



Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

**ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ İLE İKİ-AŞAMALI ARAÇ
ROTALAMA PROBLEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE
LOKASYON SEÇİMİ İÇİN BİR HİBRİT MODEL ÖNERİSİ**

Ergül KISA

Doktora Tezi

Ankara, 2021

ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ İLE İKİ-AŞAMALI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI VE LOKASYON SEÇİMİ İÇİN BİR HİBRİT MODEL ÖNERİSİ

Ergül KISA

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

Doktora Tezi

Ankara, 2021

Her anımda beni destekleyen canım aileme,

Can Yoldaşım Huzurum İrfan TOĞRUL ve

Biricik Kızımız Tuana Almina TOĞRUL'A...

TEŞEKKÜR

Yaşamımın her anında desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman vermiş oldukları cesaretle özgüvenli ve başarılı bir birey olmaya iten GÜZEL aileme, başta var oluş sebebim BİRTANECİK annem Züleyha KAVALCI'ya, abim Özgür KISA'ya, kardeşim Volkan Kısa'ya ve öz annem kadar koruyup kollayan, emeğini esirgemeyen ikinci annelerim Şehri KAVALCI'ya ve Kezban TOĞRUL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamda bilgilerini paylaşmaktan kaçınmayan ve yol gösterici olan değerli jüri üyelerim Prof. Dr. Aydın ULUCAN'a, Prof. Dr. Mustafa Umur TOSUN'a, Prof. Dr. Cevriye Gencer'e, Prof. Dr. Yetkin Çınar'a ve Doç. Dr. Kazım Barış ATICI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın hazırlanmasında zamanını ve emeğini esirgemeyen, bana yol gösteren sevgili danışmanım Doç. Dr. Kazım Barış ATICI ve değerli hocalarım Prof. Dr. Aydın ULUCAN'a, Doç. Dr. Mehmet Soysal'a ve Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Çimen'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Doktora eğitimim boyunca 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı ile maddi açıdan destek veren TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca her zaman moral ve destek veren, ihtiyacım olan her anında yanımda olan, gülen yüzlerini hiçbir zaman eksik etmeyen, kardeş bildiğim canım dostlarım Şerife KAZANCI'ya ve Nuray YETİK'e çok teşekkür ederim.

ÖZET

KISA, Ergül. *Araç Rotalama Problemi İle İki-Aşamalı Araç Rotalama Probleminin Karşılaştırılması ve Lokasyon Seçimi İçin Bir Hibrit Model Önerisi*, Doktora Tezi, Ankara, 2021.

İşletmelerin karlı bir şekilde faaliyetlerini gerçekleştirmeleri, bu faaliyetlerini yerine getirirken de sürdürülebilir olmaları hayati öneme sahiptir. Bu bağlamda, dağıtım ağının birden fazla kademeye bölüdüğü çok-aşamalı dağıtım sistemleri, işletmelerin hem ilk kademelerde gerçekleştirdikleri büyük miktarlardaki sevkiyatlardan hem de her kademedeki araç kapasitelerinin etkin kullanımından doğan ölçek ekonomilerinden faydalanmalarını sağlayabilmektedir. Öte yandan, çok-aşamalı dağıtım sistemleri yoğun kentsel alanlarda gerçekleştirilen dağıtım faaliyetlerinden kaynaklanan çevresel ve sosyal etkilerin azaltılmasını da sağlayabilmektedir.

Bu çalışmanın ilk amacı, çok-kademeli dağıtım sistemlerinin tek-kademeli dağıtım sistemlerine göre avantajlı olup olmadığının irdelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda, Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi (KKARP) ve Kapasite Kısıtlı İki-Aşamalı Araç Rotalama Problemi (KK2A-ARP) *mesafe, yakıt tüketimi, süre ve maliyet* anahtar performans göstergelerine göre kıyaslamaya tabi tutulmuştur. Problemlerin uygulanmasında Türkiye’de faaliyet gösteren bir süpermarket zincirinin dağıtım ağı örnek alınarak gerçekçi veri ile çalışılmıştır. Bazı parametrelerdeki değişimin (uydu kapasiteleri, talep miktarları, filodaki araç sayıları ve araç kapasiteleri) etkisini analiz etmek amacıyla 25 senaryo ile duyarlılık analizi yapılmıştır. Ayrıca, tek-kademeli ve iki-kademeli dağıtım sistemleri, araçların kiralama ve yatırım maliyetleri göz önünde bulundurularak ta karşılaştırılmıştır. Çalışmanın bir diğer amacı, özellikle dağıtım faaliyetlerini yoğun kullanan işletmelerdeki, karar vericiler tarafından hem yer seçimi hem de rotalama kararlarının etkin bir şekilde verilmesini sağlayacak bir metodun önerilmesidir. Bu bağlamda, literatürde alışlageldiğın aksine, İki-Aşamalı Araç Rotalama Problemi (2A-ARP) ve Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemlerinin bir arada kullanıldığı, dağıtım faaliyetleri açısından önemli birçok faktörün (mesafe, yakıt tüketimi, süre, maliyet) dikkate alındığı hibrit bir metod tasarlanmış ve söz konusu metodun uygulanabilirliği gösterilmiştir. Ayrıca, tasarlanan bu yöntem sadece potansiyel yerlerin etkin bir şekilde seçiminde değil aynı zamanda mevcudiyette var olan yerlerin etkinliklerinin hesaplanması amacıyla da hizmet edebilmektedir.

Anahtar Sözcükler

Lojistik, Dağıtım, Araç Rotalama Problemi, İki-Aşamalı Araç Rotalama Problemi, Sürdürülebilirlik, Etkinlik, Veri Zarflama Analizi

ABSTRACT

KISA, Ergül. *Comparison of Vehicle Routing Problem with Two-Echelon Vehicle Routing Problem and A Hybrid Model Proposition for Location Selection*, Doctoral Thesis, Ankara, 2021.

It is vital for businesses to carry out their activities profitably and to be sustainable while performing these activities. In this context, multi-stage distribution systems, in which the distribution network is divided into more than one level, can enable enterprises to benefit from both the large amounts of shipments they make in the first stages and the economies of scale arising from the efficient use of vehicle capacities at all levels. On the other hand, multi-stage distribution systems can also reduce the environmental and social impacts resulting from distribution activities carried out in dense urban areas.

The first aim of this study is to examine whether multi-stage distribution systems have an advantage over single-stage distribution systems. For this purpose, Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) and Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem (2E-CVRP) were compared according to the key performance indicators of distance, fuel consumption, time and cost. A supermarket chain operating in Turkey in the implementation of the problem was modeled with realistic data distribution network. Sensitivity analysis was conducted with 25 scenarios in order to analyze the effect of changes in some parameters (satellite capacities, demand quantities, number of vehicles in the fleet and vehicle capacities). In addition, single-echelon and two-echelon distribution systems were compared, taking into account the rental and investment costs of the vehicles. Another aim of the study is to propose a method that will enable decision makers to make both location selection and routing decisions efficiently, especially in enterprises that use distribution activities intensively. In this context, contrary to what is usual in the literature, a hybrid method in which the Two-Echelon Vehicle Routing Problem (2E-VRP) and Data Envelopment Analysis (DEA) are used together and many factors (distance, fuel consumption, time, cost) are taken into account in terms of distribution activities was designed and the applicability of the method in question was demonstrated. In addition, this designed method can serve not only for the efficient selection of potential sites, but also for the purpose of calculating the efficiencies of existing sites.

Key Words

Logistics, Distribution, Vehicle Routing Problem, Two-Echelon Vehicle Routing Problem, Sustainability, Efficiency, Data Envelopment Analysis

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	ii
ETİK BEYAN	iHata! Yer işareti tanımlanmamış.
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
GİRİŞ.....	1
1. BÖLÜM	7
DAĞITIM STRATEJİLERİ VE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ.....	7
1.1. DAĞITIM VE DAĞITIM STRATEJİLERİ.....	7
1.2. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ (ARP).....	11
1.2.1. ARP Problem Tanımı ve Matematiksel Modeli.....	12
1.2.2. ARP Çeşitleri	14
2. BÖLÜM	18
İKİ-AŞAMALI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ (2A-ARP)	18
2.1. 2A-ARP TÜRLERİ	21
2.1.1. Zamana Bağlı Olmayan Problem Türleri.....	21
2.1.2. Zamana Bağlı Problem Türleri.....	22
2.1.3. Diğer Problem Türleri.....	22
2.2. 2A-ARP PROBLEM TANIMI VE MATEMATİKSEL MODELİ.....	23
3. BÖLÜM	28
2A-ARP ÜZERİNE LİTERATÜR İNCELEMESİ	28
3.1. KESİN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN KULLANILDIĞI ÇALIŞMALAR	28
3.2. SEZGİSEL / METASEZGİSEL ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN KULLANILDIĞI ÇALIŞMALAR	31
3.3. KARMA ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN KULLANILDIĞI ÇALIŞMALAR	33
3.4. DEĞERLENDİRME	38

4. BÖLÜM	41
ARP VE 2A-ARP'İN KARŞILAŞTIRILMASI	41
4.1. DENEYLERDE KULLANILAN AMAÇ FONKSİYONLARI	42
4.1.1. Toplam Mesafe Fonksiyonları	42
4.1.2. Toplam Yakıt Tüketimi Fonksiyonları	42
4.1.3. Toplam Süre Fonksiyonları	44
4.1.4. Toplam Maliyet Fonksiyonları	44
4.2. VERİ SETİ	46
4.3. ANALİZLER VE DEĞERLENDİRMELER.....	48
4.3.1. Temel Durum Analizi	48
4.3.2. Duyarlılık Analizi	49
4.3.3. Araçların Yatırım ve Kiralama Maliyetleri Açısından Kıyaslanması	53
5. BÖLÜM	56
2A-ARP VE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA) İLE YER SEÇİMİ: MODEL ÖNERİSİ	56
5.1. VZA	56
5.1.1. Standart VZA Yöntemi	57
5.1.2. VZA'da Kümeleme Yaklaşımı	58
5.1.3. Süper-Etkinlik VZA Yöntemi.....	59
5.1.4. ARP ve VZA Yöntemlerinin Birarada Kullanıldığı Çalışmalar	60
5.2. KARMA MODEL ÖNERİSİ.....	61
5.3. VERİ SETİ	65
5.4. ANALİZLER VE DEĞERLENDİRMELER.....	68
5.4.1. 2A-ARP ve Standart VZA Sonuçlarının Değerlendirilmesi	69
5.4.2. Kümeleme ve Süper-Etkinlik VZA Sonuçlarının Değerlendirilmesi	69
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	72
KAYNAKÇA	76
EKLER	92
EK 1	92
ORJİNALLİK RAPORU	92
EK 2	95
ETİK KURUL İZİN MUAFİYET FORMU.....	95
EK 3	98
ÇALIŞMAYA İLİŞKİN SUNULAN TABLOLAR.....	98

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1: Kapasite Kısıtlı ARP Modeline Ait Küme, Parametre ve Karar Değişkenleri.....	13
Tablo 2: Kapasite Kısıtlı 2A-ARP Modeline Ait Küme, Parametre ve Karar Değişkenleri.....	24
Tablo 3: Yakıt Tüketimi Fonksiyonundaki Notasyonlar ve Açıklamaları.....	43
Tablo 4: Araç Emisyon Parametrelerine Ait Değerler.....	48
Tablo 5: Temel Durum Optimum Çözüm Sonuçları.....	49
Tablo 6: Senaryolar ve Senaryolara İlişkin Açıklamalar.....	50
Tablo 7: Araçların Yatırım ve Kiralama Maliyetleri.....	55
Tablo 8: Potansiyel Şubelere İlişkin Talep Tahmin Değerleri.....	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: N-Aşamalı Dağıtım Ağının Gösterimi.....	9
Şekil 2: İki-Aşamalı Dağıtım Sisteminin Gösterimi.....	20
Şekil 3: Çözüm Metotlarının Yıllara Göre Dağılımı.....	39
Şekil 4: Deney Şeması.....	41
Şekil 5: Süpermarket Zinciri İçin Dağıtım Ağının Gösterimi.....	46
Şekil 6: Temel Durum ve Senaryolara Göre ARP ve 2A-ARP Anahtar Performans Göstergelerinin Kıyaslanması.....	52
Şekil 7: Araştırma Şeması.....	64
Şekil 8: Dağıtım Ağının Gösterimi.....	66
Şekil 9: Seçilen Şubelerle Toplam Mesafe Amaç Fonksiyonuna Göre Elde Edilen Optimal Rotaların Gösterimi.....	71

GİRİŞ

E-ticaretin ortaya çıkışı, hızlı gelişimi ve müşterilerin daha hızlı teslimat isteği ile birlikte lojistik hizmetleri günlük yaşamın önemli bir parçası olmuştur. Böylece, gün geçtikçe taşınan ürün miktarının artması ile araç trafiği özellikle yoğun nüfuslu bölgelerde büyük bir sorun haline gelmiş ve insanların yaşam refahını olumsuz yönde etkilemeye başlamıştır (Gonzalez-Feliu vd., 2008; Savelsbergh ve Van Woensel, 2016). Bu zorluklarla baş etmek için trafik düzenlemesi, güzergâh ve ağ tasarımı seçimi gibi şehir lojistiğini çeşitli düzeylerde optimize edecek algoritmik araçlar geliştirilmiştir. Tedarikçilerden müşterilere ürün dağıtımının etkinliğini artırmak, farklı planlama ufuklarında önemli zorluklar yaratmakta ve çeşitli seviyelerde (operasyonel, taktiksel ve stratejik) kararların verilmesini gerektirmektedir (Breunig vd., 2016).

Tek-kademeli dağıtım sistemlerine işaret eden Araç Rotalama Problemi (ARP) lojistik alanında operasyonel düzeyde karşılaşılan bir problemdir. ARP, belirli kısıtlar altında bir veya birden fazla dağıtım noktasından (depo) coğrafi olarak dağılmış belirli müşterilerin taleplerini karşılayacak minimum maliyetli araç rotalarının belirlenmesi problemidir (Christofides vd., 1981; Laporte, 1992). Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi (KKARP)'nde her bir araç rotasına öncelikle depodan başlamakta ve tüm müşterilerin ziyareti gerçekleştikten sonra tekrar yine aynı depoya dönmektedir. Filodaki her bir aracın belirli bir yük taşıma kapasitesi vardır, tüm araçların kapasiteleri birbirine eşittir ve benzer maliyetlere (sigorta, bakım vb.) sahiptir. Diğer bir deyişle, araçlar homojen özelliklere sahiptir. Araç kapasiteleri ve müşteri talepleri önceden bilinmektedir (deterministiktir) (Kumar ve Panneerselvam, 2012). ARP, NP-zor problem sınıfına girmekte olan kombinasyonel bir problem türüdür (Bent ve Van Hentenryck, 2004).

Yük taşımacılığının kaynaklanan çevresel kirlilik, trafik sıkışıklığı, trafik kazaları, gürültü, hastalık, düşük ortalama araç yükleri vb. sebepler büyük kamyonların şehir merkezlerine girişini sınırlandıran ve/veya yasaklayan ve ayrıca sıfır emisyonlu araçların kullanımını teşvik eden yeni politikaları ve girişimleri beraberinde getirmiştir (Cattaruzza vd., 2017). Bu hareket, ürünlerin depodan müşterilere doğrudan taşınması yerine çok-kademeli dağıtım sistemleri, özellikle iki-kademeli sistemler, üzerine yoğunlaşılmasına vesile olmuştur (Perboli vd., 2011; Zeng vd., 2014). İki-kademeli dağıtım sistemleri, büyük araçların yoğun nüfuslu şehir merkezlerinden uzak tutulmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca bu tür sistemler ekonomik açıdan da oldukça caziptir (Breunig vd.,

2019). İki-kademeli dağıtım sistemlerinin şehir lojistiği, çok modlu taşıma, posta ve paket teslimatı, süt toplama, basın ve market ürünlerinin dağıtımı vb. birçok alanda uygulamalarını görmek mümkündür. Bunlardan en sık başvurulan uygulama ise şehir lojistiğidir (Cuda vd., 2015). Şehir lojistiği, şehirlerdeki faaliyetlerin büyümesi sonucu ortaya çıkmış bir kavramdır. Şehir lojistiği ile büyük araçların şehir merkezlerinden uzak tutulması ve bunların yerine daha küçük, çevre dostu araçların kullanılması yoluyla kentsel alanlardaki yük taşıma hizmetlerinden kaynaklanan tıkanıklığı, kirliliği ve gürültüyü azaltmak (Kyoto protokolü hedefleri) ve aynı zamanda taşıma hizmetlerinin hareketliliğini artırmak amaçlanmaktadır. Temel fikir, farklı taşıyıcılardan gelen yükleri konsolide ederek ve şehirdeki yük taşımacılığını koordine ederek tüm bileşenleri kapsayan entegre bir lojistik sistemi geliştirmektir (Hemmelmayr vd., 2012).

Bu ihtiyacı temel alan İki-Aşamalı Araç Rotalama Problemi (2A-ARP), iki-kademeli dağıtım sistemlerinde ortaya çıkan ve taktiksel düzeyde kararları içeren bir rotalama problemidir (Li vd., 2016b). Kapasite Kısıtlı İki-Aşamalı Araç Rotalama Problemi (KK2A-ARP)'nde dağıtım ağı iki seviyeye bölünmekte ve dağıtım ağında yer alan deponun, uydu ve müşteri noktalarının yerleri bilinmektedir. Birinci kademede ürünler ana depolardan uydu (satellite) olarak adlandırılan ara depolara büyük araçlar vasıtasıyla getirilmekte; ikinci kademede ise ürünlerin bu nokta(lar)dan müşterilere daha küçük kapasiteli ve/veya çevreyi nispeten daha az kirleten araçlarla (örneğin; elektrikli araçlar) teslimatı sağlanmaktadır (Crainic vd., 2012; Grangier vd., 2016; Liu vd., 2017; Zhou vd., 2018). Doğrudan dağıtıma izin verilmemektedir. Diğer bir deyişle, ürünler zorunlu olarak uydu noktaları vasıtasıyla müşterilere ulaştırılmaktadır. Uydu noktaları genellikle aktarma ve konsolidasyon faaliyetlerinin gerçekleştirildiği fiziksel alanlar olarak tanımlanmaktadır. Bir uydu noktası genellikle küçük ölçekte çalışmakta, dış otopark ve hava şartlarından korunma alanlarından oluşmakta, sınırlı ve geçici depolama kapasitesine sahiptir (Li vd., 2018). Ayrıca, dağıtım ağında yer alan tüm uydu noktaları kullanılmak zorunda değildir (Jie vd., 2019). ARP, tek bir uydulu 2A-ARP'nin özel bir durumu olduğundan 2A-ARP de NP-zor problem sınıfına girmektedir (Breunig vd., 2015; Hemmelmayr vd., 2012; Perboli vd., 2011; Santos vd., 2013; Wang vd., 2017).

2A-ARP'de merkezi deponun, uyduların ve müşterilerin yerlerinin belirli olduğu varsayılmakta ve dolayısıyla söz konusu noktaların konumlarına ilişkin herhangi bir karar verilmemektedir. Öte yandan, dağıtım ağında yer alan her bir noktanın konumunun değiştirilmesi optimum rotaları ve dolayısıyla amaç fonksiyonu değerlerini değiştirebilmektedir. Noktalara (düğümlere) ait konumların belirlenmesi stratejik düzeyde

verilmesi gereken oldukça kritik bir karardır. Yer seçimi kararlarının doğru bir şekilde verilmemesi, yanlış kriterlere göre verilmesi ve/veya uygun olmayan metotlar aracılığıyla verilmesi durumunda özellikle dağıtım faaliyetlerinin yoğun olduğu işletmeler (örneğin süpermarket zincirleri) açısından işletmenin yaşamını sürdürdüğü müddetçe katlanılması gereken artı maliyetler söz konusu olabilmektedir. Hem yer seçimi hem de rotalama kararlarının bir arada verildiği problem türü literatürde İki-Aşamalı Lokasyon Rotalama Problemi (2A-LRP) olarak bilinmektedir. Söz konusu kararlar, problemde yer alan kısıtları ihlal etmemek üzere, bir veya birden fazla amaç fonksiyonuna ait optimum değeri/değerleri sağlayan kararlardır. Ayrıca, yer seçimi kararları ya merkezi depoya ya da uydu noktalarına ilişkin verilmektedir.

Mevcut literatürdeki çoğu analitik model mesafe veya süre gibi tek bir amaca odaklanmaktadır (Chen vd., 2017). Birden fazla amacın ele alındığı ARP çalışmalarında ise sayıl (scalar) metotların, Pareto metotlarının ve her iki sınıfa da girmeyen farklı amaçları tek tek dikkate alan tekniklerin kullanıldığı görülmektedir. Sayıl metotlarda, çok-amaçlı problemi tek amaçlı bir probleme dönüştürmede genellikle amaç fonksiyonlarının ağırlıklı doğrusal toplamı kullanılmakta, bu ağırlıkların belirlenmesinde ise subjektif/keyfi kararlar söz konusu olmaktadır (Jozefowicz vd., 2008). Her ne kadar kullanımı kolay olsa da yöntemin bir diğer dezavantajı da tüm Pareto optimal çözümleri bulamaması diğer bir deyişle çözümleri yalnızca optimal Pareto setinin dışbükey gövdesi üzerinde bulmasıdır (Geoffrion, 1968). Böylece, bir çözümün kalitesini değerlendirmek veya çözümleri karşılaştırmak için Pareto hakimiyeti kavramını uygulayan Pareto yöntemleri giderek daha popüler hale gelmektedir (Jozefowicz vd., 2008). Bu bağlamda, VZA birçok faktör ile Karar Verme Birimleri (KVB)'nin Pareto etkinliğini ölçmeye olanak sağlayan ve yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir. Girdi ve çıktılar arasında fonksiyonel bir ilişkiye gerek duymadan değerlendirme yapılabilmesine imkân tanınması bu yöntemin en büyük avantajlarından biridir (Banker ve Morey, 1986; Cooper vd., 2006, s. 2; Seiford ve Thrall, 1990).

Bu çalışma iki temel bileşenden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bileşeninde, iki-kademeli dağıtım sistemlerinin tek-kademeli dağıtım sistemlerine göre avantajlı olup olmadığını veya hangi koşullarda avantajlı olduğunu gözlemlemek amacıyla KKARP ve KK2A-ARP *mesafe*, *yakıt tüketimi*, *süre* ve *maliyet* anahtar performans göstergelerine göre kıyaslamaya tabi tutulmuştur. Problemlerin gerçek hayatta uygulanabilirliğini göstermek amacıyla Türkiye'de faaliyet gösteren bir süpermarket zincirinin dağıtım ağı örnek alınmıştır. 2A-ARP'de dağıtım ağı bir merkezi depo, 2 uydu ve 10 müşteriden

(süpermarket şubelerinden) oluşmaktadır. ARP 'de ise uydu noktaları bulunmamaktadır. Talep değerleri, ikinci aşamada ayırık teslimata izin verilmemesinden dolayı tek bir müşteriye ait talebin ikincil kademe araç kapasitesini geçmeyeceği şekilde, rastgele (*randomly*) oluşturulmuştur. 2A-ARP'de iki tür araç kullanılmaktadır. Depo ve uydu noktaları arasındaki dağıtımda büyük araçlar kullanılırken; uydu noktaları ile müşteriler arasındaki dağıtım küçük araçlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Türkiye'deki büyükşehirlerde Ulaşım Koordinasyon Merkezi (UKOME) tarafından 7 ton ve üzeri ağır tonajlı araçların şehir içine giriş saatlerinin sınırlandırılması ve hatta bazı güzergâhları kullanmalarına izin verilmemesi nedeniyle küçük araç olarak 9 adet azami yüklü ağırlığı 5500 kg, boş ağırlığı 2990 kg ve yüklenebilir ağırlığı (taşıma kapasitesi) 2510 kg olan kamyon örnekleme seçilmiştir. Büyük araç olarak ise 2 adet azami yüklü ağırlığı 19000 kg, boş ağırlığı 7620 kg ve yüklenebilir ağırlığı 11380 kg olan kamyon kullanılmaktadır. ARP 'de ise benzer özelliklere sahip 9 adet küçük kamyon bulunmaktadır.

2A-ARP'nin ARP'ye göre güçlü ve zayıf yönlerinin tespit edilmesi amacıyla yukarıda bahsedilen örnekleme gerçekleştirilen çalışmanın bu bölümünde bazı parametrelerdeki değişimin (uydu kapasiteleri, talep miktarları, filodaki araç sayıları ve araç kapasiteleri) etkisini analiz etmek amacıyla 25 senaryo ile duyarlılık analizi de yapılmıştır. Bu senaryolardan ilk 3 tanesi uydulardan yönlendirilen ikincil kademe araçların uydulardaki dağılımının değiştirilmesi ve dağılıma yönelik kısıtların (uydu kapasitelerini belirleyen kısıtların) modelden çıkarılması ile ilgili senaryolar olduğundan yalnızca 2A-ARP modelleri için diğerleri ise her iki problem türü için de yapılmıştır. Dört amaç fonksiyonu kapsamında yapılan karşılaştırmalar için toplamda 196 optimizasyon modeli ile çalışılmıştır. Ayrıca, tek-kademeli ve iki-kademeli dağıtım sistemleri, araçların kiralama ve yatırım maliyetleri de göz önünde bulundurularak karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın diğer bileşeninde, literatürde alışlageldiğinin aksine, 2A-ARP ve VZA yöntemlerinin bir arada kullanılmasıyla hem yer seçimi hem de rotalama kararlarının etkin bir şekilde verilmesini sağlayan ve bu kararların verilmesinde de dağıtım faaliyetleri açısından önemli birçok faktörü göz önünde bulunduran hibrit bir yöntem tasarlanmıştır. Araştırma belirli sayıda bölgede belirli sayıda potansiyel lokasyonların bulunduğu, her bir bölgede tek bir potansiyel yerin kurulum için seçildiği ve kurulumuna karar verilen lokasyonlara merkezi depodan başlayarak uydu noktaları vasıtasıyla ürün dağıtımının gerçekleştirildiği optimal rotaların elde edilmesi amacıyla hizmet edecek şekilde tasarlanmıştır. Bu bağlamda, araştırma tasarımının uygulanabilirliğini göstermek amacıyla indirim marketleri sınıfında yer alacak ve pazara yeni gireceği düşünülen bir

süpermarket zincirinin, Ankara'nın 9 merkezi ilçesinde (bölge) birer şube kurmak üzere, dağıtım ağı modellenmeye çalışılmıştır. Problemdaki şube (müşteri) kombinasyonu sayısının üssel olarak artması sebebiyle her bir bölgede 2 adet potansiyel şubenin olduğu varsayılmıştır. Her bölgeden bir şube yerinin kurulmak üzere seçilmesi durumunda 512 (2^9) adet şube kombinasyonu elde edilmiştir. Böylece, dağıtım ağı 1 adet merkezi depo, 2 adet uydu noktası ve kuruluma karar verilmiş 9 müşteriden oluşmaktadır. 2A-ARP modellemesi ile tüm kombinasyonlar için dört amaç fonksiyonuna (toplam mesafe, toplam yakıt tüketimi, toplam süre, toplam maliyet) yönelik optimal değerler elde edilmiştir. Hangi kombinasyonun en etkin olduğunun diğer bir deyişle hangi şubelerin kurulum için seçileceğinin kararının verebilmek amacıyla, her bir kombinasyonun VZA yönteminde KVB, 2A-ARP'den elde edilen optimum amaç fonksiyonu değerlerinin girdi ve kombinasyonda yer alan şubelere ulaştırılan toplam talebin çıktı olarak düşünüldüğü standart VZA yöntemi uygulanmıştır. Her bir amaç fonksiyonu değerinin düşük değerlere sahip olmasının tercih edilmesinden dolayı girdi odaklı, girdiler ve çıktı arasında tam oransallığın olmamasından dolayı da ölçeğe göre değişken getirili VZA modeli tercih edilmiştir. Uygulanan standart VZA yöntemi sonucunda birden fazla KVB'nin etkin olması nedeniyle en etkin KVB'nin hangisi olduğu bilgisine ulaşılamamıştır. Bu bağlamda, KVB'leri kendi aralarında sıralamaya imkân sağlayan süper-etkinlik VZA yöntemi tercih edilmiştir. Ancak, unutulmamalıdır ki VZA görelilik ölçümü yapan bir yöntem olduğundan kıyaslamaya tabi tutulan KVB'lerin hangileri olduğu ve bu KVB'lerin performansları (girdi ve çıktı değerleri), KVB'lerin etkinlik skorlarını ve dolayısıyla da sıralamalarını etkilemektedir. Ayrıca, KVB'lerin etkinlik düzeylerine göre kümelenecek analiz edilmesi daha homojen KVB'lerin kıyaslanması açısından önemlidir. Böylece, tüm KVB'lerin (512 adet) tek bir analiz ile değerlendirilmesi (sıralamaya tabi tutulması) yerine öncelikle KVB'ler kümelenecek daha homojen gruplar yaratılmış sonrasında her bir grupta yer alan KVB'ler kendi içlerinde süper-etkinlik VZA yöntemi ile sıralamaya tabi tutulmuştur. Toplamda 32 adet küme elde edilmiş, ardından tüm kümeler için girdi odaklı ve ölçeğe göre değişken getirili süper-etkinlik VZA yöntemi uygulanmıştır. Hesaplamalar sonucunda KVB'lere ait süper etkinlik skorları elde edilmiş ve bu birimler süper etkinlik skorlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Sıralamanın başında yer alan KVB'nin (şube kombinasyonunun) görelilik olarak en etkin olduğu ve dolayısıyla kurulum için seçilecek şubelerin söz konusu KVB'deki 9 adet şube olduğu sonucuna varılmıştır. Böylelikle, literatürde yalnızca rotalama kararlarının verildiği 2A-ARP yöntemi ile birden fazla faktörün dikkate alınarak KVB'lerin etkinliğini ölçmeye ve en etkin olanını belirlemeye imkan sağlayan VZA yöntemi kullanılarak hem rotalama

hem de yer seçimi kararlarının verilmesine olanak sağlayan hibrit bir metot tasarlanmıştır. Ayrıca, literatürde rotalama ve yer seçimi kararlarının bir arada verildiği problem türü olan 2A-LRP yöntemine de tek bir amaç fonksiyonu ile değil birden fazla amaç fonksiyonuna göre karar verildiği, amaçları tek tek ele almaktansa bunların bir arada dikkate alındığı ve birden fazla amacın ele alınmasında da Pareto optimal çözümlerini bulmaya olanak sağlayan VZA yönteminin kullanıldığı tasarlanan yöntem ile farklı bir bakış açısı getirilmeye çalışılmıştır.

Hem lokasyon hem de rotalama kararlarının verilmesine olanak sağlayan ve bir nevi sezgisel yöntem görevi gören söz konusu hibrit metod ile literatüre katkıda bulunulduğu ve gelecekte yapılacak olan benzer çalışmalara yol gösterici olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, tasarlanan karma yöntemin bir diğer avantajı da konumları belli olan yerlerin ne kadar etkin olduğunun saptanmasında da kullanılabilmesidir.

Çalışma şu şekilde organize edilmiştir: Birinci bölümde, işletmeler tarafından kullanılan dağıtım strajelerinden, KKARP'nin problem tanımından, matematiksel modelinden ve çeşitlerinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde, KK2A-ARP'nin problem tanımı, modeli ve çeşitleri sunulmuştur. Üçüncü bölümde, 2A-ARP literatüründe yer alan çalışmalar kullanılan çözüm metotlarına, varsayımlarına, optimize edilmeye çalışılan amaç fonksiyonlarına/amaç fonksiyonu bileşenlerine ve çalışmalarda kullanılan veri setlerine göre detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bir sonraki bölümde, tek-kademeli ve iki-kademeli dağıtım sistemlerinin kıyaslanmasında kullanılan amaç fonksiyonlarının hesaplamaları ayrıntısıyla gösterilmiş, uygulamaya yönelik gerçekçi veri setinin nasıl oluşturulduğundan ve yapılan duyarlılık analizinde hangi parametrelerin ne şekilde değiştirildiğinden bahsedilmiş, çalışmanın sonuçları ve sonuçlara yönelik değerlendirmeler ele alınmıştır. Son bölümde, önerilen karma metotta yer alan standart VZA, katmanlı VZA ve süper-etkinlik VZA yöntemleri açıklanmış, karma metoda yönelik araştırma tasarımından ve uygulanabilirliğini göstermek amacıyla oluşturulan gerçekçi veri setinden ayrıntısıyla bahsedilmiş ve elde edilen sonuç ve değerlendirmeler paylaşılmıştır.

1. BÖLÜM

DAĞITIM STRATEJİLERİ VE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ

Çalışmanın bu bölümünde, işletmelerin kullanmış oldukları dağıtım stratejilerinden, Araç Rotalama Problemi (ARP) tanımından, modelinden ve çeşitlerinden bahsedilecektir.

1.1. DAĞITIM VE DAĞITIM STRATEJİLERİ

Gün geçtikçe artan küreselleşme, yoğun rekabet koşulları ve teknolojik gelişmeler nedeniyle işletmelerin müşterilerinin memnuniyetini olabildiğince üst seviyeye taşımaları ve rakiplerine karşı rekabet avantajı kazanmaları zorunluluk haline gelmiştir. Ürünün tüketiciye beklediği faydayı sağlaması ve kabul edilebilir bir fiyata sunulması kadar tüketicinin satın alacağı zamanda ve yerde ulaşılabilir olması da işletmelerin pazarlama performansı açısından büyük önem arz etmektedir. Beklenen yer, zaman ve miktarda hazır olmayan ürüne talep azalabilmektedir (Özmen vd., 2013, s. 114). İşletmeler, kaynaklarını daha verimli kullandıkları ve müşterilerinin taleplerini etkin bir şekilde karşıladıkları iyi bir dağıtım planına ihtiyaç duymaktadırlar. Bazı işletmeler, yaratıcı dağıtım sistemleri kullanarak rekabet avantajı elde edebilmektedirler (Armstrong ve Kotler, 2009, s. 326). Bu bağlamda dağıtım, tüketicilerin ihtiyaçlarının daha kolay karşılanabilmesinde ve dolayısıyla işletmelerin birbirleriyle olan rekabetlerinde oldukça kritik bir role sahiptir (Kotler ve Keller, 2012, s. 438).

Dağıtım, bir mal veya hizmetin üretildiği yerden tüketileceği yere, belirli bir zaman, miktar ve kalitede, ulaştırılması amacıyla işletme tarafından gerçekleştirilen çabaların tümüdür (Tuncer vd., 2008, s. 302). Üretici işletmenin dağıtım fonksiyonunu tek başına gerçekleştirmesinin mümkün olmadığı veya bu fonksiyonun gerçekleştirilmesinde acenteler, toptancılar, perakendeciler vb. ara kuruluşların kullanılmasının faydalı olduğu durumlar söz konusu olabilmektedir. Bu kuruluşlar dağıtım kanalları olarak tanımlanmaktadır. *Dağıtım kanalı*, “herhangi bir mal veya hizmetin, üreticiden tüketiciye doğru hareketinde, mülkiyeti üzerine alan veya mülkiyetin transferine yardımcı olan bir dizi kişi ve kuruluşlardır” şeklinde tanımlanmaktadır (Kotler ve Armstrong, 2014, s. 363). Diğer bir deyişle, bir mal veya hizmetin üreticiden tüketiciye ulaştırılmasında izlenen yoldur (Mucuk, 2012, s. 265).

Dağıtım kanalının faydaları aşağıda sunulmaktadır (Keegan ve Green, 2015, s. 351; Solomon vd., 2012, s. 475):

- **Yer faydası:** Tüketicinin mal ya da hizmete uygun bir yerde ulaşabilmesini ifade etmektedir. Diğer bir deyişle, ürün veya hizmetin tüketicinin istediği yerde satılmasıdır.
- **Zaman faydası:** Tüketicinin mal ya da hizmete uygun bir zamanda ulaşabilmesini ifade etmektedir.
- **Şekil faydası:** Tüketicilere mal veya hizmetin kullanıma hazır hale getirilmiş bir şekilde sunulmasıdır.
- **Bilgi faydası:** Tüketiciler mal veya hizmetle ilgili merak ettikleri bilgilere kolaylıkla ulaşabilmektedirler. Ayrıca, üretici açısından da içerisinde bulunduğu pazar ve tüketiciler ile ilgili bilgi edinebilmeyi sağlamaktadır.
- **Mülkiyet faydası:** Ürünün, toptancı-perakendeci gibi kanal üyeleri veya kanal üyesi ile tüketici arasındaki, sahiplik durumunun değişmesini ifade etmektedir.

Dağıtım planlamasında birçok stratejiden bahsetmek mümkündür. Bunlar temelde *taşıma biçimi*, *araç kullanımı* ve *hiyerarşik seviye* olmak üzere 3 farklı özellikten ileri gelmektedir (Gonzalez-Feliu, 2008, s. 30-36).

Taşıma biçimi: Ürünlerin ya da insanların çıkış noktasından varış noktasına hangi taşıma aracıyla (karayolu, havayolu, denizyolu ve demiryolu) ulaştırılacağıyla ilgilidir. Taşıma faaliyeti bunlardan yalnızca birinin kullanılmasıyla gerçekleştiriliyorsa *tek modlu* (*monomodal*); bunlardan birkaçının birlikte kullanımıyla gerçekleştiriliyorsa *çok modlu* (*multimodal*) taşıma söz konusu olmaktadır.

Araç kullanımı: Araçların yük taşıma kapasiteleri (istiap haddi) kadar yüklendiği *tam yük* (*full truckload*) ya da araçların yük taşıma kapasitesinden daha az yüklendiği *tam yükten az* (*less than truckload*) olmak üzere iki seçenek bulunmaktadır.

Hiyerarşik seviye: Doğrudan dağıtım (tek-aşamalı dağıtım) ve çok-aşamalı dağıtım olmak üzere iki ana dağıtım stratejisi bulunmaktadır. *Doğrudan dağıtımda*, ürünler araç değiştirmeksizin ve herhangi bir ara tesise uğramaksızın doğrudan başlangıç noktasından varış noktasına taşınmaktadırlar. *Çok-aşamalı dağıtımda* ise, ürünlerin çıkış noktasından varış noktasına doğrudan teslimi söz konusu değildir. Ürünler depo(lar)dan müşterilere bir ya da birden fazla uydu (*satellite*) olarak ta adlandırılan ara tesisler vasıtasıyla ulaştırılmaktadır (Sitek ve Wikarek, 2014). Dağıtım ağının birden fazla

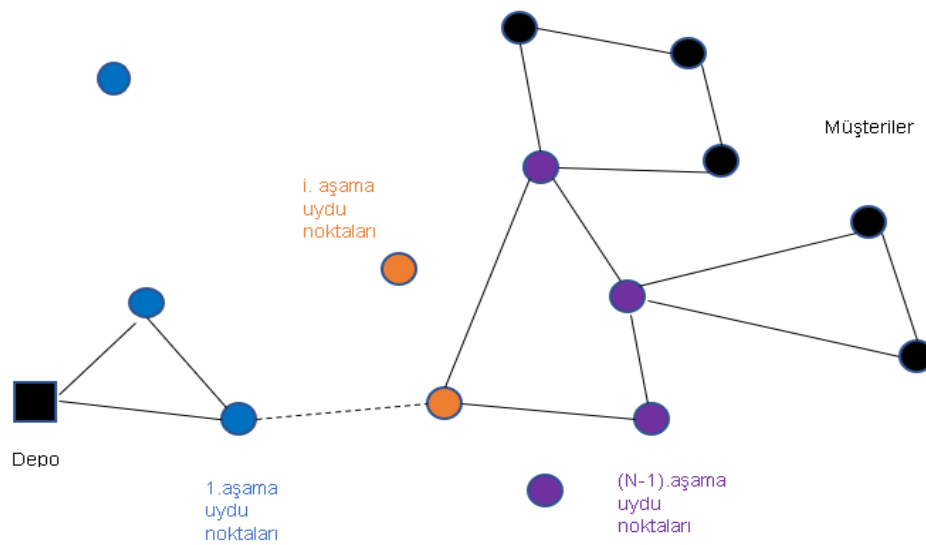
kademeye bölüdüğü çok-aşamalı dağıtım sisteminde, her bir aşamada, ürünler ara tesislerde depolanmakta, birleştirilmekte ve konsolide edilmektedir (Cuda vd., 2015). Ürünler bu ara tesislerden de müşterilere veya diğer tesislere gönderilmektedir. Burada her bir aşama, dağıtım ağının bir seviyesine karşılık gelmekte ve her bir aşamada ürünleri taşımak üzere farklı özelliklere (kapasite vb.) sahip araçlar kullanılmaktadır. Bu tür sistemler, işletmelerin ilk kademelerde daha büyük sevkiyatlardan doğan ölçek ekonomilerinden faydalanmalarını ve yoğun kentsel alanlarda gerçekleştirdikleri dağıtım faaliyetlerinin yarattığı çevresel ve sosyal etkilerini azaltmayı amaçlayan düzenlemelere uymalarını sağlamaktadır (Merchan Duenas, 2015, s.14). Ayrıca, her kademedeki araç kapasitelerinin etkin kullanımından dolayı işletmeler açısından önemli ölçüde ekonomik avantaj sağlamaktadır (Dellaert vd., 2016).

N-aşamalı bir dağıtım sistemini düşündüğümüzde:

- 1.aşama, depo ile birinci aşamada bulunan ara tesisleri birbirine bağlamaktadır.
- Sistemde (N-2) adet ara aşama bulunmakta ve bunlardan her biri farklı ara tesisleri birbirine bağlamaktadır.
- N. aşama, ürünlerin (N-1). aşamadaki ara tesislerden varış noktasına teslim edildiği seviyedir.

N-aşamalı bir dağıtım ağının gösterimi aşağıda Şekil 1 ile verilmektedir.

Şekil 1: N-Aşamalı Dağıtım Ağının Gösterimi



Kaynak: Gonzalez-Feliu (2008)

Çok aşamalı dağıtım sistemlerinde, genellikle iki tür taşıma stratejisi kullanılmaktadır. Bunlardan biri; fabrikaları, depoları ve ürünlerin nihai varış yerlerini içeren ve ürün taleplerinin depolara yapıldığı *depolamalı çok aşamalı dağıtım sistemleridir*. Bu tür sistemlerde, ürünlerin fabrikalardan müşterilere teslimatı, ürünlerin uzun vadeli stok tutan depolarda konsolide edilmesi ve depolardan yönlendirilmesi yoluyla yönetilmektedir. Diğer bir sistem olan *çapraz sevkiyatlı (cross-docking) çok-aşamalı dağıtım sistemleri* depolama stratejisinden farklıdır. Uzun süreli stoklama imkânının bulunmadığı çapraz sevkiyat noktalarında (ara tesislerde), müşteri talepleri doğrultusunda buraya gelen ürünler konsolide edilmekte ve en kısa sürede varış noktalarına teslim edilmektedir (Dondo vd., 2011; Li vd., 2018).

Çok-aşamalı dağıtım sistemleri, tedarik zinciri ve lojistik yönetimde oldukça yaygındır ve karmaşık kentsel alanlara hizmet vermek için bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır (Gonzalez-Feliu, 2008, s. 2; Merchan Duenas, 2015, s. 14). Söz konusu sistem, ulaşım ve trafik planlama stratejilerini uygulayan kamu idareleri tarafından olduğu kadar dağıtım ağlarındaki özel şirketler tarafından da dikkate alınmaktadır (Cuda vd., 2015). Bu tür dağıtım sistemlerinin lojistik işletmelerinde, hızlı teslimat hizmeti veren işletmelerde, çok modlu yük taşımacılığında, market ve hipermarket ürünlerinin dağıtımında, posta ve kargo dağıtımında, şehir lojistiğinde¹ vb. birçok alanda uygulamalarını görmek mümkündür (Li vd., 2018).

İki-aşamalı dağıtım sistemleri (*two-echelon distribution systems*), dağıtım ağının iki seviye içerdiği çok-aşamalı dağıtım sistemlerinin özel bir halidir ve literatürde son yıllarda oldukça ilgi görmektedir (Cuda vd., 2015). Birçok uygulama ve gerçek durumda, çok-aşamalı özellikle iki-aşamalı dağıtım sisteminin kullanılması araç sayısı, taşıma maliyetleri, yükleme faktörü ve zamanlama gibi çeşitli özellikleri optimize edebilmektedir (Sitek ve Wikarek, 2014).

¹ Şehir lojistiği, şehirlerdeki faaliyetlerin büyümesi sonucu ortaya çıkmış bir kavramdır. Şehir lojistiği ile büyük araçların şehir merkezlerinden uzak tutulması ve bunların yerine daha küçük, çevre dostu araçların kullanılması yoluyla kentsel alanlardaki yük taşıma hizmetlerinden kaynaklanan tıkanıklığı, kirliliği ve gürültüyü azaltmak (Kyoto protokolü hedefleri) ve aynı zamanda taşıma hizmetlerinin hareketliliğini artırmak amaçlanmaktadır. Temel fikir, farklı taşıyıcılardan gelen yükleri konsolide ederek ve şehirdeki yük taşımacılığını koordine ederek tüm bileşenleri kapsayan entegre bir lojistik sistemi geliştirmektir (Hemmelmayr vd., 2012).

Şehir lojistiği üzerine kapsamlı çalışmalar için bkz. Bektaş vd. (2015) ve Savelsbergh ve Woensel (2016).

1.2. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ (ARP)

Lojistik yönetiminin bir parçası olan dağıtım kararlarında araç rotalarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu bağlamda Araç Rotalama Problemi (ARP) – *Vehicle Routing Problem (VRP)*, lojistik alanında operasyonel düzeyde karşılaşılan bir problemdir. Lojistik şirketleri, araç rotalarını optimize etmek için matematiksel modelleme tekniklerini kullanarak rekabet güçlerini arttırmaktadırlar. Araç rotalama problemleri optimizasyon literatüründe önemli bir yer tutmaktadır (Li vd., 2020a). Ayrıca, akademik literatürdeki ARP çalışmaları oldukça çok sayıda olmakla birlikte her yıl giderek daha da artmaktadır (Vidal vd., 2019). ARP, NP-zor (NP-hard)² problem sınıfına girmekte olan kombinasyonel bir problem türüdür (Bent ve Van Hentenryck, 2004). Bu yüzden, kesin çözüm algoritmaları nispeten küçük ölçekli problemleri çözebilmekteyken büyük ölçekli problemlerin çözümünde sezgisel/metasezgisel yöntemlerin kullanımı gerekmektedir (Cordeau vd., 2005; Crevier vd., 2007). Ayrıca ARP, tek-aşamalı dağıtım sistemine işaret etmektedir.

Gezgin Satıcı Problemi (GSP) – *Traveling Salesman Problem (TSP)*, düğümler arasındaki maliyeti (mesafe, süre veya maliyet) minimize edecek şekilde bir satıcının bir şehirden başlayarak diğer tüm şehirleri yalnızca bir kez ziyaret ettiği ve başlangıç noktasına geri döndüğü problem türüdür (Little vd., 1963). GSP'nin birden fazla araç kullanarak ve gerçek hayat problemlerinde karşılaşılan birtakım kısıtların da eklenmesiyle geliştirilmiş hali olan ARP ilk kez "Dantzig ve Ramser" tarafından 1959 yılında "Kamyon Sevkiyat Problemi (*Truck Dispatching Problem*)" olarak benzin istasyonlarına benzin dağıtımını yapmak amacıyla çalışılmıştır (Baldacci vd., 2008; Fukasawa vd., 2006). Daha sonra, Clarke ve Wright 1964 yılında tasarruf algoritmasını geliştirmiş ve bu problemi bir doğrusal optimizasyon problemine dönüştürmüştür (Braekers vd., 2016). Klasik ARP olarak bilinen bu problem Kapasite Kısıtlı ARP (KKARP) olarak da anılmaktadır. ARP' nin atık toplama, dağıtım ve toplama problemleri, okul taşıtlarının güzergahlarının belirlenmesi, uçak rotalama problemi, servis araçlarının rotalanması, internet üzerinden yapılan alışverişlerin teslimatı gibi birçok alanda uygulamaları söz konusudur.

ARP, belirli kısıtlar altında bir veya birden fazla dağıtım noktasından (depo) coğrafi olarak dağılmış belirli müşterilerin taleplerini karşılayacak minimum maliyetli araç rotalarının

² NP(*Non-Deterministic-Polynomial-Time*)-zor sınıfında yer alan problemler, polinomsal zamanda bir çözümü olduğunu ispatlayamadığımız karar problemleridir (Du ve Leung, 1990).

belirlenmesi problemi (Christofides vd., 1981; Laporte, 1992). Her bir araç rotasına öncelikle depodan başlamakta ve tüm müşterilerin ziyareti gerçekleştikten sonra tekrar yine aynı depoya dönmektedir. Filodaki her bir aracın belirli bir yük taşıma kapasitesi vardır ve tüm araçların kapasiteleri birbirine eşit ve benzer maliyetlere (sigorta, bakım vb.) sahiptir. Diğer bir deyişle, araçlar homojen özelliklere sahiptir. Araç kapasiteleri ve müşteri talepleri önceden bilinmektedir (deterministiktir) (Kumar ve Panneerselvam, 2012).

Kapasite kısıtlı ARP' de yer alan kısıtlar aşağıda verilmektedir (Laporte, 2007):

- Her bir araç rotasına depodan başlamakta ve rotasını yine depoda sonlandırmaktadır,
- Müşterilerin talepleri karşılanmak zorundadır,
- Araç kapasiteleri aşılamamaktadır,
- Her bir müşteri yalnızca tek bir araç tarafından bir kez ziyaret edilmektedir.

1.2.1. ARP Problem Tanımı ve Matematiksel Modeli

Kapasite Kısıtlı ARP, ARP çeşitleri içerisinde literatürde en çok çalışılan versiyondur. Söz konusu problem, $G(V, A)$ tam bir şebeke (şebekedeki her bir düğüm arasında bir yay (yol) olma durumu) üzerinde şu şekilde tanımlanabilmektedir (Toth ve Vigo, 2014, s. 3-8):

Ürün taleplerinin dağıtımı, 0 ile gösterilen, tek bir depodan n adet müşteriye ($N = \{1, 2, \dots, n\}$) yapılmaktadır. Burada $V = \{0\} \cup N$ düğüm kümesini, $A = \{(i, j) : i, j \in V, i \neq j\}$ ise depo ile müşterileri ve müşteri çiftlerini birbirine bağlayan yay kümesini ifade etmektedir. i 'den j 'ye giden bir araç için seyahat maliyeti (genellikle i ve j arasındaki mesafe) söz konusu olmakta ve c_{ij} ile gösterilmektedir. Düğümler arasındaki mesafeler simetrik değildir ($c_{ij} \neq c_{ji}$). Hepsi aynı kapasiteye ($Q > 0$) ve benzer maliyetlere sahip K adet homojen araç depoda yer almaktadır. Ürünler depodan müşterilere bu araçlarla taşınmaktadır. $d_i \geq 0$, $i \in N$ olmak üzere, i müşterisine teslim edilmesi gereken talep miktarını göstermektedir.

Problemin amacı, toplamda kat edilen mesafeyi minimize edecek, yukarıda söz edilen kısıtları sağlayan araç rotalarının belirlenmesidir.

Aşağıda verilen matematiksel model (Toth ve Vigo, 2014, s. 3-8) için gerekli tüm notasyonlar Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1: Kapasite Kısıtlı ARP Modeline Ait Küme, Parametre ve Karar Değişkenleri

Grup	Sembol	Anlam
Kümeler	$N = \{1, 2, \dots, n\}$	Müşteri kümesi
	$V = \{0\} \cup N$	Düğüm kümesi
	$A = \{(i, j) : i, j \in V, i \neq j\}$	Yaylar kümesi
Parametreler	c_{ij}	i ve j düğümü arasındaki mesafe ($\forall i, j \in V, i \neq j$)
	K	Filoda yer alan araç sayısı
	Q	Araç kapasitesi
	d_i	i müşterisinin talebi ($\forall i \in N$)
Karar Değişkenleri	x_{ij}	Aracın i düğümünden j düğümüne gitmesi durumunda 1 diğer durumlarda ise 0 değerini alan ikili karar değişkeni ($\forall i, j \in V, i \neq j$)
	u_i	Aracın i müşterisine geldiğinde o ana kadar diğer müşterilere dağıtılmış olan birikimli talep miktarı ($\forall i \in N$)

$$\text{Minimize } \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} x_{ij} \quad (1.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i \in V \setminus \{j\}} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \quad (1.2)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \quad (1.3)$$

$$\sum_{j \in N} x_{0j} \leq K \quad (1.4)$$

$$u_i - u_j + Q x_{ij} \leq Q - d_j \quad \forall i, j \in N, i \neq j \quad (1.5)$$

$$d_i \leq u_i \leq Q \quad \forall i \in N \quad (1.6)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in V \quad (1.7)$$

$$u_i \geq 0 \quad \forall i \in N \quad (1.8)$$

Yukarıdaki modelde (1.1) ile verilen amaç fonksiyonu, araçların kat ettiği toplam mesafeyi minimize etmektedir. (1.2) ve (1.3) ile verilen kısıtlar, sırasıyla, her bir müşteri noktasına yalnızca bir kez gelinmesi ve her bir müşteri noktasından yalnızca bir kez çıkılması gerektiğini ifade etmektedir. Diğer bir deyişle, bir rotada her bir müşteri düğümü biri öncül diğeri ardıl olmak üzere iki diğeri düğümüne bağlanmalıdır. Rota sayısının filoda bulunan araç sayısından fazla olamayacağı kısıt (1.4) ile verilmektedir. (1.5) ile verilen kısıtlar, MTZ formülasyonu olarak bilinen Miller, Tucker ve Zemlin (1960) tarafından GSP için geliştirilmiş alt turları elimine etmeye (*subtour elimination*) yarayan kısıtlardır³. (1.6) ile verilen kısıtlar ile her bir müşteriye teslim edilen ürün miktarının, müşteri talebinden az olamayacağı ve aynı zamanda bu miktarın araç kapasitesinden fazla olamayacağı belirtilmektedir. (1.7) - (1.8) ile verilen kısıtlar ise karar değişkenlerinin tanımına ilişkin kısıtlardır.

1.2.2. ARP Çeşitleri

Literatürde Kapasite Kısıtlı ARP' nin yanı sıra varsayımları ve kısıtlarına göre birçok ARP çeşidi bulunmaktadır. ARP literatürü üzerine yapılan detaylı çalışmalar, Eksioğlu vd. (2009), Kumar ve Panneerselvam (2012) ve Braekers vd. (2016)' da yer almaktadır.

Heterojen Filolu ARP (*Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem (VRP)*): Dağıtım faaliyetlerinde kullanılan araçların farklı kapasite ve maliyetlere sahip olduğu bu tür, *Karma Filolu ARP (Mixed Fleet VRP)* olarak ta bilinmektedir ve ilk kez Golden vd. (1984)' nin çalışmasında ele alınmıştır (Baldacci vd., 2008; Penna vd., 2013; Soonpracha vd., 2014).

Ayrık Teslimatlı ARP (*Split Delivery VRP*): Burada klasik ARP' de yer alan "her bir müşteri yalnızca bir kez ve bir araç tarafından ziyaret edilmelidir" varsayımının aksine her bir müşteri birden fazla kez ziyaret edilebilmektedir. Diğer bir deyişle, bir müşterinin talebi birden fazla araç tarafından ulaştırılabilmektedir. Ayrıca, her bir müşteri talebi araç kapasitesinden fazla olabilmektedir (Archetti vd., 2006; Chen vd., 2007). Bu tür, ARP literatürüne Dror ve Trudeau (1989) tarafından kazandırılmıştır. Birçok durumda, ayrı teslimatlara izin vermek hem kat edilen toplam mesafe hem de gerekli araç sayısında, Kapasite Kısıtlı ARP çözümüne kıyasla, önemli tasarruflar sağlamaktadır (Jin vd., 2008).

³ Winston ve Goldberg (2004, s. 536-537), MTZ formülizasyonunun alt turları elimine etmedeki rolünü ayrıntılı bir şekilde açıklamaktadırlar. Literatürde söz konusu yöntemin yanı sıra alt tur eliminasyonu ile ilgili farklı yöntemler de bulunmaktadır (Pferschy ve Stanek, 2017).

Zaman Pencereleli ARP (VRP with Time Windows): Rotalama kararı, araç kapasite ve toplam seyahat süresi kısıtlarını göz ardı etmeksizin, ürünlerin müşterilere önceden belirlenmiş bir zaman diliminde teslim edilmesi koşuluna göre verilmektedir. Araçlar, müşterilere en geç varış zamanından önce gelmelidir. Aracın müşteriye en erken varış zamanından önce gelmesi durumunda ise burada bekleme söz konusu olmaktadır. Modelde yer alan zaman penceresi kısıtları sıkı ve esnek olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Eğer bir kısıtın yerine getirilmesi mecburi ise *sıkı*; ihlal edilmesi mümkün ise *esnek* kısıt olarak adlandırılmaktadır. Esnek bir kısıtın ihlal edilmesi durumunda ise ceza maliyeti söz konusu olmakta ve bu maliyet amaç fonksiyonuna eklenmektedir (Bent ve Van Hentenryck, 2004; Ombuki vd., 2006; Tan vd., 2001).

Dinamik ARP (Dynamic VRP): Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki büyük gelişmeler, müşterilerin talep ettiği ürünlerin kendilerine daha hızlı ve esnek bir şekilde ulaştırılmasını beklemeleri vb. sebepler neticesinde ortaya çıkmış olan dinamik ARP, *Çevrimiçi (Online) ARP* olarak da ifade edilmektedir (Fleischmann vd., 2004). Bu problem tipinde, yeni bir müşteri talebinin oluşması, var olan siparişlerden bazılarının iptal edilmesi ve yola bağlı birtakım aksaklıkların oluşması gibi yeni koşulların ortaya çıkması durumunda söz konusu durumların da dikkate alınarak araç rotalarının sürekli güncellenmesi söz konusudur. Diğer bir deyişle, bilgilerin zamana bağlı olarak değişmesi söz konusudur (Larsen vd., 2002; Pillac vd., 2013).

Topla-Dağıt ARP (VRP with Pick-up and Delivery): “Dağıtma” depodan müşterilere; “toplama” ise tam tersi yönünde müşterilerden depoya doğru ürünlerin taşınması anlamına gelmektedir. Klasik ARP’ de müşterilerin tümüne yalnızca ya toplama ya da dağıtım faaliyeti gerçekleştirilmektedir. Topla-dağıt ARP’ de ise toplama ve dağıtım faaliyetleri bir arada farklı zamanlarda veya aynı zamanda yapılmaktadır (Mosheiov,1998).

Literatürde 3 türü bulunmaktadır (Ganesh ve Narendran, 2007):

1. *Geri Taşımalı ARP (VRP with Backhauls):* Müşteriler, dağıtım ve toplama müşterisi olarak iki gruba ayrılmaktadır. Her bir rotada, ürünler müşterilerden toplanmaya başlamadan önce dağıtım faaliyetlerinin tamamlanması gerekmektedir.
2. *Karma Topla-Dağıt ARP (VRP with Mixed Pick-up and Delivery):* Bazı müşterilere dağıtım bazı müşterilerden ise toplama faaliyetinin gerçekleştirildiği problem türüdür. Bir araç bir müşteriye birden fazla kez uğrayabilmektedir. Ayrıca, aracın müşterilere uğrama sırası üzerinde herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır.

3. **Eşzamanlı Topla-Dağıt ARP (VRP with Simultaneous Pick-up and Delivery):** Ürünlerin müşterilere eşzamanlı olarak hem dağıtıldığı hem de müşterilerden geri toplandığı bir problem türüdür. Toplama ve dağıtım yerinin aynı rotada olma gerekliliğinden dolayı hem dağıtım hem de toplama faaliyeti aynı araç tarafından sağlanmaktadır (Tasan ve Gen, 2012). Eşzamanlı topla-dağıt ARP, ilk kez 1989 yılında Min tarafından ortaya konulmuştur (Montane ve Galvao, 2006).

Çok Depolu ARP (Multi-depot VRP): Bir rota içerisinde araçların başlayabileceği veya dönebileceği birden fazla deponun bulunduğu ARP çeşididir. Burada her bir araç, rotasına başladığı depoya geri dönmelidir (Crevier vd., 2007; Renaud vd., 1996).

Periyodik ARP (Periodic VRP): Periyodik ARP, literatürde ilk kez Beltrami ve Bodin (1974) tarafından belediye atık toplama problemi için çalışılmıştır (Rodriguez-Martin vd., 2019). Müşterilerin belirli bir zaman diliminde bir ya da birden fazla kez ziyaret edildiği problem türüdür. Diğer bir deyişle, rotalar, birden fazla kez ziyaret edilmeyi talep eden müşteriler için, birden çok dönemi içeren bir planlama ufku için belirlenmektedir. Filodaki her bir araç depodan başlamakta, bir müşteri kümesine hizmet vermekte ve vardiyası bittiğinde ya da kapasitesi dolduğunda depoya geri dönmektedir (Angelelli ve Speranza, 2002).

Açık ARP (Open VRP): Bu problem türü ilk kez Schrage (1981) tarafından çalışılmıştır (Tavakkoli-Moghaddam vd., 2019). Araçların son müşteriyi ziyaret ettikten sonra depoya dönmeleri gerekmemektedir. Depolar tüm turların başlangıç noktasını temsil etmektedir. (Tarantilis vd., 2005).

Yeşil ARP (Green VRP): Taşıma faaliyetlerinden kaynaklanan oldukça büyük çevresel etkiler, petrol rezervlerinin tükenmesi, enerji güvenliği arayışında olmak vb. sebepler dünya genelinde hükümetleri, çevreye zarar vermeyen (çevre dostu) alternatif yakıtlı araçların kullanılmasının benimsenmesi için, birtakım yasaları sertleştirmeye ve bazı teşvikler sağlamaya itmiştir (Pollet vd., 2012). Bu bağlamda yeşil ARP, Erdoğan ve Miller-Hooks (2012) tarafından ortaya konmuş, ürünlerin taşınmasında sınırlı sürüş menziline sahip olan alternatif yakıtlı araçların kullanıldığı ARP türüdür. Ayrıca, söz konusu araçların sınırlı tank kapasitesine sahip olmalarından dolayı rota içerisinde yakıt istasyonlarını ziyaret etmeleri gerekebilmektedir (Montoya vd., 2016).

İki-Aşamalı Araç Rotalama Problemi (2A-ARP) (Two-Echelon VRP): Ürünlerin, doğrudan depodan müşterilere taşınması yerine, depo ile müşteriler arasında yer alan şehir dağıtım merkezleri (*city distribution centers*) olarak ta adlandırılan uydu noktaları

(ara tesisler) vasıtasıyla taşınmasını ifade etmektedir. 2A-ARP, bir sonraki bölümde detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

2. BÖLÜM

İKİ-AŞAMALI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ (2A-ARP)

E-ticaretin ortaya çıkışı, hızlı gelişimi ve müşterilerin daha hızlı teslimat isteği ile birlikte lojistik hizmetleri günlük yaşamın önemli bir parçası olmuştur (Wang vd., 2017). Böylece, gün geçtikçe taşınan ürün miktarının artması ile araç trafiği özellikle yoğun nüfuslu bölgelerde büyük bir sorun haline gelmiş ve insanların yaşam refahını olumsuz yönde etkilemeye başlamıştır (Anderluh vd., 2019b; Gonzalez-Feliu vd., 2008; Savelsbergh ve Van Woensel, 2016). Bu zorluklarla baş etmek için trafik düzenlemesi, güzergâh ve ağ tasarımı seçimi gibi şehir lojistiğini çeşitli düzeylerde optimize edecek algoritmik araçlar geliştirilmiştir. Tedarikçilerden müşterilere ürün dağıtımının etkinliğini artırmak, farklı planlama ufuklarında önemli zorluklar yaratmakta ve çeşitli seviyelerde kararların verilmesini gerektirmektedir (Breunig vd., 2016):

Operasyonel düzeydeki kararlar: Mevcut araçlar için günden güne etkin güzergahların belirlenmesini içeren kararlardır. Örneğin, kat edilen mesafenin azaltılması.

Taktiksel düzeydeki kararlar: Filo büyüklüğünün, araçların boyutlarının, kapasitelerinin ve özelliklerinin belirlenmesini içeren kararlardır. Büyük kamyonlar taşınan miktar başına maliyet açısından daha etkin olmasına karşın küçük kamyonlar daha az gürültü yaratmaları ve daha küçük park yerlerine ihtiyaç duymalarından dolayı şehir merkezlerinde daha çok tercih edilmektedir.

Stratejik düzeydeki kararlar: Üretim tesisi, depo vb. yerlerin lokasyonlarının ve sayılarının belirlenmesini içeren kararlardır.

Yük taşımacılığında kaynaklanan çevresel kirlilik, trafik sıkışıklığı, trafik kazaları, gürültü, hastalık, düşük ortalama araç yükleri vb. sebepler büyük kamyonların şehir merkezlerine girişini sınırlandıran ve/veya yasaklayan ve ayrıca elektrikli araçlar gibi düşük emisyonlu araçların kullanımını teşvik eden yeni politikaları ve girişimleri beraberinde getirmiştir (Cattaruzza vd., 2017). Bu hareket, ürünlerin depodan müşterilere doğrudan taşınması yerine çok-aşamalı dağıtım sistemleri, özellikle iki-aşamalı sistemler, üzerine yoğunlaşılmasına vesile olmuştur (Perboli vd., 2011; Zeng vd., 2014). İki-aşamalı dağıtım sistemleri, büyük araçların yoğun nüfuslu şehir merkezlerinden uzak tutulmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca bu tür sistemler ekonomik

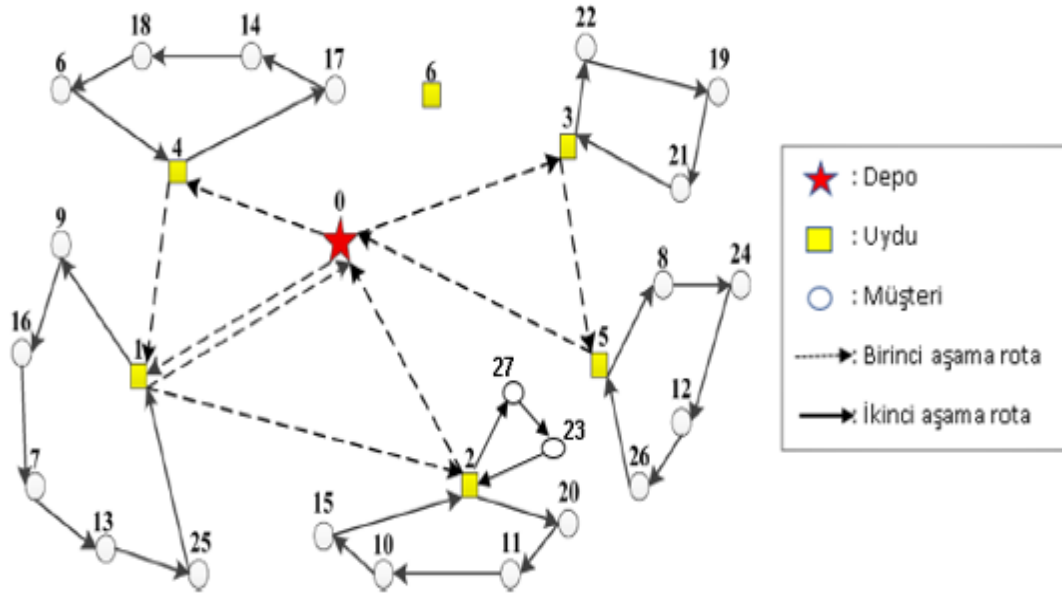
açından da oldukça caziptir (Breunig vd., 2019). İki-aşamalı dağıtım sistemlerinin şehir lojistiği, çok modlu taşıma, posta ve paket teslimatı, süt toplama, basın ve market ürünlerinin dağıtımı vb. birçok alanda uygulamalarını görmek mümkündür. Bunlardan en sık başvurulan uygulama ise şehir lojistiğidir (Cuda vd., 2015).

İki-Aşamalı Araç Rotalama Problemi (2A-ARP), iki-aşamalı dağıtım sistemlerinde ortaya çıkan ve taktiksel düzeyde kararları⁴ içeren bir rotalama problemidir (Cuda vd., 2015; Li vd., 2016b). Burada, dağıtım ağında yer alan deponun, uydu ve müşteri noktalarının yerleri bilinmekte ve dağıtım ağı iki seviyeye bölünmektedir (Jie vd., 2019). Birinci aşamada ürünler ana depolardan uydu (satellite) olarak adlandırılan ara depolara büyük araçlar vasıtasıyla getirilmekte; ikinci aşamada ise ürünlerin bu nokta(lar)dan müşterilere daha küçük kapasiteli ve/veya çevreyi nispeten daha az kirleten araçlarla (örneğin; elektrikli araçlar) teslimatı sağlanmaktadır (Crainic vd., 2012; Grangier vd., 2016; Liu vd., 2017; Zhou vd., 2018). Uydu noktaları genellikle aktarma ve konsolidasyon faaliyetlerinin gerçekleştirildiği fiziksel alanlar olarak tanımlanmaktadır. Bir uydu noktası genellikle küçük ölçekte çalışmakta, dış otopark ve hava şartlarından korunma alanlarından oluşmakta ve sınırlı ve geçici depolama kapasitesine sahiptir (Li vd., 2018). Gerçek hayatta, uydu noktalarının sayısı çok fazla olmamakla birlikte 2A-ARP literatüründeki çalışmalarda bu sayı en fazla 15 alınmıştır. Ayrıca, dağıtım ağında yer alan tüm uydu noktaları kullanılmak zorunda değildir (Jie vd., 2019). Bir uydu noktasının talebi, kendisine atanan müşteri taleplerinin toplamına eşittir. Aktarma ve konsolidasyon işlemleri, farklı kademedeki araçların birbiriyle bağımlı olmasını gerektirmektedir. Herhangi bir aşamada araç rotalarının değişmesi diğer aşamadaki araç rotalarını etkilemekte ve buna karşılıklı bağımlılık denilmektedir. Bu bağlamda, ürünün bir aşamadaki akışı ile diğer aşamadaki akışının koordine edilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, rotalama problemlerinin iki alt probleme ayrıştırılıp ayrı ayrı çözülmesi uygun değildir (Cuda vd., 2015). Ancak, hangi müşteriye hangi uydu noktasından hizmet verileceği belirlenirse, Kapasite Kısıtlı 2A-ARP (KK2A-ARP) birinci aşamada ayrık teslimatlı ARP ikinci aşamada ise kullanılan her bir uydu noktası için Kapasite Kısıtlı ARP olmak üzere iki ayrı rotalama problemine ayrıştırılabilmektedir (Jepsen vd., 2013). Diğer bir deyişle, problem, n_s uydu sayısını göstermek üzere, bir tanesi birinci aşamada n_s tanesi de ikinci aşamada yer alan birbirinden bağımsız $1 + n_s$ adet ARP problemine dönüşmektedir (Li vd., 2016a).

⁴ Literatürde hem lokasyon (yer) seçimi hem de rotalama kararlarının bir arada verildiği diğer bir deyişle stratejik düzeydeki kararları içeren problem türü İki-Aşamalı Lokasyon Rotalama Problemi (2A-LRP) (Two-Echelon Location Routing Problem) olarak yer almaktadır.

İki-aşamalı dağıtım sisteminin gösterimi aşağıda Şekil 2 ile sunulmaktadır. Şekildeki yıldız merkezi depoyu, dikdörtgenler uydu noktalarını ve daireler müşterileri göstermektedir. Dağıtım ağında iki tür rota bulunmaktadır. Birinci aşamada araç(lar) rotasına merkezi depodan başlamakta ve bir ya da birden fazla uydu noktasına uğradıktan sonra yine merkezi depoya geri dönmektedirler (kesikli çizgiler). İkinci aşamada ise araçlar rotasına bir uydu noktasından başlamakta ve bir ya da birden fazla müşteriyi ziyaret ettikten sonra aynı uydu noktasına geri dönmektedirler (düz çizgiler). Birinci aşamada ayrı teslimata izin verilirken (1 numaralı uydu noktası); ikinci aşamada izin verilmemektedir. Ayrıca, dağıtım ağında yer alan her bir uydu noktası kullanılmak zorunda değildir (6 numaralı uydu noktası).

Şekil 2: İki-Aşamalı Dağıtım Sisteminin Gösterimi



Kaynak: Wang vd. (2017)

2.1. 2A-ARP TÜRLERİ

Gonzalez-Feliu vd. (2008) çalışmalarında 2A-ARP problem çeşitlerini 3 ana grupta tanımlamışlardır.

2.1.1. Zamana Bağlı Olmayan Problem Türleri

Kapasite Kısıtlı 2A-ARP: Bu problem türü çok-aşamalı araç rotalama problemlerinin en temel ve basit halidir. Ayrıca, Kapasite Kısıtlı ARP, tek bir uydulu Kapasite Kısıtlı 2A-ARP'nin özel bir durumu olduğundan Kapasite Kısıtlı 2A-ARP de NP-zor problem sınıfına girmektedir (Breunig vd., 2015; Hemmelmayr vd., 2012; Perboli vd., 2011; Santos vd., 2013; Wang vd., 2017).

Kapasite Kısıtlı 2A-ARP varsayımlarından aşağıda bahsedilmektedir:

- Dağıtım ağı, iki kademeye ayrılmakta ve sırasıyla depoya (başlangıç noktası), uydu noktalarına (ara tesisler) ve müşterilere (varış yerleri) karşılık gelen üç ayrı düğüm kümesinden oluşmaktadır.
- Birinci seviyede, büyük araçlar rotasına depodan başlamakta, bir veya birden fazla uydu noktasına uğradıktan sonra yine depoya geri dönmektedirler.
- İkinci seviyede ise, birinci aşamadaki araçlara nispeten daha küçük olan araçlar rotasına bir uydu noktasından başlamakta, bir veya birden fazla müşteriye uğradıktan sonra yine aynı uydu noktasına geri dönmektedirler.
- Dağıtım ağına bir adet kapasitesiz depo bulunmaktadır.
- Dağıtılmaya söz konusu olan tek bir ürün bulunmaktadır.
- Deponun, uydu ve müşteri noktalarının yerleri bilinmekte ve bunlar sabit sayıdadır.
- Her bir uydu noktasına ait kapasite, yüklenebilecek/boşaltılabilecek maksimum yük miktarı yerine, her bir uydu noktasından yönlendirilebilecek ikincil araç sayısı ile tanımlanmaktadır.
- Her bir uydu noktasında, ürünlerin bir araçtan boşaltılıp diğer bir araca yüklenmesinden kaynaklanan, ürün miktarı ile orantılı bir taşıma (elleçleme) maliyeti (*handling cost*) söz konusu olmaktadır.
- Doğrudan dağıtıma izin verilmemektedir. Ürünler zorunlu olarak uydu noktaları vasıtasıyla müşterilere ulaştırılmaktadır.

- Müşterilerin talebi belirlidir (deterministiktir) ve talep miktarları önceden bilinmektedir.
- Dağıtım ağı boyunca, ürünlerin taşınması her bir kademede iki farklı araç filosu ile gerçekleştirilmektedir. Her seviyede, bu seviyeye ait tüm araçlar aynı kapasite ve benzer maliyetlere sahiptir (homojendir). Ayrıca, her iki seviyede de araç sayısı sabittir.
- Ayrık teslimata birinci aşamada izin verilmesine rağmen ikinci aşamada izin verilmemektedir. Bu nedenle, ikinci aşamada her bir müşteri talebinin araç kapasitesinden daha küçük olması gerekmektedir.
- 2A-ARP'de, tüm müşteri talebinin karşılandığı, uydu noktaları ve araçlara ait kapasite kısıtlarının ihlal edilmediği, toplam dağıtım maliyetinin (mesafe, süre vb.) en aza indirildiği bir dizi birincil ve ikincil optimal rotanın bulunması amaçlanmaktadır.

2.1.2. Zamana Bağlı Problem Türleri

*Zaman Pencere*li 2A-ARP: Bu tür, KK2A-ARP'nin uydularda ve/veya müşterilerde varış veya ayrılış zamanına ilişkin zaman pencerelerinin dikkate alındığı bir uzantısıdır. Zaman aralıkları sıkı veya esnek olabilmektedir. Sıkı olması durumunda zaman aralıkları ihlal edilemezken, esnek olması durumunda ihlal edilirse ceza bedeli ödenmektedir.

Uydu Senkronizasyonlu 2A-ARP: Bu problem türünde, bir uyduya gelen aracın en kısa sürede 2. seviye bir araca yüklenmesi gereken yükü boşaltması gerektiğinden, araçların uydulara geliş ve gidişlerindeki zaman kısıtlamaları dikkate alınmaktadır. Buradaki zaman kısıtlamaları da sıkı ve esnek olabilmektedir. Oldukça dar bir zaman aralığında tanımlanan sıkı zaman pencerelerinin geçerli olması durumunda, 1. seviyedeki bir aracın yükünü boşalttığı anda, 2. seviyedeki araçların onu yüklemeye hazır olması gerekmektedir. Esnek olması durumunda ise 2. seviyedeki araçların hazır olmaması durumunda talebin kaybedilmesi ve ceza maliyetine katlanması söz konusu olmaktadır.

2.1.3. Diğer Problem Türleri

Çok Depolu Problem: Dağıtım ağına uydu noktalarının hizmet alabileceği birden fazla ana deponun bulunduğu problemlerdir.

Topla-Dağıt 2A-ARP: Bu problem türünde uydular hem müşterilere dağıtılacak hem de müşterilerden toplanacak ürünleri depolamak için birer ara depo olarak kullanılmaktadır.

Taksi Hizmetli 2A-ARP: Maliyeti düşürmeye ya da zaman ve/veya senkronizasyon kısıtlarını sağlamaya yardımcı olması durumunda ürünün doğrudan depodan müşterilere taşınmasına izin verilmektedir.

2.2. 2A-ARP PROBLEM TANIMI VE MATEMATİKSEL MODELİ

Kapasite Kısıtlı 2A-ARP (KK2A-ARP), $G = (V, A \cup A')$ tam bir şebeke üzerinde şu şekilde tanımlanabilmektedir (Jepsen vd., 2013; Soysal vd., 2015):

0 ile gösterilen bir adet depo ($V_0 = \{0\}$), bir uydu kümesi (V_s) ve bir müşteri kümesi (V_c) olmak üzere $V = V_0 \cup V_s \cup V_c$ düğümler kümesini ifade etmektedir. Yaylar kümesi iki alt kümeden oluşmaktadır. $A = A(V_0 \cup V_s)$ birinci aşamadaki yaylar kümesini, $A' = A(V_s \cup V_c)$ ikinci aşamadaki yaylar kümesini göstermektedir. $K = \{1, 2, \dots, k\}$ birinci aşamadaki araçlar kümesini göstermekte ve araçların tümü aynı taşıma kapasitesine ($Q > 0$) sahiptir. Benzer şekilde, $Q' < Q$ olmak üzere, tümü aynı kapasiteye sahip ($Q' > 0$) olan k' adet araç ikinci aşamada yer almaktadır ($k' = \sum_{s \in V_s} k'_s$). Burada, $s \in V_s$ olmak üzere, k'_s ise s uydu noktasında kullanılacak maksimum ikincil kademe araç sayısını ifade etmektedir. i müşterisine ait talep miktarı, $d_i \geq 0$ ve $i \in V_c$ olmak üzere, d_i ile verilmektedir. Düğümler arasındaki mesafe, birinci aşamada c_{ij} ($(i, j) \in A, i \neq j$); ikinci aşamada ise c'_{ij} ($(i, j) \in A', i \neq j$) ile ifade edilmektedir. Düğümler arasındaki mesafeler simetrik değildir ($c_{ij} \neq c_{ji}$ ve $c'_{ij} \neq c'_{ji}$). $s \in V_s$ olmak üzere, h_s , s uydusunda ürünün birim taşıma maliyetini belirtmektedir.

Kısa gösterim için kullanılan $\delta^-(s)$ ve $\delta^+(s)$, $s \in V_s$ olmak üzere, sırasıyla birinci aşamada s uydusuna gelen yayları ve birinci aşamada s uydusundan çıkan yayları ifade etmektedir. İkinci aşamada ise, $i \in V_s \cup V_c$ olmak üzere, i düğümüne gelen yaylar $\delta^-(i)$ ile i düğümünden çıkan yaylar $\delta^+(i)$ ile ifade edilmektedir.

Problemin amacı, yukarıda bahsedilen varsayımları sağlayan, toplamda kat edilen seyahat mesafesini minimize edecek bir dizi birincil ve ikincil optimal araç rotalarının belirlenmesidir.

Aşağıda verilen Karma Tamsayı Programlama (KTP) modeli (Jepsen vd., 2013; Soysal vd., 2015) için gerekli tüm notasyonlar Tablo 2 ile sunulmaktadır.

Tablo 2: Kapasite Kısıtlı 2A-ARP Modeline Ait Küme, Parametre ve Karar Değişkenleri

Grup	Sembol	Anlam
Kümeler	$V_0 = \{0\}$	Depo
	$V_s = \{1, 2, \dots, s\}$	Uydu kümesi
	$V_c = \{1, 2, \dots, c\}$	Müşteri kümesi
	$V = V_0 \cup V_s \cup V_c$	Düğüm kümesi
	$A = A(V_0 \cup V_s)$	Birinci aşama yay kümesi
	$A' = A(V_s \cup V_c)$	İkinci aşama yay kümesi
	$\delta^-(s)$	Birinci aşamada $s \in V_s$ uydusuna gelen yaylar
	$\delta^+(s)$	Birinci aşamada $s \in V_s$ uydusundan çıkan yaylar
	$\delta^-(i)$	İkinci aşamada $i \in V_s \cup V_c$ düğümüne gelen yaylar
	$\delta^+(i)$	İkinci aşamada $i \in V_s \cup V_c$ düğümünden çıkan yaylar
Parametreler	$K = \{1, 2, \dots, k\}$	Birinci aşamada yer alan araç kümesi
	k'	İkinci aşamada yer alan toplam araç sayısı
	k'_s	s uydu noktasında kullanılabilecek maksimum ikincil kademe araç sayısı ($\forall s \in V_s$)
	Q	Birinci aşama araçların taşıma kapasitesi
	Q'	İkinci aşama araçların taşıma kapasitesi
	d_i	i müşterisinin talebi ($\forall i \in V_c$)
	c_{ij}	Birinci aşamada i ve j düğümleri arasındaki mesafe ($\forall (i, j) \in A, i \neq j$)
c'_{ij}	İkinci aşamada i ve j düğümleri arasındaki mesafe ($\forall (i, j) \in A', i \neq j$)	
Karar Değişkenleri	x_{ijk}	Birinci aşamadaki k aracının i düğümünden j düğümüne gitmesi durumunda 1 diğer tüm durumlarda ise 0 değerini alan ikili karar değişkeni ($\forall k \in K, (i, j) \in A, i \neq j$)
	w_{sk}	k aracıyla s uydusuna teslim edilen ürün miktarı ($\forall k \in K, s \in V_s$)
	l_{ijk}	i düğümünden ayrılırken k aracının yükü ($\forall (i, j) \in A, k \in K$)
	z_{ijs}	İkinci aşamada s uydusundan çıkmış aracın i düğümünden j düğümüne gitmesi durumunda 1 diğer tüm durumlarda ise 0 değerini alan ikili karar değişkeni ($\forall s \in V_s, (i, j) \in A', i \neq j$)
	f_{ijs}	i düğümünden ayrılırken s uydusundan çıkmış aracın yükü ($\forall (i, j) \in A', s \in V_s$)
	t_s	s uydusundan teslim edilen toplam talep miktarı ($\forall s \in V_s$)

$$\text{Minimize } \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ijk} + \sum_{s \in V_s} \sum_{(i,j) \in A'} c'_{ij} z_{ijs} \quad (2.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{(i,j) \in \delta^+(s)} x_{ijk} = \sum_{(i,j) \in \delta^-(s)} x_{ijk} \quad \forall s \in V_s, k \in K \quad (2.2)$$

$$\sum_{(i,j) \in \delta^+(s)} x_{ijk} \leq 1 \quad \forall s \in V_0 \cup V_s, k \in K \quad (2.3)$$

$$\sum_{(i,j) \in \delta^+(s)} l_{ijk} = \sum_{(i,j) \in \delta^-(s)} l_{ijk} - w_{ik} \quad \forall s \in V_s, k \in K \quad (2.4)$$

$$l_{ijk} \leq Q x_{ijk} \quad \forall (i,j) \in A, k \in K \quad (2.5)$$

$$\sum_{(i,j) \in \delta^-(s)} l_{ijk} \leq 0 \quad \forall s \in V_0, k \in K \quad (2.6)$$

$$\sum_{k \in K} w_{sk} = t_s \quad \forall s \in V_s \quad (2.7)$$

$$\sum_{s \in V_s} \sum_{(a,b) \in \delta^{++}(i)} z_{abs} = 1 \quad \forall i \in V_c \quad (2.8)$$

$$\sum_{(a,b) \in \delta'^-(i)} z_{abs} = \sum_{(a,b) \in \delta^{++}(i)} z_{abs} \quad \forall i \in V_c, s \in V_s \quad (2.9)$$

$$\sum_{s' \in V_s \setminus \{s\}} \sum_{(a,b) \in \delta^{++}(s)} z_{abs'} + \sum_{s' \in V_s \setminus \{s\}} \sum_{(a,b) \in \delta'^-(s)} z_{abs'} = 0 \quad \forall s \in V_s \quad (2.10)$$

$$\sum_{(a,b) \in \delta^{++}(s)} z_{abs} \leq k'_s \quad \forall s \in V_s \quad (2.11)$$

$$\sum_{s \in V_s} \sum_{(a,b) \in \delta^{++}(s)} z_{abs} \leq k' \quad (2.12)$$

$$\sum_{s \in V_s} \sum_{(a,b) \in \delta^{++}(i)} f_{abs} = \sum_{s \in V_s} \sum_{(a,b) \in \delta'^-(i)} f_{abs} - d_i \quad \forall i \in V_c \quad (2.13)$$

$$f_{abs} \leq Q' z_{abs} \quad \forall (a,b) \in A', s \in V_s \quad (2.14)$$

$$t_s = \sum_{(a,b) \in \delta^+(i)} f_{a b s} \quad \forall s \in V_s \quad (2.15)$$

$$\sum_{s \in V_s} t_s = \sum_{i \in V_c} d_i \quad \forall s \in V_s \quad (2.16)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in A, k \in K \quad (2.17)$$

$$z_{ijs} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in A', s \in V_s \quad (2.18)$$

$$w_{sk} \geq 0 \quad \forall s \in V_s, k \in K \quad (2.19)$$

$$l_{ijk} \geq 0 \quad \forall (i,j) \in A, k \in K \quad (2.20)$$

$$f_{ijs} \geq 0 \quad \forall (i,j) \in A', s \in V_s \quad (2.21)$$

$$t_s \geq 0 \quad \forall s \in V_s \quad (2.22)$$

Yukarıda gösterilen kapasite kısıtlı 2A-ARP' ye ait matematiksel modelde (2.1) ile verilen amaç fonksiyonu birinci aşamadaki ve ikinci aşamadaki araçların kat ettiği toplam mesafeyi minimize etmek üzere iki parçadan oluşmaktadır. (2.2) ve (2.6) arasındaki kısıtlar dağıtım ağının birinci aşaması ile ilgili kısıtlardır. (2.2) ile verilen kısıtlar, her bir uyduda tüm araçlar için akışın korunumunu sağlayan kısıtlardır. Bir aracın bir uyduyu en fazla bir kez ziyaret etmesini sağlayan kısıtlar (2.3) ile verilmektedir. Bir uydu noktası birden fazla birincil kademe araç tarafından ziyaret edilebilmekte (ayrık teslimata izin verilmekte, Şekil 2'de gösterilen 1 numaralı uydu noktası) ancak tek bir araç bir uyduyu birden fazla kez ziyaret edememektedir. (2.4) ve (2.6) arasında yer alan kısıtlar, her bir yay üzerindeki yükün akışını düzenleyen ve araç kapasitelerinin aşılmamasını sağlayan kısıtlardır. Ayrıca, (2.4) kısıtları birinci aşamada alt turları elimine etmektedir (Bard ve Nananukul, 2009; Treitl vd., 2012). Yükün birinci aşamadaki akışı ile ikinci aşamadaki akışının koordine edilmesi (2.7) kısıtları ile sağlanmaktadır. Söz konusu kısıtlar, her bir uydu noktasına birincil kademe araçlar ile getirilen toplam ürün miktarıyla bu uydu noktalarından müşterilere teslim edilen toplam talep miktarını ilişkilendirmektedir. (2.8) ve (2.16) arasındaki kısıtlar ise dağıtım ağının ikinci aşamasıyla ilgili kısıtlardır. Her bir müşterinin yalnızca ve muhakkak bir kez ziyaret edilmesi, (2.8) ile verilen kısıtlar vasıtasıyla sağlanmaktadır. (2.9) kısıtları, her bir müşteride aracın başlangıç noktasının

korunmasını sağlayan kısıtlardır. Uydular arasındaki trafiği elimine eden kısıtlar (2.10) ile verilmektedir. Diğer bir deyişle, ikinci aşamada bir uydu noktasından diğerine gidiş ortadan kaldırmaktadırlar. (2.11) ve (2.12) ile verilen kısıtlar, kullanılan araç sayısının mevcut araç sayısından fazla olmamasını garanti etmektedirler. İkinci aşamadaki her bir yay üzerindeki akışın korunumu ve araç kapasitelerinin aşılmamasının sağlanması (2.13) ve (2.14) kısıtları ile temin edilmektedir. Ayrıca (2.13) kısıtları ikinci aşamada alt turları elimine etmektedir. (2.15) kısıtları, her bir uydu noktası için, ürün akışının korunumunu sağlamaktadırlar. Tüm uydu noktalarından gönderilen toplam ürün miktarının, tüm müşterilere ait toplam talebe eşit olmasını sağlayan kısıtlar (2.16) ile verilmektedir. (2.17) -(2.22) ile verilen kısıtlar ise modeldeki karar değişkenlerinin tanımına ilişkin kısıtlardır.

3. BÖLÜM

2A-ARP ÜZERİNE LİTERATÜR İNCELEMESİ

E-ticaretin ortaya çıkışı, insanların tüketim alışkanlıklarının değişmesi, tüketicilerin taleplerinin olabildiğince hızlı bir şekilde karşılanması isteği ve böylece taşınan ürün miktarının her geçen gün hızla artması, özellikle yoğun nüfuslu bölgelerde, artan trafiğe sebep olmuş ve insanların yaşam refahını olumsuz yönde etkilemeye başlamıştır. Bu problemlere çözüm arayışında olmak, akademik çalışmaların da konuya eğilimlerini sağlamış ve söz konusu literatürde de ilgi görmüştür.

2A-ARP üzerine yapılan 66 adet çalışmaya ulaşılmıştır. Bu çalışmalar, kullanılan çözüm metotlarına, varsayımlarına, optimize edilmeye çalışılan amaç fonksiyonlarına/amaç fonksiyonu bileşenlerine ve kullanılan veri setlerine göre detaylı bir şekilde incelenmiştir. Söz konusu çalışmalar, kullanmış oldukları çözüm metotlarına göre *kesin*, *sezgisel* ve/veya *metasezgisel* ve hem kesin hem de sezgisel/metasezgisel yöntemlerin bir arada kullanıldığı *karma* yöntemler olmak üzere 3 ayrı grupta aşağıda aktarılmaya çalışılmaktadır.

3.1. KESİN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN KULLANILDIĞI ÇALIŞMALAR

2A-ARP'nin ilk resmi tanımı Gonzalez-Feliu (2008) tarafından yapılmıştır (Dellaert vd., 2016; Eitzen vd., 2017). **Gonzalez-Feliu (2008)**, akış-temelli bir matematiksel model ortaya koymuş ve bu modelin sürekli gevşetmesini güçlendirmek için ARP formülizasyonundan türetilmiş birtakım geçerli eşitsizlikler önermiştir. Ayrıca, modelin optimizasyon sürecini üç saatten daha kısa bir sürede tamamlayamadığı orta ölçekli 2A-ARP örneklerini çözebilmek adına alt sınırlar elde edebilmek üzere "Sütun Oluşturma" prosedürünü kullanmıştır. **Gonzalez-Feliu vd. (2008)**, Kapasite Kısıtlı 2A-ARP için akış-temelli bir KTP modeli önermişlerdir. 50 müşteri ve 5 uydu noktasına kadar karşılaştırma örneklerinin sonuçlarını önemli ölçüde iyileştirebilen birkaç geçerli eşitsizlik sunmuşlardır. Bunun yanı sıra farklı gerçekçi senaryolar altında hesaplamalar yapmışlardır.

Perboli vd. (2009a), 2A-ARP için şebeke akış formülizasyonu sunmuşlar ve problemin doğrusal formülizasyonunu güçlendirmek amacıyla “Gezgin Satıcı Problemi” ve “Kapasite Kısıtlı ARP” den tasarlanmış birtakım geçerli eşitsizlikler ortaya koymuşlardır. Çalışmada, bu geçerli eşitsizlikler “Dal ve Kesme Algoritması” içerisine eklenmiş ve test edilmiştir. Önerilen geçerli eşitsizliklerin optimal çözüm elde etmede etkin oldukları sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde, problemin sürekli doğrusal formülizasyonunu güçlendirmek adına “Gezgin Satıcı Problemi” ve “Kapasite Kısıtlı ARP” den tasarlanmış ve “Dal ve Kesme Algoritması” içerisine eklenmiş birtakım yeni geçerli eşitsizliklerin tanımlandığı çalışma **Perboli vd. (2009b)** ve **Perboli vd. (2010)** tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda, 50'ye kadar müşteriye sahip örneklerde kapsamlı hesaplamalar, literatürde bilinen en iyi çözüm sonuçlarında %4 ile %15 arasında bir iyileşme olduğunu göstermiştir.

Baldacci vd. (2013), geçerli alt sınırları türetmek amacıyla 2A-ARP modeli için yeni bir matematiksel formülizasyonu ortaya koymuşlardır. “Dinamik Programlama”ya dayalı sınırlandırma prosedürünü içeren (Çift Çıkış Yöntemi) ve problemi sınırlı sayıda çok depolu ARP'ye ayırtıran kesin bir çözüm algoritması tasarlamışlardır. Önerilen yöntem hem literatürden alınan hem de yeni oluşturulan, 100'e kadar müşteri ve 6 uydu ile 207 örnek üzerinde test edilmiştir. Literatürdeki örnekler ve yeni örnekler üzerindeki kapsamlı hesaplama sonuçları, önerilen yöntemin, hem elde edilen alt sınırların kalitesi hem de çözülen örneklerin sayısı ve boyutu açısından önceki kesin algoritmalarından daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. **Jepsen vd. (2013)**, simetrik 2A-ARP için kenar akış modeli önermişler ve problemin çözümü için geçerli eşitsizlikler ve genel bir “Dal ve Kesme Algoritması” sunmuşlardır. Ayrıca yazarlar, **Perboli vd. (2011)**'de sunulan modelin, çözümde ikiden fazla açık uydu olması durumunda, doğru üst sınırları sağlayamayabileceğini ifade etmişlerdir. **Santos vd. (2013)**, Kapasite Kısıtlı 2A-ARP için Tamsayılı Programlama (TP) modeli formülize etmişler ve iki adet “Dal ve Fiyat Algoritması” sunmuşlardır.

Sitek ve Wikarek (2014), “Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama (KTDP)” ve “Mantıksal Kısıt Programlama” metotlarını birleştirerek entegre bir çözüm yaklaşımı benimsemişlerdir.

Cuda vd. (2015), iki-aşamalı dağıtım sistemleri ile ilgili çalışmaların konu edildiği detaylı bir literatür inceleme çalışması sunmuşlardır. Bu bağlamda, “İki-Aşamalı Lokasyon Rotalama Problemi”, “2A-ARP” ve “Kamyon ve Römork Rotalama Problemi” olmak üzere üç tür problem dikkate alınmıştır. “Kapasite Kısıtlı İki-Aşamalı Lokasyon Rotalama

Problemi” ve “Kapasite Kısıtlı 2A-ARP” için KTDP modeli; “Kapasite Kısıtlı Kamyon ve Römork Rotalama Problemi” için ise rota temelli tamsayılı doğrusal programlama modeli göstermişlerdir. **Soysal vd. (2015)**, zaman-bağımlı Kapasite Kısıtlı 2A-ARP için KTDP modeli geliştirmişlerdir. Toplam mesafe, toplam süre, toplam yakıt tüketimi ve toplam maliyet olmak üzere 4 amaç fonksiyonu ile çalışmışlardır. Yakıt tüketimi ve emisyon değerlerinin hesaplanmasında kapsamlı bir model kullanmışlar ve aracın tipi, seyahat edilen mesafe, aracın hızı, aracın yükü ve aracın zamana bağlı hızını da hesaba katmışlardır. Modelin çözümünü kuvvetlendirmek amacıyla geçerli eşitsizliklerden yararlanmışlardır. Ayrıca, ARP ve 2A-ARP modellerini yukarıdaki 4 amaç fonksiyonu ile karşılaştırmışlardır. İki-aşamalı sistemlerin tek aşamalı sistemlere göre daha çevre dostu sonuçlar üretmesine karşılık daha maliyetli olduğu sonucuna varılmıştır.

Dellaert vd. (2016), zaman pencereli 2A-ARP çalışmışlardır. Problem için iki adet patika-temelli matematiksel model formülizasyonu önermişlerdir. Geliştirilen formülizasyonların çözümünde her birinin “Sütun Oluşturma” yaklaşımı kullandığı “Dal ve Fiyat Algoritması” tabanlı algoritmalar tercih etmişlerdir.

Eitzen vd. (2017)'de, çok-amaçlı, çok-ürünlü ve heterojen filolu 2A-ARP modeli sunulmuştur. **Esmaili ve Sahraeian (2017)**, dayanıksız ürünlerin teslimatı için geliştirdikleri Kapasite Kısıtlı 2A-ARP modelinde, müşterilerin memnuniyetini ve çevresel sorunları dikkate almışlardır. Toplam müşteri bekleme süresini ve toplam seyahat maliyetini minimize eden iki-amaçlı KTP modeli önermişlerdir. Ayrıca, sera gazı emisyonlarını probleme kısıt olarak eklemişlerdir.

Perboli vd. (2018), problem için KTP modeli sunmuşlar ve birtakım yeni geçerli eşitsizlikler geliştirmişlerdir. Sonrasında, bu geçerli eşitsizlikleri “Dal ve Kesme Algoritması” içine dahil etmişlerdir.

Babae Tirkolae vd. (2019), 2A-ARP için çok-amaçlı KTDP modeli ortaya koymuşlardır. Dayanıksız ürünlerin teslimatında zaman pencerelerini ve çevresel sorunları hesaba katmışlardır. **Babagolzadeh vd. (2019)**, açık 2A-ARP için KTDP modeli önermişlerdir. Zaman penceresi ve ürünlerin uydularda aşağı yönde dağıtım hazır hale geldiği zamanı ifade eden devir süresi (release-time) gibi şehir dağıtım kısıtlamalarını dikkate almışlardır. **Liu vd. (2019)**, iki-aşamalı dağıtım sistemlerinde stok yenileme süresine sahip dayanıksız ürünler için üretim ve rotalama kararlarını birlikte analiz etmişlerdir. Problemi, bir planlama ufku boyunca üretim, ikmal, envanter ve rotalama kararlarını eşzamanlı olarak optimize etmek amacıyla tasarlamışlardır. Diğer

bir deyişle, “Üretim Rotalama Problemi” ile “2A-ARP”yi harmanlamışlardır. Her iki aşamada da farklı envanter politikalarını dikkate aldıkları problemi KTP modeli ile sunmuşlardır. **Wang vd. (2019)**’ da ikinci aşamada elektrikli araçların kullanıldığı ve böylece dağıtım ağına batarya değişim istasyonlarının eklendiği zaman pencereci 2A-ARP için bir KTDP modeli geliştirilmiştir.

Wei vd. (2020), dayanıksız ürünlerin üretim, teslimat ve stok stratejilerini dikkate alarak “Üretim Rotalama Problemi” ile “2A-ARP”yi harmanlamışlardır. Üretim, ikmal, stok ve rotalama kararlarının eşzamanlı olarak optimize edilmeye çalışıldığı problem KTP modeli olarak sunulmuştur. Modelde dört adet geçerli eşitsizliğe yer verilmiştir. Bu geçerli eşitsizlikler “Dal ve Kesme Algoritması”na eklenmiştir.

3.2. SEZGİSEL / METASEZGİSEL ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN KULLANILDIĞI ÇALIŞMALAR

Crainic vd. (2008), birinci ve ikinci aşama rotalama problemlerini ayırmaya ve bu alt problemleri yinelemeli olarak çözmeye dayalı, bir tanesi “kümeleme” diğeri ise “çok-depolu ARP” olmak üzere, iki temel metasezgisel algoritma tasarlamışlardır. Bu metasezgisellerle elde edilmiş iyi ve uygun bir çözümden sonra “Ayrık-Büyük-Rota Sezgiseli”, “Ekleme Sezgiseli” ve “Değiş Tokuş Sezgiseli” olmak üzere üç adet iyileştirme sezgiseli kullanmışlardır. Ayrıca yazarlar, metasezgisel ve kesin çözüm yöntemlerinin sonuçlarını kıyaslamaların yanı sıra farklı müşteri ve uydu noktalarının mekânsal dağılımlarının, kullanılan yöntemlerin performansı ve dağıtım sisteminin maliyeti üzerindeki etkisini incelemiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, iki-aşamalı dağıtım sistemlerinin büyük ölçüde dağıtım maliyetlerini azalttığı gözlemlenmiştir.

Crainic vd. (2011), depodan uyduya aktarımı ve uydudan müşteriye teslimatı ayırmaya ve bu alt problemleri yinelemeli olarak çözmeye dayalı “Çoklu-Başlangıç” sezgisellerini kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan algoritmaların oldukça sınırlı hesaplama çabası gerektirdiği, iyi performans gösterdikleri ve literatürdeki diğeri sezgisel yöntemlerden daha etkin olduğu sonucuna varmışlardır. **Meihua vd. (2011)**, 2A-ARP modelini çözmek üzere üç sezgiselin birleştirildiği karma “Karıncı Kolonisi Optimizasyon Algoritması”ni önermişlerdir. Problem, öncelikle uzaklık tabanlı kümelemeye dayalı bir ayırma stratejisiyle $(m+1)$ adet kapasite kısıtlı ARP’ ye ayrılmıştır. Daha sonra, bu alt problemler “Çoklu Komşuluk İnişi” ile “Geliştirilmiş Karıncı Kolonisi Optimizasyonu” uygulayarak çözülmüştür. Son aşamada ise bir önceki aşamada elde edilen uygun çözümleri

iyileştirmek adına “Eşik Temelli Yerel Arama” sezgiseli kullanılmıştır. Geliştirilen metot, 22 farklı ölçekteki karşılaştırma örnekleri üzerinde denenmiş, literatürde yer alan diğer iki algoritma ile kıyaslanmış ve diğerlerine göre daha üstün olduğu sonucuna varılmıştır.

Crainic vd. (2012)'de seyahat maliyetlerinin hesaplanmasında yalnızca mesafelere göre değil aynı zamanda yayların (yolların) kullanılması durumunda sabit maliyetler, operasyonel maliyetler ve çevresel maliyetler gibi bileşenlerin de dikkate alındığı ve böylelikle kentsel alanlardaki yük teslimatının daha gerçekçi ve kapsamlı bir boyutta yansıtıldığı bir çalışma ortaya konulmuştur. Ayrıca, maliyetin bu farklı bileşenlerinin uydu konumunu nasıl etkilediği ve iki aşamalı yaklaşımın tek aşamalı yaklaşıma göre baskın gelip gelmediği veya hangi durumlarda baskın geldiği çeşitli senaryolarla analiz edilmiştir. Problemin çözümünde “Hızlı Kümeleme Sezgiseli” kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları, tüm senaryolarda 2A-ARP'nin ARP' ye göre ortalama %55 daha az maliyete sahip olduğunu göstermiştir. **Hemmelmayr vd. (2012)**, 2A-ARP ve Lokasyon Rotalama Problemi için “Uyarlanabilir Büyük Komşu Arama” sezgiselini önermişlerdir. Tasarlanmış oldukları yöntemde hem mevcut operatörler hem de çalıştıkları problem türüne özel tasarlanmış yeni operatörler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, geliştirilen metodun literatürdeki diğer algoritmalara göre daha iyi bir performansa sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Crainic vd. (2013), “Açgözlü Rastgele Uyarlanabilir Arama Prosedürü”nün “Patika Yeniden Bağlama” algoritması ile birleştirildiği bir metasezgisel yöntem tasarlamışlardır. Problemin çözüm yaklaşımı, Crainic vd. (2011)'deki yaklaşımla aynı olmak üzere, depodan uyduya aktarımı ve uydudan müşteriye teslimatı ayırmaya ve bu alt problemleri yinelemeli olarak çözmeye dayalıdır. **Zeng vd. (2013)**, problemin çözümü için “Açgözlü Rastgele Uyarlanabilir Arama Prosedürü” ve “Değişken Komşu İnişi” algoritmalarının birleştirildiği iki aşamalı karma bir sezgisel yöntem önermişlerdir.

Zhou vd. (2018)'de çok-depolu 2A-ARP ele alınmıştır. Problemin özelliği, müşterilere farklı teslimat seçeneklerinin sunulması ve paketlerini ara toplama tesislerinden kendilerinin almalarına izin verilmesidir. Problem “Karma Genetik Arama” ile “Uyarlanabilir Çeşitlilik Kontrolü” metasezgiseli tabanlı “Karma Çok-Popülasyonlu Genetik Algoritma” yöntemiyle çözülmüştür.

Anderluh vd. (2019a), iki aşamalı şehir dağıtımında van ve kargo bisikletleri kullanmışlardır. Bu araçların zamansal ve mekânsal senkronizasyonunu ve seyahat sürelerinin belirsizliğini hesaba katmışlardır. Seyahat sürelerine yönelik senaryoların

üretilmesinde Monte Carlo simülasyon yönteminden faydalanmışlardır. Problemi iki aşamalı “Açgözlü Rastgele Uyarlanabilir Arama Prosedürü” ve “Patika Yeniden Bağlama” algoritmalarını harmanlayarak çözmüşlerdir. **Bevilaqua vd. (2019)**, heterojen filolu 2A-ARP’yi ele almışlar ve çözüm yöntemi olarak “Lin-Kernighan Sezgiseli” yöntemine dayalı “Yerel Arama” prosedürü ile etkin bir “Ada Tabanlı Memetik Algoritma”yı tercih etmişlerdir.

Martins vd. (2020), topla-dağıt 2A-ARP probleminin çözümü için “Hızlı Yapıcı Sezgisel” önermişler ve bu sezgiseli daha sonra “Yanlı Rastgele” bir algoritmaya genişletmişlerdir. **Yan vd. (2020)**, 2A-ARP’yi çözmek için “Grafik Tabanlı Bulanık Evrimsel Algoritma”dan faydalanmışlardır.

3.3. KARMA ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN KULLANILDIĞI ÇALIŞMALAR

Crainic vd. (2010), 2A-ARP çözümünde “Dal ve Kesme Algoritması”nı ve “Hızlı Kümeleme Sezgiseli”ni kullanmışlardır. Yazarlar literatürde ilk kez, iki-aşamalı dağıtım sistemleri için, örneklemedeki parametrelerin (müşteri dağılımı, ana deponun ve uydu noktalarının yeri, uydu sayısı, uyduların ortalama erişilebilirliği ve uydu ve müşteriler arasındaki ortalama taşıma maliyetleri) toplam maliyet üzerine etkisini analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlarda yeni uyduların açılmasının, minimum maliyete ulaşılan kadar genel maliyetleri azalttığı ancak bu noktadan itibaren dağıtım ağına yeni uyduların eklenmesinin genel maliyetleri arttırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, çoğu durumda, özellikle de ana deponun müşterilerin bulunduğu alanın dışında konumlandırıldığı ve uyduların da depo ile müşteriler arasındaki bir yerde olması durumunda, 2A-ARP’nin ARP’ye göre daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Perboli vd. (2011) çalışmalarında akış-temelli bir matematiksel model, bir dizi geçerli eşitsizlik, “Dal ve Kesme Algoritması” ve iki adet matematik-temelli sezgisel (metasezgisel) sunmuşlardır.

Çetinkaya vd. (2013), zaman pencereci 2A-ARP çalışmışlardır. Literatürdekilerin aksine, zaman penceresi kısıtlarını düğümler için değil düğümler arasındaki yollar için ele almışlardır. KTP modelinin çözümü için geçerli eşitsizlikler ve “Memetik Algoritma” tabanlı bir sezgisel yöntem önermişlerdir.

Zeng vd. (2014)'de, 2A-ARP için bir matematiksel model sunulmuş ve problemin çözümü için önce rotala sonra kümele prosedürünü içeren “Açgözlü Rastgele Uyarlanabilir Arama Prosedürü” ile “Değişken Komşu İniş” algoritmalarının birleştirildiği karma bir sezgisel yöntem kullanılmıştır.

Breunig vd. (2015), 2A-ARP için önerdikleri matematiksel modeli çözmek adına “Büyük Komşu Arama” algoritmasına dayalı “Yerel Arama” metasezgiseli geliştirmişlerdir. Önerilen yöntemin, mevcut algoritmalara göre daha hızlı ve kavramsal olarak daha basitken, mevcut algoritmalarından daha yüksek kalitede çözümler sunduğu ifade edilmiştir.

Breunig vd. (2016), “2A-ARP” ve “İki-Aşamalı Lokasyon Rotalama Problemi” üzerinde çalışmışlar ve her iki problem için de birer matematiksel model sunmuşlardır. Bu problemleri etkin bir şekilde çözebilmek için “Numaralandırılmalı Yerel Arama” ile “Yok Etme-ve-Onarma” prensiplerini birleştiren “Büyük Komşu Arama” tabanlı metasezgisel yöntem geliştirmişlerdir. Böylece her iki problem için de kısa hesaplama süreleri ile yüksek kaliteli çözümler elde etmişlerdir. **Grangier vd. (2016)**, zaman pencereli, uydu senkronizasyonlu ve çok-seyahatli 2A-ARP'yi KTDP modeli ile formülize etmişlerdir. Problemin çözümü için “Uyarlanabilir Büyük Komşu Arama” sezgiselini benimsemişlerdir. **Li vd. (2016a)**, zaman-kısıtlı 2A-ARP için hem KTDP hem de Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama (KTDOP) modeli sunmuşlardır. “Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması” tabanlı sezgisel ardından da “Yerel Arama” algoritmasının kullanıldığı iki aşamalı sezgisel algoritma geliştirmişlerdir. Matematiksel formülizasyon ve söz konusu sezgisel algoritma 140 adet rastgele üretilmiş örnek üzerinde test edilmiştir. Yapılan hesaplamalar, önerilen sezgisel metodun çeşitli örnekleri etkin bir şekilde çözebildiğini göstermiştir. **Li vd. (2016b)**, zaman kısıtlı 2A-ARP için sundukları matematiksel modelde karbondioksit emisyonlarını da hesaba katmışlardır. Problemi, yukarıdaki çalışmalarını ile benzer şekilde, “Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması” tabanlı sezgisel ardından da “Yerel Arama” algoritmasının kullanıldığı iki aşamalı sezgisel algoritma ile çözmüşlerdir.

Anderluh vd. (2017)'de, iki-aşamalı şehir dağıtımı için geliştirilen matematiksel modelde van ve kargo bisikletleri kullanılmış ve bu araçların zamansal ve mekânsal senkronizasyonu ele alınmıştır. “Patika Yeniden Bağlama” ve “Açgözlü Rastgele Uyarlanabilir Arama Prosedürü”nü içeren sezgisel algoritma ile çözüm üretilmiştir. **Belgin (2017)**'de, tersine lojistik faaliyetleri dikkate alınmış ve eş zamanlı topla-dağıt 2A-ARP'nin dört farklı türü çalışılmıştır. Geliştirilen düğüm-temelli matematiksel modelin

kuvvetlendirilmesi amacıyla geçerli eşitsizliklerden faydalanılmıştır. Problemin çözümü “Kesme Düzlemi Algoritması” ile sağlanmıştır. Ayrıca, “Değişken Komşu İnişi” ve “Yerel Arama” algoritmalarını kapsayan karma bir sezgisel yöntem önerilmiştir. **Liu vd. (2017)**, 2A-ARP’de müşteri taleplerinin stokastik (olasılıksal) olduğunu varsaymışlar ve modeli iki aşamalı stokastik programlama olarak formülize etmişlerdir. Problemin çözümünde simülasyon tabanlı “Tabu Arama Algoritması” kullanmışlardır. **Wang vd. (2017)**’de 2A-ARP’de müşteri taleplerinin stokastik olduğunu varsaymışlardır. Problemi stokastik rota-temelli matematiksel model olarak formülize etmişler ve problemin çözümünde “Genetik Algoritma” tabanlı bir yaklaşım benimsemişlerdir.

Belgin vd. (2018), eş zamanlı topla-dağıt 2A-ARP için düğüm-temelli bir matematiksel model önermişler ve modeli güçlendirmek amacıyla bazı geçerli eşitsizlikler sunmuşlardır. Orta ve büyük ölçekteki problemlerin çözümünde “Değişken Komşu İnişi” ve “Yerel Arama” algoritmalarını içeren karma bir sezgisel yöntem kullanmışlardır. Söz konusu algoritmayı kullanarak Türkiye’deki bir süpermarket zincirinin ürün dağıtımını için tek-aşamalı ve iki-aşamalı dağıtım sistemlerini kıyaslamışlar ve iki-aşamalı dağıtım sistemlerinin daha üstün olduğu sonucuna varmışlardır. **Li vd. (2018)**, iki-aşamalı dağıtım sisteminde uydu noktalarının değişen gerçek-zamanlı aktarma kapasitelerini dikkate almışlar ve problem için bir KTDP modeli öne sürmüşlerdir. Ayrıca, modelde iki aşamanın etkileşimi için zaman kısıtlarına yer vermişlerdir. Problemi, “Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması” ve “Değişken Komşu Arama”dan oluşan iki aşamalı sezgisel yöntem kullanarak çözmüşlerdir. Matematiksel formülizasyon ve iki aşamalı sezgisel yöntem, rastgele oluşturulmuş 20 küçük ölçekli örnek ve 30’a kadar uydu ve 900 müşteriye sahip 99 gerçekçi örnek kullanılarak test edilmiştir. **Liu vd. (2018)**’de, Kapasite Kısıtlı 2A-ARP’ye müşterilerin birkaç farklı gruba ayrıldığı ve aynı gruptaki müşterilere aynı uydudaki araçlar tarafından hizmet verilmesini sağlayan gruplama kısıtları eklenmiştir. Problem KTDP modeli olarak formülize edilmiş, modele geçerli eşitsizlikler eklenmiş ve çözüm için “Dal ve Kesme Algoritması” önerilmiştir. Çalışmada, “Küçültme Sezgiseli”, “Bağlı Bileşen Sezgiseli” ve “İki-Aşamalı Tabu Arama Sezgiseli” olmak üzere üç sezgisel yonteme yer verilmiştir. **Sahraeian and Esmaili (2018)**, dayanıksız ürünlerin dağıtımında toplam seyahat maliyetini, müşterilerin bekleme sürelerini ve karbondioksit emisyon değerlerini minimize ettikleri üç amaçlı Kapasite Kısıtlı 2A-ARP’yi KTDOP modeli ile sunmuşlardır. Problemin çözümünde “Baskın Olmayan Sıralama Genetik Algoritması II” ve “Çok Amaçlı Partikül Sürüsü Optimizasyonu” algoritmaları olmak üzere iki adet metasezgisel yöntem kullanmışlardır.

Agardi vd. (2019), ikinci aşamada elektrikli araçların kullanılmasından dolayı dağıtım ağına şarj istasyonlarını da dahil etmişlerdir. İkinci aşamada araçlar rotasına bir şarj istasyonundan başlamakta, buradan bir uyduya gitmekte, uydu noktasından aldığı ürünleri müşterilere teslim etmekte ve sonrasında yine başladığı şarj istasyonuna geri dönmektedir. Problem için bir matematiksel model önermişler ve çözüm için “En Yakın Komşu Algoritması” ve “Keyfi Ekleme Algoritması” olmak üzere iki adet yapım sezgiseli; “Tepe Tırmanma Algoritması” ve “Genetik Algoritma” olmak üzere iki adet te geliştirme sezgiseli kullanmışlardır. **Anderluh vd. (2019b)**, çok-amaçlı araç senkronizasyonlu 2A-ARP için KTDP modeli geliştirmişlerdir. Şehir merkezi ile buranın dışındaki alan arasında kalan bölge olarak tanımlanan ve her iki kademedeki araçlar tarafından da ürün teslimatlarının yapılabildiği “gri alanı” probleme dahil etmişlerdir. Problemi “Açgözlü Rastgele Uyarlanabilir Arama Prosedürü”, “Büyük Komşu Arama”, “Dikdörtgen Bölme Sezgiseli” ve “Küçük Bölme Sezgiseli” kullanarak çözmüşlerdir. **Breunig vd. (2019)**, daha küçük boyutlarda olması, daha az gürültü ve kirlilik yaratması sebebiyle elektrikli araç filosunu (ikinci aşamada) tercih etmişlerdir. Problemin çözümünde ayırıştırma tekniği kullanan bir kesin matematiksel programlama algoritmasını ve “Büyük Komşu Arama” metasezgiselini tercih etmişlerdir. **Esmaili ve Sahraeian (2019)**, dayanıksız ürünlerin dağıtımı için tek-aşamalı ve iki-aşamalı dağıtım sistemlerini kıyaslamışlardır. Problemi, eş zamanlı olarak, toplam seyahat maliyetini, müşterilerin toplam bekleme süresini ve toplam karbondioksit emisyon değerlerini minimize etmek üzere KTDOP modeli ile ele almışlardır. Söz konusu problemleri “Baskın Olmayan Sıralama Genetik Algoritması II” ile çözmüşlerdir. **He ve Li (2019)** çalışmalarında çok-seyahatli 2A-ARP’yi ele almışlardır. Uydu noktası yerlerinin dinamik olduğunu varsaydıkları problemi KTDP modeli olarak formülize etmişler ve “Memetik Algoritma” ile çözmüşlerdir. **Jie vd. (2019)**, her iki aşamada da elektrikli araçları kullandıklarından dağıtım ağına batarya değişim istasyonlarını dahil etmişlerdir. Problem için TP modeli önermişler ve çözümde “Sütun Oluşturma” ile “Uyarlanabilir Büyük Komşu Arama” algoritmalarını harmanlayan karma bir sezgisel yöntem kullanmışlardır. **Kancharla ve Ramadurai (2019)**, toplam yakıt tüketimini minimize etmek üzere çok-depolu ve heterojen filolu 2A-ARP için KTDP modeli geliştirmişler ve problemi “Uyarlanabilir Büyük Komşu Arama” sezgiseli ile çözmüşlerdir. Heterojen filo kullanmanın homojen filo kullanmaya kıyasla daha düşük emisyon ve yakıt tasarrufu sağladığı sonucuna varmışlardır. **Li vd. (2019)**, zaman kısıtlı 2A-ARP’yi ele almışlar ve problem için KTDP modeli ortaya koymuşlardır. Modelde iki aşama arasındaki etkileşimi sağlamak adına, uydular ve müşteriler arasındaki atama kararlarını kullanmak yerine, rotalama kararları için zaman kısıtlarını benimsemişlerdir. Problemin

çözümünde önce “Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması”nı ardından “Değişken Komşu Arama” algoritmasını uyguladıkları karma bir sezgisel yöntemden yararlanmışlardır. **Su vd. (2019)**, 2A-ARP için bir matematiksel model ve problemin çözümü için “Yaklaşım Algoritması GA” önermişlerdir.

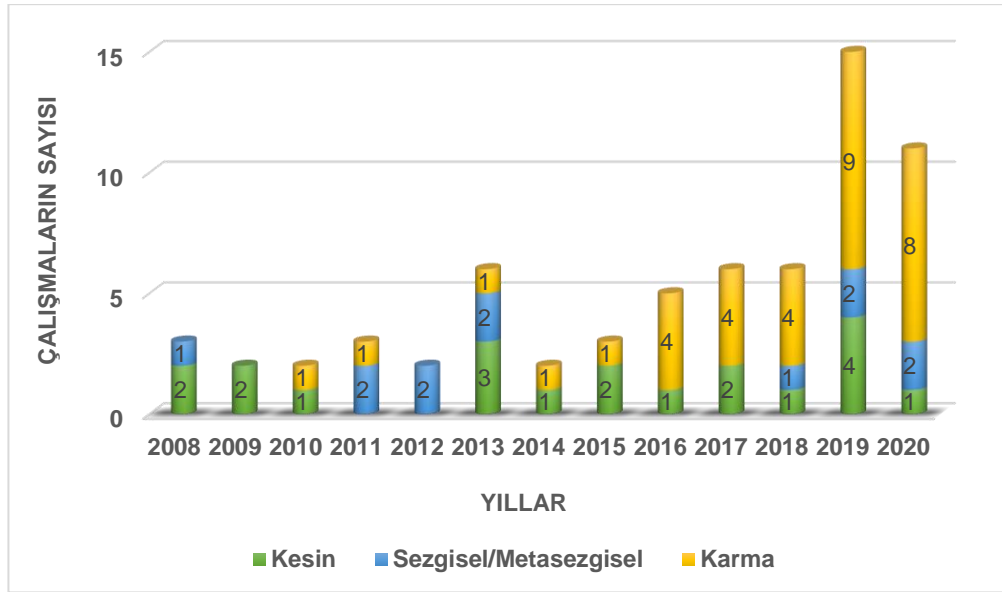
Enthoven vd. (2020), probleme kamyonların koli teslimatı yaptıkları ve buraya yakın müşterilerin kolileri kendilerinin teslim aldığı yerleri, yazarların söylemiyle “kapsama alanlarını”, dahil etmişlerdir. Kimi müşterilere ürün teslimatı uydu noktalarından yönlendirilen araçlar vasıtasıyla yapılabilen; kimilerinin ise ürünleri (kolileri) kapsama alanlarından kendilerinin teslim almaları sağlanmaktadır. Bu bağlamda, müşterilerin teslimatla ilgili tercihlerini de probleme dahil etmişlerdir. Problem için KTP modeli önermişler, modeli kuvvetlendirmek için geçerli eşitsizliklerden faydalanmışlar ve çözümü için “Uyarlanabilir Büyük Komşu Arama” algoritmasını tercih etmişlerdir. **Kitjacharoenchai vd. (2020)**, birden fazla insansız hava aracının(drone) bir kamyonun uçmasına, insansız hava araçlarının bir veya birden fazla müşteriye hizmet vermesine ve akü değişimi ve paket alımı için aynı kamyonu geri dönmesine izin vererek senkronize bir kamyon-insansız hava aracı faaliyetini dikkate alan yeni bir rotalama modeli sunmuşlardır. KTP modeli ile sundukları problemde kamyonlar hareketli ara depolar olarak düşünülmüştür. Çalışmada “Drone Kamyon Rota İnşası” ve “Büyük Komşu Arama” algoritmaları kullanılmıştır. **Li vd. (2020a)**, 2018’deki çalışmalarına benzer şekilde, uydu noktalarının değişen gerçek-zamanlı aktarma kapasitelerini dikkate almışlardır. Uydu noktalarını sokakta kamyonların park etmesine izin verilen alanlar olarak düşünmüşlerdir. Ayrıca, zaman penceresi kısıtlarını da probleme dahil etmişlerdir. İlgili problem için KTDP modeli geliştirmişler ve problemin çözümünde “Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması” ile “Değişken Komşu Arama” sezgisellerinden faydalanmışlardır. **Li vd. (2020b)**, zaman pencereli ve mobil uydulu 2A-ARP’yi KTDP olarak modellemişlerdir. Uydu senkronizasyon kısıtlarını modele dahil etmişlerdir. Problemde van ve insansız hava araçlarını kullanmışlar ve bir vanın birden fazla insansız hava aracını taşımasına izin vermişlerdir. Literatürde birçok çalışmada kullanıldığı üzere burada da “Uyarlanabilir Büyük Komşu Arama” çözümde yer almıştır. **Liu vd. (2020)**’de, paketlerin teslimatında kamyon ve insansız hava araçları bir arada kullanılmıştır. Kamyonlar, yalnızca paket teslimatı için bir araç değil, aynı zamanda insansız hava araçları için hareketli bir depo görevi de görmektedir. Problemin optimizasyonu için iki aşamalı rota-temelli modelleme yaklaşımı benimsenmiştir. Büyük ölçekli örneklerin çözümünde hızlı bir şekilde başlangıç çözümü elde etmek amacıyla “En Yakın Komşu” ile “Maliyet Tasarrufu” stratejilerini harmanlayan bir sezgisel geliştirilirken; başlangıç

çözümünü geliştirmek amacıyla “Benzetilmiş Tavlama Algoritması” ile “Tabu Arama Algoritması” tercih edilmiştir. **Marques vd. (2020)**, kapasite kısıtlı 2A-ARP için rota-tabanlı bir matematiksel model önermişler ve modele birtakım geçerli eşitsizlikler eklemişlerdir. Problemin çözümünde, içerisinde “Sütun Oluşturma” tabanlı bir sezgisel yer alan, “Dal-Kesme-ve-Fiyat Algoritması”ndan faydalanmışlardır. Önerilen algoritmanın, 200’e kadar müşteri ve 10 uydu noktası ile kapasite kısıtlı 2A-ARP literatüründe bulunan tüm örnekleri çözebildiğinden, ampirik olarak oldukça etkin olduğu ifade edilmiştir. **Wang ve Wen (2020)**, soğuk zincir endüstrisi için bir karbon ticareti politikası altında karışık zaman pencereli ve heterojen filolu 2A-ARP için bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Amacı, eş zamanlı olarak, maliyetleri, karbon emisyonlarını minimize etmek ve toplam müşteri memnuniyetini maksimize etmek olan problemin çözümünde “Uyarlanabilir Genetik Algoritma” yaklaşımını benimsemişlerdir. **Wang vd. (2020)**, çok dönemli bir durum-uzay-zaman lojistik ağında, lojistik hizmet sağlayıcıları arasındaki iş birliğini ve kaynak paylaşımını kolaylaştırmak amacıyla çok merkezli 2A-ARP’yi önermişlerdir. Problemin çözümü üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, iki amaçlı bir doğrusal programlama modeli formülize edilmiştir. İkinci aşamada, optimal rotaları elde etmek için “Dinamik Programlama”, “Geliştirilmiş K-Ortalama Kümeleme Algoritması” ve “Geliştirilmiş Baskın Olmayan Sıralama Genetik Algoritması-II” geliştirilmiştir. Son aşamada ise lojistik hizmet sağlayıcıları arasında iş birliğini teşvik eden bir iş birliği mekanizması tasarlamak için “Maliyet Açığı Tahsis” modeli kullanılmıştır.

3.4. DEĞERLENDİRME

2A-ARP üzerine yapılan çalışmalar, kullanılan çözüm metotlarına göre yukarıda tartışılmış ve özetle Ek 3’te Tablo E.1 ile verilmektedir. Ayrıca, çözüm metotlarının yıllara göre dağılımı Şekil 3 ile aşağıda sunulmaktadır.

Şekil 3: Çözüm Metotlarının Yıllara Göre Dağılımı



Şekil 3'ten de görüleceği üzere 2A-ARP üzerine yapılan çalışmaların sayısı, özellikle son birkaç yılda, oldukça artmıştır. Öte yandan, problemlere makul sürelerde optimum çözümler bulmanın zorlaşması ve bazen de imkânsız hale gelmesi nedeniyle kullanılan/geliştirilen çözüm algoritmalarının çeşitlendiği ve hatta entegre avantajlarından yararlanabilmek amacıyla karma yöntemlerin kullanımının yaygınlaştığı gözlemlenmektedir.

Çalışmalarda olabildiğince gerçek hayatın yansıtılabilmesi amacıyla problemlerin daha kapsamlı bir şekilde ele alınmaya çalışılması, problemin en temel hali olan Kapasite Kısıtlı 2A-ARP varsayımlarının genişletilmesine ve literatürde yeni 2A-ARP çeşitlerinin doğmasına yol açmıştır. Bölüm 2'de bahsedilen ve genel olarak kabul gören Kapasite Kısıtlı 2A-ARP varsayımları üzerine eklenerek problemlerin daha da zenginleştirildiği diğer varsayımlar, bu varsayımları içeren çalışmalar ve her bir varsayımı içeren toplam çalışma sayısı Ek 3'te Tablo E.2 ile verilmektedir. Dağıtım açısında birden fazla merkezi deponun olması, ürünlerin hem dağıtımının hem de toplanmasının söz konusu olması, taleplerin dinamik olması, uydu noktalarının mobil olması, ürünlerin taşınmasında elektrikli ve hatta insansız hava araçlarının kullanılması, müşterilere teslimat seçeneklerinin sunulması gibi günümüz dağıtım sistemlerini yansıtan çok çeşitli varsayımların düşünüldüğü görülmektedir. Çalışmalarda yer alan en yaygın varsayımların; araçlar için akü kapasitelerinin söz konusu olması, şoförlerin belirli süreleri aşan çalışmalarının engellenebilmesi vb. nedenlerden dolayı "araçların sınırlı sürüş menziline sahip olması (araçların rota sürelerinin veya uzunluklarının sınırlandırılması)"

ve “uydu ve/veya müşteri noktalarındaki hizmet sürelerinin hesaba katılması” olduğu gözlemlenmektedir. Bu varsayımlardan sonra en sık kullanılan bir diğer varsayım ise “uydu noktalarına ve/veya müşterilere ürün teslimatlarının herhangi bir zamanda değil belirli bir zaman aralığında yapılabilmesi”dir.

Çalışmalarda optimize edilmeye çalışılan amaç fonksiyonlarının/amaç fonksiyonu bileşenlerinin neler olduğu ve nasıl formülize edildiği detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmalarda, problemlerin tümünün minimizasyon problemi olarak ele alındığı ve karbon emisyon değerlerinin, toplam seyahat süresinin, kullanılan araç sayısının, toplam müşteri bekleme süresinin (müşteri memnuniyetinin maksimize edilmesi) minimize edilmesi gibi oldukça çeşitli amaçların yer aldığı genel olarak ise maliyetin minimize edilmeye çalışıldığı görülmektedir. Toplam maliyet fonksiyonu bileşenlerinde yaygın olarak araçların kat ettiği mesafe cinsinden hesaplanan seyahat maliyeti (*transportation/travel/routing cost*) ve uydu noktalarında ürünlerin bir araçtan boşaltılıp diğerine yüklenmesinden kaynaklanan elleçleme maliyeti (*handling cost*) dikkate alınmaktadır.

Problemlere daha hızlı ve daha etkin çözümler üretmek amacıyla yeni modellerin ve/veya çözüm algoritmalarının geliştirilmesi kadar bu algoritmaların doğru çalıştığına kanıtlanabilmesi ve dolayısıyla çalışılan probleme yönelik uygulamanın yapılabilmesi için uygun verinin elde edilmesi de akademik çalışmalar açısından hayati öneme sahiptir. Bu bağlamda, söz konusu çalışmalarda kullanılan veri setlerinin nasıl oluşturulduğu bilgisi de irdelenmiştir. Çalışmalarda kullanılan veri setlerinin ediniminde; örneklemi yazarların kendilerinin türettiği (rastgele, belirli bir senaryo ile vb.), literatürde var olan örneklemelerin kullanıldığı (ya da bu örneklemelerden türetildiği), gerçek hayattaki verilerin kullanıldığı veya gerçekçi örneklemelerin yaratılmaya çalışıldığı gözlemlenmektedir.

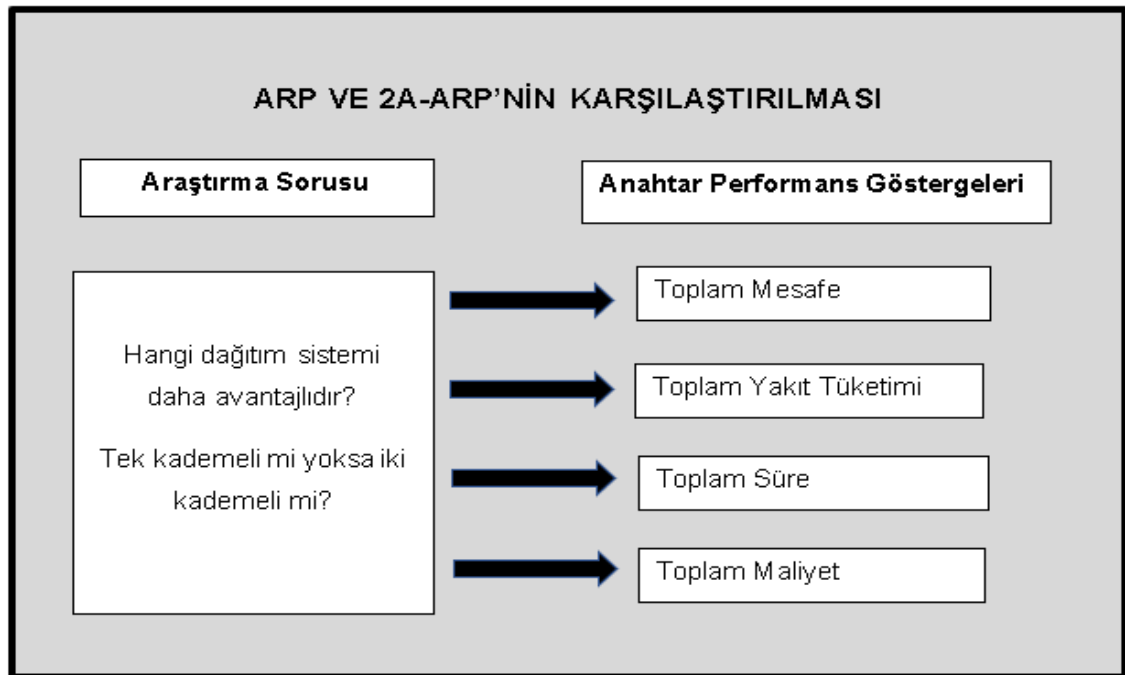
Çalışmalarda yer alan amaç fonksiyonları, bu fonksiyonların bileşenleri ve kullanılan veri seti bilgileri EK 3'te Tablo E.4 ile verilmektedir.

4. BÖLÜM

ARP VE 2A-ARP'İN KARŞILAŞTIRILMASI

2A-ARP'de ARP'den farklı olarak dağıtım ağında uydu noktaları bulunmaktadır. Merkezi depodan çıkan birincil kademe araçlardaki ürünler bu uydu noktalarında boşaltılarak ikincil kademe araçlara yüklenmekte ve ürünlerin müşterilere teslimatı ikincil kademe araçlar vasıtasıyla sağlanmaktadır. Diğer bir deyişle, ürünlerin merkezi depodan müşterilere doğrudan taşınmasına izin verilmemektedir. Her ne kadar gerçek hayat problemlerinde hem ARP hem de 2A-ARP örneklerine rastlanılsa da dağıtım ağında söz konusu uydu noktalarının bulunması kimi zaman avantaj kimi zaman ise dezavantaj yaratabilmektedir. Bu bağlamda, çalışmanın bu bölümünde iki kademeli dağıtım sistemlerinin tek kademeli dağıtım sistemlerine göre avantajlı olup olmadığını veya hangi koşullarda avantajlı olduğunu gözlemlemek amacıyla KKARP ve KK2A-ARP kıyaslamaya tabi tutulmuştur. Ürünlerin çıkış noktasından varış noktasına kadar ulaştırılmasında kat edilen mesafenin yanı sıra yakıt tüketimi, süre ve maliyet te dağıtımın etkinliğini gösteren oldukça önemli anahtar performans göstergeleridir. Söz konusu dağıtım sistemleri, gerçeğe dayanan bir seti kullanılarak bu dört amaç fonksiyonuna göre karşılaştırılmıştır. Deney şeması Şekil 4 ile aşağıda sunulmaktadır.

Şekil 4: Deney Şeması



4.1. DENEYLERDE KULLANILAN AMAÇ FONKSİYONLARI

Hem ARP hem de 2A-ARP modelleri için kullanılan amaç fonksiyonları aşağıda ayrıntısıyla açıklanmaktadır.

4.1.1. Toplam Mesafe Fonksiyonları

ARP ve 2A-ARP modelleri için araçların kat ettiği toplam mesafeyi minimize etmek üzere, sırasıyla, (4.1) ve (4.2) ile aşağıda verilen amaç fonksiyonları kullanılmıştır. (4.1) fonksiyonu bölüm 1'de verilen (1.1) amaç fonksiyonu ile; (4.2) fonksiyonu ise bölüm 2'de verilen (2.1) amaç fonksiyonu ile aynıdır.

$$\text{Minimize } \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} x_{ij} \quad (4.1)$$

$$\text{Minimize } \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ijk} + \sum_{s \in V_s} \sum_{(i,j) \in A'} c'_{ij} z_{ijs} \quad (4.2)$$

4.1.2. Toplam Yakıt Tüketimi Fonksiyonları

Yakıt tüketiminin hesaplanmasında, Soysal vd. (2015)'teki yaklaşım ile benzer şekilde, aracın kat ettiği mesafeyi (metre), aracın hızını (metre/saniye) ve aracın yükünü (kg) de dikkate alan Demir vd. (2012)'deki kapsamlı emisyon modeli baz alınmıştır. $\lambda = \delta / \kappa \psi$, $\gamma = 1/1000 \varepsilon \omega$, $\beta = 0.5 C d A \rho$, $\alpha = g \sin \phi + g C r \cos \phi$ olmak üzere söz konusu model aşağıda gösterilmektedir. Fonksiyondaki notasyonlara ilişkin açıklamalar ise Tablo 3 ile verilmektedir.

$$\text{Yakıt (litre)} = \lambda \left(k N_e V \frac{\text{mesafe}}{f} + \gamma \beta f^2 \text{mesafe} + \gamma \alpha (\mu + \text{aracın yükü}) \text{mesafe} \right)$$

Tablo 3: Yakıt Tüketimi Fonksiyonundaki Notasyonlar ve Açıklamaları

Notasyon	Açıklama
δ	Yakıt-hava kütle oranı
κ	Tipik bir dizel yakıtın ısıtma değeri (kilojul/gram)
ψ	Dönüşüm faktörü (gramdan litreye)
k	Motor sürtünme faktörü (kilojul/devir/litre)
N_e	Motor hızı (devir/saniye)
V	Motor hacmi (litre)
f	Aracın hızı (metre/saniye)
ε	Aracın güç aktarma organları verimliliği
ω	Dizel motorlar için verimlilik parametresi
C_d	Aerodinamik sürüklenme katsayısı
A	Aracın ön yüzey alanı (m^2)
ρ	Hava yoğunluğu (kg/m^3)
g	Kütle çekimi sabiti ($metre/saniye^2$)
C_r	Yuvarlanma direnci katsayısı
ϕ	Yolun açısı
μ	Aracın boş ağırlığı (kg)

ARP ve 2A-ARP modellerinde toplam yakıt tüketimini minimize etmek üzere kullanılan amaç fonksiyonları, sırasıyla, (4.3) ve (4.4) ile aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
 & \text{Minimize} \sum_{(i,j) \in A \setminus A(C)} \left(\lambda (k N_e V (c_{ij}/f) x_{ij} + \gamma \beta f^2 c_{ij} x_{ij} + \gamma \alpha (\mu x_{ij} + l_{ij}) c_{ij}) \right) + \\
 & \sum_{(i,j) \in A(C)} \left(\lambda (k N_e V (c_{ij}/f) x_{ij} + \gamma \beta f^2 c_{ij} x_{ij} + \gamma \alpha (\mu x_{ij} + l_{ij}) c_{ij}) \right) \quad (4.3)
 \end{aligned}$$

Araç hızının geçilen yaya göre değişmesinden dolayı (4.3) ile verilen amaç fonksiyonu iki parçadan oluşmaktadır. İlk parça, trafiğin sıkışık olmadığı, depodan müşterilere gidişleri ve müşterilerden depoya dönüşleri içeren yaylar; diğer parça ise, trafiğin sıkışık olduğu, müşteriden müşteriye gidişleri içeren yaylar için yakıt tüketimi hesaplamasıdır. Burada, $A(C)$ her iki uç noktası da müşteri düğümü olan yaylar kümesini ifade etmektedir. f ve f' , sırasıyla, trafiğin sıkışık olmadığı ve sıkışık olduğu alanlardaki araçların hızını göstermektedir. l_{ij} ise i düğümünden ayrılırken aracın yükünü ifade eden karar değişkenleridir ($\forall i, j \in V$).

$$\begin{aligned}
& \text{Minimize} \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} \left(\lambda (k N_e V (c_{ij}/f) x_{ijk} + \gamma \beta f^2 c_{ij} x_{ijk} + \gamma \alpha (\mu x_{ijk} + l_{ijk}) c_{ij}) \right) + \\
& \sum_{s \in V_s} \sum_{(i,j) \in A'} \left(\lambda (k N_e V (c'_{ij}/f') z_{ijs} + \gamma \beta' f'^2 c'_{ij} z_{ijs} + \gamma \alpha (\mu' z_{ijs} + f_{ijs}) c'_{ij}) \right) \quad (4.4)
\end{aligned}$$

(4.4) ile verilen amaç fonksiyonu ilk parçası birinci aşamadaki yakıt tüketimini diğer parçası ise ikinci aşamadaki yakıt tüketimini hesaplamak üzere iki parçadan oluşmaktadır. f ve f' , sırasıyla, birincil ve ikincil kademe araçların hızını göstermektedir. Birinci ve ikinci aşamadaki araçların ön yüzey alanlarının (A) farklı olmalarından dolayı β değerleri de farklılık göstermektedir. β birinci kademedeki araçlara, β' ise ikinci kademedeki araçlara ait değerlerdir. μ ve μ' de benzer şekilde, sırasıyla, birincil ve ikincil kademe araçların boş ağırlıklarını simgelemektedir.

4.1.3. Toplam Süre Fonksiyonları

Toplam süreyi minimize etmek üzere kullanılan amaç fonksiyonları ARP için (4.5); 2A-ARP için (4.6) ile aşağıda sunulmaktadır.

$$\text{Minimize} \sum_{(i,j) \in A \setminus A(C)} (c_{ij}/f) x_{ij} + \sum_{(i,j) \in A(C)} (c_{ij}/f') x_{ij} \quad (4.5)$$

$$\text{Minimize} \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} (c_{ij}/f) x_{ijk} + \sum_{s \in V_s} \sum_{(i,j) \in A'} (c'_{ij}/f') z_{ijs} \quad (4.6)$$

4.1.4. Toplam Maliyet Fonksiyonları

ARP ve 2A-ARP modellerinde toplam maliyeti minimize etmek üzere kullanılan amaç fonksiyonları, sırasıyla, (4.7) ve (4.8) ile aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
& \text{Minimize} \sum_{(i,j) \in A \setminus A(C)} \left(p \left(\lambda (k N_e V (c_{ij}/f) x_{ij} + \gamma \beta f^2 c_{ij} x_{ij} + \gamma \alpha (\mu x_{ij} + l_{ij}) c_{ij}) \right) \right) + \\
& \sum_{(i,j) \in A(C)} \left(p \left(\lambda (k N_e V (c_{ij}/f') x_{ij} + \gamma \beta' f'^2 c_{ij} x_{ij} + \gamma \alpha (\mu x_{ij} + l_{ij}) c_{ij}) \right) \right) + \\
& \sum_{(i,j) \in A \setminus A(C)} w(c_{ij}/f) x_{ij} + \sum_{(i,j) \in A(C)} w(c_{ij}/f') x_{ij} \quad (4.7)
\end{aligned}$$

(4.7) ile verilen toplam maliyet fonksiyonu yakıt ve sürücü maliyetlerini içermektedir. Fonksiyonun parçaları, sırasıyla, trafiğin sıkışık olmadığı alanlardaki yakıt maliyetlerini, trafiğin sıkışık olduğu alanlardaki yakıt maliyetlerini, trafiğin sıkışık olmadığı alanlardaki sürücü maliyetlerini ve trafiğin sıkışık olduğu alanlardaki sürücü maliyetlerini hesaplamaktadır. Burada p yakıt fiyatını (TL/litre), w ise sürücü ücretini (TL/saniye) simgelemektedir.

$$\begin{aligned}
\text{Minimize } & \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} \left(p \left(\lambda \left(k N_e V (c_{ij}/f) x_{ijk} + \gamma \beta f^2 c_{ij} x_{ijk} + \gamma \alpha (\mu x_{ijk} + l_{ijk}) c_{ij} \right) \right) \right) + \\
& \sum_{s \in V_s} \sum_{(i,j) \in A'} \left(p \left(\lambda \left(k N_e V (c'_{ij}/f') z_{ijs} + \gamma \beta' f'^2 c'_{ij} z_{ijs} + \gamma \alpha' (\mu' z_{ijs} + f_{ijs}) c'_{ij} \right) \right) \right) + \\
& \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} w(c_{ij}/f) x_{ijk} + \sum_{s \in V_s} \sum_{(i,j) \in A'} w(c'_{ij}/f') z_{ijs} + \sum_{s \in V_s} h_s t_s \quad (4.8)
\end{aligned}$$

(4.8) ile verilen toplam maliyet fonksiyonu yakıt maliyetlerini, sürücü maliyetlerini ve uydu noktalarında yükleme/boşaltma faaliyetlerinden kaynaklanan elleçleme maliyetlerini (*handling costs*) içermektedir. Fonksiyonun parçaları, sırasıyla, birinci aşamadaki yakıt maliyetlerini, ikinci aşamadaki yakıt maliyetlerini, birinci aşamadaki sürücü maliyetlerini, ikinci aşamadaki sürücü maliyetlerini ve elleçleme maliyetlerini hesaplamaktadır. p yakıt fiyatını (TL/litre), w sürücü ücretini (TL/saniye), h_s ise s uydusundaki birim elleçleme maliyetini ($\forall s \in V_s$) simgelemektedir.

Toplam yakıt tüketimi hesaplamasında araç yüklerinin (l_{ij}) takip edilmesi gerektiğinden dolayı 1. bölümde verilen Kapasite Kısıtlı ARP modeline aşağıda (4.9)- (4.12) ile verilen kısıtlar eklenmiştir. Bu kısıtlar, her bir yay üzerindeki yükün akışını düzenleyen, araç kapasitelerinin aşılmamasını sağlayan ve l_{ij} karar değişkenlerinin tanımına ilişkin kısıtlardır. Aracın yükünün takip edilmesi durumunda ((4.9) kısıtları), alt turları elimine etmeye yarayan kısıtların kullanımına gerek kalmamaktadır (Bard ve Nananukul, 2009; Treitl vd., 2012). Bu bağlamda, söz konusu modeldeki (1.5), (1.6) ve (1.8) kısıtları modelden çıkarılmıştır.

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} l_{ij} = \sum_{j \in V \setminus \{i\}} l_{ji} - d_i \quad \forall i \in N \quad (4.9)$$

$$l_{ij} \leq Q x_{ij} \quad \forall i, j \in V, i \neq j \quad (4.10)$$

$$\sum_{i \in N} l_{i0} \leq 0 \quad (4.11)$$

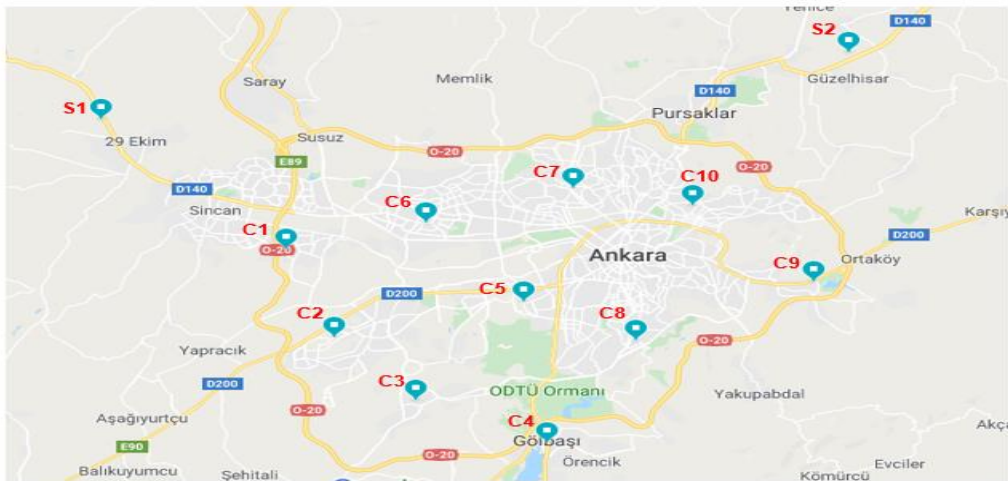
$$l_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \in V \quad (4.12)$$

4.2. VERİ SETİ

Problemlerin uygulanmasında Türkiye’de faaliyet gösteren bir süpermarket zincirinin dağıtım ağı örnek alınmıştır.

- 2A-ARP’de dağıtım ağı bir merkezi depo, 2 uydu ve 10 müşteri (süpermarket şubeleri) oluşmaktadır. ARP ’de ise uydu noktaları bulunmamaktadır. Söz konusu süpermarket zincirinin merkezi deposu İstanbul’da yer almaktadır. Uydular, Ankara ili sınırlarında yer alan ve şehir içine dağıtımın bu noktalardan yapıldığı depolardır. Süpermarket şubelerinin örnekleme seçilmesinde, Ankara ilinin merkezi ilçelerinin bulunduğu haritanın on eşit parçaya bölünmesi ve her bir bölgede (merkezde) bir şube olacak şekilde seçilmesi diğer bir deyişle dağılımlı olarak seçilmesi yöntemi izlenmiştir. Dağıtım ağı Şekil 5 ile gösterilmektedir.

Şekil 5: Süpermarket Zinciri İçin Dağıtım Ağının Gösterimi



- Düşümler arasındaki mesafeler Google Haritalar'dan elde edilmiş ve ARP için Ek 3'te Tablo E.5, 2A-ARP için Tablo E.6 ile verilmektedir⁵.
- Talep değerleri, ikinci aşamada ayrık teslimata izin verilmemesinden dolayı tek bir müşteriye ait talebin ikincil kademe araç kapasitesini geçmeyeceği şekilde, rastgele (*randomly*) oluşturulmuştur. C1'den C10'a, sırasıyla, müşteri talepleri (kg) 2400, 1800, 1500, 900, 600, 1200, 1300, 800, 2500, 2000 olmak üzere toplam talep 15000'dir.
- 2A-ARP'de iki tür araç kullanılmaktadır. Depo ve uydu noktaları arasındaki dağıtımda büyük araçlar kullanılırken; uydu noktaları ile müşteriler arasındaki dağıtım küçük araçlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Türkiye'deki büyükşehirlerde Ulaşım Koordinasyon Merkezi (UKOME) tarafından 7 ton ve üzeri ağır tonajlı araçların şehir içine giriş saatlerinin sınırlandırılması ve hatta bazı güzergâhları kullanmalarına izin verilmemesi nedeniyle⁶ küçük araç olarak 9 adet azami yüklü ağırlığı 5500 kg, boş ağırlığı 2990 kg ve yüklenebilir ağırlığı (taşıma kapasitesi) 2510 kg olan kamyon örnekleme seçilmiştir. Bu araçların 5 tanesi birinci uyduda 4 tanesi ikinci uyduda kullanılabilir. Büyük araç olarak ise 2 adet azami yüklü ağırlığı 19000 kg, boş ağırlığı 7620 kg ve yüklenebilir ağırlığı 11380 kg olan kamyon kullanılmaktadır.
- Toplam yakıt tüketimi hesaplamasında kullanılan teknik parametreler Demir vd. (2012)'den alınmıştır ve Tablo 4 ile gösterilmektedir. Ancak, boş ağırlık değerlerinde olduğu gibi, büyük ve küçük araçlara yönelik ön yüzey alanları da farklılık göstermektedir. Büyük araçların ön yüzey alanı 4,68 m² iken küçük araçlarınkı 2.36 m²'dir. Araçların ön yüzey alanları, ön uzunluk ve yükseklik değerlerinin çarpılması yoluyla hesaplanmıştır.
- Kamyonların yerleşim yerleri dışındaki hız sınırının 80 km/saat, yerleşim yerleri içerisindeki hız sınırının 50 km/saat olmasından dolayı büyük kamyonun ortalama hız değeri 60 km/saat (16,67 metre/saniye); küçük kamyonun ortalama hız değeri ise 30 km/saat (8,33 metre/saniye) olarak kabul edilmiştir.
- ARP 'de benzer özelliklere sahip 9 adet küçük kamyon bulunmaktadır.
- Araçlara ait tüm teknik bilgiler araç broşürlerinden temin edilmiştir.

⁵ <https://www.google.nl/maps>, Erişim Tarihi: Kasım 2019

⁶ <https://www.ankara.bel.tr/ukome-kararlari>, Erişim Tarihi: Aralık 2019

<https://www.enakliyat.com.tr/makale/kamyonların-trafiğe-cikis-saatleri-ve-cezalar>, Erişim Tarihi: Aralık 2019

<http://www.kto.org.tr/print.php?type=1&id=1881>, Erişim Tarihi: Aralık 2019

- Ankara’da 2019 yılında dizel yakıtın litre fiyatı 6,62 TL’dir⁷.
- Şoförlerin 2019 yılı aylık brüt maaşının yaklaşık 6000 TL olduğu bilgisiyle sürücü ücreti 0,0069 TL/saniye olarak baz alınmıştır⁸. Her iki uyduda da birim elleçleme maliyeti 1 TL’dir.

Tablo 4: Araç Emisyon Parametrelerine Ait Değerler

Notasyon	δ	κ	ψ	k	Ne	V	ε	ϖ	Cd	ρ	g	Cr	ϕ
Değer	1	44	737	0,2	33	5	0,4	0,9	0,7	1,2	9,81	0,01	0

Yukarıda ayrıntısıyla açıklanan veri setinden, çalışmanın bundan sonraki kısımlarında “temel durum” olarak bahsedilecektir.

4.3. ANALİZLER VE DEĞERLENDİRMELER

ARP ve 2A-ARP’nin dört amaç fonksiyonuna göre kıyaslanmasında, kendi içlerinde aynı kısıtlar kümesine sahip modellerle çalışılmıştır. ARP modellerinde (1.2) -(1-4), (1.7) ve (4.9) -(4.12) kısıtları; 2A-ARP modellerinde ise (2.2) -(2-22) kısıtları yer almıştır. Problemlerin çözümünde akademik lisanslı Gurobi 9.1.0 kullanılmıştır. Optimum çözümlerin elde edilmesinde Intel (R) i7 işlemci 2.4 GHz hızında 6 GB belleğe sahip bir bilgisayar kullanılmıştır.

4.3.1. Temel Durum Analizi

ARP ve 2A-ARP modelleri için elde edilen optimum amaç fonksiyonu değerleri ve rotalar Tablo 5 ile sunulmaktadır. Hem ARP hem de 2A-ARP için tüm amaç fonksiyonlarında kendi içinde aynı rotalar gözlemlenmiştir. ARP’de 9 araçtan 7 tanesi; 2A-ARP’de ise birinci aşamadaki tüm araçlar, ikinci aşamada 9 araçtan 7 tanesi kullanılmaktadır. 2A-ARP’de her iki uydu noktası da kullanılmakta ancak iki uydu noktasında da birim elleçleme maliyetlerinin aynı olmasına rağmen, birinci uydunun ikinci uyduya göre hem merkezi depoya hem de müşterilerin birçoğuna daha yakın konumda olması nedeniyle, birinci uydu noktasından daha çok araç rotalanmaktadır.

⁷<https://www.aytemiz.com.tr/faaliyet-alanlari-hizmetler/istasyonlar-hakkinda/akaryakit-ve-pompa-fiyatları/yakit-fiyatları> Erişim Tarihi: Aralık 2019

⁸<https://www.randstad.com.tr/reports/ucretler-yan-haklar-isyeri-egilimleri-raporu/ik-trendleri-ve-ucret-raporu-2019.pdf> Erişim Tarihi: Ocak 2020

Aynı miktardaki ürünün toplamda daha çok araç kullanılarak dağıtılmasına karşın 2A-ARP'nin toplam maliyet fonksiyonu haricinde tüm amaç fonksiyonlarında daha düşük değerlere sahip olduğu ve dolayısıyla daha avantajlı olduğu görülmektedir. ARP'nin zayıf performansının sebebi, toplam mesafenin çoğunun depo ile uydu noktaları arasındaki mesafeden oluşması ve bu alanlarda, iki-kademeli dağıtım sistemindeki aksine, düşük kapasiteli araçların kullanılması nedeniyle daha çok aracın kullanımına gerek duyulmasıdır. Diğer bir deyişle, depo ile uydu noktaları arasında 2A-ARP'de 2 büyük araç kullanılmasına rağmen ARP' de 7 küçük araç kullanılmaktadır. Öte yandan, ARP daha çok yakıt ve sürücü maliyetine sebep olsa da 2A-ARP'nin daha yüksek maliyete sahip olmasının sebebi uydu noktalarındaki yükleme/boşaltma faaliyetlerinden kaynaklanan elleçleme maliyetleridir.

Tablo 5: Temel Durum Optimum Çözüm Sonuçları

Problem Türü	Rotalar	Toplam Mesafe (Metre)	Toplam Yakıt Tüketimi (Litre)	Toplam Süre (Saniye)	Toplam Maliyet (TL)
ARP	D-C1-D D-C2-D D-C3-D D-C5-C4-C8-D D-C7-C6-D D-C9-D D-C10-D	6.604.042	787	398.592	7.975
2A-ARP	Birinci aşama: D-S1-D D-S2-D İkinci aşama: S1-C1-S1 S1-C2-S1 S1-C3-S1 S1-C5-C4-C8-S1 S1-C6-C7-S1 S2-C9-S2 S2-C10-S2	2.344.668	457	169.059	19.201

4.3.2. Duyarlılık Analizi

ARP ve 2A-ARP modellerinde bazı parametrelerdeki değişimin etkisini analiz etmek amacıyla aşağıda Tablo 6'da açıklamaları verilen 25 senaryo ile duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu senaryolardan ilk 3 tanesi uydulardan yönlendirilen ikincil kademe araçların uydulardaki dağılımının değiştirilmesi ve dağılıma yönelik kısıtların (uydu kapasitelerini belirleyen kısıtlar: (2.11) kısıtları) modelden çıkarılması ile ilgili senaryolar

olduğundan yalnızca 2A-ARP modelleri için diğerleri ise her iki problem türü için de yapılmıştır.

Tablo 6: Senaryolar ve Senaryolara İlişkin Açıklamalar

Senaryo Grubu	Senaryo No	Açıklamalar
Uydu Kapasiteleri	1	Tüm ikincil kademe araçlar (9 adet) birinci uyduda kullanılabilir.
	2	Tüm ikincil kademe araçlar (9 adet) ikinci uyduda kullanılabilir.
	3	Her bir uyduda kullanılacak araç sayısı kısıtlarının modelden çıkarılması
Talep Miktarları	4	Toplam talep miktarının 15.000'den 6.000'e düşürülmesi
	5	Toplam talep miktarının 15.000'den 22.000'e çıkarılması
Araç Sayıları	6	Küçük kamyon sayısının 9'dan 12'ye çıkarılması
	7	Küçük kamyon sayısının 9'dan 7'ye düşürülmesi
Araç Kapasiteleri	8	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 3.000'e çıkarılması
	9	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 3.500'e çıkarılması
	10	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 4.000'e çıkarılması
	11	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 4.500'e çıkarılması
	12	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 5.000'e çıkarılması
	13	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 5.500'e çıkarılması
	14	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 6.000'e çıkarılması
	15	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 6.500'e çıkarılması
	16	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 7.000'e çıkarılması
	17	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 7.500'e çıkarılması
	18	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 8.000'e çıkarılması
	19	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 8.500'e çıkarılması
	20	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 9.000'e çıkarılması
	21	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 9.500'e çıkarılması
	22	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 10.000'e çıkarılması
	23	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 10.500'e çıkarılması
	24	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 11.000'e çıkarılması
	25	Küçük kamyon kapasitelerinin 2510'dan 11.380'e çıkarılması

Tüm senaryo ve amaç fonksiyonlarına göre ARP ve 2A-ARP optimum amaç fonksiyonu değerleri ve çözüm süreleri Ek 3'te Tablo E.7 ile, optimum rotalar Tablo E.8 ile verilmektedir. Senaryolardaki söz konusu parametrelerde yapılan değişimin optimal çözüm sonuçlarına yönelik etkileri aşağıda dört grupta ele alınmaktadır:

Uydu kapasitelerindeki değişimin etkisi: İkincil kademedeki tüm araçların sadece tek bir uyduda kullanımına izin vermek 2A-ARP'de tüm amaç fonksiyonlarında artışa sebep

olmuştur. Ancak, sadece birinci uydunun kullanımı (Senaryo 1), ikinci uydunun kullanımına (Senaryo 2) göre, daha az artış yaratmıştır. Araçların uydulardaki kullanımına yönelik kısıtların modelden çıkarılması (Senaryo 3) durumunda ise temel durumda olduğu gibi birinci uydunun daha fazla kullanılmakta olduğu (merkezi depodan buraya getirilen ürün miktarının daha fazla olması ve dolayısıyla buradan yönlendirilen ikincil kademe araç sayısının daha fazla olması), amaç fonksiyonlarında ve rotalarda değişim olmadığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, birinci uydunun hem merkezi depoya hem de müşterilerin çoğuna daha yakın konumda olmasıdır. Bundan sonraki senaryolarda parametrelerde yapılan değişikliklerin etkisini daha iyi görebilmek amacıyla söz konusu kısıtlar 2A-ARP modellerinden çıkarılmıştır.

Talep miktarlarındaki değişimin etkisi: Talep miktarlarındaki azalışın (Senaryo 4) daha az araç kullanımını gerektirmesinden dolayı hem ARP hem de 2A-ARP'de tüm amaç fonksiyonu değerlerinde azalış yarattığı gözlemlenmiştir. Talep miktarlarındaki artışın (Senaryo 5) etkisi ise bunun tam tersi yönündedir. Ayrıca, 2A-ARP'de Senaryo 4'te yalnızca birinci uydunun; Senaryo 5'te ise ağırlıklı olarak birinci uydunun kullanıldığı görülmektedir.

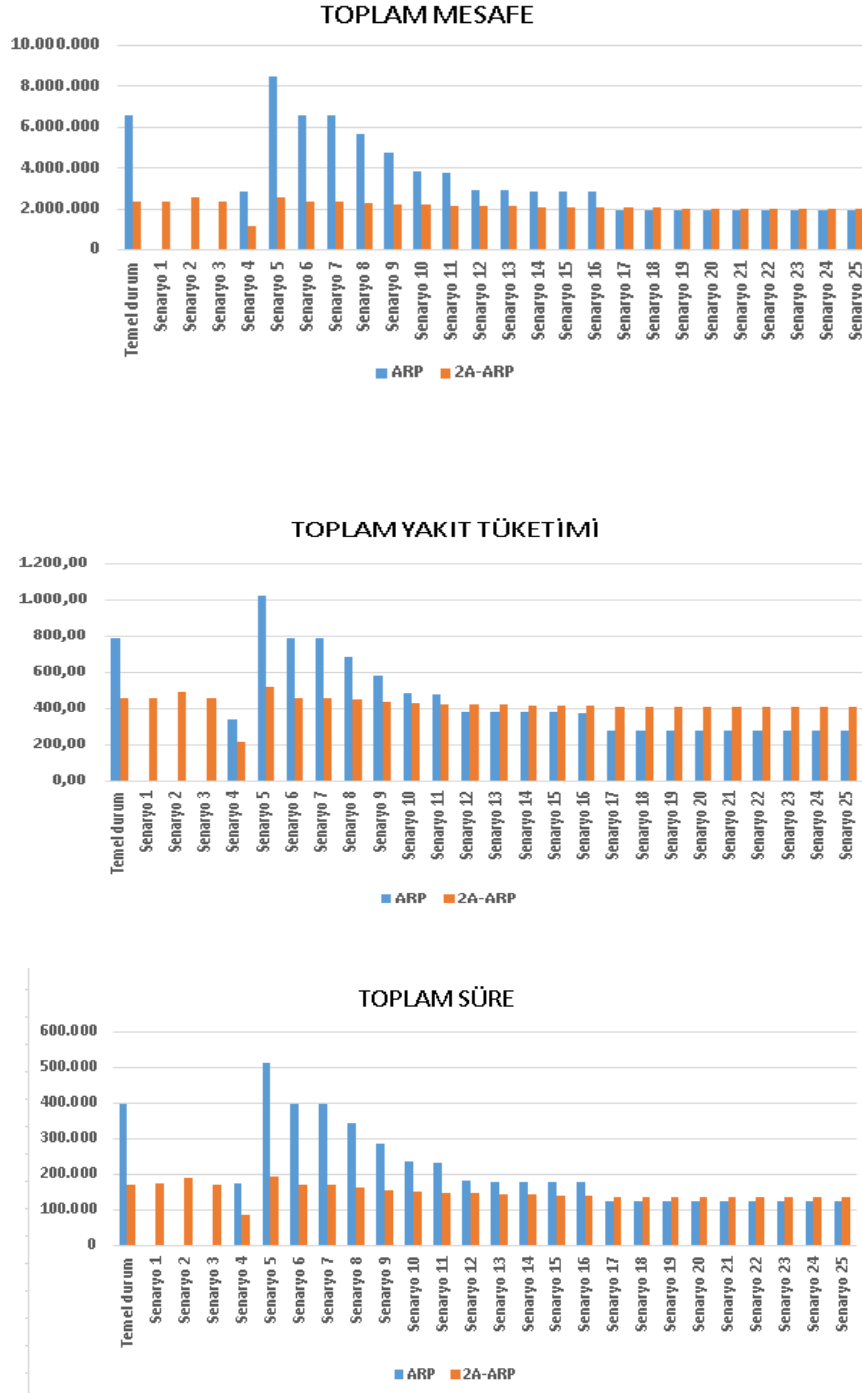
Araç sayılarındaki değişimin etkisi: Araç sayısında yapılan değişim ARP ve 2A-ARP'de ne amaç fonksiyonu değerlerinde ne de optimal rotalarda herhangi bir değişime sebep olmamıştır. Modellerin minimizasyon problemi olması ve dolayısıyla mümkün olan en az aracın kullanılması nedeniyle, araç sayısındaki artış ta (Senaryo 6) uygun olmayan çözüme sebebiyet vermeyecek bir azalış (Senaryo 7) ta, optimal çözüm sonuçlarını değiştirmemektedir.

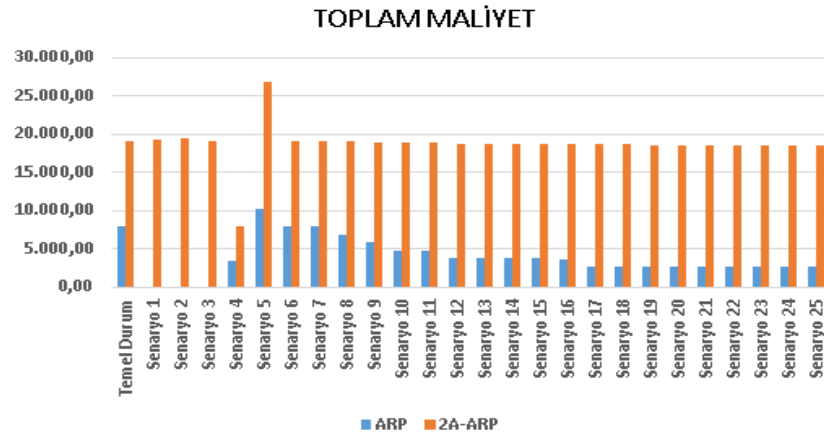
Araç kapasitelerindeki değişimin etkisi: Araç kapasitelerindeki artışlar (Senaryo 8-25) hem ARP'de hem de 2A-ARP'de aynı miktardaki ürünün giderek daha az araç vasıtasıyla dağıtılabildiğini mümkün kıldığından tüm amaç fonksiyonlarında azalan değerlerin gözlemlenmesini sağlamaktadır.

Hem temel durum hem de tüm senaryolar göz önünde bulundurulduğunda (bkz: Ek 3 Tablo E.7'deki ortalama değerler ve Şekil 6), 2A-ARP'nin mesafe, süre ve yakıt tüketimi açısından; ARP'nin ise maliyet açısından daha avantajlı olduğu söylenebilmektedir. Toplam mesafede Senaryo 17'den sonra kırılım başlamakta diğer bir deyişle, her ne kadar aradaki fark oldukça az olsa da ARP 2A-ARP'ye göre daha düşük değerler vermektedir. Bunun sebebi, bundan önceki durumlarda ARP'de kullanılan araç sayısının, 2A-ARP'de birinci aşamada kullanılan araç sayısından fazla olması ve kırılım noktasında

bu sayıların birbirine eşit olması durumudur. Toplam yakıt tüketimi ve toplam süre için kırılım noktaları, sırasıyla, Senaryo 12 ve Senaryo 17'dir. Toplam maliyet için, tüm durumlarda ARP'nin daha düşük maliyete sahip olmasından dolayı, kırılım noktası bulunmamaktadır.

Şekil 6: Temel Durum ve Senaryolara Göre ARP ve 2A-ARP Anahtar Performans Göstergelerinin Kıyaslanması





4.3.3. Araçların Yatırım ve Kiralama Maliyetleri Açısından Kıyaslanması

ARP ve 2A-ARP'nin kıyaslanmasında kullanılan toplam maliyet fonksiyonlarında, ARP'de sürücü ve yakıt maliyetleri, 2A-ARP'de ise bu maliyetlere ilaveten uydu noktalarında yükleme/boşaltma faaliyetlerinden kaynaklanan elleçleme maliyetleri hesaba katılmıştır. Her ne kadar söz konusu toplam maliyet fonksiyonları detaylı bir şekilde ele alınmış olsa da bu fonksiyonlarda araçların yatırım ve kiralama maliyetleri dikkate alınmamıştır. Ancak, yakıt maliyeti, sürücü maliyeti vb. maliyetler kadar araçların yatırım ve/veya kiralama maliyetleri de göz önünde bulundurulması gereken oldukça önemli maliyet kalemleridir. Bu bağlamda, çalışmanın bu bölümünde ARP ve 2A-ARP araçların yatırım ve kiralama maliyetleri açısından karşılaştırılmaktadır.

Araçların ediniminde kiralama ve satın alma olmak üzere iki seçenek mevcuttur. Kiralama durumunda yalnızca kullanılan araçların kiralama; satın alınması durumunda ise kullanılırsa dahi filodaki tüm araçlara yönelik yatırım maliyeti söz konusu olmaktadır. Kıyaslamaya ARP için geçerli olmadığından ilk 3 senaryo ve araç kapasitelerinin değişmesi dolayısıyla her bir özellikteki aracın kiralama ve satın alma maliyeti bilgisine ulaşmanın zor olması nedeniyle senaryo 8 ve sonrası dahil edilmemiştir. Küçük aracın günlük kiralama ücreti 300 TL, satın alma fiyatı 257.259 TL; büyük aracın ise günlük kiralama ücreti 750 TL, satın alma fiyatı 733.921 TL'dir⁹.

⁹ Araçların kiralama ücretleri <https://www.sahibinden.com> adresinden, satın alma fiyatları ise araçların fiyat listesi kataloğundan temin edilmiştir. Erişim Tarihi: Kasım 2020.

Tablo 7'den de görüleceği üzere, 2A-ARP hem filoda bulunan hem de kullanılan araç sayısının daha fazla olmasından dolayı ARP'ye göre daha fazla yatırım ve kiralama maliyetine sebep olmaktadır.

Sonuç olarak, tek-kademeli dağıtım sistemlerinin daha az maliyetli; iki-kademeli dağıtım sistemlerinin ise daha çevre dostu sonuçlar ürettiği söylenebilmektedir.

Tablo 7: Araçların Yatırım ve Kiralama Maliyetleri

Örnekleme	ARP				2A-ARP					
	Filodaki araç sayısı	Kullanılan araç sayısı	Toplam yatırım maliyeti	Toplam kiralama maliyeti	Filodaki araç sayısı (1. aşama)	Kullanılan araç sayısı (1. aşama)	Filodaki araç sayısı (2. aşama)	Kullanılan araç sayısı (2. aşama)	Toplam yatırım maliyeti	Toplam kiralama maliyeti
Temel Durum	9	7	2.315.331	2.100	2	2	9	7	3.783.173	3.600
Senaryo 4	9	3	2.315.331	900	2	1	9	3	3.783.173	1.650
Senaryo 5	9	9	2.315.331	2.700	2	2	9	9	3.783.173	4.200
Senaryo 6	12	7	3.087.108	2.100	2	2	12	7	4.554.950	3.600
Senaryo 7	7	7	1.800.813	2.100	2	2	7	7	3.268.655	3.600
ORTALAMA			2.366.783	1.980					3.834.625	3.330

5. BÖLÜM

2A-ARP VE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA) İLE YER SEÇİMİ: MODEL ÖNERİSİ

Çalışmanın bu bölümünde hem yer seçimi hem de rotalama kararlarının verilmesini sağlayan, bu kararları vermede, literatürde alışlageldiği aksine, 2A-ARP ve VZA'nın bir arada kullanıldığı karma bir yöntem önerilmektedir. Bu bağlamda, öncelikle VZA ve ilintili yöntemler tartışılacak daha sonra karma yöntem önerisi sunulacaktır.

5.1. VZA

İşletmelerin rekabetçi bir yapıya sahip olabilmeleri ve/veya rekabetçi yapılarını koruyabilmeleri, performanslarını istikrarlı bir şekilde geliştirmeleriyle mümkün olabilmektedir. Bu da işletmelerin bulunduğu pazardaki konumlarının belirlenmesini diğer bir deyişle kendi performansı ile rakip işletme performanslarının kıyaslanmasını gerektirmektedir. İşletmelerin oldukça karmaşık bir yapıya sahip olmaları nedeniyle performanslarının ölçümünde birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır (Zhu, 2009, s. 2). Bu bağlamda, Veri Zarflama Analizi (VZA) birçok göstergenin (girdi ve çıktının) hesaba katılarak görelî etkinliklerin ölçüldüğü doğrusal programlama tabanlı parametrik olmayan bir yöntemdir (Omrani vd., 2018; Wen ve Li, 2009). Etkinlik ise kullanılan girdi başına elde edilen çıktı miktarı olarak ifade edilen verimlilik ölçümüne dayanmakta olan görelî bir kavramdır.

VZA'nın en temel varsayımı, görelî etkinlikleri kıyaslanan birimlerin benzer çıktılar elde etmek üzere benzer girdiler kullanıyor olmalarıdır başka bir deyişle birimlerin homojen olduğudur (Dyckhoff ve Allen, 2001). Girdi ve çıktılar arasında fonksiyonel bir ilişkiye gerek duymadan değerlendirme yapılabilmesine imkân tanınması bu yöntemin en büyük avantajlarından biridir (Banker ve Morey, 1986; Cooper vd., 2006, s. 2; Seiford ve Thrall, 1990). Veri Zarflama Analizi ile; kıyaslamaya tabi tutulan karar verme birimlerinin (KVB) kullanmış oldukları girdi ve nihayetinde elde ettikleri çıktı miktarlarına göre etkinlik skorlarının hesaplanması, görelî olarak etkin olan/olmayan karar verme birimlerinin belirlenmesi, etkin olmayan karar verme birimlerinin neden etkin olmadıklarının

saptanması ve etkin olabilmeleri için hangi oranda girdilerini azaltması ve/veya çıktıları artırması gerektiği bilgilerine ulaşılabilir (Zhu, 2000).

VZA yöntemi ile görelilik ölçümü eğitim (Abbott ve Doucouliagos, 2003; Agasisti vd., 2019), bankacılık (Hammami vd., 2020; Henriques vd., 2018), sağlık (Kohl vd., 2019; Omrani vd., 2018), tarım (Atici ve Podinovski, 2015; Wu vd., 2016), otomotiv (Papahristodoulou, 1997; Oh vd., 2010), enerji (Han vd., 2020; Lee, 2008) vb. birçok sektörde oldukça yaygın uygulamaya sahiptir.

5.1.1. Standart VZA Yöntemi

Veri Zarflama Analizi ile görelilik ölçümü ilk kez Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında yapılmıştır. *Ölçeğe Göre Sabit Getiri* varsayımına dayanan bu model, CCR etkinlik modeli olarak anılmaktadır. CCR modeli, girdi miktarında yapılan artış ve/veya azalışın çıktı miktarında yine aynı oranda artış ve/veya azalış yarattığı anlamına gelen, girdi ve çıktı faktörleri arasında tam oransallık olduğunu varsaymaktadır. Ardından Banker, Charnes ve Cooper (1984) *Ölçeğe Göre Değişken Getiri* varsayımıyla BCC etkinlik modeli olarak anılan bir başka model ortaya koymuşlardır (Coelli vd., 2005, s. 162; Wu vd., 2016). VZA modellerinde bir diğer ayırım da *girdi ve çıktı* odaklı olmak üzere yapılan analizin türüne göre söz konusu olmaktadır. Etkinlik skorları ve dolayısıyla etkin olan/olmayan karar verme birimleri, *girdi odaklı modelde* kullanılan girdi miktarlarına göre; *çıkıtı odaklı modelde* ise elde edilen çıktı miktarlarına göre belirlenmektedir. Girdi odaklı modelde, değerlendirme altındaki KVB'ye ait çıktı değerleri sabit tutulurken girdi değerlerinin minimize edilmesi; çıktı odaklı modelde ise tam tersine girdi miktarları sabit tutulurken çıktı değerlerinin maksimize edilmesi amaçlanmaktadır (Banker ve Morey, 1986; Cooper vd., 2006, s. 41). Bu bağlamda, ölçeğe göre getiri (sabit veya değişken) ve yönelim (girdi odaklı veya çıktı odaklı) olmak üzere iki temel varsayım yapılan VZA'da dört farklı model çeşidi yer almaktadır.

Ölçeğe göre değişken getirili ve girdi odaklı doğrusal programlama modeli aşağıda verilmektedir.

$$\text{Minimize } \theta \quad (5.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j \in D} \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0} \quad \forall i \in I \quad (5.2)$$

$$\sum_{j \in D} \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0} \quad \forall r \in O \quad (5.3)$$

$$\sum_{j \in D} \lambda_j = 1 \quad (5.4)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j \in D \quad (5.5)$$

Modelde, D KVB kümesini ($D = \{1, 2, \dots, n\}$), I girdi kümesini ($I = \{1, 2, \dots, m\}$) ve O çıktı kümesini ($O = \{1, 2, \dots, s\}$) temsil etmektedir. x_{ij} , j. KVB' ye ait i. girdi miktarını ($\forall i \in I, j \in D$); y_{rj} ise j. KVB' ye ait r. çıktı miktarını ($\forall r \in O, j \in D$) simgelemektedir. x_{i0} ve y_{r0} , sırasıyla, değerlendirme altındaki karar verme birimine ait girdi ve çıktı miktarlarını göstermektedir. θ ve kısıtlardaki λ_j ($j \in D$) değerleri modelin karar değişkenleridir. θ^* değeri, değerlendirme altındaki KVB'ye ait optimal etkinlik skorunu göstermektedir. 0 ile 1 arasında değer alabilen θ^* değerinin 1'e eşit olması değerlendirme altındaki KVB'nin etkin olduğunu, 1'den küçük değer alması ise etkin olmadığını ifade etmektedir (Cooper vd., 2006, ss. 43-44). (5.2) ve (5.3) kısıtlarının sol tarafı, sırasıyla, hedef girdi ve çıktı değerlerini göstermekte iken sağ tarafı ise değerlendirme altındaki KVB' ye ait girdi ve çıktı değerlerini temsil etmektedir (Zhu, 2009, s. 13). Girdi ve çıktılar arasındaki tam oransallık varsayımını reddeden ölçeğe göre değişken getirili modelde yer alan (5.4) kısıtı konveksite kısıtıdır (Ali vd., 1995; Banker vd., 1984; Seiford ve Thrall, 1990; Zhu, 2000).

Her bir KVB için yukarıdaki doğrusal programlama modelinin çözülmesiyle, tüm KVB'lere ait etkinlik skoru elde edilmekte, etkin olan ve olmayan karar verme birimleri görece olarak belirlenmektedir. Etkin olmayan KVB'lerin etkin olabilmeleri için hedef girdi değerleri, söz konusu KVB' ye ait θ^* değeri ile x_{i0} değerlerinin çarpılması ya da modelin çözülmesi sonucunda elde edilen λ_j değerleri ile x_{ij} değerlerinin çarpılıp toplanması yoluyla elde edilebilmektedir.

5.1.2. VZA'da Kümeleme Yaklaşımı

KVB'lerin etkinlik düzeylerine göre kümelenecek analiz edilmesi hem daha homojen KVB'lerin kıyaslanması açısından hem de etkin olmayan KVB'ler için etkin olabilmeleri adına belirlenen girdi/çıkıtı hedeflerinin ulaşılabilir olması açısından önemlidir (Ulucan ve Atıcı, 2010). Ayrıca, VZA'da bir ya da birden fazla etkin olmayan KVB'nin KVB kümesine eklenmesi veya bu kümeden çıkarılması etkinlik sınırını ve dolayısıyla mevcudiyetteki etkin KVB'lerin etkinlik skorlarını değiştirmemektedir (Seiford ve Zhu, 2003). Bu

bağlamda, katmanlı VZA (context-dependent DEA) yöntemi ilk kez Seiford ve Zhu (2003) tarafından literatüre kazandırılmıştır.

Yöntemdeki kümeleme yaklaşımı, her bir aşamada çıkarılan KVB'lerin birer küme oluşturduğu, her aşamada etkin olan birimlerin listeden çıkarılmasına, geriye kalan KVB'ler ile tekrar VZA yönteminin uygulanmasına ve dolayısıyla birden fazla etkinlik sınırının elde edilmesine dayanmaktadır. Süreç etkin olmayan KVB kalmayana dek devam etmektedir. Kümelemeden sonraki adımda ise her bir etkinlik seviyesindeki birimlerin kendi içlerindeki sıralanması hesaplanan görecelik çekicilik (attractiveness) ve gelişim (progress) skorlarına göre yapılabilmektedir.

Katmanlı VZA yöntemi matematiksel olarak şu şekilde tanımlanabilmektedir: D tüm KVB kümesini, E ise etkin olan KVB kümesini simgelemektedir. D^1 üretim teknolojisindeki tüm KVB'leri ve D^1 'in alt kümesi olmak üzere E^1 birinci-seviye etkinlik sınırı üzerindeki birimleri tanımlamaktadır. $D^{l+1} = D^l - E^l$ olmak üzere burada l etkinlik sınırının seviyesini simgelemektedir. Katman l 'ye yönelik girdi odaklı ve ölçüğe göre değişken getirili etkinlik skoru aşağıdaki gibi ifade edilmektedir. Modelde $j \in F(D^l)$, birim j 'nin D^l 'nin elemanı olduğunu ($KVB_j \in D^l$) ifade etmektedir. Ayrıca, $l = 1$ olma durumu standart ölçüğe göre değişken getiri teknolojisine karşılık gelmektedir (Zhu, 2009, ss.111-112).

$$\theta^*(l,i) = \min_{\lambda_j, \theta(l,i)} \theta(l,i) \quad (5.6)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j \in F(D^l)} \lambda_j x_j \leq \theta(l,i) x_o \quad (5.7)$$

$$\sum_{j \in F(D^l)} \lambda_j y_j \geq y_o \quad (5.8)$$

$$\sum_{j \in F(D^l)} \lambda_j = 1 \quad (5.9)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (5.10)$$

5.1.3. Süper-Etkinlik VZA Yöntemi

Standart VZA modellerinde bazen KVB'lerin birçoğunun etkin olması durumuyla karşılaşılabilmekte bu da KVB'lerin sıralamaya tabi tutulması ihtiyacını doğurabilmektedir. Bu bağlamda, Andersen ve Petersen (1993) standart VZA modelinde

(CCR modelinde), değerlendirme altındaki karar verme birimini referans kümeyle dahil etmeme yoluyla, uyarılma yapmışlardır. Aşağıda girdi odaklı ve ölçeğe göre değişken getirili süper-etkinlik VZA modeli sunulmaktadır.

$$\text{Minimize } \theta^{\text{super}} \quad (5.11)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j \in D, j \neq o} \lambda_j x_{ij} \leq \theta^{\text{super}} x_{io} \quad \forall i \in I \quad (5.12)$$

$$\sum_{j \in D, j \neq o} \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro} \quad \forall r \in O \quad (5.13)$$

$$\sum_{j \in D, j \neq o} \lambda_j = 1 \quad (5.14)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j \in D, j \neq o \quad (5.15)$$

KVB' lere ait girdi ve çıktı değerleri sıfır olmadığı sürece ölçeğe göre sabit getirili süper-etkinlik modellerinde her daim uygun (feasible) bir çözüm bulunabilmektedir (Zhu, 1996). Ölçeğe göre değişken getirili süper-etkinlik modellerinde ise uygun bir çözüm bulmak her zaman mümkün olmamakta ve dolayısıyla KVB' ler kendi aralarında sıralanamamaktadır (Seiford ve Zhu, 1999; Xue ve Harker, 2002). Ancak, uygun çözüm elde edilemeyen karar verme birimleri en yüksek süper-etkinlik skoruna sahip aşırı etkin birimlerdir ve dolayısıyla bu birimler sıralamanın en başında yer almaktadır (Chen, 2004). Aşırı etkin KVB' ler dışındaki aşırı etkin olmayan ancak etkin olan ve etkin olmayan KVB' ler için ise her zaman uygun çözüm elde edilebilmektedir. Ayrıca, etkin olmayan KVB' ler standart model ile aynı etkinlik skoruna sahip olmaktadır (Charnes vd., 1991).

5.1.4. ARP ve VZA Yöntemlerinin Birarada Kullanıldığı Çalışmalar

Çalışmanın bu bölümünde, 2A-ARP ve VZA yöntemlerinin birlikte kullanıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmadığından, ARP ve VZA' nın birlikte kullanıldığı çalışmalardan bahsedilecektir. Sayısı oldukça sınırlı olan söz konusu çalışmalar aşağıda aktarılmaktadır.

Kritikos ve Ioannou (2010), her bir araç tarafından taşınan yükün dengelenmesini amaçlayan zaman pencereli ARP üzerine çalışmışlardır. Problemin çözümü için VZA' nın bir çeşidi olan Serbest Atılabilir Zarf (Free Disposal Hull) yöntemine dayalı yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Geliştirilen algoritmada öncelikle uygun başlangıç çözümleri

IMPACT sezgiseli ile elde edilmiş ardından etkinlik sınırında yer alan rotaları seçmek üzere yinelemeli bir metot izlenmiştir. Her bir rotanın KVB olarak düşünüldüğü VZA' da rotanın uzunluğu girdi, rota başına müşteri sayısı ise çıktı olarak kullanılmıştır.

Lu ve Yu (2012), esnek zaman pencereci topla-dağıt ARP'yi çözmede kullandıkları genetik algoritmanın parametre değerlerinin (operatör kombinasyonlarının) görelî ve çapraz (cross) etkinliklerini ölçmek amacıyla VZA yöntemi uygulamışlardır. Burada her bir kombinasyon KVB olarak düşünülmüştür. Hesaplama süresi girdi, kullanılan araç sayısı, toplam kat edilen mesafe, toplam erken varış süresi ve toplam geç varış süresi ise çıktı olarak kullanılmıştır.

Smirlis vd. (2012), araç rotalama problemleri için geliştirilen yazılım paketlerinin seçilmesinde VZA yöntemini uygulamışlardır. Modelde, yaygın olarak kullanılan "paranın karşılığı" kriterini ifade eden "toplam performans/fiyat" endeksi baz alınmıştır.

Chen vd. (2017), kırsal taşıma sistemleri için rota tasarım seçimlerini tanımlamak ve analiz etmek amacıyla VZA yöntemine dayalı bir sezgisel prosedür tasarlamışlardır. Yazarlar, Dijkstra algoritmasının kullanılarak, tek amaç olarak mesafe minimizasyonu ile başlayan ve ardından birden çok amaca sahip bir rota tasarımını sürekli olarak iyileştirmek adına VZA tabanlı bir süreç uygulayan sezgisel bir prosedür önermişlerdir. Her bir uygun patikanın KVB olarak düşünüldüğü modelde, nüfus (popülasyon) çıktı; seyahat mesafesi ve hizmet süresi girdi olarak kullanılmıştır.

5.2. KARMA MODEL ÖNERİSİ

2A-ARP'de merkezi deponun, uyduların ve müşterilerin yerlerinin belirli olduğu varsayılmakta ve dolayısıyla söz konusu noktaların konumlarına ilişkin herhangi bir karar verilmemektedir. Öte yandan, dağıtım ağına yer alan her bir noktanın konumunun değiştirilmesi optimum rotaları ve dolayısıyla amaç fonksiyonu değerlerini değiştirebilmektedir. Noktalara (düğümlere) ait konumların belirlenmesi stratejik düzeyde verilmesi gereken oldukça kritik bir karardır. Yer seçimi kararlarının doğru bir şekilde verilmemesi, yanlış kriterlere göre verilmesi ve/veya uygun olmayan metotlar aracılığıyla verilmesi durumunda özellikle dağıtım faaliyetlerinin yoğun olduğu işletmeler (örneğin süpermarket zincirleri) açısından işletmenin yaşamını sürdürdüğü müddetçe katlanılması gereken artı maliyetler söz konusu olabilmektedir. Hem yer seçimi hem de rotalama kararlarının bir arada verildiği problem türü literatürde 2A-LRP olarak

bilinmektedir. Söz konusu kararlar, problemde yer alan kısıtları ihlal etmemek üzere, bir veya birden fazla amaç fonksiyonuna ait optimum değeri/değerleri sağlayan kararlardır. Ayrıca, yer seçimi kararları ya merkezi depoya ya da uydu noktalarına ilişkin verilmektedir.

Mevcut literatürdeki çoğu analitik model mesafe veya süre gibi tek bir amaca odaklanmaktadır (Chen vd., 2017). Birden fazla amacın ele alındığı ARP çalışmalarında ise sayıl (scalar) metotların, Pareto metotlarının ve her iki sınıfa da girmeyen farklı amaçları tek tek dikkate alan tekniklerin kullanıldığı görülmektedir. Sayıl metotlarda, çok-amaçlı problemi tek amaçlı bir probleme dönüştürmede genellikle amaç fonksiyonlarının ağırlıklı doğrusal toplamı kullanılmakta, bu ağırlıkların belirlenmesinde ise subjektif/keyfi kararlar söz konusu olmaktadır (Jozefowicz vd., 2008). Her ne kadar kullanımı kolay olsa da yöntemin bir diğer dezavantajı da tüm Pareto optimal çözümleri bulamaması diğer bir deyişle çözümleri yalnızca optimal Pareto setinin dışbükey gövdesi üzerinde bulmasıdır (Geoffrion, 1968). Böylece, bir çözümün kalitesini değerlendirmek veya çözümleri karşılaştırmak için Pareto hakimiyeti kavramını uygulayan Pareto yöntemleri giderek daha popüler hale gelmektedir (Jozefowicz vd., 2008). Bu bağlamda, VZA birçok faktör ile karar verme birimleri (KVB)'nin Pareto etkinliğini ölçmeye olanak sağlayan ve yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir. Girdi ve çıktılar arasında fonksiyonel bir ilişkiye gerek duymadan değerlendirme yapılabilmesine imkân tanınması bu yöntemin en büyük avantajlarından biridir (Banker ve Morey, 1986; Cooper vd., 2006, s. 2; Seiford ve Thrall, 1990).

Hem yer seçimi hem de rotalama kararlarının verilmesine olanak sağlayan ve bunu yaparken de dağıtım faaliyetleri açısından önemli birçok faktörü (mesafe, yakıt tüketimi, süre, maliyet) dikkate alan karma bir yöntem tasarlanmıştır. Bu yöntem sadece potansiyel yerlerin etkin bir şekilde seçiminde değil aynı zamanda mevcudiyette var olan yerlerin etkinliklerinin hesaplanması amacıyla da hizmet edebilmektedir. 2A-ARP ve VZA yöntemlerinin bir arada kullanıldığı söz konusu yöntemle ait araştırma şeması Şekil 7 ile sunulmakta ve araştırma tasarımının adımları aşağıda açıklanmaktadır:

ADIM 1: Problemde yer alan her bir bölgede belirli sayıda potansiyel süpermarket şubesi (müşteri yerleri) belirlenmektedir.

ADIM 2: Her bir bölgeden tek bir potansiyel şubenin seçilmesi durumundaki tüm olası şube kombinasyonları oluşturulmaktadır.

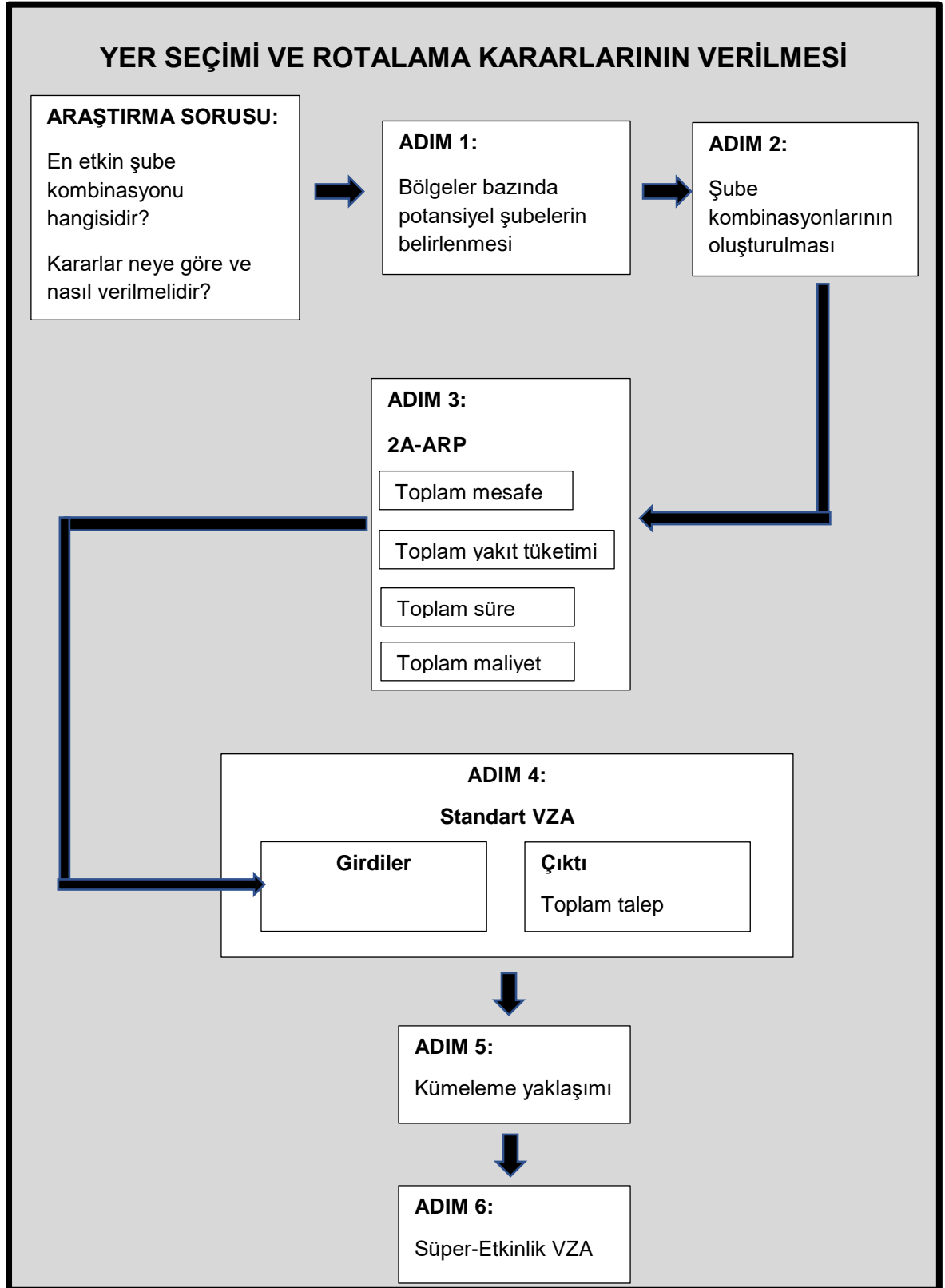
ADIM 3: 2A-ARP ile tüm kombinasyonlar için dört amaç fonksiyonuna (toplam mesafe, toplam yakıt tüketimi, toplam süre, toplam maliyet) yönelik optimal değerler elde edilmektedir.

ADIM 4: Her bir kombinasyonun KVB, 2A-ARP'den elde edilen optimum amaç fonksiyonu değerlerinin girdi ve kombinasyonda yer alan şubelere ulaştırılan toplam talebin çıktı olarak düşünüldüğü standart VZA yöntemi uygulanmaktadır. Her bir amaç fonksiyonu değerinin düşük değerlere sahip olmasının tercih edilmesinden dolayı girdi odaklı, girdiler ve çıktı arasında tam oransallığın olmamasından dolayı da ölçüğe göre değişken getirili VZA modeli tercih edilmektedir.

ADIM 5: Daha homojen KVB'lerin göreceli etkinliklerinin kıyaslanması amacıyla Bölüm 5.1.2'de aktarılan katmanlı VZA ile KVB'ler etkinlik düzeylerine göre kümelenmektedir.

ADIM 6: Elde edilen her bir kümedeki KVB'lerin kendi aralarında sıralanabilmesi ve dolayısıyla hangi şube (müşteri) kombinasyonunun seçileceğine karar vermek amacıyla süper-etkinlik VZA yöntemi uygulanmaktadır.

Şekil 7: Araştırma Şeması



5.3. VERİ SETİ

Yukarıda bahsedilen araştırma tasarımının uygulanabilirliğini göstermek amacıyla indirim marketleri sınıfında yer alacak ve pazara yeni gireceği düşünülen bir süpermarket zincirinin, Ankara'nın 9 merkezi ilçesinde (bölge) birer şube kurmak üzere, dağıtım ağı modellenmeye çalışılmıştır. Problemdeki şube (müşteri) kombinasyonu sayısının üssel olarak artması sebebiyle her bir bölgede iki adet potansiyel şubenin olduğu varsayılmaktadır. Böylece, her bölgeden bir şube yerinin kurulmak üzere seçilmesi durumunda $512 (2^9)$ adet şube kombinasyonu (KVB) elde edilmektedir.

İki-aşamalı dağıtım ağında yer alacak noktaların seçiminde rakibe yakın olma stratejisi kullanılarak Türkiye'de indirim marketleri sınıfında yer alan bir süpermarket zincirinin dağıtım ağı örnek alınmıştır. Bu bağlamda, İstanbul'da bir adet merkezi depo ve Ankara ili sınırlarında iki adet uydu bulunmaktadır. Potansiyel süpermarket şubelerinin (müşteri noktalarının) örnekleme seçiminde, nüfusun yoğun olduğu alanlarda daha fazla talep yaratma imkanının olduğu varsayımıyla, TÜİK¹⁰'ten elde edilen 2018 yılı nüfus verilerine göre her bir ilçenin en kalabalık iki mahallesi tespit edilmiştir. Bu mahallelerdeki potansiyel şube yerlerinin belirlenmesinde, örnek alınan süpermarket zincirinin söz konusu mahallelerde merkezi konumda yer alan şubeleri Google Haritalar¹¹ yardımıyla işaretlenmiştir.

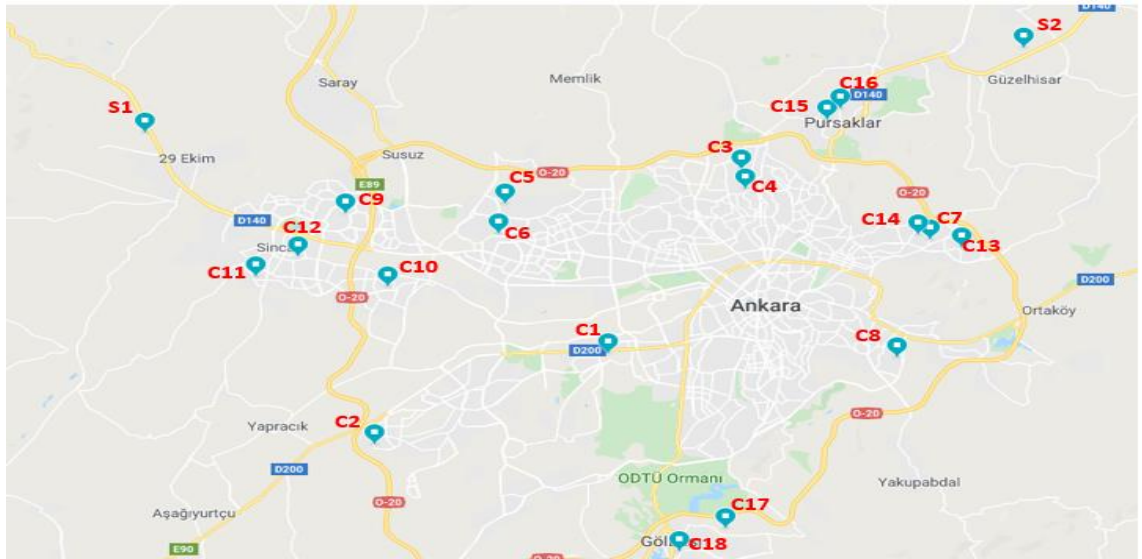
Dağıtım ağı Şekil 8 ile gösterilmektedir. Şekildeki D merkezi depoyu, S1 ve S2 uydu noktalarını, C1 ve C2 Çankaya, C3 ve C4 Keçiören, C5 ve C6 Yenimahalle, C7 ve C8 Mamak, C9 ve C10 Etimesgut, C11 ve C12 Sincan, C13 ve C14 Altındağ, C15 ve C16 Pursaklar, C17 ve C18 Gölbaşı ilçesindeki potansiyel şube yerlerini simgelemektedir. Örneğin, Çankaya'da C1, Keçiören'de C4, Yenimahalle'de C6, Mamak'ta C7, Etimesgut'ta C10, Sincan'da C12, Altındağ'da C13, Pursaklar'da C16, Gölbaşı'nda C17 potansiyel şube yerlerinin süpermarket şubesi kurmak üzere seçilmesi 512 adet kombinasyondan (KVB) bir tanesidir. Çankaya'da C2, Keçiören'de C4, Yenimahalle'de C6, Mamak'ta C8, Etimesgut'ta C10, Sincan'da C12, Altındağ'da C13, Pursaklar'da C15, Gölbaşı'nda C17 şubelerinin seçilmesi ise bir diğer kombinasyondur. VZA yönteminde KVB olarak yer alan bunun gibi tüm olası kombinasyonlar (512 adet) Gurobi 9.1.0 programında yapılan kodlama ile oluşturulmuştur. Her bir kombinasyon için elde edilen 2A-ARP optimal amaç fonksiyonu değerleri (mesafe, yakıt tüketimi, süre, maliyet) VZA

¹⁰ <https://www.tuik.gov.tr>, Erişim Tarihi: Ocak 2020

¹¹ <https://www.google.nl/maps>, Erişim Tarihi: Ocak 2020

yönteminde birer girdi parametresi ve kombinasyonda yer alan şubelere ulaştırılacak toplam talep değeri ise çıktı parametresi olarak kullanılmıştır. Google Haritalar¹²'dan elde edilen düğümler arasındaki mesafeler Ek 3'te Tablo E. 9 ile verilmektedir.

Şekil 8: Dağıtım Ağının Gösterimi



Pazara yeni girecek ve indirim marketler sınıfında yer alacak olan süpermarket zincirinin potansiyel şubelerine yönelik tahmini talep değerlerinin üretilmesinde aşağıdaki bilgiler kullanılmıştır:

¹² <https://www.google.nl/maps>, Erişim Tarihi: Ocak 2020

- 2019 yılında Türkiye’de indirim marketlerinin toplam pazardaki payı %76’dır¹³.
- 2017’de yayınlanan “İndirim Marketlerde Tüketici Tercihleri” araştırmasına göre Türkiye’de indirim marketleri sınıfında yer alan ve örnek olarak alınan X süpermarketinin indirim marketler içindeki pazar payı %43,70’dır¹⁴.
- Beslenme Bilimleri uzmanının görüşüne göre insanların sağlıklı ve dengeli beslenebilmeleri için günlük tüketmesi gereken ortalama kırmızı et miktarı 70 gramdır¹⁵.

Yukarıda bilgiler gözönünde bulundurularak tahmini talep değerlerinin elde edilmesinde aşağıdaki formül kullanılmış ve elde edilen söz konusu tahmini talep değerleri Tablo 8 ile sunulmaktadır.

$$\text{Tahmini Talep Miktarı} = \text{Mahalle Nüfusu} \times 0,76 \times 0,437 \times 0,07$$

Tablo 8: Potansiyel Şubelere İlişkin Talep Tahmin Değerleri

Potansiyel Şubeler	Talep Değerleri (kg)	Potansiyel Şubeler	Talep Değerleri (kg)
C1	711,89	C10	825,29
C2	704,73	C11	1.017,21
C3	1.092,14	C12	819,44
C4	1.043,76	C13	1.763,32
C5	1.182,79	C14	789,07
C6	858,82	C15	844,38
C7	812,53	C16	572,05
C8	773,89	C17	591,37
C9	1.010,38	C18	524,23

2A-ARP’de iki tür araç kullanılmaktadır. Depo ve uydu noktaları arasındaki dağıtımda büyük araçlar kullanılırken; uydu noktaları ile şubeler arasındaki dağıtım küçük araçlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Türkiye’deki büyükşehirlerde Ulaşım Koordinasyon Merkezi (UKOME) tarafından 7 ton ve üzeri ağır tonajlı araçların şehir içine giriş saatlerinin sınırlandırılması ve hatta bazı güzergâhları kullanmalarına izin verilmemesi nedeniyle¹⁶ küçük araç olarak 9 adet azami yüklü ağırlığı 5500 kg, boş ağırlığı 2990 kg

¹³https://www.ntv.com.tr/ekonomi/vatandas-artik-indirim-marketlerini-tercih-ediyor-yuzde293-artis_PETc8CloEmY_TXwtmkAYQ, Erişim Tarihi: Ocak 2020

¹⁴<https://www.twentify.com/tr/blog/sekt%C3%B6rlerin-iron-mani-i-%CC%87ndirim-marketlerde-t%C3%BCketici-tercihleri>, Erişim Tarihi: Ocak 2020

¹⁵<https://onedio.com/haber/yillik-ihiyac-25-kilogram-turkiye-ve-diger-ulkelerde-kisi-basi-kirmizi-et-tuketimi-ne-kadar-848941>, Erişim Tarihi: Ocak 2020

¹⁶<https://www.ankara.bel.tr/ukome-kararlari>, Erişim Tarihi: Aralık 2019

ve yüklenebilir ağırlığı (taşıma kapasitesi) 2510 kg olan kamyon örnekleme seçilmiştir. Büyük araç olarak ise 2 adet azami yüklü ağırlığı 19000 kg, boş ağırlığı 7620 kg ve yüklenebilir ağırlığı 11380 kg olan kamyon kullanılmaktadır.

Toplam yakıt tüketimi hesaplamasında kullanılan teknik parametreler Demir vd. (2012)'den alınmıştır ve Tablo 4 ile gösterilmektedir. Ancak, boş ağırlık değerlerinde olduğu gibi, büyük ve küçük araçlara yönelik ön yüzey alanları da farklılık göstermektedir. Büyük araçların ön yüzey alanı 4,68 m² iken küçük araçlarınkı 2.36 m²'dir. Araçların ön yüzey alanları, ön uzunluk ve yükseklik değerlerinin çarpılması yoluyla hesaplanmıştır.

Kamyonların yerleşim yerleri dışındaki hız sınırınının 80 km/saat, yerleşim yerleri içerisindeki hız sınırınının 50 km/saat olmasından dolayı büyük kamyonun ortalama hız değeri 60 km/saat (16,67 metre/saniye); küçük kamyonun ortalama hız değeri ise 30 km/saat (8,33 metre/saniye) olarak kabul edilmiştir. Araçlara ait tüm teknik bilgiler araç broşürlerinden temin edilmiştir. Ankara'da 2019 yılında dizel yakıtın litre fiyatı 6,62 TL'dir¹⁷. Şoförlerin 2019 yılı aylık brüt maaşının yaklaşık 6000 TL olduğu bilgisiyle sürücü ücreti 0,0069 TL/saniye olarak baz alınmıştır¹⁸. Her iki uyduda da birim elleçleme maliyeti 1 TL'dir.

2A-ARP'de amaç fonksiyonlarının (VZA'da girdi parametrelerinin) hesaplanmasında Bölüm 4'te bahsedilen fonksiyonlar kullanılmıştır.

5.4. ANALİZLER VE DEĞERLENDİRMELER

Şube kombinasyonlarının oluşturulması, 2A-ARP ve tüm VZA modellerinin çözümüne yönelik kodlamalar akademik lisanslı Gurobi 9.1.0 aracılığıyla yapılmıştır. Çözümlerin elde edilmesinde Intel (R) i7 işlemci 2.4 GHz hızında 6 GB belleğe sahip bir bilgisayar kullanılmıştır.

<https://www.enakliyat.com.tr/makale/kamyonların-trafiğe-cikis-saatleri-ve-cezalar>, Erişim Tarihi: Aralık 2019

<http://www.kto.org.tr/print.php?type=1&id=1881>, Erişim Tarihi: Aralık 2019

¹⁷<https://www.aytemiz.com.tr/faaliyet-alanlari-hizmetler/istasyonlar-hakkında/akaryakit-ve-pompa-fiyatları/yakit-fiyatları> Erişim Tarihi: Aralık 2019

¹⁸<https://www.randstad.com.tr/reports/ucretler-yan-haklar-isyeri-egilimleri-raporu/ik-trendleri-ve-ucret-raporu-2019.pdf> Erişim Tarihi: Ocak 2020

5.4.1. 2A-ARP ve Standart VZA Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tüm şube kombinasyonlarına (KVB'lere) yönelik 2A-ARP modellerinden elde edilen amaç fonksiyonlarına ait optimum değerler ve girdi odaklı ve ölçeğe göre değişken getirili standart VZA etkinlik skorları Ek 3'te Tablo E.10'da verilmektedir. Buna göre, 1, 3, 6, 94, 131, 132, 140, 204, 208, 222, 224, 256 ve 512 numaralı KVB'lerin etkin olduğu (etkinlik skoru = 1) görülmektedir. Her ne kadar 512 KVB'den yalnızca 13 birim etkin olsa da tüm KVB'lerin etkinlik skorları oldukça yüksek ve ortalama etkinlik skoru 0,994 olarak gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, VZA modelinin etkinlik skoru dağıtımını iyileştirmek ve yer seçimi ile ilgili daha sağlıklı değerlendirmeler yapabilmek adına çalışmanın bundan sonraki bölümünde sonuçlarından bahsedilecek olan katmanlı VZA ve süper-etkinlik VZA modellerinden faydalanılmıştır.

5.4.2. Kümeleme ve Süper-Etkinlik VZA Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada önerilen karma metotta yer alan VZA yönteminin kullanım amacı, hangi süpermarket şubelerinin açılacağı kararının verilmesi diğer bir deyişle kurulum kararının verilebilmesidir. Uygulanan standart VZA yöntemi sonucunda birden fazla KVB'nin etkin olması nedeniyle en etkin KVB'nin hangisi olduğu bilgisine ulaşılamamış dolayısıyla kurulum kararına yönelik bir sonuç elde edilememiştir. Bu bağlamda, hangi KVB'nin en etkin olduğu sorusuna yanıt alabilmek amacıyla KVB'leri kendi aralarında sıralamaya imkân sağlayan süper-etkinlik VZA yöntemi tercih edilmiştir. Ancak, unutulmamalıdır ki VZA göreceli etkinlik ölçümü yapan bir yöntem olduğundan kıyaslamaya tabi tutulan KVB'lerin hangileri olduğu ve bu KVB'lerin performansları (girdi ve çıktı değerleri), KVB'lerin etkinlik skorlarını ve dolayısıyla da sıralamalarını etkilemektedir. Ayrıca, KVB'lerin etkinlik düzeylerine göre kümelenecek analiz edilmesi daha homojen KVB'lerin kıyaslanması açısından önemlidir. Böylece, tüm KVB'lerin (512 adet) tek bir analiz ile değerlendirilmesi (sıralamaya tabi tutulması) yerine öncelikle KVB'ler bölüm 5.1.2.'de bahsedilen yöntem vasıtasıyla kümelenecek daha homojen gruplar yaratılmış sonrasında her bir grupta yer alan KVB'ler kendi içlerinde süper-etkinlik VZA yöntemi ile sıralamaya tabi tutulmuştur. Toplamda 32 adet küme elde edilmiş, ardından tüm kümeler için girdi odaklı ve ölçeğe göre değişken getirili süper-etkinlik VZA yöntemi uygulanmıştır. Hesaplamalar sonucunda KVB'lere ait süper etkinlik skorları elde edilmiş ve bu birimler süper etkinlik skorlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır.

Her ne kadar buradaki VZA yönteminin kullanılmasının amacı en etkin KVB'nin hangisi olduğu diğer bir deyişle hangi süpermarket şubelerinin açılacağı kararının verilmesi olsa da bazı nedenlerden dolayı (örneğin; spesifik bir şubenin analizlerde görülmeyen/dikkate alınmayan bir faktörden dolayı açılmasını tercih etme durumu, seçim kararları verilirken duruma daha geniş bir perspektiften bakma gereksinimi vb.) hangi KVB'nin hangi kümede yer aldığı ve bu kümedeki etkinlik sıralamasının ne olduğu bilgileri de karar verici tarafından bilinmek istenmektedir. Bu bağlamda, her bir kümede yer alan KVB'lere yönelik süper-etkinlik skorları bilgileri Ek 3'te Tablo E.11 ile paylaşılmaktadır. Ayrıca, kümelerdeki KVB sayıları ve bu KVB'lerin süper-etkinlik skorlarına göre sıralaması Ek 3'te Tablo E.12 ile özetle sunulmaktadır. Tablodan da görüleceği üzere, sıralamanın en başında gelen 1. kümedeki 1 numaralı KVB görece olarak en etkin olan KVB'dir. Böylece, Çankaya'da C1, Keçiören'de C3, Yenimahalle'de C5, Mamak'ta C7, Etimesgutta C9, Sincan C11, Altındağ'da C13, Pursaklar'da C15 ve Gölbaşı'nda C17 şubelerinin seçildiği diğer bir deyişle süpermarket şubelerinin buralarda kurulması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Söz konusu şubelerin kurulması durumundaki, toplam mesafe fonksiyonuna göre elde edilen birinci ve ikinci aşama optimum rotaların gösterimi Şekil 9'da sunulmaktadır. Kurulumuna karar verilen süpermarket şubelerine ait 9026 kg'lık toplam talebin şubelere dağıtılmasında, birinci aşamada tek bir araç kullanılmaktadır. Araç merkezi depodan çıktıktan sonra önce S2 uydusuna oradan da S1 uydusuna uğramakta ve merkezi depoya geri dönmektedir. İkinci aşamada ise ikisi S1'den üçü S2'den hizmet vermek üzere toplamda 5 araç kullanılmaktadır. S1'den çıkan araçlardan bir tanesi C1, C17, C5 şubelerine diğer araç ise C9 ve C11 şubelerine hizmet vermektedir. S2'den çıkan araçlardan biri C15, C3 şubelerine, diğer iki tanesi ise C7 ve C13 şubelerine ürün dağıtımını yapmaktadır. Bu iki şubeye tek bir araç vasıtasıyla hizmet verilememesinin sebebi ikinci aşamadaki araç kapasitesinin 2510 kg olması ve dolayısıyla tek bir aracın şubelerin toplam talebini taşıyacak yeterli kapasiteye sahip olmama durumudur.

Çalışmada hem etkin yer seçimi hem de rotalama kararlarının birlikte verildiği karma yöntemin uygulanabilirliği tasarlanan gerçekçi veri ile gösterilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, söz konusu method kullanılarak yalnızca potansiyel yerlerin etkin bir şekilde seçilmesinde değil mevcudiyette var olan yerlerin etkinliklerinin ölçülmesinde de benimsenebilmektedir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Lojistik yönetiminin bir parçası olan dağıtım faaliyetlerinde araç rotalarının belirlenmesi ve kurulum kararlarının verilmesi hem maliyetler hem de çevresel faktörler açısından oldukça önemlidir. Bu çalışma, özellikle dağıtım faaliyetlerini yoğun olarak kullanan işletmelerdeki karar vericilerin daha rasyonel karar vermelerine yardımcı olabilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, çalışmada öncelikle işletmelerin hangi tür dağıtım sistemini (tek-kademeli veya çok-kademeli) benimsemeleri gerektiği sorusuna yanıt verebilmek amacıyla Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi (KKARP) ve Kapasite Kısıtlı İki-Aşamalı Araç Rotalama Problemi (KK2A-ARP) dağıtım ağı performansı açısından önemli kriterler olan *mesafe*, *yakıt tüketimi*, *süre* ve *maliyet* unsurlarına göre karşılaştırılmıştır. Söz konusu dağıtım sistemlerinde, uydu kapasiteleri, talep miktarları, araç sayıları ve araç kapasiteleri olmak üzere, parametrelerde yapılan değişim ile oluşturulmuş 25 senaryo kapsamında duyarlılık analizi yapılmış ve sonuçları gözlemlenmiştir. Öte yandan, araçların kiralama ve yatırım maliyetleri de göz önünde bulundurularak kıyaslama yapılmıştır. Araç rotalarının belirlenmesinin yanısıra kurulum kararlarının verilmesini de sağlamak olan diğer bir amaç doğrultusunda ise 2A-ARP ve VZA tabanlı hibrit bir metod ile bir nevi sezgisel yöntem önerilmiştir. Literatürde benzerine rastlanılmamış söz konusu metotta KK2A-ARP ile tüm alternatiflere yönelik optimal amaç fonksiyonu değerleri saptanmış ardından birden fazla faktörü dikkate alarak etkin bir şekilde karar vermeye yarayan standart VZA, katmanlı VZA ve süper-etkinlik VZA yöntemleri kullanılarak dağıtım ağına yer alacak tesislere ilişkin kurulum kararlarını vermek üzere bir metod önerisi geliştirilmiştir.

KKARP ve KK2A-ARP'nin kıyaslanması kapsamında yapılan analizler;

- aynı miktardaki ürünün toplamda daha çok araç kullanılarak dağıtılmasına karşın 2A-ARP'nin toplam maliyet fonksiyonu haricinde tüm amaç fonksiyonlarında (mesafe, yakıt tüketimi, süre) daha düşük değerlere sahip olduğunu ve dolayısıyla daha avantajlı olduğunu,
- her ne kadar ARP daha çok yakıt ve sürücü maliyetine sebep olsa da 2A-ARP'nin uydu noktalarındaki yükleme/boşaltma faaliyetlerinden kaynaklanan elleçleme maliyetinden dolayı daha yüksek toplam maliyete sahip olduğunu,
- ikincil kademedeki tüm araçların sadece tek bir uyduda kullanımına izin verilmesinin 2A-ARP'de tüm amaç fonksiyonlarında artışa sebep olduğunu,

- 2A-ARP'de sadece birinci uydunun kullanımına izin vermenin, sadece ikinci uydunun kullanımına izin verilmesine göre daha az artış yarattığını,
- 2A-ARP'de araçların uydulardaki kullanımına yönelik kısıtların modelden çıkarılması durumunda temel durumda olduğu gibi birinci uydunun daha fazla kullanılmakta olduğunu (birinci uydunun hem merkezi depoya hem de müşterilerin çoğuna daha yakın konumda olmasından dolayı), amaç fonksiyonu değerlerinde ve rotalarda değişim olmadığını,
- talep miktarlarındaki azalışın daha az araç kullanımını gerektirmesinden dolayı hem ARP hem de 2A-ARP'de tüm amaç fonksiyonu değerlerinde azalış yarattığını, talep miktarlarındaki artışın ise bunun tam tersi yönünde olduğunu,
- modellerin minimizasyon problemi olması ve dolayısıyla mümkün olan en az aracın kullanılması nedeniyle, araç sayısındaki artışın da uygun olmayan çözüme sebebiyet vermeyecek bir azalışın da ARP ve 2A-ARP'de ne amaç fonksiyonu değerlerinde ne de optimal rotalarda herhangi bir değişime sebep olmadığını,
- araç kapasitelerindeki artışların hem ARP'de hem de 2A-ARP'de aynı miktardaki ürünün daha az araç vasıtasıyla dağıtılabildiğini mümkün kıldığından tüm amaç fonksiyonu değerlerinin azaldığını,
- 2A-ARP'nin hem filoda bulunan hem de kullanılan araç sayısının daha fazla olmasından dolayı ARP'ye göre daha fazla yatırım ve kiralama maliyetine sebep olduğunu,
- tek-kademeli dağıtım sistemlerinin daha az maliyetli; iki-kademeli dağıtım sistemlerinin ise daha çevre dostu sonuçlar ürettiğini

göstermektedir.

Önerilen hibrit metodun uygulanabilirliğini göstermek amacıyla yapılan araştırma tasarımında izlenen adımlar ve bulgular şu şekildedir:

- İndirim marketleri sınıfında yer alacak ve pazara yeni gireceği düşünülen bir süpermarket zincirinin, Ankara'nın 9 merkezi ilçesinde birer şube kurmak üzere, dağıtım ağı modellenmeye çalışılmıştır. Problemdaki şube (müşteri) kombinasyonu sayısının üssel olarak artması sebebiyle her bir bölgede iki adet potansiyel şubenin olduğu varsayılmıştır. Böylece, her bölgeden bir şube yerinin kurulmak üzere seçilmesi durumunda $512 (2^9)$ adet şube kombinasyonu (KVB) elde edilmiştir.

- Her bir kombinasyon için 2A-ARP modellemesi ile optimal amaç fonksiyonu değerleri (toplam mesafe, toplam yakıt tüketimi, toplam süre, toplam maliyet) elde edilmiştir.
- Elde edilen her bir optimal amaç fonksiyonu değeri VZA yönteminde birer girdi parametresi ve kombinasyonda yer alan şubelere ulaştırılacak toplam talep miktarı ise çıktı parametresi olarak kullanılmıştır.
- Her bir amaç fonksiyonu değerinin düşük değerlere sahip olmasının tercih edilmesinden dolayı *girdi odaklı*, girdiler ve çıktı arasında tam oransallığın olmamasından dolayı da *ölçeğe göre değişken getirili* VZA modeli tercih edilmiştir.
- Hangi KVB'nin (şube kombinasyonunun) en etkin olduğunun saptanabilmesi amacıyla standart VZA yöntemi uygulanmıştır. Her ne kadar 512 KVB'den yalnızca 13 birim etkin olsa da tüm KVB'lerin etkinlik skorları oldukça yüksek ve ortalama etkinlik skoru 0,994 olarak gözlemlenmiştir.
- Uygulanan standart VZA yöntemi sonucunda birden fazla KVB'nin etkin olması nedeniyle en etkin KVB'nin hangisi olduğu bilgisine ulaşılamamıştır. Bu bağlamda, hangi KVB'nin en etkin olduğu sorusuna yanıt alabilmek amacıyla KVB'leri kendi aralarında sıralamaya imkân sağlayan süper-etkinlik VZA yöntemi tercih edilmiştir. Ancak, unutulmamalıdır ki VZA göreceli etkinlik ölçümü yapan bir yöntem olduğundan kıyaslamaya tabi tutulan KVB'lerin hangileri olduğu ve bu KVB'lerin performansları (girdi ve çıktı değerleri), KVB'lerin etkinlik skorlarını ve dolayısıyla da sıralamalarını etkilemektedir. Ayrıca, KVB'lerin etkinlik düzeylerine göre kümelenecek analiz edilmesi daha homojen KVB'lerin kıyaslanması açısından önemlidir. Böylece, tüm KVB'lerin (512 adet) tek bir analiz ile değerlendirilmesi (sıralamaya tabi tutulması) yerine öncelikle KVB'ler bölüm 5.1.2.'de bahsedilen yöntem vasıtasıyla kümelenecek daha homojen gruplar yaratılmış sonrasında her bir grupta yer alan KVB'ler kendi içlerinde süper-etkinlik VZA yöntemi ile sıralamaya tabi tutulmuştur.
- Toplamda 32 adet küme elde edilmiş, ardından tüm kümeler için girdi odaklı ve ölçeğe göre değişken getirili süper-etkinlik VZA yöntemi uygulanmıştır. Hesaplamalar sonucunda KVB'lere ait süper etkinlik skorları elde edilmiş ve bu birimler süper etkinlik skorlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır.
- Sıralamanın en başında gelen 1. kümedeki 1 numaralı KVB'nin göreceli olarak en etkin KVB olduğu gözlemlenmiştir. Böylece, Çankaya'da C1, Keçiören'de C3, Yenimahalle'de C5, Mamak'ta C7, Etimesgut'ta C9, Sincan C11, Altındağ'da

C13, Pursaklar'da C15 ve Gölbaşı'nda C17 şubelerinin seçildiği diğer bir deyişle süpermarket şubelerinin buralarda kurulması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Potansiyel yerlere ilişkin etkin kurulum kararlarının verilebilmesinin yanısıra mevcudiyette var olan lokasyonların ve rotaların görelî etkinliklerinin hesaplanması amacına da hizmet edebilecek söz konusu hibrit metod ile farklı bir bakış açısı sunulmaya çalışılmıştır. Çalışmanın bu yönüyle literatüre katkıda bulunduğu ve dolayısıyla gelecekte yapılacak olan benzer çalışmalara yol gösterici olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abbott, M. ve Doucouliagos, C. (2003). The Efficiency of Australian Universities: A Data Envelopment Analysis. *Economics of Education Review*, 22(1), 89-97.
- Agardi, A., Kovacs, L. ve Banyai, T. (2019). Two-Echelon Vehicle Routing Problem with Recharge Stations. *Transport and Telecommunication*, 20(4), 305-317.
- Agasisti, T., Munda, G. ve Hippe, R. (2019). Measuring the Efficiency of European Education Systems by Combining Data Envelopment Analysis and Multiple-Criteria Evaluation. *Journal of Productivity Analysis*, 51(2-3), 105-124.
- Ali, A.I., Lerme, C.S. ve Seiford, L.M. (1995). Components of Efficiency Evaluation in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 80, 462-473.
- Anderluh, A., Hemmelmayr, V. C. ve Nolz, P. C. (2017). Synchronizing Vans and Cargo Bikes in A City Distribution Network. *Central European Journal of Operations Research*, 25(2), 345-376.
- Anderluh, A., Larsen, R., Hemmelmayr, V. C. ve Nolz, P. C. (2019a). Impact of Travel Time Uncertainties on the Solution Cost of a Two-Echelon Vehicle Routing Problem with Synchronization. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 1-23.
- Anderluh, A., Nolz, P. C., Hemmelmayr, V. C. ve Crainic, T. G. (2019b). Multi-Objective Optimization of a Two-Echelon Vehicle Routing Problem with Vehicle Synchronization and 'Grey Zone' Customers Arising in Urban Logistics. *European Journal of Operational Research*.
- Andersen, P. ve Petersen, N.C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39(10), 1261-1264.
- Angelelli, E. ve Speranza, M. G. (2002). The Periodic Vehicle Routing Problem with Intermediate Facilities. *European Journal of Operational Research*, 137(2), 233-247.
- Archetti, C., Speranza, M. G. ve Hertz, A. (2006). A Tabu Search Algorithm for the Split Delivery Vehicle Routing Problem. *Transportation Science*, 40(1), 64-73.

- Armstrong, G. ve Kotler, P. (2009). *Marketing: An Introduction* (Ninth Edition). Pearson Education.
- Atici, K. B. Ve Podinovski, V. V. (2015). Using Data Envelopment Analysis for the Assessment of Technical Efficiency of Units with Different Specialisations: An Application to Agriculture. *Omega*, 54, 72-83.
- Babae Tirkolaee, E., Hadian, S. ve Golpira, H. (2019). A Novel Multi-Objective Model for Two-Echelon Green Routing Problem of Perishable Products with Intermediate Depots. *Journal of Industrial Engineering and Management Studies*, 6(2), 196-213.
- Babagolzadeh, M., Shrestha, A., Abbasi, B., Zhang, S., Atefi, R. ve Woodhead, A. (2019). Sustainable Open Vehicle Routing with Release-Time and Time-Window: A Two-Echelon Distribution System. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 571-576.
- Baldacci, R., Battarra, M. ve Vigo, D. (2008). Routing a Heterogeneous Fleet of Vehicles. in *the Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*. Springer, 3-27.
- Baldacci, R., Mingozzi, A., Roberti, R. ve Clavo, R. W. (2013). An Exact Algorithm for the Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem. *Operations Research*, 61(2), 298-314.
- Banker, R.D., Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Banker, R.D. ve Morey, R.C. (1986). Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs. *Operations Research*, 34, 513-521.
- Bard, J. F. ve Nananukul, N. (2009). Heuristics for a Multiperiod Inventory Routing Problem with Production Decisions. *Computers & Industrial Engineering*, 57(3), 713-723.
- Bektaş, T., Crainic, T. G. ve Van Woensel, T. (2015). From Managing Urban Freight to Smart City Logistics Networks. Teknik Rapor, CIRRELT-2015-17, CIRRELT, Montreal.

- Belgin, Ö. (2017). *İki Aşamalı Eş Zamanlı Topla-Dağıt Araç Rotalama Problemi İçin Çözüm Yaklaşımları*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Belgin, Ö., Karaoglan, I. ve Altıparmak, F. (2018). Two-Echelon Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery: Mathematical Model and Heuristic Approach. *Computers & Industrial Engineering*, 115, 1-16.
- Beltrami, E. J. ve Bodin, L. D. (1974). Networks and Vehicle Routing for Municipal Waste Collection. *Networks*, 4(1), 65-94.
- Bent, R. ve Van Hentenryck, P. (2004). A Two-Stage Hybrid Local Search for the Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Transportation Science*, 38(4), 515-530.
- Bevilaqua, A., Bevilaqua, D. ve Yamanaka, K. (2019). Parallel Island Based Memetic Algorithm with Lin-Kernighan Local Search for A Real-Life Two-Echelon Heterogeneous Vehicle Routing Problem Based on Brazilian Wholesale Companies. *Applied Soft Computing Journal*, 76, 697-711.
- Braekers, K., Ramaekers, K. ve Van Nieuwenhuysse, I. (2016). The Vehicle Routing Problem: State of the Art Classification and Review. *Computers & Industrial Engineering*, 99, 300-313.
- Breunig, U., Schmid, V., Hartl, R. F. ve Vidal, T. (2015). A Fast Large Neighbourhood Based Heuristic for the Two-Echelon Vehicle Routing Problem. Working Paper.
- Breunig, U., Schmid, V., Hartl, R. F. ve Vidal, T. (2016). A Large Neighbourhood Based Heuristic for Two-Echelon Routing Problems. *Computers & Operations Research*, 76, 208-225.
- Breunig, U., Baldacci, R., Hartl, R. F. ve Vidal, T. (2019). The Electric Two-Echelon Vehicle Routing Problem. *Computers and Operations Research*, 103, 198-210.
- Cattaruzza, D., Absi, N., Feillet, D. ve González-Feliu, J. (2017). Vehicle Routing Problems for City Logistics. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 6(1), 51-79.
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.

- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Thrall, R.M. (1991). A structure for Classifying and Characterizing Efficiency and Inefficiency in Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 2, 197-237.
- Chen, Y. (2004). Ranking Efficient Units in DEA. *Omega*, 32, 213-219.
- Chen, S., Golden, B. ve Wasil, E. (2007). The Split Delivery Vehicle Routing Problem: Applications, Algorithms, Test Problems, and Computational Results. *Networks: An International Journal*, 49(4), 318-329.
- Chen, C., Ahtari, G., Majkut, K. ve Sheu, J. B. (2017). Balancing Equity and Cost in Rural Transportation Management with Multi-Objective Utility Analysis and Data Envelopment Analysis: A Case of Quinte West. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 95, 148-165.
- Christofides, N., Mingozzi, A. ve Toth, P. (1981). Exact Algorithms for the Vehicle Routing Problem, Based on Spanning Tree and Shortest Path Relaxations. *Mathematical Programming*, 20(1), 255-282.
- Clarke, G. ve Wright, J. W. (1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. *Operations Research*, 12(4), 568-581.
- Coelli, T.J., Rao, D.S.P., O'Donnell, C.J. ve Battese, G.E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis (2. Edition)*. New York: Springer.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M. ve Tone, K. (2006). *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses: With DEA-Solver Software and References*. New York: Springer.
- Cordeau, J. F., Gendreau, M., Hertz, A., Laporte, G. ve Sormany, J. S. (2005). New Heuristics for the Vehicle Routing Problem. In *Logistics Systems: Design and Optimization* (pp. 279-297). Springer, Boston, MA.
- Crainic, T. G., Mancini, S., Perboli, G. ve Tadei, R. (2008). Clustering-Based Heuristics for the Two-Echelon Vehicle Routing Problem. Teknik rapor. CIRRELT-2008-46, CIRRELT, Montreal, Canada.
- Crainic, T. G., Perboli, G., Mancini, S. ve Tadei, R. (2010). Two-Echelon Vehicle Routing Problem: A Satellite Location Analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 5944-5955.

- Crainic, T. G., Mancini, S., Perboli, G. ve Tadei, R. (2011). Multi-Start Heuristics for the Two-Echelon Vehicle Routing Problem. 11th European Conference, EvoCOP 2011, Torino (IT), 27-29 Nisan, 179-190.
- Crainic, T. G., Mancini, S., Perboli, G. ve Tadei, R. (2012). Impact of Generalized Travel Costs on Satellite Location in the Two-Echelon Vehicle Routing Problem. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 39, 195-204.
- Crainic, T. G., Mancini, S., Perboli, G. ve Tadei, R. (2013). GRASP with Path Relinking for the Two-Echelon Vehicle Routing Problem. In: *Advances in Metaheuristics: Operations Research / Computer Science Interfaces Series*, 53, 113-125. Springer, New York.
- Crevier, B., Cordeau, J. F. ve Laporte, G. (2007). The Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Inter-Depot Routes. *European Journal of Operational Research*, 176(2), 756-773.
- Cuda, R., Guastaroba, G. ve Speranza, M. G. (2015). A Survey on Two-Echelon Routing Problems. *Computers & Operations Research*, 55, 185-199.
- Çetinkaya, C., Karaoglan, I. ve Gökçen, H. (2013). Two-Stage Vehicle Routing Problem with Arc Time Windows: A Mixed Integer Programming Formulation and A Heuristic Approach. *European Journal of Operational Research*, 230(3), 539-550.
- Dantzig, G. B. ve Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6(1), 80-91.
- Dellaert, N., Dashty Saridarq, F., Van Woensel, T. ve Crainic, T. G. (2016). Branch & Price Based Algorithms for the Two-Echelon Vehicle Routing Problem with Time Windows. Teknik rapor. CIRRELT-2016-45, CIRRELT, Montreal, Canada.
- Demir, E., Bektaş, T. ve Laporte, G. (2012). An Adaptive Large Neighborhood Search Heuristic for the Pollution-Routing Problem. *European Journal of Operational Research*, 223(2), 346-359.
- Dondo, R., Méndez, C. A. ve Cerdá, J. (2011). The Multi-Echelon Vehicle Routing Problem with Cross Docking in Supply Chain Management. *Computers & Chemical Engineering*, 35(12), 3002-3024.

- Dror, M. ve Trudeau, P. (1989). Savings by Split Delivery Routing. *Transportation Science*, 23(2), 141-145.
- Du, J. ve Leung, J. Y. T. (1990). Minimizing Total Tardiness on One Machine Is NP-Hard. *Mathematics of Operations Research*, 15(3), 483-495.
- Dyckhoff, H. Ve Allen, K. (2001). Measuring Ecological Efficiency with Data Envelopment Analysis (DEA). *European Journal of Operational Research*, 132(2), 312-325.
- Eitzen, H., Lopez-Pires, F., Baran, B., Sandoya, F. ve Chicaiza, J. L. (2017). A Multi-Objective Two-Echelon Vehicle Routing Problem. An Urban Goods Movement Approach for Smart City Logistics, *In 2017 XLIII Latin American Computer Conference (CLEI)*, 4–8 Eylül.
- Eksioglu, B., Vural, A. V. ve Reisman, A. (2009). The Vehicle Routing Problem: A Taxonomic Review. *Computers & Industrial Engineering*, 57(4), 1472-1483.
- Enthoven, D. L., Jargalsaikhan, B., Roodbergen, K. J., uit het Broek, M. A. ve Schrotenboer, A. H. (2020). The Two-Echelon Vehicle Routing Problem with Covering Options: City Logistics with Cargo Bikes and Parcel Lockers. *Computers & Operations Research*, 118, 104919.
- Erdoğan, S. ve Miller-Hooks, E. (2012). A Green Vehicle Routing Problem. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(1), 100-114.
- Esmaili, M. ve Sahraeian, R. (2017). A New Bi-Objective Model for A Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem for Perishable Products with the Environmental Factor. *International Journal of Engineering*, 30(4), 523-531.
- Esmaili, M. ve Sahraeian, R. (2019). Comparing Two-Echelon and Single-Echelon Multi-Objective Capacitated Vehicle Routing Problems. *Journal of Quality Engineering and Production Optimization*, 4(1), 1-16.
- Fleischmann, B., Gnutzmann, S. ve Sandvoß, E. (2004). Dynamic Vehicle Routing Based on Online Traffic Information. *Transportation Science*, 38(4), 420-433.
- Fukasawa, R., Longo, H., Lysgaard, J., De Aragao, M. P., Reis, M., Uchoa, E. Ve Werneck, R. F. (2006). Robust Branch-and-Cut-and-Price for the Capacitated Vehicle Routing Problem. *Mathematical Programming*, 106(3), 491-511.

- Ganesh, K. ve Narendran, T. T. (2007). CLOVES: A Cluster-and-Search Heuristic to Solve the Vehicle Routing Problem with Delivery and Pick-Up. *European Journal of Operational Research*, 178(3), 699-717.
- Geoffrion, A. M. (1968). Proper Efficiency and the Theory of Vector Maximization. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 22(3), 618-630.
- Golden, B., Assad, A., Levy, L. ve Gheysens, F. (1984). The Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem. *Computers & Operations Research*, 11(1), 49-66.
- Gonzalez-Feliu, J. (2008). Models and Methods for the City Logistics: The Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem. Doktora Tezi, Politecnico di Torino, Turin, İtalya.
- Gonzalez-Feliu, J., Perboli, G., Tadei, R. ve Vigo, D. (2008). The Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem. Teknik Rapor. Politecnico di Torino, İtalya.
- Grangier, P., Gendreau, M., Lehuédé, F. ve Rousseau, L. M. (2016). An Adaptive Large Neighborhood Search for the Two-Echelon Multiple-Trip Vehicle Routing Problem with Satellite Synchronization. *European Journal of Operational Research*, 254(1), 80-91.
- Hammami, H., Ngo, T., Tripe, D. Ve Vo, D. T. (2020). Ranking with a Euclidean Common Set of Weights in Data Envelopment Analysis: With Application to the Eurozone Banking Sector. *Annals of Operations Research*, 1-20.
- Han, Y., Zhou, R., Geng, Z., Bai, J., Ma, B. ve Fan, J. (2020). A Novel Data Envelopment Analysis Cross-Model Integrating Interpretative Structural Model and Analytic Hierarchy Process for Energy Efficiency Evaluation and Optimization Modeling: Application to Ethylene Industries. *Journal of Cleaner Production*, 246, 118965.
- He, P. ve Li, J. (2019). The Two-Echelon Multi-Trip Vehicle Routing Problem with Dynamic Satellites for Crop Harvesting and Transportation. *Applied Soft Computing Journal*, 77, 387-398.
- Hemmelmayr, V. C., Cordeau, J. F. ve Crainic, T. G. (2012). An Adaptive Large Neighborhood Search Heuristic for Two-Echelon Vehicle Routing Problems Arising in City Logistics. *Computers & Operations Research*, 39(12), 3215-3228.

- Henriques, I. C., Sobreiro, V. A., Kimura, H. ve Mariano, E. B. (2018). Efficiency in the Brazilian Banking System Using Data Envelopment Analysis. *Future Business Journal*, 4(2), 157-178.
- Jepsen, M., Spoorendonk, S. ve Ropke, S. (2013). A Branch-and-Cut Algorithm for the Symmetric Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem. *Transportation Science*, 47(1), 23-37.
- Jie, W., Yang, J., Zhang, M. ve Huang, Y. (2019). The Two-Echelon Capacitated Electric Vehicle Routing Problem with Battery Swapping Stations: Formulation and Efficient Methodology. *European Journal of Operational Research*, 272(3), 879-904.
- Jin, M., Liu, K. ve Eksioğlu, B. (2008). A Column Generation Approach for the Split Delivery Vehicle Routing Problem. *Operations Research Letters*, 36(2), 265-270.
- Jozefowicz, N., Semet, F. ve Talbi, E. G. (2008). Multi-Objective Vehicle Routing Problems. *European Journal of Operational Research*, 189(2), 293-309.
- Kancharla, S. R. ve Ramadurai, G. (2019). Multi-Depot Two-Echelon Fuel Minimizing Routing Problem with Heterogeneous Fleets: Model and Heuristic. *Networks and Spatial Economics*, 19(3), 969-1005.
- Keegan, W. J. ve Green, M. C. (2015). *Küresel Pazarlama Çev: Rezan Tatlıdil (7. Baskı)*. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti, Ankara.
- Kitjachoenchai, P., Min, B. C. ve Lee, S. (2020). Two Echelon Vehicle Routing Problem with Drones in Last Mile Delivery. *International Journal of Production Economics*, 225, 107598.
- Kohl, S., Schoenfelder, J., Fügener, A. ve Brunner, J. O. (2019). The Use of Data Envelopment Analysis (DEA) in Healthcare with a Focus on Hospitals. *Health Care Management Science*, 22(2), 245-286.
- Kotler, P. ve Keller, K. (2012). *Marketing Management*, 14e Global Edition, Person, Jakarta.
- Kotler, P. ve Armstrong, G. (2014). *Principles of Marketing*, Global Edition, 15e.

- Kritikos, M. N. ve Ioannou, G. (2010). The Balanced Cargo Vehicle Routing Problem with Time Windows. *International Journal of Production Economics*, 123(1), 42-51.
- Kumar, S. N. ve Panneerselvam, R. (2012). A Survey on the Vehicle Routing Problem and Its Variants. *Intelligent Information Management*, 4, 66-74.
- Laporte, G. (1992). The Vehicle Routing Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59(3), 345-358.
- Laporte, G. (2007). What You Should Know About The Vehicle Routing Problem. *Naval Research Logistics (NRL)*, 54(8), 811-819.
- Larsen, A., Madsen, O. B. G. D. Ve Solomon, M. (2002). Partially Dynamic Vehicle Routing—Models and Algorithms. *Journal of the Operational Research Society*, 53(6), 637-646.
- Lee, W. S. (2008). Benchmarking the Energy Efficiency of Government Buildings with Data Envelopment Analysis. *Energy and Buildings*, 40(5), 891-895.
- Li, H., Zhang, L., Lv, T. ve Chang, X. (2016a). The Two-Echelon Time-Constrained Vehicle Routing Problem in Linehaul-Delivery Systems. *Transportation Research Part B*, 94, 169-188.
- Li, H., Yuan, J., Lv, T. ve Chang, X. (2016b). The Two-Echelon Time-Constrained Vehicle Routing Problem in Linehaul-Delivery Systems Considering Carbon Dioxide Emissions. *Transportation Research Part D*, 49, 231-245.
- Li, H., Liu, Y., Jian, X. ve Lu, Y. (2018). The Two-Echelon Distribution System Considering the Real-Time Transshipment Capacity Varying. *Transportation Research Part B*, 110, 239-260.
- Li, H., Bai, M., Zhao, Y. ve Dai, C. (2019). Vehicle Flow Formulation for Two-Echelon Time-Constrained Vehicle Routing Problem. *Journal of Management Science and Engineering*, 4(2), 75-90.
- Li, H., Liu, Y., Chen, K. ve Lin, Q. (2020a). The Two-Echelon City Logistics System with On-Street Satellites. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105577.

- Li, H., Wang, H., Chen, J. ve Bai, M. (2020b). Two-Echelon Vehicle Routing Problem with Time Windows and Mobile Satellites. *Transportation Research Part B*, 138, 179-201.
- Liu, R., Tao, Y., Hu, Q. ve Xie, X. (2017). Simulation-Based Optimisation Approach for the Stochastic Two-Echelon Logistics Problem. *International Journal of Production Research*, 55(1), 187-201.
- Liu, T., Luo, Z., Qin, H. ve Lim, A. (2018). A Branch-and-Cut Algorithm for the Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem with Grouping Constraints. *European Journal of Operational Research*, 266(2), 487-497.
- Liu, Y., Gao, B., Liu, H. ve Wei, M. (2019). Optimal Production, Delivery and Inventory Policies for Perishable Products with Replenishment Lead Time in Two-Echelon Distribution Network. In *2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, Nisan, 262-266.
- Liu, Y., Liu, Z., Shi, J., Wu, G. ve Pedrycz, W. (2020). Two-Echelon Routing Problem for Parcel Delivery by Cooperated Truck and Drone. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*.
- Little, J. D., Murty, K. G., Sweeney, D. W. ve Karel, C. (1963). An Algorithm for the Traveling Salesman Problem. *Operations Research*, 11(6), 972-989.
- Lu, C. C. ve Yu, V.F.. (2012). Data Envelopment Analysis for Evaluating the Efficiency of Genetic Algorithms on Solving the Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows. *Computers & Industrial Engineering*, 63(2), 520-529.
- Marques, G., Sadykov, R., Deschamps, J. C. ve Dupas, R. (2020). An Improved Branch-Cut-and-Price Algorithm for the Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem. *Computers & Operations Research*, 114, 104833.
- Martins, L.C., Hirsch, P. ve Juan, A. (2020). Agile Optimization of A Two-Echelon Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery. *International Transactions in Operational Research*.
- Meihua, W., Xuhong, T., Shan, C. ve Shumin, W. (2011). Hybrid Ant Colony Optimization Algorithm for Two Echelon Vehicle Routing Problem. *Procedia Engineering*, 15, 3361-3365.

- Merchan Duenas, D. E. (2015). Transshipment Networks for Last-Mile Delivery in Congested Urban Areas. Doktora Tezi, Massachusetts Institute of Technology.
- Miller, C. E., Tucker, A. W. ve Zemlin, R. A. (1960). Integer Programming Formulation of Traveling Salesman Problems. *Journal of the ACM (JACM)*, 7(4), 326-329.
- Min, H. (1989). The Multiple Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-Up Points. *Transportation Research Part A: General*, 23(5), 377-386.
- Montane, F. A. T. ve Galvao, R. D. (2006). A Tabu Search Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick-Up and Delivery Service. *Computers & Operations Research*, 33(3), 595-619.
- Montoya, A., Guéret, C., Mendoza, J. E. ve Villegas, J. G. (2016). A Multi-Space Sampling Heuristic for the Green Vehicle Routing Problem. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 70, 113-128.
- Mosheiov, G. (1998). Vehicle Routing with Pick-Up and Delivery: Tour-Partitioning Heuristics. *Computers & Industrial Engineering*, 34(3), 669-684.
- Mucuk, İ. (2012). *Pazarlama İlkeleri (19. Basım)*. Türkmen Kitabevi.
- Oh, I., Lee, J.D., Hwang, S. ve Heshmati A. (2010). Analysis of Product Efficiency in the Korean Automobile Market from a Consumer's Perspective. *Empirical Economics*, 38, 119-137.
- Ombuki, B., Ross, B. J. ve Hanshar, F. (2006). Multi-Objective Genetic Algorithms for Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Applied Intelligence*, 24(1), 17-30.
- Omrani, H., Shafaat, K. ve Emrouznejad, A. (2018). An Integrated Fuzzy Clustering Cooperative Game Data Envelopment Analysis Model with Application in Hospital Efficiency. *Expert Systems with Applications*, 114, 615-628.
- Özmen, M., Altunışık, R., Torlak, Ö., Özdemir, Ş. ve Uzkuurt, C. (2013). *Pazarlama İlkeleri*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları.
- Papahristodoulou, C. (1997). A DEA Model to Evaluate Car Efficiency. *Applied Economics*, 29(11), 1493-1508.

- Penna, P. H. V., Subramanian, A. ve Ochi, L. S. (2013). An Iterated Local Search Heuristic for the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem. *Journal of Heuristics*, 19(2), 201-232.
- Perboli, G., Tadei, R. ve Masoero, F. (2009a). Valid Inequalities for the Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem. Teknik rapor. CIRRELT-2009-39, CIRRELT, Montreal, Canada.
- Perboli, G., Tadei, R. ve Masoero, F. (2009b). Models and Cuts for the Two-Echelon Vehicle Routing Problem. *In Proceedings of the International Network Optimization Conference*, 2009.
- Perboli, G., Tadei, R. ve Masoero, F. (2010). New Families of Valid Inequalities for the Two-Echelon Vehicle Routing Problem. *In Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 36, 639-646.
- Perboli, G., Tadei, R. ve Vigo, D. (2011). The Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem: Models and Math-Based Heuristics. *Transportation Science*, 45(3), 364-380.
- Perboli, G., Tadei, R. ve Fadda, E. (2018). New Valid Inequalities for the Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 64, 75-84.
- Pferschy, U. ve Stanek, R. (2017). Generating Subtour Elimination Constraints for the TSP from Pure Integer Solutions. *Central European Journal of Operations Research*, 25(1), 231-260.
- Pillac, V., Gendreau, M., Guéret, C. ve Medaglia, A. L. (2013). A Review of Dynamic Vehicle Routing Problems. *European Journal of Operational Research*, 225(1), 1-11.
- Pollet, B. G., Staffell, I. ve Shang, J. L. (2012). Current Status of Hybrid, Battery and Fuel Cell Electric Vehicles: From Electrochemistry to Market Prospects. *Electrochimica Acta*, 84, 235-249.
- Renaud, J., Laporte, G. ve Boctor, F. F. (1996). A Tabu Search Heuristic for the Multi-Depot Vehicle Routing Problem. *Computers & Operations Research*, 23(3), 229-235.

- Rodriguez-Martin, I., Salazar-González, J. J. ve Yaman, H. (2019). The Periodic Vehicle Routing Problem with Driver Consistency. *European Journal of Operational Research*, 273(2), 575-584.
- Sahraeian, R. ve Esmaeili, M. (2018). A Multi-Objective Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem for Perishable Products. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 11(2), 62-84.
- Santos, F. A., da Cunha, A. S. ve Mateus, G. R. (2013). Branch-and-Price Algorithms for the Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem. *Optimization Letters*, 7, 1537-1547.
- Savelsbergh, M. ve Van Woensel, T. (2016). 50th Anniversary Invited Article - City Logistics: Challenges and Opportunities. *Transportation Science*, 50(2), 579-590.
- Schrage, L. (1981). Formulation and Structure of More Complex/Realistic Routing and Scheduling Problems. *Networks*, 11(2), 229-232.
- Seiford, L.M. ve Thrall, R.M. (1990). Recent Developments in DEA: The Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis. *Journal of Econometrics*, 46, 7-38.
- Seiford, L.M. ve Zhu, J. (1999). Infeasibility of Super-Efficiency Data Envelopment Analysis Models. *INFOR*, 37(2), 174-187.
- Seiford, L. M. ve Zhu, J. (2003). Context-Dependent Data Envelopment Analysis—Measuring Attractiveness and Progress. *Omega*, 31(5), 397-408.
- Sitek, P. ve Wikarek, J. (2014). A Novel Integrated Approach to the Modelling and Solving of the Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem. *Production & Manufacturing Research*, 2(1), 326-340.
- Smirlis, Y. G., Zeimpekis, V. ve Kaimakamis, G. (2012). Data Envelopment Analysis Models to Support the Selection of Vehicle Routing Software for City Logistics Operations. *Operational Research*, 12(3), 399-420.
- Solomon, M.R., Marshall, G.W. ve Stuart, E. W. (2012). *Marketing: Real People Real Choices (Seventh Edition)*. International Edition. Pearson.

- Soonpracha, K., Mungwattana, A., Janssens, G. K. ve Manisri, T. (2014). Heterogeneous VRP Review and Conceptual Framework. In *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists* (Vol. 2, pp. 1052-1059).
- Soysal, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M. ve Bektaş, T. (2015). The Time-Dependent Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem with Environmental Considerations. *International Journal of Production Economics*, 164, 366-378.
- Su, B., Zhou, J., Zhou, L., Ji, H. Ve Lin, G. (2019). Approximate Algorithm for Two-Echelon Vehicle Routing. In *2019 International Conference on Economic Management and Model Engineering (ICEMME)*, Aralık, 425-443.
- Tan, K. C., Lee, L. H., Zhu, Q. L. ve Ou, K. (2001). Heuristic Methods for Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Artificial Intelligence in Engineering*, 15(3), 281-295.
- Tarantilis, C. D., Loannou, G., Kiranoudis, C. T. ve Prastacos, G. P. (2005). Solving the Open Vehicle Routeing Problem via a Single Parameter Metaheuristic Algorithm. *Journal of the Operational Research Society*, 56(5), 588-596.
- Tasan, A. S. ve Gen, M. (2012). A Genetic Algorithm Based Approach to Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick-Up and Deliveries. *Computers & Industrial Engineering*, 62(3), 755-761.
- Tavakkoli-Moghaddam, R., Meskini, M., Nasser, H. Ve Tavakkoli-Moghaddam, H. (2019, September). A Multi-Depot Close and Open Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Vehicles. *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)* (pp. 1-6). IEEE.
- Toth, P. ve Vigo, D. (2014). *Vehicle Routing Problems, Methods and Applications* (2. Edition). SIAM.
- Treitl, S., Nolz, P. C. Ve Jammerneegg, W. (2012). Incorporating Environmental Aspects in an Inventory Routing Problem. A Case Study from the Petrochemical Industry. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 26(1-2), 143-169.
- Tuncer, D., Ayhan, D. Y. ve Varoğlu, D. B. (2008). *Genel İşletmecilik Bilgileri*. Siyasal Yayınevi.

- Ulucan, A. ve Atıcı, K. B. (2010). Efficiency Evaluations with Context-Dependent and Measure-Specific Data Envelopment Approaches: An Application in a World Bank Supported Project. *Omega*, 38(1-2), 68-83.
- Vidal, T., Laporte, G. ve Matl, P. (2019). A Concise Guide to Existing and Emerging Vehicle Routing Problem Variants. *European Journal of Operational Research*.
- Wang, K., Lan, S. ve Zhao, Y. (2017). A Genetic-Algorithm-Based Approach to the Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem with Stochastic Demands in Logistics Service. *Journal of the Operational Research Society*, 68(11), 1409-1421.
- Wang, D., Zhou, H. ve Feng, R. (2019). A Two-Echelon Vehicle Routing Problem Involving Electric Vehicles with Time Windows. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1324(1), 012071.
- Wang, Z. ve Wen, P. (2020). Optimization of A Low-Carbon Two-Echelon Heterogeneous-Fleet Vehicle Routing for Cold Chain Logistics Under Mixed Time Window. *Sustainability*, 12, 1967.
- Wang, Y., Yuan, Y., Guan, X., Xu, M., Wang, L., Wang, H. ve Liu, Y. (2020). Collaborative Two-Echelon Multicenter Vehicle Routing Optimization Based on State–Space–Time Network Representation. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120590.
- Wei, M., Guan, H., Liu, Y., Gao, B. ve Zhang, C. (2020). Production, Replenishment and Inventory Policies for Perishable Products in A Two-Echelon Distribution Network. *Sustainability*, 12, 4735.
- Wen, M. Ve Li, H. (2009). Fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA): Model and Ranking Method. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 223(2), 872-878.
- Winston, W. L. ve Goldberg, J. B. (2004). *Operations Research: Applications and Algorithms* (Fourth Edition). Thomson/Brooks/Cole, Canada.
- Wu, Y., Hu, Y., Xiao, X. Ve Mao, C. (2016). Efficiency Assessment of Wind Farms in China Using Two-Stage Data Envelopment Analysis. *Energy Conversion and Management*, 123, 46-55.
- Xue, M. ve Harker, P.T. (2002). Note: Ranking DMUs with Infeasible Super-Efficiency DEA Models. *Management Science*, 48(5), 705-710.

- Yan, X., Huang, H., Hao, Z., & Wang, J. (2020). A Graph-Based Fuzzy Evolutionary Algorithm for Solving Two-Echelon Vehicle Routing Problems. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 24(1), 129-141.
- Zeng, Z. Y., Xu, W. S. ve Xu, Z. Y. (2013). A Two-Phase Hybrid Heuristic for the Two-Echelon Vehicle Routing Problem. In *2013 Chinese Automation Congress*, Kasım, 625-630.
- Zeng, Z. Y., Xu, W. S., Xu, Z. Y. ve Shao, W. H. (2014). A Hybrid GRASP+ VND Heuristic for the Two-Echelon Vehicle Routing Problem Arising in City Logistics. *Mathematical Problems in Engineering*.
- Zhou, L., Baldacci, R., Vigo, D. ve Wang, X. (2018). A Multi-Depot Two-Echelon Vehicle Routing Problem with Delivery Options Arising in the Last Mile Distribution. *European Journal of Operational Research*, 265, 765-778.
- Zhu, J. (1996). Robustness of the Efficient DMUs in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 90, 451-460.
- Zhu, J. (2000). Multi-Factor Performance Measure Model with an Application to Fortune 500 Companies. *European Journal of Operational Research*, 123, 105-124.
- Zhu, J. (2009). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets (2. Edition)*. New York: Springer.

EKLER

EK 1

ORJİNALLİK RAPORU

EK 2

ETİK KURUL İZİN MUAFİYET FORMU

EK 3

ÇALIŞMAYA İLİŞKİN SUNULAN TABLOLAR

Tablo E.1- 2A-ARP Üzerine Yapılan Çalışmaların Kullanmış Oldukları Çözüm Metotları

Kategori	Çalışma	Kullanılan Çözüm Metotları
Kesin	Gonzalez-Feliu (2008)	Akış-temelli matematiksel model, geçerli eşitsizlikler, sütun oluşturma prosedürü
	Gonzalez-Feliu vd. (2008)	Akış-temelli matematiksel model, geçerli eşitsizlikler
	Perboli vd. (2009a)	Şebeke akış formülizasyonlu matematiksel model, geçerli eşitsizlikler, dal ve kesme algoritması
	Perboli vd. (2009b)	Geçerli eşitsizlikler, dal ve kesme algoritması
	Perboli vd. (2010)	Geçerli eşitsizlikler, dal ve kesme algoritması
	Baldacci vd. (2013)	Matematiksel model, dinamik programlamaya dayalı sınırlandırma prosedürünü içeren (çift-çıkış yöntemi) ve problemi sınırlı sayıda çok depolu ARP'ye ayrıştıran kesin bir çözüm algoritması
	Jepsen vd. (2013)	Kenar akış formülizasyonlu matematiksel model, geçerli eşitsizlikler, dal ve kesme algoritması
	Santos vd. (2013)	TP modeli, dal ve fiyat algoritması
	Sitek ve Wikarek (2014)	KTDP ve mantıksal kısıt programlamayı bir arada kullanan entegre bir yaklaşım
	Cuda vd. (2015)	KTDP modeli
	Soysal vd. (2015)	KTDP modeli, geçerli eşitsizlikler
	Dellaert vd. (2016)	Patika-temelli matematiksel model, dal ve fiyat algoritması
	Eitzen vd. (2017)	Matematiksel model
	Esmaili ve Sahraeian (2017)	KTP modeli
	Perboli vd. (2018)	KTP modeli, geçerli eşitsizlikler, dal ve kesme algoritması
	Babae Tirkolae vd. (2019)	KTDP modeli
	Babagolzadeh vd. (2019)	KTDP modeli
	Liu vd. (2019)	KTP modeli
	Wang vd. (2019)	KTDP modeli
	Wei vd. (2020)	KTP modeli, geçerli eşitsizlikler, dal ve kesme algoritması

Tablo E.1'in devamı

Kategori	Çalışma	Kullanılan Çözüm Metotları
Sezgisel / Metasezgisel	Crainic vd. (2008)	Kümeleme ve çok-depolu ARP yaklaşımına dayanan metasezgisel algoritmalar, ayırık-büyük-rota sezgiseli, ekleme sezgiseli, değiş tokuş sezgiseli
	Crainic vd. (2011)	Çoklu-başlangıç sezgiselleri
	Meihua vd. (2011)	Geliştirilmiş karınca kolonisi optimizasyonu, çoklu komşuluk inişi ve eşik-temelli yerel arama sezgisellerini içeren karma bir karınca kolonisi optimizasyonu algoritması
	Crainic vd. (2012)	Hızlı kümeleme sezgiseli
	Hemmelmayr vd. (2012)	Uyarlanabilir büyük komşu arama sezgiseli
	Crainic vd. (2013)	Açgözlü rastgele uyarlanabilir arama prosedürü ve patika yeniden bağlama algoritmasını birleştiren metasezgisel algoritma
	Zeng vd. (2013)	Açgözlü rastgele uyarlanabilir arama prosedürü ve değişken komşu inişi algoritmalarını birleştiren iki-aşamalı karma bir sezgisel yöntem
	Zhou vd. (2018)	Karma genetik arama ve uyarlanabilir çeşitlilik kontrolü metasezgiseli tabanlı karma çok-popülasyonlu genetik algoritma
	Anderluh vd. (2019a)	Açgözlü rastgele uyarlanabilir arama ve patika yeniden bağlama prosedürleri
	Bevilaqua vd. (2019)	Lin-Kernighan sezgiseli tabanlı yerel arama prosedürü ile ada tabanlı memetik algoritma
	Martins vd. (2020)	Hızlı yapıcı sezgiseli ile yanlı rastgele algoritması
	Yan vd. (2020)	Grafik tabanlı bulanık evrimsel algoritma
Karma	Crainic vd. (2010)	Dal ve kesme algoritması, hızlı kümeleme sezgiseli
	Perboli vd. (2011)	Akış-temelli matematiksel model, geçerli eşitsizlikler, dal ve kesme algoritması, metasezgisel algoritmalar
	Çetinkaya vd. (2013)	KTP modeli, geçerli eşitsizlikler, memetik algoritma tabanlı sezgisel algoritma
	Zeng vd. (2014)	Matematiksel model, açgözlü rastgele uyarlanabilir arama prosedürü ile değişken komşu inişi algoritmalarını birleştiren karma bir sezgisel yöntem

Tablo E.1'in devamı

Kategori	Çalışma	Kullanılan Çözüm Metotları
Karma	Breunig vd. (2015)	Matematiksel model, büyük komşu arama algoritmasına dayalı yerel arama metasezgiseli
	Breunig vd. (2016)	Matematiksel model, numaralandırmalı yerel arama ile yok etme-ve-onarma prensiplerini birleştiren büyük komşu arama tabanlı metasezgisel yöntem
	Grangier vd. (2016)	KTDP modeli, uyarlanabilir büyük komşu arama sezgiseli
	Li vd. (2016a)	KTDP ve KTDOP modeli, Clarke ve Wright tasarruf algoritması ve yerel arama algoritmalarının kullanıldığı iki-aşamalı bir sezgisel algoritma
	Li vd. (2016b)	Matematiksel model, Clarke ve Wright tasarruf algoritması ve yerel arama algoritmalarının kullanıldığı iki-aşamalı bir sezgisel algoritma
	Anderluh vd. (2017)	Matematiksel model, patika yeniden bağlama ve açgözlü rastgele uyarlanabilir arama prosedürünü içeren sezgisel bir algoritma
	Belgin (2017)	Düğüm-temelli matematiksel model, geçerli eşitsizlikler, kesme düzlemi algoritması, değişken komşu inişi ve yerel arama algoritmalarını içeren sezgisel bir yöntem
	Liu vd. (2017)	Stokastik programlama, simülasyon tabanlı tabu arama algoritması
	Wang vd. (2017)	Stokastik rota-temelli matematiksel model, genetik algoritma tabanlı çözüm yaklaşımı
	Belgin vd. (2018)	Düğüm-temelli matematiksel model, geçerli eşitsizlikler, değişken komşu inişi ve yerel arama algoritmalarını içeren sezgisel bir yöntem
	Li vd. (2018)	KTDP modeli, Clarke ve Wright tasarruf algoritması tabanlı yaklaşımı ve değişken komşu arama algoritmasını birleştiren iki-aşamalı sezgisel bir yöntem
	Liu vd. (2018)	KTDP modeli, geçerli eşitsizlikler, dal ve kesme algoritması, küçültme sezgiseli, bağlı bileşen sezgiseli, iki-aşamalı tabu arama sezgiseli
	Sahraeian and Esmaili (2018)	KTDOP modeli, baskın olmayan sıralama genetik algoritması II, çok amaçlı partikül sürüsü optimizasyonu

Tablo E.1'in devamı

Kategori	Çalışma	Kullanılan Çözüm Metotları
Karma	Agardi vd. (2019)	Matematiksel model, en yakın komşu algoritması, keyfi ekleme algoritması, tepe tırmanma algoritması, genetik algoritma
	Anderluh vd. (2019b)	KTDP modeli, açgözlü rastgele uyarlanabilir arama prosedürü, büyük komşu arama, dikdörtgen bölme sezgiseli, kübik bölme sezgiseli
	Breunig vd. (2019)	Ayrıştırma tekniği kullanan kesin bir matematiksel programlama algoritması, büyük komşu arama metasezgiseli
	Esmæili ve Sahraeian (2019)	KTDP modeli, baskın olmayan sıralama genetik algoritması II
	He ve Li (2019)	KTDP modeli, memetik algoritma
	Jie vd. (2019)	TP modeli, sütun oluşturma ile uyarlanabilir büyük komşu arama algoritmalarını harmanlayan karma bir sezgisel yöntem
	Kancharla ve Ramadurai (2019)	KTDP modeli, uyarlanabilir büyük komşu arama sezgiseli
	Li vd. (2019)	KTDP modeli, Clarke ve Wright tasarruf algoritması ile değişken komşu arama algoritmasını bir arada kullanan karma bir sezgisel yöntem
	Su vd. (2019)	Matematiksel model, yaklaşım algoritması GA
	Enthoven vd. (2020)	KTP modeli, geçerli eşitsizlikler, uyarlanabilir büyük komşu arama sezgiseli
	Kitjacharoenchai vd. (2020)	KTP modeli, rota İnşası ve büyük komşu arama algoritmaları
	Li vd. (2020a)	KTDP modeli, Clarke ve Wright tasarruf algoritması, değişken komşu arama sezgiseli
	Li vd. (2020b)	KTDP modeli, uyarlanabilir büyük komşu arama sezgiseli
	Liu vd. (2020)	Rota-temelli matematiksel model, en yakın komşu algoritması, maliyet tasarrufu algoritması, benzetilmiş tavlama algoritması, tabu arama algoritması
	Marques vd. (2020)	Rota-temelli matematiksel model, geçerli eşitsizlikler, dal-kesme-ve-fiyat algoritması, sütun oluşturma tabanlı sezgisel
	Wang ve Wen (2020)	Matematiksel model, uyarlanabilir genetik algoritma
Wang vd. (2020)	Doğrusal programlama modeli, dinamik programlama, geliştirilmiş K-ortalama kümeleme algoritması, geliştirilmiş baskın olmayan sıralama genetik algoritması-II	

Tablo E.2'nin devamı

Çalışmalar	Varsayım Numaraları																																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40						
Wang vd. (2019)															✓		✓	✓						✓	✓				✓	✓			✓	✓												
Enthoven vd. (2020)						✓																✓																								
Kitjacharoenchai vd. (2020)					✓						✓							✓	✓				✓								✓								✓	✓						
Li vd. (2020a)								✓		✓								✓	✓					✓											✓	✓	✓	✓								
Li vd. (2020b)					✓			✓			✓								✓				✓							✓			✓	✓	✓	✓										
Liu vd. (2020)					✓						✓							✓	✓				✓							✓	✓															
Martins vd. (2020)		✓					✓		✓			✓							✓				✓																							
Wang ve Wen (2020)	✓		✓												✓																											✓	✓	✓		
Wang vd. (2020)	✓							✓									✓	✓																								✓	✓	✓	✓	
Wei vd. (2020)			✓					✓	✓																																			✓	✓	
İlgili varsayımı içeren toplam çalışma sayısı	8	4	7	1	9	2	3	9	8	2	5	1	2	4	12	5	11	22	1	1	1	4	4	7	4	1	1	2	3	2	3	1	16	10	22	12	2	1	2	2						

Tablo E.3- Varsayım Numaralarına İlişkin Açıklamalar

Varsayım Numarası	Açıklama
1	Dağıtım ağıında birden fazla ana depo yer almaktadır.
2	Dağıtıma söz konusu birden fazla ürün çeşidi bulunmaktadır.
3	Ürünlerin dayanıksız olduğu kabul edilmektedir.
4	Başarısız teslimatlar uydu noktasına geri dönmektedir.
5	Doğrudan dağıtıma izin verilmektedir.
6	Teslimat seçenekleri: Müşterilere ürünlerin teslimatı uydulardan yönlendirilen araçlar vasıtasıyla yapılabilmekte ya da ürünlerin ulaştırıldığı belirli yerlerden kendilerinin teslim almaları sağlanabilmektedir.
7	Araçlar ürünleri hem toplamakta hem de dağıtmaktadır.
8	Müşterilerin gruplandırılması: Müşteriler birkaç gruba ayrılmakta ve aynı gruptaki müşterilere aynı uydudan araçlar tarafından hizmet verilmektedir. Diğer bir deyişle, her uydunun kendi hizmet alanı ve önceden atanmış müşterilere sahip olduğu varsayılmaktadır.
9	Uyduların depolama (envanter) kapasitesi vardır.
10	Uyduların gerçek zamanlı ürün aktarma kapasitesi vardır.
11	Uyduların mobil (dinamik) olduğu varsayılmaktadır.
12	Müşteri talepleri (sistem) dinamiktir.
13	Müşteri talepleri stokastiktir (olasılıksaldır).
14	Filodaki araç sayısı sınırsızdır.
15	Araçları kullanmanın sabit bir maliyeti (kullanım maliyeti) vardır.
16	Filodaki araçlar farklı özelliklere sahiptir (heterojendir).
17	Araçlar birden fazla kez seyahat edebilmektedir.

Tablo E.3'ün devamı

Varsayım Numarası	Açıklama
18	Araçların sınırlı sürüş menziline sahip olduğu (araçların rota sürelerinin veya uzunluklarının sınırlandırıldığı) varsayılmaktadır.
19	Bir rota için kabul edilebilir maksimum karbondioksit emisyon değeri söz konusudur.
20	Araçların seyahatleri sonunda depoya geri dönmeleri gerekmemektedir (Açık 2A-ARP).
21	Araç kapasitelerinin aşılmasına izin verilmekte ve kapasitenin aşılması durumunda ceza maliyeti söz konusu olmaktadır.
22	Ürünlerin taşınmasında kargo bisikletleri kullanılmaktadır.
23	Ürünlerin taşınmasında insansız hava araçları kullanılmaktadır.
24	Ürünlerin taşınmasında elektrikli araçlar kullanılmaktadır.
25	Dağıtım ağında araçların uğraması gerekebilen sabit sayıda batarya değiştirme istasyonu veya şarj istasyonu vardır.
26	Batarya değiştirme istasyonları her iki seviyedeki araçlar için de hizmet vermektedir.
27	İki şarj istasyonuna art arda ziyarete izin verilmemektedir.
28	Her ne zaman bir batarya değiştirme istasyonu / şarj istasyonu ziyaret edilse aracın tamamen şarj olduğu varsayılmaktadır.
29	Batarya değiştirme istasyonları veya şarj istasyonları birden fazla kez ziyaret edilebilmektedir.
30	Her uydu aynı zamanda bulunduğu yerde bir batarya değiştirme istasyonu veya şarj istasyonu barındırmaktadır.
31	İkincil kademe araçların şarj edilme işlemleri birincil kademe araçlarda gerçekleştirilmektedir.
32	Değişen yükün insansız hava araçlarının enerji tüketimi üzerindeki etkisi dikkate alınmaktadır.
33	Uydulara ve/veya müşterilere ürün teslimatlarının yapılabileceği zaman aralıkları (zaman pencereleri) bulunmaktadır.
34	Zaman pencerelerinin ihlal edilmesi veya uydularda/müşterilerde beklenilmesi durumunda ceza maliyeti söz konusu olmaktadır.
35	Uydu ve/veya müşteri noktalarındaki hizmet süreleri hesaba katılmaktadır.

Tablo E.3'ün devamı

Varsayım Numarası	Açıklama
36	Birincil ve ikincil kademe araçlar arasındaki senkronizasyon dikkate alınmaktadır. Diğer bir deyişle, iki aracın aynı anda uydu noktasında olması gerekmektedir.
37	Araçların seyahat süreleri zamana bağlıdır.
38	Seyahat süreleri stokastiktir.
39	Envanter politikaları dikkate alınmaktadır.
40	Üretim, ikmal, envanter ve rotalama kararları aynı anda dikkate alınmaktadır.

Tablo E.4- 2A-ARP Üzerine Yapılan Çalışmalardaki Amaç Fonksiyonları, Amaç Fonksiyonu Bileşenleri ve Kullanılan Veri Seti

Çalışma	Amaç Fonksiyonları	Amaç Fonksiyonu Bileşenleri	Veri Seti
Gonzalez-Feliu (2008)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri (mesafe) b. Elleçleme maliyetleri	Türetilmiş örneklem
Gonzalez-Feliu vd. (2008)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri	Türetilmiş örneklem
Crainic vd. (2008)	Toplam taşıma maliyeti (mesafe) minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem
Perboli vd. (2009a)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri	Literatürdeki örneklem
Perboli vd. (2009b)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem
Perboli vd. (2010)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem
Crainic vd. (2010)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem ve türetilmiş örneklem
Crainic vd. (2011)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem
Meihua vd. (2011)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem
Perboli vd. (2011)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri	Literatürden türetilmiş örneklem
Crainic vd. (2012)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Sabit maliyetler b. Operasyonel maliyetler c. Çevresel maliyetler	Türetilmiş örneklem
Hemmelmayr vd. (2012)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem
Baldacci vd. (2013)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Taşıma maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri c. Araçları kullanmanın sabit maliyetleri	Literatürdeki örneklem ve türetilmiş örneklem
Crainic vd. (2013)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem
Çetinkaya vd. (2013)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Literatürden türetilmiş örneklem
Jepsen vd. (2013)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri	Literatürdeki örneklem

Tablo E.4'ün devamı

Çalışma	Amaç Fonksiyonları	Amaç Fonksiyonu Bileşenleri	Veri Seti
Santos vd. (2013)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri	Literatürdeki örneklem
Zeng vd. (2013)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem
Sitek ve Wikarek (2014)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri	Literatürden türetilmiş örneklem
Zeng vd. (2014)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem
Breunig vd. (2015)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem
Cuda vd. (2015)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri	-
Soysal vd. (2015)	1. Toplam mesafe minimizasyonu 2. Toplam yakıt tüketimi (emisyon) minimizasyonu 3. Toplam süre minimizasyonu 4. Toplam maliyet minimizasyonu	4.a. Yakıt maliyetleri 4.b. Sürücü maliyetleri 4.c. Elleçleme maliyetleri	Gerçek-hayat örneği
Breunig vd. (2016)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri	Literatürdeki örneklem
Dellaert vd. (2016)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Araçları kullanmanın sabit maliyetleri	Türetilmiş örneklem
Grangier vd. (2016)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Filo büyüklüğü	Literatürden türetilmiş örneklem
Li vd. (2016a)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri c. Bekleyen araçların ceza maliyetleri	Türetilmiş örneklem
Li vd. (2016b)	Toplam karbon emisyon değerlerinin minimizasyonu		Gerçekçi örneklem
Anderluh vd. (2017)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Değişken maliyetler i. Seyahat maliyetleri ii. Hizmet/bekleme maliyetleri iii. Yasak olan yolları kullanmanın ceza maliyetleri b. Araçları kullanmanın sabit maliyetleri	Literatürdeki örneklem, türetilmiş örneklem ve gerçek-hayat örneği

Tablo E.4'ün devamı

Çalışma	Amaç Fonksiyonları	Amaç Fonksiyonu Bileşenleri	Veri Seti
Belgin (2017)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Literatürden türetilmiş örneklem
Eitzen vd. (2017)	1. Birinci aşama taşıma maliyetleri minimizasyonu 2. İkinci aşama taşıma maliyetleri minimizasyonu 3. Filo büyüklüğü minimizasyonu 4. Karbon emisyon değerlerinin minimizasyonu	-	Türetilmiş örneklem
Esmaili ve Sahraeian (2017)	1. Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu 2. Toplam müşteri bekleme sürelerinin minimizasyonu (müşteri memnuniyeti maksimizasyonu)	1.a. Seyahat maliyetleri 1.b. Elleçleme maliyetleri	Literatürdeki örneklem
Liu vd. (2017)	Beklenen taşıma maliyetlerinin minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem
Wang vd. (2017)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Beklenen başarısız rota maliyetleri	Literatürdeki örneklem
Belgin vd. (2018)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Gerçek-hayat örneği
Li vd. (2018)	Toplam sürenin minimizasyonu	a. Birincil kademe araçların seyahat süreleri b. İkincil kademe araçların seyahat süreleri c. İkincil kademe araçların müşterilerde bekleme süreleri	Türetilmiş örneklem ve gerçekçi örneklem
Liu vd. (2018)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri	Türetilmiş örneklem
Perboli vd. (2018)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri	Literatürdeki örneklem
Sahraeian ve Esmaili (2018)	1. Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu 2. Toplam müşteri bekleme sürelerinin minimizasyonu (müşteri memnuniyeti maksimizasyonu) 3. Karbon emisyon değerlerinin minimizasyonu	1.a. Seyahat maliyetleri 1.b. Elleçleme maliyetleri	Literatürdeki örneklem

Tablo E.4'ün devamı

Çalışma	Amaç Fonksiyonları	Amaç Fonksiyonu Bileşenleri	Veri Seti
Zhou vd. (2018)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Teslim alma tesisleri ile müşteriler arasındaki bağlantı maliyetleri c. Elleçleme maliyetleri	Gerçek-hayat örneği ve türetilmiş örneklem
Agardi vd. (2019)	Rota uzunluğunun minimize edilmesi	-	Türetilmiş örnekler
Anderluh vd. (2019a)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Süreye bağlı personel maliyetleri c. Araçları kullanmanın sabit maliyetleri	Literatürdeki örneklem, türetilmiş örneklem ve gerçek-hayat örneği
Anderluh vd. (2019b)	1. Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu 2. Karbon emisyon değerlerinin minimizasyonu 3. Karayolu trafiğinde etkilenen vatandaş sayısına göre gürültü ve trafik sıkışıklığının neden olduğu toplam vatandaş rahatsızlığının minimizasyonu	1.a. Seyahat maliyetleri 1.b. Seyahat süreleri, hizmet süreleri ve bekleme sürelerini içeren zaman birimi başına sürücü maliyetleri 1.c. Araçları kullanmanın sabit maliyetleri	Literatürdeki örneklem, türetilmiş örneklem ve gerçekçi örneklem
Babae Tirkolae vd. (2019)	1. Toplam maliyet minimizasyonu 2. Toplam karbon emisyon değerlerinin minimizasyonu	1.a. Seyahat maliyetleri 1.b. Araçları kullanmanın sabit maliyetleri 1.c. Uydulardaki elleçleme maliyetleri 1.d. Depodaki elleçleme maliyetleri 1.e. Müşterilerdeki elleçleme maliyetleri 1.f. Uydu ve müşterilere erken varma ve geç kalmadan kaynaklı ceza maliyetleri	Türetilmiş örneklem
Babagolzadeh vd. (2019)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Araçları kullanmanın sabit maliyetleri b. Yakıt maliyetleri c. Elleçleme maliyetleri d. Zaman penceresi ihlalleri için ceza maliyetleri	Türetilmiş örneklem
Bevilaqua vd. (2019)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Araçlar için sabit ve değişken maliyetler b. Araçların taşıma kapasitesinin aşılmasından kaynaklı ceza maliyetleri	Literatürdeki örneklem ve gerçek-hayat örneği

Tablo E.4'ün devamı

Çalışma	Amaç Fonksiyonları	Amaç Fonksiyonu Bileşenleri	Veri Seti
Breunig vd. (2019)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Araçları kullanmanın sabit maliyetleri	Literatürden türetilmiş örneklem ve türetilmiş örneklem
Esmaeili ve Sahraeian (2019)	1. Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu 2. Toplam müşteri bekleme sürelerinin minimizasyonu (müşteri memnuniyeti maksimizasyonu) 3. Karbon emisyon değerlerinin minimizasyonu	1.a. Seyahat maliyetleri 1.b. Elleçleme maliyetleri	Literatürdeki örneklem
He ve Li (2019)	İkincil kademe filo büyüklüğünün, toplam taşıma maliyetlerinin ve birincil kademe araçların bekleme sürelerinin minimizasyonu	-	Türetilmiş örneklem
Jie vd. (2019)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Batarya değiştirme maliyetleri c. Elleçleme maliyetleri	Literatürdeki örneklem ve türetilmiş örneklem
Kancharla ve Ramadurai (2019)	Toplam yakıt tüketiminin minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem ve türetilmiş örneklem
Li vd. (2019)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri c. Araçların beklemesinden kaynaklı ceza maliyetleri	Türetilmiş örneklem ve gerçekçi örneklem
Liu vd. (2019)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Deponun kurulum maliyeti b. Üretim maliyetleri c. Envanter maliyetleri d. İkmal maliyetleri e. Seyahat maliyetleri	Türetilmiş örneklem
Su vd. (2019)	1. Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu 2. Karşılanamayan müşteri taleplerinin minimizasyonu	-	Türetilmiş örneklem

Tablo E.4'ün devamı

Çalışma	Amaç Fonksiyonları	Amaç Fonksiyonu Bileşenleri	Veri Seti
Wang vd. (2019)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri c. Batarya değiştirme maliyetleri d. Araçları kullanmanın sabit maliyetleri e. Gecikmeden kaynaklı ceza maliyetleri	Türetilmiş örneklem
Enthoven vd. (2020)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Teslim alma tesisleri ile müşteriler arasındaki bağlantı maliyetleri	Literatürdeki örneklem ve türetilmiş örneklem
Kitjacharoenchai vd. (2020)	Toplam seyahat süresinin minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem
Li vd. (2020a)	Toplam sürenin minimizasyonu	a. Birincil kademe araçların seyahat süreleri b. İkincil kademe araçların seyahat süreleri c. İkincil kademe araçların müşterilerde bekleme süreleri	Türetilmiş örneklem ve gerçekçi örneklem
Li vd. (2020b)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Birincil kademe araçların değişken maliyetleri b. Araçların müşterilerde muhtemel bekleme sürelerinin dönüştürülmüş maliyeti c. İkincil kademe araçların operasyonel maliyetleri	Literatürden türetilmiş örneklem
Liu vd. (2020)	Toplam taşıma maliyeti minimizasyonu	-	Türetilmiş örneklem ve gerçekçi örneklem
Marques vd. (2020)	Toplam maliyet minimizasyonu	a. Seyahat maliyetleri b. Elleçleme maliyetleri	Literatürdeki örneklem ve türetilmiş örneklem
Martins vd. (2020)	Toplam seyahat süresinin minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem
Wang ve Wen (2020)	1. Toplam maliyet minimizasyonu 2. Toplam karbon emisyon değerlerinin minimizasyonu 3. Müşteri memnuniyetinin maksimizasyonu	1.a. Araçları kullanmanın sabit maliyetleri 1.b. Ürünlerin bozulma maliyetleri 1.c. Enerji maliyetleri (yakıt maliyetleri, elektrik maliyetleri)	Literatürdeki örneklem ve gerçek-hayat örneği

Tablo E.4'ün devamı

Çalışma	Amaç Fonksiyonları	Amaç Fonksiyonu Bileşenleri	Veri Seti
Wang vd. (2020)	1. Toplam maliyet minimizasyonu 2. Filo büyüklüğü minimizasyonu 3. Toplam karbon emisyon değerlerinin minimizasyonu	1.a. Seyahat maliyetleri 1.b. Operasyonel hizmet maliyetleri 1.c. Araçların bakım maliyeti 1.d. Sabit maliyetler 1.e. Araçların erken varması ve geç kalmasından kaynaklı ceza maliyetleri 1.f. Finansal sübvansiyonlar	Gerçek-hayat örneği
Wei vd. (2020)	Toplam maliyet minimizasyonu	1.a. Sabit üretim maliyetleri 1.b. Değişken üretim maliyetleri 1.c. Envanter maliyetleri 1.d. Seyahat maliyetleri	Literatürden türetilmiş örneklem
Yan vd. (2020)	Toplam maliyet minimizasyonu	-	Literatürdeki örneklem

Tablo E.5- ARP İçin Düğümler Arasındaki Mesafe (Metre)

Düğümler	D	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
D	-	450.773	465.345	475.614	486.717	464.632	455.728	464.244	478.560	486.477	472.204
C1	451.903	-	12.605	28.183	39.286	20.307	13.316	33.387	29.592	55.620	30.257
C2	463.967	14.400	-	11.663	32.280	14.741	14.262	25.132	25.107	38.007	27.645
C3	478.356	28.789	11.081	-	16.394	17.288	18.954	27.893	16.781	42.713	30.406
C4	488.610	39.043	31.887	20.517	-	19.188	25.579	23.679	12.787	29.134	26.192
C5	468.355	22.996	17.016	18.502	13.427	-	13.685	14.200	13.929	27.076	16.713
C6	456.362	14.375	12.965	19.452	24.592	11.165	-	13.358	25.093	28.719	18.357
C7	466.240	24.585	24.648	28.163	23.088	13.094	12.951	-	13.921	18.925	8.563
C8	474.228	45.909	23.603	17.751	12.982	13.717	19.558	15.927	-	15.728	18.963
C9	486.811	58.728	51.572	40.202	26.594	26.022	28.017	19.024	15.397	-	13.146
C10	473.961	30.711	26.919	30.595	25.520	15.526	17.520	8.528	18.920	13.297	-

Tablo E.6- 2A-ARP İin Dğmler Arasındaki Mesafe (Metre)

Dğmler	D	S1	S2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
D	-	459.812	481.277	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S1	449.094	-	60.192	17.726	32.298	42.567	53.670	31.938	22.190	34.132	45.867	49.493	39.130
S2	481.500	59.869	-	50.830	65.402	50.264	45.189	41.238	40.113	28.195	49.876	36.779	21.814
C1	-	19.364	50.420	-	12.605	28.183	39.286	20.307	13.316	33.387	29.592	55.620	30.257
C2	-	31.428	62.483	14.400	-	11.663	32.280	14.741	14.262	25.132	25.107	38.007	27.645
C3	-	45.817	49.946	28.789	11.081	-	16.394	17.288	18.954	27.893	16.781	42.713	30.406
C4	-	56.071	61.667	39.043	31.887	20.517	-	19.188	25.579	23.679	12.787	29.134	26.192
C5	-	35.131	42.792	22.996	17.016	18.502	13.427	-	13.685	14.200	13.929	27.076	16.713
C6	-	22.917	40.404	14.375	12.965	19.452	24.592	11.165	-	13.358	25.093	28.719	18.357
C7	-	34.398	28.358	24.585	24.648	28.163	23.088	13.094	12.951	-	13.921	18.925	8.563
C8	-	41.005	48.260	45.909	23.603	17.751	12.982	13.717	19.558	15.927	-	15.728	18.963
C9	-	49.463	34.824	58.728	51.572	40.202	26.594	26.022	28.017	19.024	15.397	-	13.146
C10	-	38.967	21.265	30.711	26.919	30.595	25.520	15.526	17.520	8.528	18.920	13.297	-

Tablo E.7- Senaryolara Göre Optimum Çözüm Değerleri Ve Çözüm Süreleri

Senaryolar	TOPLAM MESAFE				TOPLAM YAKIT TÜKETİMİ				TOPLAM SÜRE				TOPLAM MALİYET				Temel Duruma Göre Değişimin Yönü ²¹
	ARP		2A-ARP		ARP		2A-ARP		ARP		2A-ARP		ARP		2A-ARP		
	OAFD ²²	ÇS ²³	OAFD	ÇS	OAFD	ÇS	OAFD	ÇS	OAFD	ÇS	OAFD	ÇS	OAFD	ÇS	OAFD	ÇS	
Senaryo 1	-	-	2.353.168	0,90	-	-	457,24	0,61	-	-	173.311	0,62	-	-	19.230,49	0,66	↑
Senaryo 2	-	-	2.544.266	0,82	-	-	492,43	0,56	-	-	189.779	0,52	-	-	19.577,78	0,66	↑
Senaryo 3	-	-	2.344.668	3,35	-	-	457,21	2,52	-	-	169.059	2,00	-	-	19.200,75	1,69	↔
Senaryo 4	2.847.392	0,05	1.160.099	0,25	340,56	0,05	219,89	0,23	176.157	0,04	84.678	0,31	3.477,82	0,05	8.043,71	0,33	↓
Senaryo 5	8.516.659	0,02	2.561.187	0,50	1.024,05	0,02	522,25	0,49	512.475	0,02	193.394	0,44	10.338,08	0,02	26.800,29	0,72	↑
Senaryo 6	6.604.042	0,97	2.344.668	2,29	786,57	0,64	457,21	1,68	398.592	0,54	169.059	3,47	7.975,10	0,49	19.200,75	3,25	↔
Senaryo 7	6.604.042	0,17	2.344.668	5,15	786,57	0,17	457,21	1,64	398.592	0,15	169.059	2,21	7.975,10	0,14	19.200,75	1,44	↔
Senaryo 8	5.681.117	0,26	2.287.285	2,08	686,49	0,24	449,21	3,55	344.697	0,18	162.173	4,79	6.938,31	0,18	19.102,31	1,77	↓
Senaryo 9	4.735.138	0,29	2.220.741	0,80	582,82	0,24	437,39	0,95	287.865	0,08	154.585	0,71	5.857,33	0,14	18.982,68	0,69	↓
Senaryo 10	3.833.352	0,18	2.185.682	2,19	485,46	0,19	432,56	2,22	236.009	0,26	151.548	3,64	4.852,71	0,16	18.927,50	5,20	↓
Senaryo 11	3.798.229	0,20	2.149.136	2,29	480,92	0,11	426,82	0,99	233.052	0,15	148.259	3,88	4.802,09	0,11	18.859,28	2,38	↓
Senaryo 12	2.909.719	1,48	2.129.608	7,42	385,02	0,58	423,63	3,93	181.609	3,63	146.484	9,77	3.810,16	1,17	18.821,69	8,24	↓
Senaryo 13	2.889.069	0,10	2.111.441	2,31	382,52	0,18	421,67	2,65	179.570	0,12	144.304	2,01	3.779,31	0,14	18.794,20	2,39	↓
Senaryo 14	2.874.372	0,04	2.095.353	0,39	380,24	0,19	419,13	1,46	178.034	0,03	142.374	1,51	3.755,10	0,15	18.764,82	3,22	↓

²¹ Değişimin yönü, hem ARP (ilk 3 senaryo hariç) hem de 2A-ARP için tüm amaç fonksiyonlarındaki değişimi göstermektedir. ↑ temel durum sonucuna göre arttığını, ↓ azaldığını, ↔ değişim olmadığını simgelemektedir.

²² OAFD: Optimal Amaç Fonksiyonu Değeri

²³ ÇS: Çözüm Süresi (saniye)

Tablo E.7'nin devamı

Senaryolar	TOPLAM MESAFE				TOPLAM YAKIT TÜKETİMİ				TOPLAM SÜRE				TOPLAM MALİYET				Temel Duruma Göre Değişimin Yönü
	ARP		2A-ARP		ARP		2A-ARP		ARP		2A-ARP		ARP		2A-ARP		
	OAFD	ÇS	OAFD	ÇS	OAFD	ÇS	OAFD	ÇS	OAFD	ÇS	OAFD	ÇS	OAFD	ÇS	OAFD	ÇS	
Senaryo 15	2.864.407	0,21	2.085.605	0,68	379,16	0,20	417,58	2,01	177.829	0,20	141.204	1,76	3.746,96	0,15	18.747,73	0,73	↓
Senaryo 16	2.854.290	0,06	2.077.104	0,30	377,92	0,05	416,26	0,74	176.864	0,05	140.184	1,15	3.730,06	0,10	18.729,12	0,21	↓
Senaryo 17	1.962.089	0,31	2.050.074	0,84	280,64	0,18	412,15	3,70	124.257	0,10	136.940	3,35	2.720,73	0,22	18.679,38	4,39	↓
Senaryo 18	1.953.381	0,09	2.042.349	0,24	279,88	0,13	410,58	0,50	123.933	0,14	136.013	0,57	2.714,95	0,24	18.664,23	0,59	↓
Senaryo 19	1.944.845	0,03	2.031.629	0,18	279,60	0,13	410,32	0,31	123.101	0,03	134.727	0,25	2.706,76	0,18	18.651,94	0,22	↓
Senaryo 20	1.944.845	0,08	2.031.629	0,09	279,60	0,09	410,32	0,27	123.101	0,06	134.727	0,44	2.706,76	0,15	18.651,94	0,73	↓
Senaryo 21	1.944.845	0,10	2.031.629	0,29	279,60	0,12	410,32	0,35	122.952	0,08	134.727	0,27	2.705,81	0,10	18.651,94	0,36	↓
Senaryo 22	1.944.845	0,17	2.031.629	0,27	279,60	0,15	410,32	0,26	122.952	0,09	134.727	0,24	2.705,81	0,05	18.651,94	0,27	↓
Senaryo 23	1.944.845	0,08	2.031.629	0,21	279,60	0,15	410,32	0,46	122.952	0,11	134.727	0,34	2.705,81	0,05	18.651,94	0,35	↓
Senaryo 24	1.944.845	0,08	2.031.629	0,12	279,60	0,14	410,32	0,62	122.952	0,06	134.727	0,27	2.705,81	0,11	18.651,94	0,31	↓
Senaryo 25	1.944.845	0,10	2.031.629	0,66	279,60	0,16	410,32	0,41	122.952	0,08	134.727	0,21	2.705,81	0,11	18.651,94	0,36	↓
Ortalama	3.388.237	0,23	2.132.340	1,38	436,18	0,19	424,11	1,32	208.659	0,28	147.820	1,79	4.337,11	0,19	18.755,64	1,65	

Tablo E.8- Senaryolara Göre Optimum Rotalar

Senaryolar	TOPLAM MESAFE		TOPLAM YAKIT TÜKETİMİ		TOPLAM SÜRE		TOPLAM MALİYET		
	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	
Senaryo 1		Birinci aşama: D-S1-D D-S1-D		Birinci aşama: D-S1-D D-S1-D		Birinci aşama: D-S1-D D-S1-D		Birinci aşama: D-S1-D D-S1-D	
		İkinci aşama: S1-C1-S1		İkinci aşama: S1-C1-S1		İkinci aşama: S1-C1-S1		İkinci aşama: S1-C1-S1	
	-	S1-C2-S1	-	S1-C2-S1	-	S1-C2-S1	-	S1-C2-S1	
		S1-C3-S1		S1-C3-S1		S1-C3-S1		S1-C3-S1	
		S1-C5-C4-C8-S1		S1-C5-C4-C8-S1		S1-C5-C4-C8-S1		S1-C5-C4-C8-S1	
		S1-C6-C7-S1		S1-C6-C7-S1		S1-C6-C7-S1		S1-C6-C7-S1	
		S1-C9-S1		S1-C9-S1		S1-C9-S1		S1-C9-S1	
		S1-C10-S1		S1-C10-S1		S1-C10-S1		S1-C10-S1	
	Senaryo 2		Birinci aşama: D-S2-D D-S2-D		Birinci aşama: D-S2-D D-S2-D		Birinci aşama: D-S2-D D-S2-D		Birinci aşama: D-S2-D D-S2-D
			İkinci aşama: S2-C1-S2		İkinci aşama: S2-C1-S2		İkinci aşama: S2-C1-S2		İkinci aşama: S2-C1-S2
-		S2-C4-C3-S2	-	S2-C4-C3-S2	-	S2-C4-C3-S2	-	S2-C4-C3-S2	
		S2-C5-C2-S2		S2-C5-C2-S2		S2-C5-C2-S2		S2-C5-C2-S2	
		S2-C7-S2		S2-C7-S2		S2-C7-S2		S2-C7-S2	
		S2-C8-C6-S2		S2-C8-C6-S2		S2-C8-C6-S2		S2-C8-C6-S2	
		S2-C9-S2		S2-C9-S2		S2-C9-S2		S2-C9-S2	
		S2-C10-S2		S2-C10-S2		S2-C10-S2		S2-C10-S2	

Tablo E.8'in devamı

Senaryolar	TOPLAM MESAFE		TOPLAM YAKIT TÜKETİMİ		TOPLAM SÜRE		TOPLAM MALİYET	
	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP
Senaryo 7	D-C1-D	Birinci aşama:	D-C1-D	Birinci aşama:	D-C1-D	Birinci aşama:	D-C1-D	Birinci aşama:
	D-C2-D	D-S1-D	D-C2-D	D-S1-D	D-C2-D	D-S1-D	D-C2-D	D-S1-D
	D-C3-D	D-S2-D	D-C3-D	D-S2-D	D-C3-D	D-S2-D	D-C3-D	D-S2-D
	D-C5-C4-C8-D	İkinci aşama:	D-C5-C4-C8-D	İkinci aşama:	D-C5-C4-C8-D	İkinci aşama:	D-C5-C4-C8-D	İkinci aşama:
	D-C7-C6-D	S1-C1-S1	D-C7-C6-D	S1-C1-S1	D-C7-C6-D	S1-C1-S1	D-C7-C6-D	S1-C1-S1
	D-C9-D	S1-C2-S1	D-C9-D	S1-C2-S1	D-C9-D	S1-C2-S1	D-C9-D	S1-C2-S1
	D-C10-D	S1-C3-S1	D-C10-D	S1-C3-S1	D-C10-D	S1-C3-S1	D-C10-D	S1-C3-S1
		S1-C5-C4-C8-S1		S1-C5-C4-C8-S1		S1-C5-C4-C8-S1		S1-C5-C4-C8-S1
		S1-C6-C7-S1		S1-C6-C7-S1		S1-C6-C7-S1		S1-C6-C7-S1
		S2-C9-S2		S2-C9-S2		S2-C9-S2		S2-C9-S2
	S2-C10-S2		S2-C10-S2		S2-C10-S2		S2-C10-S2	
Senaryo 8	D-C1-D	Birinci aşama:	D-C1-D	Birinci aşama:	D-C1-D	Birinci aşama:	D-C1-D	Birinci aşama:
	D-C2-D	D-S1-D	D-C5-C4-C3-D	D-S1-D	D-C5-C4-C3-D	D-S1-D	D-C5-C4-C3-D	D-S1-D
	D-C5-C4-C3-D	D-S2-D	D-C6-C2-D	D-S2-D	D-C6-C2-D	D-S2-D	D-C6-C2-D	D-S2-D
	D-C7-C6-D	İkinci aşama:	D-C7-C8-D	İkinci aşama:	D-C7-C8-D	İkinci aşama:	D-C7-C8-D	İkinci aşama:
	D-C9-D	S1-C1-S1	D-C9-D	S1-C1-S1	D-C9-D	S1-C1-S1	D-C9-D	S1-C1-S1
	D-C10-C8-D	S1-C3-C5-S1	D-C10-D	S1-C5-C4-C3-S1	D-C10-D	S1-C3-C5-S1	D-C10-D	S1-C3-C5-S1
		S1-C6-C2-S1		S1-C6-C2-S1		S1-C6-C2-S1		S1-C6-C2-S1
		S2-C4-C8-C7-S2		S1-C7-C8-S1		S2-C4-C8-C7-S2		S2-C4-C8-C7-S2
		S2-C9-S2		S2-C9-S2		S2-C9-S2		S2-C9-S2
		S2-C10-S2		S2-C10-S2		S2-C10-S2		S2-C10-S2

Tablo E.8'in devamı

Senaryolar	TOPLAM MESAFE		TOPLAM YAKIT TÜKETİMİ		TOPLAM SÜRE		TOPLAM MALİYET	
	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP
Senaryo 9	D-C1-D	Birinci aşama:	D-C1-D	Birinci aşama:	D-C1-D	Birinci aşama:	D-C1-D	Birinci aşama:
	D-C5-C4-C3-D	D-S1-D	D-C3-C2-D	D-S1-D	D-C3-C2-D	D-S1-D	D-C3-C2-D	D-S1-D
	D-C6-C2-D	D-S1-D	D-C6-C5-C4-C8-	D-S1-D	D-C6-C5-C4-C8-	D-S2-D	D-C6-C5-C4-C8-	D-S2-D
	D-C7-C10-D	İkinci aşama:	D	İkinci aşama:	D	İkinci aşama:	D	İkinci aşama:
	D-C9-C8-D	S1-C1-S1	D-C7-C10-D	S1-C1-S1	D-C7-C10-D	S1-C1-S1	D-C7-C10-D	S1-C1-S1
		S1-C5-C4-C3-S1	D-C9-D	S1-C5-C4-C3-S1	D-C9-D	S1-C3-C2-S1	D-C9-D	S1-C3-C2-S1
	S1-C6-C2-S1		S1-C6-C2-S1		S1-C6-C5-C4-C8-		S1-C6-C5-C4-C8-	
	S1-C7-C10-S1		S1-C7-C10-S1		S1		S1	
	S1-C9-C8-S1		S1-C9-C8-S1		S2-C7-C10-S2		S2-C10-C7-S2	
					S2-C9-S2		S2-C9-S2	
Senaryo 10	D-C1-C6-D	Birinci aşama:	D-C1-C6-D	Birinci aşama:	D-C1-C6-D	Birinci aşama:	D-C1-C6-D	Birinci aşama:
	D-C5-C3-C2-D	D-S1-D	D-C5-C3-C2-D	D-S1-D	D-C5-C3-C2-D	D-S1-D	D-C5-C3-C2-D	D-S1-D
	D-C7-C9-D	D-S1-D	D-C7-C9-D	D-S1-D	D-C7-C9-D	D-S2-D	D-C7-C9-D	D-S1-D
	D-C10-C4-C8-D	İkinci aşama:	D-C10-C4-C8-D	İkinci aşama:	D-C10-C4-C8-D	İkinci aşama:	D-C10-C4-C8-D	İkinci aşama:
		S1-C1-C6-S1		S1-C1-C6-S1		S1-C1-C6-S1		S1-C1-C6-S1
		S1-C5-C3-C2-S1		S1-C5-C3-C2-S1		S1-C5-C3-C2-S1		S1-C5-C3-C2-S1
	S1-C7-C9-S1		S1-C7-C9-S1		S2-C4-C8-C10-		S1-C7-C9-S1	
	S1-C10-C4-C8-		S1-C10-C4-C8-		S2		S1-C10-C4-C8-	
	S1		S1		S2-C7-C9-S2		S1	
Senaryo 11	D-C1-D	Birinci aşama:	D-C1-D	Birinci aşama:	D-C1-D	Birinci aşama:	D-C1-D	Birinci aşama:
	D-C5-C4-C8-C7-	D-S1-D	D-C5-C4-C8-C7-	D-S1-D	D-C5-C4-C8-C7-	D-S1-D	D-C5-C4-C8-C7-	D-S1-D
	D	D-S1-D	D	D-S1-D	D	D-S2-D	D	D-S1-D
	D-C6-C3-C2-D	İkinci aşama:	D-C6-C3-C2-D	İkinci aşama:	D-C6-C3-C2-D	İkinci aşama:	D-C6-C3-C2-D	İkinci aşama:
	D-C10-C9-D	S1-C1-S1	D-C10-C9-D	S1-C1-S1	D-C10-C9-D	S1-C1-S1	D-C10-C9-D	S1-C1-S1
		S1-C5-C4-C8-C7-		S1-C5-C4-C8-C7-		S1-C5-C4-C8-C7-		S1-C5-C4-C8-C7-
	S1		S1		S1		S1	
	S1-C6-C3-C2-S1		S1-C6-C3-C2-S1		S1-C6-C3-C2-S1		S1-C6-C3-C2-S1	
	S1-C10-C9-S1		S1-C9-C10-S1		S2-C10-C9-S2		S1-C10-C9-S1	

Tablo E.8'in devamı

Senaryolar	TOPLAM MESAFE		TOPLAM YAKIT TÜKETİMİ		TOPLAM SÜRE		TOPLAM MALİYET	
	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP
Senaryo 12	D-C1-C5-C10-D	Birinci aşama:	D-C1-C5-C10-D	Birinci aşama:	D-C1-C5-C10-D	Birinci aşama:	D-C1-C5-C10-D	Birinci aşama:
	D-C2-C3-C4-C8-D	D-S1-D	D-C2-C3-C4-C8-D	D-S1-D	D-C2-C3-C4-C8-D	D-S1-D	D-C2-C3-C4-C8-D	D-S1-D
	D-C7-C9-C6-D	D-S1-D	D	D-S1-D	D	D-S1-D	D	D-S1-D
		İkinci aşama:	D-C6-C7-C9-D	İkinci aşama:	D-C9-C7-C6-D	İkinci aşama:	D-C6-C7-C9-D	İkinci aşama:
	S1-C1-C5-C10-S1		S1-C1-C5-C10-S1		S1-C1-C5-C10-S1		S1-C1-C5-C10-S1	
	S1		S1		S1		S1	
	S1-C2-C3-C4-C8-S1		S1-C2-C3-C4-C8-S1		S1-C2-C3-C4-C8-S1		S1-C2-C3-C4-C8-S1	
	S1		S1		S1		S1	
	S1-C6-C7-C9-S1		S1-C6-C7-C9-S1		S1-C6-C7-C9-S1		S1-C6-C7-C9-S1	
Senaryo 13	D-C1-C2-D	Birinci aşama:	D-C1-C6-C7-D	Birinci aşama:	D-C1-C6-C7-D	Birinci aşama:	D-C1-C6-C7-D	Birinci aşama:
	D-C7-C5-C4-C3-C6-D	D-S1-D	D-C5-C4-C3-C2-D	D-S1-D	D-C5-C4-C3-C2-D	D-S1-D	D-C5-C4-C3-C2-D	D-S1-D
	D-C10-C9-C8-D	D-S1-D	D	D-S1-D	D	D-S1-D	D	D-S1-D
		İkinci aşama:	D-C10-C9-C8-D	İkinci aşama:	D-C10-C9-C8-D	İkinci aşama:	D-C10-C9-C8-D	İkinci aşama:
	S1-C1-C2-S1		S1-C1-C2-S1		S1-C1-C2-S1		S1-C1-C2-S1	
	S1-C7-C5-C4-C3-C6-S1		S1-C6-C3-C4-C5-C7-S1		S1-C7-C5-C4-C3-C6-S1		S1-C7-C5-C4-C3-C6-S1	
	S1-C10-C9-C8-S1		S1-C10-C9-C8-S1		S1-C10-C9-C8-S1		S1-C10-C9-C8-S1	
	S1		S1		S1		S1	
Senaryo 14	D-C1-C6-D	Birinci aşama:	D-C1-C6-D	Birinci aşama:	D-C1-C6-D	Birinci aşama:	D-C1-C6-C7-D	Birinci aşama:
	D-C5-C4-C8-C3-C2-D	D-S1-D	D-C2-C3-C4-C8-C5-D	D-S1-D	D-C5-C4-C8-C3-C2-D	D-S1-D	D-C5-C4-C3-C2-D	D-S1-D
	D-C7-C9-C10-D	D-S1-D	D	D-S1-D	D	D-S1-D	D	D-S1-D
		İkinci aşama:	D-C7-C10-C9-D	İkinci aşama:	D-C7-C9-C10-D	İkinci aşama:	D-C10-C9-C8-D	İkinci aşama:
	S1-C1-C6-S1		S1-C1-C6-S1		S1-C1-C6-S1		S1-C1-C6-C7-S1	
	S1-C5-C4-C8-C3-C2-S1		S1-C2-C3-C4-C8-C5-S1		S1-C5-C4-C8-C3-C2-S1		S1-C5-C4-C3-C2-S1	
	S1-C7-C9-C10-S1		S1-C7-C10-C9-S1		S1-C7-C9-C10-S1		S1-C10-C9-C8-S1	
	S1		S1		S1		S1	

Tablo E.8'in devamı

Senaryolar	TOPLAM MESAFE		TOPLAM YAKIT TÜKETİMİ		TOPLAM SÜRE		TOPLAM MALİYET	
	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP
Senaryo 18	D-C5-C4-C3-C2-C1-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C4-C5-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C4-C8-C5-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C4-C8-C5-D	Birinci aşama: D-S1-D
	D-C7-C10-C9-C8-C6-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C5-C4-C3-C2-C1-S1 S1-C6-C7-C10-C9-C8-S1	D-C6-C7-C10-C9-C8-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C4-C5-S1 S1-C6-C7-C10-C9-C8-S1	D-C9-C10-C7-C6-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C5-C4-C3-C2-C1-S1 S1-C6-C7-C10-C9-C8-S1	D	D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C4-C5-S1 S1-C6-C7-C10-C9-C8-S1
Senaryo 19	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D
	D-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1 S1-C5-C4-C8-C9-C10-C7-S1	D-C7-C10-C9-C8-C4-C5-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1 S1-C5-C4-C8-C9-C10-C7-S1	D-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1 S1-C5-C4-C8-C9-C10-C7-S1	D	D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1 S1-C5-C4-C8-C9-C10-C7-S1
Senaryo 20	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D
	D-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1 S1-C5-C4-C8-C9-C10-C7-S1	D-C7-C10-C9-C8-C4-C5-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1 S1-C5-C4-C8-C9-C10-C7-S1	D-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1 S1-C5-C4-C8-C9-C10-C7-S1	D	D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1 S1-C5-C4-C8-C9-C10-C7-S1

Tablo E.8'in devamı

Senaryolar	TOPLAM MESAFE		TOPLAM YAKIT TÜKETİMİ		TOPLAM SÜRE		TOPLAM MALİYET	
	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP
Senaryo 21	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-D	Birinci aşama: D-S1-D
	D-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D	D-C7-C10-C9-C8-C4-C5-D	D-S1-D	D-C6-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D	D-C6-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D
		İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1		İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1		İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1		İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1
Senaryo 22	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-D	Birinci aşama: D-S1-D
	D-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D	D-C7-C10-C9-C8-C4-C5-D	D-S1-D	D-C6-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D	D-C6-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D
		İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1		İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1		İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1		İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1
Senaryo 23	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-D	Birinci aşama: D-S1-D
	D-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D	D-C7-C10-C9-C8-C4-C5-D	D-S1-D	D-C6-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D	D-C6-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D
		İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1		İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1		İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1		İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1

Tablo E.8'in devamı

Senaryolar	TOPLAM MESAFE		TOPLAM YAKIT TÜKETİMİ		TOPLAM SÜRE		TOPLAM MALİYET	
	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP	ARP	2A-ARP
Senaryo 24	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-D	Birinci aşama: D-S1-D
	D-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1	D-C7-C10-C9-C8-C4-C5-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1	C9-C10-C7-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1	C9-C10-C7-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1
Senaryo 25	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-C6-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-D	Birinci aşama: D-S1-D	D-C1-C2-C3-D	Birinci aşama: D-S1-D
	D-C5-C4-C8-C9-C10-C7-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1	D-C7-C10-C9-C8-C4-C5-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1	C9-C10-C7-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1	C9-C10-C7-D	D-S1-D İkinci aşama: S1-C1-C2-C3-C6-S1

Tablo E.9- İkinci Uygulamada Yer Alan D ğ mler Arasındaki Mesafe (Metre)

D�ğ�mler	D	S1	S2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
D	-	459.812	481.277	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S1	449.094	-	60.192	32.428	36.174	41.120	42.324	23.229	21.298	44.186	47.149	13.811	18.710	12.448	12.263	55.411	55.619	48.552	49.366	57.407	55.091
S2	481.500	59.869	-	45.485	51.369	25.826	27.031	37.173	38.966	18.750	41.188	46.323	51.483	55.030	50.928	18.280	18.487	13.939	12.598	48.597	46.280
C1	-	36.184	45.019	-	10.347	24.585	20.348	18.328	16.346	23.618	26.582	25.345	17.790	25.231	21.395	25.327	24.099	32.017	32.831	22.824	20.508
C2	-	34.747	51.409	9.555	-	30.975	27.561	16.800	14.819	30.831	28.931	26.701	13.867	25.654	21.818	32.540	31.313	38.407	39.221	23.272	20.956
C3	-	41.873	26.800	21.672	28.671	-	2.011	19.320	21.114	21.127	18.753	28.470	33.630	37.178	33.075	20.657	20.864	13.798	14.612	31.010	28.694
C4	-	43.004	24.504	21.203	28.202	1.938	-	20.450	22.244	15.312	18.276	29.601	34.761	38.308	34.206	18.361	18.568	11.502	12.316	30.541	28.225
C5	-	23.276	37.364	17.737	18.172	16.930	18.134	-	2.766	31.691	45.941	10.885	11.127	26.567	13.834	31.221	31.428	24.362	25.176	32.880	30.564
C6	-	21.151	39.259	15.385	15.820	18.825	20.029	2.552	-	33.587	29.085	10.312	9.001	15.545	11.709	33.116	33.324	26.257	27.071	31.038	28.722
C7	-	55.002	18.097	24.707	31.706	21.103	22.307	32.449	34.243	-	11.282	41.600	46.760	50.307	46.204	2.397	757	12.819	13.633	41.227	38.911
C8	-	46.796	40.560	27.560	28.905	18.994	18.062	47.187	29.119	11.050	-	35.957	34.975	41.190	37.354	17.244	11.531	27.557	28.371	27.703	25.387
C9	-	14.036	47.741	23.073	28.374	27.307	28.511	10.410	10.540	42.068	37.794	-	10.910	8.249	5.155	41.598	41.805	34.739	35.553	49.607	47.291
C10	-	19.515	51.745	15.955	13.214	31.311	32.515	20.848	12.387	46.072	34.034	11.469	-	7.516	5.936	45.602	45.809	38.743	39.557	42.986	40.670
C11	-	12.571	55.650	24.002	25.056	35.216	36.420	17.324	15.393	49.977	41.245	8.544	7.272	-	3.470	49.507	49.714	42.648	43.462	46.289	43.973
C12	-	13.050	52.047	19.516	23.933	31.613	32.817	21.150	11.989	46.374	37.840	5.140	5.974	3.718	-	45.904	46.111	39.045	39.859	45.166	42.850
C13	-	55.422	18.517	26.144	33.143	21.523	22.727	32.869	34.663	2.230	16.172	42.020	47.180	50.727	46.624	-	3.020	13.239	14.053	39.463	37.147
C14	-	55.752	18.847	24.335	31.334	21.852	11.409	33.198	25.894	1.335	10.910	42.349	31.750	51.056	46.954	3.044	-	13.569	14.383	41.874	39.557
C15	-	47.073	15.105	32.832	38.716	13.173	14.378	24.520	26.313	14.286	28.535	33.670	38.830	42.377	38.275	13.816	14.023	-	1.137	35.944	33.628
C16	-	47.776	15.398	33.536	39.420	8.698	9.381	25.223	27.017	14.989	29.239	34.374	39.534	43.081	38.979	14.519	14.726	1.134	-	36.647	34.331
C17	-	58.379	65.151	25.700	23.503	31.027	30.095	32.703	31.655	33.365	28.895	50.333	42.148	49.285	45.449	41.836	33.847	52.149	52.963	-	3.632
C18	-	55.425	62.197	22.746	20.549	28.074	27.142	29.749	28.701	30.412	25.942	47.379	39.194	46.332	42.495	38.882	30.893	49.195	50.009	3.731	-

Tablo E.10- 2A-ARP Optimum Değerler ve Standart VZA Etkinlik Skorları

KVB	Ç ²⁴	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
1	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1.263.658	253,39	92.224,56	11.343,88	9.026,01	1
2	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1.258.388	252,18	91.592,16	11.264,37	8.958,86	0,99973
3	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1.233.419	247,73	88.595,88	11.008,86	8.753,67	1
4	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1.228.149	246,52	87.963,48	10.929,35	8.686,53	0,99981
5	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1.215.159	237,11	91.284,72	10.255,33	8.051,76	0,99926
6	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1.209.890	235,95	90.652,44	10.176,14	7.984,62	1
7	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1.216.676	236,16	91.466,76	9.977,97	7.779,43	0,99704
8	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1.211.407	235,00	90.834,48	9.898,79	7.712,28	0,99781
9	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1.260.466	251,93	91.841,52	11.133,77	8.828,23	0,99702
10	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1.255.196	250,72	91.209,12	11.054,25	8.761,09	0,99672
11	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1.230.227	246,26	88.212,84	10.798,75	8.555,90	0,99841
12	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1.224.957	245,06	87.580,44	10.719,23	8.488,76	0,99910
13	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1.215.453	236,37	91.320,00	10.052,89	7.853,98	0,99776
14	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1.210.184	235,21	90.687,72	9.973,71	7.786,84	0,99853
15	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1.218.925	240,29	86.856,60	9.775,54	7.581,65	0,99753
16	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1.213.655	239,08	86.224,20	9.696,02	7.514,51	0,99920
17	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1.267.824	253,23	92.724,48	11.161,25	8.840,92	0,99596
18	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1.262.554	252,03	92.092,08	11.081,73	8.773,78	0,99566
19	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1.237.585	247,57	89.095,80	10.826,23	8.568,59	0,99714

²⁴ Ç: Çankaya, K: Keçiören, Y: Yenimahalle, M: Mamak, E: Etimesgut, S: Sincan, A: Altındağ, P: Pursaklar, G: Gölbaşı

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
20	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1.232.315	246,36	88.463,40	10.746,71	8.501,45	0,99781
21	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1.221.533	237,48	92.049,60	10.078,02	7.866,68	0,99639
22	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1.216.264	236,32	91.417,32	9.998,84	7.799,54	0,99714
23	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1.226.283	241,60	87.739,56	9.803,01	7.594,35	0,99499
24	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1.221.013	240,39	87.107,16	9.723,50	7.527,20	0,99664
25	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1.266.723	252,11	92.592,36	10.955,12	8.643,15	0,99276
26	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1.261.453	250,90	91.959,96	10.875,60	8.576,01	0,99334
27	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1.236.484	246,45	88.963,68	10.620,10	8.370,82	0,99650
28	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1.231.214	245,24	88.331,28	10.540,59	8.303,68	0,99718
29	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1.221.827	236,74	92.084,88	9.875,59	7.668,90	0,99531
30	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1.216.558	235,58	91.452,60	9.796,40	7.601,76	0,99599
31	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1.219.038	235,80	91.750,20	9.594,71	7.396,57	0,99397
32	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1.213.768	234,64	91.117,80	9.515,49	7.329,43	0,99467
33	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C17	1.284.408	256,50	94.714,56	11.343,16	8.987,37	0,99587
34	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C18	1.279.139	255,31	94.082,28	11.263,76	8.920,23	0,99556
35	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1.253.508	250,62	91.006,56	11.006,11	8.715,03	0,99594
36	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1.248.238	249,41	90.374,16	10.926,59	8.647,89	0,99587
37	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1.228.896	239,26	92.933,16	10.242,36	8.013,12	0,99577
38	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1.223.627	238,10	92.300,88	10.163,17	7.945,98	0,99651

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
39	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1.230.413	238,27	93.115,20	9.964,79	7.740,79	0,99414
40	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1.225.144	237,12	92.482,92	9.885,61	7.673,65	0,99481
41	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C17	1.283.890	255,51	94.652,40	11.138,36	8.789,59	0,99234
42	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1.278.620	254,30	94.020,00	11.058,84	8.722,45	0,99201
43	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1.250.316	249,15	90.623,52	10.796,00	8.517,26	0,99483
44	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1.245.046	247,95	89.991,12	10.716,48	8.450,12	0,99548
45	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1.229.190	238,51	92.968,44	10.039,92	7.815,34	0,99468
46	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1.223.921	237,36	92.336,16	9.960,74	7.748,20	0,99535
47	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1.230.707	237,53	93.150,48	9.762,36	7.543,01	0,99301
48	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1.225.438	236,38	92.518,20	9.683,17	7.475,87	0,99368
49	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C17	1.290.782	256,75	95.479,44	11.165,01	8.802,29	0,99137
50	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C18	1.285.513	255,56	94.847,16	11.085,62	8.735,14	0,99102
51	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1.257.674	250,46	91.506,48	10.823,47	8.529,95	0,99356
52	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1.252.404	249,25	90.874,08	10.743,95	8.462,81	0,99420
53	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1.235.270	239,63	93.698,04	10.065,05	7.828,04	0,99355
54	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1.230.001	238,47	93.065,76	9.985,87	7.760,90	0,99421
55	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1.236.787	238,65	93.880,08	9.787,49	7.555,71	0,99185
56	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1.231.518	237,49	93.247,80	9.708,30	7.488,57	0,99251
57	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C17	1.290.147	255,69	95.403,24	10.959,71	8.604,51	0,98851
58	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1.275.594	253,89	93.656,88	10.868,50	8.537,37	0,99018

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
59	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1.256.573	249,34	91.374,36	10.617,35	8.332,18	0,99285
60	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1.251.303	248,13	90.741,96	10.537,83	8.265,04	0,99350
61	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1.235.564	238,89	93.733,32	9.862,62	7.630,26	0,99241
62	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1.230.295	237,73	93.101,04	9.783,43	7.563,12	0,99307
63	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1.232.775	237,94	93.398,64	9.581,72	7.357,93	0,99099
64	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1.224.124	236,49	92.360,52	9.497,74	7.290,79	0,99216
65	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1.260.485	251,18	91.843,80	11.002,67	8.702,04	0,99481
66	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1.255.215	249,99	91.211,40	10.923,24	8.634,90	0,99480
67	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1.230.246	245,52	88.215,12	10.667,65	8.429,71	0,99798
68	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1.224.976	244,33	87.582,72	10.588,23	8.362,57	0,99866
69	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1.213.164	235,48	91.045,32	9.918,96	7.727,79	0,99738
70	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1.207.895	234,33	90.413,04	9.839,77	7.660,65	0,99816
71	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1.218.944	239,55	86.858,88	9.644,44	7.455,46	0,99726
72	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1.213.674	238,35	86.226,48	9.565,01	7.388,32	0,99895
73	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1.257.293	249,72	91.460,76	10.792,56	8.504,26	0,99385
74	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1.252.023	248,53	90.828,36	10.713,13	8.437,12	0,99449
75	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1.227.054	244,06	87.832,08	10.457,54	8.231,93	0,99773
76	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1.221.784	242,87	87.199,68	10.378,11	8.164,79	0,99869
77	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1.213.458	234,74	91.080,60	9.716,53	7.530,02	0,99625
78	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1.208.189	233,59	90.448,32	9.637,34	7.462,88	0,99696

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
79	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1.215.752	238,08	86.475,84	9.434,33	7.257,69	0,99785
80	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1.210.482	236,89	85.843,44	9.354,90	7.190,54	0,99957
81	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1.261.560	250,38	91.972,80	10.813,15	8.516,96	0,99322
82	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1.256.291	249,22	91.340,52	10.733,96	8.449,82	0,99383
83	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1.234.412	245,36	88.715,04	10.485,01	8.244,63	0,99641
84	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1.229.142	244,17	88.082,64	10.405,59	8.177,49	0,99709
85	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1.217.476	235,50	91.562,76	9.737,58	7.542,71	0,99550
86	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1.212.207	234,34	90.930,48	9.658,39	7.475,57	0,99620
87	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1.223.110	239,39	87.358,80	9.461,80	7.270,38	0,99523
88	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1.217.840	238,20	86.726,40	9.382,38	7.203,24	0,99693
89	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1.246.246	247,04	90.135,12	10.580,55	8.319,18	0,99498
90	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1.240.975	245,86	89.502,60	10.501,17	8.252,04	0,99564
91	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1.233.311	244,24	88.582,92	10.278,89	8.046,85	0,99574
92	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1.228.041	243,05	87.950,52	10.199,47	7.979,71	0,99642
93	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1.191.928	230,97	88.497,00	9.488,50	7.344,94	0,99925
94	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1.186.659	229,81	87.864,72	9.409,31	7.277,80	1
95	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1.193.445	230,02	88.679,04	9.211,14	7.072,60	0,99880
96	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1.188.176	228,86	88.046,76	9.131,96	7.005,46	0,99997
97	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C17	1.282.413	254,66	94.475,16	11.005,32	8.663,40	0,99042
98	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C18	1.273.389	253,47	93.392,28	10.922,77	8.596,26	0,99105

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
99	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1.250.335	248,41	90.625,80	10.664,89	8.391,07	0,99435
100	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1.245.065	247,22	89.993,40	10.585,47	8.323,93	0,99500
101	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1.226.901	237,63	92.693,76	9.905,99	7.689,15	0,99445
102	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1.221.632	236,48	92.061,48	9.826,80	7.622,01	0,99513
103	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1.228.418	236,65	92.875,80	9.628,43	7.416,82	0,99275
104	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1.223.149	235,50	92.243,52	9.549,24	7.349,68	0,99343
105	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C17	1.276.490	252,87	93.764,40	10.790,78	8.465,63	0,99017
106	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1.270.197	252,01	93.009,24	10.712,66	8.398,48	0,99066
107	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1.247.143	246,95	90.242,76	10.454,78	8.193,29	0,99402
108	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1.241.873	245,76	89.610,36	10.375,36	8.126,15	0,99468
109	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1.227.195	236,89	92.729,04	9.703,55	7.491,38	0,99331
110	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1.221.926	235,74	92.096,76	9.624,37	7.424,24	0,99399
111	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1.228.712	235,91	92.911,08	9.425,99	7.219,05	0,99186
112	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1.223.443	234,75	92.278,80	9.346,80	7.151,91	0,99294
113	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C17	1.276.548	253,01	93.771,36	10.804,44	8.478,32	0,99018
114	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C18	1.271.278	251,81	93.138,96	10.724,97	8.411,18	0,99079
115	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1.254.501	248,26	91.125,72	10.482,25	8.205,99	0,99272
116	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1.249.231	247,06	90.493,32	10.402,83	8.138,85	0,99337
117	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1.231.213	237,65	93.211,20	9.724,61	7.504,07	0,99256
118	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1.225.944	236,49	92.578,92	9.645,42	7.436,93	0,99324

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
119	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1.232.730	236,67	93.393,24	9.447,05	7.231,74	0,99102
120	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1.227.461	235,51	92.760,96	9.367,86	7.164,60	0,99209
121	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C17	1.261.177	249,88	91.926,84	10.573,13	8.280,55	0,99176
122	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1.255.908	248,69	91.294,56	10.493,73	8.213,40	0,99239
123	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1.253.400	247,13	90.993,60	10.276,13	8.008,21	0,99197
124	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1.248.130	245,94	90.361,20	10.196,71	7.941,07	0,99262
125	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1.205.665	233,12	90.145,44	9.475,53	7.306,30	0,99624
126	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1.200.396	231,96	89.513,16	9.396,34	7.239,16	0,99717
127	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1.207.182	232,13	90.327,48	9.197,97	7.033,97	0,99595
128	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1.201.913	230,98	89.695,20	9.118,78	6.966,82	0,99710
129	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1.262.383	253,15	92.071,56	11.292,84	8.977,63	0,99925
130	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1.257.113	251,94	91.439,16	11.213,32	8.910,48	0,99897
131	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1.228.287	246,71	87.980,04	10.949,46	8.705,29	1
132	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1.223.017	245,50	87.347,64	10.869,94	8.638,15	1
133	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1.215.358	236,91	91.308,60	10.205,79	8.003,38	0,99889
134	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1.210.089	235,75	90.676,32	10.126,62	7.936,24	0,99965
135	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1.220.504	241,31	87.046,08	9.932,98	7.731,05	0,99736
136	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1.215.234	240,10	86.413,68	9.853,46	7.663,90	0,99900
137	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1.259.191	251,68	91.688,52	11.082,73	8.779,85	0,99624
138	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1.253.921	250,48	91.056,12	11.003,21	8.712,71	0,99594

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
139	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1.225.095	245,24	87.597,00	10.739,35	8.507,52	0,99910
140	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1.219.825	244,04	86.964,60	10.659,83	8.440,38	1
141	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1.215.652	236,17	91.343,88	10.003,36	7.805,60	0,99740
142	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1.210.383	235,01	90.711,60	9.924,19	7.738,46	0,99817
143	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1.217.312	239,84	86.663,04	9.722,87	7.533,27	0,99793
144	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1.212.042	238,64	86.030,64	9.643,35	7.466,13	0,99961
145	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1.266.549	252,99	92.571,48	11.110,20	8.792,54	0,99518
146	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1.261.279	251,78	91.939,08	11.030,69	8.725,40	0,99487
147	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1.232.453	246,55	88.479,96	10.766,82	8.520,21	0,99782
148	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1.227.183	245,34	87.847,56	10.687,30	8.453,07	0,99849
149	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1.221.732	237,28	92.073,48	10.028,49	7.818,30	0,99613
150	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1.216.463	236,13	91.441,20	9.949,32	7.751,16	0,99681
151	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1.224.670	241,15	87.546,00	9.750,34	7.545,97	0,99538
152	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1.219.400	239,94	86.913,60	9.670,82	7.478,82	0,99704
153	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1.265.448	251,87	92.439,36	10.904,08	8.594,77	0,99260
154	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1.260.178	250,66	91.806,96	10.824,56	8.527,63	0,99323
155	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1.231.352	245,43	88.347,84	10.560,70	8.322,44	0,99718
156	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1.226.082	244,22	87.715,44	10.481,18	8.255,30	0,99787
157	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1.222.026	236,54	92.108,76	9.826,05	7.620,52	0,99504
158	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1.216.757	235,38	91.476,48	9.746,88	7.553,38	0,99573

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
159	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1.223.569	240,03	87.413,88	9.544,22	7.348,19	0,99519
160	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1.218.299	238,82	86.781,48	9.464,70	7.281,05	0,99688
161	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C17	1.283.317	256,14	94.583,64	11.291,46	8.938,99	0,99516
162	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C18	1.278.048	254,95	93.951,36	11.212,07	8.871,85	0,99484
163	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1.253.714	250,45	91.031,28	10.956,80	8.666,65	0,99515
164	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1.248.444	249,25	90.398,88	10.877,29	8.599,51	0,99551
165	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1.229.095	239,06	92.957,04	10.192,82	7.964,74	0,99549
166	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1.223.826	237,90	92.324,76	10.113,65	7.897,60	0,99616
167	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1.230.612	238,07	93.139,08	9.915,26	7.692,41	0,99387
168	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1.225.343	236,92	92.506,80	9.836,09	7.625,27	0,99454
169	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C17	1.281.610	255,08	94.378,80	11.085,23	8.741,21	0,99173
170	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1.276.340	253,88	93.746,40	11.005,78	8.674,07	0,99152
171	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1.250.522	248,99	90.648,24	10.746,69	8.468,88	0,99456
172	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1.245.252	247,78	90.015,84	10.667,17	8.401,74	0,99521
173	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1.229.389	238,31	92.992,32	9.990,39	7.766,96	0,99441
174	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1.224.120	237,16	92.360,04	9.911,22	7.699,82	0,99508
175	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1.230.906	237,33	93.174,36	9.712,82	7.494,63	0,99272
176	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1.225.637	236,18	92.542,08	9.633,65	7.427,49	0,99340
177	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C17	1.288.968	256,38	95.261,76	11.112,71	8.753,91	0,99068
178	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C18	1.283.698	255,19	94.629,36	11.033,25	8.686,76	0,99042

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
179	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1.257.880	250,30	91.531,20	10.774,17	8.481,57	0,99329
180	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1.252.610	249,09	90.898,80	10.694,65	8.414,43	0,99393
181	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1.235.469	239,43	93.721,92	10.015,52	7.779,66	0,99328
182	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1.230.200	238,27	93.089,64	9.936,35	7.712,52	0,99393
183	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1.236.986	238,45	93.903,96	9.737,95	7.507,33	0,99156
184	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1.231.717	237,29	93.271,68	9.658,78	7.440,19	0,99222
185	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C17	1.287.867	255,26	95.129,64	10.906,59	8.556,13	0,98857
186	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1.274.503	253,52	93.525,96	10.816,81	8.488,99	0,99011
187	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1.256.779	249,17	91.399,08	10.568,04	8.283,80	0,99257
188	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1.251.509	247,97	90.766,68	10.488,53	8.216,66	0,99322
189	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1.235.763	238,69	93.757,20	9.813,08	7.581,88	0,99213
190	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1.230.494	237,53	93.124,92	9.733,91	7.514,74	0,99279
191	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1.234.589	238,02	93.616,32	9.535,33	7.309,55	0,99036
192	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1.222.056	235,88	92.112,36	9.443,62	7.242,41	0,99253
193	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1.259.210	250,94	91.690,80	10.951,63	8.653,66	0,99422
194	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1.253.940	249,75	91.058,40	10.872,20	8.586,52	0,99469
195	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1.225.114	244,50	87.599,28	10.608,24	8.381,33	0,99867
196	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1.219.844	243,31	86.966,88	10.528,82	8.314,19	0,99969
197	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1.213.363	235,29	91.069,20	9.869,42	7.679,41	0,99707
198	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1.208.094	234,13	90.436,92	9.790,25	7.612,27	0,99779

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
199	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1.217.331	239,10	86.665,32	9.591,76	7.407,08	0,99767
200	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1.212.061	237,91	86.032,92	9.512,34	7.339,94	0,99936
201	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1.256.018	249,48	91.307,76	10.741,51	8.455,88	0,99374
202	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1.250.748	248,29	90.675,36	10.662,09	8.388,74	0,99438
203	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1.221.922	243,04	87.216,24	10.398,13	8.183,55	0,99867
204	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1.216.652	241,85	86.583,84	10.318,71	8.116,41	1
205	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1.213.657	234,54	91.104,48	9.666,99	7.481,64	0,99599
206	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1.208.388	233,39	90.472,20	9.587,82	7.414,50	0,99669
207	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1.214.139	237,64	86.282,28	9.381,65	7.209,31	0,99826
208	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1.208.869	236,45	85.649,88	9.302,23	7.142,16	1
209	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1.262.296	250,30	92.061,12	10.764,89	8.468,58	0,99285
210	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1.257.027	249,14	91.428,84	10.685,70	8.401,44	0,99346
211	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1.229.280	244,34	88.099,20	10.425,61	8.196,25	0,99711
212	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1.224.010	243,15	87.466,80	10.346,18	8.129,11	0,99792
213	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1.217.675	235,30	91.586,64	9.688,04	7.494,33	0,99523
214	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1.212.406	234,15	90.954,36	9.608,87	7.427,19	0,99593
215	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1.221.497	238,94	87.165,24	9.409,13	7.222,00	0,99563
216	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1.216.227	237,75	86.532,84	9.329,70	7.154,86	0,99746
217	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1.241.793	246,27	89.600,76	10.523,34	8.270,80	0,99546
218	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1.236.522	245,08	88.968,24	10.443,90	8.203,66	0,99612

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
219	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1.228.179	243,22	87.967,08	10.219,48	7.998,47	0,99644
220	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1.222.909	242,03	87.334,68	10.140,06	7.931,33	0,99754
221	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1.192.127	230,77	88.520,88	9.438,96	7.296,56	0,99899
222	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1.186.858	229,61	87.888,60	9.359,79	7.229,42	1
223	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1.193.644	229,82	88.702,92	9.161,61	7.024,23	0,99882
224	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1.188.375	228,66	88.070,64	9.082,44	6.957,08	1
225	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C17	1.275.430	253,90	93.637,20	10.946,11	8.615,02	0,99077
226	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C18	1.270.161	252,74	93.004,92	10.866,87	8.547,88	0,99136
227	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1.250.541	248,25	90.650,52	10.615,59	8.342,69	0,99408
228	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1.245.271	247,05	90.018,12	10.536,16	8.275,55	0,99473
229	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1.227.100	237,43	92.717,64	9.856,45	7.640,77	0,99418
230	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1.221.831	236,28	92.085,36	9.777,28	7.573,63	0,99485
231	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1.228.617	236,45	92.899,68	9.578,89	7.368,44	0,99246
232	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1.223.348	235,30	92.267,40	9.499,72	7.301,30	0,99314
233	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C17	1.272.238	252,44	93.254,16	10.735,99	8.417,25	0,99038
234	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1.266.969	251,28	92.621,88	10.656,76	8.350,10	0,99098
235	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1.247.349	246,78	90.267,48	10.405,48	8.144,91	0,99374
236	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1.242.079	245,59	89.635,08	10.326,05	8.077,77	0,99440
237	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1.227.394	236,69	92.752,92	9.654,02	7.443,00	0,99303
238	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1.222.125	235,54	92.120,64	9.574,85	7.375,86	0,99371

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
239	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1.228.911	235,71	92.934,96	9.376,45	7.170,67	0,99184
240	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1.223.642	234,56	92.302,68	9.297,28	7.103,53	0,99293
241	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C17	1.273.320	252,27	93.384,00	10.748,49	8.429,94	0,99050
242	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C18	1.268.050	251,08	92.751,60	10.669,03	8.362,80	0,99112
243	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1.253.113	248,17	90.959,16	10.432,15	8.157,61	0,99251
244	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1.247.843	246,97	90.326,76	10.352,70	8.090,47	0,99316
245	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1.231.412	237,45	93.235,08	9.675,07	7.455,69	0,99227
246	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1.226.143	236,30	92.602,80	9.595,90	7.388,55	0,99295
247	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1.232.929	236,47	93.417,12	9.397,51	7.183,36	0,99100
248	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1.227.660	235,31	92.784,84	9.318,34	7.116,22	0,99208
249	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C17	1.260.086	249,52	91.795,92	10.521,44	8.232,17	0,99169
250	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1.254.817	248,33	91.163,64	10.442,04	8.165,02	0,99233
251	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1.253.407	247,29	90.994,44	10.228,82	7.959,83	0,99148
252	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1.248.137	246,10	90.362,04	10.149,37	7.892,69	0,99213
253	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1.205.864	232,92	90.169,32	9.425,99	7.257,92	0,99607
254	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1.200.595	231,76	89.537,04	9.346,82	7.190,78	0,99718
255	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1.207.381	231,93	90.351,36	9.148,43	6.985,59	0,99596
256	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1.202.112	230,78	89.719,08	9.069,26	6.918,44	1
257	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1.266.786	253,47	92.599,92	11.339,89	9.018,84	0,99958
258	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1.261.516	252,29	91.967,52	11.260,51	8.951,70	0,99929

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
259	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1.236.547	247,81	88.971,24	11.004,87	8.746,51	0,99956
260	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1.231.277	246,62	88.338,84	10.925,49	8.679,37	0,99938
261	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1.217.387	237,46	91.552,08	10.252,38	8.044,60	0,99865
262	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1.212.117	236,31	90.919,68	10.173,24	7.977,46	0,99941
263	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1.218.904	236,51	91.734,12	9.975,02	7.772,27	0,99651
264	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1.213.634	235,36	91.101,72	9.895,88	7.705,12	0,99721
265	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1.263.594	252,01	92.216,88	11.129,78	8.821,07	0,99659
266	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1.258.324	250,83	91.584,48	11.050,40	8.753,93	0,99627
267	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1.233.355	246,35	88.588,20	10.794,76	8.548,74	0,99807
268	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1.228.085	245,16	87.955,80	10.715,38	8.481,60	0,99874
269	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1.217.681	236,72	91.587,36	10.049,94	7.846,82	0,99717
270	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1.212.411	235,57	90.954,96	9.970,81	7.779,68	0,99793
271	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1.222.053	240,37	87.231,96	9.771,55	7.574,49	0,99665
272	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1.216.783	239,19	86.599,56	9.692,17	7.507,35	0,99831
273	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1.270.952	253,32	93.099,84	11.157,25	8.833,76	0,99553
274	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1.265.682	252,13	92.467,44	11.077,87	8.766,62	0,99521
275	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1.240.713	247,65	89.471,16	10.822,23	8.561,43	0,99680
276	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1.235.443	246,47	88.838,76	10.742,85	8.494,29	0,99745
277	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1.223.761	237,83	92.316,96	10.075,07	7.859,52	0,99591
278	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1.218.491	236,69	91.684,56	9.995,94	7.792,38	0,99659

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
279	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1.229.411	241,68	88.114,92	9.799,02	7.587,19	0,99422
280	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1.224.141	240,50	87.482,52	9.719,64	7.520,04	0,99575
281	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1.269.851	252,20	92.967,72	10.951,13	8.635,99	0,99237
282	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1.264.581	251,01	92.335,32	10.871,75	8.568,85	0,99299
283	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1.239.612	246,53	89.339,04	10.616,11	8.363,66	0,99615
284	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1.234.342	245,35	88.706,64	10.536,73	8.296,52	0,99681
285	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1.224.055	237,09	92.352,24	9.872,64	7.661,74	0,99483
286	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1.218.785	235,94	91.719,84	9.793,50	7.594,60	0,99550
287	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1.222.166	235,89	92.125,56	9.590,75	7.389,41	0,99358
288	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1.216.896	234,75	91.493,16	9.511,67	7.322,27	0,99426
289	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C17	1.286.567	257,05	94.973,64	11.341,39	8.980,21	0,99525
290	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C18	1.281.297	255,85	94.341,24	11.261,94	8.913,06	0,99494
291	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1.256.636	250,70	91.381,92	11.002,12	8.707,87	0,99550
292	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1.251.366	249,52	90.749,52	10.922,73	8.640,73	0,99545
293	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1.231.124	239,61	93.200,52	10.239,41	8.005,96	0,99529
294	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1.225.854	238,46	92.568,12	10.160,27	7.938,82	0,99594
295	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1.232.641	238,63	93.382,56	9.961,84	7.733,63	0,99367
296	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1.227.371	237,48	92.750,16	9.882,71	7.666,49	0,99433
297	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C17	1.286.861	256,17	95.008,92	11.138,06	8.782,43	0,99158
298	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1.281.591	254,97	94.376,52	11.058,61	8.715,29	0,99124

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
299	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1.253.444	249,24	90.998,88	10.792,00	8.510,10	0,99448
300	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1.248.174	248,05	90.366,48	10.712,62	8.442,96	0,99512
301	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1.231.418	238,87	93.235,80	10.036,97	7.808,18	0,99420
302	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1.226.148	237,72	92.603,40	9.957,83	7.741,04	0,99487
303	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1.232.935	237,89	93.417,84	9.759,41	7.535,85	0,99252
304	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1.227.665	236,74	92.785,44	9.680,27	7.468,71	0,99319
305	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C17	1.292.941	257,29	95.738,52	11.163,25	8.795,13	0,99074
306	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C18	1.287.671	256,10	95.106,12	11.083,80	8.727,98	0,99039
307	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1.260.802	250,55	91.881,84	10.819,48	8.522,79	0,99322
308	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1.255.532	249,36	91.249,44	10.740,10	8.455,65	0,99384
309	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1.237.498	239,98	93.965,40	10.062,10	7.820,88	0,99308
310	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1.232.228	238,83	93.333,00	9.982,97	7.753,74	0,99373
311	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1.239.015	239,00	94.147,44	9.784,54	7.548,55	0,99136
312	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1.233.745	237,85	93.515,04	9.705,40	7.481,40	0,99202
313	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C17	1.292.070	255,75	95.634,00	10.954,51	8.597,35	0,98828
314	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1.272.708	253,19	93.310,56	10.854,33	8.530,21	0,99076
315	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1.259.701	249,42	91.749,72	10.613,36	8.325,02	0,99250
316	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1.254.431	248,24	91.117,32	10.533,97	8.257,88	0,99313
317	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1.237.792	239,24	94.000,68	9.859,67	7.623,10	0,99193
318	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1.232.522	238,09	93.368,28	9.780,53	7.555,96	0,99258

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
319	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1.235.903	238,03	93.774,00	9.577,76	7.350,77	0,99059
320	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1.221.238	235,80	92.014,20	9.483,60	7.283,63	0,99283
321	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1.263.013	251,30	92.147,16	10.998,42	8.694,88	0,99443
322	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1.257.743	250,12	91.514,76	10.919,05	8.627,74	0,99448
323	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1.232.774	245,64	88.518,48	10.663,40	8.422,55	0,99766
324	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1.227.504	244,46	87.886,08	10.584,03	8.355,41	0,99833
325	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1.215.392	235,84	91.312,68	9.916,01	7.720,63	0,99685
326	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1.210.122	234,69	90.680,28	9.836,87	7.653,49	0,99755
327	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1.216.909	234,89	91.494,72	9.638,65	7.448,30	0,99520
328	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1.211.639	233,74	90.862,32	9.559,52	7.381,16	0,99590
329	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1.259.821	249,84	91.764,12	10.788,31	8.497,10	0,99353
330	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1.254.551	248,66	91.131,72	10.708,94	8.429,96	0,99416
331	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1.229.582	244,18	88.135,44	10.453,29	8.224,77	0,99740
332	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1.224.312	243,00	87.503,04	10.373,92	8.157,63	0,99817
333	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1.215.686	235,10	91.347,96	9.713,57	7.522,86	0,99577
334	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1.210.416	233,95	90.715,56	9.634,44	7.455,72	0,99646
335	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1.218.280	238,21	86.779,20	9.430,08	7.250,53	0,99708
336	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1.213.010	237,02	86.146,80	9.350,71	7.183,38	0,99879
337	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1.257.292	249,64	91.460,64	10.797,56	8.509,80	0,99394
338	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1.252.023	248,48	90.828,36	10.718,37	8.442,66	0,99456

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
339	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1.236.940	245,49	89.018,40	10.480,76	8.237,47	0,99608
340	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1.231.670	244,30	88.386,00	10.401,40	8.170,32	0,99675
341	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1.219.704	235,86	91.830,12	9.734,63	7.535,55	0,99501
342	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1.214.434	234,71	91.197,72	9.655,49	7.468,41	0,99570
343	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1.221.221	234,91	92.012,16	9.457,27	7.263,22	0,99335
344	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1.215.951	233,76	91.379,76	9.378,14	7.196,08	0,99442
345	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1.251.262	247,80	90.737,04	10.582,57	8.312,02	0,99407
346	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1.245.991	246,62	90.104,52	10.503,20	8.244,88	0,99471
347	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1.235.839	244,36	88.886,28	10.274,64	8.039,69	0,99540
348	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1.230.569	243,18	88.253,88	10.195,27	7.972,55	0,99608
349	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1.194.156	231,32	88.764,36	9.485,55	7.337,78	0,99875
350	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1.188.886	230,17	88.131,96	9.406,41	7.270,63	0,99953
351	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1.195.673	230,37	88.946,40	9.208,19	7.065,44	0,99833
352	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1.190.403	229,22	88.314,00	9.129,06	6.998,30	0,99949
353	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C17	1.284.572	255,20	94.734,24	11.003,56	8.656,24	0,98980
354	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C18	1.276.133	254,05	93.721,56	10.921,78	8.589,10	0,99043
355	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1.252.863	248,53	90.929,16	10.660,64	8.383,91	0,99403
356	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1.247.593	247,35	90.296,76	10.581,28	8.316,77	0,99467
357	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1.229.129	237,99	92.961,12	9.903,04	7.681,99	0,99397
358	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1.223.859	236,84	92.328,72	9.823,90	7.614,85	0,99464

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
359	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1.230.646	237,01	93.143,16	9.625,47	7.409,66	0,99225
360	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1.225.376	235,86	92.510,76	9.546,34	7.342,52	0,99293
361	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C17	1.279.200	253,41	94.089,60	10.789,45	8.458,47	0,98958
362	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1.272.941	252,59	93.338,52	10.711,67	8.391,32	0,99003
363	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1.249.671	247,07	90.546,12	10.450,53	8.186,13	0,99369
364	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1.244.401	245,89	89.913,72	10.371,16	8.118,99	0,99434
365	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1.229.423	237,25	92.996,40	9.700,60	7.484,22	0,99282
366	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1.224.153	236,10	92.364,00	9.621,47	7.417,08	0,99349
367	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1.230.940	236,27	93.178,44	9.423,04	7.211,89	0,99139
368	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1.225.670	235,12	92.546,04	9.343,90	7.144,74	0,99247
369	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C17	1.272.280	252,28	93.259,20	10.788,86	8.471,16	0,99090
370	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C18	1.267.010	251,08	92.626,80	10.709,39	8.404,02	0,99152
371	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1.252.073	248,17	90.834,36	10.472,52	8.198,83	0,99291
372	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1.246.803	246,97	90.201,96	10.393,05	8.131,69	0,99356
373	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1.233.441	238,00	93.478,56	9.721,66	7.496,91	0,99207
374	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1.228.171	236,86	92.846,16	9.642,52	7.429,77	0,99274
375	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1.231.801	236,77	93.281,76	9.439,80	7.224,58	0,99100
376	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1.226.532	235,63	92.649,48	9.360,70	7.157,44	0,99207
377	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C17	1.263.336	250,42	92.185,92	10.571,36	8.273,38	0,99120
378	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1.258.066	249,23	91.553,52	10.491,91	8.206,24	0,99183

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
379	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1.252.367	247,30	90.869,64	10.269,19	8.001,05	0,99189
380	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1.247.097	246,10	90.237,24	10.189,72	7.933,91	0,99255
381	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1.207.893	233,47	90.412,80	9.472,58	7.299,14	0,99574
382	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1.202.623	232,32	89.780,40	9.393,44	7.232,00	0,99670
383	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1.209.410	232,49	90.594,84	9.195,01	7.026,81	0,99548
384	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1.204.140	231,34	89.962,44	9.115,88	6.959,66	0,99662
385	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1.265.511	253,23	92.446,92	11.288,85	8.970,46	0,99882
386	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1.260.241	252,05	91.814,52	11.209,47	8.903,32	0,99853
387	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1.231.415	246,79	88.355,40	10.945,47	8.698,13	0,99959
388	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1.226.145	245,61	87.723,00	10.866,09	8.630,99	0,99965
389	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1.218.122	237,39	91.640,28	10.204,13	7.996,22	0,99814
390	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1.212.852	236,24	91.007,88	10.124,99	7.929,08	0,99890
391	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1.223.632	241,39	87.421,44	9.928,99	7.723,89	0,99649
392	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1.218.362	240,21	86.789,04	9.849,61	7.656,74	0,99812
393	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1.262.319	251,77	92.063,88	11.078,74	8.772,69	0,99580
394	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1.257.049	250,58	91.431,48	10.999,36	8.705,55	0,99549
395	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1.228.223	245,33	87.972,36	10.735,36	8.500,36	0,99876
396	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1.222.953	244,14	87.339,96	10.655,98	8.433,22	0,99949
397	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1.218.416	236,65	91.675,56	10.001,69	7.798,44	0,99666
398	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1.213.146	235,50	91.043,16	9.922,55	7.731,30	0,99741

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
399	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1.220.440	239,93	87.038,40	9.718,88	7.526,11	0,99705
400	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1.215.170	238,74	86.406,00	9.639,50	7.458,97	0,99872
401	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1.269.677	253,08	92.946,84	11.106,21	8.785,38	0,99475
402	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1.264.407	251,89	92.314,44	11.026,83	8.718,24	0,99443
403	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1.235.581	246,64	88.855,32	10.762,83	8.513,05	0,99747
404	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1.230.311	245,45	88.222,92	10.683,45	8.445,91	0,99814
405	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1.224.496	237,76	92.405,16	10.026,83	7.811,14	0,99553
406	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1.219.226	236,61	91.772,76	9.947,69	7.744,00	0,99620
407	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1.227.798	241,24	87.921,36	9.746,35	7.538,81	0,99451
408	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1.222.528	240,05	87.288,96	9.666,97	7.471,66	0,99615
409	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1.268.576	251,95	92.814,72	10.900,09	8.587,61	0,99226
410	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1.263.306	250,77	92.182,32	10.820,71	8.520,47	0,99287
411	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1.234.480	245,51	88.723,20	10.556,71	8.315,28	0,99683
412	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1.229.210	244,33	88.090,80	10.477,33	8.248,14	0,99750
413	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1.224.790	237,02	92.440,44	9.824,39	7.613,36	0,99442
414	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1.219.520	235,87	91.808,04	9.745,25	7.546,22	0,99510
415	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1.226.697	240,11	87.789,24	9.540,23	7.341,03	0,99430
416	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1.221.427	238,93	87.156,84	9.460,85	7.273,89	0,99597
417	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C17	1.285.476	256,68	94.842,72	11.289,70	8.931,83	0,99454
418	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C18	1.280.206	255,49	94.210,32	11.210,25	8.864,68	0,99422

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
419	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1.256.842	250,54	91.406,64	10.952,81	8.659,49	0,99474
420	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1.251.572	249,35	90.774,24	10.873,43	8.592,35	0,99516
421	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1.231.859	239,54	93.288,72	10.191,16	7.957,58	0,99490
422	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1.226.589	238,39	92.656,32	10.112,02	7.890,44	0,99556
423	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1.233.029	238,74	93.429,12	9.914,51	7.685,25	0,99317
424	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1.227.759	237,59	92.796,72	9.835,36	7.618,11	0,99383
425	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C17	1.283.726	255,15	94.632,72	11.080,30	8.734,05	0,99138
426	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1.278.456	253,95	94.000,32	11.000,84	8.666,91	0,99120
427	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1.253.650	249,07	91.023,60	10.742,70	8.461,72	0,99421
428	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1.248.380	247,89	90.391,20	10.663,32	8.394,58	0,99485
429	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1.232.153	238,80	93.324,00	9.988,72	7.759,80	0,99381
430	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1.226.883	237,65	92.691,60	9.909,58	7.692,66	0,99447
431	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1.233.323	238,00	93.464,40	9.712,07	7.487,47	0,99201
432	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1.228.053	236,85	92.832,00	9.632,92	7.420,33	0,99267
433	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C17	1.291.084	256,45	95.515,68	11.107,77	8.746,75	0,99033
434	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C18	1.285.814	255,26	94.883,28	11.028,31	8.679,60	0,99009
435	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1.261.008	250,38	91.906,56	10.770,17	8.474,41	0,99294
436	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1.255.738	249,20	91.274,16	10.690,79	8.407,27	0,99357
437	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1.238.233	239,91	94.053,60	10.013,85	7.772,50	0,99267
438	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1.232.963	238,76	93.421,20	9.934,71	7.705,36	0,99332

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
439	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1.239.403	239,11	94.194,00	9.737,20	7.500,17	0,99085
440	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1.234.133	237,96	93.561,60	9.658,06	7.433,02	0,99150
441	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C17	1.288.842	255,01	95.246,64	10.898,56	8.548,97	0,98859
442	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1.271.617	252,83	93.179,64	10.802,64	8.481,83	0,99069
443	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1.259.907	249,26	91.774,44	10.564,05	8.276,64	0,99221
444	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1.254.637	248,07	91.142,04	10.484,67	8.209,50	0,99285
445	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1.238.527	239,17	94.088,88	9.811,42	7.574,72	0,99151
446	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1.233.257	238,02	93.456,48	9.732,28	7.507,58	0,99217
447	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1.237.717	238,11	93.991,68	9.531,37	7.302,39	0,98997
448	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1.219.170	235,19	91.766,04	9.429,48	7.235,25	0,99324
449	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1.261.738	251,06	91.994,16	10.947,38	8.646,50	0,99383
450	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1.256.468	249,88	91.361,76	10.868,01	8.579,36	0,99437
451	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1.227.642	244,62	87.902,64	10.604,00	8.374,17	0,99835
452	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1.222.372	243,44	87.270,24	10.524,63	8.307,03	0,99916
453	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1.216.127	235,77	91.400,88	9.867,76	7.672,25	0,99646
454	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1.210.857	234,62	90.768,48	9.788,62	7.605,11	0,99715
455	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1.219.859	239,22	86.968,68	9.587,52	7.399,92	0,99691
456	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1.214.589	238,04	86.336,28	9.508,15	7.332,78	0,99860
457	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1.258.546	249,60	91.611,12	10.737,27	8.448,72	0,99341
458	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1.253.276	248,42	90.978,72	10.657,90	8.381,58	0,99405

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
459	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1.224.450	243,16	87.519,60	10.393,88	8.176,39	0,99818
460	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1.219.180	241,98	86.887,20	10.314,52	8.109,25	0,99938
461	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1.216.421	235,03	91.436,16	9.665,33	7.474,48	0,99536
462	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1.211.151	233,88	90.803,76	9.586,19	7.407,34	0,99606
463	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1.216.667	237,76	86.585,64	9.377,41	7.202,15	0,99749
464	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1.211.397	236,58	85.953,24	9.298,04	7.135,00	0,99932
465	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1.258.028	249,57	91.548,96	10.749,31	8.461,42	0,99357
466	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1.252.759	248,41	90.916,68	10.670,11	8.394,28	0,99419
467	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1.231.808	244,47	88.402,56	10.421,36	8.189,09	0,99678
468	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1.226.538	243,28	87.770,16	10.341,99	8.121,94	0,99746
469	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1.220.439	235,78	91.918,32	9.686,38	7.487,17	0,99460
470	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1.215.169	234,63	91.285,92	9.607,24	7.420,03	0,99529
471	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1.224.025	239,07	87.468,60	9.404,88	7.214,84	0,99491
472	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1.218.755	237,88	86.836,20	9.325,51	7.147,70	0,99678
473	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1.246.809	247,04	90.202,68	10.525,43	8.263,64	0,99453
474	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1.241.538	245,84	89.570,16	10.445,99	8.196,50	0,99519
475	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1.230.707	243,34	88.270,44	10.215,24	7.991,31	0,99610
476	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1.225.437	242,16	87.638,04	10.135,87	7.924,17	0,99691
477	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1.194.891	231,25	88.852,56	9.437,30	7.289,40	0,99835
478	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1.189.621	230,10	88.220,16	9.358,16	7.222,25	0,99940

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
479	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1.196.408	230,30	89.034,60	9.159,95	7.017,06	0,99821
480	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1.191.138	229,15	88.402,20	9.080,81	6.949,92	0,99991
481	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C17	1.278.174	254,49	93.966,48	10.945,12	8.607,86	0,99016
482	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C18	1.272.905	253,33	93.334,20	10.865,88	8.540,72	0,99075
483	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1.253.069	248,37	90.953,88	10.611,34	8.335,53	0,99375
484	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1.247.799	247,18	90.321,48	10.531,97	8.268,39	0,99439
485	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1.229.864	237,92	93.049,32	9.854,79	7.633,61	0,99356
486	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1.224.594	236,77	92.416,92	9.775,65	7.566,47	0,99423
487	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1.231.034	237,12	93.189,72	9.578,14	7.361,28	0,99173
488	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1.225.764	235,97	92.557,32	9.498,99	7.294,14	0,99241
489	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C17	1.274.982	253,03	93.583,44	10.735,00	8.410,09	0,98976
490	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1.269.713	251,86	92.951,16	10.655,77	8.342,94	0,99035
491	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1.249.877	246,90	90.570,84	10.401,23	8.137,75	0,99341
492	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1.244.607	245,72	89.938,44	10.321,86	8.070,61	0,99406
493	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1.230.158	237,17	93.084,60	9.652,36	7.435,84	0,99240
494	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1.224.888	236,03	92.452,20	9.573,22	7.368,70	0,99307
495	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1.231.328	236,37	93.225,00	9.375,70	7.163,51	0,99114
496	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1.226.058	235,22	92.592,60	9.296,56	7.096,36	0,99223
497	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C17	1.269.052	251,54	92.871,84	10.732,90	8.422,78	0,99122
498	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C18	1.263.782	250,34	92.239,44	10.653,45	8.355,64	0,99185

Tablo E.10'un devamı

KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Toplam mesafe (metre)	Toplam yakıt tüketimi (litre)	Toplam süre (saniye)	Toplam maliyet (TL)	Toplam talep (kg)	Etkinlik skoru
499	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1.248.845	247,43	90.447,00	10.416,57	8.150,45	0,99325
500	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1.243.575	246,24	89.814,60	10.337,11	8.083,31	0,99391
501	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1.234.176	237,93	93.566,76	9.673,41	7.448,53	0,99165
502	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1.228.906	236,78	92.934,36	9.594,27	7.381,39	0,99232
503	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1.229.733	236,17	93.033,60	9.385,68	7.176,20	0,99147
504	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1.224.464	235,02	92.401,32	9.306,58	7.109,06	0,99255
505	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C17	1.262.245	250,06	92.055,00	10.519,67	8.225,00	0,99113
506	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1.256.975	248,86	91.422,60	10.440,22	8.157,86	0,99177
507	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1.249.139	246,56	90.482,28	10.213,24	7.952,67	0,99224
508	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1.243.869	245,36	89.849,88	10.133,78	7.885,53	0,99290
509	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1.208.628	233,40	90.501,00	9.424,33	7.250,76	0,99547
510	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1.203.358	232,25	89.868,60	9.345,19	7.183,62	0,99657
511	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1.209.798	232,60	90.641,40	9.147,68	6.978,43	0,99524
512	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1.204.528	231,45	90.009,00	9.068,53	6.911,28	1
ORTALAMA															0,99492

Tablo E.11- Kümelere Göre KVB'lerin Süper-Etkinlik Skorları

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
1	1	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	3	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1,00028	10.
	6	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1,00853	4.
	94	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1,00129	6.
	131	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1,00106	8.
	132	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1,00429	5.
	140	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1,00108	7.
	204	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1,00088	9.
	208	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1,02227	2.
	222	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1,00011	12.
	224	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1,00952	3.
	256	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1,00026	11.
512	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1,00008	13.	
2	2	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1,00187	8.
	4	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1,00472	3.
	5	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1,00120	12.
	80	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1,00143	10.
	96	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1,00282	6.
	134	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1,00142	11.
	144	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1,00103	13.
	196	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1,00340	5.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
2	257	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	350	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1,00463	4.
	388	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1,00157	9.
	464	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1,00244	7.
	480	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1,00563	2.
3	16	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1,00003	16.
	33	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	93	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1,00107	11.
	129	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1,02056	2.
	139	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1,00032	15.
	200	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1,00175	9.
	258	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1,00103	12.
	259	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1,00032	14.
	262	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1,00867	4.
	336	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1,00598	5.
	352	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1,00914	3.
	384	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1,00145	10.
	387	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1,00382	6.
	396	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1,00180	8.
	460	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1,00102	13.
478	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1,00183	7.	

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
4	12	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1,00241	7.
	72	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1,00125	13.
	128	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1,00470	6.
	130	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1,00176	9.
	133	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1,00051	14.
	136	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1,00146	11.
	207	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1,00186	8.
	216	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1,00170	10.
	221	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1,00613	4.
	223	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1,00600	5.
	260	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1,01116	3.
	261	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1,00016	15.
	289	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	385	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1,02199	2.
	390	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1,00009	16.
452	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1,00140	12.	
5	11	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1,00328	5.
	14	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1,00107	11.
	76	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1,00010	17.
	79	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1,00001	19.
	95	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1,00276	7.
	161	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
5	195	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1,00102	12.
	203	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1,00021	16.
	255	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1,00027	15.
	349	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1,00465	3.
	386	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1,02370	2.
	389	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1,00332	4.
	395	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1,00134	9.
	400	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1,00070	14.
	456	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1,00129	10.
	463	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1,00075	13.
	472	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1,00174	8.
	479	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1,00303	6.
511	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1,00008	18.	
6	9	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1,00958	3.
	13	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1,00095	12.
	34	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C18	1,00451	6.
	68	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1,00169	9.
	70	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1,00014	15.
	88	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1,01040	2.
	142	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1,00060	13.
	148	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1,00021	14.
267	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1,00136	11.	

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
6	268	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1,00189	8.
	272	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C18	1,00406	7.
	351	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1,00895	4.
	383	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1,00143	10.
	417	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	477	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1,00462	5.
7	10	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1,00288	7.
	126	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1,00093	10.
	127	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1,01618	2.
	143	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1,00075	12.
	147	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1,00505	4.
	198	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1,00138	8.
	199	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1,00055	14.
	254	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1,00123	9.
	265	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1,00291	6.
	270	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1,00353	5.
	290	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C18	Uygun çözüm yok	1.
	324	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C18	1,00000	18.
	332	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C18	1,00010	17.
	335	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1,00797	3.
392	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1,00083	11.	
404	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1,00042	15.	

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
7	451	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1,00058	13.
	459	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1,00021	16.
8	8	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1,00111	13.
	15	C1	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1,00134	10.
	17	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1,00503	2.
	19	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1,00163	8.
	20	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1,00234	7.
	38	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1,00035	17.
	67	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1,00076	15.
	71	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1,00014	19.
	78	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1,00009	21.
	137	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1,00242	6.
	141	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1,00012	20.
	156	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1,00075	16.
	160	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1,00314	5.
	162	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C18	Uygun çözüm yok	1.
	212	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1,00123	12.
	215	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1,00319	4.
	240	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1,00078	14.
	266	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1,00141	9.
269	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1,00008	23.	
326	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1,00018	18.	

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
8	382	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1,00127	11.
	496	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1,00008	22.
	510	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1,00327	3.
9	22	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1,00039	20.
	35	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1,00097	14.
	37	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1,00065	17.
	75	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1,00258	6.
	125	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1,00080	16.
	135	C1	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1,00117	9.
	138	C1	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1,00037	21.
	152	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1,00085	15.
	206	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1,00115	10.
	220	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1,00110	12.
	253	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1,00242	7.
	273	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1,00418	4.
	323	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C16	C17	1,00054	18.
	344	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1,00000	23.
	393	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1,00046	19.
	398	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1,00111	11.
403	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1,00487	3.	
416	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1,00140	8.	
418	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C15	C18	Uygun çözüm yok	1.	

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
9	454	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C18	1,00031	22.
	455	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1,00099	13.
	471	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1,00391	5.
	504	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1,00769	2.
10	7	C1	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1,00029	16.
	18	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1,00211	9.
	36	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1,00182	10.
	49	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	69	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1,00214	8.
	87	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1,01360	3.
	112	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1,00011	17.
	145	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1,01891	2.
	248	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1,00305	6.
	275	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1,00043	15.
	276	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1,00379	5.
	334	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1,00109	12.
	381	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1,00105	13.
	394	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1,00010	18.
	399	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1,00510	4.
	412	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1,00047	14.
468	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1,00156	11.	
509	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1,00236	7.	

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
	21	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1,00025	20.
	24	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1,00163	7.
	32	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1,00026	19.
	155	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1,00427	5.
	159	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1,00771	4.
	164	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1,00044	15.
	166	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1,00000	23.
	197	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1,00005	22.
	264	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1,00097	12.
	271	C2	C3	C5	C7	C9	C12	C14	C16	C17	1,00035	17.
	274	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1,00146	8.
11	291	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1,00311	6.
	292	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1,00107	10.
	294	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1,00035	16.
	305	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	328	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C18	1,00096	13.
	331	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C16	C17	1,00139	9.
	368	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1,00916	3.
	401	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1,01801	2.
	408	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1,00017	21.
	448	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1,00032	18.
	462	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C18	1,00057	14.
	476	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1,00101	11.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
12	28	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1,00495	4.
	41	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	65	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1,00029	16.
	84	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1,00011	20.
	86	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1,00062	12.
	120	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1,00021	18.
	146	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1,00712	3.
	150	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1,00014	19.
	163	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1,00445	5.
	211	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1,00023	17.
	214	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1,00129	9.
	280	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C18	1,00142	7.
	288	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C18	1,00063	11.
	293	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1,00141	8.
	325	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1,00052	14.
	343	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1,00036	15.
	376	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1,00088	10.
	391	C2	C4	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1,00283	6.
397	C2	C4	C5	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1,00056	13.	
415	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1,01011	2.	
13	27	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1,00192	5.
	66	C1	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1,00045	15.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
	77	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1,00073	13.
	92	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1,00021	18.
	151	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1,02037	2.
	165	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1,00147	7.
	192	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1,00180	6.
	205	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1,00066	14.
	219	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1,00027	16.
	239	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1,00215	4.
	263	C2	C3	C5	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1,00008	21.
	278	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1,00081	11.
13	297	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	321	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1,00019	19.
	340	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C18	1,00002	23.
	402	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1,00646	3.
	411	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1,00122	9.
	419	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1,00143	8.
	420	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1,00074	12.
	453	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C14	C15	C17	1,00012	20.
	467	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1,00026	17.
	470	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1,00083	10.
	495	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1,00008	22.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
14	23	C1	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1,00256	7.
	30	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1,00022	16.
	149	C1	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1,00051	14.
	169	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C17	1,00456	5.
	177	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	193	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1,00522	4.
	194	C1	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1,00078	12.
	232	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1,00088	11.
	277	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1,00042	15.
	284	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1,01120	2.
	320	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1,00190	9.
	322	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1,00144	10.
	342	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1,00425	6.
	348	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C18	1,00017	17.
	406	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C18	1,00061	13.
	407	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1,00254	8.
	475	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1,00011	18.
503	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1,01043	3.	
15	31	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1,00008	17.
	42	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1,00280	7.
	43	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1,00058	14.
	44	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1,00079	13.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
15	64	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C18	1,00031	16.
	83	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1,00492	5.
	111	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1,00149	9.
	247	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1,00303	6.
	279	C2	C3	C5	C7	C10	C11	C14	C16	C17	1,02372	2.
	283	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1,00133	10.
	327	C2	C3	C6	C7	C9	C11	C14	C16	C17	1,00087	12.
	333	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1,00164	8.
	422	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1,00717	3.
	425	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C17	1,00107	11.
	433	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	449	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C17	1,00668	4.
	450	C2	C4	C6	C7	C9	C11	C13	C15	C18	1,00042	15.
	461	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C14	C15	C17	1,00004	18.
16	25	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1,00736	4.
	50	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C18	Uygun çözüm yok	1.
	91	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1,00771	3.
	104	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1,00059	13.
	158	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1,00194	6.
	172	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1,00089	11.
	213	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1,00081	12.
	218	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1,00041	14.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
16	238	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1,00001	16.
	299	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1,00125	9.
	300	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1,00105	10.
	339	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C16	C17	1,00144	7.
	367	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1,00806	2.
	405	C2	C4	C5	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1,00144	8.
	421	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1,00254	5.
	488	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1,00036	15.
17	26	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1,00191	7.
	46	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1,00361	5.
	85	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1,00223	6.
	90	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1,00087	12.
	119	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1,00013	16.
	171	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1,00444	4.
	217	C1	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1,00001	17.
	281	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1,00183	8.
	286	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1,00026	14.
	287	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C16	C17	1,00118	9.
	298	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1,00460	3.
	306	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C18	Uygun çözüm yok	1.
	337	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1,00025	15.
	338	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1,00032	13.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
17	347	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C16	C17	1,01053	2.
	360	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1,00094	11.
	375	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1,00099	10.
18	29	C1	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1,00171	8.
	45	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1,00198	6.
	51	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1,00179	7.
	52	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1,00087	12.
	73	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1,00047	16.
	74	C1	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1,00029	20.
	89	C1	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1,00002	22.
	100	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1,00117	9.
	110	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1,00083	13.
	153	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1,00081	14.
	170	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1,00620	2.
	178	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C18	Uygun çözüm yok	1.
	191	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1,00052	15.
	236	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1,00043	17.
	282	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1,00097	11.
	341	C2	C3	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1,00000	23.
	414	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C18	1,00032	19.
428	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1,00100	10.	
447	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1,00042	18.	

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
18	469	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C14	C15	C17	1,00022	21.
	474	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1,00265	4.
	494	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1,00212	5.
	508	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1,00367	3.
19	99	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1,00018	17.
	102	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1,00097	8.
	108	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1,00557	3.
	154	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1,00168	5.
	174	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1,00056	11.
	228	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1,00145	6.
	230	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1,00048	12.
	231	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1,00093	9.
	246	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1,00039	14.
	252	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1,00058	10.
	302	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1,00035	16.
	319	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1,00004	19.
	329	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1,00017	18.
	356	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1,00037	15.
	366	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1,00131	7.
409	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1,00040	13.	
426	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1,00636	2.	
427	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1,00234	4.	

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
19	434	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C15	C18	Uygun çözüm yok	1.
	487	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1,00004	20.
20	40	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1,00027	15.
	63	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C16	C17	1,00131	7.
	81	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1,00021	16.
	97	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	157	C1	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1,00315	2.
	173	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1,00008	17.
	176	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1,00228	4.
	202	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1,00232	3.
	301	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1,00037	13.
	307	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1,00208	5.
	308	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1,00031	14.
	330	C2	C3	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1,00115	10.
	346	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1,00183	6.
	364	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1,00058	12.
	380	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1,00115	11.
	492	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C18	1,00001	18.
500	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1,00122	9.	
502	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1,00130	8.	
21	48	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1,00081	10.
	54	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1,00062	13.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
21	82	C1	C3	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1,00062	14.
	103	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1,00058	15.
	118	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1,00119	9.
	124	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1,00379	2.
	179	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1,00136	8.
	180	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1,00160	6.
	201	C1	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1,00040	17.
	225	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C17	1,00344	4.
	285	C2	C3	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1,00138	7.
	353	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	358	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1,00056	16.
	359	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1,00031	18.
	372	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1,00068	12.
	410	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C13	C15	C18	1,00181	5.
	466	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1,00073	11.
473	C2	C4	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1,00363	3.	
22	39	C1	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1,00033	15.
	53	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1,00006	18.
	98	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C18	1,00410	2.
	107	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1,00051	12.
	168	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1,00082	9.
	227	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1,00068	10.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
22	235	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1,00028	16.
	237	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1,00059	11.
	355	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1,00045	13.
	413	C2	C4	C5	C7	C10	C12	C14	C15	C17	1,00038	14.
	430	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C18	1,00089	8.
	432	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1,00219	5.
	458	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C18	1,00026	17.
	465	C2	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1,00307	4.
	481	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	484	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C18	1,00159	6.
	486	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C18	1,00096	7.
	507	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1,00339	3.
23	57	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	101	C1	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1,00107	7.
	109	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1,00039	12.
	226	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C18	1,00069	10.
	244	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1,00416	3.
	296	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1,00025	14.
	304	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C18	1,00059	11.
	345	C2	C3	C6	C7	C10	C12	C13	C15	C17	1,00246	5.
	354	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C18	1,01098	2.
	363	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1,00032	13.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
23	374	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1,00391	4.
	435	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1,00071	9.
	436	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1,00079	8.
	457	C2	C4	C6	C7	C9	C12	C13	C15	C17	1,00131	6.
24	60	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1,00021	11.
	116	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C18	1,00027	10.
	209	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C17	1,00343	5.
	210	C1	C4	C6	C7	C10	C11	C13	C15	C18	1,00080	8.
	229	C1	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1,00381	4.
	251	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1,00016	12.
	313	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	365	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1,00001	14.
	379	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1,00006	13.
	429	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1,00196	6.
	482	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C15	C18	1,00781	2.
	483	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C13	C16	C17	1,00157	7.
	491	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C16	C17	1,00000	15.
	493	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C14	C15	C17	1,00500	3.
499	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1,00076	9.	
25	58	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1,00167	8.
	59	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1,00361	3.
	123	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1,00340	4.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
25	167	C1	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1,00005	16.
	175	C1	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1,00021	14.
	182	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1,00031	11.
	184	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1,00190	7.
	185	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	188	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1,00364	2.
	309	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1,00029	13.
	310	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1,00045	9.
	314	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1,00286	5.
	316	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1,00038	10.
	357	C2	C3	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1,00030	12.
	424	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C18	1,00198	6.
440	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1,00008	15.	
26	47	C1	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1,00038	11.
	181	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1,00017	12.
	187	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1,00057	9.
	190	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1,00042	10.
	245	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1,00195	4.
	295	C2	C3	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1,00135	7.
	315	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1,00166	5.
	369	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C17	1,00127	8.
371	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1,00339	3.	

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
26	441	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	442	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1,00378	2.
	444	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C18	1,00004	14.
	485	C2	C4	C6	C8	C9	C11	C14	C15	C17	1,00165	6.
	501	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1,00017	13.
27	56	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1,00098	6.
	62	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1,00142	5.
	113	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C17	1,00076	7.
	115	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1,00175	4.
	117	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1,00004	13.
	186	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C15	C18	Uygun çözüm yok	1.
	243	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C16	C17	1,00254	2.
	312	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C18	1,00030	9.
	370	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C18	1,00074	8.
	437	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1,00014	12.
	438	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C15	C18	1,00226	3.
	497	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C17	1,00017	11.
498	C2	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C18	1,00022	10.	
28	105	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	106	C1	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1,00001	10.
	114	C1	C3	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C18	1,00044	8.
	122	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1,00147	6.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
28	250	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1,00228	4.
	303	C2	C3	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1,00074	7.
	318	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1,00043	9.
	423	C2	C4	C5	C8	C9	C11	C14	C16	C17	1,00569	2.
	431	C2	C4	C5	C8	C9	C12	C14	C16	C17	1,00487	3.
	443	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C13	C16	C17	1,00169	5.
29	61	C1	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1,00421	2.
	121	C1	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C17	1,00212	4.
	233	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C17	1,00006	10.
	241	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C17	1,00182	5.
	242	C1	C4	C6	C8	C10	C11	C13	C15	C18	1,00046	8.
	361	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.
	373	C2	C3	C6	C8	C10	C11	C14	C15	C17	1,00109	6.
	378	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1,00074	7.
	446	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C18	1,00033	9.
	506	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C18	1,00221	3.
30	183	C1	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1,00225	4.
	189	C1	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1,00168	5.
	234	C1	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C18	1,00388	3.
	249	C1	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C17	1,00951	2.
	317	C2	C3	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1,00050	6.
	439	C2	C4	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1,00008	7.
	489	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C17	Uygun çözüm yok	1.

Tablo E.11'in devamı

Küme	KVB	Ç	K	Y	M	E	S	A	P	G	Süper-Etkinlik Skoru	Süper-Etkinlik Sırası
	55	C1	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1,00241	3.
	311	C2	C3	C5	C8	C10	C11	C14	C16	C17	1,00030	5.
31	362	C2	C3	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C18	Uygun çözüm yok	1.
	377	C2	C3	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C17	1,00263	2.
	505	C2	C4	C6	C8	C10	C12	C13	C15	C17	1,00211	4.
	445	C2	C4	C5	C8	C10	C12	C14	C15	C17	1,08606	2.
32	490	C2	C4	C6	C8	C9	C12	C13	C15	C18	Uygun çözüm yok	1.

Tablo E.12- Kümelerdeki KVB Sayıları Ve KVB'lerin Süper-Etkinlik Skorlarına Göre Sıralamaları

Küme numarası	Kümedeki KVB sayısı	Süper-etkinlik sıralaması (iyiden kötüye)
1	13	1 - 208 - 224 - 6 - 132 - 94 - 140 - 131 - 204 - 3 - 256 - 222 - 512
2	13	257 - 480 - 4 - 350 - 196 - 96 - 464 - 2 - 388 - 80 - 134 - 5
3	16	33 - 129 - 352 - 262 - 336 - 387 - 478 - 396 - 200 - 384 - 93 - 258 - 460 - 259 - 139 - 16
4	16	289 - 385 - 260 - 221 - 223 - 128 - 12 - 207 - 130 - 216 - 136 - 452 - 72 - 133 - 261 - 390
5	19	161 - 386 - 349 - 389 - 11 - 479 - 95 - 472 - 395 - 456 - 14 - 195 - 463 - 400 - 255 - 203 - 76 - 511 - 79
6	15	417 - 88 - 9 - 351 - 477 - 34 - 272 - 268 - 68 - 383 - 267 - 13 - 142 - 148 - 70
7	18	290 - 127 - 335 - 147 - 270 - 265 - 10 - 198 - 254 - 126 - 392 - 143 - 451 - 199 - 404 - 459 - 332 - 324
8	23	162 - 17 - 510 - 215 - 160 - 137 - 20 - 19 - 266 - 15 - 382 - 212 - 8 - 240 - 67 - 156 - 38 - 326 - 71 - 141 - 78 - 496 - 269
9	23	418 - 504 - 403 - 273 - 471 - 75 - 253 - 416 - 135 - 206 - 398 - 220 - 455 - 35 - 152 - 125 - 37 - 323 - 393 - 22 - 138 - 454 - 344
10	18	49 - 145 - 87 - 399 - 276 - 248 - 509 - 69 - 18 - 36 - 468 - 334 - 381 - 412 - 275 - 7 - 112 - 394
11	23	305 - 401 - 368 - 159 - 155 - 291 - 24 - 274 - 331 - 292 - 476 - 264 - 328 - 462 - 164 - 294 - 271 - 448 - 32 - 21 - 408 - 197 - 166
12	20	41 - 415 - 146 - 28 - 163 - 391 - 280 - 293 - 214 - 376 - 288 - 86 - 397 - 325 - 343 - 65 - 211 - 120 - 150 - 84
13	23	297 - 151 - 402 - 239 - 27 - 192 - 165 - 419 - 411 - 470 - 278 - 420 - 77 - 205 - 66 - 219 - 467 - 92 - 321 - 453 - 263 - 495 - 340
14	18	177 - 284 - 503 - 193 - 169 - 342 - 23 - 407 - 320 - 322 - 232 - 194 - 406 - 149 - 277 - 30 - 348 - 475
15	18	433 - 279 - 422 - 449 - 83 - 247 - 42 - 333 - 111 - 283 - 425 - 327 - 44 - 43 - 450 - 64 - 31 - 461
16	16	50 - 367 - 91 - 25 - 421 - 158 - 339 - 405 - 299 - 300 - 172 - 213 - 104 - 218 - 488 - 238
17	17	306 - 347 - 298 - 171 - 46 - 85 - 26 - 281 - 287 - 375 - 360 - 90 - 338 - 286 - 337 - 119 - 217
18	23	178 - 170 - 508 - 474 - 494 - 45 - 51 - 29 - 100 - 428 - 282 - 52 - 110 - 153 - 191 - 73 - 236 - 447 - 414 - 74 - 469 - 89 - 341
19	20	434 - 426 - 108 - 427 - 154 - 228 - 366 - 102 - 231 - 252 - 174 - 230 - 409 - 246 - 356 - 302 - 99 - 329 - 319 - 487
20	18	97 - 157 - 202 - 176 - 307 - 346 - 63 - 502 - 500 - 330 - 380 - 364 - 301 - 308 - 40 - 81 - 173 - 492
21	18	353 - 124 - 473 - 225 - 410 - 180 - 285 - 179 - 118 - 48 - 466 - 372 - 54 - 82 - 103 - 358 - 201 - 359

Tablo E.12'nin devamı

Küme numarası	Kümedeki KVB sayısı	Süper-etkinlik sıralaması (iyiden kötüye)
22	18	481 - 98 - 507 - 465 - 432 - 484 - 486 - 430 - 168 - 227 - 237 - 107 - 355 - 413 - 39 - 235 - 458 - 53
23	14	57 - 354 - 244 - 374 - 345 - 477 - 101 - 436 - 435 - 226 - 304 - 109 - 363 - 296
24	15	313 - 482 - 493 - 229 - 209 - 429 - 483 - 210 - 499 - 116 - 60 - 251 - 379 - 365 - 491
25	16	185 - 188 - 59 - 123 - 314 - 424 - 184 - 58 - 310 - 316 - 182 - 357 - 309 - 175 - 440 - 167
26	14	441 - 442 - 371 - 245 - 315 - 485 - 295 - 369 - 187 - 190 - 47 - 181 - 501 - 444
27	13	56 - 186 - 243 - 312 - 370 - 437 - 438 - 497 - 498 - 62 - 113 - 115 - 117
28	10	105 - 114 - 122 - 250 - 303 - 318 - 423 - 431 - 443 - 106
29	10	61 - 233 - 241 - 242 - 361 - 373 - 378 - 446 - 506 - 121
30	7	489 - 249 - 234 - 183 - 189 - 317 - 439
31	5	362 - 377 - 55 - 505 - 311
32	2	490 - 445