

DÖKÜM DEPODAN TUGAYA AKARYAKIT DAĞITIM SİSTEMİNİN SİMÜLASYONU VE ANALİZİ

DOI NO: 10.5578/jeas.8405

TOLGA BOYRAZ*

ÖZ

Barış şartlarında ihtiyaç duyduğu ikmal maddelerinin karşılanmasında askeri birliklerin diğer kurumlardan farklı olmamaktadır. Ancak, muharebede birliklerin bu ihtiyaçlarının karşılanması daha fazla önem arz etmekte ve birliğin muharebe etme yeteneğini doğrudan etkilemektedir. Bu ikmal maddelerinden biri de akaryakıttır. Birlikler, akaryakıtı, araçlardan, haberleşme cihazlarının şarj edilmesine ve sahra hizmetlerinin yürütülmesine kadar çok çeşitli alanlarda kullanmaktadır. Birliklerin kaderini belirleyen ikmal maddelerinden biri olan akaryakıtın taşınması ve dağıtım taktik seviyedeki lojistiğin en kritik bileşeni olmaktadır. Son derece önemli olan akaryakıt dağıtım zincirinin döküm depodan sahra kullanıcılarına kadar olan bölümü, bu çalışmada incelenmiştir. Akaryakıt dağıtımının doğru ürün, doğru yer ve doğru zaman niteliklerini sağlamak amacıyla iki farklı dağıtım ağı tasarlanmıştır. Dağıtım ağlarının analizi maksadıyla kesikli olay benzetim modelleri kurulmuş ve sistemin performansı incelenerek alternatif sistemler taşıma maliyetleri açısından karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, dağıtımın bir kısmının yükleniciler, bir kısmının da birlik araçları vasıtasıyla yapıldığı karma bir sistemin maliyet açısından daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dağıtım Ağ Tasarımı, Akaryakıt Dağıtım Benzetimi, Kesikli Olay Benzetimi.

JEL Kodları: C63, Q41, R41.

SIMULATION AND ANALYSIS OF FUEL DISTRIBUTION SYSTEM FROM BULK STORAGE TO THE BRIGADE

105

ABSTRACT

Military units aren't different from other public institutions to procure supply materials during peacetime. But, procuring these needs is more important in the battlefield and this affects unit's combat ability directly. One of these supply materials is fuel. Transporting and distributing fuel is one of the critical components of tactical logistics. Fuel distribution chain from bulk storage to the users was studied in this paper. Two different types of distribution network were designed in order to ensure providing forces with the right fuel, in the right place at the right time. In order to analyze the distribution networks, discrete event simulation models were built and by evaluating system performance, alternatives were compared with each other in accordance with their costs. According to the results, second alternative is better than first one. In this alternative, it is proposed mixed type which composed of contractor's and unit's tankers.

Keywords: Distribution Network Design, Simulation of Fuel Distribution, Discrete-event Simulation.

JEL Codes: C63, Q41, R41.

* Kara Harp Okulu Endüstri Sistem Mühendisliği Bölümü, e-mail: tboyraz@kho.edu.tr.

GİRİŞ

Askeri birlikler barış şartlarında diğer tüm kurumların ihtiyaç duyduğu su, elektrik, akaryakıt vb. ürünlere ihtiyaç duyar, bu ürünler şehir şebekesi, akaryakıt dağıtım şirketleri gibi araçlar vasıtasıyla temin edilir. Diğer bir ifadeyle ihtiyaç çeşitleri ve karşılanması konusunda herhangi bir kurumdan farkı yoktur. Ancak, savaş şartlarında görevlerini devam ettirebilmeleri, muharebede manevra kabiliyetini kaybetmemeleri, ateş gücünü kullanabilmeleri, muharebe imkânlarını sürdürebilmeleri, kısaca başarılı olabilmeleri lojistik olarak kesintisiz desteklenmelerine, doğru ürünün, doğru yer ve doğru zamanda birliğe ulaştırılmasına bağlıdır. Akaryakıt, muharebede ihtiyaç duyulan en önemli lojistik ürünlerinden birisidir. Akaryakıtın doğru zamanda, istenen miktarda ve istenen yerde hazır bulundurulması birliklere avantajlar sağlamaktadır. 2000'li yılların başında, Amerikan Ordusu lojistik personeline göre, muharebe sahasına ikmal edilen maddelerin %50'si mühimmat, %30'u akaryakıt ve geri kalanı yiyecek, su ve diğer ikmal maddeleriydi. Bugün, lojistik ürünlerinin %70'inden fazlası akaryakıttır (VAREC, 2009: 4). Savaşı sürdürebilmek için akaryakıtta olan bağımlılığın arttığı bazı istatistiklerle de tespit edilebilir. 2007 yılında, Amerikan ordusunun akaryakıt tüketimi, Sonsuz Özgürlük Operasyonu ve Irak'a Özgürlük Operasyonu'nda asker başına günlük 83,28 litre gerçekleşmiştir. Bu değer Vietnam'dan beri kişi başına %175 yükselmiştir. Bu tüketimin artma nedenlerinin en başında askeri teknolojiler ve artan karmaşıklık gelmektedir. Örneğin, bir deniz piyade taburu, 2001 yılında tenteli 32 adet yüksek performanslı çok amaçlı araca (YPCAA (HUMVEE)) sahipken, 2008 yılında 55 adet zırhlı YPCAA sahipti. Aynı tipteki tabur, 2001 yılında 175 adet telsiz setine sahipken, 2008 yılında 1220 adet telsiz setine sahip olmuştur (NOBLIS, 2010: 30). 2006 yılında, Amerikan Ordusu, bir milyar 559 milyon 589 bin 655 litre (412 milyon galon) jet yakıtı (940 milyon Amerikan Doları), 223 milyon 339 bin 295 litre (59 milyon galon) dizel (123 milyon Amerikan Doları), 75 milyon 708 bin 235 litre (20 milyon galon) benzin (45 milyon Amerikan Doları) ve bir milyon 249 bin 185 litre (330 bin galon) biyodizel (775 bin Amerikan Doları) kullanmıştır. 2008 yılında Amerikan Savunma Bakanlığı, Sonsuz Özgürlük Operasyonu ve Irak'a Özgürlük Operasyonu'nu desteklemek için aylık 257 milyon 408 bin litre (68 milyon galon) diğer bir ifadeyle günlük yedi milyon 570 bin 823 litrenin (2 milyon galon) üzerinde akaryakıt ikmal yapmıştır (NOBLIS, 2010: 30). 2009 yılında, Sonsuz Özgürlük Operasyonunda birlik-

lerin 113 milyon 562 bin 353 litre (30 milyon galon) depolama ihtiyacı ve operasyonları destekleme için günlük 4,16 milyon litre (1,1 milyon galon) akaryakıt gereksinimi olmuştur (EVANS ve MASTERNAK, 2012: 48).

Muharebede, birliklerin kaderini belirleyen ikmal maddelerinden biri olan akaryakıtın doğru çeşidinin, doğru yer ve zamanda hazır bulundurulması gerekmektedir (The US Joint Chiefs of Staff, 2010: I-1; RUSHTON, CROUCHER ve Diğ., 2014: 4). Lojistik birimler, müşteri ihtiyaçlarını belirlemeli, stratejik seviyede akaryakıt kaynakları bulmalı ve döküm akaryakıtın ulaşımını, depolanmasını ve dağıtımını sağlamalıdır. Muharebede, askeri taktik lojistiğinin en önemli parçası, ikmal maddelerinin taşınması ve dağıtımı olmaktadır (SEBBAH, GHANMI, 2013: 3069). Dağıtım, ürünün son ürün üretim noktasından müşteriye veya son kullanıcıya kadar depolanmasını ve akışını tanımlamaktadır (RUSHTON, CROUCHER ve Diğ., 2014: 4). Dağıtım sistemi kurulurken, etkinliği ve verimliliği sağlayacak hususlar dikkate alınmalıdır. Bu hususlar; taşıma sorumluluğunun geriden ileriye doğru olması, doğru zamanda sağlanması, güvenliğinin kolay alınabilmesi, basit ve maliyet-etkinlik sağlanmasıdır. İfade edilen prensipleri uygulayan doğru bir sistem oluşturulması, muharebe sahasında askeri hareketin başarısını etkileyecektir. Amerika ve İngiltere hammadde kaynağından rafineriye, rafineriden taktik birliklere ulaştırılması ve dağıtımına kadar bütün akaryakıt ikmal zincirini organik kuruluşundaki birimlerle kontrol etmektedir. Buna karşın, NATO Uluslararası Güvenlik Yardım Kuvveti (ISAF) akaryakıt operasyonları, büyük oranda yüklenicilerin (contractors) kontrolüne bırakılmıştır. Bu yükleniciler, akaryakıt rafineriden alıp güvenliğini kendileri sağlayarak silah sistemlerine kadar dağıtmaktadır (EVANS ve MASTERNAK, 2012: 26). Şekil-1'de Amerikan ordusunun karadan akaryakıt dağıtımını gösterilmektedir. Akaryakıt ikmal zincirindeki unsurları sırasıyla kaynak, döküm depo, sahra döküm depo, dağıtım noktası ve kullanıcı olarak tanımlayabiliriz. Akaryakıt dağıtım sisteminin döküm depodan kullanıcılara (talep noktasına) kadar olan bölümü incelendiğinde, akaryakıt ikmal üç farklı şekilde yapılabilecektir. Birincisi, Amerika ve İngiltere'nin uyguladığı gibi tamamen organik kuruluşundaki birimlerle, ikincisi NATO'nun ISAF/Afganistan'daki gibi tamamen yüklenicilerle, üçüncüsü bu ikisinin karması kullanılarak yapılabilecektir. Savaş zamanı döküm depo ile kullanıcılar arasındaki mesafe oldukça artacağından, desteğin vaktinde ve emniyet içerisinde olması önem kazanacak, ikmal sistemi zaman

tahdidi, baskın, sabotaj, pusu, topçu ve hava taarruzu gibi tehlikelere maruz kalacaktır. Akaryakıt dağıtım problemi, çalışmada destek prensiplerini gözeterek, dağıtım ağı tasarım problemi olarak ele alınmış ve ağı tasarlamak ve analiz etmek için bir kesikli olay benzetim modeli geliştirilmiştir. Döküm depodan kullanıcılara kadar olan dağıtım yapısı göz önüne alındığında buradaki kararların operasyonel/taktik seviyede kararlar olduğu görülmektedir. Bu seviyedeki problemleri modellemek için de en uygun aracın kesikli olay benzetimi olduğu genel olarak kabul edilmektedir (TAKO ve ROBINSON, 2012: 803).

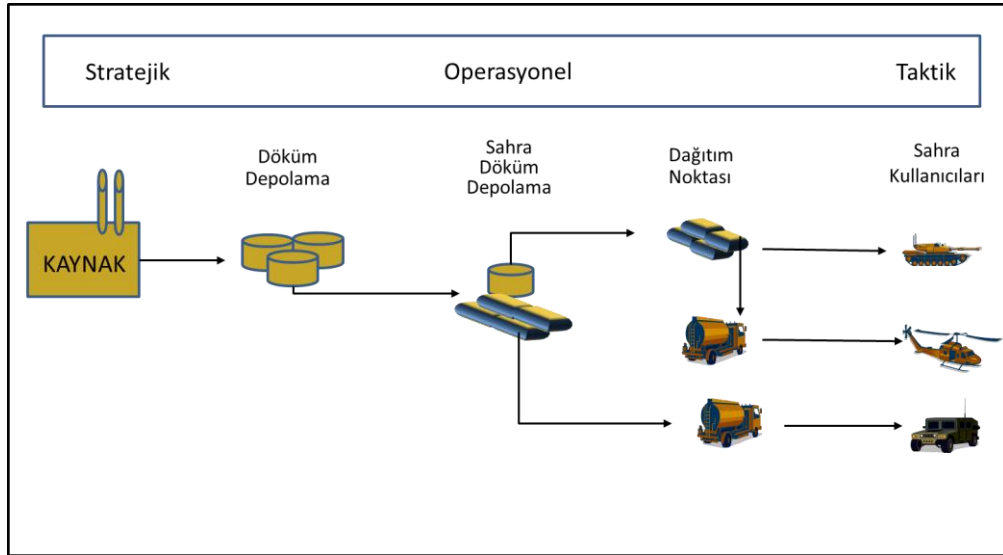
1. KESİKLİ OLAY BENZETİMİ

Benzetim; gerçek dünya sistemlerinde meydana gelebilecek sonuç silsilesini elde etmek için, dinamik bir modelin çalıştırılması ve gerçek dünyayı temsil etme tekniği olarak ifade edilebilir. Genel anlamda benzetim; gerçek bir sistemi temsil eden modelin oluşturulması ve bu modelin canlandırılması işlemidir.

Benzetim modelleri genellikle zamana göre sistemin nasıl tepki verdiğini anlamak ve farklı koşullar altında onların performanslarını karşılaştırmak için kurulmaktadır (TAKO ve ROBINSON, 2012: 803). Benzetim modelleri, bilgi elde etmek maksadıyla, sistemlerin dina-

mik süreçlerle temsil edilmesi olarak tanımlanabilir. Zaman boyutu, sürekli ve kesikli süreçler kadar statik ve dinamik, zamanla değişen ve zamanla değişmeyen davranışlar vasıtasıyla gerçekçi olarak taklit edilebilir. Benzetim yazılım uygulamalarının birçoğu, sistem boyunca malzeme akışını veya diğer dinamik süreçleri tanımlamak için animasyonları sunmaktadır (HENNIES, REGGELIN ve Diğ., 2013: 2).

Zaman karakteristiğine göre benzetim yaklaşımlarından bir tanesi de kesikli olay benzetimidir. Kesikli olay benzetimi, herhangi bir istenen detay seviyesinde modelleme imkânı sağlamaktadır ve bu nedenle operasyonel seviyede sıklıkla kullanılabilir. Kesikli olay benzetimi, endüstride ve lojistik ortamlarda çok yaygındır (HENNIES, REGGELIN ve Diğ., 2013: 3). Bu benzetim türü, sistemleri durum değişimlerinin zamanın belirli noktalarında olduğu kuyruklar ve faaliyetler ağı olarak modellemektedir. Varlıklar, teker teker temsil edilmekte ve her bir varlığa, benzetim süresince neler olduğunu belirlemek için belirli özellikler atanabilmektedir. Kesikli olay benzetimi modelleri, genellikle olasılık dağılımları kullanılarak üretilen rastsallığın olduğu olasılıklı bir yapıdadır (TAKO ve ROBINSON, 2012: 803).



Kaynak: The US Joint Chiefs of Staff (2010). **JP 4-03: Joint Bulk Petroleum and Water Doctrine**, ABD.

Şekil 1. Amerikan ordusunun karadan akaryakıt dağıtım zinciri

2. AKARYAKIT DAĞITIM SİSTEMİNİN BENZETİMİ VE ANALİZİ

Bu çalışmada dağıtım ağı tasarımı yapılmıştır. Literatürde bu konuda yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır: Sourirajan ve arkadaşları (2009), genetik algoritma kullanarak, tesis yeri seçimi, boru hattı, stok ve güvenlik stoğu maliyetlerini minimize edilecek şekilde ağdaki dağıtım merkezlerinin yerleştirilmesini amaçlamıştır. Eskigun ve arkadaşları (2005), çalışmasında tedarik süresini, dağıtım noktalarının yerleşimini ve taşıma biçimi seçimini dikkate alan bir tedarik zinciri ağı tasarımı için Lagrangian sezgiseli; Ko ve arkadaşları (2006) üçüncü parti lojistik servis sağlayıcılar 3PLs için depoların performansını dikkate alan bir dağıtım ağı tasarımı sunmuştur. Cunha ve Ribeiro (2004) çevrimli su dağıtım ağlarının en düşük maliyet tasarımı için tabu arama algoritması önermiştir. Hatip ve Sabuncuoğlu (2004), çalışmasında akaryakıt dağıtım sisteminin döküm depoya (tank çiftliğine) kadar olan kısmını incelemiş ve benzetim modeli

oluşturarak optimizasyonunu amaçlamıştır. Boyraz ve Erol (2004), akaryakıt dağıtım sisteminin döküm depodan, tugaya (akaryakıt dağıtım yeri) kadar olan kısmını incelemiş ve karışık tamsayılı bir model önermiştir.

Kesin girdilerin tam olarak bilinmediği durumlarda karar bazen belirsizlik altında verilebilir. Temel belirsiz girdilerden biri de ulaştırma talebidir (CHEN, KIM ve Diğ., 2010: 1609). Boyraz ve Erol (2004), çalışmalarında ihtiyaç miktarı olarak Tablo 1'deki üç tip senaryoyu kullanılarak her bir senaryo için optimal değere ulaşmaya çalışmıştır. Ancak muharebede sadece bu üç değer olmayacağı, tüketimin bir rastsallık içereceği değerlendirildiğinde, bu senaryolardaki tüketim miktarlarını kullanarak talebin rastsallığını içeren bir benzetim modelinin bu dağıtım ağındaki durumu daha gerçekçi yansıtacağı düşünülerek bu çalışmada bir kesikli olay benzetim modeli kurulmuştur.

Tablo 1. Senaryolara Göre Akaryakıt Tüketim Miktarları

SENARYO	ARAÇ MİKTARI	KAPASİTE (TON)	TÜKETİM (TON)	TÜKETİM %
A	1129	442.551	74.883	17
B	772	251.460	51.250	20
C	781	264.797	29.418	11

Kaynak: BOYRAZ, Tolga, EROL, S, (2004). "Bir Tugayın Taarruz Harekâtında Akaryakıt Dağıtım Sisteminin Optimizasyonu için Bir Model Önerisi", Yıldırım, Orhan ve diğ. (ed.) SAVTEK2004 Savunma Teknolojileri Kongresi, Ankara.

2.2. Senaryo Modelleme

2.2.1. Kavramsal ve Mantıksal Model

Akaryakıt dağıtım sisteminin kavramsal modelini oluşturan temel elemanlar aşağıda ifade edilmiştir.

İncelediğimiz sistemdeki depolar ağı modelinde düğümlerle, depolar arasındaki yollar ayrıtlarla temsil edilmektedir. Döküm depo, ara depo, sahra döküm depo, dağıtım noktası ile tugay düğümleri oluşturmaktadır. Durum değişkenleri; taşınacak akaryakıt miktarı, depolama maliyetleri ve taşıma maliyetlerinden oluşan toplam maliyettir.

Model, aşağıda belirtilen varsayımlar çerçevesinde oluşturulmuştur.

- Sistemdeki depoların başlangıç stok seviyeleri ihtiyaç duyulacak akaryakıt miktarını karşılayabilecektir.
- Stoklarından akaryakıt eksilen depolar/düğümler, ihtiyaçlarını bir önceki depo/düğümünden karşılayacaktır.

- Sahra döküm depo veya dağıtım noktasının personel, teçhizat, malzeme ve tesis ihtiyaçları, hâlihazırda kurulu olan birlikler tarafından karşılanacağından, sabit maliyetleri bulunmayacaktır. Aynı şekilde, ara depoların da sabit maliyetleri bulunmayacaktır. Çünkü bu depoların bölgede bulunduğu kabul edilmektedir.

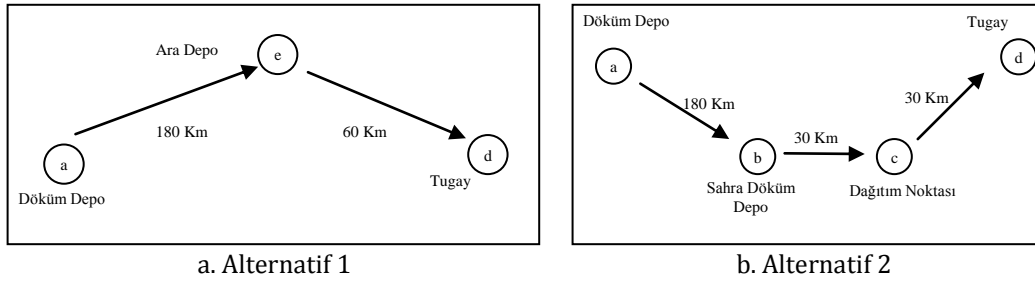
- Depolara ait maliyetlerden sadece, bir ton akaryakıtı depolama maliyeti kullanılacaktır.

Akaryakıt dağıtım sistemi, gün içerisinde harcanan akaryakıtı, o günün akşamından ertesi günün sabahına kadar (bir gecelik süre) yerine koyacak şekilde kurulmaktadır. Taarruz harekâtı, ileri doğru yapılan bir harekât şekli olduğu için harekâtın devamı süresince akaryakıtı ihtiyaç duyacak tugaylar, depolardan uzaklaşır. Bunun sonucu olarak, bir gecelik sürede yapılması gereken ikmal faaliyeti kesintiye uğrayabilir. Bu sorunu gidermek için ikmal birimlerinin de ileriye doğru intikal etmesi gerekmektedir. Ancak, döküm depolar sabit tesis olduğu için bu depolardan tugaylara kadar uzanan dağıtım sistemi arasında mesafeler artacak ve

sonunda, bir gecelik intikal mesafesi tahdidi karşımıza çıkacaktır. Bu durumda, akaryakıt destek prensiplerinden, desteğin vaktinde ve emniyetli olması prensipleri ihlal edilmiş olur. Bu sorunu gidermek için farklı iki dağıtım ağı incelenmiştir. Birinci tasarım, dağıtımın tamamen yüklenici sorumluluğunda kurulmasıdır. Bu durumda, o bölgede mevcut ara depolar kullanılacaktır. İkinci tasarım, hem yüklenici hem de harekâta katılan birliklerin kuruluşunda bulunan veya desteğine verilen birliklerin sorumluluğundadır. İkinci tasarımda, dağıtım ağı içerisinde sahra döküm depo ve dağıtım noktaları ilave edilecektir. Birinci tasarımda, akaryakıt, döküm depodan bir ara depo vasıtasıyla tugaya, tamamen kiralık tankerler kullanılarak taşınacaktır. Bu nedenle, taşıma maliyeti içerisinde artış faktörü (Tl/ton/km) ve bayi kârı (Tl/ton) girmektedir. İkinci tasarımda, döküm depodan sahra döküm depoya kadar

taşımacılık kiralık tankerlerle, bu noktadan tugaya kadar ise birlik tankerleriyle olacaktır. Sahra döküm depodan sonraki taşıma maliyeti olarak, birlik tankerlerinin harcadığı akaryakıt hesaba katılacaktır. Araçlar, sadece tek bir talep noktasına hizmet verecek ve tekrar merkeze dönüş yapacaktır.

Döküm depo için kaynak kıtlığı yoktur. Akaryakıt, döküm depoya kadar boru hattı sistemi ile getirilecek ve burada yeteri kadar stoklanabilecektir. Sahra döküm depoda veya ara depoda, tugay için 200 ton akaryakıt stoklanabilir. Dağıtım noktasında ise akaryakıt takımının kapasitesi kadar yani, 60.000 galon (193 ton) akaryakıt stoklanabilir. Emniyet stok seviyesi olarak dağıtım noktasında, sahra döküm depoda ve ara depoda, başlangıç stok miktarının %30'u kadar akaryakıt stoklanacaktır.



Şekil 2. Dağıtım Ağı Alternatifleri

Modelde, birinci alternatifte bir tedarik kaynağı (döküm depo), bir ara depo ve bir talep noktası (tugay); ikinci alternatifte bir tedarik kaynağı (döküm depo), sahra döküm depo, dağıtım noktası ve bir talep noktası (tugay) bulunmaktadır. Taşıma mesafesi arttığında ikinci alternatifte dağıtım noktası ilave edilebilmektedir. Alternatif ağ tasarımları Şekil 2'de verilmiştir.

Dağıtım ağının düğümleri, birinci alternatifte döküm depo, bir ara depo ve tugay; ikinci alternatifte döküm depo, sahra döküm depo ve bir adet dağıtım noktası ile tugaydır.

Tugayın yeri, her bir potansiyel tesisin yeri, kapasitesi, kullanılabilir maksimum araç sayısı ve kapasiteleri bilinmektedir. Döküm Depo her iki alternatifte de aynı değerde ve kaynak kısıtı olmadığı için kapasitesi sonsuz tanımlanmıştır. Alternatif 1'de Ara Deponun ve Alternatif 2'de Sahra Döküm Deponun kapasiteleri 200 ton, Alternatif 2'de Dağıtım Noktasının kapasitesi 193 tondur. Araç sayıları kısıt oluşturmayacak miktarlarda tanımlanmıştır. Alternatif 1'de Döküm Depo ile Ara Depo arasında 15 tonluk 10 adet kiralık tanker, Ara Depo ile Tugay arasında 15 tonluk 10 adet kiralık tanker tanımlanmıştır.

Alternatif 2'de Döküm Depo ile Sahra Döküm Depo arasında 15 tonluk 10 adet kiralık tanker, Sahra Döküm Depo ile Dağıtım Noktası arasında 10 tonluk 20 adet envanterdeki tanker, Dağıtım Noktası ile Tugay arasında 10 tonluk 20 adet envanterdeki tanker tanımlanmıştır. Birinci alternatifte tüm araçlar yüklenici tarafından sağlanmaktadır. İkinci alternatifte, sahra döküm depoya kadar yüklenici, diğer yollarda birlik araçları kullanılmaktadır. Depolar arasında kullanılan tanker kapasiteleri aynıdır. Örneğin, Alternatif 1'de Döküm Depo ile Ara Depo arasında 15 tonluk tankerler, Alternatif 2'de Sahra Döküm Depo ile Dağıtım noktası arasında 10 tonluk tankerler kullanılmıştır. Son olarak, düğümler arasındaki güzergâhlar; birinci alternatifte, döküm depodan ara depo ile tugaya; ikinci alternatifte, döküm depodan sahra döküm depo ve dağıtım noktası ile tugaya şeklinde kabul edilmektedir. Dağıtım yöntemi olarak, birliğe kadar götürme usulü uygulanmaktadır. Birliğe kadar götürme usulünde, ihtiyaç sahibi tugayın sorumluluk sahasına kadar, üst birliklerin ikmal araçları vasıtasıyla ikmal maddeleri taşınmaktadır. Bu sayede, ihtiyaç sahibi birlik muharebe sahasında geriye doğru bir araç hareketi yapmamaktadır.

Modelde, alternatif 1 için toplam maliyet Eş.1, alternatif 2 için toplam maliyet Eş.5 kullanılarak hesaplanmaktadır.

Kümeler

N_{DD}	Döküm Depo kümesi
N_{AD}	Ara Depo kümesi
N_{SDD}	Sahra Döküm Depo Kümesi
N_{DN}	Dağıtım Noktası kümesi
N_T	Tugay kümesi
$ARAC_{SDD}$	Sahra Döküm Depodaki tanker kümesi
$ARAC_{DN}$	Dağıtım Noktasındaki tanker kümesi

Parametreler

BK	Bayi karı (Tl/ton)
------	--------------------

$ARFAK$	Artış Faktörü (Tl/ton/km)
D_{ij}	i ve j depoları arasındaki mesafe
DM_i	i deposunda 1 ton akaryakıt depolama maliyeti

Değişkenler

TM	Toplam Maliyet
$TMLYT$	Taşıma Maliyeti
$DMLYT$	Depolama Maliyeti
TAM_{ij}	i ve j depoları arasında taşınan akaryakıt miktarı
$DEPM_iK_i$	i deposundaki akaryakıt miktarı
$KBTM_k$	k kadro tankerinin kilometre başına taşıma maliyeti

$$TM_1 = TMLYT_1 + TMLYT_2 + DMLYT_1 \quad (1)$$

$$TMLYT_1 = BK * TAM_{ij} + ARFAK * TAM_{ij} * D_{ij} \quad \forall i \in N_{DD}, \forall j \in N_{AD}, \quad (2)$$

$$TMLYT_2 = BK * TAM_{ij} + ARFAK * TAM_{ij} * D_{ij} \quad \forall i \in N_{AD}, \forall j \in N_T, \quad (3)$$

$$DMLYT_1 = DM_i * DEPM_iK_i \quad \forall i \in N_{AD}, \quad (4)$$

$$TM_2 = TMLYT_1 + TMLYT_2 + TMLYT_3 + DMLYT_1 + DMLYT_2 \quad (5)$$

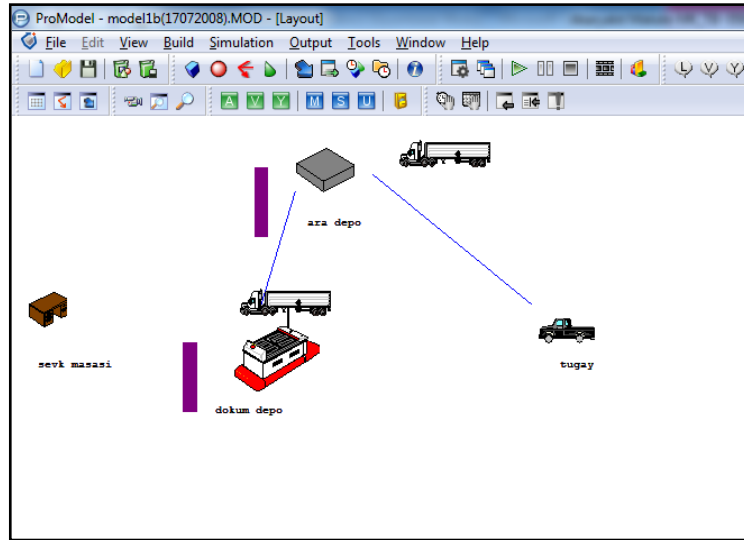
$$TMLYT_1 = BK * TAM_{ij} + ARFAK * TAM_{ij} * D_{ij} \quad \forall i \in N_{DD}, \forall j \in N_{SDD}, \quad (6)$$

$$TMLYT_2 = KBTM_k * D_{ij} \quad \forall i \in N_{SDD}, \forall j \in N_{DN}, \forall k \in ARAC_{SDD} \quad (7)$$

$$TMLYT_3 = KBTM_k * D_{ij} \quad \forall i \in N_{DN}, \forall j \in N_T, \forall k \in ARAC_{DN} \quad (8)$$

$$DMLYT_1 = DM_i * DEPM_iK_i \quad \forall i \in N_{SDD}, \quad (9)$$

$$DMLYT_2 = DM_i * DEPM_iK_i \quad \forall i \in N_{DN}, \quad (10)$$



Şekil 3. Alternatif 1'den Bir Kesit (Yerleşim (layout) penceresi)

2.2.2. Benzetim Modeli

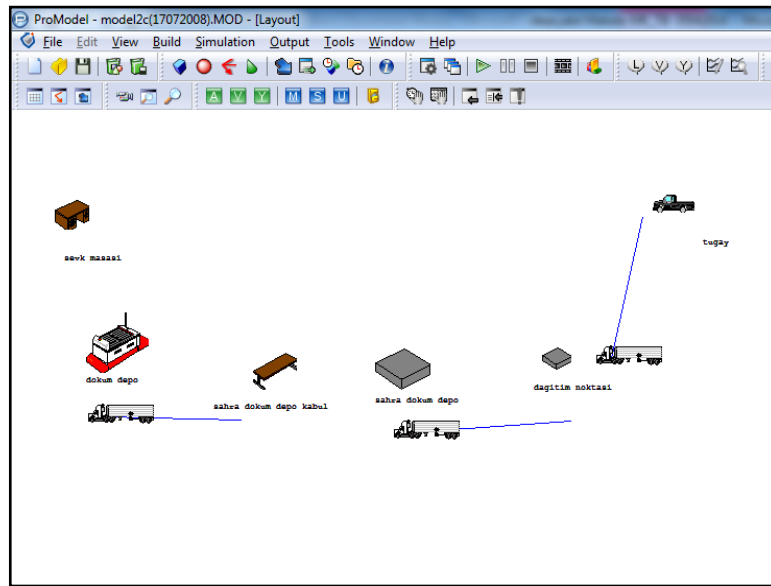
Promodel ile sistemin fiziksel yerleşimi (akaryakıt depoları ve tugayın yeri), sistemde işlem gören varlıklar (akaryakıt talebi), kaynaklar (akaryakıt tankerleri), bu kaynakların izleyeceği yollar, sisteme varışlar (akaryakıt talebi) ile sistemdeki değişkenler (taşınacak akaryakıt miktarı, maliyetler ve dolu tanker miktarı) modellenmiştir. Süreç şu şekilde işlemektedir. Tugaydan günde sadece bir defa akaryakıt isteği gelmektedir. Bu istek miktarı tugayın o gün harcadığı akaryakıt miktarıdır ve benzetim modelinde varış sürecinde döküm deponun sevk masasına 24 saatte bir istek olacak şekilde tanımlanmıştır. Gelen istek miktarını belirlemek için üçgen dağılımdan $T(29000,50000,75000)$

bir değer üretilmekte ve bu değere göre dolu akaryakıt tanker sayısı ve maliyetler belirlenmektedir.

2.3. Modelin Doğrulaması ve Geçerlemesi

Modelin doğrulanması için birkaç yardımcı araçtan yararlanılmıştır. Bu çalışmada kurulan modelin doğrulanması için animasyon, kod kontrolü ve duyarlılık analizi teknikleri kullanılmıştır.

Modelin animasyonu sayesinde; akaryakıt dağıtım sisteminin akışına uygun olarak tankerlerin akaryakıt taşımalarını yaptıkları rahatlıkla takip edilmiştir. Bu sayede modelin doğru kurulduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4. Alternatif 2'den Bir Kesit (Yerleşim (layout) penceresi)

Kurulan model üniversitede görev yapan Sistem Benzetimi Öğretim Elemanları tarafından kontrol edilmiş ve modelde herhangi bir hata olmadığı sonucuna varılmıştır.

Duyarlılık analizi, modelin girdilerini değiştirerek çıktılar üzerinde meydana gelebilecek değişimlerin incelenmesidir. Modelde, sadece taşınacak akaryakıt miktarının gün bazında geliş miktarına ait üçgen dağılım $T(29000,50000,75000)$ ifadesi artırılarak $T(50000,75000,100000)$ ile değiştirilmiştir. Böylelikle sisteme gelen taşınacak akaryakıt miktarının artması sağlanmıştır. Bu değişimden sonra sistemde daha fazla akaryakıt taşınması gerektiğinden, bunların da akaryakıt tankerlerinin kullanım oranını artırması beklenmektedir. Model, değişimden önceki ve sonraki haliyle 10 tekrar çalıştırılmış ve akaryakıt tankerlerinin kullanım oranına ilişkin bilgiler Tablo 2'de sunulmuştur. Kullanım ora-

nı Eş.11'deki gibi hesaplanmaktadır. Burada tanker sayısı 10 olarak tanımlanmıştır.

Akaryakıt tankerlerinin kullanım oranı modelin 10 tekrar çalıştırılması sonucunda %6,35'den %9,26'a yükselmiştir.

Modelin geçerlemesinde birçok yöntem kullanılmaktadır. İncelenen sistemin var olmaması nedeniyle, modelin sistemi ne kadar temsil ettiğini tespit etmek amacıyla, izleme ve matematiksel modelin geçerliliği yöntemleri kullanılmıştır.

İzleme (Trace) özelliği kullanılarak; uzmanlar tarafından tankerlerin beklenen davranışları sergileyip sergilemediği incelenmiş ve sonuçta modelde herhangi bir probleme rastlanmamıştır.

Ayrıca, dağıtım sistemi için Boyraz ve Erol (2004), çalışmasında bir tamsayı programlama modeli oluşturmuş ve benzer parametreler

kullanılarak optimum çözüm elde edilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında, değerlerin birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Tamsayı programlama modelinde tanımlanan üç adet senaryonun taşıma maliyetlerinin toplamının

ortalaması 3.749 TL ve benzetim modelinin toplam taşıma maliyeti ortalaması 3.727 TL'dir. Bunun sonucunda, benzetim modelinin geçerli bir model olduğu kabul edilebilir.

$$Kullanım oranı (\%) = \frac{\sum_{i=1}^{10} \text{bir çalışma boyunca } i \text{ tankerin kullanım sayısı} \cdot \text{her kullanımda } i \text{ tankerin harcadığı süre (dk)}}{\text{benzetimin bir çalışmasının uzunluğu (dk)}} \cdot 10 \quad (11)$$

Tablo 2. Akaryakıt Tankerlerinin Kullanım Oranının Karşılaştırılması

TEKRARSAYISI		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{X}	s
TANKERLERİN KULLANIM ORANI (ALTERNATİF 1)	NORMAL DURUM	6,31	6,30	6,38	6,45	6,20	6,38	6,30	6,21	6,50	6,50	6,35	0,11
	YENİ DURUM	9,10	9,28	9,36	9,36	9,20	9,33	9,20	8,99	9,46	9,31	9,26	0,14

2.4. Çıktı Analizi

Akaryakıt dağıtım sistemi, akaryakıt ikmal gece boyunca yapılmak zorunda olduğundan ortalama 8 saatlik bir zaman diliminde oluşturulmaktadır. Her ikmal bitiminden sonra sistem başlangıç durumuna gelerek bütünleme ikmallerini tamamladığı için model bitişli bir sistemin modeli olarak kurulmuştur. Bu bölümde; belirlenen performans ölçütleri için en az tekrar sayısı tespit edilmiştir (SANCHEZ, 1999: 33; GOLDSMAN ve TOKOL, 2000: 2; BANKS, CARSON ve Diğ., 2005: 392; LAW ve KELTON, 2000: 505).

Ağ yapısı, akaryakıt miktar ve tanker sayıları, talebin tam zamanında ve istenilen miktarda karşılanacağı şekilde tanımlanmıştır. Bu ölçütler sağlanmadığında ikmal sisteminin başarısız olduğu değerlendirilmektedir. Bu nedenle, modelde kullanılan performans ölçütleri; tankerlerin kullanım oranı ve toplam taşıma maliyetidir. En az kaç tekrar yapılacağı mutlak hata yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Belirlenen performans ölçütlerinden akaryakıt tankeri kullanım oranının $\beta=0,08$ için hesaplandığında %95 güvenilirlikle en az 10 tekrar yapılması yeterlidir. Toplam maliyet dikkate alındığında $\beta=90$ için %95 güvenilirlikle en az 10 tekrar yapılması gerekmektedir.

2.5. Alternatif Sistemlerin Karşılaştırılması

Amaç, seçilen performans kriterine göre bir konfigürasyonun diğeriyle karşılaştırıldığında daha iyi olup olmadığını ve biri daha iyiye onun ne kadar iyi olduğunu saptamaktır. Oluşturulan iki farklı akaryakıt dağıtım sisteminden hangisinin maliyet olarak diğeriinden daha düşük olduğunu tespit etmek maksadıyla her iki model de 10 tekrar çalıştırılmış ve aynı rastsal sayı kaynağı kullanılmıştır. Alternatifle-

ri karşılaştırmak için %95 güvenilirlikle eşleştirilmiş t-testi kullanılmıştır. Eşleştirilmiş t-testi Eş.12'ye göre oluşturulacak bir güven aralığı ile değerlendirilir.

Alternatifler, beş adet senaryo kullanılarak karşılaştırılmıştır. İlk üç senaryoda taşıma mesafesi artırılarak sırasıyla, 210, 240 ve 270 km.lik ikmal mesafeleri kullanılmıştır. İkmal mesafesi arttığında, ikinci alternatifte ilave dağıtım noktası tesis edilmesi ihtiyacı olduğundan, bu durum senaryolarda göz önüne alınmıştır. Dördüncü ve beşinci senaryolarda, ikmal mesafesi 270 km. olarak alınmış ve alternatiflerde sırasıyla T(50000,75000,100000), T(75000,100000,125000) üçgen dağılımları kullanılarak talep miktarları değiştirilmiştir.

2.5.1. Birinci Senaryo

Her iki sistem için ortak olan değerler; taşınacak akaryakıt miktarı T(29000, 50000, 75000), döküm depo ile tugay arasındaki mesafe 210 km.dir.

Birinci sistemde, 1 adet döküm depo, 1 adet ara depo bulunmaktadır. Bu iki depo arasındaki mesafe 180 km. ve 4 saatte intikal etmekte; ara depo ile tugay arasındaki mesafe 30 km. ve 40 dakikada intikal etmektedir. Döküm depo ile ara depo arasında 15 tonluk 10 adet tanker; ara depo ile tugay arasında 15 tonluk 10 adet tanker planlanmıştır. Ara deponun kapasitesi 200 tondur. Artış faktörü 0.000141066 Tl/ton/km, bayi karı 0.046 Tl/ton ve depolama maliyeti 0.4 Tl/tondur.

İkinci sistemde, 1 adet döküm depo, 1 adet sahra döküm depo bulunmaktadır. Döküm depo ile sahra döküm depo arasındaki mesafe 180 km. ve 4 saatte intikal etmekte; sahra döküm depo ile tugay arasındaki mesafe 30 km. ve 40 dakikada intikal etmektedir. Döküm

depo ile sahra döküm depo arasında 15 tonluk 10 adet tanker; sahra döküm depo ile tugay arasında 10 tonluk 20 adet tanker planlanmıştır. Sahra döküm deponun kapasitesi 200 ton-

dur. Artış faktörü 0.000141066 Tl/ton/km, bayi karı 0.046 Tl/ton, depolama maliyeti 0.4 Tl/ton ve birlik tankerinin kilometre başına yaktığı akaryakıt tutarı 0.187460 Tl/km.dir.

Tablo 3. Alternatiflerin Senaryo-1 Karşılaştırılması

TEKRAR SAYISI	AKARYAKIT TAŞIMA MALİYETLERİ (TL)		Fark(d)
	ALTERNATİF 1	ALTERNATİF 2	
1	9009	5365	3644
2	4521	2709	1812
3	4780	2861	1919
4	6407	3827	2580
5	5385	3222	2163
6	5468	3271	2197
7	6954	4148	2806
8	3479	2091	1388
9	7758	4626	3132
10	5518	3300	2218

Tablo 3'te iki alternatif sistem için 10 tekrar ile elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlar arasındaki fark değerler verilmektedir.

$$\bar{d} - t_{n-1;1-\alpha/2} \frac{S_d}{\sqrt{n}} < \mu_d < \bar{d} + t_{n-1;1-\alpha/2} \frac{S_d}{\sqrt{n}} \quad (12)$$

Elde edilen bu fark değerlerine ait ortalama ($\bar{d} = 2385.9$) ve standart sapma ($S_d = 667.529$) olarak hesaplanmıştır. Eş.12'ye göre %95 güvenilirlikle bir güven aralığı oluşturulur.

$$1908.411 < \mu_d < 2863.389$$

Testin sonucu incelendiğinde, minimum yapılması gereken taşıma maliyetleri açısından ikinci alternatifin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu nedenle karşılaştırılan iki alternatiften ikincisi tercih edilmelidir.

2.5.2. İkinci Senaryo

Her iki sistem için ortak olan değerler; taşınacak akaryakıt miktarı T(29000, 50000, 75000), döküm depo ile tugay arasındaki mesafe 240 km.dir.

Birinci sistemde, 1 adet döküm depo, 1 adet ara depo bulunmaktadır. Bu iki depo arasındaki mesafe 180 km. ve 4 saatte intikal etmekte; ara depo ile tugay arasındaki mesafe 60 km. ve 80 dakikada intikal etmektedir. Döküm depo ile ara depo arasında 15 tonluk 10 adet tanker; ara depo ile tugay arasında 15 tonluk 10 adet tanker planlanmıştır. Ara deponun kapasitesi 200 tondur. Artış faktörü 0.000141066 Tl/ton/km, bayi karı 0.046 Tl/ton ve depolama maliyeti 0.4 Tl/tondur.

İkinci sistemde, 1 adet döküm depo, 1 adet sahra döküm depo, 1 adet dağıtım noktası bulunmaktadır. Döküm depo ile sahra döküm depo arasındaki mesafe 180 km. ve 4 saatte intikal etmekte; sahra döküm depo ile dağıtım noktası arasındaki mesafe 30 km. ve 40 dakikada intikal etmekte; dağıtım noktası ile tugay arasındaki mesafe 30 km. ve 40 dakikada intikal etmektedir. Döküm depo ile sahra döküm depo arasında 15 tonluk 10 adet tanker; sahra döküm depo ile dağıtım noktası arasında 10 tonluk 20 adet tanker; dağıtım noktası ile tugay arasında 10 tonluk 20 adet tanker planlanmıştır. Sahra döküm deponun kapasitesi 200 ton, dağıtım noktasının kapasitesi 193 tondur. Artış faktörü 0.000141066 Tl/ton/km, bayi karı 0.046 Tl/ton, depolama maliyeti 0.4 Tl/ton ve birlik tankerinin kilometre başına yaktığı akaryakıt tutarı 0.187460 Tl/km.dir.

Tablo 4'te iki alternatif sistem için 10 tekrar ile elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlar arasındaki fark değerler verilmektedir. Elde edilen bu fark değerlerine ait ortalama ($\bar{d} = 2540.7$) ve standart sapma ($S_d = 53.327$) olarak hesaplanmıştır. Eş.12'ye göre %95 güvenilirlikle

$$2502.555 < \mu_d < 2578.845$$

güven aralığı oluşturulmuştur. Testin sonucu incelendiğinde, minimum yapılması gereken taşıma maliyetleri açısından ikinci alternatifin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu nedenle karşılaştırılan iki alternatiften ikincisi tercih edilmelidir.

Tablo 4. Alternatiflerin Senaryo-2 Karşılaştırılması

TEKRAR SAYISI	AKARYAKIT TAŞIMA MALİYETLERİ (TL)		Fark(d)
	ALTERNATİF 1	ALTERNATİF 2	
1	6111	3637	2474
2	6213	3696	2517
3	6397	3801	2596
4	6375	3789	2586
5	6170	3671	2499
6	6349	3774	2575
7	6193	3684	2509
8	6099	3630	2469
9	6448	3831	2617
10	6326	3761	2565

2.5.3. Üçüncü Senaryo

Her iki sistem için ortak olan değerler; taşınacak akaryakıt miktarı T(29000,50000,75000), döküm depo ile tugay arasındaki mesafe 270 km.dir.

Birinci sistemde, 1 adet döküm depo, 1 adet ara depo bulunmaktadır. Bu iki depo arasındaki mesafe 180 km. ve 4 saatte intikal etmekte; ara depo ile tugay arasındaki mesafe 90 km. ve 120 dakikada intikal etmektedir. Döküm depo ile ara depo arasında 15 tonluk 10 adet tanker; ara depo ile tugay arasında 15 tonluk 10 adet tanker planlanmıştır. Ara deponun kapasitesi 200 tondur. Artış faktörü 0.000141066 Tl/ton/km, bayi karı 0.046 Tl/ton ve depolama maliyeti 0.4 Tl/tondur.

İkinci sistemde, 1 adet döküm depo, 1 adet sahra döküm depo, 2 adet dağıtım noktası bulunmaktadır. Bu döküm depo ile sahra döküm depo arasındaki mesafe 180 km. ve 4 saatte intikal etmekte; sahra döküm depo ile dağıtım noktası arasındaki mesafe 30 km. ve 40 dakikada intikal etmekte; iki dağıtım noktası arasındaki mesafe 30 km. ve 40 dakikada intikal etmekte; dağıtım noktası ile tugay arasındaki mesafe 30 km. ve 40 dakikada intikal etmektedir. Döküm depo ile sahra döküm depo arasında 15 tonluk 10 adet tanker; sahra döküm depo ile dağıtım noktası arasında 10 tonluk 20 adet tanker; iki dağıtım noktası arasında 10 tonluk 10 adet tanker; dağıtım noktası ile tugay arasında 10 tonluk 10 adet tanker planlanmıştır. Sahra döküm deponun kapasitesi 200 ton, dağıtım noktasının kapasitesi 193 tondur. Artış faktörü 0.000141066 Tl/ton/km, bayi karı 0.046 Tl/ton, depolama maliyeti 0.4

Tl/ton ve birlik tankerinin kilometre başına yaktığı akaryakıt tutarı 0.187460 Tl/km.dir.

Tablo 5'te iki alternatif için 10 tekrar ile elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlar arasındaki fark değerleri verilmektedir. Elde edilen bu fark değerlerine ait ortalama ($\bar{d} = 2721.5$) ve standart sapma ($S_d = 982.544$) olarak hesaplanmıştır. Eş.12'ye göre %95 güvenilirlikle

$$2018.679 < \mu_d < 3424.321$$

güven aralığı oluşturulmuştur. Testin sonucu incelendiğinde, minimum yapılması gereken taşıma maliyetleri açısından ikinci alternatifin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu nedenle karşılaştırılan iki alternatiften ikincisi tercih edilmelidir.

2.5.4. Dördüncü Senaryo

Her iki sistem için ortak olan değerler; taşınacak akaryakıt miktarı T(50000,75000,100000), döküm depo ile tugay arasındaki mesafe 270 km.dir. Tablo 6'da iki alternatif için 10 tekrar ile elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlar arasındaki fark değerleri verilmektedir. Elde edilen bu fark değerlerine ait ortalama ($\bar{d} = 4087.1$) ve standart sapma ($S_d = 715.953$) olarak hesaplanmıştır. Eş.12'ye göre %95 güvenilirlikle

$$3574.974 < \mu_d < 4599.226$$

güven aralığı oluşturulmuştur. Testin sonucu incelendiğinde, minimum yapılması gereken taşıma maliyetleri açısından ikinci alternatifin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu nedenle karşılaştırılan iki alternatiften ikincisi tercih edilmelidir.

Tablo 5. Alternatiflerin Senaryo-3 Karşılaştırılması

TEKRAR SAYISI	AKARYAKIT TAŞIMA MALİYETLERİ (TL)		Fark(d)
	ALTERNATİF 1	ALTERNATİF 2	
1	6314	5607	707
2	6419	2907	3512
3	6609	3059	3550
4	6587	4047	2540
5	6375	3432	2943
6	6560	3481	3079
7	6398	4368	2030
8	6301	2277	4024
9	6662	4858	1804
10	6536	3510	3026

Tablo 6. Alternatiflerin Senaryo-4 Karşılaştırılması

TEKRAR SAYISI	AKARYAKIT TAŞIMA MALİYETLERİ (TL)		Fark(d)
	ALTERNATİF 1	ALTERNATİF 2	
1	12890	7432	5458
2	8387	4910	3477
3	8635	5046	3589
4	10213	5927	4286
5	9213	5378	3835
6	9293	5422	3871
7	10776	6254	4522
8	7392	4346	3046
9	11603	6708	4895
10	9340	5448	3892

2.5.5. Beşinci Senaryo

Her iki sistem için ortak olan değerler; taşınacak akaryakıt miktarı $T(75000,100000,125000)$, döküm depo ile tugay arasındaki mesafe 270 km.dir. Tablo 7'de iki alternatif için 10 tekrar ile elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlar arasındaki fark değerler verilmektedir. Elde edilen bu fark değerlerine ait ortalama ($\bar{d} = 5511.7$) ve standart sapma

($S_d = 713.729$) olarak hesaplanmıştır. Eş.12'ye göre %95 güvenilirlikle

$$5001.165 < \mu_d < 6022.235$$

güven aralığı oluşturulmuştur. Testin sonucu incelendiğinde, minimum yapılması gereken taşıma maliyetleri açısından ikinci alternatifin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu nedenle karşılaştırılan iki alternatiften ikincisi tercih edilmelidir.

Tablo 7. Alternatiflerin Senaryo-5 Karşılaştırılması

TEKRAR SAYISI	AKARYAKIT TAŞIMA MALİYETLERİ (TL)		Fark(d)
	ALTERNATİF 1	ALTERNATİF 2	
1	16142	9268	6874
2	11640	6728	4912
3	11888	6882	5006
4	13465	7763	5702
5	12465	7199	5266
6	12545	7243	5302
7	14028	8072	5956
8	10645	6182	4463
9	14856	8544	6312
10	12593	7269	5324

SONUÇ

Araştırmanın amacı; lojistik yöneticilerine, rafineriler, boru hattı, döküm depo, akaryakıtla ilgili birlikler ve tugaylardan oluşan çok kompleks akaryakıt ikmal sisteminin döküm depo ile tugay arasındaki bölümünde, dağıtım sisteminin kurulması esnasında yardımcı olacak karar destek aracı sunmaktır.

Dağıtım ağlarının analizi maksadıyla kesikli olay benzetim modelleri kurulmuş ve sistemin performansı incelenerek alternatif sistemler taşıma maliyetleri açısından karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, ikinci alternatifin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu alternatifte, dağıtımın bir kısmının yükleniciler, bir kısmının da birlik araçları vasıtasıyla yapıldığı karma bir sistem önerilmiştir.

Dağıtım ağı tasarımlarıyla, akaryakıtın doğru yer ve zamanda hazır bulundurulmasını sağlayacak alternatiflerin, maliyet-etkinlik açısından incelenerek; en iyi sistemin hangisi olduğuna karar verilmesinde yardımcı olunmaktadır. Ayrıca, yönetici önerilen modele uygulayacağıolursa ne olur? (What if) şeklindeki sorularla birçok alternatifi değerlendirme fırsatı bulmaktadır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, AH-64D Apache taarruz helikopterinden daha fazla akaryakıt ihtiyacı olan sahra mutfaklarının su ısıtıcıları gibi teçhizat, sistem ve yapıların enerji ihtiyaçlarının da karşılanması için ihtiyaç duyulan akaryakıt miktarları da göz önünde tutulmalıdır (NOBLIS, 2010: 34). Akaryakıt ikmal sorumluluğunun yükleniciye devredilmesi durumunda elde edilecek personel tasarrufunun muharebe gücü olarak kullanılması gibi avantajların da ölçüt olarak kullanılması uygun olacaktır. Ancak, bu durumun akaryakıt faaliyetlerinin planlanması, yürütülmesi ve yönetilmesi konusunda uzman olan askeri personelin yeteneklerini kaybetmesine neden olacağına da değerlendirmeye katılması gerekecektir (WOODARD, 2013: 9). Hammaddeden kullanıcıya kadar olan bütün akaryakıt ikmal zincirinin modellenmesiyle elde edilecek bütünsel bir yaklaşım daha faydalı olacaktır. Ayrıca modele düşmanın akaryakıt dağıtımımıza etki edecek imkân ve kabiliyetlerinin tesirlerinin dâhil edilmesi daha faydalı sonuçlar ortaya koyacaktır.

KAYNAKÇA

- BANKS, Jerry, CARSON, J., NELSON, B.L., NICOL, D.M., (2005). **Discrete-Event System Simulation**, New Jersey, Prentice-Hall, Inc.
- BOYRAZ, Tolga, EROL, S, (2004). "Bir Tugayın Taarruz Harekâtında Akaryakıt Dağıtım Sisteminin Optimizasyonu için Bir Model Önerisi", Yıldırım, Orhan ve diğ. (ed.) **SAVTEK2004 Savunma Teknolojileri Kongresi**, Ankara.
- CHEN, Anthony, KIM, J, LEE, S, KIM, Y (2010). "Stochastic multi-objective models for network design problem", **Expert Systems with Applications**, 37, Elsevier.
- CUNHA, Maria da Conceição, RIBEIRO, L (2004). "Tabu Search Algorithms For Water Network Optimization", **European Journal of Operational Research**, 157, Elsevier.
- ESKIGUN, Erdem, UZSOY, R, PRECKEL, P.V, BEAUJON, G, KRISHNAN, S, TEW, J.D, (2005). "Outbound Supply Chain Network Design with Mode Selection, Lead Times and Capacitated Vehicle Distribution Centers", **European Journal of Operational Research**, 165, Elsevier.
- EVANS, Michael J, MASTERNAK, S.W, (2012). "The Silent Revolution within NATO Logistics: A Study in Afghanistan Fuel and Future Applications", (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Naval Postgraduate School, Monterey, CA, 2012).
- GOLDSMAN, David, TOKOL, G, (2000). "Output Analysis Procedures For Computer Simulations", **Proceedings of The 2000 Winter Simulation Conference**, 1.
- HATİP, Ahmet, SABUNCUOĞLU, İ, (2004). "Modelling and Optimization of Turkish Army Fuel Supply System via Simulation", (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Bilkent Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004).
- HENNIES, Til, REGGELIN, T, TOLUJEW, J, PICCUT, P, (2013). "Mesoscopic Supply Chain Simulation", **Journal of Computational Science**, xxx, Elsevier.
- KO, Hyun Jeung, KO, C.S, KIM, T, (2006). "A Hybrid Optimization/Simulation Approach For A Distribution Network Design Of 3PLs", **Computers & Industrial Engineering**, 50, Elsevier.
- LAW, Averill M., KELTON, W.D., (2000). **Simulation Modeling and Analysis**, ABD, McGraw-Hill.
- Noblis (2010). **Sustainable Forward Operating Bases**, ABD.
- RUSHTON, Alan, CROUCHER, P, BAKER, P, (2014). **The Handbook of Logistics & Distribution Management**, Philadelphia, Kogan Page Limited.
- SANCHEZ, Susan M (1999). "ABC's Of Output Analysis", **Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference**.
- SEBBAH, Samir, GHANMI, A, BOUKHTOUTA, A (2013). "A Column-and-Cut Generation Algorithm for Planning of Canadian Armed Forces Tactical Logistics Distribution", **Computers & Operations Research**, 40, Elsevier.
- SOURIRAJAN, Karthik, OZSEN, L, UZSOY, R (2009). "A Genetic Algorithm For A Single Product Network Design Model With Lead Time And Safety Stock Considerations", **European Journal of Operational Research**, 197.
- TAKO, Antuela A., ROBINSON, S (2012). "The Application of Discrete Event Simulation and System Dynamics in the Logistics and Supply Chain Context", **Decision Support Systems**, 52, Elsevier.
- The US Joint Chiefs of Staff (2010). **JP 4-03: Joint Bulk Petroleum and Water Doctrine**, ABD.
- Varec (2009). **Tactical Fueling Solutions for Fuel Asset Visibility and Control**, ABD.
- WOODARD, Alan D (2013). "Can the Army Provide Bulk Petroleum Support to Joint Force 2020?", (Basılmamış Strateji Araştırma Projesi, U.S. Army War College, Carlisle, PA, 2013).