

## MRP TABANLI STOK YÖNETİMLERİ İÇİN TALEP DEĞİŞİMİNE DUYARLI DİNAMİK QR MODELİ

Lütfi APİLİOĞULLARI\*

### Öz

İmalat endüstrisindeki en önemli konulardan biri malzeme stok yönetimi ve optimizasyon konusudur. Birçok üretim işletmesinde, dinamik ortamlar için uygun olmayan mevcut malzeme planlama algoritmasının kullanılması nedeniyle depolarında fazla ve eski malzemeler görülebilir. Bu sonuç, şirketlerin iş sonuçlarını olumsuz yönde etkiler. İşletme sermayesi stoklara bağlandığı için gerektiğinde kullanılamaz, operasyon maliyetler artar ve üretim zamanı uzar.

Klasik malzeme ihtiyaç planlaması (MRP: Material Requirement Planning) yazılımlarında çalışan statik EOQ (Ekonomik Sipariş Miktarı) modelleri, talebin sabit ve öngörülebilir olduğu durumlarda stok yönetiminde uygun bir alternatif olabilmektedir. Ancak talep değişkenliği karşısında her zaman çok doğru sonuçlar üretememekte ve stok seviyeleri istenilen seviyelere indirgenememektedir. Bu durum karşısında işletmelerin, her defasında doğru sipariş miktarını belirleyebilmeleri için MRP sistemlerinden talep değişimini sürekli izlemeleri ve gerektiği anlarda malzemelerin sipariş miktarları ve yeniden sipariş verme seviyelerini sürekli olarak güncellemeleri gereklidir. İşletme stoklarında binlerce malzeme olduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu sürecin insan emeği ile yapılabilmesi pek olanaklı gözükmemektedir.

Bu çalışmada, malzeme ihtiyaç planlama sürecinin talep değişkenliğine karşı daha duyarlı olmasını sağlayacak akıllı ve dinamik bir model algoritması önerilmiştir. Önerilen modelin analitik formülleri çıkarılmış, bilgisayar ortamında simülasyonları yapılarak geçerliliği test edilmiş ve modelin doğru sonuçlar ürettiği gözlenmiştir. Çalışma sonucunda stok seviyelerinin, MRP sistemleri arkasında çalışacak dinamik ve akıllı algoritmalar üzerinden aşağı alınabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Dinamik EOQ, MRP Algoritması, Stok Yönetimi.

\* Dr. Öğr. Üyesi, Fenerbahçe Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Lutfi.apiliogullari@leanofis.com Orcid No: 0000-0003-3389-9094

Makale Gönderilme Tarihi: 22 Nisan 2020 Makale Kabul Tarihi: 4 Ekim 2020  
Makale Türü: Araştırma Makalesi

---

---

## A DYNAMIC QR MODEL SENSITIVE TO DEMAND CHANGE FOR MRP-BASED STOCK MANAGEMENT

---

---

Lütfi APİLİOĞULLARI

---

---

### **Abstract**

One of the main issues in manufacturing industry is materials stock management and optimization subject. In many manufacturing businesses it can have seen excess and obsolete materials in their warehouse due to using of existing materials planning algorithm that is not suitable for dynamic environments. This result affects company's business results in a negative way. It causes working capital to be spent on stocks, increasing operating costs and production time.

Static eoq (Economic Order Quantity) models running in classic material requirement Planning (MRP) software can be a suitable alternative to inventory management when demand is constant and predictable. But in the face of demand variability, it cannot always produce very accurate results and inventory levels cannot be reduced to the desired levels. In the face of this situation, businesses need to constantly monitor the change in demand from MRP systems and constantly update the order quantities and reorder levels of materials when necessary, so that they can determine the correct order quantity each time. Considering that there are thousands of materials in the operating stocks, it seems unlikely that this process can be done with human labor.

In this study, an intelligent and dynamic model algorithm has been proposed that will allow the material needs planning process to be more sensitive to demand variability. Analytical formulas of the proposed model were extracted, their validity was tested by performing simulations in a computer environment, and it was observed that the model produced accurate results. As a result of the study, it was concluded that stock levels can be lowered through dynamic and intelligent algorithms that will work behind MRP systems.

**Keywords:** Dynamic EOQ, MRP Algorithm, Stock Management

### **Giriş**

Malzeme ihtiyaç planlaması ve stok yönetimi konusu üretim endüstrisi işletmelerinin sıkı takip ettiği konuların başında gelmektedir. Sürekli değişen

ve öngörülemeyen müşteri beklentilerine zamanında/hızlı cevap verebilmek için bazı malzemelerin sürekli stoklarda olması istenirken; operasyonel verim ve karlılık açısından ise malzeme stoklarının olabildiğince az olması gereklidir (Apilioğulları, 2017). Bir paradoksa benzeyen bu sürecin etkin yönetimi, günümüz rekabet koşullarında giderek daha fazla önem arz etmektedir.

Günümüz üretim işletmelerinde bu sürecin etkin yönetilebilmesi için MRP (Material Requirement Planning) yazılımlarından faydalanılmaktadır (Massahian ve Godichaud, 2014). Bu yazılımların temel çalışma prensibi malzeme stok miktarının belirlenen seviyenin altına düştüğünde (RoP: Reorder Point), tanımlanan kadar siparişin (Q: Order Quantity) otomatik olarak sistem tarafından açılması konseptine dayanır (Apilioğulları, 2010). QR politikası olarak tanımlan bu sistemde ana tema stok seviyesi 'R' nin altına düştüğünde 'Q' kadar siparişin açılmasıdır (Sarkar, 2012).

QR stratejisinin etkin çalışabilmesi için MRP sistemine her malzeme için 'Q' ve 'R' değerlerinin girilmesi; girilmesi için hesaplanması/belirlenmesi gereklidir. Hesaplama ya da belirleme kapsamında temelde iki tür yaklaşım vardır: 1.Sezgisel, 2.Analitik yaklaşım. Sezgisel yaklaşım deneyimler ve tahminler sonucunda elde edilen varsayımlar ile elde edilir. Ancak, yanılma payı oldukça yüksektir. Analitik yaklaşımda ise gelecek tahminlemesi ve sisteme girilecek 'Q' ve 'R' değerleri matematiksel modellemeler üzerinden yapılır (Levi ve Kaminski, 2014). Örneğin, işletme açısından optimum sipariş miktarının bulunabilmesi için  $Q = \sqrt{\frac{2KD}{h_c}}$  formülünden; yeniden

sipariş seviyesinin belirlenebilmesi için  $RoP = \frac{K}{360} \times LT$  formüllerinden faydalanılır (Apilioğulları, 2010). Analitik yöntemlerle sezgisel yöntemlere göre daha çok tutarlı sonuçlar elde edilir. QR politikasının MRP sistemi üzerinden etkin bir şekilde yürütülmesi için Q ve R miktarlarının doğru olması ilk koşuldur. Çünkü MRP sistemine hangi miktar tanımlanmış ise sistem o kadarlık sipariş açar. QR politikası için gerekli olan ikinci ön koşul ise değişen talepler doğrultusunda değişim gösteren Q ve R miktarlarının güncellenerek MRP sistemine yeniden tanımlanmasının gerekliliğidir. Eğer sisteme bir müdahalede bulunulmaz ise MRP sistemi sürekli olarak önceden tanımlanmış Q ve R değerleri üzerinden süreci yönetir. Ancak, Q ve R hesaplanmasında kullanılan ve formülü etkileyen bileşenler zamanla değişir. Bunun sonucunda Q ve R değerleri de değişim gösterir. Örneğin, 'Q' hesaplaması formülündeki 'K: Talep' miktarının değişken olması doğrudan 'Q' sipariş miktarının değişimine neden olmaktadır.

Ancak, MRP sistemleri 'Q' hesaplamasını malzeme sisteme tanıtılırken bir defaya mahsus yapmakta, ilerleyen dönemlerdeki sipariş miktarlarını talep dalgalanmalarındaki değişimleri göz önüne almadan ilk sefer yapılan hesaplamadaki değerler (yeniden sipariş seviyesi ve sipariş miktarı) üzerinden belirlemektedir. Bunun sonucunda 'Q' sipariş miktarı talep değişkenliğine karşı duyarlı olamamakta, sürekli ve sabit olarak ilk hesaplanan değerler üzerinden sipariş açmakta ve bu durum stok azlığına ya da fazlalığına sebep olabilmektedir. Bu durumun etkisini azaltmak için malzeme planlamacılar zaman zaman manuel yöntemlerle malzemelerin Q ve R değerlerini değiştirmek istese de bazı işletmelerde binlerce malzeme olduğu düşünüldüğünde bu sürecin insan gücü ile sağlıklı ve efektif yapılabilmesi pek olanaklı değildir (Eynan ve Kropp. 2007).

İşletmelerin bu sorununu çözebilmek ve stok miktarlarını olması gereken seviyelerde tutabilmeleri için MRP sisteminin sürekli güncel Q ve R değerleriyle çalışır durumda olması gereklidir. Bunun için de MRP sisteminin her malzemenin Q ve R değerlerini değişen koşullar altında sürekli güncellemesi gereklidir. Bu da ancak MRP sisteminin arkasında otomatik çalışacak bir algoritma ile gerçekleştirilebilir.

Değişime etki eden talep (K), sipariş maliyeti (D), teslimat süresi (LT), stok maliyeti (hc) gibi birçok faktör vardır. Bu çalışmada değişime en kolay/sık etki eden talep dalgalanmaları (K) karşısında (diğer faktörler bu çalışmada sabit kabul edilmiştir) güncel Q değerini hesaplayarak, her sipariş döneminde güncel Q değerine göre sipariş bilgisi veren bir algoritma modeli önerisinde bulunulmuş, model excel üzerinde simülasyona tabi tutularak çalışırılığı test edilmiştir. Önerilen algoritmanın MRP sistemine entegre edilmesi ile MRP sistemi her yeniden sipariş seviyesine gelindiğinde; geçmiş verileri baz alarak güncel Q ve R değerlerini kendisi hesaplayabilir ve insan müdahalesine gerek kalmadan doğru Q seviyeleriyle siparişler açılarak, stok yönetiminde düzenleme yapılabilir.

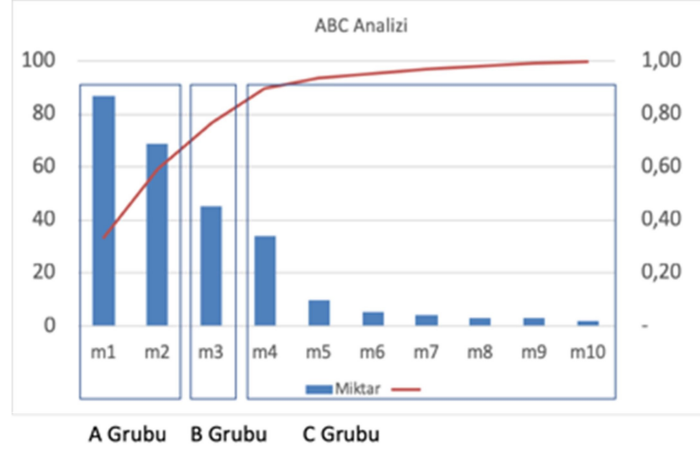
### **1. Malzeme Planlama ve Ekonomik Sipariş Miktarı**

Malzeme planlaması her malzeme grubu için farklı şekilde yapılır. Her üründe olan ya da çok sık kullanılan bir malzeme ile oldukça nadir kullanılan bir malzemenin stok planlaması aynı şekilde yapılmaz. Malzemenin kullanım sıklığı, paha değeri, hacmi gibi faktörlerin malzeme planlama sürecinde etkileri vardır.

Bu çalışmada tüketim miktarı kriterine göre tedarik edilen malzeme grupları için irdelemelerde bulunulmuştur.

#### **1.1 ABC Analizi**

İşletme içinde kullanılan malzemeleri gruplamak için farklı yöntemler kullanılır. ABC analizi malzemelerin tüketim miktarına göre gruplandırılması yöntemidir. ABC analizinde malzemeler pareto analizi ile üç ana gruba ayrılırlar: A, B ve C grupları (Levi ve Kaminski, 2014).



Şekil 3: Pareto Yöntemiyle ABC Analizi

**A Grubu:** Toplam miktarın ilk yüzde 60'ına giren, kullanımı çok sık ve her zaman işletme stoklarında olması beklenen malzemelerdir. Bu malzemeler 'çok kullanılan (high runner)' olarak tanımlanır.

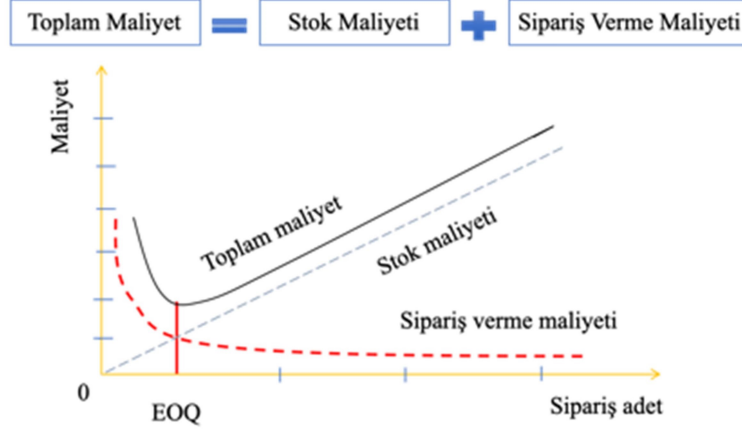
**B Grubu:** Bu gruba giren pareto analizinde yüzde 60 ile yüzde 80 arasında oluştururlar. Ne çok sık ne de oldukça az kullanılırlar. Bu gruba giren malzemeler 'tekrar eden (repeater)' olarak tanımlanırlar ve stoklarda olup, olmaması işletme stratejisine göre değişkenlik gösterebilir.

**C Grubu:** Siparişe bağımlı olarak nadiren ya da çok az kullanılan malzemelerdir. Bu malzemeler genelde stoklarda bulundurulmaz. Siparişe göre tedarik edilirler ve 'az kullanılan (stranger)' olarak tanımlanırlar).

## 1.2 Ekonomik Sipariş Miktarı (EOQ)

A grubu malzemeler her daim stokta bulunması gereken, düzenli tedarigi olan malzemelerdir. Bu gruba giren malzemelerin stok pozisyonlaması ve tedarik etme stratejilerinin operasyonel karlılığa doğrudan etkisi vardır (Levi ve Kaminski, 2014). Gerek malzemeyi gereğinden fazla almamak gerekse satın alma maliyetlerini asgari düzeye çekebilmek için bu sürecin optimum seviyelerde yönetilmesi gerekir (Ghasemi ve Nadjafi, 2013) Tedarik sürecinde satın alma süreci maliyeti iki bileşenden oluşur: 1. Stok maliyeti,

2. Sipariş verme maliyeti. Her iki maliyetin toplamı gerçek maliyeti oluşturur. İdealde toplam maliyetin en düşük olduğu yer ekonomik sipariş verme miktarı olarak tanımlanır ve EOQ ile gösterilir (Hossein ve Hosein, 2020).



Şekil 4: Ekonomik Sipariş Miktarı (EOQ)

Ekonomik sipariş miktarı hesaplamasında kullanılan notasyonlar Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo 13: Notasyonlar

$K$	Dönemsel talep
$D$	Birim sipariş verme maliyeti
$h_c$	Birim stok elde tutma maliyeti
$Q$	Ekonomik sipariş miktarı (EOQ: Economical Order Quantity)
STM	Stokta tutma maliyeti
SVM	Sipariş verme maliyeti

STM (Carrying Cost), elde tutma maliyeti (holding cost) ve malzemenin stokta ne kadar süre kaldığı ile ilintilidir. Stok miktarı arttıkça stokta tutma

maliyeti de artar. Her seferinde Q miktarında sipariş verilir; stok miktarı sifıra indiğinde yeniden Q miktarında sipariş açılacağı düşünülürse ortalama stok miktarı  $(Q+0) / 2$  formülünden  $Q/2$  olduğu hesaplanır. Ortalama stok, elde tutma maliyeti ile çarpılarak stokta tutma maliyeti hesaplanır.

$$STM = \frac{Q}{2} x h_c \quad (2.1)$$

SVM (Ordering Cost), kaç defa sipariş verildiği ve D ile ilintilidir. Sipariş miktarı artıkça sipariş verme maliyeti azalır.

$$SVM = \frac{K}{Q} x D \quad (2.2)$$

Birçok firma sipariş verme maliyetlerini aşağı çekebilmek için sipariş büyüklüğünü artırır. Ancak bu yöntem aynı zamanda stok miktarını da artıracığı için stokta tutma maliyetleri de artar. Bu durumun tam aksi durumda yani siparişin küçük ve çok sık verilmesi durumunda stokta tutma maliyetleri azalırken, sipariş verme maliyetleri artar. Bu nedenle ekonomik sipariş miktarı her iki maliyetin eşit olduğu ya da toplam maliyetin en düşük olduğu yer olarak tanımlanır.

$$SVM = STM$$

$$\frac{K}{Q} x D = \frac{Q}{2} x h_c$$

$$Q = \sqrt{\frac{2KD}{h_c}} \quad (2.3)$$

Literatürde, ekonomik sipariş miktarı ve dinamik modelleme üzerine oldukça çalışma yapılmasına karşın MRP arkasında çalışacak talep değişimine duyarlı akıllı algoritma tasarımı üzerine çok fazla sayıda çalışmaya rastlanmamıştır. Agarwal (2014), çalışmasında sabit periyot, sabit miktar üzerine hibrid model çalışmaları yapmış ancak önerilen sistemin değişime karşı duyarlılığına değinmemiştir. Ghasemi (2013) ise sipariş miktarının değişimini stokun elde tutulması açısından; Chang (1999) talep değişiminin sipariş miktarına etkisini irdelemiş, süreci formülize etmiş ancak MRP ile ilişkisine değinmemiştir.

## 2. Önerilen Algoritma

Model önerilmeden önce gerekliliğinin araştırılması sürecinde MRP kullanan otuz üretim işletmesi malzeme planlama yöneticisi ile birebir görüşmeler yapılmış ve şu sorular sorulmuştur.

### 2.1 Anket Soruları ve Değerlendirmesi

Ankette toplam üç soru sorulmuştur. EOQ hesaplamasını nasıl yapıyorsunuz? Sezgisel / Analitik

MRP de EOQ güncellemesi yapılıyor mudur? Yapılıyor ise MRP sistemi kendisi mi güncelliyor yoksa siz manuel mi yapıyorsunuz? MRP sisteminizin otomatik olarak EOQ değerini hesaplamasını ve bunu her sipariş öncesi güncel analitik sonrasında kendiliğinden yapmasını ister miydiniz? Kesinlikle evet, olabilir, gerek yok.

Otuz farklı işletmede yapılan anket sonuçlarına göre işletmelerin yirmi dört tanesinde analitik EOQ hesaplaması yapmadan, sezgisel yaklaşımlar üzerinden MRP sistemine yeniden sipariş seviyesi (RoP) ve sipariş miktarı (order quantity) bilgisini girmekte olduğu, geri kalan altı işletmenin EOQ hesaplamasının MRP sistemi üzerinden analitik olarak yapıldığı; EOQ ve yeniden sipariş seviyesi güncellemesinin hiçbir işletmenin MRP'sinde otomatik yapılmadığı, sadece 3 işletmede düzenli aralıklar ile bu işlemin manuel olarak yapıldığı; EOQ güncellemesinin otomatik olarak sistem tarafından yapılabilmesinin olumlu olacağı izlenimi edinilmiştir. Her işletme MRP sisteminin otomatik olarak EOQ hesabı yapması sorusuna evet cevabı vermiştir. Buradan çıkan sonuca göre otomatik EOQ hesaplaması yapan bir algoritmanın bir gereksinim olduğu görülmektedir.

### 2.2 Önerilen Algoritmanın Çalışma Prensipleri

Algoritmanın temelinde her sipariş verme sürecinde Q ve R değerlerinin, dinamik olarak yeniden hesaplanması mantığı yatmaktadır. Sistem bir tahmin ya da bir hesaplama dayalı elde edilen referans veriler ile sürece başlamaktadır. Zaten normal şartlarda da MRP sistemlerine bir defa girilen Q ve R değerlerinin hesaplanmasında kullanılan K değeri için öngörülebilir bulunularak hesaplamalar yapılmaktadır. O nedenle algoritmanın başlangıç değeri ile normal şartlarda elde edilen Q ve R değerleri arasında fark yoktur.

Algoritmanın en önemli karakteristiği başlangıçta stokta Q kadar bulunan malzeme miktarının tüketim sonucunda yeniden sipariş verme seviyesine düştüğünde, bir sonraki siparişi açmadan önce o zamana kadar olan gerçek tüketim miktarına göre ortalama günlük tüketimi hesaplaması, günlük tüketimi 360 ile çarparak (bir yıl 360 alınmıştır) yeni yıllık talep miktarını (Kn) hesaplaması ve yeni Kn değerine göre açılacak yeni sipariş seviyesi



( $Q_n$ ) ile bir sonraki yeniden sipariş açma seviyesi değerlerinin hesaplamasıdır. Algoritma bu işlemi her yeniden sipariş açma döneminde, o ana kadar olan tüm geçmiş verileri kullanarak hesaplama yaptığı için her yeni sipariş döneminde daha doğru sonuçlar üretebilmektedir.

Modelde kullanılan notasyonlar Tablo 2’de belirtilmiştir.

Tablo 2: Algoritmada Kullanılan Notasyonlar

$K_n$	Dönemsel talep (başlangıç ön görüşü $K_0$ , ilerili dönem hesaplamaları $K_n$ )
$Q_n$	Dönemsel ekonomik sipariş miktarı (başlangıç öngörüsü $Q_0$ , ileriki dönem hesaplamaları $Q_n$ )
	$Q_0 = \sqrt{\frac{2K_0D}{h_c}}$
$D$	Birim sipariş verme maliyeti (bu çalışmada değişmediği varsayılmıştır)
$h_c$	Birim stok elde tutma maliyeti (bu çalışmada değişmediği varsayılmıştır)
$RoP_n$	Dönemsel yeniden sipariş verme miktarı (başlangıç hesaplaması $RoP_0$ , ilerili dönem hesaplamaları $RoP_n$ )
	$RoP_0 = \frac{K_0}{360} \times LT$
$t_0$	Sürecin başlatıldığı ilk referans tarih.
$t_n$	Dönem için stok miktarının yeniden sipariş verme seviyesine düştüğü tarih.
$\Delta t_n$	Toplam geçen süre $\Delta t_n = t_n - t_0$
$dc_n$	Dönemsel günlük tüketim miktarı
$LT$	Sipariş verme ile gelmesi arasında geçen süre (bu çalışmada sabit alınmıştır)



ile  $\Delta t_1$  zamanına kadar olan tüketimi hesaplar. İlk periyod içinde gerçekleşen  $dc_1$  günlük tüketim miktarını hesaplar.

$$dc_1 = \frac{(Q_0 - RoP_0)}{\Delta t_1} \quad (3.3)$$

Bir sonraki dönemler için geçerli olan  $dc_0$  değeri için yine benzer işlem uygulanır. Başlangıç anı  $t_0$  zamanından  $t_n$  anına kadar olan süre  $\Delta t_n = t_n - t_0$  formülüyle; toplam tüketim miktarı ise o ana kadar olan tüm tüketimlerin toplanması ile elde edilir. Toplam tüketimin, toplam zamana bölünmesi ile güncel  $dc_n$  (günlük tüketim miktarı) hesaplanır.

$$dc_2 = \frac{(Q_0 + Q_1 - RoP_1)}{\Delta t_2}$$

$$dc_3 = \frac{(Q_0 + Q_1 + Q_2 - RoP_2)}{\Delta t_3}$$

$$dc_n = \frac{(Q_0 + Q_1 + \dots + Q_{n-1} - RoP_{n-1})}{\Delta t_n} \quad (3.4)$$

Buradan yola çıkarak  $dc_n$  genel formülü aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$dc_n = \frac{(\sum_{i=0}^{n-1} Q_i) - RoP_{(n-1)}}{\Delta t_n} \quad (3.5)$$

Bulunan değer 360 (bir yıl 360 gün alınmıştır) ile çarparak bir sonraki periyod için kullanılacak yıllık yeni tüketim miktarı olan  $K_n$  hesaplanır.

$$K_1 = dc_0 \times 360 \quad (3.6)$$

Buradan yola çıkılarak  $K_n$  aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$K_n = \frac{(\sum_{i=0}^{n-1} Q_i) - RoP_{(n-1)}}{\Delta t_n} \times 360 \quad (3.7)$$

Bu periyotta (ve diğer tüm periyotlarda) 'D', ' $h_c$ ' ve 'LT' değişkenlerinin sabit olduğu varsayılarak yeni hesaplanan  $K_n$  değerine göre ilgili periyodun  $Q_n$  seviyesi aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2K_1 D}{h_c}}$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2K_1 D K_0}{h_c K_0}}$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2K_0DK_1}{h_cK_0}}$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2K_0D}{h_c}} \sqrt{\frac{K_1}{K_0}}$$

$$Q_1 = Q_0 \sqrt{\frac{K_1}{K_0}} \quad (3.8)$$

Buradan yola çıkarak n. periyod için gerekli olan  $Q_n$  hesaplaması aşağıdaki şekilde formülize edilebilir.

$$Q_n = Q_0 \sqrt{\frac{K_n}{K_0}} \quad (3.9)$$

$K_n$  ve  $Q_n$  hesaplandıktan sonra yeni dönem için yeniden sipariş seviyesi hesaplanmalıdır. Bunun için aşağıdaki formül kullanılır.

$$RoP_0 = dc_0 x LT$$

$$RoP_1 = dc_1 x LT$$

$$\frac{RoP_0}{RoP_1} = \frac{dc_0 x LT}{dc_1 x LT}$$

$$RoP_1 = \frac{dc_1 x RoP_0}{dc_0}$$

$$RoP_1 = \frac{dc_1 x RoP_0}{K_0/360}$$

$$RoP_1 = \frac{(K_1/360) x RoP_0}{K_0/360}$$

$$RoP_1 = \frac{K_1}{K_0} x RoP_0 \quad (3.10)$$

Buradan yola çıkarak n. periyod için gerekli olan  $RoQ_n$  hesaplaması aşağıdaki şekilde formülize edilebilir.

$$RoP_n = \frac{K_n}{K_0} x RoP_0 \quad (3.11)$$

MRP sistemi hesaplanan  $Q_1$  değerine göre sipariş açar ve yeni sipariş dönemi  $Q_2$  hesaplaması, stok miktarı  $RoP_1$  seviyesine düşüncüye kadar başlamaz. Stok miktarı yeniden sipariş seviyesinin altına düştüğünde sistem  $t_2$  tarihini kayıt altına alır,  $\Delta t_2 = t_2 - t_0$  hesaplaması ile  $Q_0$  seviyesinden  $RoP_1$  seviyesine kadar geçen süreyi;  $(Q_0 + Q_1 - RoP_1)$  hesaplaması ile  $\Delta t_2$  zamanına içinde olan tüketimi hesaplar. Bu periyod içinde gerçekleşen  $dc_1$  günlük tüketim miktarını aşağıdaki formüle göre hesaplar.

$$dc_1 = \frac{(Q_0 + Q_1 - RoP_1)}{\Delta t_2} \quad (3.12)$$

Bulunan değeri 360 ile çarparak bir sonraki periyod için kullanılacak yıllık yeni tüketim miktarı olan  $K_2$ 'yi hesaplar.

$$K_2 = dc_1 \times 360 \quad (3.13)$$

İleriki periyodlar için gerekli olan  $K_n$  hesaplamaları aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$K_1 = \frac{(Q_0 - RoP_0)}{\Delta t_1} \times 360$$

$$K_2 = \frac{(Q_0 + Q_1 - RoP_1)}{\Delta t_2} \times 360$$

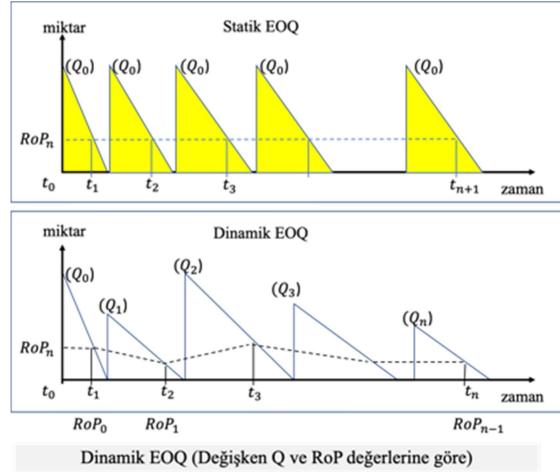
$$K_n = \frac{(Q_0 + Q_1 + \dots + Q_{(n-1)} - RoP_{(n-1)})}{\Delta t_n} \times 360$$

$$K_n = \frac{(\sum_{i=0}^{n-1} Q_i) - RoP_{(n-1)}}{\Delta t_n} \times 360 \quad (3.14)$$

Hesaplanan  $K_2$  değerine göre bir sonraki periyod  $Q_2$  ve  $RoP_2$  seviyesi aşağıdaki formüllere göre hesaplanır.

$$Q_2 = Q_0 \sqrt{\frac{K_2}{K_0}} \quad (3.15)$$

$$RoP_2 = \frac{K_2}{K_0} \times RoP_0 \quad (3.16)$$



Şekil 6: Algoritmanın Simülasyonu

MRP sistemi hesaplanan  $Q_2$  değerine göre sipariş açar ve yeni sipariş dönemi  $Q_3$  hesaplaması, stok miktarı  $RoP_2$  seviyesine düşüncüye kadar başlamaz. Sistem bu şekilde dinamik olarak, değişken  $Q_n$  ve  $RoP_n$  seviyelerinde devam eder.

#### 2.4 Algoritmanın Excel Simülasyonu

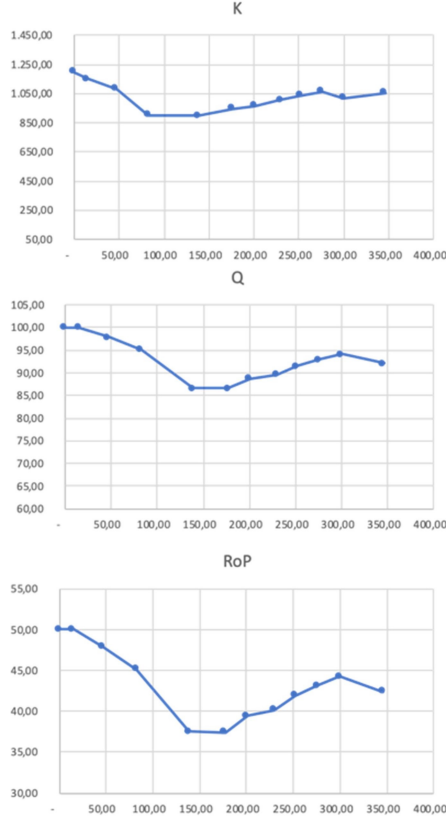
Excel üzerinden algoritma simülasyonu Tablo 2’de gösterilmiştir. Buradan görüldüğü üzere talep değişimlerine karşı algoritma tepkisel davranış ve Q ve RoP değerlerini değişimin etkilerine göre yeniden uyarlamıştır.

Tablo 14: Algoritma Excel Simülasyonu

	Q	Qküm	K	□ T	□ Tküm	RoP	Gnlk.Tk	LT
-	100	100	1.200	-		50	3	15
1,00	100	200	1.200	15	15	50	3	15
2,00	98	298	1.149	32	47	48	3	15
3,00	95	393	1.084	36	83	45	3	15
4,00	87	480	901	56	139	38	3	15
5,00	87	566	899	38	177	37	2	15
6,00	89	655	947	24	201	39	3	15
7,00	90	745	963	29	230	40	3	15
8,00	92	836	1.006	22	252	42	3	15
9,00	93	929	1.036	24	276	43	3	15
10,00	94	1.023	1.063	24	300	44	3	15
11,00	92	1.115	1.018	46	346	42	3	15
12,00	94	1.209	1.055	20	366	44	3	15
13,00	92	1.301	1.023	44	410	43	3	15
14,00	92	1.393	1.007	40	450	42	3	15
15,00	91	1.484	997	38	488	42	3	15

Simülasyon kapsamında LT süresi, sipariş miktarından bağımsız olarak sabit alınmıştır. Talep değişimleri yeniden sipariş verme süresindeki değişimler ile simule edilmiş; değişim sonuçları ‘K’, ‘Q’, ‘RoP’ ve ‘Günlük ortalama tüketim’ kolonlarında ayrı ayrı gösterilmiştir.

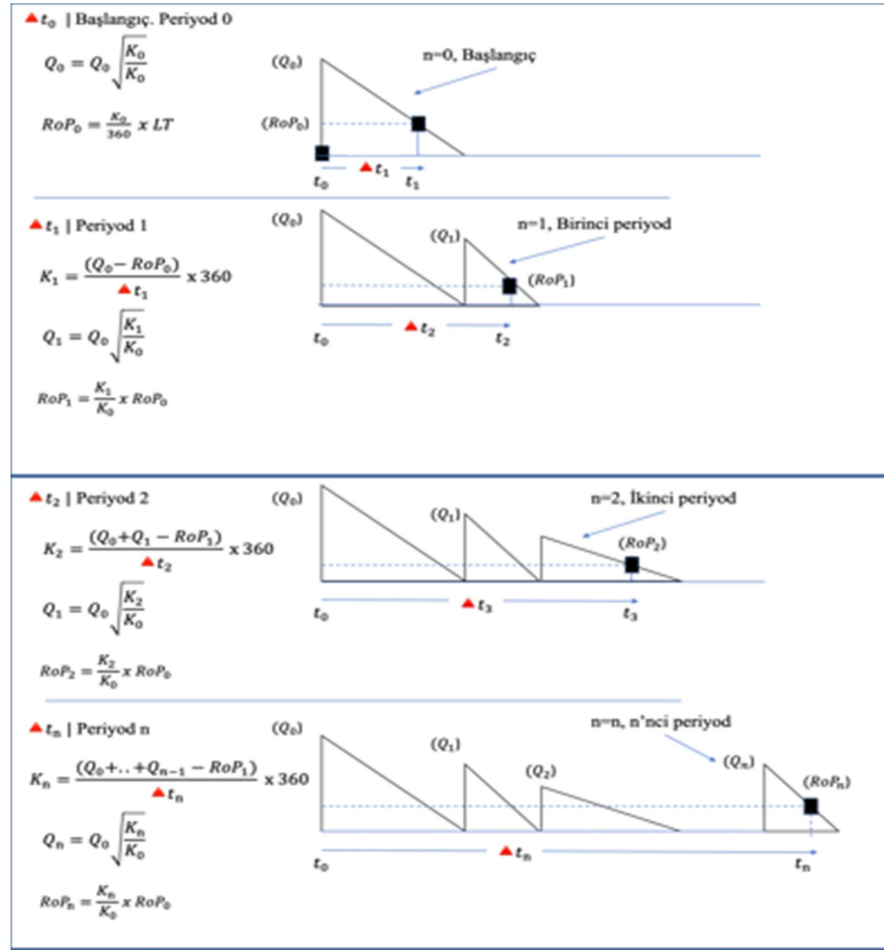
Eğer sistem değişime karşı duyarlı olmadan, sabit Q ve R politikası ile süreci yönetseydi süreç içinde gereğinden fazla stok oluşacaktı. Bu sonuç şekil 5 ‘de ki ‘Q’ grafiğinden görülebilir. Zira, sabit Q politikasında sistemin sürekli olarak ‘100 adet’ sipariş geçmesi gerekirdi. Oysa, dinamik algoritma Q seviyesini talebe göre sürekli ayarlayarak, her defasından güncel/düzenlenmiş sipariş miktarını üretmiştir.



Şekil 7: Algoritmanın Talep Değişime Dinamik Tepkisi

### Sonuç

Stok yönetimi konusu giderek daha da önem arz etmektedir. İşletme stoklarının yönetiminde analitik yaklaşımların kullanılmasının önemi birçok araştırmacı tarafından savunulmaktadır. Ürün çeşitliliğinin artması, müşterilerin artan bir oranda kişiselleştirilmiş ürünler istemesi talep dalgalanmalarının oluşmasına; bu durum da dinamik (sabit) sipariş seviyeleri ile stokların yönetilmesinin değişen koşullar altında gereksinimleri tam olarak karşılayamamasına sebep olabilmektedir. İşletmelerin stok planlaması ve yönetiminde MRP sistemlerine olduğu kadar sistemin arkasında çalışacak, değişimlere karşı tepkisel, çevik ve akıllı sistemlere gereksinimleri vardır. İnsan gücü ile yapılmasının oldukça güç olduğu bu gibi durumlarda akıllı/öğrenen algoritmalar ile bu gibi sorunlara çözüm bulunabilmektedir.



Şekil 8: Algoritma Formülleri

Bu çalışmada EOQ hesaplamasında kullanılan sipariş verme maliyeti (D: Ordering cost) ve elde tutma maliyeti (holding cost) değişkenlerinin çok fazla değişmeyeceği varsayılmış ve bu değişkenler sabit kabul edilmiş ve algoritma değişkenlerinin formülleri çıkarılmıştır. Bu formüller kullanılarak oluşturulacak bir algoritmanın MRP arkasında çalışır olmasının, stok optimizasyonuna olumlu etki edeceği bu çalışmada bulunan bulgulardandır. Ancak, gerçek uygulamalarda bu modele aynı yaklaşım ile D, LT ve  $h_c$  'nin değişimleri de eklenerek birçok değişkene bağlı, daha gerçekçi algoritmalar geliştirilebilir.



### **Kaynakça**

- Apiliogullari, L. (2017). *Rekabette Yeni Boyut*, İstanbul: Aura Yayıncılık.
- Apilioğulları, L. (2010). *Yalın Dönüşüm*. İstanbul: Sistem Yayıncılık.
- Simchi-Levi, D., Kaminski, P. S., Levi, E. (2009) *Designing and managing the supply chain: Concepts*. New York: Strategies and case studies.
- Ghasemi, N., Nadjafi, B. (2013). *EOQ Models with Varying Holding Cost*, Journal of Industrial Mathematics, Volume 2013, Article ID 743921.
- Agarwal, S. (2014). Economic Order Quantity Model: A Review, *VSRD International Journal of Mechanical, Civil, Automobile and Production Engineering*. 4 (12).
- Chang, H. (1999). An EOQ model for deteriorating items with time varying demand and partial backlogging, *Journal of the Operational Research Society*. 50 (11). 76–118.
- Choi, S., Noble, J. (2010). Determination of economic order quantities (EOQ) in an integrated material flow system, *International Journal of Production Research*.
- Massahian, M, Godichaud, T. (2020). Disassembly EOQ models with price-sensitive demands, *Applied Mathematical Modelling*, 88, 810-826.
- Sarkar, B. (2012). An EOQ model with delay in payments and time varying deterioration rate, *Mathematical and Computer Modelling*, 55, 367-377.
- Eynan A., Kropp, H. (2007). Effective and simple EOQ-like solutions for stochastic demand periodic review systems, *European Journal of Operational Research*, 180 (3), 1135-1143.
- Hossein, A., Hosein, H., (2020). Reorder point for the EOQ inventory model with imperfect quality items, *Ain Shams Engineering Journal*