

# ÜRETİM KAYNAKLARI PLANLAMA SİSTEMİNDE ANA ÜRETİM ÇİZELGESİNİN DONDURULMASI

**Ertan GÜNER\*** ve **Cenk ÇALIŞKAN**

\* Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Maltepe, Ankara,  
[erguner@gazi.edu.tr](mailto:erguner@gazi.edu.tr)

## ÖZET

Üretim Kaynakları Planlama (ÜKP) sisteminin tasarım ve yönetimi, rekabetin yoğun olduğu pazarlarda bulunan üretim firmaları için giderek önem kazanmaktadır. Belirsiz talep ortamında malzeme ihtiyaç planlama (MİP) sistemlerindeki çizelge kararsızlığını ya da gerginliğini azaltmak ÜKP sistem performansını önemli derecede etkilemektedir (planlanan sipariş miktarlarında veya Ana Üretim Çizelgesindeki (AÜÇ) küçük değişiklikler ÜKP'da önemli değişimlere sebep olabilir bu durum sistem gerginliği olarak bilinir). Bunun için kullanılan yöntemlerden biri AÜÇ'yi dondurmaktır (yani AÜÇ ve planlanan siparişler gelecek belli bir zaman aralığında sabit tutulur). MİP sistemlerinde AÜÇ dondurma parametrelerinin etkisi tam olarak bilinmemektedir. Bu çalışmada, AÜÇ dondurma parametreleri incelenmiş ve belirsiz talep ortamında AÜÇ'nin dondurulması üzerine bir örnek verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Üretim kaynakları planlaması, ana üretim çizelgesi, malzeme ihtiyaç planlaması.

## FREEZING THE MASTER PRODUCTION SCHEDULE IN MANUFACTURING RESOURCES PLANNING (MRP II) SYSTEMS

### ABSTRACT

The design and management of manufacturing resources planning (MRP II) systems is becoming more and more important for manufacturing firms in this ever-increasing competitive marketplace. Freezing the master production schedule (MPS) is one of the commonly used methods to reduce schedule instability or nervousness in material requirements planning (MRP) systems in stochastic demand environment. In addition this, the effect of MPS freezing parameters couldn't be understood exactly in MRP systems. In this study, MPS freezing parameters were investigated and a common sample about freezing the MPS was given.

**Keywords:** Manufacturing resources planning, master production schedule, material requirements planning.

### 1. GİRİŞ

Malzeme İhtiyaç Planlama (MİP) sistemi tasarımı ve yönetimi üzerine yapılan çalışmalar 1970'lerden önce fazla ilgi görmemekteydi. Yapılan makalelerin çoğu MİP sistemlerini belirli talep ortamında incelemiştir. 1980'lerin başında dijital bilgisayarların kullanımının artmasıyla birlikte, MİP üzerine birçok çalışma yapılmaya başlanmıştır. MİP çalışma sahalarının genişletilmesiyle birlikte daha fazla üretim faaliyetleri, bu yöntem içine dahil olmuştur. Bunlar; işletme planlaması, üretim planlama ve kapasite planlama gibi alanlardır. Genişletilmiş bu MİP sisteminin yeni ismi üretim kaynakları planlama (ÜKP) sistemi olmuştur. ÜKP

sistemleri üzerine yapılan son araştırmalar gerçek üretim ortamına giderek daha yakın olmaya başlamış ve birçok makalede belirsiz talep düşünölmeye başlanmıştır (Enns, 2001; Zhao ve Lee, 1993, 1996; Zhao ve diğ., 1995).

Ana Üretim Çizelgesindeki sık değişimler, iç ve dış sebeplerden dolayı oluşabilmektedir. Dış sebepler; belirsizliğe bağlı müşteri ihtiyaçları ve satış tahminleri vb. gibi sebeplerdir. İç sebepler ise parti büyüklüğü metodunun getirdiği özellikler vb. gibi sebepler olabilir. AÜÇ'deki bu sık değişimler, ÜKP sistemlerindeki çizelge kararsızlıklarının önemli sebepleridir. Çizelge-lerdeki sık değişimler verimlilik performansını azaltıcı etki gösterebilmektedir. Ayrıca AÜÇ'deki kararsızlık,

üretim ve stok maliyetlerinde artışlara, müşteri hizmetlerinde kötüleşmeye yol açabilmektedir.

ÜKP sistemlerindeki gerginlik ya da çizelge kararsızlığı konusu ÜKP uzmanları için büyük bir sorundur ve bu konu üzerine birçok araştırma yapılmıştır (Sridharan ve LaForge, 1994a,b; Yeung ve diğ.1998). ÜKP gerginliği, daha yüksek seviyedeki ÜKP kayıtlarında veya AÜÇ'deki küçük değişiklikler ile ortaya çıkan, ÜKP planlarındaki önemli değişiklikler olarak tanımlanmıştır. Bu değişiklikler, planlanmış siparişlerin veya çizelgelenmiş alacakların miktarını ya da zamanlamasını içerebilir. Ayrıca stok maliyetlerini artırır ve üretimde aksamalara sebep olur. ÜKP gerginliğini düşürmek için birçok metod tavsiye edilmiştir. Belirsiz talep ile başa çıkabilmek için endüstride yaygınca kullanılan metotlardan biri AÜÇ'yi dondurmaktır. Bununla birlikte AÜÇ'yi dondurmanın çizelge kararsızlığı, toplam maliyet ve müşteri hizmet seviyesi üzerine etkisi çok fazla araştırılmamıştır.

Sridharan ve diğ. (1987), deterministik talep ortamında, planlanma döneminin %50'sini dondurmanın tek kalemlı MİP sisteminde hazırlık ve stok maliyetine belli bir miktar etkisinin olduğunu belirlemişlerdir. Bununla birlikte Zhao ve Lee (1993, 1996) tek son ürünlü çok seviyeli MİP sisteminde farklı parti büyüklüğü belirleme kurallarını kullanarak, daha düşük toplam maliyetli planlama dönemini daha yüksek dondurma oranı ile bulmuşlardır. Belirsiz talep ortamında,

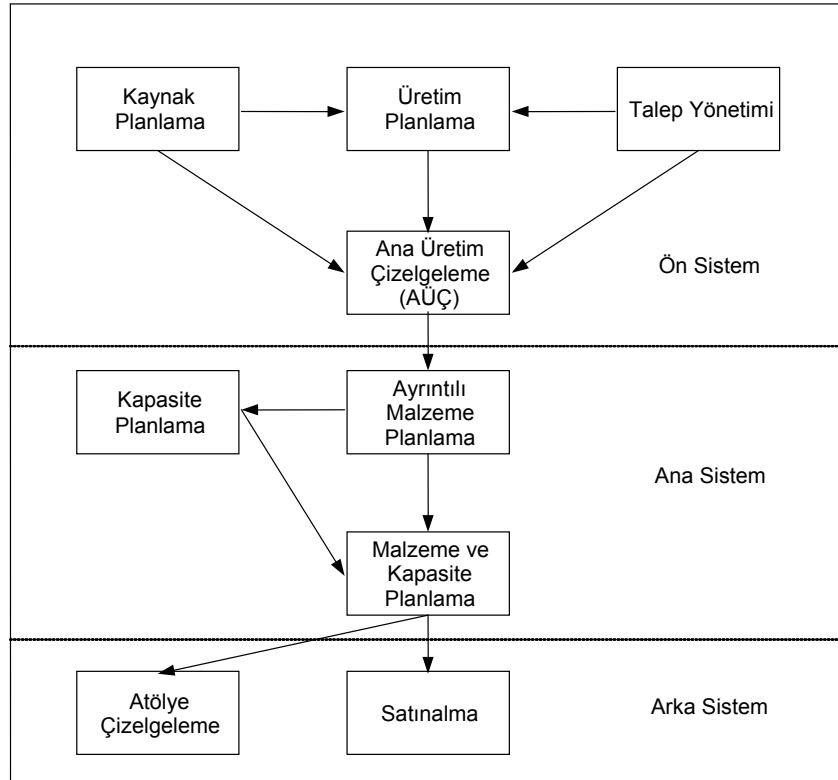
dondurulmuş aralığın MİP sistemi üzerindeki etkisi daha karmaşıktır. Dondurulmuş aralığın uzunluğunu seçerken; toplam maliyet, hizmet seviyesi ve AÜÇ dayanıksızlığı üzerinde bir ödünleşim ortaya çıkmaktadır (Zhao ve Lee 1993).

Sridharan ve Berry (1990a), deterministik talepli ve tek kalemlı ortamda çalışmıştır. Yaptıkları benzetim çalışması sonucunda, *sipariş bazlı* dondurma metodunun *dönem bazlı* dondurma metoduna göre toplam maliyet açısından üstün olduğu belirlenmiştir. Sridharan ve Berry (1990b), yaptıkları diğer bir çalışmada ise belirsiz talep ortamını dikkate almışlar ve sipariş bazlı dondurma metodunun yine üstün olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca daha uzun dondurulmuş aralığın daha yüksek maliyete sebep olduğunu da belirlemişlerdir.

Bu çalışmada, AÜÇ'nin yapısı ve AÜÇ'yi kayan çizelge ortamında dondurma konusu ayrıntılı olarak incelenecektir.

## 2. ÜKP SİSTEMİ YAPISI

Modern bilgisayarların artan gücü ve işletmelerdeki farklı fonksiyonların koordine edilmesi ihtiyacı ile birlikte ÜKP sistemi hızlı bir şekilde gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır. Tipik bir ÜKP sistemi üç parçaya bölünebilmektedir. Bunlar; ön sistem, ana sistem ve arka sistem olarak adlandırılabilir (Vollman ve diğ., 1992). Şekil 1'de her bölüm için başlıca faaliyetler gösterilmektedir.



Şekil 1. Üretim kaynakları planlaması sistemi (Vollman ve diğ., 1992)

ÜKP'nin ilk bölümü olan ön sistem, tüm yönetimi içeren faaliyetler kümesidir. Bu aşamada, şirketin üretim planlama ve kontrol amaçları belirlenmiştir. Bu aşama; talep yönetimi, üretim planlama ve AÜÇ'yi içerir. AÜÇ, son ürünler için üretim çizelgesidir. Gelecekte hangi son ürünlerin üretileceğini belirler. AÜÇ, talep yönetiminden, üretim planından ve atölye çizelgeleme kapasitesinden talep verisini alır. İlk olarak AÜÇ geliştirilir.

ÜKP sisteminin ikinci bölümü olan ana sistem, ayrıntılı malzeme ihtiyaç planlamasını ve kapasite planlamasını tamamlayan sistemler kümesidir. ÜKP'nin malzeme ve kapasite planı ÜKP sisteminin üçüncü bölümü olan arka sistemi besler. Arka sistem, satınalma sistemi ve atölye çizelgeleme sisteminden ibarettir. Satınalma sistemi, bileşen parçaların, alt montaj parçaların ve son ürünlerin malzeme planlarına göre üretimini desteklemek için gerekli hammadde siparişini verir. Atölye çizelgeleme kontrol sistemi ise her iş istasyonundaki tüm istasyon siparişlerini önceliğe göre çizelgeler.

ÜKP sistemleri, üretim aşamalarını planlama ve kontrolle ilgilenir ve pazar ihtiyaçlarını karşılamak ve şirket stratejilerini belirlemek üzere tasarlanmıştır. Bu yüzden, etkin bir ÜKP sistemi, bir şirketin rekabetçi pazarda güçlü olmasını sağlar.

ÜKP sisteminin MİP faaliyetleri açısından diğer yönetim araçlarına göre avantajları olduğu gibi dezavantajları da bulunmaktadır. ÜKP, üretim planının planlama ve uygulama aşamalarında avantajlar sağlamaktadır. Planlama aşamasındaki en büyük avantajı, farklı üretim planlarının yapılabilişliği ve ihtiyaçlarının değerlendirilmesi ve belirlenmesindeki becerisidir. Uygulama aşamasında, ÜKP stok kontrolü ve stoğu en aza indirmede büyük rol oynar. ÜKP sistemlerinin büyük avantajlarından biri geleceğe ait yetersiz ya da aşırı stoğu belirleyip bunlara karşı önlemler alabilmesidir (Sipper ve Bulfin, 1997).

Diğer taraftan ticari ÜKP sistemlerinin çoğu sınırsız üretim kapasitesi olduğunu varsayar. Ancak üretim planının sınırlı kapasite kısıtlarına göre sık sık ayarlamalara ihtiyacı vardır. Sistemdeki bazı elemanlar da doğru belirlenmedikçe problemler ortaya çıkabilir. Bunlar; belirsizlik, üretim ve tedarik zamanı, teslim kalitesi, sistem gerginliği ve veri doğruluğudur (Sipper ve Bulfin, 1997).

### 3. ANA ÜRETİM ÇİZELGESİ

AÜÇ, son ürünler için üretim çizelgesidir. Gelecek dönemlerde hangi son ürünlerin üretileceğini belirler. AÜÇ, talep yönetiminden, üretim planından ve atölye çizelgeleme kapasitesinden

talep verisini alır. İlk olarak AÜÇ geliştirilir ve ÜKP sistemini yönetici durumundadır. Talep belirsizliği ve malzemeler ile diğer kaynakların elde edilebilirliği nedeniyle ÜKP sistemi periyodik olarak tekrar planlanarak güncellenmelidir. AÜÇ, ÜKP sisteminde önemli bir rol oynar. Şöyle ki; iyileştirilen AÜÇ'nin kalitesi atölye çizelgelemedeki üretim etkinliğini, üretim sisteminin stok maliyetini ve müşteri hizmet seviyesini etkiler. Bu yüzden etkin bir AÜÇ, üretim firmalarına bugünkü zorlu rekabet koşullarında üretim kaynaklarından en iyi şekilde istifade etmeleri için yardım etmede hayati bir öneme sahiptir (Wight, 1984).

Belirsiz talep ortamındaki AÜÇ'nin müşteri taleplerindeki veya talep tahminlerindeki değişikliklere göre tekrar gözden geçirilmesi gerekir. Yönetim aşırı değişikliklerden kaçınmak için genellikle orjinal plana göre AÜÇ'nin bir bölümünü hiç değiştirmez ve yürürlüğe koyar (Zhao ve Lee, 1993). AÜÇ'nin değişmeyen bu bölümüne dondurulmuş aralık denir. Dolayısıyla belirsiz talep ortamında AÜÇ'deki kararsızlıkla başa çıkmanın yollarından biri AÜÇ'nin bir bölümünü dondurmaktır (Sridharan ve Berry, 1990a). Yapılan araştırmalar AÜÇ'deki başlıca aralıkların ÜKP performansında önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. AÜÇ'deki dondurulmuş, tekrar planlama ve temin zamanı aralıkları, AÜÇ sisteminin tanımındaki önemli değişkenlerdir. AÜÇ'yi dondurmaya etkileyen başlıca beş faktör vardır. Bunlar; kullanılan parti büyüklüğü yöntemi, tekrar planlama dönemi uzunluğu, dondurulmuş aralık uzunluğu, serbest aralık ve dondurma metodudur (dönem ya da sipariş bazlı). Şekil 2'de iki tekrar planlama çevrimindeki AÜÇ'nin başlıca aralıkları gösterilmektedir.

ÜKP statik çevrede kullanılmaz. ÜKP düzenli olarak güncellenen bir sistemdir ve bir güncelleme yapıldığında bütün ÜKP kayıtları güncellenmiş olur. AÜÇ, sadece güncellenmemiş ayrıca genişlemiş olur. Belirsizlik ortamında AÜÇ'nin güncellenebilmesi için kayan çizelge kavramı kullanılmaktadır. AÜÇ'de eğer 12 aylık bir planlama dönemine sahip isek, bir aydan sonraki bir güncelleme, kalan 11 ay sonuna bir diğer ay eklenmesi anlamına gelir. Bu bazen 12 aylık kayan çizelge olarak tanımlanır. Bir güncelleme işleminin oluşturduğu bu değişikliklerin sonucunda planlanmış sipariş miktarlarında değişiklikler oluşabilir. Bundan da kötüsü, çizelgelenmiş sipariş emirlerinin değişikliklere ihtiyacı olabilir. Bu kavram sistem gerginliği olarak bilinir. Sistem gerginliğinin üstesinden gelmek için birçok ÜKP sistemi dondurulmuş aralık kavramını öne sürer. Yani AÜÇ ve planlanmış sipariş emri gelecekteki birçok zaman diliminde sabit olarak korunur. Bugünün dinamik üretim dünyasında, dondurulmuş aralığın üstesinden gelmek giderek zorlaşmaktadır (Sipper ve Bulfin, 1997).

AÜÇ'yi dondurmak için iki metod bulunmaktadır: sipariş bazlı metod ve dönem bazlı metod. *Dönem bazlı metotda*, planlama dönemindeki belirli sayıda dönem

için siparişler orjinal plana göre uygulanır. *Sipariş bazlı metotta*, planlama dönemindeki belirli sayıdaki verilen siparişler orjinal olarak çizelgelendiği gibi uygulanır. Yapılan bir çok çalışmaya göre sipariş bazlı metodun dönem bazlı metoda üstün geldiğini göstermektedir (Zhao ve Lee, 1993,1996; Yeung ve diğ., 1998). Şekil 2’de dönem bazlı dondurma metodu gösterilmiştir.

### 3.1. Ana Üretim Çizelgesi Elemanları

AÜÇ, toplam 8 elemandan oluşmaktadır.

- (1) Dondurulmuş aralık,
- (2) Uygulama aralığı,
- (3) Serbest aralık,
- (4) Birikimli Son Ürün Temin zamanı,
- (5) Temin Zamanı,
- (6) Üretim dönemi,
- (7) Planlama dönemi,
- (8) Tekrar planlama aralığı.

Bu elemanlar aşağıda ayrıntılı olarak incelenmiştir:

#### 3.1.1. Dondurulmuş aralık

Şekil 2’de gösterilen  $T_3$ - $T_5$  dondurulmuş aralığı, çizelgelerin orjinal plana göre yürürlüğe konulduğu zaman aralığıdır (Yeung ve diğ., 1998). Dondurulmuş aralık ve tekrar planlama (ya da uygulama) aralıkları arasındaki fark AÜÇ temin zamanıdır. Şekil 2’deki önemli nokta AÜÇ temin zamanı, iki ardışık planlama çevrimindeki dondurulmuş aralıkların kesiştiklerinde oluşturduğu zaman aralığı olmasıdır (Lin and Krajewski, 1992). Dolayısıyla Şekil 2’de gösterilen 1.planlama

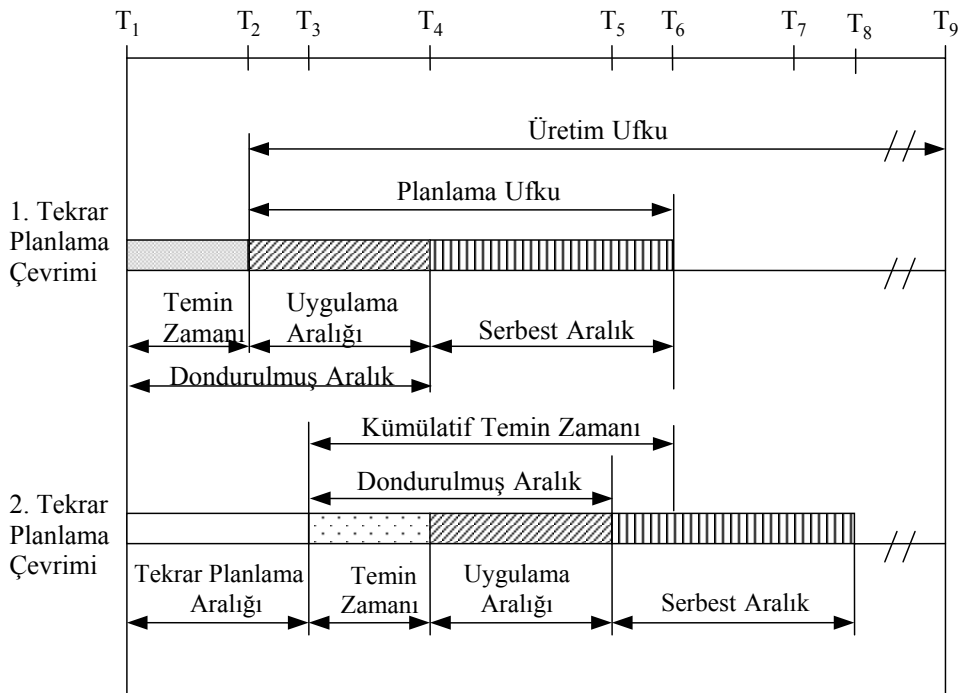
çevrimindeki  $T_3$ - $T_4$  aralığı, 2.planlama çevriminde dondurulmuş olarak kalır. Bu planlamacılar planlama çevrimleri arasında kararlı bir zaman aralığı verir. Dondurulmuş aralığın uzunluğu en azından AÜÇ temin zamanı ve tekrar planlama aralığının toplamı kadar olmalıdır. Bu aralık içindeki çizelge sabitlenmiş ve hiçbir değişikliğe izin verilmemiştir. Örneğin Şekil 2’ye göre,  $T_1$ ’de geliştirilen AÜÇ,  $T_1$ - $T_4$  zaman aralığında değişmeyecektir (Yeung ve diğ., 1998). Dondurma oranı, uygulama aralığının planlama dönemine oranıdır (Zhao ve Lee, 1993). Daha yüksek dondurma oranı, daha kararlı üretim çizelgeleri ve daha düşük ÜKP gerginliği anlamına gelir. Bununla birlikte daha yüksek dondurma oranı son ürünler için talebe yanıtta zorluklara yol açabilir ve stok kılığını artırabilir. Ayrıca dondurulmuş aralık, AÜÇ temin zamanı ve tekrar planlama aralıklarının toplamına eşit olduğundan, bu üçünden herhangi ikisi bilindiğinde üçüncü kolayca bulunabilir.

#### 3.1.2. Uygulama aralığı

Şekil 2’de gösterilen  $T_2$ - $T_4$  uygulama aralığı, yönetimin AÜÇ’yi yürürlüğe koyduğu aralıktır ve tekrar planlama aralığı ile ilişkilidir. Eğer dondurulmuş aralık sabit olarak korunursa, AÜÇ ileriye kayacağı için uygulama aralığı, tekrar planlama aralığına (bu iki zaman aralığı kayan çizelgenin başlangıcında aynı olmadığı halde) er geç eşit olur (Yeung ve diğ., 1998).

#### 3.1.3. Serbest aralık

Şekil 2’de gösterilen  $T_4$ - $T_6$  serbest aralığı çizelge değişikliklerinin izin verildiği aralıktır.  $T_4$ - $T_6$  arasında belirtilen zaman aralığı, sonraki planlama çevriminde



Şekil 2. Kayan AÜÇ’deki başlıca aralıkların iki tekrar planlama çevrimi şeklinde gösterimi (Yeung ve arkadaşları, 1998; Lin ve Krajewski, 1992)

değiştirilebildiğinden kararsız AÜÇ olarak da ifade edilir. Bir planlama çevriminden sonrakine gidilirken, serbest aralığın belirli bölümü dondurulmuş çizelgeye ilave edilmelidir. Şekil 2’de, 1. planlama çevrimindeki serbest aralık,  $T_3$ ’de tekrar gözden geçirilerek güncellenmiş ve  $T_4$ - $T_5$  aralığı için revize çizelge, dondurulmuş çizelgeye ilave edilmiştir. Bu yolla yeni kararsız AÜÇ,  $T_5$ - $T_8$  aralığı olarak belirlenmiştir.

### 3.1.4. Birikimli son ürün temin zamanı

Birikimli son ürün temin zamanı gibi unsurlar da kayan çizelgede önemli etkiye sahiptir. Bu kavram son ürünü üretmek ve hammaddelerini temin etmek için gerekli en küçük zaman dönemi olarak tanımlanır. Son ürünün ürün ağacındaki her parçanın temin zamanı ölçüldüğünde, ardışık işlemler ve temin faaliyetlerinin zamanı hesaplandığında, uzun bir zaman ortaya çıkar. Planlama dönemi, yeterli sayıda parti üretmek için ve son ürünün birikimli temin zamanını örtecek şekilde yeterince uzun olmalıdır. Bu AÜÇ’deki birikimli temin zamanı değışikliklerinin en küçüklenmesi ile sağlanır (Lin ve Krajewski, 1992).

### 3.1.5. Temin zamanı

Dondurulmuş aralık ve tekrar planlama (ya da uygulama) aralıkları arasındaki fark AÜÇ temin zamanıdır. Şekil 2’deki önemli nokta AÜÇ temin zamanı, iki ardışık planlama çevrimindeki dondurulmuş aralıkların üst üste geldiğinde oluşturduğu zaman aralığıdır ( $T_3$ - $T_4$ ). Dolayısıyla 1. planlama çevrimindeki  $T_3$ - $T_4$  aralığı, 2. planlama çevriminde dondurulmuş olarak kalır. Bu planlamacılara planlama çevrimleri arasında kararlı bir zaman aralığı verir. Dondurulmuş, tekrar planlama ve AÜÇ temin zamanı aralıkları, AÜÇ sisteminin tanımındaki önemli değışkenlerdir. Ayrıca dondurulmuş aralık, AÜÇ temin zamanı ve tekrar planlama aralıklarının toplamına eşit olduğundan, bu üçünden herhangi ikisi bilindiğinde üçüncü kolayca bulunabilir (Lin ve Krajewski, 1992).

### 3.1.6. Üretim dönemi

Şekil 2’de gösterilen  $T_2$ - $T_8$  üretim dönemi, üretim çizelgesinin planlandığı ve üretildiği zaman aralığıdır (Yeung ve diğ., 1998). Çoğu araştırma, tüm üretim dönemindaki toplam sistem maliyeti üzerine çalışmıştır. Amacımız dönem başına beklenen toplam maliyeti en küçükleyen dondurulmuş, tekrar planlama ve planlama dönemi aralıklarını belirlemektir.

### 3.1.7. Planlama dönemi

Şekil 2’de gösterilen  $T_2$ - $T_6$  planlama dönemi, her planlama çevrimindeki üretim çizelgesinin

geliştirildiği zaman aralığıdır. Planlama Dönemi, her tekrar planlama çevrimindeki üretim çizelgelerinin geliştirildiği, toplam üretim temin zamanı dışındaki dönem sayısıdır. Stoklu ortamda tahminler, talep bilgisi sağlar. Planlama dönemi arttıkça dönemin sonundaki tahmin doğruluğu azalır. Sipariş için üretim yapılan ortamda planlama dönemi müşterilerin siparişlerini ne zaman vereceklerinden önemli ölçüde etkilenmektedir (Lin ve Krajewski, 1992).

Şekil 2’de görüldüğü gibi planlama dönemi aşağıdaki ilişkiye sahip olmalıdır:

Ana üretim çizelgesi temin zamanı + Planlama dönemi  $\geq$  Tekrar planlama sıklığı + Birikimli son ürün temin zamanı.

Yukarıdaki ilişki tekrar düzenlendiğinde planlama dönemi aşağıdaki koşulu sağlamalıdır:

Planlama dönemi  $\geq$  Tekrar planlama sıklığı + Birikimli son ürün temin zamanı – Ana üretim çizelgesi temin zamanı. (1)

Denklem planlama döneminin alt sınırını belirlerken, bu uzunluğun üst sınırı cevapsız kalmıştır. Planlama döneminin büyük olması kararsız AÜÇ’nin büyük olması anlamına gelmektedir. Eğer tahmin edebilirlik seviyesi düşerse kararsız AÜÇ yararını yitirebilir.

### 3.1.8. Tekrar planlama aralığı

Şekil 2’de gösterilen  $T_1$ - $T_3$  tekrar planlama aralığı, ardışık iki planlama çevriminin arasındaki zaman aralığıdır. Daha kısa tekrar planlama aralığı, daha yüksek tekrar planlama sıklığına yolaçar. AÜÇ’nin ne kadar sıklıkta tekrar planlanacağını belirler (Yeung ve diğ., 1998). Periyodik gözden geçirme sıklığı (ya da tekrar planlama çevrimleri arasındaki dönemlerin sayısı) yani güncelleme ve parti büyüklüğü belirleme çevrimleri, AÜÇ seviyesindeki son çizelgelerin kararlılığı ve parti büyüklüğü maliyetleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bir anda bir dönem kaydırıldığında ( $R=1$ , R: yeniden sipariş verme periyodu) yani sık tekrar planlama yapıldığında, firma daha güvenilir verilerle çalışabilir ve belirsiz ortamda bu uygun bir seçenek olabilir. Ancak böyle bir kayan çizelgede işlem yoğunluğu ve çizelge kararsızlığı artar (Sridharan ve Berry, 1990a). Sık tekrar planlama, çizelgenin dondurulmamış kısmının sık gözden geçirilmesi (siparişlerin miktarı ve zamanlamasındaki değışiklikler) anlamına gelir. AÜÇ’nin kararsızlığı, AÜÇ sipariş miktarındaki ortalama değışim olarak tanımlandığından, sık tekrar planlama çizelge kararsızlığını artıracaktır (Sridharan ve LaForge, 1989). Az sıklıkta tekrar planlama ( $R>1$ ), daha kararlı çizelgeler oluşacaktır ancak sistem talep değışikliklerine daha az yanıt verecektir. Bu da daha yüksek stok yokluklarına sebep olabilir. Bununla birlikte daha büyük R değeri üretim çizelgelerinde daha az değışiklik

ve daha az gerginlik anlamına gelir (Zhao ve Lee, 1993).

Örneğimizde uygulama aralığı ile tekrar planlama aralıkları uzunluklarının eşit olması bir tesadüf değildir. Tanımsal olarak AÜÇ’de tekrar planlama aralığı boyunca hiçbir güncelleme yapılmamıştır. Dolayısıyla güncellemeler arasında, dondurulmuş çizelgenin bir bölümünü tüketmiş oluruz ve bunun yeri sonraki tekrar planlamada doldurulmalıdır. Tüketilmiş AÜÇ, tekrar planlama aralığına eşit bir zaman aralığını örter. Uygulama aralığı tekrar planlama aralığına eşit olmalıdır. Bu ilişki dondurulmuş aralığın en azından tekrar planlama aralığı kadar geniş olması gerektiği anlamına gelir (Lin ve Krajewski, 1992).

### 3.2. AÜÇ Dondurma Süreci İçin Bir Örnek

Zhao ve Lee (1993), AÜÇ’yi dondurmak üzerine dikkate aldıkları örneği. konunun daha iyi anlaşılabilmesi için bu çalışmada ele alınmıştır. Örneğe ait AÜÇ dondurma prosedürleri Tablo 1, 2, 3 ve 4’te basitleştirilerek gösterilmiştir. Sistem sadece bir parçaya sahiptir. Üretim temin zamanı 1 dönemdir. Maliyet parametreleri ve AÜÇ dondurma

için parametreler Tablo 1’in başında gösterilmiştir. Kullanılan parti büyüklüğü metodu Silver-Meal yöntemidir. Talep ve siparişlerin hepsinin her dönemin başında geldiği varsayılmıştır. Sistem, 1.dönemin başında boş olarak düşünülmüştür. Parça için talebin gerçekleştiği ilk dönem 2.dönemdir.

Tablo 1 ve 2 dönem bazlı dondurma metodunu kullanarak oluşturulan ilk iki tekrar planlama çevrimindeki MİP kayıtlarını göstermektedir. 1.tekrar planlama çevriminde (1.dönemin başında) AÜÇ çizelgeleri, 2.dönemden 17.döneme kadar (16 dönemlik planlama dönemi) talep tahminine göre geliştirilmiştir. 16 dönemlik planlama dönemi ve 0.5’lik dondurma oranı ile bu metod kullanıldığında dondurulmuş aralık 8 dönemdir. Böylece planlama döneminin ilk 8 dönemindeki (2.dönemden 9.döneme kadar) siparişler dondurulmuş olur. 2.tekrar planlama çevriminde, çizelgeler 2 dönem ileri (tekrar planlama dönemi 2 dönemdir), yani 3.dönemin başlangıcına kaydırılmıştır. Dönem 3’ün başlangıcında, 1. ve 2.dönem geçilmiştir, 2.dönemdeki talep bilinen hale gelmiştir (955 birim) ve 1. ve 2.dönemler için son stok hesaplanabilir. 3.dönemden 17.döneme kadar talep tahminleri yeni talep bilgilerine göre gözden geçirilip yeniden düzenlenmiş ve 18 ile 19.dönemler için talep tahminleri

**Tablo 1.** AÜÇ dondurma örneği -- dönem bazlı dondurma metodu (1. tekrar planlama çevrimi: dönem 1’in başlangıcında)

Periyot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Talep Tahmini		898	850	795	670	715	745	907	896	847	793	668	713	743	905	894	845		
Gerçek Talep																			
Beklenen Sipariş																			
Net ihtiyaç		898	850	795	670	715	745	907	896	847	793	668	713	743	905	894	845		
Eldeki Miktar		3030	2180	1385	715	0	3443	2536	1640	793	0	2361	1648	905	0	845			
Planlanan Sipariş		3928					4188					3029				1739			
Verilen Sipariş	3928					4188					3029				1739				

**Tablo 2.** AÜÇ dondurma örneği -- dönem bazlı dondurma metodu (2. tekrar planlama çevrimi: dönem 3’ün başlangıcında, dondurulmuş aralık 8 dönem)

Periyot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Talep Tahmini			859	805	678	725	791	940	911	862	808	681	728	794	944	915	866	811	684
Gerçek Talep		955																	
Beklenen Sipariş																			
Net ihtiyaç		0	0	0	0	0	0	0	0	0	124	681	728	794	944	915	866	811	684
Eldeki Miktar		2973	2114	1309	631	-94	3397	2457	1546	684	2203	1522	794	0	3276	2361	1495	684	0
Planlanan Sipariş		3928					4188				2327				4220				
Verilen Sipariş	3928					4188				2327				4220					

**Tablo 3.** AÜÇ dondurma örneği -- sipariş bazlı dondurma metodu (1. tekrar planlama çevrimi: dönem 1’in başlangıcında)

Periyot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Talep Tahmini		898	850	795	670	715	745	907	896	847	793	668	713	743	905	894	845		
Gerçek Talep																			
Beklenen Sipariş																			
Net ihtiyaç		898	850	795	670	715	745	907	896	847	793	668	713	743	905	894	845		
Eldeki Miktar		3030	2180	1385	715	0	3443	2536	1640	793	0	2361	1648	905	0	845			
Planlanan Sipariş		3928					4188					3029				1739			
Verilen Sipariş	3928					4188					3029				1739				

**Tablo 4.** AÜÇ dondurma örneği -- sipariş bazlı dondurma metodu (2. tekrar planlama çevrimi: dönem 3’ün başlangıcında, iki sipariş donduruldu)

Periyot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Talep Tahmini			859	805	678	725	791	940	911	862	808	681	728	794	944	915	866	811	684
Gerçek Talep		955																	
Beklenen Sipariş																			
Net ihtiyaç		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	681	728	794	944	915	866	811	684
Eldeki Miktar		2973	2114	1309	631	-94	3397	2457	1546	684	-124	2466	1738	944	0	2361	1495	684	0
Planlanan Sipariş		3928					4188					3147				3276			
Verilen Sipariş	3928					4188					3147				3276				

de MİP kayıtlarına eklenmiştir. Şimdi 2. dönemden 9. döneme kadar AÜÇ çizelgeleri dondurulduğu için değıştirilemez ve bu dönemler için net ihtiyaçlar 0 olarak tayin edilmiştir. Bu dönemlerdeki herhangi bir yetersizlik, yok satmalara izin verilmediğinden satış kaybı olacaktır. 10.dönemden 19.döneme kadar olan net ihtiyaçlar hesaplanmıştır ve bu dönemlerdeki üretim çizelgelerini belirlemek için parti büyüklüğü belirleme kuralları kullanılmıştır. Problemin verileri aşağıdaki gibidir:

Hazırlık Maliyeti: 8000  
 Temin Zamanı: 1 periyot  
 Planlama Dönemi: 16 periyot (4T)  
 Tekrar Planlama Periyodu: 2 periyot  
 Taşıma Maliyeti: 1  
 Doğal Sipariş Çevrimi (T): 4 periyot  
 Dondurma Oranı: 0.5  
 Parti Büyüklüğü Kuralı: Siver-Meal

Tablo 4'te sipariş bazlı metod kullanıldığında oluşan MİP kayıtları gösterilmektedir. Tablo 3'te görüldüğü gibi 1.planlama çevriminde, bu metodu kullanarak oluşturulan MİP kayıtları, dönem bazlı metodunkine ile aynıdır. Bununla birlikte 4 dönemlik doğal sipariş çevrimi (doğal sipariş çevrimi, bir adet ekonomik sipariş miktarının kapsadığı ortalama dönem sayısıdır) olduğunda, sipariş bazlı metod kullanılarak iki sipariş dondurulmalıdır. Yani ilk iki siparişin kapsadığı dönemlerdeki üretim çizelgeleri dondurulmalıdır. İlk iki sipariş, 2.dönemden 11. döneme kadar olan ihtiyaçları kapsamaktadır. Sonuç olarak şimdi bu dönemler için AÜÇ çizelgeleri dondurulmuştur ve değıştirilemez. 2. planlama çevriminde, bu dönemler için net ihtiyaçlar 0 olarak tayin edilmiştir. 12. dönemden 19. döneme kadar net ihtiyaçlar hesaplanmıştır ve bu dönemlerdeki üretim çizelgelerini belirlemek için parti büyüklüğü belirleme kuralları kullanılmıştır.

Yukarıda gösterilen örnekten şu sonuç çıkarılabilir; çizelgelerin dondurulduğu dönemlerin gerçek sayısı, dondurulmuş oranları aynı olsa bile, iki metod için farklıdır. Yani dondurma metodları değıştiğinde, stok maliyetleri ve çizelge kararsızlığında sıklıkla önemli farklılıklar ortaya çıkabilir.

#### 4. SONUÇ

Kayan çizelgeyi kullanmadaki asıl amaç, en son talep tahminlerine göre AÜÇ'yi periyodik olarak güncelleyebilmektir. Bu sebeple belirli talep ortamında kayan çizelge üzerine yapılan araştırmalar, kayan çizelgenin kullanım amacı ile çelişki yaratır. Gerçek endüstri uygulamalarında üretim ortamında kayan çizelgede kullanılan talep her zaman belirsizdir. Bu yüzden kayan çizelgede dondurma metodlarını kullanmak belirsiz taleple başa çıkabilmek için etkin bir yöntemdir.

Kullanılan iki metoddan sipariş bazlı metod, dönem bazlı metoda göre maliyet açısından üstündür ancak sipariş bazlı metod ÜKP kullanıcıları tarafından daha az tercih edilmektedir. Talep belirsizliği ve birden çok son ürünlü ortamlarla karşılaşıldığında sipariş bazlı metodu kullanmak her son ürün için farklı uzunluktaki dondurulmuş aralıklar üretecektir. Ayrıca her son ürün için dondurulmuş aralığın uzunluğu, her tekrar planlama çevriminden sonra talep tahmininde önemli değışiklikler varsa değışebilmektedir. Bu yüzden sipariş bazlı dondurma metodunu kullanmak iç (üretim planlama ve kontrol) ve dış açıdan (müşteri hizmetleri) fazla düzensizlik yaratabilmektedir.

Ayrıca dondurulmuş aralığı ürün ağacındaki her kaleme yüklemek AÜÇ esnekliğini geliştirebilir. Araştırmacılar artık çok ürünlü çok seviyeli ÜKP sistemi için çoklu dondurulmuş aralığı kullanmanın etkinliğini araştırmaktadır.

#### KAYNAKLAR

1. Lin, N., and Krajewski, L.J., 1992, A model for master production scheduling in uncertain environments, **Decision Sciences**, 23, 839-861.
2. Sipper, D., and Bulfin, R.L., 1997, **Production: Planning, Control and Integration**, Mc Graw-Hill, New York.
3. Sridharan, V., and Berry, W.L., 1990a, Master Production Scheduling make-to-stock products: a framework for analysis, **International Journal of Production Research**, 28(3), 541-558.
4. Sridharan, V., and Berry, W.L., 1990b, Freezing the MPS under demand uncertainty, **Decision Sciences**, 21, 97-120.
5. Sridharan, V., Berry, W.L., and Udayabhanu, V., 1987, Freezing the MPS under rolling planning horizons, **Management Science**, 33(9), 1137-1149.
6. Sridharan, V., and LaForge, R.L., 1989, The impact of safety stock on schedule instability, cost and service, **Journal of Operations Management**, 8(4), 327- 347.
7. Vollmann, T., Berry, W., and Whybark, D., 1992, **Manufacturing Planning and Control Systems**, Homewood, IL:Irwin, 5-6.
8. Wight, O.W., 1984, **Production and Inventory Management in the Computer Age**, Van Nostrand Reinhold, New York.
9. Yeung, J.H.Y., Wong, W.C.K. and Ma L., 1998, Parameters affecting the effectiveness of MRP systems: a review, **International Journal of Production Research**, Vol 36(2), 313-331.
10. Zhao, X., and Lee, T.S., 1993, Freezing the MPS for MRP systems under demand uncertainty, **Journal of Operations Management**, 11, 185-205.
11. Zhao, X., and Lee, T.S., 1996, Freezing the master production schedule in multilevel material requirements planning systems under deterministic demand, **Production Planning and Control**, 7(2), 144-161.