

ÜRÜN (MAMUL) STOKLAMASINA İLİŞKİN OLARAK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE BİR OPTİMİZASYON MODELİ DENEMESİ

Doç. Dr. Tamer MÜFTÜOĞLU

Bilindiği üzere mamul stoklaması işletmenin fiziksel dağıtım sisteminin (veya faaliyetlerinin) bir alt unsurunu oluşturur. Stoklama faaliyetlerinin bu konumu dikkate alınarak bu çalışmada önce fiziksel dağıtım sistemini oluşturan faaliyetler, ki bunlardan biri de stoklama faaliyetleridir, kısaca ortaya konmuştur. Daha sonra (II. kısım) çalışma konusunu oluşturan stoklama faaliyetlerinin planlanması kısaca ele alınmıştır. Burada esas itibariyle stoklama modellerinde amaç fonksiyonunun maliyet minimizasyonu olarak modele dahil edilmesi nedeniyle stoklama maliyetlerini etkileyen başlıca faktörlerin belirlenmesi yoluna gidilmiştir.

Bu ön açıklamalara müteakip çalışmamızın esas bölümünde (III. kısım) doğrusal programlama modeli vasıtasıyla stok planlaması ele alınmış ve bu amaçla bir doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir.

I. FİZİKSEL DAĞITIM

I.1. *Fiziksel Dağıtımın Genel Amaçları*

Bu işletmenin fiziksel dağıtımını, işletmenin ürettiği ürünlerin işletmenin bulunduğu coğrafi konumdan nihai müşterilere (tüketicilere) ulaştırılması için gerekli tüm faaliyetleri içerir ki, bu faaliyetlerin başlıcaları taşıma faaliyetleri, depolama faaliyetleri, stoklama faaliyetleri ve haberleşme faaliyetleri olarak karşımıza çıkar. Dolaşımı ile fiziksel dağıtım faaliyetleri esas itibariyle işletmenin kısmen üretim fonksiyonu ve geniş ölçüde de pazarlama fonksiyonu çerçevesinde düşünülür. Böylece, fiziksel dağıtım işletme lojistiğinin sadece bir kısmını oluşturur. İşletmenin lojistik faaliyetlerinin öteki kısmını oluşturan ve işletme faaliyetleri için gerekli girdilerin buldukları coğrafi konumlardan işletmeye ulaştırılmaları için ge-

rekli faaliyetleri içeren malzeme yönetimi, burada sözü edilen fiziksel dağıtımdan tamamen ayrı bir konu olarak düşünülmelidir.

İşletmenin söz konusu fiziksel dağıtım faaliyetlerini gerçekleştirmek üzere kurulan fiziksel dağıtım sisteminin amacı;

- a. İstenilen malı
- b. İstenilen miktarda
- c. İstenilen zamanda
- d. İstenilen yerde
- e. En düşük dağıtım maliyeti ile

hazır bulundurmaktır. Burada ilk dört unsur "müşteri hizmet seviyesinin en üst seviyede gerçekleştirilmesi" veya "müşteri hizmet seviyesinin maksimizasyonu" alt amacına yönelik iken; beşinci unsur "dağıtım maliyetinin minimizasyonu" alt amacına yöneliktir. Böylece, fiziksel dağıtım sisteminin bu iki temel amacı arasında genellikle bir ikilem ortaya çıkar: İşletme müşteri hizmet seviyesini arttırdıkça daha yüksek dağıtım maliyetlerine katlanmak zorunda kalır; veya dağıtım maliyetlerini azaltmak üzere alınan önlemler çokca müşteri hizmet seviyesinin düşmesi ile sonuçlanır. Başka bir deyişle, hiçbir fiziksel dağıtım sistemi aynı anda müşteri hizmet seviyesini maksimum ve dağıtım maliyetini minimum kılamaz. Zira, maksimum müşteri hizmeti demek geniş stoklar, pirimli ve seri taşıma ile çok sayıda dağıtım depolarının mevcudiyetini öngörür ki, bunların tümü dağıtım maliyetlerinin artması yönünde etkili olur. Buna karşılık dağıtım maliyetlerinin minimizasyonu da yavaş ve ucuz taşıma, az sayıda dağıtım deposu ve stok seviyesinin düşürülmesi gibi genelde müşteri hizmet seviyesinin düşürülmesi yönünde etkili olan önlemlerin alınmasını gerektirir.

Fiziksel dağıtım sisteminin söz konusu iki alt amacı arasındaki ikilemin bir sonucu olarak, işletmenin fiziksel dağıtım sistemine esas alınacak amaç operasyonel olarak ancak aşağıdaki şekillerde tanımlanabilir;

- a. Belirli bir müşteri hizmet standardını en az dağıtım maliyeti ile gerçekleştiren fiziksel dağıtım sisteminin kurulması, veya
- b. Belirli bir dağıtım maliyeti ile müşteri hizmet seviyesini maksimum kılan fiziksel dağıtım sisteminin kurulması.

Müşteri hizmet standardı, müşteriye sunulan hizmetin düzeyi olup, bu standard, teslimde geçen günlerin sayısı açısından tanımlanır: Örneğin, nereden olursa olsun gelen siparişin hemen veya en

geç 2 gün içinde karşılanması; veya A bölgesinden gelen siparişlerin 3 gün, B bölgesinden gelen siparişlerin 2 gün, C bölgesinden gelen siparişlerin 1 gün içinde karşılanması gibi bir hizmet standardı tanımlanabileceği gibi, ürüne yönelik olarak, X_1 ürünü için 3 gün, X_2 ürünü için 2 gün içinde teslim, veya hem ürüne ve hem de bölgeye yönelik olan A bölgesinden gelen X_1 ürünü siparişlerinin 1 gün, B bölgesinden gelen X_2 ürünü siparişlerinin 2 gün içinde teslimini öngören müşteri hizmet standartları da tanımlanabilir. Daha farklı bir şekilde müşteri hizmet seviyesi standardı, siparişlerini (X) gün içinde teslim alması gereken müşterilerin yüzdesi şudur şeklinde de belirlenebilir: Örneğin, siparişlerin % 80'i karşılanmalıdır veya siparişlerin % 95'i en geç 2 gün içinde karşılanmalıdır gibi. Burada çok önemli bir husus, müşteri hizmet seviyesinin artırılmasını ifade eden karşılanması gerekli müşteri siparişleri yüzdesi arttırıldıkça veya % 100'e yaklaştırıldıkça dağıtım maliyetlerinin progresif olarak arttığı ve müşteri siparişlerinin % 100'ünün hemen karşılanması gibi en üst seviyedeki müşteri hizmet seviyesinin ancak çok yüksek dağıtım maliyetleri ile gerçekleştirilebildiğinin birçok ampirik çalışmalarla da kanıtlanmış olmasıdır.

Müşteri hizmet seviyesinin belirlenmesinde rakip firmaların hizmet seviyeleri de çok önemli bir rol oynar; çünkü müşteri hizmet seviyesi aynı zamanda işletmeler arasında etkili bir rekabet aracıdır. İstenilen miktarda malın istenilen zamanda ve istenilen yerde bulunabilmesinin oldukça önemli olduğu sanayi kollarında da bu rekabet oldukça büyük bir önemi haizdir. Fakat her rekabet konusunda olduğu gibi burada da diğer işletmelerden önemli bir farklılaşmaya ancak ofansif rekabet stratejilerinde gidilir, yani ender baş vurulur. Zira uzun dönemde diğer işletmeler de müşteri hizmet seviyelerini yükseltmek yoluna gidecekler, dolayısı ile bu pazarlama aracının işletmeye sağlayabileceği avantajlar ortadan kalkacaktır. Öte yandan —yukarıda da belirtildiği gibi— müşteri hizmet seviyesinin —özellikle üst hizmet seviyelerinde— arttırılması işletmeye çok büyük maliyetlere mal olmaktadır.

Belirli bir müşteri hizmet seviyesi standardı kabul edildikten sonra işletmenin amacı —bu standardı korumak şartı ile— işletmenin dağıtım maliyetlerinin minimizasyonu şeklinde tanımlanacaktır. İşletmenin dağıtım maliyetleri ise —dağıtım faaliyetlerini oluşturan—

- a. Taşıma faaliyetleri giderleri,
- b. Depolama faaliyeti giderleri,

- c. Stoklama faaliyeti giderleri,
d. Haberleşme faaliyeti giderleri

şeklinde sınıflandırılabilir. Burada da söz konusu maliyet unsurları arasındaki çeşitli ikilemler fiziksel dağıtım sisteminin planlanmasında gözönünde bulundurulmalı ve bu ikilemlerin gerektirdiği simultane (eşanlı) planlama olanakları en iyi şekilde değerlendirilmeye çalışılmalıdır. Bu ikilemlerin başlıcaları aşağıdaki gruplarda toplanabilir;

— Faliyet grubu içi ikilemler : Depo sayısı ile depo büyüklüğü arasındaki ikilem, farklı taşıma araçları arasındaki ikilem veya, hem depolama ve hem de taşıma araçlarına ilişkin olarak, kiralama ile mülk edinme arasındaki ikilem.

— Dağıtım faaliyetleri arasındaki ikilemler : Depo sayısı ile taşıma maliyeti veya depo sayısı ile toplam asgari stok düzeyi arasındaki ikilem; bilhassa stok düzeyi ile stok bulundurmama maliyeti arasındaki ikilem : stok yöneticisi stok maliyetini minimum kılmak için stok seviyesini en alt düzeyde tutmak yoluna giderse, işletme yeterli stok bulundurmamak nedeniyle birçok siparişleri geri çevirmek zorunda kalabilir ve teslim tarihlerinin uzaması nedeniyle bazı müşteri kayıplarına uğrayabilir.

— İşletme fonksiyonları ile fiziksel dağıtım sistemi arasındaki ikilemler : Dağıtım maliyetlerinin minimizasyonu üretim, tedarik, pazarlama ve finansman gibi diğer temel işletmecilik fonksiyonlarında maliyet artışlarına yol açabilir; Amaç maliyet minimizasyonunun tüm işletme seviyesinde gerçekleştirilmesi olduğundan fiziksel dağıtım sisteminin planlanmasında bu tür ilişkiler üzerinde hassasiyetle durulmalıdır. Örneğin, dağıtım maliyetini azaltmak amacı ile stok seviyesinin düşürülmesi sonucunda —müşteri siparişlerini karşılamak üzere ek vardiya, fazla mesai ve benzeri tedbirlerin bir sonucu olarak— işletmenin üretim maliyeti artabilir.

— İşletme ile işletme dışı örgütler arasındaki ikilemler : Burada söz konusu olan ikilemler işletme ile işletmenin dağıtım kanalında yer alan araçlar arasında olabileceği gibi işletme ile tüketiciler (nihai müşteriler) veya işletme ile rakip işletmeler arasında da ortaya çıkabilir. Burada özellikle işletme ile işletmenin dağıtım kanalında yer alan araçlar arasındaki ikilemlerin fiziksel dağıtım sisteminin planlanmasında dikkate alınması ve tarafların kabul edileceği sonuçlara bağlanması sistemin devamlılığı ve etkinliği açısından çok önemlidir.

II. Stoklama Faaliyetlerinin Planlanması

II.1. Stoklama Maliyetini Belirleyen Faktörler

Stoklama faaliyetlerinin hacmi esas itibariyle stoklama süresi ile stoklanan mal miktarına bağlıdır. Planlamanın amaç değişkeni olan maliyeti (stoklama maliyeti) etkileyen diğer bir faktör de stoklanan malın birim değeridir. Buna göre stoklama maliyetini belirleyen faktörler;

- a. Malın stoklama süresi,
 - b. Stoklanan mal miktarı,
 - c. Malın birim değeri
- olarak belirlenir.

Malın stoklama süresi;

- i. Taşımada geçen süre,
- ii. Üretici işletme deposunda (veya depolarında) geçen süre,
- iii. Toptancı deposunda geçen süre,
- iv. Parakendeci deposunda geçen süre,
- v. Müşteri deposunda geçen süre

unsurlarına ayrılabilir. Burada üretici işletme için önemli olan stoklama süresi kendi deposunda geçen stoklama süresi olarak planlamaya esas alınır. Geleceğe ilişkin olarak ileride mevcut fabrika deposuna ilişkin olarak bölgesel satış depolarının da kurulacağı varsayımından hareket edilirse, işletme için önemli olan stoklama süresi, işletmenin kendi ana depolarında geçen stoklama süresi ile fabrika ile kendi satış depoları arasında geçen taşıma süreleri toplamı olarak tanımlanmalıdır.

Üretilen ürünün kullanım zamanları belli ise toplam stoklama süresi sabit bir büyüklük olarak kabul edilebilir. Fakat işletmenin stoklama maliyetini belirleyen faktör toplam stoklama süresi değil, sadece fabrika deposunda geçen stoklama süresidir. Artan stoklama süresi artan stoklama maliyeti anlamına geldiği için, işletme mümkün olduğunca toplam stoklama süresinden kendisine düşen payı azaltmaya çalışacak veya stoklama süresini mümkün olduğunca diğer aracı işletmelere (kooperatiflere, toptancılara, parakendecilere ve müşterilere) aktarmaya çalışacaktır. Pek tabii ki bunun da bir bedeli olacaktır. Bu bedel de üretici işletmenin daha uzunca bir süre stoklama süresine katlanmayı kabul eden araçlara ve/veya müş-

terilere sağlayacağı fiyat indirimleri, iskontolar ve/veya başkaca avantajlardır. İşletmenin dağıtım kanalında yer alan aracı kuruluşlar ve müşteriler ürünü kullanım süresinden ne kadar daha önce almayı kabul ederlerse, elde edecekleri avantajlar da o oranda fazla olmalıdır. İşletme stoklama süresini diğer aracı kuruluşlara ve müşterilere aktarmanın neden olacağı maliyetler ile stoklama süresini kendisinin üstlenmesi durumunda ortaya çıkacak stoklama maliyetlerini karşılaştırarak kendisinin karşılayacağı optimum stoklama süresini belirlemeye çalışacaktır.

Stoklanan mal miktarı ise, işletmenin üretim temposu ile satış temposu arasındaki ilişkiye bağlı olarak belirlenen bir büyüklüktür. Bu ilişkinin;

$$\text{üretim temposu} > \text{satış temposu}$$

olduğu zaman aralıklarında stok miktarı (stok seviyesi) artacak; buna karşılık ilişkinin;

$$\text{üretim temposu} < \text{satış temposu}$$

olarak gerçekleştiği zaman aralıklarında da daha önce biriktirilen stoklar eritilecek veya işletmenin stok seviyesi düşecektir (şayet daha önce stok biriktirilememiş ise söz konusu talep karşılanamayacak, veya en azından karşılanması bir süre ertelenecektir ki bu da işletmenin müşteri hizmet seviyesinin düştüğüne ilişkin bir göstergedir. Bu şekilde ortaya çıkan ve bir alternatif maliyet niteliğinde olan işletmenin satış hasılatı kaybı literatürde "stok bulundurmama masrafları" terimiyle ifade edilmektedir). Ve nihayet bu ilişkinin;

$$\text{üretim temposu} = \text{satış temposu}$$

olarak gerçekleştiği zaman aralıklarında ise işletmenin stok seviyesi değişmeyecek, sabit kalacaktır.

İşletmenin stok miktarını (stok seviyesini) belirleyen bu iki unsurdan satış temposu işletme için dışsal (ekzojen) bir değişken olup esas itibarıyla işletme yönetiminin karar alanı dışında kalır. Talebin mevsimlere göre büyük dalgalanmalar gösterdiği sektörlerde talebin zaman içindeki dağılımı (günlere, haftalara, aylara göre) planlamaya bir veri olarak dahil edilir; kısaca talep temposu işletme için tahmin edilmesi gereken bir değişkendir. Doğal olarak işletme talep dalgalanmalarındaki aşırı iniş çıkışları gidermek için pazarlama araçları vasıtası ile etkili olmaya çalışacaktır. Fakat sonuçta talep temposu işletme için bir karar değişkeni değil, tahmin edilmesi gereken dışsal bir değişkendir.

İşletmenin stok seviyesini belirleyen ikinci unsur olan üretim temposu ise işletme için bir karar değişkenidir. Üretim temposunun çeşitli dönemlerde hangi seviyelerde gerçekleştirileceği, yani üretim miktarının günlere, haftalara veya aylara dağılımı, işletme yönetiminin alacağı karara bağlı olacaktır.

Bu konuda işletme yönetimi alacağı kararın atıl kapasite maliyetine ve stok maliyetine ilişkin sonuçlarını karşılaştırarak bir sonuca varmak durumundadır. Burada bir uç (extrem) alternatif işletmenin üretim temposunu tamamen satış temposuna uydurmadır. Bu alternatifde işletme stok maliyetlerinden tamamen kurtulacak veya sadece asgari stok seviyesi veya emniyet stoku ile yetinecek, buna karşılık atıl kapasite maliyetleri en üst seviyede gerçekleşecektir. İkinci uç (extrem) alternatifde ise işletme sürekli olarak aynı üretim seviyesinde çalışacak, yani talep temposu ne olursa olsun üretim temposunu değiştirmeyecektir. Bu alternatifde de işletme atıl kapasite maliyetini asgari seviyeye indirecek, buna karşılık stok maliyetleri en üst seviyede gerçekleşecektir. Üçüncü alternatif ise her iki uç (extrem) durumun ara durumları olarak karakterize edilebilir. İşletme içinde bulunduğu şartlara göre, özellikle stok maliyetinin ve atıl kapasite maliyetinin ağırlıklarını gözönünde tutarak bir üretim düzenlemesine gidecektir. Mümkün olduğunca talep temposunun yüksek olduğu dönemlerde üretim temposunu da arttırmak, buna karşılık talep temposunun düşük olduğu dönemlerde üretim temposunu da düşürmek suretiyle stok maliyeti ile atıl kapasite maliyet toplamını asgari seviyede tutmaya çalışacaktır. Çalışmamızda da stok planlamasına esas teşkil etmek üzere üretim temposunun karar değişken olduğu bir stok modeli geliştirilmiştir.

Stoklanan malın birim değeri ise stoka sağlanan sermayenin büyüklüğüne veya stoka bağlanacak sermaye ihtiyacını belirleyen bir maliyet unsurudur. Malın birim değeri arttıkça belirli bir stok miktarını belirli bir süre tutmak için gerekli sermaye ihtiyacı da artacaktır.

II.2. Stoklama Maliyeti Faktörleri

Stoklama planlamasında dikkate alınması gerekli başlıca stoklama maliyeti faktörleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir;

Stok Bulundurma Masrafları

Stok bulundurma masrafları belirli bir devreye göre, bu devredeki ortalama stok miktarı üzerinden belirlenir. Stoklama süresi

olarak da tabiatıyla söz konusu devre maliyet hesaplamasına esas alınır.

Stok bulundurma masraflarının başlıcaları şunlardır;

- a. Stoklara bağlanan döner sermaye ile ilgili masraflar (sermaye maliyeti); (%)
- b. Stok seviyesine bağlı depolama (ambarlama) masrafları; (%)
- c. Elden geçirme masrafları; (%)
- d. Stoklarda ortaya çıkan fiziki ve iktisadi yıpranmaların neden olduğu masraflar (stoktaki malların bozulması gibi fiziki veya değer kaybetmesi sonucundaki iktisadi yıpranması); (%)
- e. Sigorta ve vergi masrafları; (%)

Stoka bağlanan döner sermaye borç olarak karşılanmışsa faiz giderleri, öz sermaye ile karşılanmışsa fırsat maliyeti sermaye maliyetinin hesaplanmasına esas alınabilir. Bu masraflar depoda bulunan stok değeri ile doğru orantılıdır. Birim stokun (ton) belirli bir devre (gün, hafta, ay, yıl) sonunda sebep olduğu masraf, birim stokun değeri ile stokun işletmede kaldığı süre (stok süresi) ve birim (ünite) değerinin bir yüzdesi olarak hesaplanan masraf oranının çarpımı sonucu bulunur. Para piyasasındaki cari faiz oranı masraf yüzdesi olarak alınabilirse de, bizi yanlış bir sonuca götürebilir. Masraf yüzdesinin hesaplanmasında şu hususlara da dikkat edilmesi gerekir; fonların kaynağı, bu fonların alternatif kullanma olanakları, stokların nakde çevrilmesi için gerekli süre, stokların karşı karşıya bulunduğu risk ve beklenen kazanç ile işletmenin başkaca kendine özgü özel şartları.

Depolama masraflarından sadece stok seviyesine bağlı depolama giderleri stok maliyetinin hesaplanmasında dikkate alınır. Stok seviyesinden bağımsız olarak ortaya çıkan depolama masrafları (amortisman, kira, vs) ise burada değil, depolama maliyetinin hesaplanmasında gözönünde tutulmalıdır. Stok seviyesine bağlı depolama masraflarının da ortalama stok seviyesi ile değiştiği kabul edilir ve birim (ünite) stok değerinin bir yüzdesi şeklinde ele alınır.

Elden geçirme masrafları bakım, temizlik, sayım gibi faaliyetler sonucu ortaya çıkan stoklama giderlerini ifade eder ve bu da birim stok değerinin bir yüzdesi olarak dikkate alınır.

Stokda ortaya çıkan fiziki ve iktisadi yıpranma da stok seviyesine bağlı bir masraf türü olup ortalama stok seviyesi üzerinden birim stok değerinin bir yüzdesi olarak stok maliyetinin hesaplanmasında gözönünde tutulur.

Burada söz konusu olan sigorta ve vergi masrafları da stok seviyesine bağlı olarak ortaya çıkan sigorta ve vergi giderlerini ifade eder. Örneğin, deponun sigorta giderleri burada değil, depolama maliyetinin hesaplanmasında dikkate alınır. Stok seviyesine bağlı sigorta ve vergi masrafları da birim stok değerinin bir yüzdesi olarak dikkate alınır.

Diğer stoklama masrafları ise stokların işletme içindeki nakil giderleri ile kayıt ve fiziki envanter giderlerinden ve diğerlerinden oluşur.

Stok Bulundurmama Masrafları

Tüketici talebinin (talep temposunun) işletme arzından (üretim temposundan) büyük olduğu ve stokta mal bulunmadığı dönemlerde müşteri siparişlerinin karşılanamaması sonucu ortaya çıkan alternatif maliyet niteliğindeki stok bulundurmama masraflarının başlıcaları şunlardır;

- a. İşletmenin söz konusu siparişi karşılayamamasından kaynaklanan satış geliri kaybı; (%)
- b. Müşterinin siparişi karşılanmadığı için rakip işletmelere yönelmesi (müşteri kaybı); (%)
- c. İşletmenin uğradığı şerefiye (Good Will) kaybı; (%)
- d. İşletmenin ürünlerine yönelen fazla talebi karşılamak için acil olarak aldığı tedbirlerden kaynaklanan ek masraflar; (%)

Bunlardan ilk üçü alternatif maliyet niteliğindedir ve karşılanamayan talep (sipariş) miktarına, stok tükenme olayının sıklığına ve stokun bitmiş olduğu sürenin uzunluğuna ve malın ünite değerine bağlı olarak değişir. Başka bir deyişle burada stoklama maliyetini belirleyen stok miktarı negatif stok miktarı (stok açığı) ve stok süresi de stokun bitmiş olduğu süre şeklinde etkili olmaktadır. Bu maliyet unsurunun sadece talep temposunun üretim temposundan büyük olduğu ve stokta mal bulunmadığı dönemlerde etkili olduğunu ve dolayısı ile sadece bu devrelerde maliyet hesaplamasında gözönünde tutulması gerektiğini belirtmek yerinde olur. Bu maliyet unsuru da stok ünite değerinin bir yüzdesi olarak hesaplamaya dahil edilebilir.

Stok bulundurmama maliyetlerinden dördüncüsü ise alternatif değil fiili maliyet niteliğindedir. Burada, talep açığını kapatmak için işletmenin aldığı tedbirlerin neden olduğu ilave masrafları ifade edilmektedir: işletmede ikinci ve/veya üçüncü vardiyaya geçilmesi, fazla mesai uygulaması, makinaların optimum kapasite üzerinde

çalıştırılması, yeni personel alınması veya açığın diğer işletmelerden temini veya ithal edilmesinin neden olduğu masraf ile talebin işletmenin normal faaliyetleri sonucu karşılanmasında ortaya çıkan masraflar arasındaki fark gibi.

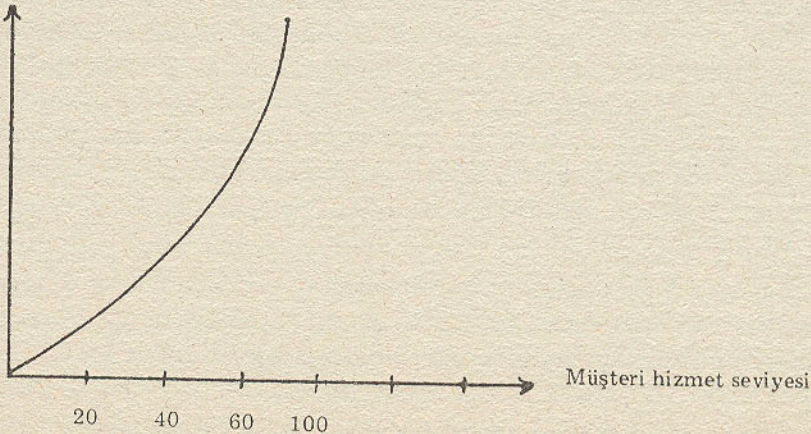
Asgari Stok Seviyesi

Ürün (mamul) stokuna ilişkin olarak asgari stok seviyesi yukarıda açıklanan stok bulundurmama masrafları ve müşteri hizmet seviyesi ile çok yakın ilişki içindedir. Ayrıca talep temposu da asgari stok seviyesini belirleyen önemli bir faktördür. Zira işletme genellikle talep temposunun arttığı dönemlerde stok bulundurmama masrafları ile karşı karşıya kalır ve ayrıca işletmenin belirli bir müşteri hizmet seviyesi standardını tutturması özellikle talep temposunun yüksek olduğu dönemlerde önem kazanır.

İşletme farklı asgari stok seviyelerinin neden olduğu yatırım maliyeti ile her asgari stok seviyesine ilişkin olarak ortaya çıkması muhtemel stok bulundurmama maliyetlerini karşılaştırmak suretiyle asgari stok seviyesinin planlanmasında önemli bilgiler elde edebilir. Asgari stok seviyesi arttıkça gerekli stok yatırım maliyeti artacak, stok bulundurmama maliyeti ise azalacaktır.

Asgari stok seviyesi ile müşteri hizmet seviyesi arasındaki ilişki —birçok ampirik araştırmaların bir sonucu olarak— literatürde progresif bir fonksiyonla ifade edilmektedir. Müşteri hizmet seviyesi ideal durum olan % 100'e yaklaştıkça, yani her müşteri siparişinin hemen karşılanması gerektiği şeklinde bir hizmet standardına doğru gittikçe, asgari stok seviyesinin gerektirdiği stok yatırımı maliyetlerinin büyük bir hızla arttığı gözlenmektedir.

Gerekli Stok Yatırımı Tutarı (TL)



III. Doğrusal Programlama Modeli ile Stok Planlaması

III.1. Modelin Varsayımları

İşletmenin ürün stok seviyesi üretim temposu ile satış (talep) temposu tarafından belirlenmekte, ve

a. Üretim temposu > satış temposu

olan devrelerde stok seviyesi artmakta, buna karşılık

b. Üretim temposu < satış temposu

olan devrelerde stok seviyesi azalmaktadır. İşletme, üretim temposunun satış temposundan küçük olduğu, yani (b) durumunun geçerli olduğu devrelerde müşteri siparişlerini karşılayabilmek için stokunda muhakkak mal bulundurmamak, başka bir deyişle işletmenin hedeflediği müşteri hizmet seviyesi standardına göre az veya çok bir asgari stok seviyesini sürekli olarak devam ettirmek zorundadır. Üretim temposu fabrikanın üretim sürecinden mamul ambarına (deposuna) mal akışını ifade etmektedir ve birim zamanda (gün, hafta, ay) fabrikadan ambara gelen mal miktarı olarak ölçülebilir. Satış temposu ise mamul ambarından müşterilere mal akışını ifade etmektedir ve birim zamanda (gün, hafta, ay) mamul ambarından müşterilere sevkedilen mal miktarı olarak ölçülebilir.

İşletmenin stok seviyesini belirleyen iki önemli değişken olan üretim temposu ve satış temposundan, işletme yönetimi esas itibarıyla sadece üretim temposu, yani yıllık üretim programının günlere, haftalara veya aylara göre dağıtımını konusunda karar vermek durumundadır. İşletme yönetimi çeşitli pazarlaam araçları vasıtasıyla satış temposunu da belirli sınırlar içinde etkileme olanağına sahip olsa da, esas itibarıyla artış temposu, yani satış miktarının (veya satış hasılatının) günlere, haftalara veya aylara dağılımı işletme için tahmin edilmesi gereken bir değişken durumundadır.

Burada da karar değişkeni üretim temposu olduğundan hareket edilmiş ve gerek üretim temposunun ve gerekse satış temposunun ölçülmesine takvim zamanı aralığı (devre, dönem) olarak ay esas alınmıştır. Plan dönemi ise yıl, yani 12 ay olarak modele dahil edilmiştir. Her ay eşit olarak (30 gün) değil, takvimdeki gün sayısı olarak ele alınabileceği gibi her ay 30 günlük devreler halinde de modele esas alınabilir. Takvim zaman aralığının ay yerine hafta veya gün, hatta vardiya veya saat olarak modele esas alınması modelin gerçekçilik özelliğini artırırken modelin hesap hacmini de büyük öl-

çüde artırır. Gerçek problemin özelliklerine göre bu konuda bir karar verilmelidir.

Aşağıda önce modelde yer alan semboller açıklanmakta, daha sonra model verilmekte ve model üzerinde elde edilebilecek bilgiler belirlenmeye çalışılmaktadır.

III.2. Modelde Yer Alan Değişkenler

P_j : j mamulünün satış fiyatı ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) Bu unsur tahmini satış fiyatı olarak modelde yer alabilir. Fiyatlar aylık olarak değişiyorsa bu unsur modele P_{jt} olarak girer ($t = 1, 2, \dots, 12$).

k_{Aj} : j mamulüne ilişkin birim değişken satış gideri. Ürünlere göre bir farklılık söz konusu değilse, j endeksi kaldırılarak bu unsur modelde k_A şeklinde yer alabilir.

Ayrıca k_{Aj} yerine toptancılara ve parakendecilere verilecek farklı iskonto hadleri de konularak, optimum çözümde farklı iskonto hadlerinin kâr üzerindeki etkisi ölçülebilir.

k_{pj} : j mamulüne ilişkin birim değişken imalat gideri. Maliyetin aylara göre değişmesi halinde de bu unsur modele k_{pjt} olarak girer ($t = 1, 2, \dots, 12$).

X_{Ajt} : j mamulünün t ayındaki (Ocak, Şubat, Mart, Aralık) satış miktarı.

X_{pjt} : j mamulünün t ayına ilişkin üretim miktarı.

k_{Ljt} : j mamulüne ve t ayına ilişkin olarak birim stok maliyeti.

Burada stok seviyesine bağlı toplam stok maliyeti :

$$K_{Lj} : \sum_{j=1}^n \left[\frac{1}{2} (X_{Lj0} + X_{Lj1}) + \frac{1}{2} (X_{Lj1} + X_{Lj2}) + \dots + \frac{1}{2} (X_{Lj11} + X_{Lj12}) \right] \cdot k_{Lj}$$

Her aya ilişkin birim stok maliyeti değişiyorsa, (k_{Lj}) ye t endeksi de ilave edilir.

Yukarıda her aya ilişkin ortalama stok seviyesi, o ayın başı (geçen ayın sonu) ile ayın sonundaki stok seviyeleri toplamının yarısı olarak kabul edilmiştir.

X_{Ljt} : j mamulüne ve t ayına ilişkin stok seviyesi.

3. Dönemlere İlişkin Mevsimsel Katsayılar (X_{jt}) ve Maksimal Satış Miktarları (X_{Hj})

$$X_{Hj} = \sum_{t=1}^{12} X_{Hjt}$$

Maximal satış miktarı (ton/y)

Dönemler (aylar)

Mamul Cinsi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
I	0.02	0.06	0.14	0.10	0.04	0.02	0.04	0.06	0.12	0.17	0.20	0.03	$\sum_{t=1}^{12} X_{jt}=1$	7000
II	0.01	0.03	0.20	0.08	0.02	0.02	0.06	0.08	0.10	0.13	0.25	0.02		5000

Not: Rakamlar örnek olması düşüncesiyle hayali olarak konmuştur.

l_j : 1 ton j mamulünün depoda işgal ettiği alan veya hacim, Bu unsur ürün çeşidine göre değişmiyorsa j endeksi kaldırılabilir.

\bar{X}_{Lj0} : Gelecek yılbaşı (gelecek plan dönemi başlangıcı) için planlanan dönem başı stok seviyesi.

\bar{X}_{Lj12} : Yıl sonu (bu yıl sonu) için planlanan dönem sonu stok seviyesi.

X_{LjT} : Her aya ilişkin negatif stok seviyesi, veya söz konusu aya ilişkin olarak karşılanamayan talep miktarı.

X_{Hjt} : j mamulüne ilişkin olarak t ayındaki maksimum satış miktarı. Söz konusu ayda işletmenin bu satış miktarını aşamayacağı varsayılmaktadır.

$X_{Hj} = \sum_{t=1}^{12} X_{Hjt}$: j mamulüne ilişkin yıllık maksimum satış miktarı

$X_{jt} = \frac{X_{Hjt}}{\sum_{t=1}^{12} X_{Hjt}}$: mevsim ağırlığı katsayısı. Her ayın satış miktarının toplam satış miktarı içindeki payını ifade eden katsayı.

III.3. Modelin Formülasyonu

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Kâr} = \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^{12} \left[(p_j - k_{Aj}) \cdot X_{Ajt} - k_{Pj} \cdot X_{Pjt} - k_{Ljt} \cdot X_{Ljt} \right] \rightarrow \text{Max!}$$

Sınırlayıcı Şartlar

$$1) \sum_{j=1}^n t_{ij} \cdot X_{Pjt} \leq T_{it}$$

$j = 1, 2, \dots, n$ (ürün eşidi sayısı)
 $i = 1, 2, \dots, m$ (üretim aşamaları sayısı)

$t = 1, 2, \dots, 12$ için ayrı ayrı yazılacak

$$2) \sum_{j=1}^n l_{jt} \cdot X_{Ljt} \leq L_{jt}$$

$t = 1, 2, \dots, 12$ ayrı ayrı yazılacak

$$3) \bar{X}_{Lj0} + \sum_{t=1}^T (X_{Pjt} - X_{Ajt}) - X_{LjT} = 0$$

$j = 1, 2, \dots, n$ ve $T = 1, 2, \dots, 12$ için ayrı ayrı yazılacak

$$4) \bar{X}_{Lj12} - X_{Lj12} = 0$$

$j = 1, 2, \dots, n$ için ayrı ayrı yazılacak

$$5) X_{Ajt} \leq X_{Hjt}$$

$j = 1, 2, \dots, n$ ve $t = 1, 2, \dots, 12$ için ayrı ayrı yazılacak

$$\text{NOŞ (Negatif olmamış şartı)} = X_{Pjt}, X_{Ljt}, X_{Ajt} \geq 0$$

Birinci sınırlayıcı fabrika kapasitesine ilişkin sınırlama olup, her ay gerçekleştirilebilecek üretim seviyesinin darboğaz üretim aşamasının kapasite büyüklüğü ile sınırlandırıldığını ifade etmektedir.

İkinci sınırlayıcı depo kapasitesine ilişkin sınırlamadır. Buna göre her ay depolanabilecek stok miktarı, depo kapasitesi tarafından sınırlandırılmaktadır.

Üçüncü sınırlayıcı negatif stokun ortaya çıkmamasını garanti etmektedir.

Dördüncü sınırlayıcı planlanan yıl sonu (veya yeni yılbaşı) stok seviyesinin planlanan seviyede gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.

Ve nihayet beşinci sınırlayıcı da her aya ilişkin satış miktarının o aya ilişkin maksimum satış miktarını aşamayacağını ifade etmektedir.

III.4. Modelin Genişletilmesi

Modelde aşağıdaki konularda düzeltmelere ve/veya genişletmelere gidilebilir.

a. Modelin amaç fonksiyonunda yer alan kâr, toplam katkı payı ile, ancak ve ancak, yılbaşı ve yılsonu stok seviyeleri eşit ise eşdeğerdir. Aksi halde kâr ile toplam katkı payı aşağıdaki düzeltme terimi kadar birbirlerinden farklılık arzederler.

$$\Delta \text{ kâr} = \sum_{t=1}^n (\bar{X}_{Lj12} - \bar{X}_{Lj0}) \cdot k_{pj}$$

Δ kâr : imalat maliyeti ile değerlendirilmiş yıllık stok değişiminden kaynaklanan ek kâr.

b. Karşılınmayan talep modele dahil edilebilir. Çeşitli darboğazlar nedeniyle karşılınmayan talep örneğin % 20 olarak tahmin ediliyorsa, bu ya tüm aylara eşit olarak dağıtılır ve her aya ilişkin (X_{Hjt}) nin % 80'i (% 100-%20) modelde esas alınır; veya mevsim katsayısı

$$\alpha_{jt} = \frac{X_{Hjt}}{\sum_{t=1}^{12} X_{Hjt}} \quad (\text{nx12 adet } \alpha_{jt} \text{ katsayısı})$$

ile bu durum dikkate alınır. Talebin (satış temposunun) yüksek olduğu aylarda katsayı yüksek değer alır, satış temposunun düşük olduğu aylarda ise düşük değer alır). (α_{jt}) lerin bilindiğini kabul edersek modelde aşağıdaki değişiklikler yapılmalıdır :

$$\text{Sınırlayıcı şart (3) : } \bar{X}_{Lj0} + \sum_{t=1}^T (X_{Djt} - X_{Aj}) - X_{Ljt} = 0$$

$$\text{Burada } X_{Aj} = \sum_{t=1}^{12} X_{Ajt} \text{ 'dir.}$$

$$\text{Sınırlayıcı şart (5) : } X_{Aj} \leq X_{Hj}$$

Modelde X_{Ajt} yerinde X_{Aj} yazılmasıyla değişken ve sınırlayıcı şart sayısı $n \times (12-1)$ adet azalır. Ayrıca amaç fonksiyonu da

$$\text{Kâr} = \sum_{t=1}^n (p_j - k_{Aj}) \cdot X_{Aj} - \sum_{j=1}^{12} (k_{pj} \cdot X_{pj} + k_{Ljt} \cdot X_{Ljt}) \rightarrow \text{Max}$$

şeklini alır.

III.5. Modelin Unsurları

a. Veriler : P_j (n adet)

k_{Aj} (n adet)

X_{Ajt} (nx12 adet) veya $X_{Aj} = \sum_{t=1}^{12} X_{Ajt}$; X_{Ajt} yerine X_{Aj}

alınırsa değişken ve sınırlayıcı şart sayısı n (12-1)

n (12-1) adet azalır.

k_{pj} (n adet)

k_{Ljt} (nx12 adet)

T_{it} (üretim aşaması sayısı x 12 adet)

t_{ij} (üretim aşaması sayısı x n adet)

L_t (12 veya L_{tj} (nx12) veya L_j (n adet)

l_j (n adet)

\bar{X}_{Lj0} (n adet)

\bar{X}_{Lj12} (n adet)

X_{Hjt} (nx12 adet) veya X_{Hj} (n adet);

X_{Hjt} yerine H_j alınırsa değişken ve sınırlayıcı şart sayısı $n \times (12-1)$ adet azalır.

X_{Ajt} (nx12 adet)

b. Değişkenler : X_{pj} (nx12 adet)

X_{Ljt} (nx12 adet)

c. Sonuçlar : X_{pj} ve X_{Ljt} 'lerin optimal değerleri ile her üretim aşamasındaki atıl kapasite veya darboğaz durumu. X_{pj} 'ler ile X_{Ljt} 'ler arasında şu ilişki vardır.

$$X_{Ljt} = (X_{pj} - X_{Ajt}) + (X_{Ljt-2} - X_{Ljt-1})$$

III.5. Modelin Sonuçlarının Yorumu

Model sonunda elde edilecek olan optimum çözüm değerleri her aya ilişkin üretim miktarı (X_{pjt}) ve stok miktarı (X_{Ljt}) olacaktır.

Burada esas karar değişkeni aylık üretim miktarları (X_{pjt}) olarak belirlenmektedir. Zira her aya ilişkin stok seviyesi, o aya ilişkin üretim ve satış miktarlarının farkı ($X_{pjt} - X_{Ajt}$) ile o ay başındaki stok mevcudunun, başka bir deyişle bir ay önceden (t-1) söz konusu aya (t) devredilen stok miktarının ($X_{Ljt-2} - X_{Ljt-1}$) toplamına eşittir.