

TÜRK KIZILAYI ORTA ANADOLU BÖLGESİ KAN ÜRÜNLERİ TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ PROJESİ

Ali Cem RANDA*, Alican CÖMERT, Berker ADIGÜZEL, Cem BALIKÇIOĞLU, Ceren ÖRNEKOL, Pelin BAYINDIR,
İsmail Serdar BAKAL

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06531, Ankara
randa@ie.metu.edu.tr, aocomert@gmail.com, berkeradiguzel@hotmail.com, cembic@yahoo.com.tr,
cerenornekol@hotmail.com, bayindir@ie.metu.edu.tr, bakal@ie.metu.edu.tr

ÖZET

Türk Kızılayı, Sağlık Bakanlığının “Güvenli Kan Temini” projesi kapsamında ve Bakanlığın yayımladığı bildirme doğrultusunda, 2008 yılından itibaren Türkiye’de kan hizmetlerinin verilmesindeki yetkili tek kuruluş haline gelmiştir. Kızılay’ın yapısında bulunan bölge kan merkezleri bölge içindeki kanı toplayıp ve işleyerek kan bileşenlerini yani eritrosit, plazma ve trombosit üretimini gerçekleştirir ve yine bölge içindeki hastanelere dağıtımını yapar. Ancak sistem, farklı beklentilerde ve dünya görüşünde olan paydaşlar ile birlikte çalışmaktadır. Kan tedarikinin, kan talebinden düşük olması sebebiyle kan ürünlerinin etkili, kullanımı bütün paydaşlar için önemli bir hâle gelmiştir. Bu proje kapsamında, hedef alınmış olan Orta Anadolu Bölgesi’ndeki talep karşılama sürelerini azaltıp kan bileşenleri taleplerinin karşılama oranının artırılmasıyla sistemin etkinliğinin ve verimliliğinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda; bölge çapında çeşitli noktalarda dağıtım merkezlerinin açılması, uygulanacak envanter politikasının belirlenmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Önerilen sistemin performansı ölçülmüş ve uygulanabilirliği tartışılmıştır. Proje kapsamında bütün kan ürünleri dikkate alınmış olup literatürde bu denli geniş bir çalışma bulunmamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kan hizmetleri, tedarik zinciri, merkezîyetçi/âdem-i merkezîyetçi envanter politikası

TURKISH RED CRESCENT SOCIETY CENTRAL ANATOLIA REGION BLOOD PRODUCTS SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROJECT

ABSTRACT

Turkish Red Crescent Society (TRCS) has been declared as the only authority to arrange the blood services in Turkey by the proclamation of the Ministry of Health in the scope of “Safe Blood Procurement” project in 2008. Regional Blood Centers (RBC) in TRCS’s structure, collect and centrifuge whole blood within the region to the components; erythrocyte, plasma, and thrombocyte. RBC’s than distribute these components to the hospitals within the region. However, this supply chain works for different expatiations and world views from every stakeholders. The effective use of blood components is critical because of the fact that demand for blood exceeds blood supply. In the scope of this project, it is aimed that the reaction times for component orders and demand fill rates should be improved. Also, the system should operate more effective and efficient. In accordance with this goal, candidate distribution centers and possible inventory policies are determined within the region. Than after, the performance of the proposed system is measured with a simulation study. The scope of the project covers all three blood components, and there is no such wide study in the literature.

Keywords: Blood service, supply chain, centralized/decentralized inventory policy

* İletişim yazarı

Sakarya Üniversitesi tarafından düzenlenen 31. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi Öğrenci Proje Yarışması’nda ikincilik ödülü kazanan çalışmanın ilgili öğretim üyelerinin katkılarıyla düzenlenmiş halini EM Dergisi yayın politikası doğrultusunda yayımlıyoruz.

1. GİRİŞ

Ameliyatlar, hastalıklar ya da kazalar sebebiyle her gün binlerce insanın kan nakline ihtiyacı olmaktadır. Milyonlarca insanın hayatı da kan nakli işlemlerinin başarısına bağlıdır. Bağışlar yoluyla kanı tedarik etmek, hastalıklara karşı test etmek, kan ürünlerini üretmek, depolamak ve hastanelere ulaştırarak hastaya nakledilmesini sağlamak, kan bankacılığının temel faaliyetleridir. Bu görevlerin dikkatlice ve özveriyle planlanması, yönetilmesi ve kontrol edilmesi gerekmektedir.

Türkiye’de ulusal kan bankacılığında sorumlu olan kuruluş Türk Kızılayı’dır. Güvenli kan tedarikliğini sağlamak amacıyla 2008 yılında Sağlık Bakanlığı tarafından yayımlanmış olan bir bildirmede Türk Kızılayı, Türkiye’de kanı toplamak ve kan ürünlerini dağıtma yetkisi olan tek kuruluş olarak yetkilendirilmiştir. O tarihten bu yana kan hizmetlerini tekelinde yürütmekte olan Türk Kızılayı yetersiz kan bağışları ve etkin olmayan bir lojistik sistemi ve planlama kararlarından ötürü bazı problemlerle yüz yüze kalmaktadır.

Bu projede, “Türk Kızılayı Kan Lojistik Sistemi,” Orta Doğu Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünün son sınıf öğrencileri tarafından Sistem Tasarım Dersi kapsamında incelenmiş olup, Orta Anadolu Bölgesi’ndeki kan lojistik sistemi üzerinde çalışılmış ve sistemi iyileştirmek adına çeşitli öneriler sunulmuştur.

Öncelikle, Bölüm 2’de Türk Kızılayı’nın genel yapısı ve birimlerinin kan operasyonlarındaki görevleri açıklanmıştır. Bölüm 3’te sistemde ortaya çıkan sorunlar incelenmiştir ve ardından Bölüm 4’te yeni sistem önerisi getirilmiş ve ilgili stratejik, taktik ve operasyonel kararlar sunulmuştur. Yeni dağıtım merkezleri, envanter kontrol politikası ve hastaneler arası rotalamalar gibi kararlar raporda yeni sistemin altında sunulmuştur. Projenin sonunda, kan ürünlerinin verimli bir şekilde kullanılarak miad dolmaları yüzünden atımları önlemek ve talep karşılama oranını arttırmak amaçlanmıştır.

2. TÜRK KIZILAYI VE KAN BANKACILIĞI FAALİYETLERİ

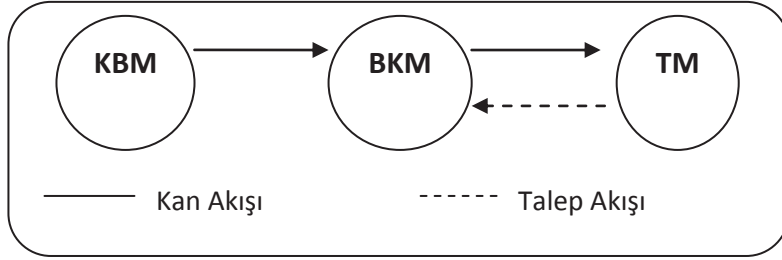
2008 yılında Sağlık Bakanlığı, güvenli kan tedarikliğini sağlamak amacıyla Türk Kızılayı’nı kan toplama ve dağıtım işlemlerinden sorumlu tek yasal kuruluş olarak görevlendirmiştir. Bunun sonucunda Türk Kızılayı hastanelerle, onların taleplerini karşılayacağına dair anlaşmalar yapmaya başlamıştır. Ama bu, Kızılay’ın, sorumlu oldukları bölgelerdeki tüm hastanelerle anlaşma yaptığı anlamına gelmemektedir. Bu anlaşmalar hastaneleri Türk Kızılayı’na tam bağımlı hâle getirmektedir ve Kızılay’ın izin verdiği çeşitli acil vakalar dışında hastanelerin kan alma ve işleme aktivitelerini gerçekleştirmesi yasaklanmaktadır.

Çalışmanın yapılacağı bölgede (Orta Anadolu Bölgesi) bulunan şehirlerin (Ankara, Konya, Kırıkkale, Karaman, Kastamonu, Çankırı ve Çorum) talepleri Orta Anadolu Bölge Kan Merkezi tarafından karşılanmaktadır.

Her ne kadar bu bölgedeki çoğu hastane Bölge Kan Merkezi’yle anlaşmalı olsa da hâlâ talepleri önceden tahmin edilemeyen anlaşmasız hastaneler mevcuttur. Anlaşmalı hastaneler, genellikle az talebi olan ve kendi kan ürünü üretimlerini yapabilecek tesisi olmayan hastanelerdir. Anlaşmasız hastaneler ise şehir merkezlerindeki üniversite hastaneleri gibi büyük hastanelerdir ve bu hastanelerin talepleri de oldukça yüksektir. Yüksek miktarda kan kullanan bu hastaneler Türk Kızılayı tarafından “Geçici Bölge Kan Merkezi” olarak yetkilendirilmiştir ve bu yetki ile hastaneler kan bağışı kabul etme, kan bileşeni üretme, saklama ve kullanma yetkisi kazanmıştır. Bu hastaneler kendi kan ihtiyaçlarını kendileri karşılamalarına rağmen, kan ürünü yetersizliği durumunda Kızılay’dan kan ürünü talebi yapmaktadırlar.

2.1 Kızılay’ın Birimleri

Türk Kızılayı Kan Bankacılığı çalışmalarını üç farklı birim ile yürütmektedir: Bölge Kan merkezleri (BKM), Kan Bağış Merkezleri (KBM) ve Transfüzyon merkezleri (TM). Gönüllü kan bağışçıları Kan Bağış merkezlerinde kan verirler ve bu kanlar düzenli olarak Bölge Kan Merkezine getirilir. Burada kanlar test edildikten sonra uygun olanlarından kan ürünleri



Şekil 1. Türk Kızılayı Kan ve Talep Akışlarının Şematik Gösterimi

üretilir ve ihtiyaç oldukça kanın hastaya verileceği Transfüzyon merkezlerine yani hastanelere kan iletilir.

2.1.1 Bölge Kan Merkezleri

Bölge Kan Merkezleri, kanı Kan Bağış Merkezlerinden toplayan ve Transfüzyon Merkezlerine dağıtımını gerçekleştiren birimdir. KBM'lerden buraya getirilen tam kanlar test edildikten sonra eritrosit, plazma ve trombosit üretilmek üzere işleme tabi tutulur.

Bölge Kan Merkezleri kanın talep edilen noktalara dağıtımından da sorumludur. Elinde talep edilen miktarda kan ürünü bulunduğu müddetçe, transfüzyon merkezlerine kan temin ederler. Kan ürünlerinin dağıtımını, ulaşım esnasında sıcaklıklarını gerekli seviyede tutabilecek özel kutular bulunan araçlar ile yapılır.

2.1.2 Kan Bağış Merkezleri

Kan Bağış Merkezleri, Türk Kızılayı'nın bağışçılardan kan bağışı kabul ettiği birimdir. Sabit bağış merkezleri şehir merkezlerinde bulunurken, gezici bağış merkezleri ise sık sık üniversite ya da kalabalık şehir merkezlerini gezerek bağışçılardan kan bağışı alırlar. Alınan kanın güvenli olup olmadığı konusunda bilgi edinmek için bağışçıya bir form doldurulur. Toplanan kanın miktarına, boş araç durumuna ve bağış merkezi ile bölge kan merkezi arasındaki mesafeye bağlı olarak toplanan kanlar günde bir veya iki sefer bölge kan merkezlerine gönderilir.

2.1.3 Transfüzyon Merkezleri (TM)

Hastaneler ve hematoloji merkezleri gibi birimleri içeren Transfüzyon Merkezleri (TM), hastalara kan ürünlerinin nakledildiği yerlerdir. Kan bağışı kabul etme izinleri olmadığından dolayı, TM'lerin kullanacakları kan ürünleri, bölgelerinde bulunan BKM'ler tarafından karşılanmaktadır. BKM'lerin talebe cevap

veremeyeceği acil durumlarda, TM'ler tam kan bağışı alıp bunu direkt olarak hastaya nakledebilirler.

2.2 Kan Bileşenleri ve Özellikleri

Acil durumlar haricinde tam kan kullanımının Sağlık Bakanlığı tarafından yasaklanmış olmasından ötürü, toplanan kanlar BKM'lerde üç bileşenine; trombosit, plazma ve eritrosite ayrıştırılarak kullanılır.

Trafik kazaları, ameliyatlar gibi vakalarda trombosit kullanılmaktadır. Trombosit, toplam kan ürünü talebinin %10'unu oluşturmaktadır. İki şekilde elde edilmektedir. İlk yöntem bağışlanan tam kandan santrifüj yöntemiyle elde etmek iken, ikinci yöntemse aferezdir. Eğer trombosit santrifüj ile elde edilecekse kan alımından sonraki altı saat içinde işlem gerçekleştirilmelidir. Trombosit 20-24°C sıcaklıkta sürekli çalkalanarak beş gün kadar saklanabilmektedir.

İkinci bileşen olan eritrosit %60 ile en çok talebi olan kan ürünüdür. Kanda oksijen ve karbondioksit taşınmasını sağlar. Trombosit oranla elde edilmesi ve saklanması daha kolay olan bu ürün uygun koşullarda 35 güne kadar saklanabilir. Kan alındıktan sonraki 24 saat içinde üretimi gerçekleştirilmelidir.

Üçüncü ve son bileşen olan plazma ise içinde sıvı, besin ve diğer kan parçacıklarını barındırır. Toplam ürün talebinin yaklaşık %30'u plazmaya yapılırken, -25 °C altında 36 aya kadar saklanabilir.

2.3 Sistem Karakterlerinin Analizi

Eritrosit toplam talebin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Diğer kan ürünlerinin hastaneler tarafından kullanılmaması eritrositi en fazla kullanılan kan ürünü yapmaktadır. Orta Anadolu Bölge Kan Merkezi'ndeki hastanelerin yaklaşık %60'ının trombosit, %40'ının

ise plazma talebi hiç olmamıştır. Bunun yanı sıra bölgedeki her hastanenin eritrosit talebi bulunmaktadır.

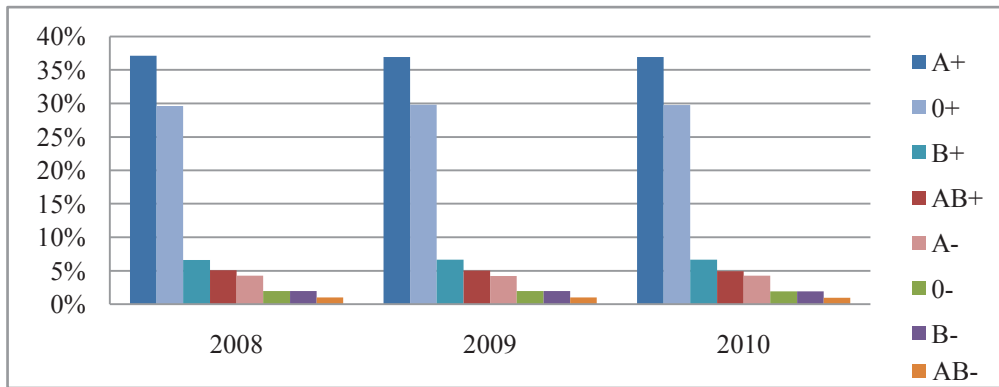
Taleplerin kan grubu üzerinden analizi diğer önemli bir sistem karakteristiğidir. Türkiye'deki kan gruplarının dağılımı Türk Kızılayı'ndan alınan verilerle Şekil 2'de görülebilir.

Şekil 2'den görüleceği üzere, kan gruplarının %67'sinin A Rh(+) veya O Rh(+) olduğu gözlen-

mektedir. En az rastlanılan kan grupları ise O Rh(-), B Rh(-) ve AB Rh(-)'dir.

Kan ürünleri incelendiğinde ise üretilen trombositlerin %10'undan fazlasının ömrü dolduğu için imha edildiği görülmüştür (Bkz. Tablo 1).

Şekil 3'ten görüleceği üzere trombosit tedarik miktarı her ay talepten düşük olmakla birlikte, ayda yaklaşık 400 ünite talep karşılanamamakta ve bu da

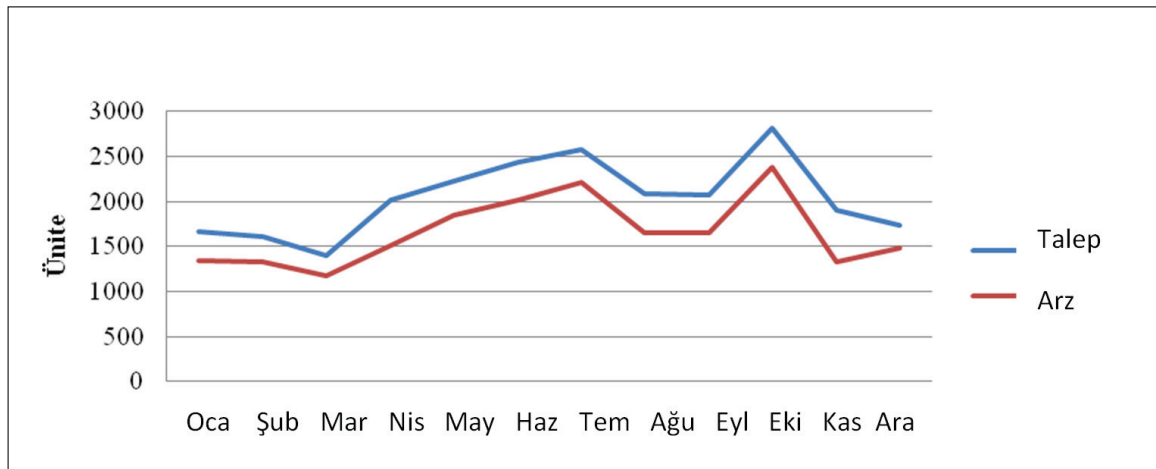


Şekil 2. Türkiye'de Kan Grubu Dağılımları 2008 - 2010

Tablo 1. Trombosit İmha Oranları

Yıl	Üretilen (Ünite)	İmha Edilen (Ünite)	İmha Oranı
2008	17.841	2.361	13%
2009	21.998	1.319	6%
2010*	26.794	3.791	14%

* 10 ay için



Şekil 3. 2009 Yılı Trombosit Talep ve Tedarik Karşılaştırması

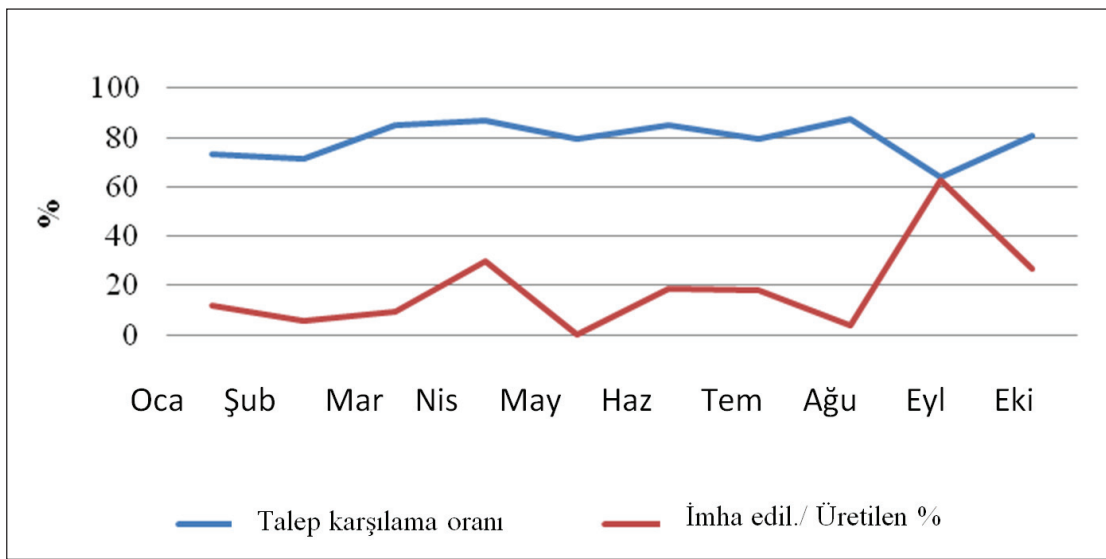
ortalama trombosit talebinin %20'sine denk düşmektedir.

Şekil 4'te talep karşılanma oranı ve imha edilen / üretilen oranları karşılaştırılmıştır. 2010 yılında 0 Rh (-) kan grubunda trombosit tedariki talebi karşılayamamasına rağmen, atım oranı yüksektir. 2010 Nisan ayında ise üretilen 0 Rh (-) kan grubunun %30'u imha edilirken, aynı kan grubunun talep karşılanma oranı %87'de kalmıştır. Aynı şekilde, Eylül ayında üretilen trombositin imha oranı %65 fakat talep karşılanma

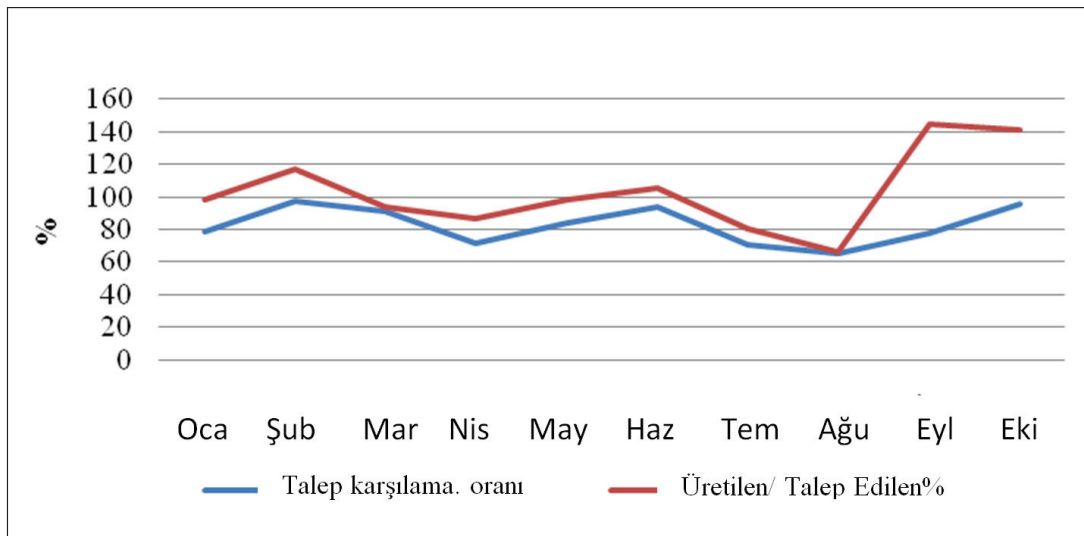
oranı yine %65 olduğu gözlemlenmiştir. Bu yüzden imha oranı yüksek olsa dahi talep karşılanma oranlarının da düşük olduğu saptanmıştır.

Bir diğer önemli bulgu ise trombositin üretimindeki artışın her zaman talep karşılanma oranını olumlu etkilemediğidir (Bkz. Şekil 5).

2010 yılı B Rh (+) trombosit ünitelerinde özellikle şubat, haziran, eylül aylarında Bölge Kan Merkezinin talep edilenden fazla trombosit ürettiği hâlde üretim/ talep oranının aynı şekilde artmadığı gözlenmiştir.



Şekil 4. 2010 Yılı Trombosit 0 Rh (-) İçin Talep Karşılanma Oranı ve İmha Edilen / Üretilen Yüzdesi



Şekil 5. 2010 Yılı Trombosit B Rh (+) İçin Talep Karşılanma Oranı ve Üretilen / Talep Edilen %

Bir diğer kan ürünü olan plazma, iki yıl boyunca özelliklerini kaybetmeden saklanabildiğinden ve talebi diğer ürünlere göre fazla olmadığından imha oranı oldukça düşüktür.

Tablo 2'den görüldüğü üzere plazmanın mevcut tedariki talebi karşılar düzeydedir. Plazmanın uzun ömrü (24 ay) düşünüldüğünde ve diğer kan ürünlerine göre düşük talebi göz önüne alındığında talep karşılanma oranı diğer ürünlere göre yüksektir.

Eritrositin 35 günlük ömrü ve yüksek talebi göz önüne alındığında, ömrünün dolmasından dolayı imha miktarının oldukça düşük olduğu saptanmıştır. Ancak paket ve pıhtılaşma gibi problemlerden dolayı ortalama %2-3 imha oranı bulunmaktadır.

Eritrositin talep karşılanma oranı analizi Tablo 3'te incelenebilir.

Tablo 3'te görüldüğü üzere Orta Anadolu Bölge Kan Merkezi eritrosit talebini büyük bir oranda karşılayamamaktadır.

hastanelerin taleplerinde ciddi sapmalar gözlemlenmektedir. Bu nedenler, BKM talebi zaman zaman karşılayamamaktadır. Talebin tedariki aştığı durumlarda yani BKM personelinin mevcut ürünü paylaşması gerektiğinde belli bir metodun uygulanmadığı gözlenmiştir.

Hastanelerde çalışan personel hastanenin taleplerini BKM'ye iletir. Türk Kızılayı anlaşma yaptığı hastanelere talebin karşılanacağını garanti etse de BKM'nin envanter seviyesinin yetmediği durumlarda talep karşılanamaz. Bu da hastanelerde ameliyatları ve tedavileri geciktirebilir. Orta Anadolu Bölgesi'nin oldukça geniş bir coğrafyaya yayılmasından dolayı BKM'den uzak hastanelere önceden belirlenmiş gün aralıklarıyla servis yapılmaktadır. Bu yüzden bu hastanelerin taleplerine cevap verme zamanı uzamaktadır. Aynı zamanda, hastanelerin talepleri tam olarak karşılanmadığı durumlarda, BKM'ye olan güvenin azaldığı ve hastanelerin gerçek taleplerini alabilmek için olduğundan fazla talep ettikleri görülmüştür. Bu durum ise sistemi daha karmaşık hâle getirmektedir.

Tablo 2. Plazma Talep Karşılanma Oranları

Yıl	Hastane Talepleri (Ünite)	Karşılanan Talepler (Ünite)	Talep Karşılanma Oranı
2008	52.854	50.831	%96
2009	69.705	63.128	%91
2010*	62.666	57.498	%92

* ilk 10 ay için

Tablo 3. Eritrosit Talep Karşılanma Oranları

Yıl	Hastane Talepleri (Ünite)	Karşılanan Talepler (Ünite)	Talep Karşılanma Oranı
2008	68.938	58.919	%86
2009	111.627	71.504	%64
2010*	115.783	70.710	%61

* ilk 10 ay için

3. PROBLEM TANIMI

Sistem içinde yer alan kişilerin değişik amaç ve beklentileri vardır. BKM personeli kan ürünlerinin işlenmesi ve dağıtılmasından sorumludur. Hastane talepleri toplandıktan sonra, kan ürünlerinin dağıtımını, mevcut miktarlarına göre yapılmaktadır. Fakat,

İnsanlar, hastanelerin taleplerinin karşılanmadığı bir ortamda bir de kan ürünlerinin imha edildiğini gördüğünde Türk Kızılayı'na daha az güven duymakta ve bunun sonucunda da kan bağışından uzaklaşmaktadırlar. Bunun yanında bağış yapmak isteyenler, hastanelere gidip kan bağışı yapmak istediklerinde

KBM veya BKM'ye yönlendirildikleri için, kan bağışı yapmaktan vazgeçebilmektedirler.

Sistemdeki insanların beklentileri ve amaçlarının dışında sistemde bazı problem belirtileri görülmüş ve sayısal olarak da desteklenmiştir.

Bölüm 2, Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterildiği üzere trombositin yüksek atım oranı, BKM'de kullanılan envanter politikasını incelemeye yöneltmiştir.

Trombositin kısa ömürlü bir kan ürünü olmasından dolayı (beş gün), "ilk giren ilk çıkar" prensibi kullanılacak olan envanter politikasında en uygun prensiptir. BKM'nin hastanelere kan tedariki yapma politikası incelendiğinde bu "prensibin" uygulanmadığı, bununla beraber belli bir kural izlenmediği gözlenmiştir. Ek - A1'den de görüleceği üzere stokta beş günlük trombosit bulunduğu halde talebin iki ya da üç günlük trombositlerle karşılandığı görülmüştür ki bu da talep karşılama miktarını düşürürken atım miktarını da arttırmaktadır.

BKM'nin "ilk giren ilk çıkar" prensibini kullandığı takdirde talep karşılama oranının arttığı ve imha oranının azaldığı gözlenmiştir (bkz. Ek - A2).

Gözlemlenen bir diğer problem belirtisi ise hastanelerin talebinin bazen stokta ürün olmasına rağmen karşılanamamasıdır. Bu durum hastane günlük talep rutininin dışına çıktığında gerçekleşir. Yani araç hastaneye gelip o günlük talebini getirdikten sonra acil bir talepte bulunduğu takdirde bu talep aracın rotası, zaman kısıtlılığı, sürücü eksikliği yüzünden o gün karşılanamamaktadır. Bu yüzden hastaneler talepte bulunurken bazen ihtiyaçları olmadığı halde fazla kan ürünü talep edebilmektedir, bu da toplam talebin ihtiyaçtan fazla olmasına neden olmaktadır.

Son olarak hastanelerin ihtiyaçlarından fazla talepte bulunmaları nedeniyle hastanelerde gereksiz imhalar olmaktadır. Bu durum talebin dalgalanmasına ve doğru bir şekilde öngörülememesine neden olmaktadır.

Özet olarak sistemde görülen problem belirtileri şunlardır:

- Kan ürünlerinin gereksiz yere imha edilmesi,

- Kan ürünlerinin üretiminin artması, talep karşılama oranını arttırmaması,
- BKM aktivitelerinin sezgisel yapılması,
- Hastanelerin verilen servisten hoşnutsuz olmaları,
- Talebin karşılanmadığı durumlarda hastanelerin hastalara tam kan vermesinin Güvenli Kan Temini Projesi ile çelişmesi,
- Kısıtlı arzı dağıtmada sezgisel yaklaşımın kullanılması,
- BKM'ye olan güvenin azalması ve talebin düzensiz olması,
- Türk Kızılayı'na duyulan güvenin imhalar ve bağış verme prosedürü yüzünden azalması,
- Talebin hızlı karşılanmamasının hastaların Türk Kızılayı'na duyduğu güveni azaltması,

Yukarıda belirtilen problem belirtileri ve yapılan analizler sonucunda yeni bir tedarik zinciri kurulması ve envanter politikası saptanması, böylece talep karşılama oranının artırılması ve talebe cevap verme zamanının azaltılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda problem tanımı, talep karşılama hızını en üst düzeye çıkarıp, maliyetleri en aza indirecek bir kan tedarik zincirinin oluşturulmasıdır.

4. ÖNERİLEN ÇÖZÜMLER

Sistemdeki talep karşılama oranını arttırmak için, miad dolumu yüzünden gerçekleşen atımların önüne geçilerek, bu ürünlerin talep noktalarında etkin bir şekilde kullanılması sağlanmalıdır. Hastanelere yakınlaşarak, hastane taleplerine verilen cevap süresinin azaltılması gerekmektedir. Öte yandan, BKM'nin daha iyi ve verimli kan hizmeti verebilmesi için talepteki sapmaları yönetebilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kısıtlı arz altındaki dağıtımlar sırasında, hastanelerin istedikleri miktarı alabilmek için yapabilecekleri olası talep şişirmelerinin önüne geçilmesi gerekmektedir. Bütün bunların yapılmasıyla verilecek olan iyi ve hızlı kan hizmetleri, Kızılay ile hastaneler arasındaki güveni pekiştirecek ve Kızılay ile anlaşması olmayan hastaneleri Kızılay'la anlaşma yapmalarına teşvik edecektir. Anlaşmalı hastanelerin sayısının artmasıyla beraber, "Güvenli Kan Temini" amacı garantilenmiş olacaktır.

Bu sistemi iyileştirmek için önerilen çözüm, hastanelere dağıtım yapılmasını sağlayacak "Dağıtım

Merkezleri” açmaktır. Bu yapılarla beraber, şu an üç basamaklı olan dağıtım sistemi, dört basamaklı hâle getirilmiş olacaktır. Yeni sistemin işleyişi Şekil 6’da şematik olarak gösterilmiştir. Şu anki sistemdeki gibi KBM’ler topladıkları kanları BKM’lere iletecek ve BKM’lerde üretilen kan ürünleri, yeni açılan dağıtım merkezlerine taşınacak ve orada depolanacaktır. Bu dağıtım merkezlerinin yegane amacı kanın stoklanması ve hastane talebi olduğu anda talebin karşılanmasını sağlamaktır. Ayrıca, taleplerinin karşılanması için bu dağıtım merkezlerine atanmış olan araçlar, hastanelere günde bir sefer kan ürünü dağıtımını gerçekleştirecektir. Acil durumlarda ise, hastaneler dağıtım merkezlerinin kendilerine yakın olmalarının avantajını kullanarak kendi araçları ile gidip dağıtım merkezlerinden gerekli miktarda ürünü temin edebileceklerdir. Bekleneceği gibi, bu şekilde bir sistemin oluşturulmasında ve yürütülmesinde stratejik, taktik ve operasyonel seviye kararların verilmesi gerekmektedir.

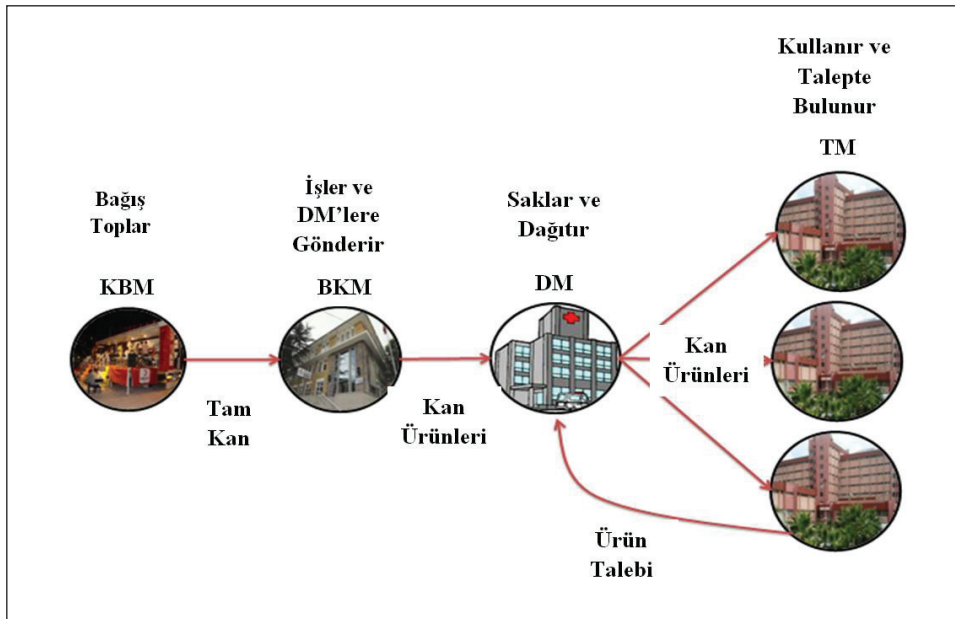
4.1 Stratejik Seviye Kararlar

Sistemdeki problemler göz önüne alındığında, belirlenen kök neden, bütün kan ürünleri stoğun BKM’de, tek merkezde, toplanmasıdır. Bölgenin genişliği düşünüldüğünde, merkezde tutulan envanter yüzünden hastane taleplerini cevaplama süresi ciddi

derecede artmaktadır. Bu problemin üstesinden gelmek için, BKM talep noktalarına yaklaşmalıdır. Bu yakınlığı sağlamak için, bölgenin belirli yerlerinde dağıtım merkezlerinin açılması ve hastanelerin bu dağıtım merkezlerine “mesafe kısıtı” altında atamalarının yapılması önerilmiştir. Bu bağlamda, yeni önerilen sistem şu şekilde işlemelidir:

- KBM’lerin topladığı kanlar BKM’lerde işlenecek,
- Envanter kontrolü ve kararları BKM tarafından verilecek,
- Dağıtım merkezlerinin tek işlevi envanter tutma ve sorumlusu olduğu alt bölgenin ihtiyacını karşılamak olacak,
- Dağıtım merkezlerinin tedariki, BKM tarafından belirli aralıklar ile sağlanacak,
- Kümelere atanan araçlar, günde bir sefer hastanelere kan ürünü dağıtımını yapacak,
- Acil durumlardaki kan ürünü tedarikleri, hastanelerin kendi araçları ile dağıtım merkezlerini ziyaret etmeleri suretiyle olacaktır.

Yeni önerilen sistem, ortaya çıkardığı ek maliyetlere karşın ciddi faydalar içermektedir. Envanterin tek bir merkezden yönetilmesinin maliyet azaltıcı etkisinin bilinmesine rağmen, kana değer biçilememesinden dolayı, merkez sayısının artmasıyla her ünite kanın



Şekil 6. Orta Anadolu Bölgesi İçin Önerilen Yeni Sistem

daha etkin bir şekilde kullanılması tercih edilmelidir. Öncelikle, dağıtım merkezleri vasıtasıyla talep toplamaştırmasının sapma azaltıcı etkisi vardır. Toplaşik sapmalar, hastanelerin ferdi sapmalarından düşük olacağı için, BKM'ler talep sapmalarını daha kolay yönetebileceklerdir. İkinci olarak, dağıtım merkezleri hastanelere yaklaştıkça, talep oluştuğu anda karşılanabilir hâle gelecek ve acil sevkiyatlar taraflar için makul ve gerçekleştirilebilir hâle gelecektir. Ayrıca, istendiği anda ürün sağlanabileceği için hastanelerin talep şişirmesinin önüne geçilecektir. Son olarak, hastaneler ile Kızılay arasındaki artan güven Güvenli Kan Temini amacını destekleyecektir.

4.1.1 Parametre Tahmini ve Veri Analizi

Tam ve mantıklı sonuçlar almak için, veriler, tahminlenen ve hesaplanan parametreler dikkatle ele alınmalıdır. Oluşturulacak matematik model kapsamında aşağıdaki analizler yapılmıştır:

Dağıtım Merkezi Açma ve Çalıştırma Maliyetleri: Bu maliyet kalemlerini, personel, kira, bakım, elektrik ve kan dolapları oluşturmaktadır. Gerekli personel sayısı BKM yöneticisinden, buzdolabı kapasite ve giderleri medikal tedarikçiden edinilmiştir. Elektrik sarfiyatları, dolap kapasiteleri ve Türkiye'deki kW/saat elektrik fiyatı esas alınarak hesaplanmıştır. Kira ve bakım masrafları ise işletmenin çalışabileceği yeterli bir büyüklük göz önüne alınarak tahmin edilmiştir. Detaylı hesaplamalar EK – B'de görülebilir.

Envanter Taşıma Maliyeti: Nahmias (2005), fırsat maliyetleri, sigorta ve eskime masrafları gibi maliyet unsurlarını düşünerek, envanter taşıma maliyetlerini birim maliyetin yaklaşık olarak %20 ile %25'i arasında alınabileceğini belirtmiştir. Önerilen sistemde sigortaya gerek olmamasından dolayı, taşıma maliyeti oranı %21 olarak öngörülmüş ve bütün ürünler için 20 TL olarak hesaplanmıştır.

Araç Maliyetleri: Bu maliyet kalemi, amortisman ve yakıt masraflarını içermektedir. BKM'den alınan bilgi doğrultusunda 0,15 TL/km şoför ve amortisman masrafı, 0,25 TL/km ise yakıt masrafı olacak şekilde, toplamda 0,40 TL/km olarak hesaplanmıştır.

Kan Ürünü Talebi: Kızılay kan verilerini, 2008'den itibaren eksiksiz bir şekilde tutmaktadır. Bu

nedenle, konumlama modelinde kullanılan ortalama talep üç yıllık veriye dayandırılmıştır. Matematik modeldeki toplamaştırmada kan ürünlerinde kan grubu dikkate alınmamıştır.

4.1.2 Matematiksel Modelin Açıklanması

Kızılay'ın şu an içinde bulunduğu yapıya çok benzeyen bir yapıdaki dağıtım, dağıtım merkezi çalışma ve envanter taşıma maliyetlerinin en aza indirilmesini hedefleyen bir model, Javid ve Azad (2009) tarafından önerilmiştir. Kızılay'a önerilen sistemde, bu çalışma başlangıç noktası olarak alınmış ve envanter, güvenlik stoğu, taşıma ve dağıtım merkezi çalışma maliyetlerini en aza indirmeyi hedefleyen bir model geliştirilmiştir. Taşıma maliyetleri, BKM-Dağıtım merkezi arası taşımaları ve dağıtım merkezi-hastane arası taşımaları içermektedir. Envanter taşıma maliyetlerinin hesaplanmasında, dağıtım merkezleri tarafından kullanılması önerilen (R, S) envanter politikası temel alınmıştır. Modelin amacı talep karşılama oranını artırırken taşıma ve envanter maliyetlerini en aza indirmektir. Modele, kan ürünlerinin satışından elde edilen gelirler dahil edilmemiştir. Matematik modelin en temel varsayımı ise, kan tedarikçisinin sınırsız olmasıdır.

Modelin daha detaylı anlaşılması için, indisler, parametreler, karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlar aşağıda sunulmuştur.

İndisler:

- i* : Kan ürünlerini (eritrosit, trombosit ve plazma) simgeler.
- j* : Karar vericinin uygunluğunu onayladığı potansiyel dağıtım merkezlerini gösterir.
- k* : Potansiyel dağıtım merkezleri ve hastanelerin bütünleşik küme indisidir.
- n* : Dağıtım merkezlerinde kullanılacak kapasite seviyelerini gösterir.

Parametreler:

- B_j : Potansiyel dağıtım merkezi *j* ile BKM arasındaki uzaklık
- P* : Yıl içindeki hastane-dağıtım merkezi arasındaki ziyaret sayısı
- H* : Bir ünite ürünün yıllık envanter tutma maliyeti (TL/yıl)

LT_j : BKM ile dağıtım merkezi j arasındaki uzaklık
 α : Karşılanması gereken hastane taleplerinin yüzdesi (%99,5)
 Z_α : α 'ya karşılık gelen standart normal rassal değişkeni (2,81)
 V : BKM'deki mevcut araç sayısı
 vc : Araçların kan ürünü alma kapasitesi.
 q : Kilometre başına taşıma maliyeti (TL/km)
 μ_{ik} : Kan ürünü i ve hastane k için yıllık talep.
 σ_{ik} : Kan ürünü i ve hastane k için yıllık talebin standart sapması
 E : Dağıtım merkezinin yıllık işçi çalıştırma maliyeti (TL/yıl)
 f_{in} : i ürünü için n kapasiteli yıllık işletme maliyeti (TL/yıl)

b_{ij}^n : i ürünü ve dağıtım merkezi j için kapasite n 'nin kaç ünite ürüne karşılık geldiği

Karar Değişkenleri:

Tamsayı Değişkenler:

C_j : Dağıtım merkezi j 'ye atanan araç sayısı

T_j : Dağıtım merkezi j 'nin yıl içinde kaç kere ziyaret edildiği

0-1 Değişkenler:

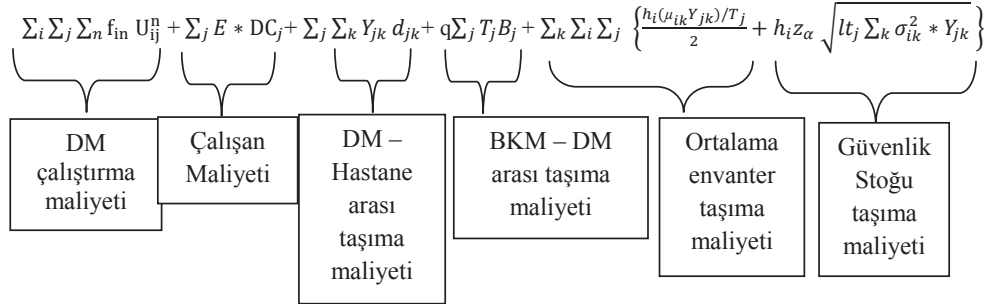
Y_{jk} : Hastane k , dağıtım merkezi j 'ye atandı ise 1, aksi takdirde 0.

U_{ij}^n : i ürünü için, j dağıtım merkezi, n kapasite ile açılmışsa 1, aksi takdirde 0.

DC_j : Dağıtım merkezi j 'de açıldı ise 1, aksi takdirde 0.

Amaç Fonksiyonu

Enk



Kısıtlar

$$\sum_j Y_{jk} = 1 \quad \forall k \quad (1)$$

$$\sum_n U_{ij}^n \leq 1 \quad \forall i, j \quad (2)$$

$$DC_j \geq \sum_i \sum_n \frac{U_{ij}^n}{3} \quad \forall j \quad (3)$$

$$Y_{jj} \geq \sum_n U_{ij}^n \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$\sum_k Y_{jk} \leq 100 * DC_j \quad \forall j \quad (5)$$

$$\sum_i \sum_k \frac{\mu_{ik} * Y_{jk}}{T_j} \leq C_j * vc \quad \forall j \quad (6)$$

$$\sum_j C_j \leq V \quad (7)$$

$$\sum_k \frac{\mu_{ik} * Y_{jk}}{T_j} + z_\alpha \sqrt{lt_j \sum_k \sigma_{ik}^2 * Y_{jk}} \leq \sum_n b_{ij}^n U_{ij}^n \quad \forall i, j \quad (8)$$

Kısıt (1) her hastanenin bir dağıtım merkezine atanmasını, Kısıt (2) bir dağıtım merkezinde, bir ürün için yalnızca bir kapasite açılmasını, Kısıt (3) bir dağıtım merkezi seçilmediyse orada kapasite açılmasını, Kısıt (4) bir hastane dağıtım merkezi olarak açıldığında bu hastanenin kendisine atanmasını, Kısıt (5) bir dağıtım merkezi seçilmediyse oraya hastane ataması yapılmamasını garantiler. Kısıt (6) dağıtım merkezlerine gönderilen kan ürünlerinin toplam araç kapasitesini geçmemesini, Kısıt (7) dağıtım merkezlerine atanan araç sayısının mevcut araç sayısını geçmemesini, Kısıt (8) ise gönderilen ürün miktarı ile güvenlik stoğu miktarının o ürün için açılan kapasiteyi geçmemesini sağlar.

Karekök içindeki karar değişkeninin varlığı ve paydada karar değişkeni olması nedeniyle, model doğrusal değildir. Doğrusal olmayan modellerin işlem süreleri uzamakta ve en iyi sonuca ulaşılması garanti edilememektedir.

Orta Anadolu bölgesi göz önüne alındığında, 96 hastane ve 21 potansiyel dağıtım merkezi ile doğrusal olmayan bu modelin sonuç vermesinin uzun zaman alacağı aşikârdır. Bu nedenle parçalı doğrusal model kullanılmış ve T_j karar değişkeni bir parametre haline getirilerek model doğrusallaştırılmıştır (Chang 2005). Bu değişimlere bağlı olarak, modelde gerçekleşen değişiklikler aşağıda verilmiştir:

İndisler:

l : Karekök içindeki ifadenin yaklaşık değeri için çizgi segmenti (1-9)

m : Karekök içindeki ifadenin yaklaşık değeri için kırılma noktaları (1-10)

o : BKM'den dağıtım merkezine gerçekleştirilen tedarik aralığı (gün) (1-5)

Parametreler:

Eklenen parametreler:

us_{im} : Bir alt bölgedeki i ürünün toplam talep varyansı ve kırılma noktası m için oluşturulan kırılım noktalarının matrisi.

ur_{im} : Bir alt bölgedeki i ürünün toplam talep standart sapmasının ve kırılma noktası m için oluşturulan kırılım noktalarının matrisi. (Yukarıdaki parametreler parçalı doğrusallaştırma için kullanılan ortak parametrelerdir.)

T_{oj} : İkmal aralığı o gün olacak şekilde dağıtım merkezi j 'nin yıl içinde kaç kere ziyaret edileceğini gösteren matris.

Karar Değişkenleri:

1-0 Değişkenler:

Y_{jko} : Hastane i , dağıtım merkezi j 'ye atandı ve her o günde bir ziyaret ediliyor ise 1, aksi takdirde 0.

X_{ijl} : Dağıtım merkezi j 'nin ürün i için varyansı l çizgi segmentinde ise 1, aksi takdirde 0.

Pozitif Değişkenler:

a_{ijm} : Kırılma noktası m 'nin dağıtım merkezi j ve ürün i için olan kat sayısı ($0 \leq a \leq 1$)

C_{ij} : Dağıtım merkezi j 'nin ürün i için toplam talep varyansı

$Sqrtc_{ij}$: Dağıtım merkezi j 'nin ürün i için toplam talep standart sapması

Doğrusallaştırma için yapılan değişiklikler, amaç fonksiyonu şu hâle gelmiştir:

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min} \sum_i \sum_j \sum_n f_{in} * U_{ij}^n$$

$$+ \sum_j E * DC_j$$

$$+ q * p * \sum_j \sum_k \sum_o d_{jk} * Y_{jko}$$

$$+ q * \sum_o \sum_j \sum_n T_{oj} * B_j * DC_j$$

$$+ \sum_i \sum_j \sum_k \sum_o \frac{\mu_{ik} * Y_{jko}}{T_{oj}} * h_i$$

$$+ \sum_i \sum_j H_i * Z_\alpha * sqrtc_{ij}$$

Tesis Çalıştırma Maliyeti

Çalışan Maliyeti

DM – hastane arası taşıma maliyeti

BKM – DM arası taşıma maliyeti

Ortalama envanterin taşıma maliyeti

Güvenlik stoğu maliyeti

Kısıtlar

Kısıt (1) ve (8) o indisinin tanımlanmasıyla aşağıdaki gibi değişecektir:

$$\sum_o \sum_j Y_{jko} = 1 \quad \forall k \in K \quad (1)$$

$$\sum_k \sum_o \frac{\mu_{ik} \times Y_{jko}}{T_{oj}} + Z_{\alpha} \times \text{sqrt}c_{ij} \leq \sum_n b_{ij}^n U_{ij}^n \quad \forall i, j \quad (8)$$

Aşağıdaki kısıtlar eklenmiştir:

$$c_{ij} = \sum_o \sum_k Y_{jko} \times \sigma_{ik} \times (LT_j + \frac{365}{T_{oj} \times 30}) \quad \forall j, i \quad (9)$$

$$c_{ij} = \sum_m u_{sim} \times a_{ijm} \quad \forall j, i \quad (10)$$

$$\text{sqrt}c_{ij} = \sum_m u_{rim} \times a_{ijm} \quad \forall j, i \quad (11)$$

$$\sum_m a_{ijm} = 1 \quad \forall j, i \quad (12)$$

$$\sum_l x_{ijl} = 1 \quad \forall j, i \quad (13)$$

$$a_{ijl} \leq x_{ijl} + x_{ijl-1} \quad \forall j, i, l \quad (14)$$

$$\sum_o d_{jk} \times Y_{jko} \leq 100 \quad \forall j, k \quad (15)$$

Kısıt (9) – (14), kareköklü ifadenin parçalı doğrusal modelle yaklaşık olarak hesaplanması için gerekli olan kısıtlamaların garantilenmesini sağlamaktadır.

Ek olarak, hastane ve dağıtım merkezlerinin arasındaki mesafeyi sınırlamak için Kısıt (15) eklenmiştir.

4.1.3 Matematiksel Modelin Sonuçları

Modelin mesafe kısıtlaması (Kısıt 15) olmadan verdiği sonuç bölgede üç adet dağıtım merkezinin olması yönündedir. Ancak, amacın talep cevaplama süresini azaltmak olduğu düşünüldüğünde, mesafe kısıtlarının

önemi ortaya çıkmaktadır. Hastane – dağıtım merkezi arasındaki mesafenin 100 km ile sınırlandırılmasıyla bölge içinde açılması gereken dağıtım merkezi sayısı beşe çıkmaktadır.

Kısıt altındaki model ile mesafe kısıtı olmayan model karşılaştırıldığında, dağıtım merkezi sayısı azaldıkça hastanelere yapılan servis frekansının arttığı ve buna bağlı olarak daha az envanter tutulduğu ve envanter taşıma maliyetinin azaldığı anlaşılmaktadır.

Devamında, toplam dağıtım merkezi sayısının

Tablo 4. Mesafe Kısıtı Altında Sistem Maliyetleri

Mesafe Kısıtı (km)	Alt Bölge Sayısı	Yıllık Toplam Maliyet (TL)	Tesis Çalıştırma Maliyeti (TL)	Nakliye Maliyeti (TL)	Envanter Taşıma Maliyeti (TL)	Güvenlik Stoğu Maliyeti (TL)
Limit yok	3	2.628.100	936.437,56	1.637.000	11.126,56	43.535,87
<400	3	2.628.100	936.460,00	1.637.000	11.126,56	43.535,87
<350	3	2.827.900	1.129.000,00	1.644.100	11.250,83	43.613,75
<190	4	2.933.500	1.273.800,00	1.600.300	12.507,45	46.841,94
<100	5	3.405.300	1.831.024,36	1.513.000	13.079,59	48.196,04

Tablo 5. Farklı Bölge Sayıları Kısıtı altında Sistem Maliyetleri

Alt Bölge Sayısı	Yıllık Toplam Maliyet (TL)	Tesis Çalıştırma Maliyeti (TL)	Nakliye Maliyeti (TL)	Envanter Taşıma Maliyeti (TL)	Güvenlik Stoğu Maliyeti (TL)
3	2.628.100	936.437,56	1.637.000	11.126,56	43.535,87
4	2.899.700	1.301.200,00	1.542.000	11.698,71	44.826,53
5	3.202.400	1.606.700,00	1.537.700	11.969,16	46.085,76
6	3.507.800	1.944.100,00	1.501.000	13.350,04	49.391,82
7	3.834.800	2.311.000,00	1.456.500	14.357,24	52.895,81

belirlendiği kısıtların eklenmesiyle, modelin istenildiği gibi çalışıp çalışmadığı sınanmıştır. Beklendiği gibi, toplam dağıtım merkezi sayısı yedi olarak belirlendiğinde, çalıştırma, güvenlik stoğu ve envanter taşıma maliyetlerinin en yüksek seviyede, taşıma maliyetlerinin düşük seviyede olduğu gözlenmiştir.

Modelin doğrulamasını yapmak amacıyla taşıma maliyetlerinin belirli bir oranda attırılmasının, sonuç üzerindeki etkisi incelenmiştir. Taşıma maliyetleri iki katına çıkarıldığında ve mesafe kısıtı kaldırıldığında, dağıtım merkezi açma, envanter taşıma ve güvenlik stoğu maliyetlerinde değişiklik olmamıştır. Ancak, mesafe kısıtı ile beraber olduğunda ise, bazı değişiklikler görülmektedir. Bu da, modelin mesafe kısıtı ile beraber taşıma maliyetindeki değişikliklere duyarlı

olduğunu göstermektedir. Kapasitelerin değişmesinden ötürü, tesis çalıştırma maliyeti yükselmiştir. Ayrıca, envanter taşıma ve güvenlik stoğu maliyetleri de artmıştır. Taşıma maliyetlerindeki değişimlerin incelenmesi adına, taşıma maliyetleri 1,5 katına çıkarılmış ve yarısına düşülmüştür, ancak hiçbir değişiklik görülmemiştir. Bu da, mesafe kısıtlı modelin taşıma maliyetlerindeki değişime duyarsız olduğu anlamına gelmektedir. Ama maliyetlerin iki katına çıkarılması değişikliklere neden olmaktadır. Sonuç olarak, modelin taşıma maliyetleri iki katına çıkana kadar ki taşıma maliyeti değişikliklerine duyarsız olduğu görülmüştür.

Sonrasında, envanter taşıma maliyetlerinin değiştirilmesi sonucunda, yalnızca envanter taşıma ve güvenlik stoğu maliyetlerinde artış gözlenmiştir. Yani,

Tablo 6. Nakliye Parametresinin Değişiminin Toplam Maliyete Etkileri

Nakliye Maliyeti Parametresini Çarpanı	Alt Bölge Sayısı	Yıllık Toplam Maliyet (TL)	Tesis Çalıştırma Maliyeti (TL)	Nakliye Maliyeti (TL)	Envanter Taşıma Maliyeti (TL)	Güvenlik Stoğu Maliyeti (TL)
2	3	4.265.100	936.437,56	3.274.000	11.126,56	43.535,87
2 & mesafe<100	5	4.913.900	1.845.899,00	2.996.500	16.328,64	55.172,35
1.5 & mesafe<100	5	4.161.800	1.831.024,36	2.269.500	13.079,59	48.196,04
0.5 & mesafe<100	5	2.648.900	1.831.134,36	756.490	13.079,59	48.196,04

Tablo 7. Envanter Taşıma Maliyeti Parametresindeki Değişimin Toplam Maliyete Etkisi

Envanter Taşıma Maliyeti Parametresi	Alt Bölge Sayısı	Yıllık Toplam Maliyet (TL)	Tesis Çalıştırma Maliyeti (TL)	Nakliye Maliyeti (TL)	Envanter Taşıma Maliyeti (TL)	Güvenlik Stoğu Maliyeti (TL)
*2	5	3.466.600	1.831.100	1.513.000	26.159,20	96.392,09
*0.5	5	3.359.400	1.831.100	1.513.000	3.269,90	12.049,01

Tablo 8. İşletme Maliyeti Parametresinin Değişiminin Toplam Maliyete Etkileri

İşletme Maliyeti Parametresi	Alt Bölge Sayısı	Yıllık Toplam Maliyet (TL)	Tesis Çalıştırma Maliyeti (TL)	Nakliye Maliyeti (TL)	Envanter Taşıma Maliyeti (TL)	Güvenlik Stoğu Maliyeti (TL)
*2	5	4.336.400	2.762.200	1.513.000	13.079,59	48.196,04
*0.5	5	2.939.800	1.365.500	1.513.000	13.079,59	48.196,04

Tablo 9. Çalışan Maliyeti Parametresinin Değişiminin Toplam Maliyete Etkileri

Çalışan Maliyeti Parametresi	Alt Bölge Sayısı	Yıllık Toplam Maliyet (TL)	Tesis Çalıştırma Maliyeti (TL)	Nakliye Maliyeti (TL)	Envanter Taşıma Maliyeti (TL)	Güvenlik Stoğu Maliyeti (TL)
*2	5	4.305.300	2.731.100	1.513.000	13.079,59	48.196,04
*0.5	5	2.955.300	1.381.100	1.513.000	13.079,59	48.196,04

modelin envanter taşıma maliyetlerindeki değişikliklere duyarız olduğu ortaya çıkmıştır.

Personel maliyetlerinin ve tesis işletme maliyetlerinin etkilerini görmek amacı ile aşağıda görülen değişiklikler uygulanmış ancak, modelin bu parametrelerdeki değişikliklere de duyarız olduğu görülmüştür.

Modelin doğrulanmasından sonra beş farklı mesafe kısıtı altında (100, 150, 200, 250 ve 300 km) model çalıştırılmış ve sonuçları incelenmiştir. Ancak, 200, 250 ve 300 km kısıtlarının aynı sonucu verdiği görülmüştür. Bu nedenle simülasyon modelinde yalnızca 100, 150 ve 200 km kısıtları dikkate alınmıştır.

4.2 Taktik Seviye Kararları

Stratejik seviye kararlarından sonra taktik seviye kararları verilmelidir. Bu doğrultuda envanter politikası kararı, envanter politikasındaki parametre kararları, dağıtım merkezi içindeki rotalama kararları ve arabaların bu rotalara atanması, son olarak da tedarik talepten az olduğu durumdaki paylaşım politikasına karar verilmesi gerekmektedir.

Envanter Politikası Kararı: Daha önce de belirtildiği üzere ilk giren ilk çıkar prensibi zaman aşımından dolayı oluşan imhaları önlemek için kullanılmalıdır. Kan ürünleri toplu olarak hastanelere taşındığı için ortak masraflar kaleminde dikkate alınmalıdır. Prastacos (1984) kan bankacılığı için “S değerine kadar” politikasını önermiştir. Deniz vd.

(2004) trombosit gibi çabuk bozulan ürünler için “S değerine kadar” politikasının uygun olduğunu belirtmiştir. Önerilen modeller envanter tutma maliyetlerini en aza indirmeye çalışmaktadır. Bu çalışmalar ve benzer birçok çalışma göz önüne alındığında taşıma maliyetlerini ortak kalemde toplayabilecek bir envanter politikasının (*R, S*) envanter politikası olması gerektiği anlaşılmaktadır. Böylece dağıtım merkezleri önceden belirlenmiş ikmal aralıklarıyla *S* seviyesine kadar ikmal yapacaklardır. *S* değerleri BKM tarafından belirlenecek ve hastanelerin taleplerine göre yıllık olarak revize edilecektir.

Rotalama Kararları: Dağıtım merkezleri içinde verilecek olan rotalama kararları da taktik seviye kararlarındandır. Araçların ikmalle başlama saati, rotaları ve araç sayısı hesaplanmalıdır. Kızılay’ın araçları, günlük gönderilecek miktarlara göre alt bölgelere atanmaktadır.

Envanter Paylaşım Politikası: Toplam talebin tedarikten fazla olduğu durumlar için eldeki envanteri paylaşım politikasına karar vermek gerekmektedir. Dağıtım merkezleri ve hastaneler düşünülürse iki farklı seviyede paylaşım gerçekleştirilmelidir. İlk olarak BKM’den dağıtım merkezlerine paylaşım yapılmalı, daha sonra ise dağıtım merkezinden hastanelere bir paylaşım daha yapılmalıdır. Yapılan literatür çalışmalarında oyun teorisini baz alan paylaşım politikalarına rastlanmıştır (Cachon

ve Lariviere, 1999). Fakat bu sistemde hastaneler taleplerini verirken diğer hastaneleri tahmin etmeye çalışmadıklarından, oyun teorisini baz almayan paylaşma politikaları araştırılmıştır. Bu doğrultuda ilk olarak dağıtım merkezlerinin toplam talepleri aynı oranda karşılanacak şekilde paylaşılması bir politika olarak belirlenmiştir. Daha sonra ise De Kok (1996)'un önerdiği "Tutarlı Uygun Paylaşma" (Consistent Appropriate Share) politikası ile tüm dağıtım merkezlerinin aynı servis seviyesine getirilmesi ve dağıtımın öyle sağlanması uygun görülmüştür.

4.3 Operasyonel Seviye Kararları

Yeni önerilen envanter sistemi ile birlikte BKM'de dağıtım merkezlerine gönderilecek araçlar ve kan ürün miktarları S seviyelerine göre hesaplanmalıdır. Ayrıca dağıtım merkezlerinin hastanelere yapacağı dağıtımlar da hesaplanmalıdır. Stoklardaki kan ürünü miktarlarına göre ürün üretim kararları BKM personeli tarafından verilmelidir. Dağıtım merkezleri üç vardiyada 24 saat çalışarak hastanelerin taleplerini karşılamaya çalışacaktır. Dağıtım merkezleri BKM'den uzak depolar olarak düşünüldüğünde talep karşılama zamanını oldukça azalacaktır.

Dağıtım merkezleri ve hastane atamaları belirlendikten sonra, önerilen sistemi talep karşılama oranı ve trombosit atım miktarı yönünden değerlendirmek üzere simülasyon modeli oluşturulmuştur. Daha önceki modeldeki sınırsız kan bağıışı ve hastane taleplerinin normal dağıldığı varsayımları, daha geçerli bir model oluşturulmak üzere bu modelde yapılmamıştır.

4.3.1 Simülasyon Modeli ve Alternatif Senaryolar

1. Farklı Alt-Bölgeler: Matematik modelin çıktısı olarak, alt-bölgeler hastane ve dağıtım merkezi arasındaki uzaklık 100 km, 150 km ve 200 km'den az olacak şekilde bulunmuş ve farklı hastane atamaları simülasyon modeliyle değerlendirilmiştir.

2. Farklı Paylaşma Kuralları: Daha önce de belirtildiği gibi, kan arzının talebi karşılayamaması durumunda kullanılacak iki farklı kan tahsis kuralı belirlenmiştir:

a) Q-politikası olarak adlandırılan paylaşma

kuralı bölge kan merkezinin veya dağıtım merkezlerinin elindeki kan ünitelerini kendilerinden talep edilen miktara oranla dağıtılmasıdır.

b) K-politikası olarak adlandırılan paylaşma kuralı bölge kan merkezinin kan ünitelerini alt bölgelerin stoklu kalma olasılıklarını eşitleyecek şekilde dağıtılmasıdır. Bu kural bütün alt-bölgeler için ortak bir güvenlik faktörü bulmak adına normal dağılım varsayımı altında yapılmıştır.

3. Farklı R (ikmal aralığı) Değerleri: Matematik modelden alınan sonuçlara göre Ankara alt-bölgesindeki hastanelere ikmal aralığı bir gün, diğer bölgelerdeki hastaneler için ise beş gündür. Bunun sebebi matematiksel modelin belirsizlikleri göz önüne alamaması ve bu nedenle R değerini mümkün olduğunca yüksek atmasıdır. Fakat gecikme zamanını ve trombositin düşük raf ömrü düşünüldüğünde, beş günlük bir ikmal aralığı ekonomik görünmemektedir. Bu sebeple, Ankara dışındaki alt-bölgelerde ikmal aralığı bir, iki ve üç değerleri arasından belirlenmiş ve buna göre değerlendirmeler yapılmıştır.

4. Tekrar Dağıtım Kuralları: Trombositin çabuk bozulan bir kan ürünü olması ve talebindeki yüksek varyans seviyelerinden dolayı, alt-bölgelerde trombosit beklendiği miktarda kullanılmayıp fazla envanter oluşturabilir. Bu kullanılmayan trombositin büyük kısmı atılacağından, fazla envanterin Bölge Kan Merkezi'nce toplanıp, trombosit talebi yüksek olan yerlere tekrar dağıtılması trombosit atımını azaltacaktır. Bu kuralın iki önerilen şekili vardır:

a) Q tekrar dağıtımı: Dağıtım merkezlerine giden Bölge Kan Merkezi araçları öğleden sonra dönmek zorundadır. Bu durumda bu araçlar dağıtım merkezlerindeki kullanılmayan trombosit ünitelerini toplayabilir. Eğer bir dağıtım merkezine yapılacak ikmal zamanına iki gün varsa, araçlar bu dağıtım merkezindeki cevap süresince (iki gün ve gecikme zamanı) ihtiyaç duyacağı trombosit miktarı dışındaki trombositleri toplayacaktır. Bu dağıtım sistemi Q-politikasıyla birlikte uygulanmıştır.

b) K-tekrar dağıtımı: K-politikasını uygularken, alt-bölgelere gönderilecek kan ürünlerinin genellikle pozitif olacağı beklenmektedir. Fakat, K-politikasında

güvenlik faktörü sabit olmadığından, alt-bölgelerin elindeki envanter miktarı yeterince büyük olduğunda bazı güvenlik faktörü değerleri negatif taleple sonuçlanabilir. Bu durum herhangi bir alt-bölgenin elindeki kan ürünü envanterinin o alt bölgenin diğer alt-bölgelerle aynı olasılıkla stoksuз kalması için gereken miktardan büyük olduğu durumlarda görülmektedir. Böyle bir durumda fazla envanter, dağıtım merkezinden toplanıp BKM'ye gönderilmelidir. Fazla envanterin tamamı toplandıktan sonra bu miktar, olması gerekenden az envantere sahip olan alt bölgelere gönderilmelidir. Böylece alt bölgeler arasındaki denge yakalanmış olacaktır.

Yukarıda açıklanan farklı senaryolara göre, incelenmek üzere 18 farklı senaryo çıkartılmıştır. Bu senaryolar, rassallığın etkisinin azaltılması için aynı rassal değişkenlerle oluşturulmuştur. Öncelikli performans ölçüleri olarak, alt bölgelerde ve BKM'deki talep karşılama oranı ve trombosit atım oranları belirlenmiştir. Denge durumu analizi yapılabilmesi ve performans ölçülerinin denge durumunda gözlemlenebilmesi için 11 yıllık bir ısınma periyodu belirlenmiştir. Uygun yarı uzunlukların bulunabilmesi için, "batched-means" metodu kullanılmış ve performans ölçüleri bir yıllık olarak birleştirilmiştir.

4.3.2 Veri Analizi

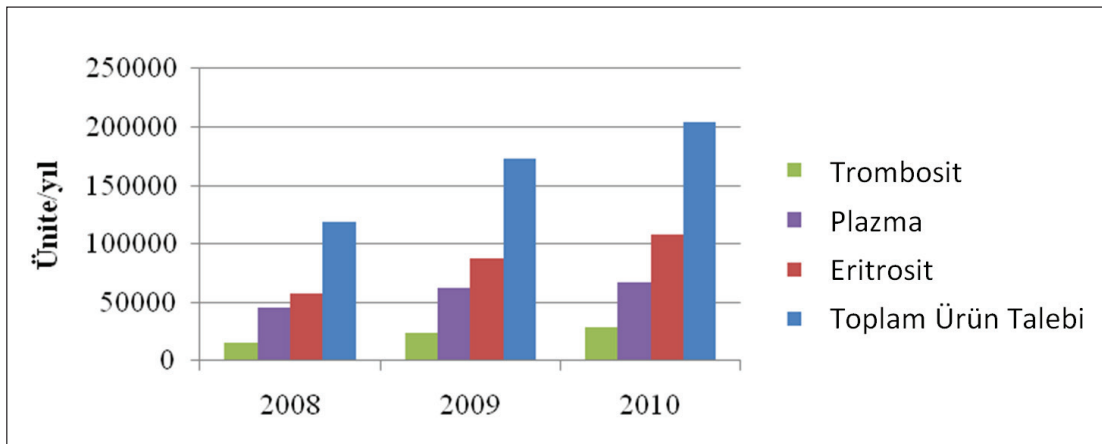
Hastane Talepleri: Taleplerin normal dağıldığı varsayımı yapılmamıştır. Ocak, Şubat ve Mart 2011 hastane talep verileri incelenmiş ve hastanelere uygun

talep dağılımları %5 önem düzeyiyle ki-kare testiyle bulunmuştur.

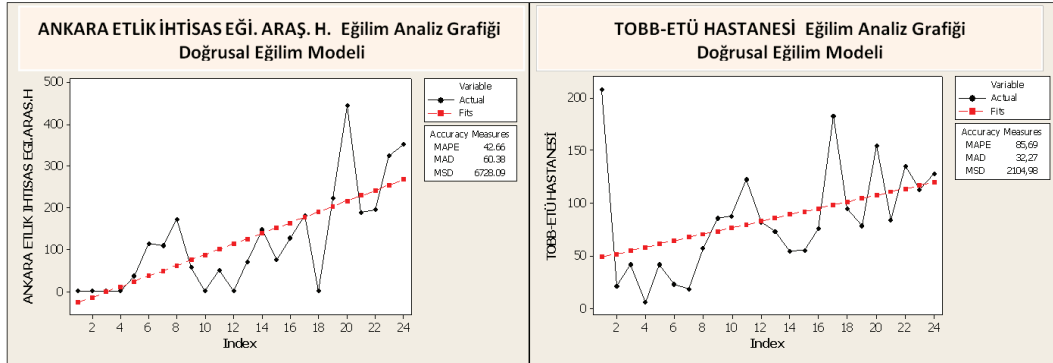
Kan Ürünlerinin Arzı: Arzın hesaplanmasında yalnızca aylık toplam kan bağıışı ve buna bağlı trombosit atım miktarları edinilebilmiştir. Kan ürünlerinin üretimi yaklaşık olarak bilinmesine rağmen, bölgelerdeki kan arzı analiz edildiğinde toplanan kandan daha fazla olduğu görülmüştür. Bu tutarsızlığın sebebi Orta Anadolu Bölge Kan Merkezi'nin diğer bölgelerden kan talep etmesidir. Bundan dolayı, Orta Anadolu Bölge Kan Merkezi'nin önceki yıllarda hastanelere gönderdiği günlük kan miktarı modelde arz miktarı olarak kullanılmıştır. Böylece hem diğer bölgelerden alınan miktar, hem de bölgedeki üretilen miktar hesaba katılmıştır. Ayrıca, bu şekilde kan testinin pozitifliği, lipidasyon vb. gibi nedenlerle atılan kan miktarının hesaplanmasına gerek duyulmamıştır. Arz verilerinin de %10 önem derecesinde ki-kare testiyle uygun dağılımları belirlenmiştir.

Eğilim Analizi: Hastanelerle yapılan anlaşma sayısı arttıkça, toplam kan ürünleri talebinde artış olduğu görülmüştür. Yapılan anlaşmaların toplam talebi değiştirmesinden ötürü, bu anlaşmalar Kızılay için önem taşımaktadır.

Yıllık bazda, kan ürünü talebinde yaklaşık %30'luk bir artış görülmüştür. Ayrıca, bu değer hastaneler analiz edildiğinde de doğrulanmıştır. Bazı örnekler Şekil 8'de görülebilir:



Şekil 7. Kan Komponent Talebi 2008-2010 (Ankara)



Şekil 8. Ankara Etlik Hast. ve TOBB-ETÜ Hast. 2009-2010 Eğilim Analizi (Eritrosit)

Her hastanenin talebinde bir eğiliminin olmadığı belirtilmelidir. Bazı hastanelerin talepleri değişmezken, bazılarının taleplerinde düşüş gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, arzdaki artan eğilim Şekil 8’de görülebilir.

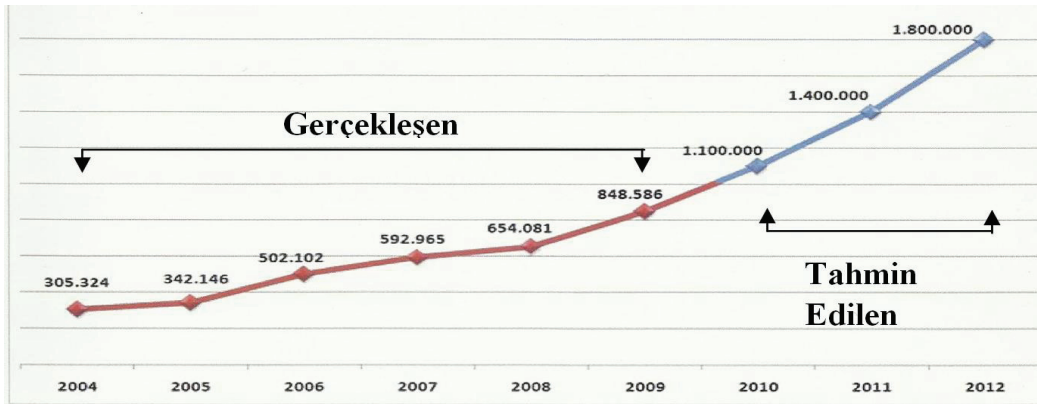
Türk Kızılayı, yıllık talep miktarında %30’luk bir artış olduğunu tahmin etmektedir ve bu tahmin gerçekleşen taleplerdeki yıldan yıla görülen artıştan hesaplanmıştır.

Şekil 7, 8 ve 9’da belirtildiği gibi, hem kan ürünü talebi ve hem de kan arzındaki artış %30 olarak gerçekleşmiştir. Bu sebepten ötürü, talep ve arzdaki eğilim simülasyon modelinde hesaba katılmamıştır.

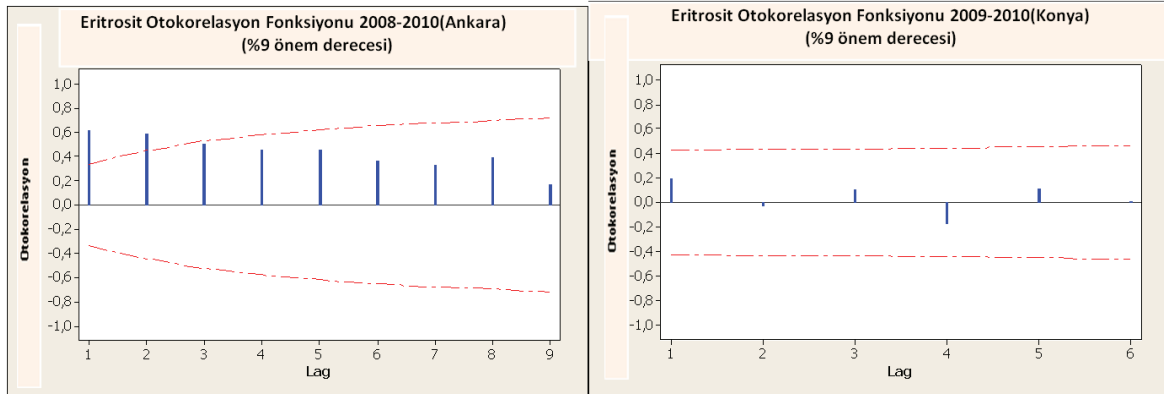
Mevsimsellik Analizi: Hastane talepleri iki tür mevsimsellik göstermektedir. İlk olarak, yıllık mevsimsellik çalışması yapılmıştır. Bu analizde talep yoğunluğu göz önüne alınmıştır. Ankara ve Konya için veriler elde edilebildiğinden bu şehirler için mevsim-

sellik analizi uygun görülmüştür. Ankara’da üç kan ürünü için mevsimsellik analizi yapılırken, Konya’da eritrosit dışındaki ürün talebi az ve nadir görüldüğünden sadece eritrosit analizi yapılmıştır. Otokorelasyon analizi için geçmiş üç yıla ait aylık veriler kullanılmıştır. Şekil 10’da aralıklar arasındaki korelasyona bakılarak eritrosit talebinde herhangi bir mevsimsellik olmadığı sonucuna varılmıştır. Aynı durumun diğer kan ürünleri için de geçerli olduğu görülmüştür.

İkinci olarak, bazı hastanelerin hafta sonları ameliyatlar yapmaması ve bazı hastanelerin hafta sonu da talepte bulunuyor olması haftalık mevsimsellik analizini önemli kılmıştır. Hastaneler tek tek otokorelasyon analiziyle incelendiğinde, aylık eritrosit talebi 100 üniteden yüksek olan hastanelerin çoğunda haftanın değişik günlerinde bariz bir mevsimsellik görülmüştür. Bazı büyük hastanelerin hafta içinde talepte bulunduğu, hafta sonu ise talepte bulunmadığı



Şekil 9. Gerçekleşen ve Tahmin Edilen Kan Bağış Miktarları



Şekil 10. Eritrosit Otokorelasyon Fonksiyonu 2008-2010 (Ankara ve Konya)

görülmüştür. Bazı örnekleri EK-C'de görülebilir. Mevsimsellik gösteren hastanelerin mevsimsellik faktörleri hesaplanmıştır. Talep dağılımındaki mevsimsellik ortadan kaldırıldıktan sonra uygun olasılık dağılımları bulunmuştur. Simülasyon modelinde ise bu bulunan dağılımlar kullanılmıştır ve daha sonra günlere göre mevsimsellik faktörleriyle çarpılarak gün bazında talepler elde edilmiştir.

Plazmada ise, mevsimsellik görülsün bile, çoğu hastanenin plazmayı kullanamayacak olmasından ötürü, mevsimsellik göz ardı edilmiştir.

Kan Grupları: Kan gruplarının tek biçimli dağılı-

dığı varsayılmıştır. Yıllık kan bağışi verilerinden elde edilen kan grup dağılımları EK-D'de görülebilir.

4.3.3 Simülasyon Modelinin Sonuçları

Değişik senaryolardan elde edilen sonuçlar %95'lik güven aralığıyla Ek-E'de verilmiştir. Tablo 10 simülasyon modeli sonucunda elde edilen talep karşılama oranlarını ve atım miktarlarını göstermektedir. Talep karşılama oranlarının farklı senaryolarda önemli bir değişikliğe uğramadığı görülmüştür. Talep karşılama oranları sırasıyla eritrosit, trombosit ve plazma için %77, %99 ve %92 olarak gözlenmiştir. Öte yandan, aylık trombosit atım miktarlarında önemli

Tablo 10. Farklı Senaryolar İçin Talep Karşılama Oranı ve Atım Miktarı

	K- politikası					Q-politikası				
		ES	PLT	TDP	Atım Miktarı		ES	PLT	TDP	Atım Miktarı
	R=1	%77	%99	%92	386	R=1	%77	%99	%92	401
d<100	R=2	%77	%99	%92	486	R=2	%77	%99	%92	436
	R=3	%77	%99	%92	561	R=3	%75	%99	%89	505
		ES	PLT	TDP	Atım Miktarı		ES	PLT	TDP	Atım Miktarı
	R=1	%77	%99	%91	425	R=1	%78	%99	%90	464
d<150	R=2	%77	%99	%91	551	R=2	%77	%99	%91	545
	R=3	%77	%99	%90	660	R=3	%77	%99	%91	617
		ES	PLT	TDP	Atım Miktarı		ES	PLT	TDP	Atım Miktarı
	R=1	%75	%99	%88	385	R=1	%77	%99	%91	390
d<200	R=2	%75	%99	%88	477	R=2	%77	%99	%91	442
	R=3	%75	%99	%88	529	R=3	%77	%99	%91	515

ES: Eritrosit, PLT: Trombosit, TDP: Plazma , Atım Miktarı: Aylık PLT Atım Miktarıdır

değişiklikler olduğu ve özellikle, R değeri (ikmal aralığı) arttığı takdirde, trombosit atım miktarında bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Bu sonuçlar da %95 güven aralığıyla Ek-F’de görülebilir.

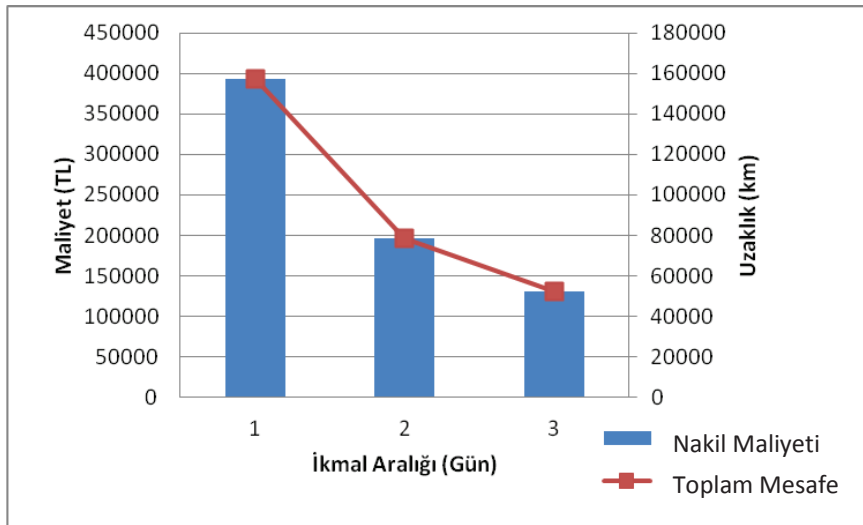
Talep arzı karşılamadığı takdirde uygulanacak politika belirlenirken, Tablo 10’da görüldüğü üzere Q-politikası daha az trombosit atım miktarıyla sonuçlandığından, daha uygun görülmüştür. Alt bölgelerin talep karşılama oranı analiz edildiğinde Q-politikası ve K-politikasında görülen talep karşılama oranı arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.

Farklı senaryolarda talep karşılama oranında değişim olmaması, en iyi senaryonun maliyet ve talebe cevap verme süresi açısından seçilebilmesini sağlamıştır. $d < 150$ ve $d < 200$ belirlenerek bulunan sonuca göre, BKM dağıtım merkezi olarak atanmaktadır. Bunun sonucunda yeni bir dağıtım merkezi açmanın maliyeti, BKM zaten bir dağıtım merkezi olarak servis yaptığından elimine edilmiştir. Hastanelere yakınlık göz önüne alındığında, $d < 150$ sınırıyla beş alt bölge, $d < 200$ sınırıyla dört alt bölge bulunmaktadır. Bunun sonucu olarak $d < 150$ sınırıyla sistemin talebe daha hızlı cevap vereceği öngörülebilir. Herhangi bir senaryo için belirlenen olası rotalar EK-G1 ve G2’de görülebilir. Her iki senaryo için de uzun bir talep karşılama süresine sahip olan Karaman’daki hastaneler çıkarıldığında, $d < 150$ sınırıyla elde edilen en uzun

rota 377,3 km olarak görülmekte ve bu rota yaklaşık olarak altı saatte tamamlanabilmektedir. Bunun yanı sıra $d < 200$ sınırıyla bulunan en uzun rota Kastamonu ve Çorum’daki hastaneleri kapsayan 599,3 km olarak ölçülmekte ve bu rota yaklaşık olarak 10 saatte tamamlanabilmektedir. Bu veriler göz önüne alındığında $d < 150$ sınırıyla elde edilen yapılanmanın daha düşük bir talebe cevap verme süresiyle sonuçlanacağı söylenebilir.

Sonuç olarak, $d < 150$ sınırıyla elde edilen hastane atamalarının uygulanması, trombosit atım miktarının $d < 100$ sınırıyla elde edilen trombosit atım miktarının biraz daha fazla çıkmasına rağmen, daha uygun görülmüştür. Aynı zamanda bu hastane atamalarında talep karşılama oranının da kabul edilebilir bir oranda olduğu görülmektedir. Ayrıca, ikmal aralığı $R=3$ olarak belirlendiğinde, nakil maliyeti düşmekte ve talep karşılama oranında değişim gözlenmemektedir. İkmal aralığını arttırmak hastanelere yapılan ziyaret sayısını azaltmaktadır. Talep karşılama oranında bir değişim olmadığından senaryoların nakil maliyetlerine göre karşılaştırılması mantıklı görülmektedir. Şekil 11 ikmal aralığının etkisini özetlemektedir:

Doğru senaryoyu belirledikten sonra, araç rotalaması ve diğer maliyete sebep olan faktörler değerlendirilmelidir. Alt bölgelerde gün içerisinde taşınması gereken miktara göre Ankara ve Konya’ya beş araç diğer bölgelere ise birer araç atanmıştır. Dağıtım mer-



Şekil 11. İkmal Aralığının Maliyet ve Toplam Mesafeye Etkisi

kezlerinden hastanelere günlük katedilmesi gereken yol 2.677,3 km ve yıllık olarak 131.278,3 km'dir. Ayrıca dağıtım merkezlerine giderken katedilmesi gereken yol ise yıllık 131.278,3 km'dir. Toplam katedilmesi gereken yol 1.108.493 km ve buna bağlı nakil maliyeti ise yıllık 443.397,10 TL olarak bulunmuştur. Buna ek olarak 23,157.3 ünite kan ürününün stok olarak tutulması gerekli görülmüştür. Buna bağlı yıllık envanter maliyeti ise 463.146 TL olarak bulunmuştur. Seçilen senaryoda beş alt bölge bulunmaktadır. Fakat BKM mevcut sistemde zaten dağıtım merkezi olarak hizmet verdiğinden ek bir operasyon maliyeti getirmeyecektir. Sonuç olarak mevcut sistem ile önerilen senaryo arasındaki dağıtım merkezi işletme maliyet farkı yıllık 1.301.200 TL'dir. Son olarak, senaryoya bağlı toplam yıllık maliyet ise 2.207.743,10 TL olarak bulunmuştur.

4.3.4. Mevcut Sistemle Karşılaştırılması

Simülasyon modelinden elde edilen performans ölçülerinin mevcut sistemdeki ölçülerle karşılaştırılması gerekmektedir. Parametre tahminindeki olası hatalar, rassal değişkenlerin etkisi ve diğer faktörlerden dolayı simülasyon modelinden elde edilen talep karşılama oranı ve gerçek talep karşılama oranı arasında karşılaştırma yapmak uygun bulunmamıştır. Bunun sonucunda aynı talep ve arz verileri ve rassal değişkenler kullanılarak mevcut sistemi temsil edecek bir simülasyon

modeli tasarlanmıştır. Mevcut sistemin simülasyon modelinden alınan talep karşılama oranları sırasıyla eritrosit, trombosit ve plazma için %77, %99 ve %92 olarak elde edilmiştir. Bu modelin %95 güven aralığı Ek-H'te görülebilmektedir. BKM'nin mevcut sistemde günlük 12.000 km yol katettiği bulunmuştur. Buna bağlı yıllık nakil maliyeti ise 1.752.000 TL olarak bulunmuştur. Buna ek olarak yıllık 12.687,96 ünite kan ürünü stok tutulmalıdır ve buna bağlı envanter maliyeti ise yıllık 253.759,2 TL'dir. Mevcut sistemin toplam maliyeti ise 2.005.759 TL'dir. Karşılaştırmalı sonuçlar aşağıdaki tabloda görülebilir.

Tablo 12'de görüldüğü üzere var olan ve önerilen sistem simülasyon modeli kullanılarak karşılaştırılmış ve talep karşılama oranlarının aynı olduğu gözlemlenmiştir. Fakat, önerilen sistemde aylık trombosit atım oranda %12'lik bir düşüş kaydedilmektedir. Tablo 10'da görülebileceği gibi ikmal aralığı azaltıldığına buna bağlı atım oranında %33'lük bir azalma görülmekte ve nakil maliyetinde artış görülmektedir. Önerilen sistemin toplam maliyeti var olan sistemden sadece 201.000 TL/yıl daha fazla olmasına rağmen, yıllık 1000 ünite kan daha verimli olarak kullanılmıştır.

Önerilen sistemin yararları sadece yıllık atım miktarındaki azalma değildir. Dağıtım merkezlerinin hastanelere yaklaşmasıyla, hastaneler taleplerini daha çabuk karşılayacaktır. Buna bağlı olarak, hastanelerin

Tablo 11. Var Olan-Önerilen Sistem Karşılaştırması (Maliyetler)

	Toplam Mesafe (km/yıl)	Nakil Maliyeti (TL)	Stok Ünitesi	Envanter Tutma (TL)	İşletme (TL)	Toplam (TL)
Var Olan Sistem	4.380.000,00	1.752.000,00	12.687,96	253.759,20	-	2.005.759,00
Önerilen Sistem	1.108.493,00	443.397,10	23.157,30	463.146,00	1.301.200,00	2.207.743,10

Tablo 12. Var Olan-Önerilen Sistem Karşılaştırması (Talep Karşılama Oranı ve Atım Miktarı)

	Talep Karşılama Oranı			PLT Atım Miktarı/Ay
	ES	PLT	TDP	
Var Olan Sistem	%77	%99	%92	700
Önerilen Sistem	%77	%99	%92	617

Kızılay'a olan güveninin artması beklenmektedir; çünkü var olan sistemde BKM'ye uzak bir hastane tarafından günün belli saatinde alınan miktar dışında yeni bir sipariş alması mümkün olmamaktadır. Ek olarak, uygulanan yeniden dağıtım politikaları sayesinde düşen trombosit atım miktarıyla birlikte artan talep karşılama oranı gözlemlenmiştir. Kızılay'ın daha iyi ve hızlı servis vermesinden ötürü, hastanelerin Kızılay'ın servisini takdiriyle birlikte Kızılay'ın daha düzenli ve yönetilebilir talepte bulunacağı öngörülmüştür.

4.3.5 Duyarlılık Analizi

Hastane talep verilerinde yüksek oranda varyans gözlemlenmiştir. Veriler toplatıldığında bile sapma hâlâ önemli bir düzeydedir. Benzer şekilde, Orta Anadolu BKM'ye gelen kan bağışlarında da yüksek sapmalar gözlemlenmekte; bu da simülasyon modelinin güvenilirliğini azaltmaktadır. Envanter üst seviyesi (S) de bir diğer sorgulanması gereken noktadır. Ek olarak, alt bölgelerin taleplerinin Normal olarak dağıldığı varsayılmış ve buna bağlı olarak güvenlik faktörleri ve güvenlik stok seviyeleri belirlenmiştir. Bütün bu varsayımlardan kaynaklı belirsizlik dolayısıyla duyarlılık analizi yapılması gerekliliği doğmuştur.

a. Arz Değişimi

Arz hesabındaki herhangi bir hata, arz ve talep arasında bir uyumsuzluğa sebep olabilir. Bu sebeple yüksek envanter seviyeleri, artan trombosit atım oranları veya stoksuz kalmalar görülebilir. Arzdaki değişimleri değerlendirebilmek için, üretilen kan ürünü miktarı $\pm\%50$ olarak değiştirilmiştir. Bunun sonucundan elde edilen aylık trombosit atım oranı ve talep karşılama oranları Tablo 13'te görülebilir.

Tablo 13'te görüldüğü gibi model trombosit arzı değişimine karşı duyarlı değildir. Arz miktarı %50 oranında değişse bile talep karşılama oranındaki değişim sadece %10'dur. Diğer komponentler beklendiği gibi arzın değişimine daha duyarlıdır. Bağışlar bütün komponentleri kapsayacak kadar olmadığından, bağış miktarındaki değişim talep karşılama oranını kan ürünlerinin toplam talebi oranında etkilemektedir. Örneğin, bağış miktarındaki bir değişim toplam talebi en yüksek olan eritrositi daha fazla etkilemiştir.

b. Envanter Üst Seviyesi

Envanter üst seviyesinin yanlış hesaplanması her alt bölgenin aynı stoksuz kalma olasılığına sahip olmamasına sebep olmaktadır. Bunun sonucunda, bazı alt bölgeler gereğinden fazla envanter tutacak ve bazıları ise gerekenden az tutup stoksuz kalma riskiyle karşı karşıya kalacaktır. Envanter üst seviyesinin etkisini gözlemlenmek üzere değeri $0.1S-1.5S$ aralığında değiştirilmiştir.

Görüldüğü üzere $1.5S-0.4S$ aralığında talep karşılama oranında herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Daha detaylı incelendiğinde, alt bölgelerin taleplerinin dağılımlarının Normal dağılımdaki gibi merkezleşmiş değil sola eğik olduğu gözlenmiştir. Bundan kaynaklı, hesaplanan S değerleriyle stoksuz kalma olasılığı Normal dağılımla hesaplandan daha düşük olacaktır. Son olarak, S değerinin %50'si kullanıldığı takdirde, talep karşılama oranında bir değişiklik görülmemekte; fakat trombosit atım miktarında ciddi bir artış görülmektedir. Ek-1'da da görülebileceği gibi alt bölgelerin talep karşılama oranlarında önemli bir değişiklik görülmemektedir.

Tablo 13. Arzdaki Artış ve Azalışın Talep Karşılama Oranına Etkisi

Arz	%50	%60	%70	%80	%90	%100	%110	%120	%130	%140	%150
ES	%38,0	%46,0	%54,0	%61,0	%69,0	%77,0	%84,0	%92,0	%98,0	%96,0	%98,0
PLT	%90,0	%96,0	%98,0	%99,0	%99,5	%99,6	%99,7	%99,7	%99,7	%98,9	%99,8
TDP	%45,0	%54,0	%63,0	%72,0	%81,0	%91,0	%99,0	%99,9	%99,9	%99,9	%99,9
PLT Atım	122,5	210,1	321,6	436,3	517,4	617	672,4	779,5	1009,2	930,2	1900,2

Tablo 14. S Değerinin Değişiminin Talep Karşılama Oranı ve Atım Miktarına Etkisi

	ES	PLT	TDP	PLT Atım (aylık)
%10	%44,0	%50,0	%46,0	13837,0
%20	%73,0	%80,0	%76,0	10368,0
%30	%76,0	%93,0	%88,0	7116,3
%40	%77,0	%97,0	%90,0	5061,6
%50	%77,0	%99,0	%91,0	1972,2
%60	%77,0	%99,0	%91,0	1430,1
%70	%77,0	%99,0	%91,0	811,0
%80	%77,0	%99,0	%91,0	732,3
%90	%77,0	%99,6	%91,0	602,5
%100	%77,0	%99,6	%91,0	617,0
%110	%77,0	%99,7	%91,0	1558,3
%120	%77,0	%99,7	%91,0	2860,4
%130	%77,0	%99,7	%91,0	2860,4
%140	%77,0	%99,7	%91,0	3458,8
%150	%77,0	%99,7	%91,0	4053,4

5. SONUÇ

Kan ürünleri servisi insan hayatı için büyük bir önem taşır. Talep edilen ürünlerin merkezlerde bulunması ve taleplere hızlı cevap verebilmek en önemli beklentilerdendir. Kızılay'ın şu anki yapısındaki merkezi üretim, envanter tutulması ve karar verme prosedürü düşünüldüğünde sisteme dahil olan her kişi için problemlerle karşılaşılması kaçınılmazdır. Ayrıca Orta Anadolu Bölgesi merkezi bir yapı ile yürütülemeyecek kadar geniş bir alana sahiptir.

Merkezi yapının sebep olduğu problemleri çözmek adına yeni bir sistem önerilmektedir. Bütün aktivitelerin Bölge Kan Merkezi'nce yapılması yerine, Orta Anadolu Bölge Kan Merkezi üretim ve karar merkezi olarak belirlenecek ve bu bölgedeki hastaneler yeni açılan dağıtım merkezlerine atanacaktır. Prosedürler belirlendiği takdirde Türk Kızılayı'nın üzerindeki yük

azalacak ve bölgedeki talebi daha kolay yönetmesine yardımcı olunacaktır. Ayrıca dağıtım merkezlerinin kurulması bölgedeki hastanelerin taleplerini daha hızlı ve daha yüksek oranda karşılamasına da yardımcı olacaktır. Tüm stratejik, operasyonel ve taktiksel kararlar düşünüldüğünde, yeni sistemle birlikte toplam maliyette %10'luk bir artış, aynı zamanda toplam trombosit atım miktarında %12'lik bir düşüş gözlenmiştir. Bu karara yönelik bölgede beş dağıtım merkezi hizmet vermeli ve bu merkezlere maksimum üç günde bir ikmal yapılmalıdır. Buna ek olarak sistem, herhangi bir maliyet artışına sebep vermeden uygulanabilecek yeniden dağıtım politikaları sayesinde iyileştirmeye açıktır. Ayrıca arz ve talepteki olası değişiklikler de yeni sistemin sağlamlığını doğrulamak üzere düşünülmüştür.

Sonuç olarak, kan servisi insan yaşamının önemi göz önüne alındığında dikkatlice ele alınması gereken bir husustur. Önerilen yeni sistem şu anda karşılaşılan problemlere çözümler gerektirmektedir. Bu problemlerin çözülmesi sağlık sistemini ve toplumun sağlığını iyileştirecektir.

KAYNAKÇA

1. Cachon, G. P., Lariviere, M. A. 1999. Capacity Choice and Allocation: Strategic Behavior and Supply Chain Performance. *Management Science*, 45(8), 1091-1108.
2. Chang, C. -T. 2005. A Linearization Approach for Inventory Models with Variable Lead Time. *Int. J. Production Economics*, 96, 263-272.
3. De Kok, A. G. 1996. Controlling a Divergent 2-echelon network With Transshipments Using the Consistent Appropriate Share Rationing Policy. *International Journal of Production Economics*, 45(1-3), 369-379.
4. Deniz, B., Scheller-Wolf, A., Karaesmen, I. 2004. "Managing Inventories of Perishable Goods: The Effect of Substitution," Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, PA, GSIA Working Paper 2004-E55
5. Javid, A. A., Azad, N. 2009. Incorporating Location, Routing and Inventory Decisions in Supply Chain Network Design. *Transportation Research Part E*, 46, 582-597
6. Nahmias, S. 2005. *Production and Operations Analysis*. Fifth Edition, McGraw Hill.
7. Prastacos, G.P. 1984. Blood Inventory Management: An Overview of Theory and Practice. *Management Science*, 30(7),

Ek A1. Mevcut Sistem ile BKM'nin Trombosit Talebini Karşılması

	Hastanelere verilen miktar	Hastanelerin Talebi	Üretilen					5 günlük	Atılan	
			0 günlük	1 günlük	2 günlük	3 günlük	4 günlük			
06.01.2010	10	10	17	0	0	0	0	0		
07.01.2010	17	24	16	0	0	0	0	0		
08.01.2010	15	38	13	1	0	0	0	0		
09.01.2010	13	13	13	0	1	0	0	0		
10.01.2010	0	0	5	13	0	1	0	0		
11.01.2010	18	22	5	0	0	0	1	0		
12.01.2010	5	20	19	0	0	0	0	1	1	
13.01.2010	12	12	18	7	0	0	0	0		
14.01.2010	13	20	19	12	0	0	0	0		
15.01.2010	11	11	29	19	1	0	0	0		
16.01.2010	13	27	20	28	7	1	0	0		
17.01.2010	4	4	3	20	24	7	1	0		
18.01.2010	6	6	7	3	20	22	3	1	1	
19.01.2010	10	10	13	7	2	11	22	3	3	
20.01.2010	25	25	21	3	4	0	1	22	22	
21.01.2010	16	16	23	9	2	2	0	0		
22.01.2010	15	15	19	17	1	1	2	0		
23.01.2010	6	6	9	19	11	1	1	2	2	
24.01.2010	6	6	14	9	19	5	1	1	1	
25.01.2010	46	47	9	0	0	0	1	1	1	
26.01.2010	9	16	13	0	0	0	0	1	1	
27.01.2010	7	7	11		0	0	0	0		
28.01.2010	16	16	6			0	0	0		
29.01.2010	10	12	15				0	0		
30.01.2010	13	13	19					0		
316		396								33
Talep Karşılama Oranı		%80							İmha Edilen / Üretilen	%8

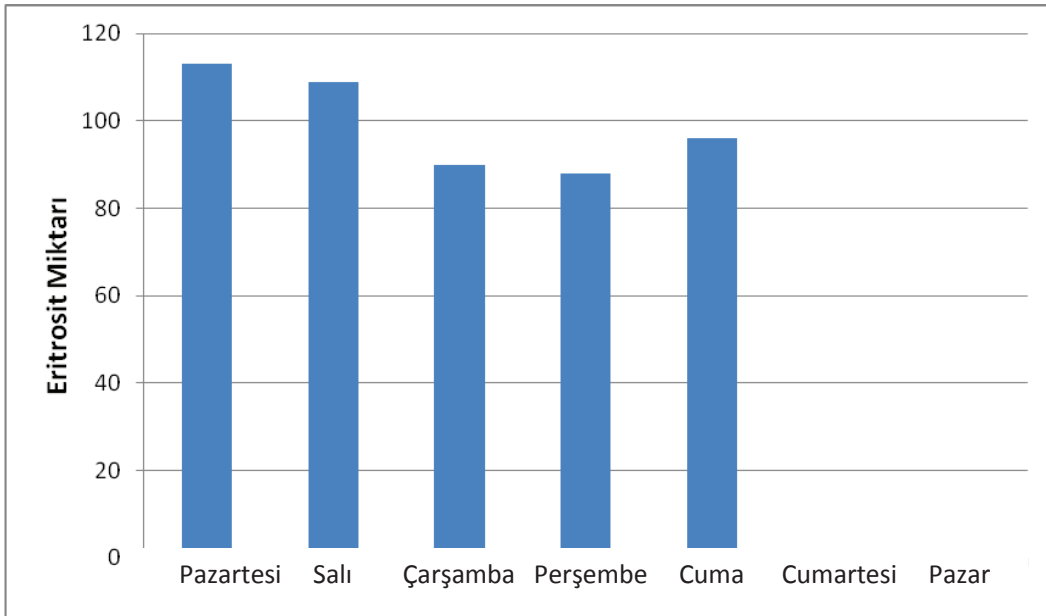
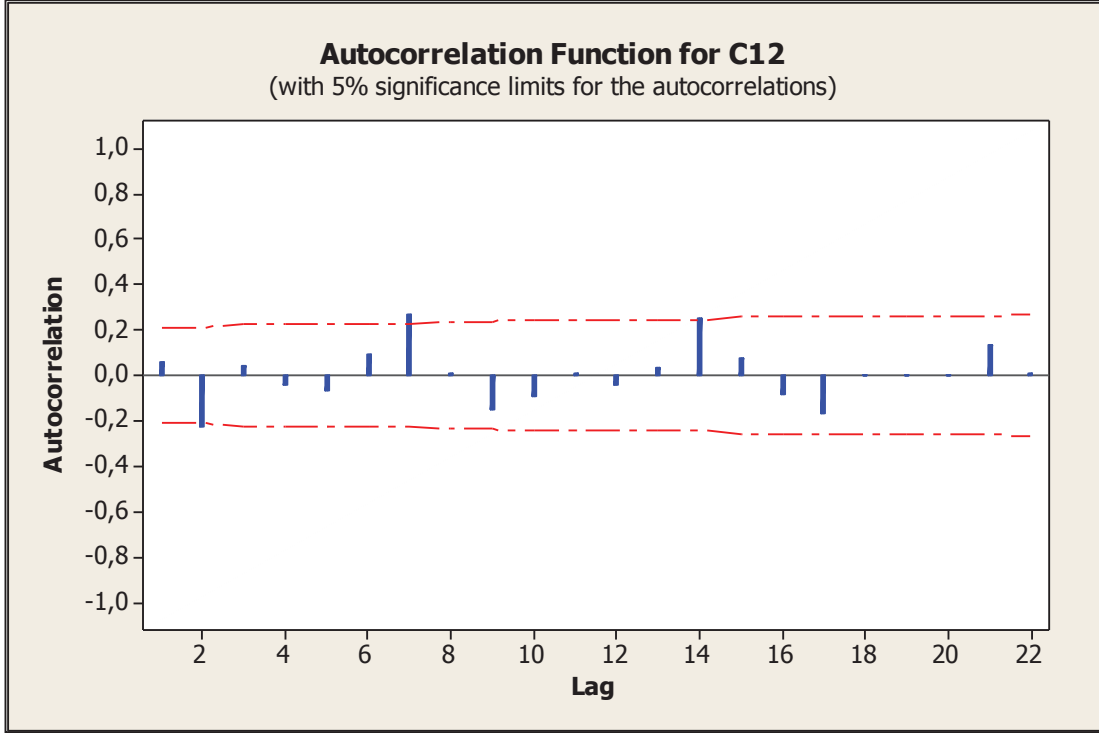
Ek A2. İlk Giren İlk Çıkar Prensibi ile BKM'nin Trombosit Talebini Karşılması

	Hastanelere verilen miktar	Hastanelerin Talebi	Üretilen					5 günlük	Atılan
			0 günlük	1 günlük	2 günlük	3 günlük	4 günlük		
06.01.2010	10	10	17	0	0	0	0	0	
07.01.2010	17	24	16	0	0	0	0	0	
08.01.2010	16	38	13	0	0	0	0	0	
09.01.2010	13	13	13	0	0	0	0	0	
10.01.2010	0	0	5	13	0	0	0	0	
11.01.2010	18	22	5	0	0	0	0	0	
12.01.2010	5	20	19	0	0	0	0	0	0
13.01.2010	12	12	18	7	0	0	0	0	
14.01.2010	20	20	19	5	0	0	0	0	
15.01.2010	11	11	29	13	0	0	0	0	
16.01.2010	27	27	20	15	0	0	0	0	
17.01.2010	4	4	3	20	11	0	0	0	
18.01.2010	6	6	7	3	20	5	0	0	0
19.01.2010	10	10	13	7	3	15	0	0	0
20.01.2010	25	25	21	13	0	0	0	0	0
21.01.2010	16	16	23	18	0	0	0	0	
22.01.2010	15	15	19	23	3	0	0	0	
23.01.2010	6	6	9	19	20	0	0	0	0
24.01.2010	6	6	14	9	19	14	0	0	0
25.01.2010	47	47	9	9	0	0	0	0	0
26.01.2010	16	16	13	2	0	0	0	0	0
27.01.2010	7	7	11	8	0	0	0	0	
28.01.2010	16	16	6	3	0	0	0	0	
29.01.2010	9	12	15	0	0	0	0	0	
30.01.2010	13	13	19	2	0	0	0	0	
345		396							
Talep Karşılama Oranı		%87							

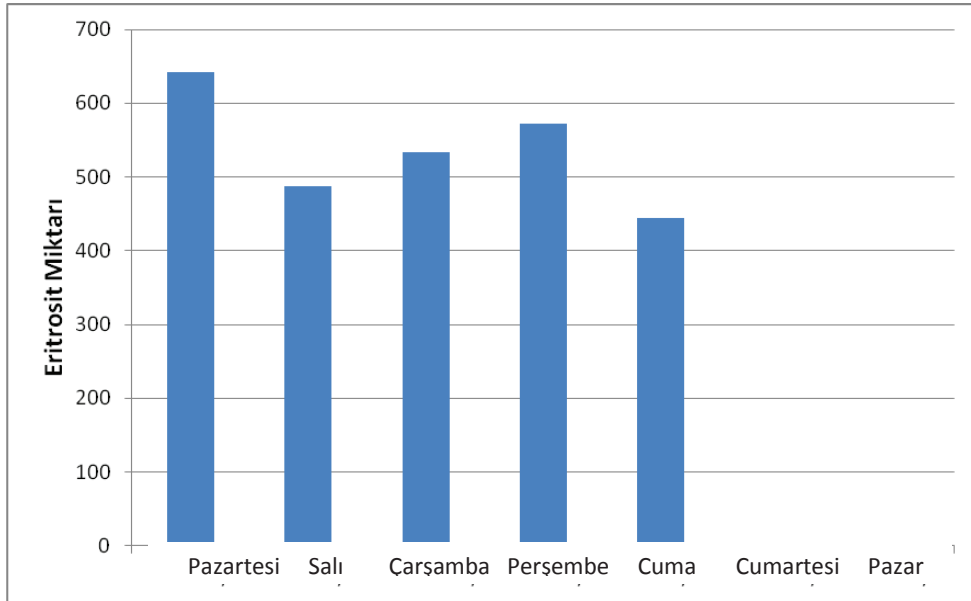
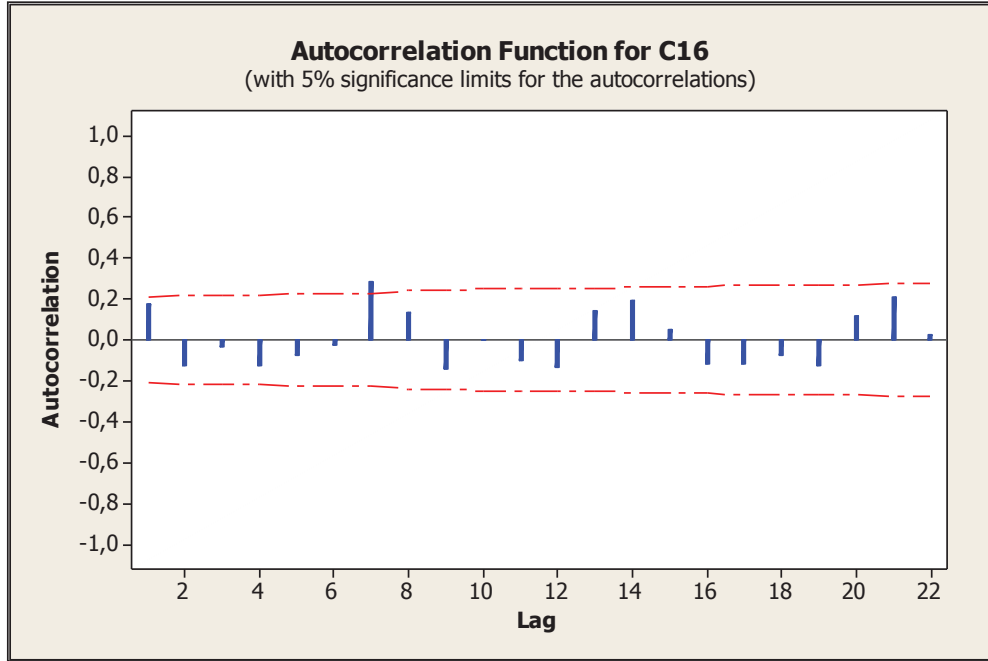
Ek B. Yeni Açılacak Dağıtım Merkezleri için Kapasite ve Maliyet Analizi

Kapasite ve Maliyetler					
1.Personel					
1 ay	3 vardiya	8 çalışan	1 sorumlu	Toplam Aylık Maliyet	Toplam Yıllık Maliyet
		12,000.00	3,000.00	15,000.00	180,000.00
2.Dolap Amortisman					
10 yıl kullanım		72 ünite	120 ünite	294 ünite	504 ünite
2.1	Eritrosit dolabı	7,100.00	8,540.00	12,600.00	20,850.00
	Yıllık Maliyet	710.00	854.00	1,260.00	2,085.00
588 ünite	624 ünite	798 ünite	1008 ünite		
25,200.00	29,390.00	33,450.00	41,700.00		
2,520.00	2,939.00	3,345.00	4,170.00		
10 yıl kullanım		150 ünite	300 ünite	450 ünite	600 ünite
2.2	Trombosit dolabı	10,700.00	15,000.00	25,700.00	30,000.00
	Yıllık Maliyet	1,070.00	1,500.00	2,570.00	3,000.00
750 ünite	900 ünite				
40,700.00	45,000.00				
4,070.00	4,500.00				
10 yıl kullanım		490 ünite	980 ünite	1470 ünite	
2.3	Plazma dolabı	12,300.00	24,600.00	36,900.00	
	Yıllık Maliyet	1,230.00	2,460.00	3,690.00	
3.Elektrik Sarfiyatı					
		1kW/saat 12.45			
3.1	Eritrosit dolabı	72 ünite -160 lt	120 ünite - 303 lt	294 ünite - 630 lt	504 ünite -1090 lt
		1,904.85	2,651.85	4,357.50	8,739.90
		140 lt üzerinden	286 lt üzerinden	549 lt üzerinden	1.5*720 lt üzerinden
		588 ünite - 1260 lt	624 ünite - 1394 lt	798 ünite - 1720 lt	1008 ünite - 2180 lt
		10,893.75	11,653.20	13,072.50	17,479.80
		2,5*549 lt üzerinden	2*720 lt üzerinden	3*549 lt üzerinden	3*720 lt üzerinden
		150 ünite - 150 lt	300 ünite - 270 lt	450 ünite - 420 lt	600 ünite - 540 lt
3.2	Trombosit dolabı	2,278.35	2,651.85	3,112.50	5,303.70
		149 lt üzerinden	286 lt üzerinden	434 lt üzerinden	2*286 lt üzerinden
		750 ünite - 690 lt	900 ünite - 810 lt		
		7,582.05	7,955.55		
		150+540 lt üzerinden	270+540 lt üzerinden		
3.3	Plazma dolabı	490 ünite - 455 lt	980 ünite	1470 ünite	
		4,531.80	9,063.60	13,595.40	
		453 lt üzerinden	2*453 lt üzerinden	3*453 lt üzerinden	
4.Kira+Bakım Bedeli					
	Aylık	2,000.00	Yıllık	24,000.00	

Ek C. Haftalık Talep Mevsimsellikleri



ANKARA SİNCAN DR.NAFİZ KÖREZ DEVLET HASTANESİ

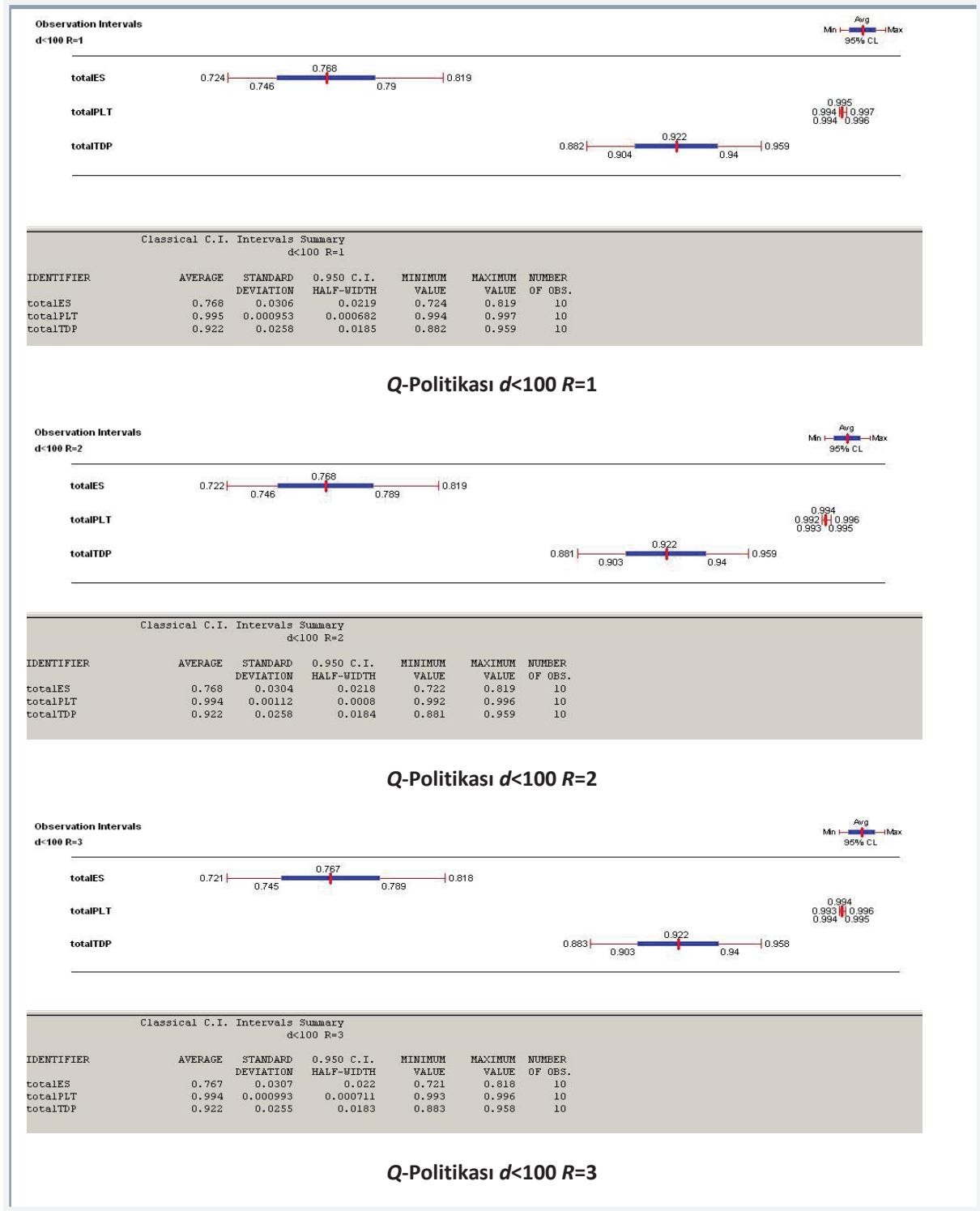


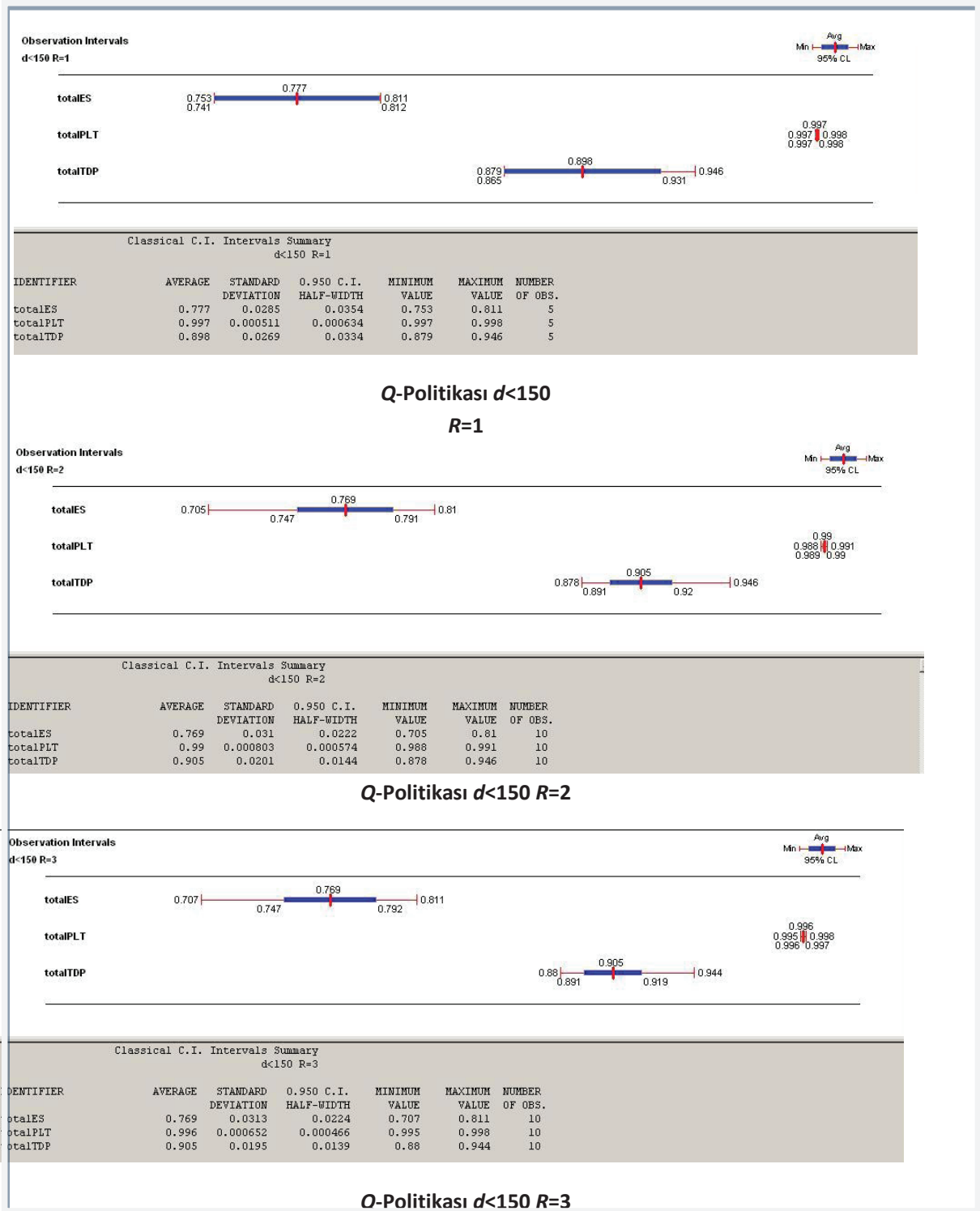
KONYA EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ

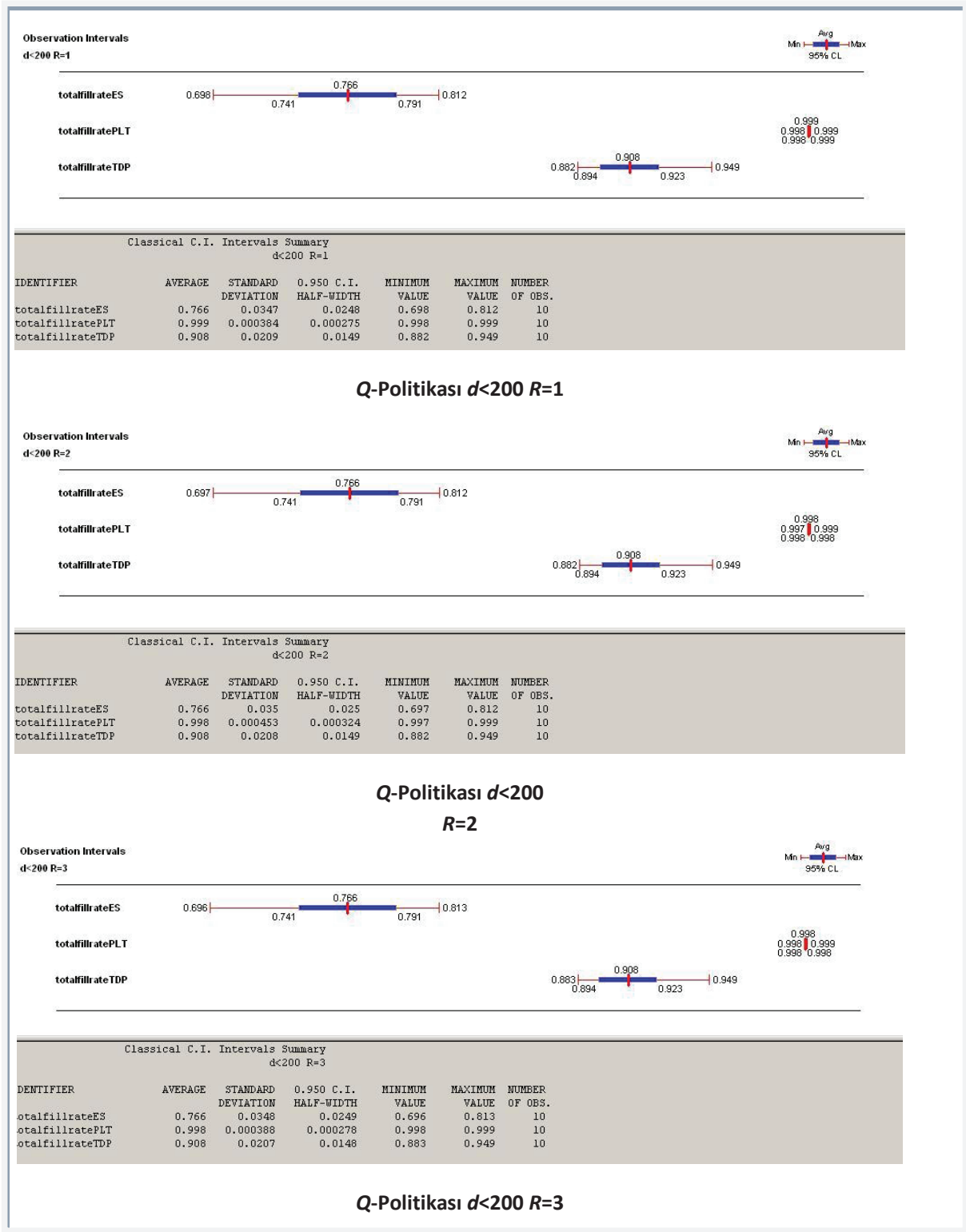
Ek D. Türk Kızılayı Verilerine Göre Türkiye'deki Kan Grubu Dağılımı

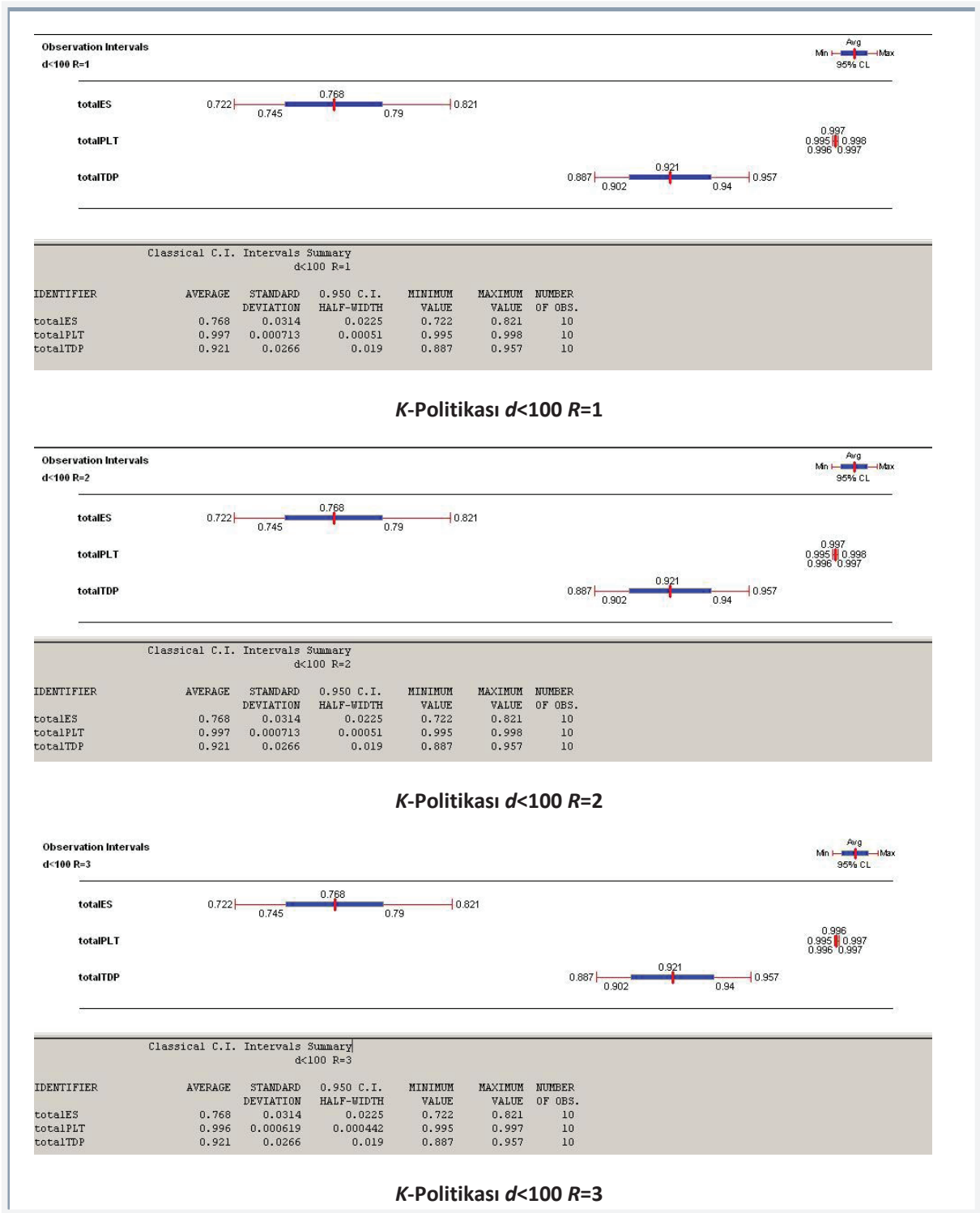
	0 RH -	0 RH +	A RH -	A RH +	AB RH -	AB RH +	B RH -	B RH +
Kan grubu yüzdesi	%3,8	%25,3	%5,8	%39,9	%1,3	%7,5	%2,1	%14,3

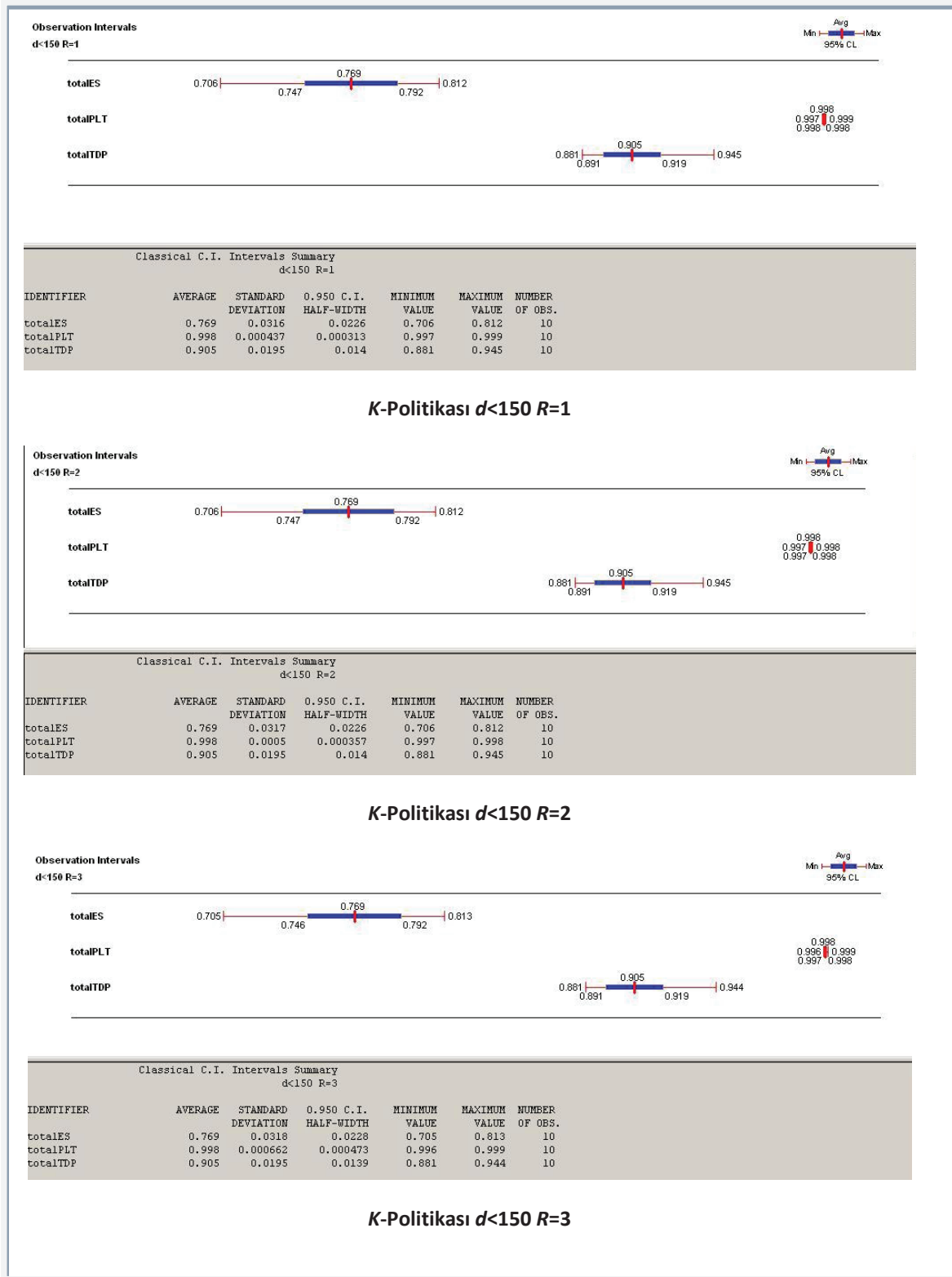
Ek E. Alternatif Senaryoların Talep Karşılama Oranları ve Güven Aralıkları

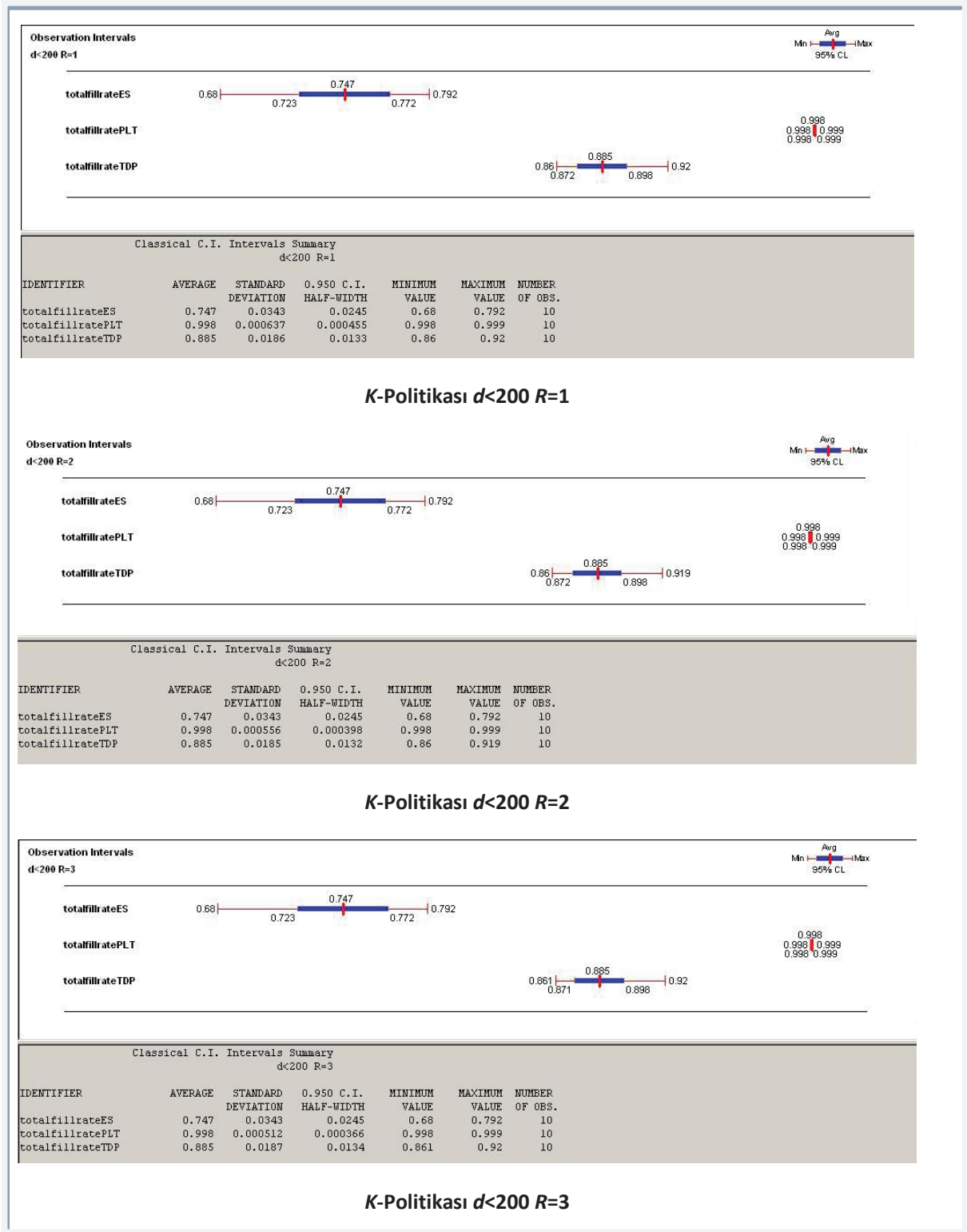




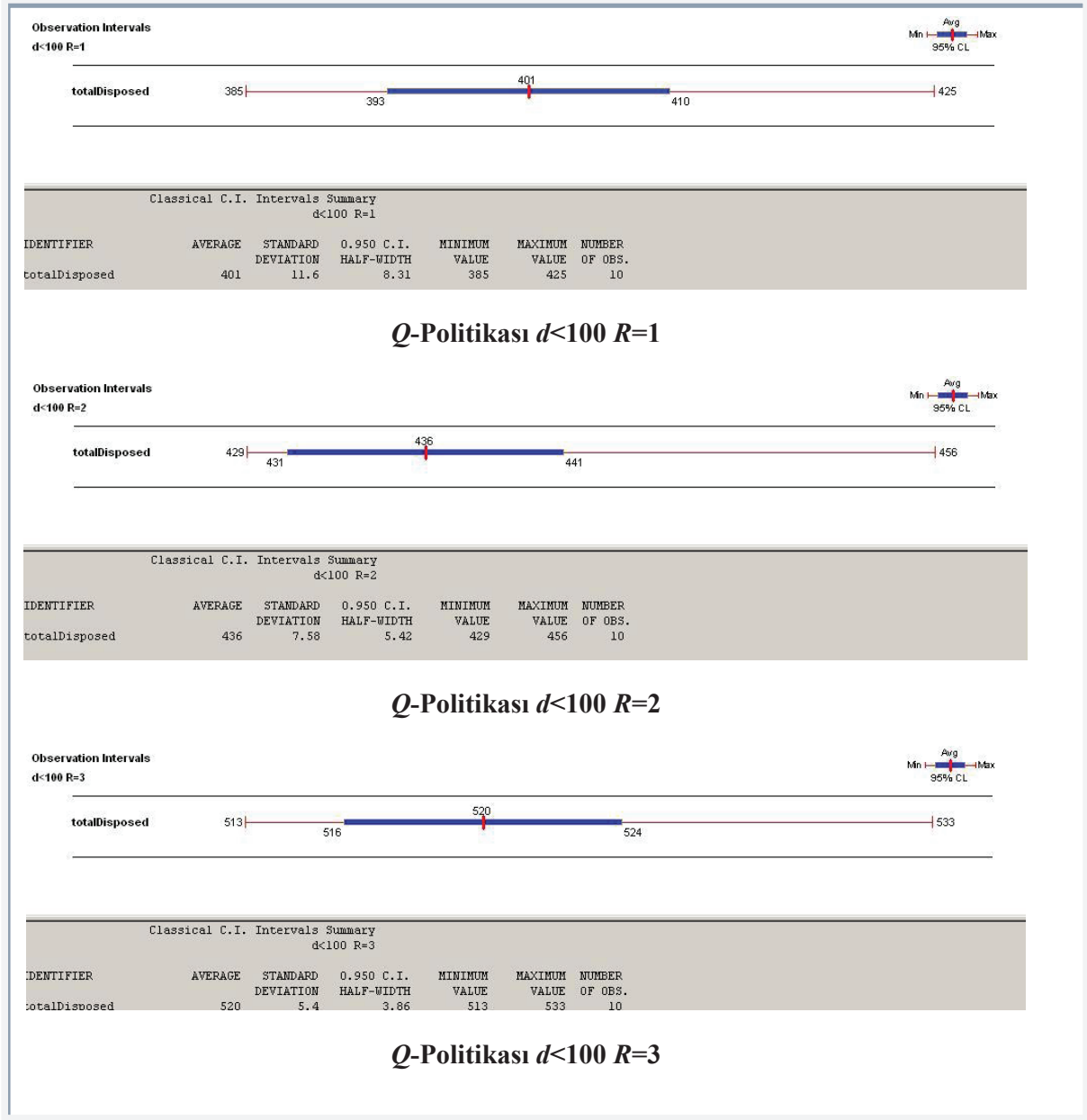


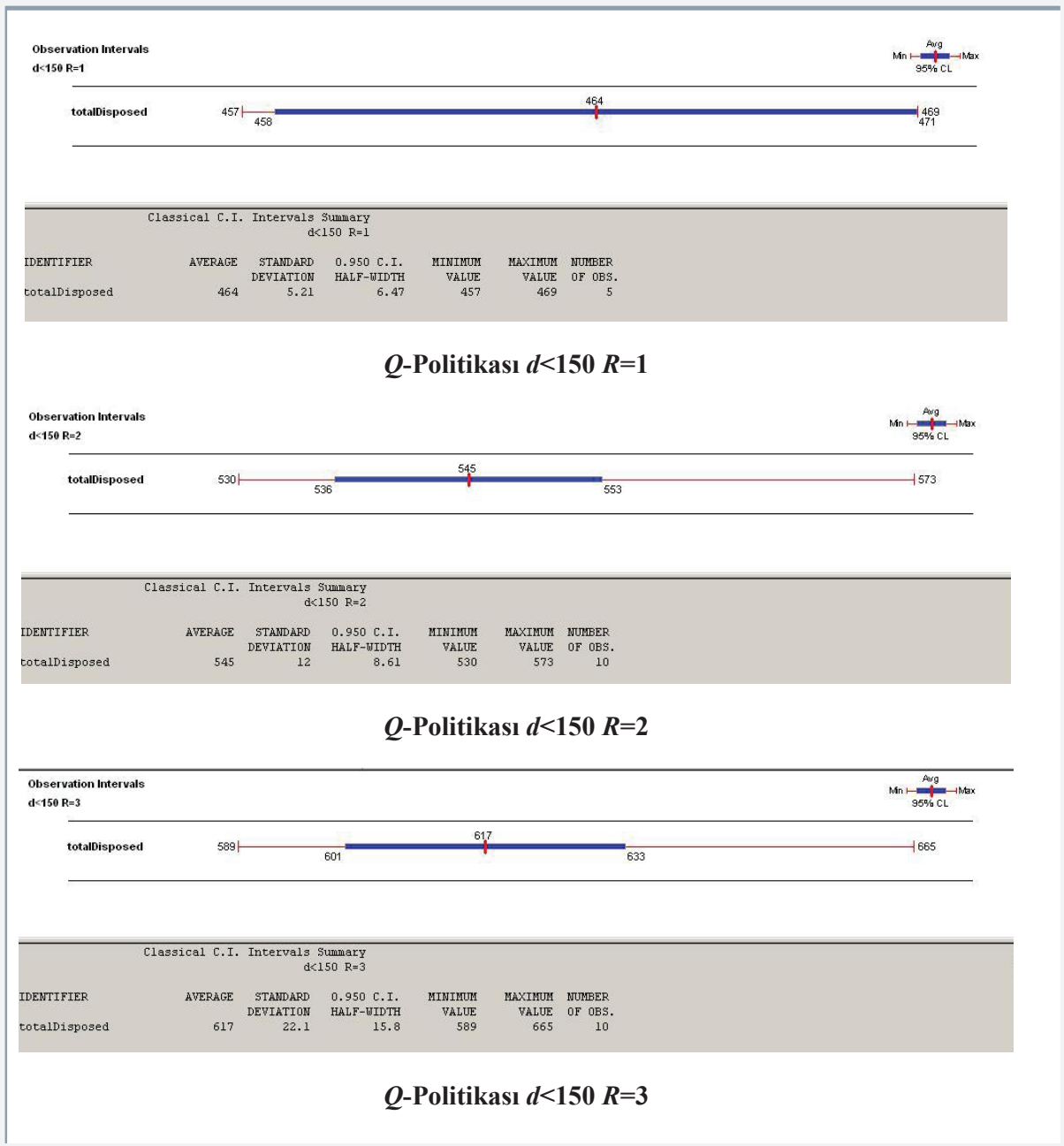






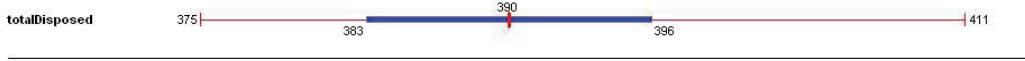
Ek F. Alternatif Senaryoların Trombosit Atım Oranları ve Güven Aralıkları





Observation Intervals
d<200 R=1

Mn Avg Mx
95% CL



Classical C.I. Intervals Summary
d<200 R=1

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
totalDisposed	390	9.44	6.75	375	411	10

Q-Politikası d<200 R=1

Observation Intervals
d<200 R=2

Mn Avg Mx
95% CL



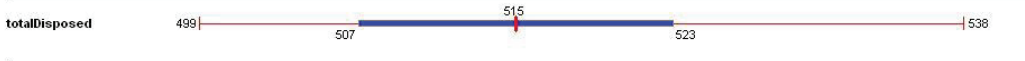
Classical C.I. Intervals Summary
d<200 R=2

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
totalDisposed	442	11.3	8.11	422	460	10

Q-Politikası d<200 R=2

Observation Intervals
d<200 R=3

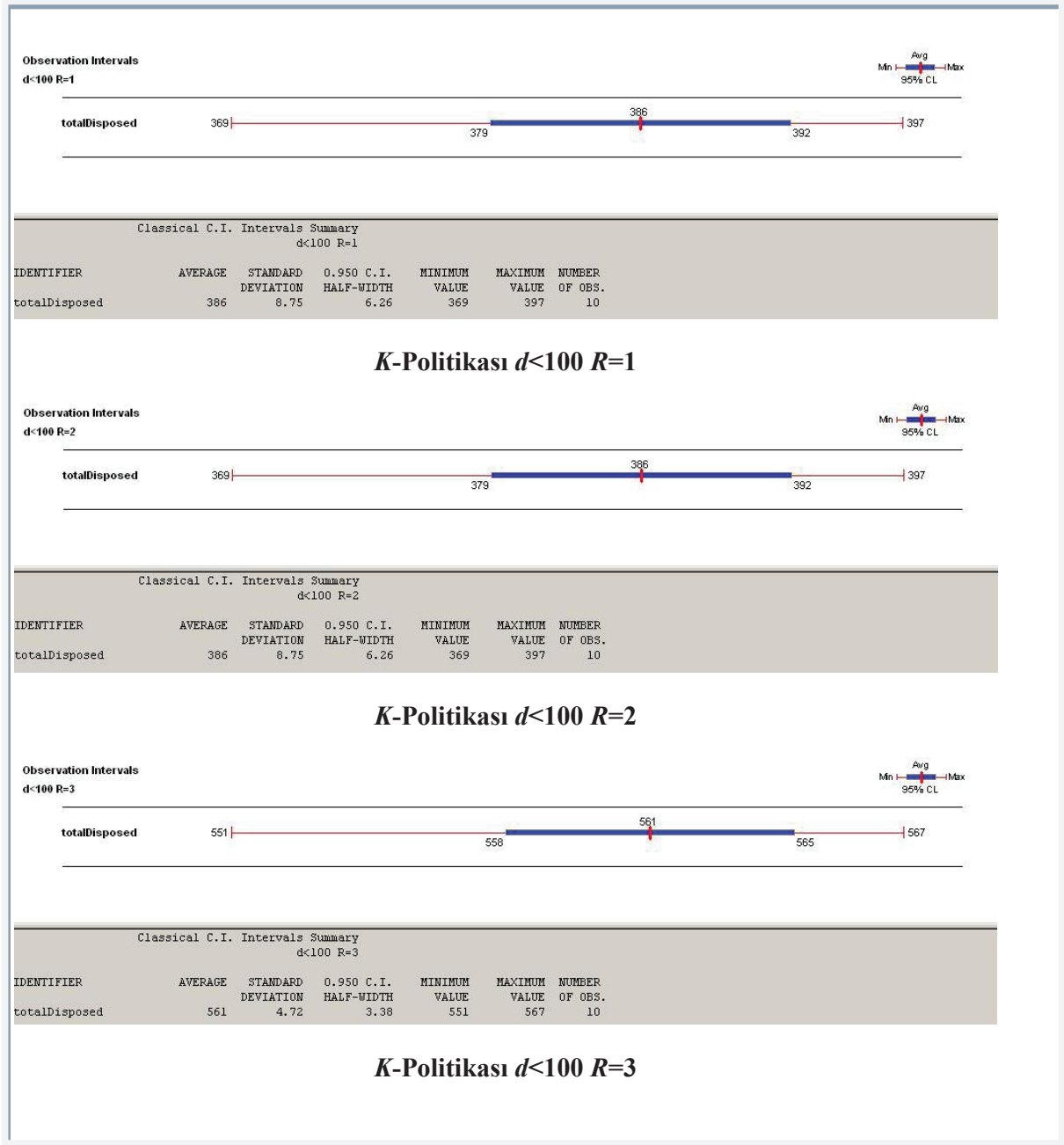
Mn Avg Mx
95% CL



Classical C.I. Intervals Summary
d<200 R=3

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
totalDisposed	515	11.4	8.14	499	538	10

Q-Politikası d<200 R=3



Observation Intervals
d<150 R=1

Avg
Mn | | Max
95% CL



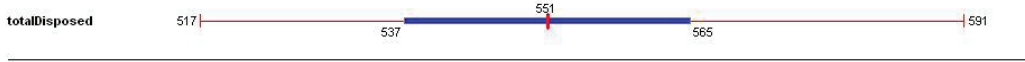
Classical C.I. Intervals Summary
d<150 R=1

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
totalDisposed	425	10.6	7.62	413	452	10

K-Politikası $d<150 R=1$

Observation Intervals
d<150 R=2

Avg
Mn | | Max
95% CL



Classical C.I. Intervals Summary
d<150 R=2

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
totalDisposed	551	19.6	14	517	591	10

K-Politikası $d<150 R=2$

Observation Intervals
d<150 R=3

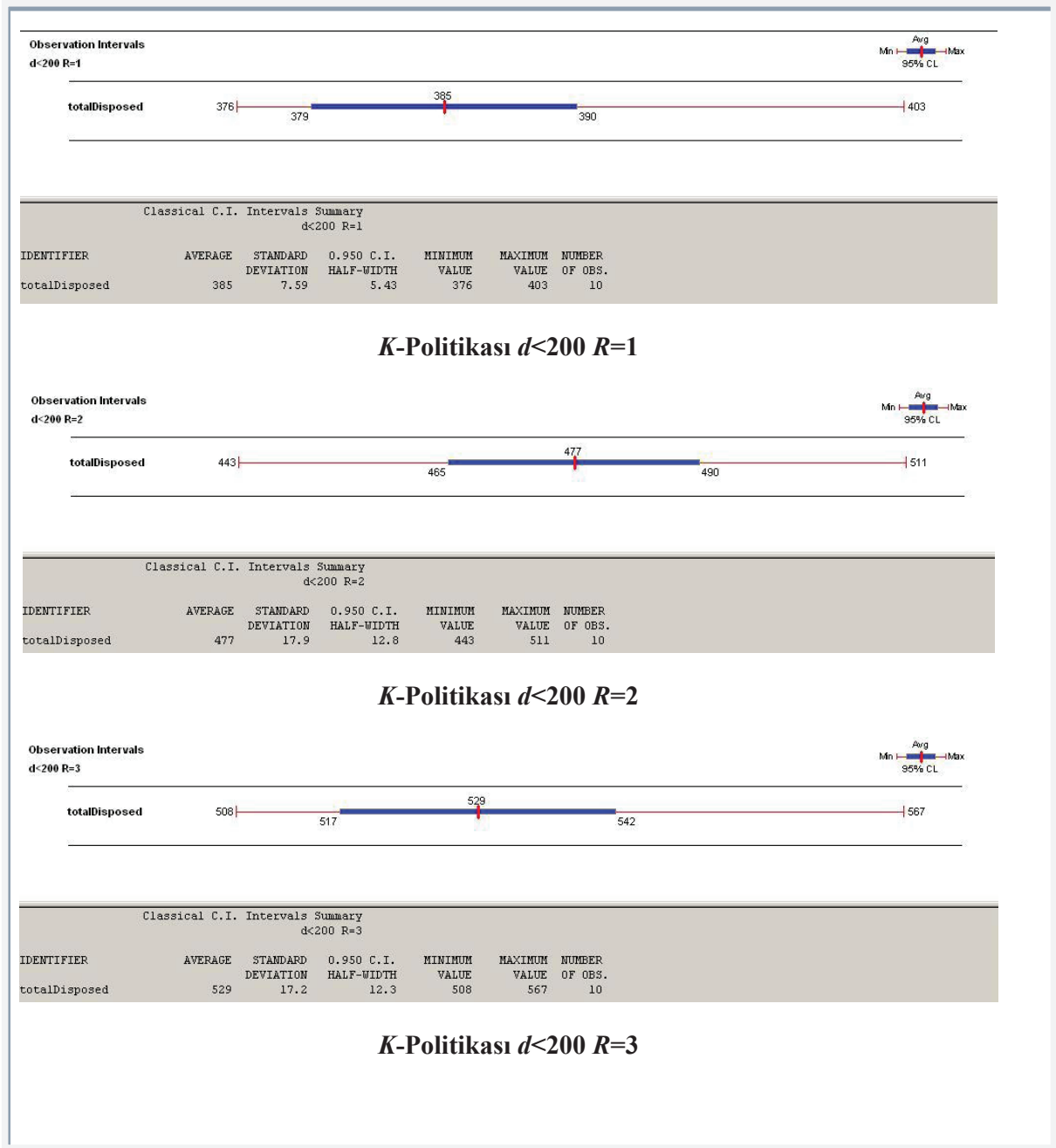
Avg
Mn | | Max
95% CL



Classical C.I. Intervals Summary
d<150 R=3

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
totalDisposed	660	24.7	17.7	629	716	10

K-Politikası $d<150 R=3$



Ek G1. Dağıtım Bölgesi İçi Rotalama ($d < 150$)**Bölge 1.** Merkez: Orta Anadolu BKM

1	Atatürk Göğüs Hastalıkları Hastanesi Ek Binası
2	Beypazarı Devlet Hastanesi
3	Belediye Hastanesi
4	Ankara Dışkapı Çocuk Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi
5	Elmadağ Devlet Hastanesi
6	Dr. Nafiz Körez Sincan Devlet Hastanesi AOSB Polikliniği
7	Dr. Sami Ulus Çocuk Hastanesi İÖO
8	Dr. Zekai Tahir Burak Kadın Hastalıkları Hastanesi
9	Ankara Etlik Doğum ve Kadın Hastalıkları Eğitim Hastanesi
10	Ankara Etlik İhtisas Hastanesi
11	Ankara Fizik Tedavi Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Hastanesi
12	Gazi Üniversitesi Hastanesi
13	Ankara Gündül Devlet Hastanesi
14	Halil Şıvgın Çubuk Devlet Hastanesi
15	Hamdi Eriş Kazan Devlet Hastanesi
16	Keçiören Eğitim ve Araştırma Hastanesi
17	Kızılcahamam Devlet Hastanesi
18	Ankara Meslek Hastalıkları Hastanesi
19	Ankara Özel Ulus Hastanesi
20	Ankara Ulus Devlet Hastanesi
21	Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi
22	Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi
23	Etimesgut Devlet Hastanesi
24	Zübeyde Hanım Doğum ve Çocuk Bakımevi
25	Fatih Üniversitesi Hastanesi
26	Gölbaşı Hasvak Hastanesi
27	Haymana/Ankara, Türkiye
28	Lösevi Losante Hastanesi
29	Özel Veni Vidi Mamak Hastanesi
30	Akropol Hastanesi
31	Özel Ankara Güven Hastanesi
32	Özel Bayındır Hastanesi
33	Özel Bilgi Hastanesi
34	Özel Çağ Hastanesi
35	Özel Çankaya Hastanesi
36	Akay Hastanesi
37	Özel HRS Kadın Hastalıkları Hastanesi
38	Kavaklıdere Umut Hastanesi
39	Özel Keçiören Hastanesi
40	Lokman Hekim Hastanesi (Etlik)

Bölge 2. Merkez: Çorum Devlet Hastanesi

1	Özel Elitpark Hastanesi
2	Çorum Özel Hastanesi
3	Çorum Sungurlu Devlet Hastanesi
4	Osmancık Devlet Hastanesi
5	İskilip Devlet Hastanesi
6	Alaca Devlet Hastanesi
7	Çorum Devlet Hastanesi

Rota 1	344,8 km						
1	6	3	7	5	4	2	1

Bölge 3. Merkez: Münif İslamoğlu Kastamonu Devlet Hastanesi

1	Çankırı Devlet Hastanesi
2	Özel Karatekin Hastanesi
3	Münif İslamoğlu Kastamonu Devlet Hastanesi
4	Candaroğulları Mh., Şerife Bacı Kastamonu Devlet Hastanesi
5	Özel Uğurlu Hastanesi
6	Özel Anadolu Hastanesi
7	Taşköprü Devlet Hastanesi
8	Tosya Devlet Hastanesi

Rota 1	326,2 km						
6	3	2	1	8	7	4	5

Bölge 4. Merkez: Ereğli Devlet Hastanesi

1	Karaman 82. Yıl Devlet Hastanesi
2	Karaman Özel Onur Hastanesi
3	ErmeneK/Karaman, Türkiye
4	Karapınar Devlet Hastanesi
5	Ereğli Devlet Hastanesi

Rota 1	1140 km			
2	4	1	5	3

Bölge 5. Merkez: Konya Numune Hastanesi

1	Selçuklu Tıp Fakültesi Hastanesi
2	Dr. Faruk Sükan Doğum ve Çocuk Hastanesi
3	Başkent Üniversitesi Hastanesi
4	Özel Nakiboğlu Bilgi Hastanesi
5	Numune Hastanesi
6	Özel Selçuklu Hastanesi Sağlık Hizmetleri A.Ş
7	Özel Büyükşehir Hastanesi
8	Meram Devlet Hastanesi Taksi
9	Özel Akademi Hastanesi
10	Anıt Hastanesi
11	Fresenius Konya Diyaliz Merkez
12	Beyşehir Devlet Hastanesi
13	Akşehir Devlet Hastanesi
14	Özel Kızılay Ticaret Borsası Hastanesi, Karakurt Mh., Konya, Türkiye
15	Kadınhanı Devlet Hastanesi
16	Seydişehir Devlet Hastanesi
17	Özel BSK Konya Hastanesi
18	Hüyük/Konya, Türkiye
19	Sarayönü Devlet Hastanesi
20	Özel Konya Farabi Hastanesi
21	Dr. Vefa Tanır Ilgın Devlet Hastanesi

Rota 1	3,7 km				
4	5	7	6	4	
Rote 2	22,5 km				
11	2	1	20	11	
Rota 3	10,3 km				
14	10	19	9	14	
Rota 4	292,3 km				
15	18	16	12	15	
Rota 5	17,1km				
21	13	17	3	8	21
Toplam	345,9 km				

Ek G2. Dağıtım Bölgesi İçi Rotalama ($d < 200$)

Bölge 1. Merkez: Çorum Devlet Hastanesi

1	Özel Elitpark Hastanesi
2	Çorum Özel Hastanesi
3	Çorum Sungurlu Devlet Hastanesi
4	Osmancık Devlet Hastanesi
5	İskilip Devlet Hastanesi
6	Alaca Devlet Hastanesi
7	Bayat Devlet Hastanesi
8	Dr. Münif İslamoğlu Devlet Hastanesi
9	Şerife Bacı Devlet Hastanesi
10	Özel Uğurlu Hastanesi
11	Özel Anadolu Hastanesi
12	Taşköprü Devlet Hastanesi
13	Tosya Devlet Hastanesi

Rota 1	599,3 km											
12	9	10	11	8	13	5	7	6	1	2	4	12

Bölge 2. Merkez: Orta Anadolu BKM

1	Atatürk Göğüs Hastalıkları Hastanesi
2	Beypazarı Devlet Hastanesi
3	Ankara Büyükşehir Belediye Hastanesi
4	Ankara Dışkapı Çocuk Hastalıkları Hastanesi
5	Ankara Dr.Hulusi Alataş Elmadağ Devlet Hastanesi
6	Ankara Dr.Nafiz Körez Sincan Devlet Hastanesi
7	Dr. Sami Ulus Hastanesi
8	Dr. Z. Tahir Burak Hastanesi
9	Ankara Etlik Doğum Evi ve Ç. H. H.
10	Ankara Etlik İhtisas Hastanesi
11	Ankara Fizik Tedavi ve Reh. Eğt. Araş. Hastanesi
12	Ankara Gazi Hastanesi
13	Ankara Gündül Devlet Hastanesi
14	Ankara Halil Şıvgın Çubuk Devlet Hastanesi
15	Ankara Kazan Hamdi Eriş Devlet Hastanesi
16	Keçi Ören Eğt. ve Arş. Hastanesi
17	Ankara Kızılcahamam Devlet Hastanesi
18	Ankara Meslek Hastalıkları Hastanesi
19	Ankara Özel Ulus Hastanesi
20	Ankara Ulus Devlet Hastanesi
21	Ankara Yüksek İhtisas Eğitim ve Araş. Hastanesi
22	Başkent Üniv. Hastanesi
23	Etimesgut Asker Hastanesi/Ankara
24	Etimesgut Devlet Hastanesi
25	Zübeyde Hanım Doğum Evi
26	Fatih Üniversitesi Hastanesi
27	Gölbaşı Hasvak Devlet Hastanesi
28	Haymana Devlet Hastanesi
29	Özel Veni Vidi Mamak Hastanesi
30	Özel Akrapol Hastanesi
31	Özel Güven Hastanesi
32	Özel Bayındır Hastanesi
33	Özel Bilgi Hastanesi
34	Özel Çağ Hastanesi
35	Özel Çankaya Hastanesi
36	Özel Akay Hastanesi
37	Özel HRS Kadın Hastalıkları Doğum Hastanesi
38	Özel Kavaklıdere Umut Hastanesi

39	Özel Keçiören Hastanesi
40	Özel Lokman Hekim Hastanesi
41	Özel Lokman Hekim Sincan Hastanesi
42	Özel Medicana International Ankara Hastanesi
43	Özel Mesa Hastanesi
44	Özel Orta Doğu 19 Mayıs Hastanesi
45	Özel 100. Yıl Hastanesi
46	Polatlı Dua Tepe D. H.
47	RFM Ankara Diyaliz Merkezi
48	Ş.Koçhisar D. H.
49	Özel Türk Diyanet Vakfı 29 Mayıs Hastanesi
50	Ufuk Üniv. Hastanesi
51	Kırıkkale Devlet Hastanesi
52	Kırıkkale Kadın Doğum ve Kadın Hastalıkları Hastanesi
53	Kırıkkale Üniversitesi
54	Çankırı Devlet Hastanesi
55	Özel Karatekin Hastanesi
56	Kırıkkale Yüksek İhtisas Hastanesi
57	Orta Anadolu Bölgesel Kan Merkezi

Rota 1	45,2 km													
	42	49	44	57	29	3	26	45	50	30	43	42		
Rota 2	475,3 km													
	2	13	17	54	55	14	39	47	33	24	6	2		
Rota 3	428,6 km													
	51	52	56	48	23	41	46	28	27	5	53	51		
Rota 4	29,1 km													
	11	21	20	9	19	40	1	18	16	4	32	11		
Rota 5	27,5 km													
	35	37	31	22	12	19	25	7	8	15	34	36	38	35
TOPLAM	1005,7 km													

Bölge 3. Merkez: Ereğli Devlet Hastanesi

1	Çorum Devlet Hastanesi
2	Karaman Devlet Hastanesi (82.Yıl)
3	Ermenek Devlet Hastanesi
4	Karapınar Devlet Hastanesi
5	Ereğli Devlet Hastanesi

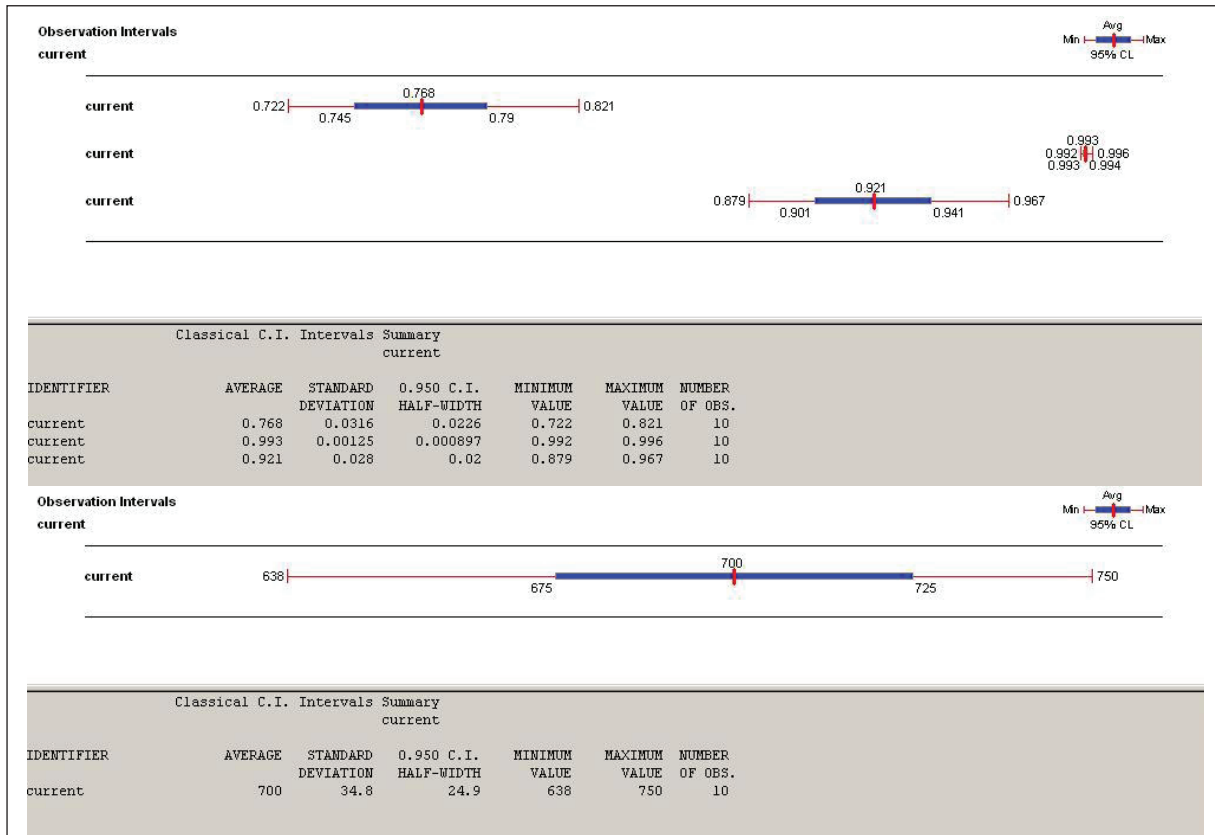
Rota 1	1144,70 km				
4	1	5	2	3	4

Bölge 4. Merkez: Konya Numune Hastanesi

1	Selçuk Üniversitesi Selçuklu Tıp Fakültesi Hastanesi
2	Dr. Faruk Sükan Doğum ve Çocuk Hastanesi
3	Başkent Üniversitesi Konya Uygulama ve Araştırma Hastanesi
4	Özel Nakiboğlu Bilgi Hastanesi
5	Konya Numune Hastanesi
6	Özel Selçuklu Hastanesi
7	Özel Büyükşehir Hastanesi
8	Meram Devlet Hastanesi (Eğt. Araş. Hastanesi)
9	Özel Akademi Hospital(Mertıp Sağlık Hizm. A.Ş.)
10	Özel Anıt Hastanesi (Özel Konya Cerrahi Dal Has.)
11	Fresenius Konya Diyaliz Merkezi
12	Beyşehir Devlet Hastanesi
13	Akşehir Devlet Hastanesi
14	Konya Türk Kızılayı Özel Ticaret Borsası Hastanesi
15	Kadınhanı Devlet Hastanesi
16	Seydişehir Devlet Hastanesi
17	Özel BSK Konya Hastanesi
18	Hüyük Devlet Hastanesi
19	Sarayönü Devlet Hastanesi
20	Özel Konya Farabi Hastanesi
21	Dr. Vefa Tanır Ilgın Devlet Hastanesi

Rota 1	10,3 km				
14	10	19	9	14	
Rota 2	14,8 km				
21	8	17	3	21	
Rota 3	9,9 km				
3	13	5	7	3	
Rota 4	282,6 km				
6	15	18	12	6	
Rota 5	205,9 km				
16	11	20	1	2	16
TOPLAM	287,4 km				

Ek H. Şimdiki Sistemin Talep Karşılama ve Atım Miktarları Güven Aralıkları



Ek I. Dağıtım Merkezi İçi Talep Karşılama Oranları ve Atım Miktarları $d < 150$ – Q Politikası – $R=3$

