Soğuk zincir iyi işlediği takdirde zaman kısıtlamaları azalacaktır ve firmalar daha önce mümkün olandan daha uzun süre ürün tedarik edebileceğinden piyasa kısıtlamaları azalacak ve değer artacaktır. Soğuk zincir bir değer koruma mekanizması ve dünya ticareti için gerekli bir koşuldur (Salin & Nayga, 2003, s. 919).

Soğuk zincir yönetimi, dünya çapında müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için bir veya daha fazla menşe noktasından tüketim noktasına ulaştırılmak üzere üretim ve dağıtım faaliyetlerine konu olacak bozulabilir malların, bunlarla ilgili hizmetlerin ve bilgilerin etkili, verimli akışı, depolanmasının planlanması tüm bunların uygulanması ve kontrolü sürecidir (Bogataj vd., 2005, s. 346). Soğuk zincir yönetiminden sıcaklığa duyarlı ürünlerin üretim, depolama, taşıma, pazarlama ve tüketim gibi aşamalarının her birinin düşük sıcaklık ortamında gerçekleştirildiği, lojistik yıpranmalar azaltılarak kaliteli ürünlerin sağlandığı sistematik bir yaklaşım olarak bahsedilebilir. Aynı zamanda soğutma teknolojisine dayanan, düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilen bir lojistik süreçtir (Yan & Lee, 2009, s. 258).

Soğuk zincirde sıcaklığın ayarlanması ve bu sıcaklığın sık yapılan kontrollerle korunması büyük önem taşırken; soğuk zincire konu olan ürünlerde kalite kayıplarının yaşanmaması hususunda zaman da son derece önemli bir faktördür. Gelişen teknolojilerle birlikte işletmeler soğuk zincir sürecinin takibini uzaktan sağlayabilmekte ve sıcaklıkla ilgili sorunların çözümüne yönelik müdahaleleri uzaktan gerçekleştirebilmektedirler (Onursal vd., 2018, s. 332).

Soğuk zincir yönetimi başarılı olduğu takdirde ürünler tüketim anına kadar kalite kaybı yaşamayacak ve müşterilerin kalite beklentisi karşılanacaktır. Bu durum işletmeye müşteri memnuniyeti sağlama açısından üstünlük sağlayacaktır. Soğuk zincirde sıcaklık gibi önemli bir diğer faktör yukarıda da bahsedildiği gibi zamandır. İyi yönetilen soğuk zincirlerde zamanın etkin bir şekilde kullanılması gerekmekte bu da soğuk zinciri yüksek değerdeki ürünlerin uluslararası ticarette dolaşımı açısından önemli bir değerler zinciri haline getirmektedir (Alanur, 2014, s. 28).

Ürün kalitesinin ve tüketicinin korunabilmesi ancak sıcaklık izleme ve kontrolünün başarıyla gerçekleştirildiği bir soğuk zincir ile mümkün olmaktadır. Zincirde meydana gelebilecek kırılmalar ürün kayıplarına ve fazladan maliyetlere yol açacaktır. Ayrıca zincirde yaşanan kırılmaların göz ardı edilmesi veya bilinmemesi özellikle gıda ve tıbbi ürünler açısından düşünüldüğünde insan yaşamı için son derece riskli olabilmektedir. Soğuk zincir yönetimi, zaman gecikmeleri ve sıcaklıkta meydana gelebilecek değişimlere hızlı müdahale edebilmeyi ve dikkatli sıcaklık kontrolleri yapmayı gerektirir (Bogataj vd., 2005, ss. 355-356). Özetle soğuk zinciri diğer lojistik süreçlerden ayıran unsur, sürecin söz konusu ürünlerin niteliğine uygun olarak belirlenmiş kontrollü sıcaklık şartları altında gerçekleştirilmesidir.

2.3. Soğuk Zincire Konu Olan Ürünler

Dünya ticaretinin küreselleşmesi ve artan teknolojik imkânlar sayesinde tüketicilerin erişebileceği ürün yelpazesi giderek genişlemektedir. Gerek ülke içerisinde gerekse uluslararası ticarette tüketime konu olan ürünlerin tamamı normal bir lojistik süreçle tüketicisine ulaştırılamamakta bazı ürünler kolay bozulabilir nitelikte olduğundan daha hassas bir süreç yönetimi gerektirmektedir. Bu gibi ürünlerin hiçbir olumsuz koşuldan etkilenmeden ve kalite kaybına uğramadan nihai tüketicisine kadar ulaştırılması soğuk zincir sayesinde mümkün olmaktadır. Soğuk zincir lojistiğine konu olan ürünler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilmektedir (Emanet, 2018, s. 21):

- Gıdalar,
- İlaçlar,
- Aşılar,
- Biyolojik ve mikrobiyolojik ürünler,
- Kan torbaları,
- Kimyasal ürünler.

2.3.1. Gıdalar

Gıda sektöründe soğuk zincir, ürünlerin üretildikleri ya da tarladan toplandıkları andan perakende mağazaların raflarında yerlerini aldıkları, hatta tüketicinin sofrasına ulaştıkları ana kadar taşıma, depolama ve elleçleme gibi lojistik faaliyetlerin tamamının ürünün bozulmaması için gerekli sıcaklık aralığında gerçekleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Taze tarım ürünleri, mevsimi dışında tüketilmek üzere dondurulmuş meyve ve sebzeler, tüketici ilgisinin her geçen gün arttığı hazır yemek (fast food) sektörü ürünleri, işlenmiş et ve süt ürünleri, taze et ve deniz mahsulleri gibi kolay bozulabilir gıda ürünlerine artan talepler soğuk zincire duyulan ilgi ve ihtiyacı arttırmıştır.

Soğutulmuş gıdalar, market ve gıda hizmeti endüstrilerinin en hızlı büyüme gösteren sektörlerindendir. Bu sektörün başarısı soğutulmuş ve dondurulmuş gıdaların üretimi, dağıtımı, depolanması gibi faaliyetleri ifade eden soğuk zincirin etkin bir şekilde yönetilmesiyle ilgilidir (Jevsnik vd., 2006, s. 76). Dondurulmuş gıdaların tüketiminin artmasında; tüketicilerin yaşam koşulları, ısıtıcılar, dondurucular ve mikrodalga fırınlar gibi cihazların kullanımı, büyük market zincirlerinin sayısının artması ve ürün çeşitliliği gibi faktörler önemli rol oynamıştır (Uçar & Özçelik, 2013, s. 117). Tüketilmek üzere ayıklanma, yıkanma, doğranma, yarı pişirilme gibi aşamalardan geçerek tüketici için daha pratik hale gelen dondurulmuş gıdalar tüketicisine ve yemek sektörüne büyük kolaylık sağlamaktadır. Dondurulmuş sebze-meyve dışında özellikle dondurulmuş kırmızı ve beyaz et ürünleri, deniz mahsulleri, pizza, hamburger, börek gibi hazır yemek ürünleri zincir marketlerde her zaman kolaylıkla bulunabilen ürünlerdir (Türk, 2014, s. 82). Hazır yemeklerin ve dondurulmuş gıda ürünlerinin küresel pazarının artmasında küreselleşmenin bazı temel itici güçleri etkili olmuştur. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Bogataj vd., 2005, s. 346):

- Azalan vergiler (WTO, GATT),

- Ulaşımdaki sürekli gelişmeler (havayolu taşımacılığının yaygın hale gelmesi, yeni otoyollar, daha hızlı okyanus geçişleri),
- Bilgi teknolojileri ve iletişimde yaşanan gelişmeler,
- Soğuk zincir tekniklerinin gelişmesi.

Günümüzde insanların değişen yaşam koşulları nedeniyle kolay hazırlanabilir veya kolay tüketilebilir gıdalara yönelmeleri; hazır yiyeceklere ve dondurulmuş ürünlere artan talebi karşılamak üzere lojistik organizasyonların daha iyi soğuk zincir çözümleri sunmaya çalışmasını zorunluluk haline getirmiştir. Kuruluşlar, farklı türdeki gıdalara uygun şekilde çeşitli gıda sıcaklık seviyeleri kullanmaktadır. Dondurulmuş, soğutulmuş, orta soğutulmuş, egzotik ısı seviyesi et, sebze, meyve, dondurma gibi farklı ürün çeşitlerine uygulanan sıcaklık seviyeleri tanımlamalarından bazılarıdır (Negi & Anand, 2015, s. 52).

Bozulabilir gıda ürünlerinin soğuk zinciri; hasat sonrası işleme, paketleme, depolama, taşıma ve pazarlama gibi değer zinciri aşamalarının da uygun sıcaklık koşullarında kesintisiz gerçekleştirilmesini gerektirir. Bütünleşmiş bir gıda soğuk zinciri aşağıda sıralanan hareketlerin yönetimini kapsamaktadır (Kitinoja, 2013, s. 2):

- Taze gıdaların paketlenmesi ve soğutulması,
- İşlenmiş bazı gıdaların dondurulması,
- Soğutulmuş veya dondurulmuş gıdaların soğuk depolanması,
- Ürünlerin uygun sıcaklık koşulları altında taşınması,
- Pazarlama.

Üretim kapasitelerinin yüksekliğine karşın üretim sonrası yetersiz veya yanlış soğuk zincir uygulamaları nedeniyle ürünlerde yüksek oranda kalite kaybı yaşanmakta ve ürünler pazarlanamamaktadır. Türkiye'de yalnızca meyve ve sebzelerde başarısız soğuk zincir uygulamaları nedeniyle gerçekleşen ürün kayıplarının %40 civarında olduğu tahmin edilmektedir (Ulaştırma Bakanlığı, 2006, s.58). Üretim sonrası meydana gelen gıda kayıplarının önüne geçebilmek veya kayıp oranlarını en aza indirmek için sürecin her aşamasında doğru uygulamaların eksiksiz şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

2.3.1.1. ATP Konvansiyonu ve İçeriği

Bozulabilir gıda maddelerinin taşınma kuralları ve taşınacağı ekipmanların niteliklerini belirlemek amacıyla 1970-71 yılında Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komitesi'nin Dahili Nakliye Komitesi tarafından hazırlanan "Bozulabilir Gıda Maddelerinin

Uluslararası Taşımacılığı ve Taşımalarında Özel Araçların Kullanımı Anlaşması" (The Agreement on the International Carriage of Perishable Foodstuff and on the Special Equipment to Be Used for Such Carriage) 1 Eylül 1970 tarihinde Cenevre'de imzalanmış ve 21 Kasım 1976'da yürürlüğe girmiştir. Anlaşma, Fransızca adının (Accord Relatif Aux Transports Internationaux De Denrées Périssables Et Aux Engins Spéciaux À Utiliser Pour Ces Transports) baş harflerinden oluşan ATP olarak bilinir (ATP Konvansiyonu, https://unece.org, 2020).

ATP Konvansiyonu, sıcaklık kontrollü nakliye araçları için uluslararası kabul görmüş ortak standartlar belirleyerek uluslararası trafiği kolaylaştırmayı amaçlar (Tassou vd., 2009, s. 1467). Türkiye'nin de 2012'de taraflarından biri olduğu ATP Konvansiyonu'nda, belirlenen bozulabilir gıda maddelerinin (meyve ve sebze dışında) taşınması için gerekli ekipmanlar, ısı kontrollü gerçekleştirilen bu taşımalarda kullanılan ekipmanlarda (kara taşıma araçları, demir yolu vagonları ve deniz yolu taşımacılığında kullanılan konteynerler) bulunması gereken nitelikler ve ortak standartlar belirlenmektedir. Belirlenen standartlara uygun ekipmanlara sertifika sağlanmakta ve bu sertifikalar anlaşmaya taraf olan diğer ülkelerce tanınmaktadır.

ATP, devletler arasında imzalanan bir anlaşmadır ve ülkeler üstü genel bir icra makamı yoktur. Anlaşma kapsamındaki karayolu denetimleri anlaşmanın taraflarınca yerine getirilir, herhangi bir kural ihlali durumunda ulusal makamlar tarafından yerel mevzuat uyarınca yasal işlem başlatılabilir. ATP'nin tek başına bir cezai yaptırımı yoktur (ATP Konvansiyonu, https://unece.org, 2020). ATP'ye taraf olan devletler; Arnavutluk, Andora, Avusturya, Azerbaycan, Belarus, Belçika, Bosna Hersek, Bulgaristan, Hırvatistan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Gürcistan, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Kazakistan, Kırgızistan, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Monako, Karadağ, Fas, Kuzey Makedonya, Hollanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Moldova, Romanya, Rusya Federasyonu, San Marino, Suudi Arabistan, Sırbistan, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, Tacikistan, Tunus, Türkiye, Ukrayna, Birleşik Krallık, ABD ve Özbekistan'dır (ATP Konvansiyonu, https://unece.org, 2020).

Toplamda 4 bölüm ve 20 maddeden oluşan ATP Konvansiyonu'nun birinci bölümünde, taşımanın gerçekleştirileceği özel ekipmanlardan bahsedilmekte ve anlaşmada belirlenmiş olan standartlara uygun olmayan ekipmanların "soğutmalı", "yalıtımlı",

“mekanik soğutmalı” veya “ısıtmalı” olarak nitelendirilemeyeceği belirtilmektedir. Ayrıca anlaşmanın taraflarının bu ekipmanların uygunluğunun denetlenebilmesi ve test edilebilmesi için gerekli koşulları sağlaması gerektiği vurgulanmaktadır (ATP Konvansiyonu, https://unece.org, 2020). İkinci bölümde, dondurulmuş veya dondurulmuş olmadığı halde anlaşmada yer alan gıda maddeleri için genel olarak taşıma yöntemlerine, seçilecek ekipmanların belirlenen sıcaklık şartlarına uygun olacak şekilde seçilmesi ve kullanılması gerekliliğine değinilmektedir. Ayrıca yükleme esnasında gıdaların sıcaklık kontrollerinin yapılması, taşıma ve depolama gibi gerekli tüm faaliyetler sırasında dondurma ve yeniden dondurmaya ilişkin tüm önlemlerin alınması gerektiğinin altı çizilmektedir (ATP Konvansiyonu, https://unece.org, 2020). Üçüncü bölümde, tarafların anlaşma hükümlerine uyulmasını sağlamak için gerekli önlemleri almaları ve yetkili makamların birbirlerini genel önlemlerle ilgili bilgilendirmeleri gerektiğinden bahsedilmektedir. Taraflardan birinin anlaşmayı ihlali durumunda diğer tarafın yetkili makamının söz konusu ihlali ve verilecek cezayı ihlali gerçekleştiren tarafın yetkili makamına bildirmesi, belirli gıda ürünlerinin taşınması esnasında olağanüstü iklim koşulları sebebiyle korumanın tam sağlanmasının anlaşmada belirtilenden daha zor olması durumunda ikili veya çok taraflı anlaşma yapma haklarının saklı tutulduğu gibi önemli noktalara değinilmektedir (ATP Konvansiyonu, https://unece.org, 2020). Son bölümde ise devletlerin bu anlaşmaya taraf olabilmesi için sağlaması gereken koşullar belirtilmektedir. Ayrıca anlaşmanın yürürlüğe girme süreci, taraf bir devletin anlaşmayı feshedebilmek için izlemesi gereken prosedürler gibi pek çok konudan da bahsedilmektedir (ATP Konvansiyonu, https://unece.org, 2020).

2.3.2. İlaçlar

İnsan sağlığını doğrudan etkileyen tıbbi ilaçlar sıcaklık kontrollü lojistik uygulamalar gerektiren bir diğer ürün grubudur. Bu ürünlerin tedavi etme gibi özellikleri bulunduğundan kullanımın gerçekleşeceği noktaya etkinliklerini yitirmeden ulaştırılmaları son derece önemlidir. Zira bu ürünlerin muhafazası veya taşınması sırasında yaşanabilecek bir sıcaklık değişimi ürünün kullanılabilirliğini ortadan kaldıracaktır ve bağışıklama/tedavi başarıya ulaşamayacağı gibi insan sağlığı için can kayıplarına varan ciddi tehditler oluşturabilecektir.

İnsanlarda hastalıklardan korunma, tanı, tedavi, bir fonksiyonun düzeltilmesi veya insan yararına değiştirilmesi amacıyla, bir veya birden fazla yardımcı madde ile formüle

edilmiş etkin madde veya maddeleri içeren bitmiş dozajlara ilaç denir (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001). Günümüzde pek çok hastalığa karşı çeşitli ilaçlar kullanılmaktadır. İlaçlar, yüksek maliyetli ve uzun bir Ar-Ge süreci sonunda geliştirilebilen ürünlerdir. Üretilen ilaçların piyasaya sürülmesini ve tutundurma faaliyetlerini denetleyen bazı otoriteler bulunmakta, bu nedenle bu ürünlerin yaşam döngüsü diğer ürünlere nispeten farklılık göstermektedir. İlaçların; üretim, depolama, dağıtım ve geri toplama faaliyetlerinin tümü esneklik payı bulunmayan yüksek standartlar çerçevesinde gerçekleştirilir. Bireylerin ilaca erişimi ve ilaç güvenliği konusundaki çıkarları uluslararası alanda İyi Üretim Uygulamaları (Good Manufacturing Practices - GMP) ve İyi Dağıtım Uygulamaları (Good Distribution Practices - GDP) adı verilen standartlar ile korunmaktadır (Arslan, 2007, s. 11).

Bir ilacın etkinliğini kaybetmemesi ve özelliklerini koruyup bozulmaması, üretiminden itibaren korunması ile mümkündür. Bazı ilaçlar ve aşıların tamamı soğuk zincir koşullarında taşınması gereken ısıya karşı son derece duyarlı maddelerdir. Bunların üretim noktasından etkinliğini kaybetmeden eczane, ecza deposu ve hastane gibi noktalara ve buralardan tüketicisi olan hastaya ulaştırılana kadar korunması ısısının kesinlikle değişmemesi yani soğuk zincirde hiçbir kırılmanın gerçekleşmemesiyle sağlanır (Aksoy, 2012, s. 10). İlaçlar ve aşılar, belirli bir sıcaklık aralığında tutulmadıklarında hızlı bir şekilde kalite kaybı yaşarlar. Bu nedenle, bunların soğuk zincirle taşınması gerekir ve taşımayı gerçekleştiren kuruluşlar bu ürünlerin genellikle belirli bir sıcaklık aralığında tutulduğunu garanti eder. Ürünlerin çok yüksek veya çok düşük sıcaklığa maruz kalmaları yüksek maliyetli kayıplara yol açmaktadır (Haan vd., 2013, s. 143). İlaç soğuk zincirinde herhangi bir yanlış işlem ilacın kullanılabilirliğini ortadan kaldıracak kadar önemli etkilere neden olabilir. Bu riski göz önünde bulunduran büyük ilaç işletmeleri için lojistik hizmet sağlayıcı seçimi, ilaçların güvenliğinin sağlandığı etkili ve güvenli bir ilaç soğuk zincirinin ilk şartıdır. İlaç soğuk zinciri, genel bir gıda soğuk zincirden farklıdır bu sebeple yüksek hassasiyet, sıkı denetim, bilgili personel gibi gereksinimleri bulunmaktadır (Wen vd., 2019, s. 2).

İlaç soğuk zincirinde sıcaklık, nem, ışık, titreşim gibi faktörlerin kontrol altında tutulması ve sonuçların adım adım kaydedilerek raporlanması gerekmektedir. Zincirde bir kırılma gerçekleştiği takdirde bunun bilgisinin vakit kaybetmeden sağlanması ve gerekli önlemlerin alınması meydana gelebilecek daha büyük sorunların yaşanmaması adına son

derece önemlidir. İlaçlar bozulduklarında, gıdaların aksine koku, tat ve renk değişimleri göstermediklerinden ancak kullanım sonrası oluşan semptomlardan bozuk oldukları anlaşılabilmektedir (Bayram, 2018, ss. 5-6).

2.3.3. Aşılar

Aşılar, insanlar ve hayvanlarda hastalıklara sebep olabilecek virüs ve bakteri gibi mikroorganizmalara karşı bağışıklık sağlamak amacıyla kullanılan, mikroorganizmaların özel işlemlere tabi tutulması ile hastalık yapıcı etkileri zayıflatılıp vücudun savunma sistemini uyarıcı nitelikleri korunarak elde edilen ve hastalığın mikrobu, mikrobun parçacıkları veya antijenler içeren biyolojik karışımlardır (Torun, 2006, s. 18). Bu tezde Türkiye'de aşılar için soğuk zincir ağ tasarımı ve modellemesi üzerine çalışıldığı için soğuk zincir uygulamaları gerektiren ürünler arasında yer alan aşılar daha geniş kapsamlı ele alınmıştır.

Aşıların bulunması ve geliştirilmesi ile önlenmesi aşı ile mümkün olan hastalıkların görülme sıklığı, insanlar üzerinde bıraktığı kalıcı hasarlar ve ölüm oranlarında azalma görülmüş ve hatta bazı hastalıklara ait etkenler yok edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre yılda yaklaşık 2,5 milyon ölüm aşılama sayesinde önlenmekte ve çocukluk çağında aşılanan bireyler aşıyla önlenebilir hastalıkların tehdidinden korunmaktadır (WHO, 2013). Aşılar sayesinde elde edilen başarılara verilebilecek en güzel örnek, ülkemizde 1998 yılından beri çocuk felci (poliomyelit) hastalığı görülmemesi ve 2002 yılında ülkemizin poliodan arındırılmış ülke sertifikası almış olmasıdır (Sağlık Bakanlığı, t.y., asi.saglik.gov.tr). Dünyada özellikle çocukluk çağından itibaren yapılan aşı uygulamaları sayesinde bireyler pek çok hastalığa karşı bağışıklanmaktadır. DSÖ, çocukluk çağında yapılan aşılamaların olumlu etkilerini göz önünde bulundurarak 1974 yılında GBP (Expanded Program on Immunization-EPI) olarak bilinen bir program başlatmış ve aşı ile korunabilir difteri, boğmaca, tetanos, verem, polio ve kızamık hastalıkları ile mücadele edilmesini hedeflemiştir. Aşı uygulamalarının 1930'lu yıllarda çiçek aşısı ile başladığı ülkemizde GBP 1981 yılında başlamış aşı uygulamaları 1985'te "Aşı Kampanyası" ile hızlandırılmıştır (Özmert, 2008, s. 168).

Salgın hastalıklar insanlığın var olduğu andan itibaren dünya üzerinde çok fazla kişiyi etkilemiş, kalıcı hasarlara ve can kayıplarına sebep olmuştur. Bir salgın hastalık yeni ve farklı bir virüsle oluşarak insandan insana kolaylıkla bulaşıyorsa küresel bir tehdit olarak

DSÖ'nün gündemine gelmektedir. DSÖ'ye göre salgının "tüm insanları etkileyen" anlamına gelen pandemi olarak kabul edilebilmesi için ise daha önce meydana gelmemiş bir salgın olarak ortaya çıkması, insanlara kolayca bulaşarak tehlikeye yol açması ve hastalığa neden olan etmenin sürekli bir şekilde kolayca yayılıyor olması gerekmektedir (Aslan, 2020, s. 36).

İçinde bulunduğumuz yüzyılda teknolojik gelişmeler ve ulaşım imkânlarının artmasıyla insanlar ülkeler arasında kolayca seyahat edebilmekte ve dolayısıyla bulaşıcı hastalıklar da ülkeler arasında kısa sürede yayılabilmektedir. 2019 yılının aralık ayında Çin'in Hubei bölgesinin başkenti olan Wuhan'da ortaya çıkan ve 2020 yılına gelindiğinde insandan insana bulaşarak kısa sürede tüm dünyayı etkisi altına alan Yeni Koronavirüs Hastalığı (COVID-19) bahsi geçen salgınlara verilebilecek en güncel örnektir. COVID-19, Wuhan'da solunum yolu belirtileri (ateş, nefes darlığı, öksürük) gösteren bir grup hasta üzerinde yapılan araştırmalar sonucu 13 Ocak 2020 tarihinde tanımlanmıştır. Başlangıçta bölgede deniz ürünleri hayvan pazarından kaynaklı olduğu tespit edilen hastalık daha sonra insandan insana bulaşarak Hubei eyaletindeki diğer şehirlere, Çin Halk Cumhuriyeti'nin diğer eyaletlerine ve sonunda da diğer dünya ülkelerine yayılmıştır (Sağlık Bakanlığı, 2020, covid19bilgi.saglik.gov.tr). 11 Mart 2020'de "pandemi" olarak ilan edilen ve yüksek bulaşma yeteneği bulunan COVID-19 kişiden kişiye kolayca bulaşabilmektedir. Her üç kişiden diğer üç kişiye bulaşarak oluşan on döngü sonunda hastalık 59 bin kişiye bulaşabilmektedir. Ocak ayında virüsün bulaşma oranı büyüme göstermiş ve tüm dünyada virüs vakaları rapor edilmeye başlanmıştır (Aslan, 2020, s. 39). Ülkeler arasındaki insan hareketliliği ile Çin'de başlayan salgın tüm dünyaya hızla yayılmıştır.

Ülkemizde de vaka sayılarının yüzbinleri bulduğu COVID-19 hastalığı özellikle birçok Avrupa ülkesinde sağlık sistemlerini durma noktasına getirmiş ve dünya üzerinde bu hastalığa yakalanarak yüzbinlerce insan yaşamını kaybetmiştir. Salgının olumsuz etkileri sağlık sektörünün yanı sıra ekonomi, eğitim, turizm gibi pek çok alanda da kendini göstermiştir. Türkiye de dâhil olmak üzere salgının görüldüğü ülkelerde bulaşma riskini azaltmak için toplu etkinliklerin iptal edilmesi veya sınırlandırılması, seyahat kısıtlamaları, maske kullanımı, sosyal mesafe kuralları ve okulların eğitime ara vermesi gibi pek çok tedbir alınmasına rağmen COVID-19 salgınının bulaşıcılığı devam etmekte ve neden olduğu can kayıpları her geçen gün artmaktadır. Hastalığın tedavisine yönelik

henüz kesin bir tedavi yöntemi ve ilaç bulunmamakla birlikte çeşitli aşılar geliştirilmiş ve 2020 yılının sonlarına gelindiğinde bu aşıların kullanımına başlanmıştır.

Aşılar, gerek aşı ile önlenebilir hastalıklara karşı bireylere bağışıklık kazandırması gerek olası salgın hastalıkların yayılmasının önüne geçmesi açısından son derece önemli tıbbi ürünlerdir. Aşılama sayesinde dünya üzerinde milyonlarca insan hastalıkların ölüme kadar varabilen olumsuz etkilerinden korunabilmektedir. Ancak bağışıklama sağlamada başarı sağlayacak bir aşının tasarlanması söz konusu hastalığın özelliklerinin iyi bilinmesi ile mümkün olmaktadır. Günümüzde devam etmekte olan bazı hastalıkları (AIDS ve sıtma gibi) incelemek kolay olsa da aniden ortaya çıkan pandemik grip salgınları veya biyoterör saldırılarının neden olduğu salgın hastalıklar için durum böyle değildir. Ayrıca mevsimsel grip salgınlarının görülmesi de olağan olmasına rağmen hastalığa sebep olan virüsler her yıl değiştiğinden bunları incelemek de zordur (Duijzer vd., 2018, s. 177).

Enfeksiyon hastalıklarından korunma anlamına gelen bağışıklık; aktif bağışıklık ve pasif bağışıklık olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Aktif bağışıklık hastalığın geçirilmesi veya aşılama yoluyla sağlanırken genellikle uzun süreli etki sağlamaktadır. Pasif bağışıklığın sağlanması ise diğer insanlardan veya hayvanlardan elde edilen antikorlar (immün globülinler) aracılığıyla gerçekleşmektedir. Alınan antikor miktarlarına bağlı olarak pasif bağışıklık süresi birkaç hafta veya birkaç ay gibi kısa süreli olmaktadır (Akşit, 2007, s. 26).

Bağışıklama, aşı uygulaması yapılan bireyin yanında aşı uygulanmayan bireylerde de toplumsal koruma yoluyla önemli etkiler sağlar. Bir toplumun büyük çoğunluğu bir enfeksiyona karşı bağışıklık kazandığında enfeksiyon zinciri kırılmış, hastalığa sebep olan etkenler ortadan kalkmış, böylece toplumsal korunma sağlanmış olacaktır (Orhon, 2020). DSÖ tarafından 1974'te dünyadaki tüm çocukların aşılanması amacıyla başlatılan GBP ile kullanılmakta olan aşıların kapsamı genişletilmiş ve yeni aşılar eklenmiştir. Program kapsamında pek çok aşı ülkelerin ulusal aşılama programının bir parçası haline gelmiştir. Aşılama ile dünyada her yıl kızamıktan kaynaklı çok sayıda ölüm engellenirken aşı ile önlenebilir diğer hastalıkların (difteri, boğmaca, çocuk felci, neonatal tetanoz) 2000 yılında yol açtığı 0,9 milyon olan ölümlerin 2010 yılına gelindiğinde 0,4 milyona düştüğü görülmektedir (WHO, 2013, s. 16).

Ülkemizde de GBP kapsamında hazırlanan aşı takvimi ile doğan her bebeğin aşı ile önlenebilir hastalıklara karşı bağışık kılınması hedeflenmektedir. Genişletilmiş ifadesi;

aşısız veya eksik aşılı bebek ve çocukların tespit edildiği anda aşılanmasının sağlanması ve bu uygulamanın ülke genelinde her yerde eşit olarak yapılması anlamını vurgulamak için kullanılmaktadır. Ülkemizde yürütülen GBP'de 2006 yılından itibaren aşı takvimine üç yeni antijen (kızamıkçık, kabakulak ve hemofilus influenza tip b aşıları) eklenmiş, 2008 yılı başından itibaren DaBT-İPA-Hib (difteri, asüler boğmaca, tetanoz, inaktif polio, hemofilus influenza tip b yani beşli karma aşısı) ve 2008 yılı Kasım ayından itibaren de Konjuge Pnömokok aşısının kullanımı başlatılmıştır (Sağlık Bakanlığı, 2009).

2.3.4. Aşıların Sınıflandırılması

Bazı aşılar mikroorganizmanın zayıflatılmış canlı halini içerirken bazı aşılar ölü halini, bazılarıysa bir parçasını veya salgıladığı bir toksini içermektedirler. Mikroorganizmaların zayıflatılmış canlı halini içeren aşılar ısı ve ışığa; diğer türdeki aşılar ise donmaya karşı yüksek hassasiyet gösterirler. Bu sebeple aşıların tüketime kadar ısı, ışık veya donmadan korunmaları gerekir (Buğdaycı vd., 2004, s. 46).

Aşılar canlı aşılar ve canlı olmayan aşılar olarak iki temel gruba ayrılırlar. Canlı ve canlı olmayan aşılar birbirlerinden farklı özellikler taşımaktadırlar ve bu özellikler aşıların lojistik süreçlerini ve uygulanma yöntemini belirler (Kurt, 2005, s. 14).

2.3.1.1. Canlı Aşılar

Bu aşılar, vahşi virüs ya da bakterinin zayıflatılmasıyla elde edilmektedir. Etken, vücutta çoğalır ancak hastalık yapıcı özelliği ortadan kaldırıldığı için hastalık oluşturmadan bağışıklık sağlar. Tek dozda bağışıklık sağlama özelliği bulunan canlı aşılar, ısı ve ışığa karşı duyarlıdırlar (Türk Tabipler Birliği, 2018, s. 13). Bu aşıların canlılıklarını koruyabilmeleri için +2 ile +8ºC arasındaki ısı ortamında saklanmaları ve taşınmaları gerekmektedir. Kısa bir süre için bile ısıya maruz kaldıklarında, etkisiz hale gelmeleri ve hatta hastalığa yol açabilecek bir forma dönüşmeleri de teorik olarak mümkün olabilmektedir (Türkiye Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji Uzmanları Derneği [EKMUD], 2019, s. 30).

2.3.1.2. Canlı Olmayan Aşılar

Canlı olmayan aşılar elde edilirken; ölü mikroorganizma, etkenin salgıladığı bir toksin veya etkenin antijenik özelliği olan bir parçası kullanılmaktadır. Bu aşılar canlı olmadıklarından uygulama yapılan mikroorganizmada çoğalamaz ve bir enfeksiyona yol açmazlar (Kurt, 2005, s. 14).

2.3.2. Aşıların Isıya Duyarlılıkları

Biyolojik ürünler olan aşılar, ısı artışı, donma veya ışık gibi çevresel koşullardan kolayca etkilenebilmektedirler. Bir aşının uygulandığı canlı üzerinde istenen etkiyi sağlayabilmesi için üretimden uygulama anına kadar üreticisi tarafından önerilen saklama sıcaklığının korunması gerekir (Tan, 2019, s. 13). Aşılar özellikleri bakımından birbirlerinden ayrılırlar ve her aşının etkilendiği ısı miktarı da değişkendir. Canlı aşılar ısı artışına karşı duyarlılık gösterirken, canlı olmayan aşılar donmaya karşı ısı artışından daha fazla duyarlıdır. Donma olayının geri dönüşü sağlanamaz ve canlı olmayan aşılar donduklarında etkinliklerini kaybederler (Kurt, 2005, s. 16).

Aşıları tahrip eden, ısının kümülatif (birikimsel) etkisidir. Aşının tek seferde 30-35°C üzeri sıcaklığa maruz kalması kadar, birçok kez 10-30°C arası sıcaklığa maruz kalması da aşının aynı derecede bozulmasına yol açabilmektedir. Aşının etkinliği kaybolur ya da azalırsa eski haline döndürülmesi mümkün olmayacağından aşı soğuk zincirinde süreklilik gerekir (Sağlık Bakanlığı, 2009). Optimum sıcaklık, soğutulmuş aşılar için 2°C ile 8°C arasında iken donmuş aşılar için ise -15°C'dir. Aşılar önerilen sıcaklık aralığında tutulmadıklarında etkilerini kaybeden son derece hassas biyolojik ürünlerdir. Önerilenden daha yüksek veya daha düşük sıcaklıklara maruz kalan aşılar etkinliklerini her seferinde bir miktar kaybederler. Her aşının bir raf ömrü vardır ve üreticiler aşıların etkinliğini 2ºC ile 8ºC arasında saklandıklarında ürün için belirtilen son kullanma tarihine kadar koruyacağını garanti ederler (Shafaat, 2013, s. 2506).

2.3.3. Aşıların Işığa Duyarlılıkları

Aşıları olumsuz etkileyen faktörlerden biri de ışıktır. Bazı aşılar güneş ışığı gibi ultraviyole ve güçlü ışığa karşı son derece hassastır. Işığa duyarlılığı bulunan aşılar verem aşısı (BCG), kızamık, kabakulak-kızamıkçık aşısı (KKK), kızamıkçık aşılarıdır (Sağlık Bakanlığı, 2009). Bu aşıların güneş ışığına maruz kalmaması son derece önemlidir bu nedenle karanlık ortamda muhafaza edilmeleri gerekmektedir. Işığın olumsuz etkilerini azaltmak için bu aşılar koyu kahverengi cam şişelerde muhafaza edilmekle birlikte kullanım aşamasında özen gösterilmediği takdirde bu tek başına yeterli bir önlem olmayacaktır. Aşılarda ışığa bağlı olarak meydana gelecek hasarlar kalıcıdır ve geri alınması mümkün değildir (WHO, 1998, s. 3). Polio, BCG ve kızamık aşıları dondurulduğu takdirde bozulmayan aşılardır. Bu aşılar büyük depolarda dondurularak

muhafaza edilebilirken ışıktan kolaylıkla etkilenebilmektedir. (Sağlık Bakanlığı, 1999, s. 44).

Ülkemizde aşılamanın tarihi ve mevcut aşılama programları ile ilgili bilgilere üçüncü bölümde yer verilmektedir. Ayrıca aşıların soğuk zincir süreci, bu sürecin ülkemizdeki işleyişi ve takibi, aşı soğuk zincirinde kullanılan ekipmanlar ve aşı soğuk zincirinde karşılaşılan sorunlar da aynı bölümde ele alınmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
AŞI TEDARİK ZİNCİRİ

İnsanlık, var olduğundan beri çeşitli hastalıklarla mücadele etmiştir. Tarih boyunca pek çok hastalık salgına dönüşerek çok büyük insan topluluklarını etkilemiş kimi insan vücudu üzerinde çeşitli hasarlar bırakmış ve hatta ölümlere sebep olmuştur. Hastalıklarla mücadelede zaman içerisinde çeşitli tedavi yöntemleri, ilaçlar ve aşılar geliştirilmiştir. Aşılar, henüz hastalık görülmeden bireylere bağışıklık sağlayarak hastalığa yakalanma ihtimalini ortadan kaldırdığından hastalıklarla mücadele etme sürecinde şüphesiz insanlığın en etkili silahı olmuştur.

3.1. Türkiye'de Aşının Tarihçesi

Yaklaşık 200 yılı aşkın bir zaman önce çiçek aşısının bulunmasıyla ortaya çıkan bağışıklama kavramı günümüzde onlarca aşının geliştirilmesiyle farklı bir boyut kazanmıştır. Aşı uygulamalarının çocukluk çağından itibaren gerçekleştirilmesi bu aşıların bir program kapsamında uygulanmasını zorunlu hale getirmiştir. DSÖ tarafından hazırlanan GBP kapsamında BCG, OPA (çocuk felci), DBT (difteri- boğmaca- tetanoz) ve kızamık olmak üzere altı hastalığa yönelik aşılara yer verilmiştir. Program kapsamındaki aşılara zamanla yenilerinin eklenmesi ihtiyacı doğmuştur (Ceyhan, 2013, s. 33).

Aşının ülkemizdeki tarihi Osmanlı İmparatorluğu zamanına dayanmaktadır. Aşı çalışmalarının yürütülmesine ve bu alanda bilim insanlarının yetiştirilmesine destek veren Osmanlı Devleti tarafından 1885 yılında önce çiçek aşısı uygulaması için kanun çıkarılmış bunu aynı yıl içinde dünyada geliştirilen ilk kuduz aşısının Osmanlı'ya getirilmesi ve hemen ardından da Mekteb-i Tıbbiye-i Askeriye-i Şahane'de ilk kuduz aşısının üretilmesi gelişmeleri takip etmiştir.

Ayrıca yıllar içerisinde Türkiye'de; tifo, difteri, dizanteri, tetanoz, verem, kolera ve tifüs gibi hastalıklara yönelik aşı üretimi ve uygulamaları gerçekleştirilmiştir (Sağlık Bakanlığı, t.y., asi.saglik.gov.tr).

3.2. Genişletilmiş Bağışıklama Programı

Dünyada çiçek hastalığının ortadan kaldırılması (eradike edilmesi) bulaşıcı hastalıklarla mücadele etme konusunda insanlığa bir umut olmuştur. Tarihte yaşanan bu umut verici gelişme sonrası aşıların önemi ön plana çıkmıştır.

1974 yılında DSÖ tarafından tüm çocukların DBT, BCG, kızamık ve polio aşıları ile altı hastalıktan korunması amacıyla önerilen GBP öncesinde yaygın olarak kullanılan yalnızca iki aşı (BCG ve çiçek aşısı) bulunmakta ve pek çok ülkenin ulusal bir aşılama programı bulunmamaktaydı. Ülkemizde 1981 yılında başlatılan GBP kapsamında önceleri çocuk felci, boğmaca, difteri, tetanos, tüberküloz ve kızamık olmak üzere altı hastalığa karşı aşılama yapılırken günümüzde hepatit A, hepatit B, pnömokok, kızamıkçık, kabakulak, haemophilus influenza ve suçiçeği hastalıklarının da aşılama programına dahil edilmesi ile bu sayı 13'e ulaşmıştır. (Yapıcı & Tunç, 2019, s. 172).

Ülkemizde yürütülen GBP kapsamında doğumundan itibaren her bebeğe Tablo 3.1'de gösterilen aşılama takvimi doğrultusunda Hep-B, BCG, KPA (konjuge pnömokok), DaBT-İPA-Hib, OPA, suçiçeği, KKK, Hep-A, DaBT-İPA (dörtlü karma aşısı) ve TD (erişkin tip difteri tetanoz) ve takvimde R ile gösterilen pekiştirme aşıları uygulanmaktadır.

Tablo 3.1. *Ulusal Çocukluk Dönemi Aşılama Takvimi*

Aşılar	Doğumda	1. Ayın sonu	2. Ayın sonu	4. Ayın sonu	6. Ayın sonu	12. Ayın sonu	18. Ayın sonu	24. Ayın sonu	48. Ay 13 yaş	
Hep-B	**I.**	**II.**			**III.**					
BCG			**I.**							
KPA			**I.**	**II.**		**R**				
DaBT-			**I.**	**II.**	**III.**		**R**			
OPA					**I.**		**II.**			
Suçiçeği						**I.**				
KKK						**I.**			**II.**	
Hep-A							**I.**	**II.**		
DaBT-İPA									**R**	
Td										**R**

Kaynak: Sağlık Bakanlığı, (t.y.), asi.saglik.gov.tr

GBP ile hedeflenen, her bebeğin belirlenen aşı takvimi doğrultusunda hastalıklara karşı bağışıklık kazanması ve sağlıklı bireyler olarak yaşamlarına devam etmeleridir. Aşı takviminde bulunan aşıların tamamı ülkemizde ücretsiz olarak uygulanmaktadır. Böylece her bireyin çocukluk çağında aşıya erişimi mümkün hale getirilmekte ve toplumda bu hastalıkların yayılmasının önüne geçilmektedir.

Ülkemizde aşı hizmetleri yalnızca çocukluk çağıyla sınırlı değildir. Özellikle yaşlı nüfusun giderek artmasına bağlı olarak gelişen kronik hastalıklar erişkin aşılamasının önemini ortaya koymaktadır. Ülkemizde Sağlık Bakanlığı tarafından erişkinlere yönelik aşı uygulamaları da gerçekleştirilmektedir. Çağımızda bireylerin kolayca seyahat etmesi, salgın hastalıkların tehdidi ve risk grubu olarak görülen sağlık çalışanlarının korunması amacıyla erişkinlere yönelik yürütülen bağışıklama çalışmalarına verilen önem artmıştır. Ülkemizde çocukluk çağında başarıyla yürütülen bağışıklama uygulamalarına rağmen bunların kaydı konusunda yaşanan aksaklıklar erişkin çağdaki bireylerin aşı ihtiyaç durumlarının değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu koşullar altında ise bireyin rutin bağışıklama durumu eksik olarak değerlendirilmektedir (Beyazova & Aktaş, 2007, s. 56).

Ülkemizde çocukluk döneminde bağışıklama takvimi tamamlanmamış bireyler, bağışıklığın pekiştirilmesi amacıyla gebeler, yaşlılar, kronik hastalığı bulunanlar yani risk grubundaki erişkinlerin tamamını hastalıklardan korumak amacıyla Sağlık Bakanlığı tarafından aşılama çalışmaları yürütülmektedir. GBP kapsamında ülkemizde erişkinlere yönelik olarak; erişkin tip tetanoz aşısı, gebelik aşıları, KKK aşısı, pnömokok ve grip aşıları yapılmaktadır. Ayrıca risk durumuna göre Hep-A ve Hep-B aşıları uygulanırken, mesleği nedeniyle risk grubunda olan sağlık çalışanları ile askerlere yönelik aşılar, seyahat edecek kişilere gidecekleri ülkedeki bulaşıcı hastalık riskine yönelik aşılar ve hac-umre ziyareti gerçekleştirecek kişilere meningokok aşısı uygulanmaktadır (Sağlık Bakanlığı, t.y., asi.saglik.gov.tr).

Türkiye'de gerek çocukluk dönemi aşı uygulamaları gerek yetişkinlik döneminde yapılan aşı uygulamalarına yönelik aşı takvimi oluşturulmaktadır. Bu takvim oluşturulurken bu alanda söz sahibi akademisyenler ve Sağlık Bakanlığı'na bağlı eğitim ve araştırma hastaneleri uzmanlarından oluşan Bağışıklama Danışma Kurulu'nun tavsiyelerinden yararlanılmaktadır.

Dünyada ve ülkemizde hastalıklara karşı bağışıklığın gelişmesi aşı uygulaması ile mümkün olmaktadır. Aşıların başarılı bir bağışıklama sağlaması ise aşının içeriğiyle

olduğu kadar ısı ve ışık gibi çevresel koşullara karşı son derece hassas olan bu ürünlerin kullanılacağı son noktaya kadar hassasiyetlerine uygun soğuk zincir koşullarında muhafazası ile de ilgilidir. Soğuk zincirde bir kırılmanın gerçekleşip gerçekleşmediğinin bilinmesi ise sürecin izlenebilmesi ile mümkün olmaktadır.

3.3. Aşı ile Önlenebilir Hastalıklar Daire Başkanlığı

Ülkemizde GBP ve koruyucu sağlık hizmetleri kapsamında kullanılan aşı, anti serum, enjektör ve güvenli atık (enjektör) kutularının tedarik edilmesi, soğuk zincir malzemelerinin sorumluluk alanı içerisinde bulunan lojistik faaliyetlerinin yürütülmesi Aşı ile Önlenebilir Hastalıklar Daire Başkanlığı'nın sorumluluğundadır. Aşı ile Önlenebilir Hastalıklar Daire Başkanlığı'nın ayrıca aşağıda sıralanan görevleri de bulunmaktadır (Sağlık Bakanlığı, t.y., hsgm.saglik.gov.tr):

- Aşı ile önlenebilir hastalıklara yönelik programların geliştirilip yürütülmesi,
- Aşı uygulaması sonrası ortaya çıkabilecek istenmeyen etkilerin izlenmesi için kurulan sistemin yürütülmesi,
- Aşılama hızlarının izlenmesi ve değerlendirilmesi,
- GBP kapsamında yer alan hastalıkların sürveyansının (hastalıkla ilgili verilerin sürekli olarak toplanarak analiz edilmesi ve hastalıkların kontrolü ihtiyacı olan kişilere ve bildirimi yapan kaynaklara dağıtılması) yürütülmesi.

Aşı soğuk zincirinin en önemli bileşeni insandır. Kullanılan ekipmanlar ne kadar yüksek kalitede ve etkinlikte olursa olsun bunların kullanımı, takibi ve sürecin yönetimi konusunda eğitimli personele ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye'de il, ilçe, sağlık ocağı ve aile hekimliği düzeylerinin her birinde soğuk zincirden sorumlu olan kişiler ve sorumlulukları ile ilgili bilgilere Sağlık Bakanlığı GBP Genelgesi'nde detaylıca yer verilmektedir. Buna göre, her il ve ilçede sağlık müdürlüğünde çalışan hekim dışı bir sağlık personelinin soğuk zincir sorumlusu olarak seçilerek genelgede belirtilen görevleri yerine getirmesi gerekmektedir. Ayrıca il ve ilçe soğuk zincir sorumlularının yokluğunda soğuk zincir faaliyetlerinin aksamaması ve görev ve sorumluluklarının paylaşılması için yardımcıları bulunmalıdır. İl soğuk zincir sorumlularının görevleri sıralandığı gibidir (Sağlık Bakanlığı, 2009):

- Aşı, serum ve enjektörlerin teslim alınarak bu ürünlerin soğuk zincir kurallarına uygun şekilde sağlık müdürlüğü aşı deposuna girişini, depolanmasını ve sağlık ocakları, aile

hekimlikleri veya TSM'lere dağıtımını gerçekleştirmek ayrıca teslim alma ve dağıtım aşamalarında bunların kaydını tutmak,

- Teslimat aşamasında dağıtım araçlarının ve teslim alınan malzemelerin kontrollerini yaparak teslim tutanağına kaydetmek,
- İl Sağlık Müdürlüğü aşı deposunda ve kurumlarda bulunan soğuk zincir ekipmanlarının lojistik durumunun takibi, ihtiyaçların zamanında tespiti ve eksikliklerin temini ile bu ekipmanların bakım ve onarımını sağlamak,
- İl aşı deposundaki stok kayıtlarını tutmak ve kurumlardan aylık olarak bildirilen aşı stok bilgilerini izlenmek ve değerlendirmek,
- İl aşı sorumlusu ile iş birliği içinde kurumları denetlemek, soğuk zincir uygulamalarını yerinde incelemek ve personelin soğuk zincir konusundaki bilgisini değerlendirerek gerekli görülen durumlarda eğitim şubesi ile eğitimler planlamak ve bizzat eğitimlerde yer almak.

İlçeler bazında yürütülen aşı soğuk zincir faaliyetleri için de her ilçe için bir ilçe soğuk zincir sorumlusu bulunmaktadır. İlçe soğuk zincir sorumlusu il soğuk zincir sorumlusu ile aynı görevleri ilçe düzeyinde ilçe aşı sorumlusu ile iş birliği içerisinde gerçekleştirmektedir.

3.4. Aşıların Sevkiyatı

GBP kapsamında gerekli olan aşıların ve ilgili malzemelerin düzenli aralıklarla belirlenmiş özel sevk dönemleri bulunmaktadır. Tablo 3.2.'de aşıların depolandığı ve kullanımının gerçekleştiği birimlere göre sevkiyat yapılması gereken dönemler belirtilmiştir.

Tablo 3.2. *GBP Genelgesi Aşı Sevk Dönemleri*

Depolama yeri / Sevk dönemi	Bölge deposu/ İl deposu	İlçe deposu (TSM)	ASM	Sağlık Evi
Üç ayda bir	✔			
Ayda bir		✔	✔	
Haftada bir				✔

Kaynak: Sağlık Bakanlığı, (2009). *GBP Genelgesi*, s. 16

Kurumların aşı, anti serum ve malzeme ihtiyaçları hesaplanırken bu sevk dönemleri dikkate alınır. Sağlık Bakanlığı'nın merkez deposundan il sağlık müdürlüklerine yapılacak sevkiyatlar için yılın ilk üç ayından başlamak üzere üçer aylık dört sevk dönemi belirlenmiştir. Aşı ve anti serum sevkiyatı her dönem için dönemin ilk ayında il deposunda olacak şekilde yapılmaktadır. Bir dönem için aşı ihtiyacı belirlenirken aynı zamanda dönem ihtiyacına ek olarak rezerv stok ve fire payı da dikkate alınmalıdır (Sağlık Bakanlığı, 2009). Rezerv stok, aşı sevkiyatlarında yaşanan gecikmeler, beklenmeyen talep artışları ve olağanüstü durumların yaşanması halinde depolanan aşı miktarı yetersiz kalacağından bulundurulması gereken stoklardır. Ayrıca destek aşılama çalışmaları gibi aşı ihtiyacının arttığı dönemler önceden planlanmalı ve rezerv stokun devamlılığı sağlanmalıdır. Rezerv stok, her sevkiyatta yenilenmeli ve miadı daha erken aşıların kullanımına öncelik verilmelidir. Fire ise açılan aşılarda kullanılamayan miktarın açılan doza olan oranıdır. Bu oranın 100 ile çarpımı ise fire yüzdesini verir.

3.5. Aşı Takip Sistemi (ATS)

Aşıların etkinliği, büyük ölçüde kullanım anına kadar uygun koşullarda muhafaza edilmesine bağlıdır. Aşının üretim noktasından depolanacağı noktalara, depolardan kullanımın gerçekleşeceği merkezlere nakli sırasında, depolandığı süre boyunca ve son kulanım noktasında aşının uygulanacağı ana kadar uygun koşulların sağlanması aşıların etkinliğini kaybetmeden kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Depolama ve taşıma süreçleri boyunca aşının bulunduğu yerde meydana gelebilecek bir sıcaklık değişimi aşıların bozulmasına yol açacağından bu ürünlerin tüm zincir boyunca takibinin sağlanması gerekmektedir. Aşıların bozulmasına yol açacak bir değişim yaşandığında bunun bilgisine en kısa sürede ulaşmak alınacak önlemler ve arızaların giderilmesi açısından avantaj sağlayacaktır.

Aşıların lojistik süreçlerinin geliştirilmesinde karşılaşılan en büyük zorluklardan biri bilgi eksikliğidir. Orta düzey yönetim kararlarının alınması için sağlık tesislerinden gelecek ayrıntılı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Pek çok ülkede sağlık tesisleri aşıları depolamak üzere yeterli kapasiteye sahip olup olmadığı gibi stok seviyeleri ve soğuk zincir ekipmanının kalitesiyle ilgili bilgilerin sağlanması noktasında da eksiklikler bulunmaktadır (Anderson vd., 2014, s. 216). Aşı ve anti serum gibi soğuk zincire tabi ürünlerin süreç boyunca sıcaklık ve stok bilgilerinin takibini sağlamak için ülkemizde ATS'den yararlanılmaktadır.

2010 yılında geliştirilen sıcaklık takip sistemi (telemetri) ve stok takip sistemi bileşenlerinden meydana gelen ATS ile her bir doz aşı için bir karekod tanımlanmış ve sistem daha sonra her bir dozun stok ve ısı takibinin sağlanması amacı ile 2014 yılında kullanılmaya başlanmıştır. ATS, aynı sistem içerisinde hem sıcaklık hem de stok takibinin gerçekleştirildiği ilk sistemdir. ATS ile hedeflenen Türkiye genelinde sevk ve idaresi Sağlık Bakanlığı tarafından gerçekleştirilen, soğuk zincire tabi aşı ve anti serumların muhafaza edildiği depo ve dolaplarla, taşındıkları araçlardaki sıcaklık takibinin gerçek zamanlı, kesintisiz ve düzenli bir şekilde yapılması, gerekli bilgilerin kayıt altına alınması, raporlamaların yapılması, sürecin ilgili merkezlerden izlenilmesi ve gerekli durumlarda ilgililere uygun yöntemlerle (SMS, e-posta, çağrı) uyarı yapılmasıdır (ATS Kullanım Dokümanı, 2016).

Sıcaklık Takip Sistemi, zincirde yer alan her birime kurulan sıcaklık takip cihazı (STC) ve en az bir tane sıcaklık sensöründen oluşmaktadır. Sıcaklık takip sisteminde sıcaklık sensörü STC ile eşleştirilerek veri gönderimi gerçekleştirir. Böylece aşıların saklandığı depo ve dolapların sıcaklık bilgileri anlık olarak takip edilmektedir. STC'ler, mobil hatlar üzerinden telemetri ana sunucularıyla GSM operatörleri tarafından özel olarak sağlanan internet çıkışı üzerinden sıcaklık bilgilerini iletir. Sunucu tarafından bu bilgiler analiz edilir, sistemin alt ve üst sıcaklık limiti alarmları oluşturarak belirlenen süre zarfında stok birimlerinin bağlı olduğu birimler veya birimin bağlı olduğu üst birimdeki yetkililerin çağrı merkezi aracılığıyla uyarılmasını sağlar. Buna ek olarak enerji kesintileri, sensör ve cihazla ilgili iletişim, cihaz müdahale alarmları da oluşturularak çağrı merkezi, kısa mesaj veya çağrı yoluyla bilgilendirme sağlanmaktadır (ATS Kullanım Dokümanı, 2016).

Stok Takip Sistemi, tüm aşı taşıma birimlerinin karekodlarla tanımlandığı, gerçekleştirilecek tüm taşıma, transfer ve kabul işlemlerinin ATS web sistemi, karekod cihazları, karekod okuyucu el terminalleri ve ATS için hazırlanan mobil uygulamalar üzerinden gerçekleştirildiği sistemdir. Aşı uygulaması gerçekleştirilirken ilgili muayene bilgi sistemi aşı modülleri ve aşı karekodlarından yararlanılmaktadır (ATS Kullanım Dokümanı, 2016). Kullanıcılar kendilerine ait veya yetkili oldukları stok detaylarına ATS üzerinden anlık olarak erişebilmekte ayrıca soğuk zincir takibi, uzun süreli sıcaklık, stok ile ilgili transfer ve kabul raporlarına da erişim sağlayabilmektedirler (ATS Kullanım Dokümanı, 2016).

ATS, Sağlık Bakanlığına ait; Aile Hekimliği Bilgi Sistemi (AHBS), Hastane Yönetim Bilgi Sistemi (HYBS), Halk Sağlığı Bilgi Sistemi (HSBS), Muayene Yönetim Bilgi Sistemi (MBYS) sistemleri ile bütünleşmiş şekilde çalışabilecek bir web servis altyapısına sahiptir. Aşı uygulaması yapan her birim aşının karekodunu okutarak aşının kullanılabilirliğinin sistem üzerinde öğrenmekte ve uygulanan aşılar için stok düşümünü gerçekleştirebilmektedir. ATS ile hedeflenenler sıralandığı gibidir (ATS Kullanım Dokümanı, 2016):

- Süreç boyunca aşıların etkinliğinin korunarak aşı güvenliğinin arttırılması,
- Anlık olarak gerçekleştirilen sıcaklık ölçümleri ile etkinliğini kaybetmiş aşı ve anti serumların belirlenmesi,
- Ürünün muhafaza edildiği dolap veya depolarda meydana gelebilecek arızalar ve eksikliklerin giderilerek ürünün bozulmasının önüne geçilmesi,
- Olası bir enerji kesintisinde uyarı sisteminin devreye girmesiyle acil eylem planının uygulanmasının sağlanması,
- İmha edilmesi gereken aşıların belirlenmesi,
- Yapılan hataların tespiti ve muhtemel hataların önüne geçilmesi,
- Soğuk zincir ve lojistik yönetim sisteminin iyileştirilmesi,
- Soğuk zincire ilişkin istatistikler ve raporların ortaya konması.

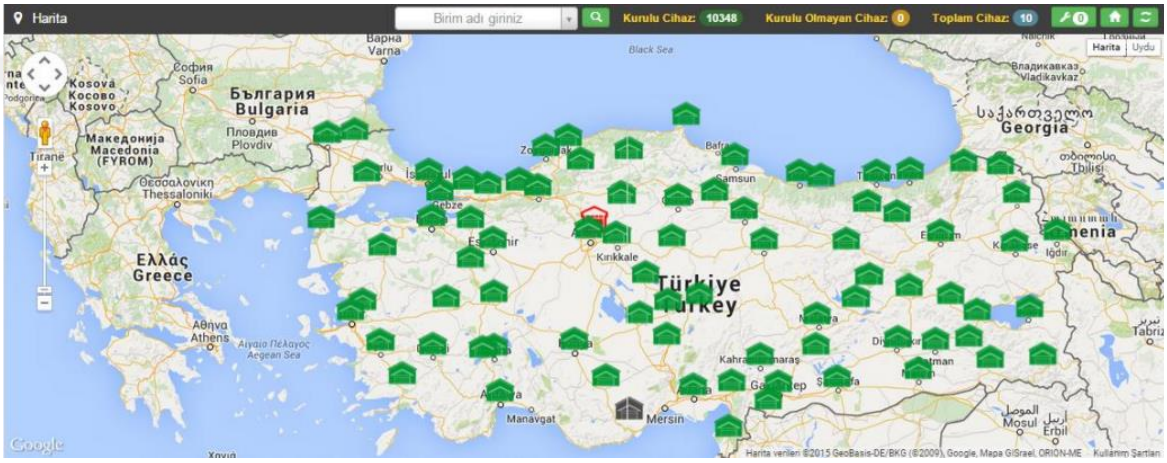
Aşıların kullanım noktasına kadar izlenmesi ve soğuk zincir boyunca meydana gelebilecek her türlü aksaklığın giderilmesi aşıların etkinliğini koruyarak bağışıklama hizmetlerinin başarıya ulaşmasını ve maddi kayıpların önüne geçilmesini sağlar. ATS, dünyada bu amaç ve kapsamla geliştirilmiş hem sıcaklık hem stok takibin gerçekleştiren ilk sistemdir.

ATS ile ülkemizde 1 Ocak 2019 tarihi itibariyle ısı izlemi, aşı uygulaması gerçekleştirilen 10.185 kurumda, 12.291 STC ve 13.388 noktada sensörler aracılığıyla yapılmaktadır. 2019 yılı boyunca ülkemizde uygulanan aşı dozu 34.578.754 olup bunların tamamının stok takibi yapılmıştır. Aşılama hizmetinin verilmeye başladığı Göçmen Sağlığı Merkezlerine “Sıhhat Projesi” kapsamında 160, UNICEF Projesi kapsamında 91 adet ATS cihaz kurulumu yapılmıştır (Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 2020, s. 86).

Sistem kullanıcıları internet tarayıcısı üzerinden ats.saglik.gov.tr adresini kullanarak veya mobil uygulama üzerinden sisteme kendileri için tanımlanmış kullanıcı adı ve parola ile

giriş sağlamaktadır. Kullanıcılar sisteme giriş yaptıktan sonra yetkili oldukları işlemleri gerçekleştirebilecekleri ara yüzlere erişmektedir. Kullanıcı ATS'ye giriş yaptıktan sonra kullanıcı yetkisine göre değişiklik gösteren menü yapısı üzerinden araç takibi, stok işlemleri ve yönetim işlemlerini gerçekleştirebileceği ara yüzlere ulaşabilmektedir. Şekil 3.1'de ATS ana sayfasında bulunan kullanıcıların yetkili oldukları birim ve alt birimlerin genel durumunun takibini sağladıkları Türkiye haritası gösterilmektedir.

Şekil 3.1. *ATS Saha İzleme Ekranı*



Kaynak: ATS Kullanım Dokümanı. (2016). s. 17

Takibin gerçekleştirildiği bu ekran ilk açıldığında Türkiye haritası üzerinde Halk Sağlığı Müdürlüğü ve Ankara'da bulunan merkez depo gösterilmektedir. Bu ekran üzerinden, giriş yapılan birimin alt birimleri görüntülenebilmektedir. Kullanıcı görüntülemek istediği birimin üzerine tıkladığında o birimde bulunan STC'ler, herhangi bir cihazın üzerine tıkladığı zaman ise o cihaza bağlı sensörler ve bunlara ait bilgiler listelenmektedir. Ayrıca birim detay ekranlarının alt kısmında bu birimde mevcut alarmlar varsa bunlarla ilgili bilgiler de yer almaktadır. Birimlere ait STC'lerle ilgili "STC No", "IMSI No", "IMEI No", cihazın aktifliğini gösteren "Aktif" ve cihaz aktif değilse neden aktif olmadığı bilgisinin yer aldığı "Açıklama" bilgileri ile STC'lere bağlı sensörlerle ilgili de "Sensör S/N", "Çalışma Süresi (Saat)", "Son 10 Sıcaklık" "Pil Durumu" ve "Stok Birimi" bilgileri yer almaktadır (ATS Kullanım Dokümanı, 2016).

Saha takip ekranında her bir birimin durumunu gösteren şekiller ve bunların anlamları şu şekildedir (ATS Kullanım Dokümanı, 2016):

Türk Halk Sağlığı Kurumu Deposu (Merkez Depo) için;



Yeşil renk ile ifade edilen bu ikon, Türkiye Halk Sağlığı Kurumu (THSK) deposundaki stok birimlerinde alarm durumu bulunmadığını gösterir.



Kırmızı renk ile ifade bu ikon, THSK deposundaki stok birimlerinde alarm durumu bulunduğunu gösterir.



Turuncu tonda gösterilen THSK deposu ikonu alarm durumunun olmadığını fakat alt birimlerinden en az bir tanesinde alarm durumunun yaşandığını gösterir.

Halk Sağlığı Müdürlüğü (İl Deposu) için;



Yeşil renk ile ifade edilen bu ikon Halk Sağlığı Müdürlüğü'nün (HSM) veya HSM'ye bağlı herhangi bir birimin stok biriminde alarm durumu bulunmadığını gösterir.



Gri renk ile ifade edilen bu ikon, depoda herhangi bir kurulum bulunmadığını gösterir.



Kırmızı renk ile ifade edilen bu ikon, HSM'nin kendi bünyesinde bulunan stok birimlerinden herhangi birinde alarm durumu bulunduğunu gösterir.



Turuncu renk ile ifade edilen bu ikon, HSM'de alarm durumunun bulunmadığını fakat alt birimlerinden en az birinde alarm durumu bulunduğunu gösterir.

TSM'ler için;



Yeşil renk ile ifade edilen bu ikon, TSM'de veya TSM'ye bağlı birimlerin stok birimlerinde alarm durumu bulunmadığını gösterir.



Gri renk ile İfade edilen bu ikon, TSM'de herhangi bir kurulum bulunmadığını gösterir.



Kırmızı renk ile ifade edilen bu ikon, TSM'nin kendi stok birimlerinin herhangi birinde alarm durumu bulunduğunu gösterir.



Turuncu renk ile ifade edilen bu ikon, TSM'de alarm durumunun bulunmadığını fakat alt birimlerinden en az bir tanesinde alarm durumu bulunduğunu gösterir.

Son Kullanıcı (ASM, Hastane vs.) için;



Yeşil renk ile ifade edilen bu ikon, söz konusu birime ait stok birimlerinde alarm durumu bulunmadığını gösterir.



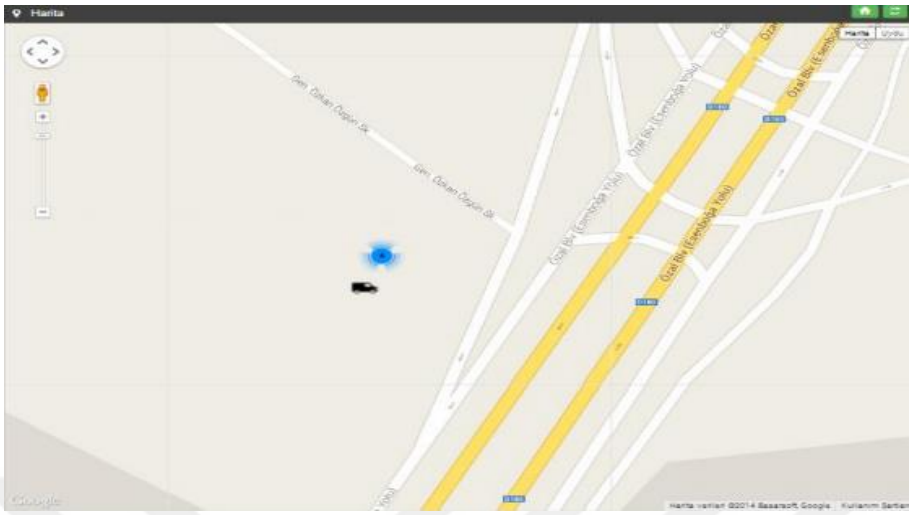
Gri renk ile ifade edilen bu ikon, söz konusu birimde herhangi bir kurulum bulunmadığını gösterir.



Kırmızı renk ile ifade edilen bu ikon, söz konusu birime ait stok birimlerinde bir alarm durumu bulunduğunu gösterir.

ATS ile yalnızca depoların değil aynı zamanda aşıların naklini gerçekleştiren soğuk nakil araçlarının da takibi sağlanabilmektedir. Yetkili kullanıcılar kendi birimlerine ait soğuk nakil araçlarını bir harita ekranı üzerinden takip etmektedir. Şekil 3.2'de ATS'de araç takibinin sağlandığı harita ekranına ait bir ekran görüntüsü yer almaktadır.

Şekil 3.2. *Araç Takip Ekranı*



Kaynak: ATS Kullanım Dokümanı. (2016). s. 19

Bu ekranda kullanıcılar yetkilisi oldukları araçların harita üzerindeki konumunu görüntüleyebilmektedir. Kullanıcılar, detay bilgilerine erişmek istedikleri aracın üzerine tıklayarak araçla ilgili bilgilere, araçtaki stok listesine ve anlık sıcaklık ölçümleri ile sıcaklık grafiklerine erişebilmektedir.

Sistem menüsü üzerinde yer alan yönetim işlemleri bölümünde, yetkili kullanıcılara bağlı oldukları birim ve bu birime bağlı alt birimler ile bunlara ait taşınmaz depolar, nakil araçları ve birimde yer alan kullanıcılara ilişkin her türlü detaylı bilgi yer almaktadır. Böylece kullanıcılar bunlarla ilgili işlemlerin tamamını gerçekleştirebilmektedir.

Taşınmaz depolarla ilgili detaylara erişimin sağlandığı ekranda bunlarla ilgili genel bilgiler ve adres bilgilerinin yanı sıra depoya ait olan soğuk oda, dolap ve nakil kabı gibi stok birimlerinin hacim, “stok birimi ID”, tip, hacim ve GBP kriterlerine uygun olup olmadığı bilgileri de yer almaktadır. Her stok birimi için yetkili kullanıcılar tarafından detaylar, stok listeleri ve sıcaklık ölçümleri de görüntülenebilmektedir.

Sistem sayesinde aşılarla ilgili stok ve sıcaklık takiplerini gerçekleştirilirken sistem üzerinde kayıtlı aşı stokları kullanıcılar tarafından komisyona sevk edilebilir. Komisyona sevk edilen aşılar bağlı olduğu iki üst birim tarafından görülebilir ve gerektiği durumda bu birimler komisyon kararı verebilir. Sevk edilen stokların yer aldığı listede bu stoklarla ilgili “Son Kullanma Tarihi”, “Geçerli Son Kullanma Tarihi”, “Parti No”, "Seri No”, bilgileri ile bu stoka ait komisyona hangi nedenle sevk edildiğini gösteren “Sevk Bilgileri”, “Sıcaklık Maruziyet Geçmişi” ve “Geçmiş Kararlar” gösterilmektedir. Burada

bahsedilen son kullanma tarihi stokun fabrika çıkışında üzerinde bulunan son kullanma tarihini, geçerli son kullanma tarihi ise daha önce verilmiş bir komisyon kararı ile mevcut son kullanma tarihinden önceki bir tarihe bu stokun alınıp alınmadığını ifade etmektedir. Bunlar arasında bir farklılık varsa stokun önceden komisyona geldiği ve komisyon tarafından son kullanma tarihinin öne çekildiği anlaşılır. Sevk Bilgileri bölümünde stokun önceden komisyona hangi nedenlerle ve hangi birim tarafından gönderildiği, varsa açıklaması ve karar verilip verilmediği gösterilmektedir. Sıcaklık Maruziyet Geçmişi, söz konusu stokun şu an için veya daha öncesinde karşılaştığı soğuk zincir kırılmalarını ve kırılmaların gerçekleştiği tarihleri gösterir. Bu bölümde gösterilen süreye tıklandığında stokun, soğuk zincirin kırıldığı süre zarfında hangi sıcaklıklara maruz kaldığı bilgisi gösterilmektedir. Geçmiş kararlar bölümü, stok daha önce komisyona geldiyse bu stokla ilgili verilen kararların listelendiği bölümdür. Komisyon hangi stok için karar verecekse "Sevkteki Stok Listesi"nden bir veya birden fazla taşıma birimi tipi seçerek karşısına çıkacak kullanılabilir, imha, zayi, kayıp seçeneklerinden uygun olanı seçerek karar verme işlemini gerçekleştirebilmektedir.

3.6. Aşılar için Soğuk Zincir

Aşılar, insanlar ve hayvanlar üzerinde çeşitli hastalıklara karşı bağışıklık kazandırmak amacıyla kullanılan biyolojik ürünlerdir. Bu ürünler canlıların sağlığına doğrudan etki ettiklerinden üretim ile uygulanma anı arasındaki süreç boyunca hassasiyetlerine göre doğru koşullar altında ulaştırılmaları ve muhafaza edilmeleri son derece önemlidir. Aşıların bazıları fazla ısıya, bazıları ise düşük ısıya ve donmaya karşı duyarlıdır. Isı ve donmaya duyarlı olan aşıların bulunduğu ortam sıcaklığı tedarik zinciri boyunca kontrol edilmezse aşılar işe yaramaz hatta zarar verici hale gelebilir. Aşıların bu şekilde sıcaklık kontrollü olarak taşınması ve depolanması soğuk zincir kapsamına girmektedir (Kaufmann vd., 2011, s. 1115).

Aşılar için soğuk zincir, aşıların üretimden kişiye uygulanıncaya kadar etkinliklerinin korunduğu, ihtiyaç duyulan noktalara yeterli miktarda etkin aşının ulaştırılmasının sağlandığı, insan ve malzemeden oluşan sistem şeklinde tanımlanabilir. Doğru zamanda ve miktarda aşı temin edilmediğinde aşılanacak hedef nüfusun tamamının aşılaması gerçekleştirilemeyecektir. Bir diğer durum da aşı miktarının yeterli fakat etkinliğinin yetersiz olmasıdır. Böyle bir durumda hedeflenen nüfusun tamamı aşılansa bile istenen seviyede bağışıklık sağlanamayacağından toplumda bazı hastalıklar görülmeye devam

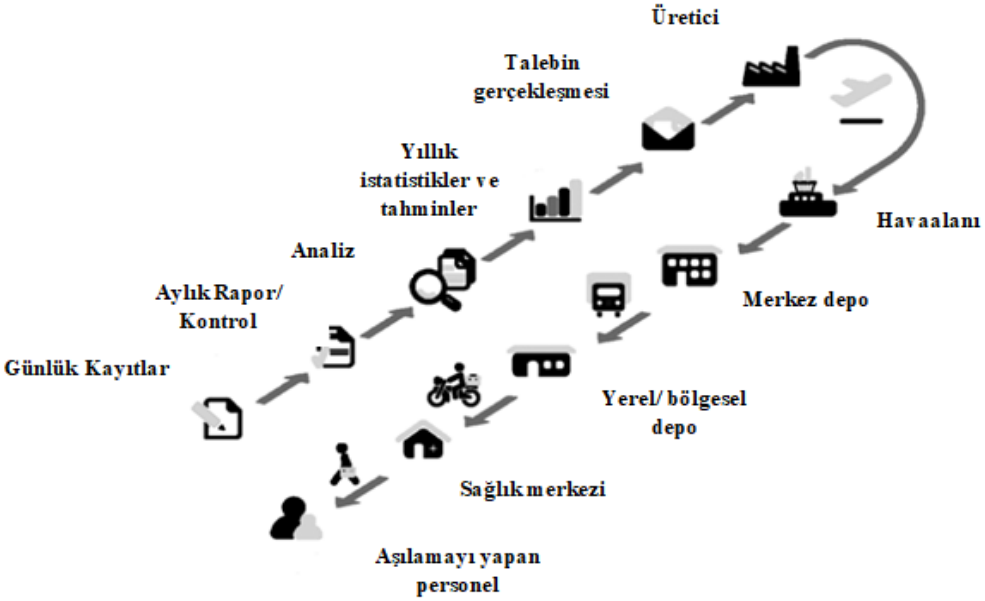
edecektir. Soğuk zincirin önemi de tam olarak bu noktada ortaya çıkmaktadır. En modern cihazlar ve ekipmanlar kullanılsa dahi kişiler, aşıyı ve cihazları doğru kullanacak ve sorunların giderilmesi için zamanında müdahale gerçekleştirebilecek bilgi ve yeterliliğe sahip olmadığı takdirde soğuk zincir etkili olamayacaktır (Sağlık Bakanlığı, t.y., asi.saglik.gov.tr). Bu bakımdan aşıların muhafaza edildikleri ve taşındıkları süre zarfında tutuldukları ısının devamlılığının sağlanmasında sağlık çalışanlarının rolü son derece önemlidir. Soğuk zincir, aşıların üretiminden uygulanmasına kadar taşınması, depolanması ve elleçlenmesi aşamalarının her birinde optimal koşulların korunduğu bir süreçtir. Soğuk zincir sistemi, aşıların üreticiden aşının uygulanacağı kişiye kadar etkili bir şekilde depolanması ve taşınması için çok önemli bir araçtır. DSÖ verilerine göre 2011 yılında yanlış soğuk zincir uygulamaları nedeniyle beş ülkede 2,8 milyon doz aşının kullanılamaz hale geldiği bilinmektedir (WHO, 2014).

Diğer pek çok lojistik problemde olduğu gibi soğuk zincirde de karar vericiler kapasite ve ihtiyaçlarla ilgili belirsizlikler ile uğraşırken zincir boyunca karmaşık bir dizi görevi de koordine etmek zorundadırlar. Soğuk zincir kararlarında geri dönüş sağlanamamaktadır. Zincir boyunca herhangi bir noktada güvenli sıcaklık aralığında tutulmayan aşılar potansiyel cankurtaranlardan birer tehdide dönüşürler (Comes vd., 2018, s. 50).

Soğuk zincire gereksinim duyan ilaçların ve aşıların sayısı sürekli artmaktadır ve ilerleyen yıllarda da bu artışın devam etmesi beklenmektedir. İnsan üzerinde veya veterinerlik alanında kullanılan bu ürünlerin üretimi, depolanması ve taşınması gibi süreçlerde yer alan tüm işletmeler ve kişiler bu ürünlerin tüm süreç boyunca güvende tutulmaları konusunda sorumluluklarının bilincinde olmalıdırlar (Cadotte, 2012, s. 33).

Şekil 3.3'te üreticiden sağlık tesislerine doğru gerçekleşen aşı akışı ve aşılar ile ilgili verilerin her aşama için kaydı, kontrolü, analizi ve nihayetinde hazırlanan raporların zincire geri akışı gösterilmektedir. Soğuk zincirin bu şekilde seyri aşı tahmini için gerekli bilgilerin toplanmasını sağlarken soğuk zincir performansının da düzgün bir şekilde izlenmesini sağlar.

Şekil 3.3. *Aşıların Soğuk Zincir Aşamaları*



Kaynak: WHO. (2015). *Immunization in practice: A practical guide for health staff*, s. 3

Soğuk zincir süreci, ithal edilen aşıların üreticiden havaalanına, ana depolara, bölge depolarına, il depolarına ve sağlık kuruluşlarına ulaşana ve aşı uygulanana kadar geçirdiği taşıma ve depolama süreçlerinin tamamını kapsamaktadır. Aşı soğuk zinciri üç ana unsurdan meydana gelmektedir (Şensoy & Belet, 2008, s. 36):

- Ekipman kullanımı, idaresi ve sağlık hizmetinden sorumlu personel,
- Aşının güvenli bir ortamda tutulması ve nakliyesi için gerekli donanım,
- Aşı kullanım ve dağılımının kontrolü ile programın idaresi için gerekli işlemler.

Aşı soğuk zincirlerinde stok kontrolü ve depolama faaliyetlerinin istikrarlı bir şekilde izlenmesi ve kontrolünün sağlanması verimli bir yönetim ile mümkün olmaktadır. Verimli yönetim ise stok yönetimi, zincirde yer alan ekipmanların bakımı, erişim kontrolü, güç kaynağı ve kalite iyileştirme faaliyetlerini içermektedir (Rogers vd., 2010, s. 394).

3.7. Ekipmanlar

Aşıların depolanması, kullanılacağı birimlere naklinin gerçekleştirilmesi ve bu süreçler boyunca sıcaklık takiplerinin gerçekleştirilmesi için kullanılacak ekipmanlar çok önemlidir. Aşıların belli bir süre boyunca hassasiyetlerine uygun koşullar altında korunması ve zincirin izlenebilmesi için kullanılacak bu ekipmanlar soğuk zincir

gerekliliklerine uygun şekilde tasarlanmaktadır. Aşı ve sulandırıcıların belirli bir sıcaklık aralığında taşınması ve depolanması için ulusal bir soğuk zincir sisteminin her seviyesinde farklı ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Farklı seviyeler için gereken bu ekipmanlar şu şekilde sıralanmaktadır (WHO, 1998, s. 8):

- Ulusal (birincil) seviyede aşıların taşınması için genellikle soğuk veya dondurucu odalar, buzdolapları, dondurucular, aşı nakil kapları ve gerekli durumlarda frigorifik (soğutmalı) kamyonlar,
- İl ve ilçe (orta) seviyesinde kapasiteye bağlı olarak soğuk ve dondurucu odalar ve/veya dondurucular, buzdolapları, nakil kapları ve bazı durumlarda frigorifik kamyonlar,
- Sağlık tesisleri seviyesinde ise yine kapasiteye bağlı olarak genellikle buzdolapları ve aşı nakil kaplarıdır.

Soğuk zincir boyunca doğru sıcaklıkların korunması zincirde görev alan personel için son derece kritik bir görevdir. Bu nedenle sıcaklıklar günün başında ve sonunda mutlaka düzenli bir şekilde ölçülmeli ve kaydedilmelidir. Zincir boyunca sıcaklık takibini ve kaydını gerçekleştirecek bir dizi ekipman bulunmaktadır. Aşı soğuk zincirinde maksimum performans sağlanabilmesi büyük ölçüde kullanılan ekipmanların kalitesine bağlı olmaktadır. Bu ekipmanlar, DSÖ ön yeterlilik standartlarında tanımlanan veya ulusal düzenleyici otoriteler tarafından belirlenen şekilde ilgili teknik şartlara uygun olmalıdır (WHO, 2014, s. 7).

3.7.1. Aşı Nakil Kapları

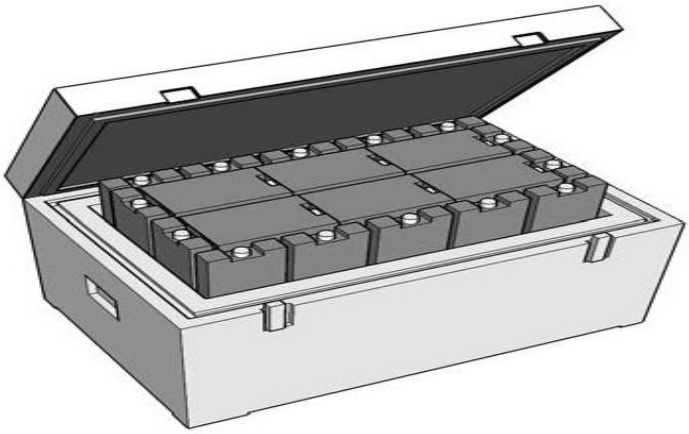
Aşı nakil kapları soğuk ömürlerine göre kısa ve uzun ömürlü olmak üzere ikiye ayrılırlar. Soğuk ömür süresini, nakil kabının iç ısısının -3°C'den +10°C'ye kadar yükselmesi sırasında geçen zaman belirlemektedir. Soğuk ömür; kullanılan aşıya, nakil kabını kullanan taşıyıcıya ve aşı nakil kabına bağlı olmakla birlikte uzun ömürlü aşı nakil kapları için 3-7 gün, kısa ömürlü nakil kapları için ise 24-36 saat arasında değişiklik göstermektedir (Sağlık Bakanlığı, 1992, s. 13).

3.7.1.1. Uzun Ömürlü Aşı Nakil Kapları (Soğuk Kutular)

Aşıların ve sulandırıcıların taşınmasında veya kısa süreli depolanmaları gerektiğinde bu ürünlerin gereken sıcaklık aralığında tutulması için kullanılan içi buz aküleri ile kaplanabilen yalıtımlı kaplardır. Genellikle fazla miktarda aşının nakli için tercih edilen uzun ömürlü aşı nakil kapları, her sağlık grup başkanlığında ve büyük nüfuslu sağlık

ocaklarında bir adet bulundurulmalıdır (Torun, 2006, s. 34). Şekil 3.4'te uzun ömürlü bir aşı nakil kabı görseli bulunmaktadır.

Şekil 3.4. *Uzun Ömürlü Aşı Nakil Kabı (Soğuk Kutu)*



Kaynak: WHO. (2015). *Immunization in practice: A practical guide for health staff*, s. 11

Farklı modellerde üretilen uzun ömürlü aşı nakil kapları bir enerji kesintisi durumunda veya buzdolabının çalışmadığı sağlık merkezlerinde kullanılmaktadır. Uzun ömürlü aşı kapları, iki gün veya daha fazla süre ile aşıların muhafaza edilmesi için kullanılabilmektedir (WHO, 2015, s. 11).

3.7.1.2. Kısa Ömürlü (Askılı) Aşı Nakil Kapları

Kısa ömürlü aşı kapları aşıların kısa süreli muhafazası ve nakiller için tercih edilmektedir. Bu ekipmanlar içerisine buz aküleri yerleştirilmek suretiyle kullanılmaktadır. Uzun ömürlü aşı nakil kaplarına nazaran daha küçük boyutta olan ve ısıyı daha kısa süre muhafaza edebilen askılı nakil kapları gezici sağlık hizmetlerinde kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Bu kaplar aylık aşı ihtiyacının fazla olmadığı merkezlerin nakil işlemlerinde kullanılmaktadır (Torun, 2006, s. 35). Şekil 3.5'te askılı bir aşı nakil kabı görseli bulunmaktadır.

Şekil 3.5. *Askılı Aşı Nakil Kabı*



Kaynak: Torun, S. D. (2006). *Ümraniye Eğitim ve Araştırma Sağlık Grup Başkanlığı bölgesinde aşılama hizmetleri ve soğuk zincir yönetimi üzerine eğitimin etkisi,* s. 35

Gezici sağlık hizmetlerinde görev alan her aile hekimi için en az bir adet, gezici hizmet dışında her Aile Sağlığı Merkezi'nde üç hekim için bir adet kısa ömürlü aşı nakil kabı bulunmalıdır. Aşı nakil kaplarının kullanımı gezici hizmet ve aşıların nakli ile sınırlı olmalıdır. Aşı dolabı bulunan her birimde aşılar kullanım anına kadar burada tutulmalıdır (İzleme, Değerlendirme ve İstatistik Daire Başkanlığı, 2019, s. 61).

3.7.2. Buz Aküleri

Buz aküleri, içerisine su doldurulmak suretiyle soğuk kutular veya aşı nakil kaplarının içini kaplayacak şekilde konumlandırılan, aşıların gerekli sıcaklık aralığında tutulması için kullanılan düz, sızdırmaz plastik kaplardır. Buz akülerinin sıcaklığı taşınan aşının türüne, soğuk kutu veya nakil kaplarının maruz kalacağı ortam sıcaklığına ve taşıma sürelerine bağlı olarak değişebilmektedir (WHO, 2015, ss. 12-13).

Buzluk bölümünde dondurulan buz akülerinin birbirine yapışmadan ve daha iyi şekilde donması için buzluğa dik bir şekilde ve aralarında boşluklar bırakılarak yerleştirilmelidir. Olası bir enerji kesintisi ihtimali göz önünde bulundurularak buzlukta daima yeterli miktarda buz aküsü bulundurulmalıdır. Sağlık merkezinin aşılama programı dikkate alınarak gerekli olan buz aküleri bir gün önce dondurulmalıdır. Nakil kaplarına konulacak buz aküleri öncesinde terletilmelidir (Torun, 2006, s. 36-37). Şekil 3.6' da soğuk zincirde kullanılan bir buz aküsü görseli bulunmaktadır.

Şekil 3.6. *Buz Aküsü*



Kaynak: WHO. (2015). *Immunization in practice: A practical guide for health staff*, s. 38

Buz aküleri yan tarafta bulunan seviye işaretini aşmayacak şekilde doldurulmalı ve kapağının sıkıca kapatıldığından emin olunmalıdır. Buz akülerinde herhangi bir sızıntı görülüyorsa bu aküler kullanılmamalıdır.

3.7.3. Buzdolapları

Aşıların muhafazası için iyi bir sıcaklık kontrolüne sahip olmadığı için ve uzun süren elektrik kesintileri süresince aşıları istenilen sıcaklık aralığında tutamayacağı için ev tipi buzdolaplarının kullanımı WHO tarafından önerilmemektedir. 2009 yılı itibariyle WHO ön yeterliliğine sahip olan tüm (buz kaplı, güneş pilli ve güneş enerjisini doğrudan kullanan) buzdolapları kullanıcı tarafından ayarlanmayan termostatlarla donatılmıştır (WHO, 2015, ss. 7-8).

Aşıların bulunduğu buzdolaplarının kullanımı ve sıcaklık takibinde dikkat edilmesi gereken hususlar Sağlık Bakanlığı GBP genelgesinde yer almaktadır. Buna göre buzdolabına aşı yerleştirirken dikkat edilecek hususlar şunlardır (Sağlık Bakanlığı, 2009):

- Kullanılan buzdolabı standart şekilde üstten soğutma yerine alttan veya yan duvardan soğutmalı olabilir. Buzdolabı kullanım kılavuzu incelenerek soğutmanın hangi bölümden

yapıldığı, hangi rafların daha soğuk hangilerinin daha sıcak olduğu bilgisi edinildikten sonra aşıların dolap içerisindeki yerleşimine buna göre karar verilmelidir.

- Aşılar dolap içerisine aşı flakonları arasında hava akımını engellemeyecek şekilde boşluklar bırakılarak yerleştirilmelidir.
- Donmaya karşı duyarlı olan aşılar soğutucu kısmından uzakta konumlandırılmalı, aşılar dolap içerisinde orijinal kutularında muhafaza edilmeli ve buzdolabının duvarları ile temas etmemelidir.
- Aşılar yerleştirilirken ön kısma miadı yakın tarihte dolacak olan aşıların yerleştirilmesine dikkat edilmelidir.
- Buzdolabı kapağında yer alan raflara hiçbir şey konulmamalıdır.
- Buzdolabında aşı, sulandırıcı, anti serum, buz aküleri ve su bidonları haricinde hiçbir malzeme bulundurulmamalıdır.
- Buzluk bölümüne aşı konulmamalıdır.
- Buz aküleri buzluk içerisine aralıklı olarak konulmalı, buzluğun 0,5 cm kalınlıktan fazla buzlanmamasına dikkat edilmelidir.
- Buzdolabının en alt kısmına dolap ısısını sabit tutması için su şişeleri yerleştirilmelidir.
- Uzun süreli enerji kesintilerinde buzdolabı ısısı düzenli olarak takip edilmeli gerekiyorsa buzlukta bulunan buz aküleri dolap kapağına yerleştirilmelidir. Böyle bir durumda dolap kapağı sık sık açılmamalıdır. İzolasyonu iyi bir buzdolabı ısıyı bu şekilde 24 saat koruyabilmektedir. Daha uzun kesintilerde acil durum planı uygulanmalıdır.
- Buzdolabının iç temizliği yapılırken aşılar aşı nakil kaplarına konularak buzdolabı yeniden çalıştırılıp uygun ısıya ulaştığında yeniden buzdolabına aktarılmalıdır.

Aşıların donmaya karşı hassasiyetleri (en hassas olandan başlayarak);

- Hep-B aşısı,
- DaBT-IPA-Hib, KPA, grip aşısı, tüm anti serumlar
- Td, DT, tüm sulandırıcılar,
- Kızamık, KKK, BCG, Hib, meningokok aşıları (sulandırıcılar hariç),
- OPA.

Üstten soğutmalı bir buzdolabında aşıların yerleştirilme düzeni Şekil 3.7'de gösterilmektedir.

Şekil 3.7. *Buzdolabı İçerisinde Aşıların Yerleşim Düzeni*



Kaynak: Sağlık Bakanlığı. (2009). *GBP Genelgesi*, s. 5

Buna göre dolabın üst rafına; OPA, Hib, BCG, KKK, Kızamık ve Kızamıkçık aşıları, orta rafına; DaBT-İPA-Hib, kuduz aşısı, alt rafına; KPA, Hep-B, Td, DT aşıları ile PPD solüsyonu, aşı sulandırıcıları ve tüm antiserumlar yerleştirilmelidir. Ayrıca sulandırıcısı ayrı olmak üzere meningokok aşısı üst rafa; meningokok aşısının sulandırıcısı ve grip aşısı da alt rafa konulmalıdır (Sağlık Bakanlığı, 2009).

Buzdolabı ısısının düzenli olarak takibini sağlamak için en az bir adet termometre ve bir adet ısı takip çizelgesi gerekmektedir. Isı takip çizelgesini izlerken dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- Günün en soğuk saatlerinde buzdolabı ısısı +2°C ve +4°C arasında olacak şekilde ayarlanmalıdır.

- Buzdolabı ısısı hafta sonları dahil olmak üzere her gün en az iki kere kontrol edilerek ölçülen sıcaklıklar kaydedilmelidir. Sabah ve akşam sıcaklık kontrolünde termometre

+2℃ ile +8℃ arasında bir sıcaklık değeri gösteriyorsa ise termostat ayarı doğru şekilde yapılmıştır.

• Dış ortam ısısının 0°C' ye yakın olduğu zamanlarda buzdolabı ısısı da 0°C'nin altına düşer bu sebeple, kış aylarında sadece gündüz saatlerinde ısıtılan sağlık kurumlarındaki dolaplar gece en soğuk saatlerde kontrol edilerek termostat ayarı gerekliyse arttırılmalıdır.

• Sıcak iklimin hâkim olduğu bölgelerde aşıların konulacağı buzdolabı güneş gören pencere kenarlarına değil odanın serin bir yerine yerleştirilmelidir. Böylelikle termostat ayarı yapmak daha kolay olacaktır.

• Dış ortamdaki sıcaklık değişimlerinin fazla olduğu ve buzdolabı ısısının +2℃ ile +8℃ arasında tutulmasında zorlanılan durumlarda gün içindeki kısa süreli dalgalanmaların önüne geçmek için buzdolabı içerisindeki tuzlu su dolu kapların sayısı arttırılmalıdır (Sağlık Bakanlığı, 2009).

3.7.4. Köpük Koruyucular

Köpük koruyucular aşı nakil kaplarının ağzını kapatacak ölçüde, yumuşak yapıda bir malzemedir. Köpük koruyucu üzerinde aşı şişelerinin yerleştirilebileceği boşluklar yer almaktadır. Köpük koruyucu üzerinde yer alan boşluklara açılmış şişeler yerleştirilebilir böylece açılmış şişelerin dış ortam ısısından etkilenmesi önlenmiş olur. Bu da bir aşılama seansı sırasında köpük koruyucuların nakil kabında bulunan açılmamış şişeleri korurken açılmış aşı şişeleri için de geçici bir kapak görevi gördüğü anlamına gelmektedir (WHO, 2015, s. 14).

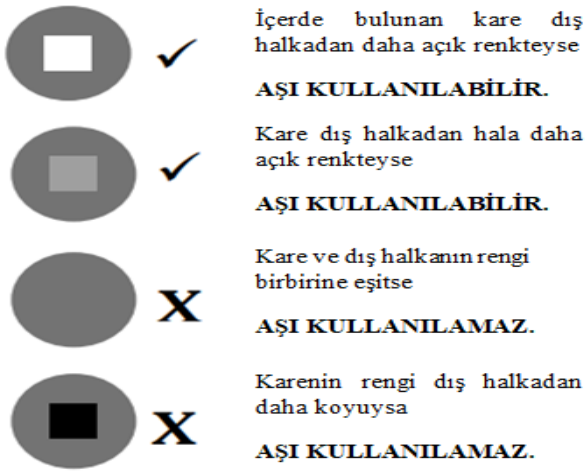
3.7.5. Termometreler

Soğuk zincir boyunca kullanılan ekipmanların her birinde iç sıcaklığının ölçülebilmesi için bir termometre bulundurulması gerekmektedir. Nakil kapları veya buzdolaplarında bir termometre bulunmadığı takdirde bunların iç ısısının aşıları doğru sıcaklık aralığında tutup tutmadığını anlamak mümkün olmayacaktır. Alkol veya cıva termometresi algılama ampulünün yakın alanındaki hassas sıcaklıkları gösterir. Bu, buzdolapları veya dondurucularla kullanım için önerilen türdür (WHO, 1998, s. 39). Alkollü-cıvalı, buhar basınçlı (kadranlı tip), maksimum-minimum ve dijital olmak üzere birden çok termometre türü bulunmaktadır. Sıcaklık geçmişi yalnızca dijital termometrelerin kullanımı ile izlenebilmektedir (Özdemir & Özer, 2010, s. 97).

3.7.6. Aşı Flakon İzlemcileri (VVM)

Aşı flakon izlemcisi (vaccine vial monitor [VVM]), zincir boyunca düzenli olarak aşıya eşlik eden sıcaklık izleme ekipmanıdır. VVM'ler aşının birincil ambalajına yerleştirilen kimyasal gösterge etiketleridir. Zincir boyunca VVM'ler aşının maruz kaldığı kümülatif ısı miktarını kaydeder ve kademeli bir renk değişikliği göstererek maruz kalınan ısının etkisi ile ilgili bilgi verir (WHO, 2015, s. 15). Şekil 3.8'de VVM'de meydana gelen renk değişimlerinin anlamları açıklanmaktadır.

Şekil 3.8. *VVM'nin Okunması*



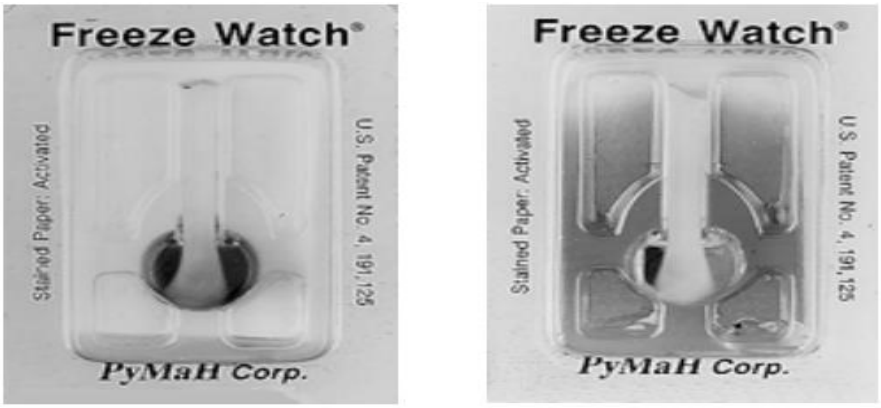
Kaynak: WHO. (1998). *Safe vaccine handling, cold chain and immunizations: A manual for the newly independent states*, s. 45

Aşının maruz kaldığı sıcaklıklar ile başta halka içinde bulunan ve daha açık renk olan kare dış halkayla aynı renge veya dış halkadan daha koyu bir renge dönüşebilmektedir. Bu değişim yaşanana kadar aşılar kullanılabilir.

3.7.7. Donma Göstergeleri (Freeze Watch Indicator)

Donma göstergeleri plastik bir ambalajla korunan beyaz bir kart üzerinde içinde renkli bir sıvı bulunan küçük bir şişeden oluşmaktadır. Göstergenin bir saatten fazla 0°C'nin altında sıcaklığa maruz kalması sonucunda renkli sıvının bulunduğu şişe patlayarak beyaz kartı boyar (WHO, 1998, s. 48). Şekil 3.9'da donma göstergesinin 0°C'nin altında sıcaklığa maruz kalmadan önceki ve kaldıktan sonraki durumunu gösteren bir görsel bulunmaktadır.

Şekil 3.9. *Donma Göstergesi*



Kaynak: WHO. (1998). *Safe vaccine handling, cold chain and immunizations: A manual for the newly independent states,* s. 10

Donma göstergeleri boyalı ve dijital olmak üzere iki çeşittir. Boya göstergeleri ikiye ayrılmaktadır (Özdemir & Özer, 2010, s. 98):

- 9800 FW: Bu göstergeler -4 ℃'de aktif hale gelerek arka planda yer alan beyaz kartonu kırmızıya boyar.
- 9805 FW: Bu göstergeler 0 ℃'de aktif hale gelerek arka planda yer alan beyaz kartonu siyaha boyar.

Boya göstergeleri gibi dijital göstergeler de ikiye ayrılmaktadır:

- Elektronik bir sıcaklık ölçüm ünitesine sahip olan göstergeler,
- Aşının 1 saat boyunca yüksek sıcaklığa maruz kalması sonucu kullanılabilirliğin (✔) ile gösterildiği alarmın (✖) işaretine dönüştüğü göstergeler. Şekil 3.10'da dijital bir donma göstergesi görseli bulunmaktadır.

Şekil 3.10. *Dijital Donma Göstergesi*

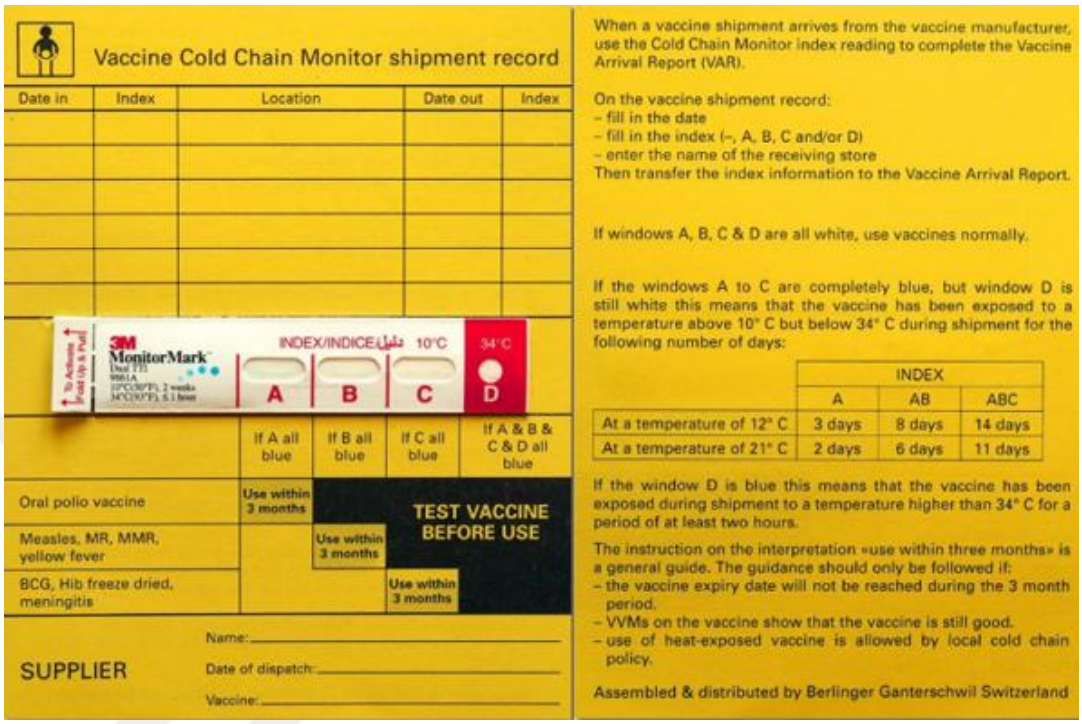


Kaynak: WHO. (2015). *Immunization in practice: A practical guide for health staff* s. 19

3.7.8. Soğuk Zincir İzleme Kartları

Fazla miktarda aşının depolanması ve sevkiyatı boyunca bulunması gereken ve soğuk zincirin uzun süre izlenmesini sağlayan soğuk zincir izleme kartları (cold chain monitor card- CCM) ayrıca aşıların yüksek sıcaklığa maruz kaldığı süre hakkında da bilgi verir. Aşıların maruz kaldığı ısıyı kümülatif olarak gösteren CCM'ler kısa süreli ısı artışlarını göstermezler. (Torun, 2006, s. 41-42). Şekil 3.11'de bir soğuk zincir izleme kartının ön ve arka yüzlerinin bir arada bulunduğu bir görsel yer almaktadır.

Şekil 3.11. *CCM*



Kaynak: WHO. (2015). *Immunization in practice: A practical guide for health staff*, s. 9

Soğuk zincir izleme kartları üzerindeki küçük koruyucu şerit kaldırılarak aktif hale getirilir. Üzerinde A, B, C ve D harfleriyle gösterilen 4 adet bölüm bulunmaktadır. Kart etkinleştirildikten sonra aşıların bulunduğu ortamdaki sıcaklık belli bir seviyenin üzerine çıkarsa kart üzerindeki bölümlerin rengi A harfinden başlayarak sırayla kalıcı olarak beyazdan maviye dönecektir. Sıcaklığın 34°C'yi aştığı durumlarda D harfi ile gösterilen bölüm de kalıcı olarak maviye dönecektir (WHO, 2015, s. 6).

3.8. Soğuk Zincirde Karşılaşılan Sorunlar

Aşıların soğuk zincir sürecinde ekipmanlardan, enerji kesintilerinden veya soğuk zincirde yer alan personelden kaynaklı çeşitli sorunlar yaşanabilmektedir. Soğuk zincirin herhangi bir aşamasında yaşanan sorunlar erken müdahale ile uygun şekilde çözülmediği takdirde zincirde meydana gelen ve geri dönüşü olmayan kırılmalar bağışıklama programlarında aksamalar yaşanmasına sebep olmaktadır.

3.8.1. Elektrik Kesintileri

Günümüzde gelişmekte olan ülkelerde ve kırsal bölgelerde elektrik kesintileri yaşanabilmektedir. Elektrik kesintilerinin yoğun yaşandığı bölgelerde bulunan sağlık kurumlarının jeneratör kullanması tavsiye edilirken sık görülmeyen ve kısa süreli kesintiler için bazı çözüm yolları bulunmaktadır. Elektrik kesintisi ile birlikte aşılan muhafaza edildiği dolaplar bir süre daha ısısını muhafaza edebilmekte ve böylece aşılar uygun şartlar altında tutulabilmektedir. Dört saatten kısa süren elektrik kesintilerinde dolabın kapağı açılmadan, dört saatten uzun kesintilerde ise buzdolabının raflarına buz aküleri konularak kapağı kapalı şekilde dolap ısısının 24 ile 36 saate kadar korunması sağlanabilmektedir. Elektrik kesintilerinin uzaması halinde aşıların elektriğe bağlı başka bir dolaba taşınması gerekmektedir (Torun, 2006, s. 46).

3.8.2. Buzdolabında Aşı Dışında Ürün Bulundurulması

Sağlık kurumlarında, aşıların muhafaza edildiği buzdolaplarında yiyecek, içecek gibi ürünlerin bulundurulması dolap kapağının daha sık açılıp kapatılmasına ve dolabının mevcut ısısında değişikliklere neden olacaktır. Bu nedenle aşıların depolanacağı birim özel olmalıdır aksi takdirde soğuk zincir kesintiye uğrayabilmektedir (Rogers vd., 2010, s. 395).

3.8.3. Buzdolabı Isısının +8°C Üzerine Çıkması

Aşıların muhafaza edildiği buzdolabı ısısının +8°C üzerine çıkması durumunda dikkat edilecek hususlar ve yapılacak işlemler şöyledir (Sağlık Bakanlığı, 2009):

- Öncelikle buzdolabının doğru şekilde çalıştığından ve kapısının kapandığından emin olunmalıdır.

- Buzluk kısmında 0,5 cm'yi aşan bir karlanma meydana gelmişse mutlaka çözülmelidir çünkü buzluk bölmesindeki aşırı karlanma soğutucu bölüme ısı geçişini engelliyor olabilir.

- Buzdolabı termostatı daha düşük bir sıcaklığa ayarlanmalıdır.

- Enerji kesintisi yaşandıktan sonra buzdolabı yeniden çalıştığında veya yeni aşı sevkiyatlarında termostat ayarı düşürülmemelidir aksi takdirde donmaya duyarlı aşılar donabilir.

3.8.4. Buzdolabı Isısının +2°C Altına Düşmesi

Aşıların muhafaza edildiği buzdolabı ısısının +2°C altına düşmesi durumunda şu işlemler yapılmalıdır (Sağlık Bakanlığı, 2009):

- Buzluk kısmının kapağının uygun şekilde kapatılıp kapatılmadığı kontrol edilmelidir.
- Termostat ayarı daha yüksek ısıya getirilmelidir.
- Buzdolabında konulan su bidonlarının sayısı arttırılmalıdır.
- Dolapta bulunan donmaya karşı duyarlı aşılar çalkalama testi ile kontrol edilmeli, donmuş olanlar imha edilmelidir.

3.8.5. Soğuk Zincirde Görevli Personelden Kaynaklı Sorunlar

Soğuk zincirin her aşamasında insan bileşeni kritik önem taşımaktadır. Soğuk zincirde görev alan personellerin, aşıların depolanması veya taşınması sırasında gerekli kontrolleri gerçekleştirmek, ekipmanların doğru kullanımı ve bakımı gibi sorumlulukları bulunmaktadır. Soğuk zincirde görevli her personelin soğuk zincir konusunda eğitimli olması ve ortaya çıkabilecek sorunlara zamanında ve doğru müdahaleler yapabilmesi soğuk zincirin devamlılığı açısından büyük önem taşımaktadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
AŞI TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI

Aşı tedarik zincirleri, üretiminden son kullanıcısına ulaşıncaya dek aşılarla ilgili tüm aşamaları, süreçleri, ekipmanları ve konumları içeren karmaşık bir sistemdir. Aşıların etkinliği büyük ölçüde aşı tedarik zincirinin doğru şekilde kavranmasına ve ele alınmasına bağlıdır . Bu durum, aşılar ile ilgili karar verme sürecinde (bilim insanlarından halk sağlığı yetkililerine kadar) rol alan herkesin kritik kararlar alma noktasında tedarik zincirini göz önünde bulundurmasını zorunlu hale getirmektedir. Aşı tedarik zinciri ile ilgili sorunların bir aşı piyasaya sürülmeden önce ele alınması sisteme uygun aşılar geliştirmede ve aşı programları hazırlamada fayda sağlayabilmektedir (Lee & Haidari, 2017, s. 1-2).

4.1. Literatür Araştırması

Bu tez çalışmasının literatür araştırması bölümünde; tedarik zinciri ağ tasarımı, soğuk zincir ağ tasarımı ve aşı tedarik zinciri olmak üzere ilgili literatür ele alınmıştır. İlk kısımda tedarik zinciri ağ tasarımını konu edinen çalışmalardan bahsedilmektedir. İkinci kısımda soğuk zincir ağ tasarımı ile ilgili ve üçüncü kısımda ise aşı tedarik zinciri ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir.

4.1.1. Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı ile İlgili Çalışmalar

Tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili literatür incelendiğinde alan ile ilgili pek çok çalışma bulunduğu görülmektedir. Literatürdeki çalışmalar ileri, tersine, kapalı döngü olmak üzere farklı tedarik zinciri ağlarının tasarımı ve modellemesini ele almaktadır. Bu tez çalışmasında ileri akış ele alındığından literatür araştırmasında ileri tedarik zinciri ağ tasarımı kapsamında yapılmış çalışmalara yer verilmektedir. Ağ tasarımı ile ilgili literatürde incelenen çalışmalar Tablo 4.1'de ilgili ağın aşama sayısı, amaç fonksiyonu ve model yapısı ile ilgili bilgiler ışığında özetlenmiştir.

Tablo 4.1. *Tedarik Zinciri Ağ Tasarımını Ele Alan Çalışmalar*

Çalışma	Aşama	Amaç Fonksiyonu	Model
Tsiakis vd. (2001)	3	Minimizasyon	MILP
Chen ve Lee (2004)	3	Çok amaçlı	MINLP
Guillén vd. (2005)	3	Çok amaçlı	LP
Altıparmak vd. (2009)	3	Minimizasyon	MIP
Paksoy vd. (2009)	3	Çok amaçlı	MINLP
Costa vd. (2010)	3	Minimizasyon	MILP
Georgiadis vd. (2011)	3	Minimizasyon	MILP
Sadjady ve Davoudpour (2012)	2	Minimizasyon	MIP
Nickel vd. (2012)	2	Maksimizasyon	MILP
Petridis (2015)	3	Minimizasyon	MINLP
Hamta vd. (2015)	2	Minimizasyon	MILP
Ardalan vd. (2016)	2	Maksimizasyon	MINLP
Bahrampour vd (2016)	3	Minimizasyon	MIP
Tsao vd. (2018)	3	Çok amaçlı	MILP
Kheirabadi vd. (2019)	2	Minimizasyon	MILP
Liu vd. (2020)	3	Minimizasyon	MILP
Tolooie vd. (2020)	2	Minimizasyon	MIP
Darmawan vd. (2021)	2	Minimizasyon	MINLP

MILP: Mixed integer linear programming (Karma tamsayılı doğrusal programlama)
MINLP: Mixed integer non-linear programming (Karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama)
MIP: Mixed integer programming (Karma tamsayılı programlama)
LP: Linear programming (Doğrusal programlama)

İncelenen çalışmalardan bazıları ağ tasarımı problemini talep belirsizliği altında ele almıştır (Tsiakis vd., 2001; Guillen vd.; 2005; Georgiadis vd., 2011; Hamta vd., 2015; Petridis, 2015; Tolooie vd. 2020). Tsiakis ve diğerleri (2001) çok ürünlü ve çok aşamalı tedarik zinciri ağlarının tasarımını konu edinen bir çalışma yapmıştır. Toplam yıllık maliyeti minimize etmek amacıyla geliştirilen MILP (karma tamsayılı doğrusal programlama) modelinin uygulanabilirliği bir vaka çalışması ile test edilmiştir. Georgiadis ve diğerleri (2011) tedarik zinciri ağ tasarımı problemini, üretim kaynakları, depolar, dağıtım merkezleri ve müşteri bölgeleri olan çok ürünlü üretim tesislerini içeren stratejik bir faaliyet olarak ele almıştır. Yazarlar geliştirilen modelin uygulanabilirliğini değerlendirmek için, İngiltere, İspanya ve İtalya olmak üzere üç farklı Avrupa ülkesinde bulunan ve on dört farklı türde ürün üreten üç üretim tesisinden oluşan bir üretim ve dağıtım ağını ele almıştır. Petridis (2015) çalışmasında çok ürünlü ve çok aşamalı bir tedarik zinciri ağı için optimal tasarımı bulmaya çalışmıştır. Çalışmada önerilen modelin uygulanabilirliği dört farklı senaryo üzerinden değerlendirilmiştir. Hamta ve diğerleri (2015) tedarik zincirinde bazı stratejik ve taktiksel kararlar almak için iki aşamalı MILP modeli geliştirmiştir. Model ile özellikle stratejik kararlar alırken taktik esnekliğin önemi vurgulanmıştır. Tolooie ve diğerleri (2020) ise belirsizlik sorunu altında bir modelleme yapmak için senaryo tabanlı bir yaklaşım benimsemiştir.

Ağ tasarımı çalışmalarında genel olarak amaç maliyetlerin minimize edilmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak yapılan sınıflandırmada kârı maksimize etmeyi amaçlayan ve birden çok amacı bulunan çalışmalar da olduğu görülmektedir (Chen & Lee, 2004; Guillén vd., 2005; Paksoy vd., 2009; Nickel vd., 2012; Ardalan vd. 2016). Chen ve Lee (2004) talep ve fiyat belirsizliği ile çok ürünlü, çok aşamalı ve çok dönemli model önermiştir. Guillén ve diğerleri (2005) yapmış oldukları çalışmada kârı ve talep tatminini maksimize ederken finansal riski de minimum düzeye indirmeyi amaçlamıştır. Paksoy ve diğerleri (2009) çalışmalarında aşamalar arasındaki toplam taşıma, stok bulundurma ve sipariş maliyetleri ile kullanılmayan tesis ve dağıtım merkezi kapasitelerinin minimizasyonunu olmak üzere birden çok amaç belirlemiştir. Nickel ve diğerleri (2012) çok dönemli bir tedarik zinciri ağ tasarımına odaklanırken toplam kârı maksimize etmeyi amaçlamıştır. Ardalan ve diğerleri (2016) toplam kârı maksimize etmek amacıyla çok modlu talep tatmini politikasına sahip bir ağ tasarımı üzerinde durmuştur. Çalışmaya tesis yeri seçimi ve tesisler ile perakendecilerin atanması gibi kararlar da dahil edilmiştir.

İncelenen ağ tasarımı çalışmalarının bazıları tesis yeri seçimi, taşıma modu seçimi ve talep bölgelerinin tesislere atanması gibi kararları ele almıştır. (Costa vd., 2010; Sadjady & Davoudpour, 2012; Kheirabadi vd. 2019). Costa ve diğerleri (2010) malların taşınması ile tek ürünlü ve üç aşamalı tedarik zinciri ağı içinde tesis konumlandırılması ve açılmasından kaynaklanan toplam lojistik maliyeti minimize etmeyi amaçlamıştır. Sadjady ve Davoudpour (2012) tek dönemli, çok ürünlü, iki aşamalı bir tedarik zinciri ağ tasarımı üzerinde durmuştur. Ağ tasarım problemine, üretim tesislerinin ve dağıtım depolarının yerinin belirlenmesi ve boyutlandırılması, perakendecilerin taleplerinin depolara, depoların tesislere atanması ve taşıma modlarının seçilmesi gibi kararlar dahil edilmiştir. Kheirabadi ve diğerleri (2019) tesis yeri seçimi, her bir açık tesisin hangi müşteri grubuna hizmet vereceği, hammaddeleri tedarikçilerden fabrikalara ve üretilen malları fabrikalardan seçilen müşterilere taşımak için hangi taşıma modunun kullanılacağı gibi stratejik kararları çalışmalarına dahil etmiştir.

Altıparmak ve diğerleri (2009) toplam maliyeti minimize etmeyi amaçlayan tek kaynaklı, çok ürünlü ve çok aşamalı bir tedarik zinciri ağ tasarımını dikkate almıştır. Bahrampour ve diğerleri (2016) tarafından çok ürünlü ve üç aşamalı bir tedarik zinciri ağ tasarımı için toplam maliyetin minimize edilmesi amaçlanmıştır.

Tsao ve diğerleri (2018) müşteri taleplerinin yanı sıra ekonomik, sosyal ve çevresel parametrelerin belirsizliği altında sürdürülebilir bir tedarik zinciri ağ tasarımı sorununu ele almıştır. Çalışmada maliyet ve çevresel etkileri minimize ederken sosyal faydayı maksimize etmek amaçlanmıştır.

Darmawan ve diğerleri (2021) tedarik zinciri ağ tasarımı için koordineli envanter kontrolünü dikkate alan modeller ve çözüm yöntemleri sunmuştur. Yazarlar, koordineli envanter kontrolünün uygulanıp uygulanmamasına göre farklı iki stratejiyi karşılaştırmış ve üretilen problemleri çözmek için sezgisel yöntemler geliştirmiştir.

Liu ve diğerleri (2020) yeni ürünler için en uygun ve düşük maliyetli tedarik zinciri ağlarının optimal tasarımını araştırmıştır. Çalışmada tüm tedarik zinciri ağının birim toplam maliyeti en aza indiren karma tam sayılı bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model ve çözüm yaklaşımları hızlı tüketim malları tedarik zincirine ilişkin bir vaka çalışmasına uygulanmıştır. Tedarik zinciri ağ tasarımı literatürde oldukça geniş yer tutmaktadır. Konuyla ilgili daha geniş literatür için Farahani ve diğerleri ile Badole ve diğerlerinin yaptığı çalışmalar incelenebilir (Badole vd., 2012; Farahani vd., 2014).

4.1.2. Soğuk Zincir Ağ Tasarımı ile İlgili Çalışmalar

Literatür araştırmasının bu bölümünde soğuk zincir ağ tasarımını ele alan çalışmalar incelenmektedir. İncelenen çalışmalar Tablo 4.2'de soğuk zincire konu olan ürün türü, çalışmada bir vaka çalışması veya senaryo analizinin yer alıp almadığı ve model yapısı ile ilgili bilgilerden yararlanarak özetlenmiştir.

Tablo 4.2. *Soğuk Zincir Ağ Tasarımını Ele Alan Çalışmalar*

Çalışma	Ürün Türü	Vaka çalışması/ Senaryo analizi	Amaç fonksiyonu	Model
Soysal vd. (2014)	Et	Vaka	Çok amaçlı	MOLP
Yakavenka vd. (2016)	Meyve	Vaka	Çok amaçlı	MILP
Ramezanian ve Behboodi (2017)	Kan	Senaryo	Minimizasyon	MILP
Zahiri vd. (2018)	İlaç	Vaka	Çok amaçlı	MILP
Fang vd. (2018)	Taze tarım ürünleri	Senaryo	Çok amaçlı	MOLP
Garside (2019)	Dondurma	Vaka	Minimizasyon	MINLP
Liang vd. (2019)	Taze tarım ürünleri	Vaka	Minimizasyon	MINLP

MOLP: Multi-objective linear programming (Çok amaçlı doğrusal programlama)

İncelenen çalışmalardan bazıları ağ tasarım problemini ele alırken çevresel etkileri ve maliyetleri minimize etmeyi amaçlamıştır (Soysal vd., 2014; Yakavenka vd., 2016; Fang vd., 2018; Garside, 2019). Soysal ve diğerleri (2014) bir sığır eti tedarik zinciri tasarımını ele alırken toplam lojistik maliyet ve taşıma operasyonlarından kaynaklı sera gazının minimize edilmesini amaçlamıştır. Geliştirilen model, Brezilya'da faaliyet gösteren ve Avrupa Birliği'ne sığır eti ihraç eden gerçek bir tedarik zincirine uygulanmıştır. Yakavenka ve diğerleri (2016) tedarik zincirinin toplam maliyetlerini ve karbon emisyonlarını minimize edecek bir meyve tedarik zinciri ağ tasarımını ele almıştır. Model, Kuzeydoğu Avrupa'da bir vaka çalışmasına uygulanmıştır. Fang ve diğerleri (2018) yapmış oldukları çalışmada Çin' de ithal edilen birden fazla tarım ürünü için yeşil soğuk zincir ağı tasarlamayı amaçlamıştır. Toplam lojistik maliyetini ve toplam karbon

emisyon miktarını en aza indirmeyi amaçlayan model, Çin'de bir vaka çalışmasına uygulanmıştır.

Garside (2019) çalışmasında bir dondurma dağıtıcısının toplam maliyetini en aza indirmek amacıyla MINLP (karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama) modeli geliştirmiştir. Modelin, şirketin dağıtım sorununu çözdüğü ve maliyetlerde düşüş sağladığı görülmüştür. Zahiri ve diğerleri (2018) farmasötik tedarik zincirinin ağ tasarımını ele almıştır. Çalışmada maliyet ve talepteki belirsizliklerin yanı sıra ürünlerin raf ömrü, ikame edilebilirliği ve miktar indirimi gibi konular da dikkate alınmıştır. Sunulan modelle toplam maliyeti ve maksimum karşılanmayan talebi minimize etmek amaçlanmıştır.

Literatürde ayrıca tesis yeri seçimi gibi kararlara odaklanan çalışmalara da rastlanmıştır (Liang vd., 2019; Ramezanian & Behboodi, 2017). Liang ve diğerleri (2019) Çin'in Guangdong eyaletinde taze tarım ürünleri soğuk zincir lojistiğinin düzensiz ağ yapısı ve yüksek maliyet sorununu ele almıştır. Yazarlar, taze tarım ürünleri için ön soğutma istasyonları ve lojistik merkezi için en uygun yerleşimi belirleyecek bir MINLP modeli geliştirmiştir. Modelin etkinliği örnek olay incelemesiyle ortaya konmuştur. Ramezanian ve Behboodi (2017) soğuk zincir gereksinimi bulunan ürün gruplarından kan tedarik zinciri ağ tasarımını ele almıştır. Çalışmada önerilen modelle, talep belirsizliği altında tesislerden kan merkezine nakliye maliyeti ve geçici tesislerin taşınması maliyetleri ortaya çıktığında optimal yer ve tahsis stratejileri tedarik zinciri maliyetlerini minimize etmek üzere araştırılmıştır.

4.1.3. Aşı Tedarik Zinciri ile İlgili Çalışmalar

Literatür araştırmasının son bölümünde bulaşıcı hastalıklarla mücadelede en etkin araç olan ve bu tez çalışmasının konusunu oluşturan aşıların tedarik zincirini ele alan ve aşılarla ilgili matematiksel modelleme yapılan çalışmalar incelenmiştir. Çalışmalar, Tablo 4.3'te bir vaka çalışması veya senaryo analizinin yer alıp almadığı ve model ile ilgili bilgilerden yararlanarak özetlenmektedir.

Tablo 4.3. *Aşı Tedarik Zincirini Ele Alan Çalışmalar*

Çalışma	Vaka çalışması/ Senaryo analizi	Amaç fonksiyonu	Model
Jacobson vd. (1999)	Senaryo	Minimizasyon	MILP
Chen vd. (2014)	Vaka	Maksimizasyon	LP
Hovav ve Tsadikovic (2015)	Vaka	Minimizasyon	MIP
Smalley vd. (2015)	Vaka	Minimizasyon	MIP
Hovav ve Herbon (2017)	Vaka	Minimizasyon	MIP
Günay vd. (2019)	Senaryo	Maksimizasyon	MILP
Lim vd. (2019)	Vaka	Minimizasyon	MIP
Sadjadi vd. (2019)	Vaka	Minimizasyon	MIP
Enayati ve Özaltın (2020)	Senaryo	Minimizasyon	MILP
Yang vd. (2020)	Vaka	Minimizasyon	MIP
Qasem vd. (2020)	Vaka	Maksimizasyon	MIP
Rastegar vd. (2021)	Vaka	Maksimizasyon	MILP

Jacobson ve diğerleri (1999) çocukluk çağında görülen hastalıklar için tedarik edilmesi gereken aşı miktarlarını belirlemek üzere bir MILP modeli önermiştir. Önerilen modelle aşı türlerine göre dağıtım maliyetlerini minimize etmek amaçlanmıştır.

Chen ve diğerleri (2014) gelişmekte olan ülkelerde mevcut aşı tedarik zincirini ele almıştır. Yazarlar aşı uygulamasının gerçekleştirildiği her seviye için tam aşılanmış çocuk sayısını maksimize etmeyi amaçlamıştır. Model, Nijer, Tayland ve Vietnam olmak üzere üç farklı ülkenin tedarik zincirlerine başarılı bir şekilde uyarlanmıştır (Chen vd., 2014).

Aşılarla ilgili matematiksel model içeren çalışmaların bir kısmı aşılanan kişi sayısını maksimize etmeyi amaçlamıştır (Günay vd., 2019; Qasem vd., 2020). Günay ve diğerleri (2019) Türkiye'de mülteci yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde uygulanacak optimal çocuk felci aşısı sayısını belirlemek amacıyla bir MILP modeli geliştirmiştir. Geliştirilen model, mülteci nüfusu en yüksek ve nüfusun yaşa göre yüksek ve düşük riskli olmak üzere iki gruba ayrıldığı beş şehre uygulanmıştır. Maliyet etkinliği açısından yaşa, bölgeye ve yaş popülasyonuna göre farklı aşılama stratejilerinin karşılaştırıldığı çalışmada üç stratejiden yaşa dayalı stratejinin en yüksek maliyete sahip olduğu görülmüştür. Qasem ve diğerleri (2020) yaş gruplarının risk düzeyi ve bölge nüfusuna göre dağıtılması gereken optimal kolera aşısı sayısını belirlemek için bir MIP (karma tamsayılı programlama) modeli geliştirmiştir. Yazarlar, sınırlı dozda kolera aşısı olduğundan 2019 yılında Yemen'de en fazla kolera vakası bildirilen bölgelerde koleraya karşı aşılanmış nüfus yüzdesini maksimize ederek kolera salgını riskini azaltmayı amaçlamıştır. Model, Yemen'de 2019 yılında en fazla kolera vakası bildirilen yedi bölgeye uygulanmıştır. Kolera aşılarını çeşitli yaş grupları ve bölgeler arasında dağıtmak için üç aşı dağıtım politikası değerlendirilmiştir. Bu politikalar, aşılanan kişi sayısı ve toplam maliyet açısından karşılaştırıldığında; yaşa dayalı ve hibrit politikalar kullanıldığında aşılanan birey sayısının, bölge bazlı politika kullanıldığında aşılananlardan daha fazla olduğu ve yaşa dayalı politikanın minimum maliyeti sağladığı sonucuna varılmıştır.

Smalley ve diğerleri (2015) ise vaka ve ölümleri en aza indirmek için oral kolera aşısının optimum dağılımını belirleyen bir MIP modeli geliştirmiştir. Model, Bangladeş'e uygulanmış ve farklı dağıtım stratejileri karşılaştırılmıştır. Yazarlar, aşı etkinliklerini göz önünde bulundurarak aşı dağıtım stratejilerini analiz etmiştir. Uygun sürveyans verileri ışığında en yüksek hastalık insidansına sahip yaş gruplarını ve bölgeleri bağışıklamanın birinci öncelik olması gerektiği, ardından hastalık insidansına göre diğer grupların öncelikli olması gerektiği, böyle bir yaklaşımın en uygun ve maliyet açısından etkin olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Hovav ve Tsadikovic (2015) influenza aşılarının dağıtımını ve envanter kontrolünü sağlamak amacıyla bir sağlık hizmeti tedarik zinciri tasarımını ele almıştır. Tüm parametrelerin deterministik olduğu çalışmada toplam maliyetin minimize edilmesi amaçlanmıştır.

Hovav ve Herbon (2017) bir sağlık kuruluşunca yürütülen aşı dağıtım programının verimliliğini arttırmak için MIP modeli geliştirmiştir. Yazarlar, büyük ölçekli bir aşılama programından elde edilen gerçek verileri kullanarak aşı dağıtım programı yürüten bir sağlık kuruluşunun maliyetlerini en aza indirmeyi amaçlamıştır. Çalışmanın sonucunda mevcut politika ile karşılaştırıldığında, önerilen modelin uygulanmasının lojistik maliyetlerde yaklaşık %55 maliyet tasarrufu sağladığı görülmüştür.

Lim ve diğerleri (2019) aşı dağıtım ağını en iyi şekilde yeniden tasarlamak için bir MIP modeli geliştirmiştir. Model, tüm aşı taleplerini karşılarken yıllık maliyetleri en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Yazarlar, dört farklı ülke ile yapılan analize dayanarak yıllık maliyetlerde tasarruf sağlanabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Sadjadi ve diğerleri (2019) aşı tedarik zinciri ağı tasarlamak için MIP modeli önermiştir. Çalışmanın amacı, İran aşı endüstrisi için talep ve maliyet belirsizlikleri, aşıların çabuk bozulabilirliği, depodaki israflar, sınırlı kapasite ve talepler için farklı öncelikler gibi pek çok özelliği dikkate alan uygun bir tedarik zinciri ağı tasarlamaktır. İran'da gerçek bir vaka çalışması ele alınarak hem deterministik hem de önerilen modelin uygulandığı çalışmada sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar önerilen modelin daha iyi bir performansa sahip olduğunu göstermiştir.

Enayati ve Özaltın (2020) heterojen bir popülasyonda optimal grip aşısı dağıtımını ele almıştır. Yazarlar, ortaya çıkan bir salgını erken evrelerinde ortadan kaldırmak için dağıtılan aşı dozlarının sayısını en aza indirmek için matematiksel bir model geliştirmiştir. Çalışmada, grip aşılarının optimal dağılımı için bulaşma dinamiklerinin dikkate alınmasının çok önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Yang ve diğerleri (2020) DSÖ-GBP (EPI) kapsamında yer alan aşıların tedarik zincirini ele almıştır. Yazarlar ağ tasarımını optimize eden bir MIP modeli geliştirmiştir. Yazarlar çalışmada sunulan algoritma ile, Sahra altı Afrika'daki dört farklı ülkeden elde edilen verilere dayanan kapsamlı testler ile optimalliğin doğrulanabildiği ve optimal olarak çözülemeyen büyük örnekler için optimal maliyetin %0,5'i dahilinde çözümler sunulduğunu göstermiştir.

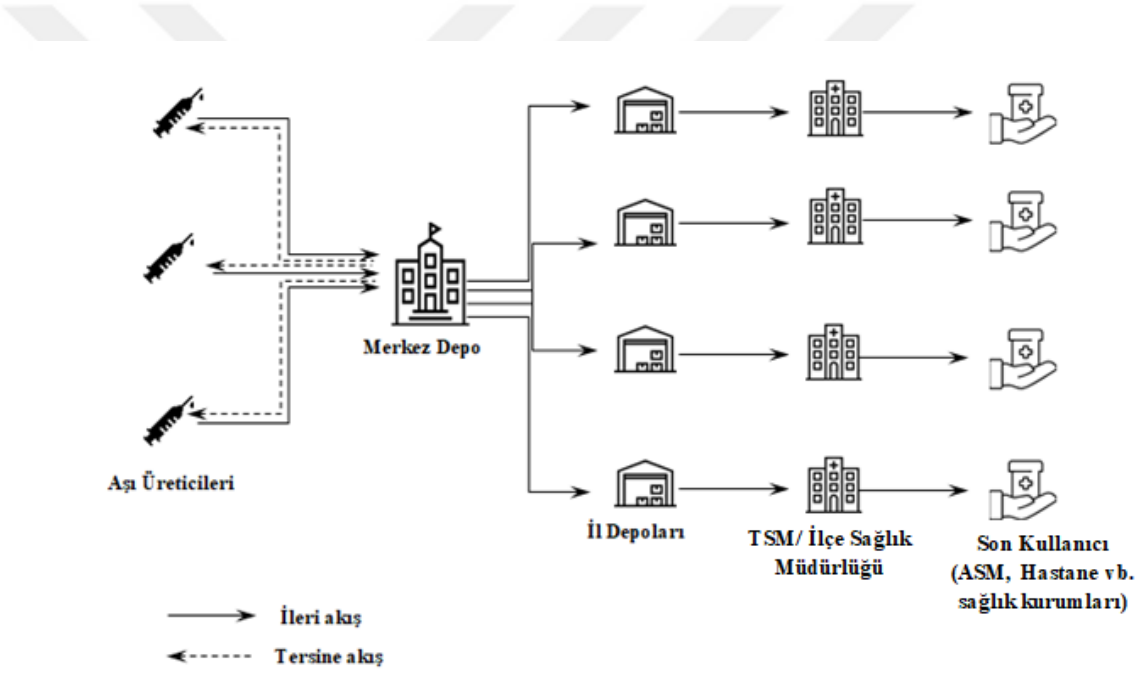
Rastegar ve diğerleri (2021) Covid-19 pandemisi sırasında grip aşısı dozlarının eşit dağıtımı için bir MILP modeli geliştirmiştir. Model, dağıtım merkezi için en uygun konumu belirleyen tek ürün çok dönemli bir modeldir. Çalışmada, Covid-19 pandemisi

sırasında eşit bir grip aşısı dağıtımı için önerilen optimizasyon modelinin uygulanabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.2. Problemin Tanımlanması

Türkiye' de aşıların tedariği, depolanması, ihtiyaç duyulan her noktaya ulaştırılması ve tüm sürecin takibi Sağlık Bakanlığı tarafından gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.1'de Türkiye'de aşı soğuk zinciri ağ yapısı yer almaktadır.

Şekil 4.1. *Aşı Tedarik Zinciri Ağ Yapısı*



Aşıların kullanım noktasına olan yolculuğu Ankara'da bulunan merkez depoda başlamaktadır. Merkez depodan sonraki aşamada merkez depoya ulaşan aşıların üzerinde yer alan ısı takip cihazları tek tek kontrol edilerek uygun sıcaklık koşullarında taşınmadığı tespit edilen aşılar firmaya iade edilmekte, sorun tespit edilmeyenlere ise paket, kutu, koli, palet sıralaması gözetilerek birer karekod tanımlanmaktadır. Karekodlar vasıtasıyla kimliklendirilen aşılardan Sağlık Bakanlığı tarafından görevlendirilen uzman bir personel ve üretici firma yetkililerince numuneler alınarak ayrıntılı analizi gerçekleştirilmek üzere laboratuvara gönderilmektedir. Analiz sonucu olumsuz aşıların firmaya iadesi

gerçekleştirilirken; olumlu olan aşıların soğuk zincir ve stok yönetim sistemine kaydı yapılmaktadır. Şekil 4.2'de Ankara'da bulunan merkez depoya ait bir görsel yer almaktadır.

Şekil 4.2. *Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Aşı ve İlaç Deposu*



Kaynak: Sağlık Bakanlığı, (t.y.), https://asi.saglik.gov.tr/ats.html

Her bir ilin aşı ihtiyacına göre hazırlanan kolilerin karekodları okutularak depo çıkışı gerçekleştirilmektedir. Aşılar, il aşı depolarına frigorifik kasalı kamyonlar ile taşınmaktadır. Sağlık Bakanlığı bünyesinde, illere aşı sevkiyatı gerçekleştirmek üzere hacmi 25-30 m^3 arasında değişen 14 adet frigorifik kamyon bulunmaktadır (Sağlık Bakanlığı, t.y., https://asi.saglik.gov.tr/asinin-yolculugu). Şekil 4.2'de Sağlık Bakanlığı'na ait bir frigorifik aşı kamyonu görseli yer almaktadır.

Şekil 4.3. *Frigorifik Aşı Nakil Kamyonu*



Kaynak: Sağlık Bakanlığı, (t.y.), https://asi.saglik.gov.tr/ats.html

Nakil kamyonlarının konumları ve frigorifik kasa sıcaklıkları süreç boyunca soğuk zincir stok takip sistemi tarafından izlenmektedir. İl aşı deposuna gelen aşılar İl HSM personeli tarafından teslim alınarak ilgili birimin soğuk hava deposuna aktarılmaktadır. İl deposundan sonraki aşamada ASM'lerin bağlı bulunduğu TSM'ler yer almaktadır. TSM'ler, aşı ihtiyaçları doğrultusunda ayda bir kez olmak üzere ASM'lere aşı sevkiyatı gerçekleştirmektedir. Sevkiyatlar il seviyesinde, 150'den fazla özel tasarlanmış frigorifik kasalı dağıtım aracı ile sağlanmaktadır. Şekil 4.3'te frigorifik kasalı bir aşı dağıtım aracı görseli yer almaktadır.

Şekil 4.4. *Frigorifik İl Aşı Dağıtım Aracı*



Kaynak: Sağlık Bakanlığı, (t.y.), https://asi.saglik.gov.tr/ats.html

Tüm bu seviyeler arasında gerçekleştirilen sevkiyatlarda aşıların depolardan çıkışı ve girişi aşılara tanımlanan karekodlar okutularak sağlanmaktadır. Böylece çoklu yüklemelerden kaynaklı hataların önüne geçilmektedir.

Bu çalışmada aşı tedarik zinciri sürecinin merkez depo, il aşı deposu ile ilde bulunan TSM'ler arasındaki bölümlerine odaklanılmaktadır. Aşılar için çok dönemli, çok ürünlü, çok aşamalı bir soğuk zincir ağı için doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model ile her bir aşıdan tüm dozları tamamlanarak 0-4 yaş arası tam bağışıklanmış çocuk sayısını maksimize etmek amaçlanmaktadır. Ele alınan problemin yapısı ve varsayımları aşağıda maddeler halinde sıralanmaktadır:

- Sağlık Bakanlığı tarafından yürütülen GBP kapsamında uygulanan aşılardan veri elde etmedeki güçlük nedeniyle 4 tanesi dikkate alınmıştır.
- Aşı soğuk zinciri aşıların uygulandığı ASM'lerde son bulmaktadır. Modelde ASM'lerle ilgili veri elde edilemediğinden aşı soğuk zincirinin son aşaması TSM'ler olarak kabul edilmiştir.
- İl depolarından TSM'lere aşı dağıtımı yapan araç kapasiteleri göz ardı edilmiş yalnızca merkez depodan il depolarına aşı dağıtımı yapan araç kapasiteleri dikkate alınmıştır. 14 adet frigorifik kamyonun her biri 25 m^3 olmak üzere toplam taşıma kapasitesi 350 m^3 olarak dikkate alınmıştır.
- Yalnızca il depolarında stok tutulduğu varsayılmıştır.
- Her bir depoda ve taşıma araçlarında etkin stoklama ve elleçleme için bir kapasite kullanım oranı belirlenmiştir.

4.3. Matematiksel Model

Öncelikle ele alınan problemin matematiksel olarak modellemesi yapılmıştır. Geliştirilen model daha sonra bir vaka örneğine uygulanmış ve sonuçları incelenmiştir.

4.3.1. Notasyonlar

<u>İndisler</u>

I: aşılar, $i \in I$

J: il depoları, $j \in J$

K: TSM'ler, $k \in K$

K^j: il deposu tarafından aşı ihtiyacı karşılanan TSM'lerin alt kümesi, $k^j \in K^j \in K$

T: zaman periyodu, t ϵ T

Parametreler

n_i: i aşısı için uygulanan doz sayısı

F_i: i aşısı için talebin minimum karşılanma oranı

T_{ikt}: i aşısı için k TSM'de hedeflenen popülasyon

r_i: i aşısı için ondalık olarak ifade edilen hedef bağışıklama kapsamı

α_i: i aşısı için fire ve zayi oranı

α_{ij}: il deposuna sevk edilirken ve/veya il deposunda ortaya çıkan i aşısı zayi + fire oranı

α_{ik}: TSM' ye sevk edilirken ve/veya TSM'de ortaya çıkan i aşısı zayi + fire oranı

c_i: i aşısının maliyeti

c_i^w: i aşısı zayi + fire maliyeti

B: aşılama için ayrılan yıllık bütçe

β: etkin depolamayı dikkate alan kapasite kullanım faktörü

σ: Emniyet stoku oranı

w_i: i aşısı için atık faktörü

p_i: tek doz i aşısının etkin paket hacmi

D_{ij}: j il deposunun yıllık i aşısı talebi (doz sayısı)

cap_j: j il deposunun soğuk zincir kapasitesi

cap_k: k. TSM'nin soğuk zincir kapasitesi

t_{cap}: merkez depo ile j il depoları arasında kullanılan soğuk zincir araçlarının taşıma kapasitesi

Karar Değişkenleri

X_{ijt}: t dönemde merkez depodan j il deposuna taşınan i aşısı doz miktarı

Y_{ijkt}: t dönemde j deposundan k TSM'ye taşınan i aşısı doz miktarı

I_{ijt}: j il deposunda dönem sonu i aşısı stoku

D_{ikt}: t dönemde k TSM'nin i aşısı talebi

Z_{ikt}: i aşısından k. TSM'de t dönemde uygulanan doz miktarı

V_j: yıllık tam bağışıklanmış çocuk sayısı

Q_i: i aşısı zayi + fire miktarı

Amaç Fonksiyonu

Maksimize et

$$\sum_j V_j \qquad (1)$$

Kısıtlar

$$D_{ij} = \sum_{\substack{t \in T \\ k \epsilon K^j}} D_{ikt} \qquad i \in I, j \in J \qquad (2)$$

$$D_{ikt} = T_{ikt} \cdot r_i \cdot n_i \cdot w_i \qquad i \in I, k \in K, t \in T \qquad (3)$$

$$I_{ijt} = \left(I_{ijt-1} + X_{ijt}\right)\left(1 - \alpha_{ij}\right) - \sum_{k \epsilon K^j} Y_{ijkt} \qquad i \in I, j \in J, t \in T \qquad (4)$$

$$I_{ijt} \geq D_{ij} \cdot \sigma \qquad j \in J, t \in T \qquad (5)$$

$$\sum_{i \in I} X_{ijt} \cdot p_i \leq cap_j \cdot \beta \qquad j \in J, t \in T \qquad (6)$$

$$\sum_{i \in I} Y_{ijkt} \cdot p_i \leq cap_k \cdot \beta \qquad t \in T, k \in K^j, j \in J \qquad (7)$$

$$\sum_{\substack{i \in I \\ j \in J}} X_{ijt} \cdot p_i \leq cap_t \cdot \beta \qquad t \in T \qquad (8)$$

$$F_i \cdot D_{ikt} \leq Y_{ijkt} \leq D_{ikt} \qquad i \in I, k \in K, t \in T, j \in J \qquad (9)$$

$$V_j \leq \sum_{\substack{t \in T \\ k \epsilon [K^j]}} Z_{ikt} \; / \; n_i \qquad i \in I, j \in J \qquad (10)$$

$$Z_{ikt} \leq Y_{ijkt} \cdot (1 - \alpha_{ik}) \qquad i \in I, k \in K^j, t \in T, j \in J \qquad (11)$$

$$\sum_{\substack{i \in I \\ k \in K \\ t \in T}} c_i . Z_{ikt} + \sum_{i \in I} c_i^w . Q_i \leq B \qquad (12)$$

$$Q_i = \sum_{\substack{j \in I \\ t \in T}} X_{ijt} . \alpha_{ij} + \sum_{\substack{j \in J \\ t \in T}} (I_{ijt-1}) . \alpha_{ij} + \sum_{\substack{j \in J \\ k \in K \\ t \in T}} Y_{ijkt} . \alpha_{ik} \qquad i \in I \qquad (13)$$

$$X_{ijt}, Y_{ijkt}, D_{ikt}, I_{ijt}, Z_{ikt}, Q_i \geq 0 \qquad \forall \text{ i, j, k, t} \qquad (14)$$

Eş. (1) yıllık bağışıklaması tamamlanan çocuk sayısının maksimizasyonunu ifade eden amaç fonksiyonudur. Eş. (2) *j* il deposunun yıllık *i* aşısı talebinin kendisine bağlı TSM'lerin yıllık *i* aşısı talebine bağlı olduğunu göstermektedir. Eş. (3) her bir dönem için *k* depolarında *i* aşısından talep edilen doz miktarını hedef bağışıklama kapsamı ve atık faktörünü de dikkate alarak belirlemektedir. Kısıt (4) *j* il deposu stok miktarını ifade etmektedir. Eş. (5) *j* il deposu için minimum stok miktarını belirtmektedir. Eş. (6) *t* zaman periyodunda *j* il depolarına merkez depodan taşınan aşıların hacimsel olarak *j* il depoları için etkin stoklama düşünülerek belirlenmiş kapasiteyi aşamayacağını ifade etmektedir. Eş. (7) TSM'ler için kapasite kısıtıdır. Eş. (8) merkez depo ile il deposu arasında taşıma kapasitesini ifade etmektedir. Eş. (9) TSM'lere *i* aşısının tedarik aralığını ifade etmektedir. Eş. (10) *j* il deposunun bulunduğu ilde tam aşılanmış çocuk sayısını belirlemektedir. Eş. (11) *t* dönemde TSM'lerde uygulanan doz sayısının zayi miktarını da göz önünde bulundurularak taşınan miktardan fazla olamayacağını ifade etmektedir. Eş. (12) uygulanan ve zayi olan toplam aşıların maliyetinin bütçeyi aşamayacağını ifade etmektedir. Eş. (13) *j* il deposu ve *k* TSM'ye taşınırken veya buralarda depolanırken oluşan toplam zayi ve fire miktarını ifade etmektedir. Eş. (14) karar değişkenlerinin negatif olmama durumunu ifade etmektedir.

4.4. Örnek Problem

Geliştirilen model, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan 284.923 nüfuslu Kars ilinde GBP aşı soğuk zincirine uygulanmıştır. İlde 1 adet 27 m^3 aşı depolama kapasitesine sahip il deposu, 8 adet TSM ve 28 adet ASM bulunmaktadır. Modelde kullanılan veriler; Kars İl Sağlık Müdürlüğü, Sağlık Bakanlığı GBP genelgesi, literatür araştırması ve Sağlık Bakanlığı web sitesi kaynaklarından derlenerek elde edilmiştir. Tablo 4.4'te modelde ele alınan dört aşı ile ilgili verilere yer verilmiştir.

Tablo 4.4. *Aşılara İlişkin Bilgiler*

No	Aşılar	Uygulanan doz sayısı	Etkin paket hacmi (cc)	Sulandırıcı (cc)	Atık faktörü	Toplam zayi oranı	Maliyet (₺)	Zayi+fire maliyeti (₺)
1	BCG	1	1,2	0,7	1,42	%30	20	5
2	OPA	2	1,0	-	1,42	%30	40	8
3	KPA	3	12	-	1,42	%30	60	15
4	DaBT-İPA-Hib	4	16,8	-	1,42	%30	144	36

Tablo 4.4'te GBP kapsamında uygulanan aşılardan dört tanesi yer almaktadır. Her bir aşıdan, tam bağışıklama için farklı dozlar uygulanması gerekmektedir. Türkiye'de uygulanan GBP aşı takvimine göre; BCG aşısı için tek doz, OPA için iki doz, KPA için biri pekiştirme dozu olmak üzere üç doz ve DaBT-İPA-Hib aşısı için biri pekiştirme dozu olmak üzere dört doz uygulanmaktadır.

Aşılar sulandırıcı ihtiyacına göre liyofilize (sulandırılan) ve liyofilize olmayan aşılar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Sağlık Bakanlığı, 2009). Tablo 4.4'te yer alan OPA ve KPA aşıları liyofilize olmayan aşılardır. BCG aşısı liyofilize bir aşı olup gerekli sulandırıcı hacmi modelde Chen ve diğerlerinin çalışmasında olduğu gibi 0,7 cc kabul edilmektedir (Chen vd., 2014). DaBT-İPA-Hib aşısı için ise sıvı halde bulunan DaBT-İPA ile liyofilize yapıdaki Hib kombinasyonu sağlanarak hazırlandığından ekstra bir sulandırıcı ihtiyacı bulunmamaktadır (Sağlık Bakanlığı, 2009).

Aşıların, taşıma ve depolamada dikkate alınan etkin paket hacimlerine tabloda yer verilmektedir (Chen vd., 2014; Yang vd., 2020). BCG aşısı için tabloda ayrıca yer verilen sulandırıcı hacmi modelde aşının doz hacmine dahil edilerek hesaplanmıştır. Doz başı maliyetler; tablodaki 1, 2 ve 3. aşılar için 2 $ olarak belirlenmiş, 4. aşı için doz başına maliyet ise Azadi ve diğerlerinin çalışmasında olduğu gibi 3.60 $ kabul edilmiştir (1 $ = 10 ₺) (Smalley vd., 2015; Azadi vd., 2019). Aşılama için ayrılan yıllık bütçe Türkiye için 2016 yılında 882.841.000 ₺ olmuştur (Topaç, 2017, sosyalpediatri.org.tr). Örnek problem için yıllık aşılama bütçesi 40.000.000 ₺ kabul edilmiştir.

Aşılar; merkez depodan il deposuna, il deposundan TSM'lere sevk edilirken ve bu depolama aşamalarında çeşitli nedenlerle zayi olabilmektedir. Tablo 4.4'te yer alan zayi oranları, il deposuna aktarım veya il deposunda zayi +fire oranı (α_{ij}) ile TSM'ye aktarım veya TSM'de zayi olma oranının (α_{ik}) toplamı ile hesaplanmaktadır. Modelde zayi oranı

her iki aşama için de %15, toplamda %30 kabul edilmiştir. Zayi oranı, aşı ihtiyaçlarının doğru bir biçimde planlanması için aşılama programında yer alan her aşı için tanımlanması gereken atık faktörünü doğrudan belirlemektedir (Guichard vd., 2010, s.859). Her bir aşı için 100/100- % α_i formülü ile hesaplanan atık faktörü bilgisi Tablo 4.4'te yer almaktadır. Modelin uygulandığı Kars ilinde bulunan TSM'ler ile ilgili veriler ise Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5. *Kars İlinde Bulunan TSM'lere İlişkin Veriler*

No	TSM'ler	Toplam aşı kapasitesi (m^3)	Hedeflenen 0-4 yaş arası popülasyon (aylık)
1	Selim TSM	0,2	263
2	Arpaçay TSM	0,25	268
3	Susuz TSM	0,25	70
4	Akyaka TSM	0,2	92
5	Digor TSM	0,2	275
6	Sarıkamış TSM	0,4	518
7	Kağızman TSM	0,28	581
8	Merkez TSM	0,5	1.315

Her bir TSM'ye ait toplam aşı kapasitesi ve 2020 yılı için hedeflenen yıllık 0-4 yaş popülasyonu verileri Kars İl Sağlık Müdürlüğü'nden yıllık olarak elde edilmiştir. Elde edilen veriler modelde on ikiye bölünerek aylık olarak değerlendirilmiştir. Modelde, Sağlık Bakanlığı GBP genelgesine göre hedeflenen popülasyonun %90'ının bağışıklanması amaçlanmıştır (Sağlık Bakanlığı, 2009, s. 1). Problemde ele alınan il deposu, TSM'ler ve taşıma araçları için etkin stoklama ve elleçleme için belirlenmiş kapasite kullanım oranı Chen ve diğerlerinin çalışmasında olduğu gibi toplam kapasitenin %40'ı kabul edilmiştir (Chen vd., 2014).

4.4.1. Sonuçlar

Örnek problem, 1.50 GHz işlemci ve 4 GB RAM'e sahip bir bilgisayarda GAMS-CPLEX kullanılarak bir CPU saniyeden daha kısa sürede ve 486 iterasyonda çözülmüştür. Modelin amaç fonksiyonu değerini ifade eden tam bağışıklanmış çocuk sayısı Kars ilinde 2020 yılı için 42.188 olmuştur. Tablo 4.6'da il deposunun her aşıdan toplam talep ettiği doz miktarlarına yer verilmiştir.

Tablo 4.6. *İl Deposu Yıllık Talep Miktarı*

Değişken (D_{ij})	Değer
D_{11}	518.076
D_{21}	103.728
D_{31}	155.604
D_{41}	207.456

Kars ili için il deposu yıllık aşı talebini il deposuna bağlı bulunan TSM'lerin her bir dönem söz konusu aşıdan talep ettikleri miktarlar toplamı belirlemektedir. Tablo 4.7'de her bir aşıdan her bir dönemde merkez depodan il deposuna taşınan doz miktarlarına yer verilmiştir.

Tablo 4.7. *Merkez Depodan İl Deposuna t Dönemde Taşınan i Aşısı Doz Miktarı*

Değişken (x_{ijt}) ve değeri							
X_{111}	6.152	X_{211}	12.304	X_{311}	18.833	X_{411}	24.608
X_{112}	5.063	X_{212}	10.126	X_{312}	15.188	X_{412}	20.251
X_{113}	5.063	X_{213}	10.126	X_{313}	15.188	X_{413}	20.251
X_{114}	5.063	X_{214}	10.126	X_{314}	15.128	X_{414}	20.251
X_{115}	5.063	X_{215}	10.126	X_{315}	15.128	X_{415}	20.251
X_{116}	5.063	X_{216}	10.126	X_{316}	15.128	X_{416}	20.251
X_{117}	5.063	X_{217}	10.126	X_{317}	15.128	X_{417}	20.251
X_{118}	5.063	X_{218}	10.126	X_{318}	15.128	X_{418}	20.251
X_{119}	5.063	X_{219}	10.126	X_{319}	15.128	X_{419}	20.251
X_{1110}	5.047	X_{2110}	10.095	X_{3110}	15.128	X_{4110}	20.190
X_{1111}	5.043	X_{2111}	10.085	X_{3111}	15.128	X_{4111}	20.170
X_{1112}	5.043	X_{2112}	10.085	X_{3112}	15.128	X_{4112}	20.170

*Değerler en yakın tamsayı değerine yuvarlanmıştır.

Tablo 4.7'de görüldüğü üzere merkez depodan il deposuna dört aşıdan her dönemde taşıma yapılmıştır. Dört aşıdan tüm dönemlerde taşınan toplam doz miktarı 617.873'tür. Aşılar uygulanması gereken doz sayısı bakımından farklılık gösterdiğinden taşınan aşı miktarları da aynı doğrultuda değişmiştir. Buna göre taşınan toplam doz miktarının %40'ını dördüncü aşı oluşturmuştur. Tablo 4.8'de il deposuna ait dönemlik stok miktarlarına yer verilmiştir.

Tablo 4.8. *İl Deposu Dönem Stokları*

Değişken (I_{ijt}) ve değeri							
I_{111}	1.089	I_{211}	2.178	I_{311}	3.268	I_{411}	4.357
I_{112}	1.089	I_{212}	2.178	I_{312}	3.268	I_{412}	4.357
I_{113}	1.089	I_{213}	2.178	I_{313}	3.268	I_{413}	4.357
I_{114}	1.089	I_{214}	2.178	I_{314}	3.268	I_{414}	4.357
I_{115}	1.089	I_{215}	2.178	I_{315}	3.268	I_{415}	4.357
I_{116}	1.089	I_{216}	2.178	I_{316}	3.268	I_{416}	4.357
I_{117}	1.089	I_{217}	2.178	I_{317}	3.268	I_{417}	4.357
I_{118}	1.089	I_{218}	2.178	I_{318}	3.268	I_{418}	4.357
I_{119}	1.089	I_{219}	2.178	I_{319}	3.268	I_{419}	4.357
I_{1110}	1.089	I_{2110}	2.178	I_{3110}	3.268	I_{4110}	4.357
I_{1111}	1.089	I_{2111}	2.178	I_{3111}	3.268	I_{4111}	4.357
I_{1112}	1.089	I_{2112}	2.178	I_{3112}	3.268	I_{4112}	4.357

*Değerler en yakın tamsayı değerine yuvarlanmıştır.

İl deposu stok miktarları Yang ve diğerlerinin çalışmasında olduğu gibi toplam talebin %25'i oranında belirlenmiş dönemlik stok miktarı için bu oran %0,0021 olarak hesaplanmıştır (Yang vd., 2020). Her bir aşıdan tam bağışıklama için uygulanması gereken doz sayısı farklılık gösterdiğinden tutulan stok miktarları da bu doğrultuda değişmiştir. Tablo 4.8'de TSM'lerin dönemlik talep ettikleri i aşısı doz miktarları yer almaktadır.

Tablo 4.9. *TSM'lerin t Dönemdeki i Aşısı Talepleri*

Değişken (D_{ikt}) ve değeri														
D_{111}	336	D_{121}	343	D_{131}	89	D_{141}	118	D_{151}	351	D_{161}	662	D_{171}	743	D_{181}	1.681
D_{112}	336	D_{122}	343	D_{132}	89	D_{142}	118	D_{152}	351	D_{162}	662	D_{172}	743	D_{182}	1.681
D_{113}	336	D_{123}	343	D_{133}	89	D_{143}	118	D_{153}	351	D_{163}	662	D_{173}	743	D_{183}	1.681
D_{114}	336	D_{124}	343	D_{134}	89	D_{144}	118	D_{154}	351	D_{164}	662	D_{174}	743	D_{184}	1.681
D_{115}	336	D_{125}	343	D_{135}	89	D_{145}	118	D_{155}	351	D_{165}	662	D_{175}	743	D_{185}	1.681
D_{116}	336	D_{126}	343	D_{136}	89	D_{146}	118	D_{156}	351	D_{166}	662	D_{176}	743	D_{186}	1.681
D_{117}	336	D_{127}	343	D_{137}	89	D_{147}	118	D_{157}	351	D_{167}	662	D_{177}	743	D_{187}	1.681
D_{118}	336	D_{128}	343	D_{138}	89	D_{148}	118	D_{158}	351	D_{168}	662	D_{178}	743	D_{188}	1.681
D_{119}	336	D_{129}	343	D_{139}	89	D_{149}	118	D_{159}	351	D_{169}	662	D_{179}	743	D_{189}	1.681
D_{1110}	336	D_{1210}	343	D_{1310}	89	D_{1410}	118	D_{1510}	351	D_{1610}	662	D_{1710}	743	D_{1810}	1.681
D_{1111}	336	D_{1211}	343	D_{1311}	89	D_{1411}	118	D_{1511}	351	D_{1611}	662	D_{1711}	743	D_{1811}	1.681
D_{1112}	336	D_{1212}	343	D_{1312}	89	D_{1412}	118	D_{1512}	351	D_{1612}	662	D_{1712}	743	D_{1812}	1.681
D_{211}	672	D_{221}	685	D_{231}	179	D_{241}	235	D_{251}	703	D_{261}	1.324	D_{271}	1.485	D_{281}	3.361
D_{212}	672	D_{222}	685	D_{232}	179	D_{242}	235	D_{252}	703	D_{262}	1.324	D_{272}	1.485	D_{282}	3.361
D_{213}	672	D_{223}	685	D_{233}	179	D_{243}	235	D_{253}	703	D_{263}	1.324	D_{273}	1.485	D_{283}	3.361
D_{214}	672	D_{224}	685	D_{234}	179	D_{244}	235	D_{254}	703	D_{264}	1.324	D_{274}	1.485	D_{284}	3.361
D_{215}	672	D_{225}	685	D_{235}	179	D_{245}	235	D_{255}	703	D_{265}	1.324	D_{275}	1.485	D_{285}	3.361
D_{216}	672	D_{226}	685	D_{236}	179	D_{246}	235	D_{256}	703	D_{266}	1.324	D_{276}	1.485	D_{286}	3.361
D_{217}	672	D_{227}	685	D_{237}	179	D_{247}	235	D_{257}	703	D_{267}	1.324	D_{277}	1.485	D_{287}	3.361
D_{218}	672	D_{228}	685	D_{238}	179	D_{248}	235	D_{258}	703	D_{268}	1.324	D_{278}	1.485	D_{288}	3.361
D_{219}	672	D_{229}	685	D_{239}	179	D_{249}	235	D_{259}	703	D_{269}	1.324	D_{279}	1.485	D_{289}	3.361
D_{2110}	672	D_{2210}	685	D_{2310}	179	D_{2410}	235	D_{2510}	703	D_{2610}	1.324	D_{2710}	1.485	D_{2810}	3.361
D_{2111}	672	D_{2211}	685	D_{2311}	179	D_{2411}	235	D_{2511}	703	D_{2611}	1.324	D_{2711}	1.485	D_{2811}	3.361
D_{2112}	672	D_{2212}	685	D_{2312}	179	D_{2412}	235	D_{2512}	703	D_{2612}	1.324	D_{2712}	1.485	D_{2812}	3.361
D_{311}	1.008	D_{321}	1.028	D_{331}	268	D_{341}	353	D_{351}	1.054	D_{361}	1.986	D_{371}	2.228	D_{381}	5.042

Tablo 4.10. *TSM'lerin t Dönemdeki i Aşısı Talepleri* (devamı)

D_{312}	1.008	D_{322}	1.028	D_{332}	268	D_{342}	353	D_{352}	1.054	D_{362}	1.986	D_{372}	2.228	D_{382}	5.042
D_{313}	1.008	D_{323}	1.028	D_{333}	268	D_{343}	353	D_{353}	1.054	D_{363}	1.986	D_{373}	2.228	D_{383}	5.042
D_{314}	1.008	D_{324}	1.028	D_{334}	268	D_{344}	353	D_{354}	1.054	D_{364}	1.986	D_{374}	2.228	D_{384}	5.042
D_{315}	1.008	D_{325}	1.028	D_{335}	268	D_{345}	353	D_{355}	1.054	D_{365}	1.986	D_{375}	2.228	D_{385}	5.042
D_{316}	1.008	D_{326}	1.028	D_{336}	268	D_{346}	353	D_{356}	1.054	D_{366}	1.986	D_{376}	2.228	D_{386}	5.042
D_{317}	1.008	D_{327}	1.028	D_{337}	268	D_{347}	353	D_{357}	1.054	D_{367}	1.986	D_{377}	2.228	D_{387}	5.042
D_{318}	1.008	D_{328}	1.028	D_{338}	268	D_{348}	353	D_{358}	1.054	D_{368}	1.986	D_{378}	2.228	D_{388}	5.042
D_{319}	1.008	D_{329}	1.028	D_{339}	268	D_{349}	353	D_{359}	1.054	D_{369}	1.986	D_{379}	2.228	D_{389}	5.042
D_{3110}	1.008	D_{3210}	1.028	D_{3310}	268	D_{3410}	353	D_{3510}	1.054	D_{3610}	1.986	D_{3710}	2.228	D_{3810}	5.042
D_{3111}	1.008	D_{3211}	1.028	D_{3311}	268	D_{3411}	353	D_{3511}	1.054	D_{3611}	1.986	D_{3711}	2.228	D_{3811}	5.042
D_{3112}	1.008	D_{3212}	1.028	D_{3312}	268	D_{3412}	353	D_{3512}	1.054	D_{3612}	1.986	D_{3712}	2.228	D_{3812}	5.042
D_{411}	1.344	D_{421}	1.370	D_{431}	358	D_{441}	470	D_{451}	1.406	D_{461}	2.648	D_{471}	2.970	D_{481}	6.722
D_{412}	1.344	D_{422}	1.370	D_{432}	358	D_{442}	470	D_{452}	1.406	D_{462}	2.648	D_{472}	2.970	D_{482}	6.722
D_{413}	1.344	D_{423}	1.370	D_{433}	358	D_{443}	470	D_{453}	1.406	D_{463}	2.648	D_{473}	2.970	D_{483}	6.722
D_{414}	1.344	D_{424}	1.370	D_{434}	358	D_{444}	470	D_{454}	1.406	D_{464}	2.648	D_{474}	2.970	D_{484}	6.722
D_{415}	1.344	D_{425}	1.370	D_{435}	358	D_{445}	470	D_{455}	1.406	D_{465}	2.648	D_{475}	2.970	D_{485}	6.722
D_{416}	1.344	D_{426}	1.370	D_{436}	358	D_{446}	470	D_{456}	1.406	D_{466}	2.648	D_{476}	2.970	D_{486}	6.722
D_{417}	1.344	D_{427}	1.370	D_{437}	358	D_{447}	470	D_{457}	1.406	D_{467}	2.648	D_{477}	2.970	D_{487}	6.722
D_{418}	1.344	D_{428}	1.370	D_{438}	358	D_{448}	470	D_{458}	1.406	D_{468}	2.648	D_{478}	2.970	D_{488}	6.722
D_{419}	1.344	D_{429}	1.370	D_{439}	358	D_{449}	470	D_{459}	1.406	D_{469}	2.648	D_{479}	2.970	D_{489}	6.722
D_{4110}	1.344	D_{4210}	1.370	D_{4310}	358	D_{4410}	470	D_{4510}	1.406	D_{4610}	2.648	D_{4710}	2.970	D_{4810}	6.722
D_{4111}	1.344	D_{4211}	1.370	D_{4311}	358	D_{4411}	470	D_{4511}	1.406	D_{4611}	2.648	D_{4711}	2.970	D_{4811}	6.722
D_{4112}	1.344	D_{4212}	1.370	D_{4312}	358	D_{4412}	470	D_{4512}	1.406	D_{4612}	2.648	D_{4712}	2.970	D_{4812}	6.722

*Değerler en yakın tamsayı değerine yuvarlanmıştır.

Talep verileri TSM'lerin bağışıklama için hedefledikleri popülasyonlar ile aynı doğrultuda artış göstermiştir. Buna göre toplam talep; 1. TSM için 40.320, 2. TSM için 41.112, 3. TSM için 10.728, 4. TSM için 14.112, 5. TSM için 42.168, 6. TSM için 79.440, 7. TSM için 89.112, 8. TSM için 201.672'dir. Tablo 4.10'da il deposundan TSM'lere her bir dönem için taşınan doz miktarlarına yer verilmiştir.

Tablo 4.11. *İl Deposundan TSM'lere t Dönemde Taşınan i Aşısı Doz Miktarı*

Değişken (Y_{ijkt}) ve değeri															
Y_{1111}	336	Y_{1121}	343	Y_{1131}	85	Y_{1141}	112	Y_{1151}	334	Y_{1161}	629	Y_{1171}	705	Y_{1181}	1.597
Y_{1112}	336	Y_{1122}	343	Y_{1132}	85	Y_{1142}	112	Y_{1152}	334	Y_{1162}	629	Y_{1172}	705	Y_{1182}	1.597
Y_{1113}	336	Y_{1123}	343	Y_{133}	85	Y_{1143}	112	Y_{1153}	334	Y_{1163}	629	Y_{1173}	705	Y_{1183}	1.597
Y_{1114}	336	Y_{1124}	343	Y_{1134}	85	Y_{1144}	112	Y_{1154}	334	Y_{1164}	629	Y_{1174}	705	Y_{1184}	1.597
Y_{1115}	336	Y_{1125}	343	Y_{1135}	85	Y_{1145}	112	Y_{1155}	334	Y_{1165}	629	Y_{1175}	705	Y_{1185}	1.597
Y_{1116}	336	Y_{1126}	343	Y_{1136}	85	Y_{1146}	112	Y_{1156}	334	Y_{1166}	629	Y_{1176}	705	Y_{1186}	1.597
Y_{1117}	336	Y_{1127}	343	Y_{1137}	85	Y_{1147}	112	Y_{1157}	334	Y_{1167}	629	Y_{1177}	705	Y_{1187}	1.597
Y_{1118}	336	Y_{1128}	343	Y_{1138}	85	Y_{1148}	112	Y_{1158}	334	Y_{1168}	629	Y_{1178}	705	Y_{1188}	1.597
Y_{1119}	336	Y_{1129}	343	Y_{1139}	85	Y_{1149}	112	Y_{1159}	334	Y_{1169}	629	Y_{1179}	705	Y_{1189}	1.597
Y_{11110}	336	Y_{11210}	329	Y_{11310}	85	Y_{11410}	112	Y_{11510}	334	Y_{11610}	629	Y_{11710}	705	Y_{11810}	1.597
Y_{11111}	336	Y_{11211}	325	Y_{11311}	85	Y_{11411}	112	Y_{1511}	334	Y_{11611}	629	Y_{11711}	705	Y_{11811}	1.597
Y_{11112}	336	Y_{11212}	325	Y_{11312}	85	Y_{11412}	112	Y_{1512}	334	Y_{11612}	629	Y_{11712}	705	Y_{11812}	1.597
Y_{2111}	672	Y_{2121}	685	Y_{2131}	170	Y_{2141}	223	Y_{2151}	668	Y_{2161}	1.258	Y_{2171}	1.199	Y_{2181}	3.193
Y_{2112}	672	Y_{2122}	685	Y_{2132}	170	Y_{2142}	223	Y_{2152}	668	Y_{2162}	1.258	Y_{2172}	1.199	Y_{2182}	3.193

Tablo 4.12. *TSM'lerin t Dönemdeki i Aşısı Talepleri* (devamı)

Y_{2113}	672	Y_{2123}	685	Y_{2133}	170	Y_{2143}	223	Y_{2153}	668	Y_{2163}	1.258	Y_{2173}	1.199	Y_{2183}	3.193
Y_{214}	672	Y_{2124}	685	Y_{2134}	170	Y_{2144}	223	Y_{2154}	668	Y_{2164}	1.258	Y_{2174}	1.199	Y_{2184}	3.193
Y_{215}	672	Y_{2125}	685	Y_{2135}	170	Y_{2145}	223	Y_{2155}	668	Y_{2165}	1.258	Y_{2175}	1.199	Y_{2185}	3.193
Y_{216}	672	Y_{2126}	685	Y_{2136}	170	Y_{2146}	223	Y_{2156}	668	Y_{2166}	1.258	Y_{2176}	1.199	Y_{2186}	3.193
Y_{217}	672	Y_{2127}	685	Y_{2137}	170	Y_{2147}	223	Y_{2157}	668	Y_{2167}	1.258	Y_{2177}	1.199	Y_{2187}	3.193
Y_{218}	672	Y_{2128}	685	Y_{2138}	170	Y_{2148}	223	Y_{2158}	668	Y_{2168}	1.258	Y_{2178}	1.199	Y_{2188}	3.193
Y_{219}	672	Y_{2129}	685	Y_{2139}	170	Y_{2149}	223	Y_{2159}	668	Y_{2169}	1.258	Y_{2179}	1.199	Y_{2189}	3.193
Y_{2110}	672	Y_{21210}	659	Y_{21310}	170	Y_{21410}	223	Y_{21510}	668	Y_{21610}	1.258	Y_{21710}	1.199	Y_{21810}	3.193
Y_{2111}	672	Y_{21211}	651	Y_{21311}	170	Y_{21411}	223	Y_{21511}	668	Y_{21611}	1.258	Y_{21711}	1.199	Y_{21811}	3.193
Y_{2112}	672	Y_{21212}	651	Y_{21312}	170	Y_{21412}	223	Y_{21512}	668	Y_{21612}	1.258	Y_{21712}	1.199	Y_{21812}	3.193
Y_{3111}	1.008	Y_{3121}	1028	Y_{3131}	268	Y_{3141}	353	Y_{3151}	1.054	Y_{3161}	1.986	Y_{3171}	2.228	Y_{3181}	4.790
Y_{3112}	1.008	Y_{3122}	1028	Y_{3132}	255	Y_{3142}	335	Y_{3152}	1.002	Y_{3162}	1.887	Y_{3172}	2.116	Y_{3182}	4.790
Y_{3113}	1.008	Y_{3123}	1028	Y_{3133}	255	Y_{3143}	335	Y_{3153}	1.002	Y_{3163}	1.887	Y_{3173}	2.116	Y_{3183}	4.790
Y_{3114}	1.008	Y_{3124}	976	Y_{3134}	255	Y_{3144}	335	Y_{3154}	1.002	Y_{3164}	1.887	Y_{3174}	2.116	Y_{3184}	4.790
Y_{3115}	1.008	Y_{3125}	976	Y_{3135}	255	Y_{3145}	335	Y_{3155}	1.002	Y_{3165}	1.887	Y_{3175}	2.116	Y_{3185}	4.790
Y_{3116}	1.008	Y_{3126}	976	Y_{3136}	255	Y_{3146}	335	Y_{3156}	1.002	Y_{3166}	1.887	Y_{3176}	2.116	Y_{3186}	4.790
Y_{3117}	1.008	Y_{3127}	976	Y_{3137}	255	Y_{3147}	335	Y_{3157}	1.002	Y_{3167}	1.887	Y_{3177}	2.116	Y_{3187}	4.790
Y_{3118}	1.008	Y_{3128}	976	Y_{3138}	255	Y_{3148}	335	Y_{3158}	1.002	Y_{3168}	1.887	Y_{3178}	2.116	Y_{3188}	4.790
Y_{3119}	1.008	Y_{3129}	976	Y_{3139}	255	Y_{3149}	335	Y_{3159}	1.002	Y_{3169}	1.887	Y_{3179}	2.116	Y_{3189}	4.790
Y_{31110}	1.008	Y_{31210}	976	Y_{31310}	255	Y_{31410}	335	Y_{31510}	1.002	Y_{31610}	1.887	Y_{31710}	2.116	Y_{31810}	4.790
Y_{31111}	1.008	Y_{31211}	976	Y_{31311}	255	Y_{31411}	335	Y_{31511}	1.002	Y_{31611}	1.887	Y_{31711}	2.116	Y_{31811}	4.790
Y_{31112}	1.008	Y_{31212}	976	Y_{31312}	255	Y_{31412}	335	Y_{31512}	1.002	Y_{31612}	1.887	Y_{31712}	2.116	Y_{31812}	4.790
Y_{4111}	1.344	Y_{4121}	1.370	Y_{4131}	340	Y_{4141}	447	Y_{4151}	1.336	Y_{4161}	2.516	Y_{4171}	2.822	Y_{4181}	6.386
Y_{4112}	1.344	Y_{4122}	1.370	Y_{4132}	340	Y_{4142}	447	Y_{4152}	1.336	Y_{4162}	2.516	Y_{4172}	2.822	Y_{4182}	6.386
Y_{4113}	1.344	Y_{4123}	1.370	Y_{4133}	340	Y_{4143}	447	Y_{4153}	1.336	Y_{4163}	2.516	Y_{4173}	2.822	Y_{4183}	6.386
Y_{4114}	1.344	Y_{4124}	1.370	Y_{4134}	340	Y_{4144}	447	Y_{4154}	1.336	Y_{4164}	2.516	Y_{4174}	2.822	Y_{4184}	6.386
Y_{4115}	1.344	Y_{4125}	1.370	Y_{4135}	340	Y_{4145}	447	Y_{4155}	1.336	Y_{4165}	2.516	Y_{4175}	2.822	Y_{4185}	6.386
Y_{4116}	1.344	Y_{4126}	1.370	Y_{4136}	340	Y_{4146}	447	Y_{4156}	1.336	Y_{4166}	2.516	Y_{4176}	2.822	Y_{4186}	6.386
Y_{4117}	1.344	Y_{4127}	1.370	Y_{4137}	340	Y_{4147}	447	Y_{4157}	1.336	Y_{4167}	2.516	Y_{4177}	2.822	Y_{4187}	6.386
Y_{4118}	1.344	Y_{4128}	1.370	Y_{4138}	340	Y_{4148}	447	Y_{4158}	1.336	Y_{4168}	2.516	Y_{4178}	2.822	Y_{4188}	6.386
Y_{4119}	1.344	Y_{4129}	1.370	Y_{4139}	340	Y_{4149}	447	Y_{4159}	1.336	Y_{4169}	2.516	Y_{4179}	2.822	Y_{4189}	6.386
Y_{41110}	1.344	Y_{41210}	1.318	Y_{41310}	340	Y_{41410}	447	Y_{41510}	1.336	Y_{41610}	2.516	Y_{41710}	2.822	Y_{41810}	6.386
Y_{41111}	1.344	Y_{41211}	1.302	Y_{41311}	340	Y_{41411}	447	Y_{41511}	1.336	Y_{41611}	2.516	Y_{41711}	2.822	Y_{41811}	6.386
Y_{41112}	1.344	Y_{41212}	1.302	Y_{41312}	340	Y_{41412}	447	Y_{41512}	1.336	Y_{41612}	2.516	Y_{41712}	2.822	Y_{41812}	6.386

*Değerler en yakın tamsayı değerine yuvarlanmıştır.

Dört aşıdan tüm dönemlerde taşınan toplam doz miktarı 1. TSM için 40.320, 2. TSM için 40.312, 3. TSM için 10.203, 4. TSM için 13.422, 5. TSM için 40.132, 6. TSM için 75.579, 7. TSM için 82.216 ve 8. TSM için 191.592'dir. TSM'lerin bağışıklama için hedefledikleri popülasyon değişiklik gösterdiğinden hedef popülasyonu en yüksek olan 8 numaralı TSM'ye taşınan doz miktarı da diğer TSM'lere göre daha yüksektir. Bu miktar toplam taşınan aşının %63,4'üne karşılık gelmektedir. Tablo 4.11'de tüm TSM' ler için dört aşıdan her bir dönemde uygulanan doz miktarları yer almaktadır.

Tablo 4.13. *i Aşısından k TSM'de t Dönemde Uygulanan Doz Miktarı*

Değişken (Z_{ikt}) ve değeri															
Z_{111}	286	Z_{121}	291	Z_{131}	72	Z_{141}	95	Z_{151}	284	Z_{161}	535	Z_{171}	600	Z_{181}	1.357
Z_{112}	286	Z_{122}	291	Z_{132}	72	Z_{142}	95	Z_{152}	284	Z_{162}	535	Z_{172}	600	Z_{182}	1.357
Z_{113}	286	Z_{123}	291	Z_{133}	72	Z_{143}	95	Z_{153}	284	Z_{163}	535	Z_{173}	600	Z_{183}	1.357
Z_{114}	286	Z_{124}	291	Z_{134}	72	Z_{144}	95	Z_{154}	284	Z_{164}	535	Z_{174}	600	Z_{184}	1.357
Z_{115}	286	Z_{125}	291	Z_{135}	72	Z_{145}	95	Z_{155}	284	Z_{165}	535	Z_{175}	600	Z_{185}	1.357
Z_{116}	286	Z_{126}	291	Z_{136}	72	Z_{146}	95	Z_{156}	284	Z_{166}	535	Z_{176}	600	Z_{186}	1.357
Z_{117}	286	Z_{127}	291	Z_{137}	72	Z_{147}	95	Z_{157}	284	Z_{167}	535	Z_{177}	600	Z_{187}	1.357
Z_{118}	286	Z_{128}	291	Z_{138}	72	Z_{148}	95	Z_{158}	284	Z_{168}	535	Z_{178}	600	Z_{188}	1.357
Z_{119}	286	Z_{129}	291	Z_{139}	72	Z_{149}	95	Z_{159}	284	Z_{169}	535	Z_{179}	600	Z_{189}	1.357
Z_{1110}	286	Z_{1210}	280	Z_{1310}	72	Z_{1410}	95	Z_{1510}	284	Z_{1610}	535	Z_{1710}	600	Z_{1810}	1.357
Z_{1111}	286	Z_{1211}	277	Z_{1311}	72	Z_{1411}	95	Z_{1511}	284	Z_{1611}	535	Z_{1711}	600	Z_{1811}	1.357
Z_{1112}	286	Z_{1212}	277	Z_{1312}	72	Z_{1412}	95	Z_{1512}	284	Z_{1612}	535	Z_{1712}	600	Z_{1812}	1.357
Z_{211}	571	Z_{221}	582	Z_{231}	144	Z_{241}	190	Z_{251}	568	Z_{261}	1.069	Z_{271}	1.199	Z_{281}	2.714
Z_{212}	571	Z_{222}	582	Z_{232}	144	Z_{242}	190	Z_{252}	568	Z_{262}	1.069	Z_{272}	1.199	Z_{282}	2.714
Z_{213}	571	Z_{223}	582	Z_{233}	144	Z_{243}	190	Z_{253}	568	Z_{263}	1.069	Z_{273}	1.199	Z_{283}	2.714
Z_{214}	571	Z_{224}	582	Z_{234}	144	Z_{244}	190	Z_{254}	568	Z_{264}	1.069	Z_{274}	1.199	Z_{284}	2.714
Z_{215}	571	Z_{225}	582	Z_{235}	144	Z_{245}	190	Z_{255}	568	Z_{265}	1.069	Z_{275}	1.199	Z_{285}	2.714
Z_{216}	571	Z_{226}	582	Z_{236}	144	Z_{246}	190	Z_{256}	568	Z_{266}	1.069	Z_{276}	1.199	Z_{286}	2.714
Z_{217}	571	Z_{227}	582	Z_{237}	144	Z_{247}	190	Z_{257}	568	Z_{267}	1.069	Z_{277}	1.199	Z_{287}	2.714
Z_{218}	571	Z_{228}	582	Z_{238}	144	Z_{248}	190	Z_{258}	568	Z_{268}	1.069	Z_{278}	1.199	Z_{288}	2.714
Z_{219}	571	Z_{229}	582	Z_{239}	144	Z_{249}	190	Z_{259}	568	Z_{269}	1.069	Z_{279}	1.199	Z_{289}	2.714
Z_{2110}	571	Z_{2210}	560	Z_{2310}	144	Z_{2410}	190	Z_{2510}	568	Z_{2610}	1.069	Z_{2710}	1.199	Z_{2810}	2.714
Z_{2111}	571	Z_{2211}	553	Z_{2311}	144	Z_{2411}	190	Z_{2511}	568	Z_{2611}	1.069	Z_{2711}	1.199	Z_{2811}	2.714
Z_{2112}	571	Z_{2212}	553	Z_{2312}	144	Z_{2412}	190	Z_{2512}	568	Z_{2612}	1.069	Z_{2712}	1.199	Z_{2812}	2.714
Z_{311}	857	Z_{321}	873	Z_{331}	217	Z_{341}	300	Z_{351}	896	Z_{361}	1.688	Z_{371}	1.893	Z_{381}	4.093
Z_{312}	857	Z_{322}	873	Z_{332}	217	Z_{342}	285	Z_{352}	851	Z_{362}	1.604	Z_{372}	1.799	Z_{382}	4.071
Z_{313}	857	Z_{323}	873	Z_{333}	217	Z_{343}	285	Z_{353}	851	Z_{363}	1.604	Z_{373}	1.799	Z_{383}	4.071
Z_{314}	857	Z_{324}	830	Z_{334}	217	Z_{344}	285	Z_{354}	851	Z_{364}	1.604	Z_{374}	1.799	Z_{384}	4.071
Z_{315}	857	Z_{325}	830	Z_{335}	217	Z_{345}	285	Z_{355}	851	Z_{365}	1.604	Z_{375}	1.799	Z_{385}	4.071
Z_{316}	857	Z_{326}	830	Z_{336}	217	Z_{346}	285	Z_{356}	851	Z_{366}	1.604	Z_{376}	1.799	Z_{386}	4.071
Z_{317}	857	Z_{327}	830	Z_{337}	217	Z_{347}	285	Z_{357}	851	Z_{367}	1.604	Z_{377}	1.799	Z_{387}	4.071
Z_{318}	857	Z_{328}	830	Z_{338}	217	Z_{348}	285	Z_{358}	851	Z_{368}	1.604	Z_{378}	1.799	Z_{388}	4.071
Z_{319}	857	Z_{329}	830	Z_{339}	217	Z_{349}	285	Z_{359}	851	Z_{369}	1.604	Z_{379}	1.799	Z_{389}	4.071
Z_{3110}	857	Z_{3210}	830	Z_{3310}	217	Z_{3410}	285	Z_{3510}	851	Z_{3610}	1.604	Z_{3710}	1.799	Z_{3810}	4.071
Z_{3111}	857	Z_{3211}	830	Z_{3311}	217	Z_{3411}	285	Z_{3511}	851	Z_{3611}	1.604	Z_{3711}	1.799	Z_{3811}	4.071
Z_{3112}	857	Z_{3212}	830	Z_{3312}	217	Z_{3412}	285	Z_{3512}	851	Z_{3612}	1.604	Z_{3712}	1.799	Z_{3812}	4.071
Z_{411}	1.143	Z_{421}	1.165	Z_{431}	289	Z_{441}	380	Z_{451}	1.135	Z_{461}	2.138	Z_{471}	2.398	Z_{481}	5.428
Z_{412}	1.143	Z_{422}	1.165	Z_{432}	289	Z_{442}	380	Z_{452}	1.135	Z_{462}	2.138	Z_{472}	2.398	Z_{482}	5.428
Z_{413}	1.143	Z_{423}	1.165	Z_{433}	289	Z_{443}	380	Z_{453}	1.135	Z_{463}	2.138	Z_{473}	2.398	Z_{483}	5.428
Z_{414}	1.143	Z_{424}	1.165	Z_{434}	289	Z_{444}	380	Z_{454}	1.135	Z_{464}	2.138	Z_{474}	2.398	Z_{484}	5.428
Z_{415}	1.143	Z_{425}	1.165	Z_{435}	289	Z_{445}	380	Z_{455}	1.135	Z_{465}	2.138	Z_{475}	2.398	Z_{485}	5.428
Z_{416}	1.143	Z_{426}	1.165	Z_{436}	289	Z_{446}	380	Z_{456}	1.135	Z_{466}	2.138	Z_{476}	2.398	Z_{486}	5.428
Z_{417}	1.143	Z_{427}	1.165	Z_{437}	289	Z_{447}	380	Z_{457}	1.135	Z_{467}	2.138	Z_{477}	2.398	Z_{487}	5.428
Z_{418}	1.143	Z_{428}	1.165	Z_{438}	289	Z_{448}	380	Z_{458}	1.135	Z_{468}	2.138	Z_{478}	2.398	Z_{488}	5.428
Z_{419}	1.143	Z_{429}	1.165	Z_{439}	289	Z_{449}	380	Z_{459}	1.135	Z_{469}	2.138	Z_{479}	2.398	Z_{489}	5.428
Z_{4110}	1.143	Z_{4210}	1.120	Z_{4310}	289	Z_{4410}	380	Z_{4510}	1.135	Z_{4610}	2.138	Z_{4710}	2.398	Z_{4810}	5.428
Z_{4111}	1.143	Z_{4211}	1.106	Z_{4311}	289	Z_{4411}	380	Z_{4511}	1.135	Z_{4611}	2.138	Z_{4711}	2.398	Z_{4811}	5.428
Z_{4112}	1.143	Z_{4212}	1.106	Z_{4312}	289	Z_{4412}	380	Z_{4512}	1.135	Z_{4612}	2.138	Z_{4712}	2.398	Z_{4812}	5.428

*Değerler en yakın tamsayı değerine yuvarlanmıştır.

Buna göre her aşıdan, tüm dönemler boyunca tüm TSM'lerde uygulanan toplam doz miktarı 421.871'dir. Aşılama oranı en yüksek TSM ise %38,6 ile 8 numaralı TSM'dir.

4.4.2. Senaryo Analizleri

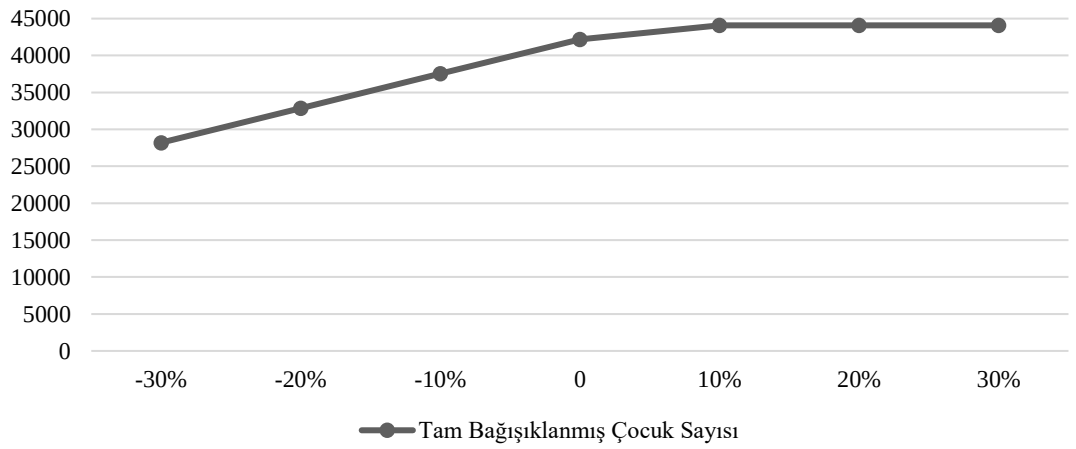
Ele alınan örnek problem, modelin farklı koşullarda nasıl sonuç verdiğini incelemek amacıyla farklı senaryolar için yeniden çözülmüştür. Bütçe ve zayi oranlarında yapılan değişikliklerin modele etkisini analiz edebilmek için her biri için farklı senaryolar geliştirilmiştir. Her bir senaryo için amaç fonksiyonu değerindeki değişim incelenmiştir. Tablo 4.12'de geliştirilen toplamda 18 senaryoya ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Tablo 4.14. *Senaryolar*

Senaryo		**- %30**	**- %20**	**- %10**	**Mevcut**	**+ %10**	**+ %20**	**+ %30**
I	Bütçe	28.000.000	32.000.000	36.000.000	40.000.000	44.000.000	48.000.000	52.000.000
II	α_{ij}	%10,5	%12	%13,5	%15	%16,5	%18	%19,5
III	α_{ik}	%10,5	%12	%13,5	%15	%16,5	%18	%19,5

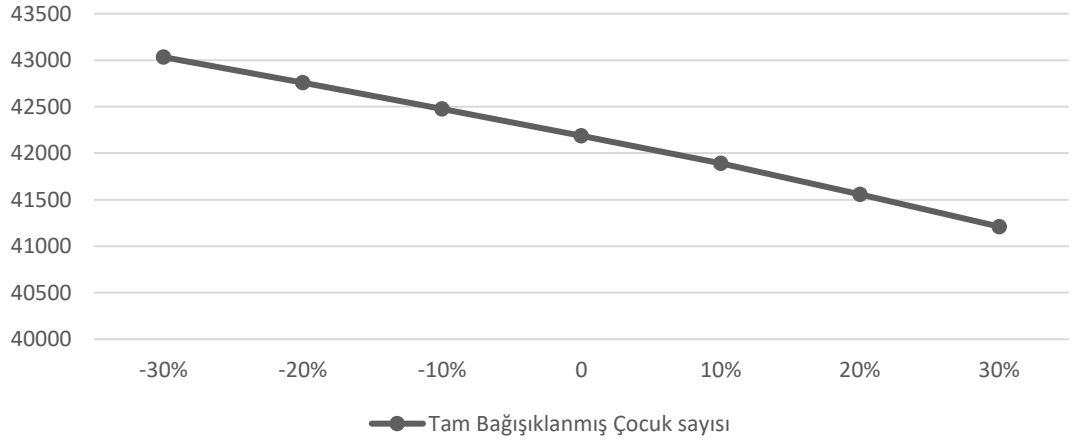
Senaryo I, bütçenin %10- %30 aralığında artırılıp azaltılması ile oluşturulmuştur. Senaryo II, aşıların il deposunda ve il deposuna taşınırken zayi olma oranının %10- %30 aralığında artırılıp azaltılması ile oluşturulmuştur. Senaryo III , aşıların TSM'lerde ve TSM'lere taşınırken zayi olma oranının %10- %30 aralığında artırılıp azaltılması ile oluşturulmuştur. Senaryo I için Kars ilinde ele alınan 4 aşıyla ilgili tam bağışıklanmış çocuk sayısını temsil eden amaç fonksiyonu değerindeki değişim şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Şekil 4.5. *Senaryo I için Amaç Fonksiyonu Değerindeki Değişim*



Aşılamaya ayrılan bütçenin azaltılması ile modelde yer alan tüm TSM'lerde her dönem aşılama yapılamamıştır. Bu durumda tam bağışıklanmış çocuk sayısını ifade eden amaç fonksiyonu değeri örnek problem için 42.188'den sırayla 37.544, 32.871 ve 28.198 değerlerine düşmüştür. Bütçenin %10 artırılması durumunda amaç fonksiyonu değeri 42.188'den 44.086'ya yükselerek maksimum hale gelmiştir. Bu değer %20 ve %30 bütçe artışında sabit kalmıştır. Şekil 4.6'da Senaryo II için amaç fonksiyonu değerindeki değişim gösterilmiştir.

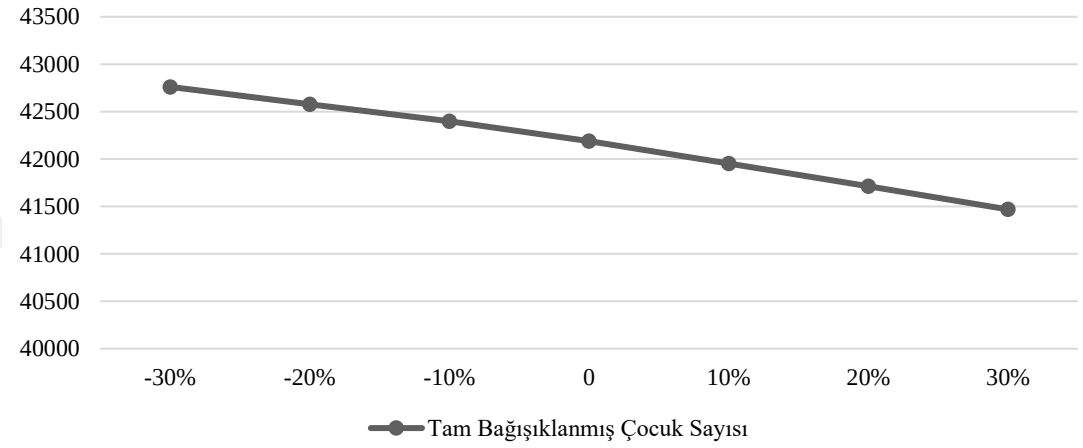
Şekil 4.6. *Senaryo II için Amaç Fonksiyonu Değerindeki Değişim*



Aşıların il deposuna taşınırken veya il deposunda zayi olma oranı azaltıldığında tam bağışıklanan çocuk sayısında artış görülmüştür. Zayi oranının %30 azaltılmasıyla örnek

problemde 42.188 olan amaç fonksiyonu değeri 43.033'e yükselerek maksimum hale gelmiştir. Zayi oranının %10- %30 aralığında artırılması ise amaç fonksiyonu değerini sırayla 41.892, 41.558 ve 41.211' e düşürmüştür. Şekil 4.7'de Senaryo III için amaç fonksiyonu değerindeki değişim gösterilmiştir.

Şekil 4.7. *Senaryo III İçin Amaç Fonksiyonu Değerindeki Değişim*



Senaryo III için amaç fonksiyonu değeri senaryo II ile benzer şekilde değişmiştir. Aşıların TSM'lere taşınırken veya TSM'de zayi olma oranının %30 azaltılmasıyla senaryo III için en yüksek amaç fonksiyonu değeri olan 42.761' e ulaşılmıştır. En düşük amaç fonksiyonu değeri ise zayi oranının %30 artırılmasıyla 41.469 olmuştur. Geliştirilen üç senaryoda yapılan değişiklikler kıyaslandığında en yüksek amaç fonksiyonu değeri bütçede %10-%30 arasındaki artış ile elde edilmiştir. En düşük amaç fonksiyonu değeri ise bütçenin %30 azaltılması sonucu elde edilmiştir.

SONUÇ

Soğuk zincir; gıda ürünleri, tıbbi ürünler, çeşitli kimyasal ve biyolojik ürünlerin kalite standartlarını üretim noktasından tüketiciye ulaşıncaya kadar koruması bakımından günümüzde vazgeçilmez bir unsur olarak görülmektedir. Günümüzde beslenme konusunda değişen tüketim alışkanlıkları ve yeni aşıların piyasaya sürülmesi ile soğuk zincirin önemi artmaktadır. Özellikle insan sağlığı üzerinde önemli etkileri bulunan ürün grupları, uzayan taşıma ve depolama sürelerine rağmen soğuk zincir koşulları altında etkinliğini sürdürebilmektedir. Soğuk zincir yönetiminde sıcaklık takibi ve zamanın etkin yönetimi kalite kayıplarının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Soğuk zincir gereksinimi bulunan ürün gruplarından biri de aşılardır. Aşılar, bulaşıcı hastalıklara karşı bağışıklık sağlayarak bireylerin bu hastalıkların yıkıcı etkilerinden korunmasını sağlamaktadır. Aşılamanın toplumda yaygın hale gelmesi ile toplumsal bağışıklık sağlanarak bulaşıcı hastalıkların yayılmasının önüne geçilmektedir. Bu kapsamda çocukluk çağında görülen bulaşıcı hastalıkların engellenmesi amacıyla 1974 yılında DSÖ tarafından başlatılan ve ülkemizde 1981 yılından beri sürdürülmekte olan GBP kapsamında günümüzde 13 hastalığa karşı aşılama yapılmaktadır.

Aşılar sıcaklık ve ışık gibi çevresel faktörlerden kolayca etkilenebilen hassas ürünlerdir. Aşıların, hassasiyetlerine uygun sıcaklık aralığı dışında bir sıcaklığa maruz kalması durumunda soğuk zincir kırılmakta ve aşıların etkinlikleri geri döndürülemez şekilde olarak ortadan kalkmaktadır. Bu durum da bağışıklama programlarının aksamasına neden olmaktadır. Bağışıklama programlarının başarıya ulaşmasında güçlü bir soğuk zincir ağ yapısı, sürecin doğru yönetimi, doğru ekipman kullanımı ve eğitimli personeller belirleyici olmaktadır.

Bu tez çalışmasında ilk olarak lojistik ve tedarik zinciri yönetimi kavramları detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Daha sonra soğuk zincir, soğuk zincir yönetimi ve soğuk zincir gereksinimi bulunan ürün grupları üzerinde durulmuştur. Soğuk zincire konu olan ürün

gruplarından aşılar ve aşıların soğuk zincir süreci kapsamlı bir şekilde ele alınmış ve sürecin ülkemizdeki işleyişi hakkında detaylı bilgilere yer verilmiştir.

Tez çalışmasında son olarak Türkiye'de GBP kapsamında uygulanan çocukluk çağı aşıları için tam bağışıklanmış çocuk sayısını maksimize etmeyi amaçlayan matematiksel bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen çok aşamalı, çok dönemli ve çok ürünlü model, 1 adet il deposu ve 8 adet TSM bulunan Kars ili için örnek bir probleme uygulanmış ve problem GAMS-CPLEX ile çözülmüştür. Sonuçta, 2020 yılında Kars ilinde tam bağışıklanmış çocuk sayısı 42.188 olarak bulunmuştur.

Tezde ayrıca modelin farklı koşullarda nasıl sonuç verdiğini incelemek amacıyla bütçe ve zayi oranları ile ilgili çeşitli senaryolar geliştirilerek problemin bu senaryolar altındaki davranışının analiz edilebilmesi sağlanmıştır. Geliştirilen senaryoların ilkinde bütçe %10, %20 ve %30 oranlarında önce artırılıp daha sonra azaltılmıştır. Bütçenin artırılması tam bağışıklanmış çocuk sayısını da artırırken bütçenin azaltıldığı senaryolarda tam bağışıklanmış çocuk sayısında da düşüş gözlenmiştir. Geliştirilen diğer senaryolarda zayi oranları ilk olarak il deposu seviyesinde daha sonra TSM seviyesinde %10, %20 ve %30 oranlarında artırılıp azaltılmıştır. Zayi oranlarının artırıldığı senaryolarda tam bağışıklanmış çocuk sayısı azalmış, zayi oranlarının azaltıldığı senaryolarda ise tam bağışıklanmış çocuk sayısı artmıştır. Her bir senaryo için amaç fonksiyonu değerindeki değişim grafik ile gösterilmiştir. Yapılan senaryo analizleri sonucunda amaç fonksiyonu değerini en çok bütçenin artırılıp azaltıldığı senaryoların etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKÇA

Aksoy, T. (2012). *Tokat il merkezindeki eczanelerde soğuk zincir uygulamalarının incelenmesi*. (Tez No. 344156). [Yüksek lisans tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Akşit, S. (2007). Çocukluk çağında aşı takvimi. *Türk Pediatri Arşivi*, *42*(11), 26-35.

Akyıldız, M. (2004). Lojistik dış kaynak kullanımının gelişimi ve Türkiye'deki kullanım biçimleri. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(3), 1-22.

Alanur, H. (2014). *Soğuk zincir lojistik yönetiminde dış kaynak kullanımının işletme performansı üzerine etkisi ve gıda tedarik zincirine yönelik bir alan çalışması*. (Tez No. 389103). [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Ali, I., Nagalingam, S. & Gurd, B. (2018). A resilience model for cold chain logistics of perishable products. *The International Journal of Logistics Management*, 29(3), 922-941. http://dx.doi.org/10.1108/IJLM-06-2017-0147

Alkusal, M. (2006). *Dondurulmuş gıda sektöründe bütünleşik lojistik ilişkilerin lojistik hizmet kalitesine ve performansına etkisi*. (Tez No. 189870). [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Alp, S., & Gündoğdu, C. E. (2012). Kuruluş yeri seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve bulanık analitik hiyerarşi prosesi uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 7-25.

Altıparmak, F., Gen, M., Lin, L., & Karaoğlan, I. (2009). A steady-state genetic algorithm for multi-product supply chain network design. *Computers & Industrial Engineering*, 56(2), 521-537. https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.05.012

Anderson, R., Perrier, T., Pervaiz, F., Sisouveth, N., Kumar, B., Phongphila, S., Rahman, A., Dhiman, R., & Newland, S. (2014, 10-13 Ekim). *Supporting immunization programs with improved vaccine cold chain information systems* [Konferans Bildirisi]. *IEEE Global Humanitarian Technology Conference*, San Jose, CA, USA. https://doi.org/10.1109/GHTC.2014.6970284

Ardalan, Z., Karimi, S., Naderi, B., & Khamseh, A. A. (2016). Supply chain networks design with multi-mode demand satisfaction policy. *Computers & Industrial Engineering*, 96, 108-117. https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.03.006

Arslan, A. (2007). *İlaç ve tıbbi malzeme lojistiği ve bir uygulama*. (Tez No. 219292). [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Aslan, R. (2020). Tarihten günümüze epidemiler, pandemiler ve Covid-19. *Ayrıntı Dergisi, 8*(85), 35-41.

Aşı Takip Sistemi. (2016). *Aşı takip sistemi kullanım kılavuzu*. https://testats.saglik.gov.tr/Documents/ATS_KULLANIM_DOKUMANI_v1.0.pdf

Aydın, S. Z. (2005). *Tedarik zinciri yönetiminde stratejik ittifak olarak üçüncü parti lojistik*. (Tez No. 188172) [Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Ayhan, E. (2012). *Tersine lojistik süreci ve işletmelerde uygulanması üzerine bir çalışma*. (Tez No. 308790). [Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Azadi, Z., Gangammanavar, H., & Eksioglu, S. (2020). Developing childhood vaccine administration and inventory replenishment policies that minimize open vial wastage. *Annals of Operations Research, 292*(1), 215-247.

Bahrampour, P., Safari, M., & Taraghdari, M. B. (2016). Modeling multi-product multi-stage supply chain network design. *Procedia Economics And Finance*, 36, 70-80. http://dx.doi.org/10.1016/S2212-5671(16)30017-X

Bayram, F.O. (2018). *İlaç sektöründe lojistik süreçlerin incelenmesi: Bir işletme uygulaması.* [Tezsiz yüksek lisans dönem projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi].

Beyazova, U., & Aktaş, F. (2007). Çocukluk çağı aşılamaları ve erişkin bağışıklaması. *Gazi Medical Journal*, 18(2), 47-65.

Biçer, D. (2007). *Türkiye ve İstanbul' da lojistik faaliyetler: İstanbul' da lojistik tesis geliştirme projesi fizibilite örneği*. (Tez No. 223467). [Yüksek lisans tezi, İstanbul

Teknik Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Bilginer, N., Kayabaşı, A. & Sezici, E. (2008). Lojistik faaliyetlerin süreçsel etkinliğine etki eden faktörlerin değerlendirilmesi üzerine ampirik bir çalışma. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22, 277-297.

Bogataj, M., Bogataj, L., & Vodopivec, R. (2005). Stability of perishable goods in cold logistic chains. *International Journal Of Production Economics, 93,* 345-356. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.06.032

Buğdaycı, R., Şaşmaz, T., & Kurt, A. Ö. (2004). Soğuk zincir donanım ve yönetimi. *Meslek İçi Sürekli Eğitim Dergisi*. (9-10), 45-55.

Bulut, Ö. (2007). *Tükiye' de taşımacılık sektörünün lojistik olgusu içerisinde incelenmesi*. (Tez No. 206746). [Yüksek lisans tezi, Kadir Has Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Cadotte, B. (2012). Protecting the cold chain. *Pharmacy Connection,* 33-37.

Ceyhan, M. (2013, 22-26 Mayıs). *Pediatrik aşılarda güncel yaklaşımlar*. [Kongre Sunumu]. 28. Ankem Antibiyotik ve Kemoterapi Kongresi, Antalya, Türkiye.

Chen, C. L., & Lee, W. C. (2004). Multi-objective optimization of multi-echelon supply chain networks with uncertain product demands and prices. *Computers & Chemical Engineering*, *28*(6-7), 1131-1144. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2003.09.014

Chen, S. I., Norman, B. A., Rajgopal, J., Assi, T. M., Lee, B. Y., & Brown, S. T. (2014). A planning model for the WHO-EPI vaccine distribution network in developing countries. *Institute of Industrial Engineers.* 46(8), 853-865. http://dx.doi.org/10.1080/0740817X.2013.813094

Comes, T., Sandvik, K. B., & Van de Walle, B. (2018). Cold chains, interrupted: The use of technology and information for decisions that keep humanitarian vaccines cool. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 8(1), 49-69. https://doi.org/10.1108/JHLSCM-03-2017-0006

Costa, A., Celano, G., Fichera, S., & Trovato, E. (2010). A new efficient encoding/decoding procedure for the design of a supply chain network with

genetic algorithms. *Computers & Industrial Engineering*, *59*(4), 986-999. http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2010.09.011

Coşkun, E. (2017). Lojistiğin tanımlanması ve tarihçesi. E. Coşkun (Ed.) içinde, *Lojistiğe giriş* (1-17). Atatürk Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını.

Council of Supply Chain Management Professionals. (2013, August). *Supply chain management terms and glossary*. https://cscmp.org/CSCMP/Academia/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921

Craig, M., & Rodrigue, J. P. (2007). *The effects of cold chain logistics and technology on global freight distribution* [Honors Thesis, Hofstra University]. https://www.hofstra.edu/pdf/academics/colleges/hclas/geog/geog_honors_craigm07.pdf

Cuturela, S. C., & Manole, A. (2013). A short historical perspective on the evolution of logistics and its implications for globalization. *Romanian Statistical Review*, 61(3), 188-198.

Çekerol, G. S., & Kurnaz, N. (2011). Küresel kriz ekseninde lojistik sektörü ve rekabet analizi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (25), 47-59.

Çokay, F. (2012). *Türkiye' de lojistik sektörü ve sorunları*. (Tez No. 320065). [Yüksek lisans tezi, Gaziantep Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Darmawan, A., Wong, H., & Thorstenson, A. (2021). Supply chain network design with coordinated inventory control. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 145, 1-26. https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102168

Demirel, N. Ö., & Gökçen, H. (2008). A mixed integer programming model for remanufacturing in reverse logistics environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *39*(11-12), 1197-1206. https://doi.org/10.1007/S00170-007-1290-7

Demirel, N., Gökçen, H., Akçayol, M.A. & Demirel, E. (2011). Çok aşamalı bütünleşik lojistik ağı optimizasyonu probleminin melez genetik algoritma ile çözümü.

Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 26 (4), 929-936.

Deran, A., Arslan, S., & Köksal, A. G. (2014). *İşletmelerde lojistik maliyetlerin hesaplanması*. (1. baskı). Eğitim Yayınevi.

Devlet Planlama Teşkilatı. (2001). *İlaç sanayii özel ihtisas komisyonu raporu*. DPT Yayınları.

Dowlatshahi, S. (2007). A strategic framework for the design and implementation of remanufacturing operations in reverse logistics. *International Journal of Production Research, 43(16),* 3455-3480. https://doi.org/10.1080/00207540500118118

Duijzer, L. E., van Jaarsveld, W., & Dekker, R. (2018). Literature review: The vaccine supply chain. *European Journal of Operational Research*, 268(1), 174-192. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.01.015

Eker, Ö. (2006). *Lojistik yönetimi ve tedarik lojistiği sürecinde performansın arttırılması*. (Tez No. 223376). [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Emanet, S. (2018). *Türkiye' de üretilen soğuk zincir ilaçların lojistik faaliyetlerinin iyileştirilmesi üzerine bir çalışma*. (Tez No. 502888). [Yüksek lisans tezi, Okan Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Enayati, S., & Özaltın, O. Y. (2020). Optimal influenza vaccine distribution with equity. *European Journal of Operational Research*, 283(2), 714-725. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.11.025

Erturgut, R. (2016). *Lojistik ve tedarik zinciri yönetimi* (1. baskı). Nobel Akademik Yayıncılık.

Fang, Y., Jiang, Y., Sun, L., & Han, X. (2018). Design of green cold chain networks for imported fresh agri-products in belt and road development. *Sustainability*, 10(5), 1572. https://doi.org/10.3390/su10051572

Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van der Laan, E., Van Nunen, J. A., & Van Wassenhove, L. N. (1997). Quantitative models for reverse logistics:

A review. *European journal of operational research*, *103*(1), 1-17. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00230-0

Garside, A. K. (2019). An optimization model for cold chain food distribution. *International Journal of Research in Industrial Engineering*, 8(3), 243-253. https://dx.doi.org/10.22105/riej.2019.202178.1097

Georgiadis, M. C., Tsiakis, P., Longinidis, P., & Sofioglou, M. K. (2011). Optimal design of supply chain networks under uncertain transient demand variations. *Omega*, 39(3), 254-272. https://doi.org/10.1016/j.omega.2010.07.002

Gökmen, M. K., & Özdemir, F. S. (2016). Lojistiğin evrimi ve Türkiye'deki önlisans ve lisans programları yönünden lojistik öğretimi. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *9*(3), 115-135.

Guichard, S., Hymbaugh, K., Burkholder, B., Diorditsa, S., Navarro, C., Ahmed, S., & Rahman, M. M. (2010). Vaccine wastage in Bangladesh. *Vaccine*, 28(3), 858–863. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2009.08.035

Guillén, G., Mele, F. D., Bagajewicz, M. J., Espuna, A., & Puigjaner, L. (2005). Multiobjective supply chain design under uncertainty. *Chemical Engineering Science*, 60(6), 1535-1553. https://doi.org/10.1016/j.ces.2004.10.023

Gümüş, Y. (2009). Lojistik faaliyetlerin rekabet stratejileri ve işletme kârı ile olan ilişkisi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (41), 97-114.

Gün, E. (2006). *Bilgi yönetimi sürecinde insan kaynakları yönetimi: Lojistik sektöründe bir araştırma*. (Tez No. 215520). [Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Günay, E. E., Park, K., Aydoğan, S., & Okudan Kremer, G. E. (2019, 18-21 Mayıs*). Vaccine distribution strategies against polio: An analysis of Turkey scenario* [Konferans Bildirisi]. Proceedings of the 2019 IISE Annual Conference. Orlando, Florida, USA.

Gürdal, S. (2006). *Türkiye Lojistik Sektörü Altyapı Analizi*. İstanbul Ticaret Odası.

Haan, G. H., Van Hillegersberg, J., De Jong, E., & Sikkel, K. (2013). Adoption of wireless sensors in supply chains: a process view analysis of a pharmaceutical cold

chain. *Journal Of Theoretical And Applied Electronic Commerce Research*, *8*(2), 138-154. https://doi.org//10.4067/S0718-18762013000200011

Hamta, N., Akbarpour Shirazi, M., Fatemi Ghomi, S. M. T., & Behdad, S. (2015). Supply chain network optimization considering assembly line balancing and demand uncertainty. *International Journal of Production Research*, 53(10), 2970-2994. https://doi.org/10.1080/00207543.2014.978030

Hovav, S., & Herbon, A. (2017). Prioritizing high-risk sub-groups in a multi-manufacturer vaccine distribution program. *The International Journal of Logistics Management*, 28(2), 311-331. https://doi.org/10.1108/ıjlm-12-2015-0227

Hovav, S., & Tsadikovich, D. (2015). A network flow model for inventory management and distribution of influenza vaccines through a healthcare supply chain. *Operations Research for Health Care*, 5, 49-62. http://dx.doi.org/10.1016/j.orhc.2015.05.003

Jacobson, S. H., Sewell, E. C., Deuson, R., & Weniger, B. G. (1999). An integer programming model for vaccine procurement and delivery for childhood immunization: A pilot study. *Health Care Management Science*, 2(1), 1-9. https://doi.org/10.1023/a:1019011106198

Jayaraman, V., Patterson, R. A., & Rolland, E. (2003). The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures. *European Journal Of Operational Research*, 150(1), 128-149. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00497-6

Jevšnik, M., Ovca, A., & Likar, K. (2006). *Maintaining a cold chain in retail: does it work?* [Konferans Bildirisi]. 13th World Congress of Food Science & Technology. Ljubljana, Slovenia. http://dx.doi.org/10.1051/IUFoST:20060688

Karaçay, G. (2005). Tersine lojistik: Kavram ve işleyiş. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 317-332.

Kaufmann, J. R., Miller, R., & Cheyne, J. (2011). Vaccine supply chains need to be better funded and strengthened, or lives will be at risk. *Health Affairs*, 30(6), 1113-1121. http://dx.doi.org/10.1377/hlthaff.2011.0368

Kayabaşı, A. (2007). *İşletmelerin rekabet gücünün geliştirilmesinde lojistik faaliyetlerin performansının arttırılması: Üretim işletmeleri üzerine bir uygulama.* (Tez No.

205373). [Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Keane, R. H., Herbohn, J., & Slaughter, G. (2003, Haziran 18). *Theoretical background of supply chain management and potential supply chain of north Queensland timber industry* [Konferans Bildirisi] Forestry Symposium, St Lucia, Australia.

Kheirabadi, M., Naderi, B., Arshadikhamseh, A., & Roshanaei, V. (2019). A mixed-integer program and a Lagrangian-based decomposition algorithm for the supply chain network design with quantity discount and transportation modes. *Expert Systems with Applications*, 137, 504-516. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.07.004

Kitinoja, L. (2013). Use of cold chains for reducing food losses in developing countries. *Population*, 6(5), 1-16.

Koban, E. (2017). *Lojistik hizmet pazarlaması ve rekabet*. (1. baskı). Ekin Basım Yayın.

Kurt A. Ö. (2005). *Mersin ilindeki sağlık ocaklarında soğuk zincir donanımı ve uygulamalarının değerlendirilmesi*. http://apbs.mersin.edu.tr/files/tsasmaz/Supervised_ExpertiseInMedicine_Theses_001.pdf adresinden edinilmiştir.

Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 65-83.

Lee, B. Y. & Haidari, L. A. (2017). The importance of vaccine supply chains to everyone in the vaccine world. *Vaccine*, 35(35), 4475-4479. http://dx.doi.org/10.1016/j.vaccine.2017.05.096

Liang, K., Zhang, W., & Zhang, M. (2019). Optimization Model of Cold Chain Logistics Network for Fresh Agricultural Products-Taking Guangdong Province as an Example. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 7(3), 476-485. http://dx.doi.org/10.4236/jamp.2019.73034

Lim, J., Norman, B. A., & Rajgopal, J. (2019). Redesign of vaccine distribution networks. *International Transactions in Operational Research*. 1-26. http://dx.doi.org/10.1111/itor.12758

Liu, S., Papageorgiou, L. G., & Shah, N. (2020). Optimal design of low-cost supply chain networks on the benefits of new product formulations. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 1-41. https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106189

Lummus, R. R., & Vokurka, R. J. (1999). Defining supply chain management: A historical perspective and practical guidelines. *Industrial Management & Data Systems*. 99, 11-17. https://doi.org/10.1108/02635579910243851

Melo, M. T., Nickel, S., & Saldanha-Da-Gama, F. (2009). Facility location and supply chain management- A review. *European Journal Of Operational Research*, *196*(2), 401-412. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.05.007

Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). *Lojistik yönetimi*. MEGEP.

Nebol, E. (2016). *Tedarik zinciri ve lojistik yönetimi* (1. baskı). Nobel Akademik Yayıncılık.

Negi, S., & Anand, N. (2015). Cold chain: A weak link in the fruits and vegetables supply chain in India. *IUP Journal of Supply Chain Management*, 12(1), 48-62.

Nickel, S., Saldanha-da-Gama, F., & Ziegler, H. P. (2012). A multi-stage stochastic supply network design problem with financial decisions and risk management. *Omega*, 40(5), 511-524. https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.09.006

Ok, Ş. (2016). *Lojistik faaliyetlerin faaliyet tabanlı maliyetleme yöntemine göre hesaplanması: Bir sanayi işletmesi model önerisi*. (Tez No. 434429) [Yüksek lisans tezi, Niğde Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Onursal, F. S., & Birgün, S. (2018, 18-20 Haziran). *Soğuk zincir zayiat problemlerinin çözümü için kısıtlar teorisi düşünce süreçleri uygulaması* [Konferans Bildirisi]. Uluslararası Avrasya Ekonomileri Konferansı, Taşkent, Özbekistan.

Orhon, F. Ş. (2020) Genişletilmiş Bağışıklama Programına Her Yönüyle Bakış. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 6-14.

Özcan, S. (2008). Küçük ve orta büyüklükteki işletmelerde lojistik yönetiminin önemi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *5*(10), 275-300.

Özdemir, A. İ. (2004). Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi, süreçleri ve yararları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (23), 87-96.

Özdemir, F. S. & Gökmen, M. K., (2016). Lojistiğin evrimi ve Türkiye'deki önlisans ve lisans programları yönünden lojistik öğretimi, *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *9*(3), 115-135.

Özdemir, H., & Özer, A. Y. (2010). Investigating cold-chain system and efficacy of vaccines reaching the end user in Turkey and related regulations, *FABAD Journal of Pharmaceutical Sciences*, *35*(2), 39-104.

Özgün, N. (2007). *Yeniden imalat sistemleri için bütünleşik lojistik ağı tasarımı ve bir karma tam sayılı programlama modeli*. (Tez No. 212754). [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Özmert, E. N. (2008). Dünya'da ve Türkiye'de aşılama takvimindeki gelişmeler. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, *51*(3), 168-175.

Paksoy, T. (2005). Tedarik zinciri yönetiminde dağıtım ağlarının tasarımı ve optimizasyonu: Malzeme ihtiyaç kısıtı altında stratejik bir üretim-dağıtım modeli. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (14), 435-454.

Paksoy, T., Özceylan, E., & Weber, G. W. (2009). A multi-objective mixed integer programming model for multi echelon supply chain network design and optimization. *System Research And İnformation Technologies*, (4), 47-57.

Petridis, K. (2015). Optimal design of multi-echelon supply chain networks under normally distributed demand. *Annals of Operations Research*, 227(1), 63-91.

Qasem, A.G., Shamsan, A. & Aqlan, F. (2020, 10-14 Ağustos). *Optimal cholera vaccine allocation policies in developing countries: A case study* [Konferans bildirisi]. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management,* Michigan, USA.

Ramezanian, R., & Behboodi, Z. (2017). Blood supply chain network design under uncertainties in supply and demand considering social aspects. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 104, 69-82. https://doi.org/10.1016/j.tre.2017.06.004

Rastegar, M., Tavana, M., Meraj, A., & Mina, H. (2021). An inventory-location optimization model for equitable influenza vaccine distribution in developing countries during the COVID-19 pandemic. *Vaccine*, 39(3), 495–504. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.12.022

Rodrigue, J.P. (2014). Reefers in north American cold chain logistics: evidence from western Canadian supply chains. *The Van Horne Institute, University of Calgary*.

Rogers, B., Dennison, K., Adepoju, N., Dowd, S., & Uedoi, K. (2010). Vaccine cold chain: Part 2. Training personnel and program management. *AAOHN Journal*, *58*(9). https://doi.org/10.3928/08910162-20100816-02

Sadjadi, S. J., Ziaei, Z., & Pishvaee, M. S. (2019). The design of the vaccine supply network under uncertain condition: A robust mathematical programming approach. *Journal of Modelling in Management*. 14, 841-871. https://doi.org/10.1108/jm2-07-2018-0093

Sadjady, H., & Davoudpour, H. (2012). Two-echelon, multi-commodity supply chain network design with mode selection, lead-times and inventory costs. *Computers & Operations Research*, 39(7), 1345-1354. https://doi.org/10.1016/j.cor.2011.08.003

Salin, V. & Nayga, R.M. (2003). A cold chain network for food exports to developing countries. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33(10), 918-933. http://dx.doi.org/10.1108/09600030310508717

Sarısoy, G. (2011). *Gıdaların soğuk zincir lojistiği*. (Tez No. 292789). [Yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Shafaat, K., Hussain, A., Kumar, B., Ul Hasan, R., Prabhat, P., & Yadav, V. K. (2013). An overview: storage of pharmaceutical products. *World Journal of Pharmacy Sciences*, *2*(5), 2499-515.

Simchi-Levi, D., Bramel, J., & Chen, X. (1999). *The logic of logistics: Theory, algorithms, and applications for logistics and supply chain management*. (2. baskı). Springer.

Smalley, H. K., Keskinocak, P., Swann, J., & Hinman, A. (2015). Optimized oral cholera vaccine distribution strategies to minimize disease incidence: A mixed integer programming model and analysis of a Bangladesh scenario. *Vaccine*, 33(46), 6218-6223. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.09.088

Southern, R. N. (2011). Historical perspective of the logistics and supply chain management discipline. *Transportation Journal*, 50(1), 53-64. https://doi.org/10.5325/transportationj.50.1.0053

Soysal, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., & Van Der Vorst, J. G. (2014). Modelling food logistics networks with emission considerations: The case of an international beef supply chain. *International Journal of Production Economics*, *152*, 57-70. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.012

Stevens, G. C. (1989). Integrating the supply chain. *International Journal Of Physical Distribution & Materials Management*, 19, 3-8. https://doi.org/10.1108/EUM0000000000329

Stock, G.N., Greis, N.P. & Kasarda, J.D. (1998). Logistics, strategy and structure: A conceptual framework. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(1), 37-52. http://dx.doi.org/10.1108/09600039910273948

Şen, İ. K. (2014). Lojistik faaliyetlerin yönetimi ve maliyetleme yaklaşımları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *4*(1), 83-106.

Şensoy, G., & Belet, N. (2008). Aşı soğuk zinciri ve aşı kayıtları. *Journal of Pediatric Infection/Çocuk Enfeksiyon Dergisi*, 2(1), 36-55.

Tamimi, M., Sundarakani, B. & Vel, P. (2010, 7-10 Mayıs). Study of cold chain logistics implementation strategies: Insights from UAE industry [Konferans Bildirisi]. Production and Operations Management Society Conference, Miami, FL, USA.

Tan Balkozak, T. (2019). *Aile hekimliği uzmanlık öğrencilerinin aşı soğuk zinciri hakkındaki bilgi ve farkındalık düzeylerinin değerlendirilmesi*. (Tez No. 566324). [Tıpta uzmanlık tezi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Tan, K. C. (2001). A framework of supply chain management literature. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7(1), 39-48.

Tassou, S. A., De-Lille, G., & Ge, Y. T. (2009). Food transport refrigeration- approaches to reduce energy consumption and environmental impacts of road transport. *Applied Thermal Engineering*, 29(8-9), 1467-1477. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2008.06.027

Temelli, F. (2011). *Lojistik faaliyetler yönetimi, maliyetlemesi, muhasebeleştirilmesi*. (Tez No. 289920). [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

The United Nations Economic Commission for Europe. (2020, July 6). *Agreement on the ınternational carriage of perishable foodstuffs and on the special equipment to be used for such carriage (ATP)*. https://unece.org/text-and-status-agreement

Tolooie, A., Maity, M., & Sinha, A. K. (2020). A two-stage stochastic mixed-integer program for reliable supply chain network design under uncertain disruptions and demand. Computers & Industrial Engineering, 148, 106722. https://doi:10.1016/j.cie.2020.106722

Topaç, O. (2017, Ekim). *Sağlık Bakanlığı ulusal aşılama (Gbp) programı*. http://www.sosyalpediatri.org.tr/uploads/2017/dr-osman-topac.pdf

Torun, S.D. (2006). *Ümraniye eğitim ve araştırma sağlık grup başkanlığı bölgesinde aşılama hizmetleri ve soğuk zincir yönetimi üzerine eğitimin etkisi.* (Tez No. 193609). [Doktora tezi, Marmara Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Tsao, Y. C., Thanh, V. V., Lu, J. C., & Yu, V. (2018). Designing sustainable supply chain networks under uncertain environments: Fuzzy multi-objective programming. *Journal of Cleaner Production*, 174, 1550-1565. http://dx.doi.org/10.1051/ro/2019018

Tseng, Y.Y., Yue, W.L., Taylor, M.A.P. (2005). The role of transportation in logistics chain. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 5, 1657–1672.

Tsiakis, P., Shah, N., & Pantelides, C. C. (2001). Design of multi-echelon supply chain networks under demand uncertainty. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 40(16), 3585-3604. https://doi.org/10.1021/ie0100030

Tutar, E., Tutar, F., Yetişen, H. (2009). Türkiye'de lojistik sektörünün gelişmişlik düzeyinin seçilmiş AB ülkeleri (Romanya ve Macaristan) ile karşılaştırmalı bir analizi. *Karamanoğlu Mehmetbey Ünversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11 (17), 190-216.

Türk Tabipleri Birliği. (2018). *Birinci basamak sağlık çalışanları için aşı rehberi*. Türk Tabipleri Birliği Yayınları.

Türk, E. (2014). *Sürdürülebilirlik açısından soğuk zincir oluşturmanın önemi ve bir araştırma*. (Tez No. 370293). [Yüksek lisans tezi, Galatasaray Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı (2006). *Kobi'lerin uluslararası rekabet güçlerini arttırmada tedarik zincir yönetiminin önemi.* İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi.

Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı. (1992). *Soğuk zincirin sevk ve idaresi*. Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı. (1999). *Aşı uygulama rehberi*. Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı. (2009). *Genişletilmiş bağışıklama programı genelgesi*. Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı. (2019). *İzleme ve değerlendirme eğitimi rehberi*. İzleme, Değerlendirme ve İstatistik Daire Başkanlığı.

Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı. (2020). *Birim faaliyet raporu*. Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü.

Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı. (2020, Temmuz 20). *Covid-19 nedir*? https://covid19.saglik.gov.tr/TR-66300/covid-19-nedir-.html

Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı. (t.y). *Aşının yararları.* *https://asi.saglik.gov.tr/genel-bilgiler/27-a%C5%9F%C4%B1n%C4%B1n-yararlar%C4%B1.html*

Türkiye Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji Uzmanlık Derneği. (2019). *Erişkin bağışıklama rehberi*. Erişkin Bağışıklama Çalışma Grubu.

Uçar, A., & Özçelik, A. Ö. (2013). Individuals knowledge and practices of the cold chain. *Ecology of Food and Nutrition*, 52(2), 116-129. http://dx.doi.org/10.1080/03670244.2012.706009

Uludağ, A. S. (2013). *Lojistik yönetiminde lojistik ağların kullanımı ve bir işletme için lojistik ağın geliştirilmesi*. (Tez No. 350244). [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Wen, Z., Liao, H., Ren, R., Bai, C., Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., & Al-Barakati, A. (2019). Cold chain logistics management of medicine with an integrated multi-criteria decision-making method. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 16*(23), 4843. https://doi.org/10.3390/ijerph16234843

Wisner, J.D., Leong, G.K. ve Tan K.C. (2014). *Principles of supply chain management: A balanced approach* (4. baskı). Cengage Learning.

World Health Organization (2013, February). *Global vaccine action plan 2011-2020*. World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/global-vaccine-action-plan-2011-2020

World Health Organization. (1998). *Safe vaccine handling, cold chain and immunizations: A manual for the newly independent states*. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/handle/10665/64776

World Health Organization. (2014, March). *Immunization supply chain and logistics: a neglected but essential system for national immunization programmes: A call-to-action for national programmes and the global community by the WHO Immunization Practices Advisory Committee*. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/handle/10665/131568

World Health Organization. (2015). *Immunization in practice: A practical guide for health staff, 2015 update*. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/handle/10665/193412

Yakavenka, V., Mallidis, I., Siamas, I., Vlachos, D., & Iakovou, E. (2016, 22-24 Haziran). *A decision support system for cold supply chain network design* [Konferans Bildirisi]. 11th MIBES Conference, Heraklion, Crete, Greece.

Yan, B., & Lee, D. (2009). Application of RFID in cold chain temperature monitoring system. In *2009 ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management*, 2, 258-261. https://doi.org/10.1109/CCCM.2009.5270408

Yang, Y., Bidkhori, H., & Rajgopal, J. (2020). Optimizing vaccine distribution networks in low and middle- income countries. *Omega*, 99, 102197. https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102197

Yapıcı, G., & Tunç, A. Y. (2019). Ülkemizde Aşı ile Korunabilen Hastalıklara Yönelik Yürütülen Eliminasyon ve Eradikasyon Programlarının Değerlendirilmesi. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 9(2), 171-183.

Yazıcı, S. (2020). *Lojistik faaliyetler ve soğuk zincir lojistiği*. (1. baskı). Eğitim Yayınevi.

Zahiri, B., Jula, P., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2018). Design of a pharmaceutical supply chain network under uncertainty considering perishability and substitutability of products. *Information Sciences*, 423, 257-283. https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.09.046

ÖZGEÇMİŞ

1. İLETİŞİM BİLGİLERİ

Adı Soyadı: Nur Hivda Yıldız

Uyruğu: T.C

2. ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Üniversite**	**Yıl**
Lisans	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	Erciyes Üniversitesi	2014-2018
Yüksek Lisans	Uluslararası Ticaret ve Lojistik	Kayseri Üniversitesi	2018-

3. YABANCI DİL

İngilizce