

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİLİŞİM SİSTEMLERİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI



DEPO BİNASI DIŞ ŞEKLİNİN YAZILIM YARDIMI İLE SEÇİMİ VE  
KIYASLAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MEHMET MURAT ERKMEN

tarafından

YÜKSEK LİSANS

derecesi şartını sağlamak için hazırlanmıştır.

Mart 2018

Program: Bilişim Sistemleri

DEPO BİNASI DIŞ ŞEKLİNİN YAZILIM YARDIMI İLE SEÇİMİ VE

KIYASLAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET MURAT ERKMEN

tarafından

OKAN ÜNİVERSİTESİ

Bilişim Sistemleri

Yüksek Lisans

derecesi Şartını sağlamak için sunulmuőtur.

Onaylayan:

Dr.Öęr. Üyesi Nurően TOPÇUBAŐI

Danıőman

Prof.Dr. A. Mesut RAZBONYALI

Üye

Dr.Öęr.Üyesi Feridun ÖZÇAKIR

Üye

Nisan 2018

Program: Bilişim Sistemleri

## ÖZET

Bu tez çalışmasında depo binaları ile ilgili doğru bilinen yanlışların düzeltilmesi, bilinen doğruların simülasyon yazılımı ile birlikte ispatlanması, bilgi teknolojileri yardımıyla geliştirilen basit simülasyon yazılımı sayesinde hiç para ödemedi, düşük maliyetli, insan kaynağı ayırmadan, lojistik, istatistik ve simülasyon yazılımı bilgisine ihtiyaç olmadan kolaylıkla depolar sınımlanabilecektir.

Son 15 yıl içinde çok sayıda lojistik depo inşa edilmiştir. Bu depoların çoğunluğu dikdörtgen şeklindedir ve kapılar dikdörtgenin kısa kenarındadır. Birbirinden bakılarak yapılan depo inşaatları bu şekilde devam etmiştir. Bu şekil depoların, performans açısından iyi depolar olmadığı, geliştirdiğimiz simülasyon yazılımı ile ispatlanmaya çalışılmıştır. Bu yazılım aracılığı ile daha performansı yüksek depolar inşa edilebilir. Mevcut depolar, bu yazılım aracılığı ile yıkılmadan simüle edilerek daha etkin depolar şeklinde geliştirilebilir.

Bu tez kapsamında, lojistik depoların dış depo şekli seçimi üzerinden depo performanslarını simüle eden bir “Depo Simülasyon” uygulaması geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Depo Binası Dış Şekli, Simülasyon Yazılımı, Depo Şekli ve Performans İlişkisi, Kapı Sayısı ve Performans İlişkisi.

## ABSTRACT

The thesis objectives are deleting the wrong information about warehouse buildings and teach correct facts with the help of the warehouse simulation software. This software is free. Also, the software does not need extra workforce, statistics and logistics knowledge and programming language. Thus, the software compares warehouses easily.

Over the last 15 years, many logistics warehouses have been built. The majority of these warehouses are rectangular and the doors are on the short side of the rectangle. By looking at each other, the construction of the depot continued in this way. These warehouses are not good warehouses in terms of performance, have been proven by simulation program that we developed. At least from now on, this program will be helpful to make a higher performance warehouses. Thanks to this program you have the possibility to further develop your existing depot by simulating it without breaking walls down.

The WarehouseComparison simulation program has been developed to be used in the external warehouse selection of the depot.

**Keywords:** Warehouse Building External Shape, Simulation Program, Simulation Program, Warehouse Doors and Performance Relation.

## TEŐEKKÖR

Tezli yűksek lisans yapmam konusunda beni yűnlendiren ve yaklaŐık 1 yıl boyunca tez çalıŐmamda desteklerini esirgemeyen Yrd.Doç.Dr. NurŐen TOPÇUBAŐI'na ve Yrd.Doç.Dr. Feridun ŐZAKIR'a sonsuz teŐekkűrler.

Mehmet Murat ERKMEN



# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
TABLO LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR.....	x
I. GİRİŞ.....	1
II. GENEL KISIMLAR .....	4
2.1. Problem Tanımı.....	4
2.2. Kullanım Olarak Daha Avantajlı Depoların Tasarlanması .....	6
2.3. Literatür Taraması .....	8
2.3.1. Simülasyon Yazılımlarının Dezavantajları .....	11
2.3.2. 2018 de Önemli Simülasyon Yazılımlarının Bir Kısmı.....	11
2.3.3. Arena Simülasyon Yazılımı .....	14
III. GEREÇ VE YÖNTEM .....	18
3.1. Araştırma Yöntemi .....	18
3.1.1. Sınırlama ve Kısıtlar .....	20
3.1.2. Deneydeki Sebep Bağımsız Değişkenler .....	20
3.1.3. Deneydeki Sonuç Bağımlı Değişkenler: .....	22
3.2. Depo Dış Şekillerine Göre Simülasyon Testleri .....	23
3.3. Simülasyon Yazılımının Özellikleri.....	26
3.4. “Depo Simülasyon” Yazılımını Çalıştırma ve Kullanımı .....	31
3.5. Farklı Depo Simülasyon Testleri.....	39
3.5.1. Dikdörtgen Tek Yönde Kapı ile Dikdörtgen İki Yönlü Depo Kıyaslaması 39	
3.5.2. Dikdörtgen Deponun Uzun ya da Kısa Kenarında Kapıların Kıyaslaması 42	
3.5.3. Dikdörtgen Depoda Aynı Kenarda Çok ve Az Kapı Kıyaslaması.....	45
3.5.4. Kare Depo ve Dikdörtgen Depo Uzun Kenarda Kapı Kıyaslaması.....	48

3.5.5. Aynı Dikdörtgen Depoda Kısa Kenarda 2 Kapı ile Karşılıklı 2 Kapı Tek Yönde Hareket Kıyaslaması .....	51
IV. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	56
KAYNAKÇA.....	59
ÖZGEÇMİŞ .....	62
EK.1 .....	64



## TABLO LİSTESİ

Tablo II.1. 1997'deki simülasyon yazılımları.....	10
Tablo III.1. Tek Yönlü ANOVA Tablosu hesaplama detayı (Analytics Buddhu, 2018) .....	19
Tablo III.2. Analiz sayfası Şekil III.17'nin ANOVA gösterimi .....	38
Tablo III.3. Analiz sayfası Şekil III.21'in ANOVA gösterimi .....	42
Tablo III.4. Analiz sayfası Şekil III.25'in ANOVA gösterimi .....	45
Tablo III.5. Analiz sayfası Şekil III.29'un ANOVA gösterimi .....	48
Tablo III.6. Analiz sayfası Şekil III.33'ün ANOVA gösterimi .....	51
Tablo III.7. Analiz sayfası Şekil III.37'nin ANOVA gösterimi .....	55



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil II.1. Depo içi dikey ve yatay hareketler, Omsan Lojistik Tuzla depo (M.Erkmen arşivinden).....	4
Şekil II.2 Depo yatay hareketler, Konveyör Hayat Kimya Gölcük depo (M.Erkmen arşivinden).....	5
Şekil II.3. Dikdörtgen, kapılar tek kısa kenarda giriş çıkış.....	6
Şekil II.4. Kare, kapılar tek kenardan giriş çıkış.....	6
Şekil II.5. Öklid (SAP, 2017).....	7
Şekil II.6. Gerçek hareket mesafesi (help.sap.com).....	8
Şekil II.7. Tuzla İstanbulda bir depo Google 2016 ve 2003 kıyaslaması .....	9
Şekil II.8 Arena simülasyon yazılımı (Arena, 2018) .....	16
Şekil III.1 Depo örneği (giriş çıkış kapısı=1, palet adres sayısı=9, palet adresi ile giriş çıkış kapıları arası mesafeler) .....	21
Şekil III.2. F-dağılım grafiği (Johston, 2017) .....	22
Şekil III.3. Kare depo ölçüleri tek yönde kapılar, kapı adres mesafeleri .....	24
Şekil III.4. Dikdörtgen depo, tek yönde kapılar ve kapı adres mesafeleri .....	25
Şekil III.5. F-dağılımı sonuç kıyaslama tablosu (p-value 0.01, F Value 6.745 alındı) (Johston, 2017).....	27
Şekil III.6. Birinci deponun istatistik hesaplama detayı .....	28
Şekil III.7. İkinci deponun istatistik hesaplama detayı .....	29
Şekil III.8. ANAVO tablosuna göre iki deponun hesaplama detayı.....	30
Şekil III.9. Program dosyaları .....	31
Şekil III.10. Ana ekran .....	32
Şekil III.11. Değişken giriş ekranı .....	33
Şekil III.12. Depo bilgileri ekranı .....	34
Şekil III.13 Kapı mesafesi giriş ekranı .....	34
Şekil III.14 Kapı mesafesi giriş ekranı .....	35
Şekil III.15 Giriş çıkış kapıları ile palet adresi arası mesafe özet ekranı.....	35
Şekil III.16. Giriş çıkış kapılarının ile palet adres arası mesafe özet ekranı.....	36
Şekil III.17. Analiz sayfası.....	37
Şekil III.18 Dikdörtgen depo, kapılar aynı kısa kenardan giriş çıkış.....	39
Şekil III.19 Dikdörtgen depo, giriş, çıkış kapıları karşılıklı iki kısa kenarda.....	39
Şekil III.20. Dikdörtgen depo, kapılar karşılıklı 2 kısa kenarda ve kapı-palet adresi mesafeleri .....	40
Şekil III.21. Analiz sayfasında dikdörtgen depo tek kısa kenardan giriş çıkış ile karşılıklı 2 kısa kenardan giriş çıkış F-Tablosu .....	41
Şekil III.22 Dikdörtgen, kapılar tek kısa kenardan giriş çıkış .....	42
Şekil III.23 Dikdörtgen, kapılar tek uzun kenardan giriş çıkış .....	43

Şekil III.24. Dikdörtgen deponun kısa ya da uzun kenardan giriş çıkış kıyaslaması ve kapı-palet adresi mesafeleri .....	43
Şekil III.25. Analiz sayfasında dikdörtgen deponun kısa ya da uzun kenardan giriş çıkış kıyaslaması F-tablosu.....	44
Şekil III.26. Dikdörtgen, kapılar tek kısa kenardan 3 kapıdan giriş çıkış.....	45
Şekil III.27. Dikdörtgen, kapılar tek kısa kenardan 1 kapıdan giriş çıkış.....	46
Şekil III.28. Dikdörtgen depoda tek kapı çok kapı Kıyaslaması ve kapı-palet adresi mesafeler .....	46
Şekil III.29 Analiz sayfasında tek kenarda çok kapılı ve az kapılı kıyaslaması F-tablosu .....	47
Şekil III.30 Kare, kapılar tek kenardan giriş çıkış .....	48
Şekil III.31 Dikdörtgen, kapılar tek kısa kenarda giriş çıkış .....	49
Şekil III.32. Kare depo Dikdörtgen uzun kenarda kapı kıyaslaması ve kapı-palet adresi mesafeler .....	49
Şekil III.33 Analiz sayfası kare ve dikdörtgenin uzun kenarında kapıların kıyaslanma F-tablosu .....	50
Şekil III.34 Dikdörtgen, 2 kapı tek kısa kenardan giriş çıkış.....	52
Şekil III.35 Dikdörtgen, 2 kapı 2 kısa kenarda, 1kapı giriş, 1 kapı çıkış.....	52
Şekil III.36 Dikdörtgenin kısa kenarında 2 kapı ile karşılıklı 2 kısa kenarında 1'er kapı kıyaslaması.....	53
Şekil III.37 Analiz sayfası aynı dikdörtgenin kısa kenarda yan yana 2 kapı, karşı karşıya 2 kapı kıyaslaması F-tablosu .....	54
Şekil EK.1.1 Dole Muz, Ekol lojistik, Trendyol, Yurtiçi Kargo Tuzla depoları (Google Earth, 2016).....	64
Şekil EK.1.2 Reysaş Lojistik Çayırova ve Tuzla, DHL lojistik Gebze, Erlog Tuzla, Panalpina Tuzla depoları (Google Earth, 2016) .....	65
Şekil EK.1.3 Borusan Lojistik, A101, Evyap, Anahtar Antrepo Tuzla depoları (Google Earth, 2016).....	66
Şekil EK.1.4 Alişan ve DHL Gebze Güzeller POSB, Fillo Kargo Esenyurt, Barsan Global Lojistik Sakarya depoları (Google Earth, 2016) .....	67
Şekil EK.1.5 Erenköy Gümrük Kadıköy, Omsan Lojistik Tuzla, DHL Antrepo Kıraç, Cengizhan antrepo Tuzla depoları (Google Earth, 2016) .....	68
Şekil EK.1.6 Vira Depolama Kıraç, TTS lojistik Hadımköy, Lider kağıtçılık Hadımköy depoları (Google Earth, 2016) .....	69
Şekil EK.1.7 Enco Lojistik Hadımköy, İkra lojistik antrepo Hadımköy, Ceynak Depo Güneşli (Google Earth, 2016) .....	70
Şekil EK.1.8 LCW Hadımköy ve Kıraç depoları, Onur Depo Esenyurt, Omsan Lojistik depo Tuzla (Google Earth, 2016).....	71
Şekil EK.1.9 Kent Gıda, Avansas, Hafela, Penta Depoları Dudullu .....	72
Şekil EK.1.10 Reysaş Çayırova Depoları, TT Lojistik Hadımköy deposu (Google Earth, 2016).....	73

Şekil EK.1.11 Dikdörtgen Uzun Kenardan Kapılı; Balnak Şekerpınar, DHL Gebze Güzeller Plastikçiler OSB,.....	74
Şekil EK.1.12 Dikdörtgen Uzun Kenardan Kapılı depo örnekleri; Doğu Otomotiv Lojistik Merkezi Çayırova Gebze, EKOL Şekerpınar .....	75
Şekil EK.1.13 Dikdörtgen Uzun Kenardan Kapılı depo örneği; Shenker Arkas Orhanlı .....	76



## KISALTMALAR

ANOVA	Varyans Analizi	ANalysis Of VAriance
ERP	Kurumsal Kaynak Planlaması	Enterprise Resource Planning
LM	İşçi Yönetimi	Labour Management
SAP	SAP	Systems Analysis and Program Development
TAKS	Taban Alanı Kat Sayısı	
ADR	Tehlikeli Malların Karayolu ile Uluslararası Taşımacılığına İlişkin Avrupa Anlaşması	Accord Européen Relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par Route
df	Serbestlik Derecesi	Degree of Freedom

# I. GİRİŞ

Lojistik sektöründe birçok depo incelendiğinde, ilginç olan şudur ki, yüzlerce deponun birçoğunun dikdörtgen ve kısa kenarında kapıları olan depolar olduğu gözlenmektedir (Google Earth, 2016).

Depolar inşa edilirken ya da mevcut depolar iyileştirilirken bazı sorulara cevap aramak gerekmektedir. Bu sorular;

- Dikdörtgen depo şekli, kullanım amacına yönelik en ideal depo şekli midir?
- Yoksa dikdörtgen ve kısa kenardan tek kapılı depo pek ölçülmeden etraftaki örneklerle göre mi yapılmıştır?
- Bu depo şeklinden kullanım olarak daha iyisi var mıdır?
- Mevcut depomuzu nasıl geliştirebiliriz?

İnşaatı bitmiş bir depoyu düzeltmek için yeniden birçok duvarı, kapıyı yıkmak ve yeniden yapmak gerekir. Başta inşaat aşamasında yapılan bir hata, düzeltilmediği takdirde, depo kullanıldığı sürece devam etmektedir.

İnşaat aşamasından evvel yapılacak deponun kullanım amacına uygun olarak en iyi depo şekli olup olmadığını anlamak için, simülasyon yazılımı faydalı olabilir. Birçok simülasyon yazılımı mevcuttur. Mevcut depolar örnek alınarak yeni depolar inşa edilmektedir.

Genelde depolar arazinin şekline göre yapılmaktadır. Hatta arazi şekli yüzünden kuzey cepheli, kapıları kuzeye bakan (çalışanların soğuktan olumsuz etkilenebileceği) depolar bile yapılmıştır. Ek.1 şekil 4'teki depo resimlerde kuzey kapıları olan depolar, kuzey

cepheli depolara örnektir. Bu depoları kışın kullanmak çok zordur. Ön kapılar Marmara bölgesinde poyraza maruz kalmaktadır. Bu depolar depo çalışanları için çok soğuk bir çalışma ortamı oluşturmaktadır. Bu kuzey cephele örnek depolardaki hata küçük bir hatadır. Bu hatayı düzeltmek için deponun cephesini değiştirmek gerekir. Bu düzeltme için tüm depo kapıları başka köşelere taşımak gerekir. Bazı duvarları yıkmak da gerekebilir. Sonuç olarak baştaki hatayı düzeltmek çok maliyetli olacaktır. Asıl daha büyük hatalar, depo içi iş süreçlerini etkileyen hatalardır. İş süreçlerinin hataları, çalışma sürelerinin uzamasına sebep olur. Sonuç olarak depo içinde işler daha uzun sürede biter, bu da çok adam ve ekipman gerektirir. İşletim maliyeti otomatik olarak artar. Arazinin şekli, kesin depo dış şeklini belirlemede etmen değildir. Çok uzun ince dikdörtgen araziler için dikdörtgen depo zorunlu olabilir. Ama Türkiye’de TAKS uygulaması vardır. TAKS ile “arazinin” %100’ü kullanılamamaktadır. “Taban Alanı Katsayısı” kısaltılmış hali olan TAKS ise arsadaki inşaatın, taban oturum alanının, arsaya oranı anlamına gelmektedir. Örnek; Taban alanı / Arsa alanı formülünü baz alarak 1500 metrekarelik söz konusu arsaya  $1500 \times 0,30 = 450$  metrekarelik taban oturumlu yapı yapılabilir anlamına gelmektedir (Aktif52, 2017).

Depo arsasında TAKS uygulaması ile çok miktarda boş alan kalmaktadır. Bu yüzden dikdörtgen şeklinde inşa edilen depoların birçoğu TAKS uygulamasından dolayı kare şeklinde de yapılabilirdi. Dikdörtgen ya da kare bina seçimi bir tercih meselesidir.

Bu çalışmamızda depo dış şekilleri ile ilgili, bilimsel olarak Bilişim Sistemlerinden faydalanarak, basit az sayıda depo şeklini kıyaslayan bir yazılım geliştirerek lojistik sektörünün kullanımına sunmak hedeflenmektedir. Bu yazılımda bazı depo şekilleri kıyaslanarak test edilmektedir. Yazılımdan elde edilen sonuçlara göre hangi deponun

kullanım olarak daha avantajlı olduğu belirlenecektir. Lojistik sektörünün kullanabileceği bu yazılım ile, mevcut depolar ya da inşa edilecek yeni depolar bilgisayar ortamında simülasyon ile sınıanmaktadır.

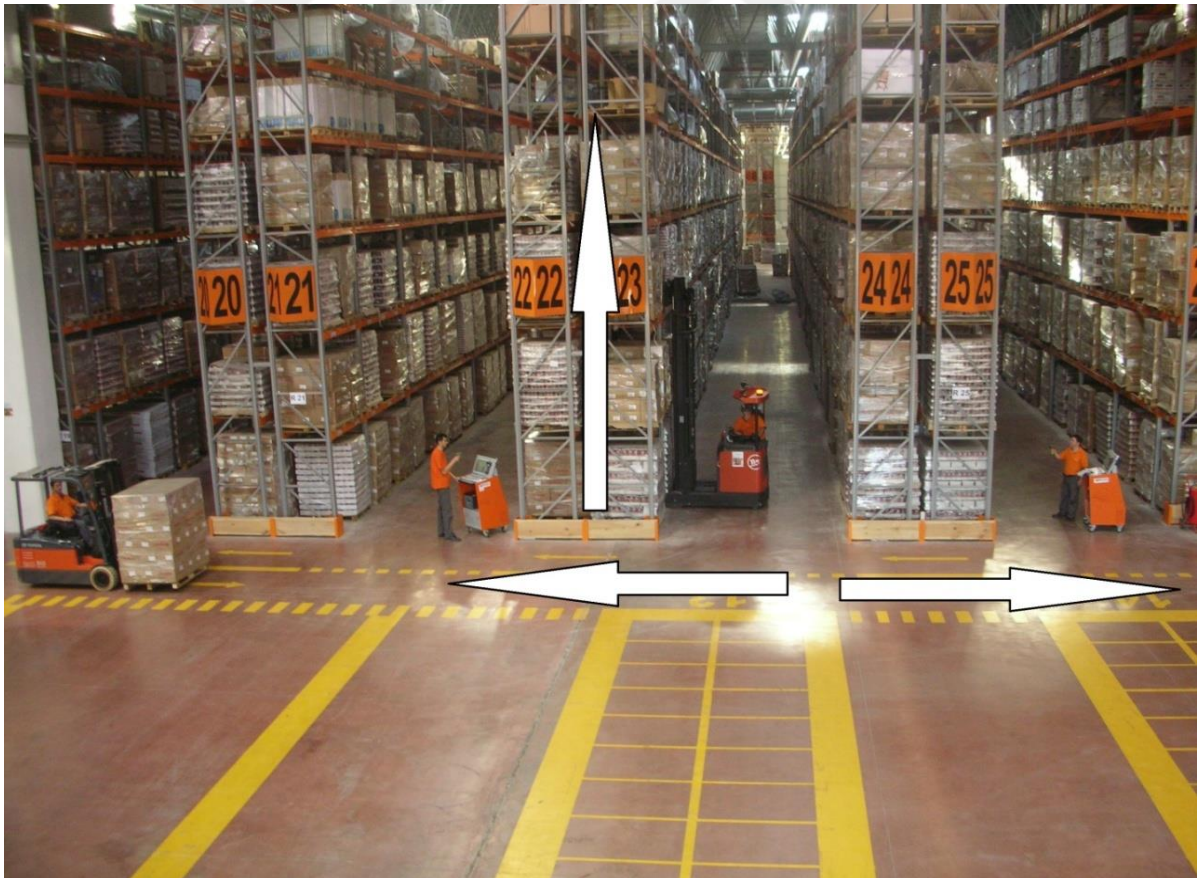
“Depo Simülasyon” yazılımı; kullanımı basit, depo kapı sayısı, kapı yönü ve depo dış şekli konularında kullanıcıya bilgi veren, kullanıcı dostu, ücretsiz, ulaşılabilir, danışmanlık ve eğitim gerektirmeyen bir yazılımdır.



## II. GENEL KISIMLAR

### 2.1. Problem Tanımı

Depo içindeki hareketler izlendiğinde, yatay ve dikey hareketler vardır. Deponun dikey hareketleri, yükseklik, kat ve asansör bu çalışmanın konusu değildir. Deponun yatay hareketleri bu çalışmanın ana konusudur. Yatay hareketler, insanlar, istif makineleri ve konveyörler (Şekil II.2) tarafından gerçekleşir. Deponun yatay şekli ile yatay hareketler arasında ilişki vardır. Bu ilişki de ideal depo şeklinin çıkarılmasında ana etmen olmaktadır. Şekil II.1’de depo içindeki yatay ve dikey hareketler gösterilmektedir.



Şekil II.1. Depo içi dikey ve yatay hareketler, Omsan Lojistik Tuzla depo (M.Erkmen arşivinden)





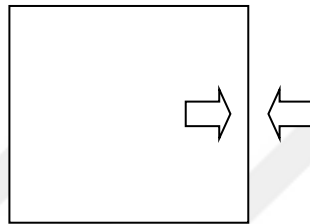
Şekil II.2 Depo yatay hareketler, Konveyör Hayat Kimya Gölçük depo (M.Erkmen arşivinden)

Yatay hareketler; dikdörtgen ve kare depoların palet adresleri ile kapılar arasındaki yol ve zaman olarak en kısa hareketlerin kıyaslanması işlemi, aşağıdaki depo şekilleri

üzerinde uygulanacaktır. Örnek kıyaslanacak depo şekilleri Şekil II.3 ve Şekil II.4'te gösterilmektedir.



Şekil II.3. Dikdörtgen, kapılar tek kısa kenarda giriş çıkış



Şekil II.4. Kare, kapılar tek kenardan giriş çıkış

Örnek olarak; boş bir arsa var ve bu arsaya bir depo yapılacaktır. Bu yapılacak deponun kullanım olarak daha avantajlı olması istenmektedir. Yukarıdaki aynı metrekaresindeki iki depo ele alındığında, hangi deponun daha verimli olacağı nasıl belirlenmektedir? Bu sorunun cevabı, bu çalışma ile geliştirilen yazılımın ana temasını içermekle birlikte depo inşa edecek şirket ve kişilere de çözüm sunmaktadır.

## 2.2. Kullanım Olarak Daha Avantajlı Depoların Tasarlanması

Depolar inşa edilmeden önce tasarlanırken maliyet, zaman, yol, vb. gibi etmenlerden hangisi dikkate alınmalıdır?

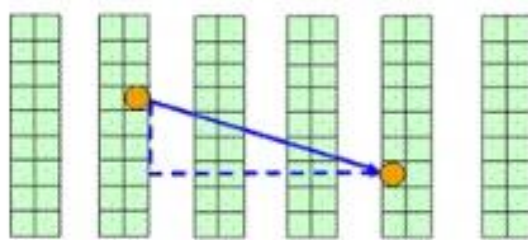
Ed Acker'e göre modern ticari depolar minimum dönüş hızını zorunlu kılıyor. Depo tasarımı fonksiyonel ve verimli olmalı; işçi verimi artmalı ve işletim maliyetleri düşmelidir (Acker, 2011).

Rob O'Byrne göre zaman paradır ve mesafe zamandır (“Time is money and distance is time”) (O'Byrne, 2015). Bu ifade de “en kısa mesafe en verimli olandır” mantığını oluşturmaktadır. Bu çalışmada elde edilen “Depo Simülasyon” yazılımında, en kısa mesafe hesaplaması yapılması amaçlanmaktadır.

SAP ERP sisteminin depolar da çalışanların ölçüldüğü LM modülünde Travel Distance Calculation (Haraket Mesafesi Ölçümü) mevcuttur. Bu hareket mesafesi ölçümünde modülünde mesafe ile işçi performansı ölçülmektedir. İki değişik şekilde mesafe ölçümü vardır (SAP, 2017). Mesafeyi ölçmek için iki yöntem kullanılmaktadır:

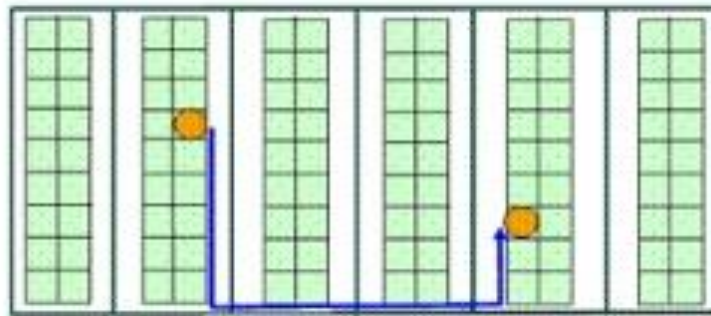
- Öklid (Direk mesafe) yöntemi
- Manhattan Mesafesi (Gerçek hareket mesafesi) yöntemi.

Öklid yöntemi; Şekil II.5 'te görüldüğü gibi iki nokta arasındaki en kısa mesafeyi ölçmektedir.



Şekil II.5. Öklid (SAP, 2017)

Manhattan Mesafesine göre mesafe yöntemi, Şekil II.6 'da görüldüğü gibi, rafların yerleşimine göre gerçek hareket mesafesi ölçümüdür.



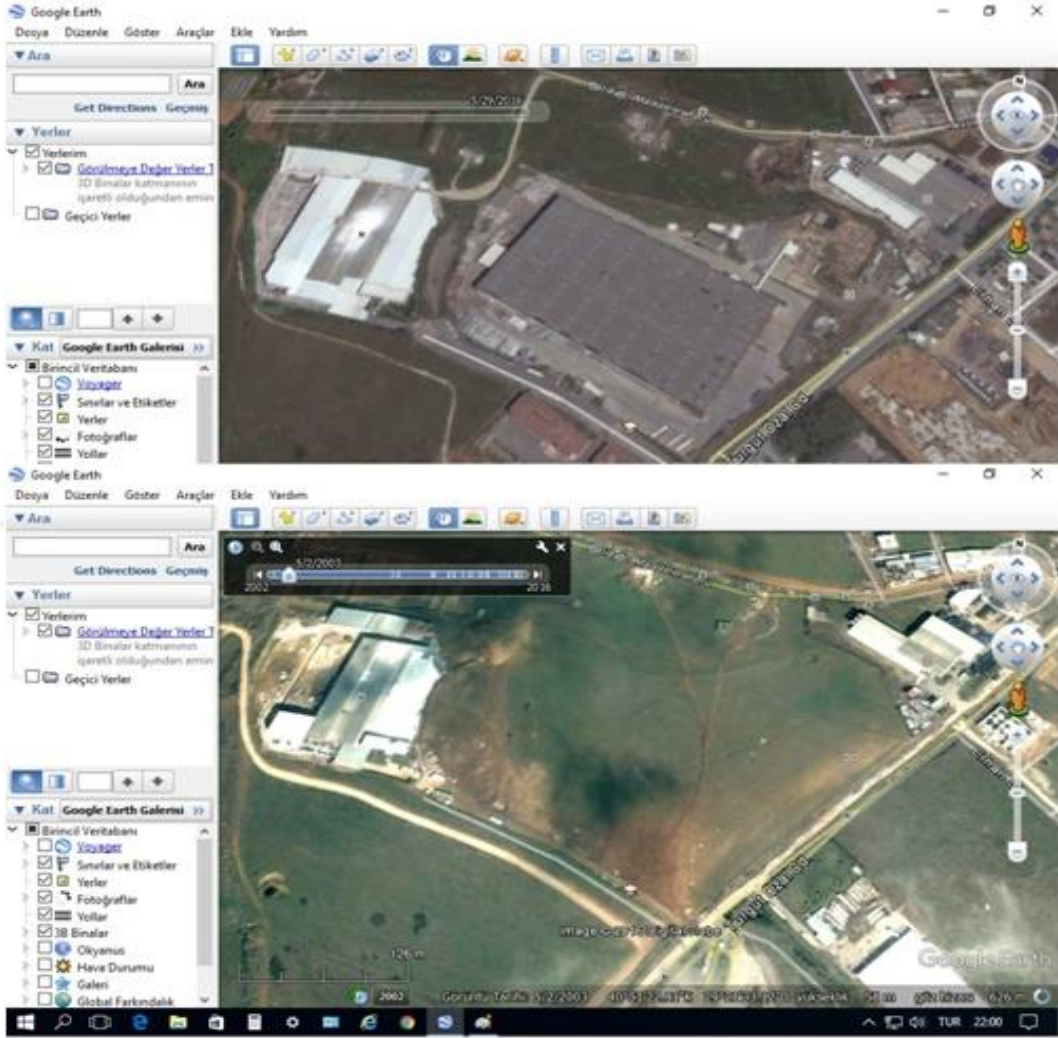
Şekil II.6. Gerçek hareket mesafesi (help.sap.com)

Bu çalışmada tasarlanan “Depo Simülasyon” yazılımı, mesafe ölçümü parametresini kullanarak, Öklid ve Manhattan mesafe yöntemlerini gerçekleştirmektedir.

### 2.3. Literatür Taraması

Türkiye’de lojistik depolar ağırlıklı olarak son 15-20 yıl içinde kurulmuşlardır (Perşembe Rotası, 2012).

Google Earth yazılımından depoların bulunduğu araziler kıyaslandığında, birçok deponun 2000 yılı sonrasında inşa edildiği gözlenmektedir (Şekil II.7) vb.



Şekil II.7. Tuzla İstanbul'da bir depo Google 2016 ve 2003 kıyaslaması

Yoseph Bassan'ın makalesinde 2 değişik raflama yerleşimi karşılaştırılmıştır. Bu iki değişik raf yerleşiminde; tüm deponun homojen eşit kullanıldığı ya da parçalı farklı bölümler halinde kullanıldığı var sayılmıştır. Eleçleme maliyeti yani değişken maliyet ile depo sabit gider maliyetleri depo çevre ölçüsüne göre değerlendirilmiştir (Yoseph, Yaakov Roll, & Meir, 1980).

Depolar yaygınlaşmadan önce birçok simülasyon yazılımları mevcuttu. Tablo II.1'de 1997 ve öncesi tasarlanılan simülasyon yazılımları listelenmektedir.

Tablo II.1. 1997'deki simülasyon yazılımları  
(Institute for Industrial Engineers, 1997) (Arena, 2018) (AutoMod, 2018) (AweSim!, 2018) (Extend, 2018) (G2, 2018) (GPSS/H, 2018) (GPSS/PC, 2018) (MAST, 2018) (Micro Saint, 2018) (ProModel, 2018) (QUEST, 2018) (Simprocess, 2018) (Taylor II, 2018) (WITNESS, 2018) (ithink, 2018)

Yazılım İsmi	Üreticisi	2018	Ücretli	Eğitim	Danışmanlık	İnternet Adresi
Arena(Siman)	Systems Modelling Corp.	Var	Evet	3000\$	Var	<a href="https://www.arenasimulation.com/">https://www.arenasimulation.com/</a>
AutoMod	AutoSimulations Inc.	Var	Evet	Şart	Var	<a href="http://www.appliedmaterials.com/global-services/automation-software/automod">http://www.appliedmaterials.com/global-services/automation-software/automod</a>
AweSim!	Pritsker Corp.	Var	Evet	Şart	Var	<a href="https://www.awesim.org/en/">https://www.awesim.org/en/</a>
Extend	Imagine That	Var	Evet	Şart	Var	<a href="http://www.extendsim.com/">http://www.extendsim.com/</a>
FACTOR/AIM	Pritsker Corp.	Yok				-
G2	Gensym Corp	Var	Evet	Şart	Var	<a href="http://www.gensym.com/platforms/g2-standard/">http://www.gensym.com/platforms/g2-standard/</a>
GPSS/H	Wolverine Software Inc.	Yok	Yok	Şart	Var	<a href="http://www.wolverinesoftware.com/">http://www.wolverinesoftware.com/</a> yok artık
GPSS/PC	Minuteman Software	Var	695\$	Şart	Var	<a href="http://www.minutemansoftware.com/">http://www.minutemansoftware.com/</a>
ithink	High Performance System	Var	Evet	Şart	Var	<a href="http://www.iseesystems.com/store/products/ithink.aspx">http://www.iseesystems.com/store/products/ithink.aspx</a>
MAST	CMS Research	Var	Min.5500\$	Şart	Var	<a href="http://www.cmsres.com/">http://www.cmsres.com/</a>
Micro Saint	Micro Analysis and Design Inc	Var	Evet	Şart	Var	<a href="http://www.maad.com/index.pl/micro_saint">http://www.maad.com/index.pl/micro_saint</a>
ProModel	ProModel Corp	Var	Evet	min.599\$	Var	<a href="http://promodel.com/">http://promodel.com/</a>
Simple++	Aesop Corp	Yok				
Simprocess	CACI	Var	Evet	Şart	Var	<a href="http://simprocess.com/">http://simprocess.com/</a>
QUEST	Deneb Robotics	Var	Evet	Şart	Var	<a href="https://www.3ds.com/">https://www.3ds.com/</a>
Taylor II	F&H Simulations	Var	Evet	Şart	Var	<a href="https://www.flexsim.com/company/">https://www.flexsim.com/company/</a>
WITNESS	Lanner Group	Var	Evet	Şart	Var	<a href="https://www.lanner.com/technology/witness-simulation-software.html">https://www.lanner.com/technology/witness-simulation-software.html</a>

### 2.3.1. Simülasyon Yazılımlarının Dezavantajları

Geçmişte depolar için birçok simülasyon yazılımı vardı. Bu yazılımları kullanmak için; lisans ücreti ödenmesi gerekiyordu. Yazılımların kendi simülasyon yazılım dili mevcuttu ve kullanıcının bu dili öğrenmesi gerekiyordu. Genelde eğitimler yurtdışında ve ücretli verilmekte idi. Ayrıca bu eğitimi alacak kişilerin lojistik depo bilgisi ve istatistik bilgisi de gerekmekte idi. (Tompkins & Smith, 1998)

Randall R. Gibson'a göre dışarıdan bir danışmanlık firması ile çalışmak başlangıç aşamasında çok faydalı olacaktır (Gibson, 1998).

### 2.3.2. 2018 de Önemli Simülasyon Yazılımlarının Bir Kısmı

#### Ücretsiz Simülasyon Yazılımları

- Advanced Simulation Library <http://asl.org.il/>
- ASCEND [http://ascend4.org/Main\\_Page](http://ascend4.org/Main_Page)
- Celestia <http://celestiaproject.net/>
- DWSIM <http://dwsim.inforside.com.br/wiki/index.php?title=Downloads>
- Elmer <http://www.csc.fi/elmer>
- Facsimile <http://facsim.org/> bkz.
- Freemat <http://freemat.sourceforge.net/>
- Galatea <http://galatea.sourceforge.net/>
- GNU Octave <https://gnu.org/software/octave/>
- Modelica <http://www.modelica.org/>
- Mobility Testbed <https://github.com/agents4its/mobilitytestbed> bkz.
- NetLogo <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>
- ns-3 <http://www.nsnam.org/>
- OpenFOAM <http://openfoam.org/>
- OpenEagles <http://www.openeaagles.org/>
- Open Source Physics <http://www.compadre.org/osp/>
- OpenSim <http://simtk.org/home/opensim/>
- Physics Abstraction Layer <http://www.adrianboeing.com/pal/index.html>
- Project Chrono <https://github.com/projectchrono/chrono>
- SageMath <http://www.sagemath.org/>
- Scilab <http://www.scilab.org/>

- SimPy <http://simpy.readthedocs.org/>
- SOFA <https://www.sofa-framework.org/>
- Stanford University Unstructured <http://su2.stanford.edu/>
- Step <http://edu.kde.org/step/>
- Tortuga <http://code.google.com/p/tortugades/>

### Ücretli Simülasyon Yazılımları

- 20-sim – grafik tabanlı, çok kullanıcı simülasyon yazılımı. <http://www.20sim.com/>
- ARENA <https://www.arenasimulation.com/> bkz.
- Actran – element tabanlı simülasyon yazılımı, mekanik sistem ve parçaların akustik davranışını analiz eder <http://www.fft.be/>
- ACSL and acsIX – ileri sürekli simülasyon dili. <http://www.acslx.com/>
- AMESim – çok kullanıcı, akıllı sistemleri optimize eden çok disiplinli, Siemens PLM tarafından geliştirilmiş bir platformdur [http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/lms/imagine-lab/amesim/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/lms/imagine-lab/amesim/index.shtml)
- AnyLogic – iş ve bilim çevresi için geliştirilmiş, çok metodlu simülasyon modelleme aracıdır. The AnyLogic Company tarafından geliştirilmiştir. <https://www.anylogic.com/> bkz.
- APMonitor – dinamik simülasyon aracı, çok metodlu sistem, Python ve MATLAB ile çalışır. <http://www.apmonitor.com/>
- AutoCAST - metal formlarının yasarımında kullanılır, simülasyon yazılımı Advanced Reasoning Technologies tarafından geliştirildi. <http://www.autocast.co.in/>
- Automation Studio – sıvı gücü, elektrik ve kontrol sistemleri tasarımlar. Simülasyon yazılımını Famic Technologies Inc. geliştirmiştir. <http://automationstudio.com/>
- Chemical WorkBench – kimyasal, kinetik simülasyon yazılımıdır. Kintech Lab. Tarafından geliştirilmiştir. <http://www.kintechlab.com/products/chemical-workbench>
- CircuitLogix – elektronik simülasyon yazılımıdır. Logic Design Inc. tarafından geliştirilmiştir. <https://www.circuitlogix.com/>
- COMSOL Multiphysics (eski ismi FEMLAB) – fizik ve mühendislik uygulamaları için kullanılır. <https://www.comsol.com/>
- DX Studio <http://www.dxstudio.com/features.aspx>
- Dymola - <https://www.3ds.com/products-services/catia/products/dymola>
- Ecolego <http://ecolego.facilia.se/ecolego/show/HomePage>
- EcosimPro - <http://www.ecosimpro.com/>
- Enterprise Architect [www.sparxsystems.com](http://www.sparxsystems.com)



- Enterprise Dynamics [www.incontrolsim.com](http://www.incontrolsim.com)
- ExtendSim <https://www.extendsim.com/>
- Flexsim <https://www.flexsim.com>
- Fluent, Inc. [www.ansys.com](http://www.ansys.com)
- GoldSim <https://www.goldsim.com>
- HyperWorks [www.altairhyperworks.com/](http://www.altairhyperworks.com/)
- Isaac dynamics [www.strutturainformatica.it/](http://www.strutturainformatica.it/)
- Khimera - <https://www.cgl.ucsf.edu/chimera>
- Lanner WITNESS <https://www.lanner.com>
- Lanner L-SIM Server <https://www.lanner.com/insights/news/l-sim-bpmn-2-0-compliant-simulation-capabilities.html>
- Maple - by Waterloo Maple Inc. [www.maplesoft.com](http://www.maplesoft.com)
- MapleSim - by Waterloo Maple Inc. [www.maplesoft.com](http://www.maplesoft.com)
- MATLAB [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)
- Mathematica <https://www.wolfram.com>
- ModelCenter [www.phoenix-int.com/product/modelcenter-integrate](http://www.phoenix-int.com/product/modelcenter-integrate) Phoenix Integration.
- NEi Nastran [http://www.upfronteng.com/nei\\_nastran.html](http://www.upfronteng.com/nei_nastran.html)
- NetSim [www.tetcos.com](http://www.tetcos.com)
- NI Multisim [www.ni.com](http://www.ni.com)
- Plant Simulation - by Siemens PLM Software. <https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/material-flow/index.shtml> bkz.
- PLECS - by Plexim. <https://www.plexim.com>
- PRO/II <http://software.schneider-electric.com/products/simsci/design/pro-ii/>
- Promodel <https://www.promodel.com>
- Project Team Builder <https://www.pmi.org/learning/library/project-team-builder-simulation-training-6184>
- PSF Lab <http://onemolecule.chem.uwm.edu/software>
- RoboLogix <http://www.robologix.com/>
- Ship Simulator <https://en.wikipedia.org/wiki/Single-player>
- Simcad Pro <http://www.createasoft.com/>
- SimEvents <http://www.mathworks.com/products/simevents/>
- Simio <http://www.informs-sim.org/wsc07papers/286.pdf>
- SimScale <https://www.simscale.com/>
- SIMUL8 <http://www.simul8.com/>
- Simulations Plus <http://www.simulations-plus.com/>
- SimulationX <http://www.simulationx.com/>
- Simulink  
[https://www.mathworks.com/products/simulink.html?s\\_cid=wiki\\_simulink\\_2](https://www.mathworks.com/products/simulink.html?s_cid=wiki_simulink_2)

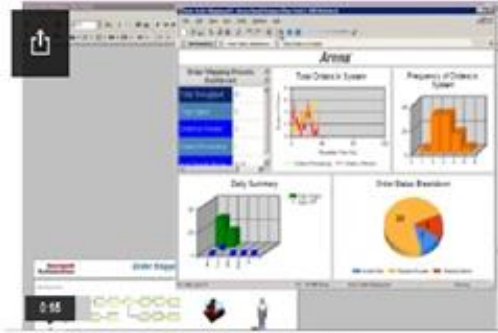
- TRNSYS <http://www.trnsys.com/>
- Vensim <http://www.trnsys.com/>
- VisSim <http://vensim.com/>
- Vortex (software) <http://www.cm-labs.com/>
- Wolfram SystemModeler <http://www.wolfram.com/system-modeler>
- Working Model <http://www.design-simulation.com/WM2D/Index.php>
- VisualSimArchitect  
[http://www.mirabilisdesign.com/new/visualsim/?s\\_cid=wiki\\_VisualSim\\_2](http://www.mirabilisdesign.com/new/visualsim/?s_cid=wiki_VisualSim_2)

### 2.3.3. Arena Simülasyon Yazılımı

Bu yazılım ile depolarla ilgili birbirinden bağımsız tüm olayların simülasyonu yapmak mümkündür. Systems Modeling firması tarafından geliştirilmiştir. Rockwell tarafından 2000 yılında satın alınmıştır. Siman prosesi ve simülasyon dilini kullanmaktadır. 2016 Aralık ayındaki son versiyonu ile daha çeşitlenmiştir. Optimizasyon, animasyon, 64 bit proses operasyonu sayesinde “Big Data” işleme özelliği gibi özellikler eklenmiştir. Rockwell diğer yazılımları ile uyumlu hale gelmiştir. Arena simülasyon yazılımında deney modeli kurulurken modüller kullanılmaktadır. Modüller değişik geometrik şekillerden oluşmaktadır. Her bir modül bir proses ya da mantığı ifade etmektedir. Birleştirme çizgileri modülleri birbirine bağlayıp iş akış yönünü ve şeklini belirtmektedir. Her bir modülün spesifik bir eylemi, akışı ve zamanlaması vardır. Modüllerde birebir gerçek objeleri (kamyon olarak bir dikdörtgen yerine gerçek bir kamyon resmi) kullanmakta mümkündür. Bu sürecin sonunda çıkan istatistik değerler raporlanmaktadır. Döngü zamanı, bir tek prosesin zamanı gibi raporları almak mümkündür. Arena simülasyon yazılımı, Microsoft ürünlerine entegre çalışmaktadır. Örneğin Visual Basic, MS Visio akış şemaları, MS Excel ya da Access veri tabanı, vb. Arena’da kullanılmaktadır. ActiveX kontrolleride desteklenmektedir. Birçok firma Arena simülasyonunu, proseslerini incelemek için kullanmaktadır. Arena’da bir proje

tasarlanırken en çok zaman, başlangıçtaki ayarlar ve kurgu aşamalarında harcanmaktadır. İhtiyaçlara göre Arena yazılımının birçok modülü vardır: Ticari, Akademik ve Öğrenci vb. Öğrenci modülü kısıtlı ve ücretsizdir. Arena'nın nasıl kullanılacağını anlatan birçok kitapta basılmış ve üniversitelerde de (Sakarya Üniversitesi) eğitimi verilmektedir (Arena, 2018). Arena simülasyon yazılımından bazı görseller Şekil II.8'de gösterilmektedir.

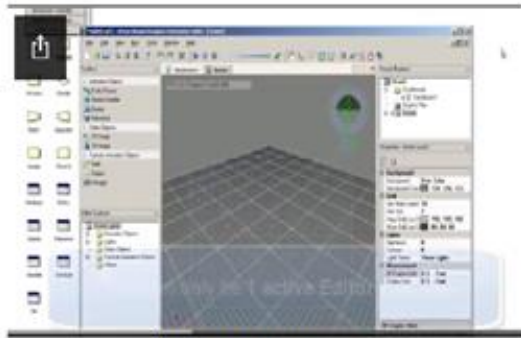




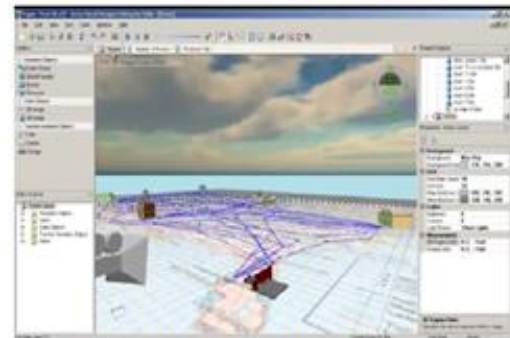
a. Görsel istatistik verileri



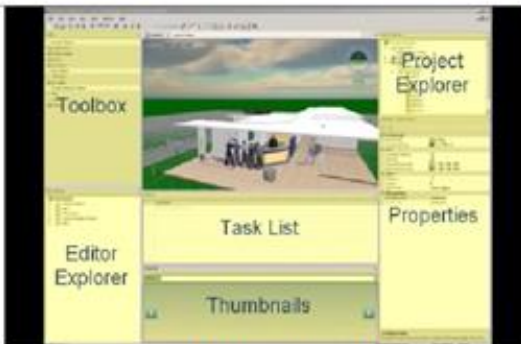
b. Dosya türü seçimi



c. İş akışı oluşturma



d. Görsel simülasyon



e. Simülasyon edit sayfası



f. Basit şekilde iş akışı oluşturma



g. Üç boyutlu simülasyon

Şekil II.8 Arena simülasyon yazılımı (Arena, 2018)

Günümüzde depo tasarımında kullanılabilecek bütün yazılımlar daha gelişmiş ve basitleştirilmiş olsa da 2.3.1’de James Tompkins tarafından belirtilen engeller devam etmektedir. Yazılımları, basit depo işlemlerinde kullanabilmek için dahi eleman, yazılım, eğitim, lojistik ve istatistik bilgisi gerekmektedir. Hatta danışmanlık hizmeti de almak gerekebilir. Depo inşa edecek kişilere ve şirketlere bu yazılımların temini maliyetli olacağından, planlı depolar yapılabilmesi için bu çalışmada “Depo Simülasyon” yazılımı geliştirildi. Bu yazılım ücretsiz, erişimi ve kullanımı kolay, ekstra lojistik ve istatistik bilgisi istememektedir. Geliştirilen yazılım kullanıcı dostu basit bir yazılım olarak oluşturuldu.

Emshoff ve Sisson’a göre simülasyon yazılımlarının aşağıdaki ortak temel fonksiyonları olmalıdır.

- Rastgele numara üretebilmesi
- Rastgele değişkenler üretebilmesi
- Zaman ilerlemesi
- Çıktı verileri kaydedilmeli
- Kaydedilen veriler üstünde istatistiksel analiz yapabilmeli
- Çıktı Sonuçlarını spesifik bir formatta oluşturmalı
- Mantıksal yanlışları ve hataları bulup raporlamalı (Emshoff & Sisson,R.L., 1970)

“Depo Kıyaslama Simülasyon” yazılımı geliştirilirken bu özellikler göz önünde bulunduruldu.

## III. GEREÇ VE YÖNTEM

### 3.1. Araştırma Yöntemi

Bu çalışmadaki “Depo Simülasyon” yazılımı deneysel araştırma yöntemini kullanmaktadır. “Deneysel Araştırma, Bilimsel yöntemlerde en kesin sonuçların elde edildiği çalışmadır. İki ya da daha fazla gruba yapılan uygulamaların, belli değişkenler üzerindeki etkilerinin farklılaşıp farklılaşmadığı incelenir” (Büyüköztürk, 2014).

“Depo Simülasyon” yazılımında mesafe bağımlı değişkenlerin ortalamalarından elde edilen iki grubun varyansları hesaplanmaktadır. Varyans ortalamadan sapma ölçüsüdür. Varyans bir popülasyon ya da örnek içindeki tüm sayıların o serinin ortalaması ile farklarının karelerinin ortalamasıdır (statistics.com, 2018).

Elde edilen varyans değerleri varyans analizi testinde kullanılarak iki grubun kıyaslaması yapılmaktadır. “Varyans Analizi (Analysis Of Variance- F testi), iki ya da daha fazla ortalamanın eşitliğini, varyansları kullanarak test etmeye yarayan bir yöntemdir. Tamamen rassal deney tasarımı modellerini analiz etmekte kullanılır” (Kılıç, 2017).

Bu çalışmada “Depo Simülasyon” yazılımı rassal bağımlı değişken üretip, Tek Yönlü Varyans Analizi yönteminde kullanılmaktadır. “Tek yönlü varyans analizi, iki ya da daha fazla grubun, normal dağılan benzer ortalamalı popülasyonlardan (evrenden – gerçek veri setinden) alınıp alınmadığını ortak varyans kullanarak test etmeyi amaçlar” (Akyol & Arkadaşları, 2018). “Tek yönlü varyans analizinde bir bağımsız değişkenin ikiden fazla gruptaki durumu test edilir” (UADMK TÜBA, 2018). Bu çalışmada “Depo Simülasyon” yazılımı iki gruptan fazlasının varyans analizini yapmamaktadır.

ANOVA Varyans Analizi testi deneysel yöntemde elde edilen örneklerdeki iki veya daha çok örneğin birbirine ne kadar benzer olduğunu belirlemek için bu çalışmada kullanıldı.

Tablo III.1. Tek Yönlü ANOVA Tablosu hesaplama detayı (Analytics Buddha, 2018)

Tek Yönlü ANOVA Tablosu				
Değişkenliğin Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplam	Varyans	F-oranı
Gruplar Arası	c-1	SSA	$MSA=SSA/(c-1)$	F=MSA/MSW
Grup İçi	n-c	SSW	$MSW=SSW/(n-c)$	
Toplam	n-1	SST=SSA+SSW		

c=grup sayısı, n=toplam örnek sayısı (tüm gruplar)

“Depo Simülasyon” yazılımını tanıtmak ve işleyişini göstermek için dikdörtgen ve kare şeklinde aynı metre kare alanları ve aynı kapı sayıları olan iki depo incelendi.

Hipotez;

H<sub>0</sub>: Tüm dış depo şekilleri yol ve zaman olarak depo kullanımını etkilemez.

H<sub>1</sub>: Dikdörtgen depo, kare depodan yol ve zaman olarak daha kısadır.

H<sub>2</sub>: Kare depo, dikdörtgen depodan yol ve zaman olarak daha kısadır.

Yöntem;

“Depo Simülasyon” yazılımı ile içinde 1000 rastgele paletin hareket ettiği iki depo kullanılarak yapay deney ortamı oluşturuldu.

Bu çalışmada bağımlı değişken ortalamalarının aynı evrenden ya da farklı evrenden olup olmadığı hipotezleri ANOVA F-testi ile sınıandı.

### 3.1.1. Sınırlama ve Kısıtlar

Depoda saklanacak ürünlerin tektip ya da özellikleri yakın olduğu (örneğin bütün ürünlerin patates ya da yakın saklama koşullarına sahip ürünler) varsayılmaktadır. Yazılım tasarlanırken palet bazında taşıma yerleştirme yapıldığı varsayılmış, ürün tipine göre yerleşim incelenmemiştir. Homojen paletli ürünlerin homojen olarak depoda dağıldığı varsayılmıştır. Ürün özelliğine göre soğuk hava +4, soğuk hava -18, ADR'li ürünler vb. gibi özellikler göz önünde bulundurulmamıştır.

Depo içinde birçok hareket vardır. Örneğin dikey hareketler üst raflara ulaşmak için yapılan hareketlerdir. Çok katlı toplama alanları, asansörler gibi dikey hareketler bu çalışmanın konusu değildir. Deponun yüksekliği değil sadece yatay genişliğine göre çalışma yapılmıştır.

Depo hareket ve ürünleri zamandan bağımsızdır. Paletlerin ne kadar sürede ne kadar hareket edeceği, giriş çıkış süreleri, bekleme süreleri çalışma konusu dışındadır.

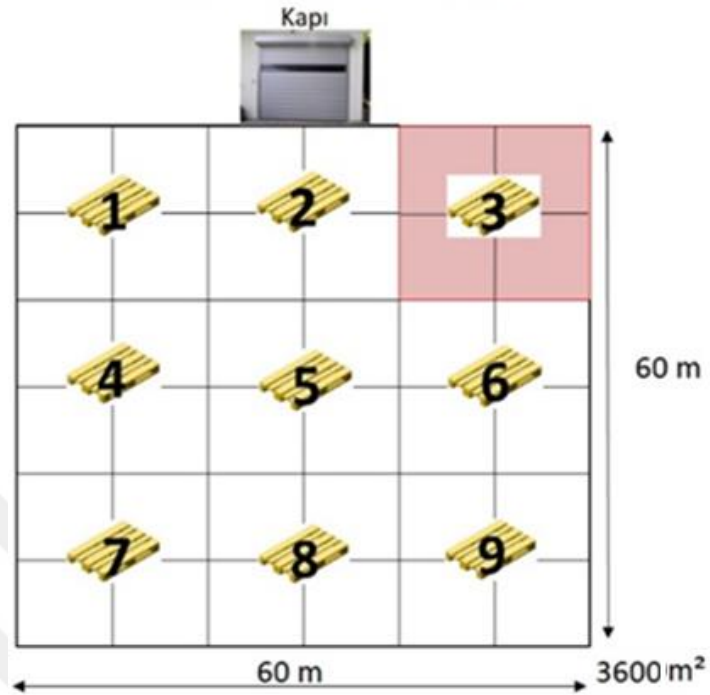
Çalışmanın varsayımları; homojen ürün ve ürünler olduğu, depo içi yerleşim homojen olduğu, sadece yatay hareketin deponun dış şekline etkisi, zamandan bağımsız olarak özetlenmektedir.

### 3.1.2. Deneydeki Sebep Bağımsız Değişkenler

Deneyde kullanılan bağımsız değişkenler; Giriş Çıkış Kapı Sayısı, Palet Adres Sayısı, Palet Adresi ile Giriş Çıkış Kapıları arası mesafedir. Verilen depo örneği için bağımsız değişkenler Şekil III.1'de gösterilmektedir.

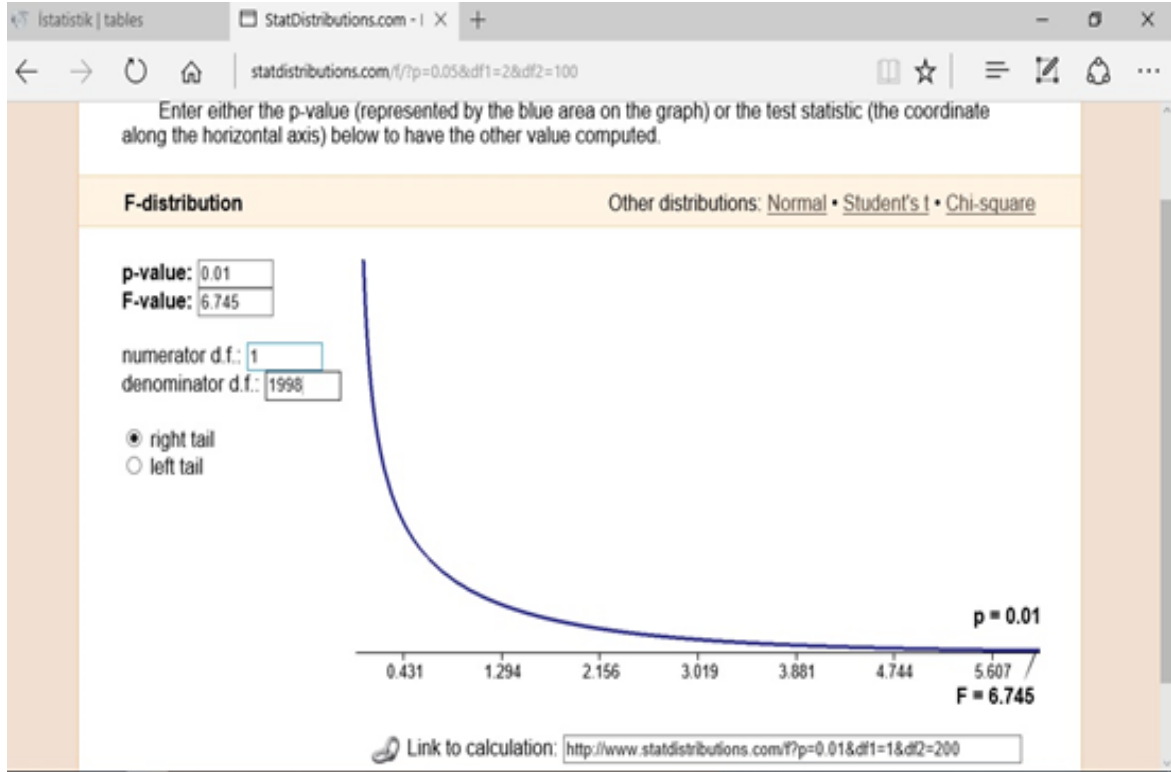


Kare Depo 60 m X 60 m = 3600 m<sup>2</sup>



GİRİŞ - ÇIKIŞ MESAFESİ	
Adres	Kapı 1
1	30 m
2	10 m
3	30 m
4	50 m
5	30 m
6	50 m
7	70 m
8	50 m
9	70 m

Şekil III.1 Depo örneği (giriş çıkış kapısı=1, palet adres sayısı=9, palet adresi ile giriş çıkış kapıları arası mesafeler)



Şekil III.2. F-dağılım grafiği (Johston, 2017)

Test edilen depoya giren çıkan palet sayısı sabit değişkendir. Her bir depoya 1000 palet girip çıkacağı sabitlenmiştir. Şekil III.2’deki F-dağılımında görüldüğü gibi 200 adetlik örneklemden sonrası için çok küçük değişim olmaktadır (Johston, 2017).

### 3.1.3. Deneydeki Sonuç Bağımlı Değişkenler:

Kapı ve palet adresleri arasındaki mesafelerin giriş ve çıkış değerleri toplamı bağımlı değişkendir. Burada bir paletin giriş kapısından girip, palet adresine ulaşip ve aynı adresten çıkıp, çıkış kapısına kadar depo içinde kat ettiği mesafe ölçülmektedir. Zaman ve yol olarak en kısa yol ve süreyi veren bir simülasyon yazılımı tasarlanmıştır. Deponun kullanışlı olması için en kısa yoldan ve en kısa sürede hareket edilebilen depo olması gerekir. “En kısa yol, en kısa zaman demektir” (O’Byrne, 2015).

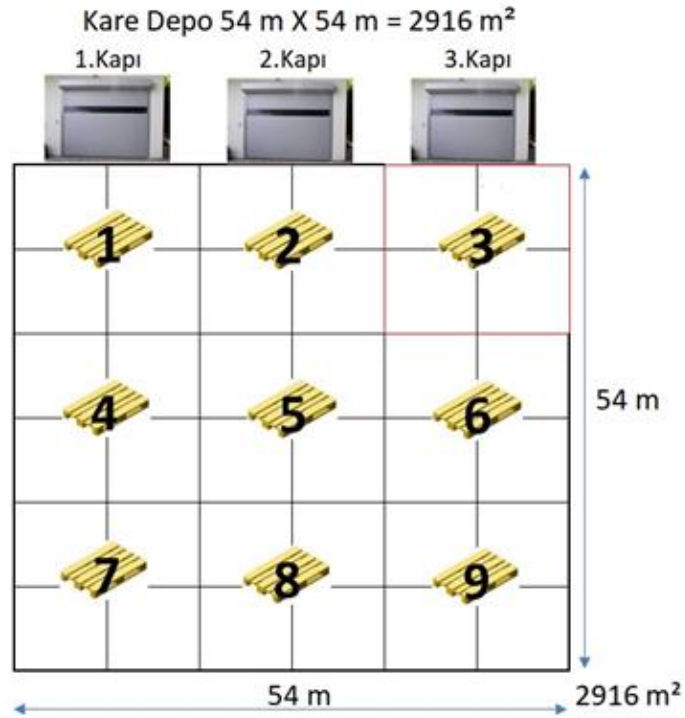
Aşağıdaki örnek simülasyonlarda, bütün depo şekillerinde 9 adet eşit metre kareye dağılmış palet adresi alınacaktır. İstenildiği kadar adres alınabilir, bir sınırlama yoktur, bu yazılımı kullanan kullanıcıya kalmıştır. Eşit metre karelere bölünerek örneklem alınması işlemlerin kısa sürede yapılmasını sağlar.

Bu çalışmada giriş çıkış kapı sayısı 3 olarak alınan örneklerde, bu üç adet kapı bulunduğu kenarı 3 eşit parçaya bölmektedir. Yazılımı kullanacak kişi istediği kadar kapı seçebilir, kapı sayısında bir sınırlama yoktur.

Bu çalışmada örnek depo  $2916\text{m}^2$  alınmıştır. İşlemlerde basitlik olması için 2916 sayısı seçilmiştir. Karekökü tamsayı olan bir sayıdır. 2916 hem 2'nin hem 3'ün katlarından oluşmaktadır. Aynı metrekarede hem kare hem dikdörtgen hem de 3 ve 2 katlarına bölünebilen bir depo örnek olarak alınmıştır. Hesaplamalarda kolaylık sağlamıştır. Bu büyüklükte bir depo ne çok küçük ne de çok büyüktür, orta ölçekte bir depodur. Deponun küçük ya da büyük olması hesaplamaları etkilemez. Küçük bir depo alınca oluşacak farklar küçük olacağından daha anlaşılır rakamlar çıkması için  $2916\text{m}^2$  büyüklükte bir depo alınmıştır. Aynı metrekare depolar kıyaslanacaktır.

### **3.2. Depo Dış Şekillerine Göre Simülasyon Testleri**

Depo dış şekillerine göre depo kıyaslaması işlemi ilk olarak aynı metre kareye sahip dikdörtgen ve kare depolar arasında yapılmaktadır. Bu iki depo da  $2916\text{m}^2$  dir. Kare depodaki giriş kapısından 9 palet adresine kadar mesafe ve 9 palet adresinden çıkış kapısına kadar olan mesafeler Şekil III.3'te gösterilmektedir.

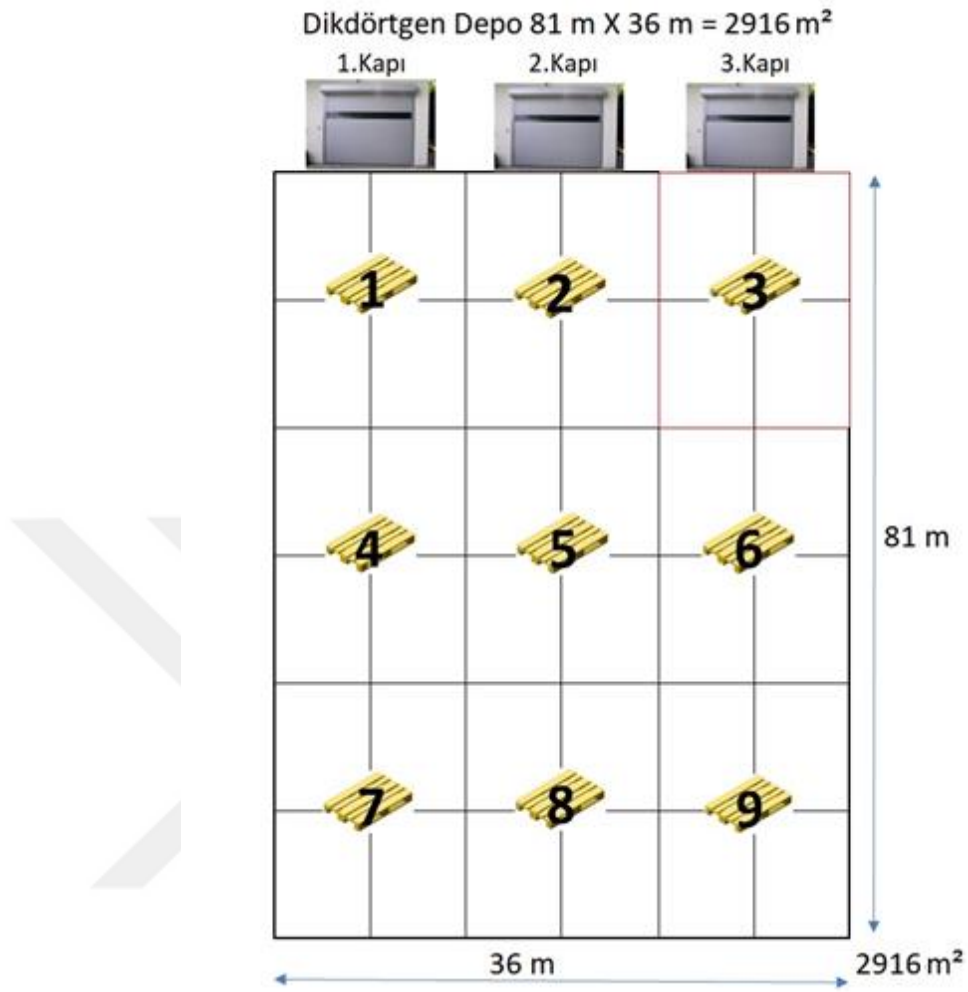


GİRİŞ ÇIKIŞ MESAFELERİ

Adres	Kapı 1	Kapı 2	Kapı 3
1	9	27	45
2	27	9	27
3	45	27	9
4	27	45	63
5	45	27	45
6	63	45	27
7	45	63	81
8	63	45	63
9	81	63	45

Şekil III.3. Kare depo ölçüleri tek yönde kapılar, kapı adres mesafeleri

Dikdörtgen depo için giriş kapısından 9 palet adresine kadar mesafe ve 9 palet adresinden çıkış kapısına kadar mesafeler Şekil III.4'te gösterilmektedir. Giriş ve Çıkış aynı kapıdandır. Bu yüzden giriş çıkış mesafeleri aynıdır.



GİRİŞ ÇIKIŞ MESAFELERİ

Adres	Kapı 1	Kapı 2	Kapı 3
1	13,5	25,5	37,5
2	25,5	13,5	25,5
3	37,5	25,5	13,5
4	40,5	52,5	64,5
5	52,5	40,5	52,5
6	64,5	52,5	40,5
7	67,5	79,5	91,5
8	79,5	67,5	79,5
9	91,5	79,5	67,5

Şekil III.4. Dikdörtgen depo, tek yönde kapılar ve kapı adres mesafeleri

### 3.3. Simülasyon Yazılımının Özellikleri

Depo içindeki palet adresi değişkeninde bir sınırlama yoktur. İstendiği kadar palet adresi alınabilir. Seçilecek ve test edilecek iki depo için eşit oran ve alanlarda adres seçimi, kıyaslanmanın doğru yapılmasını sağlar. Tüm adreslerde sınama yapmak yerine, depoyu eşit alanlara bölüp içinden birer adres örnekleme almak işlemleri basitleştirebilir. Aksi takdirde çok fazla sayıda veri girilmesi gerekir.

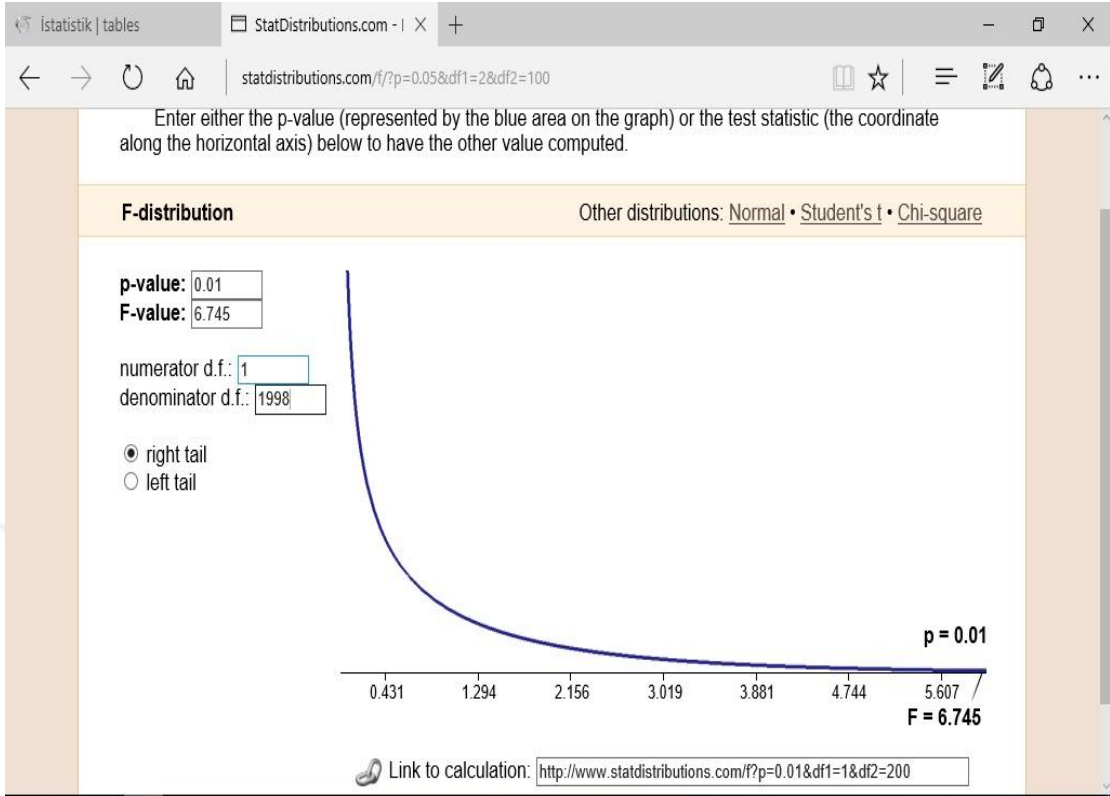
1000 palet için sınama yapılacaktır. 1000 deneme testi sabittir, (1000 deneme için yeterli bir miktardır). ANOVA tablosunda 200 denemeden sonrası için hesaplama sonuçları çok yakın değerler olarak çıkmaktadır (Johston, 2017).

Kapı değişkeninde bir sınırlama yoktur. Giriş ya da çıkış kapıları her kenarda istenilen sayıda olabilir. Test edilecek depolardaki ürün tiplerinin aynı olacağı kabul edilmektedir.

Araç yanaşmaları 3 kapı arasında rastlantısal olarak gerçekleşecektir (Şekil III.5). Paletlerin giriş kapılarından, palet adreslerine yerleşimi de rastlantısal olarak gerçekleşecektir. Çıkışta palet adresinden çıkış kapılarına doğru hareketler de rastlantısal olacaktır.

Yazılım, 1000 paletin her bir depo şekli için, her bir palet için ayrı ayrı hem girişten palet adresine, hem de palet adresinden çıkışa kadar kat ettiği tüm yol rakamlarını toplayacaktır.

Giriş çıkış toplam mesafe ortalaması her bir depoda ANOVA varyans analizi ile kıyaslanmaktadır. Özet analiz Şekil III 5'te gösterilmektedir.



Şekil III.5. F-dağılımı sonuç kıyaslama tablosu (p-value 0.01, F Value 6.745 alındı) (Johston, 2017)

ANOVA Varyans Analizi için örnek hesaplama aşağıda belirtilmiştir. 1000 palet denemesi için hazırlanan tablo 10 palet denemesi için yapılmıştır. Bu örnekteki 10 palet için yapılan test hesaplaması, yazılımda arka planda 1000 palet için çalışmaktadır. Yazılımın Excel de hazırlanan basit örnek hesaplama detayı Şekil III.6, Şekil III.7, Şekil III.8 yer almaktadır.

### Birinci Depo

Palet	Girişten Adres Mesafe	Adresten Çıkışa Mesafe	Toplam Giriş Çıkış mt X	$X^2$	Toplam 1000 palet mt	1000 palet Ortalaması $X_{ort}$	$\sum X^2$	$X - X_{ort}$	$(X - X_{ort})^2$	$\sum (X - X_{ort})^2$	Varyans $S^2 = \frac{\sum (X - X_{ort})^2}{1000 - 1}$	Standart Sapma
1	20	20	40	1600	430	43	18542	-3	9	52	5,7778	2,889
2	15	25	40	1600				-3	9			
3	20	25	45	2025				2	4			
4	18	24	42	1764				-1	1			
5	20	24	44	1936				1	1			
6	22	24	46	2116				3	9			
7	23	24	47	2209				4	16			
8	18	24	42	1764				-1	1			
9	18	24	42	1764				-1	1			
10	18	24	42	1764				-1	1			

1000 tane rasgele değer program tarafından üretilmektedir.

Şekil III.6. Birinci deponun istatistik hesaplama detayı



### İkinci Depo

Palet	Girişten Adres Mesafe	Adresten Çıkışa Mesafe	Toplam Giriş Çıkış mt Y	$Y^2$	Toplam 1000 palet mt	1000 palet Ortalaması Yort	$\sum Y^2$	$Y-Y_{ort}$	$(Y-Y_{ort})^2$	$\sum(Y-Y_{ort})^2$	Varyans $S^2 = \frac{\sum(Y-Y_{ort})^2}{1000 - 1}$	Standart Sapma
1	18	22	40	1600	443	44,3	19687	-3	9	79	8,7778	4,389
2	18	26	44	1936				1	1			
3	18	26	44	1936				1	1			
4	19	25	44	1936				1	1			
5	21	24	45	2025				2	4			
6	23	25	48	2304				5	25			
7	24	24	48	2304				5	25			
8	20	26	46	2116				3	9			
9	20	23	43	1849				0	0			
10	20	21	41	1681				-2	4			

1000 tane rasgele değer program tarafından üretilmektedir.

Şekil III.7. İkinci deponun istatistik hesaplama detayı

### ÖZET

	Birinci Depo	İkinci Depo	Toplamlar	
Örneklem boyutu $\bar{N}_g$	10	10	20	N
n-1	9	9	18	
Toplam Tg	430	443	873	GT
Ortalama	43	44,3		
Karelerin Toplamı	18542	19687		
Toplam Karesi / $\bar{N}_g$	18490	19625		
Grup Sayısı	2			

Grup içi Kareler toplamı	114		
Gruplar arası kareler toplamı	8		
Serbestlik derecesi 1	1		
Serbestlik derecesi 2	18		
Grup içi Karelerin ortalaması	6,33889		
Gruplar arası kareler ortalaması	8,45		
TEST İSTATİSTİĞİ Ftest(Msa/MSw)	1,33304		

Şekil III.8. ANAVO tablosuna göre iki deponun hesaplama detayı

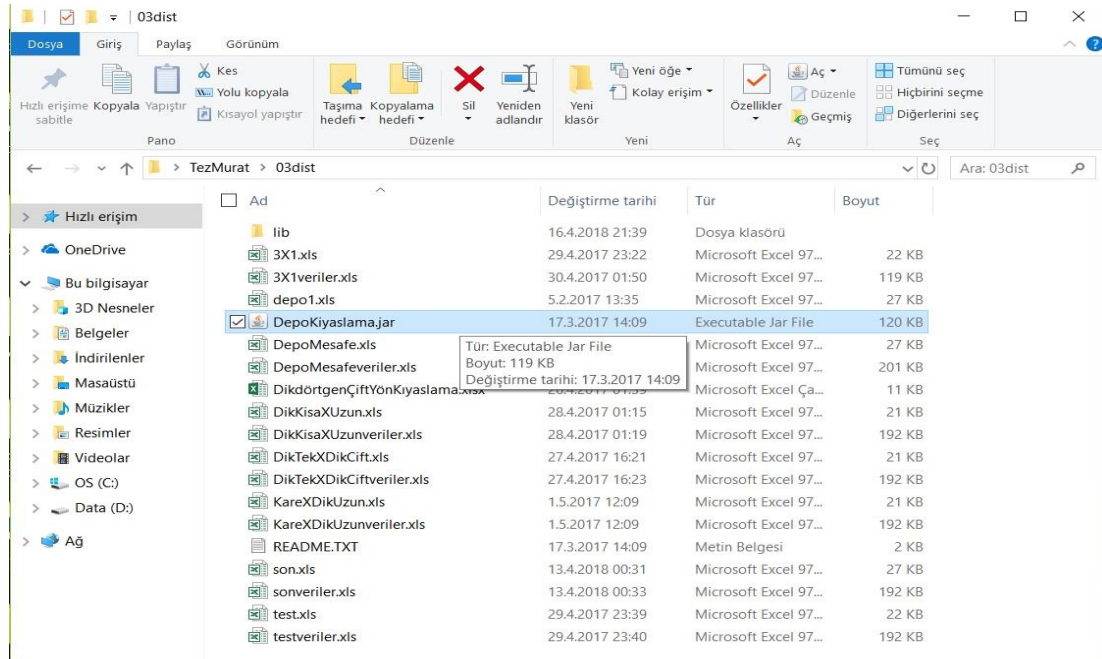
### 3.4. “Depo Simülasyon” Yazılımını Çalıştırma ve Kullanımı

Yukarıda belirtilen kare ve dikdörtgen iki deponun “Depo Simülasyon” yazılımı gerçek test verilerinin aracılığı ile karşılaştırması yapıldığında yazılımının iş akışı ve kullanımı aşağıda gösterilmiştir.

Örnek iki depo için;

- Veri toplama,
- Yazılım sayesinde test,
- Bulgular,
- Tartışma ve Raporlama sayfaları

gösterilmektedir. Yazılımı çalıştırmak için Şekil III.10’daki DepoKiyasla.jar dosyasını çalıştırmak gerekmektedir.



Şekil III.9. Program dosyaları

Yazılım çalıştığında Şekil III.10 ekranı gelmektedir.

Adres Sayısı :  Giriş Kapı Sayısı :  Çıkış Kapı Sayısı :  Dosya Adı :  DEPO 1 DEPO 2 HESAPLA SONUÇLAR

Sonuç Ekranı

	Birinci Depo	İkinci Depo	Toplamlar
Örneklem boyutu ng :	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> N
n-1 :	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Toplam Tg :	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> GT
Karelerin Toplamı :	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Toplam Karesi / ng :	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Ortalama :	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Standart Sapma :	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Varyans :	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Grup Sayısı :	<input type="text" value="2"/>		
Grup içi Kareler toplamı :	<input type="text"/>		
Gruplar arası kareler toplamı :	<input type="text"/>		
Serbestlik derecesi 1 :	<input type="text" value="1"/>		
Serbestlik derecesi 2 :	<input type="text"/>		
Grup içi Karelerin ortalaması :	<input type="text"/>		
Gruplar arası kareler ortalaması :	<input type="text"/>		
TEST İSTATİSTİĞİ Ftest(Msa/MSw) :	<input type="text"/>		

**F-distribution** Other distributions: [Normal](#) • [Student's t](#) • [Chi-square](#)

**p-value:**   
**F-value:**

numerator d.f.:   
denominator d.f.:

right tail  
 left tail

**p = 0.01**  
**F = 6.745**

Şekil III.10. Ana ekran

Önce “Adres Sayısı” bölümüne kaç palet adresinde test yapılacağı yazılır. Şekil III.4’teki depo için test yapılacağından adres sayısına 9 yazılır.

“Giriş Kapı Sayısı” bölümüne kaç kapıdan depoya giriş olacağı yazılır. Depoya 3 kapıdan giriş olacağı için 3 yazılmaktadır.

“Çıkış Kapı Sayısı” bölümüne kaç kapıdan depo dışına çıkış olacağı yazılır. Depoya aynı 3 giriş kapısından çıkış olacağı için 3 yazılmaktadır. Giriş ve çıkış kapı sayıları farklı olabilir ve değişik köşelerde de kapılar bulunabilir.

Dosya adı bölümüne yazılımın verilerini saklamak için excel’de oluşturacağı dosyanın adı verilmektedir (herhangi bir ad verilebilir). Şekil III.11’deki ekran görüntüsünde excel dosya ismi olarak “DepoMesafe” verilir.



The screenshot shows a software interface with a blue header bar. Below the header, there are four input fields with labels: 'Adres Sayısı : 9', 'Giriş Kapı Sayısı : 3', 'Çıkış Kapı Sayısı : 3', and 'Dosya Adı : DepoMesafe'. The fields are arranged horizontally and are separated by small gaps. The background of the interface is light gray.

Şekil III.11. Değişken giriş ekranı

Şekil III.11 deki tanımlamalar girildikten sonra depo bilgilerinin giriş işlemine geçilmektedir. Birinci depo kapı ve adres arasındaki mesafe bilgilerini girmek için DEPO1 butonuna basılınca Şekil III.12’deki ekran gelmektedir.

Giriş1	Giriş2	Giriş3	Çıkış1	Çıkış2	Çıkış3

EKLE      KAYDET      SİL

Şekil III.12. Depo bilgileri ekranı

Ekranda giriş ve çıkış kapı sayısı 3 seçildiğinden, Şekil III.12'deki "Giriş" ve "Çıkış" kolon sayıları 3'er tane olarak gelmektedir. 4 giriş kapısı ve 5 çıkış kapısı girilirse 4 giriş kolonu ile 5 çıkış kolonu ekrana gelir.

EKLE butonu ile birinci adresin 3 giriş kapısına ve 3 çıkış kapısına mesafeleri metre olarak yazılır.

Input

1. giriş kapı mesafesi :

9

OK      Cancel

Şekil III.13 Kapı mesafesi giriş ekranı

OK butonu ile ikinci giriş kapısı ile adres arasındaki mesafeye geçilir.

Şekil III.14 Kapı mesafesi giriş ekranı

Kapı giriş mesafe işlemleri Şekil III.13 ve Şekil III.14'teki gibi ard arda devam eder.

Giriş1	Giriş2	Giriş3	Çıkış1	Çıkış2	Çıkış3
9	27	45	9	27	45

Şekil III.15 Giriş çıkış kapıları ile palet adresi arası mesafe özet ekranı

İlk adres girişi bitince EKLE butonu ile ikinci adres girişine geçilir. Bu işlem adres giriş sayısı kadar tekrar eder.

TABLO 1					
Giriş1	Giriş2	Giriş3	Çıkış1	Çıkış2	Çıkış3
9	27	45	9	27	45
27	9	27	27	9	27
45	27	9	45	27	9
27	45	63	27	45	63
45	27	45	45	27	45
63	45	27	63	45	27
45	63	81	45	63	81
63	45	63	63	45	63
81	63	45	81	63	45

EKLE KAYDET SİL

Şekil III.16. Giriş çıkış kapılarının ile palet adres arası mesafe özet ekranı

9 adres için kapı mesafeleri girilmiştir. KAYDET butonuna basılır. Bu ekran kaydetten sonra ekranda durur. İlk sayfaya dönülüp DEPO 2 butonuna tıklanır ve kapı ve adres mesafeleri girilir. Yeniden KAYDET butonuna basıldığında “DepoMesafe” isimli excel dosyasına DEPO1 ve DEPO2 mesafeleri kaydedilir.

Karşılaştırma yapılan 2 depo mesafe girişleri bittikten sonra HESAPLA butonu ile 1000 palet için 3 girişten 9 adrese, 9 adresten 3 çıkışa mesafeleri raslantısal olarak atanıp hesaplanır. Kapı sayısı ve adres sayısı değişkendir. Bu örnekteki rakamlara göre alınmıştır.

HESAPLA butonu ile hesaplamalar karşılaştırmalar yapılır. OK butonu ile Rapor sayfasına geçilir.



Adres Sayısı : 9 Giriş Kapı Sayısı : 3 Çıkış Kapı Sayısı : 3 Dosya Adı : DepoMesafe DEPO 1 DEPO 2 HESAPLA SONUÇLAR

**Sonuç Ekranı**

	Birinci Depo	İkinci Depo	Toplamlar	
Örneklem boyutu ng :	1000	1000	2000	N
n-1 :	999	999	1998	
Toplam Tg :	87228	102829	190057	GT
Karelerin Toplamı :	8337816	11657311		
Toplam Karesi / ng :	7608723	10573803		
Ortalama :	87.228	102.829		
Standart Sapma :	27.015215	32.93315		
Varyans :	729.82184	1084.5924		
Grup Sayısı :	2			
Grup içi Kareler toplamı :	1812601.0			
Gruplar arası kareler toplamı :	123026.0			
Serbestlik derecesi 1 :	1			
Serbestlik derecesi 2 :	1998.0			
Grup içi Karelerin ortalaması :	907.2077			
Gruplar arası kareler ortalaması :	123026.0			

TEST İSTATİSTİĞİ Ftest(Msa/Msw): 135.60951232910156

**Düşük ortalaması 87.228 olan bir nolü depo daha iyidir.**

**F-distribution** Other distributions: [Normal](#) • [Student's t](#) • [Chi-square](#)

p-value: 0.01  
F-value: 6.745

numerator d.f.: 1  
denominator d.f.: 1998

right tail  
 left tail

p = 0.01  
F = 6.745

Şekil III.17. Analiz sayfası

Tablo III.2. Analiz sayfası Şekil III.17'nin ANOVA gösterimi

Değişkenliğin Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplam	Varyans	F-oranı
Gruplar Arası	1	123026	123026	F=135.6095
Grup İçi	1998	1812601	907,2077	
Toplam	n-1	SST=SSA+SSW		

Depo 1 aynı metre kare deponun 1000 palet giriş çıkış toplamının ortalaması yaklaşık 87 metre, standart sapması ise yaklaşık 27 metredir. Aynı metre kare dikdörtgen deponun giriş çıkış ortalaması yaklaşık 103 metredir ve standart sapması yaklaşık 33 metredir. ANOVA varyans analizi tek yön %1 için F testi 135 çıkmıştır. Büyük bir fark ile F-testi 135, %1 tek yön F-testi 6,745'ten çok yüksek olduğundan, kare depo kesinlikle performans açısından daha uygundur. Şekil III.17. analiz sayfasının en altında özet olarak hangi deponun iyi olduğu ya da hiçbir fark olmadığı yazılır.

Depo 2, Depo 1'den %18 daha fazla hareket gerektirmektedir. Daha fazla hareket daha fazla işgücü adam, makine ve düşük performans demektir. Bu sonuçta direk maliyet ve finansal olarak etkisini göstermektedir.

Daha önceden girilen depo verilerine ulaşmak ve tekrar tekrar test edebilmek için; test "Dosyasının Adı", "Adres Sayısı", "Giriş Kapı Sayısı", "Çıkış Kapı Sayısı" değerleri girilerek hesaplama butonuna basılabilir.

Önceden girilen deponun verilerini değiştirmeden görüntülemek için ise "Dosya Adı" girilerek "SONUÇLAR" butonuna basılabilir.

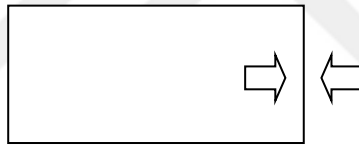
Sonuçların ve yazılımın tutarlılığını görmek için uygulama birçok defa tekrarlanmıştır. Sonuç olarak ortalama, standart sapma ve ANOVA sonuçları birbirine çok yakın değerlerde çıkmıştır.

### 3.5. Farklı Depo Simülasyon Testleri

#### 3.5.1. Dikdörtgen Tek Yönde Kapı ile Dikdörtgen İki Yönlü Depo Kıyaslaması

Büyüklikleri aynı sadece giriş ve çıkış kapıları farklı yönde olan iki dikdörtgen depo “Depo Simülasyon” yazılımı yardımı ile kıyaslanmak istenirse;

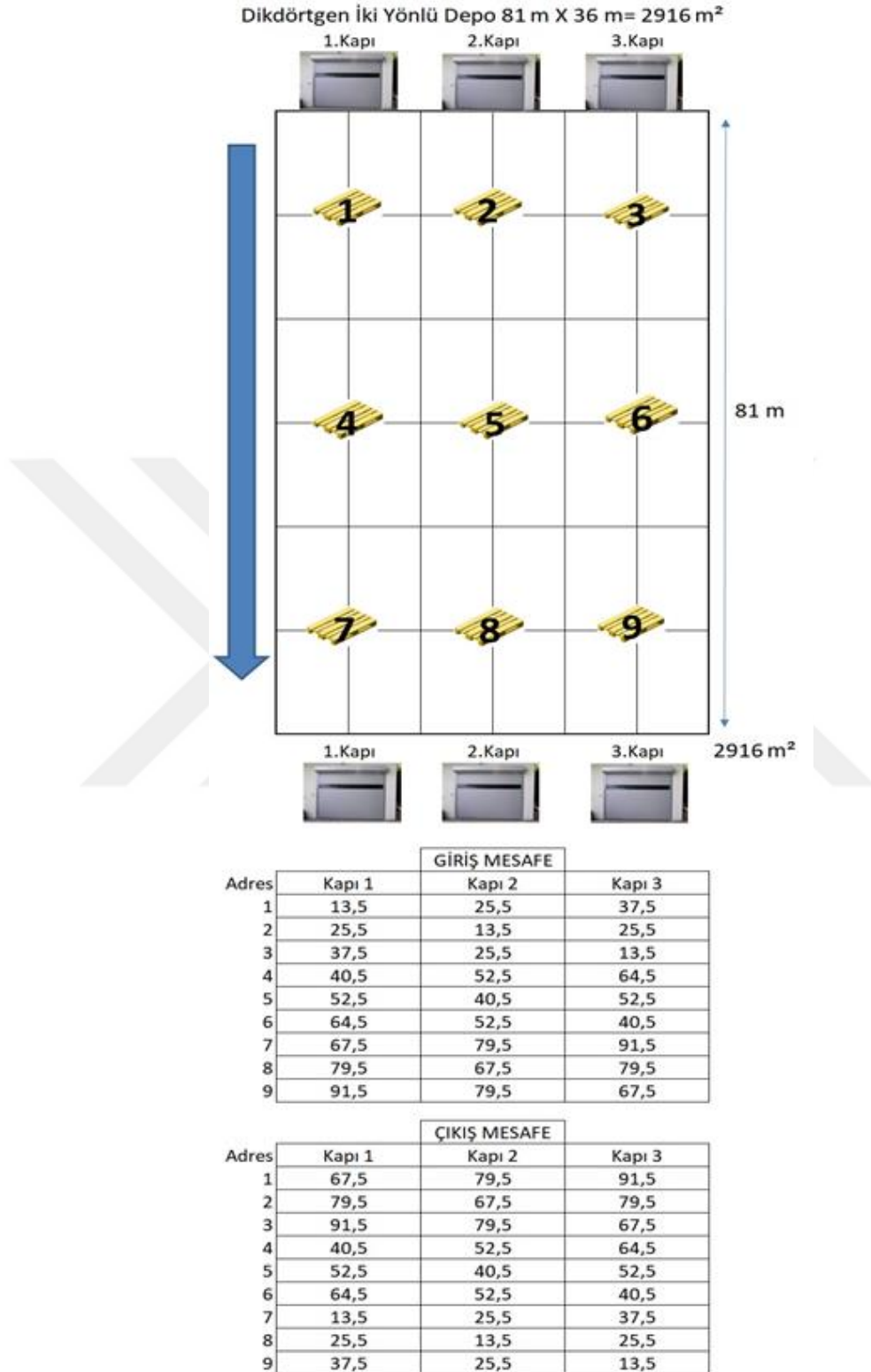
- Depo 1: 81 m X 36 m = 2916 m<sup>2</sup> tek yönde giriş çıkış kapısı (Şekil III.4)
- Depo 2: 81 m X 36 m = 2916 m<sup>2</sup> çift yönde giriş çıkış kapısı (Şekil III.20)



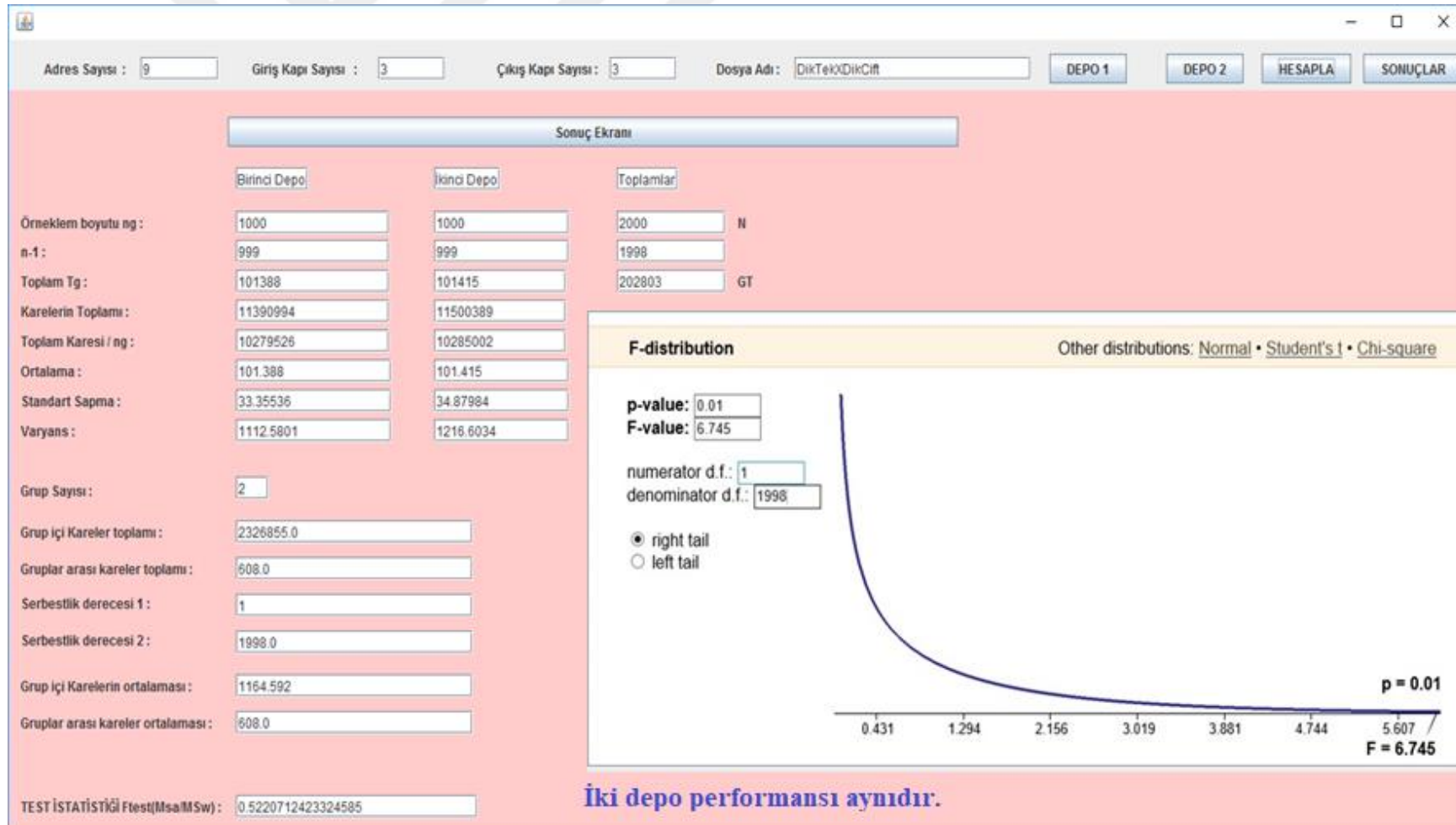
Şekil III.18 Dikdörtgen depo, kapılar aynı kısa kenardan giriş çıkış



Şekil III.19 Dikdörtgen depo, giriş, çıkış kapıları karşılıklı iki kısa kenarda



Şekil III.20. Dikdörtgen depo, kapılar karşılıklı 2 kısa kenarda ve kapı-palet adresi mesafeleri



Şekil III.21. Analiz sayfasında dikdörtgen depo tek kısa kenardan giriş çıkış ile karşılıklı 2 kısa kenardan giriş çıkış F-Tablosu

Tablo III.3. Analiz sayfası Şekil III.21'in ANOVA gösterimi

Değişkenliğin Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplam	Varyans	F-oranı
Gruplar Arası	1	608	608	F=0,52207
Grup İçi	1998	2326855	1164,592	
Toplam	n-1	SST=SSA+SSW		

F-dağılımı tablosunda (Şekil III.21) çıkan sonuç; ortalamalar her iki depo içinde çok yakın çıkmıştır. 101 m giriş çıkış toplam ortalaması ve  $F=6,745$ 'ten çok düşük bir F değeri çıkmıştır. (Johston, 2017)

Sonuç olarak dikdörtgen bir deponun kısa kenarında ya da tam karşısında kapılar olması hareketi etkilememektedir. Bu tür depolar verimlilik açısından aynıdır.

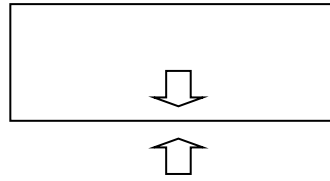
### 3.5.2. Dikdörtgen Deponun Uzun ya da Kısa Kenarında Kapıların Kıyaslaması

Aynı büyüklükte iki dikdörtgen depoda (Şekil III.24) sadece giriş ve çıkış kapılarının bulunduğu kenarları değiştirerek “Depo Simülasyon” yazılımı yardımı ile kıyaslaması yapıldığında;

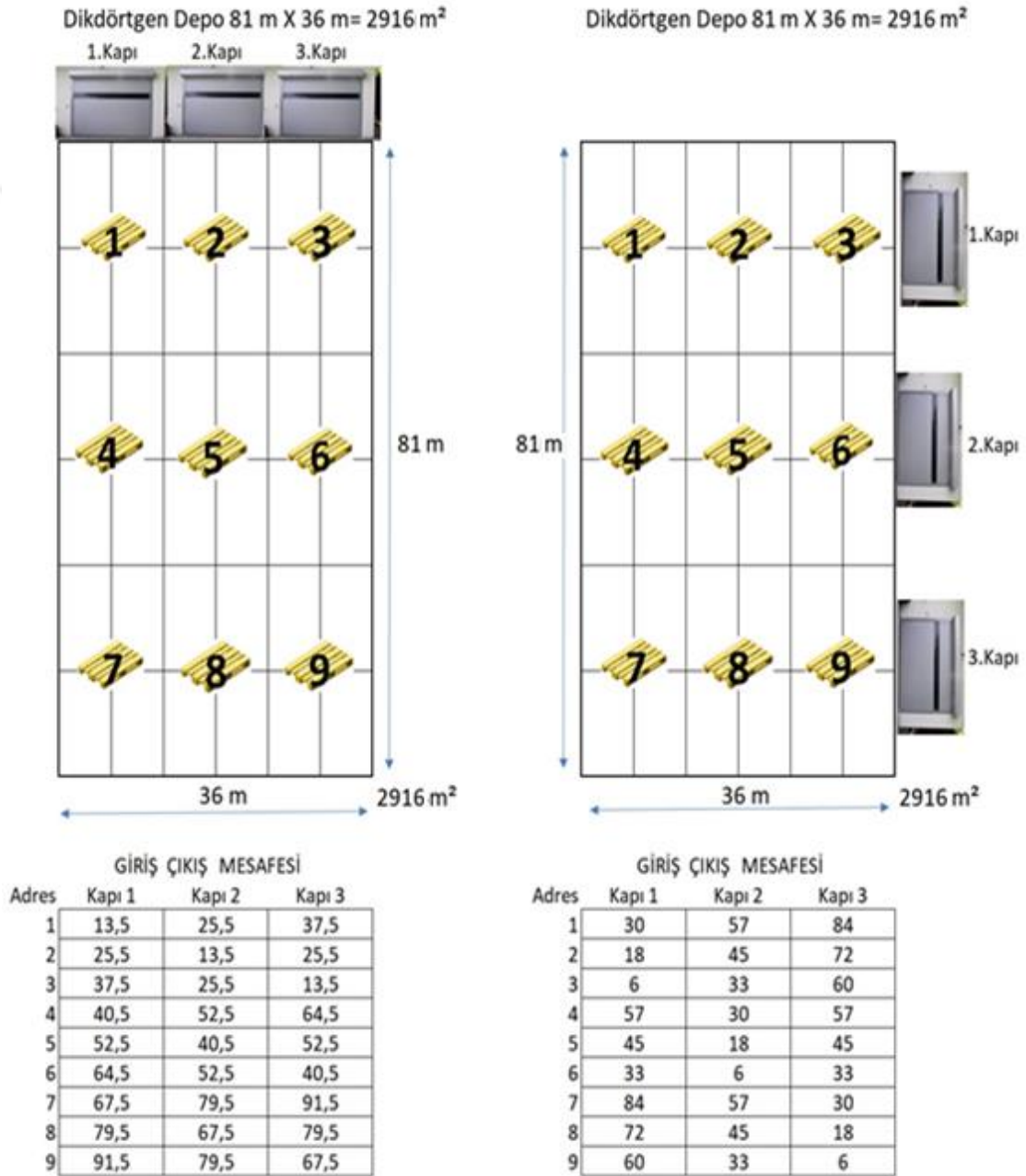
- Depo 81 m X 36 m= 2916 m<sup>2</sup> tek yönde “kısa kenarda” giriş çıkış kapısı
- Depo 81 m X 36 m= 2916 m<sup>2</sup> tek yönde “uzun kenarda” giriş çıkış kapısı



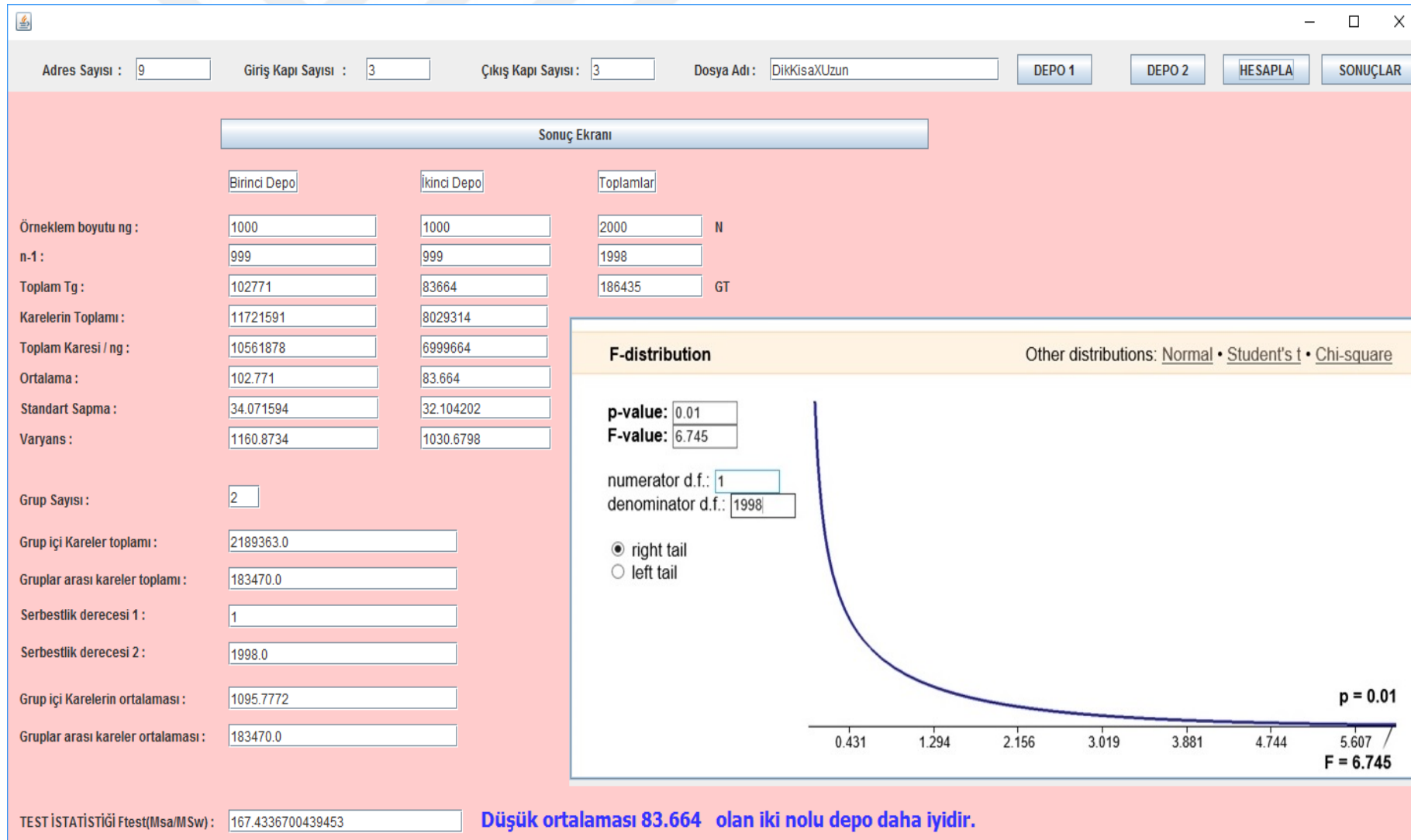
Şekil III.22 Dikdörtgen, kapılar tek kısa kenardan giriş çıkış



Şekil III.23 Dikdörtgen, kapılar tek uzun kenardan giriş çıkış



Şekil III.24. Dikdörtgen deponun kısa ya da uzun kenardan giriş çıkış kıyaslaması ve kapı-palet adresi mesafeleri



Şekil III.25. Analiz sayfasında dikkörtgen deponun kısa ya da uzun kenardan giriş çıkış kıyaslaması F-tablosu



Tablo III.4. Analiz sayfası Şekil III.25'in ANOVA gösterimi

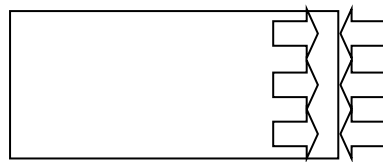
Değişkenliğin Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplam	Varyans	F-oranı
Gruplar Arası	1	183470	183470	F=167,43
Grup İçi	1998	2189363	1095,77	
Toplam	n-1	SST=SSA+SSW		

“Depo Simülasyon” yazılımı ile sınındığında, F-dağılımı tablosunda (Tablo III.4) çıkan sonuç; 2.depo uzun kenarda kapıları olan depo ortalaması 83 m, kısa kenarda kapıları olan 1.deponun 102 m ortalaması çıkmıştır. Bu ortalama ANOVA tablosuna göre tek yönde p-değeri %1, F-değeri 167, sınır olan 6,745’in üstünde bir değerdir. Bu ortalamalar aynı grubun ortalaması değildir. Uzun kenarında kapıları olan depo, kısa kenarında kapıları olan depodan daha iyidir. Mevcut dikdörtgen depolar kot farkı yoksa kapı yönleri değiştirilebilir.

### 3.5.3. Dikdörtgen Depoda Aynı Kenarda Çok ve Az Kapı Kıyaslaması

Aynı büyüklükte iki dikdörtgen depoda (Şekil III.28) aynı kenarda sadece giriş ve çıkış kapılarının sayısını değiştirerek “Depo Simülasyon” yazılımı yardımı ile kıyaslaması yapıldığında;

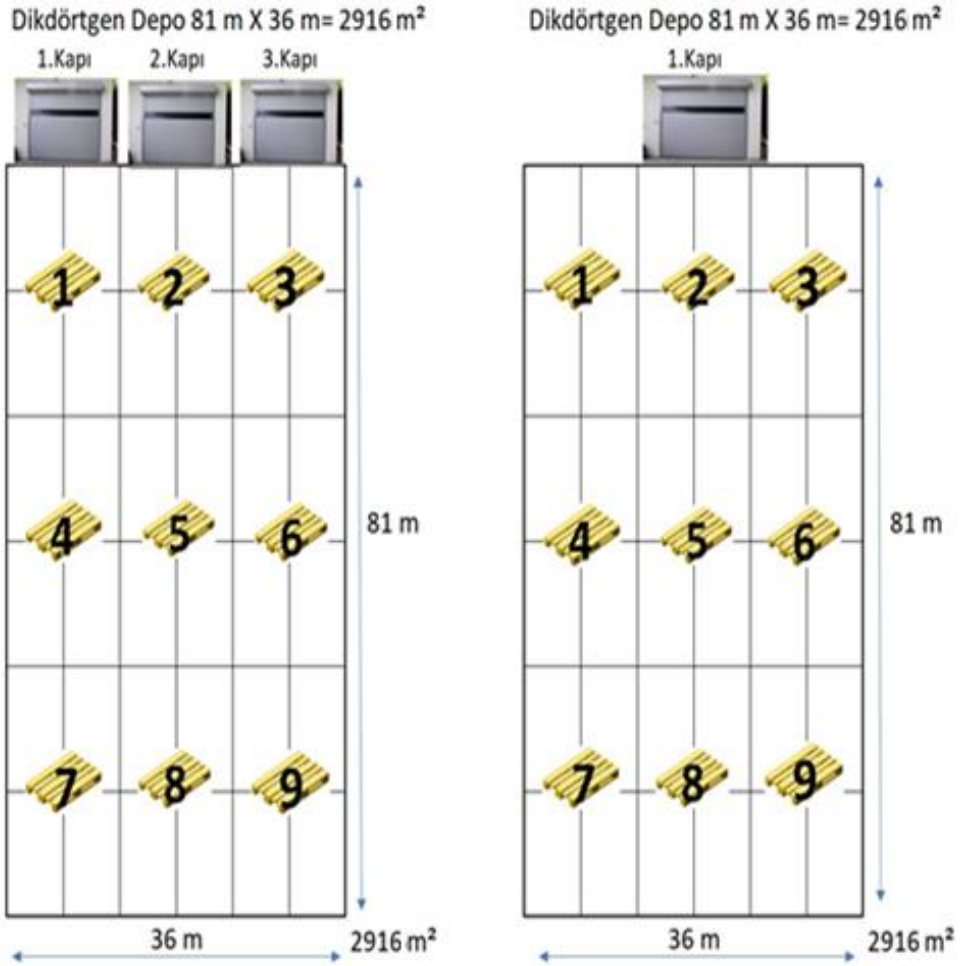
- Depo 81 m X 36 m = 2916 m<sup>2</sup> tek yönde kısa kenarda 3 giriş çıkış kapısı
- Depo 81 m X 36 m = 2916 m<sup>2</sup> tek yönde kısa kenarda 1 giriş çıkış kapısı



Şekil III.26. Dikdörtgen, kapılar tek kısa kenardan 3 kapıdan giriş çıkış



Şekil III.27. Dikdörtgen, kapılar tek kısa kenardan 1 kapıdan giriş çıkış



GİRİŞ ÇIKIŞ MESAFESİ

Adres	Kapı 1	Kapı 2	Kapı 3
1	13,5	25,5	37,5
2	25,5	13,5	25,5
3	37,5	25,5	13,5
4	40,5	52,5	64,5
5	52,5	40,5	52,5
6	64,5	52,5	40,5
7	67,5	79,5	91,5
8	79,5	67,5	79,5
9	91,5	79,5	67,5

GİRİŞ ÇIKIŞ MESAFESİ

Adres	Kapı 3
1	25,5
2	13,5
3	25,5
4	52,5
5	40,5
6	52,5
7	79,5
8	67,5
9	79,5

Şekil III.28. Dikdörtgen depoda tek kapı çok kapı Kıyaslaması ve kapı-palet adresi mesafeler

Adres Sayısı :  Giriş Kapı Sayısı :  Çıkış Kapı Sayısı :  Dosya Adı : 3X1

**Sonuç Ekranı**

	Birinci Depo	İkinci Depo	Toplamlar
Örneklem boyutu ng :	1000	1000	2000 N
n-1 :	999	999	1998
Toplam Tg :	103302	94644	197946 GT
Karelerin Toplamı :	11835270	10035342	
Toplam Karesi / ng :	10671303	8957486	
Ortalama :	103.302	94.644	
Standart Sapma :	34.13403	32.847134	
Varyans :	1165.132	1078.9342	

Grup Sayısı :

Grup içi Kareler toplamı :

Gruplar arası kareler toplamı :

Serbestlik derecesi 1 :

Serbestlik derecesi 2 :

Grup içi Karelerin ortalaması :

Gruplar arası kareler ortalaması :

TEST İSTATİSTİĞİ Ftest(Msa/MSw) :

**Düşük ortalaması 94.644 olan iki nolu depo daha iyidir.**

**F-distribution** Other distributions: [Normal](#) • [Student's t](#) • [Chi-square](#)

p-value:   
F-value:

numerator d.f.:   
denominator d.f.:

right tail  
 left tail

**p = 0.01**  
**F = 6.745**

Şekil III.29 Analiz sayfasında tek kenarda çok kapılı ve az kapılı kıyaslaması F-tablosu

Tablo III.5. Analiz sayfası Şekil III.29'un ANOVA gösterimi

Değişkenliğin Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplam	Varyans	F-oranı
Gruplar Arası	1	38668	38668	F=34.48
Grup İçi	1998	2241823	1122.03	
Toplam	n-1	SST=SSA+SSW		

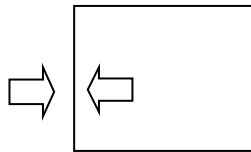
F-dağılımı tablosunda (Tablo III.5) çıkan sonuç; iki depo ortalaması farklıdır. 3 kapılı yani çok kapılı depo ile ortada tek kapılı az kapılı depo kıyaslamasında 103m ile 94m gibi iki ortalama mevcuttur. F-dağılımında 34,48 sonucu F-oranı 6,745'ten büyük olduğundan, F dağılımına göre fark anlamlıdır.

Çok hızlı bir depo olmadıkça ortaya yakın tek kapılı depo yapmak performans bakımından daha iyi gözükmektedir. Bunun sebebi yanlara her açılan yeni kapı ortalamadan uzaklaşmadır.

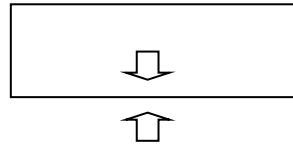
### 3.5.4. Kare Depo ve Dikdörtgen Depo Uzun Kenarda Kapı Kıyaslaması

Kare deponun bir kenarı ile aynı metre kare dikdörtgen bir deponun uzun kenarındaki kapılar (Şekil III.32) "Depo Simülasyon" yazılımı yardımı ile kıyaslandığında;

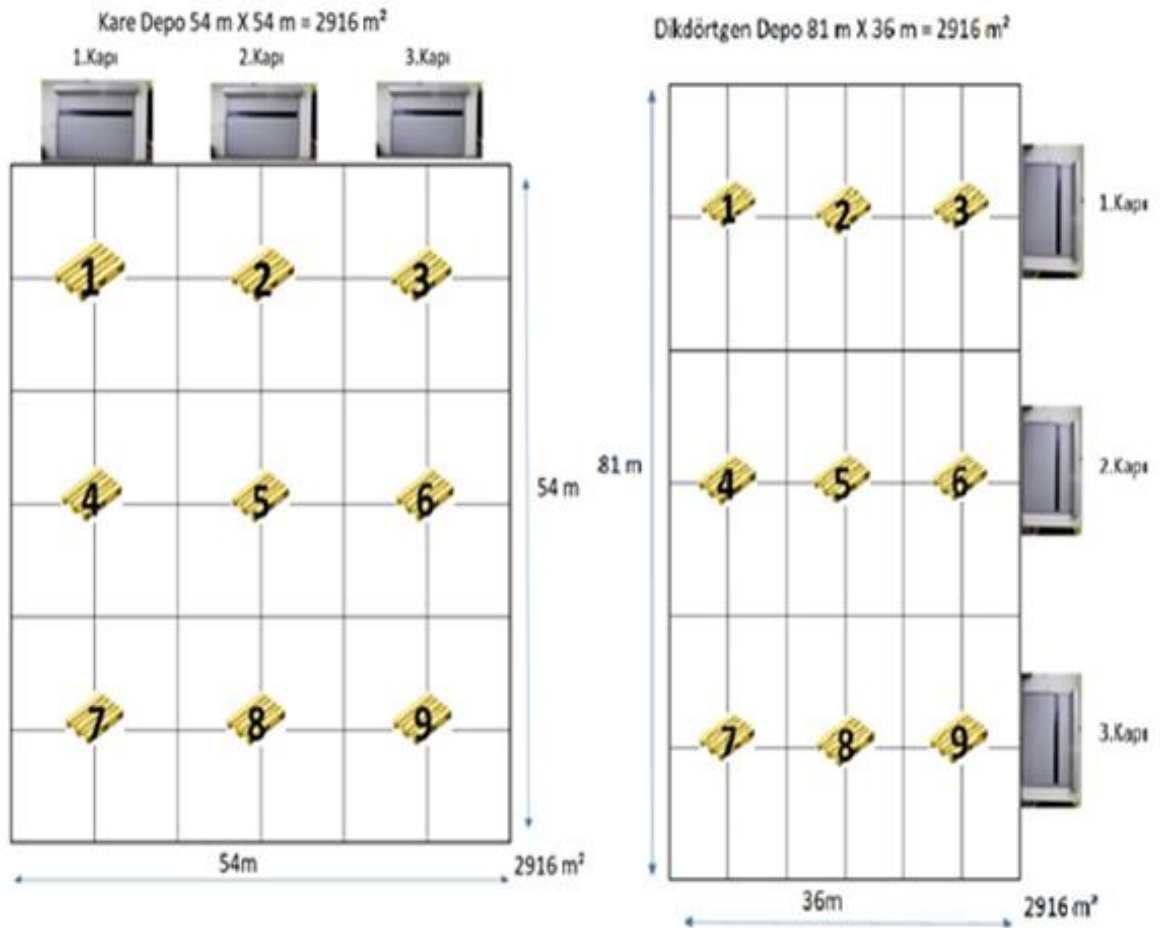
- Kare depo 54m X 54m= 2916m<sup>2</sup> tek yönde bir kenarda 3 giriş ve çıkış kapısı
- Dikdörtgen depo 81m X 36m= 2916m<sup>2</sup> tek yönde uzun kenarda 3 giriş, çıkış kapısı



Şekil III.30 Kare, kapılar tek kenardan giriş çıkış



Şekil III.31 Dikdörtgen, kapılar tek kısa kenarda giriş çıkış



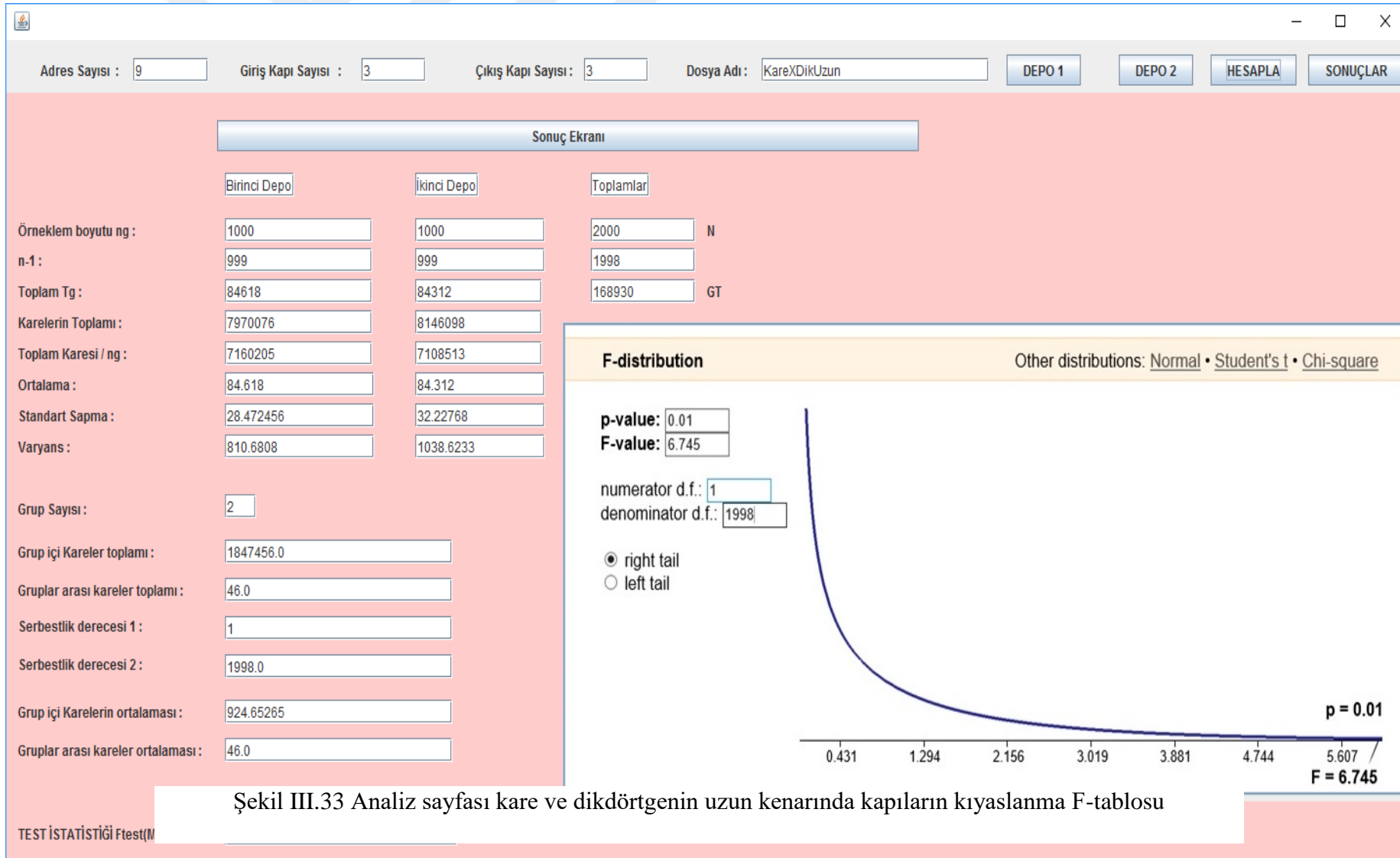
**GİRİŞ ÇIKIŞ MESAFESİ**

Adres	Kapı 1	Kapı 2	Kapı 3
1	9	27	45
2	27	9	27
3	45	27	9
4	27	45	63
5	45	27	45
6	63	45	27
7	45	63	81
8	63	45	63
9	81	63	45

**GİRİŞ ÇIKIŞ MESAFESİ**

Adres	Kapı 1	Kapı 2	Kapı 3
1	30	57	84
2	18	45	72
3	6	33	60
4	57	30	57
5	45	18	45
6	33	6	33
7	84	57	30
8	72	45	18
9	60	33	6

Şekil III.32. Kare depo Dikdörtgen uzun kenarda kapı kıyaslaması ve kapı-palet adresi mesafeler



Tablo III.6. Analiz sayfası Şekil III.33'ün ANOVA gösterimi

Değişkenliğin Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplam	Varyans	F-oranı
Gruplar Arası	1	48	48	F=0.0497
Grup İçi	1998	1847458	924.65	
Toplam	n-1	SST=SSA+SSW		

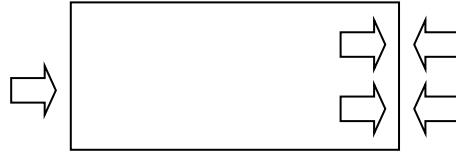
F-dağılımı tablosunda çıkan sonuç; ortalamalar her iki depo içinde çok yakın 84m giriş çıkış toplam ortalaması çıkmıştır.  $F=6,745$ ten çok düşük 0,0497 F-değeri ile bu iki ortama aynı örneklemden alınmış, birbirine benzerdir. (Johston, 2017)

Sonuç olarak kare bir deponun bir kenarında ya da dikdörtgen deponun uzun kenarında kapılar olması depo içi hareketi etkilememektedir. Bu tür depolar verimlilik açısından aynıdır.

### 3.5.5. Aynı Dikdörtgen Depoda Kısa Kenarda 2 Kapı ile Karşılıklı 2 Kapı Tek Yönde Hareket Kıyaslaması

Bir dikdörtgen deponun bir kısa kenarında iki kapı ile aynı dikdörtgen deponun karşılıklı iki kısa kenarında bir kapıdan giriş, diğer kapıdan çıkış yapacak iki kapılı depolar (Şekil III. 36) “Depo Simülasyon” yazılımı yardımı ile kıyaslandığında;

- Dikdörtgen depo  $81 \text{ m} \times 36 \text{ m} = 2916 \text{ m}^2$  “tek yönde” bir kısa kenarda 2 giriş, çıkış kapısı
- Dikdörtgen depo  $81 \text{ m} \times 36 \text{ m} = 2916 \text{ m}^2$  “iki karşı yönde” kısa kenarlarda 1 giriş 1, çıkış kapısı

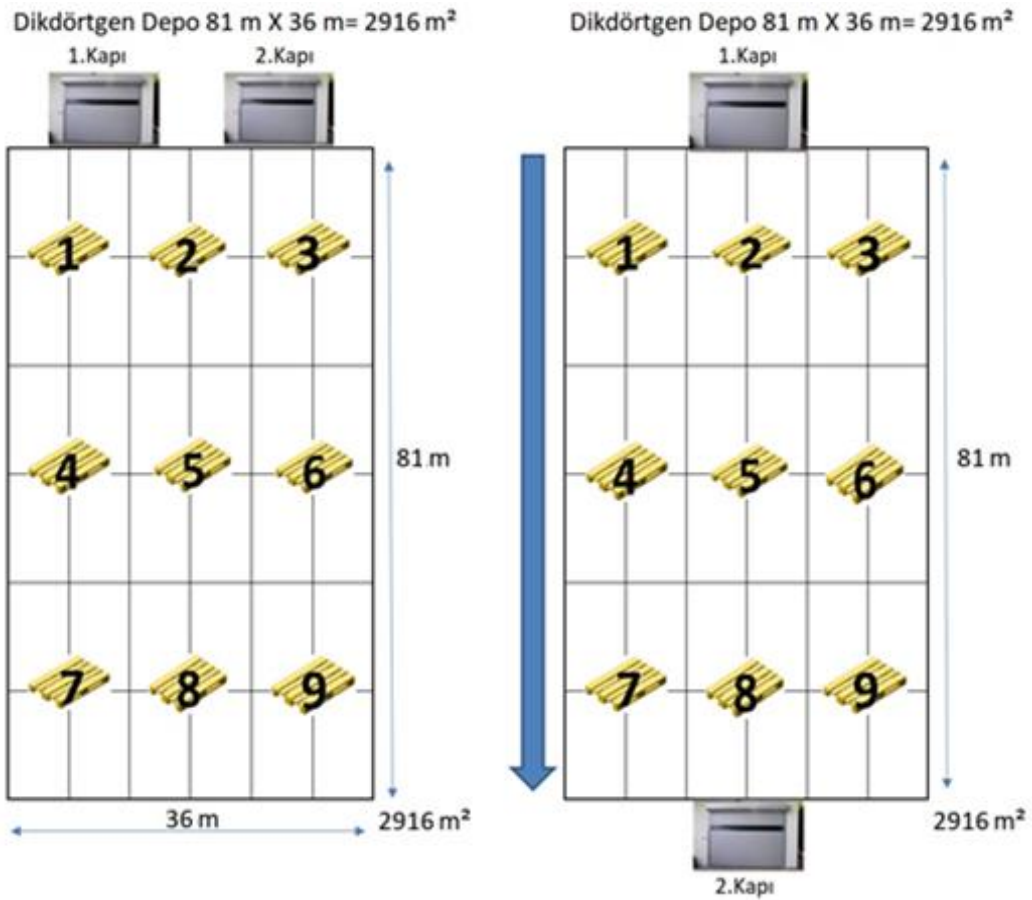


Şekil III.34 Dikdörtgen, 2 kapı tek kısa kenardan giriş çıkış



Şekil III.35 Dikdörtgen, 2 kapı 2 kısa kenarda, 1kapı giriş, 1 kapı çıkış





**GİRİŞ ÇIKIŞ MESAFESİ**

Adres	Kapı 1	Kapı 2
1	16,5	34,5
2	22,5	22,5
3	34,5	16,5
4	43,5	61,5
5	49,5	49,5
6	61,5	43,5
7	70,5	88,5
8	76,5	76,5
9	88,5	70,5

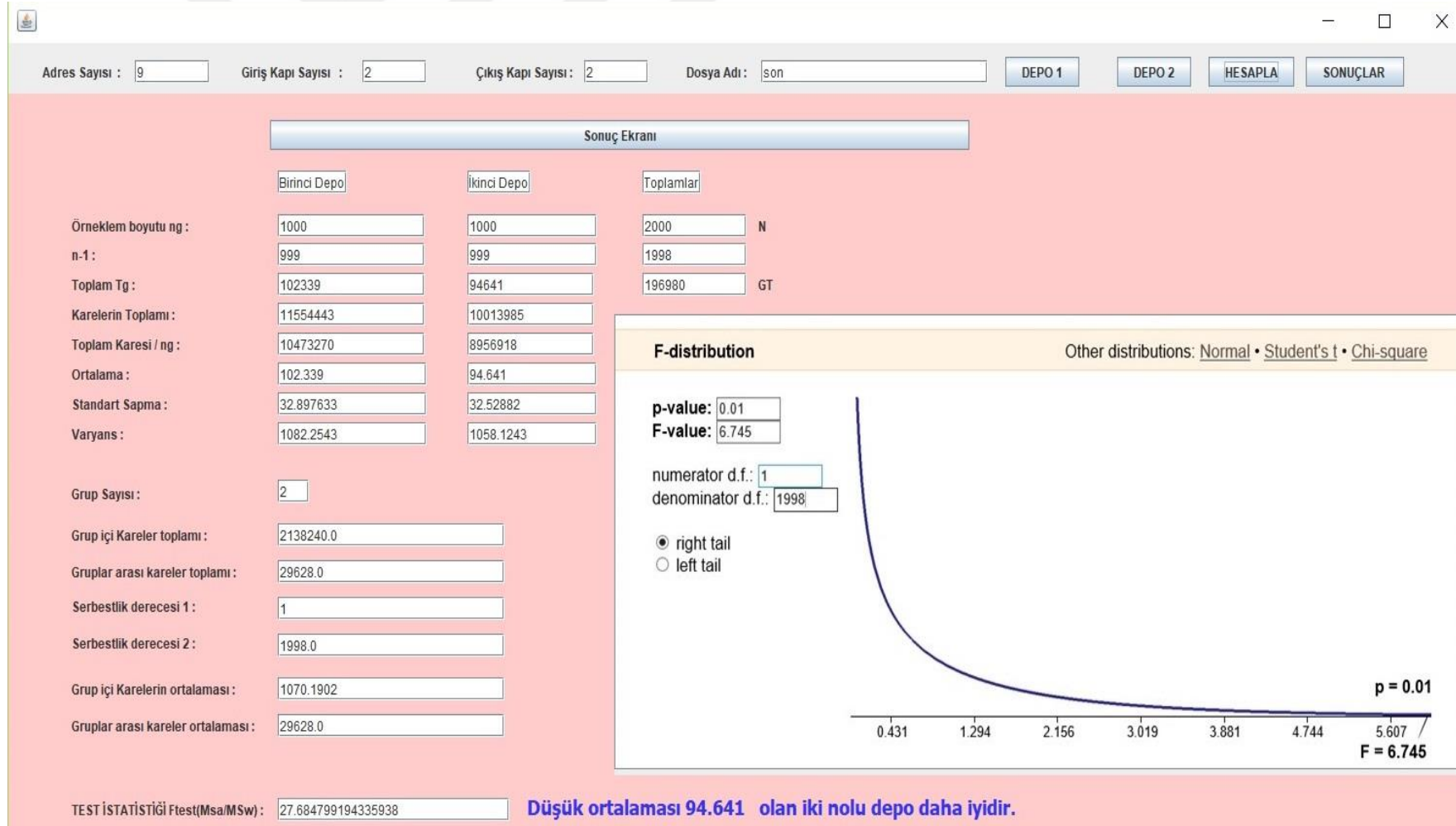
**GİRİŞ MESAFESİ**

Adres	Kapı 1	Kapı 2
1	25,5	25,5
2	13,5	13,5
3	25,5	25,5
4	52,5	52,5
5	40,5	40,5
6	52,5	52,5
7	79,5	79,5
8	67,5	67,5
9	79,5	79,5

**ÇIKIŞ MESAFESİ**

Adres	Kapı 1	Kapı 2
1	79,5	79,5
2	67,5	67,5
3	79,5	79,5
4	52,5	52,5
5	40,5	40,5
6	52,5	52,5
7	25,5	25,5
8	13,5	13,5
9	25,5	25,5

Şekil III.36 Dikdörtgenin kısa kenarında 2 kapı ile karşılıklı 2 kısa kenarında 1'er kapı kıyaslaması



Şekil III.37 Analiz sayfası aynı dikdörtgenin kısa kenarda yan yana 2 kapı, karşı karşıya 2 kapı kıyaslaması F-tablosu

Tablo III.7. Analiz sayfası Şekil III.37'nin ANOVA gösterimi

Değişkenliğin Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplam	Varyans	F-oranı
Gruplar Arası	1	29628	29628	F=27,68
Grup İçi	1998	2138240	1070,19	
Toplam	n-1	SST=SSA+SSW		

F-dağılımı tablosundan (Tablo III.7) çıkan sonuç; iki depo ortalaması farklıdır. 2 tane kısa kenarda yan yana kapılı depo ile kısa kenar ortasında tek kapı tam karşı kısa kenar da tek kapılı depo kıyaslamasında, 102m ile 94m gibi iki ortalama mevcuttur. F-dağılımında 27,68 sonucu, F-oranı 6,745'ten büyük olduğundan, F dağılımına göre fark anlamlıdır. 2 kapı yan yana inşa etmek yerine, karşılıklı iki kapı yapılırsa performans olarak daha hızlı bir depo elde edilir. Bunun sebebi yanlara doğru her açılan yeni kapı ortalamadan uzaklaşmadır.

## IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Depo simülasyon yazılımları çeşitli sebeplerden dolayı depo dış cephe tasarımında kullanılamamaktadır. Bu sebepler ekonomik, insan kaynağı, eğitim, lojistik depo ve istatistik bilgisi eksikliği, danışmanlık maliyetidir.

Çalışma kapsamında geliştirilen “Depo Simülasyon” yazılımına ücretsiz ulaşılabilir. “Depo Simülasyon” yazılımı için yeni bir web sitesi kurulacak, internetten link verilecek ve ayrıca Android versiyonu geliştirilip Google Play’den ücretsiz indirilebilecektir.

“Depo Simülasyon” yazılımı sayesinde bazı örnek çıkarımlar elde edilmiştir;

- Son 15-20 yılda yapılan dikdörtgen kısa kenarından kapılı depolar çalışmadaki kısıtlar çerçevesinde, geliştirdiğimiz “Depo Simülasyon” yazılımında yapılan kıyaslamalarda performans açısından en düşük depo dış şekli olarak çıktı.
- Çalışmadaki kısıtlar çerçevesinde, geliştirdiğimiz “Depo Simülasyon” yazılımında yapılan kıyaslamalarda performans açısından aşağıdaki çıkarımlar elde edilmiştir;
- Tek yönde kapılı kare depolar aynı metre kare tek yönde kapılı dikdörtgen depolardan daha iyi performans vermektedir.
- Dikdörtgen deponun “uzun kenarında kapılar”, “kısa kenardaki kapılardan” daha iyi performans vermektedir. Mevcut dikdörtgen depolar kot farkı yok ise kapı yönleri değiştirilebilir.
- Dikdörtgen ve kare depoların iki “karşılıklı kenarlarda”, çift taraflı kapıları olması ya da tek tarafta kapıların olması arasında performans bakımından hiçbir fark yoktur.

- Tek ortada yer alan bir kapı çoklu kapılardan performans olarak daha iyidir. Her ilave kapı orta merkezden uzaklaştığından performans düşer. İdeal depoda tek ortada kapı olmalıdır. “İş yoğunluğu ve müşteri servis seviyesi ihtiyacı olarak daha çok kapı gerekebilir” (Yoseph, Yaakov Roll, & Meir, 1980).
- Kare tek yönde kapılar ile Dikdörtgenin uzun kenardaki kapılar kıyaslandığında hiçbir fark yoktur.
- İki kapı yan yana inşa etmek yerine, karşılıklı 2 kapı yapılırsa performans daha hızlı olur.

Birçok farklı depo kıyaslama senaryosu yapılabilir. Kullanıcılar geliştirilen yazılım aracılığı ile çok sayıda örnek simülasyonlar deneyebilirler. Kullanıcılar mevcut depoları geliştirmek için, “Depo Simülasyon” yazılımı sayesinde depolarının fiziksel şartlarına müdahale etmeden performans geliştirici senaryolar üretebilirler.

Bu simülasyon yazılımı ile tüm depo şekilleri kıyaslanabilir. “Depo Simülasyon” yazılımı diğer simülasyon yazılımlarına göre çok basit bir yazılımdır. “Depo Simülasyon” yazılımına ulaşmak ücretsizdir. Bir veya birkaç elemanın bu konu için ayrılmasına gerek yoktur. Bu yazılım sayesinde çok derin bir lojistik, istatistik ve simülasyon yazılımı bilgisi sahip olmak gerekmez. Yazılım gerekli miktardaki lojistik, istatistik ve yazılım bilgisini seçerek kendisi kullanıcı yerine kullanmaktadır. Kullanıcıya arka taraftaki karışık sistemi göstermeden direk özet, basit bir sonucu sunmaktadır.

Son 15 yıl içinde inşa edilen kapıları kısa kenarında dikdörtgen lojistik depolar geliştirilen yazılım sayesinde başka dış depo şekline haiz daha performanslı depolarla sınıanıp, inşa edilebilecektir.

Deponun dış depo şekli seçiminde “Depo Simülasyon” yazılımı kullanılabilir.

“Depo Simülasyon” yazılımı sayesinde eleman, ekipman, depo işletim maliyetlerinde düşme sağlanır. Ayrıca depo performansını hızlandırarak, müşteriye hizmet artmaktadır.

“Depo Simülasyon” yazılımı özet olarak; basit, spesifik bir konu üstünde uzmanlaşmış, sadece gerektiği kadar lojistik ve istatistik bilgisi taşıyan, kullanıcı dostu, ücretsiz, ulaşılabilir, danışmanlık ve eğitim gerektirmeyen bir yazılımdır.

Çalışmada geliştirilebilecek bölümler vardır. Ürün çeşitliliği arttırarak depo içinde homojen dağılım ile değil de ayrı ayrı bölümlere yerleştirme yapılarak çıkacak sonuçlar araştırılabilir. Ürünlerin hızlı ve yavaş olmasının depo dış şekline ve performansa etkisi ayrı bir araştırma ile incelenebilir. Sadece mesafe değil, zaman faktörü de eklenebilir. Yükseklik, dikey hareketlerin ve asansörün depo şekline etkisi de incelenebilir.

## KAYNAKÇA

- Acker, E. (2011, 10 12). *WBDG Whole Building Design Guide*. Retrieved 02 01, 2017, from <https://www.wbdg.org/building-types/warehouse>:  
<https://www.wbdg.org/building-types/warehouse>
- Aktif52. (2017, 3 1). *Task Ve Kask Nedir*. (Aktif52 İnşaat Emlak Tanıtım Satış Hizmetleri) 3 3, 2017 tarihinde <http://www.aktif52.com/icerik/4/task-ve-kask-nedir.html>. adresinden alındı
- Akyol, G., & Arkadaşları. (2018, 3 1). *İkiden fazla grup ortalamasının karşılaştırılması*.  
<http://tip.baskent.edu.tr/kw/upload/600/dosyalar/cg/sempozyum/ogrsmpzsnm12/10.1.pdf>:  
<http://tip.baskent.edu.tr/kw/upload/600/dosyalar/cg/sempozyum/ogrsmpzsnm12/10.1.pdf> adresinden alındı
- Analytics Buddhu. (2018, 3 1). *One way ANOVA (Analysis Of Variance)*.  
<https://analyticsbuddhu.wordpress.com/>:  
<https://analyticsbuddhu.wordpress.com/2016/07/24/analysis-of-variance-anova/> adresinden alındı
- Arena. (2018, 3 1). *Arena*. (Systems Modelling Corp.) 3 1, 2017 tarihinde <https://www.arenasimulation.com/>: <https://www.arenasimulation.com/> adresinden alındı
- AutoMod. (2018, 3 1). *AutoMod*. (AutoSimulations Inc.) 3 1, 2017 tarihinde <http://www.appliedmaterials.com/global-services/automation-software/automod>: <http://www.appliedmaterials.com/global-services/automation-software/automod> adresinden alındı
- AweSim! (2018, 3 1). *AweSim!* (Pritsker Corp.) 3 1, 2017 tarihinde <https://www.awesim.org/en/>: <https://www.awesim.org/en/> adresinden alındı
- Büyüköztürk, Ş. v. (2014). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. PEGEM Akademi Yayıncılık 16.Baskı.
- Emshoff, J., & Sisson,R.L. (1970). *Design and Use of Computer Simulation Models*. içinde New York: MacMillan.
- Extend. (2018, 3 1). *Extend*. (Imagine That) 03 01, 2017 tarihinde <http://www.extendsim.com/>. adresinden alındı

- G2. (2018, 3 1). *G2*. (Gensym Corp) 3 1, 2017 tarihinde <http://www.gensym.com/platforms/g2-standard/>. adresinden alındı
- Gibson, R. R. (1998). Simulation. *The Warehouse Management Handbook* (s. 319-337). içinde Raleigh NC: Tompkins Press.
- Google Earth. (2016, 12 1). 12 1, 2016 tarihinde alındı
- GPSS/H. (2018, 3 1). *GPSS/H*. (Wolverine Software Inc.) 3 1, 2017 tarihinde <http://www.wolverinesoftware.com/%20yok%20artık%20yok%20artık%20yok%20artık>: yok artık adresinden alındı
- GPSS/PC. (2018, 3 1). *GPSS/PC*. (Minuteman Software) 3 1, 2017 tarihinde <http://www.minutemansoftware.com/>. adresinden alındı
- Institute for Industrial Engineers. (1997, May). Buyer's Guide:1997 Simulations Software. *Industrial Engineering IIE Solutions*(May,), 64-77.
- ithink. (2018, 3 1). *ithink*. (High Performance System) 3 1, 2017 tarihinde <http://www.iseesystems.com/store/products/ithink.aspx>. adresinden alındı
- Johston, N. (2017, 03 01). *F-distribution*. 03 01, 2017 tarihinde [www.StatDistributions.com](http://www.StatDistributions.com): <http://www.statdistributions.com/f?p=0.01&df1=1&df2=200> adresinden alındı
- Kılıç, M. (2017). *TKS 4062 Tekstilde Bilgisayar Uygulamalı İstatiksel Yöntemler*. 03 01, 2017 tarihinde <http://kisi.deu.edu.tr>: [http://kisi.deu.edu.tr/musa.kilic/tks4062/060\\_Statistical\\_Process\\_Control.pdf](http://kisi.deu.edu.tr/musa.kilic/tks4062/060_Statistical_Process_Control.pdf) adresinden alındı
- MAST. (2018, 3 1). *MAST simülasyon*. (CMS Research) 3 1, 2017 tarihinde <http://www.cmsres.com/>. adresinden alındı
- Micro Saint. (2018, 3 1). *Micro Saint*. ([http://www.maad.com/index.pl/micro\\_saint](http://www.maad.com/index.pl/micro_saint)) 3 1, 2017 tarihinde Micro Analysis and Design Inc. adresinden alındı
- O'Byrne, R. (2015, 4 6). *4 Ways to Improve Warehouse Layout Efficiency and Save Costs*. 2 20, 2017 tarihinde <http://logisticsbureau.com/>: <http://logisticsbureau.com/4-ways-to-improve-warehouse-layout-efficiency-and-save-costs/> adresinden alındı
- Perşembe Rotası. (2012, 7 31). *Lojistik Sektörü Depo Yatırımında Atağa Geçti*. 3 1, 2017 tarihinde [www.utikad.org.tr](http://www.utikad.org.tr): <http://www.utikad.org.tr/haberler/default.asp?id=9995> adresinden alındı



- ProModel. (2018, 3 1). *ProModel*. (ProModel Corp) 3 1, 2017 tarihinde <http://promodel.com/>. adresinden alındı
- QUEST. (2018, 3 1). *QUEST*. (Deneb Robotics) 03 01, 2017 tarihinde <https://www.3ds.com/>. adresinden alındı
- SAP. (2017, 3 1). *Travel Distance Calculation* . (SAP) 03 01, 2017 tarihinde <https://help.sap.com/>:  
[https://help.sap.com/saphelp\\_ewm2007/helpdata/en/46/25f74822bb4250e1000000a1553f6/content.htm?original\\_fqdn=help.sap.de&frameset=/en/46/24a2eaebce424fe10000000a1553f6/frameset.htm](https://help.sap.com/saphelp_ewm2007/helpdata/en/46/25f74822bb4250e1000000a1553f6/content.htm?original_fqdn=help.sap.de&frameset=/en/46/24a2eaebce424fe10000000a1553f6/frameset.htm) adresinden alındı
- Simprocess. (2018, 3 1). *Simprocess*. (CACI) 3 1, 2017 tarihinde <http://simprocess.com/>. adresinden alındı
- statistics.com. (2018, 3 1). *Glossary of statistical terms*. [www.satstatistics.com](http://www.satstatistics.com):  
[https://www.statistics.com/glossary&term\\_id=365](https://www.statistics.com/glossary&term_id=365) adresinden alındı
- Taylor II. (2018, 3 1). *Taylor II*. (F&H Simulations) 3 1, 2017 tarihinde <https://www.flexsim.com/company/>. adresinden alındı
- Tompkins, J. A., & Smith, J. D. (1998). *Warehouse Management Handbook*. North Carolina: Tompkins Press.
- UADMK TÜBA. (2018, 3 1). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*.  
[www.acikders.org](http://www.acikders.org): [www.acikders.org.tr/dersler/sbay-tonta/sbay-dokumanlar/sbay-11-cikarimsal-istatistikler-II.pptx](http://www.acikders.org.tr/dersler/sbay-tonta/sbay-dokumanlar/sbay-11-cikarimsal-istatistikler-II.pptx) adresinden alındı
- WITNESS. (2018, 3 1). *WITNESS*. (Lanner Group) 3 1, 2017 tarihinde <https://www.lanner.com/technology/witness-simulation-software.html>.  
adresinden alındı
- Yoseph, B., Yaakov Roll, & Meir, R. J. (1980). Internal Layout Design of a Warehouse. *A I I E Transactions*(12:4), 317-322.

# ÖZGEÇMİŞ

## Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Mehmet Murat ERKMEN

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul 24.01.1970

## Eğitim Durumu

Lisans : Boğaziçi Üniversitesi Uluslararası İlişkiler ve Siyaset Bilimi  
Bölümü (1994)

Yüksek Lisans : Okan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilişim Sistemleri

## İş Deneyimi

Ektrans Uluslararası Nakliyat A.Ş. Moskova Temsilcisi (1994-  
1997 )

Fruko Meşrubat Sanayi A.Ş. İhracat Müdürü (1997- 2004)  
Üretim Depolama Müdürü (1999- 2004)

Omsan Lojistik A.Ş. Depolar Müdürü (2004-2009)

Yeditepe Üniversitesi Öğretim Görevlisi (2007-2008)

Sırma Su Lojistik Müdürü (2011-2012)

Hayat Kimya Lojistik Müdürü (2012-2014)

## İletişim

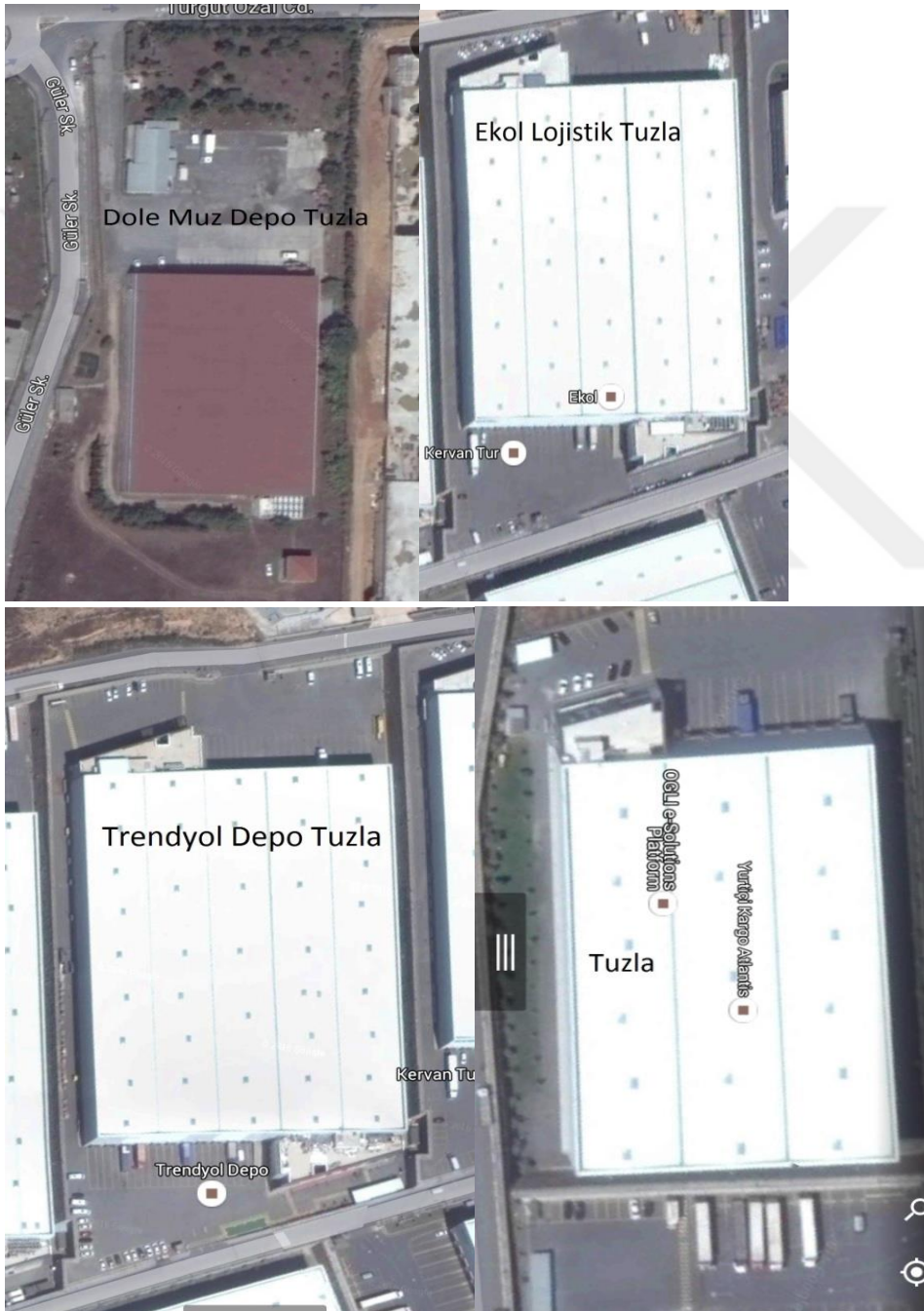
Adres : Üsküdar / İstanbul

E-Posta : [muraterkmen@hotmail.com](mailto:muraterkmen@hotmail.com)



## EK.1

**Dikdörtgen Uzun Kenardan Kapılı Depo Örnekleri:**



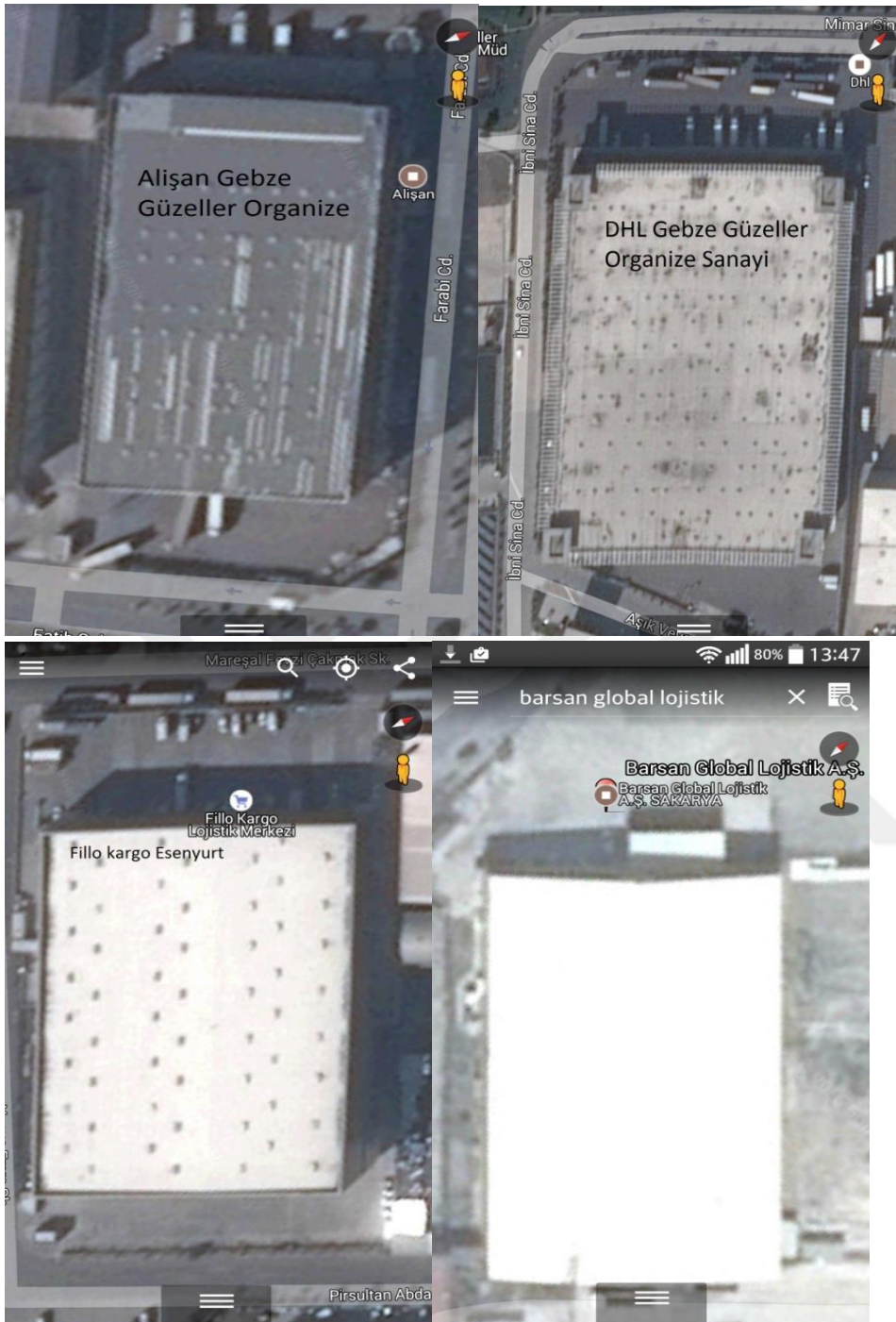
Şekil EK.1.1 Dole Muz, Ekol lojistik, Trendyol, Yurtiçi Kargo Tuzla depoları (Google Earth, 2016)



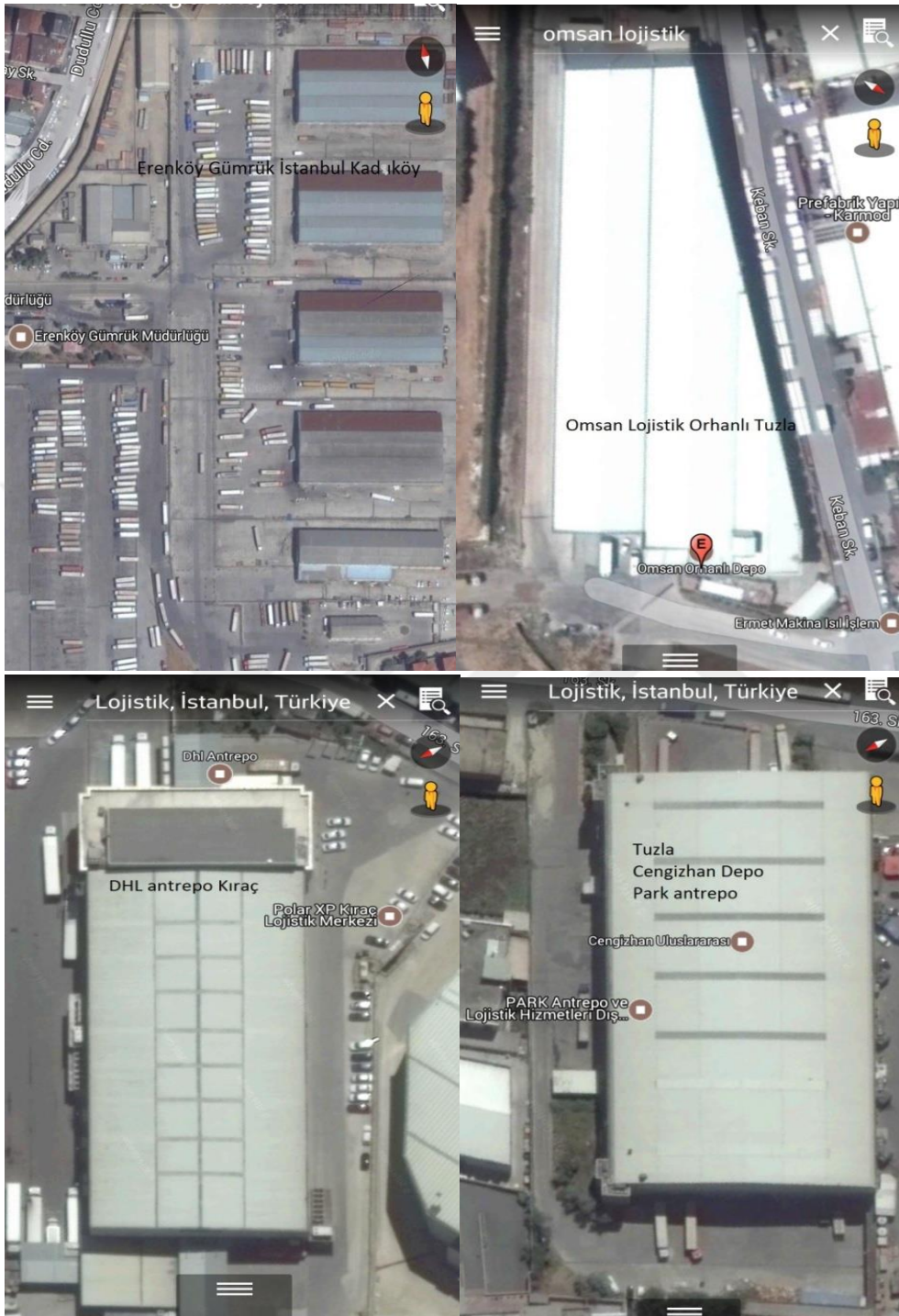
Şekil EK.1.2 Reysaş Lojistik Çayırova ve Tuzla, DHL lojistik Gebze, Erlog Tuzla, Panalpina Tuzla depoları (Google Earth, 2016)



Şekil EK.1.3 Borusan Lojistik, A101, Evyap, Anahtar Antrepo Tuzla depoları (Google Earth, 2016)



Şekil EK.1.4 Alişan ve DHL Gebze Güzeller POSB, Fillo Kargo Esenyurt, Barsan Global Lojistik Sakarya depoları (Google Earth, 2016)



Şekil EK.1.5 Erenköy Gümrük Kadıköy, Omsan Lojistik Tuzla, DHL Antrepo Kira, Cengizhan antrepo Tuzla depoları (Google Earth, 2016)





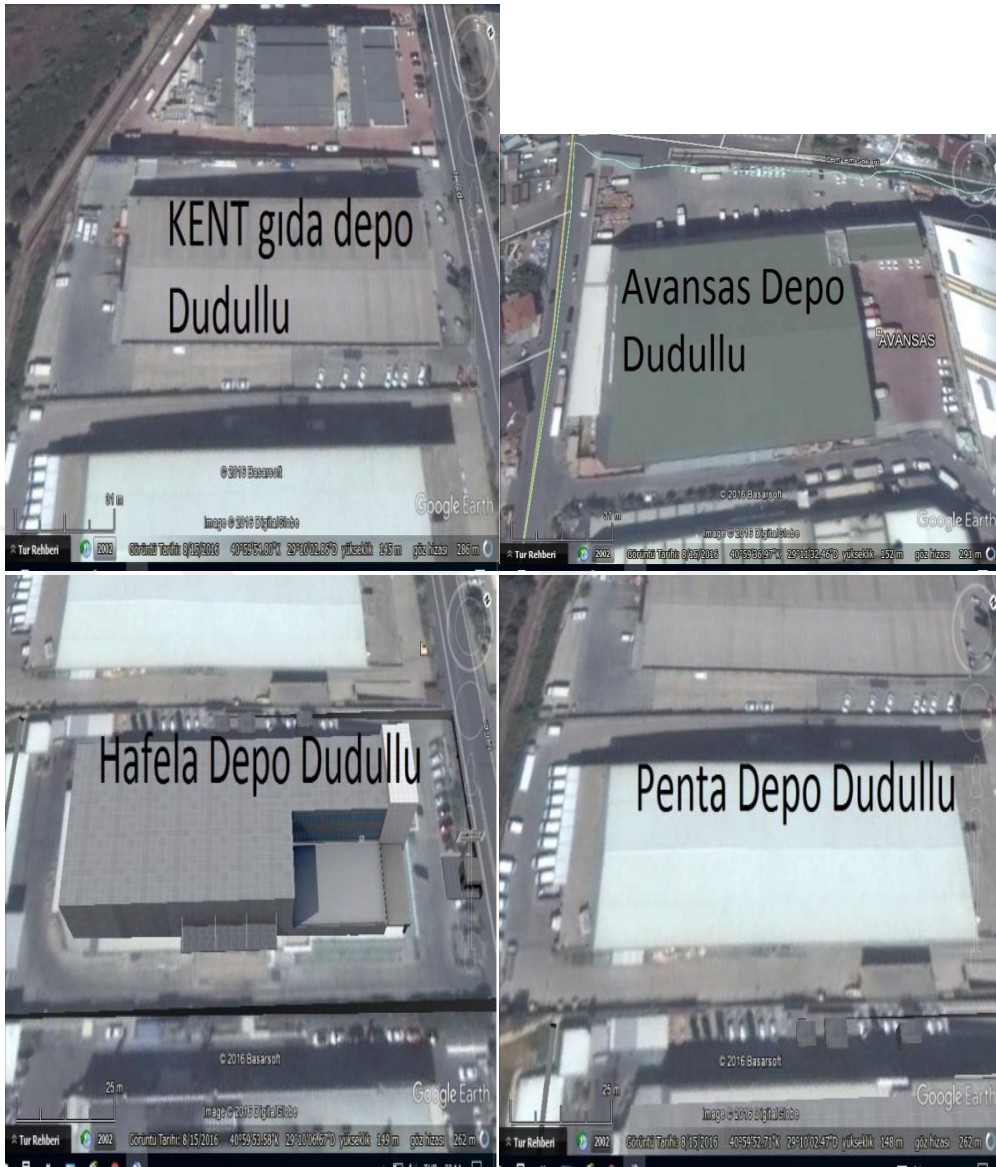
Şekil EK.1.6 Vira Depolama Kıraç, TTS lojistik Hadımköy, Lider kağıtçılık Hadımköy depoları (Google Earth, 2016)



Şekil EK.1.7 Enco Lojistik Hadımköy, İkra lojistik antrepo Hadımköy, Ceynak Depo Güneşli (Google Earth, 2016)



Şekil EK.1.8 LCW Hadımköy ve Kıraç depoları, Onur Depo Esenyurt, Omsan Lojistik depo Tuzla (Google Earth, 2016)

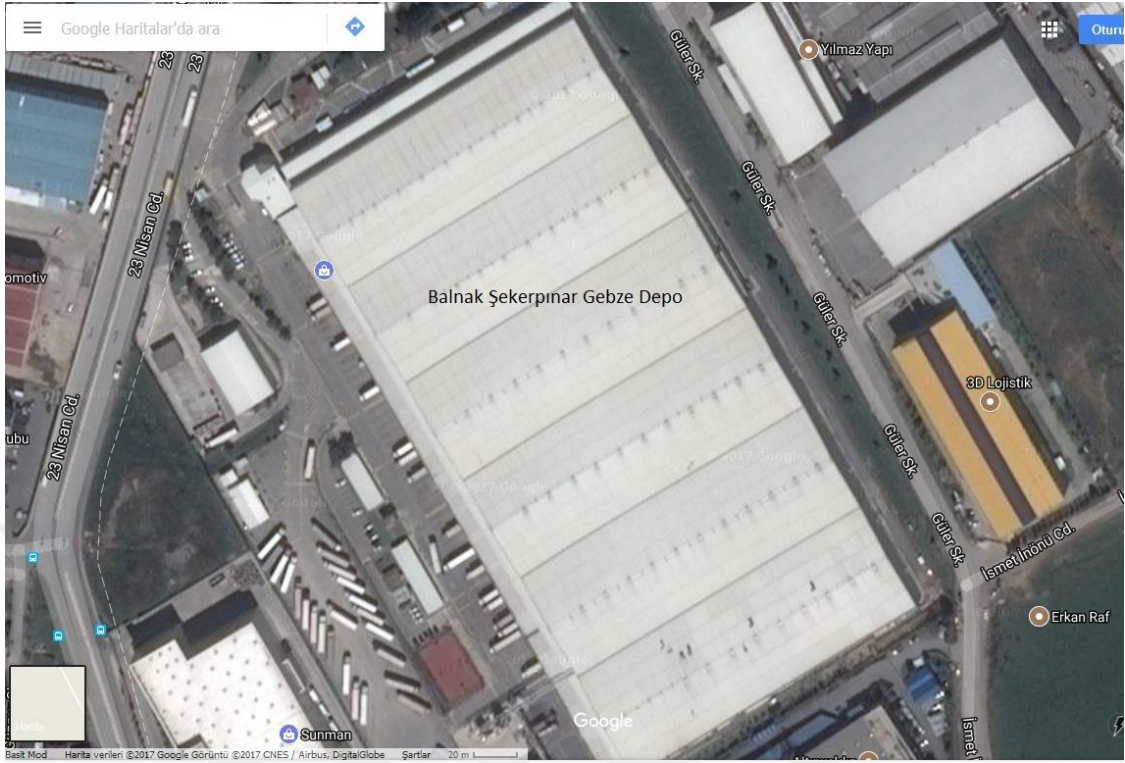


Şekil EK.1.9 Kent Gıda, Avansas, Hafela, Penta Depoları Dudullu

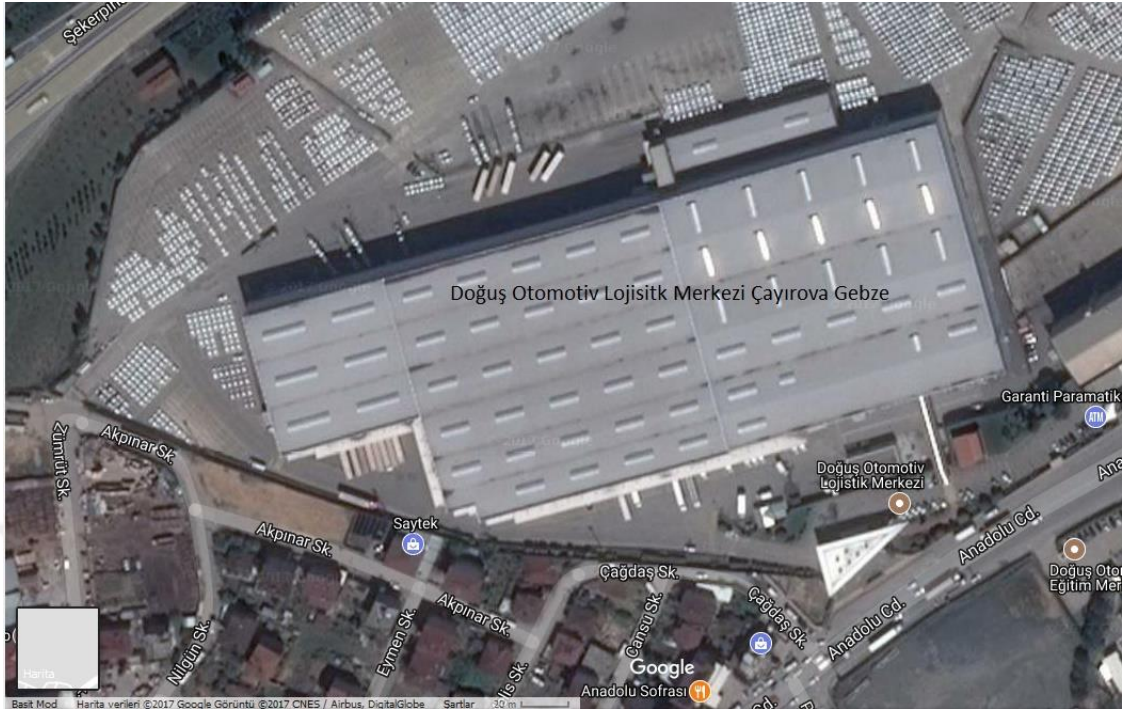


Şekil EK.1.10 Reysaş Çayırova Depoları, TT Lojistik Hadımköy deposu (Google Earth, 2016)

**Dikdörtgen Uzun Kenarından Kapılı ve Kare Depo Örnekleri:**



Şekil EK.1.11 Dikdörtgen Uzun Kenardan Kapılı; Balnak Şekerpinar, DHL Gebze Güzeller Plastikçiler OSB,



Şekil EK.1.12 Dikdörtgen Uzun Kenardan Kapılı depo örnekleri; Doğuş Otomotiv Lojistik Merkezi Çayırova Gebze, EKOL Şekerpinar



Şekil EK.1.13 Dikdörtgen Uzun Kenardan Kapılı depo örneği; Shenker Arkas Orhanlı