



**TIBBİ ATIK İŞLEME TESİSLERİNDE TALEP VE KAPASİTE PAYLAŞIM
KARARLARI İÇİN DAĞITIK KARAR VERME MODELİ**

Ahmet Eray BÜLTER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KASIM 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ahmet Eray BÜLTER

29/11/2021

TIBBİ ATIK İŞLEME TESİSLERİNDE TALEP VE KAPASİTE PAYLAŞIM KARARLARI İÇİN DAĞITIK KARAR VERME MODELİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Ahmet Eray BÜLTER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kasım 2021

ÖZET

Tıbbi atıklar, bulaşıcı hastalıkların yayılmasına, enfeksiyona dayalı hastalıklara, kimyasal ve fiziksel hasarlara yol açmakta ve böylece toplum ve çevre sağlığı açısından büyük tehlike oluşturmaktadır. Bu atıkların toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi belediyelerin sorumluluğundadır. Bu çalışma kapsamında tıbbi atık sterilizasyonunu yapan tesislere gelen atığın, tesisin arıza ve bakım durumlarında hangi tesise gönderileceği kararı, önerilen işbirlikçi ağ yapısı içinde Dağıtık Karar Verme (Distributed Decision Making-DDM) yöntemi ile modellenmiştir. Önerilen DKV modeli ile klasik karar verme yöntemlerinden farklı olarak, önerilen ağ modeli yapısındaki üyelerin her biri anlık arıza (duruş) durumları, anlık kapasite fazlası ve talebin karşılanamayan miktarı bilgilerini kullanarak ağ yapısı içindeki talebin en iyi seviyede karşılanması amaçlanmıştır. Bu sayede işlem görmesi gereken atıkların bertarafı sağlanarak, olumsuz sonuçlara yol açabilecek bu atıkların tümü ağ yapısı içinde daha az maliyet ve daha fazla verimlilik alternatifleri sağlayacak şekilde bertaraf edilebilecektir. İşbirlikçi ağ yapısı modeli ile kapasite ve talep paylaşımı modellenerek, ağ yapısındaki üyeler arasındaki karşılıklı faydanın en iyilenmesi hedeflenmiştir. Deneysel sonuçlara göre önerilen ağ modeli: 1) kapasite kullanım oranında ve talebin karşılanma düzeyinde artış, 2) stok fazlası, kayıp satış maliyeti, yatırımın ve işgücünün atıl kalması ve diğer katma değer yaratmayan çabalarda ise azalma sağlamaktadır. Bu çalışma ile tıbbi atık yönetimine değişik açılardan bakarak, belediyeler arası işbirlikçi ağ yapısı ile beraber ülke kaynaklarının daha etkin ve verimli kullanılmasını sağlayan bir matematiksel model önerilmiştir.

Bilim Kodu : 90608

Anahtar Kelimeler : Dağıtık Karar Verme, İşbirlikçi Ağ, Atık Yönetimi, Tıbbi Atık

Sayfa Adedi : 90

Danışman : Doç. Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU

DISTRIBUTED DECISION MAKING MODEL FOR DEMAND AND CAPACITY
SHARING DECISIONS IN MEDICAL WASTE PROCESSING FACILITIES

(M. Sc. Thesis)

Ahmet Eray BÜLTER

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

November 2021

ABSTRACT

Medical wastes cause the infectious diseases and spread of them cause chemical and physical damage, and thus it poses a great danger to public and environmental health. The collection, transportation and disposal of these wastes are the responsibility of the municipalities. The decision to send the waste to another facility in case of malfunctions and maintenance in the facilities that perform medical waste sterilization within the scope of the study is modeled with the Distributed Decision Making (DDM) method within a collaborative network structure. With the proposed DDM model, unlike the classical decision-making methods, it is aimed to meet the incoming demand with instant failure (stop) status, instant excess capacity and unmet amount of demand information for each of the members in a network model structure. In this way, wastes that need to be treated will be disposed and all of these wastes, which may lead to negative consequences will be disposed of within the network structure in a way that provides less cost and various income alternatives. Capacity and demand sharing is optimized with the collaborative network structure model. According to the experimental results, there is an increase in the capacity utilization rate and the level of meeting the demand in the proposed network model, while there is a decrease in non-value-added efforts such as excess stock, lost sales cost and idleness of investment and workforce. In this study, a mathematical model has been proposed that provides a more effective and efficient use of the resources of country, together with the collaborative network structure between municipalities by looking at medical waste management from different perspectives.

Science Code : 90608

Key Words : Distributed Decision Making, Collaborated Network, Waste Management, Medical Waste

Page Number : 90

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında değerli yardım ve katkılarını hiçbir zaman esirgemeyerek beni yönlendiren, gelecekte de akademik çalışmalarımda örnek alacağım tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sürecimde beni değerli katkılarıyla yönlendiren, bilgilendiren ve her zaman yardımcı olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi İbrahim YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli arkadaşım Sayın Arş. Gör. Esra Duygu DURMAZ'a, eşime ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. DAĞITIK KARAR VERME.....	5
2.1. Dağıtık Karar Verme.....	5
2.2. Dağıtık Karar Vermenin Yapısı ve Sınıflandırılması.....	6
2.3. Dağıtık Karar Verme Literatür Taraması.....	9
3. ATIK YÖNETİMİ.....	19
3.1. Atık Tanımı, Atıkların Sınıflandırılması ve Atık Yönetimi.....	19
3.2. Atık Yönetimi Alanında Yapılan Çalışmalar.....	21
4.TIBBİ ATIK YÖNETİMİ.....	25
4.1. Tıbbi Atık Tanımı ve Yasal Yükümlülükler.....	25
4.2. Tıbbi Atık Üreticileri ve Yükümlülükleri.....	27
4.3. Tıbbi Atıkların Zararları.....	29
4.4. Tıbbi Atık Bertaraf Yöntemleri.....	30
4.5. Tıbbi Atık Yönetimi Alanında Yapılan Çalışmalar.....	35
5. TIBBİ ATIK YÖNETİMİNDE DAĞITIK KARAR VERME UYGULAMASI.....	41

	Sayfa
6. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	53
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
KAYNAKLAR.....	73
EKLER.....	79
EK-1. Çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında tesislerin kapasite kullanım oranı	80
EK-2. Çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında tesislerin talep karşılama oranları	83
EK-3. Çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında tesislerin gelir miktarları.....	86
ÖZGEÇMİŞ	89

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Belediye atık istatistikleri.....	21
Çizelge 3.2. Atık yönetimi alanında yapılan çalışmalar.....	22
Çizelge 4.1. Bertaraf yöntemine göre tıbbi atık miktarları.....	31
Çizelge 4.2. Bertaraf yöntemleri karşılaştırılması (Esmen,2016).....	32
Çizelge 4.3. Bertaraf yöntemleri maliyet tahminleri (Diaz ve Savage, 2003).....	33
Çizelge 5.1. İşbirlikçi ağ yapısı üye iller arası mesafeler (km).....	43
Çizelge 5.2. İşbirlikçi ağ yapısı üye tesislerin tıbbi atık miktar ve kapasiteleri.....	44
Çizelge 5.3. İşbirlikçi ağ yapısı üye tesislerin tıbbi atık bertaraf ücretleri.....	44
Çizelge 6.1. Arıza (duruş) olasılığına göre tesislerin duruş gün sayıları.....	53
Çizelge 6.2. % 5 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo A)....	62
Çizelge 6.3. % 5 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo B).....	63
Çizelge 6.4. % 5 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo C).....	63

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Hiyerarşik planlama yapısı.....	8
Şekil 4.1. Tıbbi atık miktarları.....	27
Şekil 4.2. Sağlık kuruluşlarında üretilen atıkların dağılımı.....	29
Şekil 4.3. Ülkemizde uygulanan bertaraf yöntemleri.....	34
Şekil 6.1. Ağ yapısı olmadığı durumda tesislerin talep karşılama oranları.....	55
Şekil 6.2. Tesis-1'in ortalama kapasite kullanım oranı.....	56
Şekil 6.3. Tesis-2'nin ortalama kapasite kullanım oranı.....	57
Şekil 6.4. Tesis-3'ün ortalama kapasite kullanım oranı.....	57
Şekil 6.5. Tesis-4'ün ortalama kapasite kullanım oranı.....	58
Şekil 6.6. Tesis-5'in ortalama kapasite kullanım oranı.....	59
Şekil 6.7. Tesis-6'nın ortalama kapasite kullanım oranı.....	59
Şekil 6.8. Tesis-7'nin ortalama kapasite kullanım oranı.....	60
Şekil 6.9. % 5 arıza (duruş) olasılığında tesislerin kapasite kullanım oranı.....	61
Şekil 6.10. Ağ yapısının amaç fonksiyonu değeri.....	65
Şekil 6.11. % 5 arıza (duruş) olasılığında tesislerin gelir miktarı.....	67

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

km

Kilometre

kg

Kilogram

lt

Litre

pbr

Para Birim

\$

ABD Para Birimi

Kısaltmalar

Açıklamalar

AAS

Analitik Ağ Süreci

DKV

Dağıtık Karar Verme

DDM

Distributed Decision Making

GAMS

The General Algebraic Modeling System

HIV

Human Immunodeficiency Virus

TABS

Tehlikeli Atık Beyan Sistemi

TÜİK

Türkiye İstatistik Kurumu

TZY

Tedarik Zinciri Yönetimi

1. GİRİŞ

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi sayesinde hızla küreselleşen dünyada, kıt kaynakların verimli kullanılması son derece önem kazanmıştır. Dünya Su Kalkınma Raporu'na göre, 2050'ye kadar dünya nüfusunun % 40'nın şiddetli kuraklık stresi altında yaşayacağı tahmin edilmektedir (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation, 2020). Kaynakların etkin kullanımının yanı sıra hem müşteri memnuniyetini sağlamak hem de üretim ve hizmet sektöründe düşük maliyetli, verimli iş yapmak işletmelerin temel ödevi haline gelmiştir.

Küreselleşmenin hız kazandırdığı boyutlardan bir diğeri de rekabettir. Rekabet ortamında alınacak kararlar, işletmelerin pazardaki payını doğrudan etkileyebileceği ve işletmeler için yeni fırsatlar doğurabileceği gibi pazar paylarının azalmasına da yol açabilecektir. Geleneksel olarak alınan kararlar bireylere ya da bir gruba ait olmaktadır. Ancak bu rekabet ortamı ve kıt kaynakların verimli kullanılması zorunluluğu bireysel alınacak kararların etkinliğini ve verimliliğini azaltmaktadır. Bu amaçla, gerçek hayatta ve literatürde Grup Karar Verme Teknikleri kullanılmaktadır. Grup Karar Verme Teknikleri ile karar verilmesi gereken bir konu üzerinde kısa sürede daha verimli sonuçlara ulaşılması hedeflenmektedir.

Grup Karar Verme Tekniklerinden biri olan Dağıtık Karar Verme (DKV); ortak amaçları nedeniyle birbirinden bağımsız karar vericileri bir araya getiren, karşılıklı fayda sağlayan kararların tasarımı ve koordinasyonu olarak tanımlanabilir (Schneeweiss, 2003a). İşletmeler çeşitli konularda diğer işletmelerle bireysel olarak işbirlikleri kurarken, DKV yöntemi sayesinde birden fazla işletme bazı ortak amaç ve faydalar için bir ağ yapısı oluşturabilmektedirler. Bu sayede riski en azlayan, faydayı en çoklayan işbirlikçi ağ yapıları oluşmaktadır.

Çalışma kapsamında "Tıbbi atık sterilizasyon tesislerinde kapasite yönetimi" konusu DKV yöntemi kullanılarak ele alınmakta ve Tıbbi Atık Yönetimi başlığı altında yer almaktadır. Tıbbi atıklar, özel işlem gerektiren, enfeksiyöz, patojenik ve kesici delici atıklardır. Bu atıkların depolanması, kayıt altına alınması, taşınması, bertarafı veya sterilizasyonu ülkemizde ve dünyada mevzuatlarla takip edilmesi gerekmektedir. Yasalarla bu sterilizasyon işlemini yapmak ya da yaptırmak ve sürecin kontrolünü takip etme sorumluluğu belediyelere

verilmiştir. Bu amaçla belediyelerin Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (URL-8)'nde belirtilen süreyi aşan duruş, arıza vb. durumlarda ayrı ayrı kapasite planı yapması yerine, daha etkin sonuçlar elde etme amacıyla önerilen belediyeler arası kurulacak bir işbirlikçi ağ yapısının tıbbi atıkların dönüşüm sürecinde etkin bir karar mekanizması oluşturması planlanmaktadır.

Tıbbi atıkların bertarafında çeşitli yöntemler mevcut olup bunlar düzenli depolama, yakma, kimyasal dezenfeksiyon, mikrodalga ile ısınlama teknolojisi ve sterilizasyondur. Bunların içinde çevreye etkisi en az olan, halk ve çevre sağlığı açısından, hacimsel ve kütleli azaltma yönünden en uygun olan, işletme-bakım ve proses maliyeti uygunluğu açısından tercih edilen yöntem sterilizasyon işlemidir. Tıbbi atıkların bertarafında maliyeti en az olan yöntem ise aslında atığın olduğu yerden toplanıp, düzenli depolama sahalarında, sızıntı engellenecek şekilde depolanmasıdır. Ancak bu yöntem çevre ve toplum sağlığı açısından uygun bir yöntem olmayıp, bulaşıcı hastalıkların yayılması kaçınılmazdır. Halk ve çevre sağlığı açısından son derece tehlikeli bir yöntemdir.

Bu çalışmada, Dünya genelinde ve Türkiye'de tıbbi atık yönetimi alanında yapılan çalışmalar irdelenip, DKV yöntemi ile belediyeler arası işbirlikçi bir ağ modeli kurulması hedeflenmiştir. Atık yönetimi ve tıbbi atık yönetiminde daha önce yapılan çalışmalar tesis yeri seçimi, bertaraf yöntemi seçimi, tesis-ekipman-araç seçimi ve sayısının belirlenmesi, çeşitli maliyetler ve transfer güzergahları ile ilgilidir. Bu çalışmada ise DKV yöntemi ile talep ve kapasite değişkenlerinin belirli kısıtlar altında, belirlenen amaç veya amaçların gerçekleştirilmesindeki fayda ve maliyetleri gösterilmeye çalışılmıştır.

Çalışma kapsamında oluşturulan matematiksel model ile yasal yükümlülüğünü yerine getiremeyen, tıbbi atığı belirlenen sürelerde bertaraf edemeyecek olan tesislerin, atıklarını kapasitesi uygun olan hangi tesise göndermeleri gerektiğini belirleyen karara ulaşılması sağlanacaktır. Önerilen modelin gerekli kısıtlar altında, verimliliği en iyileyecek, ağ yapısı içindeki talebin tümüne cevap verecek şekilde çalışması amaçlanmıştır. Yapılan araştırmalarda belediyelerden, sorumlu oldukları tıbbi atık yönetimindeki atık miktarları ve tesis kapasitesi bilgilerine belediyeler ve ilgili mahalli idare web sayfalarından ulaşılmış ancak yaptıkları ikili işbirlikleri, arıza (duruş) oranları, duruş gün sayıları vb. bilgilere ulaşamamıştır. Tesislere gelen atığın yıl içinde gün bazında homojen geldiği varsayılmış,

tesislerin çalışma durumu ve arıza olasılık değerleri GAMS (The General Algebraic Modeling System)'te rastgele sayı üretilerek oluşturulmuştur.

Önerilen iş birlikçi ağ yapısının olası etki ve tepkilerini görmek için çeşitli senaryolar oluşturulmuş ve çeşitli arıza (duruş) olasılıkları için model tekrarlı çalıştırılarak karşılaştırma ve analizler yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, işbirlikçi ağ yapısı modeli ile tesislerin kapasite kullanım oranı, talebin karşılanma düzeyi ve sistemin toplam geliri konusunda avantaj sağladığı görülmüştür.

Çalışmanın ikinci bölümünde Dağıtık Karar Verme Yöntemi, üçüncü bölümünde Atık Yönetimi, dördüncü bölümünde Tıbbi Atık Yönetimi ile ilgili bilgiler ve literatür taraması verilmiştir. Beşinci bölümde Tıbbi Atık Yönetiminde Dağıtık Karar Verme Uygulaması için önerilen matematiksel model verilmiştir. Altıncı bölümde deneysel araştırma sonuçları analiz edilmiş, yedinci bölümde sonuç ve öneriler sunulmuştur.

2. DAĞITIK KARAR VERME

2.1. Dağıtık Karar Verme

İmalat yaparak ya da hizmet sunarak varlığını sürdürmeye çalışan işletmeler, müşteri taleplerine cevap verebilmek için birçok karar alma sürecini yönetmek zorundadır. Teknolojinin sürekli geliştiği ve bununla beraber hızla küreselleşen dünyada karar alma sürecini etkin ve verimli bir şekilde yönetmek işletmelere rekabet konusunda büyük avantaj sağlamaktadır.

Üretim, tedarik, satın alma, pazarlama, lojistik, tedarik zinciri ve satış sonrası hizmetler gibi birçok sürecin olduğu yapılarda karar alıcılar çok sayıda parametreyi ve pazardaki değişiklikleri dikkate almak zorundadır. Alınan kararların hem müşteri ihtiyacını karşılaması hem de işletmelerin varoluş amacı olan sürdürülebilirlik ve kar elde etme amacını karşılaması gerekmektedir. Karar vericiler ise çeşitli kademelerde ve çeşitli departmanlarda aslında aynı genel amaca hizmet etmek için bulunurlar. Aralarındaki hiyerarşik ya da hiyerarşik olmayan yapı, karar verme sürecindeki sahip oldukları bilgi düzeyleri yani bilginin simetrik ya da asimetrik oluşu farklı olsa da aslında amaçları ortaktır.

Geleneksel yaklaşımda merkezi bir karar vericinin olduğu yapılarda alınan kararlar tüm sistem için etkin ve verimli olmayabilir. Özellikle teknolojinin ve bilgi iletişim araçlarının büyük bir hızla geliştiği günümüzde merkezi karar vericinin tüm sistem hakkında güncel ve anlık bilgiye sahip olması, sürekli değişen şartlar altında bunları yorumlaması ve tüm sistemin çıkar ve hedeflerini gözeterek karar alması son derece zor bir hale gelmiştir.

Schneeweiss (2003a) birleşik yaklaşımı ele aldığı çalışmasında DKV'nin çeşitli disiplinlerin farklı yönleriyle ilgilendiği sonucuna varmıştır. Bu yönler; hiyerarşik optimizasyon, çok aşamalı deterministik ve stokastik programlama, açık artırma, grup karar alma, tedarik zinciri yönetimi, dağıtık yapay zeka, hiyerarşik üretim planlama vb. olarak sıralanabilir.

Bu alanlarda birden fazla karar almak gerekir. Bu kararlar ya birbirlerini destekler ya da birbiri ile rekabet ederek bir denge noktasında optimum faydaya ulaşmaya çalışırlar. Önemli konulardan biri bilginin durumudur. Bilgi simetrik veya asimetrik olabilir. Bilginin herkes

tarafından bilindiği “merkezi olmayan karar verme” modelinde sistem alt sistemler aracılığıyla karar verir. Asimetrik bilgide ise birden fazla karar verici bulunur ve bunlardan biri karar vererek denge kurulmaya çalışılır (Schneeweiss, 2003a).

Bu alanların her birinde alınacak kararlar bazen birbirini destekleyeceği gibi bazen de birbirlerini zorlayacak yapıya sahip olabilir. Bu zorluklar işletme içindeki diğer kararlardan kaynaklanabileceği gibi işletme dışı unsurlardan, yasal düzenlemelerden de kaynaklanabilir. Yani tedarik zinciri için alınacak bir karar, üretim planlaması açısından tatmin edici olmayabilir.

2.2. Dağıtık Karar Vermenin Yapısı ve Sınıflandırılması

DKV, çeşitli ortak ilgileri nedeniyle karar vericileri bir araya getiren, bağlantılı kararların tasarımı ve koordinasyonu olarak tanımlanabilir (Schneeweiss, 2003a). Genellikle farklı disiplinler aynı problemin belirli yönlerine odaklanırlar. Bu farklı yönlerin analizi ile bir sinerji oluşturulabilir ve karşılıklı gelişme için kullanılabilir.

DKV sisteminde karar vericiler aynı bilgiye sahip olduğunda simetrik bilgiden, farklı bilgilere sahip olduğunda asimetrik bilgiden bahsedilebilir (Schneeweiss, 2003a). Burada bilginin durumu her bir alanda alınacak kararı ve buna bağlı olarak ortak amacı etkilemektedir.

DKV sistemleri tek karar vericili ve çok karar vericili olarak ikiye ayrılabilir (Schneeweiss, 2003a). DKV sisteminde birden çok karar vericinin olması ve alınacak kararların merkeziyetçi bir yapıdan ziyade bu karar vericiler tarafından alınması, sistemin faydası açısından daha uygundur. Birden çok karar verici, karar alma aşamasında kendi hedeflerini gözetirken aynı zamanda sistemin hedefini de gözetmek zorunda olacaktır.

Tek karar vericili durumda çatışmasız planlama durumu ortaya çıkar. Çok karar vericili durumda takım ve takım olmayan (takım dışı) yapı olabilir. İletişim dışı yönler açısından takım yapısı, tek karar vericili sistem ile birlikte çatışmasız DKV problemleri olarak kabul edilebilir. Takım dışı yapılarda her seviyede bireysel yani o seviyeye ait rekabetçi amaçlar vardır (Schneeweiss, 2003a).

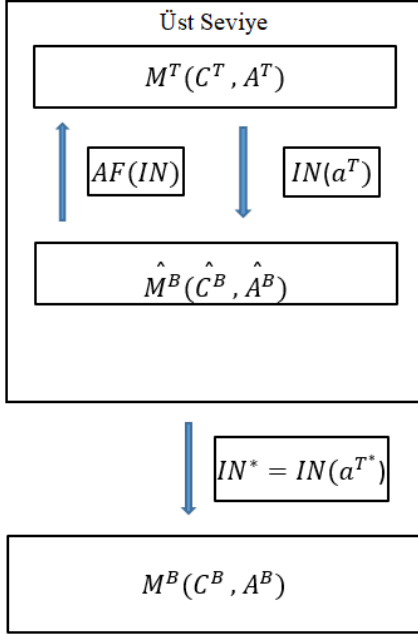
Birbiri ile bağlantılı alınacak bu kararların öncelik düzeyi ve önem derecesi birbirinden farklı olmakla beraber bu kararlar genellikle zamanın farklı dilimlerinde hiyerarşik bir yapı altında alınmaktadır. Zamanın farklı noktalarında alınan kararlar veya farklı güç düzeyleri altında alınan kararlar hiyerarşiye örnek olarak gösterilmektedir (Aktaş, 2010).

Aktaş (2010) çalışmasında DKV'yi üç sınıfta incelemiştir.

- 1) Yapısal DKV sistemleri: Taraflardan oluşan bir takım yapısı olmakla beraber bilgi simetriktir. Yani tüm taraflar aynı bilgiye sahiptir.
- 2) Organizasyonel DKV sistemleri: Taraflardan oluşan takım yapısı mevcut olup, bilgi asimetriktir. Bilgi asimetrisinin zayıf veya güçlü olmasına bağlı olarak ikiye ayrılabilir.
- 3) Eş güdümlü hiyerarşik DKV sistemleri: Taraflardan oluşan bir takım yapısı olmamakla beraber bilgi simetriktir. Yani burada birbirinden tamamen bağımsız yapıya sahip ve birbiriyle etkileşimde olan aynı bilgiye sahip işletmeler, kendi bireysel amaçları için faaliyet göstermektedirler.

Aktaş (2010) çalışmasında, miktar indirimli, toptan satış fiyatlı, miktar taahhütlü, miktar esnekliğine sahip, geri almalı, tercihli, ödül-ceza yapısına sahip ve gelir paylaşımlı tedarik zinciri sözleşmelerini incelemiştir. Tedarik zinciri üyeleri arasındaki eşgüdümün sağlanması amacıyla bir metodoloji önermiştir. Oluşturduğu model ile üretici ve lojistik hizmet sağlayıcı arasında imzalanacak sözleşmelerin, eş güdümsüz duruma göre daha düşük maliyet ve daha yüksek kâr elde etme imkânı sunduğunu ortaya koymuştur. Seçilen sözleşme yapısına göre tarafların amaç fonksiyonlarının ve tedarik zinciri toplam maliyetinin iyileştiğini belirtmiştir.

Genel bir hiyerarşik yapıda aşağıdaki Şekil 2.1’de gösterildiği gibi üst düzey ve alt düzey ilişkisi bulunmaktadır (Schneeweiss, 2003a).



Şekil 2.1. Hiyerarşik planlama yapısı

$$M^T = M^T(C^T, A^T, I_{T_0}^T)$$

$$M^B = M^B(C^B, A^B, I_{t_1}^B)$$

M model, C tercih yapısı ya da kriter sistemi, A karar alanı, I ilgili bilgi durumu (statüsü), T zamanı ifade etmektedir.

İki seviye arasındaki bağlantı aşağıdan yukarıya beklenti, yukardan aşağı talimat şeklinde olup, DKV sistemi içerisinde üst seviye karar almadan önce alt seviyenin yapısını ve sahip olduğu bilgiyi de dikkate alarak(öngörerek) bir karar verir ve bu karar alt seviyeye talimat şeklinde ulaşır. Karar alt seviyede uygulandıktan sonra sistemin alacağı tepki alt seviyeden üst seviyeye tekrar öngörü şeklinde iletilir. Hiyerarşik yapıda durum bu şekilde iken işbirliği ile oluşturulan ağ yapılarında durum yatay düzlemde karşılıklı bilgi alışverişine göre gerçekleşmektedir.

2.3. Dağıtık Karar Verme Literatür Taraması

Teknolojik gelişmelerin arttığı ve günümüz dünyasında sınırların giderek ortadan kalktığı, küreselleşmenin etkisiyle beraber ürün ve hizmetlerin fiyatlarının azaldığı gibi, bunlara ulaşılabilirlik de son derece artmaya başlamıştır. İşletmeler gelen talebi karşılayarak satış hacimlerini ya da mevcut pazar paylarını korumaya çalışmaktadır. Bunu gerçekleştirirken mevcut kapasitelerini en üst düzeyde kullansalar bile, talepte karşılanamayan miktar oluştuğunda buna reaksiyon göstermeleri varlıklarını sürdürebilmeleri açısından önemlidir. Aynı durum optimum stok seviyesi belirlemek için de geçerlidir. Bu konuda sorun yaşamamak için yatırım ihtiyacı doğuran kapasite artışına gidebilecekleri gibi çeşitli işbirlikleri yaparak da amaçlarına ulaşabileceklerdir.

İşletmelerin karşılaşacağı temel problemler genelde aynı olup bunlar talepteki belirsizlik ve stok yönetimidir. Birbirinden bağımsız olarak faaliyet gösteren işletmeler talebin az geldiği dönem sabit maliyetlere katlanmak zorunda kalacak ve kapasitelerini etkin ve verimli bir şekilde kullanamayacaklardır. Bir başka durum olarak, stoğa üretim yaparak optimum stok seviyesinden daha fazla stok tutabilecek ve bunların maliyetine katlanmak zorunda kalabilecektir. Benzer şekilde fazla talep geldiğinde ya da herhangi bir arıza, bakım vb. durumdan dolayı karşılanamayan talep oluştuğunda da müşteriye ürün satamayacak ve kayıp satış maliyetine katlanmak zorunda kalacaktır.

Talebin ötelenemediği durumlarda zararı en aza indirmek için işletmeler kendi aralarında bireysel olarak anlaşmalar veya sözleşmelerle işbirlikleri yapmaktadır. Bu sayede aralarında talep tahsisi ve stok yönetimi konusunda paylaşımlar gerçekleşmektedir. Ancak merkeziyetçi olmayan bu yapılarda bazı durumlarda bireysel çıkarlar ve kazançlar işbirliği yapısına uymamakta, adil bir düzen oluşturulamamaktadır.

İşletmelerin talep ve kapasite paylaşımı konusunda bir araya gelerek oluşturdukları işbirlikçi ağ yapılarında ise durum farklıdır. Burada, ağ yapısına üye işletmeler arasındaki karşılıklı kazançlar (beklentiler) vasıtasıyla sistemin sürdürülebilirliği sağlanabilir.

İşbirliği içeren ağ yapılarında, ağ yapısına üye işletmeler çeşitli amaçları gerçekleştirmek için bir arada bulunurlar ve bunlar fazla talep, fazla kapasite ya da stok bilgisi gibi bilgileri paylaşırlar. Çeşitli zaman dilimlerinde paylaşılan bu bilgilere göre sistem içerisinde alınacak

kararlarda da bilgi akışı iki yönlü gerçekleşerek, üye işletmelerin karar alma süreçlerini etkin bir şekilde yürütmelerine imkan sağlanmaktadır.

Sağlık kuruluşları arası kapasite ve kaynak paylaşımı, servis sistemleri arasındaki malzeme ve hizmet paylaşımı işbirlikçi ağ yapısına örnek olarak verilebilir. Her ikisinde de amaç karşılanamayan talebi, ağ yapısındaki fazla kapasite ile karşılamaktır.

Maturana ve Norrie (1997) dağıtılmış bir üretim sisteminde temsilci toplulukları arasında işbirliği ve koordinasyonu kolaylaştırmak için çok etmenli bir arabulucu mimarisi sunmuştur. Bunun, hem sanal kümeleme yoluyla sanal organizasyon hem de sözleşme ağı ihale yoluyla dağıtılmış karar alma sağladığını belirtmiştir. Bu sistemin, değişen veya öngörülemeyen durumlara gerçek zamanlı olarak yanıt verebildiğini, dolayısıyla bu yaklaşımın akıllı üretim sistemi uygulamaları için sağlam bir platform sağladığını belirtmiştir.

Ghosh (2001) büyük ölçekli, karmaşık, gerçek dünya sistemlerinin çoğunun altında yatan kontrolü oluşturmak için yeni bir algoritma sınıfı olan asenkron, dağıtılmış karar verme algoritmalarını tanıttığı çalışmasında, gerçek asenkron sistemlerin, sadece asenkron, dağıtılmış algoritmalarla doğru bir şekilde tanımlanabileceğini belirtmiştir. Çalışmasında, en karmaşık gerçek dünya sistemlerinin doğasını ilk ilkelerden yola çıkarak akıl yürütmüş, algoritmalarının ilkesini sunmuş ve gelecekteki büyük ölçekli sistem tasarımında artan önemi lehine tartışmıştır. Ayrıca, asenkron, dağıtılmış karar verme algoritmalarının temel özelliklerini detaylandırmış, literatürde rapor edilen bir dizi başarılı asenkron, dağıtılmış karar verme algoritmasını sıralamış ve (1) gerçek zamanlı, yerel ödeme işleme sistemi, (2) dağıtılmış demiryolu ağlarında programlama ve (3) ATM ağlarında dağıtılmış yönlendirmenin niteliğini kısaca gözden geçirmiştir.

Schneeweiss (2003b) tedarik zinciri yönetiminde DKV ile ilgili çalışmasında TZY’de farklı bölümler arasında iletişimin malzeme ve bilgi akışı ile sağlandığını belirtmiştir. TZY içinde birden fazla karar verici ve alınması gereken kompleks kararlar vardır. DKV bu kararları alt kararlara böler ve bunlar arasında ortak refahı gözetecek bir denge durumu arar.

DKV problemleri iki nedenden ortaya çıkar;

- Tasarım kararlarının çok seviyeli olma özelliği,
- Tedarik ağ yapısı içindeki koordinasyon problemleri (Schneeweiss, 2003b).

TZY’de taktiksel ve operasyonel dönemi üst ve alt düzey olarak belirtirsek, bu iki seviye arasında DKV probleminden bahsedebiliriz. Aynı şekilde operasyonel dönemde orta ve kısa dönem kararları arasında da üretim planlama ve kontrol gibi DKV problemlerinden bahsetmek mümkündür. TZY yapısı içinde üretici, tedarikçi ve dağıtıcı arasında da DKV problemi vardır.

Orta dönemde üretici tedarikçiye kapasite ihtiyaç bilgisini verir. Kısa dönemde üretici tedarikçiye gerçek ihtiyacını belirtir. Bu arada tedarikçi kısa dönemde talebi karşılayabilmek için kapasite ayarlaması yapar (Schneeweiss, 2003b). Birbirinden bağımsız olarak yönetilen bu işletmeler bireysel ve ortak amaçlarını gerçekleştirip fayda sağlamak için alacakları kararlarda, karşılıklı bilgi, beklenti, iş yapma yeterlilik ve kapasitelerini dikkate almaktadır.

TZY’de zinciri oluşturan üretici ve tedarikçi operasyonlarında DKV sistemi uygulayabilmek için öncelikle işletmenin ihtiyacını karşılayacak tedarikçiler bulunur. Bu tedarikçilerle çeşitli sözleşmeler yoluyla malzeme, para ve bilgi alışverişi başlar. Bu ilişki öncelikle merkezi bir yapıdan yani bir otorite tarafında kontrol edilebilir. Daha sonra işbirliği yapılan tedarikçi sayısı arttıkça takım olma yoluna gidilebilir. Burada takım üyesi olan işletmelerin kendi bireysel amaçlarının olduğu bilinmeli ve ağ yapısı içindeki amaçların gerçekleşmesiyle oluşacak kazançtan karşılıklı kazan kazan ilişkisi doğabileceği belirtilmelidir. Bu aşamadan sonra daha ilk başta otoritenin yetkisinde olan süreç yönetimi daha adil bir merkezi yapıya dönüştürülerek yapısal DKV sistemi oluşturulabilir (Schneeweiss, 2003b).

Öztoprak (2005) işbirlikçi dağıtılmış insan sisteminde karar verme etkinliğinin taktik ve stratejik seviyelerde dağıtılmış karar destek araçlarıyla artırılabilirliğini belirtmiştir. İnsan birimlerinin de karar sürecine aktif olarak dahil olduğu, çok ajanlı sistem mimarisine dayalı yeni bir dağıtılmış karar destek sistemi önermiştir. Sistemin performans modelini, bulanık bilişsel harita yaklaşımı kullanarak oluşturmuştur. Önerilen sistemin uygulanabilirliğini, Java ortamında geliştirilmiş örnek bir uygulama programı üzerinde test etmiş ve DKV’ye iyi bir örnek olması nedeniyle uygulama alanı olarak sokak yönetimini seçmiştir. Bilgisayar

tabanlı desteğin gerçek zamanlı koordinasyonu nasıl sağlayabileceğini ve bir karar destek sisteminin, karar vericinin daha iyi kararlar almasına nasıl yardımcı olabildiğini göstermiştir.

Ydstie, Jillson ve Dozal-Mejorada (2006), değişen piyasa koşulları ve gelişen teknoloji ile başa çıkabilecek bir “Katma Değerli Ağ” modelinin, tedarikçi ve talep yapıları değişimine uyum sağlaması gerektiğini belirtmiştir. Merkezi olmayan karar vermenin genellikle optimalin altında olduğunun düşünüldüğünü, çalışmasında ise bunun mutlaka böyle olmadığını göstermiştir. DKV kullanımının, yeni ihtiyaçlar ortaya çıktıkça ağın topolojisinin değişmesine ve uyarlanmasına izin verdiğini, genel yönetim stratejisi değiştirilmeden eski alt sistemlerin yenileriyle değiştirilebildiğini, yeni ürünlerin veya süreçlerin rahatlıkla devreye alınabildiğini belirtmiştir.

Nishi, Konishi ve Ago (2007) bir alüminyum haddeleme işleme hattı için üretim planlamasının ve dağıtımının entegre optimizasyonu için dağıtılmış bir karar verme sistemi önermiştir. Entegre bir optimizasyon modeli, artırılmış bir Lagrange yaklaşımı ile üretim çizelgeleme ve depo planlama alt problemine ayrıştırılmış bir karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli olarak formüle edilmiştir. Her bir alt sistemde tekrarlanan veri alışverişi ve optimizasyon yoluyla kademeli olarak uygulanabilir bir çizelge oluşturan, dağıtılmış bir optimizasyon sistemi geliştirilmiştir. Önerilen sistemde, malzeme kaynak planlaması alt sistemi ve depo planlama alt sisteminde elde edilen geçici çözümler, her bir üretim bölümündeki operasyonların başlama ve bitiş zamanları eş zamanlı olarak değiştirilmiştir. Böylece, her bir alt sistemdeki geçici ana üretim programı kademeli olarak ayarlanmıştır. Önerilen sistemin, öngörülemeyen değişikliklerin neden olduğu çeşitli değişiklikleri esnek bir şekilde barındırabildiğini belirtmişlerdir.

Huang, Lu, Ching ve Siu (2011) sanal kuruluşlarda risk yönetimi için bir DKV modeli oluşturmuşlardır. Sanal Kuruluşlar (Virtual Enterprise), bir iş fırsatı olduğunda oluşturulan ve iş fırsatı artık mevcut olmadığında feshedilen geçici bir organizasyondur. Bu kuruluşlar, rekabet gücünü artırmak, kaynak kullanımını ve tahsisini optimize etmek, işin ölçeğini genişletmek ve iş ortaklarının tamamlayıcı yeteneklerinden yararlanmak gibi birçok amaç için tasarlanmıştır. Çalışmada, mal sahibi ve ortakların karar süreçlerini tanımlamak için iki seviyeli bir model oluşturmuşlardır. İşletme sahibinin bütçeyi sanal kuruluşun her bir üyesine, sanal kuruluşun risk seviyesini en aza indirecek şekilde tahsis etmesi için bir Parçacık Sürü Optimizasyonu algoritması tasarlamış ve bu yöntemin güvenilir ve verimli

olduğunu göstermişlerdir.

Ball, Deshmukh ve Kapadia (2015) çalışmalarında, bir ajanın karar seçeneklerini ve altta yatan herhangi bir dışsal veya içsel sistem belirsizliğiyle olan ilişkisini doğru bir şekilde tanımlayarak, önerilen dağıtılmış, seçeneklere dayalı çerçeve kullanılarak çok çeşitli kaynak kısıtlı alanların modellenebileceğini ve çözülebileceğini belirtmiştir. Olası uygulama alanlarının, mühendislik ve sistem tasarım süreçlerinin yönetimini, yeni teknoloji geliştirmeyi, kurumsal sistemleri, anayurt güvenliğini, sağlık sistemlerini, acil durum hazırlık ve müdahale sistemlerini, küresel operasyonları ve tedarik zinciri ağlarını içerdiğini belirtmişlerdir.

İşbirlikçi ağ yapıları, birbirinden bağımsız girişimlerin karşılıklı fayda elde etmek için belirli koordinasyon ve işbirliği protokolü altında bir araya gelmesini ifade eder. Bu sayede kurumlar talepleri kendi kapasiteleri ile karşılayamadığı durumda ağdaki diğer kurumların kapasite fazlası ile karşılar ve değişen pazar şartlarında istikrarı sağlayabilirler (Yılmaz, Yoon, Seok, 2017).

Yoon ve Nof (2010) merkezi olmayan işbirlikçi yapıda, işletmelerin kendi kapasite ve taleplerini paylaştıklarını ve bu paylaşımın daha önce yapılan protokol ve karar verme süreçlerine dayandığını belirtmiştir. Ağ yapısı hiyerarşik olmayan yapıdadır, yani bir firma diğeri üzerinde kontrol gücüne sahip değildir. İşbirlikçi firmalar kendi amaçlarını gerçekleştirirken karşılıklı faydayı da gözetirler. Bir başka deyişle yerel amaçları gerçekleştirirken global amaçları da gözetirler. Bunu da karar verme süreçleri, uzlaşma, bilgi paylaşımı ve koordinasyon ile gerçekleştirirler.

Schleich, Seok ve Yoon (2017), işbirlikçi ağ yapısının homojen ya da heterojen olmasının hedeflenen amaçların gerçekleştirilmesi açısından oldukça önemli olduğunu vurgulamıştır. Homojen ağ yapısında üyelerin özdeş özellik, karakteristik ve kaynak yapısına sahip olduğunu, heterojen ağ yapısında ise başta kaynaklar olmak üzere özelliklerin tümünün benzer olmadığını belirtmiştir. İnsan kaynaklarındaki farklılık bile heterojen ağ yapısı tanımına girmek için yeterli bir sebeptir. Homojen ağ kaynakları kapasiteyi geliştirmek için paylaşılabilmektedir. Heterojenik ağlarda ise tamamlayıcı kaynaklar vardır ve bunlar sayesinde, teknolojik riski azaltmanın, potansiyel büyümeyi artırmanın ve inovasyon için daha iyi fırsatlar yaratmanın mümkün olabileceğini belirtmişlerdir.

Schleich ve diğerleri (2017) işbirliğine dayalı oluşturulan ağ yapılarının kısmi işbirliği şeklinde olabileceği gibi tam işbirliği şeklinde de olabileceğini göstermişlerdir. Tam işbirliğinin stok kullanım oranı, talep karşılama ve toplam kazanç açısından daha iyi performans göstermesi beklenirken, yaptıkları deneysel çalışmaların sonuçlarının öyle olmadığını belirtmişlerdir. Yaptıkları deneysel çalışmalarda işbirliği ve koordinasyonun diğer pazar koşulları ve etkilerinden izole olduğunu göstermek için aynı müşteri talebi için rekabet olmadığını varsaymışlardır.

Schleich ve diğerleri (2017) yaptıkları deneysel çalışmada homojenik işbirlikçi ağ yapısındaki üye sayısını ikiden on beşe çıkarırken aşağıdaki bulguları elde etmişlerdir.

İşbirlikçi homojenik ağ yapısı iki üyeden on beş üyeye çıkarılırken;

- Stok kullanım oranı işbirliği yapmayan işletmelerde aynı kalırken, kısmi işbirliğinde artmakta ancak en yüksek artış tam işbirliği durumunda gerçekleşmektedir. Tam işbirliği durumundaki artış oranı kısmi işbirliğine göre çok fazladır.
- Talep karşılama oranı işbirliği yapmayan işletmelerde aynı kalırken, tam işbirliğinde artış vardır ancak en yüksek artış kısmi işbirliği modelinde gerçekleşmektedir.
- Toplam kar işbirliği yapmayan işletmelerde aynı kalırken, kısmi işbirliğinde artmış ancak tam işbirliği modelindeki artış çok daha yüksek olarak gerçekleşmiştir.

Talepte değişkenlik yüksekse;

- Toplam kazanç işbirliğinin olmadığı durumda çok azalırken, kısmi ve tam işbirliği durumunda da azalmakta ancak tam işbirliğindeki azalış nispeten daha düşük olarak gerçekleşmektedir.
- Stok kullanım oranı için ise tam işbirliği, kısmi işbirlikleri ve işbirliği olmayan durum için sırasıyla azalış oranları daha yüksek olmaktadır.
- Talep karşılama oranı, işbirliği olmayan durumda çok azalırken, tam işbirliğinde doğrusal azalış olduğu, kısmi işbirliğinde ise çok fazla azalma (%1-2 arası) olmadığını görmüşlerdir.

Kısmi işbirliği, işbirliği maliyetinin yüksek olduğu durumlarda tam işbirliğine göre daha iyi sonuç verebilir. Tekil işletmelerin talep karşılama ve kazançlarını artırmasının da işbirlikçi ağ yapısına katılmasına bağlı olduğu görülmüştür. Bazen bu ağa yeni katılımcıların katılması ağ performansını artırmaz, sadece tecrübe ve yapılabirliği artırabilir.

Sonuçlardan görüleceği üzere işbirliği yapısındaki bilginin simetrik veya asimetrik olması, ağ yapısındaki üye sayısı, ağ yapısının homojen ya da heterojen olması ve alınacak kararların sayısı hedeflenen amaçların gerçekleştirilmesinde farklı etkiler yaratmaktadır.

İşbirliği sürecinde kapasite ve talep paylaşımı coğrafi olarak dağınık halde bulunan, bağımsız işletmeler arasında gerçekleşir. İşletmelerin benzer ürün ve hizmet sunmasına rağmen, rekabet pozisyonunda olmadıkları kabul edildiğinde bu işletmeler kendi müşteri taleplerini (farklı pazar ve bölgelerden gelen) karşılar ve kendi karlarına odaklanır. Bu tip işletmeler stok seviyelerini, kapasite kullanım oranlarını iyileştirirken, karşılanamayan talebi azaltarak kendi sürdürülebilirliklerini geliştirmeye çalışırlar (Yılmaz ve diğerleri, 2017).

İşbirliği sürecinde kapasitesi fazla olan işletmeler, talebe yetecek kapasitesi olmayan işletmelere yardımcı olurlar. Fazla kapasitesi olan işletmelerin amacı mümkün olduğu kadar geniş ölçüde bu talepleri karşılamaktır. Bu yapı içinde talebi karşılayamayan işletme ağ üyeleri içinde fazla kapasitesi olan işletmeden indirgenmiş maliyette ürün alır. İndirgenmiş maliyet kayıp satış maliyetinden düşüktür. Kapasitesi yüksek olan da, ağ yapısı maliyetine katlanır çünkü bu maliyet stok tutma maliyetinden düşüktür (Yılmaz ve diğerleri, 2017).

Yılmaz ve diğerleri (2017) işbirliği ile oluşturulan ağ yapılarının yeterli verimlilikte olsa dahi, ağ yapısındaki işletmelerin hepsinin ağ yapısından adil bir şekilde faydalanmadığını belirtmiştir. Bundan dolayı ağ yapısı kaynaklarının, verimliliği korurken nasıl adil dağıtılacağı (tahsis edileceği) sorusunun önem kazandığını belirtmişlerdir.

Yılmaz ve diğerleri (2017) ağ yapısı kaynaklarının adil dağıtılmasıyla ilgili yaptıkları çalışmada, J_i ve U_α ile ifade ettikleri iki fonksiyon kullanmıştır. J_i , sosyal, kablosuz ve bilgisayar ağları gibi birçok alanda kullanılan bir adalet ölçüsü olup, kaynakların tahsisinde bunları ağırlandırarak hesaplayan normalleştirilmiş ortalama karedir. $J_i \rightarrow 1$ 'e yaklaşırken kaynakların adil dağıtıldığını gösterir. U_α ise adalet ve verimlilik arasındaki dengeyi kontrol eder. Yapılan deneysel çalışmaların sonuçları aşağıdaki gibidir;

- Heterojen ağ yapısı homojen ağ yapısına göre daha adil sonuç vermiştir.
- Kısmi işbirliği, tam işbirliğine göre daha adil sonuç vermiştir.
- Küçük ağ yapısı daha adil sonuç vermiştir.
- $\alpha \rightarrow 1$ 'e giderken ağ yapısı daha adil hale gelir.
- α değeri arttıkça ağ içindeki en fazla ve en az kazançlı şirket arasındaki sapma miktarı da azalır.
- Ağ yapısı içindeki işbirliği sayısı $U\alpha$ dan etkilenir. $\alpha \rightarrow 1$ 'e giderken işbirliği sayısı da artar.

Oluşturulacak ağ yapılarındaki üye sayısı ve işbirliği türünün kısmi ya da tam olması kararı verilirken bu tür adil dağıtım fonksiyonlarından faydalanılabilecektir.

DKV sistemleri birbirinden bağımsız işletmeler arasında kurulabilecek ağ yapılarında kullanılabileceği gibi, işletme içinde depo yönetimi gibi operasyonel işlemlerin yoğun olduğu alanlarda da kullanılabilmektedir.

Dauod, Yılmaz ve Yoon (2018) son müşteri talebini doğru yönetmek için depolama sisteminin rolünün önem kazandığını belirtmiştir. Talebi kısa zamanda karşılamak için işletmeler her türlü bozulmayı (sorunu) çözecek şekilde depolama operasyonlarını uyarlanabilir koordinasyon stratejileri ve politikalarla geliştirmelidir.

Müşteri taleplerinin iptal edilmesi, revize edilmesi gibi değişikliklerin çok fazla olduğu bir ortamda depolama sistemi çalışmaları bu değişikliklerden olumsuz etkilenmektedir. Depolama sisteminde yürütülen birçok operasyon insan gücüne dayalı olarak yani manuel olarak yürütülür. Malzeme çeki listeleri depo personeline verildikten sonra gelecek talep revizeleri işlerin daha uzun sürede ve çoğu zaman karışıklık gibi yanlış sonuçlarla tamamlanmasıyla son bulur. Bu da zaman kaybı ve işgücü maliyeti başta olmak üzere çeşitli maliyetlere ve verimsizliğe sebep olur.

Sipariş toplamaya ilişkin önerilen modellerin çoğu statik ortam şartları içinde düşünülmüş, bunlar depolama dinamiklerini (trafik sıkışıklığı, değişken servis süreleri) değerlendirmemişlerdir. Bu da depolama, gruplama ve yönlendirme kararlarında verimsizliğe yol açmıştır. Yapılan çalışmada toplayıcılar, toplam sipariş toplama zamanını

minimize etmek için işbirlikçi ağ yapısı içinde bilgi paylaşımı yapacak ve birlikte çalışacak şekilde modellenmiştir (Dauod ve diğerleri, 2018).





3. ATIK YÖNETİMİ

3.1. Atık Tanımı, Atıkların Sınıflandırılması ve Atık Yönetimi

Atık, üreticisi ya da elinde bulunduran gerçek ya da tüzel kişi tarafından çevreye bırakılan, atılan ya da atılması zorunlu olan maddeler olarak tanımlanmaktadır (URL-1). Atık için, kullanım ömrünü tamamlamış ve kullanıcıya orijinal hali gibi fayda sağlayamayacak hale gelmiş, bulunduğumuz ortamdan uzaklaştırmamız gereken maddeler de denilebilir.

Atık ve çöp kavramı birbiri ile karıştırılan kavramlar olup, atıklar içinde barındırdığı kağıt, cam, plastik vb. maddelerden arındırıldıktan sonra, bu maddeler çeşitli yöntemlerle geri dönüşümde kullanılabilir. Çöp ise, atıkların bu maddelerden arındırıldıktan sonra geriye kalan ve herhangi bir şekilde kullanılamayacak olan artık maddelerdir (URL-2).

Atıkları fiziksel durumlarına göre katı, sıvı ve gaz atıklar olarak üç sınıfta göstermek mümkündür. Sağlık kuruluşlarından veya evsel kullanımdan kaynaklanan ya da kanalizasyon suları gibi atıklar sıvı atıkları oluştururken, nükleer enerji santralleri, termik santraller ve fabrikalarda fosil yakıt kullanımı vb. sonucu oluşan ve bacalar vasıtasıyla salınan gazlar ise gaz atıkları oluşturur. Bu atıklar başta toprak, hava ve su olmak üzere hem çevre hem de insan sağlığı açısından ciddi tehlikeler barındırmaktadır (Karasu, 2013).

Katı atıklar ise oluştukları yere göre; evsel atıklar, tehlikeli atıklar, tarımsal ve hayvansal atıklar, endüstriyel atıklar, özel atıklar, tıbbi atıklar ve inşaat atıkları olarak sınıflandırılabilir (Gündüzalp ve Güven, 2016).

Atıkların oluşumunun önlenmesi, kaynağında azaltılması, yeniden kullanılması, kaynağında ayrı biriktirilmesi, toplanması, taşınması, ayrıştırılması, geri kazanımı, uygun yöntemle bertaraf edilmesi ve bunların sonunda izlenmesi, kontrol ve denetim faaliyetleri son derece önemli olup, atık yönetimi olarak tanımlanmaktadır (URL-1).

Ülkemizde katı atık yönetimi sorumluluğu kanunlarla belediyelere verilmiştir. 5393 sayılı Belediye Kanunu, belediyelerin katı atıkların yönetimi sürecindeki hizmetleri yapmak ya da yaptırmakla sorumlu olduğunu belirtmektedir.

Sanayi devrimi ile birlikte seri üretimin başlaması, teknolojik gelişmelerle beraber kitleler halinde üretilen ürünler ve insanların çoğunun bilinçsiz tüketimi sonucu oluşan atık miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle kentleşmenin hızla arttığı günümüzde evsel atıklar, endüstriyel atıklar ve inşaat atıklarının miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Bundan dolayı katı atıkların ayrıştırılması, toplanması ve atık yönetimi içindeki diğer faaliyetlerin entegre bir şekilde yönetilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Günümüzde atık yönetimi felsefesi, hızla tüketilmekte olan kıt kaynakların israfına engel olmak ve atığın çevresel, sağlık, ekonomik ve sosyal etkilerini azaltmak amacıyla oldukça önemli bir konudur. Atık üretimi evde ve endüstrinin çeşitli faaliyet alanlarında ortaya çıkmakta olup, atıkların toplanması, depolanması, bertarafı ve geri dönüşüm ya da enerji üretilmesi yoluyla ekonomiye, sosyal hayata ve çevreye etkileri en azlanmaya çalışılmaktadır.

Ülkemizde Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Belediye Atık İstatistikleri verilerine göre hazırlanan Çizelge 3.1’de atık hizmeti verilen toplam belediye nüfusu, toplanan atık miktarı ve kişi başına ortalama atık miktarı bilgileri yıllar bazında verilmiştir (URL-3, URL-4, URL-5, URL-6, URL-7). COVID-19 pandemisinden kaynaklı sokağa çıkma kısıtlamalarının uygulandığı 2020 ve 2021’de atık miktarının daha da artacağı öngörülmektedir. Pandemi nedeniyle insanların tüketim alışkanlıkları değişmek zorunda kalmış, özellikle temizlenip kullanılabilen havlu, çatal, kaşık gibi ürünler yerine tek kullanımlık ürünlerin tercih edilmesi zorunluluğu doğmuştur. Üretilen tıbbi atık miktarının da pandemi nedeniyle artış göstereceği düşünülmektedir.

Çizelge 3.1. Belediye atık istatistikleri

Yıl	Atık hizmeti verilen belediye nüfusu	Toplanan atık miktarı(ton)	Kişi başı toplanan ortalama atık miktarı(kg/kişi-gün)
2008	58 581 515	24 361 000	1,15
2010	61 571 332	25 276 698	1,14
2012	63 105 474	25 844 572	1,12
2014	70 843 913	28 010 721	1,08
2016	73 854 880	31 583 553	1,17
2018	75 952 539	32 209 222	1,16

Fayda sağlamayan ve artık insan ve çevre için istenilmeyen hale gelmiş olan bu maddeler başta insan sağlığı olmak üzere, çevre ve toplum hayatı için ciddi tehlikeler barındırmaktadır. Ayrıca geri dönüşüm ve geri kazanım sayesinde doğal kaynakların korunması, sürdürülebilir çevre şartlarının sağlanması açısından da atıkların yönetimi son derece önemlidir.

3.2. Atık Yönetimi Alanında Yapılan Çalışmalar

Ülkemizde ve dünyada katı atık yönetimi ile ilgili yapılan çalışmalar; bertaraf yöntemi seçimi, araç rotalama, atık yönetimi maliyetleri, ara depolama ya da düzenli depolama yer seçimleri, karbon emisyonu ve sera gazı salınımı, atıklardan enerji üretimi, atıkların insan ve çevre sağlığı üzerine etkileri, atık yönetiminde iş sağlığı ve güvenliği ve yasal düzenlemelerin atık yönetimindeki rolü gibi konular üzerinedir.

Çizelge 3.2’de bu çalışma kapsamında incelenen çalışmalar, çözüm yöntemleri ve amaç fonksiyonları verilmiştir.

Çizelge 3.2. Atık yönetimi alanında yapılan çalışmalar

Yazar	Çözüm Yöntemi	Amaç fonksiyonu
Or ve Curi (1993)	Karışık tamsayı programlama	Maliyet minimizasyonu
Chang ve Wang (1996)	Çok amaçlı karışık tamsayı programlama	Maliyet ve kirlilik minimizasyonu, hizmet seviyesi maksimizasyonu
Chang ve Lin (1997)	Karışık tamsayı doğrusal programlama	Maliyet minimizasyonu
Huang, Baetz, Patry (1998)	Gri doğrusal programlama	Maliyet minimizasyonu
Cheng, Chan, Huang (2003)	Karışık tamsayı doğrusal programlama	Maliyet minimizasyonu
Badran ve El-Haggar (2006)	Karışık tamsayı programlama	Toplam maliyeti minimize edecek toplama istasyonu yer seçimi
de Oliveira Simonetto ve Borenstein (2007)	Doğrusal programlama	Maliyet minimizasyonu
Arribas, Blazquez, Lamas (2009)	Kombinatoriyal optimizasyon ve CBS araçları	Toplama zamanı, taşıma ve operasyon maliyeti minimizasyonu
Ghiani, Laganà, Manni, Triki (2012)	Tamsayılı programlama	Toplam atık toplama merkezi sayısı minimizasyonu
Eiselt ve Marianov (2014)	İki amaçlı karışık tamsayılı programlama	Maliyet ve kirlilik minimizasyonu
Das ve Bhattacharyya (2015)	Karışık tamsayılı programlama	Maliyet minimizasyonu
Akbarpour Shirazi, Samieifard, Abduli, Omidvar (2016)	Doğrusal programlama	Kar maksimizasyonu
Habibi, Asadi, Sadjadi, Barzinpour (2017)	Çok amaçlı gürbüz (robust) optimizasyon modeli	Maliyet, sera gazı ve kirlilik minimizasyonu
Rathore ve Samrah (2019)	Matematiksel optimizasyon modeli ve CBS araçları	Maliyet minimizasyonu
Singh ve Satija (2019)	Doğrusal programlama	Maliyet minimizasyonu
Olapiriyakul, Pannakkong, Kachapanya, Starita (2019)	Çok amaçlı karışık tamsayılı programlama	Maliyet, ortalama arazi kullanımı ve sağlık etkilerinin minimizasyonu
Kudela vd. (2019)	Çok amaçlı iki aşamalı karışık tamsayılı programlama	Maliyet minimizasyonu
Mohsenizadeh, Tural, Kentel (2020)	Karışık tamsayılı doğrusal programlama	Maliyet minimizasyonu ve emisyon kontrolü
Sadmiria, Langanudi, Sani (2020)	Karışık tamsayılı doğrusal programlama	Maliyet minimizasyonu
Yousefloo ve Babazadeh (2020)	Karışık tamsayılı doğrusal programlama	Maliyet ve risk minimizasyonu

Khan ve Faisal (2008) çalışmasında katı atık bertaraf yöntemi seçimi için Analitik Ağ Süreci yöntemini kullanmıştır. AAS yöntemi kullanmalarının nedeni ise, bu yöntemin karar vericilere alternatifler arasından en uygun olanını vermesinin yanı sıra, en iyi alternatifin diğer seçeneklere göre neden tercih edildiğinin anlaşılmasını sağlamasıdır.

Arribas, Blazquez ve Lamas (2009) kötü tasarlanmış bir kentsel atık toplama sisteminin işgücü, operasyon ve taşıma maliyetleri ile birlikte trafik sıkışıklığı ve atıkların toplum ve çevre sağlığı üzerine olumsuz etkilerini ciddi boyutlara taşıyabileceğini belirtmişlerdir. Buradan yola çıkarak kombinatorial optimizasyon ve tam sayılı programlama ile coğrafi bilgi sistemleri araçlarını kullanarak atık toplama sürelerini ve taşıma ve operasyon maliyetlerini minimize etmeye yarayan bir model önermişlerdir. Bu sayede toplama rotaları, yeterli araç sayıları ve oluşacak maliyetlerle ilgili karşılaştırmalar ve duyarlılık analizi yapmışlardır. Önerilen metodoloji üç aşamada gerçekleşmekte olup ilk aşamada atık toplama kutularının kümelenmesi, araç taşıma kapasite kısıtı ve trafik yoğunluğuna göre yapılmaktadır. İkinci aşamada coğrafi bilgi sistemi ortamında topolojik bir yol ağı oluşturularak toplama süresi ve ziyaret noktaları ilk aşama sonuçlarına göre belirlenmektedir. Üçüncü aşama ise doğrusal tamsayılı programlama kullanılarak vardiya çalışma süresini geçmeyecek şekilde araç sayılarının minimize edilmeye çalışıldığı kısımdır. Çalışma sonuçlarına göre aylık maliyetlerin yaklaşık % 50 oranında azaldığını ve bununla beraber araç ve personel sayılarında azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Beliën, De Boeck ve Van Ackere (2014) araç rotalama problemi için literatür taraması yapmışlar, literatürde yer alan çalışmalardaki matematiksel model ve çözüm yöntemlerini, amaçları, kısıtları, kaynakları özetlemişlerdir. Literatürdeki çalışmaların amaç fonksiyonlarının büyük bir kısmının maliyet minimizasyonu, tesis yer seçimi ve araç tahsis kararı ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Kapasite, işgücü, talep, zaman, çevresel ve politik kısıtların ise çoğunlukla modellerde yer alan kısıtlar olduğu görülmektedir. Özellikle coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılmasının çalışmalardaki faydalarından bahsedilmiş ancak, çalışmaların yaklaşık üçte birinde bundan faydalandığını, coğrafi bilgi sistemlerinin akademik araştırmalarda henüz o kadar yaygın olarak benimsenmediğine dikkat çekmişlerdir. Yapılan araştırmaya göre değerlendirilen çalışmaların üçte biri Avrupa ülkelerinde yapılmış, buradan da gelişmiş ülkelerin atık yönetimi konusunda gelişmekte olan ülkelere göre daha bilinçli olduğu düşüncesine varılabilmektedir.

Eiselt ve Marianov (2014), katı atıklar için düzenli depolama yeri seçiminde kullanılmak üzere çok amaçlı karmaşık tamsayılı matematiksel model geliştirmişlerdir. Modelin iki amacı vardır. Bunlardan birincisi transfer merkezi ve düzenli depolama yeri kurulum sabit maliyetleri ile bu tesisler ile atığın olduğu yer arasındaki taşıma maliyetlerinin en küçüklenmesidir. Diğer amaç ise kirliliğin en küçüklenmesidir. Modelde kirliliğin hastalık etkisinin, kurulacak düzenli depolama tesisinin yerleşim bölgesine olan uzaklığının karesi ile orantılı olacak şekilde azaldığını gösteren bir ağırlıklandırma ifadesi kullanmışlardır. Aynı şekilde buraya gelecek atık miktarı arttıkça hastalık ve olumsuz etkilerinde doğrusal şekilde artacağını belirtmişlerdir.

Akbarpour Shirazi, Samieifard, Abduli ve Omidvar (2016), Tahran'daki mevcut katı atık yönetim sistemini optimize edecek bir doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Oluşturulan matematiksel modelin amacı; entegre sistemin tümünün karını maksimize etmek olup, elde edilecek gelir; geri dönüşüm ve atığın kaynağında ayrıştırılmasının faydası ile beraber biyogaz ve yakma tesislerinden elde edilen enerjinin satışı ve biyogaz ve kompost üretimi tesislerinde oluşacak kompostun satışından oluşmaktadır. Maliyetler ise atığın kaynağından aktarma tesislerine ve oradan ilgili diğer tesislere taşınması ve ilgili tesislerin kurulum maliyetlerinden oluşmaktadır. Modelin kısıtları genel olarak kapasite, akış denge ve çevre kirliliğidir. Model sonuçlarına göre 22 belediye bölgesi, 11 transfer merkezi ve 10 işleme tesisinden oluşan mevcut sisteme göre 10 transfer merkezi ve 6 işleme tesisinin yeterli olacağı görülmüştür.

Olapiriyakul, Pannakkong, Kachapanya ve Starita (2019) yaptıkları çalışmada sürdürülebilir katı atık yönetimi ağ tasarımı için çok amaçlı karmaşık tamsayılı matematiksel model geliştirmişlerdir. Burada amaçlar; maliyeti (bertaraf ve depolama tesisleri açma sabit maliyeti, operasyonel maliyetler, taşıma maliyetleri) , aday bölgeler için alan kullanım oranını ve taşıma ve tesislerin insan sağlığı üzerine etkilerini minimize etmeye yöneliktir. Sadece atık yönetimi ile ilgili maliyetler ya da sadece atığın toplum ve çevre sağlığı üzerine etkileri dikkate alınarak oluşturulan modellerin sürdürülebilir atık yönetimi için yetersiz olacağını öngörmüşlerdir.

4. TIBBİ ATIK YÖNETİMİ

4.1. Tıbbi Atık Tanımı ve Yasal Yükümlülükler

2 Nisan 2015 tarihli ve 29314 sayılı Resmi Gazete’de yer alan Atık Yönetimi Yönetmeliği’nde atıkların tanımı, atık yönetimi ile ilgili görev, yetki ve sorumluluklar, atık listesi, bertaraf yöntemleri ile çeşitli hükümler bulunmaktadır (URL-1).

Atıkların tümünün toplanması, ayrıştırılması ve bertarafı önemli olmakla birlikte, atık türleri içinde en önemlilerinden bir tanesi olan tıbbi atıklar toplum sağlığını ve özellikle bu atıkla doğrudan yüzleşen doktor, hemşire, temizlik personeli, tıbbi atık yönetiminde çalışan diğer ilgili personelleri doğrudan olumsuz etkileyebilmektedir. Toplandıktan sonra uygun bir yöntemle bertaraf edilmeyen tıbbi atıklar çevre ve halk sağlığı açısından da son derece tehlikeli olup, çeşitli bulaşıcı hastalıkların yayılmasına, enfeksiyona dayalı hastalıklara, kimyasal ve fiziksel hasarlara yol açabilmektedir (URL-9) .

Günümüzde tıbbi atıklar özellikle COVID-19 pandemisi nedeniyle toplumun tüm bireyleri tarafından üretilmekte ve diğer atıklar gibi gelişigüzel çöp kutularına atılmaktadır. Bu davranış tamamen yanlış olup, kullanılan maske, eldiven ve çeşitli koruyucuların bu atıklar için ayrılmış atık kutusu ya da kovalarına atılması gerekmektedir.

25 Ocak 2017 tarihli 29959 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, tıbbi atık yönetimi ile ilgili tanımlamaları, ilgili kuruluşların görev, yetki ve sorumluluklarını, tıbbi atıkların ayrılması, toplanması, taşınması ve geçici depolanması ile ilgili hükümleri, tıbbi atıkların işlenmesini ve çeşitli hükümleri içermektedir.

2017 yılında yayınlanan Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’ne göre tıbbi atık ve ilgili diğer atık tanımları aşağıda verilmiştir.

Tıbbi atık: Enfeksiyon yapıcı atıkları, patolojik atıkları ve kesici-delici atıkları,

Enfeksiyon yapıcı atık: Enfeksiyon yapıcı etkenleri taşıdığı bilinen veya taşınması muhtemel; başta kan ve kan ürünleri olmak üzere her türlü vücut sıvısı, insan dokuları, organları, anatomik parçaları, otopsi materyali, plasenta, fetus ve diğer patolojik materyali, bu tür materyal ile bulaşmış eldiven, örtü, çarşaf, bandaj, flaster, tamponlar, eküvyon ve benzeri atıkları, karantina altındaki hastaların vücut çıkartılarını, bakteri ve

virüs tutucu hava filtrelerini, enfeksiyon yapıcı ajanların laboratuvar kültürlerini ve kültür stoklarını, enfekte hayvanlara ve çıkartılarına temas etmiş her türlü malzemeyi, veterinerlik hizmetlerinden kaynaklanan atıkları,

Kesici-Delici atık: Enjektör ve diğer tüm tıbbi girişim iğneleri, lanset, kapiller tüp, bisturi, bıçak, serum seti iğnesi, cerrahi suture iğneleri, biyopsi iğneleri, intraket, kırık cam, ampul, lam-lamel, kırılmış cam tüp ve petri kapları gibi batma, delme, sıyrık ve yaralanmalara neden olabilecek atıkları,

Genotoksik atık: Hücre DNA'sı üzerinde mutasyon yapıcı, kanserojen veya insan ya da hayvanda düşüğe neden olabilen türden farmasötik ve kimyasal maddeleri, kanser tedavisinde kullanılan sitotoksik (antineoplastik) ürünleri ve radyoaktif materyali ihtiva eden atıklar ile bu tür ajanlarla tedavi gören hastaların idrar ve dışkı gibi vücut çıkartılarını,

Patolojik atık: Cerrahi girişim, otopsi, anatomi veya patoloji çalışması sonucu ortaya çıkan dokuları, organları, vücut parçalarını, vücut sıvılarını ve fetusu

ifade etmektedir (URL-8).

Tıbbi atıkların neden olduğu çevresel kirlenme ve bozulmadan kaynaklanan zararlardan dolayı tıbbi atığın toplanması, taşınması, geçici depolanması ve bertarafı faaliyetlerinde bulunanlar sürecinden tamamından sorumlu tutulmakta ve sorumluların bu faaliyetler sonucu meydana gelen zararlardan dolayı genel hükümlere göre de tazminat sorumluluğu saklı olduğu belirtilmektedir (URL-8).

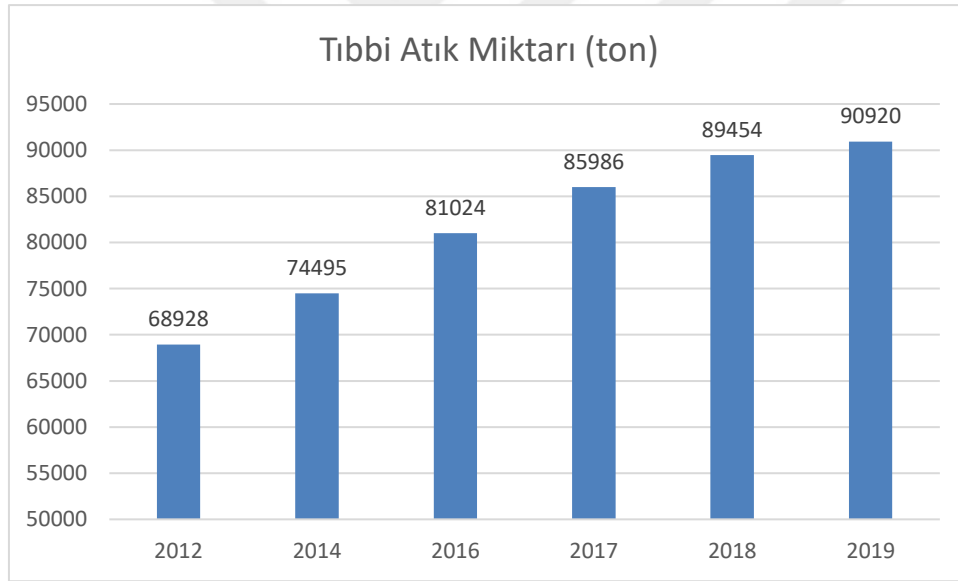
Büyükşehirlerde büyükşehir belediyeleri, diğer yerlerde belediyeler tıbbi atık yönetim planı hazırlamak ve uygulamakla, tıbbi atıkları kaynağından alarak tıbbi atık işleme tesisine taşımak/ taşıtırmakla, taşınan bu atıkların bertaraf edilmesini sağlamak/ sağlattırmakla, tıbbi atık işleme tesisi çevre lisansı almak/ aldirmek ve bu tesisi işletmek/ işlettiirmekle yükümlüdürler. Ayrıca tıbbi atık yönetiminde görevli olan personelin eğitimini sağlamak, kişisel koruyucu donanımını temin etmek, gerekli sağlık kontrollerini yaptırmak ve taşınan, sterilize edilen ya da bertaraf edilen tıbbi atık miktarlarını kayıt altına almakta belediyelerin görevleri arasındadır (URL-8).

Tıbbi atık işleme tesisi atık taşımakla görevli personeli, özel donanımlı tıbbi atık taşıma aracı ile il merkezi ve ilçe belediyelerinde oluşan tıbbi atıkları toplayarak tesise getirir. Bu tesisin arızalanması, kapasitesinin yetersiz kalması vb. nedenlerden dolayı, tıbbi atıklar başka bir ildeki tesise gönderilebilir. Bunu gerçekleştirebilmek için söz konusu iki ilin il müdürlüğünün uygun görüşü yanına, yine iki ilin mahalli çevre kurulunda olumlu karar

alınmasıyla birlikte ilgili belediye ile sözleşme yapılması gerekmektedir. Benzer şekilde, işleme tesisinde bir haftayı aşan duruş, arıza ya da bakım durumunda da toplanan tıbbi atıklar, yine il müdürlüğüne bilgi verilerek, en yakın ve kapasitesi en uygun tıbbi atık işleme tesisine gönderilebilir (URL-8).

4.2. Tıbbi Atık Üreticileri ve Yükümlülükleri

Ülkemizdeki sağlık kuruluşlarından toplanan tıbbi atık miktarı yıllara göre Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu Tıbbi Atık İstatistikleri’nden elde edilen verilere göre üretilen tıbbi atık miktarı her yıl artmaktadır (URL-10, URL-11, URL-12, URL-13, URL-14). COVID-19 pandemisi nedeniyle bu artışın özellikle 2020 ve 2021’de daha da fazla olacağı düşünülmektedir.



Şekil 4.1. Tıbbi atık miktarları

Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (URL-8)’ne göre tıbbi atık üreticileri aşağıdaki gibidir;

- 1) Üniversite hastaneleri ve klinikleri
- 2) Genel maksatlı hastaneler ve klinikleri
- 3) Doğum hastaneleri ve klinikleri
- 4) Askeri hastaneler ve klinikleri
- 5) Toplum sağlığı merkezleri, aile sağlığı merkezleri, dispanserler ve benzeri birinci basamak sağlık kuruluşları
- 6) Diğer sağlık merkezleri, tıp merkezleri

- 7) Ayakta teşhis ve tedavi hizmeti veren merkezler
 - 8) Diyaliz merkezleri
 - 9) Morglar ve otopsi merkezleri
 - 10) Tıbbi ve biyomedikal laboratuvarlar
 - 11) Biyoteknoloji laboratuvarları ve enstitüleri
 - 12) Mikrobiyoloji laboratuvarları
 - 13) Tıbbi araştırma merkezleri
 - 14) Kan bankaları ve transfüzyon merkezleri
 - 15) Acil yardım ve ilk yardım merkezleri
 - 16) Ambulans hizmetleri
 - 17) Rehabilitasyon merkezleri
 - 18) Fizik tedavi merkezleri
 - 19) Sağlık hizmeti verilen diğer sağlık kuruluşları (doktor muayenehaneleri, diş ve ağız sağlığı muayenehaneleri ve benzerleri)
 - 20) Bakımevleri ve huzurevleri
 - 21) Hayvan hastaneleri
 - 22) Hayvanlar üzerinde araştırma ve deneyler yapan kuruluşlar
 - 23) Veteriner kontrol ve araştırma enstitüleri
 - 24) Veteriner poliklinikleri ve muayenehaneleri
 - 25) Hayvanat bahçeleri
 - 26) Akupunktur merkezleri
 - 27) Evde yapılan tedavi ve hemşire hizmetleri
 - 28) Güzellik, kulak delme ve dövme merkezleri
 - 29) Eczaneler
- Bu listede yer almayan ancak faaliyetleri sonucu tıbbi atık oluşumuna neden olan kişi, kurum ve kuruluşlar.

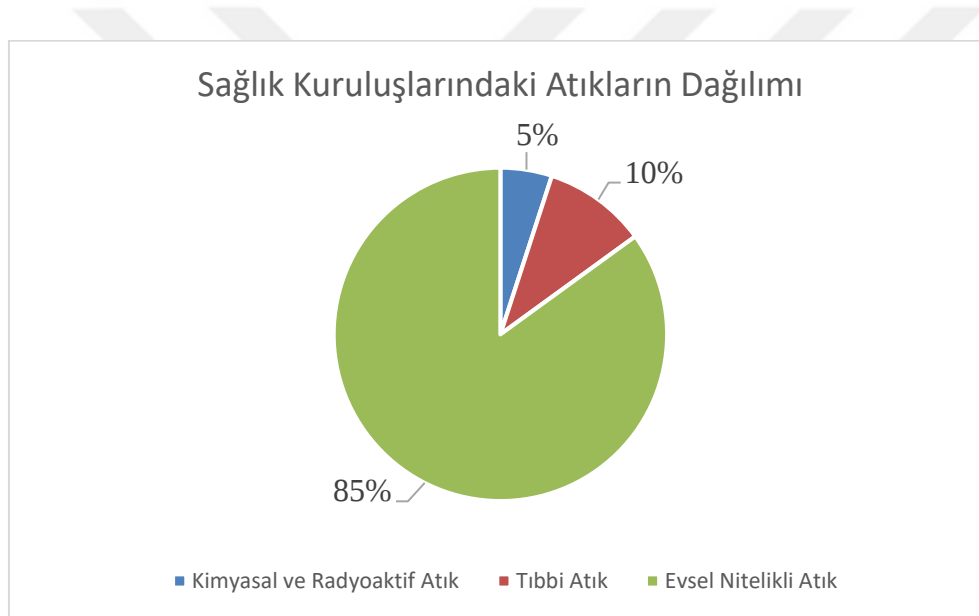
Bu listede yer alan kuruluşlar sadece tıbbi atık üretmemekte, ayrıca evsel nitelikli atık, ambalaj atığı, tehlikeli atıklar ve radyoaktif atıklar da üretmektedir. Bu atıkların her biri ilgili yönetmeliğe göre kaynağında ayrı toplanmalı ve birbiri ile karıştırılmamalıdır. Öyle ki tıbbi atıkla temas eden evsel nitelikli ya da ambalaj atığı da tıbbi atık olarak kabul edilmekte ve ilgili yönetmelik gereği işlemler yapılması gerekmektedir.

Sağlık kuruluşları ve diğer tıbbi atık üreticileri atığı kaynağında en aza indirecek sistemi kurmakla, tıbbi atıkların ilgili belediye tarafından toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi için o belediye ile protokol yapmakla, kurumda oluşan diğer atıkları (evsel nitelikli, tehlikeli, ambalaj, radyoaktif atıkları) birbiriyle karışmayacak şekilde kaynağında ayrı toplamakla yükümlüdürler. Tıbbi atıkların kurum içinde taşınması, geçici depolanması ya da kaza anında yapılması gerekenlerle ilgili tıbbi atık yönetim planı hazırlamalı, bu işle ilgili çalışan personeli eğitmeli, bağışıklamalı, en geç altı ayda bir sağlık kontrolünden geçirmeli ve işle ilgili gerekli koruyucu ekipmanları temin ederek kullanılmasını sağlamalıdır. Tıbbi atıkların toplanması, bertarafı ve taşınması için gerekli olan harcamayı karşılamak ve üretilen tıbbi

atık miktarı bilgilerini kayıt altına almakta ilgili sağlık kuruluşu ya da tıbbi atık üreticisinin yükümlülükleri arasındadır. Bunların dışında geçici depolama, tıbbi atıkların sağlık kuruluşu içinde taşınması, kullanılacak torba, konteyner/ kova vb. konularla ilgili yükümlülükleri de bulunmaktadır (URL-8).

4.3. Tıbbi Atıkların Zararları

Sağlık kuruluşlarında üretilen atıkların dağılım oranları, Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre Şekil 4.2’de gösterildiği gibi olup, tıbbi atıkların tüm atıklara oranı % 10 kadardır. Oranın az olması bu atıkların insan sağlığı için tehlikeli olmadığı anlamına gelmemektedir.



Şekil 4.2. Sağlık kuruluşlarında üretilen atıkların dağılımı

Güvenli Tıbbi Atık Tıbbi Yönetimi (2013)’ne göre atıkların sağlık etkileri aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Tıbbi atıklar enfeksiyona neden olabilecek patojenler içerir.
- Canlı kalıtsal yapısında değişikliklere yol açabilir.
- Zehirli ya da tehlikeli kimyasal maddeler barındırır.
- Radyoaktif madde barındırabilir.
- Kesici ve delici gibi fiziksel hasarlara sebep olma özelliği taşır.
- Enfekte atıkların barındırdığı patojenler batma, kesi, inhalasyon, sindirim vb. yolla insana bulaşabilir.

Kan ile kontamine olmuş şırınga iğneleri vasıtasıyla HIV, Hepatit B ve Hepatit C virüslerinin bulaşmasındaki etkenlerden biri şüphesiz tıbbi atıklardır. Kesicilerin de buna benzer şekilde patojenlerle kontamine olması batmalar ya da kesikler yoluyla enfeksiyonlara yol açabilmektedir. Çeşitli kimyasal dezenfektanlara direnç gösterebilen bakteriler de insan ve çevre sağlığı için risk oluşturmaktadır (URL-15).

Tıbbi atıklar sadece sağlık kuruluşu içinde çalışan doktor, hemşire, diğer sağlık kuruluşu personeli değil, sağlık kuruluşu dışında yaşayan insanları da doğrudan olumsuz etkileme potansiyeline sahiptir. Tıbbi atıkların kurum içinde taşınmasında görevli olanlar, bu atıkları alan sorumlu belediye personeli, atıkları bertaraf eden tesis çalışanları bu atıklarla temas riski yüksek olan kişilerdendir. Bu yüzden bu atıkların kaynağında ayrı toplanması, geçici depolanması, taşınması ve bertarafı, yani sürecin tamamı kontrollü ve güvenli bir şekilde yürütülmelidir. Ayrıca bu atıkların doğrudan hava, su ve toprağa karışması çevrenin kirlenmesine sebep olabilmektedir. Çevrenin kirlenmesi de halk sağlığını olumsuz etkilemektedir.

4.4. Tıbbi Atık Bertaraf Yöntemleri

Tıbbi atık bertaraf yöntemleri genel olarak aşağıdaki gibidir;

- Yakma teknolojileri (yakma, piroliz, gazifikasyon)
- Mikrodalga ile ısınlama
- Kimyasal dezenfeksiyon
- Buhar ile sterilizasyon (rotoklav, hidrokav, kuru ısı ile sterilizasyon, otoklav ile sterilizasyon) (Esmen, 2016).

Tıbbi atık bilgileri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tehlikeli Atık Beyan Sistemi (TABS)'ne gerçekleştirilen beyanlardan oluşmaktadır. Ayrıca Bakanlık ve TÜİK arasında yapılan işbirliği kapsamında tıbbi atık istatistikleri oluşturulmaktadır.

Çizelge 4.1'de Türkiye'de 2012 ve 2019 yılları arası TÜİK raporlarından elde edilen tıbbi atık bertaraf yöntemlerine ilişkin bilgiler verilmiştir (URL-10, URL-11, URL-12, URL-13, URL-14). Dünyada ve ülkemizde çevre ve halk sağlığına etkisi en az olan yöntemler mevcut coğrafi koşullar, maliyetler vb. faktörler dikkate alınarak seçilmekte, ülkemizde de özellikle

2017 yılı ve sonrasında Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (URL-8) gereğince tıbbi atıkların sterilize edilmeden bertaraf edilmesinin yasaklandığı görülmektedir. İlgili yönetmeliğe göre tıbbi atıklar yakılarak ya da sterilize edilerek evsel atık depolama yani düzenli depolama sahalarında depolanarak bertaraf edilmeye başlanmıştır.

Çizelge 4.1. Bertaraf yöntemine göre tıbbi atık miktarları

Yıl	Sağlık kuruluşu sayısı	Tıbbi atık miktarı (ton)	Sterilize edilerek depolama alanlarında bertaraf edilen (ton)	Yakma tesisinde bertaraf edilen (ton)	Sterilize edilerek belediye çöplüğünde bertaraf edilen (ton)	Sterilize edilmeden belediye çöplüğünde/düzenli depolama sahasında bertaraf edilen (ton)
2012	1449	68929	31697	5745	11218	20264
2014	1498	74495	40161	7515	16313	10505
2016	1527	81024	54440	12566	14013	6
2017	1525	85987	75350	10637		
2018	1550	89454	82559	6895		
2019	1524	90920	83015	7905		

Esmen (2016), bertaraf yöntemlerinin karşılaştırmasını aşağıdaki Çizelge 4.2’de özetlemiştir.

Çizelge 4.2. Bertaraf yöntemleri karşılaştırılması (Esmen, 2016)

İşleme Teknolojileri	Buhar Sterilizason Otoklav	Buhar Sterilizason Hidroklav	Mikrodalga	Yakma	Kimyasal
Açıklama	Buharla sterilizasyon (doğrudan ısıtma)	Buharla sterilizasyon (dolaylı ısıtma) ve eş zamanlı parçalama ve susuzlaştırma	Önceden parçalanmış atığın mikrodalga ile ısıtılması	Yüksek sıcaklıkta yakma	Önceden öğütülmüş atığın klor veya kireç gibi kimyasallarla karıştırılması
Sterilazasyon	Orta	Orta	Orta	Yüksek (mikroorganizmalar tamamen yok edilir)	Klorun ve kirecin yoğunluğuna ve atık içerisinde dağılımına bağlı
Yatırım Maliyeti	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	Orta
İşletme Maliyeti	Düşük	Orta	Yüksek	Yüksek	Orta
Kalifiye Personel İhtiyacı	Düşük kalifiye personel ihtiyacı	Düşük kalifiye personel ihtiyacı	Otomatik ancak sistemin karmaşık olması nedeniyle Yüksek kalifiye personel ihtiyacı	Yüksek kalifiye işletme ve bakım personeli ihtiyacı	Kimyasal seviyesi ve öğütücünün kontrolü için Yüksek kalifiye personel ihtiyacı
Gaz Emisyonları	Kokulu ancak toksik değil	Kısmen kokulu ancak toksik değil	Kısmen kokulu ancak toksik değil	Çok toksik olabilir	Bazı klor emisyonları
Sıvı Emisyonlar	Kokulu ancak steril	Kokulu ancak steril	İhmal edilebilir	Yok	Yok
Sterilize Edilmiş Atık Özellikleri	Nemli tüm atık bileşenleri tanınabilir durumda	Susuzlaşmış ve parçalanmış atık, atık bileşenleri tanınmaz durumda	Parçalanmış ancak ıslak atık	Kül curuf, toksik madde içerebilir	Parçalanmış ıslak atık, dezenfeksiyon için kullanılan kimyasalları içerir

Bertaraf yöntemi maliyetleri öncelikle kullanılacak bertaraf teknolojisine bağlı olmakla beraber, ekipman, tesis yeri, tesis yatırım, inşaat, tesis işletim, lisans vb. maliyetlere bağlı olarak oluşmaktadır. Uygun bertaraf yöntemi seçiminde ayrıca tıbbi atığın bertaraf işleminden sonra hacimsel azalması, çevreye etkisi, personelin adaptasyonu, sağlık ve güvenlik risklerinin az olması da seçimi etkileyen diğer faktörler olarak sıralanabilir.

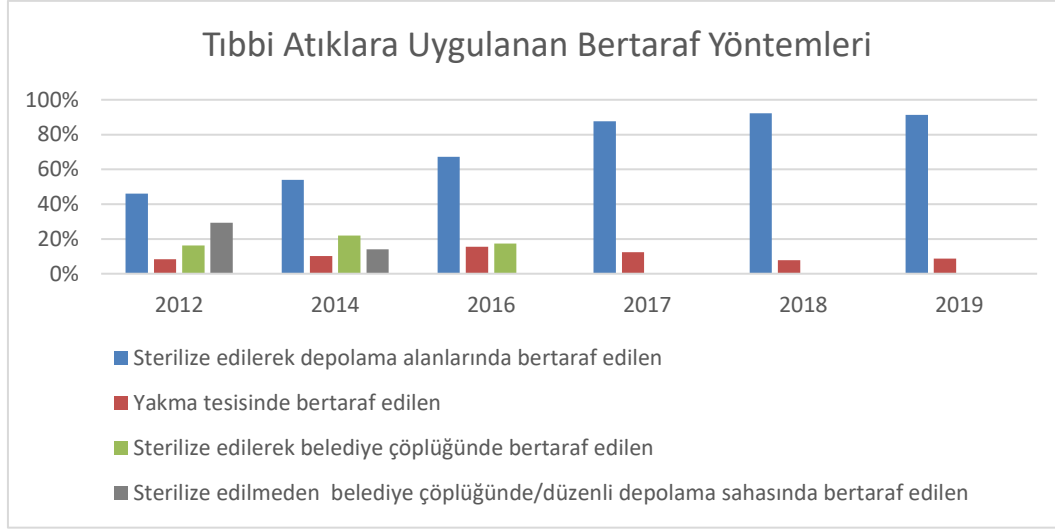
Çizelge 4.3'te bertaraf yöntemlerinin kapasite, tahmini sermaye ve işletim maliyetleri verilmiştir (Diaz ve Savage, 2003).

Çizelge 4.3. Bertaraf yöntemleri maliyet tahminleri (Diaz ve Savage, 2003)

Yöntem	Kapasite (kg/saat)	Sermaye Maliyeti (US \$*1000)	İşletme Maliyeti (US \$/kg)
Otoklav	23-3600	30-1780	0,13-0,36
Kimyasal Bertaraf	11-6800	20-890	0,15-2,2
Mikrodalga	23-410	70-710	0,10-0,42
Yakma (Hava kirliliği denetimli yüksek teknolojiye sahip)	250-4000	120-6000	0,15-0,30

Yatırım ve işletme maliyetlerinin düşük olması, uzun ömürlü olması, çevre kirliliği açısından daha zararsız oluşu, düşük nitelikli kalifiye personelle çalıştırılabilir olması, kontrol ve işlem süreçlerinin takibinin kolay olması nedeniyle otoklav yöntemi diğer bertaraf yöntemlerine göre daha avantajlı görülmektedir (Esmen, 2016). Ancak bu yöntemde kullanılacak teknoloji yurtdışından geldiği için bakım ve arıza durumlarında maliyetleri yüksek olabilmektedir. Bundan dolayı tıbbi atık tesisi işleten belediye ya da özel firmalar yerel çözümlerle bu maliyetleri olabildiğince azaltmaya çalışmaktadırlar.

Şekil 4.3'te 2012 ve 2019 yılları arasında ülkemizde tıbbi atıklara uygulanan bertaraf yöntemlerinin dağılımı verilmiştir. 6. Türkiye Çevre Durum Raporu'na göre Türkiye'de faaliyet gösteren tıbbi atık sterilizasyon tesisi sayısı 2020 yılı itibariyle 64'tür. Bunların dışında 3 tane de yakma tesisi bulunmaktadır (URL-9).



Şekil 4.3. Ülkemizde uygulanan bertaraf yöntemleri

Esmen (2016), tıbbi atık sterilizasyon tesislerinin maliyetlerinin aşağıdakilerden oluştuğunu belirtmiştir;

- Tıbbi atık taşıma maliyeti
- Personel maliyeti
- Tesis işletme maliyeti
- Bakım-onarım maliyeti
- Sabit maliyetler
- Diğer maliyet kalemleri
- Amortisman giderleri

Tıbbi atık taşıma maliyeti sadece lojistik maliyetinden oluşmamakta, lisanslı tıbbi atık taşıma aracı amortismanını, gerekli sigorta ve danışmanlık hizmetlerini, iş sağlığı ve güvenliği nedeniyle kullanılacak ekipman maliyetlerini de içermektedir. Aylık sabit giderler içerisinde belediyeye verilecek olan cirodan pay ve yer kirası gibi giderler bulunmaktadır. Diğer işletme giderleri ise tesisin sigortası, lisanslar, çevre danışmanlık ve işletmeci karı gibi kalemlerden oluşmaktadır (Esmen, 2016).

Tıbbi atık sterilizasyon tesislerinin geliri ise, atık üreticisinden elde ettiği atık işleme geliridir. Bu gelir illerin Mahalli Çevre Kurulları tarafından belirlenmektedir (URL-16).

Çeşitli illerde kurulan sterilizasyon tesislerinin kapasiteleri birbirinden farklı olmakla beraber çoğunluğu mevcut ihtiyacın çok üzerinde kapasiteye sahiptir. Var olan tıbbi atık istatistiklerine göre her yıl oluşan tıbbi atık miktarı artmaktadır. Bu nedenle sterilizasyon tesisleri de gelecekteki talebi karşılayacak şekilde kapasite yeterliliğinin sağlanması amacıyla mevcut ihtiyacın üzerinde bir kapasiteye sahip olacak şekilde kurulmuştur.

Türkiye’de kurulan sterilizasyon tesislerinin toplam kapasitesinin yaklaşık 200 000 ton olduğu ve 2019 yılında yaklaşık 91 000 ton tıbbi atığın sterilize edilerek bertaraf edildiği düşünüldüğünde, toplam kurulu kapasitenin yaklaşık % 45’i kullanılmaktadır. Yani hemen hemen her tesisin hizmet verdiği il ya da iller için yeteri kadar kapasitesi bulunmaktadır (Delioğlu, 2019).

4.5. Tıbbi Atık Yönetimi Alanında Yapılan Çalışmalar

Tıbbi atık yönetimi, katı atık yönetiminde olduğu gibi benzer süreçlere sahip olup, aradaki fark olarak tıbbi atığın doğasından gelen tehlikeler ve bertaraf yöntemi farklılıkları gösterilebilir. Tıbbi atıkların kendine özgü tehlikesinden dolayı bunların kaynağında azaltılması, depolanması, sağlık kuruluşu ya da buradan bertaraf tesisine taşınması sırasında yapılması gerekenler de son derece önemlidir.

Çok geniş bir literatüre sahip olan katı atık yönetiminde yapılan çalışmaların büyük bir kısmı tıbbi atık yönetiminde de yapılmış olup, bunlar genel olarak kanun ve yönetmeliklerin uygulamaya etkisi, çok kriterli karar verme yöntemleri ile tesis yeri seçimi, taşıma ve lojistikle ilgili kurulan matematiksel modeller, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili çalışmalar, çeşitli istatistiksel analizlerdir.

COVID-19 pandemisi nedeniyle dikkatlerin daha fazla üzerine yöneltildiği tıbbi atık yönetimi konusunda son iki yılda yapılan çalışmaların yoğunlaştığı görülmektedir. Özellikle kapasite yeterliliği, tesis yeri seçimi, taşıma ve operasyon maliyetleri ile birlikte tıbbi atıkların virüs yayılımına sebep olmayacak şekilde hızla bertaraf edilmesi önem kazanmıştır.

Hsu, Wu ve Li (2008) Tayvan’daki hastanelerin en uygun tıbbi atık bertaraf şirketini seçebilmesi için AHP tabanlı bir yöntem kullanarak yaptıkları çalışmada, bu yöntemin öznel değerlendirme yöntemlerinden daha verimli bir yol sunduğunu ve hastaneler için potansiyel

riskleri azalttığını belirtmişlerdir. Yaptıkları analiz çalışması ile hastanelerin eşleştirme derecesi, yüklenicinin nitelikleri, yüklenicinin hizmet kapasitesi, yüklenicinin ekipmanı ve ekonomik faktörlere göre en uygun tıbbi atık firmasını seçtiğini değerlendirmişlerdir.

Alagöz ve Kocasoy (2008) İstanbul için toplama ve taşıma sisteminin optimizasyonu üzerine yaptıkları çalışmada sağlık kuruluşlarının geçici depolama odalarından sağlık hizmeti atıklarının toplanması, toplanan bu atıkların nihai bertaraf alanlarına kadar ulaşması ve mevcut ve önerilen optimum taşıma yollarının maliyet-fayda analizlerini incelemiş ve verimlilik ve ekonomi açısından en uygun güzergahları belirlemişlerdir. Çizelgeleme ve rota optimizasyon problemini çözmek için özel yazılım programları olan MapInfo ve Roadnet kullanmışlardır. Program için hastane lokasyonlarının coğrafi kodları, oluşan tıbbi atık miktarı, yükleme ve boşaltma işlem süreleri ve kullanılan atık toplama araçlarının kapasite bilgilerini dikkate almışlardır.

Shi (2009) çalışmasında tıbbi atıkların barındırdığı risklerden dolayı önemli olduğunu belirtmiş ve bu atıkların geri dönüşümü ve bertarafı için tersine lojistiğin önemine vurgu yapmıştır. Çalışmada tersine lojistiğin temel teorileri kullanılarak karmaşık tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Önerilen modelde maliyet minimizasyonu ile açılması gereken toplama ve işleme merkezi kararları ile taşınacak atık miktarları belirlenmiştir.

Varınca, Esmen ve Avşar (2011), atık miktarının bertaraf teknolojisi seçiminde ve haliyle sistemin ve sürecin maliyetinde doğrudan etkili olduğunu belirttikleri çalışmada, Sakarya’da inşa edilen ve Bolu ve Düzce ile birlikte üç ilin tıbbi atıklarını bertaraf eden tesisin toplama, taşıma ve bertaraf adımlarını analiz etmişlerdir. Birim atık başına düşen bertaraf maliyetinin, o ildeki atık miktarı az olduğunda artacağını ve Sakarya’da kurulan bu tesisin Bolu ve Düzce illerinin tıbbi atıklarını işlemesi ile sistemin sürdürülebilirliğini olumlu yönde etkilediğini analiz etmişlerdir.

Güvez, Dege ve Eren (2012) Kırıkkale ilindeki tıbbi atıkların toplanmasına ait sürecin optimizasyonu üzerinde çalışmışlardır. Tıbbi atık toplama aracının sağlık kuruluşlarından atıkların toplanması ve tesise getirilmesi için en uygun rotasının en düşük taşıma maliyeti ile belirlenmesi için tamsayılı programlama modeli oluşturmuşlardır.

He, Li ve Fang (2016) Çin'deki tıbbi atık yönetimi sürecini ele aldıkları çalışmada Çin'in son yıllarda büyük başarılar elde ettiğini, çalışmaların genellikle politika ve düzenlemelere, işleme teknolojisi, sınıflandırma ve ambalajlama üzerine yoğunlaştığını belirtmiştir. Ancak maliyet oranı ve riskin yüksek olduğu toplama sürecinin göz ardı edildiğini, bundan dolayı toplama sürecinde maddi kayıpların ve kazaların olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada bu noktayı önemli görerek, atığın yapısını ve akışını içeren bir toplama ağı üzerinde durmuşlardır. Araç rotalama problemi ile maliyetin yanında, tıbbi atıkların tehlikesinden dolayı taşıma kaynaklı riski de minimize edecek şekilde matematiksel model oluşturmuşlardır.

Mantzaras ve Voudrias (2017) çalışmasında tıbbi atıklar için toplama, taşıma, aktarma, işleme ve bertaraf sisteminin maliyetini en aza indirecek bir optimizasyon modeli geliştirmiştir. Model, arıtma tesislerinin ve transfer istasyonlarının optimum konumlarını, tasarım kapasitelerini, tüm atık toplama, taşıma ve aktarma araçlarının sayısı ve kapasitelerini ve optimum taşıma yolunu ve minimum tıbbi atık yönetim sistemi maliyetini hesaplamaktadır. Modeli genetik algoritmaların kullanımına dayanan Evolver ve Monte Carlo simülasyonuna dayanan Kristal Küre adlı iki farklı yazılımda çalıştırmışlar ve sonuçları karşılaştırılarak sonuçların daha yüksek güvenilirlik ve geçerliliğini sağlamışlardır.

Kargar, Paydar ve Safaei (2020) insan ve çevre sağlığına yönelik risklerinden dolayı tıbbi atıkların toplanmasının etkili ve güvenilir bir tıbbi atık ters tedarik zinciri tasarımı ile gerçekleştirilebileceğine vurgu yapmışlardır. Daha önce yapılan çalışmalarda yalnızca üretilen atık miktarının dikkate alındığını ve ters tedarik zinciri yapısındaki parametrelerden ve tıbbi atık miktarındaki belirsizliklerden bahsedilmediğini belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada tıbbi atık tersine tedarik zinciri tasarlamak için belirsizlik altında bir doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Önerdikleri model çok ürünlü, çok dönemlidir. Model çok amaçlı bir yapıda olup, bu amaçlar; toplam maliyeti minimize etmek, en iyi bertaraf teknolojisini seçmek ve depolanması gereken tıbbi atık miktarını en aza indirmektir.

Valizadeh, Hafezalkotob, Alizadeh ve Mozafari (2021) çalışmalarında, COVID-19 salgını sırasında bireyler ve hastaneler tarafından üretilen bulaşıcı atıkların toplanmasındaki riskleri en aza indirmek ve sokağa çıkma yasağı olan dönemlerde halkın ihtiyaçlarının devlet tarafından etkin bir şekilde karşılanmasını sağlamak için gürbüz (robust) bir lider-takipçi

matematiksel modeli yaklaşımı geliştirmişlerdir. Atıkların toplanması ve yardımların dağıtılması sürecinin hızlı ve güvenli bir şekilde yapılabilmesi için geçici istasyonlar kurulmasını önermişlerdir. Stokastik bir programlama yaklaşımı uygulayarak, salgının ciddiyetine bağlı olarak dört olası senaryo incelemişler, çözüm yaklaşımı olarak Benders ayrıştırma yöntemini Karush-Kuhn-Tucker koşullarıyla birleştirmişlerdir. Deneysel çalışma sonuçlarına göre önerdikleri modelin yöneticilere atık yönetimi konusunda yol gösterdiğini, bu sayede maliyetlerin ve tıbbi atık kaynaklı enfeksiyon yayılması riskinin en aza indirilebileceğini belirtmişlerdir.

Yousefi ve diğerleri (2021) COVID-19 salgınının atık bileşimi, atık yönetimi ve hastalıkların yayılması üzerindeki etkilerini analiz etmek için yaptıkları araştırmada, 2019-2021 yılları arasında yayınlanan makaleler arasından COVID-19 salgını sırasında miktar ve atık yönetimi hakkında bilgi içeren 56 makaleyi incelemişlerdir. COVID-19 salgınının tıbbi atıkların miktarı ve bileşiminde değişikliğe neden olduğunu ve ayrıca atık bileşenlerinin yönetim faaliyetlerini ve atık üretim kaynaklarını değiştirdiğini, bundan dolayı atık geri dönüşümü, tıbbi atık yönetimi, miktarı ve katı atık bileşimi üzerinde önemli etkilere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumun kavranması ile birlikte, katı atık yönetiminin daha verimli bir şekilde planlamasının sağlanması ve atık yoluyla virüsün bulaşma riskini azaltmaya yardımcı olabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Mohamed Faizal, Jayachitra, Vijayakumar ve Rajasekar (2020) tıbbi atıkların insan ve çevreye zararlı etkilerinden dolayı güvenli ve zamanında imha edilmesi gerektiğini belirterek özel çok uzmanlıklı bir hastanede tıbbi atıkların toplanma zamanını optimize etmek için araç rotalama modeli önermişlerdir. Önerilen modeli Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritması kullanarak çözmüşlerdir. Optimize edilmiş araç rotalarının zaman gecikmesini tamamen ortadan kaldırdığını ve buna ek olarak tıbbi atıkları toplamak için harcanan sürenin % 42 oranında azaldığını belirtmişlerdir.

Sangkham (2020) COVID-19 pandemisi ile birlikte kullanılan koruyucu maske ve üretilen tıbbi atığın miktarını tahmin etmeye yönelik yaptığı çalışmasında sadece bu atıkların değil, evsel katı atıkların ve plastik atıkların da miktarında artış olacağını belirtmiş ve tıbbi atıkların bertarafında mevcut tesislerin kapasite yetersizliği yaşamasına yol açabileceğini belirtmiştir. Pandeminin hastaneler, topluluk konutları ve halka açık alanlarda çevreye yayılma riskini azaltmak için tıbbi atık yönetiminin standardizasyonu, prosedürleri,

yönergeleri ve katı bir şekilde uygulanmasının dikkatlice düşünülmesi gerektiğini vurgulamıştır.





5. TIBBİ ATIK YÖNETİMİNDE DAĞITIK KARAR VERME UYGULAMASI

Tıbbi atıkların bertarafı çeşitli çevresel ve sağlık etkileri yönünden son derece önemli bir konudur. Tıbbi atıkların yönetimi ile ilgili yönetmelikler ve bu alanda yapılan daha önceki bilimsel çalışmalar tıbbi atıkların uygun bir yöntemle bertarafının halk ve çevre sağlığı için çok önemli olduğunu göstermektedir (URL-9). Burada özellikle bu atıkların bekletilmemesi gerektiği ve geçici depolama alanlarında hangi şartlarda ve en fazla ne kadar süre ile bekletilebileceği, aktarma istasyonu kurulamayacağı Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (URL-8)'nde açıkça belirtilmiştir.

Sağlık kuruluşları vb. gibi tıbbi atık üreticileri tarafından üretilen bu atıklar, ilgili belediyeler tarafından toplatılıp/toplattırılıp tıbbi atık bertarafı tesislerinde bertaraf edilmek üzere işlem görmektedir. Bu tesislerin kapasitelerinin planlanmasında mevcut yılda ve gelecek yıllardaki ihtiyaca uygun kapasite belirlenmesi son derece önemlidir. Çünkü bu tesislerin ilk yatırımı sadece ekipman maliyetinden oluşmamakta, yer seçimi, bina ve inşaat maliyetleri, ruhsat ve izin maliyetleri de önemli birer maliyet kalemi olmaktadır. İhtiyaca uygun planlanmayan her yatırım sonrasında farklı birçok maliyete ve probleme yol açabilmektedir. Bir başka açıdan ihtiyaca uygun planlanmış olsa bile bu tesislerin COVID-19 gibi pandemi dönemlerinde de ihtiyacı karşılaması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında başvuru uzman görüşleri ve yapılan araştırmalarda karşılaşılan bir durum da; tıbbi atık sterilizasyon cihazlarının yurtdışı menşeli olduğu ve arıza ve bakım maliyetlerinin yüksek olduğudur. Sterilizasyon tesisi sorumluları, cihazlarının arızalanması durumunda yerel imkanlar ile soruna çözüm bulmanın süre açısından dezavantaj oluştursa bile maliyet açısından daha uygun olduğunu bildirmişlerdir. Yurtdışından gelecek bakım destek personeli maliyeti ve malzeme maliyetlerinin yüksek olduğunu, bunun yerine belediye atölyelerinde ya da sanayide çözüm bulmaya çalıştıklarını belirtmişlerdir.

Herhangi bir arıza ya da bakım döneminde, toplanan tıbbi atıklar yönetmelikte belirtilen +4 °C'ye kadar soğutulmuş geçici tıbbi atık depolarında depolanabilmektedir. Ancak burada bekleme süresi bir haftayı geçemeyecektir. Bir haftayı aşan duruşlarda ilgili belediyenin, kendisine en yakın ve kapasitesi uygun olan başka bir ildeki tesise atığını göndermesi

gerekmektedir (URL-8).

Oluşturulan modelin örnek problem üzerinde uygulamasının gösterilmesi için, önerilen işbirlikçi ağ yapısına üye tesisler coğrafi olarak birbirine yakınlıklarına göre seçilmiştir. Bu tesislerin atık miktarları ve kapasiteleri ise birbirinden farklıdır. Ağ yapısı içinde düşünülen tesislerin bağlı bulunduğu belediyeler veya özel şirketler bilgilerini paylaşmak istememiş, bunun yerine ulusal basında yer alan haberlerden faydalanılarak tesisler hakkında bilgi edinilebileceğini belirtmişlerdir. Bundan dolayı çeşitli basın yayın organlarında ağ yapısı içinde olan tesisler için tesis kapasitesi, araç kapasitesi, araç sayısı vb. bilgiler için araştırma yapılmış ve tesis isimleri çalışma kapsamında rakamlarla kodlanarak sunulmuştur.

Bu çalışmanın amacı arıza ya da duruş yaşayan ve atığını başka bir tesise göndermek zorunda olan tesis ya da tesislerin işbirlikçi ağ yapısında DKV yöntemi ile atığını gönderebileceği kapasite fazlası olan tesisi belirlemektir. Çalışma kapsamında doğrusal matematiksel model oluşturulmuş olup, model için varsayımlar aşağıdaki gibidir:

- Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (URL-8) gereği tüm talepler karşılanmalıdır.
- Ağ yapısına üye tesislerin arıza ya da duruş sıklık ve sürelerine ait gerçek verilere ulaşamadığı için arıza/ duruş oranı % 0'dan, %22'ye kadar hesaplamalar yapılmıştır. Her bir tesis için uniform dağılım kullanılarak (uniform (0,1)) rastgele sayılar üretilmiş ve arıza (duruş) durumu bu değerlere göre parametre değişikliği yapılarak belirlenmeye çalışılmıştır.
- Tesislerin çalışır durumda olup olmadığına günlük olarak değil, 5 ile 9 gün arası değişen ve rastgele oluşturulan periyotlarda bakılmıştır. Her bir periyot boyunca rastgele oluşturulan sayılara göre ilgili tesisin çalışıp çalışmadığı kararı verilmiştir.
- Çalışma periyodu gün sayıları uniform dağılım kullanılarak rastgele oluşturulmuştur. Modelde ele alınan süreç 52 periyottan oluşmaktadır. Toplam 369 günlük bir süreçle yaklaşık olarak bir yıllık çalışma dönemi ele alınmıştır.
- Tesisler arası atık taşıma maliyeti tur sayısına göre belirlenmeye çalışılmıştır. Kullanılan akaryakıt maliyeti 6,6 pbr/lt, yakıt tüketimi ise 100 km'de 14 lt olarak alınmıştır (URL-17).
- Arıza/duruş yaşayan tesis ilgili periyotta topladığı tıbbi atığı başka bir tesise göndermek ve bertaraf ettirmek zorundadır. Buradan doğan bertaraf ve taşıma maliyeti arıza/ duruş

yaşayan tesise gider olarak yansımaktadır.

- Çalışma kapsamında veri toplamak için yapılan araştırmalarda, Türkiye’de kurulan tıbbi atık sterilizasyon tesislerinin toplam kurulu kapasitesinin, toplam tıbbi atık miktarının çok üzerinde olduğu, ancak bazı tesislerin sadece kendi talebini karşılayabilecek kapasiteye sahip olduğu görülmüştür.
- Arıza/duruş yaşayan tesis atığını sadece bir tane tesise gönderebilir. Bertaraf edemediği atıkları birden fazla tesise gönderememektedir.
- Atıkların toplanması ve taşınması için yeteri kadar tıbbi atık toplama ve taşıma aracına sahip olduğu kabul edilmiştir.
- Tıbbi atık toplama ve taşıma aracı kapasite bilgisi uzman görüşü ve belediye haberlerinden alınan bilgiye göre 4 ton olarak kabul edilmiştir (URL-18, URL-19, URL-20).
- Tesislerde çalışan personel sayılarının yeterli olduğu varsayılmış, fazla mesai, ilave personel vb. maliyetler göz ardı edilmiştir.
- Önerilen işbirlikçi ağ yapısına üye olan iller aynı ya da yakın coğrafi bölgede olan, birbirine komşu illerden seçilmiştir. Çizelge 5.1’de bu illerin birbirlerine olan mesafeleri km olarak verilmiştir.

Çizelge 5.1. İşbirlikçi ağ yapısı üye iller arası mesafeler (km)

	1	2	3	4	5	6	7
1		100	140	170	108	300	262
2	100		70	125	175	233	218
3	140	70		195	172	153	180
4	170	125	195		280	346	90
5	108	175	172	280		250	370
6	300	233	153	346	250		270
7	262	218	180	90	370	270	

- İşbirlikçi ağ yapısı içinde düşünülen 7 il için tıbbi atık miktarları Türkiye İstatistik Kurumu Tıbbi Atık İstatistiklerinden, sterilizasyon tesisi kapasiteleri ise ilgili belediyelerin yayınladıkları haberlerden elde edilmiştir (URL-10, URL-11, URL-12). Çizelge 5.2’de 2019 yılına ait bilgiler belirtilmiştir.

Çizelge 5.2. İşbirlikçi ağ yapısı üye tesislerin tıbbi atık miktar ve kapasiteleri

Tesis	Tıbbi atık miktarı (ton/ gün)(2019)	Günlük kapasite(Ton/ gün)
1	1,8	4,95
2	0,7	1
3	1,8	12
4	5,2	10,8
5	1,5	2
6	2,6	14,3
7	2,8	5,4

- Tıbbi atık tesisleri bertaraf ücretleri 2019 yılı Mahalli Çevre Kurulları Tıbbi Atık Bedelleri listesinden alınmış olup, ilgili il için farklı mesafelere göre uygulanan tarifelerden ortalama olan ya da üretilen tıbbi atığın miktarına bağlı olarak belirlenen tarifelerden, talep miktarına yakın olanlar belirlenerek seçilmiştir (URL-16). Çizelge 5.3’te işbirlikçi ağ yapısına üye tesislerin tıbbi atık bertaraf ücretleri verilmiştir.

Çizelge 5.3. İşbirlikçi ağ yapısı üye tesislerin tıbbi atık bertaraf ücretleri

Tesis	Bertaraf Ücreti (pbr/ ton)
1	4000
2	3600
3	3200
4	3260
5	3970
6	3500
7	3260

Oluşturulan matematiksel model, ağ yapısının olmadığı durum ve bununla beraber işbirlikçi ağ yapısında üç farklı bertaraf ücreti geliri içeren senaryo için çalıştırılmıştır. Üç farklı senaryo aşağıda belirtilmiştir;

Senaryo A: Kapasitesini paylaşan tesisler, duruş yaşayan ve talebini karşılayamayan tesislerin taleplerini, işbirlikçi ağ yapısına üye tesislerin tıbbi atık bertaraf ücretlerinin aritmetik ortalaması olarak belirlenen bir ücret karşılığında işleyeceklerdir. Ortalama bertaraf ücreti 3540 pbr/ton'dur.

Senaryo B: Kapasitesini paylaşan tesisler, duruş yaşayan ve talebini karşılayamayan tesislerin taleplerini kendi bertaraf ücretlerine 500 pbr/ton ilave ücret alarak işleyeceklerdir.

Senaryo C: Kapasitesini paylaşan tesisler, duruş yaşayan ve talebini karşılayamayan tesislerin taleplerini kendi bertaraf ücretleri karşılığında işleyeceklerdir.

Oluşturulan matematiksel model GAMS (The General Algebraic Modeling System) matematiksel programlama ve optimizasyon programında kodlanmış ve çözümlenmiştir. Model aynı rastsallık parametreleri ile her bir senaryo ve her bir arıza oranı için ayrı ayrı çalıştırılarak sonuçlar elde edilmiştir. Arıza (duruş) olasılığı % 0'dan başlayarak çözümlenmeye başlanmış, % 22 arıza (duruş) olasılığına kadar devam edilmiştir. % 22'den büyük arıza (duruş) olasılığı için model uygun çözüm vermemiştir.

Matematiksel modelde kullanılan indisler, parametreler ve karar değişkenleri aşağıdaki gibidir:

İndisler:

- i : Talepler (1,2,...,7)
- j : Tesisler (1,2,...,7)
- t : Zaman dilimleri (periyotlar) (1,2,...,52)

Parametreler:

D_{it}	: t periyodunda i şehrinin günlük talep miktarı
KT_{jt}	: t periyodunda j tesisinin günlük teorik kapasitesi
n_{jt}	: t periyodunda j tesisinin çalışma durumu (rastgele üretilmiş değer)
k_{jt}	: t periyodunda j tesisinin günlük fiili kapasitesi
MSF_{ij}	: i ve j şehirleri arası mesafe
c_{ij}	: i ve j şehirleri arası tur maliyeti
R	: Büyük bir sayı
$m1_j$	: j tesisinin kendi talebini karşılarken elde ettiği birim gelir
$m2$	: Tesise başka tesisten gelen talebi işleme birim geliri
$m3$	: Talebini karşılayamayan tesisin talebi gönderme ağ birim maliyeti
g_t	: t periyodundaki süre (gün)

Karar değişkenleri:

x_{ijt}	: t periyodunda j tesisinin işlediği kendine ait talebin günlük miktarı
y_{ijt}	: t periyodunda i şehrinin başka tesise gönderilmesi gereken karşılanamayan talebin günlük miktarı
F_{jt}	: t periyodunda j tesisinin fazla kapasitesi
ab_{it}	: t periyodunda i şehrinin karşılanamayan atık miktarı
ac_{jt}	: t periyodunda j şehrine diğer tesislerden gelen atık talebi
ga_{jt}	: t periyodunda j tesisine başka tesisten gelen atık miktarı
xa_{ijt}	: t periyodunda i şehrinin karşılanamayan talebinin, j tesisine gönderilen dağıtılmış atık miktarı
E_{jt}	: t periyodunda j tesisinin diğer tesislerden gelen atıkları işledikten sonra kalan kapasitesi
v_{ijt}	: t periyodunda i şehrinin, j tesisine tesis atama kararı(0-1)
xd_{ijt}	: t periyodunda i şehrinin karşılanamayan talebini j tesisine gönderdiği, dağıtılmış atığın tesise atama kararı
tur_{ij}	: i ve j şehirleri arası toplam araç tur sayısı
rg_{ijt}	: t periyodunda i şehrinde j tesisine gidecek araç tur sayısı
s_i	: her i tesisi için süreç gün toplamı
tw_j	: her j tesisi için arızalı (duruş) gün sayısı
tg_{ijt}	: t periyodunda i tesislerinden j tesisine gelen (kendi talebi ve diğer tesislerden gelen talep) toplam atık miktarı

- ku_{jt} : t periyodunda j tesisinin anlık kapasite kullanım oranı
 tgl_{ij} : i şehrinde j tesisine giden toplam atık miktarı
 kul_j : j tesisinin sürecin tamamındaki kapasite kullanım oranı
 $GEL1_{jt}$: t periyodunda j tesisinin kendi atığını işleyerek elde ettiği gelir
 $GEL2_{jt}$: t periyodunda j tesisinin talebini karşılayamayan tesislerden gelen atığı işleyerek elde ettiği gelir
 $TGEL_{jt}$: t periyodunda j tesisinin elde ettiği toplam gelir
 $MAL1_{ijt}$: t periyodunda talebini karşılayamayan i şehrinin atığını j tesisine göndermek suretiyle oluşan ağ katılım gideri
 $MAL2_{ijt}$: t periyodunda talebini karşılayamayan i şehrinin atığını j tesisine göndermek suretiyle oluşan taşıma gideri
 $TOPMAL_{it}$: t periyodunda j tesisinin toplam gideri

Oluşturulan matematiksel model aşağıdaki gibidir;

$$\begin{aligned}
 \max z = & \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^7 \sum_{t=1}^{52} x_{ijt} g_t m1_j \\
 & + \sum_{j=1}^7 \sum_{t=1}^{52} ac_{jt} g_t m2 - \sum_{i=1}^7 \sum_{t=1}^{52} ab_{it} g_t m3 - \sum_{i=1, i \neq j}^7 \sum_{j=1, j \neq i}^7 \sum_{t=1}^{52} r g_{ijt} c_{ij}
 \end{aligned} \quad (5.1)$$

$$\left(\sum_{i=1}^7 x_{ijt} \right) + F_{jt} \leq k_{jt} \quad \forall j, t \quad (5.2)$$

$$v_{ijt} = 1 \quad \forall i, j, t; n_{jt} > 0; i = j \quad (5.3)$$

$$x_{ijt} \leq v_{ijt} * R \quad \forall i, j, t \quad (5.4)$$

$$F_{jt} = k_{jt} - \left(\sum_{i=1, i=j}^7 v_{ijt} \cdot D_{it} \right) \quad \forall j, t \quad (5.5)$$

$$y_{ijt} = D_{it} \quad \forall i, j, t; i = j; n_{jt} < 1 \quad (5.6)$$

$$y_{ijt} = R.v_{ijt} \quad \forall i, j, t; i \neq j \quad (5.7)$$

$$\sum_{i=1, i \neq j}^7 y_{ijt} \leq F_{jt} \quad \forall j, t \quad (5.8)$$

$$\sum_{j=1, i=j}^7 y_{ijt} = ab_{it} \quad \forall i, t \quad (5.9)$$

$$\sum_{j=1}^7 xa_{ijt} = ab_{it} \quad \forall i, t \quad (5.10)$$

$$E_{jt} = F_{jt} - \sum_{i=1}^7 xa_{ijt} \quad \forall j, t \quad (5.11)$$

$$xa_{ijt} \leq (R.xd_{ijt}) \quad \forall i, j, t; i \neq j \quad (5.12)$$

$$\sum_{j=1}^7 xd_{ijt} \leq 1 \quad \forall i, t \quad (5.13)$$

$$\sum_{i=1}^7 xa_{ijt} = ac_{jt} \quad \forall j, t \quad (5.14)$$

$$\sum_{t=1}^{52} g_t = s_i \quad \forall i \quad (5.15)$$

$$\sum_{t=1}^{52} g_t = tw_j \quad \forall j; n_{jt} < 1 \quad (5.16)$$

$$tg_{ijt} = (x_{ijt} + xa_{ijt}) \cdot g_t \quad \forall i, j, t \quad (5.17)$$

$$ku_{jt} = \left(\sum_{i=1}^7 tg_{ijt} \right) \div (KT_{jt} \cdot g_t) \quad \forall j, t \quad (5.18)$$

$$rg_{ijt} \geq \left(\frac{xa_{ijt}}{4} \right) \quad \forall i, j, t \quad (5.19)$$

$$tgl_{ij} = \sum_{t=1}^{52} (x_{ijt} + xa_{ijt}) \cdot g_t \quad \forall i, j \quad (5.20)$$

$$kul_j = \sum_{i=1}^7 \left(\frac{tgl_{ij}}{(\sum_{t=1}^{52} KT_{jt} \cdot g_t)} \right) \quad \forall j \quad (5.21)$$

$$GEL1_{jt} = \left(\sum_{i=1}^7 x_{ijt} \right) \cdot g_t \cdot m1_j \quad \forall j, t \quad (5.22)$$

$$GEL2_{jt} = ac_{jt} \cdot g_t \cdot m2 \quad \forall j, t \quad (5.23)$$

$$TGEL_{jt} = GEL1_{jt} + GEL2_{jt} \quad \forall j, t \quad (5.24)$$

$$\sum_{j=1}^7 MAL1_{ijt} = ab_{it} \cdot g_t \cdot m3 \quad \forall i, t \quad (5.25)$$

$$MAL2_{ijt} = rg_{ijt} \cdot c_{ij} \quad \forall i, j, t; i \neq j \quad (5.26)$$

$$TOPMAL_{it} = \sum_{j=1}^7 MAL1_{ijt} + \sum_{j=1}^7 MAL2_{ijt} \quad \forall i, t \quad (5.27)$$

Modelde Eş. 5.1 amaç fonksiyonudur ve sistemdeki tesislerin kendi talepleri ve talebini karşılayamayan tesislerden gelen talebi karşılama gelirlerinden, transfer edilen atıklar için ağ kullanım maliyeti ile taşıma maliyetinin farkını göstermektedir. Amaç fonksiyonu sistemin tümünün gelirini göstermekte olup, her bir tesis için gelir ve maliyetler modele kısıt eklenerek belirlenmiştir. Eş. 5.2 kapasite kısıtını göstermektedir. Tesislerin çalışma durumu rastgele üretilen değere göre belirlenmekte ve buna göre de fiili kapasite teorik kapasite kadar ya da sıfır olmaktadır. Tesis çalışma durumundaysa fiili kapasite teorik kapasiteye eşit ve kendi talebini karşılayabilmekte, kapasite fazlası miktar hesaplanabilmektedir.

Eş. 5.3 tesisin çalışması durumunda atığını kendisinin bertaraf edeceğini gösteren atama kısıtını göstermektedir. Eş. 5.4 ile bu atama kararına istinaden tesis kendi talep miktarını bertaraf edecektir. Eş. 5.5 her tesisin kendi atığını işledikten sonra ne kadar fazla kapasitesi kaldığını göstermektedir. Eş. 5.6 arıza durumunda gönderilmesi gereken anlık(İlgili periyottaki) talep miktarını belirlemektedir. Eş. 5.7 ise karşılanamayan bu talep miktarının başka bir tesise gönderilmesi gerektiğini tayin etmektedir.

Eş. 5.8, başka tesise gönderilmesi gereken karşılanamayan talebin, kapasite fazlası olan tesislerin boştaki(fazla) kapasitesinden küçük olması gerektiğini ifade eder. Eş. 5.9 arızalı tesislerin karşılanamayan taleplerini, Eş. 5.10 ise kütle dengesini ifade etmektedir.

Eş. 5.11 karşılanamayan taleplerin, fazla kapasitesi olan tesislerin kapasitesini aşamayacağını, Eş. 5.12 ise bu taleplerin hangi tesislere atandığını gösterir. Eş. 5.13 ise

karşılanamayan talebin sadece tek bir tesise gönderilebileceğini yani talebin bölünemeyeceğini ifade eder. Eş. 5.14, çalışır durumda olan ve kapasitesini paylaşan tesislere anlık gelen dağıtık talep miktarını gösterir.

Eş. 5.15, süreçteki toplam gün sayısını yani her bir periyottaki gün sayıları toplamını, Eş. 5.16 ise her tesis için arızalı gün sayısı toplamını verir. Eş. 5.17 her tesise ilgili periyotta gelen toplam talep miktarını göstermektedir. Eş. 5.18 ilgili periyot ve tesis için anlık kapasite kullanım oranının hesaplamasını yapmaktadır. Eş. 5.19 ise tesisler arası araç tur sayılarının hesaplamasını yapmaktadır. Burada bir tesisten diğer tesise atık gönderilirken verimlilik prensibinden dolayı araçların tam dolu gitmesi gerektiği varsayılmış ve araç kapasitesi olan 4 ton dikkate alınmıştır.

Eş. 5.20 sürecin tamamında her bir tesise gelen toplam atık miktarını, Eş. 5.21 ise sürecin tamamında ilgili tesisin kapasite kullanım oranını hesaplamaktadır.

Eş. 5.22 ilgili periyotta her tesisin kendi atığını işlemesi sonucu elde ettiği geliri göstermektedir. Eş. 5.23 ilgili periyotta her tesisin, talebini karşılayamayan tesislerden gelen atığı işlemesi sonucu elde ettiği geliri, Eş. 5.24 ise ilgili periyotta her tesisin elde ettiği toplam geliri göstermektedir.

Eş. 5.25 ilgili periyotta talebini karşılayamayan tesislerin, atıklarını diğer tesislere göndermek suretiyle katlanmaları gereken ağ katılım maliyetini göstermektedir. Eş. 5.26 tesisler arası taşıma maliyetini, Eş. 5.27 ise ilgili periyotta her tesisin ortaya çıkan toplam maliyeti ifade göstermektedir.



6. ARAŞTIRMA BULGULARI

Oluşturulan matematiksel modelin GAMS'te ayrı ayrı elde edilen çözümlemelerine göre, tıbbi atık yönetiminde DKV uygulamasının arıza (duruş) olasılığı, maliyetler, gelirler, tesislerin kapasitesi ve talep miktarına göre anlık olarak farklı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

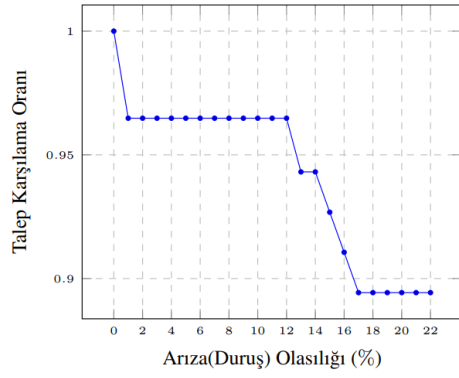
Süreçte her bir tesisin arıza (duruş) yaşadığı toplam gün sayıları Çizelge 6.1'de gösterilmiştir. Rastgele elde edilen değerlere göre tesislerden birkaçının aynı periyotta duruş yaşayabildiği görülmüş, bu durum ise modelin dağıtık karar vermesini zorlaştıran bir yapı oluşturmuştur.

Çizelge 6.1. Arıza (duruş) olasılığına göre tesislerin duruş gün sayıları

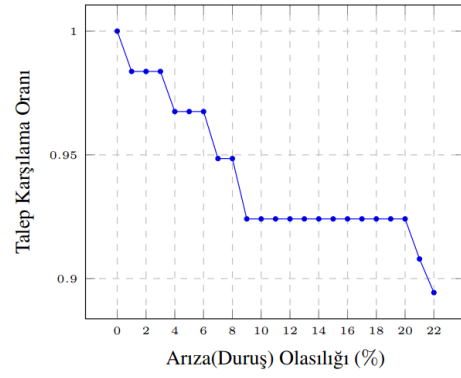
Arıza-Duruş Olasılığı <=	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3	Tesis 4	Tesis 5	Tesis 6	Tesis 7
0%	0	0	0	0	0	0	0
1%	13	6	0	0	15	0	5
2%	13	6	8	8	22	0	5
3%	13	6	8	21	28	0	12
4%	13	12	8	21	28	0	19
5%	13	12	8	28	28	9	25
6%	13	12	22	37	28	9	25
7%	13	19	35	43	36	9	25
8%	13	19	35	43	36	9	32
9%	13	28	35	43	42	15	38
10%	13	28	35	43	48	38	38
11%	13	28	35	43	48	50	38
12%	13	28	35	43	48	50	38
13%	21	28	35	43	48	56	38
14%	21	28	35	43	54	56	38
15%	27	28	35	43	59	56	43
16%	33	28	35	50	65	56	43
17%	39	28	35	55	65	65	49
18%	39	28	35	55	72	65	57
19%	39	28	35	55	88	72	57
20%	39	28	35	62	88	77	65
21%	39	34	35	68	95	77	65
22%	39	39	43	68	95	77	65

Bireysel olarak faaliyet gösteren tesisler belli bir süreyi aşan arıza ya da duruşta kendilerine gelen talebi karşılayamayacak olup, önerilen işbirlikçi ağ yapısında DKV ile birlikte bu sorunun üstesinden gelebilecektir. Şekil 6.1’de ağ yapısının olmadığı durumda tesislerin kendi taleplerini karşılama oranları verilmiş olup, arıza (duruş) olasılığının artmasına bağlı olarak talep karşılama oranlarının azaldığı görülmektedir. İşbirlikçi ağ yapısı ile birlikte bu sorun ortadan kalkmakta ve tüm tesislerin talepleri kendileri ve ağ yapısında bulunan diğer tesisler tarafından karşılanmaktadır.

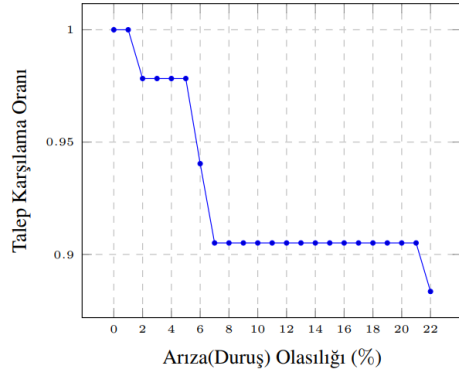




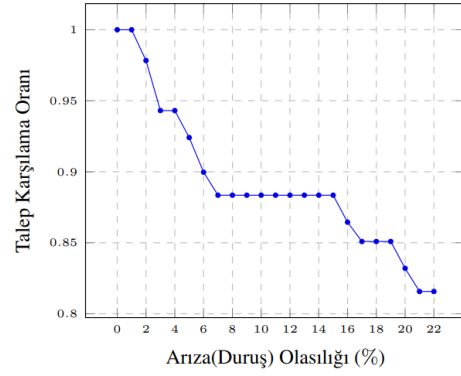
(a) Tesis-1' in talep karşılama oranı



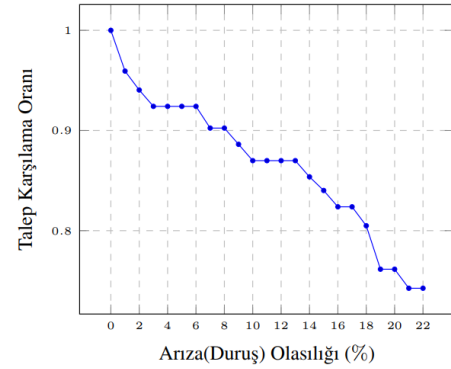
(b) Tesis-2' nin talep karşılama oranı



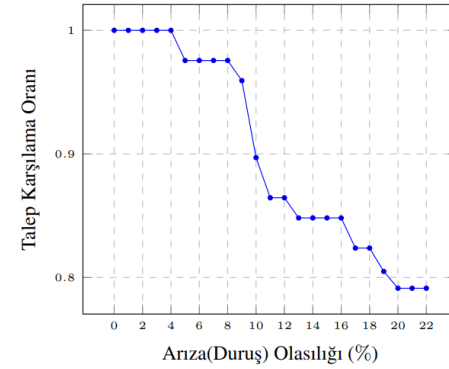
(c) Tesis-3' ün talep karşılama oranı



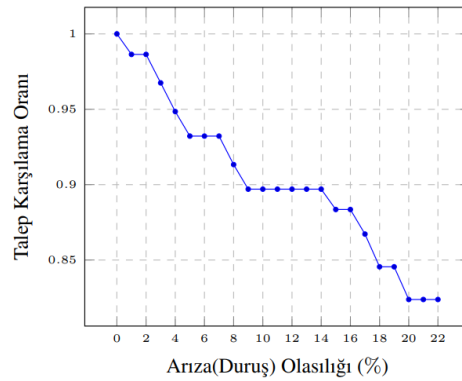
(d) Tesis-4' ün talep karşılama oranı



(e) Tesis-5' in talep karşılama oranı



(f) Tesis-6' nin talep karşılama oranı

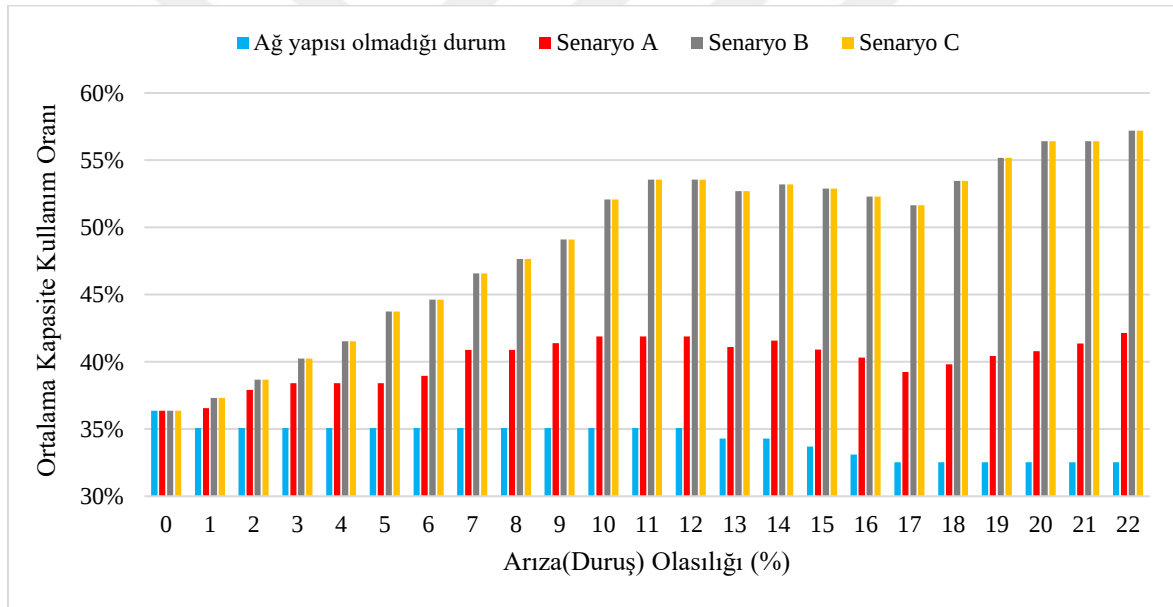


(g) Tesis-7' nin talep karşılama oranı

Şekil 6.1. Ağ yapısı olmadığı durumda tesislerin talep karşılama oranları

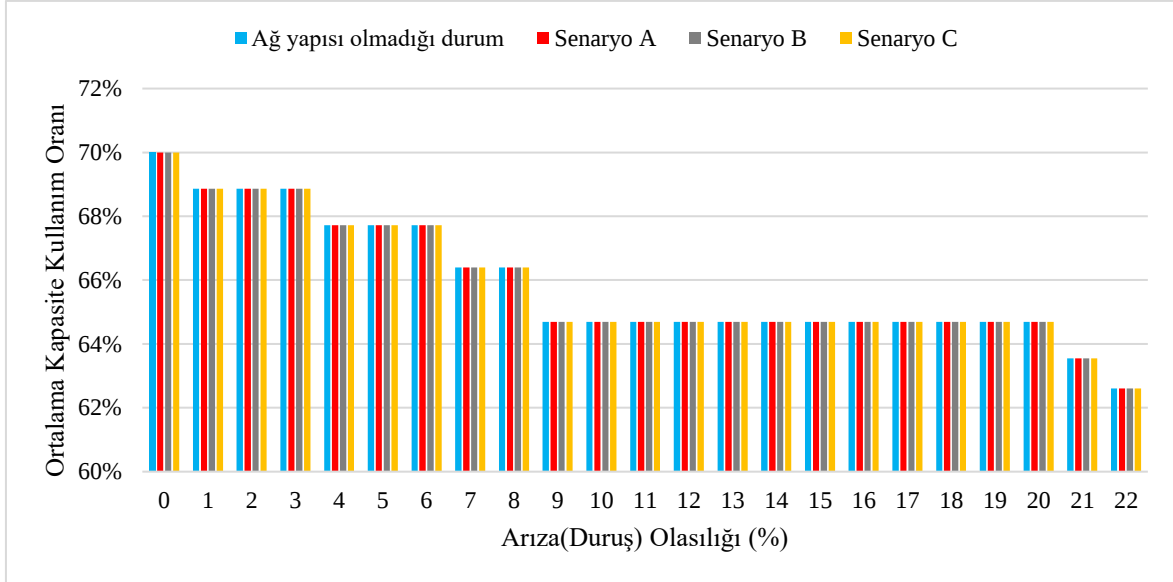
Tesislerin çeşitli arıza (duruş) olasılıklarına bağlı olarak kapasite kullanım oranlarına bakıldığında, ağ yapısı olmadığı durum ve işbirlikçi ağ yapısı içinde her üç senaryo için farklı kapasite kullanım oranlarına sahip olduğu görülmektedir.

Tesis-1'in Şekil 6.2'de gösterildiği gibi ortalama kapasite kullanım oranına bakıldığında işbirlikçi ağ yapısı içinde her üç senaryoda da kapasite kullanım oranının, ağ yapısı olmayan duruma göre yüksek olduğu görülmektedir. Senaryo B ve Senaryo C'ye göre kapasite kullanım oranları eşit ve Senaryo A'dan yüksektir. Bunun sebebi Senaryo A'da ortalama bertaraf ücreti kullanılması ve Tesis-1'in bertaraf ücretinin ortalama fiyattan yüksek olmasıdır. Ayrıca diğer tesislerin fazla kapasitesinin Tesis-1'in fazla kapasitesinden yüksek olması da, diğer tesislere göre fazla tercih edilmemesinin bir sebebi olarak gösterilebilir.



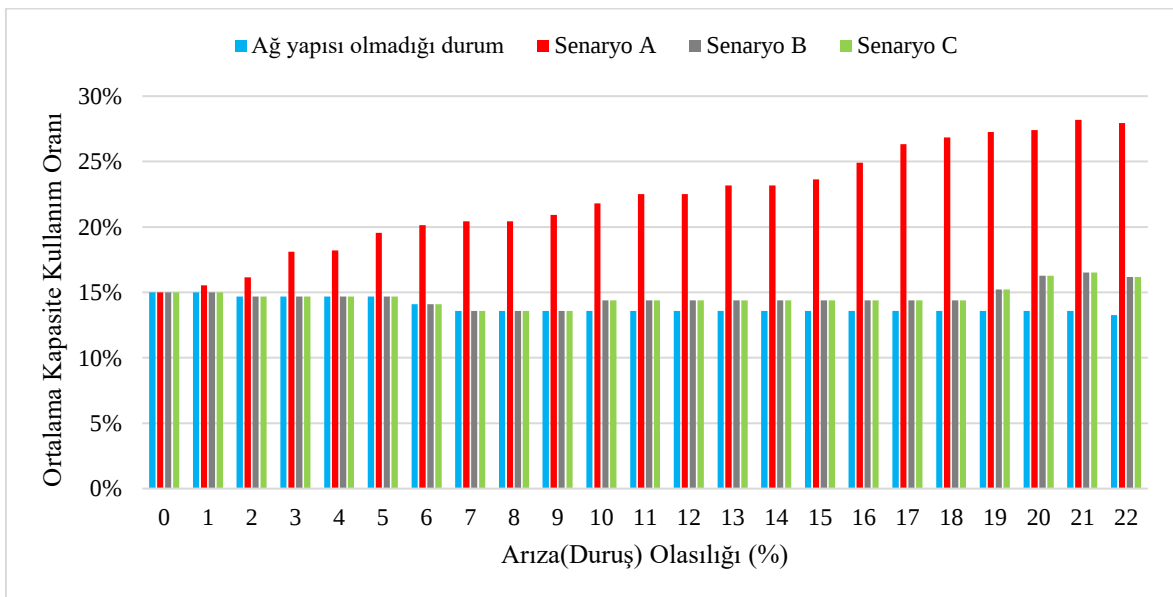
Şekil 6.2. Tesis-1'in ortalama kapasite kullanım oranı

Tesis-2'nin arıza (duruş) olasılığına bağlı olarak ortalama kapasite kullanım oranı Şekil 6.3'te gösterildiği gibi ağ yapısının olmadığı durum ve önerilen modeldeki üç ayrı senaryo için aynı sonucu vermektedir. Çünkü, Tesis-2'nin mevcut kapasitesi ancak kendi talebini karşılayacak düzeydedir. Bu tesisin, paylaşabileceği fazla kapasitesi yeteri kadar yoktur.



Şekil 6.3. Tesis-2'nin ortalama kapasite kullanım oranı

Şekil 6.4'te Tesis-3'ün ortalama kapasite kullanımının, arıza (duruş) olasılığı arttıkça yükseldiği görülmüştür.

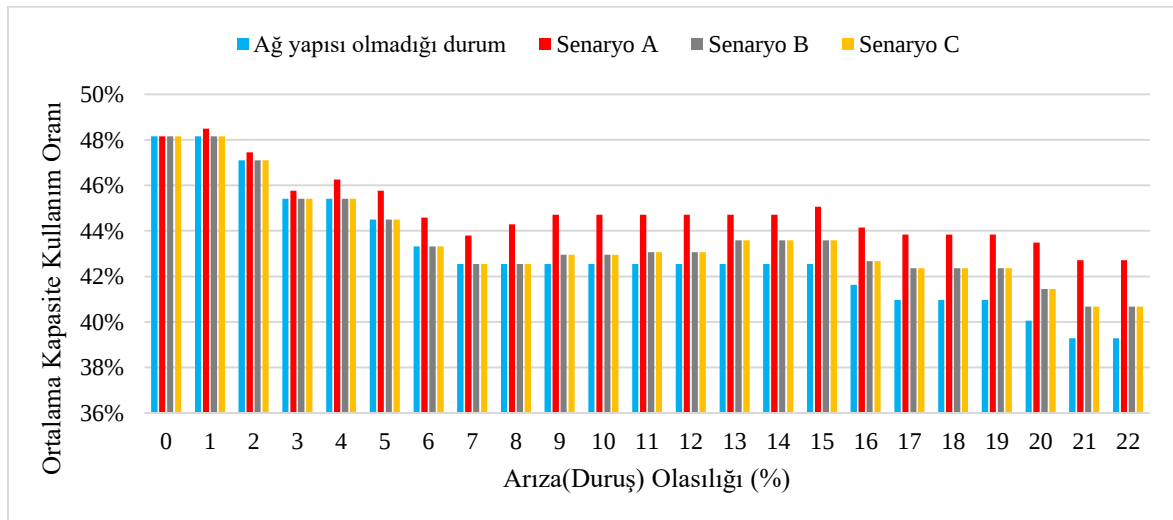


Şekil 6.4. Tesis-3'ün ortalama kapasite kullanım oranı

Tesis-3'ün ortalama kapasite kullanımının, arıza (duruş) olasılığı arttıkça yükselmesinin sebebi, Tesis-3'ün ağ yapısı içinde diğer tesislere olan mesafesinin az olması ve bu tesis çalışır durumda iken fazla kapasitesinin oldukça fazla olması olarak açıklanabilir. Tesis-3'ün kurulu kapasitesi 12 ton/gün, kendi talebi ise 1,8 ton/gün'dür. Yani paylaşabileceği kapasite miktarı yüksektir.

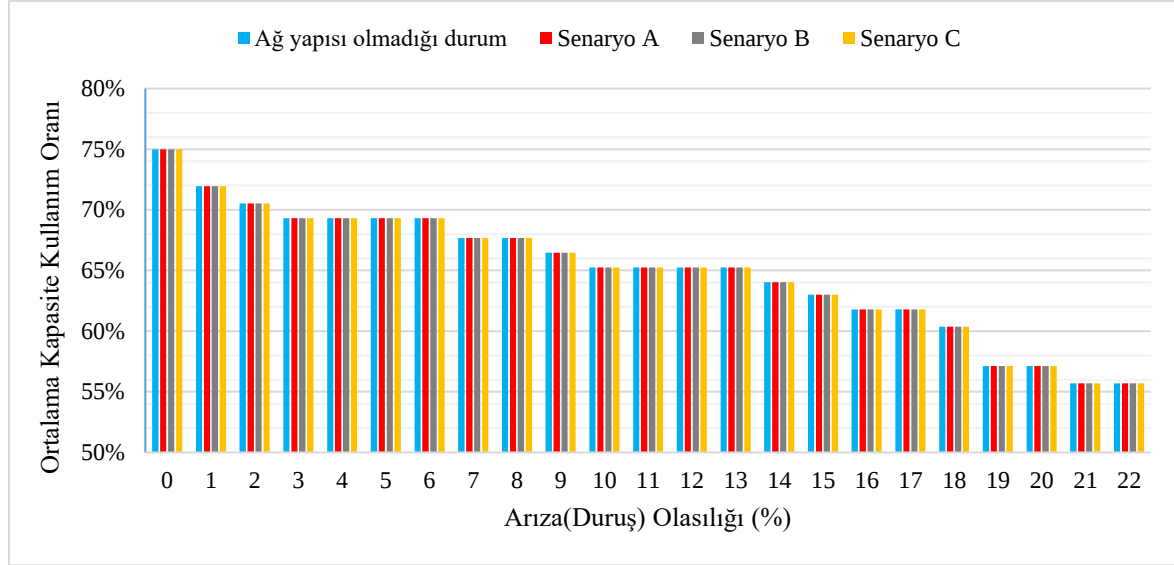
Tesis-3 için Senaryo A'daki ortalama kapasite kullanım oranı Senaryo B ve Senaryo C'ye göre yüksektir. Yani Tesis-1'deki durumun tam tersi ortaya çıkmıştır. Tesis-3'ün atık bertaraf ücretinin ortalama bertaraf ücretinin altında olması, fazla kapasitesinin yüksek olması ve coğrafi avantajı dolayısıyla bu tesise atık taşıma maliyetlerinin düşük olması, sistemin gelirinin en büyüklmesi amaçlandığında bu tesisi önerilen işbirlikçi ağ yapısında DKV yöntemi ile avantajlı duruma getirmiştir.

Şekil 6.5'te gösterildiği gibi Tesis-4 için durum Tesis-3'e benzemekle beraber arıza (duruş) olasılığı arttıkça ortalama kapasite kullanım oranı önerilen modellerdeki her üç senaryoda da azalma eğilimindedir. Bunun sebebi olarak Tesis-4 lehine Tesis-3'te olduğu gibi bir coğrafi avantajın olmaması ve fazla kapasitesinin Tesis-3 kadar yüksek olmaması gösterilebilir. Yine de her üç senaryonun ortalama kapasite kullanım oranı ağ yapısının olmadığı duruma göre yüksektir. Senaryo A diğer senaryolara göre daha avantajlı konumdadır. Nedeni ise Senaryo A'da ortalama bertaraf ücreti politikası izlenmesidir. Sistem geliri en büyükmeye çalıştığı için, bu tesis kapasite fazlası olduğunda ve coğrafi olarak dezavantajı ortadan kalktığında DKV yöntemi tarafından tercih edilir konumdadır.



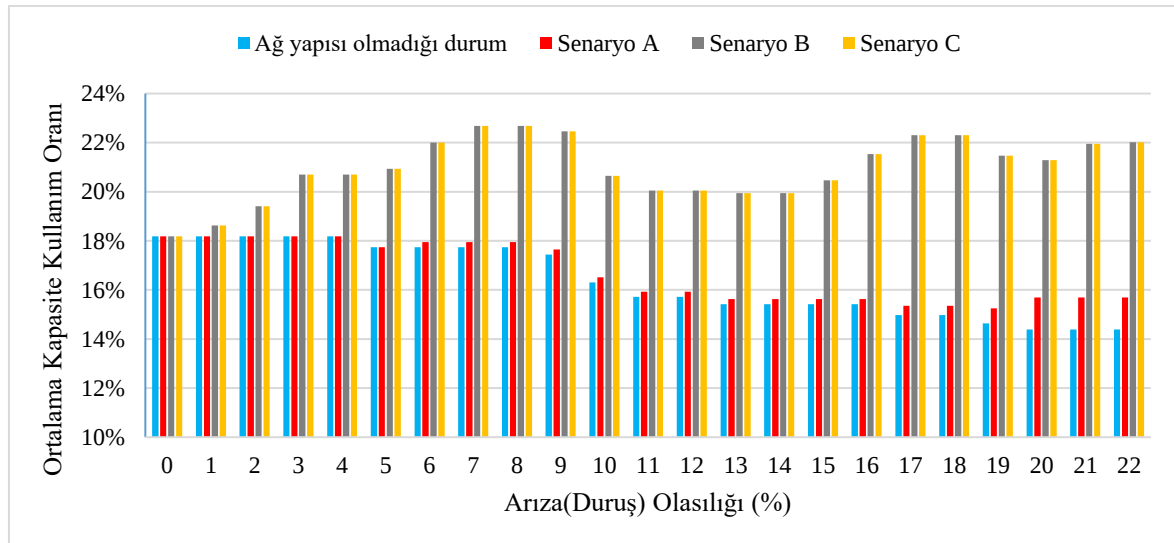
Şekil 6.5. Tesis-4'ün ortalama kapasite kullanım oranı

Şekil 6.6’da gösterildiği gibi Tesis-5’in ortalama kapasite kullanım oranı, her bir arıza (duruş) olasılığı için ağ yapısının olmadığı durum ve her üç senaryoda da aynıdır. Buradaki durum da Tesis-2 ile benzerdir. Bu tesisin de paylaşabileceği fazla kapasitesi yoktur. Yani tesisin kurulu kapasitesi diğer tesislere kıyasla ancak kendi talebini karşılayacak kadardır.



Şekil 6.6. Tesis-5’in ortalama kapasite kullanım oranı

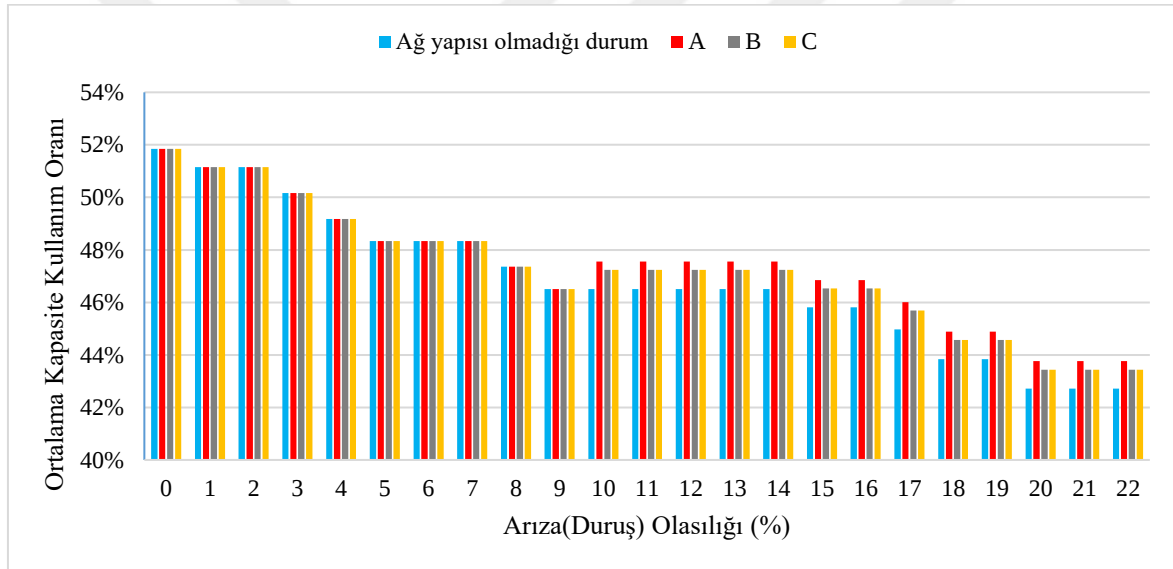
Şekil 6.7’de gösterildiği gibi Tesis-6 için ortalama kapasite kullanım oranı Senaryo B ve Senaryo C’de aynı olup, Senaryo A’ya göre yüksektir. Senaryo A için tercih edilmeme sebebi olarak, ortalama bertaraf ücreti politikası güdülen bir ortamda diğer tesislere olan mesafesinin yüksek olması gösterilebilir.



Şekil 6.7. Tesis-6’nın ortalama kapasite kullanım oranı

Kurulu kapasitesinin kendi talebine göre nispeten yüksek olması bir avantaj olsa da, diğer tesislere olan mesafeden dolayı taşıma maliyeti Tesis-6 için dezavantaj oluşturmaktadır. Tesis-3 ve Tesis-4'ün Senaryo A için avantajları, bu tesis için bulunmamaktadır.

Şekil 6.8'de gösterildiği gibi Tesis-7 için ortalama kapasite kullanım oranı, arıza (duruş) olasılığı arttıkça azalmaktadır. Kurulu kapasitesi kendi talebinin yaklaşık iki katı kadar olmasına rağmen diğer tesislere olan mesafe tercih edilmemesinin sebebi olarak gösterilebilir. Ayrıca bu tesisin atık işleme bedeli, ortalama bertaraf ücretinin altında olup, sistem geliri en büyüklenmeye çalışıldığı için fazla tercih edilmemesindeki etkenlerden biriside budur. Senaryo A ile diğer iki senaryo arasında da baskın bir fark görülmemektedir.

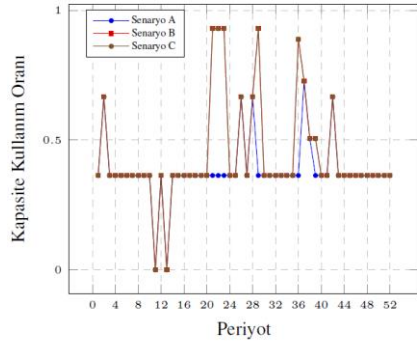


Şekil 6.8. Tesis-7'nin ortalama kapasite kullanım oranı

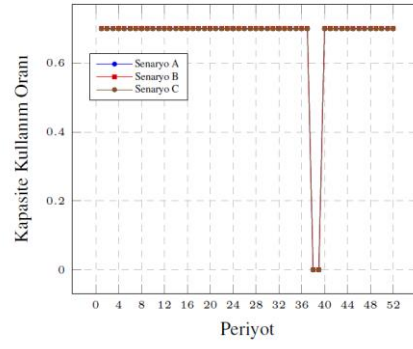
Tesislerin kapasite kullanım oranlarına periyotlar bazında baktığımızda hangi tesisin hangi periyot ve senaryoda kapasite kullanım oranının ne kadar olduğunu görmek mümkündür.

% 5 arıza (duruş) olasılığı için tesislerin kapasite kullanım oranı her bir periyot için Şekil 6.9'da gösterildiği gibidir.

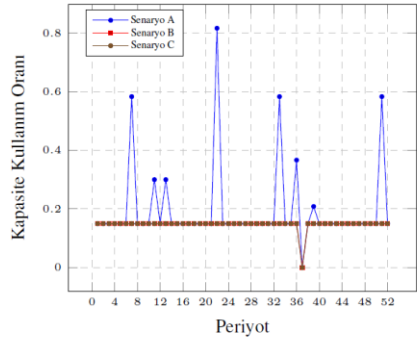
Arıza olasılığı % 5, %10, %15 ve %20 için grafiklere bakıldığında kapasite kullanım oranları, senaryolar bazında tesislerin ortalama kapasite kullanımı ile benzerlik göstermektedir. Örneğin, Tesis-1 için ortalama kapasite kullanım oranı Senaryo B ve Senaryo C için daha yüksek çıkmış olup, çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında da benzerlikler bulunmaktadır. Arıza olasılığı %10, %15 ve %20 için grafikler EK-1'de verilmiştir.



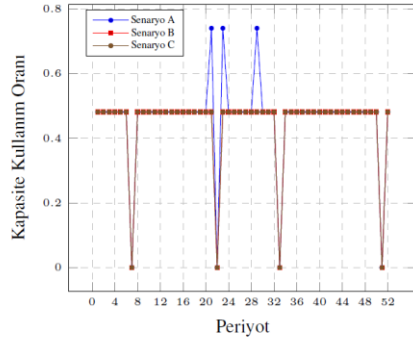
(a) Tesis-1'in kapasite kullanım oranı



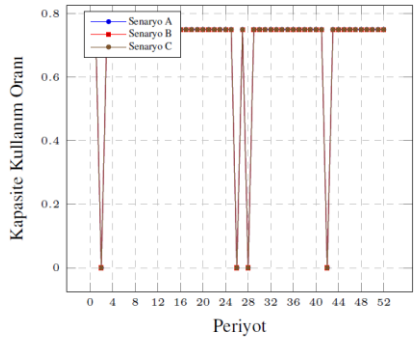
(b) Tesis-2'nin kapasite kullanım oranı



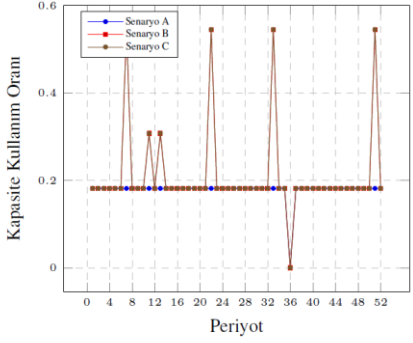
(c) Tesis-3'ün kapasite kullanım oranı



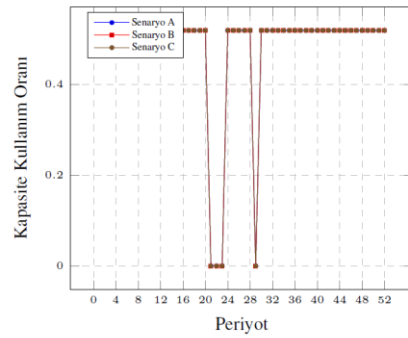
(d) Tesis-4'ün kapasite kullanım oranı



(e) Tesis-5'in kapasite kullanım oranı



(f) Tesis-6'nın kapasite kullanım oranı



(g) Tesis-7'nin kapasite kullanım oranı

Şekil 6.9. % 5 arıza (duruş) olasılığında tesislerin kapasite kullanım oranı

Sürecin tamamında tesislerin çeşitli arıza (duruş) olasılıkları için kendi talepleri ve diğer tesislerin taleplerinin ne kadarını karşıladıkları, hem kapasite kullanım oranları ile karşılaştırılabilmekte hem de neden tercih edildiğine dair yorum yapılmasına imkan sağlayabilmektedir. Burada senaryolar bazında hangi tesisin sistem tarafından ne düzeyde tercih edildiği de görülmektedir. Çizelge 6.2, 6.3 ve 6.4'te, % 5 arıza (duruş) olasılığı için tesislerin kendi ve diğer tesislere ait talebi karşılama oranları ve en alt satırda ise sistemdeki toplam talebin ne kadarına cevap verdikleri görülmektedir.

% 5 arıza (duruş) olasılığı için Senaryo A'da Tesis-1 ve Tesis-3'ün en fazla tercih edilen uygun tesisler olduğu (Çizelge 6.2), Senaryo B ve Senaryo C'de ise Tesis-1 ve Tesis-6'nın en fazla tercih edilen tesisler olduğu görülmektedir (Çizelge 6.3 ve 6.4). Tercih sebebi olarak bertaraf ücret politikası, tesisler arası mesafe ve uygun kapasitenin olasılığa bağlı mevcudiyeti söz konusu olmaktadır.

Çizelge 6.2'de Tesis-1 toplam talebin %11,59'unu, Tesis-3 %14,31'ini, Tesis-6 ise %15,92'sini karşılamaktadır. Arıza (duruş) yaşayan tesislerin talebi, model tarafından Tesis-3'e yönlendirilmektedir. Bunun sebebi olarak, ortalama atık işleme bedeli kullanılan Senaryo A için, Tesis-3'ün coğrafi avantajı gösterilebilir. Çünkü bu tesise diğer tesislerden atık gönderme maliyeti diğer senaryolara göre daha düşük çıkmaktadır.

Çizelge 6.2. % 5 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo A)

Tesisler	1	2	3	4	5	6	7
1	96,48%		3,52%				
2	1,63%	96,75%	1,63%				
3	2,7%		97,83%				
4			7,59%	92,41%			
5	7,59%				92,41%		
6			2,44%			97,56%	
7			1,90%	4,88%			93,22%
Tüm sistem	11,59%	4,13%	14,31%	30,13%	8,45%	15,47%	15,92%

Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'te Tesis-1 toplam talebin %13,02'sini, Tesis-3 %10,74'ünü, Tesis-6 ise %18,26'sını karşılamaktadır. Senaryo B ve Senaryo C'de kullanılan atık işleme bedeli Senaryo A'daki atık işleme bedeline göre yüksektir. Önerilen model, tesislerin gelirlerini en büyükmeye çalıştığı için, karşılanamayan talepler ağ yapısında atık işleme bedeli en yüksek ve fazla kapasitesi uygun olan Tesis-1 ve Tesis-6'ya yönlendirilmektedir.

Çizelge 6.3. % 5 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo B)

Tesisler	1	2	3	4	5	6	7
1	96,48%					3,52%	
2	3,25%	96,75%					
3	2,17%		97,83%				
4				92,41%		7,59%	
5	7,59%				92,41%		
6	2,44%					97,56%	
7	6,78%						93,22%
Tüm sistem	13,20%	4,13%	10,74%	29,30%	8,45%	18,26%	15,92%

Çizelge 6.4. % 5 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo C)

Tesisler	1	2	3	4	5	6	7
1	96,48%					3,52%	
2	3,25%	96,75%					
3	2,17%		97,83%				
4				92,41%		7,59%	
5	7,59%				92,41%		
6	2,44%					97,56%	
7	6,78%						93,22%
Tüm sistem	13,20%	4,13%	10,74%	29,30%	8,45%	18,26%	15,92%

Senaryo B ve Senaryo C, Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'te görüleceği üzere aynı sonuçları vermiştir. Bunun sebebi olarak; Senaryo A'da ortalama bertaraf ücreti politikası kullanılması, Senaryo B'de tesislerin kendi bertaraf ücretlerine ilaveten 500 pbr/ton ücret politikası, Senaryo C'de ise kendi bertaraf ücreti ile bertaraf politikası yürütmesi gösterilebilir. Senaryo B ve Senaryo C'deki ücret politikaları, sistemin toplam geliri üzerinde farklı bir etki yarattığını göstermesi açısından değerlendirilebilir.

İşbirlikçi ağ yapısında tesislerin toplam talebin ne kadarını karşıladıkları ve tercih edilme oranları arıza olasılığı %10, %15 ve %20 için çizelgeler halinde EK-2’de verilmiştir.

% 10 arıza (duruş) olasılığında en fazla tercih edilen tesisler yine Tesis-1 ve Tesis-3 olmuştur (EK-2 Çizelge 1.1). Senaryo A’da karşılanamayan talepler, işbirlikçi ağ yapısındaki kapasite fazlası olan tesisler tarafından ortalama bertaraf ücreti ile bertaraf edilmektedir.

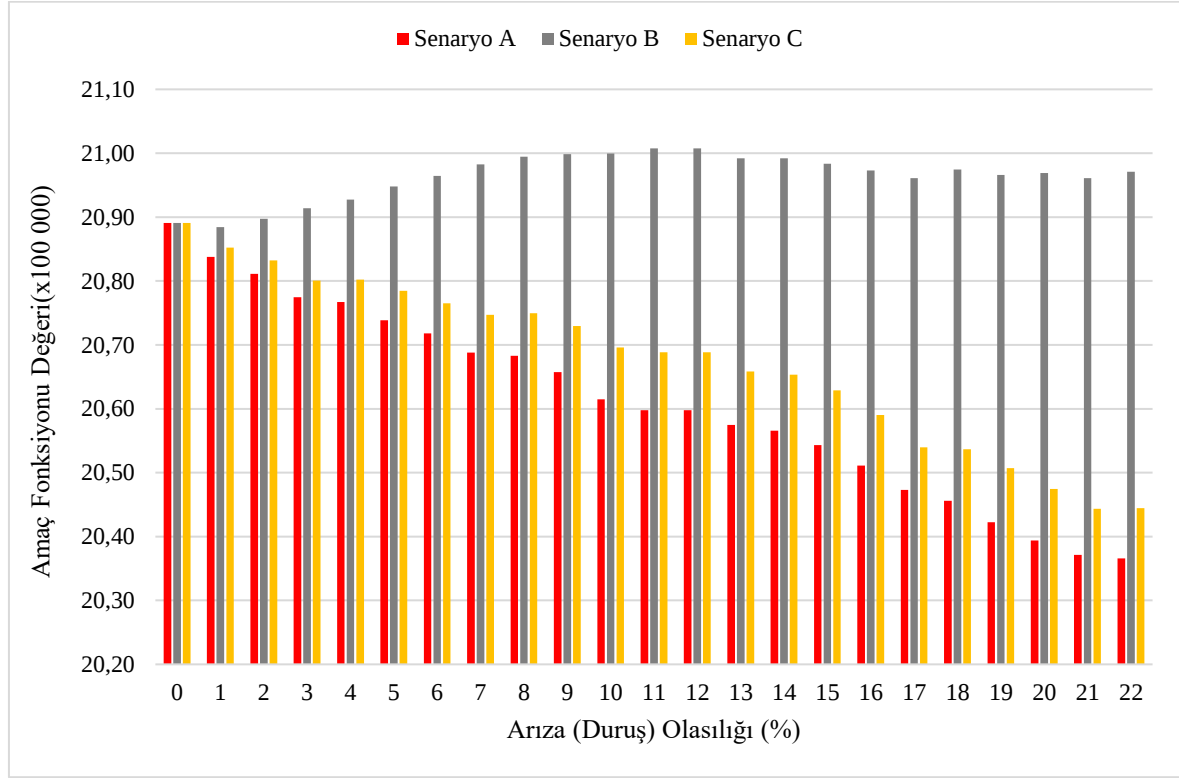
Senaryo B ve Senaryo C’de ise işbirlikçi ağ yapısında diğer tesislere göre hem fazla kapasitesi olan hem de bertaraf ücreti yüksek olan tesisler ise Tesis-1 ve Tesis-6’dır. Bundan dolayı karşılanamayan talepleri sistem bu tesislere yönlendirmiştir (EK-2 Çizelge 1.2, Çizelge 1.3). Sistem gelirinin en büyüklenmesi amacından dolayı Tesis-3’ün coğrafi avantajının azaldığı görülmektedir.

% 15 arıza (duruş) olasılığında Tesis-3, Senaryo A için en fazla tercih edilen tesis olup, hem coğrafi avantajı hem de boş kapasitesinin fazla olması tercih sebebi olarak gösterilebilir. Kendi talebinin % 90,51’ine cevap verebilen tesis, ağ yapısı ile birlikte sistemdeki bütün talebin yaklaşık % 17’sine cevap verebilmektedir (EK-2 Çizelge 1.4). Senaryo B ve Senaryo C için bu durum tekrar Tesis-1 ve Tesis-6 lehine dönmektedir (EK-2 Çizelge 1.5, Çizelge 1.6). Tesis-6, sistemdeki tüm talebin yaklaşık % 18’ine cevap verebilmektedir.

% 20 arıza (duruş) olasılığı için durum biraz farklıdır. Arıza olasılığı arttıkça tesislerin fazla kapasite bulundurması artık zorlaşmaktadır. Senaryo B ve Senaryo C’de diğer olasılık değerlerinde Tesis-3 sistem tarafından fazla tercih edilmezken, % 20 arıza (duruş) olasılığında tercih edildiği görülmektedir. Her ne kadar Tesis-6’nın fazla kapasiteye sahip olması söz konusu ise de, Tesis-6’nın arızalı olması durumunda sistem fazla kapasite arayışına girerek diğer kapasitesi uygun tesislere yönlendirme yapmaktadır (EK-2 Çizelge 1.8, Çizelge 1.9).

Genel olarak Senaryo A için, Tesis-3’ün çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında toplam talebe cevap verme oranının sürekli artması dikkat çekmektedir. % 20 arıza (duruş) olasılığında Tesis-3 toplam talebin yaklaşık % 20’sine tek başına cevap verebilmektedir (EK-2 Çizelge 1.7). Sistemin bu tesisi daha fazla tercih etmesinin sebepleri ise fazla kapasite varlığı ve coğrafi avantajının olması olarak açıklanabilir.

Tıbbi atık yönetiminde DKV yöntemi uygulaması için oluşturulan matematiksel modelin farklı senaryolar ve farklı arıza (duruş) olasılıkları için çalıştırılması sonucu elde edilen amaç fonksiyonu değerleri Şekil 6.10'da verilmiştir.



Şekil 6.10. Ağ yapısının amaç fonksiyonu değeri

Senaryo A'da talebini karşılayamayan tesisler bu taleplerini kapasitesi uygun olan diğer tesislere göndermektedir. Sistemde her tesis karşılayabildiği kendi talebini kendi belirlediği birim fiyat üzerinden işleme alırken, diğer tesislerden gelen talebi ortalama bertaraf ücreti üzerinden işleme almaktadır. Arıza (duruş) olasılığı arttıkça karşılanamayan talep artarken amaç fonksiyonu değerinin azalması taşıma maliyeti ve ağ katılım sabit maliyetinin artmasından kaynaklanmaktadır.

Senaryo B'de her tesis karşılayabildiği kendi talebini kendi belirlediği birim fiyat üzerinden işleme alırken, diğer tesislerden gelen talebi kendi birim fiyatının 500 pbr/ton fazlası bir ücret üzerinden işleme almaktadır. Bu yüzden amaç fonksiyonu değeri tüm arıza (duruş) olasılıkları için Senaryo B'de en yüksek çıkmaktadır.

Senaryo C'de ise tesisler hem kendi taleplerini hem de diğer tesislerden gelen talebi kendi

bertaraf ücretleri üzerinden işleme almaktadır. Arıza (duruş) olasılığının artmasına bağlı olarak karşılanamayan talep artarken taşıma maliyetleri ve ağ katılım sabit maliyetleri arttığı için amaç fonksiyonu değeri azalan bir eğilim göstermektedir.

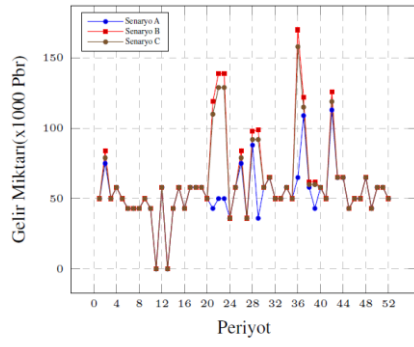
Senaryo B’de diğer senaryolardan farklı olarak, arıza (duruş) olasılığı % 11 ve % 12’ye kadar amaç fonksiyonu değeri artmakta, burada en yüksek değere ulaşmakta ve daha sonraki olasılık değerleri için çok az farkla değişmektedir. Bunun sebebi olarak Senaryo B’de, Tesis-1 ve Tesis-6’nın sistem tarafından daha fazla tercih edilmiş olması gösterilebilir.

% 10 ve % 15 arıza (duruş) olasılıklarında sistemin toplam talebinin yaklaşık % 34’üne Tesis-1 ve Tesis-6 cevap vermektedir. Ayrıca, Tesis-1’in 4000 pbr/ton birim bertaraf ücreti ile işbirlikçi ağ yapısında en yüksek bertaraf ücretine sahip tesis olması; Tesis-6’nın da kurulu kapasitesi oldukça yüksek olan bir tesis olup, 3500 pbr/ton bertaraf ücreti ile Tesis-3, Tesis-4 ve Tesis-7’ye göre bertaraf ücretinin yüksek olması, bu tesislerin toplam talebin üçte birine cevap vermesi ile beraber amaç fonksiyonu değeri de diğer senaryolara göre yüksek çıkmaktadır.

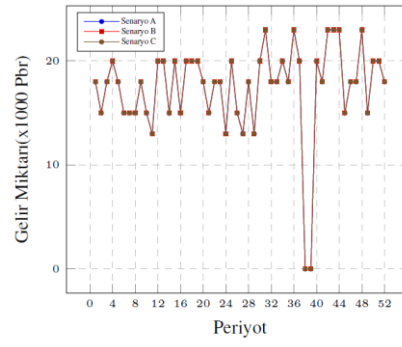
Tesislerin gelir miktarlarına 52 periyotluk dönemde çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında bakıldığında amaç fonksiyonuna benzer yorumları yapmak mümkündür. Şekil 6.11’de % 5 arıza (duruş) olasılığında her üç senaryo için tesislerin gelir miktarı verilmiştir. Tesis-1 için gelir miktarı en yüksek Senaryo B’de, en düşük Senaryo A’da gerçekleşmiştir. Tesis-2 ve Tesis-5’in kurulu kapasiteleri kendi taleplerini karşılayacak düzeyde olup, diğer tesislerin karşılanamayan talepleri için yeteri kadar fazla kapasiteleri yoktur. Bundan dolayı gelir miktarı her üç senaryo içinde aynıdır.

Tesis-3 için en yüksek gelir miktarı Senaryo A’da gerçekleşmiştir. Tesis-4’te Senaryo A diğer senaryolara iki periyotta baskın görünse de, talep karşılama ve tercih çizelgelerine göre (Çizelge 6.2, 6.3 ve 6.4) sürecin tamamında fark çok azdır. Tesis-6’da talep karşılama ve tercih çizelgelerinde görüldüğü üzere (Çizelge 6.2, 6.3 ve 6.4) Senaryo B’deki gelir miktarı en yüksek, Senaryo A’daki gelir miktarı ise en düşüktür.

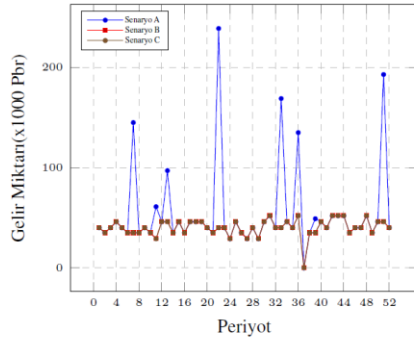
Tesis-7’nin gelir miktarı her üç senaryoda aynı olup, bu durumun % 5 arıza (duruş) olasılığı için böyle olduğu görülmektedir. % 10, %15 ve % 20 arıza (duruş) olasılıklarında Tesis-7 için gelir miktarı senaryolar bazında az da olsa farklılaşmaktadır (EK-3).



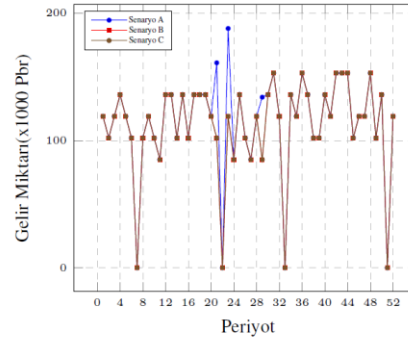
(a) Tesis-1' in gelir miktarı



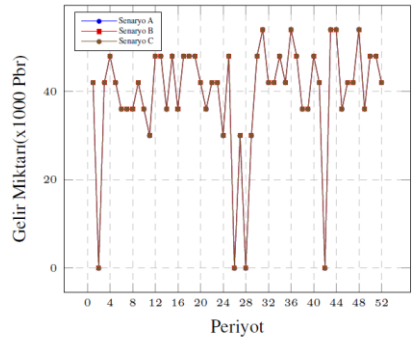
(b) Tesis-2' nin gelir miktarı



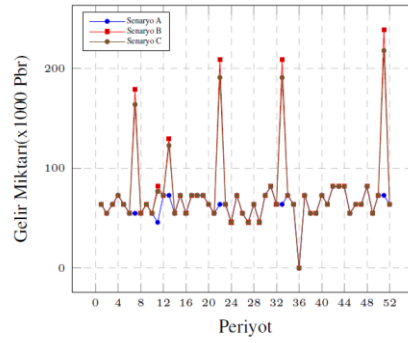
(c) Tesis-3' ün gelir miktarı



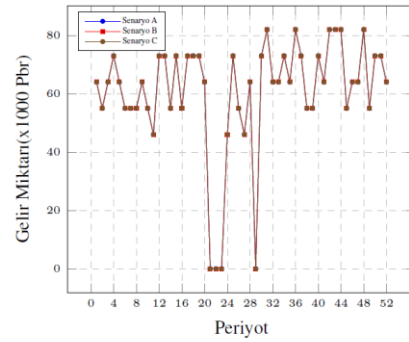
(d) Tesis-4' ün gelir miktarı



(e) Tesis-5' in gelir miktarı



(f) Tesis-6' nin gelir miktarı



(g) Tesis-7' nin gelir miktarı

Şekil 6.11. % 5 arıza (duruş) olasılığında tesislerin gelir miktarı



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

İşletmelerin varlığını sürdürebilmesi ve karlılığını devam ettirebilmesi için kendilerine gelen talebe doğru zamanda ve istenilen kalitede cevap verebilmeleri gerekmektedir. Rekabetin ve teknolojik gelişmelerin artmasıyla birlikte, oluşan talebe hızlı bir şekilde cevap verebilmek, kaliteli, ucuz ürün ve hizmet sunmak kadar önemli bir hal almıştır. İşletmeler kendilerine gelen talebe her zaman cevap verebilme yeteneğine sahip olamayabilir. Talebi karşılayamayacak durumda olan işletmeler ya kayıp satış maliyetine katlanmakta ya da diğer işletmelerle bireysel olarak yaptıkları işbirlikleri sayesinde, diğer işletmelerin fazla kapasitelerinden faydalanma yoluna giderek talebe cevap vermeye çalışmaktadırlar.

İşletmeler arasında bireysel olarak yapılan bu tür işbirliklerinin bazı durumlarda işletmelerin çıkar çatışmaları, amaçlarının o an için uyuşmaması, işbirliği yapmaya engel olan işletme içi durumlar (kapasite fazlasının olmaması, arıza vb.) nedeniyle çoğu zaman olumlu sonuç vermesi mümkün olamayabilir. Bundan dolayı bireysel işbirlikleri yerine oluşturulacak işbirlikçi ağ yapıları sayesinde, ağ yapısına üye olan işletmeler karşılanamayan talebe cevap verebilecek ve çeşitli kaynak paylaşımlarından farklı fırsatlar yakalaması mümkün olabilecektir. İşbirlikçi ağ yapıları, birbirinden bağımsız girişimlerin karşılıklı fayda elde etmek için belirli koordinasyon ve işbirliği protokolü altında bir araya gelmesini ifade eder.

Bu tez çalışması kapsamında önerilen işbirlikçi ağ yapılarında DKV modeli ile birlikte, ağ yapısına üye işletmelerin, merkeziyetçi olmayan bir yapı altında kapasite ve talep paylaşım kararlarını rahatlıkla alabilmeleri ve uygulayabilmeleri amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın uygulama aşamasında çevre ve halk sağlığı açısından son derece tehlikeli olan, çeşitli bulaşıcı hastalıkların yayılmasına, enfeksiyona dayalı hastalıklara, kimyasal ve fiziksel hasarlara yol açabilecek tıbbi atıkların bertaraf edilmesinden sorumlu belediyelerin oluşturduğu bir işbirlikçi ağ yapısı önerilmiştir.

Türkiye’de kurulan tıbbi atık sterilizasyon tesislerinin toplam kurulu kapasitesinin, toplam tıbbi atık miktarının çok üzerinde olduğu, ancak bazı tesislerin sadece kendi talebini

karşılayabilecek kapasiteye sahip olduğu bilinmektedir. Bu tesislerin kurulum maliyeti yüksek olup, kullanılan sterilizasyon ekipmanı yurtdışından satın alınmaktadır. Belirtilen sebeplerden dolayı tıbbi atık sterilizasyon tesislerinin arıza ve bakım maliyetleri yüksektir. Ancak tesis sorumluları bu maliyete katlanmak yerine uzun zaman alsa bile yerel imkanlarla çözümün tercih edildiğini belirtmektedir.

Tıbbi atık sterilizasyon tesislerinde yaşana arıza, duruş vb. nedenlerden dolayı bir haftayı geçen bekleme sürelerinde, bu tesisler atıklarını kapasitesi uygun olan başka bir tesise göndermekle yükümlüdür.

Sunulan tez çalışması kapsamında belediyelerden geçmiş dönemlere ait bireysel işbirliği bilgilerine, arıza ve duruş bilgilerine ulaşamamış olup, resmi istatistik verilerinden ve uygulama aşamasında bahsedilen varsayımlara dayanarak, coğrafi olarak birbirine yakın olduğu düşünülen iller arasında işbirlikçi ağ yapısı modeli oluşturulmuştur. Arıza (duruş) olasılıkları model tarafından rasgele belirlenmiştir. Oluşturulan matematiksel model % 22'den yüksek arıza (duruş) olasılığı için uygun çözüm vermemektedir.

Önerilen matematiksel model farklı fiyat politikası, arıza oranları ve periyotlar için rastgele üretilen arıza olasılık değerlerine göre çalıştırılmış ve alınan sonuçlara göre, anlık olarak her bir periyotta birbirinden bağımsız ancak karşılıklı çıkarlarını en iyilemeye hizmet eden kararların model tarafından önerildiği görülmüştür. İşbirlikçi ağ yapılarında DKV modeli ile karşılanamayan taleplere ağ içinde cevap verilebildiği ve çalışır durumda olan fazla kapasiteye sahip tesislerin ek gelir elde etmesine imkan sağladığı görülmektedir.

Çalışma sonuçlarına göre, kurulu kapasitesi kendi talebinin oldukça üzerinde olan atıl kapasiteye sahip işletmeler, önerilen işbirlikçi ağ yapısı ile beraber ağ içinde karşılanamayan taleplere cevap vermiş ve aynı zamanda kapasite kullanım oranlarında iyileşme sağlanmıştır. Örneğin, Tesis-1'in ağ yapısı olmadığı durumda ortalama kapasite kullanım oranı % 36 seviyelerinden, ağ yapısı ile beraber % 57 seviyelerine kadar yükselmiştir. Tesis-3'ün ortalama kapasite kullanım oranı % 15 seviyelerinden % 28 seviyelerine kadar yükselmiştir.

Ortalama kapasite kullanım oranının yanı sıra tesisler işbirlikçi ağ yapısı ile beraber bireysel gelirlerini de artırmıştır. Coğrafi olarak ağ yapısı içinde avantajı ve fazla kapasitesi olan tesislerin, işbirlikçi ağ yapısı ile birlikte gelirlerinde de artış gözlemlenmiştir. Örneğin % 5

arıza (duruş) olasılığı için sürecin tamamında Tesis-1'in geliri; Senaryo A için 2 777 724 pbr iken, Senaryo B'de geliri 3 275 100 pbr, Senaryo C'de geliri ise 3 196 000 pbr olarak gerçekleşmiştir. Tesis-6'nın geliri ise Senaryo A'da 3 276 000 pbr, Senaryo B'de 3 952 000, Senaryo C' de ise 3 867 500 pbr olarak gerçekleşmiştir.

Yapılan çalışma, talebin ötelenemediği ve müşteri kaybına ya da çevresel sorunlara yol açabilecek sektör, ürün ya da hizmet sunucularına çeşitli avantajlar sunabilecektir. Öncelikli olarak talepleri işbirlikçi ağ yapısı sayesinde karşılayabileceklerdir. Bu sayede, tesisler müşterilerine ürün ya da hizmeti zamanında sunabileceklerdir. Ağ yapısında bulunan ve kapasitesi yetersiz olan işletmeler adına ürün veya hizmet üreterek kapasite kullanım oranlarını ve gelirlerini artırabileceklerdir.

Gelecekte çeşitli maliyetler ya da çevresel etkiler (egzoz emisyonu, su kirliliği vb.) dikkate alınarak önerilen modelin daha gerçekçi kısıtlar altında çalıştırılması ve stokastik süreçler göz önünde bulundurulacaktır. Talebin karşılanması zorunlu olduğu ürün ve hizmet üreten kuruluşlar için uygun parametre ve değişkenler kullanılarak gerçek veriler üzerinde model analizlerinin yapılması hedeflenmektedir.



KAYNAKLAR

- Akbarpour Shirazi, M., Samieifard, R., Abduli, M. A. and Omidvar, B. (2016). Mathematical modeling in municipal solid waste management: Case study of Tehran. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 14(1), 1–12.
- Aktaş, E. (2010). *Tedarik Zinciri Sözleşmelerinin Modellenmesi ve Bir Uygulama*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 53-54.
- Alagöz, A. Z. ve Kocasoy, G. (2008). Improvement and modification of the routing system for the health-care waste collection and transportation in İstanbul. *Waste Management*, 28(8), 1461–1471.
- Alemany, M. M. E., Alarcón, F., Lario, F. C. and Boj, J. J. (2011). An application to support the temporal and spatial distributed decision-making process in supply chain collaborative planning. *Computers in Industry*, 62(5), 519–540.
- Arribas, C. A., Blazquez, C. A. and Lamas, A. (2009). Urban solid waste collection system using mathematical modelling and tools of geographic information systems. *Waste Management and Research*, 00(4), 1–9.
- Ball, D. R., Deshmukh, A. and Kapadia, N. (2015). An options-based approach to coordinating distributed decision systems. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 706–717.
- Badran, M. F. and El-Haggar, S. M. (2006). Optimization of municipal solid waste management in Port Said - Egypt. *Waste Management*, 26(5), 534–545.
- Beliën, J., De Boeck, L. and Van Ackere, J. (2014). Municipal solid waste collection and management problems: A literature review. *Transportation Science*, 48(1), 78–102.
- Chang, N. and Lin, Y. T. (1997). Optimal siting of transfer station locations in a metropolitan solid waste management system. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 32(8), 2379–2401.
- Chang, N. and Wang, S. F. (1996). Solid waste management system analysis by multiobjective mixed integer programming model. *Journal of Environmental Management*, 48(1), 17–43.
- Cheng, S., Chan, C. W. and Huang, G. H. (2003). An integrated multi-criteria decision analysis and inexact mixed integer linear programming approach for solid waste management. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16(5–6), 543–554.
- Das, S. and Bhattacharyya, B. K. (2015). Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes. *Waste Management*, 43, 9–18.
- Dauod, H., Yilmaz, I. and Yoon, S. W. (2018). A Distributed Adaptive Coordination Protocol to Enhance Manual Order Picking Operations. *Procedia Manufacturing*, 17, 1023–1030.

- de Oliveira Simonetto, E. and Borenstein, D. (2007). A decision support system for the operational planning of solid waste collection. *Waste Management*, 27(10), 1286–1297.
- Delioğlu, Z. (2019). *Tıbbi Atık Sterilizasyonu ve Erzurum İli Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 35-38.
- Diaz, L. F. and Savage, G. M. (2003). Risks & Costs Associated with the Management of Infectious Wastes. *WHO/WPRO*, Philippines, 58-59.
- Eiselt, H. A. and Marianov, V. (2014). A bi-objective model for the location of landfills for municipal solid waste. *European Journal of Operational Research*, 235(1), 187–194.
- Esmen, C. (2016). *Bursa İli Tıbbi Atık Yönetim sisteminin Geliştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 15-17, 44, 152-170.
- Ghiani, G., Laganà, D., Manni, E. and Triki, C. (2012). Capacitated location of collection sites in an urban waste management system. *Waste Management*, 32(7), 1291–1296.
- Ghosh, S. (2001). Understanding complex, real-world systems through asynchronous, distributed decision-making algorithms. *Journal of Systems and Software*, 58(2), 153–167.
- Gündüzalp, A. A. ve Güven, S. (2016). Atık , Çeşitleri , Atık Yönetimi , Geri Dönüşüm ve Tüketici : Çankaya Belediyesi ve Semt Tüketicileri Örneği. *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi*, 1–19.
- Güvez, H., Dege, M. ve Eren, T. (2012). Kırıkkale 'de Araç Rotalama Problemi ile Tıbbi Atıkların Toplanması. 4(1). *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(1), 41-45.
- Habibi, F., Asadi, E., Sadjadi, S. J. and Barzinpour, F. (2017). A multi-objective robust optimization model for site-selection and capacity allocation of municipal solid waste facilities: A case study in Tehran. *Journal of Cleaner Production*, 166, 816–834.
- He, Z., Li, Q. and Fang, J. (2016). The Solutions and Recommendations for Logistics Problems in the Collection of Medical Waste in China. *Procedia Environmental Sciences*, 31, 447–456.
- Hsu, P. F., Wu, C. R. and Li, Y. T. (2008). Selection of infectious medical waste disposal firms by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis. *Waste Management*, 28(8), 1386–1394.
- Huang, G. H., Baetz, B. W. and Patry, G. G. (1998). Trash-Flow Allocation: Planning Under Uncertainty. *Institute for Operations Research and the Management Sciences*, 28(6), 36–55.
- Huang, M., Lu, F. Q., Ching, W. K. and Siu, T. K. (2011). A distributed decision making model for risk management of virtual enterprise. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 13208–13215.

İnternet: Atık Yönetimi Yönetmeliği, (2015). URL-1: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm>, Son Erişim Tarihi: 01.08.2021.

İnternet: Çöp Nedir, (2015). URL-2: <https://cevcop.blogspot.com/2017/03/cop-nedir.html>, Son Erişim Tarihi: 01.07.2021.

İnternet: Belediye Atık İstatistikleri, 2018. URL-3: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Belediye-Atik-Istatistikleri-2018-30666>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.

İnternet: Belediye Atık İstatistikleri, 2016. URL-4: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Belediye-Atik-Istatistikleri-2016-24876>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.

İnternet: Belediye Atık İstatistikleri, 2014. URL-5: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Belediye-Atik-Istatistikleri-2014-18777>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.

İnternet: Belediye Atık İstatistikleri, 2012. URL-6: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Belediye-Atik-Istatistikleri-2012-16170>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.

İnternet: Belediye Atık İstatistikleri, 2010. URL-7: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Belediye-Atik-Istatistikleri-2010-10750>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.

İnternet: Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, (2017). URL-8: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170125-2.htm>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.

İnternet: 6. Türkiye Çevre Durum Raporu. (2020). *ÇED, İZİN VE DENETİM GENEL MÜDÜRLÜĞÜ*, ANKARA. URL-9: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/tc-dr_2020-rapor-v18-web-20210217135643.pdf, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.

İnternet: Tıbbi Atık İstatistikleri, 2019. URL-10: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Tibbi-Atik-Istatistikleri-2019-33900>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.

İnternet: Tıbbi Atık İstatistikleri, 2018. URL-11: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Tibbi-Atik-Istatistikleri-2018-30672>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.

İnternet: Tıbbi Atık İstatistikleri, 2017. URL-12: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Tibbi-Atik-Istatistikleri-2017-27686>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.

İnternet: Sağlık Kuruluşları Atık İstatistikleri, 2016. URL-13: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Tibbi-Atik-Istatistikleri-2016-24871>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.

- İnternet: Sağlık Kuruluşları Atık İstatistikleri, 2014. URL-14: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Tibbi-Atik-Istatistikleri-2014-18781>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.
- İnternet: Güvenli Tıbbi Atık Tıbbi Yönetimi. (2013). *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü*, Ankara. URL-15: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/guvenliatikkilavuz.pdf>, Son Erişim Tarihi: 01.07.2020.
- İnternet: 2019 yılı MÇK tıbbi atık bertaraf bedelleri. URL-16: <https://cygm.csb.gov.tr/2019-yili-mck-tibbi-atik-bertaraf-bedelleri-duyuru-403442>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.
- İnternet: Geçmiş Dönem Akaryakıt Fiyatları. URL-17: [https://www.tppd.com.tr/tr/gecmis-akaryakit-
fiyatları?id=19&county=214&StartDate=01.01.2018&EndDate=31.12.2018](https://www.tppd.com.tr/tr/gecmis-akaryakit-fiyatları?id=19&county=214&StartDate=01.01.2018&EndDate=31.12.2018), Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.
- İnternet: Çorum İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu. (2020). URL-18: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/corum_2019_-cdr-20201117201349.pdf, Son Erişim Tarihi:01.02.2021.
- İnternet: Samsun Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisi. (2018). URL-19: <https://www.vertisa.com.tr/samsun-tibbi-atik-sterilizasyon-tesisi/>, Son Erişim Tarihi: 01.02.2021.
- İnternet: Sivas Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisi. (2020). URL-20: <https://eracevre.com/tesis/sivas-tibbi-atik-sterilizasyon-tesisi>, Son Erişim Tarihi: 01.02.2021.
- Karasu, A. (2013). *Çevresel Atıklar, Nedenleri, Çevresel Atıkların Geri Dönüştürülmesi Yenilenebilir Enerji Olanaklarının Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik, 3-5.
- Kargar, S., Paydar, M. M. and Safaei, A. S. (2020). A reverse supply chain for medical waste: A case study in Babol healthcare sector. *Waste Management*, 113, 197–209.
- Khan, S. and Faisal, M. N. (2008). An analytic network process model for municipal solid waste disposal options. *Waste Management*, 28(9), 1500–1508.
- Kúdela, J., Šomplák, R., Nevrlý, V., Lipovský, T., Smejkalová, V. and Dobrovský, L. (2019). Multi-objective strategic waste transfer station planning. *Journal of Cleaner Production*, 230, 1294–1304.
- Mantzaras, G. and Voudrias, E. A. (2017). An optimization model for collection, haul, transfer, treatment and disposal of infectious medical waste: Application to a Greek region. *Waste Management*, 69, 518–534.
- Maturana, F. P. and Norrie, D. H. (1997). Distributed decision-making using the contract net within a mediator architecture. *Decision Support Systems*, 20(1), 53–64.

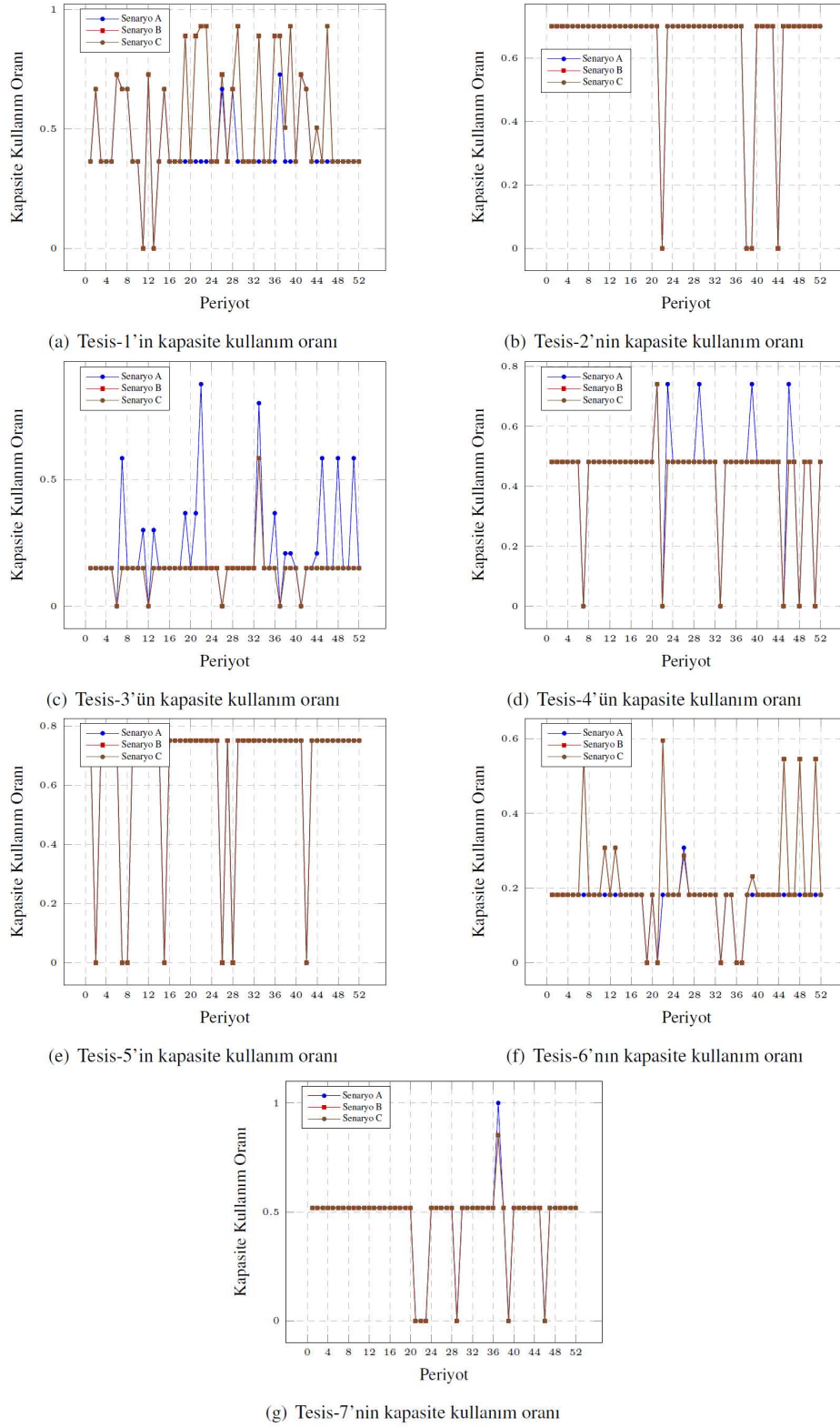
- Mohamed Faizal, U., Jayachitra, R., Vijayakumar, P. and Rajasekar, M. (2021). *Optimization of inbound vehicle routes in the collection of bio-medical wastes*. *Materials Today: Proceedings*, 45, 692-699.
- Mohsenizadeh, M., Tural, M. K. and Kentel, E. (2020). Municipal solid waste management with cost minimization and emission control objectives: A case study of Ankara. *Sustainable Cities and Society*, 52(101807).
- Nishi, T., Konishi, M. and Ago, M. (2007). A distributed decision making system for integrated optimization of production scheduling and distribution for aluminum production line. *Computers and Chemical Engineering*, 31(10), 1205–1221.
- Olapiriyakul, S., Pannakkong, W., Kachapanya, W. and Starita, S. (2019). Multiobjective Optimization Model for Sustainable Waste Management Network Design. *Journal of Advanced Transportation*, 2019, 1–15.
- Or, İ. and Curi, K. (1993). Improving the Efficiency of the Solid Waste Collection System in İzmir, Turkey, Through Mathematical Programming. *Waste Management & Research*, 11 (4) , 297–311.
- Öztoprak, F. (2005). *Distributed Decision Making: a Multiagent Decision Support System for Street Management*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 32-40.
- Rathore, P. and Sarmah, S. P. (2019). Modeling transfer station locations considering source separation of solid waste in urban centers: A case study of Bilaspur city, India. *Journal of Cleaner Production*, 211, 44–60.
- Sadrnia, A., Langarudi, N. R. and Sani, A. P. (2020). Logistics network design to reuse second-hand household appliances for charities. *Journal of Cleaner Production*, 244(118717).
- Safe management of wastes from health-care activities: a summary. (2017). *World Health Organization; 2017, WHO/FWC/WSH/17.05*, Geneva, 3-7.
- Sangkham, S. (2020). Face mask and medical waste disposal during the novel COVID-19 pandemic in Asia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2(100052).
- Schleich, B. R., Seok, H. and Yoon, S. W. (2017). Performance assessment in homogeneous/heterogeneous collaborative enterprise networks with inventory adjustment. *European Journal of Operational Research*, 261(3), 958–970.
- Schneeweiss, C. (2003a). Distributed decision making - A unified approach. *European Journal of Operational Research*, 150(2), 237–252.
- Schneeweiss, C. (2003b). Distributed decision making in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 84(1), 71–83.

- Shi, L. H. (2009). *A mixed integer linear programming for medical waste reverse logistics network design*. International Conference on Management Science and Engineering - 16th Annual Conference Proceedings, Moscow, Russia, 1971–1975.
- Singh, D. and Satija, A. (2019). Integrated municipal solid waste management in Faridabad City, Haryana State (India). *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, 11(2), 411–425.
- UNESCO, (2020). United Nations World Water Development Report 2020:Water and Climate Change. Paris, UNESCO, 19-26.
- Valizadeh, J., Hafezalkotob, A., Seyed Alizadeh, S. M. and Mozafari, P. (2021). Hazardous infectious waste collection and government aid distribution during COVID-19: A robust mathematical leader-follower model approach. *Sustainable Cities and Society*, 69(February), 102814.
- Varınca, K. B., Esmen, C. ve Avşar, Y. (2011). Tıbbi Atık Yönetiminde Bölgesel Çözüm: Bolu-Düzce-Sakarya Örneği. *Katı Atık ve Çevre*, 84, 55–65.
- Ydstie, B. E., Jillson, K. R. and Dozal-Mejorada, E. J. (2006). Distributed Decision Making in Supply Chain Networks. *IFAC Proceedings Volumes*, 39(2), 929-935.
- Yılmaz, I., Yoon, S. W. and Seok, H. (2017). A framework and algorithm for fair demand and capacity sharing in collaborative networks. *International Journal of Production Economics*, 193, 137–147.
- Yoon, S. W. and Nof, S. Y. (2010). Demand and capacity sharing decisions and protocols in a collaborative network of enterprises. *Decision Support Systems*, 49(4), 442–450.
- Yousefi, M., Oskoei, V., Jafari, A. J., Farzadkia, M., Firooz, M. H., Abdollahinejad, B. and Torkashvand, J. (2021). Municipal solid waste management during COVID-19 pandemic : effects and repercussions. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 32200-32209.
- Yousefloo, A. and Babazadeh, R. (2020). Designing an integrated municipal solid waste management network: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 244(2020), 1-16.



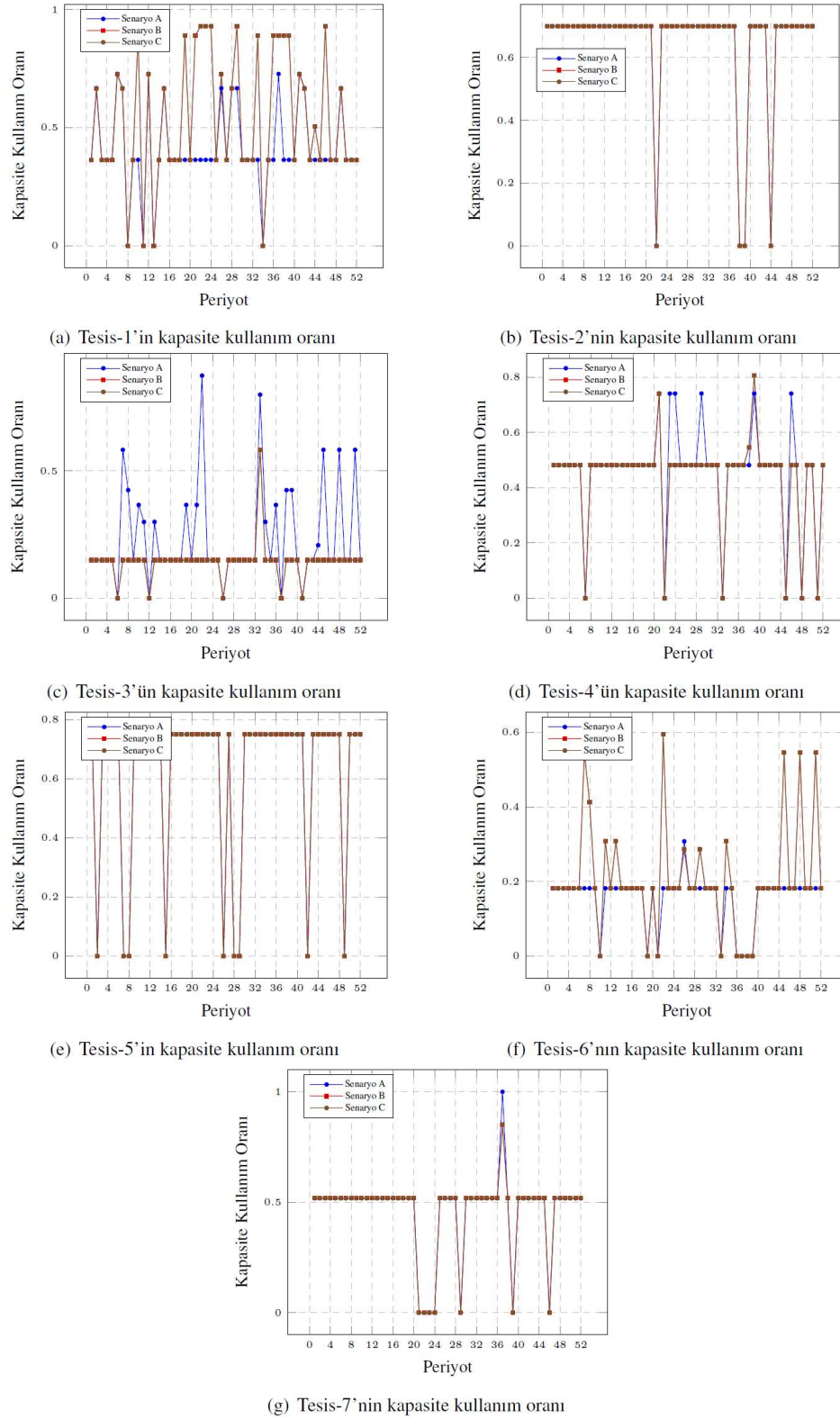
EKLER

EK-1. Çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında tesislerin kapasite kullanım oranı



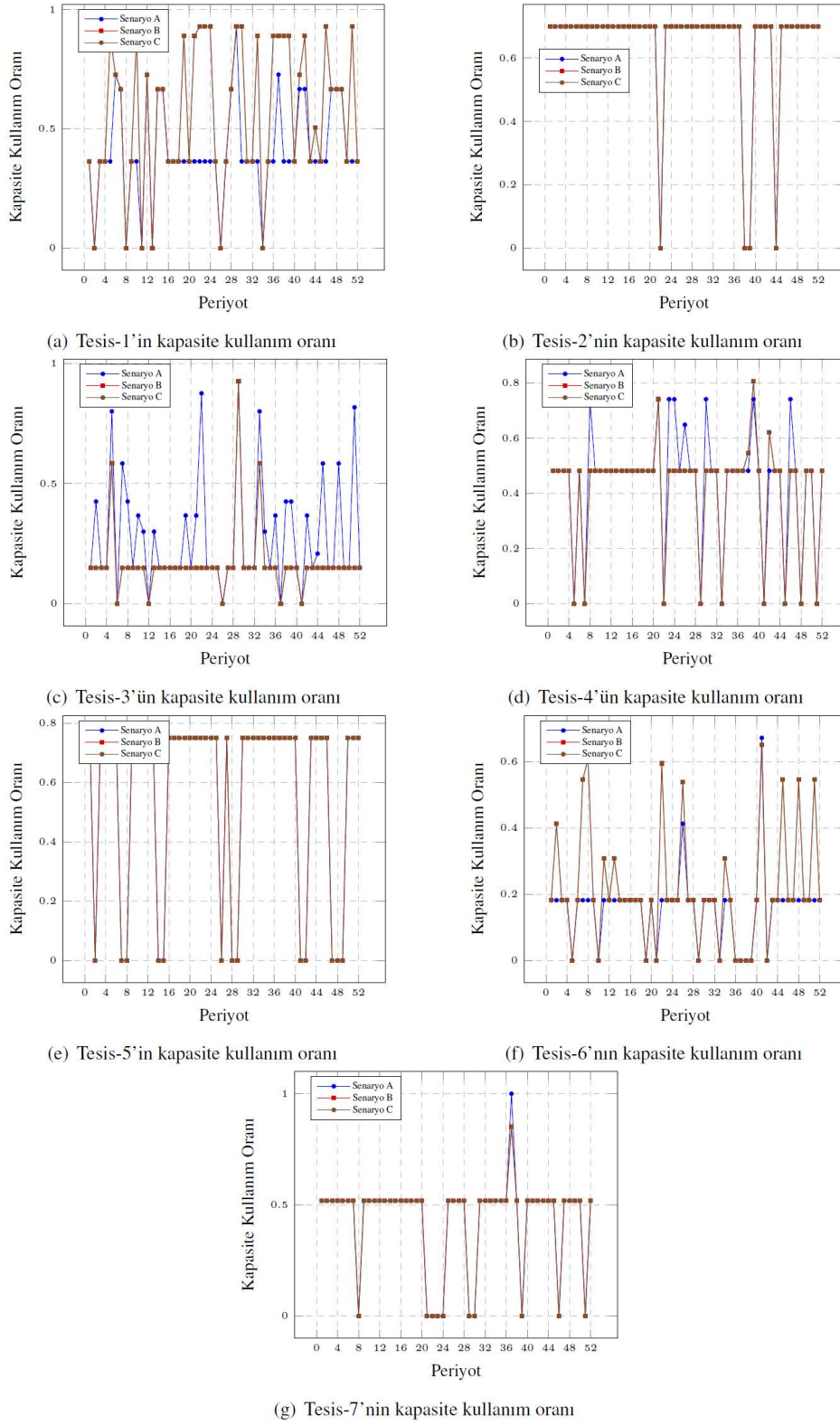
Şekil 1.1. % 10 arıza (duruş) olasılığında tesislerin kapasite kullanım oranı

EK-1.(devam) Çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında tesislerin kapasite kullanım oranı



Şekil 1.2. % 15 arıza (duruş) olasılığında tesislerin kapasite kullanım oranı

EK-1. (devam) Çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında tesislerin kapasite kullanım oranı



Şekil 1.3. % 20 arıza (duruş) olasılığında tesislerin kapasite kullanım oranı

EK-2. Çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında tesislerin talep karşılama oranları

Çizelge 2.1. % 10 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo A)

Tesisler	1	2	3	4	5	6	7
1	96,48%		3,52%				
2		92,41%	7,59%				
3	7,86%		90,51%			1,63%	
4			11,65%	88,35%			
5	13,01%				86,99%		
6			8,13%			89,70%	2,17%
7			1,90%	8,40%			89,70%
Tüm sistem	12,64%	3,94%	15,95%	29,45%	7,96%	14,40%	15,66%

Çizelge 2.2. % 10 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo B)

Tesisler	1	2	3	4	5	6	7
1	96,48%					3,52%	
2	4,07%	92,41%				3,52%	
3	7,32%		90,51%				2,17%
4			1,90%	88,35%		9,76%	
5	11,38%				86,99%	1,63%	
6	10,30%					89,70%	
7	8,67%			1,63%			89,70%
Tüm sistem	15,72%	3,94%	10,54%	28,29%	7,96%	18,00%	15,55%

Çizelge 2.3. % 10 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo C)

Tesisler	1	2	3	4	5	6	7
1	96,48%					3,52%	
2	4,07%	92,41%				3,52%	
3	7,32%		90,51%				2,17%
4			1,90%	88,35%		9,76%	
5	11,38%				86,99%	1,63%	
6	10,30%					89,70%	
7	8,67%			1,63%			89,70%
Tüm sistem	15,72%	3,94%	10,54%	28,29%	7,96%	18,00%	15,55%

EK-2. (devam) Çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında tesislerin talep karşılama oranları

Çizelge 2.4. % 15 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo A)

Tesisler	1	2	3	4	5	6	7
1	92,68%		7,32%				
2		92,41%	7,59%				
3	7,86%		90,51%			1,63%	
4			11,65%	88,35%			
5	14,36%		1,63%		84,01%		
6			13,01%			84,82%	2,17%
7			1,90%	9,76%			88,35%
Tüm sistem	12,35%	3,94%	17,29%	29,68%	7,68%	13,63%	15,43%

Çizelge 2.5. % 15 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo B)

Tesisler	1	2	3	4	5	6	7
1	92,68%					7,32%	
2	2,44%	92,41%		3,25%		1,90%	
3	7,32%		90,51%				2,17%
4			1,90%	88,35%		9,76%	
5	11,38%				84,01%	4,61%	
6	15,18%					84,82%	
7	8,40%			3,25%			88,35%
Tüm sistem	15,96%	3,94%	10,54%	28,71%	7,68%	17,85%	15,32%

Çizelge 2.6. % 15 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo C)

Tesisler	1	2	3	4	5	6	7
1	92,68%					7,32%	
2	2,44%	92,41%		3,25%		1,90%	
3	7,32%		90,51%				2,17%
4			1,90%	88,35%		9,76%	
5	11,38%				84,01%	4,61%	
6	15,18%					84,82%	
7	8,40%			3,25%			88,35%
Tüm sistem	15,96%	3,94%	10,54%	28,71%	7,68%	17,85%	15,32%

EK-2. (devam) Çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında tesislerin talep karşılama oranları

Çizelge 2.7. % 20 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo A)

Tesisler	1	2	3	4	5	6	7
1	89,43%		8,94%	1,63%			
2		92,41%	7,59%				
3	5,96%		90,51%			3,52%	
4			14,91%	83,20%		1,90%	
5	17,62%		4,61%		76,15%	1,63%	
6			18,70%			79,13%	2,17%
7	1,36%		4,07%	12,20%			82,38%
Tüm sistem	12,31%	3,94%	20,05%	28,64%	6,97%	13,68%	14,41%

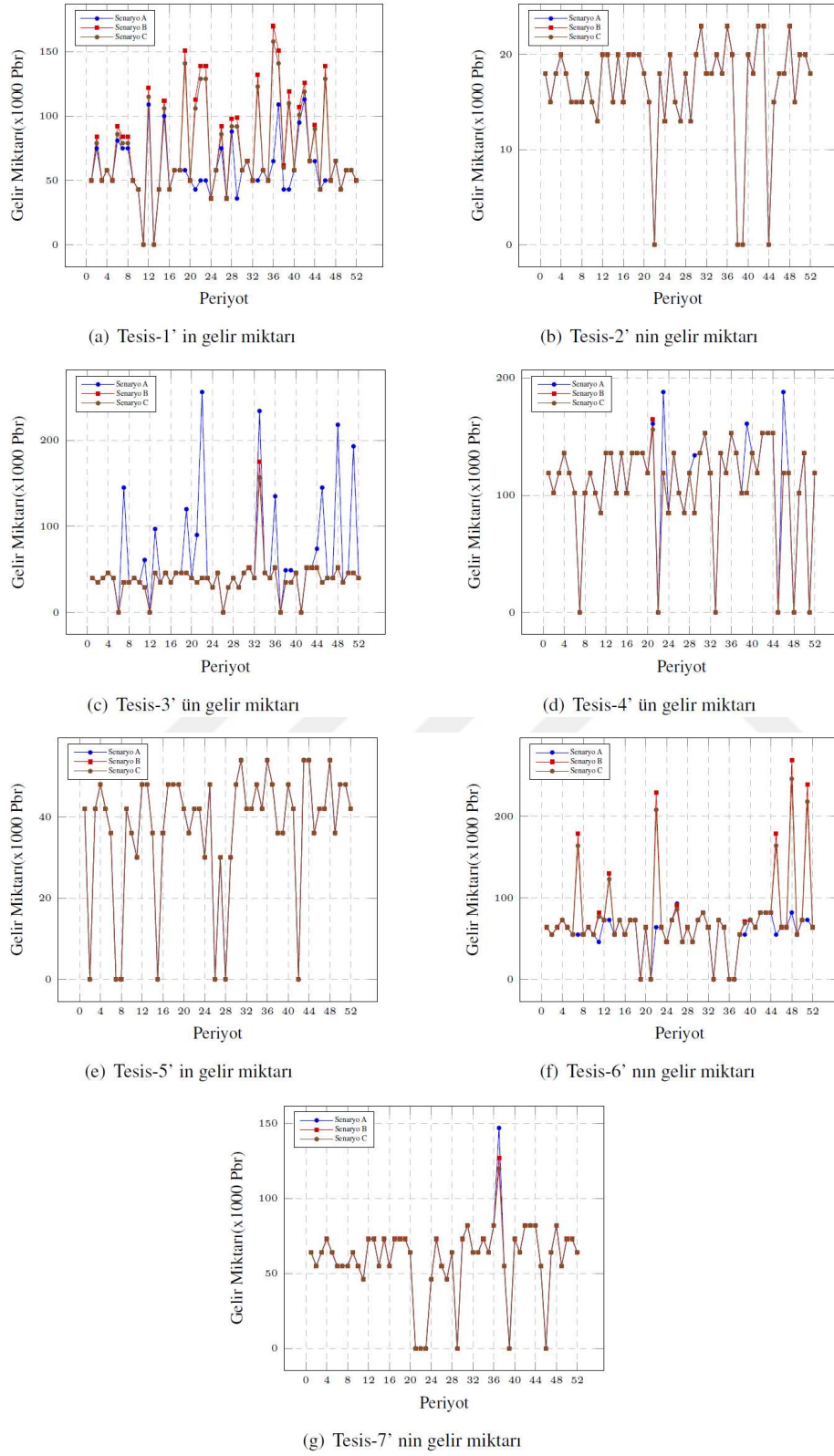
Çizelge 2.8. % 20 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo B)

Tesisler	1	2	3	4	5	6	7
1	89,43%					10,57%	
2	2,44%	92,41%		3,25%		1,90%	
3	5,69%		90,51%			1,63%	2,17%
4			5,15%	83,20%		11,65%	
5	13,28%		1,36%	2,44%	76,15%	6,78%	
6	19,51%		1,36%			79,13%	
7	12,74%			3,25%		1,63%	82,38%
Tüm sistem	17,03%	3,94%	11,91%	27,30%	6,97%	18,56%	14,30%

Çizelge 2.9. % 20 arıza olasılığı için tesislerin talep karşılama oranları (Senaryo C)

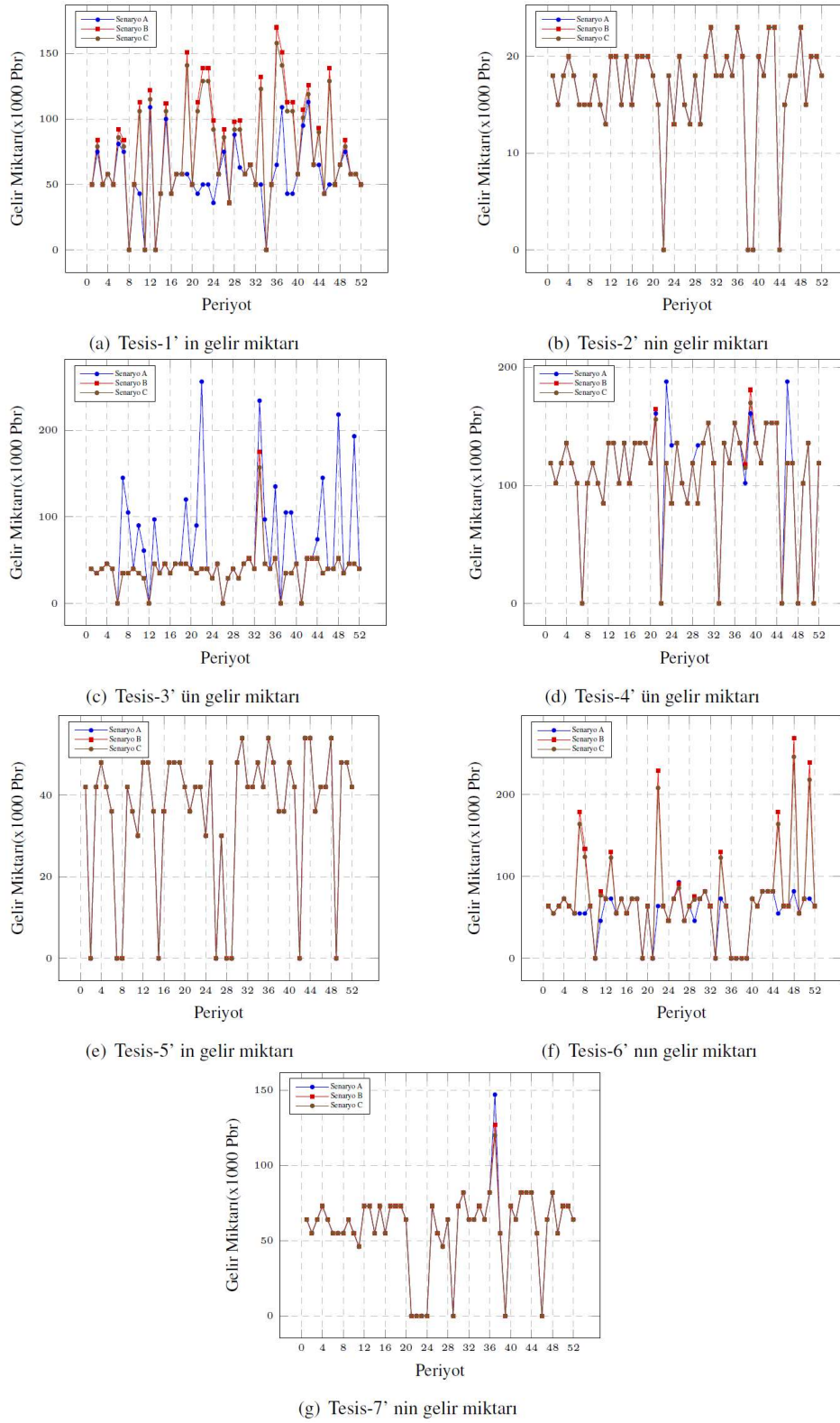
Tesisler	1	2	3	4	5	6	7
1	89,43%					10,57%	
2	2,44%	92,41%		3,25%		1,90%	
3	5,69%		90,51%			1,63%	2,17%
4			5,15%	83,20%		11,65%	
5	13,28%		1,36%	2,44%	76,15%	6,78%	
6	19,51%		1,36%			79,13%	
7	12,74%			3,25%		1,63%	82,38%
Tüm sistem	17,03%	3,94%	11,91%	27,30%	6,97%	18,56%	14,30%

EK-3. Çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında tesislerin gelir miktarları



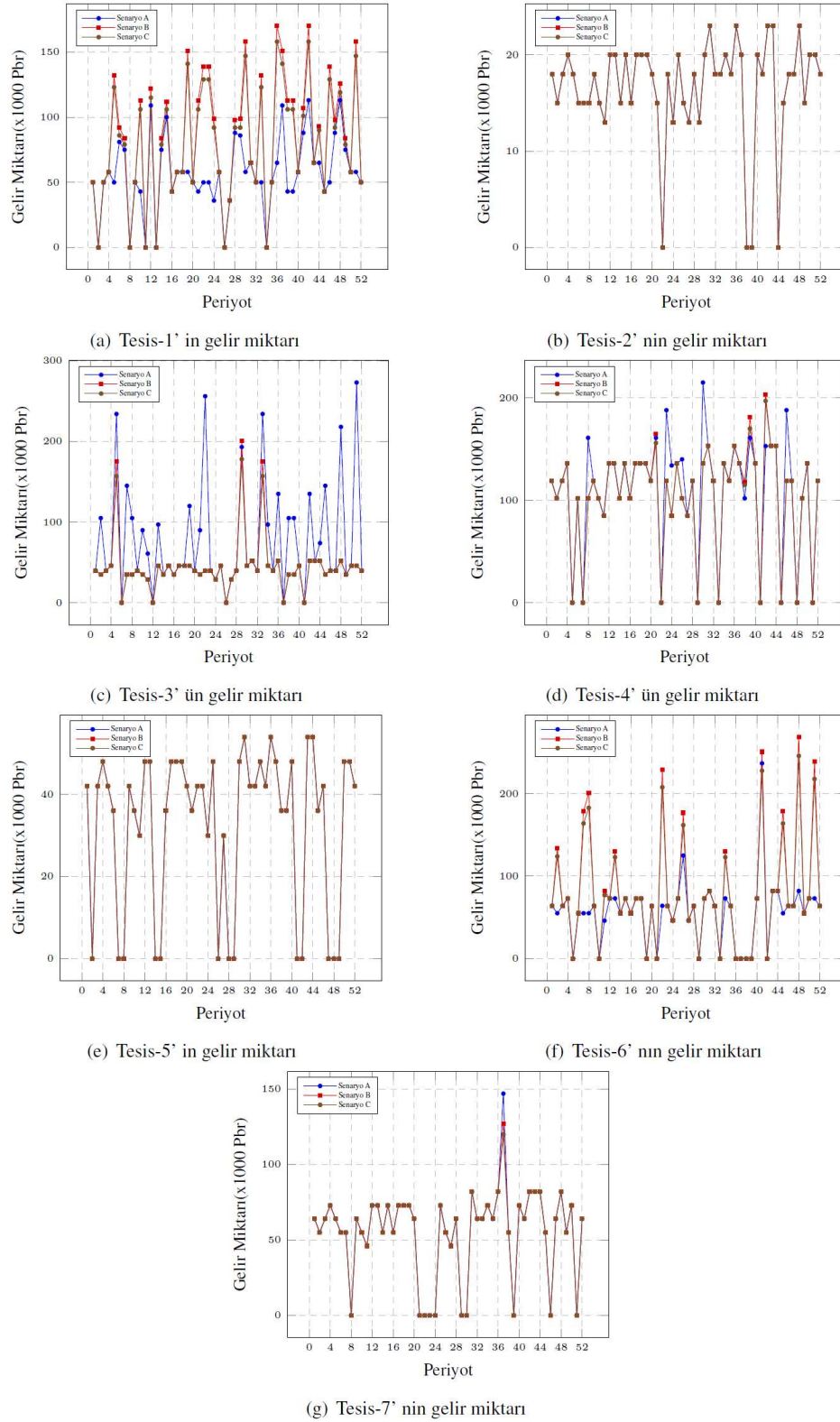
Şekil 3.1. % 10 arıza (duruş) olasılığında tesislerin gelir miktarı

EK-3. (devam) Çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında tesislerin gelir miktarları



Şekil 3.2. % 15 arıza (duruş) olasılığında tesislerin gelir miktarı

EK-3. (devam) Çeşitli arıza (duruş) olasılıklarında tesislerin gelir miktarları



Şekil 3.3. % 20 arıza (duruş) olasılığında tesislerin gelir miktarı



GAZİ GELECEKTİR..