

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AFET SONRASI DAĞITIM PROBLEMİ İÇİN
BÜTÜNLEŞİK BİR ÇÖZÜM YAKLAŞIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Buket ŞEN

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Emin GÜNDOĞAR

Ocak 2021

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AFET SONRASI DAĞITIM PROBLEMİ İÇİN
BÜTÜNLEŞİK BİR ÇÖZÜM YAKLAŞIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Buket ŞEN

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 30.01.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**Prof. Dr.
Emin GÜNDOĞAR
Jüri Başkanı**

**Doç. Dr.
Burak ERKAYMAN
Üye**

**Dr. Öğr. Üyesi
Mümtaz İPEK
Üye**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

İmza (Bu satır çıktı almadan önce silinecektir.)

Buket ŞEN

30.01.2021

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim sürecinde bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Emin GÜNDOĞAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada senaryo verilerinden yararlandığım ve ilgisini esirgemeyerek her daim yardımcım olan Sakarya AFAD ekibine sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca eğitim hayatım boyunca daima yanımda ve destekçim olan aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	vii
ÖZET.....	x
SUMMARY	xi

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Afet Türleri	1
1.2. AFAD'ın Görev ve Sorumlulukları	1
1.3. Acil Müdahale Planı	2
1.4. Araç Rotalama Problemi Tanımı	5
1.4.1. Dağıtım merkezi yer seçiminin araç rotalama problemlerindeki önemi	5

BÖLÜM 2.

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	7
2.1. Afet İstasyonu ve Toplanma Merkezi Seçimi	7
2.2. Deprem Sonrası Planlamaya Yönelik Lojistik Ağ Tasarımı	7
2.3. Afet Sonrası Yardım Malzemesi Dağıtımı için Rota Üretme	8
2.4. Afet Lojistiği Kapsamında Dağıtım Merkezi için Yer Seçimi	9

BÖLÜM 3.

MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1. Araç Rotalama	10
3.1.1. Kapasite kısıtlı araç rotalama	11
3.1.2. Araç rotalama problemlerinde çözüm yaklaşımları	12
3.1.2.1. En yakın komşu prosedürü	13
3.1.2.2. Clark-Wright tasarruf algoritması	13
3.2. Çözüm Yaklaşımlarına ait Akış Diyagramları	14
3.3. Çalışmada Kullanılan Dağılım Çeşitleri	17
3.4. Kuruluş Yeri Seçiminde Kullanılan Yöntemler	19
3.4.1. Ağırlık merkezi yöntemi	20

BÖLÜM 4.

ARAŞTIRMA BULGULARI	22
4.1. Araç Kapasitelerinin Hesaplanması	22
4.2. Mesafe Matrislerinin Oluşturulması	27
4.3. Yolların Normal Durumunda Alternatif Araç Rotalarının Oluşturulması	29
4.3.1. Depo yeri Düzce.....	29
4.3.1.1. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü.....	29
4.3.1.2. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli	35
4.3.1.3. Depo yeri Düzce-C&W tasarruf algoritması.....	37
4.3.2. Depo yeri Camili	43
4.3.2.1. Depo yeri Camili-en yakın komşu prosedürü.....	43
4.3.2.2. Depo yeri Camili-talep öncelikli dağıtım modeli ...	47
4.3.2.3. Depo yeri Camili-C&W tasarruf algoritması	49
4.3.3. Depo yeri Hanlı	54
4.3.3.1. Depo yeri Hanlı-en yakın komşu prosedürü.....	54

4.3.3.2. Depo yeri Hanlı-talep öncelikli dağıtım modeli	58
4.3.3.3. Depo yeri Hanlı-C&W tasarruf algoritması	60
4.4. Yolların Kapanması Durumunda Alternatif Araç Rotaların	
Oluşturulması	65
4.4.1. Depo yeri Düzce-yolların kapanması durumu	65
4.4.1.1. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-yolların	
kapanması	65
4.4.1.2. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli	
yolların kapanması	69
4.4.1.3. Depo yeri Düzce-C&W tasarruf algoritması-yolların	
kapanması	71
4.5. Performans Kriterlerinin Hesaplanması ve Karşılaştırılması	76
BÖLÜM 5.	
SONUÇ VE ÖNERİLER	79
5.1. Çalışmaya ait Sonuçlar	79
5.2. Çalışmaya ait Öneriler	80
KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	82

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AFAD	:Afet ve Acil Durum Yönetimi
AHP	:Analitik Hiyerarşi Prosesi
ARP	:Araç Rotalama Problemi
C	:Araç kapasitesi
C&W	:Clark ve Wright
ÇDARP	:Çoklu Depo Araç Rotalama Problemi
ÇKKV	:Çok Kriterli Karar Verme
Dk	:Dakika
DKDTARP	:Depo Kaynak ve Hedef Dağıt Topla Araç Rotalama Problemi
GTARP	:Geri Toplamalı Araç Rotalama Problemi
K	:Araç sayısı
KKARP	:Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi
Km	:Kilometre
KMKARP	:Kapasite, Mesafe ve Zaman Kısıtlı Araç Rotalama Problemi
MZKARP	:Mesafe veya Zaman Kısıtlı Araç Rotalama Problemi
N	:Müşteri sayısı
ÖDSTARP	:Dağıt ve Topla Araç Rotalama Problemi
PARP	:Periyodik Araç Rotalama Problemi
TAMP	:Türkiye Afet Müdahale Planı
Vb	:Ve benzeri
ZPARP	:Zaman Pencereci Araç Rotalama Problemi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Sakarya il haritası	6
Şekil 3.1. Araç rotalama problemlerinin sınıflandırılması	10
Şekil 3.2. En yakın komşu prosedürü akış diyagramı.....	15
Şekil 3.3. Talep öncelikli dağıtım modeli akış diyagramı	16
Şekil 3.4. Tasarruf algoritması akış diyagramı.....	17
Şekil 3.5. İhtiyaç talep miktarına ait normal dağılım grafiği	19
Şekil 4.1. Sakarya iline sınırı olan illerin depremde etkilenme durumu	22
Şekil 4.2. Afad Düzce-Hendek arası mesafe ölçümü	27
Şekil 4.3. Karapürçek-Hendek arası mesafe ölçümü	28
Şekil 4.4. Kocaali-Hendek arası mesafe ölçümü.....	28
Şekil 4.5. Depo yeri Hanlı-en yakın komşu prosedürü-normal yolların rotalanması.....	77

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Destek ekipmanları dağıtım adetleri.....	4
Tablo 1.2. Sakarya hasar kayıp tahmin bilgileri	4
Tablo 3.1. İlçe bazlı ihtiyaç malzemesine olan talep miktarı	18
Tablo 3.2. Ağırlık merkezi yöntemi ile yeni depo yeri kurulması	21
Tablo 4.1. Sakarya hasar ve kayıp tahmin verileri	23
Tablo 4.2. Gerekli destek ekipmanı listesi	24
Tablo 4.3. Temel ihtiyaç malzemesi dağıtılacak miktarlar	24
Tablo 4.4. Kamyon ile malzeme dağıtımı yapılacak kişi sayısı	25
Tablo 4.5. Tam kapasite dolan araç sayısı	26
Tablo 4.6. Depo yeri Düzce-mesafe matrisi	30
Tablo 4.7. Depo yeri Düzce'nin diğer noktalara olan mesafesi	31
Tablo 4.8. Hendek ilçesinin diğer noktalara olan mesafesi	31
Tablo 4.9. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-1.aracın rotası	32
Tablo 4.10. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-2.aracın rotası	33
Tablo 4.11. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-3.aracın rotası	33
Tablo 4.12. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-4.aracın rotası	34
Tablo 4.13. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-5.aracın rotası	34
Tablo 4.14. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-6.aracın rotası	35
Tablo 4.15. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli-1.aracın rotası	36
Tablo 4.16. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli-2.aracın rotası	36
Tablo 4.17. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli-3.aracın rotası	36
Tablo 4.18. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli-5.aracın rotası	36
Tablo 4.19. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli-6.aracın rotası	37
Tablo 4.20. İlçe bazlı numaralandırma	37

Tablo 4.21. Depo yeri Düzce-tasarruf matrisi	39
Tablo 4.22. Depo yeri Düzce-C&W tasarruf algoritması çözümü	40
Tablo 4.23. Depo yeri Camili-mesafe matrisi	44
Tablo 4.24. Depo yeri Camili'nin diğer noktalara olan mesafesi	45
Tablo 4.25. Depo yeri Camili en yakın komşu prosedürü-1.aracın rotası	45
Tablo 4.26. Depo yeri Camili en yakın komşu prosedürü-2.aracın rotası	46
Tablo 4.27. Depo yeri camili en yakın komşu prosedürü-3.aracın rotası	46
Tablo 4.28. Depo yeri Camili en yakın komşu prosedürü-4.aracın rotası	46
Tablo 4.29. Depo yeri Camili en yakın komşu prosedürü-5.aracın rotası	46
Tablo 4.30. Depo yeri Camili en yakın komşu prosedürü-6.aracın rotası	47
Tablo 4.31. Depo yeri Camili talep öncelikli dağıtım modeli-1.aracın rotası	47
Tablo 4.32. Depo yeri Camili talep öncelikli dağıtım modeli-2.aracın rotası	47
Tablo 4.33. Depo yeri Camili talep öncelikli dağıtım modeli-3.aracın rotası	48
Tablo 4.34. Depo yeri Camili talep öncelikli dağıtım modeli-4.aracın rotası	48
Tablo 4.35. Depo yeri Camili talep öncelikli dağıtım modeli-5.aracın rotası	48
Tablo 4.36. Depo Yeri Camili Talep öncelikli dağıtım modeli-6.aracın rotası	48
Tablo 4.37. Depo yeri Camili-tasarruf matrisi	50
Tablo 4.38. Depo yeri Camili-C&W tasarruf algoritması çözümü	51
Tablo 4.39. Depo yeri Hanlı-mesafe matrisi	55
Tablo 4.40. Depo yeri Hanlı'nın diğer noktalara olan mesafesi	56
Tablo 4.41. Depo yeri Hanlı en yakın komşu prosedürü-1.aracın rotası	56
Tablo 4.42. Depo yeri Hanlı en yakın komşu prosedürü-2.aracın rotası	57
Tablo 4.43. Depo yeri Hanlı en yakın komşu prosedürü-3.aracın rotası	57
Tablo 4.44. Depo yeri Hanlı en yakın komşu prosedürü-4.aracın rotası	57
Tablo 4.45. Depo yeri Hanlı en yakın komşu prosedürü-5.aracın rotası	57
Tablo 4.46. Depo yeri Hanlı en yakın komşu prosedürü-6.aracın rotası	58
Tablo 4.47. Depo yeri Hanlı talep öncelikli dağıtım modeli-1.aracın rotası	58
Tablo 4.48. Depo yeri Hanlı talep öncelikli dağıtım modeli-2.aracın rotası	58

Tablo 4.49. Depo yeri Hanlı talep öncelikli dağıtım modeli-3.aracın rotası	59
Tablo 4.50. Depo yeri Hanlı talep öncelikli dağıtım modeli-4.aracın rotası	59
Tablo 4.51. Depo yeri Hanlı talep öncelikli dağıtım modeli-5.aracın rotası	59
Tablo 4.52. Depo yeri Hanlı talep öncelikli dağıtım modeli-6.aracın rotası	59
Tablo 4.53. Depo yeri Hanlı-tasarruf matrisi	61
Tablo 4.54. Depo yeri Hanlı-C&W tasarruf algoritması çözümü	62
Tablo 4.55. Yolların kapanması-Düzce depoya ait mesafe matrisi	66
Tablo 4.56. Yolların kapanması-Düzce deponun diğer noktalar olan mesafesi	67
Tablo 4.57. Yolların kapanması-Düzce-en yakın komşu prosedürü-1.aracın rotası .	67
Tablo 4.58. Yolların kapanması-Düzce-en yakın komşu prosedürü-2.aracın rotası .	68
Tablo 4.59. Yolların kapanması-Düzce-en yakın komşu prosedürü-3.aracın rotası .	68
Tablo 4.60. Yolların kapanması-Düzce-en yakın komşu prosedürü-4.aracın rotası .	68
Tablo 4.61. Yolların kapanması-Düzce-en yakın komşu prosedürü-5.aracın rotası .	68
Tablo 4.62. Yolların kapanması-Düzce-en yakın komşu prosedürü-6.aracın rotası .	69
Tablo 4.63. Yolların kapanması-Düzce-talep öncelikli dağıtım-1.aracın rotası	69
Tablo 4.64. Yolların kapanması-Düzce-talep öncelikli dağıtım-2.aracın rotası	69
Tablo 4.65. Yolların kapanması-Düzce-talep öncelikli dağıtım-3.aracın rotası	70
Tablo 4.66. Yolların kapanması-Düzce-talep öncelikli dağıtım-4.aracın rotası	70
Tablo 4.67. Yolların kapanması-Düzce-talep öncelikli dağıtım-5.aracın rotası	70
Tablo 4.68. Yolların kapanması-Düzce-talep öncelikli dağıtım-6.aracın rotası	70
Tablo 4.69. Yolların kapanması-Düzce'ye ait tasarruf matrisi	72
Tablo 4.70. Yolların kapanması-Düzce C&W tasarruf algoritması çözümü	73
Tablo 4.71. Rotalama ve dağıtım merkezlerinin karşılaştırılması	78

ÖZET

Anahtar kelimeler: Dağıtım problemi, kapasite kısıtlı araç rotalama, bütünsel çözüm yaklaşımı

Depremlerin sıklıkla yaşandığı ülkemizde dağıtım merkezi için yer seçimi ve dağıtım yapacak araçların rotalarının önceden belirlenmesi yaşanacak problemlerin kısa sürede önüne geçilebilmesi ya da önlenmesi için büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada AFAD' ın hazırladığı deprem senaryosundan yararlanılmıştır. Senaryoda Sakarya ilinde Aralık ayında, saat 14.48'de, 7,4 şiddetinde deprem olduğu varsayılmıştır. Deprem olduğu esnada kış şartları altındaki depremzedelere ihtiyacı olan materyalleri en kısa sürede ulaştırmak temel amaçtır. Deprem sonrası bazı yolların kapandığı ve ulaşımın aksadığı da öngörülmektedir.

Dağıtım merkezi belirlemede, depremzedelere dağıtım yapılacak materyallerin AFAD'ın Düzce deposunda bulunmasından dolayı, Düzce deposu ilk çözüm alternatifi olarak kabul edilmiştir. Bunun dışında uygun iki farklı dağıtım merkezi için denemeler yapılmıştır. Çalışmanın amacı Sakarya ili için deprem durumunda uygun dağıtım ağının belirlenmesidir. Bu amaç içerisinde dağıtım merkezi yeri belirleme ve buna bağlı en uygun araç rotalama fonksiyonları bütünsel olarak değerlendirilmiştir.

AN INTEGRATED SOLUTION APPROACH FOR POST-DISASTER DISTRIBUTION PROBLEM

SUMMARY

Keywords: Distribution problem, capacity-restricted vehicle routing, integrated solution approach

In our country, where earthquakes are frequent, it is very important to choose the location for the distribution center and to determine the routes of the vehicles to be able to prevent or prevent the problems to be experienced in a short time. In this study, the earthquake scenario prepared by AFAD was used. In the scenario, it was assumed that there was an earthquake with a magnitude of 7.4 in Sakarya at 14.48 in December. During the earthquake, the main purpose is to deliver the materials needed by the earthquake victims under winter conditions as soon as possible. It is also predicted that some roads were closed after the earthquake and transportation was disrupted.

In determining the distribution center, Düzce warehouse has been accepted as the first solution alternative, since the materials to be distributed to earthquake victims are located in Duzce warehouse of AFAD. Apart from that, trials have been made for two suitable distribution centers. The aim of the study is to determine the appropriate distribution network for the province of Sakarya in case of an earthquake. For this purpose, determining the location of the distribution center and the most suitable vehicle routing functions were evaluated together.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Afet Türleri

Afetler; can ve mal kaybına neden olan olaylardır. Doğal ve yapay olmak üzere çeşitli afet türleri vardır. Afetler sonucunda insanların maddi ve manevi kayıpları oluşur. Doğal afetler; kuraklık, seller, kıtlık, fırtınalar, hortumlar, yangınlar, depremler vb.dir. İnsan kaynaklı yapay afetler ise; nükleer, biyolojik, endüstriyel kazalar vb.dir (Afad, 2020).

“Ülkemizde ise en sık görülen meteorolojik karakterli doğal afetler dolu, sel, taşkın, don, orman yangınları, kuraklık, şiddetli yağış, şiddetli rüzgar, yıldırım, çığ, kar ve fırtınalardır. Dünya Meteoroloji Örgütüne göre sadece 1980'li yıllarda dünyada 700000 kişi meteorolojik afetlerden dolayı hayatını kaybetmiştir” (Afad, 2020).

Yer kürenin hareketi sonucunda depremler meydana gelmektedir. Sakarya ili daha önceki yıllarda da depremler yaşamıştır. Can ve mal kayıpları fazla olmuştur. Deprem sonrasında insanlar sığınacak yerlere, gıda gereksinimlerini karşılayacak gıda ürünlerine ve diğer temel ihtiyaçlara ulaşmak isterler. Ülkemizde bu konuda yardım kuruluşları ön saflarda görev almaktadır. Depremzedelerin ihtiyaçlarını en kısa sürede onlara ulaştırmak, bu kuruluşların en önemli hedeflerindendir.

1.2. AFAD'ın Görev ve Sorumlulukları

AFAD, herhangi bir afet durumunda önceden yapılması gerekenleri planlar, olay anında hangi birimin hangi görevleri yerine getireceği bellidir. Afet sırasında yönlendirmelerde bulunur ve kişileri koordine eder.

AFAD deprem ile mücadelede de ihtiyaç malzemelerinin depolanmasından, dağıtımından ve arama kurtarma çalışmalarından sorumludur.

Deprem ile mücadelede TAMP dönemi başlamıştır. TAMP'ta Sivil Toplum Kuruluşları, Kamu, Özel sektör ve Gerçek kişiler yer alır. Müdahale Planlarına göre görevli kuruluşlar tarafından hazırlıklar yapılır. Olası deprem durumunda görevli kişiler, sığınma alanları, dağıtılacak malzeme ve miktarları gibi her ayrıntı belirlidir. Planlamalar sonucunda afet sırasında ve sonrasında oluşacak riskler en aza indirilir (Afad, 2020).

“TAMP’ı destekleyen unsurlardan biri de afet anında ihtiyaç duyulacak geçici barınma malzemelerinin gerekli yerlerde zamanında ulaşabilmesi için Türkiye çapında kurulan 22 lojistik merkezdir. Lojistik merkezlerden bir tır dakikalar içinde yüklenerek yola çıkabilmektedir, malzemeler uzaktan takip ve kontrol edilebilmektedir” (Afad, 2020).

1.3. Acil Müdahale Planı

AFAD’ın Sakarya ili için hazırlamış olduğu deprem senaryosunda Aralık ayında, saat 14:48’de, 7.4 şiddetinde deprem olduğu varsayılmıştır. Deprem sonrasında bazı yolların kapanacağı da öngörülmüştür.

AFAD’ın Sakarya’ya en yakın depo merkezi Düzce ilindedir. Diğer bir lojistik deposu Yalova’dadır ve Sakarya’ya yaklaşık 130 km uzaklıktadır. Bu nedenle Sakarya iline dağıtımlar Düzce ilindeki depodan gerçekleşmektedir (Sakarya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2016).

Oluşturulan senaryolarda deprem sonrasında insanlar için belirlenmiş toplanma alanları mevcuttur. Ancak bu toplanma alanlarının bazılarının konumlarına ulaşamadığından ve bazı noktalarında birbirlerine çok yakın olmasından dolayı bu

çalışmada toplanma alanı olarak ilçe belediyeleri seçilmiştir. İlçe belediyelerinin birbirlerine ve dağıtım merkezine olan mesafeleri Google haritalar aracılığıyla belirlenerek mesafe matrisleri oluşturulmuştur. Bu mesafe matrisleri dokuz farklı dağıtım simülasyonu için yenilenmiştir.

Afet müdahale planında değinilmeyen konu, toplanma alanlarına dağıtım yapacak araç rotalarının belirsiz olmasıdır. Buda deprem sonrasında bir karışıklığa ve depremzedelere ihtiyaçlarının geç ulaştırılmasına neden olabilir. Araç rotalama, bu planın bir parçası olmalıdır. Eksikliğin giderilmesi amacıyla, senaryodaki verilerden yararlanılarak dokuz farklı araç rotası oluşturulmuştur.

Sakarya iline dağıtımlar Düzce'den yapıldığı için ilçe belediyelerine ulaşım uzun sürmektedir. Aynı zamanda yollar kapandığında ve trafik olduğunda ulaşım aksamaktadır. Bu nedenle Sakarya'da da bir dağıtım merkezi kurulmasının faydalı olacağı düşünülmüştür. Sakarya'da Dağıtım Merkezi olarak Camili-Afad Merkezi seçilmiştir ve buna göre mesafe metresi oluşturulup araç rotaları belirlenmiştir.

Afet sonrasında dağıtılan destek ekipmanları; çadır, konteyner, battaniye, ısıtıcı, yatak, yastık, uyku tulumu, aile mutfak seti, nevresim ve temizlik setidir. Konteynerler Kızılay Sakarya şubesindedir. Konteyner haricindeki diğer destek ekipmanları Düzce bölge afet yönetim merkezindedir. (Sakarya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2016). Bu nedenle çalışmamızda konteyner dışındaki malzemeler için dağıtım rotaları oluşturulmuştur.

Senaryoda öngörülen destek ekipmanlarının dağıtım adetleri Tablo 1.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Destek ekipmanları dağıtım adetleri

Destek Ekipmanları	Senaryoda Öngörülen Dağıtım Adetleri
Çadır	50000
Konteynır	10000
Battaniye	250000
Isıtıcı	60000
Yatak	250000
Yastık	250000
Uyku Tulumu	250000
Aile Mutfak Seti	60000
Nevresim	250000
Temizlik Seti	250000

Sakarya ili için ilçe bazlı hasar ve kayıp tahmin bilgileri Tablo 1.2.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 1.2. Sakarya hasar kayıp tahmin bilgileri (Sakarya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2016)

İlçe	Bina Sayısı	Az Hasarlı	Orta Hasarlı	Ağır Hasarlı	Yıkık	Toplam Nüfus	Ayakta Tedavi	Hafif Yaralı	Ağır Yaralı	Can Kaybı	Geçici Barınma (Kişi Sayısı)
Pamukova	17769	6162	1736	1834	557	27329	248	54	46	42	3645
Taraklı	6716	2207	511	539	138	6807	42	9	8	7	685
Kocaali	20076	4512	477	523	60	1241	3	1	0	0	62
Hendek	48819	16529	5968	6441	2913	71060	1156	260	228	207	13381
Geyve	29099	9469	3481	3806	2159	47396	907	207	182	166	9331
Sapanca	23418	2574	3958	5094	10924	38605	4655	1103	1002	911	26591
Söğütlü	9559	3179	719	756	182	14251	85	18	15	14	1409
Akyazı	49289	8816	9067	11073	16230	84046	7077	1666	1507	1370	46341
Kaynarca	16664	4245	550	592	83	8986	23	5	4	3	480
Ferizli	14015	4073	662	701	122	18430	62	13	10	9	1218
Karapürçek	6488	802	1131	1439	2829	12465	1397	331	300	273	8222
Adapazarı	126142	39487	19434	21580	13568	256143	7408	1700	1508	1371	71121
Karasu	63412	13515	1333	1475	160	4672	11	2	2	2	234
Arifiye	17969	2709	3309	4118	6781	38720	3865	913	827	752	23880
Serdivan	46915	12514	8646	9929	8431	100887	4883	1135	1016	924	39974
Erenler	33580	7864	6460	7575	7717	75671	4600	1075	966	878	34600
Toplam	529930	138657	67442	77475	72854	806709	36422	8492	7621	6929	281174

1.4. Araç Rotalama Problemi Tanımı

Araç rotalama, birden fazla noktaya malzeme veya hizmet taşınması için gerekli güzergahın belirlenmesidir.

Araç rotaları oluşturulurken dikkat edilen önemli noktalar şunlardır:

- Araçların kapasite kullanım oranları,
- Araçların minimum mesafede hedefe gitmesi,
- Depremzedelere en kısa sürede yardım malzemelerinin ulaştırılması.

1.4.1. Dağıtım merkezi yer seçiminin araç rotalama problemlerindeki önemi

Dağıtım sistemlerinin tasarlanmasında, dağıtım merkezlerinin yerlerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Dağıtım merkezi seçiminde karar verilirken “kaç tane dağıtım merkezi olmalı” ve “dağıtım merkezleri nerelerde bulunmalı” sorularına cevap verilmelidir. Yer seçimindeki ana hedef, ulaşım, işçilik, emlak ve vergilerle ilgili maliyetleri en aza indirmek ve müşteri memnuniyetini optimize etmektir. Dağıtım merkezlerinin belirlenmesi araç rotalama problemlerinin çözümünde optimuma yakın ya da optimum sonuçlar elde etmeyi sağlamaktadır. Bu çalışmada ana hedef depremzedelere en kısa mesafede gerekli ihtiyaç malzemelerini ulaştırmak ve depremzedeleri mağdur etmeden dağıtım problemini çözmektir.

Dağıtım merkezi yer seçimi çok kriterli bir karar verme sürecini gerektirir. Kullanılabilecek çok kriterli karar verme teknikleri; Electre Metodu, WSM Metodu, MAUT Metodu, AHP Metodu, PROMETHEE Methodu, TOPSIS, ER Metodudur (Gündoğar, 2018).

Dağıtım merkezlerinin belirlenmesinde kullanılan Sakarya il haritası Şekil 1.1.’de gösterildiği gibidir.



Şekil 1.1. Sakarya il haritası (Coğrafya Harita, 2020)

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Afet İstasyonu ve Toplanma Merkezi Seçimi

Afet yönetiminde yer seçimi ve lojistik ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Çiçekdağı ve Kırış afet istasyonu ve toplanma merkezi seçimi için yaptığı uygulamada konteynerlerin en uygun yere yerleştirilmesi için kümeleme analizi yöntemini kullanmıştır. Bu yöntem Dumlupınar Üniversitesi yerleşkesinde uygulanarak istasyon yerleri seçilmiştir. Kütahya’da bir deprem olması durumunda yetkili birimler olay yerine gelene kadar depremzedelerin faydalanabileceği konteynerler ihtiyaç malzemelerini içermektedir. Konteynerlerin içinde acil durumda kullanılabilecek her türlü malzeme mevcuttur. Bu konteynerler ısıya ve darbeye karşı korunaklı durumdadır. Aynı zamanda sel baskınlarında da zarar görmemektedir. Kümeleme analizinde öncelikli olarak koordinatlar ve kişi sayıları belirlenmiştir. Bilgiler dahilinde kümeler oluşturulmuş ve bu kümelerin ağırlık merkezleri belirlenmiştir. Afet esnasında insanların kümeler halinde toplanmaları arama kurtarma çalışmalarında da kolaylık sağlamakta ve iletişimi kolaylaştırmaktadır. Toplanan kişilerin birbirlerini tanıyor olmaları önemli bir etken olarak göz önünde bulundurulmuştur. Deprem gibi afetlere öncede hazırlıklı ve planlı olmanın hayat kurtaracağı üzerinde durulmuştur. Çalışmaya zemin özelliği, fay hattı durumu gibi verilerinde ilave edilerek güncellenebileceği öneri olarak sunulmuştur (Çiçekdağı ve Kırış, 2012).

2.2. Deprem Sonrası Planlamaya Yönelik Lojistik Ağ Tasarımı

Tekin Temur, Turgut, Yılmaz, Arslan ve Camcı deprem sonrası planlamaya yönelik bir lojistik ağı tasarlamışlardır. Bu uygulama Ümraniye bölgesinde farklı deprem senaryoları için uygulanmıştır. Çalışmanın amacı deprem sonrasında insanların

ihtiyacı olan temel malzemeleri en kısa sürede insanlara ulaştırmaktır. Seçilen bölgedeki mahallelerin insani yardım ve ihtiyaç skoru belirlenmiştir. Bu hesaplama doğrultusunda da hangi mahallenin hangi dağıtım merkezine bağlanacağı tespit edilerek bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan iki aşamalı bütünleşik modelde AHP yardımıyla skorlar hesaplanmıştır. Daha sonra p-medyan yöntemi kullanılarak mahallelere dağıtım merkezi açılıp açılmamasına karar verilmiştir. Kurulan model farklı deprem senaryoları içinde uygulanmıştır ve sonuç olarak modelin farklı deprem senaryolarına karşı duyarlılığının yüksek olduğu kanıtlanmıştır. Farklı şiddetteki depremlerin farklı kararlar alınmasını gerektirdiği ortaya konulmuştur. Dağıtım merkezi sayısının maliyete olan etkilerinin de hesaplanabileceği, şehirdeki trafiğin ulaşımı aksatıp insanlara malzemelerin geç ulaşacağını da göz önünde bulundurularak bu çalışmanın güncellenebileceği öneri olarak sunulmuştur (Temur ve ark., 2018).

2.3. Afet Sonrası Yardım Malzemesi Dağıtımı için Rota Üretme

Köse Küçük ve Çavdur afet sonrası yardım malzemesi dağıtımı için rota üretme-eleme algoritması ile tam sayılı programlama kullanarak ve bu algoritmayı bir deprem örneği üzerinde test ederek analiz yapmışlardır. Problemi kapasite kısıtlı araç rotalama problemi olarak kurgulamışlardır. Çözümü için ise iki aşamalı çözüm yaklaşımını geliştirerek örnek bir bölge için test etmişlerdir. Rota üretme-eleme algoritması ile kıstaslarına uygun rotalar üretmişlerdir. Bu rotalar araçların kapasite kısıtı göz önünde bulundurularak üretilmiştir. Üretilen rotalar tam sayılı programlamanın da girdisi olmuştur. Modelde hangi yardım malzemesinin hangi rotadan taşınacağı ve hangi araçla taşınacağı belirlenmiştir. Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi NP-zor yapıda bir problemdir. Bu nedenle çözüm süresi uzundur. Çalışmada kullanılan rota üretme-eleme algoritması ile çözüme daha kısa sürede ulaşılmıştır. Aynı zamanda dağıtım problemi alt problemlere bölündüğünde KKARP modeline boyut ve çözüm süresi bakımından pozitif yönde katkı sağlamıştır. İlerleyen zamanlarda yapılması planlanan çalışmalarda çözümün iki aşamalı

olmasından ziyade tek aşamalı olarak yapılması öneri olarak sunulmuştur (Küçük ve Çavdur, 2018).

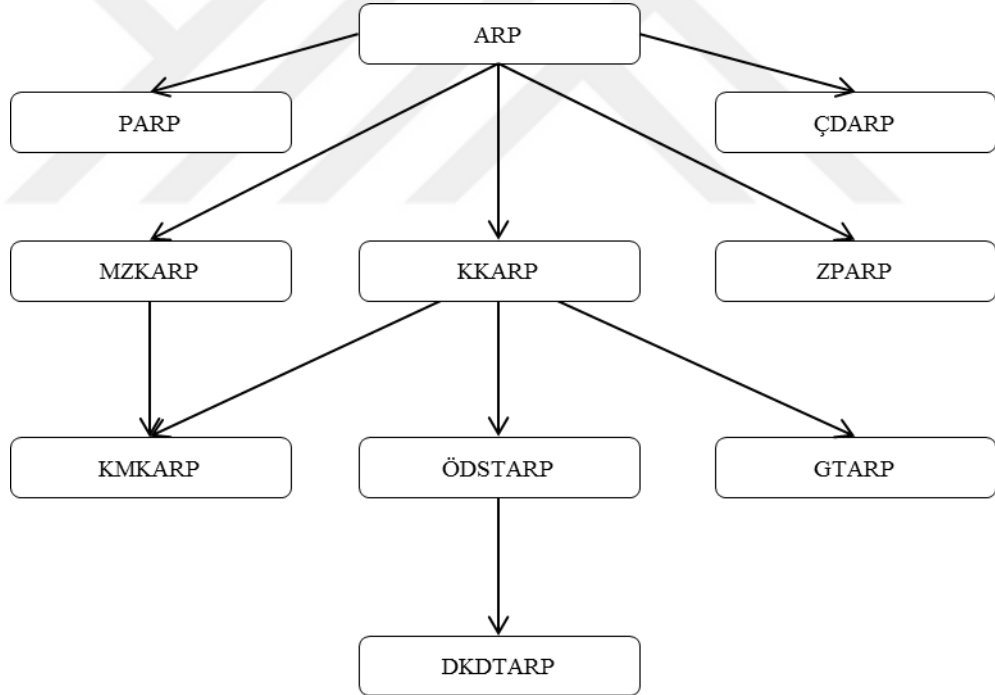
2.4. Afet Lojistiği Kapsamında Dağıtım Merkezi için Yer Seçimi

Ağdaş, Bali ve Ballı afet lojistiğinde dağıtım merkezi yer seçimi için SMAA-2 tekniğini kullanarak bir uygulama gerçekleştirmişlerdir. Bu uygulamadaki temel amaç dağıtım merkezi için en uygun yeri seçmektir. Bu çalışma ÇKKV problemi olarak ele alınmıştır. Problemin çözümünde kullanılan kıstaslar belirsizlik içerdiği için SMMA-2 yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada sel olmadan dağıtım merkezlerinin nereye kurulması gerektiğinin belirlenmesi üzerinde durulmuştur. Sel olma ihtimali son derece yüksek olan bir bölgede problemin uygulanmasına karar verilmiştir. Sel sonrasında insanlara ihtiyaçları olan yardım malzemeleri bu dağıtım merkezlerinden yapılmaktadır. Dağıtım merkezi için dört farklı yer belirlenmiştir. Dört farklı yer arasında karar verebilmek için beş kıstas bulunmaktadır. Bu kıstasların şunlar olduğu belirtilmiştir: sel riski derecesi, ulaşım imkanı, afetzedelere ulaşım süresi(dakika olarak), bölgenin afet deposuna olan uzaklığı(kilometre olarak) ve toplam maliyet. Bu kıstaslar arasında önem derecesini sıralayabilmek için alanında uzman kişilere danışılmıştır. Problemi çözebilmek için JSMAA programından yararlanılmıştır. JSMAA programı Java tabanlı bir programdır ve veri girişi yapmak için önemli bir fayda sağlamıştır. Doğal afetler ne yapılırsa yapılsan önüne geçilemez felaketlerdir. Ancak günümüzde afetlerin sıkça yaşanması ve afetlerden tüm canlıların en az zararla çıkabilmesi için önceden önlemler almak, iyileştirmeler yapmak çok önemlidir. Çalışmada olduğu varsayılan sel felaketi, depremde sonra en çok görülen ikinci doğal afettir. Bu çalışmada kullanılan SMAA-2 yönteminin diğer doğal afetler içinde kullanılabileceği önerilmiştir (Ağdaş ve ark., 2014).

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Araç Rotalama

Araç rotalama problemleri, tedarik zincirinde dağıtımın en son aşamasında ortaya çıkmaktadır. Bu tarz problemlerde en iyi çözüme ulaşabilmedeki temel yol kıstasları belirlemektir. Kıstaslar probleme uygun olmalıdır (Keskintürk ve ark., 2015). Araç rotalama problemleri Şekil 3.1.'deki gibi sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.1. Araç rotalama problemlerinin sınıflandırılması (Keskintürk ve ark., 2015)

3.1.1. Kapasite kısıtlı araç rotalama

Kapasiteleri birbirine eşit olan araçlar ile dağıtım gerçekleştirilir. Bu tarz problemlerde kapasite ve müşteri talepleri önceden belirlenir. Araçlar dağıtıma depo noktası olan dağıtım merkezinden başlar ve bu dağıtımı tekrar aynı noktaya dönerek sonlandırır. Bu problemlerdeki amaç toplam gidilen mesafenin en kısa olmasıdır. Kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinde müşteri talebi araç kapasitesini geçmemelidir. Probleme ait amaç fonksiyonu ve kısıtlara ait matematiksel model aşağıdaki gibidir (Keskintürk ve ark., 2015).

Notasyonlar

N: Müşteri sayısı

K: Araç sayısı

C: Araç Kapasitesi

c_{ij} : müşteri i'den müşteri j'ye gidene kadar geçen seyahat süresi

Karar Değişkenleri

x_{ijk} : k aracı i'den j'ye gidiyorsa 1, aksi halde 0;

Matematiksel Model:

Amaç Fonksiyonu

$$\min z = \sum_{k \in K} \sum_{i,j \in A} c_{ij} x_{ijk} \quad (3.1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in \Delta+i} x_{ijk} = 1, \quad \forall i \in N \quad (3.2)$$

$$\sum_{j \in (0)} x_{0jk} = 1, \quad \forall k \in K \quad (3.3)$$

$$\sum_{i \in \Delta-j=0} x_{xijk} - \sum_{i \in \Delta+j} x_{xijk} = 0, \quad \forall k \in K, i \in N \quad (3.4)$$

$$\sum_{i \in \Delta^-(j)}^{i \in \Delta^-(n+1)} X_{i,n+1,k} = 1, \forall k \in K \quad (3.5)$$

$$\sum_{i \in N}^{i \in \Delta^-(n+1)} d_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} X_{xijk} \leq C, \forall k \in K \quad (3.6)$$

$$X_{xijk} \geq 0, \forall k \in K, (i, j) \in A \quad (3.7)$$

$$X_{xijk} \in (0,1), \forall k \in K, (i, j) \in A \quad (3.8)$$

“Denklem (3.1)’de gösterilen amaç fonksiyonu kat edilen toplam mesafeyi en küçükleme. Denklem (3.2)’deki kısıta göre her müşteri yalnızca bir araç tarafından ziyaret edilmelidir. Denklem (3.3)’deki kısıta göre başlangıç deposundan gönderilen her araç yalnızca 1 müşteriye gönderilir. Denklem (3.4)’deki kısıta göre, bir araç bir müşteriyi ziyaret ediyorsa aynı zamanda o müşteriden hareket etmelidir. Denklem (3.5)’deki kısıta göre, rotaların sonunda sadece bir düğümün depoya bağlandığı gösterilmektedir. Denklem (3.6)’daki kısıtta, müşterilerin taleplerinin araç kapasitesini aşamayacağı gösterilir. Denklem (3.7)’deki kısıta göre, değişkenlerin negatif olmama şartı sağlanmalıdır. Denklem (3.8)’deki kısıtta, 0-1 ikili tamsayı değişkenleri tanımlanmaktadır” (Ağdaş ve ark., 2014).

3.1.2. Araç rotalama problemlerinde çözüm yaklaşımları

Gerçek hayatta karşılaşılan problemlerde dağıtım noktalarının sayısı çok fazladır. 1000 adetten fazla dağıtım noktası olabilmektedir. Bu tarz problemlerin çözümü oldukça zordur. O yüzden optimum olmayan ama gerçeğe yakın çözümler sunan sezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Problemlerin kapsamı arttıkça sonuca ulaşmak zorlaşır, sezgisel yöntemler kullanılarak yaklaşık sonuçlar elde edilmeye çalışılır.

Yönetim bilimi kitaplarında en fazla çalışma yapılan problem Gezgin Satıcıdır. Gezgin Satıcı Problemlerinde yaygın olarak kullanılan iki sezgisel çözüm vardır. Bunlar; En Yakın Komşu Prosedürü ve Clark-Wright Tasarruf Algoritmasıdır.

3.1.2.1. En yakın komşu prosedürü

En Yakın Komşu prosedüründe son gidilen noktaya en yakın nokta araştırılarak çözüm elde edilir. Noktaların birbirlerine olan uzaklığı baz alınarak mesafe matrisi oluşturulur. Mesafe matrisleri simetriktir. Bu yöntem dört adımdan oluşmaktadır. Adımlar sırasıyla aşağıdaki gibidir.

- Tura depo noktasından başlamak
- Bulunduğun noktaya en yakın olan bir sonraki noktayı bulmak
- Tüm noktalara uğranılana kadar ikinci adıma geri dönmek
- Son nokta ile depo noktasını birleştirmek.

3.1.2.2. Clark-Wright tasarruf algoritması

Clark-Wright Tasarruf Algoritması, Enter G. Clarke ve J.W. Wright tarafından geliştirilmiştir. Algoritmanın temel kuralı, iki noktanın birleştirilmesinden elde edilen maliyet azalmasına dayanır. Turların her birinin tasarruf miktarları; noktaların depo noktasına (sıfır noktasına) olan uzaklarının toplamından, birleştirilmek istenen iki noktanın birbirine olan uzaklığının çıkarılması ile (Denklem 3.9) elde edilir. Elde edilen tasarruf miktarlarına bağlı kalınarak tasarruf matrisi oluşturulur. Tasarruf matrisleri de mesafe matrisleri gibi simetriktir. Tasarruf miktarları büyükten küçüğe sıralanır. En yüksek olandan başlamak koşulu ile aracın kapasitesi dolana kadar rotaya nokta eklemesi yapılmaya devam edilir. Aracın kapasitesi dolduğunda rota ortaya çıkmaktadır.

$$S_{ij} = C_{0i} + C_{0j} - C_{ij} \quad (3.9)$$

S_{ij} : i den j ye olan bağlantının elde ettirdiği tasarruf

C_{ij} : i den j ye olan mesafe (maliyet) (Gündoğar, 2018).

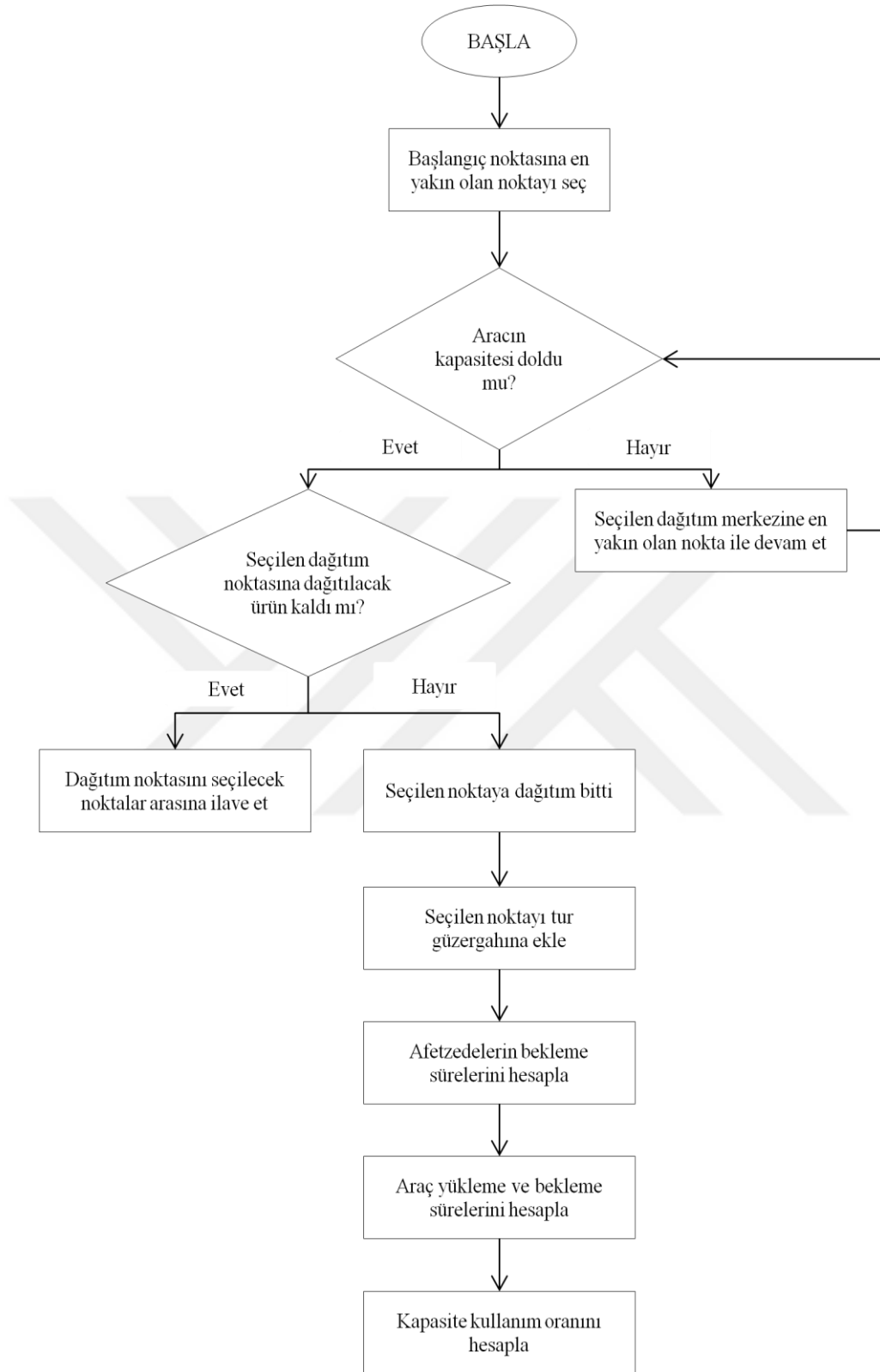
3.2. Çözüm Yaklaşımlarına ait Akış Diyagramları

Çözüm yaklaşımları hazırlanırken akış diyagramlarının oluşturulması gerekmektedir. Akış diyagramları, modelin nasıl çalıştığını planlı ve sistematik şekilde anlatmaktadır.

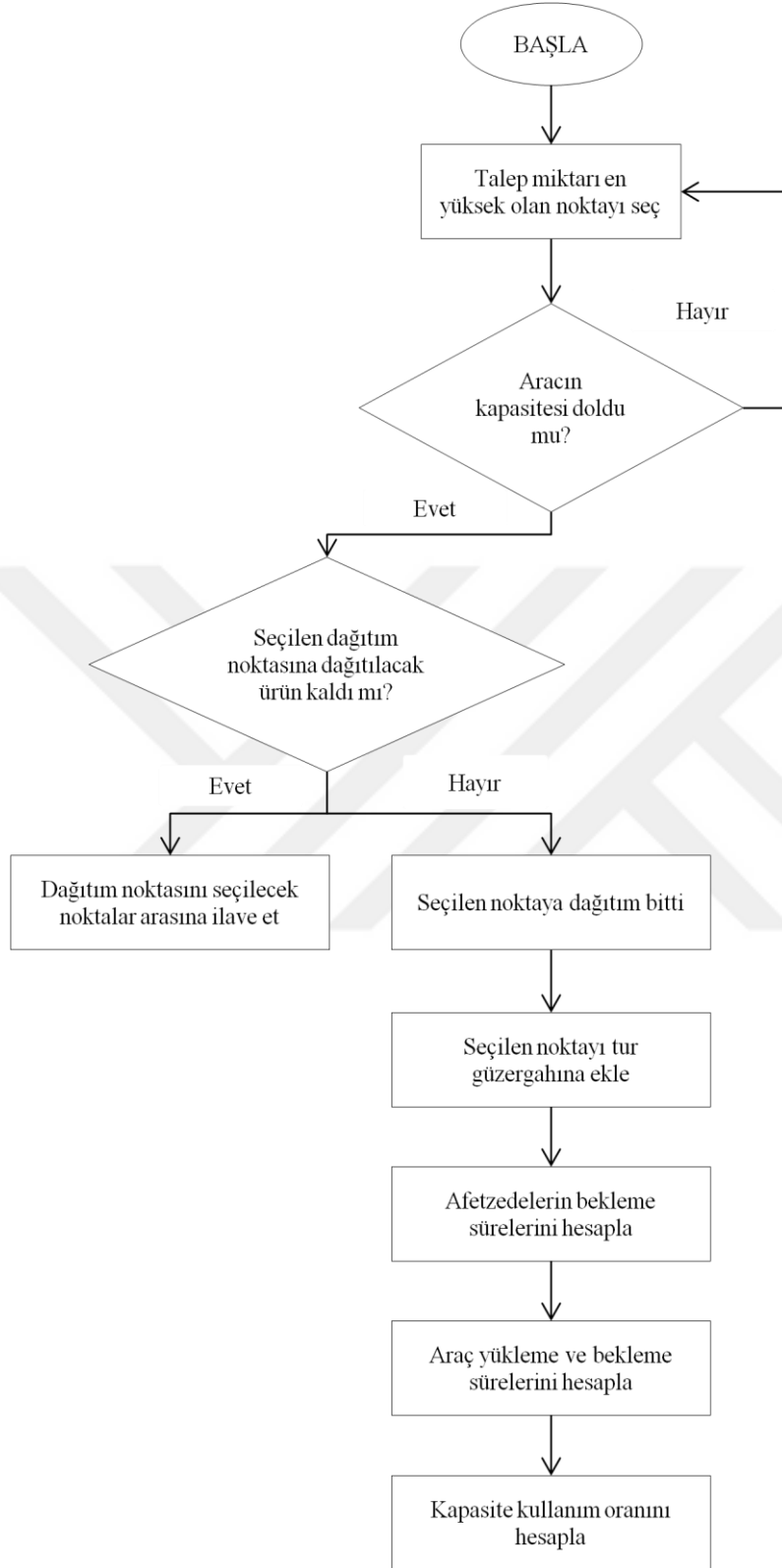
Bu çalışmada deprem sonrası dağıtım problemi için üç farklı alternatif çözüm yaklaşımı denenmiştir. Birinci alternatif çözümde; en yakın komşu teoremi kullanılarak üç farklı durum için araç rotası oluşturulmuştur. İkinci alternatif çözümde; talep miktarı fazla olan dağıtım noktalarına öncelik vermek kaydıyla üç farklı durum için araç rotası oluşturulmuştur. Üçüncü alternatif çözümde; Clark-Wright Tasarruf Algoritması kullanılarak üç farklı durum için araç rotaları oluşturulmuştur. Üç farklı durum sıralaması aşağıdaki gibidir:

- Afad Düzce depodan diğer dağıtım noktalarına olan mesafe matrisine göre,
- Afad Düzce deponun Camili'ye taşınmasında ya da Camili'ye yeni depo kurulması durumunda oluşan mesafe matrisine göre,
- Hanlı'ya yeni bir depo kurulması durumunda oluşan mesafe matrisine göre alternatif çözümler denenmiştir.

Çalışmada kullanılan çözümler ait akış diyagramları Şekil 3.2. , Şekil 3.3. , Şekil 3.4. 'de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.2. En yakın komşu prosedürü akış diyagramı



Şekil 3.3. Talep öncelikli dağıtım modeli akış diyagramı



Şekil 3.4. Tasarruf algoritması akış diyagramı

3.3. Çalışmada Kullanılan Dağılım Çeşitleri

Normal Dağılım; merkezi limit teoremine göre, n yeterince büyük olmak üzere, n adet bağımsız ve özdeş rastgele değişken normal dağılıma eğilimindedir. Bu sonuç

ortalaması μ ve standart sapması σ olan bir normal dağılımdan örneklem üretmek için (Denklem 3.9) kullanılmaktadır.

$$\mathbf{x} = \mathbf{R}_1 + \mathbf{R}_2 + \cdots + \mathbf{R}_n \quad (3.9)$$

y rastgele örnekleme, ortalaması ve standart sapması olan bir $N()$ normal dağılımından, x için (Denklem 3.10) hesaplanır (Aydın Ö. , 2020).

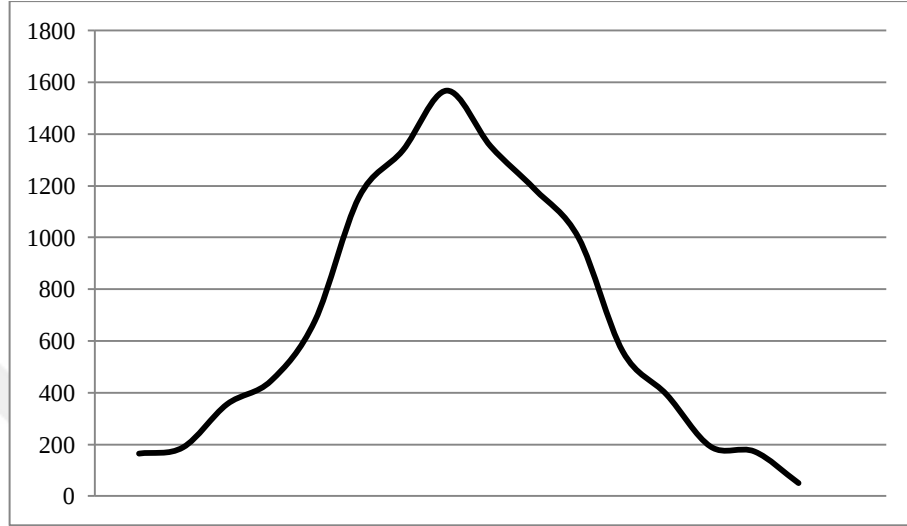
$$\mathbf{y} = \boldsymbol{\mu} + \frac{\mathbf{x} - \frac{n}{2}}{\sqrt{\frac{n}{12}}} \quad (3.10)$$

Bu çalışmamızda ilçelerin ihtiyaç malzemelerine olan taleplerinin normal dağılıma uygunluğu kontrol edilmiştir. Aşağıdaki Tablo 3.1.'de ilçe bazlı ihtiyaç malzemesi talep miktarı verilmiştir.

Tablo 3.1. İlçe bazlı ihtiyaç malzemesine olan talep miktarı

İlçe	İhtiyaç Malzemesi Talep Miktarı
Arifiye	1568
Erenler	1352
Karapürçek	1337
Pamukova	1187
Söğütlü	1155
Ferizli	998
Adapazarı	678
Taraklı	560
Geyve	446
Kaynarca	393
Serdivan	356
Karasu	192
Sapanca	189
Akyazı	173
Hendek	165
Kocaali	51

Bu veriler dahilinde ortalaması 675, standart sapması 494,25 olan normal dağılıma uygun talep verisi elde edilmiştir. Normal dağılıma uygunluk grafiği Şekil 3.5.'deki gibidir:



Şekil 3.5. İhtiyaç talep miktarına ait normal dağılım grafiği

3.4. Kuruluş Yeri Seçiminde Kullanılan Yöntemler

İşletmelerin çalışmalarını sürdürebilmeleri için kurulacakları yer, büyük önem arz etmektedir. Uzun dönemli ve stratejik kararlar verilerek kuruluş yeri belirlenmektedir. Kuruluş yeri seçimin etkileyen faktörler; pazara yakınlık, işgücü olanakları, hammadde, malzeme ve hizmetlerin bulanabilirliği, kalitesi, ulaşım olanakları, devlet teşvikleri ve vergi politikaları, finansal olanakların varlığı, su ve arıtma tesislerinin varlığı, enerji ve yakıt, toplumsal yapı ve davranışlar, arazi özellikleri, güvenlidir.

Kuruluş yeri seçiminde kullanılan yöntemler;

- Görünür maliyetleri kıyaslama yöntemi,

- Görünmez maliyetleri kıyaslama yöntemi,
- Karlılık analizi,
- Faktör ağırlıklandırma yöntemi,
- Başabaş noktası analizi,
- Ağırlık merkezi yöntemi,
- Yük-mesafe yöntemi,
- Ulaştırma Modeli

3.4.1. Ağırlık merkezi yöntemi

Dağıtım merkezlerinin ya da üretim tesislerinin yer seçiminde kullanılan ve dağıtım maliyetlerini minimize eden bir yöntemdir. Dağıtım maliyetlerini uzaklık ve taşınan miktarın doğrusal fonksiyonu olarak ele almaktadır. Sevkiyat yapılacak her noktanın koordinatlarının ve ağırlığının belirlenmesini içerir. X noktasının koordinatları (Denklem 3.11) ve y noktasının koordinatları (Denklem 3.12) hesaplanır.

$$C_x = \frac{\sum x_i Q_i}{\sum Q_i} \quad (3.11)$$

$$C_y = \frac{\sum y_i Q_i}{\sum Q_i} \quad (3.12)$$

Q_i = i yerine sevk edilecek miktar

x_i = i yerinin x koordinatı

y_i = i yerinin y koordinatı (Hitit Üniversitesi, 2020).

Bu çalışmada birinci depo yeri olarak mevcut konumdaki Düzce dağıtım merkezi, ikinci depo yeri olarak Camili'deki Afad Koordinasyon Merkezi, üçüncü depo yeri olarakta Ağırlık Merkezi Yöntemi kullanılarak bulunan koordinatlardaki yer dağıtım merkezi olarak denenmiştir. Tablo 3.2.'de gösterildiği gibi her ilçenin koordinatları Google Maps aracılığıyla tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda üçüncü depo yerine ait koordinatlar; X: 40,72582 - Y: 30,41231 olarak çıkmıştır. Koordinatların denk geldiği nokta Arifiye ilçesindeki Hanlı mahallesidir.

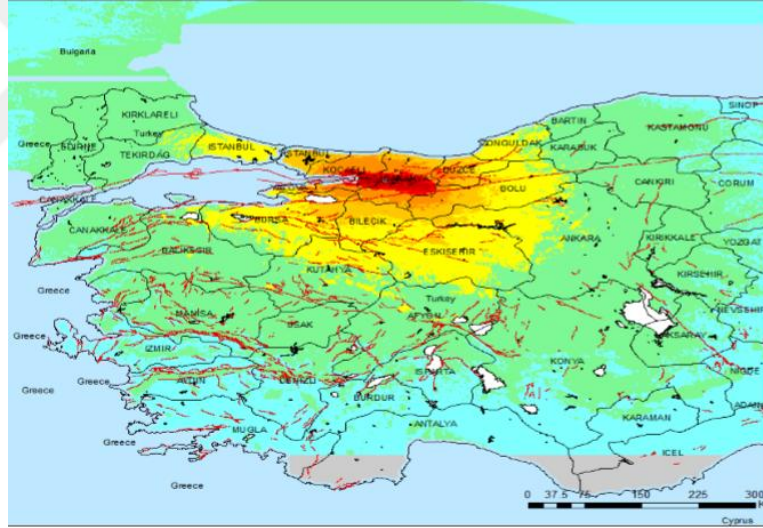
Tablo 3.2. Ağırlık merkezi yöntemi ile yeni depo yeri kurulması

İlçe No	İlçe Adı	X Koordinatı	Y Koordinatı	Talep
1	Hendek	40,797288	30,745042	165
2	Kocaali	40,054804	30,852325	51
3	Karapürçek	40,642234	30,538209	1337
4	Karasu	41,094233	30,690258	192
5	Akyazı	40,680617	30,619928	173
6	Erenler	40,758574	30,404481	1352
7	Arifiye	40,714057	30,362476	1568
8	Serdivan	40,772483	30,363083	356
9	Adapazarı	40,778526	30,399387	678
10	Sapanca	40,690909	30,269816	189
11	Söğütü	40,905435	30,473395	1155
12	Ferizli	40,937031	30,488354	998
13	Kaynarca	41,03353	30,304952	393
14	Geyve	40,508582	30,290886	446
15	Pamukova	40,507576	30,16795	1187
16	Taraklı	40,398014	30,496148	560

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Araç Kapasitelerinin Hesaplanması

Afad'ın Sakarya ilinde ihtiyaç analizi ve kapasite geliştirme kararları için geliştirilmiş senaryosundan yararlanılmıştır. Bu senaryoda Sakarya ilinde Aralık ayında saat 14:48'de büyüklüğü 7,4 olan bir depremin meydana geldiği varsayılmıştır. Varsayım doğrultusunda Sakarya iline sınırı olan illerin depremten etkilenme durumlarına yönelik harita Şekil 4.1.'deki gibidir.



Şekil 4.1. Sakarya iline sınırı olan illerin depremten etkilenme durumu

(Sakarya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2016)

Haritaya göre, kırmızının tonlarında boyanan noktalar tahrip edici ve yok edici, sarı tonlarında boyanan noktalar az hasar verici, yeşil tonlarında boyanan noktalar şiddetin hissedilir olduğu, açık gri tonlarında boyanan noktalar ise depremin hafif hissedildiği ya da hiç hissedilmediği bölgelerdir.

Sakarya iline en yakın Afad lojistik deposu Düzce’de bulunmaktadır. Sakarya’ ya ortalama 65 kilometre uzaklıktadır. Bir diğer lojistik deposu ise Yalova ilindedir. Yalova ili ise Sakarya’ya yaklaşık 130 kilometre uzaklıktadır. Bu nedenle Sakarya ili temel ihtiyaç malzemelerinin tedarikliğini Düzce deposundan sağlamaktadır.

Sakarya ili için oluşturulan afet senaryosuna göre ildeki bazı baz istasyonları hasar görmüş durumdadır. Kullanıcıların bazı bölgelerde iletişim araçlarını kullanamadığı varsayılmıştır. Aynı zamanda içme suyu sağlanan kaynaklarda zarar gördüğünden insanlar su ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır. 16 ilçede elektrik hatlarının zarar gördüğü varsayılarak bir gün boyunca enerji kesintisi yapılmıştır.

Sakarya-Ankara ve Sakarya-İstanbul arasındaki yollarda zincirleme kaza olduğu ve ulaşımın aksadığı düşünülmüştür. Ayrıca Sakarya-Akyazı arasında (gişelerden sonra) karayolunda ise akaryakıt tankerinin devrildiği varsayılmıştır.

Sakarya iline bağlı ilçelerdeki tahmini hasar ve kayıp bilgileri Tablo 4.1.’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Sakarya hasar ve kayıp tahmin verileri (Sakarya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2016)

İlçe	Bina Sayısı	Az Hasarlı	Orta Hasarlı	Ağır Hasarlı	Yıkık	Toplam Nüfus	Ayakta Tedavi	Hafif Yaralı	Ağır Yaralı	Can Kaybı	Geçici Barınma (Kişi Sayısı)
Pamukova	17769	6162	1736	1834	557	27329	248	54	46	42	3645
Taraklı	6716	2207	511	539	138	6807	42	9	8	7	685
Kocaali	20076	4512	477	523	60	1241	3	1	0	0	62
Hendek	48819	16529	5968	6441	2913	71060	1156	260	228	207	13381
Geyve	29099	9469	3481	3806	2159	47396	907	207	182	166	9331
Sapanca	23418	2574	3958	5094	10924	38605	4655	1103	1002	911	26591
Söğütli	9559	3179	719	756	182	14251	85	18	15	14	1409
Akyazı	49289	8816	9067	11073	16230	84046	7077	1666	1507	1370	46341
Kaynarca	16664	4245	550	592	83	8986	23	5	4	3	480
Ferizli	14015	4073	662	701	122	18430	62	13	10	9	1218
Karapürçek	6488	802	1131	1439	2829	12465	1397	331	300	273	8222
Adapazarı	126142	39487	19434	21580	13568	256143	7408	1700	1508	1371	71121
Karasu	63412	13515	1333	1475	160	4672	11	2	2	2	234
Arifiye	17969	2709	3309	4118	6781	38720	3865	913	827	752	23880

Tablo 4.1. (Devamı)

Serdivan	46915	12514	8646	9929	8431	100887	4883	1135	1016	924	39974
Erenler	33580	7864	6460	7575	7717	75671	4600	1075	966	878	34600
Toplam	529930	138657	67442	77475	72854	806709	36422	8492	7621	6929	281174

Sakarya ili için hazırlanan afet senaryosuna göre gerekli ve mevcut destek ekipmanı listesi Tablo 4.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Gerekli destek ekipmanı listesi (Sakarya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2016)

Destek Ekipmanları	Senaryoda Öngörülen	Mevcut	İhtiyaç Duyulan
Kamyon	128	126	2
Kamyonet	78	0	78
Raf	114	0	114
Palet	202	0	202
Forklift	11	0	11

Tahmini hasar ve kayıp bilgilerinin verildiği Tablo 4.1.'e göre 281174 kişi geçici barınmaya ihtiyaç duymaktadır. Kullanılacak konteyner sayısı 10000 adet olarak tabloda belirtilmiştir. Bu bilgiler dahilinde bir konteynerde ortalama 5,0744 kişi kalabileceği düşünülerek toplam konteynerde kalacak afetzedeye sayısı 50744 kişi olarak hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda toplam geçici barınmaya ihtiyaç duyan insan sayısından toplam konteynerde kalacak insan sayısı çıkarılarak kamyonlar ile dağıtılacak malzemelere kaç kişinin ihtiyacı olduğu tespit edilmiştir. Afet senaryosunda belirlenen 128 kamyon ile 230400 afetzedeye temel ihtiyaç malzemesi dağıtılması gerekmektedir.

Tablo 4.3. Temel ihtiyaç malzemesi dağıtılacak miktarlar (Sakarya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2016)

Destek Ekipmanları	Senaryoda Öngörülen Dağıtım Adetleri
Çadır	50000
Konteyner	10000
Battaniye	250000
Isıtıcı	60000
Yatak	250000
Yastık	250000

Tablo 4.3. (Devamı)

Uyku Tulumu	250000
Aile Mutfak Seti	60000
Nevresim	250000
Temizlik Seti	250000

Toplamda kamyon ile kaç afetzedeye temel ihtiyaç malzemesi dağıtımı yapıldığı bulunduktan sonra ilçe bazlı kaç kişiye dağıtım yapılması gerektiği hesaplanmıştır. Hesaplama yapılırken toplamda konteynerde kalacak kişi sayısı toplam geçici barınmaya ihtiyaç duyan kişi sayısına bölünmüştür. Toplam geçici barınmaya ihtiyaç duyan kişi sayısının %18,1 i konteynerlerde kalacaktır. Geri kalan geçici barınmaya ihtiyaç duyan %81,9 luk kesime temel ihtiyaç malzemeleri 128 kamyon ile dağıtılacaktır. Her ilçe için geçici barınmaya ihtiyaç duyan kişi sayısından konteynerde kalacak afetzede sayısı düşülmüştür. Sonucunda her ilçede kamyon ile kaç kişiye malzeme dağıtılacağı tespit edilmektedir. İlçe bazlı kamyon ile kaç afetzedeye dağıtım yapılacağına bilgileri Tablo 4.4.'deki gibidir.

Tablo 4.4. Kamyon ile malzeme dağıtımı yapılacak kişi sayısı

İlçe	Geçici Barınma (Kişi Sayısı)	Kamyon ile Malzeme Dağıtımı Yapılacak Kişi Sayısı
Pamukova	3645	2987
Taraklı	685	561
Kocaali	62	51
Hendek	13381	10965
Geyve	9331	7646
Sapanca	26591	21789
Söğütlü	1409	1155
Akyazı	46341	37973
Kaynarca	480	393
Ferizli	1218	998
Karapürçek	8222	6737
Adapazarı	71121	58278
Karasu	234	192
Arifiye	23880	19568

Tablo 4.4. (Devamı)

Serdivan	39974	32756
Erenler	34600	28352
Toplam	281174	230400

Kamyonlar ile temel ihtiyaç malzemesi dağıtımı yapılacak kişi sayısı toplamda 230400'dür. Bir kamyonun 1800 kişilik temel ihtiyaç malzemesi dağıtma kapasitesi vardır. İlçelerde geçici barınmaya ihtiyaç duyan kişi sayısı 1800'ü geçenlerin kaç kamyon doldurduğu ve dağıtım yapılacak kaç kişi kaldığı Tablo 4.5.'deki gibi hesaplanmıştır.

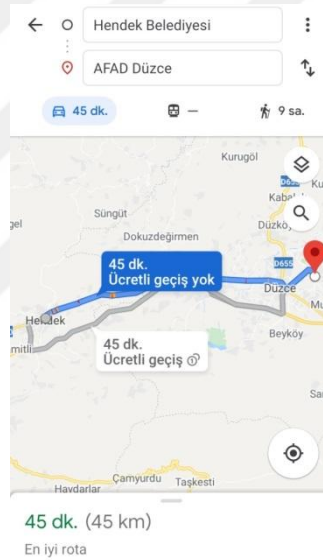
Tablo 4.5. Tam kapasite dolan araç sayısı

İlçe	Geçici Barınma (Kişi Sayısı)	Kamyon ile Malzeme Dağıtımı Yapılacak Kişi Sayısı	Kamyonlar Tam Kapasite Doldurulunca Kalan Kişi Sayısı	Tam Kapasite Dolan Araç Sayısı
Pamukova	3645	2987	1187	1
Taraklı	685	561	561	0
Kocaali	62	51	51	0
Hendek	13381	10965	165	6
Geyve	9331	7646	446	4
Sapanca	26591	21789	189	12
Söğütlü	1409	1155	1155	0
Akyazı	46341	37973	173	21
Kaynarca	480	393	393	0
Ferizli	1218	998	998	0
Karapürçek	8222	6737	1337	3
Adapazarı	71121	58278	678	32
Karasu	234	192	192	0
Arifiye	23880	19568	1568	10
Serdivan	39974	32756	356	18
Erenler	34600	28352	1352	15
Toplam	281174	230400	10800	122

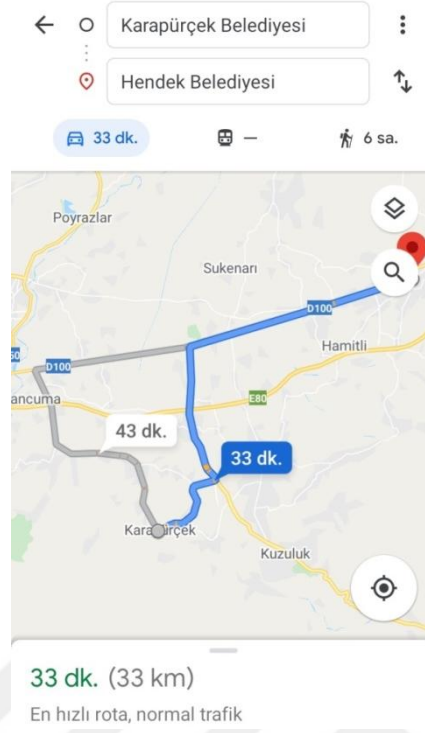
Yapılan hesaplamalara göre 122 kamyon tam kapasite ile doldurulmaktadır bu nedenle hesaplamalara katılmamıştır. Ancak kalan temel ihtiyaç malzemelerini afetzedelere en kısa mesafede ulaştırmak için alternatif çözümler denenmiştir.

4.2. Mesafe Matrislerinin Oluşturulması

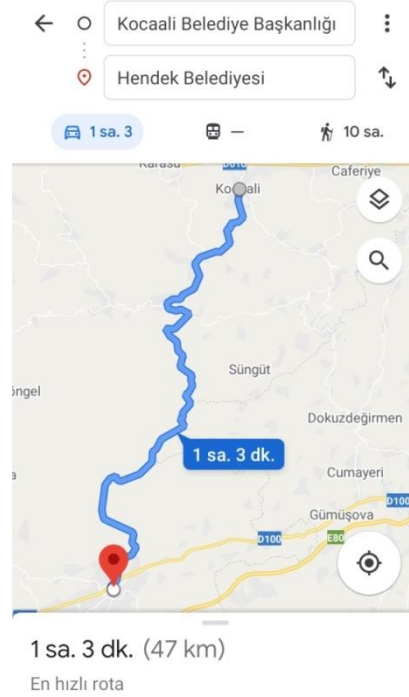
Alternatif çözümlere ait araç rotalarının çizilebilmesi için gerekli olan mesafe matrisleri Google Haritalar yardımıyla oluşturulmuştur. Birinci alternatif çözüm için ilçelerin Düzce Afad Deposuna ve birbirlerine olan mesafeleri kilometre cinsinden ölçülmüştür. Sakarya ili için afet planında ilçelerde toplanma merkezleri bulunmaktadır. Ancak bu toplanma merkezlerin bazıları aynı ilçe içerisinde. Aynı ilçe içerisinde ve birbirine çok yakın noktalar olduğu için bu çalışmada toplanma merkezleri belediye ya da kaymakamlıklar olarak alınmıştır. Mesafelere ait örnek ölçümler Şekil 4.2. , Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'deki gibidir.



Şekil 4.2. Afad Düzce-Hendek arası mesafe ölçümü (Google Maps, 2020)



Şekil 4.3. Karapürçek-Hendek arası mesafe ölçümü (Google Maps, 2020)



Şekil 4.4. Kocaali-Hendek arası mesafe ölçümü (Google Maps, 2020)

4.3. Yolların Normal Durumunda Alternatif Araç Rotalarının Oluşturulması

Bu çalışmada üç farklı yöntem ile üç farklı depo yeri için araç rotalarının oluşturulması denenmiştir. İki durum için deneme yapılmıştır. Birinci durum yolların normal durumu, ikinci durum Sakarya-Düzce arasındaki ücretli geçiş yollarının kapandığı varsayımdır.

4.3.1. Depo yeri Düzce

4.3.1. 1. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü

Düzce depoya en yakın olan nokta ilk gidilecek nokta olarak seçilmiştir. İlk noktanın ihtiyaç miktarı kapasite miktarından düşülerek kalan kapasiteyle araç yola devam etmiştir. İkinci gidilecek nokta birinciye en yakın olan noktadır. Araçlar her kapasitesini tamamladığında ilk gidilecek nokta, başlangıç noktası olan Düzce depoya en yakın noktadır. Her bir ilçenin birbirine ve Düzce Afad deposuna olan mesafesi ölçüldükten sonra ortaya çıkan mesafe matrisi Tablo 4.6.'da gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Depo yeri Düzce-mesafe matrisi

	Afad	Hendek	Kocaali	Karapürçek	Karasu	Akyazı	Erenler	Arifiye	Serdivan	Adapazarı	Sapanca	Söğütlü	Ferizli	Kaynarca	Geyve	Pamukova	Taraklı
Afad		45	67	79	80	76	88	86	91	90	99	103	105	118	111	118	141
Hendek	45		47	33	56	23	32	41	40	35	54	49	51	64	66	73	96
Kocaali	67	47		92	17	69	73	79	73	71	89	51	48	56	107	114	137
Karapürçek	79	33	92		74	11	22	25	30	25	34	43	45	58	52	65	82
Karasu	80	56	17	74		77	56	62	56	54	72	33	31	41	90	96	119
Akyazı	76	23	69	11	77		29	31	37	32	45	45	48	61	56	63	86
Erenler	88	32	73	22	56	29		8	7	3	18	24	27	37	35	42	65
Arifiye	86	41	79	25	62	31	8		9,9	11	9,1	31	33	42	29	36	59
Serdivan	91	40	73	30	56	37	7	9,9		3,3	16	25	27	34	37	43	66
Adapazarı	90	35	71	25	54	32	3	11	3,3		19	22	25	33	37	43	66
Sapanca	99	54	89	34	72	45	18	9,1	16	19		40	43	50	32	39	62
Söğütlü	103	49	51	43	33	45	24	31	25	22	40		3,8	25	57	64	87
Ferizli	105	51	48	45	31	48	27	33	27	25	43	3,8		23	61	67	90
Kaynarca	118	64	56	58	41	61	37	42	34	33	50	25	23		70	76	99
Geyve	111	66	107	52	90	56	35	29	37	37	32	57	61	70		14	33
Pamukova	118	73	114	65	96	63	42	36	43	43	39	64	67	76	14		48
Taraklı	141	96	137	82	119	86	65	59	66	66	62	87	90	99	33	48	

Mesafe matrisi oluşturulduktan sonra her noktanın diğer noktalara olan uzaklığı en yakından uzak olana doğru sıralanmıştır. Sıralamalara örnek olarak Tablo 4.7. ve Tablo 4.8. gösterildiği gibidir.

Tablo 4.7. Depo yeri Düzce'nin diğer noktalara olan mesafesi

Depo Yeri Düzce	MESAFE(km)
Hendek	45
Kocaali	67
Akyazı	76
Karapürçek	79
Karasu	80
Arifiye	86
Erenler	88
Adapazarı	90
Serdivan	91
Sapanca	99
Söğütlü	103
Ferizli	105
Geyve	111
Kaynarca	118
Pamukova	118
Taraklı	141

Tablo 4.8. Hendek ilçesinin diğer noktalara olan mesafesi

Hendek	MESAFE(km)
Akyazı	23
Erenler	32
Karapürçek	33
Adapazarı	35
Serdivan	40
Arifiye	41
Afad	45
Kocaali	47
Söğütlü	49
Ferizli	51
Sapanca	54
Karasu	56
Kaynarca	64
Geyve	66
Pamukova	73
Taraklı	96

İlçe bazlı yakınlık sıralaması sonucu oluşan tablolardan yararlanarak araçların rotaları oluşturulmuştur. Birinci araç rotası oluşturulurken öncelik Düzce Afad deposuna en yakın olan noktadan başlamaktır. Bu noktaya en yakın Hendek olduğu için ilk nokta olarak Hendek seçilmiştir. Hendek'te geçici barınma ihtiyacı olan afetzedede sayısının kalanı 165 kişidir. Bir kamyonun kapasitesi 1800 kişilik temel ihtiyaç malzemesi taşıyacak kadardır. 1800 den çıkarılarak kalan kapasite ile ikinci nokta bulunmuştur. İkinci nokta Hendek ilçesine en yakın nokta olan Akyazı'dır. Akyazı'da geçici barınma ihtiyacı olan afetzedelerin kalan sayısı 173 kişidir. Kamyon kapasitesinden 173 çıkarılarak kalan kapasite ile üçüncü nokta bulunmuştur. Üçüncü nokta Akyazı ilçesine en yakın olan Karapürçek ilçesidir. Karapürçek ilçesinde geçici barınma ihtiyacı olan kişi sayısı 1337'dir. Kamyon kapasitesinden 1337 çıkarılarak kalan kapasiteyle dördüncü nokta bulunmuştur. Dördüncü nokta Karapürçek ilçesine en yakın olan Erenler ilçesidir. Erenler ilçesinde geçici barınma ihtiyacı olan kişi sayısının kalanı 1352 kişidir. Ancak kamyonunda 125 kişilik kapasite kaldığı için Erenler ilçesine 125 kişilik temel ihtiyaç malzemesi bırakılarak Düzce Afad Deposuna geri dönmüştür. Birinci aracın rotası Tablo 4.9.'da gösterildiği gibidir.

Tablo 4.9. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-1.aracın rotası

1.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		45
Hendek	165	23
Akyazı	173	11
Karapürçek	1337	22
Erenler	125	88
Afad	1800	189

İkinci araç rota oluşturulurken ilk nokta Düzce Afad deposuna en yakın ikinci nokta seçilmiştir. Kocaali ilçesi Düzce Afad deposuna en yakın ikinci noktadır. Kocaali'de geçici barınma ihtiyacı olan kişi sayısının kalanı 51'dir. Kamyon kapasitesi olan 1800'den 51 kişi düşülerek kalan kapasiteyle ikinci rotanın ikinci noktası bulunmuştur. İkinci nokta Karapürçek ilçesine en yakın olan Karasu'dur. Karasu ilçesinde geçici barınma ihtiyacı olan kişi sayısının kalanı 192'dir. Kalan kamyon

kapasitesinden 192 çıkarılarak üçüncü en yakın nokta bulunmuştur. Karasu ilçesine en yakın nokta Ferizli'dir. Ferizli ilçesinde geçici barınma ihtiyacı olan kalan kişi sayısı 998'dir. Kalan kamyon kapasitesinden 998 çıkarılarak dördüncü en yakın nokta bulunmuştur. Dördüncü en yakın nokta Söğütlü'dür. Söğütlü ilçesinde geçici barınma ihtiyacı olan kalan kişi sayısı 1155'dir. Ancak kalan kamyon kapasitesi 559 olduğu için Söğütlü'ye 559 kişilik temel ihtiyaç malzemesi bırakılarak Düzce Afad deposuna geri dönmüştür. İkinci aracın rotası Tablo 4.10.'da gösterildiği gibidir.

Tablo 4.10. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-2.aracın rotası

2.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		67
Kocaali	51	17
Karasu	192	31
Ferizli	998	3,8
Söğütlü	559	103
Afad	1800	221,8

Üçüncü araç rotası oluşturulurken ilk nokta Düzce Afad deposuna en yakın üçüncü nokta seçilmiştir. Arifiye ilçesi en yakın üçüncü noktadır ve geçici barınma ihtiyacı olan kalan kişi sayısı 1568'dir. Arifiye ilçesine en yakın nokta Erenler ilçesidir. Erenler ilçesinde geçici barınma ihtiyacı olan kalan kişi sayısı 1227'dir. Ancak kalan kamyon kapasitesi 232 olduğu için Erenler ilçesine 232 kişilik temel ihtiyaç malzemesi bırakılarak Düzce Afad deposuna geri dönmüştür. Üçüncü aracın rotası Tablo 4.11.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.11. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-3.aracın rotası

3.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		86
Arifiye	1568	8
Erenler	232	88
Afad	1800	182

Dördüncü araç rotası oluşturulurken Düzce Afad deposuna en yakın ve dağıtım henüz tamamlanmamış olan Erenler, ilk nokta olarak seçilmiştir. Erenler ilçesinde geçici barınma ihtiyacı olan kalan kişi sayısı 995'dir. Dağıtım yapıldıktan sonra ikinci nokta olarak Erenler ilçesine en yakın olan Adapazarı'na dağıtım yapılmıştır. Adapazarı ilçesine 678 kişilik temel ihtiyaç malzemesi bırakılarak kamyonun kalan kapasitesi olan 127 kişilik temel ihtiyaç malzemesi Serdivan ilçesine bırakılmıştır ve Düzce Afad deposuna araç geri dönmüştür. Dördüncü aracın rotası Tablo 4.12.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.12. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-4.aracın rotası

4.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		88
Erenler	995	3
Adapazarı	678	3,3
Serdivan	127	91
Afad	1800	185,3

Beşinci araç rotasında dağıtım Kaynarca'dan başlanmıştır. Kaynarca'ya 393 kişilik temel ihtiyaç malzemesi bırakılıp Söğütlü ilçesine gidilmiştir. Söğütlü ilçesine ikinci rotada bir miktar malzeme bırakıldığı için kalan 596 kişilik malzemede bu rotada dağıtılmıştır. Söğütlü'ye en yakın ve dağıtım henüz tamamlanmamış olan Serdivan ilçesine 229 kişilik temel ihtiyaç malzemesi bırakılarak Sapanca ilçesine geçilmiştir. Sapanca'da geçici barınma malzeme ihtiyacı olan kalan kişi sayısı 189'dur. Dağıtım tamamlanıp kalan kamyon kapasitesi 393 olduğu için Geyce ilçesine 393 kişilik temel ihtiyaç malzemesi bırakılarak Düzce Afad deposuna geri dönmüştür. Beşinci aracın rotası Tablo 4.13.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.13. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-5.aracın rotası

5.Aracın Rotası	KAPASİTE	KM
Afad		118
Kaynarca	393	25
Söğütlü	596	16
Serdivan	229	16

Tablo 4.13. (Devamı)

Sapanca	189	32
Geyve	393	111
Afad	1800	318

Son araç rotasına Geyve ilçesinden başlanmıştır. Geyve'ye kalan 53 kişilik temel ihtiyaç malzemesi bırakılarak Pamukova ilçesine gidilmiştir. Pamukova'nın 1187 kişilik gereksinimi karşılanarak Taraklı ilçesine 560 kişilik son temel ihtiyaç malzemeleri bırakılarak ve Düzce Afad deposuna geri dönülerek aracın rotası tamamlanmıştır. Altıncı araca ait rota Tablo 4.14.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.14. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-6.aracın rotası

6.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		111
Geyve	53	14
Pamukova	1187	48
Taraklı	560	141
Afad	1800	314

Birinci alternatif çözüm, birinci durumda dağıtım yapılırken temel kıstas en yakın noktaların seçilmesidir. 6 adet kamyon tam kapasite kullanılarak toplamda 1410,1 kilometrelik mesafe kat edilmiştir.

4.3.1.2. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli

Depo yeri Düzce'ye göre oluşturulan mesafe matrisi kullanılmıştır. Öncelik ihtiyaç malzemesi miktarı en çok olandan dağıtıma başlamaktır. Böylelikle yüksek miktarda ihtiyaç malzemesi talebi olan ilçelerin miktarı bölünmeden dağıtımı gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Gidilecek ikinci nokta belirlenirken en yakın mesafede olmasına dikkat edilmiştir. Belirtilen kıstaslar dikkate alındığında oluşturulan araçların rotaları Tablo 4.15. , Tablo 4.16. , Tablo 4.17. , Tablo 4.18. , Tablo 4.19.'da gösterildiği gibidir.

Tablo 4.15. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli-1.aracın rotası

1.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		86
Arifiye	1568	8
Erenler	232	88
Afad	1800	182

Tablo 4.16. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli-2.aracın rotası

2.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		88
Erenler	1120	3
Adapazarı	678	3,3
Serdivan	2	91
Afad	1800	185,3

Tablo 4.17. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli-3.aracın rotası

3.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		91
Serdivan	125	30
Karapürçek	1337	11
Akyazı	173	23
Hendek	165	45
Afad	1800	200
4.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		118
Pamukova	1187	14
Geyve	446	32
Sapanca	167	99
Afad	1800	263

Tablo 4.18. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli-5.aracın rotası

5.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		103
Söğütlü	1155	3,8
Ferizli	645	105
Afad	1800	211,8

Tablo 4.19. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli-6.aracın rotası

6.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		141
Taraklı	560	62
Sapanca	22	16
Serdivan	229	27
Ferizli	353	23
Kaynarca	393	41
Karasu	192	17
Kocaali	51	67
Afad	1800	394

Talep öncelikli dağıtım modeline göre temel kıstas geçici barınma ihtiyacı olan kişilerin sayısının yüksek olduğu noktalarda bölünme olmadan dağıtımın gerçekleştirilmesidir. Yüksek kişi sayısının olduğu nokta, ilk nokta olarak seçilmiştir. Sonraki seçimlerde noktaya yakın ve ihtiyaç sayısı fazla olan nokta belirlenerek araçların rotaları oluşturulmuştur. Sonucunda 6 kamyon tam kapasite kullanılarak toplamda 1436,1 kilometrelik yol kat edilmiştir.

4.3.1.3. Depo yeri Düzce-C&W tasarruf algoritması

Depo yeri Düzce'ye göre oluşturulan mesafe matrisi kullanılmıştır. Öncelikli olarak tasarruf miktarları hesaplanarak tasarruf matrisi oluşturulmuştur. Tasarruf matrisi baz alınarak büyükten küçüğe sıralama yapılmıştır. Sıralama yapıldığında kamyon kapasitesini aşan talep miktarları hesaplama dışında tutulmuştur. Depo yeri Düzce için oluşturulan tasarruf matrisi Tablo 4.21.'de gösterilmiştir. Dağıtım noktalarına verilen numaralar Tablo 4.20.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.20. İlçe bazlı numaralandırma

0	Afad
1	Hendek
2	Kocaali
3	Karapürçek
4	Karasu

Tablo 4.20. (Devamı)

5	Akyazı
6	Erenler
7	Arifiye
8	Serdivan
9	Adapazarı
10	Sapanca
11	Söğütü
12	Ferizli
13	Kaynarca
14	Geyve
15	Pamukova
16	Taraklı

Tablo 4.21. Depo yeri Düzce-tasarruf matrisi

S1-2	65																												
S1-3	91	S2-3	54																										
S1-4	69	S2-4	130	S3-4	85																								
S1-5	98	S2-5	74	S3-5	144	S4-5	79																						
S1-6	101	S2-6	82	S3-6	145	S4-6	112	S5-6	135																				
S1-7	90	S2-7	74	S3-7	140	S4-7	104	S5-7	131	S6-7	166																		
S1-8	96	S2-8	85	S3-8	140	S4-8	115	S5-8	130	S6-8	172	S7-8	167,1																
S1-9	100	S2-9	86	S3-9	144	S4-9	116	S5-9	134	S6-9	175	S7-9	165	S8-9	177,7														
S1-10	90	S2-10	77	S3-10	144	S4-10	107	S5-10	130	S6-10	169	S7-10	175,9	S8-10	174	S9-10	170												
S1-11	99	S2-11	119	S3-11	139	S4-11	150	S5-11	134	S6-11	167	S7-11	158	S8-11	169	S9-11	171	S10-11	162										
S1-12	99	S2-12	124	S3-12	139	S4-12	154	S5-12	133	S6-12	166	S7-12	158	S8-12	169	S9-12	170	S10-12	161	S11-12	204,2								
S1-13	99	S2-13	129	S3-13	139	S4-13	157	S5-13	133	S6-13	169	S7-13	162	S8-13	175	S9-13	175	S10-13	167	S11-13	196	S12-13	200						
S1-14	90	S2-14	71	S3-14	138	S4-14	101	S5-14	131	S6-14	164	S7-14	168	S8-14	165	S9-14	164	S10-14	178	S11-14	157	S12-14	155	S13-14	159				
S1-15	90	S2-15	71	S3-15	132	S4-15	102	S5-15	131	S6-15	164	S7-15	168	S8-15	166	S9-15	165	S10-15	178	S11-15	157	S12-15	156	S13-15	160	S14-15	215		
S1-16	90	S2-16	71	S3-16	138	S4-16	102	S5-16	131	S6-16	164	S7-16	168	S8-16	166	S9-16	165	S10-16	178	S11-16	157	S12-16	156	S13-16	160	S14-16	219	S15-16	211

Bu çözüm yaklaşımında diğer kullanılan çözüm yaklaşımlarında olduğu gibi bir noktaya birkaç sefer gidilmemiştir. Her dağıtım noktasına tek sefer gidilerek talep miktarı bölünmeden araçların rotaları oluşturulmuştur. Çözüm esnasında kullanılan Excel tablosu, Tablo 4.22.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.22. Depo yeri Düzce-C&W tasarruf algoritması çözümü

S	TASARRUF	TALEP	TALEP	TOPLAM	ARAÇ ROTALARI
S14-16	219	446	561	1007	14-16
S14-15	215	446	1187	1633	-
S15-16	211	1187	561	1748	-
S11-12	204,2	1155	998	2153	-
S12-13	200	998	393	1391	12-13
S11-13	196	1155	393	1548	-
S10-14	178	189	446	635	14-16-10
S10-15	178	189	1187	1376	-
S10-16	178	189	561	750	-
S8-9	177,7	356	678	1034	-
S7-10	175,9	1568	189	1757	-
S6-9	175	1352	678	2030	-
S8-13	175	356	393	749	-
S9-13	175	678	393	1071	-
S8-10	174	356	189	545	14-16-10-8
S6-8	172	1352	356	1708	-
S9-11	171	678	1155	1833	-
S9-10	170	678	189	867	-
S9-12	170	678	998	1676	-
S6-10	169	1352	189	1541	-
S6-13	169	1352	393	1745	-
S8-11	169	356	1155	1511	-
S8-12	169	356	998	1354	-
S7-14	168	1568	446	2014	-
S7-15	168	1568	1187	2755	-
S7-16	168	1568	561	2129	-
S7-8	167,1	1568	356	1924	-
S6-11	167	1352	1155	2507	-
S10-13	167	189	393	582	-
S6-7	166	1352	1568	2920	-
S6-12	166	1352	998	2350	-
S8-15	166	356	1187	1543	-
S8-16	166	356	561	917	-
S7-9	165	1568	678	2246	-

Tablo 4.22. (Devamı)

S8-14	165	356	446	802	-
S9-15	165	678	1187	1865	-
S9-16	165	678	561	1239	-
S6-14	164	1352	446	1798	-
S6-15	164	1352	1187	2539	-
S6-16	164	1352	561	1913	-
S9-14	164	678	446	1124	-
S7-13	162	1568	393	1961	-
S10-11	162	189	1155	1344	-
S10-12	161	189	998	1187	-
S13-15	160	393	1187	1580	-
S13-16	160	393	561	954	-
S13-14	159	393	446	839	-
S7-11	158	1568	1155	2723	-
S7-12	158	1568	998	2566	-
S4-13	157	192	393	585	12-13-4
S11-14	157	1155	446	1601	-
S11-15	157	1155	1187	2342	-
S11-16	157	1155	561	1716	-
S12-15	156	998	1187	2185	-
S12-16	156	998	561	1559	-
S12-14	155	998	446	1444	-
S4-12	154	192	998	1190	-
S4-11	150	192	1155	1347	-
S3-6	145	1337	1352	2689	-
S3-5	144	1337	173	1510	-
S3-9	144	1337	678	2015	-
S3-10	144	1337	189	1526	-
S3-7	140	1337	1568	2905	-
S3-8	140	1337	356	1693	-
S3-11	139	1337	1155	2492	-
S3-12	139	1337	998	2335	-
S3-13	139	1337	393	1730	-
S3-14	138	1337	446	1783	-
S3-16	138	1337	561	1898	-
S5-6	135	173	1352	1525	-
S5-9	134	173	678	851	-
S5-11	134	173	1155	1328	-
S5-12	133	173	998	1171	-
S5-13	133	173	393	566	-
S3-15	132	1337	1187	2524	-
S5-7	131	173	1568	1741	-
S5-14	131	173	446	619	14-16-10-8-5

Tablo 4.22. (Devamı)

S5-15	131	173	1187	1360	-
S5-16	131	173	561	734	-
S2-4	130	51	192	243	-
S5-8	130	173	356	529	-
S5-10	130	173	189	362	-
S2-13	129	51	393	444	-
S2-12	124	51	998	1049	-
S2-11	119	51	1155	1206	-
S4-9	116	192	678	870	-
S4-8	115	192	356	548	-
S4-6	112	192	1352	1544	-
S4-10	107	192	189	381	-
S4-7	104	192	1568	1760	-
S4-15	102	192	1187	1379	-
S4-16	102	192	561	753	-
S1-6	101	165	1352	1517	-
S4-14	101	192	446	638	-
S1-9	100	165	678	843	-
S1-11	99	165	1155	1320	-
S1-12	99	165	998	1163	-
S1-13	99	165	393	558	-
S1-5	98	165	173	338	-
S1-8	96	165	356	521	-
S1-3	91	165	1337	1502	-
S1-7	90	165	1568	1733	-
S1-10	90	165	189	354	-
S1-14	90	165	446	611	-
S1-15	90	165	1187	1352	-
S1-16	90	165	561	726	-
S2-9	86	51	678	729	-
S2-8	85	51	356	407	14-16-10-8-5-2
S3-4	85	1337	192	1529	-
S2-6	82	51	1352	1403	-
S4-5	79	192	173	365	-
S2-10	77	51	189	240	-
S2-5	74	51	173	224	-
S2-7	74	51	1568	1619	-
S2-14	71	51	446	497	-
S2-15	71	51	1187	1238	-
S2-16	71	51	561	612	-
S1-4	69	165	192	357	12-13-4-1
S1-2	65	165	51	216	-
S2-3	54	51	1337	1388	-

Toplamda 8 araç kullanılarak 1793 km mesafe kat edilmiştir. Araçların ortalama kapasite kullanım oranı %75 olarak hesaplanmıştır.

- Birinci araç rotası: 0-14-16-10-8-5-2-0
- İkinci aracın rotası: 0-12-13-4-1-0
- Üçüncü aracın rotası: 0-3-0
- Dördüncü aracın rotası: 0-6-0
- Beşinci aracın rotası: 0-7-0
- Altıncı aracın rotası: 0-9-0
- Yedinci aracın rotası: 0-11-0
- Sekizinci aracın rotası: 0-15-0

4.3.2. Depo yeri Camili

4.3.2.1. Depo yeri Camili-en yakın komşu prosedürü

Başlangıç noktası olan Düzce Afad Deposunun Adapazarı-Camili’de bulunan Afad Merkezine taşındığı veya Camili’ye yeni bir depo kurulduğu varsayılmıştır. Bu varsayım doğrultusunda ilçelerin yeni depo yerine olan uzaklıkları hesaplanarak yeni mesafe matrisi oluşturulmuştur. Yeni depo yerine en yakın nokta ilk gidilecek nokta olarak seçilmiştir. Sonraki noktalarda araç kapasitesini tamamlayana kadar en yakın nokta seçilerek araçların rotaları oluşturulmuştur.

Depo yeri Camili için oluşturulan mesafe matrisi Tablo 4.23.’de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.23. Depo yeri Camili-mesafe matrisi

	Afad Yeni	Hendek	Kocaali	Karapürçek	Karasu	Akyazı	Erenler	Arifiye	Serdivan	Adapazarı	Sapanca	Söğütlü	Ferizli	Kaynarca	Geyve	Pamukova	Taraklı
Afad Yeni		47	74	40	57	44	15	21	13	13	29	24	28	26	49	56	79
Hendek	47		47	33	56	23	32	41	40	35	54	49	51	64	66	73	96
Kocaali	74	47		92	17	69	73	79	73	71	89	51	48	56	107	114	137
Karapürçek	40	33	92		74	11	22	25	30	25	34	43	45	58	52	65	82
Karasu	57	56	17	74		77	56	62	56	54	72	33	31	41	90	96	119
Akyazı	44	23	69	11	77		29	31	37	32	45	45	48	61	56	63	86
Erenler	15	32	73	22	56	29		8	7	3	18	24	27	37	35	42	65
Arifiye	21	41	79	25	62	31	8		9,9	11	9,1	31	33	42	29	36	59
Serdivan	13	40	73	30	56	37	7	9,9		3,3	16	25	27	34	37	43	66
Adapazarı	13	35	71	25	54	32	3	11	3,3		19	22	25	33	37	43	66
Sapanca	29	54	89	34	72	45	18	9,1	16	19		40	43	50	32	39	62
Söğütlü	24	49	51	43	33	45	24	31	25	22	40		3,8	25	57	64	87
Ferizli	28	51	48	45	31	48	27	33	27	25	43	3,8		23	61	67	90
Kaynarca	26	64	56	58	41	61	37	42	34	33	50	25	23		70	76	99
Geyve	49	66	107	52	90	56	35	29	37	37	32	57	61	70		14	33
Pamukova	56	73	114	65	96	63	42	36	43	43	39	64	67	76	14		48
Taraklı	79	96	137	82	119	86	65	59	66	66	62	87	90	99	33	48	

Mesafe matrisinden yararlanılarak ilçelerin Camili Afad merkezine ve birbirlerine olan mesafeleri sıralanmıştır. İlçelerin Camili Afad merkezine olan mesafe bazlı yakınlık sıralaması Tablo 4.24.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.24. Depo yeri Camili'nin diğer noktalara olan mesafesi

Depo Yeri Camili	MESAFE(km)
Adapazarı	13
Serdivan	13
Arifiye	15
Erenler	21
Söğütlü	24
Geyve	26
Ferizli	28
Sapanca	29
Akyazı	40
Karasu	44
Hendek	47
Kaynarca	49
Pamukova	56
Karapürçek	57
Kocaali	74
Taraklı	79

Mesafe yakınlık tablolarından yararlanılarak Camili Afad merkezine en yakın noktadan dağıtımına başlanmıştır. Daha sonra bu noktaya olan en yakın noktalar seçilerek kapasite kısıtı dikkate alınarak araçların rotaları belirlenmiştir. Oluşturulan araç rotaları Tablo 4.25. , Tablo 4.26. , Tablo 4.27. , Tablo 4.28. , Tablo 4.29. ve Tablo 4.30. 'da gösterilmiştir.

Tablo 4.25. Depo yeri Camili en yakın komşu prosedürü-1.aracın rotası

1.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		13
Adapazarı	678	3
Erenler	1122	15
Afad	1800	31

Tablo 4.26. Depo yeri Camili en yakın komşu prosedürü-2.aracın rotası

2.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		13
Serdivan	356	9,9
Erenler	230	8
Arifiye	1214	21
Afad	1800	51,9

Tablo 4.27. Depo yeri Camili en yakın komşu prosedürü-3.aracın rotası

3.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		21
Arifiye	354	9,1
Sapanca	189	32
Geyve	446	14
Pamukova	811	56
Afad	1800	132,1

Tablo 4.28. Depo yeri Camili en yakın komşu prosedürü-4.aracın rotası

4.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		24
Söğütlü	1155	3,8
Ferizli	645	28
Afad	1800	55,8

Tablo 4.29. Depo yeri Camili en yakın komşu prosedürü-5.aracın rotası

5.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		26
Kaynarca	393	41
Karasu	192	17
Kocaali	51	47
Hendek	165	23
Akyazı	173	11
Karapürçek	826	40
Afad	1800	205

Tablo 4.30. Depo yeri Camili en yakın komşu prosedürü-6.aracın rotası

6.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		28
Ferizli	353	45
Karapürçek	511	65
Pamukova	376	48
Taraklı	560	79
Afad	1800	265

Dağıtımın Adapazarı-Camili bölgesindeki Afad merkezinden başlayıp aynı noktada bitirildiği varsayılmıştır. 6 kamyon tam kapasite kullanılarak toplamda 740,8 kilometrelik mesafe kat edilmiştir.

4.3.2.2. Depo yeri Camili-talep öncelikli dağıtım modeli

Depo yeri Camili'ye ait mesafe matrisi kullanılmıştır. Öncelik geçici barınma ihtiyacı olan kişi sayısının en çok olduğu noktadan dağıtıma başlamaktır. Aynı zamanda başlangıç noktası Adapazarı-Camili'de olduğu varsayılan Afad Merkezi'dir. Bu varsayımlar altında oluşturulan araç rotaları Tablo 4.31. , Tablo 4.32. , Tablo 4.33. , Tablo 4.34. , Tablo 4.35. ve Tablo 4.36.'da gösterildiği gibidir.

Tablo 4.31. Depo yeri Camili talep öncelikli dağıtım modeli-1.aracın rotası

1.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		21
Arifiye	1568	8
Erenler	232	15
Afad	1800	44

Tablo 4.32. Depo yeri Camili talep öncelikli dağıtım modeli-2.aracın rotası

2. Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		15
Erenler	1120	3
Adapazarı	678	3,3
Serdivan	2	13
Afad	1800	34,3

Tablo 4.33. Depo yeri Camili talep öncelikli dağıtım modeli-3.aracın rotası

3.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		40
Karapürçek	1337	11
Akyazı	173	23
Hendek	165	40
Serdivan	125	13
Afad	1800	127

Tablo 4.34. Depo yeri Camili talep öncelikli dağıtım modeli-4.aracın rotası

4. Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		56
Pamukova	1187	14
Geyve	446	32
Sapanca	167	29
Afad	1800	131

Tablo 4.35. Depo yeri Camili talep öncelikli dağıtım modeli-5.aracın rotası

5.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		24
Söğütlü	1155	3,8
Ferizli	645	28
Afad	1800	55,8

Tablo 4.36. Depo yeri Camili talep öncelikli dağıtım modeli-6.aracın rotası

6.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		79
Taraklı	560	62
Sapanca	22	16
Serdivan	229	27
Ferizli	353	23
Kaynarca	393	41
Karasu	192	17
Kocaali	51	74
Afad	1800	339

Temel kıstas geçici barınma ihtiyacı olan kişilerin sayısının yüksek olduğu noktalarda bölünme olmadan dağıtımın gerçekleştirilmesidir. Bu yaklaşımda yüksek talep miktarının olduğu nokta, ilk nokta olarak seçilmiştir. Sonraki seçimlerde noktaya en yakın olan nokta belirlenerek araçların rotaları oluşturulmuştur. Sonucunda 6 kamyon tam kapasite kullanılarak toplamda 731,1 kilometrelik yol kat edilmiştir.

4.3.2.3. Depo yeri Camili-C&W tasarruf algoritması

Depo yeri Camili için oluşturulan mesafe matrisi kullanılarak tasarruf algoritması yaklaşımı uygulanmıştır. Tasarruf matrisi baz alınarak büyükten küçüğe sıralama yapılmıştır. Sıralama yapıldığında kamyon kapasitesini aşan talep miktarları hesaplama dışında tutulmuştur. Depo yeri Camili'ye ait tasarruf matrisi Tablo 4.37. 'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.37. Depo yeri Camili-tasarruf matrisi

S1-2	74																												
S1-3	54	S2-3	22																										
S1-4	48	S2-4	114	S3-4	23																								
S1-5	68	S2-5	49	S3-5	73	S4-5	24																						
S1-6	30	S2-6	16	S3-6	33	S4-6	16	S5-6	30																				
S1-7	27	S2-7	16	S3-7	36	S4-7	16	S5-7	34	S6-7	28																		
S1-8	20	S2-8	14	S3-8	23	S4-8	14	S5-8	20	S6-8	21	S7-8	24,1																
S1-9	25	S2-9	16	S3-9	28	S4-9	16	S5-9	25	S6-9	25	S7-9	23	S8-9	22,7														
S1-10	22	S2-10	14	S3-10	35	S4-10	14	S5-10	28	S6-10	26	S7-10	40,9	S8-10	26	S9-10	23												
S1-11	22	S2-11	47	S3-11	21	S4-11	48	S5-11	23	S6-11	15	S7-11	14	S8-11	12	S9-11	15	S10-11	13										
S1-12	24	S2-12	54	S3-12	23	S4-12	54	S5-12	24	S6-12	16	S7-12	16	S8-12	14	S9-12	16	S10-12	14	S11-12	48,2								
S1-13	9	S2-13	44	S3-13	8	S4-13	42	S5-13	9	S6-13	4	S7-13	5	S8-13	5	S9-13	6	S10-13	5	S11-13	25	S12-13	31						
S1-14	30	S2-14	16	S3-14	37	S4-14	16	S5-14	37	S6-14	29	S7-14	41	S8-14	25	S9-14	25	S10-14	46	S11-14	16	S12-14	16	S13-14	5				
S1-15	30	S2-15	16	S3-15	31	S4-15	17	S5-15	37	S6-15	29	S7-15	41	S8-15	26	S9-15	26	S10-15	46	S11-15	16	S12-15	17	S13-15	6	S14-15	91		
S1-16	30	S2-16	16	S3-16	37	S4-16	17	S5-16	37	S6-16	29	S7-16	41	S8-16	26	S9-16	26	S10-16	46	S11-16	16	S12-16	17	S13-16	6	S14-16	95	S15-16	87

Çözüm esnasında kullanılan Excel tablosu, Tablo 4.38.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.38. Depo yeri Camili-C&W tasarruf algoritması çözümü

S	TASARRUF	TALEP	TALEP	TOPLAM	ARAÇ ROTALARI
S2-4	114	51	192	243	2-4
S14-16	95	446	561	1007	2-4-14-16
S14-15	91	446	1187	1633	-
S15-16	87	1187	561	1748	-
S1-2	74	165	51	216	2-4-14-16-1
S3-5	73	1337	173	1510	-
S1-5	68	165	173	338	2-4-14-16-1-5
S1-3	54	165	1337	1502	-
S2-12	54	51	998	1049	-
S4-12	54	192	998	1190	-
S2-5	49	51	173	224	-
S11-12	48,2	1155	998	2153	-
S1-4	48	165	192	357	-
S4-11	48	192	1155	1347	-
S2-11	47	51	1155	1206	-
S10-14	46	189	446	635	2-4-14-16-1-5-10
S10-15	46	189	1187	1376	-
S10-16	46	189	561	750	-
S2-13	44	51	393	444	-
S4-13	42	192	393	585	-
S7-14	41	1568	446	2014	-
S7-15	41	1568	1187	2755	-
S7-16	41	1568	561	2129	-
S7-10	40,9	1568	189	1757	-
S3-14	37	1337	446	1783	-
S3-16	37	1337	561	1898	-
S5-14	37	173	446	619	-
S5-15	37	173	1187	1360	-
S5-16	37	173	561	734	-
S3-7	36	1337	1568	2905	-
S3-10	35	1337	189	1526	-
S5-7	34	173	1568	1741	-
S3-6	33	1337	1352	2689	-
S3-15	31	1337	1187	2524	-
S12-13	31	998	393	1391	12-13
S1-6	30	165	1352	1517	-
S1-14	30	165	446	611	-
S1-15	30	165	1187	1352	-
S1-16	30	165	561	726	-

Tablo 4.38. (Devamı)

S5-6	30	173	1352	1525	-
S6-14	29	1352	446	1798	-
S6-15	29	1352	1187	2539	-
S6-16	29	1352	561	1913	-
S3-9	28	1337	678	2015	-
S5-10	28	173	189	362	-
S6-7	28	1352	1568	2920	-
S1-7	27	165	1568	1733	-
S6-10	26	1352	189	1541	-
S8-10	26	356	189	545	-
S8-15	26	356	1187	1543	-
S8-16	26	356	561	917	-
S9-15	26	678	1187	1865	-
S9-16	26	678	561	1239	-
S1-9	25	165	678	843	-
S5-9	25	173	678	851	-
S6-9	25	1352	678	2030	-
S8-14	25	356	446	802	-
S9-14	25	678	446	1124	-
S11-13	25	1155	393	1548	-
S7-8	24,1	1568	356	1924	-
S1-12	24	165	998	1163	-
S4-5	24	192	173	365	-
S5-12	24	173	998	1171	-
S3-4	23	1337	192	1529	-
S3-8	23	1337	356	1693	-
S3-12	23	1337	998	2335	-
S5-11	23	173	1155	1328	-
S7-9	23	1568	678	2246	-
S9-10	23	678	189	867	-
S8-9	22,7	356	678	1034	-
S1-10	22	165	189	354	-
S1-11	22	165	1155	1320	-
S2-3	22	51	1337	1388	-
S3-11	21	1337	1155	2492	-
S6-8	21	1352	356	1708	-
S1-8	20	165	356	521	-
S5-8	20	173	356	529	-
S4-15	17	192	1187	1379	-
S4-16	17	192	561	753	-
S12-15	17	998	1187	2185	-
S12-16	17	998	561	1559	-
S2-6	16	51	1352	1403	-

Tablo 4.38. (Devamı)

S2-7	16	51	1568	1619	-
S2-9	16	51	678	729	-
S2-14	16	51	446	497	-
S2-15	16	51	1187	1238	-
S2-16	16	51	561	612	-
S4-6	16	192	1352	1544	-
S4-7	16	192	1568	1760	-
S4-9	16	192	678	870	-
S4-14	16	192	446	638	-
S6-12	16	1352	998	2350	-
S7-12	16	1568	998	2566	-
S9-12	16	678	998	1676	-
S11-14	16	1155	446	1601	-
S11-15	16	1155	1187	2342	-
S11-16	16	1155	561	1716	-
S12-14	16	998	446	1444	-
S6-11	15	1352	1155	2507	-
S9-11	15	678	1155	1833	-
S2-8	14	51	356	407	-
S2-10	14	51	189	240	-
S4-8	14	192	356	548	-
S4-10	14	192	189	381	-
S7-11	14	1568	1155	2723	-
S8-12	14	356	998	1354	12-13-8
S10-12	14	189	998	1187	-
S10-11	13	189	1155	1344	-
S8-11	12	356	1155	1511	-
S1-13	9	165	393	558	-
S5-13	9	173	393	566	-
S3-13	8	1337	393	1730	-
S9-13	6	678	393	1071	-
S13-15	6	393	1187	1580	-
S13-16	6	393	561	954	-
S7-13	5	1568	393	1961	-
S8-13	5	356	393	749	-
S10-13	5	189	393	582	-
S13-14	5	393	446	839	-
S6-13	4	1352	393	1745	-

Toplamda 8 araç kullanılarak 816 km mesafe kat edilmiştir. Araçların ortalama kapasite kullanım oranı %75 olarak hesaplanmıştır.

- Birinci araç rotası: 0-2-4-14-16-1-5-10-0
- İkinci aracın rotası: 0-12-13-8-0
- Üçüncü aracın rotası: 0-3-0
- Dördüncü aracın rotası: 0-6-0
- Beşinci aracın rotası: 0-7-0
- Altıncı aracın rotası: 0-9-0
- Yedinci aracın rotası: 0-11-0
- Sekizinci aracın rotası: 0-15-0

4.3.3. Depo yeri Hanlı

4.3.3.1. Depo yeri Hanlı-en yakın komşu prosedürü

Başlangıç noktası ağırlık merkezi yöntemine göre Hanlı'da bir nokta olarak belirlenmiştir. Bu varsayım doğrultusunda ilçelerin Hanlı'daki depo yerine olan uzaklıkları hesaplanarak yeni mesafe matrisi oluşturulmuştur. Depo yerine en yakın nokta ilk gidilecek nokta olarak seçilmiştir. Sonraki noktalarda araç kapasitesini tamamlayana kadar en yakın nokta seçilerek araçların rotaları oluşturulmuştur.

Depo yeri Hanlı için oluşturulan mesafe matrisi Tablo 4.39.'da gösterildiği gibidir.

Tablo 4.39. Depo yeri Hanlı-mesafe matrisi

	Afad Hanlı	Hendek	Kocaali	Karapürçek	Karasu	Akyazı	Erenler	Arifiye	Serdivan	Adapazarı	Sapanca	Söğütlü	Ferizli	Kaynarca	Geyve	Pamukova	Taraklı
Afad Hanlı		30	75	20	57	27	4,9	8,3	13	8,4	18	26	28	41	36	42	65
Hendek	30		47	33	56	23	32	41	40	35	54	49	51	64	66	73	96
Kocaali	75	47		92	17	69	73	79	73	71	89	51	48	56	107	114	137
Karapürçek	20	33	92		74	11	22	25	30	25	34	43	45	58	52	65	82
Karasu	57	56	17	74		77	56	62	56	54	72	33	31	41	90	96	119
Akyazı	27	23	69	11	77		29	31	37	32	45	45	48	61	56	63	86
Erenler	4,9	32	73	22	56	29		8	7	3	18	24	27	37	35	42	65
Arifiye	8,3	41	79	25	62	31	8		9,9	11	9,1	31	33	42	29	36	59
Serdivan	13	40	73	30	56	37	7	9,9		3,3	16	25	27	34	37	43	66
Adapazarı	8,4	35	71	25	54	32	3	11	3,3		19	22	25	33	37	43	66
Sapanca	18	54	89	34	72	45	18	9,1	16	19		40	43	50	32	39	62
Söğütlü	26	49	51	43	33	45	24	31	25	22	40		3,8	25	57	64	87
Ferizli	28	51	48	45	31	48	27	33	27	25	43	3,8		23	61	67	90
Kaynarca	41	64	56	58	41	61	37	42	34	33	50	25	23		70	76	99
Geyve	36	66	107	52	90	56	35	29	37	37	32	57	61	70		14	33
Pamukova	42	73	114	65	96	63	42	36	43	43	39	64	67	76	14		48
Taraklı	65	96	137	82	119	86	65	59	66	66	62	87	90	99	33	48	

Mesafe matrisinden yararlanılarak ilçelerin Hanlı Afad merkezine ve birbirlerine olan mesafeleri sıralanmıştır. İlçelerin Hanlı Afad merkezine olan mesafe bazı yakınlık sıralaması Tablo 4.40.'da gösterildiği gibidir.

Tablo 4.40. Depo yeri Hanlı'nın diğer noktalara olan mesafesi

Afad Hanlı	MESAFE(KM)
Erenler	4,9
Arifiye	8,3
Adapazarı	8,4
Serdivan	13
Sapanca	18
Karapürçek	20
Söğütlü	26
Akyazı	27
Ferizli	28
Hendek	30
Geyve	36
Kaynarca	41
Pamukova	42
Karasu	57
Taraklı	65
Kocaali	75

Mesafe yakınlık tablolarından yararlanılarak Hanlı Afad merkezine en yakın noktadan dağıtımına başlanmıştır. Daha sonra bu noktaya olan en yakın noktalar seçilerek kapasite kısıtı dikkate alınarak araçların rotaları belirlenmiştir. Oluşturulan araçların rotaları Tablo 4.41. , Tablo 4.42. , Tablo 4.43. , Tablo 4.44. , Tablo 4.45. ve Tablo 4.46.'da gösterildiği gibidir.

Tablo 4.41. Depo yeri Hanlı en yakın komşu prosedürü-1.aracın rotası

1.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad Hanlı		4,9
Erenler	1352	3
Adapazarı	448	8,4
Afad Hanlı	1800	16,3

Tablo 4.42. Depo yeri Hanlı en yakın komşu prosedürü-2.aracın rotası

2.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad Hanlı		8,3
Arifiye	1568	9,1
Sapanca	189	16
Serdivan	43	13
Afad Hanlı	1800	46,4

Tablo 4.43. Depo yeri Hanlı en yakın komşu prosedürü-3.aracın rotası

3.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad Hanlı		8,4
Adapazarı	230	3,3
Serdivan	313	25
Söğütlü	1155	3,8
Ferizli	102	28
Afad Hanlı	1800	68,5

Tablo 4.44. Depo yeri Hanlı en yakın komşu prosedürü-4.aracın rotası

4.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad Hanlı		20
Karapürçek	1337	11
Akyazı	173	23
Hendek	165	47
Kocaali	51	17
Karasu	74	57
Afad Hanlı	1800	175

Tablo 4.45. Depo yeri Hanlı en yakın komşu prosedürü-5.aracın rotası

5.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad Hanlı		28
Ferizli	896	23
Kaynarca	393	41
Karasu	118	90
Geyve	393	36
Afad Hanlı	1800	218

Tablo 4.46. Depo yeri Hanlı en yakın komşu prosedürü-6.aracın rotası

6.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad Hanlı		36
Geyve	53	14
Pamukova	1187	48
Taraklı	560	65
Afad Hanlı	1800	163

Dağıtımın Arifiye-Hanlı bölgesindeki yeni Afad merkezinden başlayıp aynı noktada bitirildiği varsayılmıştır. 6 kamyon tam kapasite kullanılarak toplamda 687,2 kilometrelik mesafe kat edilmiştir.

4.3.3.2. Depo yeri Hanlı-talep öncelikli dağıtım modeli

Depo yeri Hanlı'ya ait mesafe matrisi kullanılmıştır. Öncelik geçici barınma ihtiyacı olan kişi sayısının en çok olduğu noktadan dağıtımına başlamaktır. Bu varsayımlar altında oluşturulan araç rotaları Tablo 4.47. , Tablo 4.48. , Tablo 4.49. , Tablo 4.50. , Tablo 4.51. ve Tablo 4.52.'da gösterildiği gibidir.

Tablo 4.47. Depo yeri Hanlı talep öncelikli dağıtım modeli-1.aracın rotası

1.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad Hanlı		8,3
Arifiye	1568	8
Erenler	232	4,9
Afad Hanlı	1800	21,2

Tablo 4.48. Depo yeri Hanlı talep öncelikli dağıtım modeli-2.aracın rotası

2.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad Hanlı		4,9
Erenler	1120	3
Adapazarı	678	3,3
Serdivan	2	13
Afad Hanlı	1800	24,2

Tablo 4.49. Depo yeri Hanlı talep öncelikli dağıtım modeli-3.aracın rotası

3.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad Hanlı		20
Karapürçek	1337	11
Akyazı	173	23
Hendek	165	40
Serdivan	125	13
Afad Hanlı	1800	107

Tablo 4.50. Depo yeri Hanlı talep öncelikli dağıtım modeli-4.aracın rotası

4.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad Hanlı		42
Pamukova	1187	14
Geyve	446	32
Sapanca	167	18
Afad Hanlı	1800	106

Tablo 4.51. Depo yeri Hanlı talep öncelikli dağıtım modeli-5.aracın rotası

5.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad Hanlı		26
Söğütlü	1155	3,8
Ferizli	645	28
Afad Hanlı	1800	57,8

Tablo 4.52. Depo yeri Hanlı talep öncelikli dağıtım modeli-6.aracın rotası

6.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad Hanlı		28
Ferizli	353	23
Kaynarca	393	34
Serdivan	229	16
Sapanca	22	62
Taraklı	560	119
Karasu	192	17
Kocaali	51	75
Afad Hanlı	1800	374

6 kamyon tam kapasite kullanılarak toplamda 690,2 kilometrelik yol kat edilmiştir.

4.3.3.3. Depo yeri Hanlı-C&W tasarruf algoritması

Depo yeri Hanlı için oluşturulan mesafe matrisi kullanılarak tasarruf algoritması yaklaşımı uygulanmıştır. Tasarruf matrisi baz alınarak büyükten küçüğe sıralama yapılmıştır. Sıralama yapıldığında kamyon kapasitesini aşan talep miktarları hesaplama dışında tutulmuştur. Depo yeri Hanlı'ya ait tasarruf matrisi Tablo 4.53.'de gösterildiği gibidir.



Tablo 4.53. Depo yeri Hanlı-tasarruf matrisi

S1-2	58																												
S1-3	17	S2-3	3																										
S1-4	31	S2-4	115	S3-4	3																								
S1-5	34	S2-5	33	S3-5	36	S4-5	7																						
S1-6	2,9	S2-6	6,9	S3-6	2,9	S4-6	5,9	S5-6	2,9																				
S1-7	-2,7	S2-7	4,3	S3-7	3,3	S4-7	3,3	S5-7	4,3	S6-7	5,2																		
S1-8	3	S2-8	15	S3-8	3	S4-8	14	S5-8	3	S6-8	10,9	S7-8	11,4																
S1-9	3,4	S2-9	12,4	S3-9	3,4	S4-9	11,4	S5-9	3,4	S6-9	10,3	S7-9	5,7	S8-9	18,1														
S1-10	-6	S2-10	4	S3-10	4	S4-10	3	S5-10	0	S6-10	4,9	S7-10	17,2	S8-10	15	S9-10	7,4												
S1-11	7	S2-11	50	S3-11	3	S4-11	50	S5-11	8	S6-11	6,9	S7-11	3,3	S8-11	14	S9-11	12,4	S10-11	4										
S1-12	7	S2-12	55	S3-12	3	S4-12	54	S5-12	7	S6-12	5,9	S7-12	3,3	S8-12	14	S9-12	11,4	S10-12	3	S11-12	50,2								
S1-13	7	S2-13	60	S3-13	3	S4-13	57	S5-13	7	S6-13	8,9	S7-13	7,3	S8-13	20	S9-13	16,4	S10-13	9	S11-13	42	S12-13	46						
S1-14	0	S2-14	4	S3-14	4	S4-14	3	S5-14	7	S6-14	5,9	S7-14	15,3	S8-14	12	S9-14	7,4	S10-14	22	S11-14	5	S12-14	3	S13-14	7				
S1-15	-1	S2-15	3	S3-15	-3	S4-15	3	S5-15	6	S6-15	4,9	S7-15	14,3	S8-15	12	S9-15	7,4	S10-15	21	S11-15	4	S12-15	3	S13-15	7	S14-15	64		
S1-16	-1	S2-16	3	S3-16	3	S4-16	3	S5-16	6	S6-16	4,9	S7-16	14,3	S8-16	12	S9-16	7,4	S10-16	21	S11-16	4	S12-16	3	S13-16	7	S14-16	68	S15-16	59

Çözüm esnasında kullanılan Excel tablosu, Tablo 4.54.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.54. Depo yeri Hanlı-C&W tasarruf algoritması çözümü

S	TASARRUF	TALEP	TALEP	TOPLAM	ARAÇ ROTALARI
S2-4	115	51	192	243	2-4
S14-16	68	446	561	1007	2-4-14-16
S14-15	64	446	1187	1633	-
S2-13	60	51	393	444	2-4-14-16-13
S15-16	59	1187	561	1748	-
S1-2	58	165	51	216	-
S4-13	57	192	393	585	-
S2-12	55	51	998	1049	-
S4-12	54	192	998	1190	-
S11-12	50,2	1155	998	2153	-
S2-11	50	51	1155	1206	-
S4-11	50	192	1155	1347	-
S12-13	46	998	393	1391	-
S11-13	42	1155	393	1548	-
S3-5	36	1337	173	1510	3-5
S1-5	34	165	173	338	3-5-1
S2-5	33	51	173	224	-
S1-4	31	165	192	357	-
S10-14	22	189	446	635	-
S10-15	21	189	1187	1376	10-15
S10-16	21	189	561	750	-
S8-13	20	356	393	749	-
S8-9	18,1	356	678	1034	-
S7-10	17,2	1568	189	1757	-
S1-3	17	165	1337	1502	-
S9-13	16,4	678	393	1071	-
S7-14	15,3	1568	446	2014	-
S2-8	15	51	356	407	-
S8-10	15	356	189	545	10-15-8
S7-15	14,3	1568	1187	2755	-
S7-16	14,3	1568	561	2129	-
S4-8	14	192	356	548	-
S8-11	14	356	1155	1511	-
S8-12	14	356	998	1354	-
S2-9	12,4	51	678	729	-
S9-11	12,4	678	1155	1833	-
S8-14	12	356	446	802	-
S8-15	12	356	1187	1543	-

Tablo 4.54. (Devamı)

S8-16	12	356	561	917	-
S4-9	11,4	192	678	870	-
S7-8	11,4	1568	356	1924	-
S9-12	11,4	678	998	1676	9-12
S6-8	10,9	1352	356	1708	-
S6-9	10,3	1352	678	2030	-
S10-13	9	189	393	582	-
S6-13	8,9	1352	393	1745	-
S5-11	8	173	1155	1328	-
S9-16	7,4	678	561	1239	-
S9-10	7,4	678	189	867	-
S9-14	7,4	678	446	1124	-
S9-15	7,4	678	1187	1865	-
S7-13	7,3	1568	393	1961	-
S1-11	7	165	1155	1320	-
S1-12	7	165	998	1163	-
S1-13	7	165	393	558	-
S4-5	7	192	173	365	-
S5-12	7	173	998	1171	-
S5-13	7	173	393	566	-
S5-14	7	173	446	619	-
S13-14	7	393	446	839	-
S13-15	7	393	1187	1580	-
S13-16	7	393	561	954	-
S2-6	6,9	51	1352	1403	-
S6-11	6,9	1352	1155	2507	-
S5-15	6	173	1187	1360	-
S5-16	6	173	561	734	-
S4-6	5,9	192	1352	1544	-
S6-12	5,9	1352	998	2350	-
S6-14	5,9	1352	446	1798	-
S7-9	5,7	1568	678	2246	-
S6-7	5,2	1352	1568	2920	-
S11-14	5	1155	446	1601	-
S6-16	4,9	1352	561	1913	-
S6-10	4,9	1352	189	1541	-
S6-15	4,9	1352	1187	2539	-
S2-7	4,3	51	1568	1619	-
S5-7	4,3	173	1568	1741	-
S2-10	4	51	189	240	-
S2-14	4	51	446	497	-
S3-10	4	1337	189	1526	-

Tablo 4.54. (Devamı)

S3-14	4	1337	446	1783	-
S10-11	4	189	1155	1344	-
S11-15	4	1155	1187	2342	-
S11-16	4	1155	561	1716	-
S1-9	3,4	165	678	843	-
S3-9	3,4	1337	678	2015	-
S5-9	3,4	173	678	851	-
S3-7	3,3	1337	1568	2905	-
S4-7	3,3	192	1568	1760	-
S7-11	3,3	1568	1155	2723	-
S7-12	3,3	1568	998	2566	-
S1-8	3	165	356	521	-
S2-3	3	51	1337	1388	-
S2-15	3	51	1187	1238	-
S2-16	3	51	561	612	-
S3-4	3	1337	192	1529	-
S3-8	3	1337	356	1693	-
S3-11	3	1337	1155	2492	-
S3-12	3	1337	998	2335	-
S3-13	3	1337	393	1730	-
S3-16	3	1337	561	1898	-
S4-10	3	192	189	381	-
S4-14	3	192	446	638	-
S4-15	3	192	1187	1379	-
S4-16	3	192	561	753	-
S5-8	3	173	356	529	-
S10-12	3	189	998	1187	-
S12-14	3	998	446	1444	-
S12-15	3	998	1187	2185	-
S12-16	3	998	561	1559	-
S1-6	2,9	165	1352	1517	-
S3-6	2,9	1337	1352	2689	-
S5-6	2,9	173	1352	1525	-
S1-14	0	165	446	611	-
S5-10	0	173	189	362	-
S1-15	-1	165	1187	1352	-
S1-16	-1	165	561	726	-
S1-7	-2,7	165	1568	1733	-
S3-15	-3	1337	1187	2524	-
S1-10	-6	165	189	354	-

Toplamda 7 araç kullanılarak 691,8 km mesafe kat edilmiştir. Araçların ortalama kapasite kullanım oranı %86 olarak hesaplanmıştır.

- Birinci araç rotası: 0-2-4-14-16-13-0
- İkinci aracın rotası: 0-3-5-1-0
- Üçüncü aracın rotası: 0-10-15-8-0
- Dördüncü aracın rotası: 0-9-12-0
- Beşinci aracın rotası: 0-6-0
- Altıncı aracın rotası: 0-7-0
- Yedinci aracın rotası: 0-11-0

4.4. Yolların Kapanması Durumunda Alternatif Araç Rotalarının Oluşturulması

Sakarya-Düzce arasındaki ücretli geçiş yollarının kapandığı varsayımına dayanarak depo yeri Düzce için alternatif rotalar oluşturulmuştur. Camili ve Hanlı'da depo kurulması durumunda Sakarya-Düzce arasındaki ücretli geçiş yollarının kapanması etki oluşturmamaktadır. Bu nedenle sadece Düzce için deneme yapılmıştır.

4.4.1. Depo yeri Düzce-yolların kapanması durumu

4.4.1.1. Depo yeri Düzce-en yakın komşu prosedürü-yolların kapanması

Yolların kapandığı varsayımına göre yeniden ilçelerin başlangıç noktasına olan uzaklığı hesaplanarak mesafe matrisi oluşturulmuştur. Bu doğrultuda başlangıç noktasına en yakın nokta ilk gidilecek nokta olarak seçilmiştir ve sonraki noktalarda en yakın nokta seçilerek araçların rotaları oluşturulmuştur. Mesafe matrisi Tablo 4.55.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.55. Yolların kapanması-Düzce depoya ait mesafe matrisi

	Afad	Hendek	Kocaali	Karapürçek	Karasu	Akyazı	Erenler	Arifiye	Serdivan	Adapazarı	Sapanca	Söğütlü	Ferizli	Kaynarca	Geyve	Pamukova	Taraklı
Afad		113	67	159	80	136	139	146	140	137	155	117	115	123	173	180	150
Hendek	113		47	33	56	23	32	41	40	35	54	49	51	64	66	73	96
Kocaali	67	47		92	17	69	73	79	73	71	89	51	48	56	107	114	137
Karapürçek	159	33	92		74	11	22	25	30	25	34	43	45	58	52	65	82
Karasu	80	56	17	74		77	56	62	56	54	72	33	31	41	90	96	119
Akyazı	136	23	69	11	77		29	31	37	32	45	45	48	61	56	63	86
Erenler	139	32	73	22	56	29		8	7	3	18	24	27	37	35	42	65
Arifiye	146	41	79	25	62	31	8		9,9	11	9,1	31	33	42	29	36	59
Serdivan	140	40	73	30	56	37	7	9,9		3,3	16	25	27	34	37	43	66
Adapazarı	137	35	71	25	54	32	3	11	3,3		19	22	25	33	37	43	66
Sapanca	155	54	89	34	72	45	18	9,1	16	19		40	43	50	32	39	62
Söğütlü	117	49	51	43	33	45	24	31	25	22	40		3,8	25	57	64	87
Ferizli	115	51	48	45	31	48	27	33	27	25	43	3,8		23	61	67	90
Kaynarca	123	64	56	58	41	61	37	42	34	33	50	25	23		70	76	99
Geyve	173	66	107	52	90	56	35	29	37	37	32	57	61	70		14	33
Pamukova	180	73	114	65	96	63	42	36	43	43	39	64	67	76	14		48
Taraklı	150	96	137	82	119	86	65	59	66	66	62	87	90	99	33	48	

Mesafe matrisinden yararlanılarak ilçelerin Düzce Afad deposuna ve birbirlerine olan mesafeleri sıralanmıştır. İlçelerin Düzce Afad deposuna olan mesafe bazlı yakınlık sıralaması Tablo 4.56.'da gösterildiği gibidir.

Tablo 4.56. Yolların kapanması-Düzce deponun diğer noktalar olan mesafesi

Afad Düzce	MESAFE(km)
Kocaali	67
Karapürçek	80
Hendek	113
Ferizli	115
Söğütlü	117
Geyve	123
Karasu	136
Serdivan	137
Arifiye	139
Adapazarı	140
Erenler	146
Taraklı	150
Sapanca	155
Akyazı	159
Kaynarca	173
Pamukova	180

Mesafe yakınlık tablolarından yararlanılarak önce Düzce Afad deposuna yolların kapanması durumunda en yakın noktadan dağıtımına başlanmıştır. Daha sonra bu noktaya olan en yakın noktalar seçilerek kapasite kısıtı dikkate alınarak araçların rotaları belirlenmiştir. Oluşturulan araç rotaları aşağıdaki Tablo 4.57. , Tablo 4.58. , Tablo 4.59. , Tablo 4.60. , Tablo 4.61. ve Tablo 4.62.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.57. Yolların kapanması-Düzce-en yakın komşu prosedürü-1.aracın rotası

1.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		67
Kocaali	51	17
Karasu	192	31
Ferizli	998	3,8
Söğütlü	559	117
Afad	1800	235,8

Tablo 4.58. Yolların kapanması-Düzce-en yakın komşu prosedürü-2.aracın rotası

2.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		159
Karapürçek	1337	11
Akyazı	173	23
Hendek	165	32
Erenler	125	139
Afad	1800	364

Tablo 4.59. Yolların kapanması-Düzce-en yakın komşu prosedürü-3.aracın rotası

3.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		117
Söğütlü	596	22
Adapazarı	678	3
Erenler	526	139
Afad	1800	281

Tablo 4.60. Yolların kapanması-Düzce-en yakın komşu prosedürü-4.aracın rotası

4.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		173
Geyve	446	14
Pamukova	1187	36
Arifiye	167	146
Afad	1800	369

Tablo 4.61. Yolların kapanması-Düzce-en yakın komşu prosedürü-5.aracın rotası

5.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		140
Serdivan	356	7
Erenler	701	8
Arifiye	743	146
Afad	1800	301

Tablo 4.62. Yolların kapanması-Düzce-en yakın komşu prosedürü-6.aracın rotası

6.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		146
Arifiye	658	9,1
Sapanca	189	50
Kaynarca	393	99
Taraklı	560	150
Afad	1800	454,1

6 adet kamyon tam kapasite kullanılarak toplamda 2004,9 kilometrelik mesafe kat edilmiştir.

4.4.1.2. Depo yeri Düzce-talep öncelikli dağıtım modeli-yolların kapanması

Yolların kapanması durumunda depo yeri Düzce'ye göre oluşturulan mesafe matrisi kullanılmıştır. Öncelik geçici barınma ihtiyacı olan kişi sayısının en çok olduğu noktadan dağıtıma başlamaktır. Bu varsayımlar altında oluşturulan araç rotaları Tablo 4.63. , Tablo 4.64. , Tablo 4.65. , Tablo 4.66. , Tablo 4.67. ve Tablo 4.68.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.63. Yolların kapanması-Düzce-talep öncelikli dağıtım-1.aracın rotası

1.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		146
Arifiye	1568	8
Erenler	232	139
Afad	1800	293

Tablo 4.64. Yolların kapanması-Düzce-talep öncelikli dağıtım-2.aracın rotası

2.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		139
Erenler	1120	3
Adapazarı	678	3,3
Serdivan	2	140
Afad	1800	285,3

Tablo 4.65. Yolların kapanması-Düzce-talep öncelikli dağıtım-3.aracın rotası

3.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		140
Serdivan	125	30
Karapürçek	1337	11
Akyazı	173	23
Hendek	165	113
Afad	1800	317

Tablo 4.66. Yolların kapanması-Düzce-talep öncelikli dağıtım-4.aracın rotası

4.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		180
Pamukova	1187	14
Geyve	446	32
Sapanca	167	155
Afad	1800	381

Tablo 4.67. Yolların kapanması-Düzce-talep öncelikli dağıtım-5.aracın rotası

5.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		117
Söğütlü	1155	3,8
Ferizli	645	115
Afad	1800	235,8

Tablo 4.68. Yolların kapanması-Düzce-talep öncelikli dağıtım-6.aracın rotası

6.Aracın Rotası	TALEP	KM
Afad		150
Taraklı	560	62
Sapanca	22	16
Serdivan	229	27
Ferizli	353	23
Kaynarca	393	41
Karasu	192	17
Kocaali	51	67
Afad	1800	403

6 kamyon tam kapasite kullanılarak toplamda 1915,1 kilometrelik yol kat edilmiştir.

4.4.1.3. Depo yeri düzce-C&W tasarruf algoritması-yolların kapanması

Yolların kapanması durumunda Düzce için oluşturulan mesafe matrisi kullanılarak tasarruf algoritması yaklaşımı uygulanmıştır. Tasarruf matrisi baz alınarak büyükten küçüğe sıralama yapılmıştır. Sıralama yapıldığında kamyon kapasitesini aşan talep miktarları hesaplama dışında tutulmuştur. Tasarruf matrisi Tablo 4.69.'da gösterildiği gibidir.



Tablo 4.69. Yolların kapanması-Düzce'ye ait tasarruf matrisi

S1-2	133																														
S1-3	239	S2-3	134																												
S1-4	137	S2-4	130	S3-4	165																										
S1-5	226	S2-5	134	S3-5	284	S4-5	139																								
S1-6	220	S2-6	133	S3-6	276	S4-6	163	S5-6	246																						
S1-7	218	S2-7	134	S3-7	280	S4-7	164	S5-7	251	S6-7	277																				
S1-8	213	S2-8	134	S3-8	269	S4-8	164	S5-8	239	S6-8	272	S7-8	276,1																		
S1-9	215	S2-9	133	S3-9	271	S4-9	163	S5-9	241	S6-9	273	S7-9	272	S8-9	273,7																
S1-10	214	S2-10	133	S3-10	280	S4-10	163	S5-10	246	S6-10	276	S7-10	291,9	S8-10	279	S9-10	273														
S1-11	181	S2-11	133	S3-11	233	S4-11	164	S5-11	208	S6-11	232	S7-11	232	S8-11	232	S9-11	232	S10-11	232												
S1-12	177	S2-12	134	S3-12	229	S4-12	164	S5-12	203	S6-12	227	S7-12	228	S8-12	228	S9-12	227	S10-12	227	S11-12	228,2										
S1-13	172	S2-13	134	S3-13	224	S4-13	162	S5-13	198	S6-13	225	S7-13	227	S8-13	229	S9-13	227	S10-13	228	S11-13	215	S12-13	215								
S1-14	220	S2-14	133	S3-14	280	S4-14	163	S5-14	253	S6-14	277	S7-14	290	S8-14	276	S9-14	273	S10-14	296	S11-14	233	S12-14	227	S13-14	226						
S1-15	220	S2-15	133	S3-15	274	S4-15	164	S5-15	253	S6-15	277	S7-15	290	S8-15	277	S9-15	274	S10-15	296	S11-15	233	S12-15	228	S13-15	227	S14-15	339				
S1-16	167	S2-16	80	S3-16	227	S4-16	111	S5-16	200	S6-16	224	S7-16	237	S8-16	224	S9-16	221	S10-16	243	S11-16	180	S12-16	175	S13-16	174	S14-16	290	S15-16	282		

Çözüm esnasında kullanılan Excel tablosu, Tablo 4.70.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.70. Yolların kapanması-Düzce C&W tasarruf algoritması çözümü

S	TASARRUF	TALEP	TALEP	TOPLAM	ARAÇ ROTALARI
S14-15	339	446	1187	1633	14-15
S10-14	296	189	446	635	-
S10-15	296	189	1187	1376	-
S7-10	291,9	1568	189	1757	7-10
S7-14	290	1568	446	2014	-
S7-15	290	1568	1187	2755	-
S14-16	290	446	561	1007	-
S3-5	284	1337	173	1510	3-5
S15-16	282	1187	561	1748	-
S3-7	280	1337	1568	2905	-
S3-10	280	1337	189	1526	-
S3-14	280	1337	446	1783	-
S8-10	279	356	189	545	-
S6-7	277	1352	1568	2920	-
S6-14	277	1352	446	1798	-
S6-15	277	1352	1187	2539	-
S8-15	277	356	1187	1543	-
S7-8	276,1	1568	356	1924	-
S3-6	276	1337	1352	2689	-
S6-10	276	1352	189	1541	-
S8-14	276	356	446	802	-
S3-15	274	1337	1187	2524	-
S9-15	274	678	1187	1865	-
S8-9	273,7	356	678	1034	8-9
S6-9	273	1352	678	2030	-
S9-10	273	678	189	867	-
S9-14	273	678	446	1124	-
S6-8	272	1352	356	1708	-
S7-9	272	1568	678	2246	-
S3-9	271	1337	678	2015	-
S3-8	269	1337	356	1693	-
S5-14	253	173	446	619	-
S5-15	253	173	1187	1360	-
S5-7	251	173	1568	1741	-
S5-6	246	173	1352	1525	-
S5-10	246	173	189	362	-
S10-16	243	189	561	750	-
S5-9	241	173	678	851	-
S1-3	239	165	1337	1502	-

Tablo 4.70. (Devamı)

S5-8	239	173	356	529	-
S7-16	237	1568	561	2129	-
S3-11	233	1337	1155	2492	-
S11-14	233	1155	446	1601	-
S11-15	233	1155	1187	2342	-
S6-11	232	1352	1155	2507	-
S7-11	232	1568	1155	2723	-
S8-11	232	356	1155	1511	-
S9-11	232	678	1155	1833	-
S10-11	232	189	1155	1344	-
S3-12	229	1337	998	2335	-
S8-13	229	356	393	749	8-9-13
S11-12	228,2	1155	998	2153	-
S7-12	228	1568	998	2566	-
S8-12	228	356	998	1354	-
S10-13	228	189	393	582	-
S12-15	228	998	1187	2185	-
S3-16	227	1337	561	1898	-
S6-12	227	1352	998	2350	-
S7-13	227	1568	393	1961	-
S9-12	227	678	998	1676	-
S9-13	227	678	393	1071	-
S10-12	227	189	998	1187	-
S12-14	227	998	446	1444	-
S13-15	227	393	1187	1580	-
S1-5	226	165	173	338	-
S13-14	226	393	446	839	-
S6-13	225	1352	393	1745	-
S3-13	224	1337	393	1730	-
S6-16	224	1352	561	1913	-
S8-16	224	356	561	917	-
S9-16	221	678	561	1239	-
S1-6	220	165	1352	1517	-
S1-14	220	165	446	611	14-15-1
S1-15	220	165	1187	1352	-
S1-7	218	165	1568	1733	-
S1-9	215	165	678	843	-
S11-13	215	1155	393	1548	-
S12-13	215	998	393	1391	-
S1-10	214	165	189	354	-
S1-8	213	165	356	521	-
S5-11	208	173	1155	1328	-
S5-12	203	173	998	1171	-

Tablo 4.70. (Devamı)

S5-16	200	173	561	734	-
S5-13	198	173	393	566	-
S1-11	181	165	1155	1320	-
S11-16	180	1155	561	1716	11-16
S1-12	177	165	998	1163	-
S12-16	175	998	561	1559	-
S13-16	174	393	561	954	-
S1-13	172	165	393	558	-
S1-16	167	165	561	726	-
S3-4	165	1337	192	1529	3-5-4
S4-7	164	192	1568	1760	-
S4-8	164	192	356	548	-
S4-11	164	192	1155	1347	-
S4-12	164	192	998	1190	-
S4-15	164	192	1187	1379	-
S4-6	163	192	1352	1544	-
S4-9	163	192	678	870	-
S4-10	163	192	189	381	-
S4-14	163	192	446	638	-
S4-13	162	192	393	585	-
S4-5	139	192	173	365	-
S1-4	137	165	192	357	-
S2-3	134	51	1337	1388	3-5-4-2
S2-5	134	51	173	224	-
S2-7	134	51	1568	1619	-
S2-8	134	51	356	407	-
S2-12	134	51	998	1049	-
S2-13	134	51	393	444	-
S1-2	133	165	51	216	-
S2-6	133	51	1352	1403	-
S2-9	133	51	678	729	-
S2-10	133	51	189	240	-
S2-11	133	51	1155	1206	-
S2-14	133	51	446	497	-
S2-15	133	51	1187	1238	-
S2-4	130	51	192	243	-
S4-16	111	192	561	753	-
S2-16	80	51	561	612	-

Toplamda 7 araç kullanılarak 2175,4 km mesafe kat edilmiştir. Araçların ortalama kapasite kullanım oranı %86 olarak hesaplanmıştır.

- Birinci araç rotası: 0-14-15-0
- İkinci aracın rotası: 0-7-10-0
- Üçüncü aracın rotası: 0-3-5-4-2-0
- Dördüncü aracın rotası: 0-8-9-13-0
- Beşinci aracın rotası: 0-11-16-0
- Altıncı aracın rotası: 0-6-0
- Yedinci aracın rotası: 0-12-0

4.5. Performans Kriterlerinin Hesaplanması ve Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada performans kriteri olarak araçların kapasite kullanım oranları, ilçelerde karşılanamayan ihtiyaç malzemesi talebi, alternatif araç rotalarının toplam mesafesi kullanılmıştır.

- Araçların kapasite kullanım oranı,

En yakın komşu prosedürü ve talep öncelikli dağıtım modeline göre yapılan bütünleşik çözüm yaklaşımlarında araçların kapasite kullanım oranı %100 iken, tasarruf algoritması yaklaşımına göre yapılan denemelerde yolların normal durumunda; Düzce %75, Camili %75, Hanlı %86 iken yolların kapanması durumunda; Düzce %86'dır.

- İlçelerde karşılanamayan ihtiyaç malzemesi talebi,

İlçelerde karşılanamayan ihtiyaç malzemesi talebi bulunmamaktadır.

- Alternatif araç rotalarının toplam mesafesi,

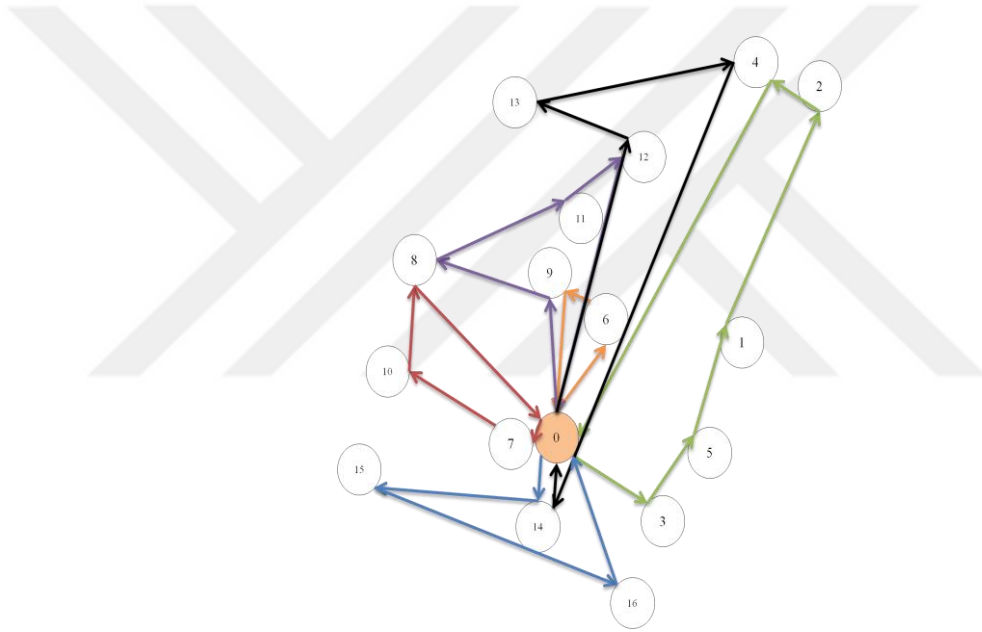
Normal yolların kullanılması durumunda;

Düzce için; en yakın komşu prosedürüne göre 1410,1 km, talep öncelikli dağıtım modeline göre 1436,1 km, tasarruf algoritmasına göre 1793 km'dir.

Camili için; en yakın komşu prosedürüne göre 740,8 km, talep öncelikli dağıtım modeline göre 731,1 km, tasarruf algoritmasına göre 816 km'dir.

Hanlı için; en yakın komşu prosedürüne göre 687,2 km Şekil 4.5.'de gösterildiği gibidir, talep öncelikli dağıtım modeline göre 690,2 km, tasarruf algoritmasına göre 691,8 km'dir.

Karşılaştırmalar yapıldığında dağıtım merkezinin Hanlı bölgesinde olması ve en yakın komşu prosedürünün kullanılmasının en iyi sonucu verdiği gözlemlendiği için bu dağıtım merkezine ait çıkan rotalama sonuçları çizimde kullanılmıştır.



Şekil 4.5. Depo yeri Hanlı-en yakın komşu prosedürü-normal yolların rotalanması

Yolların kapanması durumunda;

Düzce için; en yakın komşu teoremine göre 2004,9 km, talep öncelikli dağıtım modeline göre 1915,1 km, tasarruf algoritmasına göre 2175,4 km'dir. Yapılan denemeler sonucunda çıkan veriler Tablo 4.71.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.71. Rotalama ve dağıtım merkezlerinin karşılaştırılması

		En Yakın Komşu	Talep Öncelikli	Tasarruf Algoritması
1.Durum: Yolların Normal Durumu	Depo Yeri : Düzce	Araç Sayısı	6	6
		Km	1410,1	1436,1
		Kapasite Kullanımı	100%	100%
	Depo Yeri : Camili	Araç Sayısı	6	6
		Km	740,8	731,1
		Kapasite Kullanımı	100%	100%
	Depo Yeri : Hanlı	Araç Sayısı	6	6
		Km	687,2	690,2
		Kapasite Kullanımı	100%	100%
2.Durum: Yolların Kapanması (Düzce-Sakarya Arası Ücretli Yollar)	Depo Yeri : Düzce	Araç Sayısı	6	6
		Km	2004,9	1915,1
		Kapasite Kullanımı	100%	100%

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Çalışmaya ait Sonuçlar

Yapılan çalışmada Sakarya ili için olası deprem durumunda temel ihtiyaç malzemelerinin dağıtımını en uygun dağıtım merkezinden yapmak ve dağıtım merkezlerine uygun araç rotalarını bütünlük olarak belirlemek temel amaçtır. Bu amaç doğrultusunda üç farklı depo yeri için deneme yapılırken aynı zamanda yolların kapanması durumu da göz önünde bulundurulmuştur. Sakarya ve Düzce arasındaki ücretli geçişlerin kapandığı varsayıldığı için Camili ve Hanlı'daki depo yeri için deneme yapılamamış sadece Düzce deposuna yolların kapanması durumunda çözüm yaklaşımı uygulanmıştır.

Çalışma için en uygun komşu prosedürü, talep öncelikli dağıtım modeli ve C&W tasarruf algoritması kullanılmıştır. Uygun depo yerinin belirlenmesi ve bu depoya uygun araç rotalarının seçilmesi birlikte ele alındığı için bütünlük çözüm yaklaşımı uygulanmıştır.

Normal yolların kullanılması durumunda Düzce için en yakın komşu prosedürü, Camili için talep öncelikli dağıtım modeli, Hanlı için en yakın komşu prosedürüne göre yapılan denemeler iyi sonuç vermektedir. Yolların kapanması durumunda ise Düzce için talep öncelikli dağıtım modeli ile yapılan denemeler iyi sonuç vermektedir.

Bu çalışmada üç depo yeri için yapılan denemeler sonucunda dağıtım merkezinin Arifiye-Hanlı bölgesinde bulunmasının daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Yapılan çalışmada Hanlı dağıtım merkezi olarak seçildiğinde ve en yakın komşu prosedürü kullanıldığında optimum sonuç vermektedir.

5.2. Çalışmaya ait Öneriler

Tez çalışmasında senaryoda olacağı varsayılan 7,4 şiddetindeki depreme göre tahmini veriler kullanarak çözüm yaklaşımları uygulanmıştır. Farklı şiddette olabilecek depremler içinde bütünleşik çözüm yaklaşımları geliştirilebilir. Normal şartlarda dağıtım merkezi olarak Düzce depo kullanılmaktadır. Diğer en yakın depo olan Yalova içinde denemeler yapılabilir. Bu çalışmada tek depodan dağıtım yapıldığı varsayılmıştır. İki ya da daha farklı sayıda depo aynı anda kullanılarak araçların rotaları oluşturulabilir. Problem, zaman pencereli araç rotalama problemine dönüştürülerek çözüm yaklaşımları elde edilebilir. Araç yükleme ve boşaltma sürelerine ait kesin veri alınamadığı için kesin veriler ölçülerek çalışmaya yeni bir performans kriteri eklenebilir. Dağıtım merkezi yer seçimi için Çok Kriterli Karar Verme yöntemi kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Ağdaş, M., Bali, Ö., & Ballı, H. 2014. Afet Lojistiği Kapsamında Dağıtım Merkezi için Yer Seçimi: SMAA-2 Tekniği ile Bir Uygulama. Beykoz Akademi Dergisi, 75-95.
- Çiçekdağı, H. İ., & Kırış, Ş. 2012. Afet İstasyonu ve Merkezi için Yer Seçimi ve Bir Uygulama. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi , 67-76.
- Gündoğar, E. 2018. Malzeme ve Lojistik Yönetimi. Sakarya: Sakarya Yayıncılık.
- Keskintürk, T., Topuk, N., & Özyeşil, O. 2015. Araç Rotalama Problemleri ile Çözüm Yöntemlerinin Sınıflandırılması ve Bir Uygulama. İşletme Bilimi Dergisi Cilt:3 Sayı:2 , 77-107.
- Küçük, M. K., & Çavdur, F. 2018. Afet Sonrası Yardım Malzemesi Dağıtımı için Rota Üretme -Eleme Algoritması ve Tamsayılı Programlama Kullanımı. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi , 27-40.
- Sakarya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü. 2016. Yerel Düzey Barınma Hizmet Grubu Operasyon Planı . Sakarya.
- Temur, G. T., Turgut, Y., Yılmaz, A., Arslan, Ş., & Camcı, A. 2018. Deprem sonrası planlamaya yönelik lojistik ağ tasarımı: Ümraniye bölgesinde farklı deprem senaryoları için bir uygulama. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi , 98-105.
- www.afad.gov.tr, Erişim Tarihi: 25.05.2020
- www.aybu.edu.tr, Erişim Tarihi:25.05.2020
- www.cografyaharita.com, Erişim Tarihi: 25.05.2020
- www.google.com.tr, Erişim Tarihi: 25.05.2020
- www.ozlemaydin.trakya.edu.tr, Erişim Tarihi:25.05.2020
- www.web.firat.edu.tr, Erişim Tarihi: 25.12.2020
- www.web.hitit.edu.tr, Erişim Tarihi: 25.12.2020
- www.wikipedia.org,Erişim Tarihi: 25.05.2020