

PERİYODİK OPSİYONLU YENİLEME MODELİ PARAMETRELERİNİN SİMÜLASYON YARDIMIYLA BELİRLENMESİ

*Arş. Gör. İbrahim Zeki AKYURT**

*Arş. Gör. Emrah ÖNDER***

ÖZET

Birçok işletme tarafından stok politikası olarak, düşük talep dönemlerinde yüksek stoktan kaçınmak, yüksek talep dönemlerinde ise stok boşalmasından korunmak için yenileme modelleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada da periyodik gözden geçirmeye dayalı opsiyonlu yenileme (R,s,S) modeli incelenmiştir. Simülasyonun bir optimizasyon tekniği olmamasına rağmen, model parametrelerinin hesaplanması konusunda yapılan çalışmalarda varsayımların çok olması ve matematiksel işlemlerin karışıklığı nedeniyle, simülasyon kullanılmıştır. Çalışmada, ispanyolet üreten bir işletmede A tipi stok kalemi olan işlenmiş çelik hammadde ele alınarak gerçek veriler ışığında stok politikasına ait yeniden sipariş ve yenileme noktalarının ne olduğuna karar vermek için simülasyon yardımıyla stokastik model kurulmuştur. Talep yapısının beta dağılımına, tedarik süresinin ise 1-4 hafta arası uniform dağılımına uyduğu durumda hammadde stoğu, periyodik olarak gözden geçirilerek ya sipariş verilmekte ve stok, yenileme noktasına kadar doldurulmakta ya da sipariş verilmemektedir.

Anahtar Kelimeler: Simülasyon, Stok Politikası, Opsiyonlu Yenileme Modeli, (R,s,S).

ABSTRACT

Determining Optional Replenishment Model Parameters With Simulation

Technique

Many companies use replenishment inventory policies for avoiding high inventory level in low demand periods and avoiding inventory shortage in high demand periods. The study focus on optional replenishment policy based on periodical review model. Too many assumptions and difficult mathematical calculations make simulation necessary while determining model parameters of the policy. In this study, the technique is applied to A class raw material inventory of steel via real data of a company that produce espagnolette. Main goal is deciding the parameters (re-order and replenishment points) of stochastic model with simulation. Demand match with beta distribution and lead time changes between 1 and 4 weeks that fits uniform distribution. In this case periodic inventory policy can be used and the manager can decide whether replenish or not.

Key Words: Simulation, Inventory Policy, Optional Replenishment Model, (R, s, S)

I.GİRİŞ

Arrov vd. (1951) tarafından dinamik (s,S) stok modelinin ortaya konmasının ardından, bu model birçok işletme tarafından kullanılmış ve bir hayli uygulama alanı bulmuştur. Fakat stok kayıtlarının sürekli kontrol edilemediği durumlarda aynı modelin periyodik gözden geçirme temeline dayalı olan (R,s,S) modeli kullanılmaktadır. Temel olarak iki modeli birbirinden ayıran fark sürekli veya periyodik gözden geçirme tekniklerine dayalı olmasına rağmen yapılan çalışmalarda, bu iki model için de (s,S) stok modeli kavramı kullanıldığı ve opsiyonlu yenileme modeli denildiği görülmektedir (bkz, Buchan ve Koenigsberg, 1966; Rabta ve Aissani, 2005; Yin, Liu ve Johnson, 2002; Nielsen ve Larsen, 2005). Çalışmada ele alınan opsiyonlu yenileme modeli periyodik gözden geçirmeye dayalıdır (R,s,S). Bu modeller bir çok firma tarafından stok politikası olarak, düşük talep dönemlerinde yüksek stoktan kaçınmak, yüksek talep dönemlerinde ise stok boşalmasından korunmak için kullanılmaktadır. Yani talebin değişimine hızlı biçimde yanıt vermektedirler. Fakat bu hızlı yanıtın başarısı mevcut verilerin iyi analizine ve yeniden sipariş ile yenileme noktasının iyi tespit edilmiş olmasına bağlıdır. Modelin en zor yanı ise bu kısmıdır,

* İ.Ü. İşletme Fakültesi, Üretim Anabilim Dalı, akyurt@istanbul.edu.tr

** İ.Ü. İşletme Fakültesi, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, emrah@istanbul.edu.tr

çünkü yapılan çalışmalar s ve S sınırlarının tespitinin çok kolay olmayıp, uygulamada da zorluklar çıkardığını göstermiştir. (R,s,S) stok kontrol modelindeki s ve S gibi sınırların tespiti için birçok yöntem kullanılabilir. Genelde kullanılan yöntemler karışık ve çözümü bir hayli zordur (Silver, Pyke ve Peterson; 1998: 336). Zheng ve Federgruen (1991) talebin kesikli dağıldığı durumlarda bu noktaların tespitinde kullanılabilir basit bir algoritma geliştirmişlerdir. Bu algoritma dışında ise kullanılan diğer yöntemler genelde sezgiseldir (Silver, Pyke ve Peterson; 1998: 336-341). Ehrhardt (1979 ve 1984) optimum değerlerin bulunması için sezgisel bir yöntem ortaya koymuş, ardından bu yöntemi tedarik süresinin rassal dağılması durumunda incelemiştir. Schneider (1978) ise belli hizmet düzeyinde yeniden sipariş noktasını incelemiştir. Yapılan tüm bu çalışmalar talep dağılımının bilindiği varsayılarak gerçekleştirilmiştir. Larson vd. (2001) talep dağılımının bilinmediği durumu ele alarak bu türde bir politikayı incelemiştir. Sezen ve Erdoğan (2005) yaptıkları çalışmada talep dağılımının herhangi bir teorik dağılıma uymadığı durumda simülasyon yardımıyla stok politikası belirlemiştir. Köchel ve Nielander (2005) ise çok kademeli bir stok sisteminde simülasyon tabanlı bir optimizasyon üzerinde çalışmışlardır.

Çalışmada, tüm değişkenler gözönüne alınarak, ıspanolet üreten bir işletme ele alınmış ve işlenmiş çelik hammaddesine olan haftalık talep değerleri ve tedarik sürelerinin rassal yapısı incelenmiştir. Yani hem talep hem de tedarik süresi değişkendir ve bir dağılıma uymaktadır. Ayrıca stok elde bulundurma maliyeti, elde bulundurmama maliyeti ve sipariş maliyetleri tespit edilmiştir. Bu stokastik süreç, simülasyon yardımı ile modellenerek yeniden sipariş noktası ve yenileme noktası değerleri elde edilmiştir.

II. STOK YENİLEME MODELLERİ

Bilimsel stok yönetiminin temelleri, basit fakat kullanım alanı geniş olan ve “Wilson formülasyonu” olarak bilinen “**Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM)**” modeli ile atılmıştır. ESM modelinde **sipariş miktarı (Q)** sabittir ve sipariş, belli bir stok miktarına düştüğünde verilir. Bu noktaya “**yeniden sipariş noktası(s)**” denmektedir. ESM modelinde sabit sipariş miktarının bulunması için değişken maliyetler göz önüne alınarak işlem yapılır. Bunlardan biri **sipariş maliyeti (Cs)**, bir diğeri ise **elde bulundurma maliyetidir (Ch)**. Yeniden sipariş noktası ise; siparişi vermekle siparişin gelmesi arasındaki zamanı ifade eden **tedarik süresinden (L)** etkilenmektedir. Fakat talebin veya tedarik süresinin olasılıklı olduğu durumlarda stok boşalmasını veya talebi karşılayamamayı engellemek için **Emniyet Stoğu (B)** bulundurmaya gerektirir. Böyle bir durumda yeniden sipariş noktasını hem tedarik süresince gerçekleşen ortalama talep miktarı hem de emniyet stoğu belirleyecektir ve formülü şu şekilde olacaktır

$$s = B + \mu_d L$$

Burada, μ_d birim zamanda ortalama talebi ifade etmektedir.

Bahsedilen klasik modelde, kayıtların sürekli tutulması gerekmektedir ve yeniden sipariş noktasına gelindiğinde ekonomik sipariş miktarı kadar sipariş verilmektedir. Halbuki çoğu işletme stok sayımlarını belli periyotlarda yapmakta ve kaydını bu periyotlarda tutabilmektedir. Böyle bir durumda ise periyodik gözden geçirme söz konusu olacaktır. Yani siparişler ancak belli periyotlarda verilir. Stok miktarı yeniden sipariş noktasında veya altında ise ekonomik sipariş miktarı kadar sipariş verilir. Bu modele ise *periyodik gözden geçirmeli geliştirilmiş yeniden sipariş noktası modeli* denmektedir (Buchan ve Koenigsberg; 1966, 22). Bu modele benzer bir diğer stok politikası ise **yenileme modeli (replenishment)** olarak bilinmektedir. Bu modelde yeniden sipariş noktası yoktur, sadece stoğa ait **yenileme noktası (S)** belirlenmiştir ve her periyotta, stok bu noktaya kadar doldurulur. Bu model **(R,S) Kontrol Modeli veya Temel Stok Modeli (Base Stock Model)** olarak bilinmektedir ve yenileme noktası aşağıdaki gibi bulunmaktadır;

$$S = B + \mu_d (L + R)$$

Burada R gözlem periyodunu göstermektedir. L ise tedarik süresidir. Modele göre sipariş miktarı sabit olmayacaktır, fakat tedarik süresinin gözden geçirme süresinden az olup olmamasına göre değişecektir:

$$Q = S - x_n \quad L < R$$

$$Q = S - x_n - Q_0 \quad L > R$$

Burada x_n gözlem esnasında eldeki stok, Q_0 ise siparişi verilmiş fakat henüz ulaşmamış miktardır. Bu iki miktarın toplamı **stok düzeyini** vermektedir.

Yeniden sipariş noktası ve yenileme modellerine ek olarak, her iki modelin birlikte düşünülmesinden oluşan bir diğer modelde opsiyonlu yenileme modelidir (optional replenishment). Bu modele literatürde (s,S) ve (R, s, S) Kontrol Modelleri olarak raslamak mümkündür (Özçakar ve Akyurt; 2007). Stok düzeyi, yeniden sipariş noktasında(s) veya altındaysa, stok, yenileme noktasına (S) kadar sipariş verilerek doldurulur. Böyle bir durumda sipariş miktarı yine değişken olacaktır:

$$Q = 0 \quad x_n + Q_0 > s$$

$$Q = S - x_n - Q_0 \quad x_n + Q_0 \leq s$$

Bu modellerde önemli olan minimum maliyeti oluşturacak s ve S noktalarının ne olacağıdır. Bu konuda; Naddor (1975), Ehrhardt (1979), Ehrhardt ve Mosier (1984), Zheng ve Federgruen (1991) 'in çalışmalarında bir çok uygulamaya raslamak mümkündür. Bu çalışmanın da temeli (R, s, S) Kontrol Modelini tüm maliyetleriyle incelemek ve simülasyon modelini kurarak bu nokta değerlerine yani stok kontrol modelinin parametrelerine ulaşmaktır.

Yenileme modelleri, ABC sınıflamasında A tipi stok kalemleri için kullanılmaktadır. (Silver, Pyke ve Peterson; 1998: 241). Ayrıca tedarik sürelerinin çok uzun, elde bulundurmama maliyetinin çok yüksek olduğu durumlarda da uygun sonuçlar vermektedir.

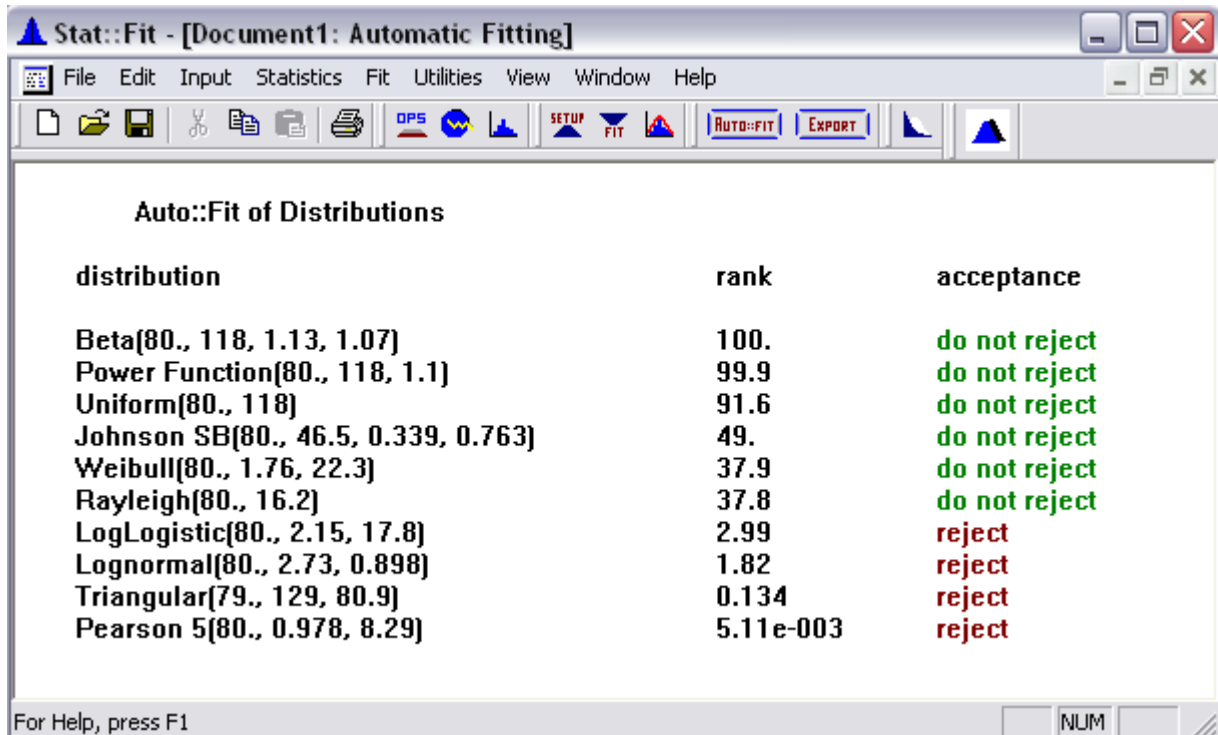
III. UYGULAMA

Bu çalışmada, Türkiye'de pencere ve kapı donanımları sektöründe faaliyet gösteren bir işletme ve işletmeye ait gerçek veriler ele alınmıştır. İşletme ürettiği ispanyoletleri PVC pencere sektöründe bulunan firmalara tedarik etmektedir. Dolayısıyla siparişe göre üretim yapan yan sanayi konumundadır.

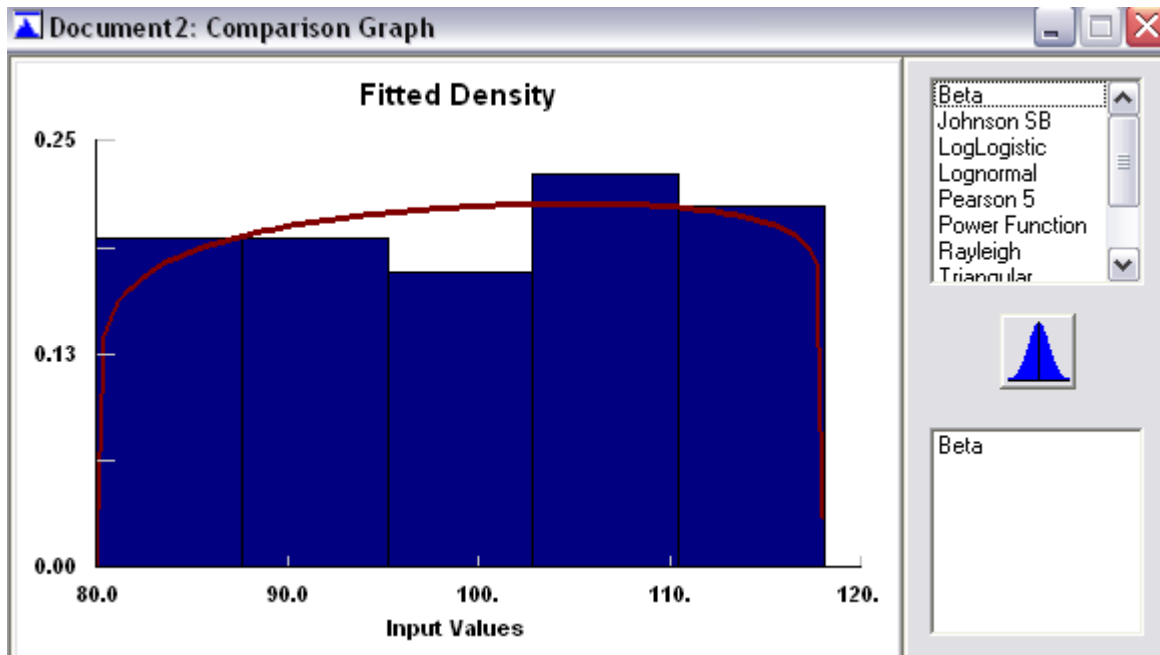
İşletmenin, ispanyolet üretimi için kullandığı ana hammadde, dışarıdan hazır olarak alınan sıcak haddelenerek işlenmiş 15,2mm*2,25 mm'lik çeliktir (işlenmiş çelik).

15,2*2,25 'lik haddelenmiş çelik hammaddesi, işletmenin yıllık hammadde alımlarının, tutar olarak %58'ini, miktar olarak %43-45 'ini oluşturmaktadır. Bu sebeple de A tipi bir stok kalemi olmaktadır. İşlenmiş çeliğin her hafta başında stokta kalan miktarı sayılmakta ve kaydedilmektedir. Sayım sonucuna göre de sipariş verilmesi veya verilmemesi kararı alınmaktadır. Bu sebeplerle stok kalemine uygulanan politika (R, s, S) Kontrol Modeline uymaktadır. Çalışmada bu modeldeki tüm maliyetler ile talebin ve tedarik süresinin dağılımları incelenmiş ve simülasyon ile modellenerek yeniden sipariş noktasının(s), stok yenileme noktasının (S) ne olması gerektiğine karar verilmiştir. Yeni bulunan parametre değerlerine ait ortalama haftalık maliyetse işletmenin kullandığı mevcut durum ile karşılaştırılmıştır.

İşlenmiş çelik, birer tonluk bobinler halinde satın alınmakta ve sayılarak depoya sokulmakta ve burada bekletilmektedir. Her hafta içinde üretime inen toplu iş emirlerine göre de, bu haliyle üretime sokulmaktadır. Üretimde, işlenmiş çeliğe prese girmeden önce doğrultma operasyonu uygulanmakta ardından da prese sokularak istenilen boylarda kesilmektedir. Kesildikten sonra tekrar doğrultularak kaplamaya gönderilmektedir. Kaplanılan çelik ise montaja verilmekte ve oradan da ispanyolet halini alarak satışa sunulmaktadır. İspanyolete olan talep olasılıklı olduğundan haddelenmiş çeliğe olan talep yapısı da bağımlı ve olasılıklı olacaktır. Çalışmada üretim bölümünün son 104 haftalık dönemde stoktan çekmiş olduğu işlenmiş çelik miktarları, talep olarak ele alınmış ve talebin yapısı incelenmiştir. Promodel programı içerisindeki istatistik modülü olan StatFit çıktıları Şekil 1 'deki gibidir. Şekilden de anlaşılacağı üzere haftalık talep yapısı beta dağılımına uymaktadır. Şekil 2'de de bu dağılıma uygunluğu grafik üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 1: Haftalık Talep Miktarlarının Dağılım Sonuçları



Şekil 2: Haftalık Talep Miktarlarının Beta Dağılımına Uygunluk Grafiği

Çelik, kalitesinin daha iyi olmasından dolayı Fransa'dan tedarik edilmekte ve tonu "750 Avro"ya mal olmaktadır. İşletme, işlenmiş çeliği, Fransa'dan denizyolu ile getirmekte ve tedarik süresi "1" ile "4" hafta arasında değişkenlik göstermektedir. Sipariş maliyeti ise "100 Avro" sabit maliyet ve ton başına "1 Avro" da değişken maliyetten oluşmaktadır

Sonuçta Q birim kadar bir siparişin maliyeti denizyolu kullanıldığında aşağıdaki gibi olacaktır.

$$C_s(Q) = \begin{cases} 100 + 1 \cdot (Q), & Q > 0 \\ 0, & Q = 0 \end{cases}$$

Ne kadar sipariş verileceği ise sayım sonucundaki gerçek stok x_n ile siparişi verilmiş fakat ulaşmamış Q_0 'ın toplamından oluşan stok düzeyine bakarak gerçekleştirilir. Modelde Q_0 sadece önceden siparişi verilmiş fakat o hafta içinde ulaşacak siparişleri ifade etmektedir. Örneğin tedarik süresi 4 hafta olan ve bir önceki hafta siparişi verilen işlenmiş çelik, ancak 3 hafta sonra depoya alınabileceğinden o haftaki stok düzeyinin hesaplanmasında kullanılmamıştır. Fakat aynı örnekte; tedarik süresi 1,3 hafta olsaydı, bu hafta içinde bir gün depoya gireceğinden Q_0 dikkate alınacaktır.

$$\begin{aligned} Q &= 0 & x_n + Q_0 &> s \\ Q &= S - x_n - Q_0 & x_n + Q_0 &\leq s \end{aligned}$$

Elde bulundurma maliyeti ise haftalık sayım sonucunda çıkan x_n ve gelecek olan Q_0 ile ilgili olacaktır. Elde bulundurma maliyeti olarak birim fiyatın %15 'i yıllık kabul edilmektedir. O takdirde o hafta oluşacak elde bulundurma maliyeti aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\begin{aligned} Ch &= \frac{x_n + Q_0}{2} \cdot (750 \cdot 0,15) / 52 & x_n + Q_0 &> 0 \\ Ch &= 0 & x_n + Q_0 &\leq 0 \end{aligned}$$

Dolayısıyla haftalık elde bulundurma maliyeti ton başına 2 Avro olarak gösterilebilir.

Talep meydana geldiğinde eldeki stok yeterli değilse, işletme yönünde stok tükenme veya bulundurmama maliyeti adı verilen bir maliyet ortaya çıkacaktır. Bu maliyet talebin bekletilmesine veya hızlı bir şekilde tedarik edilmesine, son olarak da talebin başka yerden karşılanmasına yani talebin kaybına sebep olacaktır. Çalışmada esas alınan stok tükenme maliyeti ikinci duruma göre incelenmiştir; yani talep, eldeki stoğu geçince hammadde normalden daha hızlı şekilde tedarik edilmektedir ve ek maliyete katlanılmaktadır. Bunun sebebi hammaddeye ait eksikliğin üretimi durduracağı veya üretim programını değiştireceği düşüncesidir. İşletme çeliği karayolu ile tedarik ettiğinde siparişler o hafta içinde gelebilmektedir. Sipariş başına ortalama 300 Avro ek bedel ödemektedir. Haftalık talep D_n ise, elde bulundurmama maliyeti $C(b)$ aşağıdaki gibi olacaktır.

$$C(b) = 300 \quad D_n > x_n + Q_0$$

Bu takdirde haftalık toplam maliyet

$$TC = [750(Q)] + [100 + (Q)] + \left[\frac{x_n + Q_0}{2} \cdot (750 \cdot 0,15) / 52 \right]$$

veya

$$TC = [750(Q)] + [100 + (Q)] + \left[\frac{x_n + Q_0}{2} \cdot (750 \cdot 0,15) / 52 \right] + 300 \quad D_n > x_n + Q_0$$

Şeklinde gerçekleşecektir.

Yukarıdaki maliyet fonksiyonu dikkate alınarak yapılan simülasyon uygulaması Ms Excel elektronik tablosu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle maliyet kalemleri ve başlangıç stoğunun girilebileceği hücreler Şekil 3'de görüldüğü gibi belirlenmiştir.

	A	B	C	D	E
1	HAMMADDE: ÇELİK (BİRİMİ: TON)				
2				SABİT	
3					
4	ELDE BULUNDURMA MALİYET (€)		2		
5	SİPARİŞ MALİYETİ (SABİT+Q*DEĞİŞKEN) (€)		100	1	
6	ELDE BULUNDURMAMA MAL. (€)		300		
7	ÇELİK BAŞLANGIÇ STOĞU (ADET)		170		
8	STOK YENİLEME NOKTASI (S) ADET		180		DEĞİŞKEN
9	YENİDEN SİPARİŞ NOKTASI (s) ADET		90		
10	SABİT BİRİM ÇELİK MALİYETİ (€)		750		

Şekil 3 Simülasyon Girdileri

Şekilde de görüldüğü üzere başlangıç stoğu 170 birimdir. Ayrıca işletmenin kullanmakta olduğu mevcut (R, s, S) stok kontrol politikası parametreleri de görülmektedir. İşletmenin yeniden sipariş noktası 90, yenileme noktası ise 180 olarak kullanılmaktadır.

Şekil 4’de elektronik tablo kullanılarak yapılan 52 simülasyon modelinin ilk 20 haftası görülmektedir. Şekil incelenecek olursa, ilk hafta eldeki stok miktarı 170 birimdir. Dolayısıyla herhangi bir siparişe gerek duyulmamaktadır. Hafta içerisinde oluşan talep 108 birimdir ve stok düzeyi 62 birime düşmüştür. Bir sonraki haftanın başında stok düzeyi yeniden sipariş noktasının altında kaldığından $180 - 62 = 118$ birim sipariş verilmiştir. Dikkat edilecek olursa “Tedarik Süresi” bir hafta olmuştur ve bir sonraki hafta yani üçüncü hafta stoğa girmiştir. Üçüncü hafta başında stok miktarı x_n sıfır olmasına rağmen, yolda gelen miktar Q_0 118 birim olduğundan ve o hafta içerisinde stoğa girdiğinden veya gireceğinden sipariş verilmemiştir. “Geri sayaç” sütunu ise sipariş verilen miktarın tedarik süresinin hangi hafta geleceğinin tespiti için kullanılmaktadır. Örneğin dördüncü hafta siparişi verilecek 166 birim ancak dört hafta sonra stoğa girecektir, dolayısıyla beşinci haftada geri sayaç “3” olarak gözükmemektedir. Tabloda bir kaç tane geri sayaç kullanmanın sebebi ise yolda olan sipariş durumunda dahi modelin sipariş verilebilme özelliğinden kaynaklanmaktadır. Modelde beş adet geri sayaç kullanmak yapılan denemeler sonucunda yeterli bulunmuştur çünkü bir anda maksimum beş adet siparişin yolda olabileceği görülmüştür. Tabi ki bu sayı modelin özelliğine göre artma veya azalma gösterebilir.

Şekil 4 ‘teki modelin işletmenin kullandığı stok kontrol politikasının sonuçlarını göstermesine rağmen elektronik tabloda Şekil 5’te görülen stok parametrelerine ilişkin denemeler programının arka planında yapılmaktadır. Şekil 5’te görüldüğü gibi 10×10 luk bir deneme matrisi oluşturulmuştur. Burada yeniden sipariş noktası 10,20,...,100 ve yenileme noktası 100,110,...,200 için model minimum maliyeti aramaktadır. Şekilde koyu olan 50×120 hücresi tek döngüdeki minimum maliyeti veren noktadır. Her döngüde 52 haftanın her hücre için simülasyonu yapılmakta ve ortaya çıkan yıllık toplam maliyet hafta sayısına bölünerek her hafta için ortalama maliyet hesaplanmaktadır.

M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
HAFTA	HAFTA BAŞLANGIÇ STOĞU (X _n)	GELEN MİKTAR Q ₀	TALEP MİKTARI	HAFTA SONU FİZİKİ STOĞU	HAFTA SONU GÖRECELİ STOĞU	TEDARİK SÜRESİ	GERİ BAYAÇ 1	YOLDA GELEN MİKTAR 1	TEDARİK SÜRESİ	GERİ BAYAÇ 2	YOLDA GELEN MİKTAR 2	TEDARİK SÜRESİ	GERİ BAYAÇ 3	YOLDA GELEN MİKTAR 3	TEDARİK SÜRESİ	GERİ BAYAÇ 4	YOLDA GELEN MİKTAR 4	TEDARİK SÜRESİ	GERİ BAYAÇ 5	YOLDA GELEN MİKTAR 5
1	170	0	108	62	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	62	0	115	0	-53	1	1	118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0	118	104	14	14	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	14	0	109	0	-95	-	-	-	4	4	166	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0	0	87	0	-87	3	3	180	-	3	166	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	0	0	91	0	-91	-	2	180	-	2	166	2	2	180	-	-	-	-	-	-
7	0	0	96	0	-96	-	1	180	-	1	166	-	1	180	4	4	0	-	-	-
8	0	526	100	426	426	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	3	0	-	-	-
9	426	0	98	328	328	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0	-	-	-
10	328	0	80	248	248	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	-	-	-
11	248	0	86	162	162	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-
12	162	0	80	82	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	82	0	108	0	-26	2	2	98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	0	0	81	0	-81	-	1	98	4	4	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	0	98	108	0	-10	-	0	-	-	3	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	0	0	116	0	-116	-	-	-	-	2	180	4	4	180	-	-	-	-	-	-
17	0	0	102	0	-102	2	2	180	-	1	180	-	3	180	-	-	-	-	-	-
18	0	180	118	62	62	-	1	180	-	0	-	-	2	180	-	-	-	-	-	-
19	62	180	118	124	124	-	0	-	-	-	-	-	1	180	-	-	-	-	-	-
20	124	180	88	216	216	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-

Şekil 4 Elektronik Tabloda Simülasyon Modeli

		Stok Yenileme Noktası (S)									
Yeniden Sipariş Noktası (s)	385	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
	10	334	352	338	345	359	349	382	348	370	424
	20	352	352	354	365	356	367	368	374	364	358
	30	367	348	357	352	366	365	353	379	392	358
	40	355	354	357	345	358	359	368	379	382	384
	50	351	329	379	363	348	378	381	370	406	353
	60	368	364	361	367	372	366	355	385	393	371
	70	348	369	367	359	374	389	385	366	374	383
	80	378	366	358	377	395	381	368	374	384	394
	90	354	375	365	367	366	377	374	372	373	369
100	376	363	383	364	375	358	369	391	394	400	

Şekil 5 Farklı Parametreler için Tek Döngüde Maliyet Tablosu

Çalışmada gerçekliği yakalamak ve doğru sonuca ulaşmak adına 5000 döngü uygulanmış ve her parametrenin kaç kez minimum maliyet verdiği Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere minimum değerler tablonun kuzey batı köşesinde toplanmıştır. Hatta işletmenin kullandığı 90*180 hücresi 5000 denemede hiç minimum değere ulaşamamıştır. Uygun değerler arasındansa 10*120 hüzesine ait parametreler 5000 denemede 1298 kez minimum değeri vermiştir. Tabi bu tablo sadece minimum değeri veren parametrenin o döngü için en iyi olduğunu gösterdiğinden, diğerlerine göre ne kadar iyi olduğunu gösterememektedir. Bu sebeple Şekil 7'de her parametre değeri için 5000 döngüde oluşan toplam maliyet Şekil 7'de verilmiştir. Şekilde de aynı sonuçların elde edildiği rahatlıkla görülebilir. Dolayısıyla toplam maliyet yönünden de kıyaslandığında 10*120 hücresi en iyi sonucu vermektedir. Şekil 8 ise 5000 döngü sonunda oluşan haftalık ortalama stok maliyetini vermektedir. İşletmenin mevcut politikasına göre, yeniden sipariş noktası 90, yenileme noktası 180 olduğunda haftalık ortalama stok maliyeti 378 Avro olmaktadır. Modelin bulduğu 10*120 noktası ise haftalık ortalama stok maliyetini 340 Avroya kadar indirmiştir. Dolayısıyla yeniden sipariş noktası 10 birim, yenileme noktası 120 birim kabul edildiğinde haftalık stok maliyetlerinde %10 'luk bir iyileşme görülmektedir.

	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
10	839	1.298	383	106	26	7	1	2	6	4
20	335	633	222	83	16	3	2	1	0	5
30	81	283	102	42	8	4	1	2	2	4
40	35	80	45	29	5	4	2	0	0	0
50	19	49	19	14	8	3	1	0	1	3
60	18	30	8	6	5	2	1	0	1	1
70	10	13	6	0	1	2	2	0	0	0
80	3	9	2	1	1	1	0	0	0	0
90	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 6 “5000” Döngü Sonunda Minimum Parametre Değerleri

	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
10	1.723.675	1.701.670	1.732.999	1.755.260	1.785.052	1.813.563	1.835.238	1.865.523	1.889.115	1.882.683
20	1.752.128	1.716.393	1.744.198	1.758.233	1.786.816	1.815.788	1.837.912	1.866.333	1.893.932	1.893.058
30	1.783.936	1.736.770	1.756.311	1.768.641	1.788.677	1.816.063	1.839.052	1.868.379	1.896.238	1.899.597
40	1.796.683	1.764.084	1.773.174	1.780.741	1.796.558	1.817.797	1.840.476	1.869.642	1.894.302	1.901.607
50	1.805.127	1.776.898	1.791.275	1.796.721	1.808.040	1.825.647	1.842.601	1.869.765	1.894.960	1.903.591
60	1.814.716	1.791.383	1.806.403	1.815.231	1.822.560	1.835.423	1.850.166	1.870.558	1.893.179	1.905.573
70	1.826.787	1.809.687	1.823.657	1.827.403	1.838.182	1.848.102	1.859.120	1.874.947	1.891.542	1.908.951
80	1.842.020	1.829.443	1.846.350	1.849.331	1.855.120	1.864.555	1.871.105	1.881.594	1.893.560	1.912.137
90	1.862.639	1.849.265	1.869.605	1.874.011	1.874.551	1.881.620	1.890.207	1.892.126	1.899.232	1.914.697
100	1.881.124	1.865.654	1.888.045	1.891.465	1.893.910	1.898.339	1.905.516	1.912.661	1.913.097	1.919.261

Şekil 7 “5000” Döngü Sonunda Oluşan Toplam Maliyet

	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
10	345	340	347	351	357	363	367	373	378	377
20	350	343	349	352	357	363	368	373	379	379
30	357	347	351	354	358	363	368	374	379	380
40	359	353	355	356	359	364	368	374	379	380
50	361	355	358	359	362	365	369	374	379	381
60	363	358	361	363	365	367	370	374	379	381
70	365	362	365	365	368	370	372	375	378	382
80	368	366	369	370	371	373	374	376	379	382
90	373	370	374	375	375	376	378	378	380	383
100	376	373	378	378	379	380	381	383	383	384

Şekil 8 Haftalık Ortalama Maliyetler

SONUÇ

Bu çalışmada, ispanyolet üreten bir işletmenin A tipi stok kalemi olan “işlenmiş çelik” hammaddesi ele alınmıştır. Stok kalemine ait kontrol politikası, literatürde optimum sonucu veren politika olarak bilinen (R,s,S) yani opsiyonlu yenileme (**optional replenishment**) modeli olarak kullanılmaktadır. Bu politika kullanım olarak optimum sonucu vermesine rağmen uygulamada parametrelerinin belirlenmesinin güçlüğü sebebiyle verimli biçimde kullanılamamaktadır. Buradan yola çıkarak çalışma kapsamında, sadece bir kalem hammadde için değil herhangi bir işletmede hammadde olsun, yarımamul olsun veya mamul olsun her stok kontrol kalemi için kullanılabilir ortak bir elektronik tablo hazırlanmıştır. Uygulamaya konu olan stok kaleminin “haftalık ortalama maliyetleri” kıyaslanmış ve bunu yaparken hem talebin hem de tedarik süresinin rassal dağıldığı bir sistem oluşturulmuştur. Kullanılan mevcut parametreler kıyaslanmış ve maliyet yönünden en düşük nokta olan 10*120 bulunmuştur. Bu noktanın çıkmasının sebebi, sipariş maliyetinin yüksek olması ve elde bulundurma maliyetinin de ciddi büyüklükte olmasından kaynaklanmaktadır. Bu maliyetler değiştiğinde tabii ki parametreler direkt olarak değişecek ve yeni sipariş noktası ile yenileme noktalarına ulaşılacaktır. Çalışmada gözardı edilen tek husus, sipariş sayısı ve kaç defa elde bulundurmamaya karşı karşıya kalındığıdır. İleride yapılabilecek çalışmalarda bu noktalarında üzerinde durulması fayda sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- ARROW, K.J., HARRIS, T., ve MARSCHAK J., 1951, “*Optimal Inventory Policy*”, *Econometrica*, Volume:19, S: 250-272
- BUCHAN, J., KOENIGSBERG, E., 1966, **Scientific Inventory Management**, New Delhi, Prentice-Hall of India Private Limited.
- EHRHARDT, R., 1979, “*The Power Approximation for Computing (s,S) Inventory Policies*”, *Management Science*, Volume: 30-5, s: 777-786.
- EHRHARDT, R., 1984, “*(s,S) Policies for a Dynamic Inventory Model with Stochastic Lead Times*”, *Operations Research*, Volume: 32-1, s: 121-132.
- EHRHARDT, R., MOSIER, C., 1984, “*Revision of the Power Approximation for Computing (s,S) Policies*”, *Management Science*, Volume: 30-5, s: 618-622.
- YIN, K. Karen, LIU, Hu ve JOHNSON, Neil E., 2002, “*Markovian Inventory Policy with Application to the Paper Industry*”, *Computers and Chemical Engineering*, Volume: 26, s: 1399-1413.
- KÖCHEL, P., NIELANDER, U., 2005, “*Simulation-Based Optimisation Of Multi Echelon Inventory Systems*”, *Int.J. Production Economics*, Volume: 93-94, s: 505-513.
- LARSON, C.Eric, OLSON, Lars J., SHARMA, Sunil, 2001, “*Optimal Inventory Policies When The Demand Distribution is not Known*”, *Journal of Economic Theory*, Volume: 101, s: 281-300.
- NADDOR, E., 1975, “*Optimal and Heuristic Decision in Single and Multi-Item Inventory Systems*”, *Management Science*, Volume: 21-11, s: 1234-1249.
- NIELSEN, Christina, LARSEN, Christina, 2005, “*An Analytical Study of the Q(s,S) policy applied to the joint replenishment problem*”, *European Journal of Operational Research*, Volume: 163, s: 721-732.
- ÖZÇAKAR, Necdet, İbrahim Zeki AKYURT, 2007, “*Stokastik (R,s,S) ve Stokastik (R,S) Stok Kontrol Politikalarının Poliüretan Sektöründe Markow Karar Süreci Yardımıyla Karşılaştırılması*” **İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Dergisi**, Yıl:18, Sayı:56, s: 10-23
- RABTA, Boualem, AISSANI, Djamil, 2005, “*Strong Stability in an (R,s,S) inventory model*”, *Int.J. Production Economics*, Volume: 97, s: 159-171.
- SCHNEIDER, H., 1978, “*Methods for Determining the Re-Order Point of an (s,S) Ordering Policy When a Service Level is Specified*”, *Journal of the Operation Research Society*, Volume: 29(12), s: 1181-1193.
- SEZEN, Hayrettin Kemal, ERDOĞMUŞ, Şenol, 2005, “*Envanter Politikası Belirlemede Benzetim Uygulaması*”, **7. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu**, İstanbul Üniversitesi.
- SILVER, Edward A, PYKE, David F. ve PETERSON, Rein, 1998, **Inventory Management and Production Planning and Scheduling**, The United States of America, John Wiley & Sons, Third Edition.
- ZHENG, Yu-Sheng, FEDERGRUEN, A., Jul/Aug. 1991, “*Finding Optimal (s,S) Policies is About as Simple as Evaluating a Single Policy*”, *Operations Research*, Volume: 39-4, s: 654-665.