



**YAŞAR ÜNİVERSİTESİ**  
**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**Sistem Tasarımı**  
**Proje Özetleri**  
**2014-2015**

**YAŞAR ÜNİVERSİTESİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ  
BÖLÜMÜ**

**SİSTEM TASARIMI  
PROJE ÖZETLERİ  
2014-2015**

**Editör:**

**Doç. Dr. Deniz TÜRSEL ELİİYİ**

**İZMİR 2015**

**YAŞAR ÜNİVERSİTESİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ  
SİSTEM TASARIMI PROJE ÖZETLERİ**

2014 – 2015

Editör: Doç. Dr. Deniz TÜRSEL ELİİYİ

ISBN 978-975-6339-44-2

Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri

87 Sok. No: 4/A Bornova

Tel: 0 232 343 64 54, e-posta: metabasim@gmail.com

İzmir, Haziran - 2015

## ÖNSÖZ

Yaşar Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü müfredatımızda yer alan lisans mezuniyet projeleri, son sınıf öğrencilerimiz ve akademik danışmanları tarafından iki akademik dönemde “Sistem Analizi” ve “Sistem Tasarımı” dersleri kapsamında gerçekleştirilmektedir. Bölüm olarak büyük önem verdiğimiz ve *Üniversite-Sanayi İşbirliği* faaliyetlerimizin önemli bir parçasını oluşturan bu projelerde çevremizde üretim yapan ve servis sağlayan şirket ve kurumların gerçek hayatta karşılaştıkları sorunların çözümünü ve sistemlerinin iyileştirilmesini hedeflemekteyiz.

Bu süreç, proje ortaklarımıza değer katmasının yanında, mezuniyetten hemen önce öğrencilerimize karmaşık gerçek problemler üzerinde çalışma deneyimi sağlayarak lisans eğitimlerinin bütünlüğü ve tamamlayıcı en önemli unsurunu oluşturmaktadır.

2014-2015 akademik yılında mezun olacak endüstri mühendisi adaylarımız, bölgemizdeki saygın şirketlerde akademik ve şirket danışmanlarının da desteğiyle elbirliği içerisinde dokuz ayrı proje gerçekleştirdiler. Proje konularımız endüstri mühendisliği problemlerinin geniş yelpazesini yansıtacak niteliktedir. Üzerinde çalışılan problemler ve geliştirilen fikirler olası başka işbirliklerinin, vaka çalışmalarının ve daha yoğun akademik ilgi gerektiren SANTEZ ve TÜBİTAK destekli projelerin ilk adımlarını oluşturmaktadır.

Proje özetlerimizi derlediğimiz bu kitabın baskıya hazırlandığı günlerde projelerimizden ikisinin ülke çapında kısıtlı sayıda öğrenci projesine verilen TÜBİTAK desteğini almaya hak kazandığını öğrendik. Ayrıca projelerimiz bölümümüzü Yöneyim Araştırması ve Endüstri Mühendisliği (YA/EM) ulusal öğrenci proje yarışmasında yarı finalde temsil edecekler. Kitabımız okuyucusunun eline ulaştığında bu başarıların artacak olduğunu bilmenin haklı gururunu yaşıyoruz.

Yoğun emeklerimizin eserlerini sizlerle paylaşmaktan mutluluk duyuyorum.

**Doç. Dr. Deniz TÜRSEL ELİİYİ**

Yaşar Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

Sistem Analizi ve Tasarımı Koordinatörü

Haziran 2015





## TEŞEKKÜRLER

Kitabımızın basımı için destek sağlayan **YAGEM**'e,  
Bu süreçte yoğun özveriyle çalışan tüm **akademik kadromuza**,  
Projelerimizi destekleyen tüm **şirket danışmanlarımıza**,  
Ve emek veren tüm **öğrencilerimize**  
En içten teşekkürlerimizi sunarız.

**Sistem Analizi ve Tasarımı Komitesi:**  
**Deniz TÜRSEL ELİİYİ**  
**Sei ÖZCAN**  
**Hande ÖZTOP**



## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	3
Zaman Pencereleli Günlük Şehir İçi Sevkiyat Planının Yeniden Tasarlanması ..	9
Günlük Tedarik ve Sevkiyat Planlama Problemi .....	27
Son Ürün Talep Takip ve Tahminleme Projesi .....	45
Parçalı İmalat için Hammade Envanter Yönetimi .....	63
Kuluçkahane Sürecinde Randıman Tahmini için Karar Destek Sistemi .....	80
Şarküteri Ürünleri için Kapasite ve Bütünleşik Üretim Planlaması .....	98
Tesis Yeri Belirlemede Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Kullanımı .....	115
Tren Sefer Çizelgesi Problemi .....	133
Hindi Yetiştirme Planlama Sistemi .....	151
Proje Uygulama Planı .....	164
Proje Ekipleri .....	179





## **Zaman Pencere- li Günlük Şehir İçi Sevkiyat Planının Yeniden Tasarlanması**

### **İduğ Petrol Ürünleri Ltd. Şti.**

#### **Proje Ekibi**

Deniz Hoşer, Ayşegül Mağara  
A. Oğulcan Özpırinç, Atakan Özden  
Endüstri Mühendisliği, Yaşar Üniversitesi, İzmir

#### **Şirket Danışmanları**

Anıl Uğural, Mehmet Ercantürk

#### **Akademik Danışmanlar**

Prof. Dr. Deniz Özdemir, Araş. Gör. Demir Zümrüt  
Yaşar Üniversitesi  
Endüstri Mühendisliği Bölümü

### **ÖZET**

İduğ Petrol ile birlikte yürütölen bu projede amaç, günlük şehir içi sevkiyat planını mevcutta uygulanmakta olan kişi tecrübesine bağı sistemden kurtarmak ve analitik temellere dayanan bir karar destek sistemi geliştirmektir. Geliştirilen bütüncöl yaklaşım sayesinde sevkiyat sırasında kat edilen toplam mesafenin azaltılması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, bir matematiksel model oluşturulmuştur. Problem NP-zor grubunda olduğı için kısa sürede etkin bir çözüm vermeye yönelik 2 aşamalı bir sezgisel yöntem geliştirilip ilk aşamada elde edilen başlangıç çözümü ikinci aşamada iyileştirmeye çalışılmıştır. Önerilen çözüm yönteminin mevcut sistemi ortalama % 18 iyileştirdiğı saptanmıştır. İlk sonuçlar bu yaklaşımın distribütörlük yapan bu tip firmalar için faydalı olabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Heterojen filolu araç rotalama problemi, Zaman penceresi, Sezgisel yöntem, Tasarruf algoritması, Karar destek sistemi

## 1. Genel Sistem Analizi

1994 yılında Mustafa İduğ tarafından kurulan İduğ Petrol Ürünleri ve Yedek Parça Ltd. Şti. petrol ürünleri toptan satış dağıtıcısıdır. 2012 yılında şimdiki yeri Kemalpaşa, İzmir'e taşındıktan sonra toplam 2500 m<sup>2</sup> kapalı alana ulaşmıştır. 2003 yılında BP Castrol Türkiye Ege bölge distribütörü olan şirket Castrol madeni yağların Ege bölgesindeki tek yetkili dağıtıcısıdır. İzmir, Manisa ve Uşak'a hizmet veren şirkette toplamda 22 kişi çalışmaktadır. 11 satış temsilcisi olan şirketin hizmet verdiği bölgeler satış departmanı tarafından şehir içi ve şehir dışı olarak ikiye ayrılmıştır. Buna göre İzmir şehir içi, Manisa şehir dışı kategorisine dâhildir. Uşak'taki müşterilere hizmet üçüncü parti hizmet sağlayıcılar aracılığıyla sağlanmaktadır Yaklaşık 1600 müşterisi bulunan şirket yılda ortalama 3 milyon litrelik sevkiyat gerçekleştirmektedir. (İduğ, 2015)

Şirketin distribütörlüğünü yaptığı ana ürün olan madeni yağlar, öncelikle ham petrol olarak İtalya'dan Gemlik'e, oradaki rafineride işlenmiş olarak Borusan'ın ambarına nakil edildikten sonra aracı bir şirket ile bölge distribütörlerine gelmektedir. Müşteriler ve potansiyel müşteriler satış görevlilerince ziyaret edilip siparişler alınmaktadır. Kabul edilmiş siparişlerin faturaları kesildikten sonra depo görevlisinin eski iş tecrübeleri doğrultusunda müşterilerin depoya olan uzaklıkları gözetilerek sevkiyat planı oluşturulmakta ve bu plana göre siparişler müşterilere teslim edilmektedir. İduğ Petrol'de sevkiyat süreci, satış temsilcilerinden sipariş bilgisinin şirkete geldiği andan başlayıp sevkiyatın gerçekleştiği ana kadar devam etmektedir.

## 2.Problemin Belirlenmesi

Şirketin yıllık toplam maliyetinin büyük bir kısmını sevkiyat maliyetinin oluşturması sonucu, lojistik süreçlerde iyileştirme çalışması yapılmasına yönelinmiştir. Şirket yetkilileri ile yapılan toplantılar

sonucu sevkiyat planının, kendileri için en önemli iş olmasına rağmen tamamen tecrübeye dayanarak herhangi bir sistematik bilimsel yaklaşımdan uzak yapıldığı, bu nedenle üst yönetim tarafından denetiminin neredeyse imkânsız olduğu sonucuna varılmıştır.

### **2.1. Mevcut Sistem Analizi**

Proje, kişilerden bağımsız analitik temellere dayanan bir sistem ortaya çıkarmak ve aynı zamanda geliştirilen bütüncül yaklaşım sayesinde sevkiyat sırasında kat edilen toplam mesafeyi azaltmak amacıyla gerçekleştirilmektedir. Bu amaç doğrultusunda geçmiş 5 yıllık satış verileri analiz edilip sevkiyat için harcanan kilometreler, talep miktarları ve fatura sayıları karşılaştırılmış, her kalemde şehir içi sevkiyatın en az %8 daha fazla paya sahip olduğu belirlenmiş ve şirket yöneticileriyle yapılan toplantılarda şehir içi sevkiyat planının yeniden düzenlenmesi kararı alınmıştır.

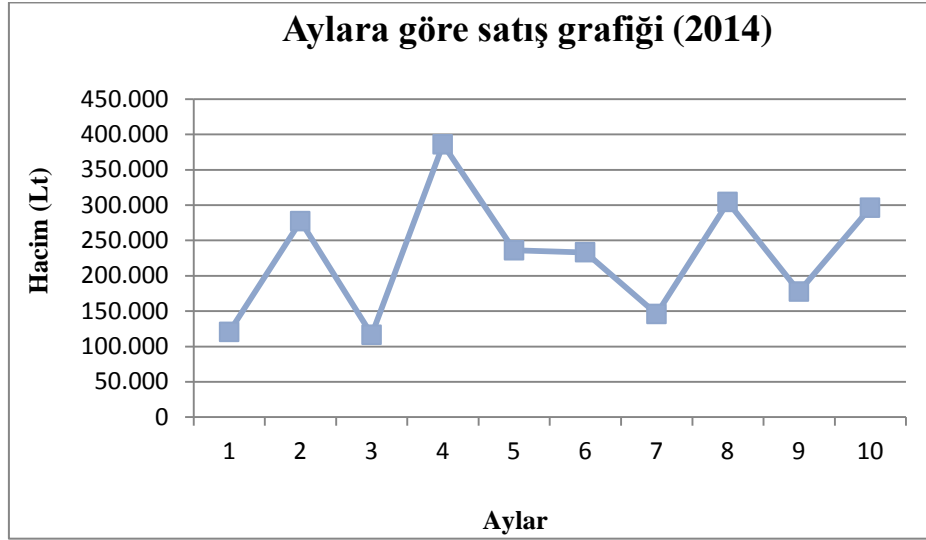
### **2.2. Sistemde Gözlemlenen Semptomlar**

Proje ortağı şirkette, sevkiyat sürecinin detaylı olarak incelenmesi sonrasında sevkiyat planına olumsuz etki eden faktörler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Şirkette genellikle siparişler satış elemanları aracılığı ile alınmaktadır ancak bazı durumlarda müşterilerin acil istekleri direkt firma üzerinden giderilmektedir. Bu acil kodlu siparişler normal gelen siparişlerin %18'den fazlasını oluşturmaktadır. Gün içinde araçların planlanan rotalarının bozulmasına veya ekstra bir aracın sevkiyat için kullanılmasına sebebiyet vermektedir. İncelemelerimiz sonucunda acil kodlu gelen siparişler için ortalama 53 kilometrelik fazla yol kat edildiği tespit edilmiştir.

Dağıtım yapılan müşterilerden yaklaşık %25'i belirlenmiş mal-kabul saatleri dışında teslimat tercih etmemektedir. Bu müşteriler bazı endüstriyel fabrikalar ve petrol istasyonlarıdır. En geç mal kabul

zamanını tanımlayan bu saatler; fabrikalar için saat 14:00, istasyonlar için ise 16:00'dır. Diğer müşterilere şirketin açık olduğu zaman aralığında dağıtım yapılabilmektedir. Geliştirilecek sistemin müşteri memnuniyeti açısından zaman kısıtlamasına uygun halde olması gerekmektedir.



Şekil 1. Aylara göre sipariş dağılımı

Satış prim sistemi dolayısı ile Şekil 1'de görüldüğü gibi, çift sayılı aylarda talep yaklaşık iki kat fazla olduğu için yapılan sevkiyat planlamasının yoğunluğu her ay değişmektedir. Mevcut sistemde bu yoğunluğa uymanın araç planlarken verimliliği azaltabileceği tespit edilmiştir. Önerilen sistemin, bu değişkenliği de kaldırabilecek esneklikte olması gerekmektedir.

Şirket için en önemli işin sevkiyat olmasına rağmen mevcut personeller arasındaki bu konuda yeterli yetkinliği olmayan bir çalışanın tamamen geçmiş tecrübesine dayanarak planlamaya karar verdiği gözlenmiştir. Günlük sevkiyat planına ait bölgeye bağlı kalarak depoya

en yakın müşteriden başlanan ve en yakın komşuyla sevkiyata devam eden bir rota planı yapıldığı tespit edilmiştir.

### **2.3 Problemin Tanımı**

Şirketteki günlük şehir içi sevkiyat planlamasının geliştirilmesi için ele alınan bu proje, geniş tanımı ile günlük müşteri taleplerini karşılayacak minimum maliyetle, (müşteriler arası minimum yol kat etme) araç rotalarının belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Bu alanda geliştirilecek olan tüm çözüm yöntemlerinde; bazı müşterilerin mal kabulünde zaman kısıtlamalarının (zaman penceresi) olduğu, firmanın planlaması sonrası bazı acil siparişlerin de gönderilmesi gerektiği, şirketin çalışma saatleri ve sevkiyatın farklı kapasitedeki araçlarla gerçekleştirilmesi göz önüne alınmaktadır.

Araç kapasiteleri ve günlük dağıtım miktarları dikkate alındığında araçlar gün içerisinde birden fazla kez rotaya çıkabilmektedir. Bu nedenle bu problem literatürde Zaman Pencere ve Çok Kullanımlı Araç Rotalama Problemi (ZPÇKARP) olarak geçmektedir.

### **2.4 Teknik Yazın Taraması**

Cordeau ve diğerleri (2002) çalışmalarında araç rotalama problemini, oluşturulan yeni türlerinin özelliklerini ve kısıtlarını detaylı olarak ele almıştır. Bu tip problemlerde amacın bütün müşterilerin ihtiyacını karşılayan en az maliyetli rotaların belirlenmesi olduğunu belirtmiştir. Araç rotalama problemlerinin NP-zor problem sınıfına dâhil olduklarını ve en iyi çözüme polinom zaman içerisinde ulaşamayacağını belirtmektedir. Kapasite kısıtlı araç rotalama probleminin bir uzantısı olarak ele aldığı zaman pencere ve araç rotalama problemini çok ürünlu ağ akışı şeklinde modellemiştir. Modelde akışı ve zamanı tutan iki tip karar değişkeni kullanılmıştır.

Janakiraman (2010) yüksek lisans tezinde petrol istasyonlarına benzin dağıtım problemi üzerine çalışmıştır. Alt-turu kendi problemi

için herhangi bir istasyondan başlayan bir veya birden fazla istasyona uğradıktan sonra yine başlangıç yerine dönen ayrık araç rotası olarak tanımlamıştır. Ayrıca klasik alt-tur engelleme kısıtlarının müşteri sayısı arttıkça üssel olarak arttığını bunun da çözüm süresini uzattığını belirtmiştir. Modelimizi geliştirirken Janakiraman'nın önerdiği alt-tur kısıtına benzer bir kısıt kullanılmış, bu yenilik modelin çözümünü hızlandırma da bize katkı sağlamıştır.

Ahlem ve diğerleri (2012) araçların gün içerisinde birden fazla kereler kullanıldığı ve farklı kar marjı getiren müşteri kümesinin olduğu durumda araç rotalama problemini ele almışlardır. Problem lojistik anlamda tüm müşterilerin taleplerinin karşılanmasının zor veya imkânsız olduğu durumda taşıma maliyetini en azlayan ve müşterilerden elde edilen karı en çoklayan araç rotalarının belirlenmesini sağlar. Gerçek hayatta sıklıkla karşılaşılan bu tip problemlerde müşterilerin bir kısmı hizmet alırken araçlar da rotalarını izin verilen zaman limiti içerisinde tamamlar. Problemin çözümü için birbirine benzer iki tur oluşturucu açgözlü (greedy) yöntem önerilmiştir. Bu yöntemlerden elde edilen olurlu (tüm kısıtları sağlayan) çözüm ise tepe tırmanma ve komşu değişken arama algoritmalarıyla geliştirilmeye çalışılmıştır. Bizim çözüm yöntemimizde de buna benzer bir komşu değişken arama algoritması geliştirilip uygulanarak çözüm kalitesinin artırılması planlanmıştır.

Clarke ve Wright (1964)'te geliştirilen tasarruf algoritması en çok tercih edilen tur kurucu sezgisellerden biridir. Kolay uygulanabilen ve hızlı çözüm veren bu algoritma ticari rotalama programlarında da sıkça kullanılır. Algoritmada başlangıç durumunda her müşteri ayrı bir araç tarafından hizmet görmektedir. Önerilen tasarruf denklemi ile her bir müşteri ikilisi için tasarruf miktarları hesaplanıp olurlu en büyük tasarrufu sağlayan iki rota birleştirilerek birden fazla müşterinin aynı

araç tarafından hizmet alması sağlanır. Olurlu birleşmeler daha fazla tasarruf sağlayamadığı zaman algoritma sonlandırılır. Temelde sıralı ve paralel olmak üzere iki çeşit tasarruf algoritması bulunmaktadır. Bu algoritmalar araç rotalarını arka arkaya ya da aynı anda oluşturmalarıyla birbirinden ayrılırlar.

Segerstedt (2014), Clarke ve Wright (1964)'ün tasarruf sezgisel yöntemine farklı bir açıdan yaklaşan bir algoritma önermiştir. Algoritma ilk olarak her müşteri ikilisi için tasarruf miktarını hesaplar. Kapasite kısıtını gözeterek en fazla tasarrufu sağlayan ikiliyi yeni rotaya atar. Daha sonra klasik tasarruf algoritmasından farklı olarak atanmamış her noktanın rota içindeki noktalarla olan toplam tasarruf miktarını hesaplar. En fazla toplam tasarruf sağlayan noktayı kapasite kısıtını dikkate alarak rotaya dâhil eder. Eklenecek olan nokta rotada kendisi ile en fazla tasarrufu sağlayan ve kendisine en yakın noktaya komşu olacak şekilde yerleştirilir ve en az uzunluğu veren rota konfigürasyonu seçilir. Bu işlem kapasite kısıtı aşıncaya kadar devam eder kısıt aşıncaya yeni rotaya geçilir. Önerilen bu algoritma Chopra ve Meindl'in 13 müşteri ve 4 araçlık problem örneği üzerinde denenmiş toplam kat edilen mesafede %7'lik bir azalma sağlanmış ancak her zaman en iyi sonuca ulaşmanın mümkün olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca önerilen bu algoritmanın asimetrik uzaklık, zaman penceresi, çoklu depo gibi araç rotalama probleminin değişik varyasyonlarına kolayca adapte edilebileceğinden bahsedilmiştir.

### **3. Problem Formülasyonu ve Çözüm Yöntemleri**

İlk olarak belirlenen problemin en iyi çözümü için matematiksel model önerilmiştir. Ancak şirkette günlük bazda planlama yapılırken her planlamada yaklaşık 50 müşteri olduğu göz önünde bulundurulduğundan problemin doğası gereği çözüm süresinin müşteri sayısı ile birlikte üssel olarak artarak gün içerisinde bu sayıdaki müşteri



için çözüme ulaşılamayacağı tespit edilmiştir. Bu nedenle daha kısa zamanda makul çözüm önerebilecek bir algoritma geliştirilmiştir.

### 3.1 Kısıtlar ve Varsayımlar

Bu matematiksel modelde üç temel kısıt vardır:

- Her müşteriye teslimat yapılır.
- Her müşteri talebini sadece bir araçtan karşılayabilir.
- Aracın müşteriye ulaşma zamanı mal kabul zamanını geçemez.

Model için gerekli olan varsayımlar ise:

- Birim yakıt harcaması araç, şoför ve yükten bağımsızdır.
- Her araç ve şoför gün boyunca müsaittir.
- Yasal mola için ayrılan süre model kısıtlarına dahil edilmemiştir ancak elbette sevkiyat aralarında yasal molalar verilir.

### 3.2. Matematiksel Model

Bu bölümde çok kullanımlı ve zaman pencereli araç rotalama problemi için geliştirilen modelin formülasyonunu ortaya koymak üzere öncelikle kullanılan parametre ve karar değişkenleri belirtilecek, ardından amaç fonksiyonu ve matematiksel model açıklanacaktır.

#### **Parametreler**

$V$ = Tüm noktaların kümesi	$a_i$ = i noktasında en erken servise başlama zamanı
$V_c$ = Müşteri noktaları kümesi	$b_i$ = i noktasında en geç servise başlama zamanı
$K$ = Araç kümesi	
$L$ = Rota kümesi	
$Q_k$ = k. aracın kapasitesi	
$D_i$ = i. müşterinin talebi	
$C_{(ij)}$ = i ve j noktaları arasındaki mesafe	
$T_{(ij)}$ = i noktasından j noktasına gidiş süresi	
$S_i$ = i noktasındaki servis süresi	

### Karar Değişkenleri

$X_{(ij)kl}= 1$ , Eğer k aracı l. turunda i noktasından hemen sonra j noktasına uğrarsa; 0, Aksi halde

$W_{ikl}= k$  aracının l. turunda i. müşteride servise başladığı zaman

$M_{kl}= k.$  aracın l. turunu bitirme zamanı

$R_{kl}=1$ , Eğer k aracı l. turuna çıkarsa; 0, Aksi halde

$U_{ikl}= Alt-tur$  eleme kısıtında kullanılan yardımcı karar değişkeni

$$\text{Min } z = \sum_{(i,j)} \sum_k \sum_l X_{ijkl} * C_{ij}$$

k.a.

$$(1) \sum_{i \in V} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} X_{(ij)kl} = 1 \quad \forall j \in V_c$$

$$(2) \sum_{i \in V} X_{(ij)kl} - \sum_{p \in V} X_{(jp)kl} = 0 \quad \forall j \in V, \forall k \in K \text{ ve } \forall l \in L$$

$$(3) \sum_{i \in V} \sum_{j \in V_c} D_j * X_{(ij)kl} \leq Q_k \quad \forall k \in K, \forall l \in L$$

$$(4) \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} X_{(ij)kl} \geq R_{kl} \quad \forall k \in K, \forall l \in L$$

$$(5) \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} X_{(ij)kl} \leq 999 * R_{kl} \quad \forall k \in K, \forall l \in L$$

$$(6) R_{kl} \geq R_{k(l+1)} \quad \forall k \in K, \forall l \in L$$

$$(7) 2 * R_{kl} = \sum_{i \in V_c} X_{i0kl} + \sum_{j \in V_c} X_{0jkl} \quad \forall k \in K, \forall l \in L$$

$$(8) a_i * \sum_{j \in V} X_{(ij)kl} \leq W_{ikl} \leq b_i * \sum_{j \in V} X_{(ij)kl}$$

$\forall k \in K, \forall l \in L \text{ ve } \forall i \in V$

$$(9) W_{ikl} + S_i + T_{ij} - W_{jkl} \leq 999 * (1 - X_{(ij)kl}) \quad \forall k \in K, \forall l \in L$$

$$(10) W_{ikl} + S_i + T_{i0} - M_{kl} \leq 999 * (1 - X_{(i0)kl}) \quad \forall k \in K, \forall l \in L$$

$$(11) W_{0k(l+1)} > M_{kl} - 999 * (1 - R_{k(l+1)}) \quad \forall k \in K, \forall l \in L$$

$$(12) U_{jkl} \geq (U_{ikl} + 1) - n * (1 - X_{(ij)kl})$$

$$\forall i \text{ ve } \forall j \in V \forall k \in K, \forall l \in L$$

$$(13) X_{(ij)kl} \text{ ve } R_{kl} \in \{0,1\} W_{ikl}, M_{kl} \text{ ve } U_{ikl} \geq 0$$

$$\forall i \text{ ve } \forall j \in V, \forall k \in K, \forall l \in L$$

Geliştirilen matematiksel modelde amaç fonksiyonu toplam kat edilen mesafenin minimize edilmesini sağlar. (1). grup kısıt her bir müşterinin (depo haricinde) bir aracın bir rotasında servis görmesini sağlar. (2). grup kısıtlar bir müşteriye servis veren aracın o müşteriden ayrılmasını sağlayarak rota içi devamlılığı garanti eder. (3). grup kısıt aracın rotası üzerindeki müşterilerin toplam taleplerinin aracın kapasitesini aşmasını önler. (4). ve (5). kısıt kümeleri iki farklı karar değişkeni arasında bağlantı kurar. Bir araç herhangi bir turunda müşteri noktalarına servis veriyorsa ( $\sum_i \sum_j X_{ijkl} > 0$ ) ilgili değişkenin yani  $R_{kl}$ 'nin 1 olmasını, vermiyorsa ( $\sum_i \sum_j X_{ijkl} = 0$ )  $R_{kl}$ 'nin 0 olmasını sağlar. Aracın önceki rotasını tamamlamadan bir sonraki rotasına çıkmasını (6) nolu kısıt kümesi engeller. (7). kısıt kümesi aracın rotasının depoda başlayıp depoda bitmesini sağlar. (8). kısıt kümesi zaman penceresi kısıtıdır. Müşterilere ilgili zaman penceresi içerisinde servis vermeyi sağlar. (9) ve (10) nolu kısıt kümeleri aracın rotası üzerinde ardışık olarak ziyaret edilecek müşterilerde servise başlama zamanlarını ve aracın rotasını bitirme zamanını tanımlar. (11). kısıt grubu aracın bir sonraki rotasına çıkış zamanının bir önceki rotasını bitirme zamanından büyük olmasını garanti eden kısıt kümesidir. (12). kısıt kümesi alt turu (herhangi bir müşteriden başlayan bir veya daha fazla müşteriyi ziyaret ettikten sonra başlangıç noktasına geri dönen ayrık turlar) engelleme kısıtıdır. En son kısıt ikili ve sürekli karar değişkenlerini tanımlar.



Şekil 2. Müşteri sayısı ve çözüm süresinin ilişkisi (üssel artışın gösterimi)

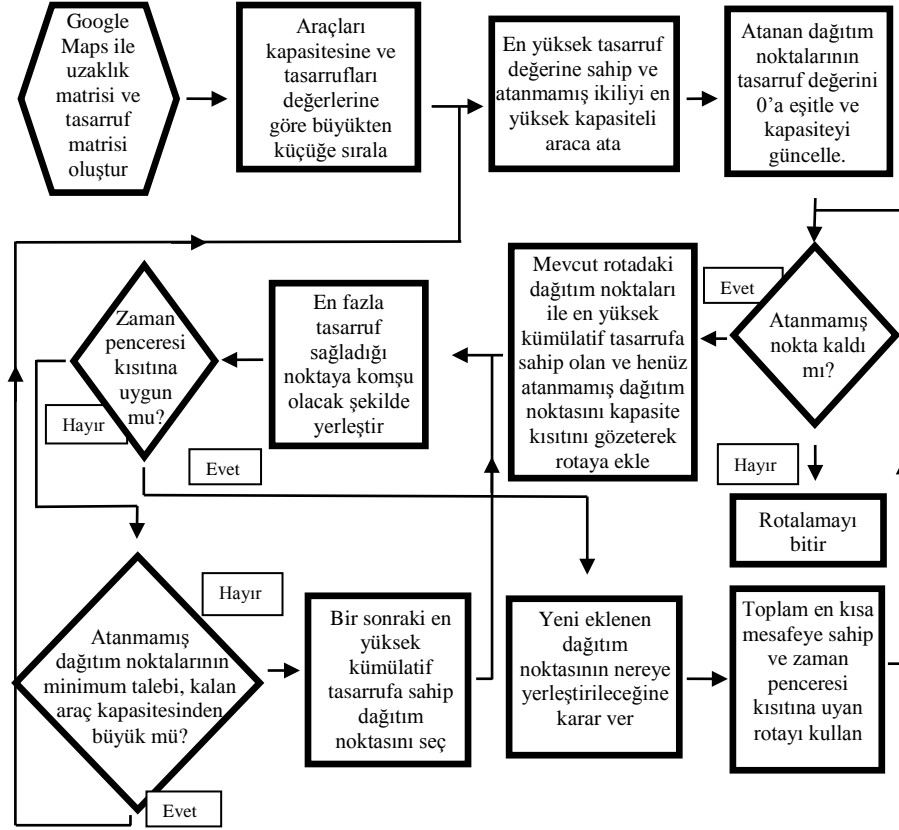
Probleme özgü geliştirilen karışık tamsayılı programlama (MILP) modeli bir optimizasyon çözücüsü olan LINGO’da oyuncak verilerle test edildi. Müşteri sayısı arttıkça en iyi çözüme (en kısa mesafe) ulaşma süresinin de hızla arttığı tespit edildi.

Şekil 2’de görüldüğü gibi müşteri sayısı 10 iken çözüm süresi 3 saati aşmaktadır. Günlük ortalama 50 müşteriye hizmet verildiği düşünüldüğünde geliştirilen bu modelin en iyi çözümünü bulma süresinin planlamanın günlük bazda yapıldığı şirket için makul olmadığı anlaşıldı. İşlem süresi kısa olan sezgisel (heuristic) yöntemlerin kullanılmasına karar verildi.

### 3.3. Çözüm Yöntemi

Geliştirilen model NP zor olduğu dolayısıyla makul bir sürede ticari bir çözücü ile çözmek mümkün olmadığından kısa sürede etkin bir planlama yapabilecek sezgisel bir çözüm yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem “başlangıç çözümü elde etme” ve “iyileştirme” olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Daha önce bölüm 2.4.te belirtildiği üzere, Segerstedt (2014) ve Clarke ve Wright (1964) makalelerinin önerdikleri tasarruf algoritması, problem doğasına uygun hale getirilerek başlangıç çözümü elde etme ile başlayıp ikili değişim algoritması ile iyileştirme

yaparak çözüm önerisi sunmaktadır. Geliştirilen yöntemin işleyişi Şekil 3’de gösterilmiştir:



#### 4. Sayısal Sonuçlar

Geliştirilen algoritma, öncelikle Solomon (2005) deneysel verilerle sonra da geçmiş yıllara ait sevkiyat raporlarındaki veriler (uygulanan rota, müşteri talebi ve o rota için yapılan km) ile test edilmiştir. Optimizasyon çözücü olan LINGO’da çözüm için gereken süreden dolayı günlük bazda planlama yapılamamasına kıyasla önerilen çözüm yöntemi saniyeler içinde müşteri sayısından bağımsız olarak çözüm bulmaktadır. Müşteri koordinatı bilgisi doğrultusunda Google Maps ile hesaplanan iki müşteri arasındaki uzaklık bilgisi, gerçekte

rapor edilen toplam mesafe raporu ile farklılıklar gösterebildiği için bu değişiklikler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Aynı veriler arasında küçük müşteri sayıları içeren rotalar için en iyi çözüm yöntemlerinin verdiği rotalar da tablodadır.

Tablo 1. Geçmiş Datalar ile Çözüm Yöntemi Doğrulanması

Örnek	Müşteri Sayısı	Toplam Talep (kg)	Gerçekte Yapılan Ortalama Rotalama (km)	Önerilen Rotalama (km)	Şirket Verisinden Sağlanan İyileştirme (%)
1	8*	2913,01	46	43	% 6,52
2	11	1208,01	45	34	% 24,44
3	20	1540,75	68	57	% 16,18
4	22	4174,925	113	99	% 12,39
7	25	3411,5	219	123	% 43,84
5	26	2327,44	174	170	% 23,56
6	36	4969,88	150	137	% 8,67
8	42	5281,92	265	234	% 11,70
<b>Birim mesafede sevk edilen ürün (kg/km)</b>			23,92	28,73	% 20

\*8 müşteri için en iyi çözüm; 40, en iyiden sapma; % 6,97 bulunmaktadır.

Karar destek sisteminin kurulması ile Mayıs ayında şirkette eşzamanlı sevkiyat planlamaları yapılmıştır. Bu denemelere ait bilgiler Tablo 2. de gösterilmektedir.

Tablo 2. Eşzamanlı Gerçek Veriler ile Algoritma Doğrulanması

				Önerilen Çözüm Yöntemi	
Örnek	Müşteri Sayısı	Toplam Talep (kg)	Şirketin Yaptığı Rotalama (km)	Önerilen Rotalama (km)	Şirket Verisinden Sağlanan İyileştirme (%)
1	17	1328,14	98,54	77,02	% 21
2	8	2988,44	97,64	73,8	% 24,4
3	19	1898,75	148	112,12	% 24,2
4	20	3156,65	124,31	89,56	% 28
5	16	1499,2	74,35	62,19	% 16,4
6	18	2201,4	43,29	40,8	% 5,8
<b>Birim mesafede sevk edilen ürün (kg/km)</b>			22,3	28,7	% 28

Tablo 2.'de bulunan veriler 2015, Mayıs ayında eş zamanlı olarak çekilmiştir. Yoğun ay kategorisinde olmasına rağmen sevkiyatı yapılan toplam kg miktarı çoğu zaman tek bir rota ile yapılmıştır. 4. örnekteki acil kodlu siparişin sevkiyatı için yaklaşık 8,5 km daha fazla yol yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde şirketin oluşturduğu rota ile önerilen rotanın arasındaki farkın; müşterilerin birbirine yakınlığı ve talep miktarının çeşitliliğinden kaynaklandığı Tablo 3'te görülmektedir. Bu tabloda gösterilen müşteri özellikleri sütunundaki özel gösterimler şu şekildedir;  $iV$  =  $i$  tane müşterinin toplam talep miktarı,  $TD$  = tüm müşterilerin toplam talep miktarı

Tablo 3. Çözüm Sonuçlarının Analiz Edilmesi

Müşteri Sayısı	Toplam Talep (kg)	Önerilen Rotalama (km)	Müşteriler Arası Ortalama Uzaklık (km)	Müşteri Talebi Özellikleri	Sevkiyat Başına İyileştirme (%)
8	2988,44	73,793	9,22	1 V > TD/2	% 24,42
16	1499,17	62,194	3,89	2 V = TD/2	% 16,32
17	1328,14	77,015	4,53	5 V > TD/2	% 21,84
18	2201,41	40,801	2,27	2 V = TD/2	% 5,61
19	1898,75	112,121	5,90	3 V = TD/2	% 24,24
21	3156,65	89,564	4,25	2 V ≈ TD/2	% 27,95
21	5521,95	85,049	4,05	2 V > TD/2	% -31,26*
34	5783,65	211,504	6,22	6 V = TD/2	% 1,33

\*Şirketin bazı durumlarda araçlara fazla sipariş yükleyerek sevkiyat yaptıkları bilinmektedir. Bu örnekte kullanılan araçların normal kapasiteleri alınarak çözdürülmüş, şirkette aynı araç ile iki rota yapılırken önerilen çözüm yönteminde iki farklı araç kullanılması gerektiği ve içlerinden bir aracın da iki tur yapması gerektiği bilgisi elde edilmiştir. Fazla kapasiteli olarak çözdürüldüğünde ise 41 km önerilerek % 35 iyileştirilmiş sonuç alınmıştır.

Önerilen çözüm yöntemi ile sağlanan iyileştirme oranları rota uzunluğu, talep miktarı ve müşteri sayısı değişkenleri açısından değerlendirildiğinde, genellikle 60-120 km arasındaki rota uzunluğunda bulunan, toplam talebin büyük bir payına sahip olan 1-3 müşteri için daha fazla iyileştirme gerçekleşmektedir.

## 5. Sonuçlar ve Öneriler

Geliştirilen algoritma, çalışma süreleri ve şirket verilerine göre iyileştirme yüzdeleri baz alınarak raporlandırılmıştır. Optimal sonuçlar sadece az sayıdaki müşteri için bulunabildiğinden en fazla 10 müşterilik



örneklerde gösterilmiştir. Bu örneklerde önerilen çözüm algoritmasının optimal çözümden yaklaşık %7 sapma gösterdiği görülmektedir.

Şirkete entegre edilmesi için algoritma bazlı kullanıcı dostu bir Karar Destek Sistemi (KDS) geliştirilmektedir. Bu KDS asıl algoritmanın çalıştığı MS Excel dosyasında olup, özel başlıklara sahip NETSİS'ten çekilen başka bir Excel dosyasından o gün içinde kesilen fatura bilgisini girdi olarak almaktadır. Çıktı olarak ise çözümü bulunan rotanın sıralı müşteri isimleri vb. bilgisi şirkette kullanılan sevkiyat raporlarına benzer bir formatta başka bir dosyaya kaydedilmektedir.

Yaklaşık maliyet açısından analiz edildiğinde; yeni araçlar 100 km'de 8,4 lt yakıt tükettiği bilinmektedir. Şirketteki araçların daha uzun süreli kullanıldığı bilgisi doğrultusunda yeni araçtan %25 (10,5 lt/100 km) daha fazla yakıt tüketeceği varsayımı makul bir yaklaşımdır. Mazotun yıllık ortalama lt fiyatı yaklaşık 4 TL üzerinden hesaplama yapıldığında; şirketin 2014 yılında 240.000 km kat ettiği ve 3.000.000 lt mazot tükettiği bilgisi altında 117.600 TL yakıt maliyeti bilgisi elde edilmektedir. Daha önceki yapılan hesaplamalarda ortalama %18 lik iyileştirme rakamı, geneli yansıttığı varsayılmıştır. Önerilen çözüm yöntemi ile %18 iyileştirme yapıldığı göz önüne alındığında; 229.600 km yol kat edilmiş, 24.108 lt mazot tüketilmiş ve 96.432 TL yakıt masrafı yapılmış olacağı ortaya konulur. Tüm bu hesaplamalar sonucunda şirket önerilen çözüm yöntemi ile planlama yapmış olsaydı yılda yaklaşık 21 bin TL kazanç sağlamış olacağı ön görülmektedir.

Bu proje ile şirketin sevkiyat planında araçların uğrayacağı müşteri sırasını, önerilen çözüm yöntemi ile Google Maps üzerinden alınan uzaklıklar bazında en kısa toplam mesafe olarak hazırlanmaktadır. Aynı zamanda, müşteri siparişi teslim edilirken müşteri lokasyonunun o yol üstünde aracın sağında veya solunda

kalmasına göre yapılan km değişkenlik gösterebilmektedir. Ancak geliştirilen çözüm yönteminde lokasyona göre rota uzunluğu farklılık göstereceğinden bu tip zorunluluklar göz önüne alınmamaktadır. Eğer bahsedilen durum için gerekli veri sağlanabilirse, önerilen algorithmadan daha sağlıklı çıktılar sağlanabilir.

Proje ortağı şirkette özel olarak sevkiyat maliyet verisi tutulmadığından proje, maliyetleri azaltmak üzerine değil bunu sağlayacak endirekt yol olan sevkiyat için kat edilen toplam yolu azaltmayı amaçlar. Ancak araç içinde siparişlerin ağırlıklarından oluşan yakıt maliyeti ya da farklı kapasiteli araçların en az maliyetli olduğu bilgisi çok kolayca önerilen çözüm yöntemine entegre edilebilir.

Geliştirilen algoritmanın bir prototip düzeyinde olduğu ve hazırlanan bu çözüm yöntemine gerçek uzaklıkları eş zamanlı alabilecek lisanslı bir ürün alt yapısı eklenmesiyle daha gerçekçi rota planları oluşturulabilir. Girdi ekranı için, gerçek zamanlı müşteri siparişlerini gerekli yazılımdan çekilerek oluşturulduğu bir ara yazılım önerilmektedir. Bu algoritma, kullanıcı ihtiyaç ve isteklerine göre yeniden tasarlanabilme ve geliştirilebilme potansiyelini içinde barındırmaktadır. Bu şekilde sevkiyat süreci tek bir çalışan kararından çıkıp geçmişe dönük kontrol edilebilir olmaktadır. Bu yaklaşım, farklı sektörlerde faaliyet gösteren distribütör şirketlerin çoğunun benzer yapıya sahip olduğu düşünülürse, bu tip sevkiyat planını oluşturmaya yarayan böyle bir yazılıma yüksek bütçe ayıramayacak küçük ve orta ölçekli dağıtım pazarlama fonksiyonunda yoğunlaşan tüm dağıtım yapan şirketlere kolaylıkla uyarlanabilir.

#### **TEŞEKKÜR NOTU**

Bu proje TÜBİTAK 2209/B Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Tezi Destekleme Programı kapsamında destek almaya hak kazanmıştır. TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKÇA

- Ahlem, C., Racem, M., Habib, C. 2012. “Profitable Vehicle Routing Problem with Multiple Trips:Modeling and Variable Neighborhood Descent Algorithm”, *American Journal of OperationalResearch*, 2(6), 104-119.
- Clarke, G. ve Wright, J. W. (1964), “Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points”, *Operations Research*, 12, 568-581.
- Cordeau, J.-E, Desaulniers,, G., Desrosiers, J., Solomon, M. M. ve Soumis, F. 2002. “VRP with Time Windows”, “The vehicle routing problem”, Hazırlayanlar: Toth, P., Vigo, D. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM).
- İduğ, M. “Hakkımızda”. İduğ Petrol.  
[http://idugpetrol.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=164&Itemid=28](http://idugpetrol.com/index.php?option=com_content&view=article&id=164&Itemid=28) Son erişim tarihi: 25 Şubat 2015.
- Janakiraman, S. 2010. “Truck Routing Problem in Distribution of Gasoline to Gas Stations” (Master dissertation, The Pennsylvania State University).
- Segerstedt, A. 2014. A simple heuristic for vehicle routing–A variant of Clarke and Wright's savingmethod. *International Journal of Production Economics*, 157, 74-79.
- Solomon, M. (2005). “Vrptw Benchmark Problems”.  
<http://w.cba.neu.edu/~msolomon/problems.htm> Son erişim tarihi: 20 Ocak 2015.

*Bu raporda yer alan veriler gizlilik gereği gerçeği yansıtmayıp, gözlem ve kıyaslamalara imkan verecek şekilde değiştirilmiştir.*

## **Günlük Tedarik Ve Sevkiyat Planlama Problemi**

### **Opet Fuchs Madeni Yağ A.Ş.**

#### **Proje Ekibi**

Ayşe İrem Altındağ, Esin Güler, Mert Acar, Cihan Tutum  
Endüstri Mühendisliği, Yaşar Üniversitesi, İzmir

#### **Şirket Danışmanları**

Umut Aksoy, Fabrika ve AR-GE Grup Yöneticisi  
Okay Eryeri, Lojistik Müdürü

#### **Akademik Danışmanlar**

Doç. Dr. Deniz Türsel Eliyi, Yrd. Doç. Dr. Adalet Öner,  
Araş. Gör. Sel Özcan  
Yaşar Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

#### **ÖZET**

Bu projede madeni yağ üreten bir şirketin günlük tedarik ve sevkiyat planlama problemi ele alınmıştır. Problemin çözümü için günlük kapasite sınırlarını ve nakliye sözleşmelerinden doğan pratik kısıt ve kuralları gözeterek, müşteri önceliklerini dikkate alan, müşteri sipariş gecikmelerini ve ulaştırma maliyetlerini minimize eden bir karma tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Gerçek verilerle yapılan ölçümlerle model çözümlerinin geçerlilik ve doğruluğu onaylanmıştır. Çözüm sürelerinin uzunluğu ve varyanslarının büyüklüğü nedeniyle problemin çözümüne yönelik sezgisel bir yöntem geliştirilmiştir. Sezgisel yöntemle matematiksel modelin çözümleri karşılaştırılmış, sonuçlar tatmin edici bulunmuştur. Bu projede geliştirilen karar destek sistemi ile kullanıcıya hızlı, güvenilir, etkin ve pratik bir planlama aracı ortaya konmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** Günlük sevkiyat planlama, karma tamsayılı programlama, sezgisel yöntem, karar destek sistemi.

## 1. Genel Sistem Analizi

Opet Fuchs Madeni Yağ A.Ş., OPET Petrolcülük ve Fuchs Petrolub SE şirketlerinin eşit paya sahip ortaklık yapısıyla kurulu, otomotiv ve endüstriyel yağlayıcılar ile oto bakım ürünlerinin üretimini, satışını ve satış sonrası hizmetlerini gerçekleştiren, 200'e yakın çalışanı ve Türkiye'ye yayılmış geniş bir bayi ağı ile hizmet veren, Türkiye'nin büyük sanayi kuruluşlarından biridir. Şirket, İzmir Çiğli Atatürk Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren tek bir üretim tesisine ve tek bir dağıtım merkezine sahiptir.

## 2. Problemin Belirlenmesi

Problemimizi belirlemede yardımcı olacak analizler ve bu analizler sonucu elde edilen gözlemler alt başlıklarda belirtilmiştir.

### 2.1 Mevcut Sistemin Analizi

Şirketin kendine ait bir araç filosu olmadığı için günlük ürün sevkiyatı üçüncü parti lojistik şirketleri aracılığıyla gerçekleştirilmektedir, ancak günlük tedarik ve sevkiyat planı şirket çalışanları tarafından hazırlanmaktadır.

Planlama hâlihazırda elektronik tablolama programı üzerinde, geçmiş tecrübeler ve deneme yanılmaya dayalı olarak, bilimsel bir yöntem kullanılmadan yapılmaktadır. Her sabah şirketin kurumsal kaynak planlama yazılımından sipariş listesi alınarak mevcut sipariş listesine göre, siparişlerin termin tarihleri ve ürünlerin stok seviyeleri kontrol edilerek bir sevkiyat planı hazırlanmaktadır. Planlama yapılırken, siparişler yüklerine göre Kategori-1, Kategori-2 ve Kategori-3 şeklinde üç farklı sevkiyat kategorisine ayrılır. Sevkiyat planı hazırlanırken dikkat edilmesi gereken hususlardan en önemlisi müşteri öncelikleridir; sınırlı envanter seviyelerine sahip ürünler nedeniyle planlama yapılırken ilk olarak önceliği yüksek olan müşterilerin siparişleri dikkate alınmaktadır. Sonrasında hazırlanan taslak plan

müşteriler için yapılan kredi-blokaj kontrolü için şirketin “Kredi Risk Yönetimi” bölümüne gönderilmekte, ve bu kontrolden sonra hangi müşterilerin siparişlerinin gönderilebileceği belirlenmektedir. Belirlenen listeye göre sevkiyat planı güncellenerek planlanan siparişler gönderilmektedir.

## **2.2 Sistemde Gözlemlenen Semptomlar**

Mevcut sistem şirketle yapılan toplantılar yardımıyla ve günlük planlama sürecinin gözlenmesiyle incelenmiş, bunun sonucunda aşağıdaki semptomlarla karşılaşılmıştır:

- *Kategori-1 gönderi tipinin düşük bir yüzdeye sahip olması:* Kategori-1 gönderi tipinin diğer gönderi tiplerine göre (kategori-2 ve kategori-3) daha düşük maliyetli olmasına rağmen düşük bir yüzdesi vardır. Diğer kategorilerde daha fazla gönderim olması, şirketin sevkiyat maliyetini arttırmaktadır.
- *Uzun planlama süresi:* Sevkiyat planlama mevcut sistemde manuel olarak yapıldığı için uzun zaman almaktadır. Örneğin, çalışanın sipariş listesi üzerinden tek tek geçerek envanter kontrolü yapması sevkiyat planının yaklaşık 1,5 saat sürmesine yol açmaktadır. Ayrıca, sevkiyat planı gün içinde birden fazla kez güncellendiğinden işlem için harcanan zaman artmaktadır.
- *Manuel planlamadan kaynaklanan hatalara yatkınlık:* Problemden bulunan tüm kısıtlar manuel olarak kontrolü zor olduğu için hataların ortaya çıkması mümkündür. Örneğin, kurallara uygun sipariş rotalarının belirlenmesi ve müşteri önceliklerine göre planlamanın yapılması sırasında yanlışlar yapılabilmektedir.
- *Gecikmiş siparişler:* Gecikmiş siparişlerin bulunması, uzun sipariş listelerine neden olmaktadır. İncelenen bir sipariş listesinde, siparişlerin %70,3'ünün geciken sipariş olduğu gözlemlenmiştir.

Ayrıca bu durum müşteri memnuniyetini de kötü bir şekilde etkilemektedir.

### **2.3 Problemin Tanımı**

Şirketin kendine ait bir araç filosu bulunmadığı için ürün dağıtımını iki farklı üçüncü parti lojistik (third-party logistics, 3PL) firması (3PL-A ve 3PL-B) tarafından gerçekleştirilmektedir. Ancak günlük tedarik ve sevkiyat planı Opet Fuchs çalışanları tarafından hazırlanmaktadır. Dağıtım için üç tip araç kullanılmaktadır, araçların kapasiteleri ise şu şekildedir:

- TIR (Kapasite: 23.000 kg)
- Kırkayak (Kapasite: 19.000 kg)
- Kamyon (Kapasite: 14.000 kg)

Dağıtım merkezinin günlük sevkiyat kapasitesi 250 ton olarak belirlenmiştir. Nakliye sözleşmelerinin dikte ettiği kurallar ve şirketin kendi sevkiyat kısıt ve kurallarından dolayı şirkette “Kategori-1”, “Kategori-2” ve “Kategori-3” olarak adlandırılan üç farklı sevkiyat protokolü bulunmaktadır. “Kategori-2” ve “Kategori-3” için direk gönderim yapıldığından, proje kapsamımız dışındadır.

#### **2.3.1 Sevkiyat Kategori-1**

Bu kategoriyle sevkiyat yapılabilmesi için bir müşterinin toplam siparişi en az 1600 kg olmalıdır. Aynı zamanda, nakliye ücretleri dikkate alınarak geçmiş tecrübelerden çıkartılan pratik bir kurala göre maliyet-etkin bir planlama için herhangi bir araca en az 5000 kg sipariş yükü planlanması gerekmektedir. Aynı araçla en fazla üç müşterinin yükü gönderilebilir ve bir müşterinin siparişleri yine her araçta en az 1600 kglık sipariş olacak şekilde en fazla iki araca bölünebilir. Siparişler yukarıda açıklanan üç tip araçla gönderilebilmektedir. Ayrıca bu sevkiyat protokolünde aynı araçta sadece Opet Fuchs müşterilerinin siparişleri taşınmaktadır (adlanmış araçlar: dedicated vehicles). Araçta

boş yer kalsa dahi 3PL firmalarının diğer müşterilerinin yükleri aynı araçla taşınmamaktadır.

Bir araç içinde en fazla üç müşterinin siparişi taşınabileceği için bir rota üzerinde en fazla üç noktaya uğrayabilme kuralı bulunmaktadır. Müşteriler aynı şehirde veya farklı şehirlerde olabilirler. Her araç, dağıtım merkeziyle rota üzerinde uğranacak en uzak noktanın arasındaki mesafenin %10'una kadar rotadan sapabilir. Araçların siparişleri teslim ettikten sonra dağıtım merkezine geri dönüşü önemsizdir ve rota uzunluğuna dâhil edilmemektedir.

Tüm kategoriler arasında en az maliyete sahip olan bu kategoride, fiyat stratejisi araçların rota üzerinde gidecekleri en uzak noktaya ve araç tipine göre belirlenmektedir. Siparişlerin gönderiminin mümkün olduğunca bu kategoriyle yapılması, Opet Fuchs tarafından tercih sebebidir. Sevkiyat firmalarıyla yapılan görüşmeler neticesinde, İzmir'deki dağıtım merkeziyle Türkiye'deki iller arasındaki mesafe tablolarına göre Türkiye altı bölgeye ayrılmıştır. Projemiz kapsamında bu kategoriye ait sevkiyat planlaması üzerine çalışılmıştır.

Bu bilgiler ışığında projede üzerinde çalışılan problem, günlük sipariş listesindeki hangi ürünlerin, hangi miktarda, hangi müşteriye, hangi araç tipiyle ve hangi rotayı kullanarak gönderilmesine karar verilmesini içermektedir. Amaç, günlük kapasite sınırlarını ve nakliye sözleşmelerinden doğan pratik kısıt ve kuralları gözeten, müşteri önceliklerini dikkate alan, müşteri sipariş gecikmelerini ve ulaştırma maliyetlerini minimize eden bir çözüm üretmektir.

#### **2.4 Teknik Yazın Taraması**

Teknik yazın taraması yapılırken projemizle ilgili olan “Araç Rotalama Problemi (ARP)” yazını incelenmiştir. Ayrıca problemde araçların dağıtım merkezine geri dönüşleri dikkate alınmadığından



ARP'nin bir varyantı olan "Açık Uçlu Araç Rotalama Problemi (Açık Uçlu ARP)" çalışmaları da taranmıştır.

Toth ve Vigo (2001) ARP'yi şu şekilde tanımlamaktadır: ARP bir araç filosunun verilen müşteri kümesine hizmet etmek için optimal rota setlerinin kararlaştırılmasıdır ve bu sebeple önemli ve üzerinde en çok çalışılan kombinatoriyal optimizasyon problemlerinden biridir.

Açık Uçlu ARP probleminde depo(lar), bir araç filosu ve ürünler için bilinen taleplere sahip müşteriler bulunmaktadır. Her aracın belirli bir kapasitesi ve işletme maliyeti vardır. Depo ve müşteriler arasındaki ve herhangi iki müşteri arasındaki taşıma maliyetleri deterministiktir yani kesin olarak bilinmektedir. Sariklis ve Powell (2000) rota setlerinin aşağıdaki temel "Açık Uçlu ARP" varsayımlarına göre kurulduğunu belirtmiştir:

- Her rota depodan başlar ve müşterilerden birinde son bulur.
- Her müşteri bir kere bir araç tarafından ziyaret edilir ve müşterinin talebinin tamamı karşılanmalıdır.
- Her rotada ziyaret edilen müşterilerin toplam talepleri, o rotaya atanan aracın kapasitesini aşamaz.

Projede üzerinde çalışılmakta olan problem yukarıda ifade edilen temel kurallardan belli noktalarda ayrılmaktadır. Problemimizde bir müşteri en fazla iki kez olmak üzere birden fazla kez ziyaret edilebilir, dolayısıyla araç kapasite kısıtlarında uygun şekilde uyarlanmalıdır. Ayrıca dağıtım merkezinin günlük sevkiyat kapasitesi (250 ton) kısıtı sebebiyle herhangi bir müşterinin talebinin tamamının karşılanamama durumu da göz önüne alınmaktadır.

Literatürdeki benzer bir çalışmada, bir kimya fabrikasının günlük sevkiyat planlama problemi "Karma Tamsayı Programlama" olarak formüle edilmiştir ve iki aşamalı bir çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir (Özsakallı vd., 2014). Ana sevkiyat planlama problemi hizmet edilen

bölgelere göre alt-problemlere ayrılmıştır ve farklı kontratlara ve operasyon şemalarına sahip 3PL firmalarına yapılan gönderi isteklerinin minimum maliyet ataması optimal olarak çözülmüştür, herhangi bir rotalama yapılmamıştır. Dolayısıyla bu çalışmada incelenen problem ile bizim problemimiz arasında yapısal farklılıklar bulunmaktadır. Günlük tedarik ve sevkiyat planlamada gönderilerin araçlara atanması ve rotalara karar verilmesi problemimizi daha zor hale getirmektedir.

### 3. Problem Formülasyonu ve Çözüm Yöntemleri

#### 3.1 Kısıtlar ve Varsayımlar

Sistem analiz edilirken aşağıdaki kısıtlar ve varsayımlar altında çalışılmıştır:

- Sevkiyat için yeterli sayıda araç olduğu varsayılmaktadır.
- Planlama esnasında şirketin sevkiyat kuralları değişmeyecektir.

#### 3.2 Matematiksel Model

Bu bölümde problem için talep karşılama, kapasite ve sipariş bölmeye dayalı olarak toplam taşıma maliyetini enazlarken, toplam sevki miktarını ençoklayan çok amaçlı bir karma tamsayıli matematiksel model sunulmaktadır.

Küme ve indisler:

$I$ : ürün sayısı

$J$ : müşteri sayısı

$K$ : rota sayısı

$L$ : araç sayısı

$i$ : ürün indisi,  $i = 1, \dots, I$

$j$ : müşteri indisi,  $j = 1, \dots, J$

$k$ : rota indisi,  $k = 1, \dots, K$

$l$ : araç tipi indisi,  $l = 1, \dots, L$

$P: \{(i_1, j_1, k_1), (i_2, j_2, k_2), \dots, (i_p, j_p, k_p)\}$ :

olası tüm ürün – müşteri – rota üçlülere kümesi

$R: \{(i_1, j_1), (i_2, j_2), \dots, (i_r, j_r)\}$ : olası tüm ürün – müşteri ikilileri kümesi

Parametreler:

$W_i$ :  $i$  ürününün (kg) cinsinden birim ağırlığı  $i \in I$

$V_l$ :  $l$  aracının (kg) cinsinden taşıma kapasitesi  $l \in L$

$D_{ij}$ :  $(i, j)$  ürün, müşteri ikilisinin (kg) cinsinden talep miktarı  $(i, j) \in R$

$S_i$ :  $i$  ürünün (adet) cinsinden stok miktarı  $i \in I$

$C_{kl}$ :  $k$  rotasına atanan  $l$  aracının taşıma maliyeti (TL)  $k \in K, l \in L$

$DSC$ : dağıtım merkezinin (kg) cinsinden günlük sevkiyat kapasitesi

$\beta$ : dönüştürme katsayısı (TL/kg)

Karar değişkenleri:

$X_{ijkl}$ :  $k$  rotasını kullanan  $l$  aracı ile  $j$  müşterisine gönderilen  $i$  ürününün adet cinsinden miktarı

$$Y_l = \begin{cases} 1, & \text{eğer } l \text{ aracı kullanılıyorsa} \\ 0, & \text{diğer türlü.} \end{cases}$$

$$G_{kl} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } l \text{ aracı } k \text{ rotası için kullanıldıysa} \\ 0, & \text{diğer türlü.} \end{cases}$$

$$H_{jl} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } l \text{ aracı } j \text{ müşterisinin siparişini taşıyorsa} \\ 0, & \text{diğer türlü.} \end{cases}$$

Yukarıda belirtilen tanımlamalara göre çok amaçlı karma tamsayılı modelimizin formülasyonu aşağıdaki gibidir.

$$\text{Max } \sum_{(i,j,k) \in P} \sum_l W_i X_{ijkl} \quad (1)$$

$$\text{Min } \sum_k \sum_l C_{kl} G_{kl} \quad (1')$$

Öyle ki

$$\sum_{(i,j,k) \in P} \sum_l W_i X_{ijkl} \leq DSC \quad (2)$$

$$\sum_{(i,j,k) \in P} \sum_l X_{ijkl} \leq D_{ij} \quad \forall (i, j) \in R \quad (3)$$

$$\sum_{(i,j,k) \in P} W_i X_{ijkl} \leq V_l Y_l \quad \forall l \quad (4)$$

$$\sum_{(i,j,k) \in P} W_i X_{ijkl} \geq 5000 Y_l \quad \forall l \quad (5)$$

$$\sum_{(i,j) \in R} X_{ijkl} \leq MG_{kl} \quad \forall k, \forall l \quad (6)$$

$$\sum_k G_{kl} = Y_l \quad \forall l \quad (7)$$

$$\sum_{(i,j,k) \in P} x_{ijkl} \leq MH_{jl} \quad \forall j, \forall l \quad (8)$$

$$\sum_j H_{jl} \leq 3 \quad \forall l \quad (9)$$

$$\sum_l H_{jl} \leq 2 \quad \forall j \quad (10)$$

$$\sum_{(i,j,k) \in P} W_i X_{ijkl} \geq 1600H_{jl} \quad \forall j, \forall l \quad (11)$$

$$\sum_{(i,j,k) \in P} \sum_l X_{ijkl} \leq S_i \quad \forall i \quad (12)$$

$$X_{ijkl} \geq 0 \quad \forall (i, j, k) \in P, \forall l \quad (13)$$

$$Y_l \in \{0,1\} \forall l, \quad G_{kl} \in \{0,1\} \forall k, \forall l, \quad \text{ve} \quad H_{jl} \in \{0,1\} \forall j, \forall l \quad (14)$$

Modelin amaç fonksiyonu (1) ağırlık cinsinden gönderilecek toplam sipariş miktarını en büyük değere çıkartırken (1') nolu amaç fonksiyonu taşıma maliyetini en aza indirmektedir. Dolayısıyla çok amaçlı modelimiz sevk edilen miktardan elde edilen yararı en büyük değere çıkarmak olarak yorumlanabilir. Modelin (2) numaralı kısıtı sevk edilen toplam sipariş ağırlığının günlük sevkiyat kapasitesini aşmamasını sağlar. Sevk edilecek toplam siparişlerin talebi aşmaması (3) numaralı kısıtla belirtilir, (4) numaralı kısıtla ise herhangi bir aracın kapasitesinin aşılması sağlanmaktadır. Eğer bir araç kullanıldıysa o araçtaki yük miktarının en az 5000 kg olması gerektiğini (5) numaralı kısıt garanti ederken, (6) ve (7) numaralı kısıtlar her aracı yalnızca bir rotaya atamaktadır. (8) ve (9) numaralı kısıtlar bir araçta en fazla üç farklı müşterinin siparişlerinin bulunduğunu kontrol eder, (8) ve (10) numaralı kısıtlar ise bir müşterinin siparişlerinin en fazla iki araca bölünerek gönderilmesini sağlar. Eğer bir araç bir müşterinin siparişini taşıyorsa, o müşterinin o araç içinde en az 1600 kg'lık siparişi olması (11) numaralı kısıtla sağlanmaktadır (Kategori-1 kısıtı). (12) numaralı kısıt her siparişin tedarigi için envanter miktarını gözetir. Son olarak (13) ve (14) numaralı kısıtlar karar değişkeni yapılarını belirlemektedir.

Çözüm sırasında amaç fonsiyonu iki amacın doğrusal bir kombinasyonu olarak ifade edilerek çözülmüştür. Dolayısıyla ilk amacın birimini ağırlıktan para birimine dönüştürmek için  $\beta$  (TL/kg) dönüştürme katsayısı kullanılmıştır. Dönüştürme (ya da öncelik) katsayısı  $\beta$  farklı ağırlık birimleri (örneğin gram veya ton) için veya araç başına taşıma maliyeti büyük ölçüde değişirse katsayı değeri uygun şekilde güncellenmektedir.

### 3.3 Sezgisel Yöntem

Oyuncak problemler ve gerçek verilerle yapılan çalışmalarda geliştirilen modelin çözümlerinin geçerlilik ve doğruluğu onaylanmıştır. Ancak gerçek verilerle çözümler uzun sürmektedir. Bu sebeple pratik ve kullanılabilir bir çözüm aracı elde etmek hedefiyle, probleme özgü sezgisel bir çözüm yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemin optimale yakın sonuçları çok kısa sürelerde üretmesi hedeflenmiştir.

Kategori-1 için geliştirilen sezgisel yöntemde, modelde de kullanılan problem özelinde belirlenmiş tüm aday sipariş rotaları ele alınır. Rotalarda yer alan şehirlerdeki her bir müşterinin toplam talep miktarı ve rotanın tüm yükü hesaplanır. Planlamaya hangi rotadan başlanılacağını belirlemek üzere rotalar aşağıda açıklanacağı gibi hiyerarşik olarak dört ana kritere göre sıralanmaktadır. İlk olarak sipariş rotaları bölgelerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Daha sonra aynı rota üzerindeki şehirlerin bölge bazında yakınlıkları küçükten büyüğe doğru sıralanır. Bölge bazında rota sıralaması tamamlandıktan sonra her rotanın araç kullanım kapasitesini belirten bir gösterge olarak  $\alpha_k$  aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\alpha_k = \text{Max}_i \{ \text{Rotanın kullandığı son aracın kullanım kapasitesi} \}, \forall k$$

$i$  = Kamyon, Kırkayak, TIR,

$k$  = rota

Bu gösterge o rotadaki tüm yük hangi araç tipiyle gönderilirse kullanılan araç sayısının tamsayıya en yakın değer alacağını hesaplamaktadır. Bunu yaparken rota yükünü taşımak için kullanılacak en son aracın kullanım kapasitesini maksimize etmek, dolayısıyla uygun araç tipi seçimiyle araç kullanım oranını maksimize etmek hedeflenmektedir. Buna göre üçüncü olarak sipariş rotaları  $\alpha_k$  değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Rotalardaki toplam maliyet hesaplanır ve son olarak sipariş rotaları toplam maliyete göre küçükten büyüğe doğru sıralanır.

Sıralanmış sipariş rotaları üzerinden araç atamaları yapılır. Herhangi bir araca atanamayan müşteri yükleri için sipariş rotaları üzerinden tekrar bir değerlendirme yapılır. Eğer uygunsa bu müşteriler daha önce açılmış olan rota ve araçlara atanır veya bunlar için yeni bir rota ve araç açılır.

### 3.4 Karar Destek Sistemi

Çözüm yöntemi, VBA tekniğiyle kodlanan kullanıcı dostu bir karar destek sisteminin içine yerleştirilmiştir. Sipariş listesi “S.A.P Çıktısı Siparişleri İçeri Aktar” butonuyla aktarılır.



Şekil 1. Karar destek sistemi kontrol sayfası.

Daha sonra “Alanları Eşleştir” butonuyla kullanıcıya daha açıklayıcı sütun başlıkları oluşturmak için sipariş listesinin içindeki başlıklarla karar destek sistemine aktarılacak alanlar eşleştirilir. Bu

işlem tamamlandıktan sonra siparişler aktarılmaya hazır hale gelir ve ekrana aktarılan sipariş satırı sayısı yazılır.

**A. Rota eleme.**

Rota Eleme

Aşağıdaki sipariş rotaları kümesinden uygun bulmadığınız rotayı değiştirebilir veya silebilirsiniz.

Adım 1: Aşağıdaki listeden sipariş rotasını tıklayarak seçiniz.

GAZİANTEP	BATMAN	VAN
ANKARA	BATMAN	VAN
KONYA	BATMAN	VAN
ANTALYA	BATMAN	VAN
KONYA	GAZİANTEP	VAN
ANTALYA	GAZİANTEP	VAN
ESKİŞEHİR	ANKARA	VAN
BURSA	ESKİŞEHİR	VAN
ANKARA	GAZİANTEP	BATMAN
KONYA	GAZİANTEP	BATMAN
ANTALYA	GAZİANTEP	BATMAN
ESKİŞEHİR	ANKARA	BATMAN
ESKİŞEHİR	ANKARA	SAMSUN
ESKİŞEHİR	ANKARA	KASTAMONU
BURSA	İSTANBUL-AN	İSTANBUL-AVR
KONYA	GAZİANTEP	
ANTALYA	GAZİANTEP	
BURSA	İSTANBUL-AN	
ANKARA		

Adım 2: Seçtiğiniz rotayı "Seçilen Rotayı Sil" butonuna tıklayarak tamamen kaldırabileceğiniz gibi aşağıdaki şehir listelerinden uygun şehirleri seçip "Rotada Değişiklik Yap" butonuna tıklayarak rotada değişiklikler yapabilirsiniz.

1. Şehir: ANTALYA  
2. Şehir: GAZİANTEP  
3. Şehir: BATMAN

Seçilen Rotayı Sil | Rotada Değişiklik Yap | Çıkış

**B. İleri termin tarihi belirleme**

İleri Termin Tarihini Belirleyiniz

İleri Terminli siparişler listeden çıkarılacak !

Bu günden itibaren kaç iş günü sonrasında denk gelen siparişler çıkarılsın?

2

Bugünün Tarihi : 15-05-2015  
Hariç Tutulacak Tarih Başlangıcı : 20-05-2015

Tamam

**C. Şehir seçimi.**

Şehir Seç

Uyarı: Lütfen şehir ismini doğru seçiniz !

Müşteri Kodu: 20015664  
Müşteri Adı: KAYALAR DEPO  
Teslim İli: İSTANBUL

Şehir: İSTANBUL-ANADOLU

İSTANBUL-ANADOLU  
İSTANBUL-AVRUPA  
İZMİR  
KARAHAMAMMARŞ  
KARABÜK  
KARAKÖY  
KARAKÖY  
KARABÜK  
KARABÜK

Şekil 2. Kullanıcı formları

Sezgisel yöntem çözümünün başlamasından önce listenin bir ön işlem sürecinden geçmesi gerekir. Bunun için "Ön Ayrıştırılmaları Yap" butonu kullanılır. Bu butona basıldıktan sonra kullanıcıya ileri termin tarihini belirlemek üzere Şekil 2. B'de gösterilen bir sorgu ekranı çıkar. İleri termin tarihi müşterilerin siparişlerinin teslim tarihleri dikkate alınarak iki iş günü olarak belirlenmiştir; fakat kullanıcıya manuel olarak bu sürenin iki iş günü ötesi veya öncesini seçme imkanı tanınmaktadır, dolayısıyla sevkiyatı planlanacak siparişler belirlenen ileri termin tarihinden önce sevkedilecek siparişler olarak filtrelenir. Siparişlerin filtrelenmesinde listede yanlış veya eksik yazılmış olan şehirlerin kullanıcıya sorularak Şekil 2. C'de de gösterildiği gibi düzeltilme imkanı sunulmuştur. Ön ayrıştırma sırasında müşteri önceliklerine göre müşterilerin talepleri için bir ön tahsis işlemi yapılır

ve siparişler “Dökme Ürünler”, “Stok-out”, “Termin İleri”, “Bekleyen Distribütör Siparişleri”, “Kategori-1”, “Kategori-2” ve “Kategori-3” olarak farklı listelere ayrılır. Dökme ürünlerin sevkiyat planı proje kapsamımıza girmediğinden bu ürünler ayrıştırılmaktadır.

Sezgisel yöntem için karar destek sisteminde uygun ikili ve üçlü indis kümelerinin hazırlanması gerekmektedir. Bunun için sistemde “Sezgisel Yöntem için Ön Hazırlık Yap” butonu bulunmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi rotadan sapma yüzdesi %10 olarak belirlenmiştir, ancak kullanıcıya bu sapma yüzdesi limitini değiştirme imkanı da sunulmuştur, dolayısıyla sapma yüzdesi parametrik bir hale getirilmiştir. Sezgisel yöntem için sapma yüzdesi kullanılarak tüm rota alternatifleri oluşturulur. Ayrıca yaratılan tüm rotalar Şekil 2. A’da da gösterildiği gibi bir ekranla kullanıcıya sunulur, kullanıcının istediği sipariş rotalarını rota setinden çıkartılabilmesi veya rotaları değiştirilebilmesi mümkün kılınmıştır.

Özet Tablo				
Araç	Rota	Toplam Yük(kg)	Kapasite Kullanım(%)	Maliyet(TL)
TIR-1	IZMIR ESKİŞEHİR SAMSUN	11250,524	49	1213,2197
TIR-2	IZMIR DENİZLİ BATMAN	12245,422	53	1213,2197
KRKAĞAK-1	BALIKESİR BURSA KASTAMONU	6772,587	36	469,9076
<b>Total</b>				<b>3</b>

Araç bilgisi olunuz:		Müşteri bilgisi olunuz:	
Rota: BALIKESİR BURSA KASTAMONU		Şehir: SAMSUN	
Müşteri	Şehir	Toplam Yük(kg)	
23605	KASTAMONU	1842,804	
20004445	BALIKESİR	2820,123	
20012093	BURSA	2109,66	

Urun	Araç	Rota	Toplam Y.
OMY1CAM001	TIR-1	IZMIR ESKİŞEHİR	115,32
OMY1CAPO05	TIR-1	IZMIR ESKİŞEHİR	113,92
OMY1CAR004	TIR-1	IZMIR ESKİŞEHİR	302,48
OMY1FBP007	TIR-1	IZMIR ESKİŞEHİR	1174,68
OMY1FBRO01	TIR-1	IZMIR ESKİŞEHİR	58,32
OMY1FBRO03	TIR-1	IZMIR ESKİŞEHİR	80,248
OMY1FBRO16	TIR-1	IZMIR ESKİŞEHİR	1023,78
OMY1GBO14	TIR-1	IZMIR ESKİŞEHİR	301,26
OMY1HCA001	TIR-1	IZMIR ESKİŞEHİR	34,488
OMY1JE180	TIR-1	IZMIR ESKİŞEHİR	199,3
OMY1JEK180	TIR-1	IZMIR ESKİŞEHİR	194,3
OMY1KFA003	TIR-1	IZMIR ESKİŞEHİR	71,04

Müşteriler ile ilgili daha ayrıntılı bilgi almak istiyorsanız lütfen butona tıklayınız.

Araçlar ile ilgili daha ayrıntılı bilgi almak istiyorsanız lütfen butona tıklayınız.

Şekil 3. Sonuçlar Sayfası.

Karar destek sistemi tarafından otomatik olarak sezgisel yöntem çözülür ve sonuçlar alınır. “Sonuçları Göster” butonu çözüm sonuçlarını Şekil 3’de gösterildiği gibi ekrana getirir. Sonuçların daha detaylı bir



şekilde kullanıcı tarafından görülmesi için özet tablo, araçlara göre çözüm dökümü ve müşterilere göre çözüm dökümü kullanıcıya raporlanmaktadır. Müşteri ve araçlarla ilgili detaylı bilgileri görmek üzere, Şekil 4’de gösterilen detaylı bilgileri görmek üzere “Ayrıntılı Bilgi” butonu da eklenmiştir. Ayrıca, aynı karar destek sistemi matematiksel model için de kullanılabilir.

MÜŞTERİ KODU :	22324	MÜŞTERİ ADI :	TOY-DER PETROL ÜRÜNLERİ MADENİ YAĞI	TESLİM İLİ :	İZMİR	DAĞITIM KANALI KODU :	7
ÜRÜN KODU	İSTENEN ADET	STOK	GÖNDERİLEN ADET	İSTENEN KG	GÖNDERİLEN KG	ARAÇ	ROTA
OMY1AAE005	20	71	20	364	364	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1EBD017	48	983	48	892,944	892,944	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1FBP016	120	4719	120	2047,56	2047,56	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1IDD016	120	3929	120	2047,56	2047,56	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY2AIP016	5	30	5	86,6	86,6	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
MÜŞTERİ KODU :	23605	MÜŞTERİ ADI :	NUR MADENİYAĞ OTOMOTİV	TESLİM İLİ :	KASTAMONU	DAĞITIM KANALI KODU :	7
ÜRÜN KODU	TENEN AMBAL	STOK	GÖNDERİLEN AMBALAJ	İSTENEN KG	GÖNDERİLEN KG	ARAÇ	ROTA
OMY1EEL016	108	2005	108	1842,804	1842,804	KRKAYAK-1	BALIKESİR BURSA KASTAMONU
MÜŞTERİ KODU :	30078	MÜŞTERİ ADI :	ARTI GÜRBÜZ ENERJİ EKİPMANLARI PETR	TESLİM İLİ :	ESKİŞEHİR	DAĞITIM KANALI KODU :	7
ÜRÜN KODU	TENEN AMBAL	STOK	GÖNDERİLEN AMBALAJ	İSTENEN KG	GÖNDERİLEN KG	ARAÇ	ROTA
OMY1FBP016	120	4719	120	2047,56	2047,56	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1JES116	5	91	5	85	85	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
ROM1AAE310	7	21	7	10,164	10,164	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
MÜŞTERİ KODU :	20004225	MÜŞTERİ ADI :	TEMİZİŞLER SAMSUN	TESLİM İLİ :	SAMSUN	DAĞITIM KANALI KODU :	7
ÜRÜN KODU	TENEN AMBAL	STOK	GÖNDERİLEN AMBALAJ	İSTENEN KG	GÖNDERİLEN KG	ARAÇ	ROTA
OMY1CAM001	10	312	10	115,32	115,32	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1CAP003	10	10	10	113,92	113,92	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1CAR004	20	435	20	302,48	302,48	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1FBP007	60	1096	60	1174,68	1174,68	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1FBR001	5	85	5	58,32	58,32	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1FBR003	7	147	7	80,248	80,248	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1FBR016	60	836	60	1023,78	1023,78	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1GBY014	20	715	20	301,26	301,26	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1HCA001	3	227	3	34,488	34,488	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1JE1180	1	10	1	199,3	199,3	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1JEK180	1	13	1	194,3	194,3	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN
OMY1KFA003	5	90	5	71,04	71,04	TIR-1	İZMİR ESKİŞEHİR SAMSUN

Şekil 4. Müşterilere göre ayrıntılı çözüm

#### 4. Sayısal Sonuçlar

Model performansını ölçümlemek için firmadan alınan on adet veri seti incelenmiştir; matematiksel model *LINGO 15.0*'de, sezgisel yöntem MS Excel VBA'de yazılan algoritmayla çözülmüştür. Problemlerdeki sipariş sayısı 714 ve 1922 arasında değişmektedir. Ham veriler ön işlemden geçtikten ve kategorilere ayrıldıktan sonra, sevkiyat listesine eklenen gönderilmeye hazır sipariş sayısı ve kategorilere ayrılmış hali Tablo 1'de gösterildiği şekilde oluşmuştur.

Tablo 1. Test edilen örnekler.

Örnek #	Toplam Sipariş Satırı	Sipariş Satır Sayısı (Diğer)	Sipariş Satır Sayısı (Gönderilme ye Hazır)	Kategori -1'deki Sipariş Satırı Sayısı	Kategori-2'deki Sipariş Satırı Sayısı	Kategori -3'deki Sipariş Satırı Sayısı
1	762	38	211	21	133	57
2	714	576	138	34	68	36
3	1922	1637	92	53	25	14
4	1070	950	120	48	46	26
5	1102	895	207	158	39	10
6	1729	1637	92	53	25	14
7	1769	1642	127	104	25	12
8	1836	1706	130	95	15	20
9	645	590	55	49	3	3
10	813	599	214	208	3	3

Tablo 2. Kategori-1 için olası rota sayıları ve çözüm süreleri.

Örnek#	Kategori-1 'deki sipariş satırı sayısı	Olası Rotaların Sayısı	Mat. Model CPU zamanı (dk)	Sezgisel Yöntem Çözüm Süresi (dk)
1	21	4	0,08	0,01
2	34	6	0,22	0,01
3	231	100	>5100	0,01
4	48	21	0,57	0,01
5	158	19	867,08	0,01
6	53	48	7680	0,01
7	104	20	>4320	0,01
8	95	16	>1200	0,01
9	49	15	0,6	0,01
10	208	13	>4290	0,01

Matematiksel modelin optimal çözüm zamanları ve sezgisel yöntemin çözüm süreleri Tablo 2'de raporlanmaktadır. Matematiksel modelde küçük boyuttaki örnekler için (1, 2, 4 ve 9) çözüm zamanı bir dakikanın altındadır, ancak problemin boyutu arttıkça çözüm zamanı üssel olarak artmaktadır. Bu da uğraşılan problemin kombinatoryel yapısının bir göstergesidir. Sezgisel yöntem için çözüm zamanları problemin boyutundan bağımsız olarak oldukça azdır.

Tablo 3. Matematiksel model optimal çözümler için sevkiyat detayları.

Örnek#	Talep miktarı (kg)	Matematiksel Model		Sezgisel Yöntem	
		Gönderilen miktar (kg)	Talep karşılama (%)	Gönderilen miktar (kg)	Talep karşılama (%)
1	46248,80	46000,00	99,50	46000	99,50
2	18377,50	14902,30	81,10	14902,30	81,10
3	94820	90515	95,40	94819	99,90
4	23456,62	23456,62	100,0	21701	92,51
5	185889,34	111215,70	59,80	1112015,70	59,80
6	36814	36814	100,0	36814	100,0
7	148476	148411	99,90	148411	99,90
8	124787	120835	96,83	120835	96,83
9	30269	30269	100,0	30269	100,0
10	48301	46457	96,18	46457	96,18

Son olarak, Tablo 3 matematiksel model ve sezgisel yöntem için sevkiyat detaylarını göstermektedir. Tüm örneklerde listede bulunan tüm müşterilere sevkiyat yapılmıştır; ancak bazılarının talebi tam olarak karşılanmamıştır. Örnek 5 için gönderilen toplam sipariş miktarı diğer örneklerle göre oldukça yüksektir, ancak bu örnek için talep karşılama yüzdesi yük miktarı fazla olmasına rağmen düşüktür. Bu örnek için bazı müşterilerin siparişlerinin tam olarak gönderilemediği gözlemlenmiştir. Bunun sebebi ise bazı müşterilerin siparişleri iki araca bölünmüş fakat araçların doluluğundan ötürü bölünmüş siparişlerin tamamı gönderilememiştir. Sezgisel yöntemin sonuçları matematiksel modele göre gönderilen miktar açısından en fazla %8'lik bir azalış göstermektedir.

Matematiksel model ve sezgisel yöntem sonuçları örnek sipariş listeleri için karşılaştırılmış ve Tablo 4'de raporlanmıştır. Sezgisel yöntemin sonuçları matematiksel modele göre maliyet açısından en fazla %6'lık bir artış göstermektedir. İncelenen on örnekten altısında matematiksel model ve sezgisel yöntem sonuçları toplam maliyet, kullanılan araç sayısı ve tipi bakımından aynıdır.

Tablo 4. Matematiksel model ve sezgisel yöntem karşılaştırma.

Örnek #	Matematiksel Model		Sezgisel Yöntem	
	Toplam Maliyet (TL)	Kullanılan Araç Sayısı ve (Araç Tipi)	Toplam Maliyet (TL)	Kullanılan Araç Sayısı ve (Araç Tipi)
1	2.426,44	2 (2 TIR)	2.426,44	2 (2 TIR)
2	1.742,94	2 (2 Kamyon)	1.742,94	2 (2 Kamyon)
3	5.999,46	8 (2 Kırkayak + 6 Kamyon)	5.811,49	7 (2 TIR+ 1 Kırkayak + 4 Kamyon)
4	3.485,87	4 (4 Kamyon)	2.614,40	3 (3 Kamyon)
5	3.436,31	7 (4 TIR + 3 Kamyon)	3.436,31	7 (4 TIR + 3 Kamyon)
6	4.497,46	8 (4 TIR + 1 Kırkayak + 3 Kamyon)	4.598,27	8 (5 TIR + 1 Kırkayak + 2 Kamyon)
7	5.888,39	7 (2 TIR + 3 Kırkayak + 2 Kamyon)	6.233,56	8 (4 TIR + 4 Kamyon)
8	2.089,82	5 (5 Kamyon)	2.089,82	5 (5 Kamyon)
9	2.127,41	3 (3 Kamyon)	2.127,41	3 (3 Kamyon)
10	2.730,60	5 (4 Kamyon + 1 Kırkayak)	2.730,60	5 (4 Kamyon + 1 Kırkayak)

## 5. Sonuçlar ve Öneriler

Bu projede bir gerçek hayat tedarik ve sevkiyat problemi ele alınarak, ihtiyaç duyulan bir çözümlene aracı ortaya konmuştur. Geliştirilen karar destek sistemi şirket çalışanlarıyla koordine halde, kullanıcının istediği ve çalıştığı biçimde esnek bir yapıda kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Sektöre bağlı olmaksızın birçok şirkette tedarik ve sevkiyat planlama problemi ve koşullarının bu projede ele alındığı biçimde yaşandığı bilinmektedir. Bu nedenle geliştirilen çözüm aracının küçük değişikliklerle birçok firmada kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

### **TEŞEKKÜR NOTU**

Bu proje TÜBİTAK 2209/B Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Tezi Destekleme Programı kapsamında destek almaya hak kazanmıştır. TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

### **KAYNAKÇA**

Company Heritage 2012, accessed at <http://www.opetfuchs.com.tr> as of November 17, 2014.

Customer Groups 2012, accessed at <http://www.opetoil.com.tr> as of November 17, 2014.

Ozsakalli, G., Ozdemir, D., Ozcan, S., Sarioglu, B., and Dincer, A., 2014. Daily Logistics Planning With Multiple 3PLs: A Case Study in a Chemical Company. *Journal of Applied Research and Technology*, 12(5), pp.985-995.

Sariklis, D., and Powell, S., 2000. A heuristic method for the open vehicle routing problem. *Journal of the Operational Research Society*, pp.564-573.

Toth P. and Vigo D., 2001. *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.

*Bu raporda yer alan veriler gizlilik gereği gerçeği yansıtmayıp, gözlem ve kıyaslamalara imkan verecek şekilde değiştirilmiştir.*

# **Son Ürün Talep Takip Ve Tahminleme Projesi**

## **DYO Boya Fabrikaları Sanayi ve Ticaret A.Ş**

### **Proje Ekibi**

Ege Adalı, Yekta Ataş  
Osman Mert Baykan, İrem Güldoğan, Ecem Koral  
Endüstri Mühendisliği, Yaşar Üniversitesi, İzmir

### **Şirket Danışmanları**

Bilgehan Bostan, Mehmet Akif Yılmaz

### **Akademik Danışmanlar**

Prof. Dr. M. Murat Fadiloğlu, Araş. Gör. Özge Büyükdaglı  
Yaşar Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

### **ÖZET**

Türkiye'nin önde gelen boya üreticilerinden DYO Boya'nın Çiğli Fabrikası'nda mevcut tahminleme sistemi, satış departmanı çalışanlarının kişisel tecrübelerine ve metodolojik olmayan bir yaklaşıma dayalı şekilde devam etmektedir. Bu durum kimi zaman elde tutma maliyetlerinin kimi zaman hızlandırma maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Bu projenin ana amacı şirketin sanayi boyaları sektöründeki talep tahminleri ile gerçekleşen satışlar arasındaki farkı minimum seviyeye getirmektir. Bu amaç doğrultusunda DYO Boya'nın talep dizilerine uygun olan istatistiki yöntem seçildi ve bu yönteme kullanılarak şirketin tahminleri yapıldı. Yönteme ek olarak ürünlere sınıflandırma yapıldı. Uygulanan Karar Destek Sistemi ile istatistiki metot ve veri tabanı ilişkilendirilmiş ve sistem kullanıcıya uygun hale getirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** DYO Boya, Tahminleme sistemi, Winter yöntemi, Sınıflandırma, Sezonsal faktörler, Karar Destek Sistemi

## 1. Genel Sistem Analizi

DYO Boya Türkiye'nin ilk yerli boya üreticisi olarak 1927 yılında İzmir'de perakende satış yapan küçük bir mağaza olarak Durmuş Yaşar tarafından kurulmuştur. Yaşar Holding'in boya grubunu oluşturan DYO Boya Grubu, bugün 5 farklı şirket altında, 5 farklı sektöre üretim yapmaktadır. DYO Boya Türkiye'de bulunan Gebze ve Çiğli fabrikaları ile birlikte mobilya boyları, dekoratif boyalar, sanayi boyları, ototamir boyları, deniz boyları sektörlerinde hizmet vermektedir. Bu proje DYO Boya Çiğli fabrikalarında gerçekleştirilmektedir. DYO Boya, sektöründe pazar lideridir. DYO Boya'nın endüstri ve inşaat boyları sektöründe Türkiye'de yaklaşık pazar payları %35 ve %23'tür. Bunun yanında son yıllarda şirket'in yurt içi net satışlarında %16, yurt dışı net satışlarında ise %40 seviyesinde büyüme kaydedilmiştir.

## 2. Problemin Belirlenmesi

Bu bölümde, mevcut sistem analizi çerçevesinde projenin gerçekleştiği satış departmanı ve planlama departmanı arasındaki bilgi akışı anlatılmaktadır. Buna ek olarak gözlemlenen veriler ve bulgular ışığında problem tanımı yapılmıştır ve projenin amaçları belirtilmiştir.

Sisteminin analiz edilmesi için DYO Boya'nın 2012,2013 ve 2014 olmak üzere 3 yılın 12 aylık sanayi boylarının satış verileri ve tahmin verileri alındı. Bu verilerin sonuçları değerlendirmek için ilk olarak MAPE (ortalama mutlak yüzde hata) performans ölçütü olarak belirlendi. Aşağıda gösterilen MAPE formülü kullanıldığında satışların hepsi "0" olduğunda sonuç tanımsız çıkmaktadır. Bu nedenden dolayı performans ölçütü olarak MAPE kullanılmadı. MAD(ortalama mutlak sapma) hataların mutlak değerlerinin ortalamasını alır. Fakat MAD hataları miktar cinsinden aldığı için yeterli bilgiyi vermez. Aşağıda yer alan PAE (yüzde mutlak hata) ise yazın taramasında herhangi bir kaynakta yer almamaktadır. Bu metot talebin "0" olmasına karşı

duyarlıdır, aynı zamanda yüzde cinsinden hata oranı verir. Bu nedenden dolayı, performans ölçütü olarak PAE kullanıldı.

$$MAPE = 100 * \frac{\sum_{i=1}^N \frac{|Demand_i - Forecast_i|}{Demand_i}}{n}$$
$$PAE = 100 * \frac{\sum_{i=1}^N |Demand_i - Forecast_i|}{\sum_{i=1}^N Demand_i}$$

Mevcut ürünler arasından örnekler alındı ve bu ürünlerin 2014 yılı için 12 ay üzerinden hataları belirlenen performans ölçütüyle hesaplandığında tahmin ve gerçekleşen arasında büyük farklar olduğu gözlemlendi.

### **2.1 Mevcut Sistemin Analizi**

Projenin amacı şirketin sanayi boyaları sektöründeki talep tahminleri ile satışları arasındaki farkı minimum seviyeye getirmektir. Şirkette talep tahmini süreci satış departmanı, planlama departmanı ve müşteriler arasında yürütülmektedir.

Şirketteki talep tahmini akışı şu şekildedir; satış temsilcisi müşterilerden gelen talepleri ve geçmiş satışları dikkate alarak gelecek üç ayın tahminlerini her ayın 20'sine kadar, ürün ve müşteri bazında sisteme girer. Bu talepler sistemden bölge müdürüne aktarılır. Bölge müdürü satış temsilcisinin sisteme girdiği tahminleri gözden geçirir ve sonra bu tahminleri onaylar. Onaylanan tahminler satış direktörüne sistemden aktarılır. Direktörün onay vermesiyle tahmin verileri planlama departmanının veri havuzuna düşer. Fakat planlamaya aktarılan tahmin verileri sisteme toplu şekilde düşer. Planlama departmanı ise bütçe kısıdını ve yapılan tahminlerin tutarlılığını göz önünde bulundurur. Eğer tahminlerde revize edilecek veriler varsa, planlama departmanı bu verileri satış departmanına tekrar gönderir. Satış departmanı hatalı girdiği tahminleri revize eder. Planlama bölümü ise buna bağlı olarak hammadde taleplerini değiştirir. Satış departmanı



tahmin verilerini düzenledikten sonra SAP sistemine kesin sipariş girilir. Bu girilen siparişlere göre planlama departmanı hammadde planını oluşturur ve satın almaya hammadde eksikliklerini bildirir.

## **2.2 Sistemde Gözlemlenen Semptomlar**

Problemin belirlenmesi kısmında yapılan sayısal analizlere göre tahmin ve satışlar arasında büyük farklar olduğu gözlemlenmiştir. Bu bölümde bu büyük farkların nedenleri araştırıldı ve sistemdeki semptomlar gözlemlendi.

Semptomların belirlenmesi için 3 yılın 12 aylık satış ve tahmin verileri incelendi ve bu veriler arasından alınan örnek ürünler için analizler yapıldı. Seçilen ürünlere göre tahminin satışların altında kaldığı durum, tahminlerin satışların üstünde kaldığı durum, izlenemeyen talep durumu, tekrarlanan tahmin değerlerinin olduğu durum ve uç değerlerin olduğu durum olmak üzere 5 farklı davranış gözlemlendi. Tahminin satışların üstünde kalması durumunun sonucunda fazla stoktan dolayı ek maliyetler oluşabilir. Aynı zamanda müşteriden gelen eksik bilgiler, sistematik olmayan tahminlerin yapılması tahminin satışların altında kalmasına neden olabilir. Bu durum hammadde eksikliğine yol açar ve bu da hızlandırma maliyetlerine neden olur. Satışçının müşteri hareketlerini takip edememesi izlenemeyen talep durumunu oluşturmuş olabilir. Uç değerler durumunda ise satışlar ve tahminler arasında bir tutarlılık bulunmamaktadır. Satışçının bir önceki ayın tahminini kopyalayıp yapıştırması tekrarlanan tahmin değerleri durumunu oluşturmuştur.

Bu gözlemlerden sonra tahmin ve satışlar arasındaki büyük farkların çıkmasının nedenleri araştırılmış ve bu nedenler talep, satışçı ve tahminleme olmak üzere 3 ana başlık altında toplanmıştır. Müşterilerin taleplerinin düzensiz olması ve taleplerdeki sezonsallık yapısı, satış ve tahminlenen arasındaki farkın büyük olmasına neden

olur. Bunun yanında yapılan gözlemlere göre satışçıların tahminleme süreçleri ve metotları hakkında yeteri kadar bilgiye sahip olmaması tahminleme sürecinde aksaklıklar çıkmasına yol açar. Aynı zamanda satışçının müşteri hareketlerini gözlemlenme konusunda yetersiz olduğu saptanmıştır. Tahminleme problemlerinin ortaya çıkmasındaki bir diğer neden ise metottur. Problemin metot kısmındaki kök nedenler ise proje sonunda etkisi minimum edilecek nedenlerdir. Bu kök nedenlerden en önemlisi tahminleme sürecinde herhangi bir istatistikî metottun veya formülasyonun uygulanmamasıdır.

### **2.3 Problemin Tanımı ve Amaçları**

Gözlemlenen verilere göre; ana problem gelecek talepleri belirlenen hata aralığında sistematik bir şekilde tahmin eden bir tahminleme sisteminin eksikliğidir. Bu projedeki amaç satış ve tahminler arasındaki farkın minimum seviyeye getirecek tahminleme sistemini tasarlamaktır.

### **2.4. Yazın Taraması**

Problemin belirlenmesinden sonra, geliştirilmek istenen tahminleme sistemine kaynak oluşturacak yazın taraması yapılmıştır. Tahminleme metotları genel olarak sübjektif metotlar ve objektif metotlar olmak üzere 2'ye ayrılır. Bu projede geçmiş veriler kullanarak sistem kurulacağı için objektif metotlar üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda birçok istatistiksel tahminleme metodu incelenmiştir.

Bu istatistiksel tahminleme metotları sabit talep dizileri, eğilim (trend) bazlı seriler ve sezonsal seriler olmak üzere 3'e ayrılırlar. Sabit talep dizilerinde; hareketli ortalama yöntemi en bilinen tahminleme metodudur. Eğer talepte herhangi bir eğilim yok ise yani talep dizisi sabit ise bu yöntem kullanılır.  $N$  dönem kadar geçmiş verinin ortalaması alınır (Brockwell vd..2000). Bir sonraki ayın tahmini bu ortalama olur.

Bu işlem son ayın tahmini yapılana kadar devam eder. Hareketli ortalama metodunda tüm ağırlıklar birbirine eşittir. Üstsel düzeltim yöntemi (Exponential Smoothing) ise en yakın geçmişini kullanmakla beraber ağırlıklar üstsel olarak azalır (Chambers vd. , 2004). Bu metotta düzeltme katsayısı olarak  $\alpha$  kullanılır.  $\alpha$  katsayısının seçimi en iyi sonucu bulmak açısından büyük önem taşır. Eğer  $\alpha$  büyük olursa en yakın geçmişe daha çok ağırlık verilir. Bu metot sabit talep dizilerine uygun olduğu için ve eğilimlerin (trend) gerisinde kaldığı için yöntem eğilim (trend) bazlı veya sezonsal bazlı talep dizilerinde yetersiz sayılır.

Eğilim (trend) bazlı serilerde regresyon yöntemi ve çift üstsel düzeltme olmak üzere teknik yazın taramasında 2 yöntem bulunmaktadır. Çift üstsel düzeltme (Double Exponential Smoothing) üstsel düzeltmenin özel bir halidir. Bu yöntemde  $\alpha$  ve  $\beta$  olmak üzere 2 parametre vardır. Sezonsallığı tutacak herhangi bir parametre bulunmamaktadır.

Dekompozisyon (Decomposition) ve Winter yöntemi sezonsallık gösteren talep dizilerinin tahminlemesi için en geçerli yöntemlerdendir. Dekompozisyon, eğilim (trend) ve sezonsallığı tutar fakat bu yöntemde parametre olmadığı için en iyi çözümü bulamaz. Winter yöntemi hem trende hem de sezonsallığa sahip olan ürünler için kullanılır. Çift üstsel düzeltme yöntemindeki  $\alpha$  ve  $\beta$  parametresine ek olarak Winter yöntemde sezonsallığı etkileyen  $\gamma$  parametresi bulunmaktadır (Kalekar,2004).

### **3. Problem Formülasyonu ve Çözüm Yöntemleri**

Bu bölümde problemin çözümü için uygulanacak olan istatistikî yöntem ve bu yöntemin formülasyonu anlatılacaktır. Buna ek olarak ürün sınıflandırılması ve teknik yazın taramasına yapılan ek çalışmalar bu bölümde özetlenecektir.

### 3.1 Çözüm Yöntemi

Yazın taramasında yapılan araştırmalar sonucunda, şirketteki talep dizilerinin karakterleri incelendi, eğilim ve sezonsallığı içeren ve en kapsamlı metot olan Winter yönteminin kullanılmasına karar verildi. Winter yöntemi başlangıç ve güncelleme olmak üzere iki temel kısımdan oluşmaktadır. Başlangıç adımı elimizde bulunan veriyi sezonlara ayırmakla başlar. Bu ayrılan kısımdaki her iki yılın ortalamaları  $V_1$  ve  $V_2$  olarak hesaplandı.  $V_1$  ve  $V_2$  arasındaki fark kullanılarak dönemlik artış miktarı olan  $G_0$  elde edildi. Serinin başlangıç baz değer tahmini olan  $S_0$  bulunduktan sonra ilk iki yıllık sezonsallık faktörleri vektörü ( $c_i, i=1, \dots, 24$ ) hesaplandı. Aynı aya denk gelen faktörlerin ortalaması alınarak, sezonsallık faktör tahminleri elde edildi ve son olarak da bu faktörlerin normalizasyonu yapıldı. İlk ortalama sezonsallık faktörü değeri ilk tahminlemede kullanıldı. Her ay yeni satış verisi geldikten sonra aşağıda gösterilen  $S_i, G_i$  ve o aya ait  $c_i$  formülleri güncellenir (Nahmias, 2007). Her güncellemeden sonra gelecek aylar için yeni tahminler üretilir.

$$S_i = \alpha * \left( \frac{D_i}{c_{i-N}} \right) + (1 - \alpha) * (S_{i-1} + G_{i-1})$$

$$G_i = \beta * (S_i - S_{i-1}) + (1 - \beta) * (G_{i-1})$$

$$c_i = \gamma * \left( \frac{D_i}{S_i} \right) + (1 - \gamma) * (c_{i-N})$$

#### 3.1.1 Parametre Taraması

Çözüm yöntemi kısmında belirtildiği üzere Winter yönteminin  $\alpha, \beta$  ve  $\gamma$  olmak üzere 3 adet parametresi vardır. Bu parametreler her ürün için farklı olabileceğinden, gerçek satışa daha yakın bir tahmin elde etmek için bu parametrelerin seçimi çok önemlidir. Bu yüzden,

gerçekleşen ve tahminlenen arasındaki farkı minimum düzeye getirmek için gereken en iyi  $\alpha, \beta$  ve  $\gamma$  bulunmalıdır. Bu amaçla Excel VBA aracı kullanılarak bu parametreler 0 ve 1 arasında 0,1'lik aralıklarla taranarak  $11^3$   $\alpha, \beta$  ve  $\gamma$  kombinasyonu için PAE elde edildi ve her ürün için minimum PAE'yi sağlayan kombinasyonlar bulundu (Jansen, 2004). Bulunan sonuçlara göre, PAE fonksiyonunun  $\alpha, \beta$  ve  $\gamma$ ' ya göre değişimlerini göstermek için, PAE'lerin birinci dereceden farkları alınarak sonuçlar incelendi. Bu analizlerin sonucunda PAE fonksiyonunun düzgün yapıda olduğu sonucuna varıldı. Bu sonuca göre hata fonksiyonun küçük değişimlere duyarlı olduğu kanıtlanmıştır.

Bu araştırmalara ek olarak en iyi  $\alpha, \beta$  ve  $\gamma$  noktasının etrafındaki komşu noktalarda 0.02'lik aralıklarla ikinci bir tarama yapılmıştır. Sonuç olarak  $11^3 + 11^3$  adet PAE bulunmuştur. Yukarıda anlatılan PAE fonksiyonunun düzgün yapı sergilemesinden dolayı PAE fonksiyonunda çok büyük değişiklikler gözlemlenmemiştir. Yani en iyi nokta etrafındaki noktalara daha fazla gidilse bile sonuçta daha fazla iyileştirilme yapılamayacağı sonucuna varılmıştır. Bu yüzden üçüncü bir tarama daha yapılmamıştır. Sonuç olarak her ürün için en iyi  $\alpha, \beta$  ve  $\gamma$  noktaları 0.02'lik taramanın sonucunda bulundu ve bu parametreler kullanılarak ürün tahminleri hesaplandı.

### **3.2.2 Sınıflandırma**

Mevcut sistemde 2825 adet ürün bulunmaktadır. Parametre taramasından sonra sistem en iyi  $\alpha, \beta$  ve  $\gamma$  noktaları ile tüm ürünlerin tahminlerini yapmaktadır. Yöntemimiz tüm ürünlerde talep dizilerinin doğalarındaki farklılıklardan dolayı aynı şekilde işlememektedir. Örneğin, yılda 2 veya 3 kez talep gelen bir ürünün aylık taleplerinin herhangi bir istatistiksel metotla tahmin edilmesi çok zordur. Bu yüzden ürünler, şirketten alınan bilgiler doğrultusunda talep dizilerindeki yapılarına göre sınıflandırıldı. Mevcut ürünlere göre; düzenli talepli,

hareketsiz ürünler, seyrek talepli, yeni doğan ve yüksek varyanslı olmak üzere 5 adet sınıf oluşturuldu. Son  $N$  ayda hiç talebi olmayan ürünler “hareketsiz ürünler” sınıfına atandı. Herhangi bir istatistiksel metot bu ürünleri tahmin edemeyeceği için, bu ürünler için sistem tahminleme yapılmamaktadır. Aylık satış verilerinin çoğunun “0” olduğu ürünler “seyrek talepli” sınıfına atandı. Yeni doğan sınıfı için aylar ilk aylar ve son aylar olmak üzere 2’ye ayrıldı. İlk aylar mevcut tüm ayların ilk %80’lik kısmı, son aylar ise geri kalan %20’lik son kısmı olarak tanımlandı. Belirlenen yüzdelerle ilk ayların %15’inde talep olduğunda, son ayların da %15’inde talep olduğunda, ürün “yeni doğan” sınıfına atanır. Eğer aynı aya denk düşen sezonsal faktör tahminleri ( $c_i$ ),  $i = 1, \dots, 12$  arasındaki fark yüksekse veya sezonsal faktörlerin tahminlerinin büyük bir çoğunluğu sıfıra eşit ise Winter yöntemi iyi işlememektedir. Eğer bu farkların yüksek olduğu ayların sayısı belirli bir orandan yüksekse ürün “yüksek varyanslı” olarak sınıflandırılır. Ürünlerin hangi sınıfta olduğunu net belirtebilmek için sınıflandırmayla ilgili şirketten gereken bilgiler Tablo1 ‘de gösterilmiştir. Buna ek olarak Şekil 1’de ürünlerin sınıflarına göre yüzdesel dağılımları verilmiştir.

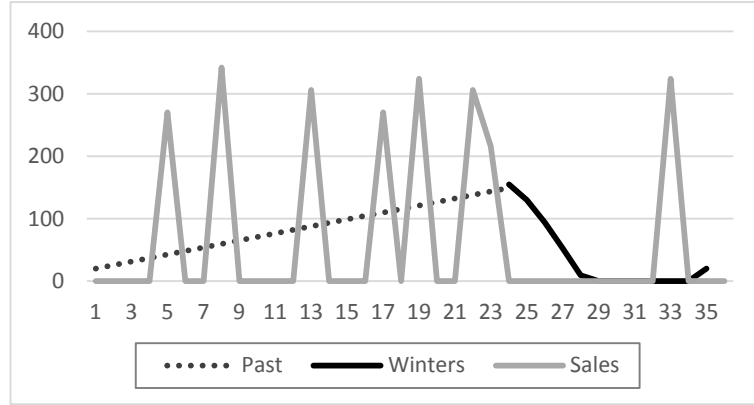
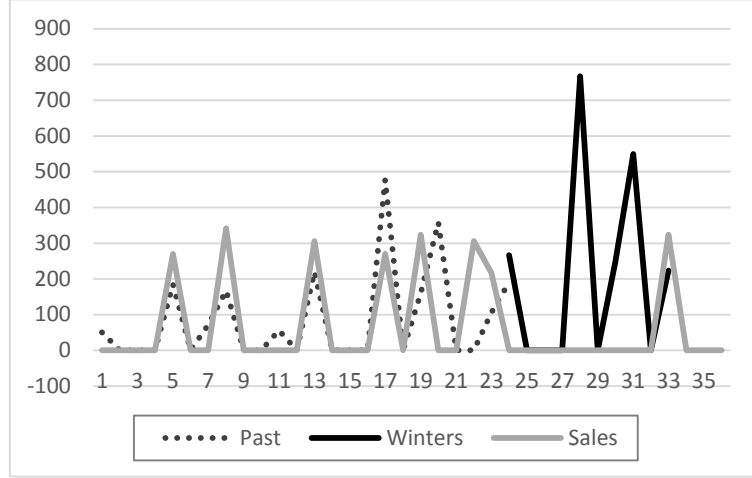
Tablo1.Sınıflandırma tablosu

<b>Sınıf</b>	<b>Koşul</b>
Düzenli talepli	Mevcut ayların %80’inde talep olması
Hareketsiz ürünler	Ürüne 6 aydır talep gelmemesi
Seyrek talepli	Metodun başlangıç adımında kullanılacak olan verilerin en fazla %15’inin dolu olması
Yeni doğan	Ürünün son aylarda aktifleşmeye başlaması
Yüksek varyanslı	Sezonsallık faktörlerinden meydana gelen uyuşmazlıklar



Şekil1. Sınıflandırma yüzdeleri

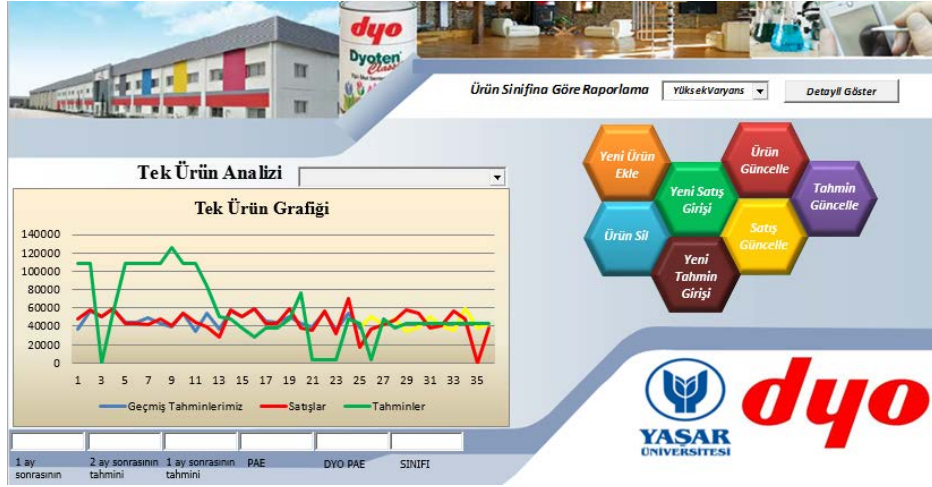
Sınıflandırmadan sonra mevcut programın her sınıf için iyi bir şekilde çalışmadığı saptandı. Bunun ana nedeni ise hiç talep gözlemlenmeyen ay sayısının fazla olmasıdır. Farklı yılın aynı aya denk gelen sezonsallık faktörlerinin arasındaki farkın çok büyük gelmesi veya sezonsallık faktörlerinin 0'a eşit olması durumunda ortalama sezonsallık faktörlerinin bulunmasının sağlıklı bir sonuç vermeyeceğine karar verildi ve bu aylar için sezonsallık etkisiz hale getirilerek sezonsal faktörler 1 olarak atandı. Matematiksel olarak ifade etmek gerekirse; eğer iki ürünün sezonsallık faktörlerinin iki tabanlı logaritmaları arasındaki fark 2 kattan fazla ise ürünün sezonsallık faktörleri 1'e eşitlendi. Bu yapıda olan ürünler için  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri kullanıldı ve  $\gamma$  parametresi 0'e eşitlendi. Şekil 2'de yüksek varyans sınıfına ait bir ürünün sezonsallık faktörleri kapatılmadan önceki hali verilmiştir. Şekil 3'te ise sezonsallık faktörleri için yapılan ek çalışmaların sonucundaki grafik verilmiştir. Sezonsallık faktörleri kapatılmadan önce ürünün PAE'si yaklaşık %743,88 iken, sezonsallık faktörlerine yapılan ek çalışmalar sonucu PAE bu ürün için yaklaşık %242,30 olmuştur.



### 3.3 Karar Destek Sistemi

Şirketten alınan 2239 adet sanayi boyaları sektöründeki son ürünlerin 3 aylık tahminlerini sistematik bir şekilde yapmak adına bir Karar Destek Sistemi oluşturulmuştur. Bu sistem kullanıcıyı giriş sayfası ile karşılamaktadır. Şekil 4'te Karar Destek Sistemi'nin kullanıcı karşılama ekranı görülmektedir.





Şekil 4. Karar Destek Sistemi Kullanıcı Karşılama Ekranı

Kullanıcı “Yeni ürün ekle” butonu ile sistemde mevcut olmayan yeni ürün kodu ekleyebilmektedir. “Ürün sil” butonundan ise sistemde tanımlı olan fakat DYO Boya’nın artık kullanmayacağı ürün var ise kullanıcı bu ürünü silebilir. “Yeni Satış girişi” butonu ile sistemde bulunan ürünlerin yeni aylar için gerçekleşen satışlarının sisteme girişi sağlanır. “Yeni Tahmin girişi” butonu ile sistemde bulunan ürünlerin yeni aylar için tahmin verilerinin sisteme girişi sağlanır. “Satış güncelle” butonu ile kullanıcı sistemde satışını güncelleyeceği veriyi seçip, mevcut satış verilerinin değerlerini güncel değerler ile değiştirebilmektedir. Aynı zamanda sisteme girilen satışlarda bir yanlışlık varsa, o ürünün satış değerini revize edebilir. “Tahmin güncelle” butonu ile kullanıcı sistemde tahmin güncelleyeceği veriyi seçip, mevcut tahminleme verilerinin değerlerini güncel değerler ile değiştirebilmektedir. “Ürün güncelle” butonu ile kodu değişen ürünlerin güncellenmesi yapılmaktadır.

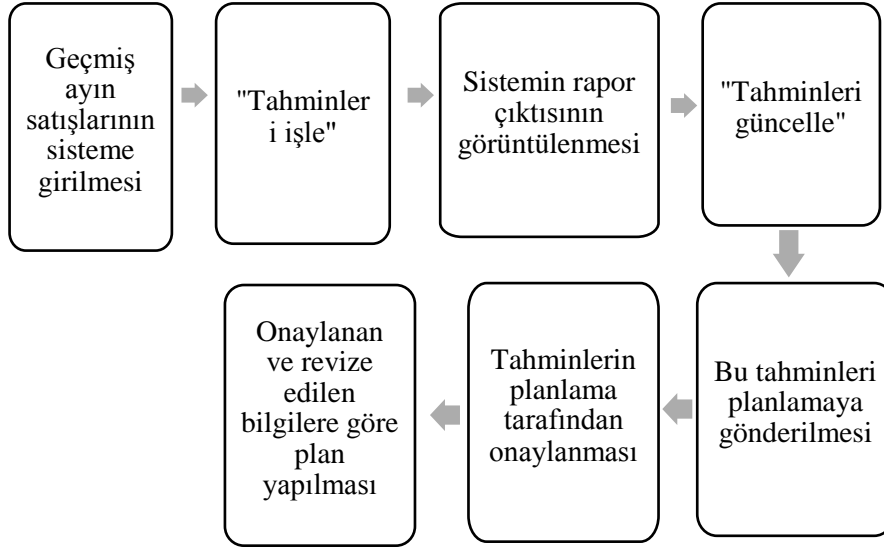
“Tahminleri oluştur” butonu ile sistemde bulunan tüm sınıflara ait ürünlerin tahminleri yapılmaktadır ve kullanıcıya bir rapor sunulmaktadır. Bu raporda; 3 aylık tahminler, ürünlerin sınıf grupları,

Yaşar Üniversitesi ve Dyo Boya'nın hata oranları bulunmaktadır. Aynı zamanda sayfalar arasında geçiş yaparak zaman kaybını önlemek adına giriş kısmında “yüksek varyans” ve “düzenli talep” sınıflarına özel Winter metodu çalıştırılmaktadır.

Şirkette birden fazla satış temsilcisi bulunmakta olup ve her biri farklı ürün gruplarından sorumludur. Bir satışçının kendi ürünlerinden herhangi birisi için analiz yapabilmesi adına Karar Destek Sisteminin ara yüzünde “tek ürün analizi” kısmı bulunmaktadır. Burada bulunan seçim kutusundan ürünün kodu seçilir ve bu ürün için gerekli analizlerin sonucu ekrana bastırılır. Yeni geliştirilen Karar Destek Sistemi'ne veri girişlerinin zamanında ve eksiksiz yapılması, sistemin daha verimli ve sürdürülebilir olmasını sağlayacaktır.

### **3.3.1. İş akışı**

Şirkette tahminler satış departmanı tarafından yapılır. Geçmiş ayın satışları ve tahminleri satış departmanı tarafından “Yeni Satış Girişi” butonundan eklenir. Satış departmanı Karar Destek Sisteminde yer alan “Tahminleri işle” butonuna basıp mevcut tüm ürünler için gelecek 3 aylık tahminlerini, ürün sınıflarını, hata oranlarını ve ürünün ABC sınıflarını raporlatır. Bu çıktılar sonucunda müşterilerden gelen ekstra bilgiler dâhilinde değiştirilecek olan ürünlerin tahminlerini “Tahminleri güncelle “ butonuna basarak değiştirebilir. Daha sonra bu tahminler planlama departmanının ekranına düşer. Planlama departmanı gerekli olan revizeleri “Tahmin güncelle” butonuna basarak gerçekleştirir. Revize yok ise bu tahminler onaylanır. Oluşturulan iş akışı Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 5. Karar Destek Sistemi Sonrası İş Akışı

#### 4. Sayısal Sonuçlar

Bu bölümde yöntemin çıktılarından elde edilen sayısal sonuçlara bakılarak geliştirilmiş sistemin analizi yapılacaktır. Sınıflandırma bölümünde yapılan çalışmalar sonucunda ürünlerin %6'sı düzgün talepli ürün, %39'u hareketsiz ürün, %28'i seyrek talepli, %1'i yeni doğan ürün, %26'sı ise yüksek varyanslı ürün sınıfında yer almaktadır. DYO Boya ihale veya proje bazlı çalışan çok sayıda müşteriye sahiptir. Yani düzenli bir talebe sahip olmayan birçok ürün bulunur. Bunun sonucu olarak "hareketsiz ürün" sınıfındaki ürünlerin sayısı daha fazla olmaktadır. Kurulan yöntem istatistiksel bir yöntem olduğundan dolayı "hareketsiz ürün" sınıfındaki ürünler için etkili şekilde işlemez. Bu yüzden bu sınıf için sayısal analiz yapılmamıştır. Diğer sınıfların mevcut sisteme göre karşılaştırılması Tablo2'de gösterilmiştir. Yöntemin en etkili işlediği aktif ürünler incelenecek olursa; yöntem aktif ürünlerin %56'sında DYO Boya'nın mevcut tahminleme sistemine göre yöntem daha iyi sonuç vermiştir. Genel oranlara bakıldığında uygulanan metodun ortalama PAE'si %75 iken, DYO Boya'nın mevcut

tahminleme sistemindeki PAE %90 oranında çıkmaktadır. Yani uygulanan yöntem ile aktif ürünlerde DY0 Boya'ya göre ortalama %15 civarında bir iyileştirme sağlanmıştır. Buna ek olarak "yüksek varyans" kategorisindeki ürünler için yapılan ek çalışma sonucu ürünlerin %66'sında yöntem DY0 Boya'nın mevcut talep tahmini sistemine göre daha iyi işlemektedir. Yüksek varyanslı sınıfı için genel oranlara bakıldığında uygulanan metodun ortalama PAE'si %117 iken, DY0 Boya'nın mevcut tahminleme sistemindeki PAE %176 oranında çıkmaktadır. Sonuç olarak, ürünün yüksek varyanslı sınıfına atanmasına sebep olan sezonsallık faktörlerindeki ek çalışmalar sonucu, DY0 Boya'nın mevcut tahminleme sistemine göre %59 oranında iyileştirme sağlanmıştır.

Tablo2.Sınıfların sayısal analizleri

Sınıf Adı	Ürün yüzdesi	Tahmini iyileştirilen ürün yüzdeleri	Ortalama Yaşar Üniversitesi PAE	Ortalama DY0 PAE
Düzenli Talep	6%	57%	75%	90%
Seyrek talep	28%	50%	119%	171%
Yeni doğan	1%	80%	74%	99%
Yüksek varyans	26%	62%	117%	176%
Hareketsiz	39%	Tahmin yapılmamaktadır.	-	-

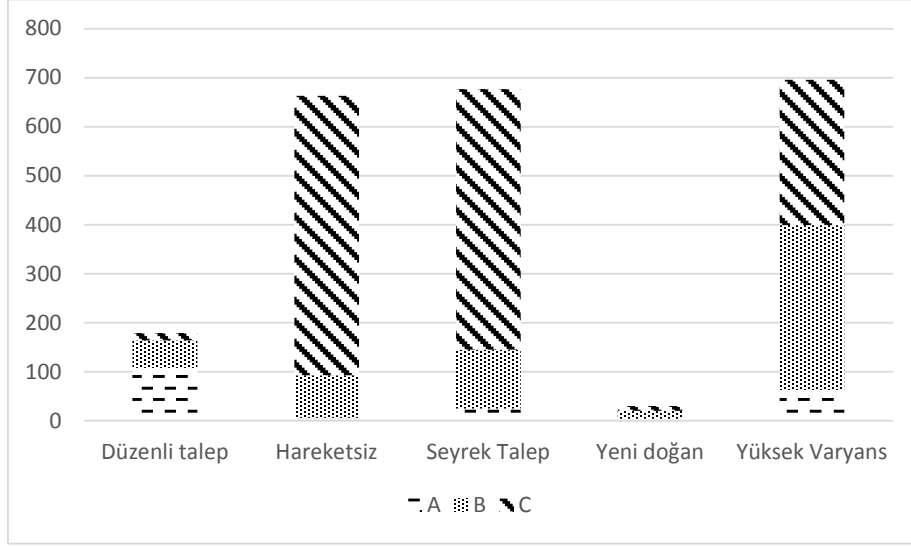
DY0 Boya'da uygulanan mevcut sistem ve projede uygulanan sistemde tahminlenen ve satışlar arasındaki farklar alındı. DY0 Boya'da satışların tahminlerin üstte kalma oranı, yani kayıp satış oranı %46 iken Yaşar Üniversitesinin %44'tür. Yani DY0 Boya'nın mevcut tahminleme sistemine göre kayıp satış oranı yeni sistemin uygulanmasıyla %2 oranında azalmıştır. Satışların tahminlerden altta

kalma oranı, yani stok oluşması DY0 Boya'da %66 iken, kurulan yeni tahminleme mekanizmasındaki bu oran %11'dir. Sonuç olarak kurulan tahminleme sistemi stok oranını %50 oranında azaltmaktadır. Bu bilgilerin kg cinsinden değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo3. Kg cinsinden ortalama stok-kayıp satış miktarı

	<b>Yaşar Üniversitesi</b>	<b>DY0 Boya</b>
<b>Kayıp satış</b>	1471,32 kg	1491,78 kg
<b>Stok miktarı</b>	791,53 kg	1309,28 kg

Bu çalışmalara ek olarak şirketten alınan mevcut ürünlerin ABC sınıflarıyla ilgili bilgi alındı, sonuçlar projede yapılan sınıflandırılma çalışmasıyla karşılaştırıldı. Şirket 2239 adet ürün için ABC analizi yaptığından dolayı mevcut sistemde geri kalan ürünler karşılaştırma için analizden çıkartıldı. Şekil 6'da kurulan tahminleme sistemindeki sınıfların şirketin sınıflandırmasına göre hangi ürün grubunda olduğu analiz edilmiştir. Bu analizin sonucuna göre şirketin en çok önem verdiği A sınıfı ürünlerin büyük yüzdesi düzenli talebe sahip olan ürünler, yani projede geliştirilen metodun en iyi şekilde işlediği sınıftır. Programın iyi işlemediği "hareketsiz sınıfı" A sınıfının çok küçük bir kısmında olup, bu ürünler A sınıfı için önem taşımamaktadır. A grubundaki düzenli talebe sahip ürün sayısına göre, B grubunda bu sayı düşmektedir. B grubunda en fazla yüksek varyanslı ürün sınıfı bulunmaktadır. Bu ürünler içinde yapılan iyileştirmeler sonucu geliştirilen tahminleme sistemi etkili bir biçimde çalışmaktadır. C sınıfı incelendiğinde, tahmin edileceği üzere hareketsiz ve yüksek varyanslı ürün grupları bulunmaktadır. Fakat C grubu şirket açısından düşük öneme sahip olduğundan dolayı, yapılan tahminler şirketin tahminleme sisteminde çok büyük bir etkiye sahip olmayacaktır.



Şekil6. ABC sınıfı ürünlerin tahminleme sistemindeki sınıfları

## 5. Sonuçlar ve Öneriler

Proje sonucunda 2239 son ürün için tahminleme sistemi kurulmuş ve bu sistemin uygulanabilirliği için Karar Destek Sistemi oluşturulmuştur.

Şirketten gelen birim maliyetleri tahminleme sistemine uygulamak birebir sağlıklı olmasa da aylar arası envanter transferinin olmadığı varsayımı ile stok maliyetleri hesaplandı. Bu varsayım doğrultusunda projede geliştirilmiş sistemin tahminlemesi sonucu stok maliyeti 9886704,923 TL, DYO Boya'nın ise 4918585,595 TL çıkmıştır. Bu rakamlar ABC ürün analizi yapılmış 2239 adet ürün üzerinden hesaplanmıştır. Bu proje sonucunda elde edilen mekanizma yalnızca tahminleme yapmaktadır. Bu tahminleme mekanizmasına ek olarak envanter politikaları eklenirse sistemdeki stok maliyetleri düşecektir.

Oluşturulan tahminleme mekanizmasında istatistiksel bir metot kullanıldığı için müşterilerden gelen ekstra bilgiyi sistem tahmin edemeyecektir. Bu durumda satışı bu bilgileri kurulan tahminleme sistemiyle birleştirirse tahmin sonuçları daha tutarlı olacaktır.

## **KAYNAKÇA**

Nahmias S. Production and Operations Analysis, Steven Nahmias (2007). (Chp. 2)

Brockwell, P.J, Davis, R.A, Introduction to Time Series and Forecasting, (2000)

Chambers, J.C, Satinder K. Mullick and Donald D. Smith, How to Choose Right Forecasting Technique, (2004)

Kalekar, P.S, Time series Forecasting using Holt-Winters Exponential Smoothing, (2004)

Mathijs Jansen, Holt-Winters Parameter optimization, Call Center Forecasting, (2004)

*Bu raporda yer alan veriler gizlilik gereği gerçeği yansıtmayıp, gözlem ve kıyaslamalara imkan verecek şekilde değiştirilmiştir.*

## **Parçalı İmalat için Hammade Envanter Yönetimi**

### **Cummins Sinai ve Otomotiv Ürünleri San. ve Tic.**

#### **Proje Ekibi**

Ayşe İlke AKTAŞ, Bengisu GÜLTEKİN  
Gözde ARAL, Serran ÇELEBİ  
Endüstri Mühendisliği  
Yaşar Üniversitesi, İzmir

#### **Şirket Danışmanları**

Görkem KÖSEOĞLU, Cummins Global Envanter Müdürü  
Bilal UZUN, Tedarik Zinciri Departman Müdürü  
Özgür GÜÇLÜ, Tedarik Zinciri Planlayıcısı  
Cummins Filtration İzmir

#### **Akademik Danışmanlar**

Prof. Dr. Cemal Dinçer  
Araş. Gör. Sinem Özkan  
Yaşar Üniversitesi  
Endüstri Mühendisliği Bölümü

#### **ÖZET**

Bu çalışmanın amacı uygulanabilir envanter yönetim politikasını belirleyerek mevcut sistem tasarımını geliştirecek, Excel-VBA tabanlı bütünleşik simülasyon yapabilen esnek, dinamik, güvenilir ve sürdürülebilir bir Karar Destek Sistemi tasarlamaktır. Sistemin doğası gereği karmaşıklığa ve zorluğa neden olan, teslim süresi değişkenliği, imalat planının revizyonu ve tüketim heterojenliği gibi birçok rassal faktör bulunmaktadır. Geliştirilen Karar Destek Sistemi ne zaman ve ne kadar sipariş verileceğini belirleyerek, makul envanter seviyelerini ve rasyonel envanter dönüşüm hızını tespit etmektedir. Bu amaçla etkin bir yaklaşım geliştirecek şekilde depolama seviyeleri idealize edilerek, sistemin toplam maliyeti minimize edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Envanter Yönetimi, Güvenlik Stoğu, Teslim Süresi, Veri Madenciliği, Karar Destek Sistemi.



## **1. Genel Sistem Analizi**

### ***1.1 Cummins Hakkında Genel Bilgi***

Dizel motor ve teknolojileri üreten bir Dünya lideri olan Cummins Inc., 1919 yılında Amerika'nın Columbus şehrinde kurulmuştur. Şirketin motor, güç üretimi, komponent ve dağıtım olmak üzere dört adet iş segmenti bulunmaktadır. Ana merkezi Indiana'da bulunan Cummins Inc., ürünlerini tasarlar, üretir ve dünyadaki birçok noktaya dağıtır. Şirket, 190'dan fazla ülkede, 550 merkez ve 5200'ü aşkın bayisi ile servis sağlamaktadır. Cummins Inc., 54.000'i aşkın çalışanı ve dünyada %38 pazar payı ile, jeneratör, filtre sistemleri, turbo şarjı, egzoz, susturucu ve yakıt sistemlerinde liderdir. 2014 yılı itibariyle Cummins 1,65 milyar dolarlık net kâr ve 19,2 milyar dolarlık gelire sahiptir.

### ***1.2 Cummins Filtration İzmir***

Cummins Filtration İzmir Fabrikası 2011 yılında, Gaziemir Ege Serbest Bölgesi'nde kurulmuştur. Fabrika, Avrupa, Orta-Asya ve Afrika müşterileri için çok önemli bir konuma sahiptir. Cummins Filtration İzmir Fabrikası, 13.000 metrekare üretim ve 5500 metrekare ofis alanına sahiptir. Fabrika, Ocak 2013'te üretim denemelerini sonlandırıp, hava filtresi ve yakıt modülü olan ana ürünlerinin seri üretimine geçmiştir. Fabrikada hava filtresi (AF) ve yakıt modülü (DAF) olmak üzere, iki farklı üretim hattı için çekme sistemi kullanılmaktadır. Hava filtresi ve yakıt modülü toplamda 1000'e yakın hammaddeye sahiptir. Cummins Filtration İzmir Fabrikasında hava filtresi üretim hattında 159 farklı AF türü için 6000 ortalama haftalık üretime sahip iken, sekiz farklı DAF türü için bu sayı 750'dir. Cummins Filtration İzmir, toplamda 14 yerel ve 36 global olmak üzere 50 farklı tedarikçiye sahiptir.

## **2. Problemin Belirlenmesi**

Bu proje, Cummins Filtration İzmir Fabrikası'nın hammadde envanter yönetim sistemini yeniden tasarlamak amacıyla geliştirilmiştir. Yapılan ampirik gözlemlerle doğrulanan semptomlar aracılığıyla envanter sisteminin hedeflenen seviyede etkin olmadığı belirlenmiştir. Projenin amacı doğrultusunda üretim sistemini yönetecek verimli ve operasyonel bir sistem oluşturulmuştur.

### ***2.1 Mevcut Sistemin Analizi***

Cummins, üretimde çekme yöntemi ve siparişe göre tam zamanında üretim sistemi kullanmaktadır. Belçika'dan gelen altı aylık tüketim tahminleri ve revizyonları göz önünde bulundurularak mevcut üretim planı güncellenmektedir. Performanslarına göre çok iyi, iyi, orta ve zayıf olarak dört grupta sınıflandırılan yerel ve global tedarikçiler mevcuttur. Detaylı bir sistem analizi için, AF ve DAF'ın ölçü birimleri (tane, metre, gram, kilogram) de dikkate alınarak hammaddeleri için tahminlenen tüketim ve gerçek tüketimleri ortalama mutlak sapma (MAD) kriteri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Optimal envanter politikasının belirlenmesindeki temel hedef, toplam envanter maliyetini azaltmaktır. Bunun için, rasyonel sipariş miktarları ve yeniden sipariş verme noktaları belirlenmektedir. AF ve DAF'ın tüm hammaddeleri için, hem gerçek tüketimi hem de toplam maliyet ve envanterdeki parasal değerleri bazında ABC analizi yapılmıştır. Cummins Filtration İzmir'in varolan envanter yönetim sistemini derinlemesine incelemek için büyük veri setleriyle çalışılarak veri madenciliği uygulanmıştır.

### ***2.2 Sistemde Gözlemlenen Semptomlar***

Envanter sistemi fiziksel ve ampirik gözlemlere göre analiz edilmiştir. Üretimde çekme sistemi ve bitmiş ürünlerin maksimum üç gün stoklandığı gözlenmiştir. Yerel tedarikçiler için ortalama tedarik süresi üç hafta iken global tedarikçiler için bu süre altı haftadır. Başka bir

bulguya göre, düşük tedarik maliyeti olan bazı hammaddeler yüksek taşıma ücretine tabi tutulmaktadır. Envanter dönüşüm hızı mevcut sistemde ortalama dokuz haftadır. Yapılan gözlemlere bağlı olarak elde edilen semptomların ışığında problem tanımlanmıştır.

### **2.3 Problemin Tanımı**

Oldukça ayrıntılı olarak yapılan analizler ve veri madenciliği doğrultusunda Cummins'in esnek, parametrik, güvenilir ve sürdürülebilir hammadde envanter yönetim sisteminin hedeflenen seviyede olmadığı tespit edilmiştir. Siparişe dayalı tam zamanlı olarak seri üretim kapsamında çalışan Cummins, mevcut envanter dönüşüm hızını artırmayı hedeflemektedir. Bu amaç doğrultusunda iki farklı ürün için, bütün hammaddeler, hammaddelerin ölçü birimleri ve ilgili tedarikçileri bazında hangi haftalarda ne kadarlık sipariş verilmesi gerektiğine karar veren bir sistemin geliştirmesine ihtiyaç duyulmuştur. Teslim süresinin ortalamadan sapmalarını ve üretim programındaki değişiklikleri proaktif olarak kontrol edilebilen bir sistem tasarlamak; hem beklenmedik (ek, öngörülmemiş) birçok ilgili maliyeti azaltacak hem de müşteri servis seviyesinin yüksek olmasına imkan sağlayacaktır.

### **2.4 Teknik Yazın Taraması**

Bu proje kapsamında hammadde envanter yönetimi ve ilgili konular hakkında makale, ders kitapları ve internet sitelerinden faydalanılan literatür "*Kaynakça*" da listelenmiştir.

#### **2.4.1 Envanter Yönetim Politikaları**

Cummins Filtration'ın kaliteli üretim ile ilgili vizyon ve misyonları göz önünde bulundurularak yönetilen hammaddeler için envanter politikaları araştırılırken doğru envanter seviyeleri belirlenmeli ve gereken miktarda stok tutulmalıdır [13]. Az stok tutma politikasına gidilir ise sipariş geldiğinde üretimi aksatacak bir hammadde yetersizliği sonucu sipariş gecikme maliyeti gibi ek maliyetler ortaya çıkmaktadır. Gereğinden

fazla stok tutulduğunda ise yüksek envanter tutma maliyetleri ile karşılaşmaktadır. Bu seviyelerin etkin bir şekilde belirlenmesinde yardımcı rol oynayan envanter dönüşüm hızı, taşıma maliyetlerinin ve envantere yapılan yatırımların azalmasına ve operasyonel kazanımlar elde edilmesini sağlamaktadır. Farklı hammaddeler için doğru envanter politikaları kaynakçadaki [6]-[11] teknik yazınlarından faydalanılarak araştırılmıştır.

#### **2.4.2 MAD Analizi Uygulaması**

Fabrikadaki üretimin etkinliğini ölçmek için hammadde tüketim tahminleri önemli role sahiptir. Bu tahminler ve gerçek hammadde tüketimlerinin MAD kriteri yardımıyla karşılaştırılmasının doğru emniyet stok seviyelerini bulmadaki önemi [1], [5] ve [12] numaralı teknik yazınlarda belirtilmiştir. Böylece gereken miktarda hammadde siparişi verilerek stok dışı olma durumundan veya envantere yapılan gereksiz yatırımlardan kaçınılmaktadır.

#### **2.4.3 Hammadde Sınıflandırılması: ABC Analizi**

Büyük sayıda stok kodu ile çalışılırken hammaddelerin farklı gruplara ayrıştırılması ilkesi takip edilmektedir. Hammaddelerin hem tüketim miktarları hem de parasal değerleri göz önünde bulundurularak yapılan bu sınıflandırma, her hammadde grubu için doğru envanter politikasının araştırılmasını ve izlenmesini kolaylaştırmaktadır. Hammaddelerin sınıflandırılmasına dair araştırma [2]-[4] teknik yazınlarının yardımıyla yapılmıştır.

### **3. Problem Formülasyonu ve Çözüm Yöntemleri**

Bu bölümde Excel-VBA modelindeki problem formülasyonu ve çözüm için izlenen metodolojik yöntemler anlatılacaktır.

#### **3.1 Kısıtlar ve Varsayımlar**

Bu projede uygulanması muhtemel iki senaryo üzerinde çalışılmıştır. Ekonomik sipariş miktarı (EOQ) politikası ve Cummins'in mevcut

uyguladığı ihtiyaç kadar sipariş verme (LFL order quantity) politikası çeşitli duyarlılık analizleri yapılarak karşılaştırılmıştır. Bunun için hem EOQ hem de LFL mantığıyla çalışan bir kod yazılarak tek bir hammadde için çalıştırılmıştır. Temel olarak seyrek ve sürekli olmak üzere iki farklı tüketim örüntüsü (pattern) bulunmaktadır. İki farklı politika, bu tür farklı hammadde tüketim örüntülerine göre kıyaslanmıştır. Sabit tüketim olduğu takdirde uygulanabilecek bir politika olan EOQ ve ihtiyaç kadar sipariş verme olan LFL politikası, tüm popülasyondan alınan çeşitli hammadde örnekleriyle VBA modelinde simüle edilmiştir. Tablo 1 ve Tablo 2’de görüldüğü gibi seyrek tüketim örüntüsüne sahip olan hammaddenin ilgili sonuçları, Tablo 3 ve Tablo 4’de ise sürekli tüketimi olan bir hammadde için iki farklı politikanın bazı haftalardaki bilgileri gösterilmiştir:

Tablo 1. Seyrek tüketimli hammadde için EOQ örneği

<b>Hafta</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>Tüketim Miktarı</b>		0	0	80	0	0	0	0
<b>Envanter Pozisyonu</b>	150	150	150	70	70	70	70	205
<b>Gelen Sipariş Miktarı</b>								
<b>Verilen Sipariş Miktarı</b>					348			
<b>Toplam Elde Tutma Maliyeti</b>		199	199	93	93	93	93	266
<b>Kümülatif Toplam Elde Tutma Maliyeti</b>		199	397	490	583	675	768	13.850
<b>Toplam Sipariş Verme Maliyeti</b>					270			
<b>Kümülatif Toplam Sipariş Verme Maliyeti</b>		0	0	0	250	250	250	250
<b>Kümülatif Toplam Maliyet</b>		199	397	490	833	925	1.018	<b>14.100</b>

Tablo 2. Seyrek tüketimli hammadde için LFL örneği

<b>Hafta</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>52</b>
<b>Tüketim Miktarı</b>		0	0	80	0	0	0	0
<b>Envanter Pozisyonu</b>	150	150	150	70	70	70	70	200
<b>Gelen Sipariş Miktarı</b>								200
<b>Verilen Sipariş Miktarı</b>								
<b>Toplam Elde Tutma Maliyeti</b>		58	58	27	27	27	27	78
<b>Kümülatif Toplam Elde Tutma Maliyeti</b>		58	116	144	171	198	225	750
<b>Toplam Sipariş Verme Maliyeti</b>								
<b>Kümülatif Toplam Sipariş Verme Maliyeti</b>		0	0	0	0	0	0	800
<b>Kümülatif Toplam Maliyet</b>		58	116	144	171	198	225	<b>1550</b>

Tablo 3. Sürekli tüketimli hammadde için EOQ örneği

<b>Hafta</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>52</b>
<b>Tüketim Miktarı</b>		590	2500	850	1002	1300	750
<b>Envanter Pozisyonu</b>	14.000	13.410	10.910	10.060	9058	7758	13.000
<b>Gelen Sipariş Miktarı</b>							
<b>Verilen Sipariş Miktarı</b>		8698					
<b>Toplam Elde Tutma Maliyeti</b>		5207	4236	3906	3517	3012	5048
<b>Kümülatif Toplam Elde Tutma Maliyeti</b>		5207	9443	13.350	16.867	19.879	220.606
<b>Toplam Sipariş Verme Maliyeti</b>		250					
<b>Kümülatif Toplam Sipariş Verme Maliyeti</b>		250	250	250	250	250	1620
<b>Kümülatif Toplam Maliyet</b>		5457	9693	13.600	17.117	20.129	<b>222.226</b>

Tablo 4. Sürekli tüketimli hammadde için LFL örneği

<b>Hafta</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>52</b>
<b>Tüketim Miktarı</b>		590	2500	850	1002	1300	750
<b>Envanter Pozisyonu</b>	14.000	13.410	10.910	10.060	9058	7758	13.000
<b>Gelen Sipariş Miktarı</b>							13.832
<b>Verilen Sipariş Miktarı</b>							
<b>Toplam Elde Tutma Maliyeti</b>		5207	4236	3906	3517	3012	5048
<b>Kümülatif Toplam Elde Tutma Maliyeti</b>		5207	9443	13.350	16.867	19.879	31.560
<b>Toplam Sipariş Verme Maliyeti</b>							
<b>Kümülatif Toplam Sipariş Verme Maliyeti</b>		0	0	0	0	0	7290
<b>Kümülatif Toplam Maliyet</b>		5207	9443	13.350	16.867	19.879	<b>38.850</b>

Sabit sipariş maliyeti çok düşük olduğu için istenilen sıklıkta sipariş verilmesi ekonomik olarak daima daha avantajlıdır. Ayrıntılı olarak yapılan duyarlılık analizleri de bunu doğrulamaktadır. Bunun sonucunda LFL'in hep daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Yapılan analizler doğrultusunda LFL politikası ile envanter pozisyonunun periyodik olarak hafta bitiminde kontrol edilmesinde karar kılınmıştır.

Sistemdeki kısıtlar ve varsayımlar aşağıdaki gibidir:

- İhtiyaç duyulan hammaddenin depoda bulunmasını sağlayarak üretimin durmasını engelleyerek envanterin negatife düşmesini önlemek,
- Envanter pozisyonu kontrolünün hafta başında değil, haftanın bitiminde yapılması,
- Depoda kapasite probleminin olmaması,
- Sipariş verme, taşıma ve gümrükleme maliyetleri çok düşük olduğu için bu maliyetlerin ihmal edilmesi ve bu nedenle her hafta envantere sipariş girişinin mümkün olması.

### 3.2 Matematiksel Model

Bu modelin amacı, ilgili hammadde siparişlerinin gereken zamanda tedarik edilmesi ve hammadde sipariş miktarlarının ve sipariş verilme zamanlarının belirlenmesidir.

Modellenen sistemin çıktılarını elde etmek üzere tasarlanan özgün Excel-VBA modelinin içerdiği indis setleri ve parametreler ile ilişkiler zinciri aşağıdaki gibidir:

$i$ : Hammadde numarası,  $i = 1..I$

$k$ : Tedarikçi firma,  $k = 1..K$

$t$ : Haftalık kontrol periyodu,  $t = 1..52$

$T$ : İçinde bulunulan hafta,  $T = 1..52$

Envanter pozisyonu bir önceki haftanın bitiş envanteri, içinde bulunulan haftadaki tüketim miktarı ve içinde bulunulan haftadaki envantere girecek sipariş miktarını göz önüne alarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$I_{i,t} = I_{i,t-1} - D_{i,t} + OH_{i,t}$$

$I_{i,t}$ : Hammadde  $i$ 'nin  $t$  zamanındaki envanter pozisyonu

$I_{i,t-1}$ : Hammadde  $i$ 'nin  $t - 1$  zamanındaki envanter pozisyonu



$D_{i,t}$ : Hammadde  $i$ 'nin  $t$  zamanındaki haftalık tüketim miktarı

$OH_{i,t}$ : Hammadde  $i$ 'nin  $t$  zamanında gelen sipariş miktarı

Verilen sipariş  $t$  zamanından teslim süresi kadar sonra envantere giriş yapar:

$$OH_{i,t} = OO_{i,t-LT}$$

$OO_{i,t}$ : Hammadde  $i$ 'nin  $t$  zamanında verilen sipariş miktarı

Teslim süresinin ortalamadan sapmaları, hem tedarikçi hem de ilgili tedarikçinin hammaddeleri bazında aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\sigma_{LT_k} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu_{LT_k})^2}{n}}, \quad \forall_k$$

$$\sigma_{LT_k} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^{n_i} (X_{i,j} - \mu_{LT_k})^2}{\sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^{n_i} 1}}, \quad \forall_k$$

$$\sigma_{LT_i}^k = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_i} (X_{i,j} - \mu_{LT_k})^2}{n_i}}, \quad \forall_i; \forall_k$$

$\sigma_{LT_k}$ : Tedarikçi  $k$ 'nin teslim süresinin standart sapması

$j$ : Herbir hammadde için teslimat sayım indisi,  $j = 1, 2, \dots, n_i$

$n_k$ : Tedarikçi  $k$  tarafından sağlanan toplam hammadde sayısı

$n_i$ : Tedarikçi tarafından gönderilen hammadde  $i$ 'nin yıllık teslim sayısı

$X_{i,j}$ : Hammadde  $i$ 'nin  $j$ 'inci teslimatı

$\mu_{LT_k}$ : Tedarikçi  $k$  tarafından taahhüt edilen ortalama teslim süresi (haftalık olarak)

$\sigma_{LT_i}^k$ : Hammadde  $i$ 'nin teslim süresinin standart sapması

Envanter pozisyonu, hesaplanan güvenlik stoğu seviyesine geldiğinde ilgili hammaddeden sipariş verilmesi gerekmektedir. İhtiyaç durumunda

SS seviyesine düşmeden de verilebilir. Güvenlik stoğu, hammadde bazında teslim süresinin sapması ve ortalama tüketim miktarını dikkate alarak aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$SS_i = \sigma_{LT_i}^k * AvgD_i$$

$SS_i$ : Hammadde  $i$ 'nin güvenlik stok miktarı

$AvgD_i$ : Hammadde  $i$ 'nin haftalık etkin ortalama tüketim miktarı

Tahmini tüketim miktarlarının belirlenmesinin temel amacı kullanıcıyı yönlendirmek, kolaylık ve simülasyon imkanı sağlamaktır. Bulunulan haftaya kadarki gerçek tüketim miktarlarının ortalamasını, tahmini tüketim miktarı olarak hesaplamaktadır:

$$F_{i,T+1} = \sum_{t=1}^T \frac{A_{i,t}}{T}$$

$F_{i,T+1}$ : Hammadde  $i$ 'nin  $T$  zamanına kadarki tüketim miktarlarının ortalaması

$A_{i,t}$ : Hammadde  $i$ 'nin  $t$  zamanına kadarki gerçekleşen tüketim miktarı

Envanter dönüşüm hızı envanter pozisyonun sıfırlandığı noktaları sayarak hesaplanmaktadır:

$ITR_i$ : Hammadde  $i$ 'nin envanter dönüşüm hızı

Envanter maliyeti hammaddenin birim maliyetini ve elde tutma oranını göz önünde bulundurarak belirlenmektedir. Tüketim maliyeti ise hammaddenin birim maliyetini ve tüketim miktarı dikkate alınarak bulunmaktadır:

$$IC_{i,t} = c_i * r$$

$IC_{i,t}$ : Hammadde  $i$ 'nin  $t$  zamanındaki envanter maliyeti

$c_i$ : Hammadde  $i$ 'nin standart maliyeti

$r$ : Envanteri elde tutma maliyet oranı

$$DC_{i,t} = c_i * D_{i,t}$$

$DC_{i,t}$ : Hammadde  $i$ 'nin  $t$  zamanındaki tüketim maliyeti

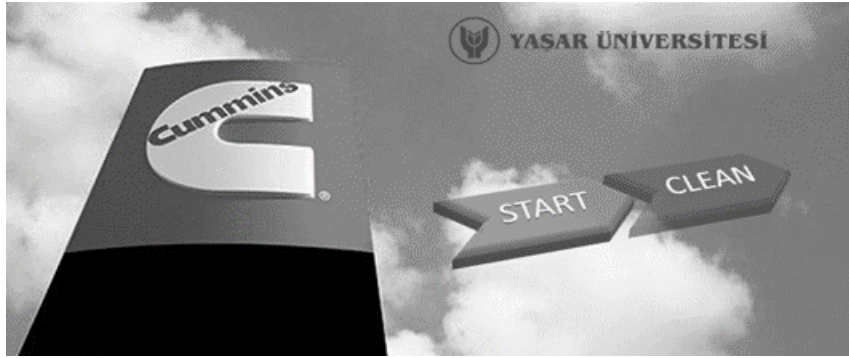
$$TC_{i,t} = IC_{i,t} + DC_{i,t}$$

$TC_{i,t}$ : Hammadde  $i$ 'nin  $t$  zamanındaki toplam maliyeti

### 3.2.1 Çözüm Yöntemi

Kullanıcının elinde var olan bütün tüketim bilgilerini Excel dosyasında yer alan hammadde tüketim miktarlarının olduğu “*Consumption*” sayfasına üretim planındaki hammadde isteklerini girmelidir. Tüketim bilgileri hem geçmiş hem de tahmin edilen tüm verileri kapsamaktadır. Bu durum sistemin daha sağlıklı tüketim tahminleri hesaplaması adına önem teşkil etmektedir. Daha sonra “*Inventory*” sayfasına ilgili hammaddelerin başlangıç envanter miktarlarını yazmalıdır.

Bu bilgiler sisteme girildikten sonra kullanıcı aşağıdaki açılış sayfasına yönlendirilmektedir:



Şekil 1. Veri Giriş (Entrance) Sayfası

Sonrasında, kullanıcıdan aşağıda yer alana ara yüzdeki bilgilerin doldurulması istenmektedir:



Şekil 2. Kullanıcı ara yüzü

Bu Excel-VBA modeli istenen hammaddenin her hafta bitimindeki verilen sipariş miktarını, depoya giren sipariş miktarını, hesaplanan tüketim tahminlerini, envanter dönüşüm hızını ve toplam maliyetleri ilgili Excel sayfalarına raporlamaktadır.

Envanter pozisyonu hesaplanan güvenlik stoğu seviyesine geldiği anda yeniden sipariş verilmektedir. İlgili hammaddenin siparişinin verilmesinden depoya girdiği ana kadar; tüketim, tedarikçinin teslim süresi değişkenliğine bağlı olarak güvenlik stoğundan sağlanmaktadır.

#### 4. Sayısal Sonuçlar

Geliştirilen algoritma mevcut ve ileride eklenebilecek bütün hammaddeler için tasarlanmıştır. Oyuncak veriler baz alınarak aşağıdaki tablolarda sırasıyla üç farklı hammadde için ilgili sonuçların bazı haftalardaki bilgileri yer almaktadır. Kullanıcı, istenen bilgileri Tablo 5'de görüldüğü gibi "Consumption" sayfasına girdikten sonra

programın çalışmasıyla “Inventory”, “On Hand”, “On Order”, “Forecast”, “Total Cost” adlı tablolarda yer alan sonuçlar elde edilmiştir:

Tablo 5. "Consumption"

Hammadde / Hafta	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Hammadde1	500	1200	0	2200	0	805	990	0	995	1205
Hammadde2	301	0	160	233	0	222	0	0	222	0
Hammadde3	0	180	210	62	23	70	111	0	0	0

Tablo 6. "Inventory"

Hammadde / Hafta	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Hammadde1	593	593	593	593	593	593	593	593	593	593
Hammadde2	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Hammadde3	200	268	268	268	268	268	268	268	268	268

Tablo 7. "On Hand"

Hammadde / Hafta	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Hammadde1	500	1200		2200		805	990		995	1205
Hammadde2	301		160	233		222			222	
Hammadde3		248	210	62	23	70	111			

Tablo 8. "On Order"

Hammadde / Hafta	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Hammadde1		2200		805	990		995	1205		1100
Hammadde2		222			222		495	45	196	181
Hammadde3	62	23	70	111				400		500

Tablo 9. "Forecast"

Hammadde / Hafta	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Hammadde1		1013	1013		1013		1013			1013
Hammadde2		214		214	214	214	214	214		214
Hammadde3				109		109		109	109	

Tablo 10. "Total Cost"

Hammadde / Hafta	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Hammadde1	2261	5061	261	9061	261	3481	4221	261	4241	5081
Hammadde2	612	10	330	476	10	454	10	10	454	10
Hammadde3	33	314	359	137	79	149	211	44	44	44

## 5. Sonuçlar ve Öneriler

Bu proje, Cummins Filtration İzmir'in hammadde envanterini bütüncül ve metodolojik bir bakış açısıyla tasarlanan Excel-VBA modeli ile etkin bir şekilde yönetilebilmesi amacıyla yapılmıştır. Oluşturulan Karar Destek Sistemi sayesinde bütünleşik bir simülasyon tabanlı Excel-VBA modülü içerisinde gömülü olarak tasarlanan model; sistemin doğası gereği sahip olunan birçok rassal faktörü de göz önüne alarak oluşturulmuştur. Gerekli olduğu takdirde eklenme ihtiyacı bulunan hammaddeler ve ilgili tedarikçi bilgileri, modeldeki "Data" sayfasına eklenerek revize edilebilir. Program, "Data" sayfasında yer alan tüm hammaddeler için ilgili sayfalarda sonuçları verebilmektedir. Model, sistemin sürdürülebilirliği ve güvenilirliği kapsamında bu tür olası değişimleri dikkate alarak oluşturulmuştur. Kod yazılırken, modelin uzun bir zaman alarak çalışmaması adına algoritmik bir mantıkla hareket edilmiştir.

Bu hammadde envanter yönetim projesi aynı zamanda; üretimde ihtiyaç duyulan ama eksikliği nedeniyle ertelenen iş emirlerini de önlemiş olup, hem anlık hammadde eksikliğinden kaynaklanan duruşları engelleyecek hem de tam zamanlı üretim için istenen yüksek müşteri performansına ulaşılmış olacaktır.

Tasarlanan bu model, sistemde bulunan çeşitli kısıtlar ve varsayımlara uygunluğu doğrultusunda dünya çapındaki diğer Cummins Filtration fabrikaları için de kullanılabilir.

## **KAYNAKÇA**

Akindipe, O.S. 2014. “The role of raw material management in production operations”, *International Journal of Managing Value and Supply Chains*, 3(5).

Armstrong, D.J., 1985. “Sharpening inventory management” *Harv.Bus.Rev.* 63(6), 42–58.

Bose, C., 2006. “Integrated approach on inventory and distribution system”, *Inventory Management*.

Chakravarty, A.K., 1981. “Multi-item inventory aggregation into groups” *J.Oper. Res. Soc.* 32,19–36.

Croston, J., 1972. “Forecasting and stock control for intermittent demands”, *Operational Research Quarterly*, 23(3)

Ganeshkumar, M., Godwin, S., Kani raja, K., Selvakumar, B.,Thandeeswaran, S. 2012. “Spare parts inventory management optimization for auto mobile sector”, *European Journal of Business and Management*, 17(4).

Inderfurth, K., Laan, E., 2001. “Lead time effects and policy improvement for stochastic inventory control with remanufacturing.” *International Journal of Production Economics*, 71(1-3).

Lee, S., Srinivasan M., 1988. The (s,S) policy for the production/inventory system with compound poisson demands, Technical Report, 88(2).

Mak, K. L., 1987. “Determining optimal production-inventory control policies for an inventory system with partial backlogging.”, Computers & Operations Research, 14(4).

Narayan, P., Subramanian, J., 2008. Inventory Management-Principles and Practises.

Scarf, H. “The optimality of (S,s) policies in the dynamic inventory problem.”

Teunter, R, H., Babai, M.Z., Syntetos, A.A., 2010. “ABC classification: service levels and inventory costs.” Prod. Oper. Manage. 19 (3), 343–352.

Cummins Filtration. (n.d.) Vizyon ve Misyonlarımız, [https://catalog.cumminsfiltration.com/html/en/about\\_us/vision\\_mission/vission\\_mission.html](https://catalog.cumminsfiltration.com/html/en/about_us/vision_mission/vission_mission.html). Son Erişim tarihi: 7 Ocak 2015.

*Bu raporda yer alan veriler gizlilik gereği gerçeği yansıtmayıp, gözlem ve kıyaslamalara imkan verecek şekilde değiştirilmiştir.*



## **Kuluçka Sürecinde Randıman Tahmini İçin Karar Destek Sistemi**

### **Çamlı Yem Besicilik**

#### **Proje Ekibi**

M. Ezgi Gül, Nil Güler  
Kutay Karataş, Zeynep Soydoğan  
Endüstri Mühendisliği  
Yaşar Üniversitesi, İzmir

#### **Şirket Danışmanı**

Gündüz İlsever  
Ömer Kepenek

#### **Akademik Danışman**

Prof. Dr. Sencer Yeralan  
Araş. Gör. Hande Öztop  
Yaşar Üniversitesi  
Endüstri Mühendisliği Bölümü

### **ÖZET**

Bu proje kapsamında, randıman tahmini için düzenli bir veri tabanı oluşturma hedefi doğrultusunda kuluçka süreci ve bu süreci etkileyen faktörler araştırıldı. Bu faktörlerden kontrol edilemeyenler sistem içinde sabit tutuldu. Kontrol edilen faktörler ise oluşturulan karar destek sisteminde, modele uygun olarak, randımanı tahmin etmek için kullanıldı. Randımanı tahmin edecek modelin kurulmasında, istatistiksel yöntemlerden ANOVA ve Regrasyon Analizi kullanıldı. Bütün faktörlerin randıman üzerindeki etkisi analiz edildi. Bu aşamada mevcut verinin istatistiksel analiz için yeterli olmadığı görüldü. Bunun üzerine düzenli veri toplama için bir karar destek sistemi oluşturuldu.

**Anahtar Sözcükler:** ANOVA, Regrasyon Analizi

## **1. Giriş**

Hayvansal ürünler insan hayatındaki en önemli besin kaynaklarından biridir. Hayvansal gıda tüketimi yapan insan sayısı arttıkça, hayvansal ürün üretimi de artmaktadır. Bu doğrultuda hindi eti talebi de gün geçtikçe artmaktadır.

Geçtiğimiz yıl, Türkiye'de hindi eti yaklaşık olarak 40 ile 50 ton arasında üretilmiştir ve bu sayı giderek artmaktadır. Çamlı Yem Türkiye'de hindi eti üretiminde büyük bir yere sahiptir. Çamlı Yem, 1997 yılında Çamlı Besicilik adıyla hindi eti üretimine başlamıştır. Şirket, İzmir ve Manisa'da 150 bin metrekare kapalı alanda ortalama 100 üretici ile hindi eti üretimi yapmaktadır. Buna ek olarak, Çamlı Yem fabrikasına bağlı olan Seferihisar tesisinde sıkı bio-güvenlik standartlarına göre hindi yetiştirilmektedir.

Çamlı Yem tesisinin amacı kaliteli ve güvenilir ürünler üretmektir. Hindi üretiminde, kuluçkahane sürecinde tesis yeterli tecrübeye sahip olmasına rağmen çıktıyı tahmin edecek uygun mekanizmaya sahip değildir. Seferihisar kuluçkahane tesisinde birçok veri tutulmaktadır. Bu veriler kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyenler olarak ikiye ayrılmaktadır. Mevcut kuluçkahane veri sistemi bu konuda uzman olan bir kişi tarafından kontrol edilmektedir. Bu durum tesisteki en önemli problemlerden biridir. Diğer bir problem ise parametrelerin çokluğundan dolayı verilerin düzenli tutulamamasıdır.

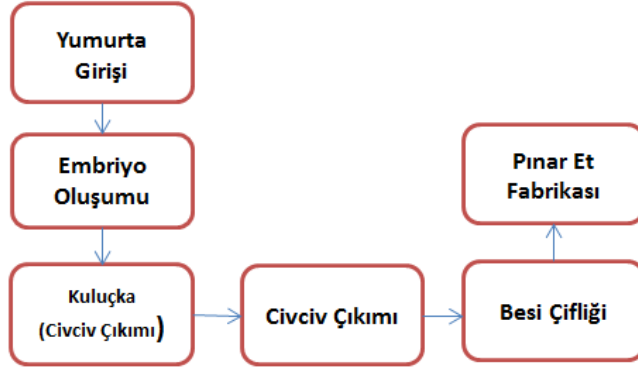
Veriler ve süreç analiz edildiğinde, tesisin karmaşık bir sisteme sahip olduğu görülmüştür. Sistem doğrusal olmayıp içinde birçok alt sistem bulundurmaktadır ve verimliliği tahmin edecek bir karar mekanizması bulunmamaktadır. Tesisteki en önemli problemi budur ve tesisin amacı bu karar verme mekanizmasına sahip olmaktır.

## **2. Genel Sistem Analizi**

Çamlı Yem Besicilik Türkiye'nin 500 büyük sanayi kuruluşu içerisinde yer alan bir Yaşar Grubu şirkettir. Çamlı şirketi yem üretimi, hindi ve büyükbaş besiciliği, bitki besleme, kültür balığı üretimi ve işlenmiş balık ürünlerine kadar geniş bir yelpazede faaliyet gösteren bir tarım şirkettir. 1983 yılında yem üretimi ile çalışmaya başlayan Çamlı şirketi 10 farklı üretim çeşidiyle sanayi sektöründe önemli bir yer almıştır.

Çamlı Yem 1997 yılında hindi üretimine başlamıştır ve ürettiği hindileri Yaşar Grubuna ait olan Pınar Et şirketine göndermektedir. Hindi üretimindeki temel amaçları yüksek kaliteye sahip olmak ve güvenilir olmaktır. Türkiye'de hindi eti yaklaşık olarak 40 ile 50 ton arasında üretilmektedir. Çamlı Yem Türkiye'de hindi eti üretiminde büyük bir yere sahiptir.

Hindi üretimi sürecinde sürü tipi, verimlilik için çok önemlidir. Önceleri bir hindi ırkı tipi olan Big6 tercih edilirken günümüzde Çamlı Yem Hybrid tipi ırk kullanmaktadır. Hybrid tipi, hindi üretiminde daha çok verimliliğe sahip bir hindi ırkıdır. Asıl üretim yeri Kanada olan yumurta firması aracılığıyla hindi yumurtaları temin edilmektedir. Firma bu yumurtaları Kanada'dan Türkiye'deki dağıtımına gönderir. Yumurtalar üç günün sonunda bu dağıtımçı firmadan temin edilir. İthal edilen yumurtalar Seferihisar fabrikasında tepsilere dizilirler ve 14.112 yumurta kapasitesine sahip 16 hazırlık makinası (Setter Machine) ile 2 çıkım makinasında (Hatcher Machine) 28 günlük civciv dönüşüm evresine girerler. Bu süreç sonunda civcivler kabuklarından ayrılır ve gelişim evresi için çiftliklere gönderilir. 105 gün ile 120 gün arasında civcivler hindilere dönüşürler. Daha sonra, gelişimi tamamlamış hindiler Pınar Et Fabrikasına gönderilir ve piyasaya tüketilmek için dağıtılır.



Şekil 1. Genel Sistem Akışı

### 3.Problem Belirlenmesi

#### 3.1 Mevcut Sistemin Analizi

Hindi üretim sürecinde, 14.112 adet ithal kuluçkalık hindi yumurtası, kuluçkahanede üretim sürecine alınmaktadır. İlk olarak, çatlamış ve kırılmış yumurtalar ayrılır ve yok edilir. Seçilmiş sağlam yumurtalar satış planlarına göre soğuk hava deposunda uygun koşullar altında tutulur. Bu koşullar 15-18 derece sıcaklık aralığı ve %60 - %80 nem değeri aralığıdır.

Daha sonra, yumurtalar soğuk hava deposundan alınarak fumigasyon odasına götürülür. Burada fumigasyon talimatlarına göre 20 dakika gaz verilir ve daha sonra 30 dakika havalandırılır.

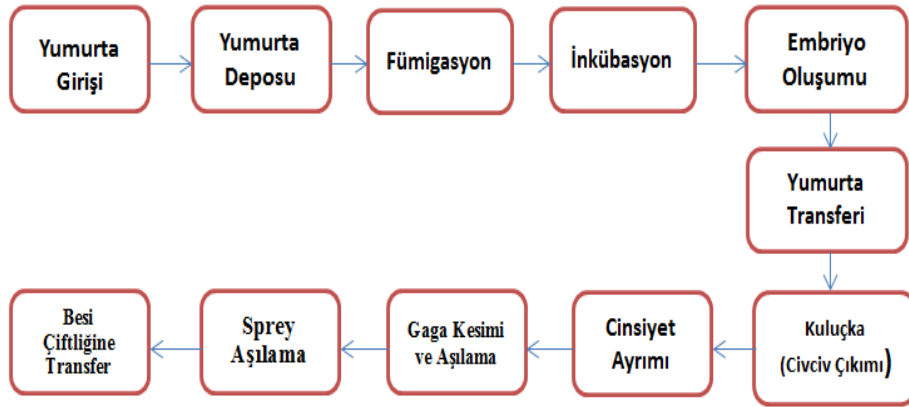
Yumurtalar civciv çıkımı için gelişim odalarına transfer edilir ve 4 ile 14 saat arasında, 22 derece sıcaklıkta bir önısıtma sürecine alınır. Daha sonra yumurtalar gelişim makinasına taşınır. Her saat yumurtaların açısı 45 derecelik eğim verilerek değiştirilir. Bu yumurta açısının değişimindeki amaç yumurta zarının yumurta kabuğuna yapışmasını engellemektir.

Gelişim odasında geçen 14 günün sonunda, yumurtalar ışıklı masaya ışıklı muayene için taşınır ve bu masada fertilité kontrolü yapılır. Işıklı muayene sırasında yumurta kabuğundaki damarlanma

kontrol edilir, ve damarlanma olmayan yada çatlama olan yumurtalar imha edilir.

Işıklı muayene sonunda yumurtalar çıkım odasına taşınır ve civciv çıkım süreci başlar. Çıkım odasında geçen 28 günün ardından civcivler kabuklarından ayrılır. Çıkım sonunda, ölü civcivler ve sakat civcivler ayrılır. Bu civcivlerin sağlıklı olmama sebepleri analiz edilir. Daha sonra, sağlıklı olan civcivlerin toplam ağırlık ölçümü yapılır. Bu ölçüm sonunda civcivler cinsiyet ayırma odasına taşınır. Burada erkek civciv ve dişi civcivler tespit edilir ve ayrı sepetlere konulur. Cinsiyet ayırımından sonra civcivler gaga kesimi ve aşılama makinasına taşınır. Bu işlemin amacı civcivlerin büyüme sırasında birbirlerine zarar vermelerini önlemek ve sağlıklı büyümelerini sağlamaktır. Daha sonra civcivler depolama alanına taşınır ve buradan gelişim için çiftliklerine transfer edilir.

Bu süre içinde, sıcaklık, havalandırma, nem ve yumurta pozisyonları bilgisayar sistemi tarafından izlenir. Kuluçkahane yılda 5 milyon 4 bin yumurta kapasitesine sahiptir.



Şekil 2. Mevcut Sistem Akışı

### **3.2 Sistemde Gözlemlenen Semptomlar**

Çamlı Yem, hindi kuluçkahane sürecinde birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler kontrol edilebilen parametreler ve kontrol edilemeyen parametreler olmak üzere ikiye ayrılır. Kontrol edilebilen parametreler sürü yaşı, yumurta yaşı, sürü kodu, hazırlık makinası ve çıkım makinasıdır. Kontrol edilemeyen parametreler ise yumurta transfer tarihi, yumurta bekleme süresi, çevresel ve mevsimsel faktörlerdir. Sürü üretim yaşı 1-22 hafta arasında değişkenlik gösterirken yumurta yaşı 3-15 gün arasında değişir. 16 hazırlık makinası ve 2 çıkım makinası ile süreç gerçekleşir. Veriler ayrıca transfer tarihlerini, ağırlıkları ve randımanları da içermektedir. Tarihler arasındaki süre genelde sabittir ve bu sürelerin dışına istisnai bir durum olmadıkça çıkmaz. Örneğin, yükleme tarihi ve fertilite tarihinin arasında 14 gün olması gerekirken, fertilite tarihi ve transfer tarihinin arasında 10 gün olması gerekmektedir. Fertilite nem kaybı, transfer nem kaybı, toplam civciv adedi ve randıman gibi parametreler formülize edilmiştir. Örneğin, toplam civciv adedi dişi ve erkek civciv adedinin toplanmasıyla bulunur. Bunların bütünüyle, genel veri tablosu oluşturulmaktadır.

Bu parametrelerin hangilerinin sistemdeki verimi etkilediği bilinmemektedir. Parametreler ve kuluçkahane süreci incelendiğinde sürecin karmaşık bir yapıya sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Kontrol altına alınması gereken bir çok alt sistem vardır. Alt sistemler arasındaki etkileşim doğrusal bir etkileşim değildir. Bu karmaşık sisteme sahip olan tesisin hem parametreleri düzenli tutabilmek için hem de randımanı tahmin edebilmek için bir karar destek sistemine ihtiyacı vardır.

### **3.3 Problemin Tanımı**

Çamlı Yem Fabrikasının hindi civcivi üretiminde kaç tane civciv çıkacağını tahmin etme konusunda bazı sıkıntılar vardır. Bütün

kuluçkahane sistemi tek bir kişinin tahmini ve tecrübesi ile çalışmaktadır. Kuluçkahane sürecinde birçok kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen parametreler vardır. Bu parametrelerin ve kuluçkahane sürecinde tutulan verilerin düzenli bir şekilde tutulabilmesi ve bunlara göre civciv çıktı tahmininin yapılabilmesi için fabrikanın bir karar mekanizmasına ihtiyacı vardır. Asıl amaç, kuluçkahane süreci sırasında ne kadar hindi civcivi çıkacağını tahmin etmek ve verileri düzgün tutmaktır.

### **3.4 Teknik Yazın Taraması**

Var olan verilerin çıktıyla olan etkisinin tahminini yapabilmek ve aralarındaki ilişkiyi inceleyebilmek için istatistiksel analiz yöntemleri kullanılabilir. Varyans Analizi (ANOVA) ve Regrasyon Analizi bu analizlerden bazılarıdır. Projede regrasyon analizi seçilmiş olup, bu yöntem kullanılarak ilişki grafikleri çizilmiştir. Regrasyon analizi bağımlı değişken ile bir veya birden çok bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi incelemek için kullanılır. Bu yöntemin sonucunda, çıktı ile değişken girdi arasında matematiksel bir ilişki elde edilir.

İstatistiksel bir problemin çözümünde, ilk olarak veri toplanmalıdır ve sınıflandırılmalıdır. Daha sonra bu veriler özetlenmeli ve regülasyonu yorumlanmalıdır. (Kandiller,2007)

- Bağımsız değişken genellikle  $x$  ile gösterilir ve  $y$ 'nin nedeni olan ya da onu etkilediği düşünülen (açıklayıcı) değişkendir.
- Bağımlı değişken genellikle  $y$  ile gösterilir ve  $x$  değişkenine bağlı olarak değişebilen ya da ondan etkilenen (açıklanan) değişkendir.
- Regrasyon Analizi, doğrusal modeller ve doğrusal olmayan modeller olarak ikiye ayrılır.
- Bağımlı değişken sayısı tektir. Ancak bağımsız değişken sayısı birden fazla olabilir. Eğer tek bağımsız değişken var ise “Basit

Doğrusal Regresyon”, iki ve daha fazla bağımsız değişken var ise “Çoklu Doğrusal Regresyon” olarak adlandırılır.

- Regresyon Analizinde, değişkenler arasındaki ilişkiyi fonksiyonel olarak açıklamak ve bu ilişkiyi bir modelle tanımlayabilmek amaçlanmaktadır. (Miran, 1992)
- Model bir formül ile açıklanacak olursa;  
$$Y_i = B_0 + B_i * X_i + e_i \quad (i= 1,2, \dots,n)$$
  - X: Bağımsız (Açıklayıcı) Değişken
  - Y: Bağımlı (Açıklanan) Değişken
  - $\beta_0$ : X=0 olduğunda bağımlı değişkenin alacağı değer (kesim noktası)
  - $\beta_i$ : Regresyon Katsayısı
  - $\varepsilon$  : Hata terimi (Ortalaması=0 ve Varyansı= $\sigma^2$ ’dir.
- Basit Doğrusal Regrasyon Modeli: Yalnızca tek bir bağımsız değişken içerir. Bu model, bağımsız değişkenin artışı veya azalışı durumlarında bağımlı değişkenin gerçek ortalamasının sabit bir oranda değiştiğini ifade eder. Basit doğrusal regrasyon modeli,  $B_0$  ve  $B_1$  olarak adlandırılan iki parametre içerir ve Y’deki değişkenlik herbir gözlenmiş veri çiftinin farklı değerler almasına neden olur. Amaç eldeki verilere en uygun regrasyon denkleminin elde edilmesidir.
- Doğrusal Olmayan Regrasyon Modeli: İlişki denklemleri doğrusal değildir. Kullanılan modeller genellikle parametrelerine göre doğrusaldır. Parametrelere göre doğrusallık, modeldeki tüm parametrelerin birinci dereceden olmasıdır. Daha gerçekçi modeller diğerlerinden daha karmaşık olduğu için parametrelerine göre doğrusal değildir. Bu modeller, doğrusal modele



dönüştürülebilirler ve dönüştürülemezler olarak iki gruba ayrılır.

- Tekli Regrasyon Modeli: İçerisinde bir tane bağımsız değişken ile buna bağlı tahmin edilen bağımlı değişken bulunduran modellerdir.
- Çoklu Regrasyon Modeli: Bir bağımlı değişken ve birden fazla bağımsız değişkene sahip modellerdir.

Regrasyon analizi, fabrika verilerinin yorumlanması açısından proje sürecinde kullanılmış ve projeyi sonuca götürecektir birçok tetkik yapılmasını sağlamıştır. Regrasyon analizi, bir istatistik yazılımı olan MINITAB sayesinde yapılmıştır. Tüm bu değişkenler sabit tutularak ve istatistiksel araçlardan yararlanarak bilgi üretmeye ve bu bilgilerden faydalanmaya çalışılır. (Montgomery,Peck,Vining,2007) MINITAB, kullanıcılarına 40 yılı aşkın süredir istatistiksel araçlar ile veriyi bilgiye dönüştüren yazılımlar sunmaktadır.

MINITAB, 1972 yılında istatistik eğitimi veren profesörlere yardımcı olmak amacıyla tasarlanmıştır. Daha sonra, dünyada 6 sigma uygulamalarında kullanılan en önemli yazılım haline gelmiştir ve 4000'i aşkın okulda kullanılmaktadır. MINITAB, regrasyon analizi dışında da birçok uygulama ve analiz içerir. ANOVA (Varyans Analizi) bunlardan bir tanesidir. İki örnek ortalaması arasındaki farkın önem kontrolü, örnek büyüklüğüne göre z veya t testlerinden biriyle yapılır. Bu testlerle, ikiden fazla örnek ortalamasını birlikte test etmek ve aralarındaki farkın önem kontrolünü yapmak mümkün değildir. İki veya daha fazla örnek ortalaması arasındaki farkın önemli olup olmadığını test ederken varyans analizine başvurulur.

#### **4. Problem Formülasyonu ve Çözüm Yöntemleri**

##### **4.1 Faktörler ve Varsayımlar**

Çamlı Yem Seferihisar tesisinde kuluçka sürecini ve randımanı etkileyen bir çok parametre ve değişken faktörler bulunmaktadır. Projede bu parametre ve değişkenler kullanılarak randıman tahmini yapan bir karar destek sistemi oluşturulmak istenmektedir. Bu karar destek sistemi için kuluçka sürecini etkileyen faktörler kontrol edilebilen ve edilemeyen olarak ikiye ayrılmıştır. Yumurta bekleme süresi , yumurta transfer süresi, mevsimsel ve çevresel koşullar firma tarafından kontrol edilemeyen faktörlerdir. Yumurtaların Kanada’da Cadifarm firması tarafından toplanıp Çamlı Yem’in tesisine gelmesine ve civciv çıkımına olan süreçte yumurta yaşı, yumurta ağırlığı, sürü yaşı, sürü ırkı, hazırlık ve çıkım makine numaraları kontrol edilebilen faktörlerdendir.

Fabrika verilerine göre 30’dan fazla sürü ırkı çeşidi bulunmaktadır. Ayrıca sürü ırkları tek çeşit ırklardan oluşabildiği gibi birkaç ırkın melezlenmesinden de oluşabilmektedir. Sürü ırkı çıkan civciv sayısını etkilese bile Çamlı Yem fabrikası sürü ırkını seçmemektedir. İncelemeler sonucunda üretime farklı sürü ırkına sahip yumurtaların girmemesi gerektiği varsayımı elde edildi. Ayrıca sürü yaşları 3 ve 22 değerleri arasında değişkenlik göstermektedir. Yapılan analizlere göre sürü ne kadar genç olursa çıkan civciv sayısının daha fazla olabileceği varsayımına karar verildi.

Kuluçka sürecinde kullanılan yumurtaların yaşları toplanılan güne göre değişkenlik göstermektedir. Fabrika verilerine göre her yumurtanın en az ve en çok alabileceği yaş belirlenmiştir. Bu yaş aralığı minimum 3 ve maksimum 18 değerini almaktadır. Yumurtalar Kanada’dan farklı sürelerde toplandığı için yumurta yaşı tam olarak bilinmemektedir. Yapılan analizlere göre yumurta yaşının çıkan civciv

sayısı ile etkileşimi karşılaştırıldığında yumurta yaşı ne kadar küçük olursa çıkan civciv sayısının o kadar fazla olabileceği anlaşıldı.

Bir diğer kontrol edilebilen faktör ise yumurta ağırlığıdır. Yumurta ağırlığı fertilitate ve transfer süreçlerinde değişmektedir. Fabrika verileri incelendiğinde yumurta ağırlığının az olduğu üretimlerde çıkan civciv sayısının fazla olabileceği tahmin edildi. Bunun dışında kuluçka sürecini etkileyen 16 adet gelişim ve 2 adet kuluçka makinesi bulunmaktadır.

Var olan parametreler üzerinden yapılan incelemeler sonucunda çıkan civciv sayısını en çok etkileyen kısıtların yumurta yaşı, sürü yaşı, yumurta ağırlığı ve sürü ırkı olduğu tespit edildi. İlk olarak yapılan varsayıma göre yumurta yaşının çıkan civciv sayısı ile etkileşimi karşılaştırıldığında yumurta yaşı ne kadar küçük olursa çıkan civciv sayısının o kadar fazla olabileceği anlaşıldı. Bununla birlikte sürü ne kadar genç olursa çıkan civciv sayısının daha fazla olabileceğine karar verildi. Ayrıca, önceden var olan veriler incelendiğinde yumurta ağırlığının az olduğu üretimlerde çıkan civciv sayısının fazla olabileceği tahmin edildi. Diğer bir önemli olan faktör ise sürü ırkıdır. Ancak sürü ırkı çıkan civciv sayısını etkilese bile Çamlı Yem fabrikası sürü ırkını seçmemektedir. İncelemeler sonucunda üretime iki tane farklı sürü ırkına sahip yumurtaların girmemesi gerektiği varsayımı elde edildi.

#### **4.2 Regrasyon Modeli**

İlk olarak Çamlı Yemin hindi civciv üretimi ile ilgili tuttuğu 7 yıllık veriler birleştirildi ve sınıflandırıldı. Daha sonra MINITAB programı ile hangi parametrenin çıkan civciv sayısını etkilediğini bulmak için Tek Değişkenli Regrasyon Analizi yapıldı. Fabrikanın tuttuğu veriler ile yapılan Tek Değişkenli Regrasyon Analizinde var olan verilerin düzensiz ve eksik olmasından dolayı çıkan civciv sayısını etkileyen parametre bulunamadı.

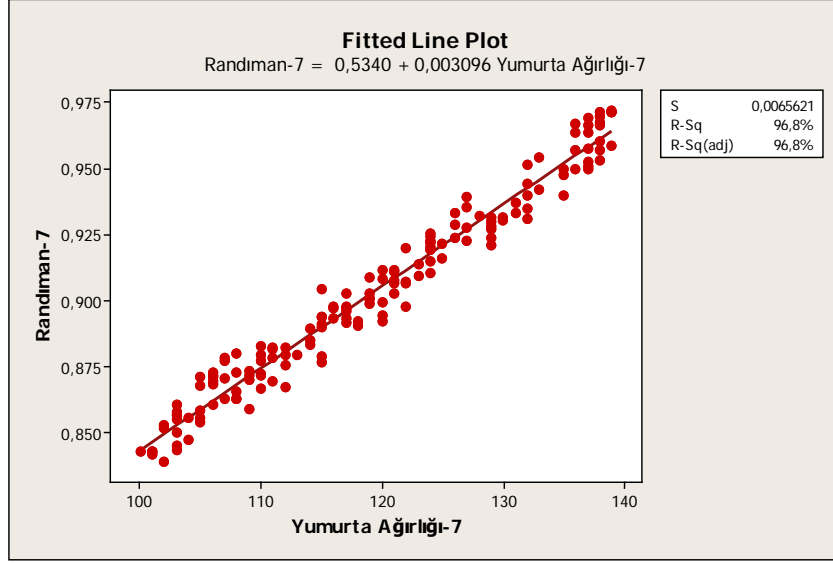
Proje için bir oyuncak veri oluşturuldu. Bu oyuncak veri sürü yaşı, yumurta yaşı, yumurta ağırlığı ve yüzdelik çıkan civciv sayısı (randıman) verilerinden oluşmaktadır.

İlk adım olarak bu oyuncak verilere MINITAB programı yardımıyla Tek Değişkenli Regrasyon Analizi yapıldı. Teker teker sürü yaşı, yumurta yaşı ve yumurta ağırlığının verimlilik ile ilişkisine bakıldı. Bu analiz, parametrelerin çıkan civciv sayısını nasıl etkilediğine bakılarak yapıldı. R-Sq değerlerine bakıldığında, değer ne kadar yüksek olursa çıkan modelin değişkenler arasındaki ilişkiyi o kadar iyi tahmin ettiği söylenebilir.

Bunun sonucunda Şekil.3'de görüldüğü gibi en çok etkileyen parametrenin yumurta ağırlığı oldu tespit edildi.

Tablo 1. Yumurta Ağırlığı-Randıman Tahmini

<b>Yumurta Ağırlığı-Randıman</b>		
<b>Sürü Yaşı</b>	<b>Miktar</b>	<b>R-Sq</b>
1	139	93.4%
2	135	93.8%
3	166	94.5%
4	189	95.5%
5	252	95.3%
7	161	96.8%
11	147	94.2%
12	131	96.2%
13	167	95.2%
14	243	94.9%
15	218	94.2%
16	145	95.2%
17	120	91.3%
19	202	90.0%



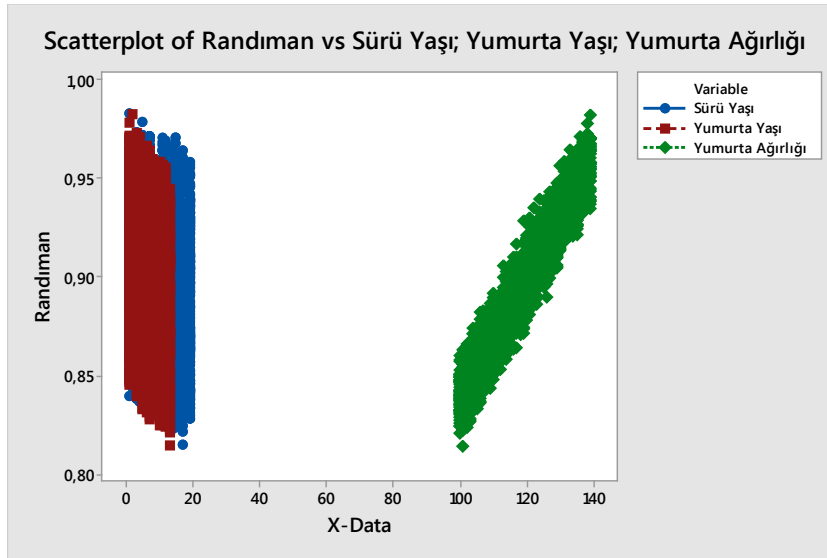
Şekil 3. Yumurta Ağırlığı -Randıman Grafiği

İkinci adım olarak Çok Değişkenli Regrasyon Analizi yapıldı. Bu analizde sürü yaşı ve yumurta yaşının, sürü yaşı ve yumurta ağırlığının, yumurta yaşı ve yumurta ağırlığının çıktırı nasıl etkilediği incelendi. İkili karşılaştırma yapılırken diğer kalan değişkenler sabit tutuldu. Bu analiz sonucunda, yumurta ağırlığının çıkan civciv sayısını daha fazla etkilediği ortaya çıktı. Yapılan bu analiz sonucunda  $Y_i = B_0 + B_1 * X_i + e_i$  ( $i= 1,2,..n$ ) Regrasyon Analiz denklemini proje için elde edildi.

**Randıman** = 0,551 - 0,000908 Sürü Yaşı + 0,00300 Yumurta Ağırlığı  
Son adım olarak üç parametreyi bir arada tutup çıkan civciv sayısını nasıl etkilediğine bakılarak regrasyon analizi yapıldı. Bu analiz sonucunda Şekil.4'de görüldüğü gibi yumurta yaşı ve sürü yaşının aynı etkide fakat yumurta ağırlığının çıkan civciv sayısını daha fazla etkilediği tespit edilmiştir. Üçlü karşılaştırma sonucunda  $Y_i = B_0 + B_1 * X_i + e_i$  ( $i= 1,2,..n$ ) Regrasyon Analiz denklemini proje için elde edildi.

Tablo 2. Sürü Yaşı-Yumurta Yaşı-Yumurta Ağırlığı-Randıman Tahmini

Sürü Yaşı-Yumurta Yaşı- Yumurta Ağırlığı	
Sürü Yaşı Adedi	2416
Yumurta Yaşı Adedi	2416
Yumurta Ağırlığı Adedi	2416
R-Sq	98.71%



Şekil 4. Sürü Yaşı-Yumurta Yaşı-Yumurta Ağırlığı Grafiği

$$\text{Randıman} = 0,567541 - 0,000988 \text{ Sürü Yaşı} - 0,002014 \text{ Yumurta Yaşı} + 0,002986 \text{ Yumurta Ağırlığı} + 0,00406240$$

## 5. Karar Destek Sistemi

Bu projede Çamlı Yemin çıkım sürecini daha verimli hale getirebilmek için bir çok teknik uygulandı, bunlardan bir tanesi de arayüz oluşturmaktır. Burada amaç, sistemdeki bir adımın bile kolay bir şekilde ele alınabilmesidir. Çünkü fabrikada kuçkahane sürecini

kapsamlı bir şekilde bilen tek bir kişi bulunmaktadır ve bu da veri toplama gibi birçok adımın aksamasına sebep olmaktadır. Fabrikanın verileri incelendiğinde, veri toplama kısmında birçok eksiklik görüldü ve iyi bir sonuç alınması için de veri toplama kısmının geliştirilmesine karar verildi. Bu, randıman tahmini için gerekli sistemin temel şartı olduğu için daha önce de yapılan birçok analizden olumlu sonuç alınamadı. En baştan veri toplayıp devam etmek yerine, bir arayüz oluşturup, doğru bir şekilde nasıl veri toplanacağını çalışanlara sağlamak amaç edildi.

Bu sisteme giren birçok girdi bulunmaktadır ve kontrol edilebilenler ve kontrol edilemeyenler olarak ikiye ayrılmaktadır. Üretim esnasında kaydedilen bu verilerden çoğu eksik tutulmaktadır. Bunun sonucunda istatistiksel analizler yapılamamaktadır. Bu arayüz sayesinde eksik veri girme durumu tamamen ortadan kalkacak ve eksiksiz veri girilmesi sağlanacaktır. Excel-VBA üzerinden oluşturulan bu arayüz eksikliği ortadan kaldırırken aynı zamanda oluşturulan modül ve kullanıcı formlarıyla da kolaylık sağlayacaktır. Tek bir tuşla arayüze girilen veriler değiştirilmeden excel sayfasına yazdırılacak ve gözden kaçırma durumuyla karşılaşılmayacaktır. Yapılan bir diğer uygulama ise yanlış değerde girilen verilere karşı önlem almaktır. Örneğin, fabrikadaki türler genelde CDHYc-BP gibi isimlerle kodlanır, eğer bu kısma sayı girilirse sistem hata verecektir ve veri yazdırma işini gerçekleştirmeyecektir. Verilerin doğru bir şekilde yazılması yönünde, yanda çıkan bir kutu içinde sistem veri giren kişiyi uyaracaktır. Bunun yanında bu arayüzün sistematik bir şekilde ilerlemesi için de kullanıcı formları iş akışına uygun bir şekilde düzenlenmiştir. Bütün bunların sonucunda, Çamlı Yem bu arayüz sayesinde verilerini kolaylıkla toplayabilecek ve sistemi daha iyi takip edebilecek.

ÇıkımFormu1

Geliş Tarihi

Yükleme Tarihi

Toplam yumurta yüklemeye Adedi

Tür

Tür Yaşı

Yumurta Yaşı

Yumurta Ağırlığı

Setter Makinası No

Hatcher Makinası No

Tıklayınız

Şekil 5. Çıkım Formu Arayüzü

ÇıkımFormu2

Fertilite Tarihi

Fertilite Yumurta Ağırlığı

Ortalama Fertilite

Embriyonik Ölüm(%)

Transfer Tarihi

Transfer Yumurta Ağırlığı(GR)

Tıklayınız

Şekil 6. Çıkım Formu Arayüzü



ÇıkımFormu3

Dişi Cıvciv Adedi

Erkek Cıvciv Adedi

Iskarta Cıvciv Adedi

Kabuk Altı Ölüm

Yumurta Ağırlığı/ Cıvciv Ağırlığı

Cıvciv Ağırlığı

Tıklayınız

Şekil 7. Çıkım Formu Arayüzü

## 6. Sonuçlar ve Öneriler

Hayvansal ürünler tüketiciler tarafından en çok tercih edilen besin kaynağıdır. Bu tüketici talebini karşılayabilmek için hayvan besiciliği sektöründe artış gözlenmektedir. Çamlı Yem Hindi üretim fabrikası hayvancılık sektörünün önde gelen firmalarından biridir. Kültür balıkçılığı, yem üretimi, organik gübre ve bitki besleme üretimi, büyükbaş besiciliği gibi çeşitli iş alanlarına sahip olmakla birlikte kanatlı besicilik sektöründe de büyük ölçüde rol almaktadır.

Çamlı Yem Seferihisar tesisinde kanatlı besicilik için ithal hindi yumurtaları kullanılır. Kuluçka sürecinde bir çok parametre ve değişken göz önünde bulundurulur. Projede bu parametre ve değişkenler kullanılarak randıman tahmini yapan bir karar destek sistemi tasarlanmıştır. Öncelikle kuluçka sürecini etkileyen parametreler kontrol edilebilen ve edilemeyen olarak ikiye ayrılmıştır. Daha sonra randımanı etkileyen parametreler ve aralarındaki ilişki istatistiksel yöntemler kullanarak analiz edilmiştir. Fabrika verileriyle yapılan

Regrasyon Analizleri ve MINITAB çıktıları sonucunda yumurta ağırlığının randımana etkisi olduğu tespit edilmiştir.

İstatistiksel analizler sırasında mevcut verilerin düzensiz tutulduğu ve eksiklikler olduğu tespit edilmiştir. Bu verilerin düzenli tutulması ve randıman tahmininin doğru bir şekilde yapılabilmesi için karar destek sistemi oluşturuldu. Excel VBA üzerinden bir arayüz oluşturularak kuluçka sürecindeki veri akışı düzenli bir şekilde sağlanmıştır.

Çamlı Yem Seferihisar kuluçkahane tesisinde, kuluçka sürecindeki bütün aşamaların verileri arayüz kullanılarak tutulduğunda Çamlı Yem kolaylıkla randıman tahmininde bulunabilir. Ayrıca, Çamlı Yem veterinerleri oluşturulan arayüz sayesinde süreci de takip edebilir.

#### **KAYNAKÇA**

- Cameron, A. C., Trivedi, P. K. (2013). “Regression analysis of count data”, Vol. 53, Cambridge University Press.
- Chatterjee, S., Hadi, A. S. (2013). “Regression analysis by example”, John Wiley & Sons.
- Kandiller L., (2007). “İstatistiksel Veri Analizi”.
- Kim, J. O., Kohout, F. J. (1975). “Analysis of variance and covariance: subprograms ANOVA and ONEWAY”, Statistical Package for the Social Sciences, Vol. 2, pp. 398-433.
- Seber, G. A., Lee, A. J. (2012). “Linear regression analysis”, Vol. 936, John Wiley & Sons.

*Bu raporda yer alan veriler gizlilik gereği gerçeği yansıtmayıp, gözlem ve kıyaslamalara imkan verecek şekilde değiştirilmiştir.*

## **Şarküteri Ürünleri İçin Kapasite Ve Bütünleşik Üretim Planlaması**

### **Pınar Entegre Et ve Un Sanayi A.Ş**

#### **Proje Ekibi**

Güneş Çelebi, Ali Ergin, Kartal Efe Erkekler  
Cem Güleç, Halil Emre Tok

#### **Şirket Danışmanları**

İlker Parlak, Pınar Entegre Et ve Un Sanayi A.Ş Planlama Ekip Lideri  
Ali Kargınar, Pınar Entegre Et Şarküteri Ürünleri Sorumlusu  
Birce Avcı, Pınar Entegre Et Planlama Uzmanı

#### **Akademik Danışman**

Yrd. Doç. Dr. Ömer Öztürkoğlu, Araş. Gör. Bahar Turan  
Yaşar Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

### **ÖZET**

Üretim firmaları müşteri siparişlerini karşılayabilmek mevcut kaynaklarını kullanır. Bir işletmenin üretim kapasitesi, işletmenin mevcut üretim faktörlerini belirli bir sürede rasyonel biçimde kullanarak meydana getirebileceği üretim miktarıdır. Doğru planlanmış bir kapasite yönetimi işletmelerin sahip oldukları kapasitelerini doğru kullanmalarını sağlar, verimliliği ve karlılığı artırır. Bu noktadan hareketle, bu çalışmada Pınar Et' in Kemalpaşa fabrikasında etkin bir kapasite planlama ve yönetimini kolaylaştıracak bir karar destek sistemi (KDS) geliştirilmiştir. Bu KDS sistemi ile sipariş tahminlerine göre hangi atölyede kapasite problemi yaşanacağını belirlenerek talebin karşılanabilmesi için bütünleşik üretim planı oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kapasite ve Bütünleşik Üretim Planlama, Karar Destek Sistemi

## **1. Genel Sistem Analizi**

Yaşar Holding 20 şirketi, 19 fabrika ve tesisi, 7000'in üzerinde kişiye sağladığı iş imkânı ve tüm faaliyetleri ile ulaştığı 200 bin satış noktası ile Türkiye'nin lider ekonomik aktörlerinden birisidir. Pınar Et fabrikası, Kemalpaşa'da kurulmuş olup yaklaşık 938 çalışanı ile 14 çeşit ürün üretilmektedir. Türkiye'nin Dünya ve AB standartlarına uygun ilk entegre et tesisi olan Pınar Et 13 adedi iç pazara, 1 adedi ise ihracata yönelik olmak üzere toplam 14 adet ürün piyasaya sunmaktadır. İşlenmiş et kategorisinde satışları segment bazında dağılımı %31 sucuk, %46 salam, %23 sosis olup, son zamanlarda girdikleri mantı ve börek pazarında ise pazar payı sırasıyla %14,8'e, börekte %24'e yükselmiştir. İşlenmiş etler Pazar payı kategorisine baktığımızda, Türkiye'de ki her 100 haneden 88'ine bir Pınar Et ürünü girmiştir.

İşlenmiş et kategorisi Pınar Et için büyük bir önem arz etmektedir. Şirket, kırmızı et ve beyaz et olarak iki ana bölüme ayrılan işlenmiş et kategorisinde sucuk, salam, sosis, kavurma ve jambon üretmektedir. 2013 yılında şarküteri pazarı daralırken, daralan bu pazarda Pınar Et sucuk, salam ve sosiste pazar payını arttırmış ve bu kategorilerde lider konumuna gelmiştir. Bu sebeple şarküteri bölümünün verimli ve etkin bir biçimde çalışması hayati önem arz etmektedir.

## **2. Problemin Belirlenmesi**

### ***2.1 Mevcut Sistemin Analizi***

Bu projede, firmanın şarküteri kısmındaki kapasitenin daha etkin bir şekilde kullanımını üzerine çalışılmıştır. Pınar Et fabrikasında üretim ve planlama bölümü yapılması beklenen satışı stok bulundurma birimine göre 3 er aylık olarak sipariş tahminleri yapılır. Bu tahminler sonucu

talep tahminleri SAP sistemine girilir ve sonrasında stok bulundurma birimine göre hammadde araştırması başlar. Böylece SAP sisteminde ne kadar hammaddeye ihtiyaç duyulacağı hesaplanır. Hedef tonaja göre, hammadde üretim alanına taşınır. Fabrikada üretimden sorumlu kişiler her gün üretim planını kontrol ederler. Ayrıca pazarlama bölümü de planlamayla birlikte çalışır. Birlikte çalışmalarındaki asıl amaç verilen siparişin tamamını karşılamak ve ürünü istenilen zamanda müşteriye teslim edebilmektir. Bunu yapabilmek için günlük ihtiyaçları faaliyet raporu olarak hazırlarlar. Bu raporu hazırlanırken planlama departmanından stokta ne kadar malın tutulacağı ve ne kadar son ve yarı mamulün üretileceği bilgileri de istenir.

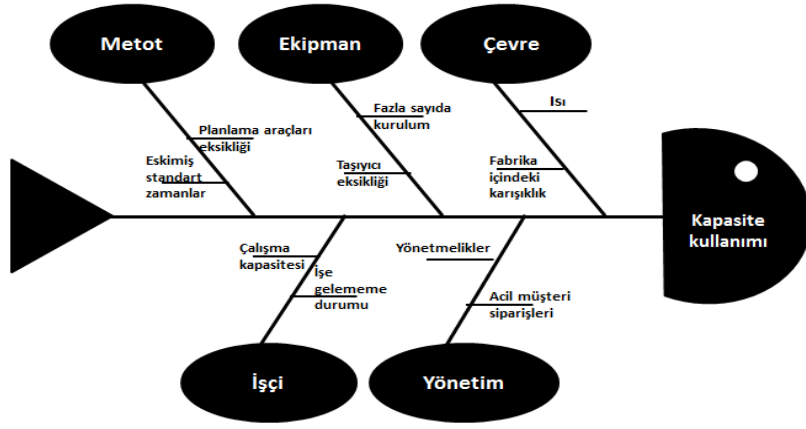
Pınar Et' in, her ürünü belirli bir formüle göre yapılır. Sucuk üretiminde, ilk olarak depolardan donmuş et, taze et ve yağlar belirli bir formüle göre üretim alanına getirilmektedir. Özel formüle göre, etler ve yağlar tartılır. Tartı işleminden sonra arabalarla boyut ufaltma makinasına et ve yağlar getirilir. Gelen etler tartıldıktan sonra boyut ufaltma makinasında küçük parçalara ufalanır. Sonrasında, etler ve yağlar boyut ufaltma makinasında işlem bittiğinde teker teker arabalara boşaltılıp mikser makinasına götürülür. Ufalanmış etler ve yağlar mikser makinasına doldurulur.

Arabalara boşaltılan etler ve yağlar mikser makinasına götürülür ve mikser makinasına bu arabalar yüklenip boşaltılır. Bu sırada mikser makinesinin operatörü, domates salçası, sarımsak, baharatlar ve buz formüle göre ilave edilir. Bu malzemeler ve etler mikser makinesine konulur. Bütün ürünler için makinenin belli bir çalışma süresi vardır. Sucuğun hamuru arabalara doldurulur ve sonra dolmuş makinelere yollar. Dolmuş makinelere farklı ürünler için özel düzenlemesi bulunmaktadır. Özel düzenlemeler sonrasında, arabalar dolmuş

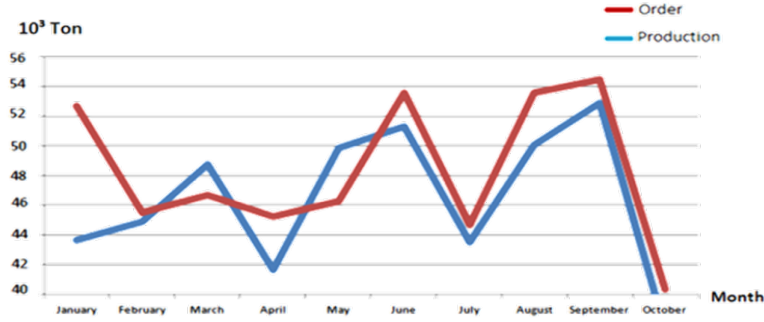
makinalarına yüklenilir ve dolum işlemi başlanılır. Sucuk hamuru son ürünün ağırlığına göre kılıflara doldurulur. Dolum işlemi sonrasında ürünler askı arabalarına konular ve fermante odalarına ve fırınlamaya gönderilir. Ürünler bu odalarda tutulduktan sonra paketleme alanına gönderilir ve ürünler paketlenir. Sosis ve salam üretimi sucukla birlikte benzer işlemleri bulunmaktadır. Fakat sucuktan farklı süreçleri vardır. Örneğin mikser makinesinde yağ, baharatlar ve diğer malzemeler yağ emülsiyonuyla karıştırılır. Ayrıca, mikser işleminden sonra bu karışım farklı dolum makinalarına gönderilir.

## ***2.2 Sistemde Gözlenen Semptomlar***

Takımımız Pınar Et firması ile görüşmeleri sonucunda firmanın gelir bakımından en yüksek kısmını oluşturan şarküteri bölümünü ele almaktadır. Dana ve kanatlı ürünlerin üretimlerinin yasa gereği ayrılmasından sonra, 2014 yılının son 10 ayına ait müşteri siparişleri ve üretim rakamlarını incelediğimizde 10 ayın 8'inde siparişlerin karşılanamadığı gözlemlenmiştir. Siparişlerin karşılanamamasına etki eden faktörlerden birisi de üretimde yaşanan kapasite sorunudur. Bu kapasite sorununun nerelerden kaynaklandığını araştırdığımızda Şekil 1'de belirtilen balık-kılçığı diyagramını ortaya çıkarmış bulunmaktayız. Buna göre, malzeme taşıma sisteminde kullanılan araçların eksikliği, acil müşteri siparişleri, küçük miktarlarda verilen siparişlerden kaynaklanan hazırlık ve temizleme sayılarının ve sürelerinin çokluğu kapasitenin etkin kullanılmasının önündeki engellerden bazılarıdır. Ayrıca, kapasite hesaplamalarında kullanılan standart sürelerin en son 2010 yılında hesaplanmış olması da üretim planlamasında sorunlara neden olmaktadır.



Şekil 1. Kapasite kullanımında yaşanan sıkıntıların nedenleri



Grafik 1. Planlanan ile gerçekleşen siparişler arasındaki farklılık

Yukarıdaki grafikte Pınar Et fabrikasının 2014 yılının kasım ayına kadar olan dana ürünleri için sipariş ve gerçekleşen üretim kıyaslamasını görmekteyiz. 1 ile gösterilen çizgiler siparişi, 2 ile gösterilen çizgiler ise gerçekleşen üretimi göstermektedir. Ayrıca bu grafik değerleri  $10^3$  ton cinsinden hesaplanmıştır. Grafikten de anlaşıldığı gibi et üretimi sezona göre değişebilen ve bayramlar, tatiller gibi durumlardan etkilenen bir sektördür. Mayıs ve Haziran aylarında havaların ısınıp; piknik, mangal gibi etkinliklerin artmasıyla siparişler artmış bunun sonucunda üretimde de artma gerçekleşmiştir. Daha sonrasında ise ramazan ayının gelmesi oruç tutan insanların olması sebebiyle siparişlerde ve üretimde hızlı bir düşüş yaşanmıştır. Ramazan ayı sonrasında tatillere giden insan sayısı artmış ve otellerden gelen siparişlerin artmasıyla üretimde artmıştır.

Ekim ayı başlarında kurban bayramının da etkisiyle üretim ve siparişlerde hızlı bir düşüş gerçekleşmiştir. Grafikte de görüldüğü gibi üretim ve sipariş birbirinden farklılık göstermektedir. Bazı aylarda üretim kapasitesi aşılmış böylelikle siparişler karşılanamamıştır. Bu durum siparişlerin geri çevrilmesine ve müşteri kayıplarına yol açmıştır. Bu grafik firma tarafında her yılın sonunda revize edilmekte ve gelecek yılların üretim ve sipariş planlamalarına yardımcı olmaktadır.

### **2.3 Problem Tanımı**

Pınar Et firmasının şarküteri bölümündeki kapasitenin tam olarak biliniyor olmaması, bazı iş adımlarında sıkıntıların yaşanması ve darboğazların oluşması bizim şarküteri bölümüne odaklanmamıza sebep olmuştur. Şarküteri bölümünde üretim planları sipariş tahminlerine göre yapılmakta ve gerektiğinde planlarda revizyon yapılmaktadır. Fakat çok sık bir şekilde, üretilmesi gereken ürün miktarının atölyelerin kapasitesini aşması durumuyla karşılaşılmakta ve üretimde tıkanıklık ve darboğazlar yaşanmaktadır. Firmada yapılan zaman etütlerinin çok eski olması, firmanın yeni makine yatırımı yapmış olması, şarküteri üretim mevzuatının değişmesi sebebiyle iş akışlarındaki meydana gelen değişiklikler, şu anki kapasitenin tam olarak bilinmemesine, gerçekleşmesi beklenen üretim miktarı ile gerçekleşen üretim miktarının tutarsızlık göstermesine sebep olmaktadır. Bu belirsizlikler ise firmanın maliyetlerinin tam olarak belirlenememesine ve taleplerin tam olarak karşılanamamasına neden olmakta ve karlılığı düşürmektedir. Firmaya son yıllarda yeni makinalar alınmış olup bunların zaman etütlerinin tutulmamış olması da firma için sıkıntı oluşturmaktadır. Bu gibi durumlar satış kaybına yol açmakta ve bazı taleplerin geri çevrilmesi gerçekleşmektedir.



#### **2.4 Teknik Yazın Taraması**

Lüthi ve Polymeris (1985) bu çalışmalarında maksimum iş yükünü azaltma problemi üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bu tarz problemler bir lineer program olarak formüle edilebilir olduğundan bahsetmişler fakat kısıtlar ve değişkenler çok yüksek sayıda olacağından dolayı bunun yerine tamamen kombinatoriyal bir problem türetmişlerdir. Bu problem çözünürlüğüyle gerekli asgari kapasiteye öncülük etmiştir ve bu şekilde darboğazlara uygulamışlardır. Nyhuis ve Filho (2002) yazdıkları bu makalede malzeme akış yönetimi hakkında çeşitli bilgiler vermişlerdir. Özellikle dinamik kapasite planlaması ve kontrolünde kullanılan çeşitli metot ve araçlardan bahsetmişlerdir.

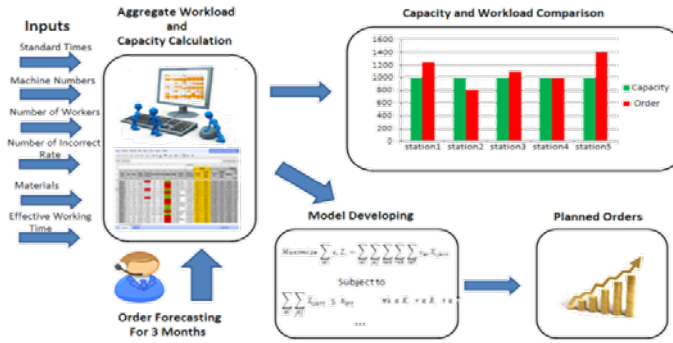
Olhager vd. (2001) 'nin yaptıkları bu çalışmada imalat stratejisi ve satış ve operasyon planlamasının uzun dönem kapasite yönetiminde sağlamış olduğu iki bakış açısından, farklı konuların iyileştirilmesi ve yükseltilmesi aralarında karşılaştırılmış ve bir çerçevede bağlantıları sağlanmıştır. Verimli uzun dönem kapasite yönetiminin her fabrika için hayati önem taşıdığı belirtilmiş, uzun dönem kapasite planlamasının girdisi olarak talep tahminine bağlı olarak satış planı gösterilmiştir. Phruksaphanrat et al. (2011) bu makalelerinde hayali talep ve değişken sistem kapasiteleriyle oluşturulan bir bütünleşik üretim planlama modeli önerisinde bulunmuşlardır. Bir konveksiyonel bütünleşik üretim planlama problemi net piyasa taleplerini ve sabit donanımlı kısıtlı kapasiteyi varsayar. Chen vd. (2009) operasyonel karı maksimize etmek için bir dizi potansiyel müşteri siparişleri seçilmesini söyleyerek, sistem yöneticisine siparişe göre üretim ortamında yardımcı olması amacı ile bir matematiksel model sunmaktadırlar. Bu model sonunda, belirli bir plan döneminde seçilmiş ve belirlenmiş kapasite limitindeki her kaynak türü için optimal kapasite planı vardır. Modelde, normal süre,

fazla mesai ve dış kaynak her çeşit tedarikçi için kaynak olarak kabul edilir.

Chen vd. (2011) bu çalışmalarında bir silah fabrikası için kapasite planlama sezgiseli geliştirmişlerdir. Bu fabrikanın düşük sipariş hacmi, yüksek sipariş çeşitliliği, karmaşık üretim süreçleri, belirsiz siparişler gibi çeşitli karakteristik özelliklere sahip bir fabrika olduğunu belirtmişlerdir.

### 3.Problem Formülasyonu ve Çözüm Yöntemleri

#### 3.1 Çözüm Metodolojisi



Şekil 2. Matematiksel modelin ara yüzü

Takımımız ve Pınar Et yetkilileri ile bir araya gelerek yapmış olduğumuz toplantılarda ürünlerin imalat süreçlerinin güncellenmesinin daha az varyasyon oluşturacağına, bunun da üretimdeki iş adımlarının azalmasını sağlayacağına karar kılmıştır. Özellikle üretim hatlarındaki operasyonlar ne kadar standartlaştırılırsa süreçlerin o kadar iyileşeceği, çevrim sürelerinin azalacağı, kalite oranlarının da artacağı düşünülmüştür. Bu çalışmaların sonunda imalat sisteminde oluşacak olumlu etkinin yanı sıra firmanın aylık talep yüklerinin dengelenmesi sağlanacak ve işletmeye etki eden maliyetler azaltılacaktır.

Takımımız bu gibi düşüncelerin sonunda sorunların kolaylıkla çözülmesi için arka planında matematiksel modelin çalışacağı bir karar destek sistemi kurmayı hedeflemektedir. Kurmak istediğimiz bu sistemde, öncelikli olarak yeni tutulmuş olan standart zamanlar, makina sayıları işçi sayıları, parti başına oluşan hatalı oranların sayısı, üretimde kullanılan araba, demir çubuk gibi araç gereç sayısı, işçilerin gün içerisinde geçirdiği etkin çalışma süreleri gibi veriler sistemde kayıtlı olacaktır. Bu veriler gerektiği durumda güncellenebilecek olup ileriki zamanlarda şirkete kolaylık sağlanması düşünülmüştür. Daha sonrasında bu sisteme aylık sipariş tahminlerine göre üretim planları girilecek ve sistem çalışarak hangi atölyede hangi sistemde kapasite problemi yaşanacağını belirleyecek ve talebin karşılanabilmesi ve istenen miktarın üretilmesi için hangi çözüm yollarının uygulanması gerektiğini kullanıcıya bildirecektir. Bu sayede darboğazlar yok edilecek ve firmanın kapasiteyle iş yükü arasında dengelenme sağlanacaktır.

### **3.2 Varsayımlarımız**

Matematiksel modelimiz deterministik bir model olmasını öngörüyoruz. Matematiksel modelimizde çok marifetli sabit işgücü seviyesinin üç vardiya için yeterlidir. İşlerin dışarıya verilmesine gerek olmayacaktır çünkü insan sağlığını firmalar tehlikeye atmak istemezler. Yarı zamanlı ve geçici işçi çalıştırmazlar çünkü işi bilmeyen insana yaptırmak istemezler. Fazla mesai gerekebilir. Öncelik envanter olmayacaktır. Detaylı çizelgelemeyi dahil etmiyoruz sadece kaba üretim planlaması olacaktır. Detaylı planlamayı şirketin yöneticileri karar vereceklerdir. Bir üründen diğer ürüne geçiş esnasında temizlik ve parça değişimi gibi hazırlık aşamaları olacaktır. Modelimizde maliyet belirleyen parametreleri şu şunlardır; Sermaye Maliyeti, Bozulma Maliyeti, Elde

Tutma Maliyeti, Kullanma maliyeti, Çeşitli Masraflar. Amaç fonksiyonumuzu direk etkileyen maliyetler ise;

### **Envanter Maliyeti**

Firmanın gelecekte kullanmak üzere bulundurduğu hammadde, yarı mamul, mamul yada varlıklardır. Envanteri elde etme ve elde tutmaya ilişkin harcamalar büyük bir maliyet oluşturur. Pınar Et envanter yüzdesini aşağıdaki gibi hesaplamıştır.

Bir yığın iş için envanter maliyeti (TL) = (ürünün stok fiyatı) x (parti sayısı) x (1 yığın işteki parti sayısı) x (Haftalık envanter yüzdesi)

### **Siparişi erteleme maliyeti**

Şirket eğer gelen siparişi karşılayamıyor ve sonraki zamana erteliyorsa bunlar firmaya ek maliyet getirmektedir. Pınar Et'te sipariş ertelemenin yüzdesi 1 yıl için %60'tır. Aşağıdaki fomülde 1 yığın iş için siparişi geri bildirmenin maliyeti verilmiştir.

1 yığın iş için siparişi erteleme maliyeti (TL) = (ürünün stok fiyatı) x (parti sayısı) x (1 yığın işteki parti sayısı) x (Haftalık sipariş erteleme yüzdesi)

### **Vardiya Maliyeti**

Vardiya maliyetinin hesabı aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

Vardiya Maliyeti (TL) = (Saatlik Vardiya Maliyeti) x (1 vardiyadaki toplam çalışma süresi) x (istasyondaki çalışan işçi sayısı) + (makine sayısı) x (Makinanın çalışma maliyeti)

### **Fazla Mesai Maliyeti**

Fazla mesai maliyetinin hesabı aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

Fazla mesai maliyeti (TL) = (Saatlik vardiyadaki fazla mesai maliyeti) x (iş istasyonundaki çalışan işçi sayısı) + (makine sayısı) x (Makinanın çalışma maliyeti)

### **Makine Maliyeti**

Makine maliyetinin hesabı aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

Makine maliyeti = Saatlik Makine maliyeti + Elektrik maliyeti  
= (Makine fiyatı / Kullanım ömrü (saatlik)) + (makine gücü x sanayideki elektrik fiyatı / 100)

### 3.3 Model Formulasyonu

Geliştirilen bu matematiksel modelin hızlı çalışabilmesi açısından LINGO 15.0'da model kodlanmıştır. Ancak veriler Microsoft Excel'de VBA (Visual Basic Applications) dilinde oluşturulan veri tabanından alınmıştır. Microsoft Excel'de oluşturulan bu veri tabanında kullanıcıdan aylık üretim siparişleri, makine sayısı, her istasyonda çalışan işçi sayısı, vardiya sayısı, günlük çalışma saat sayısı, toplam çalışma sayısı, her iş istasyonunun kullanımı için müsaitlik oranları, her ürünün parti başına fire oranları ve her iş istasyonunun etkinlik oranlarına girmesi istenmektedir. Problemin formulasyonu aşağıda gösterilmiştir. Ayrıca karar değişkenleri ve parametreler de sırasıyla aşağıda açıklanmıştır.

### 3.4 Parametreler

$w_i$  = Bir vardiyadaki  $i$  istasyonundaki her makinenin işgücü ihtiyacı

$m_i$  = makine sayısı

$nt_i$  =  $i$  istasyonunda bir vardiyadaki etkin normal çalışma süresi

$r_{ji} = 1$ , eğer  $j$  ürünü  $i$  istasyona uğrarsa

0, diğer durumda

$t_{ji}$  =  $i$  istasyondaki tamamlanmış  $j$  ürünün standart çevrim süresi

$D_{ji}$  =  $i$  istasyondaki  $j$  ürün talebinin bir ölçüsü

$maxSH_{ik}$  =  $k$  periyodundaki istasyonda verilen en çok vardiya

$st_i$  =  $i$  istasyonundaki ürünün hazırlık süresi

$ic_j$  =  $j$  ürünün envanter maliyeti

$sc_j$  =  $j$  ürününün toplam geri çevirme maliyeti

$otc_i$  = i istasyonundaki fazla mesai maliyeti

$b_{ji}$  = j ürününün i. istasyondaki ölçü dönüşüm sayısı

$D_{jk}$  = k. dönemdeki j. ürün talebinin dönüşüm sayısı

$f$  = her vardiyadaki en fazla gerekli mesai saati

$\theta_{jpk}$  = k. dönemdeki j. ürünün p. makinadaki üretilen dönüşüm sayısı

$t_{jp}$  = j. ürünün p. makinadaki paketleme süresi

### 3.5 Karar değişkenleri

$OT_{ik}$  = k dönemindeki i istasyonunun fazla mesai saati

$SH_{ik}$  = k dönemi boyunca olan vardiya sayısı

$I_{jk}$  = k dönemi boyunca envanter sayısı

$q_{jik} = Q_{jk}$  için k dönemde i istasyonunda üretilen j ürününün planlanması

$Y_{jk} = 1$ , eğer k dönemde j ürünü planlanırsa

0, diğer durumda

$S_{jk}$  = k dönemde j ürünü ileri zamana atılması

$\alpha_{ik}$  = k dönemde i istasyonunda toplam hazırlık sayısı

$Q_{jk}$  = k dönemdeki üretilen hazır j ürününün miktarı

$Z_{ik} = 1$ , eğer k dönemde vardiya programlanmışsa

0, diğer durumda

$\gamma_{jpk} = 1$ , k. periyotta j. ürünün p. makinadaki paketleme süresi

0, diğer durumda

$M_{jp}$  = j. ürünün p. makinadaki paketleme matrisi

### 3.6 Matematiksel Model

#### Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min } z = \sum_{j=1}^9 \sum_{k=1}^{12} ic_j \times I_{jk} + \sum_{j=1}^9 \sum_{k=1}^{12} sc_j \times S_{jk} + \sum_{i=1}^9 \sum_{k=1}^{12} otc_i \times OT_{ik} + \sum_{i=1}^9 \sum_{k=1}^{12} shc_i \times SH_{ik} \quad (1)$$

**Kısıtlar**

$$\sum_{j=1}^9 (q_{jik} \times t_{ji}) + a_{ik} \times st_i \leq m_i \times nt_i \times SH_{ik} + OT_{ik} \quad \forall i, k \quad (2)$$

$$q_{jik} = Q_{jk} \times r_{ji} \times b_{ji} \quad \forall i, j, k \quad (3)$$

$$OT_{ik} \leq f \times SH_{ik} \quad \forall i, k \quad (4)$$

$$SH_{ik} \leq \max SH_{ik} \quad \forall i, k \quad (5)$$

$$Q_{jk} + I_{j(k-1)} - I_{jk} + S_{jk} \leq D_{jk} + S_{j(k-1)} \quad \forall j, k \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^{12} Q_{jk} + SH_j \geq \sum_{k=1}^{12} D_{jk} \quad \forall j \quad (7)$$

$${}_{k=4}^{BL} jk = 0 \quad \forall j \quad (8)$$

$$Q_{jk} - I_{jk} + S_{jk} = D_{jk} \quad \forall j, k \quad (9)$$

$$Q_{jk} \leq M \times Y_{jk} \quad \forall j, k \quad (10)$$

$$Q_{jk} \geq Y_{jk} \quad \forall j, k \quad (11)$$

$$a_{ik} = \sum_{j=1}^9 Y_{jk} \times r_{ji} \quad \forall i, k \quad (12)$$

$$SH_{ik} \leq Z_{ik} \times M \quad \forall i, k \quad (13)$$

$$SH_{ik} \geq Z_{ik} \quad \forall i, k \quad (14)$$

$$OT_{ik} \leq Z_{ik} \times M \quad \forall i, k \quad (15)$$

$$\gamma_{jpk} \leq M_{jp} \quad \forall j, p, k \quad (16)$$

$$\theta_{jpk} \leq \gamma_{jpk} \times M \quad \forall j, p, k \quad (17)$$

$$\theta_{jpk} \geq \gamma_{jpk} \quad \forall j, p, k \quad (18)$$

$$\sum_{j=1}^{78} \theta_{jpk} \times t_{jp} \leq NT_p \times SH_p + OT_p \quad \forall p, k \quad (19)$$

$$\sum_{p=1}^9 \theta_{jpk} = Q_{jk} \quad \forall j, k \quad (20)$$

$$OT_{pk} \leq SH_{pk} \times f \quad \forall p, k \quad (21)$$

$$SH_{pk} \leq \max SH_{pk} \quad \forall p, k \quad (22)$$

Amaç fonksiyonu (1) toplam üretim maliyetini en aza indirebilmektir. İlk kısımda amaç fonksiyonunda envanteri elde tutma maliyeti, ikinci kısımda siparişi geri çevirme maliyetini, üçüncü kısımda fazla mesai maliyeti ve son kısımda ise vardiya maliyetini vermektedir. (2). kısıtta ( $q_{jik}$ ) ürün miktarını üretmek için gerekli olan işgücü miktarı kapasiteden fazla olduğunda fazla mesai yapılarak kapasite dengelenmektedir. (3). kısıt son ürün talebine göre dahili talebi içermektedir. Burada her istasyon için dahili talep dönüştürülmüştür. (4). kısıt fazla mesai kısıtıdır. Bu kısıtta toplam mesai durumu üst sınırdadır. Bu durum vardiya sayısı ile uygulanabilir. Matematiksel modelimizde bir vardiyadaki fazla mesai sayısı  $f$  saattedir. Bizde  $f$ 'yi 3 olarak varsayıyoruz. (5). kısıt vardiya sayısının üst kısıdır. (6). ve (9). kısıt  $k$  dönemi ve  $j$  ürünü için talep kısıtını oluşturmaktadır. (7). kısıt planlama döneminin sonunda gelen talebi karşılamayı güvence altına almaktır. (8). kısıt her ayın 4. Haftasındaki geri çevrilen sipariş sayısı 0 olmak zorundadır. (10). ve (11). kısıtlarda  $k$  periyodunda olan veya olmayan üretilen ürünlerin kontrol edilmesidir. (12). kısıt üretilen ürünler değişikçe var olan hazırlık aşamalarıdır. (13)., (14). ve (15). kısıtlarda vardiya içerisinde programlama yapılırsa o haftada fazla mesai yapılır. (16). Kısıt paketleme makinasına ürün girecekse paketleme makinası çalışır aksi halde makine çalışmaz. (17). ve (18).



kısıtlar paketleme makinasının miktarının pozitif olup olmamasını içermektedir. (19). kısıt paketleme bölümünün kapasitesini içermektedir. (20). kısıt paketlenen ürün miktarı hazır olan ürün miktarına eşit olmak zorundadır. (21). ve (22). kısıtlarda paketleme bölümünün vardiya sayısına bağlı olarak gerektiğinde fazla mesai yapılır.

#### 4. Sayısal Sonuçlar

Geliştirilen matematiksel model sonuçları şirketin aylık sipariş verileriyle LINGO 15.0' da test edilmiştir. Bu modelin sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Vardiya Sayıları

VARDİYA SAYILARI	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA
ET GETİRME	6	6	6	6
BOYUT	7	7	7	7
UFALTMA	6	6	6	6
MİKSER	5	5	5	5
HARMANLAMA	1	1	1	1
KESİT İŞLEMİ	8	8	8	8
DOLUM	12	12	12	12
FIRIN	7	7	7	7
FERMENTE				

Geliştirilen matematiksel model sonuçları şirketin aylık sipariş verileriyle test edilmiştir. Tablo 1'de her istasyon için haftalık vardiya sayıları verilmiştir. Burada bazı istasyonların makinelerinde 1 işçi, bazı makinelerde 2 işçi çalıştırılmış gibi düzenleme yapılmıştır. Örneğin, et getirme istasyonunda her gün 2 vardiyalık mesai olursa her hafta için ortalama 3 günlük iş bulunmaktadır. Bu çıkan sonuç tablosu sadece kaba üretim planlaması içermektedir.

Tablo 2 – İstasyon bazında fazla mesai ihtiyaç tablosu

FAZLA MESAI	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA
-------------	---------	---------	---------	---------

ET GETİRME	0	0	0	0
BOYUT	0	0	0	0
UFALTMA	0	0	0	0
MİKSER	1	1	1	1
HARMANLAMA	0	0	0	0
KESİT İŞLEMİ	0	0	0	0
DOLUM	0	0	0	0
FIRIN	36	36	36	36
FERMENTE	0	0	0	0

Tablo 2’de her istasyon için fazla mesai tablosu içermektedir. Belirli istasyonlarda belli haftalar içerisinde siparişin kapasiteden fazla olduğu yerlerde fazla mesai ihtiyacı duyulmaktadır. Burada fazla mesai saat cinsinden verilmiştir. Örneğin, mikser istasyonunda her haftada 1’er saatlik fazla mesai ihtiyacı duyulmaktadır.

## 5. Sonuç ve Öneriler

Firmanın var olan kapasiteyle iş yükü dengesizliğinden meydana gelen siparişleri karşılayamama sorunu bulunmaktaydı. Fabrikanın gerçek verileri kullanılarak girilen siparişe göre hangi siparişin girileceği hangi zamanda girileceğine dair karar verici bir araç geliştirilmiştir. Bu da fabrikaya ilerisi için iyi bir yönlendirici araç olacaktır. Bununla birlikte firmanın ileride hangi alanda yatırım yapmasına karar vermesinde ve daha sistematik üretim planlamanın gerçekleştirilmesine katkı sağlayacaktır. Kapasite artışıyla yeni istihdam alanları ortaya çıkacaktır. Firmanın ilerideki yeni bir tesis yatırımları için yardımcı olacaktır. Dolayısıyla, hangi iş istasyonlarının yapılacağına karar verilme açısından katkı sunacaktır. Ürünlerin üretim ve kapasite planlamanın güncellenmesi ile hem akademik anlamda bir çalışma ile iyi bir örnek oluşturacağız, hem de sanayi kuruluşu için kolaylık ve kazançlar yaratacağız.

## KAYNAKÇA

Chen, J. C., Kou-Huang, C., Chien-Hsin, L., Chia-Wen, C., & Chia-Lin, Y. (2011). A study of a heuristic capacity planning algorithm for weapon production system. *International Journal of Electronic Business Management*, 9(1),

Hax, A. C., & Meal, H. C. (1973). Hierarchical integration of production planning and scheduling. *Massachusetts Institute of Technology, Operations Research Center*.

Florian M., Lenstra J.K and Rinnooy, A. H. G. KanSource .(1980) . Deterministic Production Planning : Algorithms and Complexity . *Management Science*, Vol. 26, No. 7 , pp. 669-679.

Chen, C. S., Mestry, S., Damodaran, P., & Wang, C. (2009). The capacity planning problem in make-to-order enterprises. *Mathematical and computer modelling*, 50(9), 1461-1473.

Lüthi, H., & Polyméris, A. (1985). Scheduling to minimize maximum workload. *Management Science*,31(11), 1409-1415

Nyhuis, Friedhelm, & Pereira Filho, Néocles Alves. (2002). Methods and tools for dynamic capacity planning and control. *Gestão & Produção*, 9(3), 245-260.

Olhager, J., Rudberg, M., & Wikner, J. (2001). Long-term capacity management: linking the perspectives from Manufacturing strategy and sales and operations planning. *International Journal of Production Economics*, 69(2),215-225.

Phruksaphanrat, B., Ohsato, A., & Yenradee, P. (2011). Aggregate production planning with fuzzy demand and variable system capacity based on theory of constraints measures. *International Journal of Industrial Engineering*, 18(5), 219-231.

*Bu raporda yer alan veriler gizlilik gereği gerçeği yansıtmayıp, gözlem ve kıyaslamalara imkan verecek şekilde değiştirilmiştir.*

## **Tesis Yeri Belirlemede Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Kullanımı**

### **Ege Tarımsal Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş**

#### **Proje Ekibi**

Açelya Bozalan

Burcu Hancı

Merve Döleneken

Can Çağrı Yeniçeri

Endüstri Mühendisliği Yaşar Üniversitesi, İzmir

#### **Şirket Danışmanı**

Selçuk Borovalı, DB Tarımsal Genel Müdürü

Yannis Kokkalis, Ege Tarımsal Genel Müdürü

Salih Çeşmeli, Ege Tarımsal Üretim Sorumlusu

#### **Akademik Danışman**

Dr. Effi Staiou, Araş. Gör. Mert Paldrak

Yaşar Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

### **ÖZET**

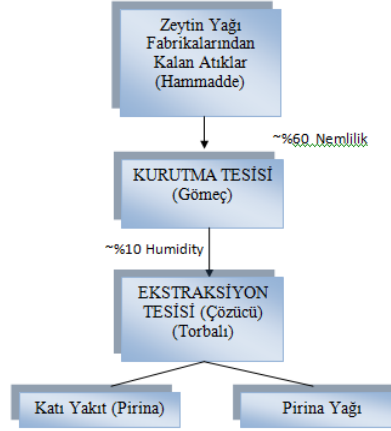
Ege Tarımsal Enerji, hammadde olarak tedarik ettiği yaş ve yağlı pirinayı Gömeç tesisindeki kurutma işleminden sonra elde edilen yarı-mamül olarak Torbalı'daki ekstraksiyon tesisine taşır ve bitmiş ürünler olarak kuru pirina ve pirina yağı elde edilir. Gömeç'teki günlük kurutma kapasitesi olan yaklaşık 75ton, Torbalı'daki günlük üretim kapasitesi 200 tonu yeterince besleyememektedir. Bu projenin amacı, ikinci bir kurutucu tesisi kurulmasının hangi noktada olacağına karar vermektir. Çoklu kriter ve alternatifler altında karar verme yöntemi Analitik Hiyerarşik Süreç (AHP) uygulanarak optimum yer belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Tesis Yeri Seçimi, Analitik Hiyerarşi Süreci(AHP), Çok Kriterli Karar Verme, Yatırım Analizi.

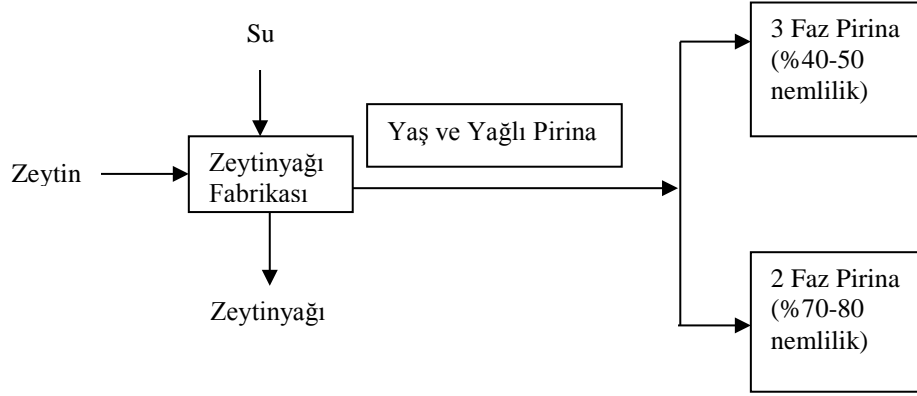
## 1. Genel Sistem Analizi

Ege Tarımsal Enerji firması, 12/08/2005 tarihinde kurulmuştur. Firmanın İzmir-Torbalı ve Balıkesir-Gömeç olmak üzere iki tesisi bulunmaktadır. Gömeç ilçesindeki fabrika 1700m<sup>2</sup> çalışma alanı, toplamda 27.000m<sup>2</sup> lik bir alana sahiptir. Ege Tarımsal Enerji firmasının iki ana ürünü kuru pirina ve pirina yağıdır. Üretim sürecinde kullanılan hammadde zeytinyağı fabrikalarında zeytin yağı üretiminden arta kalan tortudur. Mevcut sistemde, hammadde Gömeç ve çevresindeki zeytinyağı fabrikalarından 2 faz veya 3 faz pirina olarak tedarik edilir ve Gömeç'teki kurutma tesisine taşınır. 3 faz pirina %40-50 oranında, 2 faz pirina ise %60-70 oranında nemlilik içerir. Belirli yüzdelik oranda karıştırılan 2&3 faz pirina yaklaşık 600<sup>0</sup>C deki kazan yardımıyla neminden ayrılır. Gömeçteki kurutma tesisinin kapasitesi günlük 150 tondur. Gömeç tesisinin çıktısı olan yarı-mamüller, Torbalı'daki ekstraksiyon tesisini beslemek üzere buraya taşınır. Gömeçteki kurutma işleminin amacı, Torbalı'daki ekstraksiyon tesisine ürünler gönderilmeden önce hammaddenin içinden fazla suyun kurutma işlemiyle alınmasıdır. Böylece, Torbalı'ya taşınırken taşımada hem kolaylık sağlanmış, hemde kar edilmiş olunur. Torbalı'daki ekstraksiyon işlemi ile özel bir kimyasal çözücü olan solvent (hekzan) kullanılarak, yağlı pirinadaki %5-6 oranında ki yağ alınır. Böylece, iki çeşit son ürünler; Katı Pirina ve Pirina Yağı elde edilmiş olur.

Torbalı'ya gelen kamyonlar iki taraflı bir ulaşım kullanarak yakıt olarak elde edilen pirinaların bir kısmını Gömeç'e geri getirir.



Şekil 1.1 Genel üretim akış şeması



Şekil 1.2. Gömeç'teki süreç akışı

## 2. Problemin Belirlenmesi

### 2.1 Mevcut Sistemin Analizi

Yapılan araştırmaya göre Dünya'da üretilen zeytinyağı miktarının %6'sı Türkiye'dedir (International Olive Oil Council). Bunların 390.000 tonu yemeklik zeytin, 1.286.000 tonu ise yağ olarak tüketilmektedir.

### 2.2 Sistemde Gözlemlenen Semptomlar

Balıkesir Gömeç'teki kurutma işleminden sonra günlük 75 ton ürün Torbalı'ya gönderilmek üzere yarı mamül hazır edilmiş olur, fakat kurutma tesisinin kapasitesi Torbalı'nın günlük işleme kapasitesini karşılayamamaktadır. Torbalı'daki fabrikanın günlük işleme kapasitesi 200 ton olduğundan 125 tonluk bir açık gözlenmektedir. Bu açık

Torbalı'daki işleyişin aksamasına neden olmakta ve firma ikinci bir kurutma tesisine ihtiyaç duymaktadır. Bu noktada yapılan tesis yeri planlama projesiyle en uygun nokta bulunmaya çalışılmaktadır.

### **2.3 Problemin Tanımı**

Torbalı'daki açıkta kalan kapasiteyi tamamlamak için ikinci bir kurutma tesisine ihtiyaç vardır. Bu tesis lokasyonu seçilirken birçok alternatif bölge ve kriter göz önünde bulundurulmaktadır. Bu doğrultuda proje, tesis yeri belirleme ve planlama üzerine geliştirilmektedir.

Ege Tarımsal Enerji firması için optimum kurutucu tesisi yeri belirlemede göz önünde bulundurulan kriterler ve alt kriterler şu şekilde sıralanmaktadır:

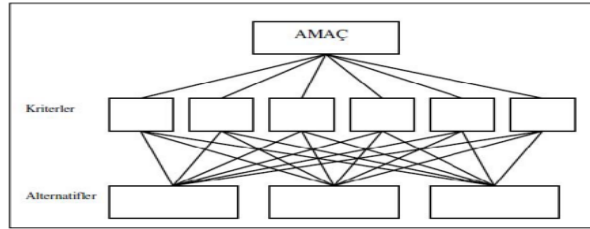
- 1- Aday Bölgedeki Hammadde Yoğunluğu: Zeytinyağı üretim kapasitesi, zeytinyağı üreticisi firmaların sayısı
- 2- Aday Bölgedeki Rekabet: Rakip firmaların kapasitesi, rakip firmaların sayısı
- 3- Aday Bölgedeki Maliyetler: Yeni kurulacak kurutma tesisinin Torbalı'ya olan uzaklığı (ağa yakınlık), yeni kurulacak kurutma tesisinin zeytinyağı fabrikalarına olan uzaklığı (tedarikçiye yakınlık), hammaddenin bölgelere göre değişken fiyatı, vergi teşviki, arazi Yatırım maliyeti, işgücü maliyetleri

Ege Tarımsal Enerji firması için optimum kurutucu tesisi yeri belirlemede göz önünde bulundurulan alternatif bölgeler ise şu şekilde belirlenmiştir: Torbalı, Gömeç, Çine, Milas, Akhisar. Bu bölgeler seçilirken öncelikle Ege Bölgesi civarında olmasına ve Torbalı'da ki fabrikaya çok uzak olmamasına dikkat edilmiştir. Bölgelerin karayolu durumları ve potansiyel zeytincilikleri Tarım ve Köy İşleri, meslek ve ticaret odalarının en son verileri analiz edilerek belirlenmiş olup potansiyel tedarikçilerinin aday bölgeden en fazla 120km<sup>2</sup> alanda bulunuyor olması ile sınırlandırılmıştır.

## 2.4 Teknik Yazın Taraması

AHP yöntemi hakkında bilgi vermek gerekirse öncelikli olarak AHP'nin oluşum sürecine ve bu yöntem üzerine yazılan makaleleri incelemek gerekir.

Analitik Hiyerarşi Proses (AHP), ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılmış ve 1977 de ise Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilmiştir. AHP, karar hiyerarşisinin tanımlanabilmesi durumunda kullanılan, kararı etkileyen faktörler açısından karar noktalarının yüzde dağılımlarını veren bir karar verme ve tahminleme yöntemi olarak açıklanabilir. AHP bir karar hiyerarşisi üzerinde, önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılarak, gerek kararı etkileyen faktörler ve gerekse bu faktörler açısından karar noktalarının önem değerleri açısından, birebir karşılaştırmalara dayanmaktadır. Sonuçta önem farklılıkları, karar noktaları üzerinde yüzde dağılıma dönüşmektedir (Saaty, 2008).



Şekil 2.1 Üç Seviyeli Analitik Hiyerarşi Modeli

Tablo 2.1 Önem Skalası

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler



AHP'de öncelikle ulaşılmak istenen hedef tespit edilmektedir. Daha sonra kriterler ve varsa alt kriterler belirlenir. Hiyerarşinin en alt seviyesinde ise bu kriterleri sağlayan alternatifler yer almaktadır (Aslan, 2005). Bu aşamada karar sürecini etkileyen tüm kriterlerin belirlenebilmesi için bu konuda uzman kişilerin görüşlerine başvurulmaktadır. Bu belirlenen görüşlerin skalaya göre 2 farklı şekilde ortalamaları alınabilir (Dağdeviren, Akay, Kurt, 2004). İkili karşılaştırma matrisleri oluşturularak karar vericiden karşılaştırmaları yapması istenmektedir. Bu karşılaştırmaların tutarlılık testini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmekte, sağlamaması durumunda karar vericiden kararını gözden geçirerek düzeltilmesi istenmektedir. Daha sonra ikili karşılaştırma matrislerinden göreceli ağırlıklar (özvektör değerleri) hesaplanmaktadır (Aslan, 2005). AHP yönteminde özvektör değerleri hesaplanırken; yapılan ikili karşılaştırmalar köşegen üstü hücrelere kaydedilir. Köşegen değerleri 1 dir. Köşegen üstü değerler  $X_{ij}$  ile gösterilirse köşegen altı değerler  $X_{ji} = (1 / X_{ij})$  şeklinde ifade edilir. Karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra, karşılaştırma matrisindeki her sütuna ait değerler bulunduğu sütun değerleri toplamına bölünerek normalize edilmiş matris değerleri elde edilir. Normalize edilmiş matrisdeki satır değerlerinin ortalaması hesaplanarak özvektör değerleri (ortalamalar) bulunmuş olur. Hiyerarşik yapı prensibi ile en alt seviyedeki alternatiflerin en üst seviyedeki genel amaca göre genel ağırlıklar elde edilmektedir.(Timor 2011). AHP kendi içinde ne kadar tutarlı bir sistematığe sahip olsa da sonuçların gerçekçiliği doğal olarak, karar vericinin faktörler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığa bağlıdır. Tutarlılık Oranı (CR) ile, bulunan öncelik vektörünün ve dolayısıyla faktörler arasında yapılan birebir karşılaştırmaların tutarlılığı hesaplanabilmektedir. AHP, CR hesaplamasının özünü, faktör sayısı ile Temel Değer adı verilen ( $\lambda$ ) bir

katsayının karşılaştırılmasına dayandırmaktadır.  $\lambda'$  nin hesaplanması için öncelikle A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris

çarpımından D sütun vektörü elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix}$$

formülünde tanımlandığı gibi, bulunan D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer (E) elde edilir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması ((2.17) formülü) ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri ( $\lambda$ ) verir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (2.16) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (2.17) \quad \lambda \text{ hesaplandıktan sonra Tutarlılık Göstergesi (CI),}$$

(2.18) formülünden yararlanarak hesaplanabilir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (2.18) \quad \text{Son aşamada ise CI, Random Gösterge (RI) olarak}$$

adlandırılan ve Tablo 2.2' de gösterilen standart düzeltme değerine bölünerek ((2.19) formülü) CR elde edilir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.19) \quad \text{Hesaplanan CR değerinin 0.10 dan küçük olması}$$

karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir. CR değerinin 0.10' dan büyük olması ya AHP' deki bir hesaplama hatasını ya da karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığını gösterir (Hamdy A. Taha).

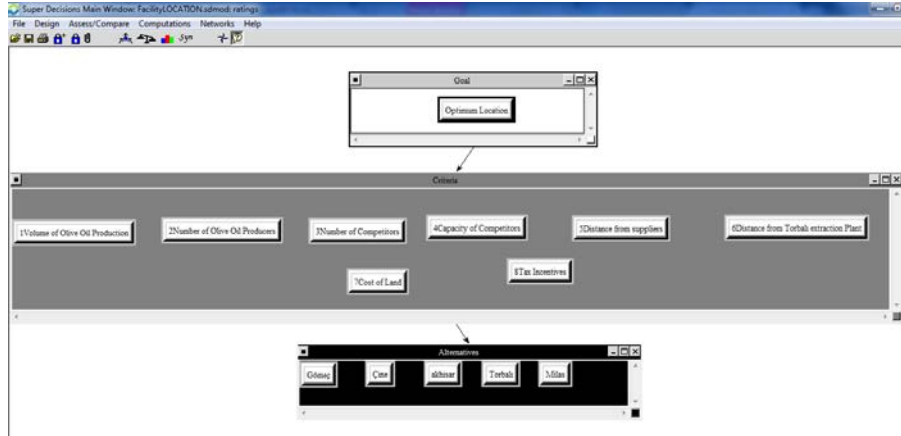
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49

Şekil 2.3 Tutarlılık Testi İçin Saaty'nin Belirlediği Sabit Ağırlık Skalası

#### 2.4.1 Analitik Hiyerarşi Süreci İle Yer Seçimi

AHP, karar vericinin belirlediği her bir kriterin göreceli önemlerini belirlemekte ve daha sonra her bir kritere göre karar alternatifleri arasında seçim yapmaktadır. Hiyerarşik yapıya sahip AHP'de kriterler arasında bağımlılık söz konusu değildir (Özdağoğlu, 2008).

Ege Tarımsal Enerji firması için kurulacak kurutucu tesisinin kuruluş yerini etkileyen kriterler ve alternatiflerin yer aldığı AHP yöntemine göre oluşturulan hiyerarşik yapı Super Decisions paket programı üzerinden Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Çalışmada Kullanılan Analitik Hiyerarşi Süreci Yapısı

Konunun uzmanlarının yapmış olduğu ikili karşılaştırmalar Excel yardımıyla çözülmüş, sağlaması ise Super Decisions programında yapılmıştır.

### 3. Problem Formülasyonu ve Çözüm Yöntemleri

Firmadan alınan ikili karşılaştırma matrisleri aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir.

Tablo3.1 Uzman Görüşü ile belirlenmiş kriterler için karşılaştırma matrisleri

Kriterler			
	Hammadde	Rakipler	Maliyet
Hammadde	1	6	1/3
Rakipler	1/6	1	1/7
Maliyet	3	7	1
Σsütun	4,17	14,00	1,48

Tablo3.2 Alt Kriter Zeytinyağı atıklarına göre karşılaştırma matrisleri

#### 1-Zeytinyağı Atıkları

	Zeytinyağı miktarı	Zeytinyağı fabrikası sayısı
Zeytinyağı miktarı	1	5
Zeytinyağı fabrikası sayısı	1/5	1
Σsütun	1,20	6,00

Tablo3.3 Rekabet Alt Kriterine göre karşılaştırma matrisleri

#### 2-Rekabet

	Rakip firmaların kapasiteleri	Rakip firmaların sayısı
Rakip firmaların kapasiteleri	1	1/5
Rakip firmaların sayısı	5	1
Σsütun	6	1,20

Tablo3.4 Maliyetler Alt Kriterine göre karşılaştırma matrisleri

#### 3-Maliyet

	Tedarikçiy e yakınlık	Torbalı tesisine uzaklık	Arazi yatırım maliyeti	Vergi teşvikle ri	Değişken hammadde fiyatları	İş gücü maliyeti
Tedarikçiy e yakınlık	1	3	7	7	1/3	7
Torbalı tesisine uzaklık	1/3	1	3	3	1/5	3

<b>Arazi yatırım maliyeti</b>	1/7	1/3	1	2	1/9	2
<b>Vergi teşvikleri</b>	1/7	1/3	1/2	1	1/9	2
<b>Değişken hammadde fiyatları</b>	3	5	9	9	1	9
<b>İş gücü maliyeti</b>	1/7	1/3	1/2	1/2	1/9	1
<b>Σsütun</b>	4,76	10,00	21,00	22,50	1,87	24,00

Aynı zamanda her kriter bazında alternatiflerin kıyaslanması Tarım İl Müdürlükleri, Meslek ve Ticaret Odalarından toplanan verilerin analizleri sonucu belirlenmiştir.

Tablo3.5 Zeytinyağı Üretimine göre alternatiflerin birbirleri ile kıyaslanması.

<b>Aday</b>	<b>Zeytinyağı üreticileri (ton)</b>	<b>Cw ( Normalize)</b>
<b>A</b>	<b>50.000</b>	<b>0,357</b>
<b>B</b>	<b>30.000</b>	<b>0,214</b>
<b>C</b>	<b>20.000</b>	<b>0,143</b>
<b>D</b>	<b>20.000</b>	<b>0,143</b>
<b>E</b>	<b>20.000</b>	<b>0,143</b>
<b>Toplam</b>	<b>140.000</b>	

Tablo3.6 Hammade tedarikçileri sayıma göre alternatiflerin birbirleri ile kıyaslanması

<b>Aday</b>	<b>Tedarikçiler</b>	<b>Cw ( Normalize)</b>
<b>A</b>	<b>200</b>	<b>0,357</b>
<b>B</b>	<b>120</b>	<b>0,214</b>
<b>C</b>	<b>80</b>	<b>0,143</b>
<b>D</b>	<b>80</b>	<b>0,143</b>
<b>E</b>	<b>80</b>	<b>0,143</b>
<b>Toplam</b>	<b>560</b>	

Tablo3.7 Rakip firmaların kapasitelerine göre alternatiflerin kıyaslanması

<b>Aday</b>	<b>Rakip firmaların kapasitesi</b>		<b>Cw ( Normalize)</b>
<b>A</b>	<b>170.000</b>	<b>tn</b>	<b>0,415</b>
<b>B</b>	<b>30.000</b>	<b>tn</b>	<b>0,073</b>
<b>C</b>	<b>75.000</b>	<b>tn</b>	<b>0,183</b>
<b>D</b>	<b>60.000</b>	<b>tn</b>	<b>0,146</b>
<b>E</b>	<b>75.000</b>	<b>tn</b>	<b>0,183</b>
<b>Toplam</b>	<b>410.000</b>		

Tablo3.8 Pirina Üreticileri sayısı bakımından alternatiflerin kıyaslanması

Aday	Rakip firmaların sayısı	Cw ( Normalize)
A	4	0,333
B	1	0,083
C	2	0,167
D	3	0,250
E	2	0,167
<b>Toplam</b>	<b>12</b>	

Tablo3.9 Tedarikçi firmalara olan uzaklık bakımından alternatiflerin kıyaslanması

Aday	Tedarikçilerden kurutma tesisine uzaklık		Cw ( Normalize)
A	42,39	km	0,163
B	47,89	km	0,185
C	65,19	km	0,251
D	45	km	0,173
E	58,93	km	0,227
<b>Toplam</b>	<b>259,4</b>		

Tablo3.10 Torbalı'ya olan uzaklık bakımından alternatiflerin kıyaslanması

Aday	Kurutma tesisinden Torbalı'ya uzaklık	Cw ( Normalize)
A	205	0,355
B	126	0,218
C	100	0,173
D	1	0,002
E	146	0,253
<b>Toplam</b>	<b>578</b>	

Tablo3.11 Arazi yatırım maliyeti bakımından alternatiflerin kıyaslanması

Aday	Arazi yatırım maliyeti	Cw ( Normalize)
A	1	0,006
B	50	0,299
C	45	0,269
D	1	0,006
E	70	0,419
<b>Toplam</b>	<b>167</b>	

Tablo3.12 Vergi teşvikleri bakımından alternatiflerin kıyaslanması

Aday	Vergi teşvikleri	Cw ( Normalize)
A	3	0,30
B	3	0,30
C	2	0,20

<b>D</b>	<b>1</b>	<b>0,10</b>
<b>E</b>	<b>1</b>	<b>0,10</b>
<b>Toplam</b>	<b>10</b>	

Tablo3.13 Değişken hammadde fiyatı bakımından alternatiflerin kıyaslanması

<b>Aday</b>	<b>Değişken hammadde fiyatı</b>		<b>Cw ( Normalize)</b>
<b>A</b>	<b>85</b>	<b>TL/tn</b>	<b>0,195</b>
<b>B</b>	<b>100</b>	<b>TL/tn</b>	<b>0,229</b>
<b>C</b>	<b>80</b>	<b>TL/tn</b>	<b>0,184</b>
<b>D</b>	<b>95</b>	<b>TL/tn</b>	<b>0,218</b>
<b>E</b>	<b>75</b>	<b>TL/tn</b>	<b>0,172</b>
<b>Toplam</b>	<b>435</b>		

Tablo3.14 İşgücü maliyeti bakımından alternatiflerin kıyaslanması

<b>Aday</b>	<b>İşgücü maliyeti</b>	<b>Cw ( Normalize)</b>
<b>A</b>	<b>4</b>	<b>0,235</b>
<b>B</b>	<b>3</b>	<b>0,176</b>
<b>C</b>	<b>2</b>	<b>0,118</b>
<b>D</b>	<b>5</b>	<b>0,294</b>
<b>E</b>	<b>3</b>	<b>0,176</b>
<b>Toplam</b>	<b>17</b>	

Aday bölgeler (A), (B), (C), (D), (E) kuruluş yerinde rekabet, hammadde birim fiyatı, işgücü maliyetleri, arazi yatırım maliyeti ve uzaklıkların minimize edilmiş olması beklendiği üzere, bu kriterlerde ters oranlar alınmıştır.

#### 4. Sayısal Sonuçlar

Tablo 4.1 Kriterlerin karşılaştırma puanları

	<b>W1 level</b>	<b>W2 level</b>	<b>Wrel</b>
<b>Üretim</b>	0,298		
Hammadde yoğunluğu		0,833	0,248
Tedarikçi sayısı		0,167	0,050
<b>Rekabet</b>	0,069		
Rakip firma kapasiteleri		0,167	0,012
Pirina üretici sayısı		0,833	0,058
<b>Maliyetler</b>	0,632		
Tedarikçiye yakınlık		0,271	0,171
Torbalı tesisine uzaklık		0,113	0,072
Arazi yatırım maliyeti		0,057	0,036

Vergi teşvikleri		0,046	0,029
Değişken hammadde fiyatları		0,478	0,302
İş gücü maliyeti		0,035	0,022

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi kriterler birbirleriyle kıyaslandığında hesaplanan ağırlıklarına göre önem sıralamasında ilk başta değişken hammadde fiyatları görülmektedir. Daha sonra, hammadde yoğunluğu, tedarikçiye yakınlık, Torbalı tesisine uzaklık olarak devam etmektedir.

Tablo 4.2 Kuruluş yerinin şehirlere göre kriter puanları

	Ağırlık Skorları					$\Sigma$
	$W_A$	$W_B$	$W_C$	$W_D$	$W_E$	
Hammadde yoğunluğu	0,143	0,357	0,214	0,143	0,143	1,000
Tedarikçi sayısı	0,143	0,357	0,214	0,143	0,143	1,000
Rakip firma kapasiteleri	0,202	0,071	0,404	0,162	0,162	1,000
Pirina üretici sayısı	0,129	0,097	0,387	0,194	0,194	1,000
Tedarikçiye yakınlık	0,224	0,238	0,211	0,155	0,171	1,000
Torbalı tesisine uzaklık	0,971	0,005	0,008	0,010	0,007	1,000
Arazi yatırım maliyeti	0,486	0,486	0,010	0,011	0,007	1,000
Vergi teşvikleri	0,100	0,300	0,300	0,200	0,100	1,000
Değişken hammadde fiyatları	0,187	0,210	0,178	0,187	0,237	1,000
İşgücü maliyeti	0,124	0,155	0,206	0,309	0,206	1,000

Tablo 4.3 AHP Çözüm Sonuçlarının Genel Görüntüsü

	$W_{rel}$	$W_i$					$W_{rel}$				
		$W_A$	$W_B$	$W_C$	$W_D$	$W_E$	A	B	C	D	E
Ham madde yoğunluğu	0,248	0,143	0,357	0,214	0,143	0,143	0,035	0,089	0,053	0,035	0,035
Tedarikçi sayısı	0,050	0,143	0,357	0,214	0,143	0,143	0,007	0,018	0,011	0,007	0,007
Rakip firma kapasiteler	0,012	0,202	0,071	0,404	0,162	0,162	0,002	0,001	0,005	0,002	0,002
Pirina üretici sayısı	0,058	0,129	0,097	0,387	0,194	0,194	0,007	0,006	0,022	0,011	0,011



Tedarikçi ye yakınlık	0,171	0,224	0,238	0,211	0,155	0,171	0,038	0,041	0,036	0,027	0,029
Torbalı tesisine uzaklık	0,072	0,971	0,005	0,008	0,010	0,007	0,069	0,000	0,001	0,001	0,000
Arazi yatırım maliyeti	0,036	0,486	0,486	0,010	0,011	0,007	0,018	0,018	0,000	0,000	0,000
Vergi teşvikleri	0,029	0,100	0,300	0,300	0,200	0,100	0,003	0,009	0,009	0,006	0,003
Değişken hammadde fiyatları	0,302	0,187	0,210	0,178	0,187	0,237	0,057	0,063	0,054	0,057	0,072
İş gücü maliyeti	0,022	0,124	0,155	0,206	0,309	0,206	0,003	0,003	0,005	0,007	0,005
Walternatif							<b>0,240</b>	<b>0,247</b>	<b>0,195</b>	<b>0,153</b>	<b>0,165</b>

Tablo 4.3’de görüldüğü gibi, AHP yaklaşımı ile ortaya konulan en iyi kuruluş yeri 0,247 en yüksek çıkan ağırlığıyla Gömeç ilçesidir.

Tablo 4.3’de görüldüğü gibi A ilçesinden sonra sırasıyla B (0,240), C (0,195), D (0,165) ve E (0,153) şeklinde sıralanmaktadır. Gömeç’ten sonra Torbalı ili de düşünülebilir. Çünkü ağırlıkları birbirine çok yakındır. Bu noktada her bir kriterin bu iki şehir için ağırlıklarına ve bu kriterlerin birbirlerine göre önem sırasına bakılır. Akhisar, Milas ve Çine kurululacak olan pirina kurutma fabrikası için ağırlıklarının diğer iki şehre göre daha düşük olduğu görülür.

#### 4.1 Tutarlılık Testi Sonuçları

Tablo 4.4 Maliyet kriterinin normalleştirilmiş alt kriterlerinin kıyaslanması

	Tedarikçiy e Olan Uzaklık	Aday Kurutu’dan Torbalıya olan uzaklık	Arazi Maliyeti	Vergi Teşvikleri	Ham maddenin fiyatı	İşçi Maliyeti
Tedarikçiyeye Olan Uzaklık	0,21	0,30	0,33	0,31	0,18	0,29
Aday Kurutu’dan Torbalıya olan uzaklık	0,07	0,10	0,14	0,13	0,11	0,13
Arazi Maliyeti	0,03	0,03	0,05	0,09	0,06	0,08
Vergi Teşvikleri	0,03	0,03	0,02	0,04	0,06	0,08

Ham maddenin fiyatı	0,63	0,50	0,43	0,40	0,54	0,38
İşçi Maliyeti	0,03	0,03	0,02	0,02	0,06	0,04
Σcolumn	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

$$CI= 0,48 \quad CI/IR (CR)= 0,038 \quad \lambda_{\max} = 6,239$$

Tablo 4.4’de CR değeri hesaplanmıştır. CR değeri (0,038), 0,10’dan küçük olması, değerlendirme tablosunun tutarlı olduğunu da göstermektedir.

Tablo 4.5 Normalleştirilmiş kriterin kıyaslanması

	Normal vektör			Σsətir öncelik vektör(ağırlık)		
	Üretim	Rakip firmalar	maliyet			
üretim	0,24	0,43	0,23	0,894	W1	0,298
Rakip firmalar	0,04	0,07	0,10	0,208	W2	0,069
maliyet	0,72	0,50	0,68	1,897	W3	0,632
Σsütun	1,00	1,00	1,00	3,00		1,00

$$CI= 0,051 \quad CI/IR (CR)= 0,097 \quad \lambda_{\max}= 3,101$$

Tabloda her bir kritere ait CR DEĞERİ 0,10’dan küçük olması, değerlendirme tablosunun tutarlı olduğunu göstermektedir. Tabloda her bir kritere ait CR değeri 0,10’dan küçük olması, değerlendirme tablosunun tutarlı olduğunu da göstermektedir. Ayrıca, her bir ana kriterimizin alt kriterleri de kendi arasında kıyaslanmış normalleştirilip ağırlıklar belirlenmiştir. Ve her biri tutarlılık testinden geçmiştir.

#### 4.2 Duyarlılık Analizi

İkili karşılaştırmaların oluşturulmasında yargıların kişiden kişiye farklılık gösterebileceği veya daha önce belirli bir yargıda bulunan kişilerin zamanla düşüncelerinin farklılaşabileceği varsayımına dayanmaktadır (Gülenç, Bilgin, 2010).

Tablo 4.6 Orjinal sonuç tablosu

	W rel	Wi					Wrel				
		WA	W B	W C	WD	W E	A	B	C	D	E
Orjinal Çözüm							0,24	0,247	0,195	0,153	0,165
Walternatif											

Tablo 4.7 Vergi teşvikini değiştirirsek oluşacak senaryo

**A Senaryo**

Vergi Teşvikleri	0,029	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Walternatif							0,243	0,244	0,192	0,153	0,168

Tablo 4.8 Üretim kapasitesini değiştirirsek oluşacak senaryo

**B Senaryo**

Üretim Hacmi	0,029	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Walternatif							0,243	0,244	0,192	0,153	0,168

4.7 ve 4.8 tablosunda kriterlerin önem değerleri değiştirilerek alternatiflerin sıralanması ve bu değişikliklerin ne gibi sonuçlara neden olduğu izlenmektedir. Örneğin, 4.7’de 5 alternatif şehir için önem değerleri 1 olarak değiştirilmiştir. Bu durumda diğer kriterlerin görece önem değerleri de artma yada azalma şeklinde bir değişiklik gösterecektir. Ayrıca bu değişiklik sonucunda yine Gömeç alternatifinin ardından Torbalı alternatifinin uygulama probleminin çözümü için en uygun alternatif olduğu tablo 4.7’de görülmektedir.

4.8 tablosunda da aynı şekilde üretim kapasitelerinde değişiklik yapılmıştır. Tablodan gördüğümüz üzere ağırlıklarda artma ve azalma şeklinde değişiklikler gözlenmektedir. Fakat yine en iyi çözümün Gömeç alternatifini olduğu ve bu artış-azalışın problemin sonucunu değiştirmede yine en iyi alternatifin Gömeç olduğu görülmektedir.

## 5. Sonuçlar ve Öneriler

Projede çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP kullanılmıştır. Bu yöntem ile fabrikaya gerekli olan ikinci bir kurutma tesisini kurmak için ideal olan bölge seçilmiştir. Bu seçim yapılırken 3 ana kriter (üretim, rakip firmalar,maliyet) göz önüne alınmıştır. Daha sonra her bir kriterin altındaki alt kriterlerde ayrı ayrı göz önünde bulundurulmuştur. Karar modeli oluşturulurken kriterlere ve şehirlere göre verilecek ağırlıklar firma yetkilileri tarafından belirlenmiştir. AHP yöntemine göre kriterler arasında: bölgedeki hammadde yoğunluğu, tedarikçi firmalara olan yakınlık, değişken hammadde fiyatları ve Torbalı tesisine olan uzaklık en önemli kriterler olmuştur.

Kurulacak bölgedeki hammadde üretim miktarı ve tedarikçi firmaların yoğunluğu yer seçimi için önemli bir kriterdir. Bu kriterlerin bölgelerde yoğunlukta olması önemli bir etkidir. Çünkü, hammadde tedarikçileri ne kadar fazla olursa rekabetten dolayı hammadde üretiminde hem artış hemde fiyatlarında düşme olacaktır. Ve kurutma tesisinde ki devamlılık ve sürekli hammadde girişi yani ihtiyaç kolaylıkla giderilmiş olacaktır.

İdeal kuruluş yeri A şehri seçilmiştir. Ancak, ağırlıkların birbirine çok yakın olmasından dolayı B şehri de düşünülebilir. Gömeç'te hazırda kurutma tesisi olduğu için buranın genişletilip kapasitesinin artırılması uygun görülmektedir. Yaptığımız ağırlık belirleme tablolarında da görüldüğü gibi hammadde yoğunluğu, tedarikçi sayısı ve arazi yatırım maliyeti gibi kriterler çok yüksek ağırlık vermektedir. Gömeç'te hali hazırda bir kurutma tesisinin olması ve geniş bir alana ve büyük havuzlara sahip olması nedeniyle Gömeç'te arazi yatırım maliyeti çok düşük olmaktadır. AHP yöntemine göre, A (0,247) en ideal şehir seçilmiştir. C (0,195), D(0,153), E(0,165) en olumsuz alternatif alanlar olarak tespit edilmiştir.

## KAYNAKÇA

- Aslan, N. (2005) “Analitik Network Prosesi”, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2005, s. 5.
- Dağdeviren, M. Akay, D. ve Kurt, M. “İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Uygulaması”, Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 19, No 2, 2004, s.132.
- Gülenç, İ.F Aydın, G. “Yatırım Kararları İçin Bir Model Önerisi: AHP Yöntemi” Temmuz 2010.97-107
- Hamdy, A. Taha, Yöneylem Araştırması, 6. Basım, s.511 (Belirlilik Altında Karar Verme/AnalitikHiyerarşi Yaklaşımı).
- International Olive Oil Council, Olive Oil Production Report of 2013.
- Özdağoğlu, A. (2008) “Tesis Yeri Seçiminde Farklı Bir Yaklaşım: Bulanık Analitik Serim Süreci”, Atatürk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 22 Sayı 1, Ocak 2008.
- Saaty, T.L. (2008) ‘Decision making with the analytic hierarchy process’, Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, pp.83–98.
- Timor, M. (2011) “Analitik Hiyerarşi Prosesi, Türkmen Kitabevi 2011”, s. 46- 49.

*Bu raporda yer alan veriler gizlilik gereği gerçeği yansıtmayıp, gözlem ve kıyaslamalara imkan verecek şekilde değiştirilmiştir.*

## **Tren Sefer Çizelgesi Problemi**

### **İzmir Banliyö Taşımacılığı A.Ş.**

#### **Proje Ekibi**

Can Erdem Arıcan  
Fatma Pınar Aslan  
Doğukan Binbir  
Abdullatif Kurttay  
Hanifi Özmenlikan

Endüstri Mühendisliği  
Yaşar Üniversitesi, İzmir

#### **Şirket Danışmanı**

Ayfer Uslu, İZBAN Trafik İşletme Şefi

#### **Akademik Danışmanlar**

Prof. Dr. Levent Kandiller, Yrd. Doç. Dr. Adalet Öner,  
Araş. Gör. Damla Kızılay  
Yaşar Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

### **ÖZET**

Bu projenin amacı, okuyucuya günlük yolcu kapasitesi, operasyonel hattın uzunluğu, istasyon isimleri, istasyonlar arası uzaklıklar ve istasyonlar arası zaman hakkında bilgi vermektir. Hat operasyonel amaçlar çerçevesinde bölüm A (Aliğa'dan Menemen'e), bölüm B (Menemen'den Cumaovası'na) ve bölüm C (Cumaovası'ndan Tepeköy'e) olmak üzere üç ana bölüme ayrılır. Planlama için zorluk yaratan faktörleri şu şekilde belirlenmiştir. İlk faktör hattın T.C.D.D. ile paylaşılmasıdır. İkincisi ise, Alsancak istasyonunun kompleks yapısıdır. Son faktör ise trenler arasındaki minimum mesafenin korunmasını öngören güvenlik kuralıdır. Projenin amacı bütün kısıtlamalar göz önüne alınarak alternatif olası tren planları yaratmaktır.

**Anahtar Kelimeler:** İzban, Tren Çizelgeleme.

## 1. Genel Sistem Analizi

İZBAN A.Ş yaklaşık 80 kilometrelik hatta yayılan toplu taşıma sistemidir. Şirket servis kalitesini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Operasyonel hattın Tepeköy'e kadar genişletilmesi planlanıyor bu nedenle bu yeni sektörü içeren yeni tren çizelgeleri oluşturmak gerekmektedir. Yönetim hattaki belirli bölümler için sıklık frekanslarını düşürmek istemektedir. İstenilen sıklık sürelerini karşılamak için operasyonel hat üzerinde daha fazla tren gerekmektedir. Bunun için ilk izlenen adım verilerin analizidir. Veri analizi sürecinde bazı semptomlar göz önüne alınmıştır. Bütün bu semptomlar değerlendirilerek Microsoft Office Excel'de el ile yapılan bir simulasyon çalışması ile minimum tren sayısı ve istenilen sıklıkları sağlayan tren çizelgeleri planlanmıştır.

İZBAN, İzmir ve anakent alanında servis veren bir banliyö raylı sistemidir. 19 treni vardır ve yaklaşık 300.000 yolcu taşır. Tren hareketleri otomatik sinyalizasyon sistemiyle sağlanır.



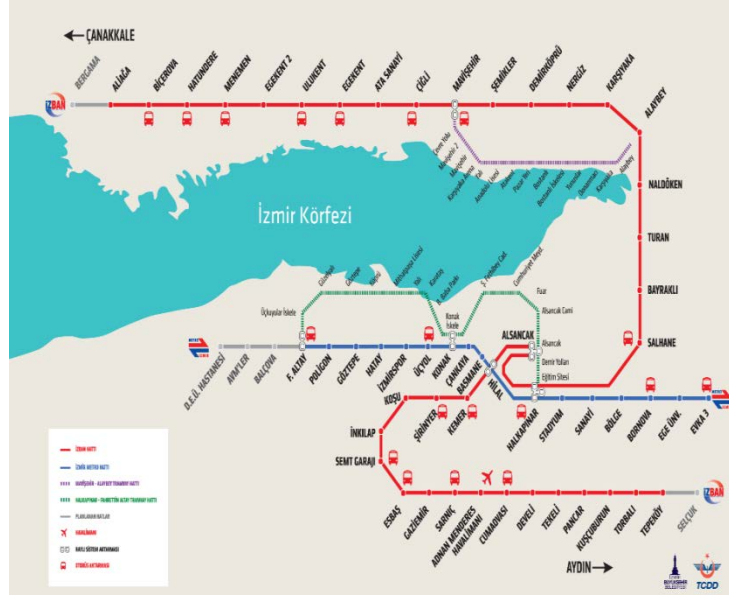
Şekil 1. Operasyonel Hattta Bir İZBAN Treni

İZBAN, T.C.D.D ve İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından yarı yarıya iş ortaklığı ile kurulmuş bir şirkettir. 2007’de kurulmuş ve 2010’da aktivitelere başlamıştır.

Şirket servis kalitesini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Daha öncelerde banliyö hattı T.C.D.D. tarafından işletilmekteydi; fakat servis yeterince etkili ve trenler yeterince sık değildi. Şehirdeki banliyö raylı sistem servisini canlandırmak için T.C.D.D. her iki hattıda işletmeyi durdurdu ve bu süre zarfında 24 mevcut istasyon yeniden inşa edildi ve bu istasyonlara 5 yeni istasyon eklendi. 15 yeni otobüs transfer terminali ESHOT tarafından banliyö raylı sistemine entegre edildi. Toplam 4 yeraltı istasyonu olmak üzere Karşıyaka ve Şirinyer’de iki raylı sistem tüneli inşa edildi.

İZBAN 80 kilometrelik bir hatta sahiptir ve her istasyon engelli yolcular için erişilebilir durumdadır. Şu anda 32 istasyon bulunmaktadır. Hat idari amaçlar çerçevesinde iki ana bölüme ayrılır: Güney Hattı ve Kuzey Hattı. Güney Hattı, T.C.D.D.’nin raylarını kullanan ve İZBAN tarafından işletilen elektrikli banliyö raylı hattıdır. Hat Alsancak’tan harekete başlar, güney banliyöler olan Buca’dan geçerek merkez Gaziemir’den Cumaovası istasyonu aracılığı ile Adnan Menderes Havaalanına servis verir. Güney hattı uç noktalar olan “Halkapınar” ve Cumaovası istasyonları arasında yer alır. Kuzey Hattı, T.C.D.D.’nin raylarını kullanan ve İZBAN tarafından işletilen, “Salhane” ve “Aliağa” istasyonları arasında uzanan banliyö raylı hattıdır. Operasyonel hat Şekil 2’de gösterilmektedir.





Şekil 2. Operasyonel hattın haritası

Hatta toplam 45 tren seti çalışmaktadır. Bunlar 35 İZBAN ve 10 T.C.D.D. olmak üzere ikiye ayrılır. Bununla birlikte şirket 40 tren seti daha satın almıştır ve T.C.D.D. kendi setlerini Ankara'ya göndermeyi planlamaktadır. Böylelikle İZBAN tren seti sayısını 75'e çıkarmış olacaktır.

Bu yeni tren setlerinin desteği ile İZBAN, şirketi amacı olan her istasyondaki sıklıkları 6 dakikaya düşürmeyi hedeflemiştir. Yeni klimalı vagonlar vagon sıcaklığını ortam sıcaklığına göre ayarlayabilmektedir. Trenlerdeki teknolojik ekipmanlar yolcu güvenliğini ve konforunu sağlama almak için tasarlanmıştır. Yeni tren setleri saatte 140 kilometre hıza kadar ulaşabilmektedir ve bir vagona 700 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. Ayrıca her vagona Türkçe-İngilizce bilgilendirme monitörleri ve anons sistemi Şekil 3'te gösterildiği gibidir.



Şekil 3. Tren İçi Görünüm

Şirket yolculara konforlu, ekonomik ve güvenli taşıma sağlamak için servis kalitesini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle yönetim, operasyonel hattın belirli bölümlerinde sıklıkları düşürmek istemektedir. Bu çalışma planlama faktörleri doğrultusunda banliyö raylı hattının simülasyon modeli ve makul tren çizelgeleri içermektedir.

Simülasyon çalışması, veri toplama, girdi analizi, model oluşturma, doğrulama, deneysel tasarım ve çıktı analizi gibi bazı adımlardan oluşur. Bir sonraki evre olan mevcut sistemin analizi, banliyö hattındaki işlemleri tanımlar ve girdileri analiz eder.

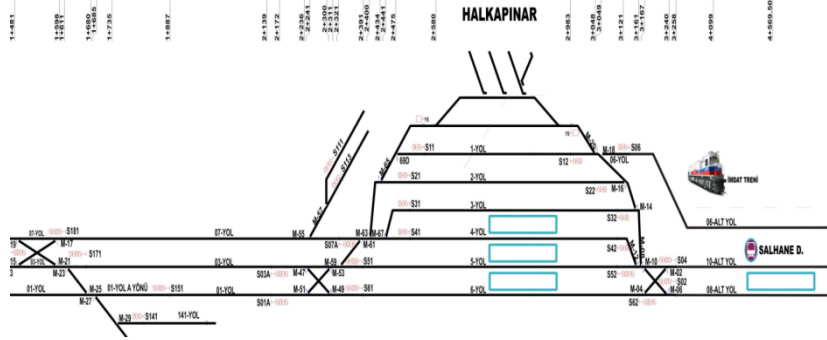
## **2. Problemin Belirlenmesi**

Problemimizi belirlemede yardımcı olacak analizler ve bu analiz sonucu elde edilen gözlemler alt başlıklarda belirtilmiştir.

### **2.1. Mevcut Sistemin Analizi**

Hat, çift yoldan oluşur, bu nedenle trenler eş zamanlı olarak iki yönde de seyahat edebilmektedir. Trenler arasındaki çakışmaları engellemek amacıyla çoğu istasyondaki ray sayısı arttırılmıştır. Trenler

makaslar sayesinde hat değiştirebilmektedir. Halkapınar istasyonunun operasyonel hat çiziminin bir bölümü Şekil 4’te görüldüğü gibidir.



Şekil 4. Halkapınar İstasyonu İçin Operasyonel Hat Çizimi

Bir tren uç noktaya ulaştığı zaman, zıt yöndeki bir sonraki sefer için hazır olması gerekmektedir; fakat tam bir U-dönüşü için yeterli alan bulunmamaktadır. Manevra yaparak hat değiştirmek yerine gelen trenin kuyruğu yeni trenin başı olmalıdır. Böylelikle tren zıt yöndeki bir sonraki sefer için hazır bulunmaktadır. Makinist için bütün bu süreç 6 dakikalık bir süre gerektirmektedir ve bu süre ileriki hesaplamalarda döngü süresine eklenecektir.

Güvenlik kurallarını sınırlar içinde tutmak için, aynı yönde hareket eden sınırlı sayıda tren olmalıdır (Şekil 5).



Şekil 5. İstasyona Varan Bir Tren

Banliyö hattı tren sefer yönlerine göre ikiye ayrılır. Bunlar toplam 32 istasyondan oluşan Güney ve Kuzey hattıdır. Güney hattı 12 istasyondan, Kuzey hattı 20 istasyondan oluşmaktadır. Şirket yakın gelecekte yeni istasyonlar açmayı planlamaktadır.

Sistem her gün saat 6'da çalışmaya başlar. İstasyonlar arası yolculuk süreleri istasyonlar arası mesafeler ayarlandığından beri bilinmektedir. İki uç arası toplam süre 96 dakikadır. İstasyonlar arası yolculuk süreleri aşağıdaki tablolarda görülmektedir.

Tablo 1. Güneyden Kuzeye istasyonlar arası yolculuk süresi (dakika cinsinden)

From	To	Duration
Cumaovası	Adnan Menderes	00:04
Adnan Menderes	Sarnıç	00:03
Sarnıç	Gaziemir	00:02
Gaziemir	Esbaş	00:02
Esbaş	Semt Garajı	00:03
Semt Garajı	İnkilap	00:02
İnkilap	Koşu	00:02
Koşu	Şirinyer	00:02
Şirinyer	Kemer	00:04
Kemer	Hilal	00:04
Hilal	Alsancak	00:05
Alsancak	Halkapınar	00:06
Halkapınar	Salhane	00:03
Salhane	Bayraklı	00:02
Bayraklı	Turan	00:02
Turna	Naldöken	00:02

Tablo 2. Güneyden Kuzeye istasyonlar arası yolculuk süresi (dakika cinsinden)

From	To	Duration
Naldöken	Alaybey	00:01
Alaybey	Karşıyaka	00:01
Karşıyaka	Nergiz	00:02
Nergiz	Demirköprü	00:02
Demirköprü	Şemikler	00:02
Şemikler	Mavişehir	00:02
Mavişehir	Çiğli	00:03
Çiğli	Atasanayi	00:02
Atasanayi	Egekent 1	00:02
Egekent 1	Ulukent	00:04
Ulukent	Egekent 2	00:02
Egekent 2	Menemen	00:05
Menemen	Hatundere	00:09
Hatundere	Biçerova	00:06
Biçerova	Aliağa	00:06

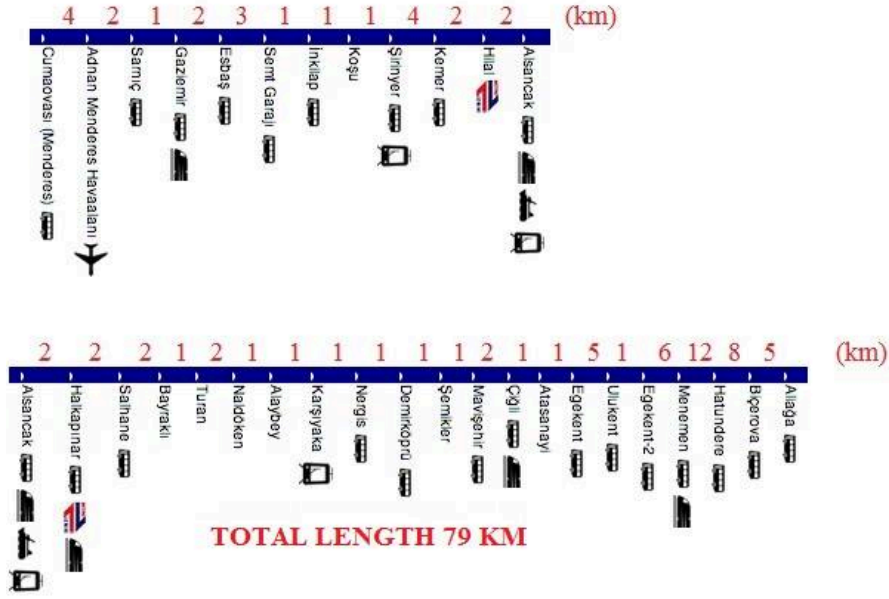
Tablo 3. Kuzeyden Güneye istasyonlar arası yolculuk süresi (dakika cinsi)

From	To	Duration
Aliağa	Biçerova	00:06
Biçerova	Hatundere	00:06
Hatundere	Menemen	00:09
Menemen	Egekent-2	00:05
Egekent-2	Ulukent	00:02
Ulukent	Egekent-1	00:04
Egekent-1	Ata Sanayi	00:02
Ata Sanayi	Çiğli	00:02
Çiğli	Mavişehir	00:03
Mavişehir	Şemikler	00:02
Şemikler	Demirköprü	00:02
Demirköprü	Nergiz	00:02
Nergiz	Karşıyaka	00:02
Karşıyaka	Alaybey	00:01
Alaybey	Naldöken	00:01
Naldöken	Turan	00:02

Tablo 4. Kuzeyden Güneye istasyonlar arası yolculuk süresi (dakika cinsi)

From	To	Duration
Turan	Bayraklı	00:02
Bayraklı	Salhane	00:02
Salhane	Halkapınar	00:03
Halkapınar	Alsancak	00:05
Alsancak	Hilal	00:03
Hilal	Kemer	00:03
Kemer	Şirinyer	00:04
Şirinyer	Koşu	00:02
Koşu	İnkılap	00:02
İnkılap	SemtGarajı	00:02
SemtGarajı	Esbaş	00:02
Esbaş	Gaziemir	00:02
Gaziemir	Sarnıç	00:02
Sarnıç	Adnan Menderes	00:02
Adnan Menderes	Cumaovası	00:04

Operasyonel hat uzunluğu 79 kilometredir. Güney hattı 23, Kuzey hattı ise 56 kilometredir. İstasyonlar arası mesafeler Şekil 6'da görüldüğü gibidir.



Şekil 6. Toplam Hat Uzunluğu ve İstasyonlar Arası Mesafeler

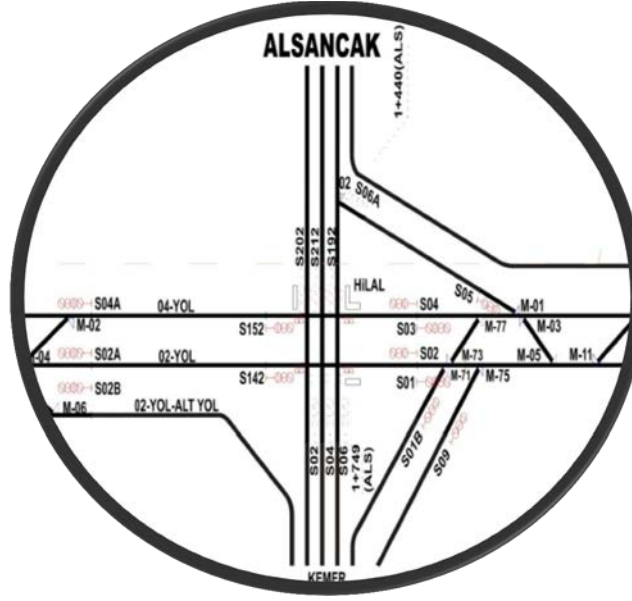
## 2.2. Sistemde Gözlemlenen Semptomlar

Operasyonel politikalarının planlanmasının belirlenmesinde dikkate alınacak planlama faktörleri bulunmaktadır.

İlk olarak, hat T.C.D.D trenleri ile paylaşılmaktadır ve blokaj süreleri plansız olarak ortaya çıkmaktadır.

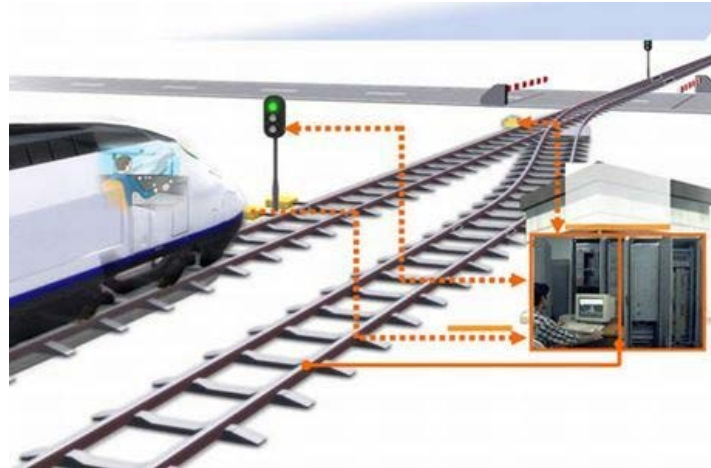
İkincil olarak, ana istasyonlardan biri olan Alsancak istasyonu kompleks bir yapıya sahiptir ve trenlerin buradaki beklemeleri ekstra bekleme sürelerine yol açmaktadır (Şekil 7).





Şekil 7. Alsancak İstasyonu

Üçüncül olarak, iki tren arasındaki minimum mesafe belirli ölçülerde güvenlik kurallarına uyacak şekilde korunmalıdır (Şekil 8).



Şekil 8. Güvenlik Kuralları



### **2.3. Problemin Tanımı**

Şirket hedeflenen sıklık süresini (6 dakika) elde etmek için yeni tren setleri satın almıştır ve toplam olarak hat üzerinde aktif olarak 32 tren gerekmektedir. Mevcut operasyonel politkada hat üzerinde 19 tren bulunmaktadır ve şirket bu operasyonel politika için belirlenmiş kısıtlarla bile optimal bir tren planlaması yapmakta güçlük çekmektedir. Buna rağmen operasyonel hat üzerinde 32 trenle nasıl yeni bir tren planlaması yapılabilir sorusunun cevabı çoklu operasyonel politikalarıdır. Alternatif politikaların karşılaştırılması yapılırken dikkate alınması gereken iki planlama faktörü vardır. İlk olarak uç istasyonlar arasındaki bir yolcunun toplam seyahat süresi ve ikinci olarak her alternatif politikada kullanılan toplam tren sayısı. Bu iki değer düşük olması makul operasyonel politikanın kararlaştırılmasını belirler.

### **2.4. Teknik Yazın Taraması**

Banliyö raylı sistemleri ile ilgili yapılan belirli çalışmalar bu bölümde taranmıştır. Bu çalışmaların bazıları sistemin analizi ile ilgili olup, bazıları ise sistemin performans kriterlerine bağlı olarak sistemin optimizasyonu ve geliştirilmesi ile ilintilidir. Wang et al (2014), banliyö raylı transit sistemler için yolcuların toplam seyahat süresini ve trenlerin enerji tüketimini minimize eden bir tren planlama problemi geliştirmiştir. Bu model aktif olarak kullanılmaktadır ve trenlerin istasyon ve uç noktalardaki operasyonlarını da içermektedir. Bu tren planlamasını hayata geçirmek için bağımsız yolcu talebine bağlı başlangıç yönü göz önünde bulundurularak yolcunun seyahat süresi ve trenlerin enerji tüketimi indirgenmiştir. Bu tren planlama problemini çözebilmek için optimizasyon yaklaşımı önerilmektedir daha çok doğrusal olmayan karışık-tamsayı problemi olarak da görülebilir. Aynı seviyedeki sistemin etkili performansı ile mevcut sistemin performansı karşılaştırılır.

Bu karşılaştırılma gerçek verileri içeren bir vaka çalışması olarak Beijin Yizhuang (2010) 'dan esinlenilmiştir. Simülasyon sonuçları etkili sistemin yaklaşımı ve mevcut sistemin aynı seviyedeki yaklaşımının benzer performanslara sahip olduğunu göstermektedir fakat mevcut sistem yaklaşımının, etkili sistem yaklaşımından bir seviye daha düşük olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan ise, bu planlama problemi trenlerin enerji tüketimlerini de göz önünde bulundurduğu için bizim projemizle farklılıklar göstermektedir fakat yolcuların toplam seyahat süresini minimize eden çalışması projemiz için yararlı olmuştur. Tzieropoulos et al. (2014) tarafından yapılan tren optimizasyonu ve düzenlemesi, metro hatlarının enerji kullanımı, bir uyarlanabilir – uygun – kontrol algoritmasıdır. Otomatik tren düzenleme sistemi; servis kalitesi, taşıma kapasitesi ve metro hattının enerji tüketimi başlıklarını içermektedir. Bu algoritmanın amacı tren planlamasını optimize etmek ve sıklıkları enerji tüketimine oranla minimize etmektir.

### **3. Problemin Formülasyonu ve Çözüm Yöntemi**

Tren çizelgele planları (alternatif politikalar), deterministik simülasyon modeli kullanılarak oluşturuldu. Tablo 5'te farklı alternatif politikalar için duraklar arasındaki seyahat süreleri gösterilmiştir. Trenlerin bekleme süreleri ve çakışma durumları dikkate alınarak tablolar oluşturulmuştur.

Tablo 5. Alternatif Politikalar

	Tepeköy	Torbali	Kuşçuburun	Pancar	Tekeli	Develi	...		Tepeköy	Torbali	Kuşçuburun	Pancar	Tekeli	Develi	...		Tepeköy	Torbali	Kuşçuburun	Pancar	Tekeli	Develi	...
Tepeköy	0	9	13	17	21	25		Tepeköy	0	14	18	22	26	30		Tepeköy	0	13	17	21	25	29	
Torbali	9	0	9	13	17	21		Torbali	14	0	14	18	22	26		Torbali	13	0	13	17	21	25	
Kuşçuburun	13	9	0	9	13	17		Kuşçuburun	18	14	0	14	18	22		Kuşçuburun	17	13	0	13	17	21	
Pancar	17	13	9	0	9	13		Pancar	22	18	14	0	14	18		Pancar	21	17	13	0	13	17	
Tekeli	21	17	13	9	0	9		Tekeli	26	22	18	14	0	14		Tekeli	25	21	17	13	0	13	
Develi	25	21	17	13	9	0		Develi	30	26	22	18	14	0		Develi	29	25	21	17	13	0	
C.Ovası	29	25	21	17	13	9		C.Ovası	34	30	26	22	18	14		C.Ovası	33	29	25	21	17	13	
A.Mendere	33	29	25	21	17	13		A.Mendere	41	37	33	29	25	21		A.Mendere	37	33	29	25	21	17	
Sarıç	36	32	28	24	20	16		Sarıç	44	40	36	32	28	24		Sarıç	40	36	32	28	24	20	
G.Emir	38	34	30	26	22	18		G.Emir	46	42	38	34	30	26		G.Emir	42	38	34	30	26	22	
Eşbaşı	40	36	32	28	24	20		Eşbaşı	48	44	40	36	32	28		Eşbaşı	44	40	36	32	28	24	
S.Garajı	43	39	35	31	27	23		S.Garajı	51	47	43	39	35	31		S.Garajı	47	43	39	35	31	27	
...	Mevcut Politika						...	Alternatif Politika 1						...	Alternatif Politika 2								
Tepeköy	0	10	14	18	22	26		Tepeköy	0	11	15	19	23	27		Tepeköy	0	12	16	20	24	28	
Torbali	10	0	10	14	18	22		Torbali	11	0	11	15	19	23		Torbali	12	0	12	16	20	24	
Kuşçuburun	14	10	0	10	14	18		Kuşçuburun	15	11	0	11	15	19		Kuşçuburun	16	12	0	12	16	20	
Pancar	18	14	10	0	10	14		Pancar	19	15	11	0	11	15		Pancar	20	16	12	0	12	16	
Tekeli	22	18	14	10	0	10		Tekeli	23	19	15	11	0	11		Tekeli	24	20	16	12	0	12	
Develi	26	22	18	14	10	0		Develi	27	23	19	15	11	0		Develi	28	24	20	16	12	0	
C.Ovası	30	26	22	18	14	10		C.Ovası	31	27	23	19	15	11		C.Ovası	32	28	24	20	16	12	
A.Mendere	34	30	26	22	18	14		A.Mendere	35	31	27	23	19	15		A.Mendere	36	32	28	24	20	16	
Sarıç	37	33	29	25	21	17		Sarıç	38	34	30	26	22	18		Sarıç	39	35	31	27	23	19	
G.Emir	39	35	31	27	23	19		G.Emir	40	36	32	28	24	20		G.Emir	41	37	33	29	25	21	
Eşbaşı	41	37	33	29	25	21		Eşbaşı	42	38	34	30	26	22		Eşbaşı	43	39	35	31	27	23	
S.Garajı	44	40	36	32	28	24		S.Garajı	45	41	37	33	29	25		S.Garajı	46	42	38	34	30	26	
...	Alternatif Politika 3.1						...	Alternatif Politika 3.2						...	Alternatif Politika 3.3								

Tablo 6. Karşılaştırma Tablosu

Politika	Toplam Tren Sayısı	Sıklık	
		Çok Yoğun Bölüm (Menemen-Cumaovası)	Az Yoğun Bölüm (Aliğa – Menemen)
Mevcut	19	10	24
Alternatif Politika 1	31	6	20
Alternatif Politika 2	31	6	18
Alternatif Politika 3	35	6	12

Tablo 6’da mevcut politika ile oluşturulan alternatif politikalar toplam tren sayısı ve sıklık değerleri olarak karşılaştırılmıştır. Projemizde tren bazlı enerji tüketimini göz önünde bulundurmadığımız için çok yoğun bölümlerde yakalanan sıklıklar şirketin istenilen servis kalitesine ulaşmasını sağlamaktadır.

İstasyon (a)’dan (b)’ye giden yolcunun seyahat süresi ortalama sistem süresi (OSS) olarak belirlenir. OSS’yi hesabı yapılırken göz

önüne alınması gereken 2 değer bulunmaktadır; trenin (a) istasyonundaki bekleme süresi (BS), istasyon (a)'dan istasyon (b)'ye seyahat süresi(SS). Sonuç olarak;  $OSS = BS + SS$  olarak bulunur.

Tablo 7. Mevcut Operasyonel Politika

	Dwell Time	Tepeliköy	Torbali	Kuşçuburun	Pancar	Tekeli	Devell
Tepeliköy	00:07:00	00:00:00	00:11:00	00:15:00	00:19:00	00:23:00	00:27:00
Torbali	00:07:00		00:00:00	00:11:00	00:15:00	00:19:00	00:23:00
Kuşçuburun	00:07:00			00:00:00	00:11:00	00:15:00	00:19:00
Pancar	00:07:00				00:00:00	00:11:00	00:15:00
Tekeli	00:07:00					00:00:00	00:11:00
Devell	00:07:00						00:00:00
C. Ovası	00:03:30						
A.M. Endere	00:03:30						
Sarıncı	00:03:30						
G.Emir	00:03:30						
Esbası	00:03:30						
S.Garajı	00:03:30						

Tablo 7’de verilen örnekte “Kuşçuburun”dan “Tekeli”ye giden bir yolcu için sistem zamanı  $BS = 5$  dk. ,  $SS = 15$  dk. ,  $OSS = 5 + 15 = 20$  dk. olarak bulunmaktadır.

Ortalama bütün yolcular bir sistem süresi bulunmak istenildiğinde, bir hafta içinde hatta yolculuk eden bütün yolcular için ortalama yolcu sayısına ihtiyacımız vardır. Farklı duraklar arasında seyahat eden yolcu sayılarını, ESHOT’da yapılan tahmini bir araştırmadan Tablo 8’de gösterildiği gibi elde ettik.

Tablo 8. ESHOT Yolcu Bilgileri

	Tepeköy	Torbali	Kuşçuburun	Pancar	Tekeli	Develi	...		Tepeköy	Torbali	Kuşçuburun	Pancar	Tekeli	Develi	...
Tepeköy	0	12	16	20	24	28		Tepeköy	0	3065	1582	916	912	373	
Torbali	12	0	12	16	20	24		Torbali	365	0	208	647	209	49	
Kuşçuburun	16	12	0	12	16	20		Kuşçuburun	770	985	0	197	225	86	
Pancar	20	16	12	0	12	16		Pancar	3668	1358	1899	0	1564	1466	
Tekeli	24	20	16	12	0	12		Tekeli	759	1590	299	234	0	253	
Develi	28	24	20	16	12	0		Develi	192	980	113	85	215	0	
C.Ovası	32	28	24	20	16	12		C.Ovası	95	94	34	29	73	39	
A.Menderes	36	32	28	24	20	16		A.Menderes	146	177	206	88	123	58	
Sarıç	39	35	31	27	23	19		Sarıç	165	225	54	53	187	74	
G.Emir	41	37	33	29	25	21		G.Emir	102	151	45	24	135	77	
Eşbaş	43	39	35	31	27	23		Eşbaş	115	209	62	46	171	47	
S.Garajı	46	42	38	34	30	26		S.Garajı	115	111	46	20	103	73	
...	Alternatif Politika 3.3 Kümülatif Zaman							...	Alternatif Politika 3.3 Yolcu Sayısı						

$$OSS = \frac{(Sistem Süresi) \times (Yolcu Sayısı)}{Toplam Yolcu Sayısı}$$

ESHOT'dan aldığımız veriler dahilinde ortalama sistem süresi yukarıdaki denklemde gözüktüğü gibi hesaplanmaktadır ve herhangi bir alternatif politika için ağırlıklı değerler bulmamızı sağlamıştır.

#### 4. Sayısal Sonuçlar

Herhangi bir istasyondan herhangi bir istasyona giden yolcu sayısı ile herhangi bir istasyondan herhangi bir istasyona olan yolculuk süresini çarpıp toplam yolcu adedine bölerek yaptığımız işlemle kişi başına düşen ortalama yolculuk süresini bulduk. Bunları mevcut durumla karşılaştırarak hangi politikaların mevcut durumdan daha iyi ya da daha kötü olduğunu görmüş olduk. Elde ettiğimiz sonuçlar hangi politikanın bizim için daha kullanılabilir olduğunu gösterdi. Bu hesaplamaların sayısal çıktılarında aşağıdaki tablolarda görebiliriz.

Tablo 9. Sıralanmış Ağırlıklı Politika Tablosu

POLİTİKA	AĞIRLIK
Ağırlıklı Alternatif Politika 3.1	33,22190422
Ağırlıklı Alternatif Politika 2	33,31329381
Ağırlıklı Alternatif Politika 3.2	33,49540257
Ağırlıklı Mevcut Politika	34,32598595
Ağırlıklı Alternatif Politika 3.3	34,66022028
Ağırlıklı Alternatif Politika 1	34,83408053

Tablo 10. Ağırlıklı Karşılaştırma Tablo

Politikalar	Bir yolcu için Ortalama Yolculuk Süresi (A)	Bir yolcu için Ortalama Bekleme Süresi (B)	Bir yolcu için Ortalama Sistem Süresi (A+B)
Alternatif Politika 3	30,68	2,53	33,22
Alternatif Politika 2	30,68	2,63	33,31
Alternatif Politika 3.1	30,68	2,81	33,49
Mevcut Politika	30,68	3,64	34,32
Alternatif Politika 3.2	30,68	3,97	34,66
Alternatif Politika 1	30,68	4,15	34,83

## 5. Sonuçlar ve Öneriler

Sonuç olarak tren planlaması mevcut banliyö raylı hat sistemi için birinci bölümde yapılmıştır. Fakat hattın Tepeköy istasyonuna

uzatılması planlanmaktadır ve bunun için yeni bir tren planlama çizelgesi oluşturulmalıdır. Semptomlar şu şekilde belirlenmiştir; hattın T.C.D.D ile paylaşılması, Alsancak istasyonunun kompleks bir yapıya sahip olması ve güvenlik kuralları ve son olarak problem tanımlanmıştır. Şirket servis kalitesini sıklık sürelerini istenilen düzeye indereyerek sağlamaya çalışmaktadır fakat bu durum operasyonel hat üzerinde daha çok trene ihtiyaç duyulmasına yol açmaktadır. Bu bölümde oluşturulan farklı politikaları VBA kullanılarak çizelgeleyecek bir karar destek mekanizması yapılmıştır.

#### **KAYNAKÇA**

- Wang, Y., De Schutter, B., and van den Boom T., 2014. “Origin-destination dependant train scheduling problem with stop-skipping for urban rail transit systems”, Proceedings of the 93rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Brebbia C.A., Tomii N., Tzieropoulos P., Mera J.M. (2014). “Computers in Railways XIV”, WIT Press, Southampton, UK.

*Bu raporda yer alan veriler gizlilik gereği gerçeği yansıtmayıp, gözlem ve kıyaslamalara imkan verecek şekilde değiştirilmiştir.*

## **Hindi Yetiştirme Planlama Sistemi**

### **Çamlı Yem A.Ş**

#### **Proje Ekibi**

Yiğit Aküt  
Hasan Ozan Elbir  
Kerem Gözükara

Endüstri Mühendisliği  
Yaşar Üniversitesi, İzmir

#### **Şirket Danışmanları**

Gündüz İlsever, Murat Kepenek

#### **Akademik Danışman**

Prof. Dr. Levent Kandiller, Prof. Dr. Sencer Yeralan,  
Araş. Gör. Demir Zümrüt  
Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yaşar Üniversitesi, İzmir

### **ÖZET**

Proje kapsamında hindilerin çiftliklere dağıtım problemi çalışılmış ve belirleyebilen bir karar destek sistemi tasarlanmıştır. Çiftlikler farklı kapasitelerde, farklı cinsteki hindilerin karışmadığı yetiştiricilik kurgusu üzerine çalışmakta olup ele alınan problem klasik kapasiteli üretim planlama probleminden farklıdır. Bu bilgiler dikkate alınarak problemin matematiksel modeli kurulmuş ve en uygun sonuç elde etme adına farklı küçük senaryolarla genel çözücü yazılımlarında çözümü denenmiştir. Daha sonra problemi gerçek hayat verileriyle çalıştırılıp duyarlılık analizi yapılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Üretim Planlama, Matematiksel Model, Kanatlı Yetiştiriciliği



## 1. Genel Sistem Analizi

Çamlı Yem Besicilik 1983 yılında İzmir’de kurulmuştur. Yaşar Grubu’na ait şirketimiz yem üretimi, hindi ve büyükbaş besiciliği, bitki besleme, kültür balığı üretimi ve işlenmiş deniz ürünleri üretimi gibi alanlarda faaliyet göstermektedir. Projemizde dağıtımıyla ilgilendiğimiz ve şirketin ana üretim süreçlerinden biri olan yem üretimi, İzmir’in Pınarbaşı ilçesinde bulunan Çamlı Yem Besicilik yem imalat tesisinde gerçekleştirilmektedir. Bu yem fabrikasında, büyükbaş, küçükbaş, kanatlı yetiştiriciliğinin yanı sıra balık ve özel yemlerin üretimi de yapılmaktadır.

Şirket kalite politikası doğrultusunda, öncelikle fabrikaya gelen ham maddeleri içerisinden örnekler alarak test etmektedir. Yapılan testler arasında ön-fiziksel kontrol, toksin analizi, nem oranı analizi, protein, yağ, nişasta, soya ve fosfor analizleri bulunmaktadır. Daha sonra bu testlerden geçen ham maddeler silolarda depolanmak üzere üretim bölümüne gönderilmektedir. Üretim sürecinde ise yem rasyonu otomatik olarak makinede belirlenmekte ve ham maddeler bu rasyona göre üretim silolarında homojen olarak dört dakika süreyle karıştırılmaktadır. Daha sonra bu hazır karışım pelet makinasında buharla pişirilip şekillendirilerek yem haline getirilmektedir. Ardından bir kez daha kalite kontrolden geçen yemler çalışanlar tarafından son ürün silolarına yüklenmekte ve satışa hazır hale getirilmektedir.

Projemizde odaklandığımız bir diğer süreç olan hindi üretimi ise şirketin Seferihisar’daki kendi tesislerinde ve İzmir çevresindeki sözleşmeli hindi çiftliklerinde gerçekleştirilmektedir. Şirketin sözleşmeli olduğu 55 çiftliğin her biri farklı kapasitelere sahiptir ve her birinde farklı yaş dönemlerinde hindiler yetiştirilebilmektedir. Bu çiftliklerde yetiştirilen hindiler daha sonra Pınar ET’in Kemalpaşa’daki tesisinde işlenerek “Çamlı Çiftliği” markası altında satışa sunulmaktadır. Şirket,

siparişe göre hindi üretimi yapmaktadır. Üretim Planlama Departmanı'na, Pınar Et 'den 6 ayda bir karkas tonajı olarak sipariş gelmektedir ve bu tonajdan canlı ağırlığı hesaplanmaktadır. Bu canlı ağırlığına göre canlı hindi sayısı, civciv sayısı ve son olarak da sipariş edilmesi gereken yumurta sayısı hesaplanmaktadır.

Çamlı, hindi yumurtalarını Kanada'dan ithal etmektedir ve bu yumurtaların kuluçka sürecini Seferihisar'daki kuluçkahanesinde gerçekleştirmektedir. Yumurtalar gelişim için 25 gün kuluçka makinelerinde, yumurtadan çıkma işlemi için ise 3 gün çıkım makinelerinde kalmaktadır. Yumurtadan çıkan civcivler cinsiyet ayrımları yapıldıktan sonra cinsiyetlerine ve yetiştirme dönemlerine göre yetiştirme çiftliklerine gönderilmektedir. Dişiler için 105, erkekler için ise 120 gün olan yetiştirme sürecinden sonra kesime hazır hale gelen hindiler çiftliklerden toplanarak Pınar ET'e gönderilmektedir. Bu yetiştirme sürecinde hindilerin büyüme dönemine bağlı olarak 4 farklı çeşit yem kullanılmaktadır. Bütün bu süreçte veterinerler çiftlikleri düzenli olarak ziyaret ederek, hindiler ve yem durumları hakkında şirkete bilgi sağlamaktadır. Edinilen bu bilgiye göre çiftliklere Çamlı Yem Fabrikası'ndan düzenli olarak yem sağlanmaktadır.

## **2. Problemin Belirlenmesi**

Bu bölümde, mevcut sistem analizi çerçevesinde şirketteki talep tahmini akışı anlatılmaktadır. Buna ek olarak gözlemlenen veriler ve bulgular ışığında problem tanımı yapılmış, sistemin performans ölçütü belirlenmiş ve projenin amaçları belirtilmiştir.

### **2.1 Mevcut Sistemin Analizi**

Bu projede, hindi üretimi sürecine odaklanılarak hindilerin şirketin sözleşmeli olduğu çiftliklere dağıtımını üzerine çalışılmıştır. Hindi dağıtımını Çamlı Yem Fabrikası'ndan İzmir ve çevresindeki

çiftliklere (Pazar günü hariç her gün 06.00-18.00 saatleri arasında gerçekleştirilmektedir.

Hindi dağıtımını Planlama Departmanı tarafından planlanmaktadır. Pınar Etten gelen hindi siparişleri doğrultusunda, Üretim Planlama Departmanı hindi dağıtım planlarını hazırlamaktadır. Ancak hindinin canlı ürün olmasından, hava koşullarından ve hastalık gibi faktörlerden kaynaklanan acil siparişlerden dolayı bazen planına uyulamamaktadır. Çoğu zaman hindiler planlanandan az ya da çok yetiştirmek için gönderilebilmektedir.

Mevcut sistemde hindi dağıtımını Planlama Departmanı'ndaki bir çalışan tarafından, elle aylık talepleri karşılamak üzere mevcut kısıtları çok fazla dikkate almadan elle belirlenmektedir. Var olan sistemde plansızlıktan dolayı, çözüm sonuçlarında ek masraf ortaya çıkmaktadır.

Hindi dağıtımında, haftalık 12 bin tane civciv kuluçkadan gelmektedir. Kesim sınırı ise günlük 4 bin hayvanla belirlenmiştir. Var olan sistemde gelen hayvanlar planlama yapılmaya fırsat vermediği için boş olan çiftliklere rastgele gönderilmektedir. Ancak bizim kurduğumuz planlama sisteminde maliyeti en aza indirerek ve çiftliklerin kapasitelerini maksimum kullanarak en uygun sonuca ulaşmaktayız.

## **2.2 Sistemde Gözlemlenen Semptomlar**

Pınar etten aldığımız aylık gerçekleşen ve planlanan sipariş tabloları kıyaslandığında, Planlama Departmanı'yla ve diğer çalışanlarla yaptığımız görüşmeler doğrultusunda şirketin var olan planlama sisteminde bulduğumuz önemli problem belirtilerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Fazla maliyet

- Çiftliklerin düşük kapasite kullanılmaları
- Taleplerin zamanında karşılanamaması eksik ya da fazla olması
- Dengesiz yetiştirme maliyetlerinin yüksek olması

Bütün bu semptomlar şirket için fazladan maliyete sebep olmaktadır. Bu belirtilerin semptomları olarak; acil siparişlerin varlığı, kesimhane kapasite kısıtına uyulmaması sayılabilir. Bu yüzden elle bir planlama uygulanamamaktadır.

### **2.3 Problemin Tanımı**

Şirket siparişlerin ve yılbaşı taleplerinin maliyet en düşük tutularak önceden hazırlanmış bir sistem ile çözmek istemektedir. Bu sistemle karar vericiler çiftliklerde kaç adet civciv yetiştirmesi gerektiğini ve ne zaman kesime gönderilip sipariş zamanına denk düşmesini hatta fire olduğu durumlarda zararını öğrenmek istemektedirler.

Bizim sorunumuz Pınar Etin talep etiği hindi etini ve yılbaşı dönemdeki talepleri karşılayabilecek bir üretim planlama sistemi geliştirmek kullanılacak çiftlikleri belirleyip yerleştirecek civciv sayısını hesaplama ve toplam maliyeti minimum çalışmaktır.

Bizim amacımız bir karar destek sistemi yardımı ile Çamlı Yemin hindi yetiştiriciliğinde etkili ve belirleyici kararlar alabilmesini sağlamaktır

- Kaç tane civciv? Ne zaman kuluçkahaneden istenecek?
- Kaç tane civciv? Ne zaman hangi çiftliklere gönderilecek?
- Gönderilecek civcivlerin cinsleri ne olacak?(erkek, dişi)
- Ne zaman ne kadar Canlı hindi elimizde olacak?

Kesim adedi, ürün ağacı, siparişler kurallarına göre, gelen siparişlerin bütün parça dengesi dâhilinde uygun değer üretim planlamasını yapıp tüm manuel operasyon ve hataları bertaraf ederek, üretim planlama analizleri oluşturup ve sipariş eğilim raporları ile siparişlerin artış ve düşüş analizlerini takip edip ve bu sayede Çamlı Yemin kuluçkadan kaç tane civcivi ne zaman talep etmesi gerektiğini önceden belirlemek temel odağımız olmuştur.

Yerleşim düzeni yem tüketimini, canlı ağırlık artışı, ölümleri, kesimden sonraki et kalitesini kısaca karlılığı büyük ölçüde etkilemektedir. Yerleşim sıklığı sürünün tipi, yaşı, cinsiyeti ve ortamın sıcaklığıyla ilgilidir. Yoğunluğun artması halinde yetersiz beslenme, yemden yararlanamama, sıkışmalara bağlı yaralanma ve ölümler, kanibalizm denilen tüy çekme ve birbirlerinin arka kısımlarını gagalama görülür. Mera besisinde bu tür olumsuzluklar daha az görülmektedir. Her m2 alana kaç adet palaz / hindi koyulabileceği Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Yerleşim Kapasitesi

Yaş (hafta)	1	2	4-8	8-12	12-16	16-Üstü
Sayı (Adet/M2)	50	25	10	5	4	3
Erkek – Dişi	0-6. Hafta		9-10 Adet/M2			
Dişi	7-18. Hafta		4,8 Adet/M2			
Erkek	7-24. Hafta		2,8 Adet/M2			
Karışık	0-6. Hafta		9-10 Adet/M2			
Karışık	7-24. Hafta		4,4 Adet/M2			

İstenen hindilerin sayısı talebe zaman içinde değiştirilebilmektedir. Hâlbuki çoğu çiftlikte kapasitesi yeterince esnek değildir. Aylık veya yıllık temel dönemlerde değişen talebin, üretim kapasitesinin değiştirilmesi ile karşılanması mümkün fakat oldukça

masraflıdır. Asıl önemli olan gerçek bir üretim probleminde Aggregate Production Planning Linear Programming Mixed-Integer Programming planlama yöntemi ile gerçek ve en uygun sonuca ulaşmaktır.

#### **2.4. Teknik Yazın Taraması**

Teknik yazında üretim planlama problemi üzerine oldukça fazla çalışma bulunmaktadır ve farklı çözüm yöntemleri önerilmektedir. Önerilen başlıca çözüm yöntemleri aşağıdaki gibi gruplanabilir.

- Ana Üretim Planlama
- Doğrusal Programlama
- Karma Tamsayı Problemi

Ana Üretim Planlamada, toplam planlama etkinlik üretimi 2 ila 18 ay önceden, olan üretim süreçlerinde ne kadar kaynak temin edilmesi gerektiğini ve ne zaman temin edilmesi gerektiğini bize maliyeti minimuma indirerek planlama yapmamızı sağlar.

Doğrusal Programlama matematik biliminde, özellikle yöneylem araştırması uygulamalı dalında, doğrusal programlama problemleri bir doğrusal amaç fonksiyonun doğrusal eşitlikler ve eşitsizlikler kısıtlamaları ile optimizasyon yapılmasıdır. Bir optimizasyon modeli eğer sürekli değişkenlere ve tek bir doğrusal amaç fonksiyonuna sahipse ve tüm kısıtlamaları doğrusal eşitlik veya eşitsizliklerden oluşuyorsa, doğrusal (lineer) program olarak adlandırılır. Başka bir deyişle, modelin tek-amaçlı fonksiyonu ve tüm kısıtlamaları, süreklilik gösteren karar değişkenlerinin ağırlıklı toplamlarından oluşmalıdır.

Doğrusal (lineer) programlamadaki doğrusal (lineer) sözcüğü, modeldeki tüm matematiksel fonksiyonların doğrusal (lineer) olması

gerektiğini belirtir. Programlama kelimesi ise bilgisayar programlama 'ya işaret etmez; daha çok planlama ile eş anlamlıdır. Dolayısıyla doğrusal (lineer) programlama, birçok uygun alternatif arasından belirlenmiş bir hedefe uyan en uygun çözümü bulacak aktivitelerin planlanmasını içerir. Fazla matematiksel olmayan terimler ile bir seri doğrusal eşitlik veya eşitsizlik şeklinde ifade edilmiş koşullara bağlı olarak (en küçük maliyet veya en büyük kâr gibi) en iyi sonuca varılmasıdır.

Doğrusal programlama birçok pratik alanda kullanım sahası bulmaktadır. Özellikle birçok işletme ve ekonomi sorunlarına özel veya kamu sektöründe devamlı kullanılmaktadır. Nakliyat, enerji üretimi ve dağıtımı, telekomünikasyon, sınai üretim gibi teknik işletmecilik gerektiren alanlarında bulunan birçok firmalar doğrusal programlamayı çok kullanmamaktadırlar. Doğrusal programlama işletmecilik alanlarında çok kapsamlı ve çok çeşitli sorunların çözülebilmesini sağlamaktadır. Bunlar sorunlar arasında planlama, yol gösterme, zaman programlaması, iş ve işçi tahsis edilmesi gibi önemli sorunlar doğrusal programlama kullanılarak modellenenmektedir.

### **3. Problem Formülasyonu ve Çözüm Yöntemleri**

Bu bölümde problemin çözümü için uygulanacak olan yöntem ve bu yöntemin formülasyonu anlatılacaktır. Kullandığımız model ve formülasyon aşağıda gösterilmiştir.

#### **3.1 Matematiksel Model**

Problemin matematiksel formülasyonu aşağıda gösterilmiştir.

**T:** Haftalar,  $t$  endeksinde  $t=1, \dots, T$

**J** : Çiftlikler, j endeksinde  $j=1, \dots, J$

**G**: Cinsler, g endeksinde  $g=1, \dots, G$

### **Parametreler**

**F<sub>j</sub>**: Bir çiftliğin haftalık çalışma maliyeti (TL)

**A<sub>j</sub>**: Çiftliklerin kapasitesi (#civciv)

**D<sub>t</sub>**: Haftalık talep (civciv eşdeğer)

**L<sub>g</sub>**: Civcivlerin hindiye dönüşüm süreleri (haftalık)

**K**: Haftalık kuluçkahaneden alınan civciv sayısı

**P**: Kuluçkahanenin verimlilik oranı (%)

**Del**: Erkek cins yüzdesi (%)

**M**: Büyük sayı

### **Karar Değişkenleri**

**Y<sub>tj</sub>**: 1, çiftlik t haftasında meşgul 0, diğer durumda

**Z<sub>tjg</sub>**: 1, Yeni sürü için çiftliklerin üretime hazır olduğu an; t, g  
0, diğer durumda

**X<sub>tjg</sub>**: J çiftliğine haftalık gönderilecek civciv sayısı

$$\text{Min} \sum_j \sum_t (F_j Y_{t,j})$$

Öyle ki:

$$(1) X_{t,j,g} \leq M * Z_{t,j,g} \quad \forall t, j, g$$



$$\begin{aligned}
 (2) \quad X_{t,j,g} &\leq A_j && \forall t, j, g \\
 (3) \quad X_{(t-L_1,j,1)} + x_{(t-L_2,j,2)} &\geq D_t && \forall t=L_2+1, \dots, T, j \\
 (4) \quad X_{t,j,1} &\geq del * (P * K) && \forall t, j \\
 (5) \quad X_{t,j,2} &\geq (1 - del) * (P * K) && \forall t, j \\
 (6) \quad \sum_{i=0}^{L_b-1} Y_{t+i,j} + (b - 1) * Y_{t+2,j} &\geq L_b * (Z_{t,j,1} + Z_{t,j,2}) && \forall t=L_2+1 \dots T, j, b \\
 (7) \quad \sum_g \sum_i Z_{t+i,j,g} + Z_{t,j,1} &\leq 1 && \forall t=1 \dots T-L_1, j \\
 (8) \quad \sum_g \sum_i Z_{t+i,j,g} + (G - 1) * Z_{t,j,2} &\leq 1 && \forall t=1 \dots T-L_2, j \\
 (9) \quad \sum_g \sum_i Z_{i,j,g} &\leq 1 && \forall j, i=9 \dots 10
 \end{aligned}$$

Problemin amacı, toplam kullanılan kümes sayısını yukarıdaki numaralandırılan kısıtlara göre minimize ederek toplam kümes maliyetini enazlamaktır. İlk kısıtımız, eğer elimizde civciv varsa kümeslere atanması için rezervasyon oluşturmasını sağlıyor. (2). kısıtımız da ise elimizdeki civcivlerin kapasiteden daha fazla olmaması isteniyor. (3). kısıtta, dişi ve erkek civcivlerin toplamının haftalık talebimizi karşılanması gerektiği belirtiliyor. (4). ve (5). kısıtlarda ise gelen civcivlerin belli bir kısmı erkek belli bir kısmı dişi olduğu belirtilmiştir. (6)., (7)., (8). ve (9). kısıtta ise herhangi bir çiftliğe atanma olursa, atama cinsine ve yetiştirme süresine göre o kadar hafta başka bir yere atanmasını engellemektedir. (6). kısıtta, herhangi bir cinsiyetten o hafta o farmda bir istek varsa, lead time kadar çiftliği dolu göstermesi isteniyor. (7).kısıt cinsiyet 1 için lead time süresi kadar bir istek

olmamasını sağlıyor. (8). kısıt (7). kısıtta uyguladığımız işlemi 2. cinsiyet için yapıyor.

### 3.2 Lingo Yazılımında Yapılan Denemeler

Matematiksel modelleme de çok fazla değişken olduğu için model Lingo yazılımının sınırlı versiyonunun da çözülmemektedir. Test etmek üzere istediğimiz sınırsız sürüm ile de modellemenin karışması doğrultusunda, OPL Cplex modelleme kullanılmıştır.

### 4. Sayısal Sonuçlar

Tablo 2 de küçük model diye adlandırdığımız ufak verilerle çözüm sağlanmış ve aşağıda sonuçları gösterilmiştir. Tablo 3 de ise problemi gerçek hayat verileriyle çalıştırıp tüm değerler aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 2. Veriler

	10 Hafta		20 Hafta	
Hafta	Amaç Fonksiyonu	Çalışma Süresi (ms)	Amaç Fonksiyonu	Çalışma Süresi (ms)
11	671.00	50.090	1071.00	100.150
12	761.00	50.080	1108.00	100.150
13	664.00	50.080	885.00	100.150
14	977.00	50.150	1267.00	100.150
15	628.00	50.080	928.00	100.150
Ortalama	50.096			100.150
Maksimum	50.150			100.150

Tablo 3. Gerçek Veri

	40 Replikasyon		80 Replikasyon	
Hafta	Amaç Fonksiyonu	Çalışma Süresi (ms)	Amaç Fonksiyonu	Çalışma Süresi (ms)
21	3266.00	50.077	6266.00	100.153
22	2789.00	50.092	6758.00	100.152
23	2550.00	50.107	6480.00	100.152
24	2397.00	50.076	6389.00	100.150

25	3220.00	50.076	6220.00	100.152
26	2786.00	50.076	6728.00	100.152
27	2712.00	50.077	6712.00	100.152
28	2834.00	50.076	6707.00	100.153
29	2885.00	50.077	6877.00	100.152
30	2999.00	50.076	6970.00	100.153
31	2726.00	50.076	6623.00	100.152
32	2443.00	50.076	6443.00	100.153
33	2528.00	50.076	6501.00	100.153
34	3200.00	50.076	6200.00	100.152
35	3276.00	50.076	6276.00	100.152
36	2802.00	50.077	6802.00	100.153
37	3348.00	50.076	6348.00	100.152
38	2729.00	50.077	6735.00	100.168
39	3555.00	50.076	6555.00	100.152
40	2953.00	50.076	6953.00	100.152
<b>Ortalama</b>		<b>50.092</b>		<b>100.153</b>
<b>Maksimum</b>		<b>50.107</b>		<b>100.168</b>

## 5. Sonuçlar ve Öneriler

Geliştirilen algoritma, çalıştırma süreleri ve bulunan sonuçlar temel alınarak optimal çözümlerle Tablo 4 'de kıyaslanmıştır.

Tablo 4. Algoritmanın Kıyaslanması

	<b>10 Replikasyon</b>	<b>20 Replikasyon</b>
<b>Hafta</b>	<b>Çalıştırma Süresi (ms) (Algoritma)</b>	<b>Çalıştırma Süresi (ms) (Algoritma)</b>
1	50.077	100.153
2	50.092	100.152
3	50.107	100.152
4	50.076	100.150
5	50.076	100.152
6	50.076	100.152
7	50.077	100.152
8	50.076	100.153
9	50.077	100.152

10	50.076	100.153
11	50.076	100.152
12	50.076	100.153
13	50.076	100.153
14	50.076	100.152
15	50.076	100.152
16	50.077	100.153
17	50.076	100.152
18	50.077	100.168
19	50.076	100.152
<b>Ortalama</b>	<b>50.092</b>	<b>100.153</b>
<b>Maksimum</b>	<b>50.107</b>	<b>100.168</b>

### KAYNAKLAR

Çamlı Yem A.Ş. Çamlı Yem hakkında Genel Bilgi,  
<http://www.camli.com.tr/tr/sayfa/hakkimizda> Son erişim tarihi: 20  
Mayıs 2015.

Wikipedia. Doğrusal Proglamlama,  
[http://tr.m.wikipedia.org/wiki/Doğrusal\\_programlama](http://tr.m.wikipedia.org/wiki/Doğrusal_programlama) Son erişim  
tarihi: 21 Mayıs 2015.

Mustafa Kemal Ünivrsitesi. Doğrusal Proglamlama,  
<http://www.mku.edu.tr/getblogfile.php?keyid=1274>  
Son erişim tarihi: 20 Mayıs 2015.

Ercan Baldemir. Tamsayılı Proglamlama,  
[http://www.ercanbaldemir.com/FileUpload/op47776/File/tamsayil  
i\\_programlama.ppt](http://www.ercanbaldemir.com/FileUpload/op47776/File/tamsayili_programlama.ppt) Son Erişim Tarihi: 26 Mayıs 2015.

*Bu raporda yer alan veriler gizlilik gereği gerçeği yansıtmayıp, gözlem  
ve kıyaslamalara imkan verecek şekilde değiştirilmiştir.*

## IENG 441 ve IENG 442 Uygulama Planı

### 1. Giriş

Bitirme projesi, IENG 441 ve IENG 442 olmak üzere birbirini takip eden iki dersten oluşmaktadır. Bunlar, birinci dönem sistem analizi ve genel tasarımının yapıldığı IENG 441 ve ikinci dönem sistem geliştirme ve uygulamanın bulunduğu IENG 442 dersidir. Bu iki aşamadaki tüm bölümler numaralandırılarak (B1, B2, gibi) aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

**Tablo 1. Proje Adımları ve Haftalık Çizelge.**

#### **IENG 441, Sistem Analizi, Güz Dönemi**

<b>Bölüm</b>	<b>Başlık</b>	<b>Hafta</b>
B1	Sistemin Genel Analizi	4-9
B2	Mikro Sistem Analizi	
B3	Çözüm Araçlarına ve Literatüre Genel Bakış	
B4	IENG 441 ve IENG 442 için Proje Planlaması	11-14
B5	Problemin Modellenmesi ve Formülasyonu	
B6	Literatür Çalışması	9-12

#### **IENG 442, Sistem Tasarımı, Bahar Dönemi**

B7	Çözüm Metodolojisi	1-5
B8	Çözümleme ve Model Tabanının Oluşturulması	
B9	Karar Destek Sistemi (KDS)	9-12
B10	Doğrulama ve Geçerleme	
B11	Karşılaştırma	
B12	Uygulama	

Her bir bölümün içinde, öğrencilerin tamamlamakla yükümlü olduğu alt aşamalar vardır. Bu aşamalar ve kesin tarihleri dersin öğretim planında belirtilmiştir.

## 2. İçerik

### 2.1. IENG 441

IENG 441 dersi altı ana basamaktan oluşmaktadır:

#### 1. Sistemin Genel Analizi

- Firma ile ilgili genel bilgiler (yaz stajındaki ilk kısım baz alınabilir).
- Firmanın girdi ve çıktıları: ham madde, tedarik sistemi, son ürüne geçiş (üretim ve malzeme akışları kara kutu olarak modellenebilir).
- Firmanın üretim ve malzeme akış sistemi ile ilgili bilgileri (imalat süreçleri, malzeme akışları, vb.).

#### 2. Mikro Sistem Analizi

- Problemin konusu / çerçevesinin çizilmesi.
- Sistemin tanımlanması (grafikler ve görsel materyallerle desteklenebilir).
- Gözlemler, veri toplanması.
- Veriler ışığında bulguların (semptomlar) belirlenmesi.
- Problemin tanımlanması.
- Hedefler, kritik başarı faktörlerinin belirlenmesi (projenin başarılı olup olmadığını belirlemek adına tanımlanan ölçülebilir kriterler).

#### 3. Çözüm Araçlarına ve Literatüre Genel Bakış

- Lisans derslerinin gözden geçirilmesi.
- Kitaplar seviyesinde literatürün incelenmesi.
- Çözüm araçlarının ortaya konulması.
- Kontrol edilebilen / edilemeyen faktörlerin belirlenmesi.
- Değişken ve parametrelerin tanımlanarak alabilecekleri değer aralıklarının belirlenmesi.
- Taslak modelin kurulması.

#### 4. IENG 441 ve IENG 442 için Proje Planlaması

- Tanımlanan problem için çözüm yöntemlerinin önerilmesi ve uygulamanın planlanması.

- Zaman çizelgesi ve çalışma takviminin oluşturulması.
- IENG 442’de projenin başarıya ulaşmasını tehdit edebilecek belirsizliklerin sıralanması, potansiyel risklerin öngörülmesi ve analizi.
- Potansiyel risklerin bertaraf edilmesi için gereken yaklaşımların belirlenmesi.

#### **5. Problemin Modellenmesi ve Formülasyonu**

- Model formülasyonunun ortaya konulması.
- Modelin çözümlene yöntemleri açısından irdelenmesi.

#### **6. Literatür Çalışması**

- Model belirlendikten sonra çözüm yöntemleri için literatürün derinlemesine araştırılması (makale seviyesinde).

## 2.2. IENG 442

IENG 442 dersi altı ana basamaktan oluşmaktadır:

### 7. Çözüm Metodolojisi

- Çözüm yönteminin belirlenmesi.
- Belirlenen yöntemin oyuncak veriler kullanılarak elle uygulanması sonucunda oturtulması / doğrulanması.

### 8. Çözümleme ve Model Tabanının Oluşturulması

- Veri toplanması.
- Modele veri yüklenmesi.
- Çözüm yönteminin kodlanması ve çözüm alınması.
- Duyarlılık ve parametre analizleri.

### 9. Karar Destek Sistemi (KDS)

- Veri tabanının oluşturulması.
- Model tabanı ile veri tabanının konuşuşturulması.
- Kullanıcı ara yüzünün tasarlanması.
- Kullanıcıya sunulacak KDS çıktılarının derlenip raporlarının tasarlanması.

### 10. Doğrulama ve Geçerleme

- KDS'nin çeşitli senaryolarla doğrulanması ("verification").
- KDS'nin firma verisiyle işe yaradığının gösterilmesi, geçerleme ("validation").

### 11. Karşılaştırma

- Kritik başarı faktörleri baz alınarak mevcut işleyiş ile tasarlanan sistemin karşılaştırılması.
- Kritik başarı faktörleri kullanılarak yapılan iyileştirmelerin sayısal verilerle ortaya konulması.

### 12. Uygulama

- Sistemin mümkün olduğunca hayata geçirilmesi.



### **3. IENG 441 / IENG 442 Takvimi**

#### **3.1. IENG 441 Takvimi**

##### **Dönem başlamadan önce**

##### **Projelerin belirlenmesi**

Dersin koordinatörü ve iki öğretim elemanından oluşan proje komisyonu, tüm bölüm elemanlarının kontaklarıyla belirlenen potansiyel projeleri yerinde görüşmek üzere, firma ziyaretleri yaparlar. Bu sayede, gerçekleştirilecek bitirme projeleri belirlenir ve bu proje konuları özetlenerek belgelenir.

##### **1. Hafta**

##### **Bölüm Kurulu toplantısı**

Dersin koordinatörü dersin işlenişi, izlenecek takvim ve projeler konusunda danışman hocaları bilgilendirecek ve bunu takiben proje danışmanları belirlenecektir.

##### **Öğrencilerle ilk buluşma**

IENG 441 ile ilgili öğrencilerle yapılan bu ilk toplantıda dersin işleyişi, kuralları ve bölüm kurulu tarafından belirlenen grup oluşturma kriterleri hakkında öğrencilere bilgi verilecek, projeler öğrencilere tanıtılacaktır. Bu toplantıda öğrencilere proje danışmanlarının kim olduğuna dair bilgi verilmeyecektir.

##### **2. Hafta**

##### **Grup oluşturma**

Bölüm kurulu tarafından belirlenen kişi sayısı ve grup not ortalamalarına uygun bir şekilde öğrenciler tarafından oluşturulan gruplar, bilgilerini EK-1'deki "A01-Group Formation Form"u doldurarak dersin lectures sayfasına yükleyeceklerdir.

##### **Grupların belirlenmesi**

Grubu olmayan öğrenciler mevcut gruplara atanacak ya da bu öğrencilerden yeni gruplar oluşturulacaktır. Kriterlere uygun olmadığı

belirlenen gruplar yeniden düzenlenecek ve grupların son hali dersin lectures sayfasında ilan edilecektir.

### **Grupların proje tercihlerini bildirmesi**

Gruplar proje tercihlerini EK-2'deki "A02-Project Preference Form"u doldurarak dersin lectures sayfasına yükleyeceklerdir. Öğrencilerin tercih yaparken tüm projeleri sıralamaları zorunludur.

### **Grupların projelere atanması**

Tercihlerin girdi olarak alındığı bir eşleştirme algoritması uygulanarak gruplar projelere atanacaktır. Algoritma her grubun mümkün olduğu kadar en yüksek tercihi atanmasını sağlamaya çalışırken; şirketlerin tercihlerini de dikkate alacaktır. Bunun sonucunda ortaya çıkan grup-proje-danışman eşleşmeleri dersin lectures sayfasında ilan edilecektir.

## **3. Hafta**

### **Grupların danışmanlarıyla ve firmalarıyla temasa geçmeleri**

Gruplar danışmanlarıyla temasa geçerek haftalık düzenli buluşma saatlerini belirleyeceklerdir. Yine aynı şekilde firmalarla haftalık düzenli buluşma günlerini (ortalama 2 yarım gün) belirleyeceklerdir. Danışmanların ayda en az bir kez bir yarım gün işletmede bulunması beklenmektedir. Ayrıca, firmalar ile gizlilik sözleşmeleri imzalanarak dersin koordinatörüne teslim edilecektir (bkz. EK-3: A03-Gizlilik Sözleşmesi).

## **4 ve 9. Haftalar arası**

### **Bölüm 1 ve 2 çalışmaları**

4 ve 9. haftalar arasında tüm grupların projelerinde 1. ve 2. bölümleri tamamlamaları ve bununla ilgili İngilizce bir sunum hazırlamaları istenmektedir. Sunumlar bölüm akademik kadrosu tarafından EK-4'deki "A04-IENG 441 Oral Presentation Evaluation Form" kullanılarak değerlendirilecektir.

## **10. Hafta**

### **Bölüm 1 ve 2 sunumları taslak çalışması**

Gruplar, hazırladıkları sunum taslağını danışmanlarıyla gözden geçirip, danışmanlarından aldıkları geri bildirimle sunumlarına son hallerini vereceklerdir. Bu sunumda gruplar projelerinde 1. ve 2. bölümler ile ilgili yapmış oldukları çalışmaları anlatacaklardır.

### **Bölüm 1 ve 2 sunumları**

Bu sunumda gruplar projelerinde 1. ve 2. bölümler ile ilgili yapmış oldukları çalışmaları anlatacaklardır. Sunumlara tüm grupların ve akademik kadronun katılımı zorunludur. Sunum dili İngilizce olacaktır. Powerpoint veya Prezi gibi programlar kullanılarak hazırlanmış olan sunumların oturum başlamadan önce duyurulan zamana kadar sunum yapılacak bilgisayara yüklenmiş olması gerekmektedir. Ayrıca, sunumlarında Powerpoint veya Prezi dışında herhangi bir program çalıştıracak olan grupların, sunum gününden önce o programın sunum yapılacak bilgisayarda yüklü olup olmadığını test etmeleri gerekmektedir.

## **11 ve 14. Haftalar arası**

### **Bölüm 3, 4 ve 5 çalışması**

11. ve 14. haftalar arasında tüm grupların 3, 4 ve 5. bölümleri tamamlamaları gerekmektedir. 1. bölümden 5. bölüme kadar yapılan çalışmalar raporlanacaktır.

## **14. Hafta**

### **Proje alanı ile ilgili ders bilgisinin ölçülmesi**

14. haftada tüm grupların proje konusuyla ilgili birikimlerini ölçecek biçimde proje danışmanları tarafından değerlendirilecek yazılı (klasik tip) bir sınav ile proje öğrencilerinin alan bilgileri sınanacaktır.

## **15. Hafta**

### **Poster taslak çalışması – Video sunum çalışması**

Gruplar, IENG 441 kapsamında sunacakları posterlerini EK-5'deki "A05-Poster Format" a uyacak şekilde hazırlayacaklardır. Posterin dili İngilizce olacaktır. Bu posterlerde gruplar, projeleri kapsamında (1. Bölüm - 5. bölüm dahil) yapmış oldukları çalışmaları yansıttacaklardır.

Grupların sunum günü öncesinde poster taslaklarını danışmanları ile paylaşıp geri bildirim almaları zorunludur. Bunun yanında her grup projeleriyle ilgili 5 dakikayı geçmeyen bir sunum videosu hazırlayarak dersin lectures sayfasına yükleyecektir.

## **16. Hafta**

### İlk rapor teslimi

Gruplar, 1.- 5. bölümlerde yaptıkları çalışmalarını içeren ve EK-6 “A06-English Report Template” dosyasından yararlanarak hazırladıkları İngilizce raporlarının teslimini yapacaklardır. Raporun tek kopya halinde öğretim planında belirtilen son tarihe kadar Sekreterliğe teslim edilmesi gerekmektedir. Gecikme durumlarında ceza uygulanır. Raporlar danışmanlar tarafından EK-7’deki “A07-IENG 441 Report Draft Evaluation Form” kullanılarak değerlendirilecektir.

### **Poster sunumları**

Gruplar, IENG 441 kapsamındaki posterlerini sunum alanında belirlenen zaman aralığından itibaren sergileyeceklerdir. Poster sunumları video sunumlarıyla başlayacak, daha sonra grup üyeleri posterlerinin önünde bölüm akademik kadrosunun sorularına yanıt verecek ve projelerini anlatacaklardır. Poster sunumlarına EK-8’deki “A08-IENG 441 Poster Presentation Evaluation Form” kullanılarak not verilecektir. Bu sunumlara tüm grupların ve akademik kadronun katılımı zorunludur.

## **17. Hafta**

### Rapor geri bildirim

IENG 441 taslak raporları grupların danışmanları tarafından değerlendirilip gruplara geri verilecektir. Danışmanlar bu tarihte EK-7’deki “A07-IENG 441 Report Draft Evaluation Form”u kullanarak yaptıkları değerlendirmeleri dersin koordinatörüne teslim edecektir.

## **18. Hafta**

### Son rapor teslimi

Grupların son hali verilmiş raporlarını, üzerinde danışman düzeltmelerinin bulunduğu taslak raporla beraber, tek kopya olarak öğretim planında belirtilen son tarihe kadar sekreterliğe teslim etmeleri

gerekmektedir. Raporlar, EK-6'daki "A06-English Report Template" formatında olmalıdır ayrıca son raporun ekleriyle birlikte elektronik versiyonu (.doc) ve posterin (.pdf) formatındaki dosyası (5 MB'i aşmayacak şekilde formatlanmış) dersin lectures sayfasına yüklenmelidir (öğretim planında belirtilen son tarihte sistem otomatik olarak kapanacaktır).

## **19. Hafta**

### **IENG 441 –Not teslimi**

Grupların raporları danışmanlar tarafından EK-9'daki "A09-IENG 441 Final Report Evaluation Form" kullanılarak değerlendirilecek ve ders koordinatörüne teslim edilecektir. Bölüm kurulu tarafından notlar verilecek ve her projenin danışmanları kendi gruplarının notlarını öğrenci bilgi sistemine girecektir.

## **19 ve 22. Haftalar arası**

### **6. Bölüm çalışması**

Dönem arası ayrıntılı (makale bazında) literatür araştırmasına ayrılmıştır. Bu dönemde grupların bu çalışmayı tamamlaması beklenmektedir. Dönem arasında firma ziyaretleri planlandığı gibi devam etmelidir.

### **3.2. IENG 442 Takvimi**

#### **1 ve 5. Haftalar arası**

#### **Bölüm 7 ve 8 çalışması**

1 ve 5. haftalar arasında tüm grupların projelerinde 7. ve 8. bölümleri tamamlamaları ve bununla ilgili İngilizce bir sunum hazırlamaları istenmektedir. Sunumlar bölüm akademik kadrosu tarafından EK-10'daki "A10-IENG 442 Oral Presentation Evaluation Form" kullanılarak değerlendirilecektir.

#### **6. Hafta**

#### **Ara sunum taslak çalışması**

Gruplar, hazırladıkları sunum taslağını danışmanlarıyla gözden geçirip, danışmanlarından aldıkları geri bildirimle sunumlarına son hallerini vereceklerdir. Bu sunumda gruplar projelerinde birinci dönemin özeti ve ağırlıklı olarak 6, 7 ve 8. bölümler ile ilgili yapmış oldukları çalışmaları anlatacaklardır.

#### **Ara sunumlar**

Bu sunumda gruplar projelerinde o güne kadar yapmış oldukları tüm çalışmaları anlatacaklardır. Sunumlara tüm grupların ve akademik kadronun katılımı zorunludur. Sunum dili İngilizce olacaktır. Powerpoint veya Prezi gibi programlar kullanılarak hazırlanmış olan sunumların oturum başlamadan önce duyurulan zamana kadar sunum yapılacak bilgisayara yüklenmiş olması gerekmektedir. Ayrıca, sunumlarında Powerpoint veya Prezi dışında herhangi bir program çalıştıracak olan grupların, sunum gününden önce o programın sunum yapılacak bilgisayarda yüklü olup olmadığını test etmeleri gerekmektedir.

#### **7. Hafta**

#### **Proje güncelleme**

Ara sunum sonucunda alınan geri bildirim ile belirlenen hususlar ara sınav haftası öncesinde gruplar ve danışmanlar tarafından çalışılacaktır.

## **9 ve 12. Haftalar arası**

### **Bölüm 9 ve 10 çalışması**

9 ve 12. haftalar arasında tüm grupların 9 ve 10. bölümleri tamamlamaları beklenmektedir. Bu dönemde 12. bölüm için de bir plan hazırlanacaktır.

## **13 ve 15. Haftalar arası**

### **Bölüm 11-12 çalışması ve Türkçe rapor teslimi**

13 ve 15. haftalar arasında grupların geliştirdikleri sistemleri işletmelerde uygulamaya başlatmaları ve projeyi tamamlamaları beklenmektedir. Tüm grupların 11. Bölüm çalışmasını tamamladıktan sonra EK-11'deki "*A11-Türkçe Rapor Formatı*"na uygun bir şekilde hazırladıkları Türkçe raporlarını (en fazla 18 sayfa) öğretim planında belirtilen son tarihe kadar tek kopya olarak sekreterliğe teslim etmeleri gerekmektedir.

Gruplar, danışmanlarından 14. Hafta içinde geri bildirim alacaklardır. Danışmanlar öğretim planında belirtilen son tarihe kadar EK-12 "*A12-Türkçe Taslak Rapor Değerlendirme Formu*"nu kullanarak yaptıkları değerlendirmeleri dersin koordinatörüne teslim edecektir.

Gruplar Türkçe raporun son halini, üzerinde danışman düzeltmelerinin yer aldığı taslak raporla birlikte, öğretim planında belirtilen son tarihe kadar sekreterliğe teslim edecektir. Ayrıca, Türkçe raporun son halini dersin lectures sayfasına öğretim planında belirtilen son tarihe kadar yüklemeleri gerekmektedir. Danışmanlar Türkçe raporu EK-13'deki "*A13-Türkçe Rapor Değerlendirme Formu*"nu kullanarak değerlendirecek ve verdikleri notları dersin koordinatörüne teslim edecektir. Ayrıca bu raporlar proje yarışması kapsamında jüri üyeleri tarafından değerlendirmeye alınacak ve derlenerek kitap olarak basılacaktır.

## **15. Hafta**

### **İngilizce rapor taslağı teslimi ve Poster taslak çalışması**

Grupların, EK-6'daki "*A06-English Report Template*"e uygun şekilde hazırladıkları tek kopya İngilizce rapor taslaklarını (en fazla 25 sayfa, ekler hariç) öğretim planında belirtilen son tarihe kadar sekreterliğe teslim etmesi gerekmektedir. Gecikme durumlarında ceza uygulanır.

Raporlar danışmanlar tarafından EK-14 “IENG 442 Report Draft Evaluation Form” kullanılarak değerlendirilecektir.

Gruplar, IENG 442 kapsamında sunacakları posterlerini EK-5’deki “A05-Poster Format” a uyacak şekilde hazırlayacaklardır. Posterin dili İngilizce olacaktır. Bu posterlerde gruplar, projeleri kapsamında yapmış oldukları tüm çalışmalarını yansıtacaklardır. Grupların sunum günü öncesinde poster taslaklarını danışmanları ile paylaşıp geri bildirim almaları zorunludur. Bunun yanında her grup projeleriyle ilgili 5 dakikayı geçmeyen bir sunum videosu hazırlayarak dersin lectures sayfasına yükleyecektir.

Ayrıca, gruplar Proje Fuarı’nda sunulmak üzere aynı posterin Türkçe versiyonunu da hazırlayacaklardır.

## **16. Hafta**

### **Son sınıf öğrencilerinin final sınavları**

Son sınıf öğrencilerinin final sınavları final döneminin ilk haftasında yapılacaktır.

### **Proje alanı ile ilgili ders bilgisinin ölçülmesi/IENG 442 Çıkış Anketi**

16. haftada tüm grupların proje konusuyla ilgili birikimlerini ölçecek biçimde proje danışmanları tarafından değerlendirilecek yazılı (klasik tip) bir sınav ile proje öğrencilerinin alan bilgileri sınanacaktır. Sınav öncesinde öğrencilerin IENG 442 (çıkış) anketini doldurmaları gerekmektedir.

### **İngilizce poster sunumu**

Gruplar, IENG 442 kapsamındaki posterlerini sunum alanında belirlenen zaman aralığından itibaren sergileyeceklerdir. Poster sunumları video sunumlarıyla başlayacak, daha sonra grup üyeleri posterlerinin önünde bölüm akademik kadrosunun sorularına yanıt verecek ve projelerini anlatacaklardır. Poster sunumlarına EK-15’deki “A15-IENG 442 Poster Presentation Evaluation Form” kullanılarak not verilecektir. Bu sunumlara tüm grupların ve akademik kadronun katılımı zorunludur.

### **Rapor geri bildirim**

IENG 442 taslak raporları grupların danışmanları tarafından değerlendirilip IENG 442 Final sınavı sonrasında gruplara geri



verilecektir. Danışmanlar bu tarihte EK-14 “A14-IENG 442 Report Draft Evaluation Form” u kullanarak yaptıkları değerlendirmeleri dersin koordinatörüne teslim edecektir.

## **17. Hafta**

### **Son İngilizce rapor teslimi**

Grupların son hali verilmiş raporlarını, üzerinde danışman düzeltmelerinin bulunduğu taslak raporla beraber, tek kopya olarak öğretim planında belirtilen son tarihe kadar sekreterliğe teslim etmeleri gerekmektedir. Raporlar, EK-6’daki “A06-English Report Template” formatında olmalıdır ayrıca son raporun ekleriyle birlikte elektronik versiyonu (.doc) ve posterin pdf formatındaki dosyası (5 MB’i aşmayacak şekilde formatlanmış) dersin lectures sayfasına yüklenmelidir (öğretim planında belirtilen son tarihten sonra sistem kapanacaktır).

Bunun yanında tüm grup üyeleri birbirlerini EK-16’de verilen “A16-Peer-evaluation Form”u kullanarak değerlendirmeli ve bu formları ayrı ayrı kapalı zarflarda son raporla birlikte sekreterliğe teslim etmelidir.

Ayrıca grup ve danışmanların firmayı değerlendirdiği EK-17’deki “A17-Company Evaluation Survey” ve firmanın projeyi değerlendirdiği EK-18’deki “A18-Project Evaluation Survey” anketleri de son raporla birlikte kapalı zarflarda sekreterliğe teslim edilmelidir.

### **Proje fuar sunumu taslak çalışması**

Gruplar, IENG 442 kapsamında yapacakları Türkçe final sunumunun taslağını danışmanlarıyla gözden geçirip, danışmanlarından aldıkları geri bildirimle sunumlarına son hallerini vereceklerdir. Bu sunumda gruplar projelerinin bütününde yapmış oldukları çalışmalarını anlatacaklardır.

### **Proje Fuarı**

IENG 442 kapsamında yapacakları final sunumunda gruplar projelerinin bütününde yapmış oldukları çalışmalarını işletme temsilcileri ve diğer davetliler önünde anlatacaklardır. Sunumların, oturum başlamadan önce, sunum bilgisayarına yüklenmiş olması gerekmektedir. Sunumlara tüm grupların ve akademik kadronun katılımı zorunludur. Sunum dili Türkçe olacaktır. Powerpoint veya Prezi gibi programlar kullanılarak hazırlanmış olan sunumların oturum başlamadan önce duyurulan

zamana kadar sunum yapılacak bilgisayara yüklenmiş olması gerekmektedir. Ayrıca, sunumlarında Powerpoint veya Prezi dışında herhangi bir program çalıştıracak olan grupların, sunum gününden önce o programın sunum yapılacak bilgisayarda yüklü olup olmadığını test etmeleri gerekmektedir.

Buna ek olarak, sunumlar başlamadan önce poster alanında Proje Fuarı için hazırlanmış Türkçe posterler sergilenmek üzere asılacak ve sunumlar sonrası tüm proje ekibi posterlerinin başında, kişisel bilgisayarlarında açık bulunan Karar Destek Sistemlerini tanıtmak ve poster üzerinden davetlilerin sorularını yanıtlamak üzere hazır bulunacaklardır. Fuarın sonunda, rapor ve sunumlar değerlendirilerek en başarılı gruplar seçilecektir. Projeler, önceden belirlenmiş jüri üyeleri tarafından EK-19'daki "A19-Jüri Değerlendirme Formu"na göre değerlendirilecektir.

## **18. Hafta**

### **Bölüm Kurulu toplantısı**

Grupların raporları danışmanlar tarafından EK-20'deki "A20-IENG 442 Final Report Evaluation Form" kullanılarak değerlendirilecek ve ders koordinatörüne teslim edilecektir. Bölüm Kurulu tarafından notlar verilecek ve her projenin danışmanları kendi gruplarının notlarını öğrenci bilgi sistemine girecektir.

## 4. Diğer hususlar

### 4.1. Değerlendirme

Dönem harf notu bölüm kurulunca belirlenecektir. Proje grupları notlandırılırken her bir öğrenciye ayrı not verilebilir. Gruplar değerlendirilirken altı ölçüt göz önünde bulundurulacaktır. Bu altı ölçüt, aşağıdaki tabloda belirtilmiştir:

**Tablo 2. Notlandırma Kriterleri.**

<b>Kriter</b>	<b>Ağırlık Yüzdesi</b>
İngilizce sunum (sunumlar kameraya alınacaktır)	%20
İngilizce Poster Sunumu	%30
Rapor	%30
Danışman değerlendirmesi	%5
Final sınavı	%10
Grup üyelerinin birbirine verdiği notlar	%5

Grubun ortalama harf notu, TÜBİTAK Proje Yarışması veya TÜBİTAK Desteği, YAEM Öğrenci Proje Yarışması, Bölüm Proje Fuarı, TMMOB Yarışması gibi saygın platformlarda grubun başarı kazanması halinde bir barem yukarı yükseltilebilir. Bölüm kurulu tarafından kararlaştırılan nihai notlar öğrenci bilgi sistemine dersin grup danışmanları tarafından girilecektir.

### 4.2. Buluşma Saatleri

Grupların danışmanlarıyla düzenli olarak haftada en az bir kez görüşmesi beklenmektedir. Grupların firma ziyaretlerine düzenli olarak haftada 2 yarım gün ayırmaları öngörülmektedir.

### 4.3. Devamlılık

Haftalık buluşmalarda devam (kişi bazında) zorunludur ve derse %80 devamlılık aranmaktadır. Devamsız öğrenciler R notu ile değerlendirilecektir. Öğrencilerin devam durumu ve katılımı danışman değerlendirmesini doğrudan etkileyecektir.

Not: Uygulama planında geçen tüm dökümanlar, planın “Ekler” kısmında listelenmiştir ve elektronik halleri dersin lectures sayfasında bulunmaktadır.

## PROJE EKİPLERİ

**Zaman Pencere- li> Günü- lk Şehir İçi Sevkiyat Planının  
Yeniden Tasarlanması,  
İduğ Petrol Ürünleri Ltd. Şti.**

### **Akademik Danışmanlar**

Prof. Dr. Deniz Özdemir (deniz.ozdemir@yasar.edu.tr)  
Demir Zümrüt (demir.zumrut@yasar.edu.tr)

### **Öğrenciler**

Deniz Hoşer  
Ayşegül Mağara  
A. Oğulcan Özpırinç  
Atakan Özden

---

**Günlük Tedarik ve Sevkiyat Planlama Problemi,  
Opet Fuchs Madeni Yağ A.Ş.**

### **Akademik Danışmanlar**

Doç. Dr. Deniz Türsel Eliiyi (deniz.eliiyi@yasar.edu.tr)  
Yard. Doç. Dr. Adalet Öner (adalet.oner@yasar.edu.tr)  
Sel Özcan (sel.ozcan@yasar.edu.tr)

### **Öğrenciler**

Ayşe İrem Altındağ  
Esin Güler  
Mert Acar  
Cihan Tutum

**Son Ürün Talep Takip ve Tahminleme Projesi,**  
Dyo Boya Fabrikaları Sanayi ve Ticaret A.Ş.

**Akademik Danışmanlar**

Prof. Dr. M. Murat Fadılođlu (murat.fadiloglu@yasar.edu.tr)  
Özge Büyükdađlı (ozge.buyukdagli@yasar.edu.tr)

**Öğrenciler**

Ege Adalı  
Yekta Ataş  
Osman Mert Baykan  
İrem Güldoğan  
Ecem Koral

---

**Parçalı İmalat için Hammade Envanter Yönetimi,**  
Cummins Sinai ve Otomotiv Ürünleri San. Ve Tic. Ltd. Şti.

**Akademik Danışmanlar**

Prof. Dr. M. Cemal Dinçer (cemal.dincer@yasar.edu.tr)  
Sinem Özkan (sinem.ozkan@yasar.edu.tr)

**Öğrenciler**

Ayşe İlke AKTAŞ  
Bengisu GÜLTEKİN  
Gözde ARAL  
Serran ÇELEBİ

**Kuluçkahane Sürecinde Randıman Tahmini için Karar  
Destek Sistemi,**

Çamlı Yem Besicilik Sanayii ve Ticaret A.Ş.

**Akademik Danışmanlar**

Prof. Dr. Sencer Yeralan (sencer.yeralan@yasar.edu.tr)

Hande Öztop (hande.oztop@yasar.edu.tr)

**Öğrenciler**

M. Ezgi Gül

Nil Güler

Kutay Karataş

Zeynep Soydoğan

---

**Şarküteri Ürünleri için Kapasite ve Bütünleşik Üretim  
Planlaması,**

Pınar Et

**Akademik Danışmanlar**

Yard. Doç. Dr. Ömer Öztürkoğlu

(omer.ozturkoglu@yasar.edu.tr)

Bahar Turan (bahar.turan@yasar.edu.tr)

**Öğrenciler**

Ali Ergin

Halil Emre Tok

Cem Güleç

Efe Erkekler

Güneş Çelebi

**Tesis Yeri Belirlemede Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)  
Kullanımı,**

Ege Tarımsal Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş.

**Akademik Danışmanlar**

Dr. Efthimia N. Staiou (effi.staiou@yasar.edu.tr)

Mert Paldrak (mert.paldrak@yasar.edu.tr)

**Öğrenciler**

Açelya Bozalan

Burcu Hancı

Merve Döleneken

Can Çağrı Yeniçeri

---

**Tren Sefer Çizelgesi Problemi, İzban A.Ş.**

**Akademik Danışmanlar**

Prof. Dr. Levent Kandiller (levent.kandiller@yasar.edu.tr)

Yard. Doç. Dr. Adalet Öner (adalet.oner@yasar.edu.tr)

Damla Kızılay (damla.kizilay@yasar.edu.tr)

**Öğrenciler**

Can Erdem Arıcan

Fatma Pınar Aslan

Doğukan Binbir

Abdullatif Kurttay

Hanifi Özmenlikan

**Hindi Yetiştirme Planlama Sistemi,**  
Çamlı Yem Besicilik Sanayii ve Ticaret A.Ş.

**Akademik Danışmanlar**

Prof. Dr. Levent Kandiller (levent.kandiller@yasar.edu.tr)

Prof. Dr. Sencer Yeralan (sencer.yeralan@yasar.edu.tr)

Demir Zümrüt (demir.zumrut@yasar.edu.tr)

**Öğrenciler**

Yiğit Aksüt

Hasan Ozan Elbir

Kerem Gözükara







**YAŞAR ÜNİVERSİTESİ**

Yaşar Üniversitesi Selçuk Yaşar Kampüsü  
Üniversite Caddesi, No: 37-39 Ağaçlı Yol, Bornova, İzmir PK 35100  
Tel: 0232 411 50 00 Fax: 0232 374 54 74

[www.yasar.edu.tr](http://www.yasar.edu.tr)



*dyo*



*epet*



**idug**

