



TESİS PLANLAMA

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ LİSANS PROGRAMI

DOÇ. DR. SEDA YANIK UĞURLU

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ AÇIK VE UZAKTAN EĞİTİM FAKÜLTESİ

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ AÇIK VE UZAKTAN EĞİTİM FAKÜLTESİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ LİSANS PROGRAMI



TESİS PLANLAMA

DOÇ. DR. SEDA YANIK UĞURLU

Yazar Notu

Elinizdeki bu eser, İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi'nde okutulmak için hazırlanmış **bir ders notu niteliğindedir.**

ÖNSÖZ

Tesis planlama problemi, üretim ya da hizmet sistemlerinde, en uygun tesis yerinin seçimi ve tesislerin en uygun şekilde düzenlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Tesis yeri seçimi ve yerleşim düzeni malzeme hareketi ile doğrudan ilgilidir. Buradan yola çıkarak, tesis planlamadaki ana amacın, fabrika dışarısındaki ve içerisinde dağıtım ve üretime yönelik faaliyetlerde yer alan canlı ve cansız varlıkların hareketlerini en küçüklemek olduğu söylenebilir. Tesis planlama sürecinde; gereksinimlerin açıkça belirlenmesine, alternatif kuruluş yerleri ve iş yeri düzenlemeleri hakkında objektifliğe, işletmeyi bir bütün olarak düşünmeye, sistematik bir düzenle yerleri tanımlamaya, elde edilen bilgilerin güvenilirliğini sağlamaya, elindeki ya da gelecekteki teknoloji-işgücü-hammadde vb. üretim unsurlarına en uygun kuruluş yeri ve düzenlemesi olmasına özen göstermelidir.

Her sanayi kuruluşu üretim amaçlarına ulaşabilmek için bir takım etkenlere bağımlıdır. Bu etkenler sanayi firmasının tüm üretimini etkilemektedir. Bu etkenler, tedarikçiler, hammaddeye yakınlık, pazara yakınlık, altyapı koşulları, enerji, iş gücü, ulaşım, haberleşme, iklim koşulları, arazi maliyetleri şeklinde sayılabilir. Sayılan bu faktörlerin her biri kendi içerisinde öneme sahiptir. Sanayi firmaları üretim tesislerini kurarken bu faktörlerden her birini kendi amaçları doğrultusunda, her bir faktörü kendine has ağırlığına göre değerlendirip dikkate almak zorundadır. Amaç, kuruluş yeri olarak seçilen bölgeden sağlanacak faydayı en büyüktür. Dolayısıyla kuruluş yeri seçimi işletmenin maliyetlerini de, karlılığını da etkilemektedir. İşyeri düzenleme problemi ise yerleşim yerleri için en uygun yerleşim düzenini bulmayı amaçlamaktadır. Temel amaç, malzeme taşıma mâliyetini en küçüklemektir ancak malzeme taşıma mâliyetini en küçüklemek veya çevrim süresini en küçüklemektir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	1
İÇİNDEKİLER	2
YAZAR NOTU	7
1. TESİS PLANLAMANIN TEMELLERİ	8
1.1- Tesis Planlama	14
1. 2-Tesis Planlamanın Temel Kavramları.....	15
1.2.1- Üretim sistemi.....	15
1.2.2- Pazar.....	16
1.2.3- İşgücü.....	16
1.2.4- Ulaşım.....	16
1.3- Tesis Planlamanın Amaçları	17
1.4- Tesis Yerleşimi Düzenleme Çalışması Aşamaları	18
1.4.1- Problemin tanımlanması	19
1.4.2- Bilgilerin toplanması.....	19
1.4.3- Çözüm önerilerinin geliştirilmesi	20
1.4.4- Önerilerin karşılaştırılıp en uygununun seçilmesi	20
1.5- Tesis Planlama Sorunlarının Sınıflandırılması	20
2. ÜRETİM SİSTEMLERİNE GENEL BİR BAKIŞ	26
2.1- Üretim Sistemi	32
2.2 Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması	32
2.2.1 Sürekli tip üretim sistemi	32
2.2.2 Atölye tipi üretim sistemi.....	33
2.2.3 Hücre tipi üretim sistemi (Grup teknolojisi).....	34
2.2.4 Proje tipi üretim sistemi	35
2.3 Üretim Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	35
2.4 Üretim Tipine göre Tesis Yerleşimleri	36
2.4.1 Ürüne göre yerleştirme.....	36
2.4.1 Sürece göre yerleştirme.....	37
2.4.3 Hücresel üretime göre (grup) yerleşim	38

2.4.4 Sabit konumlu ürüne göre yerleşim	38
3. AKIŞ MODELLERİ	44
3.1 Tesis Yerleşimi Düzenlenmesi Probleminin Gereksinim Duyduğu Veriler	50
3.2 Tesis Yerleşimi Düzenlenmesinin İlkeleri	50
3.3 Genel Akış Modelleri	51
3.3.1 İş istasyonları içindeki akış	52
3.3.2 Bölümler içindeki akış	52
3.3.3. Bölümler arasındaki akış.....	53
4. AKIŞ ANALİZ YÖNTEMLERİ	54
4.1 Akış Analizi Yöntemlerinin Belirlenmesi.....	60
4.2 İşlem Süreç Şeması	61
4.3 Geliş-Gidiş Şeması.....	62
4.4 Akış Şiddetlerinin Ölçümü.....	64
4.4.1 Akış şiddeti	64
4.4.2. Şiddetin Ölçüsü	65
5. KAPASİTE PLANLAMA	70
5.1 Kapasite Planlamanın Amacı	76
5.1.1 Kapasite çeşitleri	77
5.1.1.1 Teorik(maksimum) kapasite	78
5.1.1.2 Pratik(normal) kapasite	78
5.1.1.3 Fiili kapasite	78
5.1.1.4 Atıl kapasite	79
5.1.1.5 Optimal kapasite.....	79
5.1.2 Kapasitenin ölçülmesi	80
5.1.2.1 Makine ve insangücü kapasitesi.....	81
5.1.3 Kapasite ölçümünde kullanılan bazı kavramlar	84
5.1.3.1 Kullanım oranı	84
5.1.3.2 Sistem etkinliği	85
6. MAKİNA VE ALAN GEREKSİNİM ANALİZİ	88
6.1 Üretim Sistem Tasarımı	94
6.2 Makina Sayısı ve Alan Gereksinimi	94
6.3 Eylem Alanı ve Özellikleri.....	96
6.3.1 Gereksinilen alan, kullanılabilir alan	97

7. AKIŞ, FAALİYET, MEKAN ANALİZİ.....	3
7.1 AKIŞ Ve EYLEM (FAALİYET) İLİŞKİ ŞEMALARI.....	9
7.1.1 Akış ilişki şeması	9
7.1.1.1 Tanım	9
7.1.1.2. Akış ilişki şemasının çizimi için bir algoritma	9
7.1.2. Eylem ilişki şeması	11
7.2. Eylem İlişki Diyagramı	12
7.2.1. Tanım	12
7.2.2. Eylem ilişki diyagramı çizim kuralları.....	12
7.2.3. Eylem ilişki diyagramı çizimi için bir algoritma	13
7.3. Akış ve Eylem Esaslı Mekân İlişki Diyagramları.....	16
7.3.1. Tanım	16
7.3.2. Mekân ilişki diyagramları için alan çizim kuralları	16
7.4.1. Değişiklik etmenleri	18
7.4.2. Pratik sınırlandırmalar.....	19
7.4.3 Bir örnek uygulama.....	20
7.5. Düzenleme Seçimi	23
8. İŞYERİ DÜZENLEME MODEL ve TEKNİKLERİ - I.....	28
8.1 Wimmert Yöntemi	34
8.2 Spiral Analiz Yöntemi	37
9. İŞYERİ DÜZENLEME MODEL ve TEKNİKLERİ - II	40
9.1 Düz (Doğrusal) Hat Yerleştirme Yöntemi	46
9.2 Gezi Çizelgesi (Seyir Şema) Yöntemi	49
9.2.1 Gezi Çizelgesi ve Özellikleri	49
9.2.2 Gezi Çizelgesinin Hazırlanması.....	49
10. TESİS YERİ SEÇİMİ	56
10.1. Tesis Yer Seçimi Sorunu Çözüm Yöntemi	62
10.2 Etmen-Puan Yöntemi	62
10.3 Sıralama ve Mâliyet Elverişliliği Yöntemi	65
10.3.1. Genel Bilgi	65
10.3.2. Sıralama.....	65
10.3.3. Mâliyet Elverişliliği	68
10.4 Ölçülebilen Ve Ölçülemeyen Etmenlerin Birlikte Değerlendirilmesi.....	72

10.4.1 Oranlama Yöntemi	72
10.4.2 Boyut Analizi	73
10.5 ULAŞTIRMA (TRANSPORTASYON) TEKNİĞİ	74
10.5.1 Genel Bilgi	74
10.5.2. Model Kurulması	75
11. TESİS YERİ SEÇİMİ MODEL ve TEKNİKLERİ-I.....	79
11.1. Tek Tesis Yerleştirme Problemlerine İlişkin Model Ve Teknikler.....	86
11.2 Genel Modelin Kurulması.....	86
11.2.1. Zigzaglı Uzaklık Modeli	87
11.2.2. Ağırlık Merkezi (Çekim) Modeli	88
11.2.3. Düz Uzaklık Modeli	88
11.3. Zigzaglı Uzaklıklı Yerleştirme Sorunları.....	88
11.3.1. Zigzaglı Uzaklıklı Yerleştirmede En İyi Yer Bulma İçin Yöntemler ve Örnekler.....	89
11.4. Karesi-Alınmış Öklid Uzaklıklı Yerleştirme (Ağırlık Merkezi Modeli) Sorunları.....	101
11.5. Öklid Uzaklıklı Yerleştirme (Düz Uzaklık Modeli) Problemleri	103
12. TESİS YERİ SEÇİMİ MODEL ve TEKNİKLERİ-II	107
12.1 Dal-Sınır Algoritmasıyla En İyi Yerleştirme	113
13. DEPOLAMA VE DEPO YÖNETİMİ	119
13.1 Depo ve Depolama Kavramları.....	126
13.2. Depolama	126
13.2.1. Depolamanın Lojistik İçerisindeki Yeri ve Önemi	127
13.2.2. Depolamanın Nedenleri	130
13.2.3. Depolamanın Amaçları	130
13.3. Depo Çeşitleri.....	131
13.3.1. İşleyişine Göre Depolar.....	131
13.3.2. Ürün Şekline Göre Depolar.....	131
13.3.3. Mamul Tipine Göre Depolar	132
13.3.4. Mülkiyetine Göre Depolar	133
13.4. Depo İş Süreçleri.....	134
13.4.1. Mal Kabul	134
13.4.2. Fiziksel Depolama (Yerleştirme)	135

13.4.3. Siparişlerin Alınması ve Depolanması.....	136
13.4.4. Ambalajlama ve Ürün Birleştirme	136
13.4.5. Yükleme ve Sevkiyat	136
13.5. Depolama Fonksiyonları	137
13.5.1. Birleştirme (Konsolidasyon)	137
13.5.2. Çapraz Sevkiyat (Cross-docking)	138
13.5.3. Katma Değerli Lojistik Hizmetleri	138
13.5.4. Mal Besleme.....	139
13.5.5. Tersine Lojistik	139
13.5.6. Spot Stoklama	140
14. DEPO TASARIMI.....	141

YAZAR NOTU

Bu çalışma, tesis planlama ilkeleri ve uygulamaları hakkında bilgi vermektedir. Tesis yeri seçimi, iş yeri düzenleme, malzeme taşıma sistemleri ve depolama ilkelerini tanımlamaktadır. Tesis planlama uygulamaları için bir alt yapı oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu çerçevede kullanılan modeller, tasarım araçları ve analitik yöntemler incelenmektedir.

1. TESİS PLANLAMANIN TEMELLERİ

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- Tesis Planlama Tanımı
- Tesis Planlamanın Temel Kavramları
- Tesis Kuruluş Yeri Seçimi
- Tesis (İşyeri) Yerleşim Düzenleme
- Tesis Planlama Amaçlar
- Tesis Planlama Çalışmasının Aşamaları

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1-Tesis planlama aktiviteleri neleri kapsar?
- 2- Tesis kuruluş yeri seçimi ve tesis yerleşim düzenleme nedir?
- 3-Tesis planlamayı etkileyen faktörler nelerdir?
- 4- Tesis planlama amaçları nelerdir?
- 5- Tesis planlama çalışmasını oluşturan aşamalar hangileridir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Tesis Planlama tanım ve ilkelerinin öğrenilmesi	İnceleyerek
	Tesis Planlama Amaçlarının öğrenilmesi	İnceleyerek
	Tesis Planlama Çalışmasının Aşamalarının öğrenilmesi	İnceleyerek

Anahtar Kavramlar

Tesis

İşyeri Düzenleme

Tesis kuruluş yeri

Üretim Sistemleri

Pazar

İşgücü

Ulaşım

Giriş

Tesis planlama temelleri başlığı altında tesis kuruluş yeri seçimi ve tesis yerleşim düzenleme izah edilmekte, daha sonra tesis planlama amaçları ve planlamayı etkileyen faktörler tanımlanmaktadır. Tesis planlama çalışmasının aşamaları incelenmektedir.

1.1- Tesis Planlama

Günümüz küresel rekabet dünyasında, îmalat ya da hizmet sektöründeki işletmeler, ayakta kalabilmek için mâliyetlerini olabildiğince azaltma yoluna gitmektedirler. İşletmeler, en uygun fabrika kuruluş yerinin belirlenmesinden, stokları en aza indiren, israfları olabildiğince önleyen üretim sisteminin seçilmesinden, makinaların/bölümlerin en uygun şekilde yerleşiminden, lojistik faaliyetlerine kadar birçok aşamada mâliyet azaltma çalışmaları yapmaktadır. Mâliyetler azaltılırken bir yandan da üretkenlik ve verimliliği arttırmak hedeflenmektedir.

Bugüne kadar yapılan çalışmalar göstermektedir ki, bir işletmede mâliyetlerin birçoğu gereksiz etkinliklerden oluşmaktadır. Bölümler/makinalar arası fazladan yapılan malzeme, bilgi ve belge akışı gereksiz taşımalara yol açar, dolayısıyla da mâliyetleri arttırır. Bu gereksiz taşımalar da genellikle bölümlerin/makinaların fabrika içerisinde uygun şekilde yerleştirilmemesinden kaynaklanmaktadır. Üretim sistemlerinde yapılan çalışmalar ortaya çıkarmıştır ki, bir ürünün mâliyetinin % 35-70 kadarı, malzeme taşıma harcamaları ile ilişkilendirilebilir. Yapılan çalışmalarda, üretim yapan bir firmanın malzeme elleçleme etkinliklerinin, toplam işletme bütçesinin %20-50'sine karşılık geldiği belirlenmiştir. Böylelikle, eğer firma bölümlerini uygun bir şekilde yerleştirirse üretim mâliyetlerini düşürebilir ve bu da firmanın rekabet gücünü arttırabilir.

Tesis planlama, maddî sabit varlıkların faaliyet amacını en iyi şekilde nasıl destekleyeceğini belirler. Bir üretim firması için, tesis planlama, îmalat tesisinin üretimi en iyi şekilde nasıl destekleyeceği ile ilgilenirken, bir hastane için, hastane tesisinin hastalara sunulan tıbbî hizmeti nasıl desteklediği ile ilgilenir.

Tesis plânlama, tesis yerleşimi, tesis kuruluş yeri seçimi, tesis düzenleme gibi konularla ilgilidir. Ancak tesis plânlama terimi, tesis yerleşimi, tesis kuruluş yeri seçimi, tesis düzenleme terimleri ile eş anlamlı kullanılmamalıdır. Tesis plânlama; tesis kuruluş yeri seçimi ve tesis düzenleme alt konularına ayrılabilir. Tesis tasarımı spesifik olarak bir işyerindeki bölümlerin/makinaların en uygun şekilde yerleştirilmesidir ve “işyeri düzenleme” olarak da adlandırılmaktadır.

1.2-Tesis Planlamanın Temel Kavramları

Hammaddenin ürüne dönüşmesi için, bir dizi işlem görmesi gerekir. Tesisler, bu işlemlerin gerçekleştirildiği yerlerdir. Tesis, bir tezgah, bir iş merkezi, bir atölye, vb. olabilir. Parça her tesiste bir veya birkaç işlem görür, tek başına veya partiler halinde bir sonraki işlemi görmek üzere sırası gelen tesise gider. İmalatta her parça kendine özgü bir işlem sırası izler. Üretilecek parça çeşidi ve miktarı talebe bağlıdır ve bu veriler tesis planlamacısının kontrolü dışındadır. Taşıma (malzeme aktarma) maliyetlerinin hesabı, taşıma sayılarına dayanmaktadır. Bu sayılar da, ürün karması (hangi parçadan kaç adet üretildiği), rotalar ve parti büyüklüklerine bağlıdır. Taşıma maliyetleri, günlük, haftalık, aylık veya yıllık dönemlere göre hesaplanabilir. Bu maliyetler, taşıma sayıları dışında, (yükleme ve boşaltma işlemlerinden kaynaklanan) sabit maliyetlere, (bir yükü bir metre taşımanın maliyeti olan) birim taşıma maliyetlerine ve en önemlisi de tesisler arası uzaklıklara bağlıdır.

Tesis planlamanın asıl amacı tesiste yer alan üretim faaliyetlerindeki canlı ve cansız varlıkların tümünün hareket miktarlarını minimum düzeye indirmektir. Yerleşim düzeninin etkin olmaması malzeme taşıma maliyetini ve sabit tesis maliyetlerini yükseltir. Bundan da önemlisi, etkin olmayan yerleşimin; enerji kaybı, kargaşa, yüksek ıskarta oranı, gecikme, kontrol ve yönetim güçlüğü gibi üretimle beraber süren ve maliyetleri olumsuz yönde etkileyen bir neden olmasıdır. Etkin olmayan yerleşim düzeni fabrikanın üretim kapasitesinden yararlanma oranını düşürür.

Tesis planlamanın; malzeme taşıma maliyetini azaltmak, tesisteki boş alanların etkin kullanımı, bölümlerin şekillerine göre etkin kullanımı, tesisin genişletilebilmesinde kolaylık sağlaması, esneklik, ısıtma/soğutma gereksinimlerinin karşılanması gibi birçok amacı olmasına karşın genellikle malzeme taşıma maliyetlerini minimum düzeye indirmek amacıyla bu probleme yeni çözümler geliştirilir.

1.2.1- Üretim sistemi

Belirli bir mal veya hizmeti üretmek amacıyla, belirli miktar ve çeşitteki girdi üzerinde, ekonomik değer katacak işlemleri yapmak üzere, malzeme, makine, insan, metot ve çevre elemanlarıyla oluşturulan sistemlere üretim sistemleri denir. Üretim sistemlerinin çıktıları ise yarı mamul veya mamuldür. İşte bu girdi ve çıktı arasında kalan üretim sistemleri, ürettikleri çıktının cinsine, çıktıya olan talebe, sistemde yer alan üretim faktörlerin fiziksel kısıtlarına, diğer ekonomik kısıtlara göre çeşitli şekillerde ortaya çıkar. Üretim sistemlerini oluşturan elemanlar ise şunlardır:

Bina: Binanın iç ve dış özellikleri, kullanım özellikleri ve donanım.

Malzeme: Tasarım, değişiklik, miktar, gerekli işlemler ve bunların sırası.

Makine: Üretim araçları, takımlar ve bunların kullanımı.

Hareket: Bölüm içi ve bölümler arası taşıma, değişik işlemler, depolamalar ve muayeneler.

1.2.2- Pazar

Mamul mal veya hizmet satışına ağırlık veren işletmelerin pazar alanının etkisinde daha çok kaldığı görülmektedir. Bu işletmeler, genellikle mal ve hizmete talebin olduğu veya tüketicilerin yoğun olduğu yöreleri kuruluş yeri olarak seçme yoluna gitmektedirler. Üretim faaliyetlerinin daha ağır bastığı işletmeler ise ürettikleri malları pazara en çabuk şekilde ulaştıracak bir dağıtım kanalından yararlanarak pazara olan uzaklıklarını böylece telafi etme yoluna gitmektedirler. Ancak iyi bir dağıtım kanalının kurulması ve işletilmesi veya mevcut kurulmuş olan bir dağıtım kanalından yararlanılması durumunda da ek maliyetler ortaya çıkacaktır. Bu noktada konuya farklı bir bakış açısı getirilecek olunursa; ileri teknoloji ve telekomünikasyon sistemleri sayesinde çağrı merkezi sektörü, pazar ve kuruluş yeri uzaklığının sıfır olduğu ve birbirinden etkilenmediği farklı bir sektör olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.2.3- İşgücü

Mal veya hizmet için planlanan üretim düzeylerine ulaşmak amacıyla yeterli miktarda ve istenilen niteliklerde işgücünün temin edilmesi önem arz etmektedir. Bu yüzden seçilecek yerin, istenilen becerilere sahip bir işgücünü kabul edilebilir bir ücretle sağlayıp sağlayamayacağı önemlidir. İşletmenin kurulması istenilen yerdeki diğer mevcut işletmelerde çalışan işgücünden daha fazla işgücü varsa, orada kurulacak işletme için işgücü temin etmek daha kolay olacaktır. İşgücünün miktarı kadar işgücünün nitelikleri de önem taşımaktadır. Örneğin çağrı merkezi sektöründe nüfusu yüksek bölgeler tercih sebebiyken aynı zamanda insan kaynağının diksiyonu, şiveli konuşup konuşmadığı, eğitim seviyesi gibi hususlar da aranan diğer özellikler olabilmektedir.

1.2.4- Ulaşım

Hemen bütün işletmeler üretim faaliyetleri için gerekli ham ve yardımcı maddeleri satın almak ve bunları iş yerine getirmek, ürettiği mamulleri de pazara göndermek zorundadırlar. Bu durumda işletmelerin bazen bir, bazen de iki yönlü

taşıma giderlerine katlanmaları gerekmektedir. İşletme hammadde kaynağına yakın bir yere kurulursa hammadde taşıma giderlerine katlanmayacak, buna karşılık mamulü pazara taşıma giderlerine katlanacaktır. Diğer durumda işletmenin katlanacağı taşıma giderleri ise, ilk durumun terstir. Yani, hammaddeyi işletmeye taşımak için katlanılması gereken giderler büyük bir tutara ulaşırken, mamulün pazara taşınması için gerekli giderler önemsenmeyecek kadar az olacaktır. Ancak yukarıdaki durum genellikle mamul üretimi yapan işletmeler için geçerlidir. Hizmet sektöründe faaliyet gösteren çağrı merkezleri için ulaşım faktörü işgücüne, servis sağlayıcılarına, bakım onarım faaliyetlerine kolay erişim konusunda ve genel merkez koordinesi için gerekli çevik yapının elde edilmesi açısından önemlidir. Ana ulaşım kanallarına uzak bir kuruluş yeri çağrı merkezi maliyetlerinin artmasına neden olacaktır.

1.3- Tesis Planlamanın Amaçları

Tesis yerleşimi düzenlenmesinin en temel amacı, öngörülen kapasite ve kalite gereklerini en ekonomik biçimde karşılayan bir üretim veya hizmet sistemi geliştirmektir. Bu anlamda tesis yerleşimi, mal veya hizmet üretimine yönelik faaliyetlere ilişkin canlı ve cansız varlıkların tümünün hareket miktarlarını en az düzeye indirmeyi amaçlar.

Çeşitli çalışmalara göre tesis içi yerleşim düzenlemesinin amaçları şu şekilde sıralanmıştır:

- Üretim işlemlerini kolaylaştırmak
- Malzeme taşımayı ve maliyetini azaltmak
- İşçiler için kolaylık, güvenlik ve rahatlık sağlamak
- Donanım yatırımını azaltmak
- Üretim zamanının tümünü azaltmak
- İşlemlerin ve düzenlemelerin esnekliğini sağlamak
- Örgütsel yapıyı kolaylaştırmak
- Mevcut alanları daha verimli kullanmak
 - Tesis içindeki malzeme akışını düzenlemek
 - İşlemdaki envanterin yüksek oranda devrini sağlamak
 - İşçi, donanım ve mekanı verimli kullanmak

- Kübik alanların kullanımını verimli hale getirmek
- Üretim işlemlerinin ve düzenlemelerinin esnekliği

Gerçek bir üretim hattında tüm bu amaçların aynı anda gerçekleştirilmesi zor olmaktadır. Sürece göre yerleşim düzenlenmesinde taşıma maliyetlerini en aza indirme amacı öncelik taşırken, ürüne göre yerleşim düzenlenmesinde üretim hattının dengelenmesi amacı öncelik kazanır. Tesisin alanı, ekipmanlar, malzeme ve araç-gereçler, işgücü gibi üretim girdilerinin etkin kullanımı üretim esnekliğine de kısıtlamalar getirmektedir, önemli olan tüm bu amaçların verimli bir şekilde dengelendiği optimum bir çözüm elde edebilmektir.

Tesis yerleşimi düzenlenmesinin kapsamı; bir üretim sisteminde tüm çalışma, malzeme ve depolama için gerekli alanların, makine ve teçhizatların doğru alanlara yerleştirilmesinin, ayrıca ürün, malzeme, araç-gereç ve işçilerin hareket edebilmeleri için yeterli alanların, bakım ve onarımın yapılabileceği atölyelerin, sağlık, beslenme ve eğitim için gerekli tesislerin aralarında düzen sağlanacak şekilde yerleştirilmesi ve düzenlenmesidir.

Başka bir görüşe göre tesis planlama (arazi, bina, ekipman, mobilya vb.) değer katmak için fiziksel kapasite sağlar. Uygun şekilde tasarlanmış bir tesis rekabet avantajı için önemli bir kaynaktır:

- düşük maliyetle çalışma
- hızlı teslim sağlama
- yeni ürünlere uyum sağlama
- çok sayıda çeşitli ürün üretme
- çok veya az miktarda ürün üretme
- en yüksek kalitede ürün üretme
- benzersiz hizmet veya özellik sağlama

1.4- Tesis Yerleşimi Düzenleme Çalışması Aşamaları

Tesis yerleşim düzeni tasarımı, her tasarım gibi sistem yaklaşımı ile çözümlenmelidir. Sistem yaklaşımının temel felsefesi sistemi oluşturan unsurların tümünün birden ele alınması ve yapılacak çalışmaların bir bütünlük içinde yürütülmesidir. Sistem yaklaşımını oluşturan evreleri şöyle sıralamak mümkündür:

- Problemin tanımlanması,

- Bilgilerin toplanması,
- Çeşitli çözüm önerilerinin çıkarılması,
- Önerilerin karşılaştırılıp en uygununun seçilmesi.

1.4.1- Problemin tanımlanması

Bu aşamada tasarımda kullanılan amaçlar tanımlanır. Sonraki aşamalarda geliştirilen çözüm önerilerinin karşılaştırılmalarında kullanılacak olan amaçlar ve etkinlik ölçüleri saptanır.

Etkinlik ölçüleri, önerilerin amacı ne denli gerçekleştirdiklerini saptamada kullanılan değerlendirme ölçüleridir.

Bir yerleştirme düzeni tasarımında amaçların tümünü sağlayan seçeneklerin üzerinde durulması beklenir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda, öncelikler belirlenerek hareket edilmelidir.

Kuruluş yeri seçimi probleminde geçerli olan faktörlerde olduğu gibi bu amaçların bir kısmı için nicel etkinlik ölçüleri tanımlamak mümkündür. Etkinlik ölçülerinden en çok kullanılan malzeme taşıma maliyetleri ya da malzeme taşımaları sırasında kat edilen uzaklıktır.

1.4.2- Bilgilerin toplanması

Yukarıda belirtilen ve yerleşim düzeni tasarımını gerektiren durumlar göz önüne alındığında, bu tasarımın diğer bazı tasarımlarla, özellikle ürün tasarımı, süreç tasarımı ve üretim planlaması ile iç içe olduğu ve bunların birbirleri ile etkileşim içinde oldukları görülür.

Bilgi toplama aşamasında amaç; ürünler, üretim süreçleri ve üretim planları hakkında veriler toplayıp, bunları yerleşim düzeni tasarımı için gerekli bilgilere dönüştürmektir.

Ürün tasarımı, yerleşim düzeni tasarımını doğrudan etkilemektedir. Ürünün hangi hammaddelerden yapıldığı, üzerinde ne gibi işlemlerin yapıldığı yerleşim düzenini doğrudan etkiler. Ürün tasarımı hakkında gerekli bilgiler ürün resimlerinden, çizimlerden, prototiplerden, parça listelerinden, ürün ağaçlarından ve montaj çizelgelerinden elde edilebilir. Ürün ağaçlarının parça listelerinden farkı; bir ürünün, içindeki parçalarla olan ilişkisini hiyerarşik bir şekilde göstermesidir. Montaj çizelgeleri, bir ürünün üzerinde yapılacak tüm işlem ve montajların sırasını gösteren grafiksel bir gösterimdir.

Süreç tasarımından, bir üründe kullanılan parçaların kuruluş dışından mı alınacağı yoksa kuruluş içinde mi üretileceği; parçaların üretiminin nasıl yapılacağı; hangi makine araç ve gereçlerin kullanılacağı; operasyonların ne kadar zamanda yapılacağı

gibi bilgiler elde edilebilir. Bu veriler operasyon çizelgeleri ve rota çizelgelerinden elde edilebilir. Operasyon çizelgesinde, üretim için gerekli olan işlemler, işlemler için ihtiyaç duyulan işgücü, kullanılması gereken makine araç ve gereçler ile parça başına makine hazırlama ve işleme zamanları gösterilir.

Süreç tasarımı ile ilgili veriler toplanırken, var olan süreç tasarımının en iyi süreci tanımlamasına özen göstermek gerekmektedir. Etkili bir yerleşim düzeni tasarımı için, var olan ancak düzeltilmesi gereken süreçler değil, en uygun sürecin tanımlanması gerekir.

Üretim planlarından ise ürünlerin üretim zamanları ve miktarları ile ilgili bilgiler toplanır. Üretim için gerekli makine, araç ve gereç sayısı, iş gücü gereksinimleri üretim planlarından elde edilir.

Bunların dışında üretim faaliyetlerinin sağlıklı bir şekilde yürütülmesini sağlamak için gerekli olan yardımcı hizmet veren bölümler ile ilgili bilgiler de toplanmalıdır. Bakım, onarım, takım odası, soyunma odaları, yükleme ve teslim alma alanları, depo alanları, kafeterya ve sağlık odaları gibi hizmet alanları hakkındaki bilgiler bunlara örnektir.

1.4.3- Çözüm önerilerinin geliştirilmesi

Çözüm önerilerinin geliştirilmesi aşamasında; problemin tanımına göre belirlenmiş olan yöntemlerden uygun olanlar tanımlanır. Yöntemlerin avantaj ve dezavantajları, güçlü ve zayıf yönleri, tahmini maliyetleri, uygulanabilme süreleri gibi özellikleri ortaya konarak karar alıcılara bilgi sunulur.

1.4.4- Önerilerin karşılaştırılıp en uygununun seçilmesi

Önerilerin karşılaştırılıp en uygununun seçilmesi aşaması; geliştirilen öneriler içerisinden işletme ve işletmede tanımlanan probleme maliyet, uygulanabilirlik, bitiş süresi, kaynaklar vb. açısından en uygun çözümün seçilmesi aşaması olup yönetimin onayı alınarak gerçekleştirilmesi gereklidir.

1.5- Tesis Planlama Sorunlarının Sınıflandırılması

Tesis planlama sorunları; ürün, hizmet; miktar, tasarım ya da prosesinde değişiklik yapılması, yeni bir makine-teçhizatın devreye alınması gibi durumlarda ortaya çıkabildiği gibi yeni bir tesise taşınması veya yeni bir işletmenin kurulması şeklinde de ortaya çıkabilmektedir.

Uzun zaman boyunca biriken problemlerin çözümü için de tesis yerleşim düzeninin yeniden gözden geçirilmesi gereği duyulabilir. Malzeme aktarma zamanlarının toplam üretim zamanına göre yüksek olması, kalabalık çalışma ortamları, yetersiz işlemler, makinelerde darboğazlar, açıklanamayan gecikmeler ve boş zamanlar ve kötü çalışma ortamı böyle durumlara örnek olarak gösterilebilir.

Sebepleri dikkate almaksızın temel olarak tesis yerleşim problemleri şu şekilde sınıflandırılabilir :

- Var olan düzenlemede küçük değişikliklerin yapılması,
- Var olan düzenlemenin yeniden ele alınması,
- Var olan tesislere taşınma,
- Yeni bir işletmenin/fabrikanın kurulması

Uygulamalar

-Tesis planlama neyi ifade etmektedir?

-Tesis planlamayı etkileyen faktörler hangileridir ve ne şekilde etkileri ortaya çıkar?

Uygulama Soruları

-Tesis planlama neyi ifade etmektedir?

-Tesis planlamayı etkileyen faktörler hangileridir ve ne şekilde etkileri ortaya çıkar?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Bu bölümde tesis planlama tanımı, işyeri düzenleme ve kuruluş yeri seçimi ayrımı sunuldu. Tesis planlamayı etkileyen faktörler listelendi. Bir tesis planlama çalışmasının adımları listelendi.

Bölüm Soruları

1- Aşağıdakilerden hangisi tesis planlamanın amaçlarından değildir?

- a) Üretim işlemlerini kolaylaştırmak
- b) Yeni ürün geliştirmek
- c) Malzeme taşımayı ve maliyetini azaltmak
- d) Donanım yatırımını azaltmak
- e) Üretim zamanının tümünü azaltmak

2- Aşağıdakilerden hangisini tesis planlamayı etkileyen faktörlerden biri değildir?

- a) Pazar
- b) İş akışı
- c) Malzeme
- d) İşveren
- e) Ulaşım

3- Bir tesis planlama çalışmasında aşağıdakilerden hangisi önce yapılmalıdır?

- a) Bilgi toplama
- b) Geri besleme
- c) Problem tanımı
- d) Çözümlerin karşılaştırması
- e) Çözüm geliştirme

Cevaplar

1-b , 2-d , 3-c

2. ÜRETİM SİSTEMLERİNE GENEL BİR BAKIŞ

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- Üretim sistemi tanımı
- Üretim sistemi sınıflandırması
- Üretim sistemi tipleri ve tesis yerleşimi arasındaki ilişki
- Tesis yerleşim türleri

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- Farklı üretim tipleri nelerdir? Farklarını sıralayınız.
- 2-Üretim tipleri ve tesis yerleştirme arasında nasıl bir ilişki vardır?
- 3-Farklı yerleşim tipleri nelerdir ve hangi üretim tiplerine uygundur?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği

Anahtar Kavramlar

Üretim sistemi

Üretim tipleri

Tesis yerleşim tipleri

Giriş

Bu bölümde, üretim sistemlerinin tanımı, türleri ve tesis yerleştirmeye olan etkileri anlatılacaktır. Farklı üretim tipleri için uygun tesis yerleştirme tipleri belirlenecektir.

2.1- Üretim Sistemi

Belirli bir mal veya hizmeti üretmek amacıyla, belirli miktar ve çeşitteki girdi üzerinde, ekonomik değer katacak işlemleri yapmak üzere, malzeme, makine, insan, metot ve çevre elemanlarıyla oluşturulan sistemlere üretim sistemleri denir. Üretim sistemlerinin çıktıları ise yarı mamul veya mamuldür. İşte bu girdi ve çıktı arasında kalan üretim sistemleri, ürettikleri çıktının cinsine, çıktıya olan talebe, sistemde yer alan üretim faktörlerin fiziksel kısıtlarına, diğer ekonomik kısıtlara göre çeşitli şekillerde ortaya çıkar.

2.2 Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Birçok üretim yönetimi uzmanı, üretim sistemlerini farklı şekillerde sınıflandırmaktadırlar. Ancak bunların içinde en genel olanı ve en çok kabul göreni aşağıda yapılan sınıflandırmadır. Buna göre üretim sistemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır:

1. Sürekli tip (Flow Shop)
2. Atölye tipi (Job Shop)
3. Hücreli üretim tipi (Cellular Manufacturing)
4. Proje tipi (Project Shop)

Sanayinin her kesiminde bu 4 tür üretim sisteminin örneklerini bulma olanağı vardır. Dolayısıyla, sektör bazında veya bir üretim dalında, belli bir sistemin egemen olduğunu söylemek mümkün değildir.

2.2.1 Sürekli tip üretim sistemi

Bu tip üretim sistemlerinde tüm üretim araçları üretilen ürün tipi veya tiplerine özgü tasarlanmıştır. Diğer bir deyişle, sürekli tip üretim sistemi özel amaçlı, tek fonksiyonlu makineleri kullanan ürün akış yerleşim düzeni ile tanımlanır. Üretilen ürün tipi sınırlı kalmak kaydı ile birden fazla olabilir. Ürün tipi birden fazla olduğu durumlarda üretim makine ve ekipmanında küçük ayar değişiklikleri yapmak sureti ile bir ürün tipinin üretiminden diğerine geçmek mümkün olur. Sürekli üretim sisteminde üretilen ürün miktarlarının çok yüksek olması da bu üretim sisteminin diğer bir özelliğidir. Dolayısıyla bu üretim sistemi uzun süreli, yüksek hacimli ve düzenli bir talebe ihtiyaç gösterir.

Üretilen ürünün talebinde büyük bir düşme veya tamamen ortadan kalkması durumunda, tamamen yeni bir ürüne geçiş kısa sürede sağlanamaz. Çünkü bu üretim tipinde kullanılan, makine ve ekipman üretilen ürüne özgü tasarlandığından, esnek bir yapıya sahip değildir. Bununla birlikte sisteme giren girdilerin de süreklilik arz etmesi, sistemdeki akışın devam etmesini sağlar. Girdilerdeki kesiklik direkt olarak sisteme yansır ve sistemde duruşlara neden olur. Aynı şekilde sisteme ait makine veya ekipmandaki bir arıza veya duruş, tüm sistemin tamamen veya kısmen durmasına neden olur.

Sürekli üretim tipinin yukarıda bahsedilen özelliklerinden de anlaşılacağı gibi, sistemin üretim hızı diğer üretim tiplerine oranla çok yüksektir. Bunun dışında yine diğer üretim tiplerine oranla sistemin yönetimi, geliştirilmesi, yapılan değişikliklerin yerleştirilmesi ve izlenmesi de bu üretim tipinin sağladığı avantajlardandır. Sistemde yer alan işlem birimlerini kolay yönetilebilir küçük parçalara bölmek suretiyle departmanlaşma sağlanmış olur. Örnek olarak, tornalama, delme, frezeleme, taslama şeklinde giden bir işlemler dizisinde yer alan benzer işlemlerin sırasını değiştirmeden ayrı departmanlarda toplanması, ürünün montaj hattına dengeli akmasını sağlar.

Buradan da anlaşılacağı üzere sürekli tip üretim sisteminde üretim hızı diğer üretim tiplerine oranla çok yüksektir. Bunun dışında bu üretim tipinin her açıdan yönetimi kolaydır. Diğer üretim tiplerinde olduğu gibi uzun hazırlık zamanlarına ihtiyaç duymaz. Üretilen ürün hacimleri yüksek olduğundan sistemde bir kez ayar yapıldıktan sonra, sistem uzun süre aynı ürünü üretir. Sistemin daha hızlı ve etkin çalışabilmesi için geliştirme faaliyetleri daha kolay yürütülür. Yapılan işlem dizileri hep aynı olduğundan izlenmesi, incelenmesi ve geliştirilmesi kolaydır. Ayrıca süreç içi stoklar ve hammadde stokları çok düşük düzeyde olduğu gibi, tam zamanında üretim uygulaması olan sistemlerde sıfır stok ile çalışılır.



Şekil 2.1 n işlemlerli sürekli tip üretim sistemi

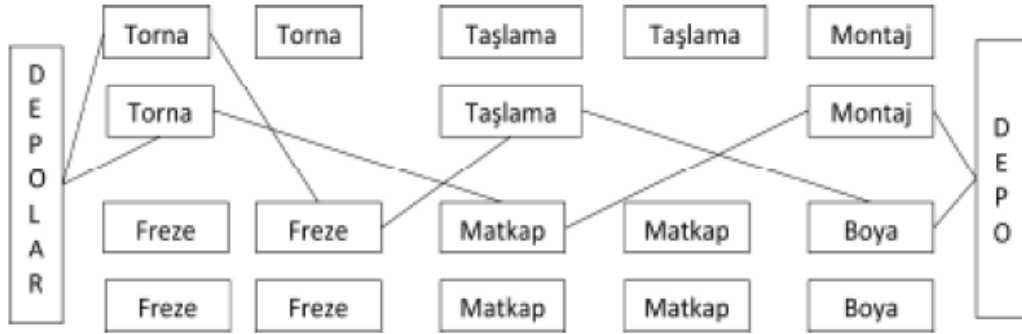
2.2.2 Atölye tipi üretim sistemi

Bu tip üretim sistemlerinde kullanılan makine ve ekipman, universal olarak da tabir edilen, çok amaçlı, çok çeşitli ürünlerin üretilmesine olanak veren üretim araçlarıdır. Üretilen ürünler birbirinden çoğunlukla farklı ve çok sayıda çeşide sahip, buna karşın üretim adetleri düşüktür. Her bir ürün çeşidine ait bağlama aparatı, kesici takım, teknik bilgi paketi, makine ayarı v.b. birbirinden kısmen veya tamamen farklıdır. Bu farklılık beraberinde kalifiye işgücü gerektirir.

Sürekli tip üretim sisteminde olduğundan farklı olarak, bu üretim sistemi ürettiği ürünlerin talep yapısından etkilenmez. Sistem yeni bir ürünü bünyesine kolaylıkla alabilir. İşletmenin bir üründen diğerine geçişte kapasite kullanım oranının düşmesine karşın, bu üretim tipi daha geniş bir ürün çeşidini pazara sunma avantajını sağlar.

Atölye tipi üretim sisteminde makine ve ekipmanın yerleşim düzeni, fonksiyonel yerleşim düzenine sahip olduğundan, işlem gören malzemelerin atölye içinde kat ettikleri mesafeler çok fazladır. Bu tip üretim sistemine sahip bir talaşlı imalat atölyesinde örneğin tüm tornalar bir yerde, tüm matkaplar ayrı bir yerde v.s. bulunurlar. Böylece tornalanacak olan malzeme önce torna bölümüne gelir, delik delme için matkapların bulunduğu bölüme gider. Bu durum süreç içi stokların artmasına da yol açar. Bunun dışında üretilen ürünler birbirinden farklı olduğundan, sırası gelen işlem için makine veya iş merkezine gelen malzeme için yeni bastan makine ayarı, takım ve aparat değişimi v.b. yapılır. Bu durum standart zamanın artmasına neden olur. Hatta bazı durumlarda, teknik bilgi paketinin ilgili departmandan gelmesi bile zaman kaybına neden olabilir. Üretilen ürünlerde standardizasyon düşük oranda olduğundan sürecin hatalı ürün üretme riski vardır.

Kalite iyileştirme çalışmaları uzun zaman alır ve etkinliği düşüktür. Atölye tipi üretim sisteminin bu olumsuzluklarını ortadan kaldırmak için hücreli imalata geçiş en etkili yoldur. Zira hücreli imalatın asıl amacı atölye tipi üretimi, sürekli tip üretim sistemine yaklaştırmak olduğundan, bahsi geçen kayıp zamanlar en aza indirilir.



Şekil 2.2 Atölye tipi üretim sistemi

2.2.3 Hücre tipi üretim sistemi (Grup teknolojisi)

Grup teknolojisi, bir imalat sisteminde mevcut olan çok çeşitlilikteki üretim parçalarının, parçaların tasarım (şekil, boyut, tolerans v.b.), ve imalat (üretim için gereken makineler, prosesler v.b.) özelliklerini kullanarak belli sınıflar altında toplamak ve bu sınıflandırmayı imalat ortamında bir takım kazançlar sağlamak için kullanmaya dayalı bir disiplindir. Grup teknolojinin kullanılarak imalat

makinelerinin atölye ortamında gruplanması ve benzer özellikteki parça ailelerinin bu makine gruplarında üretilmesine dayanan üretim şekli ise hücresel imalattır.

Grup teknolojisi felsefesindeki gelişmeler, parça ailelerinin imalat ortamında makine ve teçhizat arasında yapılacak gruplamalarla üretilbileceğini gösterdi. Bu nedenle, hücresel imalat, grup teknolojisinin başarılı bir imalat uygulamasıdır. Grup üretim ve aile programlama olarak da bilinen hücresel imalat, parça ailelerini, operatör veya robot tarafından çalıştırılan tek bir hat veya makine hücresi içinde üreten üretim prosesi olarak da tanımlanabilir. İdeal olarak bir hücre, bir parçanın başından sonuna kadar tek ve sürekli bir akışta islenebildiği (geriye akış olmadan), fiziksel olarak yakın bir şekilde konumlandırılmış birbirine benzemeyen makineler grubudur.

2.2.4 Proje tipi üretim sistemi

Proje tipi üretim yukarıda verilen sistemlerden tamamen farklıdır. Proje tipi üretim sisteminde üretilen ürün bir proje kapsamında ele alınır. Proje belirli adımlardan oluşur ve bu adımların en erken ve en geç tamamlanma süreleri mevcuttur.

Proje tipi üretimde üretilen ürün çoğunlukla bir kez üretilir ve üretim tamamlandıktan sonra proje ömrünü tamamlar. Hatta bazı durumlarda üretim tesisi tamamen ortadan kalkar. Örneğin bir baraj üretiminde baraj tamamlandıktan sonra üretimde kullanılan tüm tesisler yerlerinden kaldırılır. Bu üretim tipinde çoğunlukla üretim faaliyetlerinde kullanılan makine, ekipman ürünün etrafında yer alır.

Gerektiğinde isini tamamlayan makine yerine kaldırılır. Projenin zaman planlaması bu süreler göz önüne alınarak yapılır. Projelerin planlanmasında CPM, PERT, GANNT gibi tekniklerden yararlanır.

Proje tipi üretim yukarıda verilen özellikleri nedeniyle diğer üretim sistemlerinden tamamen ayrılır. Dolayısıyla ne sürekli bir akıştan, ne de kesikli bir üretimden söz edilebilir.

Sisteme giren girdiler çok sayıda ve çeşitte olup, bu girdilerin sürekli ve kesikli gelmesi sistemi etkilemez. Ayrıca bu sistem talep yapısından etkilenmez. Çünkü diğer üretim sistemlerinden farklı olarak burada talep bir kerelik oluşur ve sistem bu talebi karşıladıktan sonra mevcudiyetini yitirir. Ayrıca burada yerleşim düzeni üretim araçlarının, üretilen ürün etrafında toplandığı bir yapıdadır.

2.3 Üretim Sistemlerinin Karşılaştırılması

Aşağıda verilen Tablo 2.1'de farklı üretim sistemlerinin makine çeşitleri, proses tasarımı, hazırlık süresi, proses içi stok, parti miktarı, termin süresi kriterleri açısından karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 2.1. Farklı üretim sistemlerinin karşılaştırması

ÖZELLİK	Atölye Tipi Job Shop	Akış Tipi Flow Shop	Proje Tipi Project Shop	Hücreyel
Makine Çeşitleri	Esnek, genel amaçlı	Özel ve tek amaçlı	Genel ve mobilize	Esnek ve programlanabilir
Malzeme Taşıma	Elle taşıma	Transfer hattı	Elle ve otomatik	Otomatik taşıma
Hazırlık Süresi	Uzun, değişken	Uzun	Değişken	Tek
Parti Miktarı	Orta ve küçük hacimli parti	Büyük hacimli parti	Küçük hacimli parti	Küçük hacimli parti
Proses İçi Stoklar	Büyük	Büyük	Değişken	Düşük
Kalite Kontrol	Rastgele örnekleme	Rastgele örnekleme	%100 kalite kontrol	%100 kalite kontrol

2.4 Üretim Tipine göre Tesis Yerleşimleri

Tesis yerleşim tipleri temel olarak dört grupta toplanabilir:

- Ürüne göre yerleştirme düzeni
- Sürece göre yerleştirme düzeni
- Hücreyel üretime göre yerleştirme düzeni
- Sabit konumlu ürüne göre yerleştirme düzeni

2.4.1 Ürüne göre yerleştirme

Ürüne göre yerleştirme düzeninde ürünün üretiminde kullanılan makine ve yardımcı servislerin ürün işlem sırasına göre yerleştirilmesi yapılır. Ürüne göre yerleştirmede makineler değişik ürünler tarafından paylaşılmadığından makinelerden yararlanma oranlarının yüksek olmasını sağlamak için ancak üretim hacmi çok yüksek olan ürünlerde bu yerleştirme şekli uygundur.

Bu yerleşim düzeninde makineler ve yardımcı hizmetler ürünün işlem sırasına göre yerleştirilir. Bir ya da daha fazla ürünün üretim miktarı fazlaysa birim maliyeti azaltmak ve malzeme akışını verimli hale getirmek için tesisler düzenlenebilir. Özel amaçlı makineler gereken hızlı ve güvenilir işleri gerçekleştirmek için kullanılırlar. Ürüne göre yerleşim, bir ürünün üretim miktarı üretiminin yapılması için ayrı bir üretim hattını gerektirdiği zaman kullanılır. Tam bir ürüne göre yerleşim düzeninde makineler farklı ürünler ile paylaşamaz. Bu nedenle üretim miktarı donanımın verimli kullanımını sağlamak için yeterli olmalıdır.

Yararları: Üretimin akışı düzgün ve mantıklı olmalıdır. Yarı mamul stoğu küçüktür. Toplam üretim süresi kısadır. Malzeme taşıma maliyeti minimumdur. Üretim, planlama ve kontrol sistemlerini basitleştirmek mümkündür. Geçici depolama ve iş geçişleri ile daha az alan meşgul olur. Düzgün akış ve mekanik taşıma sistemleri ile malzeme taşıma maliyeti azalır. İyi bir hat dengeleme atıl kapasite ve darboğazları ortadan kaldırır. Üretim döngüsü malzemelerin kesintisiz akışından dolayı kısadır. İşlenmemiş ürün stoğu azdır. Kalifiye olmayan işçiler işi öğrenip işi yapabilirler.

Sakıncaları: Üretim hattındaki bir makinenin arızalanması akış hattında sonra gelen makinelerin durmasına neden olabilir. Ürün tasarımındaki bir değişiklik yerleşim düzeninde büyük değişiklikleri gerektirebilir. Üretimin hızını darboğazdaki makine belirler. Donanım için yüksek yatırım gereklidir. Esnek değildir. Üründeki bir değişiklik tesisin yeniden düzenlenmesini gerektirir.

2.4.1 Sürece göre yerleştirme

Sürece göre yerleştirme düzeninde ise aynı ya da benzer tip makine ve servisler birbirlerine yakın yerleştirilirler. Bu tip yerleştirme düzeni genellikle çok sayıda ürünün, göreceli olarak az hacimde üretildiği işletmelerde kullanılır.

Sürece göre yerleşim toplu üretim için tavsiye edilir. Sürece göre yerleşimde bir alanda gruplanmış bütün makineler benzer işlemleri yapar. Torna, freze vb. benzer gruplarda sınıflanır. Böylece, sürece göre yerleşimde tesislerin düzeni işlevlerine göre beraber gruplanır. Malzeme akış hattı bir işlem alanından diğerine doğru üründen ürüne değişime uğrar. Genellikle hat uzundur ve geriye doğru akış mümkündür. Sürece göre yerleşim normalde üretim miktarı ürüne göre yerleşim için yeterli olmadığı zaman kullanılır. Genellikle iş atölyeleri üretilen ürünlerin çeşitliliği ve düşük üretim miktarları nedeniyle sürece göre yerleşim kullanır.

Yararları: Makineler daha iyi kullanılmakta ve daha az makine gerekmektedir. İşgücü ve donanım esnekliği mümkündür. Daha az makine yatırımı gerekir ve genel amaçlı makinelerin maliyeti daha az olur. Üretim tesislerinin kullanımı artar. Makinelerin ve işçilerin iş dağılımında yüksek derecede esneklik sağlanır. Görevlerin farklılığı ve işlerin çeşitliliği işi ilgi çekici ve ilginç yapar. Yöneticiler kendi departmanlarındaki işler ile ilgili çok bilgili olur.

Sakıncaları: Bu durumda malzeme taşıma işleminde geriye doğru akışlar ve uzun mesafeli hareketler olabilir ve malzeme taşıma maliyeti yükselir. Malzeme taşıma mekanikleşemez. Geriye doğru akış yapan envanterler arttıkça ve işlenmemiş ürün stoğu arttıkça üretim süresi uzar. Kurulum sayısına bağlı olarak verimlilik düşer. Çıktı zamanı (işleme giriş ve çıkış arasındaki zaman aralığı) uzar. Kazanç ve alan yarı mamul stoğuna göre birbirine bağlıdır.

2.4.3 Hücresel üretime göre (grup) yerleşim

Grup Teknolojisi, parçaları analiz edip karşılaştırarak onları benzer özellikteki aile gruplarına ayırır. GT sadece sürece göre yerleşim ile sadece ürün akışına göre yerleşimin bir karışımını geliştirebilir. Bu teknik işletmeler için küçük partiler halinde çeşitli ürünlerin üretimine uygunken akış hattının ekonomikliği ile avantajlarına sahip olduğu için çok faydalıdır. GT uygulaması iki temel adım içerir; ilk adım parça ailelerini veya gruplarını belirlemek, ikinci adım ise belirli bir bileşen ailesini işlemek için kullanılan donanım alanını düzenlemektir. Tesis içinde küçük tesisler şeklinde görünür. GT üretim planlama süresini, işlerini ve kurulum süresini azaltır. Böylece hücresel üretime göre yerleşim (grup yerleşimi) ürüne göre yerleşimin ve sürece göre yerleşimin birleştirilmesidir. Bu yerleşim her iki yerleşimin de avantajlarını sağlar. Hücresel üretimde asıl amaç toplam taşıma ve donanım maliyetlerini minimum yapmaktır. Bu sebeple çok amaçlı yerleşim düzeni olarak adlandırılır.

Hücresel üretime göre yerleşim bileşenin standardizasyonunu ve rasyonelizasyonunu, tahminlerin güvenilirliğini, etkin makine çalışması ve verimliliğini, müşteri hizmetlerini arttırabilirken; kağıt işlerini ve genel üretim zamanını ilerlemeyen işi ve iş hareketlerini genel maliyeti azaltabilmektedir.

2.4.4 Sabit konumlu ürüne göre yerleşim

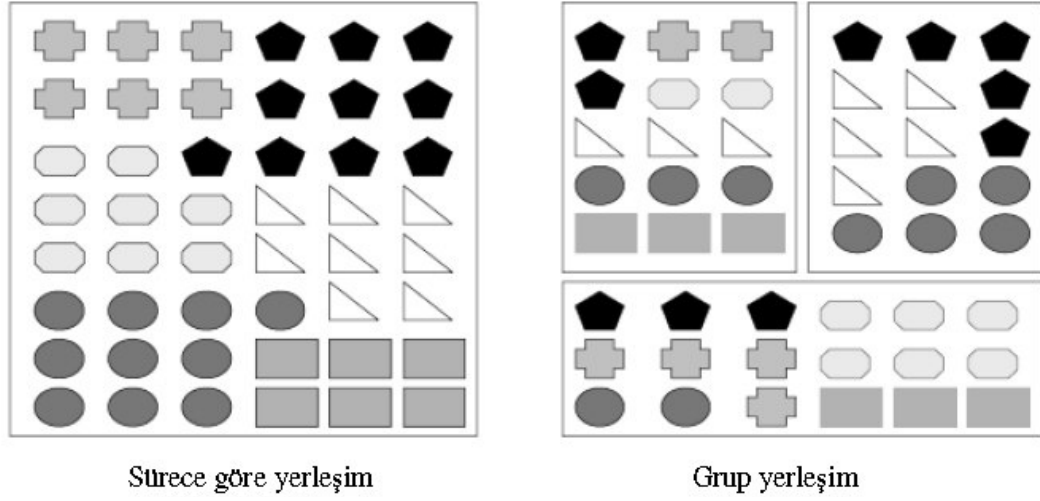
Sabit konumlu ürüne yerleştirme düzeninde üretilen ürün değişmez bir konumda durmakta, gerekli makine ve servisler ürüne getirilmektedir. Bu yerleşim düzeni daha çok gemi ve uçak gibi çok büyük yer kaplayan ürünler için kullanılır.

Bu yerleşim tipi proje tipi yerleşim olarak da adlandırılır. Bu yerleşimde, malzeme, veya temel elemanlar sabit bir yerleşimde dururken araçlar, makineler, işçiler ve diğer malzemeler bu alana taşınır. Bu yerleşim tipi bir veya bir kaç ağır ürünün üretilmesinde ve montajı çok sayıda taşıma maliyeti yüksek ağır parça içeriyorsa uygundur. Bu yerleşim tipinin en büyük avantajları şunlardır:

- İş yayılımına ve işçilerin yeteneklerini arttırmaya yardımcı olur.
- İşçiler işi yaparken ilgi duydukları bir ürünle kendilerini tanımlarlar.

- Bu yerleşim tipi çok büyük oranda esnektir.
- Yerleşim düzenlemesi için sermaye yatırımı daha azdır.

Bununla birlikte, günümüzün gelişen rekabet koşulları ve buna paralel gelişen ürün çeşitliliği, talep esnekliği ortamında artık bu temel yaklaşımlarda yeterli olamamakta; esnek, modüler, daha kolay konfigüre edilebilir yerleşim tiplerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yeni nesil yerleşim tiplerinde, ürün çeşitliliğini verim düşürmeden sağlama, talepte yaşanan dalgalanmalara hızlı tepki verebilme ve hızla değişen iş ortamına veya yeni ürün gelişine hızla ayak uydurulabilmektedir. Böylece daha esnek ve tepkisel üretim sistemleri kurabilmek olanaklı hale gelmektedir.



Şekil 2.3 Sürece göre yerleşim ve grup yerleşim tipleri

Uygulamalar

- Üretim sistem tiplerinin avantajları ve dezavantajlarını karşılaştırmız.
- Hangi üretim sistemi için hangi tip yerleşirme uygundur?

Uygulama Soruları

- Üretim sistem tiplerinin avantajları ve dezavantajlarını karşılaştırınız.
- Hangi üretim sistemi için hangi tip yerleştirme uygundur?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Üretim sistemlerinin özelliklerini ve bu özelliklere göre nasıl sınıflandırıldıklarını işledik. Üretim sistemi özelliklerine göre tesisin yerleştirilmesi gerektiğini ve hangi üretim tipine hangi yerleşim tipinin uygun olacağını öğrendik.

Bölüm Soruları

1- Aşağıda verilen üretim tipi-yerleşim tipi ikilerinden hangisi birbirine uygundur?

a- Sürekli üretim, ürüne göre yerleşim

b- Atölye tipi, grup yerleşim

c- Proje tipi, hücreli üretime göre yerleşim

d-Hücreli üretim, sabit konumlu yerleşim

e- Sürekli üretim, grup yerleşim

2- Sürekli üretim tipi özelliklerindedir?

a- esneklik

b- sermaye maliyeti düşük

c- standart çıktı

d- parti miktarı küçük

e- kalifiye işgücü

3- Aşağıdaki üretim tiplerinden hangisinin tesis yerleşiminde sermaye maliyeti en yüksektir?

a- Atölye tipi

b-Hücreli üretim tipi

c- Sürekli üretim

d- Proje tipi

e- Sabit konumlu

Cevaplar

1-a, 2-c, 3-c

3. AKIŞ MODELLERİ

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

-Akış Modelleri

-İş Akış tipleri

-Akış Şiddeti

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- Farklı akış modelleri belerdir ve farklı akış tiplerinin tesis yerleşimine etkisi nedir?
- 2- Akış şiddetinin ölçümü için kullanılan araçlar nelerdir?
- 3- Akış şiddetinin neler etkiler?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği

Anahtar Kavramlar

-Akış Modelleri

-İş Akış tipleri

-Akış Şiddeti

Giriş

Bu bölümde akış modelleri ve iş akış tipleri, akış şiddeti ölçüm araçları ve akış şiddetini belirleyen faktörler ele alınacaktır.

3.1 Tesis Yerleşimi Düzenlenmesi Probleminin Gereksinim Duyduğu Veriler

İyi bir tesis yerleşimi düzenlenmesi, malzeme ve insan hareketinin maliyetini azaltırken bu maliyeti hesaplamak için bazı verilere gereksinim duymaktadır:

- Departmanlar arası malzeme akışı veya hareketlerin sıklığı
- Departmanların şekli ve alan bilgisi
- Departmanlar için alan gereksinimleri
- Departmanlar için yerleşim kısıtları
- Departman çiftleri arasındaki yakınlık gereksinimleri

Bu verilerin hepsi gerekli değildir. Ancak, departmanlar arası malzeme ve insan hareketinin sıklığının, departmanların şekillerinin ve alanlarının bilinmesi başlangıç yerleşimini hazırlamak için gereklidir. Departmanlar arası hareket sıklığı departmanlar arası ilişkiyi belirlemek için kullanılır. Eğer bu sıklığı belirten veriler olmazsa tesis tasarımcısı departmanlar arası akış ve hareketler hakkında bir tahmin yapmak zorunda kalır. Tasarımcı her bir departmanın boyutlarını ve alan gereksinimini de bilmelidir. Tesis bir makine ya da iş istasyonu ise alan gereksinimine, çevresinde işçinin çalışabilmesi için gerekli alanın ve malzemenin taşınacağı koridor alanının da eklenmesi gerekmektedir.

3.2 Tesis Yerleşimi Düzenlenmesinin İlkeleri

Literatürde tesis yerleşimi düzenlenmesinin ilkeleri şu şekilde sıralanmıştır:

Birleştirme/bütünleşme ilkesi; etkin bir yerleşim düzeni, kaynakların optimum kullanımı ve maksimum verimlilik elde etmek için işçi, malzeme, makine ve destek hizmetlerin bütünleşik kullanımını sağlar.

Minimum uzaklık ilkesi; bu ilke malzemelerin ve işçilerin minimum hareketiyle ilgilidir. Malzeme taşınmasının ve işçilerin hareketinin olabildiğince yakına ve doğrusal hareketler şeklinde olması tercih edilmelidir.

Kübik alanların kullanımı ilkesi; etkin bir yerleşim düzeni, hem yatay hem dikey alanların kullanımını sağlar. Yalnızca zemin alanının optimum kullanımı yeterli değildir, yüksekliğin de verimli kullanılması gerekir.

Akış ilkesi; etkin bir yerleşim, malzemeleri tamamlanma aşamasına doğru ileri yönde hareketini sağlar, geriye doğru hareket olmaz.

Maksimum esneklik ilkesi; etkin bir yerleşim düzeni, fazla zaman ve maliyet gerekmeden değiştirilebilir, şimdiki yerleşim tasarlanırken ilerdeki gereksinimler hesaplanabilir.

Güvenlik, gizlilik ve memnuniyet ilkesi; etkin bir yerleşim, işçilerin güvenliğini, memnuniyetini ve yangın, hırsızlık gibi durumlara karşı tesis ve makinelerin güvenliğini dikkate alır.

Minimum taşıma ilkesi; etkin bir yerleşim, malzeme taşımalarını minimum düzeye kadar azaltır.

3.3 Genel Akış Modelleri

Üretim yapan bir tesisi tasarlanmanın ilk adımı; malzemeler, parçalar ve iş sürecindeki stoklar yoluyla oluşan genel akış modellerini belirlemektir. Akış modelleri, başlangıçtan son ürüne yani hammaddenin işlenmeye başlamasından yarı mamül olmasına, yarı mamulden de son ürün olmasına kadar geçen tüm akış sürecini içerir.

Bir tesis ister sürece, isterse ürüne göre düzenlemiş olsun iş akışı modellerinin özellikleri ayrıntılı olarak göz önünde bulundurulur. İş akışını etkileyen başlıca etmenler şu şekilde sıralanabilir:

- 1) Dış ulaşım kolaylıkları,
- 2) Üründeki parçaların sayısı,
- 3) Her bir parçadaki işlemlerin sayısı,
- 4) Her bir parçadaki işlemlerin sırası,
- 5) Alt montajların sayısı,
- 6) Üretimi yapılacak ürün sayısı,
- 7) İş istasyonları arasındaki akış,
- 8) Elverişli alanın hacmi ve biçimi,
- 9) Süreçlerin/işlemlerin etkisi,
- 10) Akış tipleri,
- 11) Ürüne ve sürece göre tesis düzenlenmesi,
- 12) Hizmet bölümlerinin konumları,

- 13) Üretim bölümlerinin konumları,
- 14) Bölümlerin özel gereksinimleri,
- 15) Malzeme depolama,
- 16) İstenilen esneklik,
- 17) Bina.

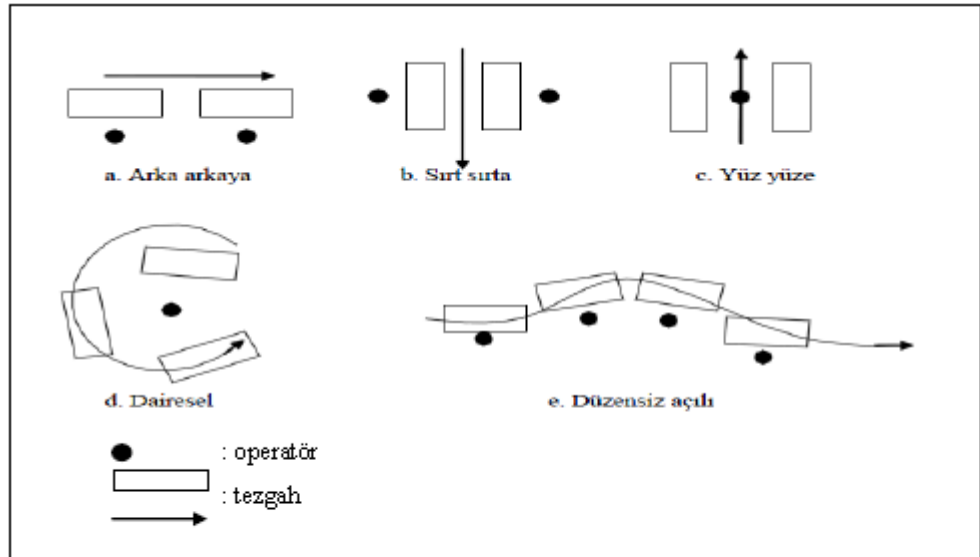
Akış modellerini, “iş istasyonları içindeki akış”, “bölümler içindeki akış” ve “bölümler arasındaki akış” olarak ayrı ayrı açıklamak daha doğru olacaktır:

3.3.1 İş istasyonları içindeki akış

Bu akış oluşturulurken, dikkat edilmesi gereken işçilerin hareketleri ve ergonomidir. İş istasyonları içerisindeki akış, simetrik, eş zamanlı, doğal, ritmik ve alışılmış olmalıdır.

3.3.2 Bölümler içindeki akış

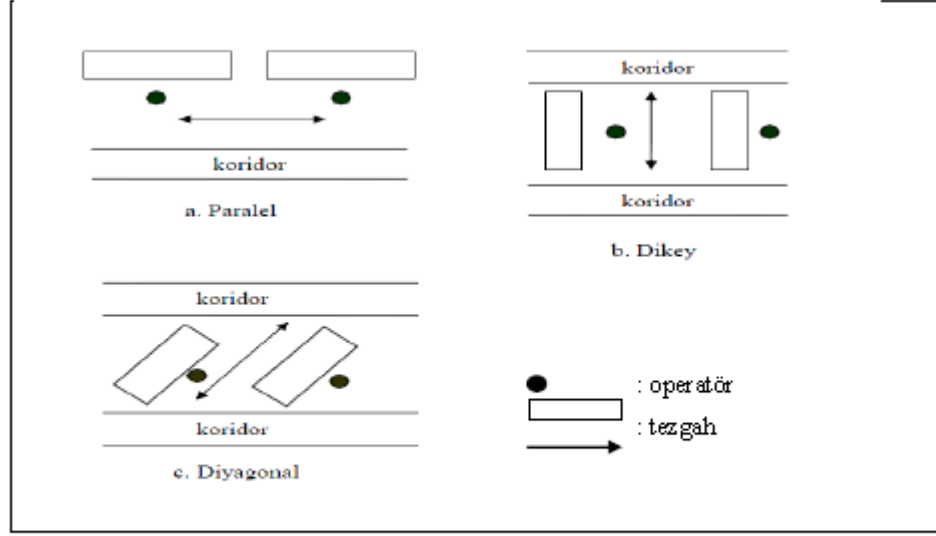
Bölümler içerisindeki akış, bölümün tipine bağlıdır. Bir üretim bölümünde, iş akışı ürün akışını izler. Ürün akışı tipik olarak Şekil 3.1’de gösterilen modellerden biri gibidir.



Şekil 3.1 Ürün akış modelleri

Bir süreç bölümünde, bölümler içerisindeki iş istasyonları arasındaki akış küçük olmalıdır. Akış tipik olarak iş istasyonları ve koridorlar arasında ortaya çıkar. Akış modelleri, iş istasyonlarının koridorlara göre yönlerine bağlı olarak oluşmuştur. Şekil 3.2’de iş istasyonu-koridor yerleşimine bağlı olarak oluşan üç tane akış modeli

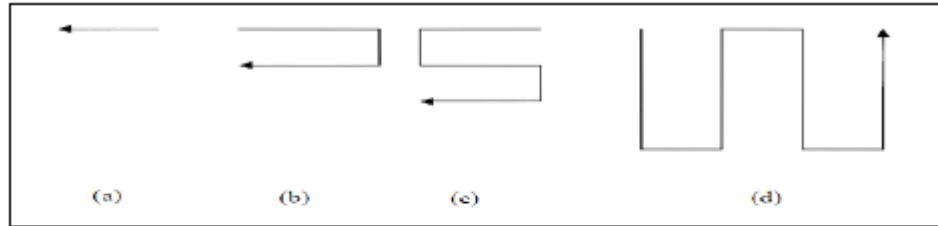
görülmektedir. Hangi iş istasyonu-koridor düzeninin seçileceği, iş istasyonlarının kapladığı alanlar, kullanılabilir alanlar ve taşınacak malzemenin miktarı/büyüklüğü arasındaki ilişkiye bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 3.2 İş istasyonu-koridor yerleşimine göre akış modelleri

3.3.3. Bölümler arasındaki akış

Bölümler arasındaki akış, bir tesisteki tüm akışı değerlendirmek için sıklıkla kullanılan bir ölçüttür. Akış genellikle, Şekil 3.3’de gösterilen dört tip akış modelinin kombinasyonundan oluşmaktadır. Şekilde gösterilen akış modellerinin biraraya getirilmesindeki önemle dikkate alınması gereken, giriş ve çıkışın yeridir. Çizim planının veya bina yapısının bir sonucu olarak, giriş ve çıkış yerleri genellikle sabittir ve tesis içerisindeki akış, bu kısıtlar altında ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3.3 Genel akış modelleri: (a) I tipi akış, (b) U tipi akış, (c) S tipi akış, (d) W tipi akış

4. AKIŞ ANALİZ YÖNTEMLERİ

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

-Akış Analiz Yöntemleri

-İş Akış Şemaları

-Geliş-Gidiş Şemaları

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

1- Akış şiddetinin ölçümü için kullanılan araçlar nelerdir?

2- Akış şiddetinin neler etkiler?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği

Anahtar Kavramlar

-Akış Şiddeti

-İş Akış Şemaları

-Geliş-Gidiş Şemaları

Giriş

Bu bölümde akış modelleri ve iş akış tipleri, akış şiddeti ölçüm araçları ve akış şiddetini belirleyen faktörler ele alınacaktır.

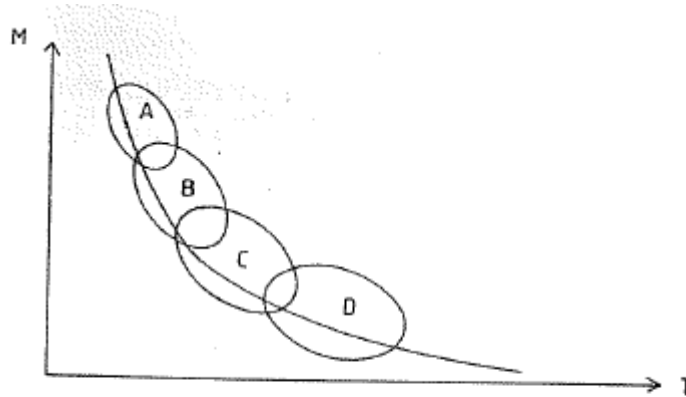
4.1 Akış Analizi Yöntemlerinin Belirlenmesi

Erkut ve Baskak (2003) belirli bir ürün veya ürün grubunun üretimi için gerekli makine ve insan gücü gereksinmesinden sonra, bu makine ve işgören grubunun tesiste birleştirilerek yerleştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bu düzenlenmede temel amaç; hammadde girişinden, bitmiş ürünün müşteriye teslim edilmesine kadar söz konusu olan süreçlerde en az ağırlık, uzaklık ve maliyetle taşınmayı sağlayacak bir iş akışının oluşturulmasıdır. Malzemelerin işletmedeki akışı, tesis düzenlenmesini saptayan önemli öğelerden biridir. İşyeri düzenlenmesinde ulaşılmak istenen amaçlardan biri de makinelerin değişmez olarak düzenlenmesi değil, malzemenin fabrikada en iyi akışının sağlanmasıdır.

Malzemenin etkin biçimde akışı; malzeme aktarma giderlerini, yarı ürünlerin miktarını, yarı ürünlere bağlanan ana mal ve alanı, toplam üretim süresinin uzunluğunu önemli ölçüde saptama zorunluluğunu ortaya koyar. Böylece tesis düzenlenmesinde etkin bir akışın yanı sıra en küçük hareketin de sağlanması gerekli olur. Tüm bu öğelerin her biri, akış sistemlerinin titizlikle incelenmesi için yeterli sayılır. İş akışı sistemi ayrıca, denetim ve kontrol mekanizmasını da etkiler. Yalın iş akışı hatları, kontrol amaçları için ideal olurlar ve bu durumda da gözetim gözle yapılabilir. Karışık iş akışı sistemi, genellikle karışık kontrol sistemini doğurur.

Sürece, ürüne ve programa ilişkin temel bilgiler toplandıktan sonra tesis düzeni tasarımcısı, malzemelerin, araç ve gereçlerin ve işgörenin akışının analizine geçer. Tesis düzenleme gerçekte ürünün, hammadde durumundan işlenmiş ürüne kadar olan aşamalardaki akışını kolaylaştırmak olduğundan, malzemelerin yani işin akışı incelenmelidir.

Hangi yöntemin kullanılacağı konusunda belirleyici olan iki temel etmen vardır. Bunlar; sözkonusu ürünün miktarı (M) ile tür sayısı (T)'dir. Buna bağlı olarak yöntem belirlenirken Miktar-Tür (M-T) diyagramı çizilir. Diyagram Şekil 4.1.'de görülmektedir. Şekilde dört ayrı bölge görülmektedir. Bunları şöyle açıklayabiliriz:



Şekil 4.1 Miktar-Tür Diyagramı

A : Bir veya birkaç standart ürün veya çeşit için işlem süreç diyagramı veya benzeri bir akış diyagramı kullanılır.

B : Belli sayıda ürün veya çeşit için, çoklu-ürün süreç diyagramı kullanılır (eğer montaj ve demontaj sözkonusu değilse).

C : Çok sayıda ürün veya kalem için; bunlar mantıksal gruplar halinde birleştirilir ve yukarıdaki A veya B gibi incelenir. Ürün seçilir veya örnek alınır ve yukarıdaki A veya B uygulanır.

D : Çok sayıdaki değişik türden ürün veya çeşit için “geliş-gidiş” diyagramı kullanılır. Önemli olan nokta, farklı akış analizi yöntemlerinin, farklı ürün hacmi ve türü için kullanılacağıdır.

4.2 İşlem Süreç Şeması

Bir süreç boyunca malzeme hareket ederken bu malzeme için beş durum sözkonusu olabilir:

- Biçim verilebilir, işlem görebilir veya diğer malzemelerle birlikte montajı veya demontajı yapılabilir.
- Hareket ettirilebilir.
- Sayılabilir, test edilebilir, kontrol veya muayene edilebilir.
- Bir diğer işlem için bekleyebilir.
- Stoklanabilir.

Bilindiği gibi adı geçen bu durumları gösterebilmek için standart sembollerden yararlanılır. Bu semboller, Şekil 4.2’de görülmektedir.

<u>SEMBOL</u>	<u>EYLEM ADI</u>	<u>TANIM</u>
○	İşlem	Sürecin başlıca adımları malzeme üzerinde değişiklik yapma
➔	Taşıma	İşçi malzeme veya araçların bir yerden bir yere hareketi veya taşınması
□	Muayene	Kalite veya miktar açısından yapılan kontroller
▽	Sürekli depolama (Stoklama)	Malzemenin, izinsiz alınamayacak şekilde stoklanması
D	Gecikme	Arzıksık işlemler arasında işin beklemesi

Şekil 4.2 İşlem süreç şemalarında kullanılan semboller

Süreç şemaları hazırlanırken yararlanılan belli kurallar ve varsayımlar vardır. Bunlar da aşağıda kısaca belirtilmiştir. Anlaşılacağı gibi kurallardan yalnızca gerekli olan bazıları verilmiştir. Gerçekte, bu konuda daha ayrıntılı bilgilere sahip olmak gerekir.

A. İŞLEM :

B. KESİŞME :

C. TİPİK SÜREÇ DİYAGRAMI :

D. MONTAJ ŞEMASI:

E. AYRILMIŞ ve YENİDEN BİRLEŞMİŞ HATLAR İLE GÖSTERİLEN SEÇENEK YOL :

F. YENİDEN İŞLENMEK İÇİN MALZEMENİN GERİ DÖNMESİ :

G. HURDA, FİRE veya KAYIP MALZEME AKIŞI :

H. KARMAŞIK ŞEMALAR :

4.3 Geliş-Gidiş Şeması

Parçaların gruplanması veya seçilmesi sonucunda, geliş-gidiş şeması ortaya çıkar. Bu özellikle; ürünler, parçalar veya malzemeler çok sayıda ise olur. Geliş-gidiş şeması, zaman zaman çapraz şema olarak da adlandırılır. Eğer değerlere uzaklıklar da eklenirse şema, uzaklık şeması olarak anılır.

İşlemler veya iş istasyonları hem yatay hem dikey doğrultuda sıralanırlar. Her kutu veya göze, bir işlemde diğerine yapılan hareket kaydedilir. Kutudaki harf, akış değerinin şiddetini göstermektedir.

Örnek olarak Şekil 4.3a.'ya bakarsak A ürünü, kesme işleminden çapak alma işlemine geçmektedir. Bunu A ile gösteririz. Malzeme daha sonra çapak almadan delme işlemine geçmektedir. Benzer olarak buna karşılık gelen kutuya yine A harfini yerleştiririz. Bu işlem, parçanın her bir hareketi için yinelenir. Şekil 4.3b.'de ise başka bir örneğe ilişkin farklı bir geliş-gidiş şeması çizimi görülmektedir.

GELİŞ \ GİDİŞ					
	KESME	ÇAPAK ALMA	PREZELEME	DELME	...
1. KESME	---	ABC 3	---	EF 2	
2. ÇAPAK ALMA	---	---	BD 2	AC 2	
3. PREZELEME	---	---	---	---	
4. DELME	---	---	CEF 3	---	
.					
.					

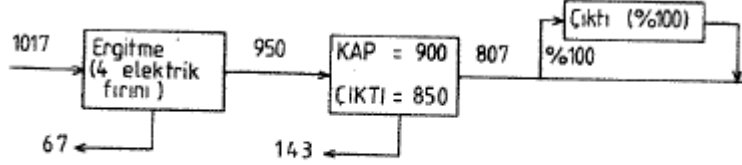
Şekil 4.3a Geliş-Gidiş şeması (1. Tip çizim)

Tüm parçalar kaydedildikten sonra, her kutudaki harfler birleştirilir ve miktarlar toplanır, birleşim ve toplam buraya yazılır. Bu sayı, daha sonra her iki iş istasyonu çifti arasındaki akışın trafik derecesini gösterir. Herhangi iki eylem veya iş istasyonu arasındaki toplam akış veya trafik, bu eylem çifti için bulunan her iki değer toplanarak hesaplanır.

Unutulmaması gereken nokta şudur: Her bir değer toplamı, herhangi bir işlemler veya eylem alanları çifti arasındaki ilişkiyi veya arzulanan görelî yakınlığı göstermektedir.

görelî öneminin temel ölçüsü olacaktır. Bu da işlemlerin birbirlerine görelî yakınlıklarının ölçüsünü oluşturacaktır.

Şekil 4.4’de bu akış şiddeti, her hat için yılda 1.000 ton olarak görülmektedir. Sağ tarafta ise son ürünün yıllık ağırlıkları belirtilmektedir. Şekilde her bir dikdörtgen, temel eylem bölgesini göstermektedir. Artık ürünler ise, geri akışlı bir ok ile belirtilmektedir. Burada görülen şema, temel bir malzemenin değişik türevlerine parçalanmasını açıklamaktadır. Yoksa bu bir montaj işlemi değildir.



Şekil 4.4 süreç analizinin akış şiddeti ile gösterilmesi

Şekil 4.4.’de görülen şema, süreç analizinin farklı bir biçimini göstermektedir. Burada semboller yoktur ve yalnız yatay hatlar yer almaktadır. Ayrıca kayıp çıktı sorunu ortadan kaldırılmaktadır.

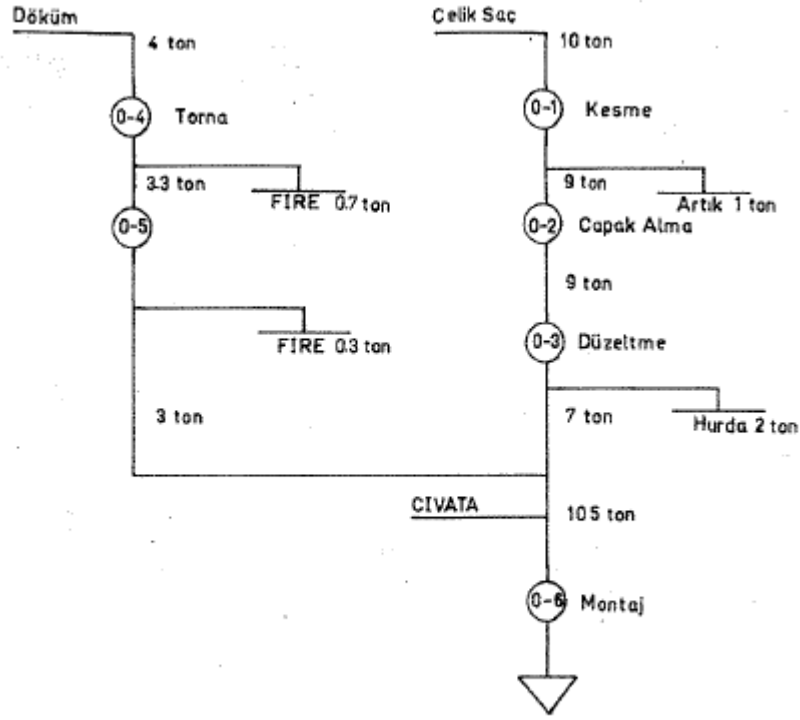
Öte yandan artıkların akışı, tesis düzenleme sorununun önemli bir parçasını oluşturabilir. Örneğin sac levhalarla üretim yapılan endüstri dallarında (kazan, vantilatör vb.) bu artıklar % 20 ile % 30 arasında değişen bir oran gösterirler.

Taşınan malzemeler kirli, sivri veya tehlikeli olabileceklerinden, değişik taşıma yöntemlerine gereksinim duyulabilir. Bu özelliklerin, taşımada gözönüne alınmaması, önemli sakıncalar doğurabilir. Şekil 4.5, bu özellikler de içerilebilecek biçimde düzenlenmiş olan işlem süreç şemasını göstermektedir.

4.4.2. Şiddetin Ölçüsü

Malzemeler birbirlerinin benzeri olduğu zaman veya az çok homojen bir yapı taşıdıkları zaman; ton, m³, kutu vb. ölçüler yeterli olur.

Genel ölçüm; birim zamanda hareket eden parça sayısının, parça başına ölçü birimi ile çarpılması yoluyla yapılır. Ancak bir ölçü biriminden diğerine geçmek gerektiği zaman, malzemelerin karakteristiklerinin farklı olması durumunda veya ortak bir taşıyıcı birim olmadığı durumda akış şiddetinin ölçülmesi daha güçtür. Bu duruma yönelik olarak, MAG ölçüm yöntemi geliştirilmiştir. MAG; malzemelerin taşınabilirliğinin ölçülebilmesi için yaratılmış bir birimdir.



Şekil 4.5 Açıklamalı işlem süreç şeması örneği

Bir malzemenin taşınabilirliğini etkileyebilecek etmenler, beş noktada toplanabilir:

- A: Parçanın boyutu
- B: Parçanın yoğunluğu
- C: Parçanın biçimi
- D: Parçaya veya çevresindekilere zarar verme riski
- E: Parçanın durumu

Taşınabilirlikte temel etmen boyuttur. Bir parçanın boyutuna karşılık gelen değer, Tablo biçiminde de aşağıdaki gibi gösterilebilir:

Tablo 4.1 Boyut-Mag değeri

Hacim (cm ³)	Hacim (inç ³)	mag Değeri
0,75	0,05	0,005
1,5	0,1	0,05
15	1	0,25
150	10	1
1.500	100	3,5
15.000	1.000	10
150.000	10.000	25
1.500.000	100.000	50

cm^3 -inç³ ile mag arasındaki dönüşüm işlemleri, üstel ilişkiden dolayı interpolasyon ile yapılır. Yaklaşık olarak [$150 \text{ cm}^3 = 10 \text{ inç}^3 = 1 \text{ mag}$] eşitliği vardır.

Temel etmen olan A etmeni dışında kalanlar, derece (°) ile belirlenir. Bir derece, temel değerden % 25 sapmayı gösterir. Herhangi bir parçanın mag değeri, aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$\text{Birim parça akış şiddeti (mag)} = A [1 + \frac{1}{4} (B + C + D + E)]$$

B, C, D ve E değerlerinin belirlenebilmesi için Tablo 4.2.'i kullanmak gerekmektedir.

Tablo 4.2. Akış Şiddeti Ölçümünde Kullanılan Katsayı Dereceleri

b	: Parçanın Yoğunluğu
-2	: Çok hafif ve boş
-1	: Hafif ve hacimli (Oluklu mukavva)
0	: Katı (Kuru odun parçası)
+1	: Oldukça ağır ve yoğun (İçi boş döküm parçalar)
+2	: Ağır ve yoğun (Dövme parçalar)
+3	: Çok ağır ve yoğun (Kurşun blok)
c	: Parçanın Biçimi
-3	: Çok düz ve yığılabılır veya tam olarak birbiri içine girebilir (Düz kağıt veya metal levha)
-2	: Yığmaya ve birbirinin içine girmeye uygun (Kağıt destesi, çorba tası)
-1	: Oldukça yığılabılır (Kitap, çay fincanı)
0	: Yığılma özelliğine biraz sahip kare tabanlı parçalar (Kare odun bloğu)
+1	: Uzun, yuvarlatılmış veya biraz düzensiz (Tahıl çuvalı)
+2	: Çok uzun, kübik veya düzensiz (Masa telefonu)
+3	: Çok uzun, bükülmüş veya çok düzensiz (Yat direği)
+4	: Çok uzun ve bükülmüş veya özellikle çok düzensiz (Ağaç sandalye)
d	: Parçaya veya Çevresindekilere Zarar Verme Riski
-2	: Hiç bir şekilde zarar verilemeyecek parçalar (Hurda demir)
-1	: Pratik olarak zarar verilemeyecek parçalar (Döküm parçalar)
0	: Bâzı zararlara uğrayabilecek parçalar (Belirli bir boyutta kesilmiş odun)
+1	: Çarpma, ezilme veya çizme ile zarara uğrayabilecek parçalar (Boyalı parçalar)
+2	: Biraz veya çok zarara yol açacak parçalar (TV tüpü)
+3	: Bâzı eşyalara veya çok şeye zarar verebilecek parçalar (Eritilmiş cam hamuru)
+4	: Çok fazla zarar verebilecek parçalar (Cam kaplardaki asitler, patlayıcılar)
e	: Parçanın Durumu
0	: Temiz, katı, stabil (Odun parçası)
+1	: Yağlı,ince,stabil olmayan veya elle taşınması zor (Yağlı yongalar)
+2	: Gres kaplı, sıcak, çok ince, elle taşınması çok zor, narin
+3	: (Zamklı yüzeyler)
+4	: (Eritilmiş çelik)

Uygulamalar

Örnek

Presten döküm tezgâhına geçerken taban çapı 6 cm. ve yüksekliği 17 cm. olan, silindir şeklindeki bir kalıp merkezleme mili; şekil olarak biraz düzensiz bir yapıya sahip olup, yoğundur ve ağırdır. Kolaylıkla zarar verilemeyecek olan bu parça yağlıdır ve elle taşınması zordur. B-C-D-E değer tablosu ve dönüşüm tablosundan yararlanarak, bu parçanın akış şiddetini hesaplayınız ($\pi=3$ alınacaktır). Bu parçadan yılda 50.000 adet üretildiğini kabul ederek, kalıp merkezleme milinin, pres-döküm tezgâhları arasındaki geçişi sırasındaki yıllık akış şiddetini bulunuz.

$$\text{Hacim} = \pi * r^2 * h = 3 * (6/2)^2 * 17 = 3 * 9 * 17 = 459 \text{ cm}^3$$

$$150 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mag}$$

$$459 \text{ cm}^3 = X \text{ mag}$$

$$1.500 \text{ cm}^3 = 3,5 \text{ mag}$$

İnterpolasyonla X değeri şu şekilde hesaplanır:

$$(459 - 150) / (1.500 - 150) = (X - 1) / (3,5 - 1)$$

$$X = 1,57 \text{ mag}$$

$$A = 1,57 \text{ mag}, B = 2, C = 1, D = -1, E = 1$$

$$\text{Birim Akış Şiddeti} = 1,57 * [1 + \frac{1}{4} * (2 + 1 - 1 + 1)] = 2,74 \text{ mag/parça}$$

$$\text{Yıllık Akış Şiddeti} = 2,74 * 50.000 * 1 = 137.000 \text{ mag}$$

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Süreç Analizi ve akış analizi arasındaki ilişki, akış analizi yöntemleri kullanılarak akış şiddetinin ölçülmesi ve bu amaçla kullanılan araçlar incelenmiştir.

5. KAPASİTE PLANLAMA

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- Kapasite Planlama
- Kapasite Çeşitleri
- Kapasite Ölçümü

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- Kapasite planlamanın amaçları nelerdir?
- 2- Kapasite çeşitleri nasıl tanımlanır? Nasıl ölçülür?
- 3- Kapasite planlamanın organizasyon için önemi nedir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği

Anahtar Kavramlar

Kapasite

Teorik kapasite

Fiili kapasite

İnsan ve Makine Kapasitesi

Sistem Etkinliği

Kullanım Oranı

Giriş

Bu bölümde kapasite planlamanın amaçları, kapasite çeşitleri ve kapasite ölçümü ve ilgili kavramlar ele alınacaktır.

5.1 Kapasite Planlamanın Amacı

Kapasite; bir işletmenin belirli bir zaman dilimi içindeki üretim gücü olarak tanımlanabileceği gibi, işletmenin belirli bir mal veya hizmeti üretebilme yeteneğinin yine belirli bir ölçü ile ifade edilmesi şeklinde de açıklanabilir. Bir işletme kurulurken göz önünde bulundurulması gereken en önemli faktörlerden birisi, üretim maliyetinin en düşük olduğu durumda sahip olunan bir üretim gücünü gerçekleştirmektir. Kapasite seçimini etkileyen diğer faktörleri de göz önüne alan müteşebbisler, optimal kapasiteye ulaşmaya çalışırlar. Gerek kuruluş ve gerekse işletme döneminde, tesisler için kapasite planlaması konusu büyük önem arz etmektedir. Eğer bir yatırım tam kapasite ile işletilemezse; hem yatırımın kendisine, hem de ülke ekonomisine büyük kayıplar verir.

Kuruluş yeri belirlenen bir üretim biriminin üretim miktarı açısından hangi büyüklükte veya kapasitede olması gerektiği, işletme literatüründe "kapasite planlaması" konusuna girer. Aynı zamanda kapasite planlaması konusu, sadece kurulacak yeni bir işletmenin veya yeni bir yatırımın hangi büyüklükte olması gerektiğini önceden belirlemek değil, aynı zamanda, kurulu bir işletmenin hangi oranlarda genişletilmesi ve nelerin değiştirilmesi gerektiğini belirler.

Kapasite planlama genel anlamda, eldeki imkanları maksimum seviyede kullanarak, iş yüklerini dengeli bir şekilde dağıtmak olarak tanımlanabilir. Kapasite planlama bir firmanın üretim faaliyetlerini gerçekleştirmek üzere gerekli insan, makine ve fiziksel kaynakları belirleme sürecidir. Kapasite bir sistemin bir işi yapabileceği en iyi değerdir. Kapasite planlama, kapasiteyi ölçerek üretim ihtiyaçları ile uyum içinde olacak şekilde düzeyleri belirler.

Kapasite planlaması, işletmeler için önemli bir aşamadır. Diğer bütün işletme planlamaları, kapasite kararları çerçevesinde yer alır. Kapasite planlaması, bir işletme aynı maldan daha fazla üretmeye veya yeni bir mal üretmeye karar verdiği zaman atılacak ilk adımdır. Kapasite değerlendirildikten ve yeni veya ilave makine/bina belirlendikten sonra, tezgah yerleştirme ve proses teknolojisi seçimi yapılır. Kapasite çok büyük tutulduğu takdirde, geçici kapatma, tezgahların satışı, veya birleştirilmesi vb. kapasiteyi daraltıcı tedbirler gerekebilir.

Birleştirme olduğu takdirde, yeniden yerleşme, teknolojilerin uyum sağlaması, tezgahların ve prosesin yeniden düzenlenmesi vb. gerekecektir, bu da maliyeti artıracaktır. Kapasite planlama faaliyeti üç sorunun cevaplanmasını gerektirir. Bunlar;

1. Ne tür bir kapasiteye ihtiyaç vardır?
2. Ne miktarda kapasite ihtiyacı söz konusudur?

3. İhtiyaç ne zaman olacaktır?

İlk soru, yönetimin üretmek istediği mal ve hizmetle ilgilidir. Gerçekten, kapasite planlamasını bu tercihler yönlendirir. Bir işletmedeki en önemli kararlar, arz edilecek mal ve hizmet ile ilgilidir. Mesela, yüksek kaliteli çelik üretimine karar verilirse, bunun prosesi için makine-teçhizat ve işgücü gerekecektir. Arz edilecek mal veya hizmet, kuruluş yerini binanın büyüklüğünü ve şeklini, tezgahların yerleştirilmesini vb. de belirleyecektir. Kapasite seçimi, bazen çok düzensiz, bazen de düzenlidir. Kapasitenin dalgalanması; talebin düzenliliği, makine-teçhizattaki teknolojik gelişmeler ve rekabet faktörleriyle ilgilidir. Bazen model değişimleri de önem arz eder.

Kapasite değişikliklerinin miktar ve zamanına ilişkin kararların sistematik bir süreç içinde verilmesi yararlı olacaktır. Bu sürecin aşamaları şu şekilde sıralanabilir;

1. Mevcut kapasitenin belirlenmesi
2. Tüm ürün ve hizmetler için kısa ve uzun dönemli kapasite ihtiyaçlarının öngörülmesi
3. Gelecekteki kapasite ihtiyaçlarının karşılanması için alternatiflerin belirlenmesi
4. Kapasite alternatiflerinin değerlendirilmesi ve bunlar arasından seçim yapılması

Belli bir ürünü, belirli düzeyde üretebilecek optimum işletme büyüklüğünün gerçekleştirilmesi veya kurulu bir işletmede mevcut üretim düzeyini artırmak için ek bir kapasitenin kurulması (kapasite genişlemesine gidilmesi) makro açıdan bir yatırım sorunudur. Bu nedenle optimum işletme büyüklüğü ve kuruluş yerini önceden belirlemeye yönelik kapasite planlaması konusu, yatırım planlaması konusuyla yakından ilişkilidir.

Planlama işleminde optimum işletme büyüklüğü, alternatif kapasite büyüklükleri arasından seçilir ve bunlar, her bir işletme projesine ilişkin alternatif yatırım giderleri ile temsil edilirler. İşletme büyüklüğünün ve dolayısıyla yatırımların optimum düzeyde olması, ülke ve işletmeler açısından oldukça önemlidir.

5.1.1 Kapasite çeşitleri

Kapasite çeşitlerini ifade eden farklı kapasite kavramları var ise de, beş temel kapasite kavramını öncelikli olarak incelemek gerekir. Bunlar; “Maksimum veya Teorik kapasite”, “Normal veya Pratik kapasite”, “Fiili kapasite”, “Atıl kapasite”, “Optimal kapasite”dir.

5.1.1.1 Teorik(maksimum) kapasite

İdeal şartlar altında, belirli bir sürede elde edilebilen maksimum üretim miktarını ifade eder. Genellikle periyodik bakım bu kapasitenin içindedir fakat program aksaklıkları, hatalı mal, kalitesiz malzeme gibi etkenlerden dolayı olan gecikmeler bu kapasiteye dahil edilmez. Bu kapasitede; bekleme, gecikme, aksama ve duraklama gibi üretim darboğazları ve maliyetleri göz önünde bulundurulmaz. Teorik kapasite değerleri genellikle makine ve teçhizatı imal eden firmalarca belirlenir.

Maksimum kapasite kavramı kolay ölçülebilir olma özelliğine sahiptir ama insan gücü, hammadde ve diğer maliyetleri göz önüne almaz. Aynı zamanda makine ve teçhizat gibi üretken unsurların hiç arıza göstermeyeceği, bakım-tamire gerek duyulmayacağı gibi bir varsayımla maksimum üretim miktarını verir.

5.1.1.2 Pratik(normal) kapasite

Genellikle, tesis kapasitesi olarak maksimum kapasite düşünülürse de, bir işletme veya tesisin tahmin edilen hakiki üretim kapasitesinin sürekli olarak maksimum kapasitede kalması çok zordur. Çünkü, bakım-tamirler, beklemler, duraklamalar, montaj ve ayarlamalar v.b., makinelerin veya işletmelerin belirli çalışma sürelerini tam doldurmalarına imkan vermez. Bu tür gecikme ve beklemlere faaliyet kesilmeleri denir. Maksimum kapasiteden faaliyet kesilmeleri çıkarılırsa, normal veya pratik kapasiteye ulaşılır.

Tesis değiştirilmediği/genişletilmediği veya işgücü kaynağı artırılmadığı sürece, teorik kapasitenin artması mümkün değildir. Oysa, pratik kapasitenin teorik kapasitenin altında kalmasına neden olan faktörlerden yönetimin denetimindedir. Dolayısıyla doğru kararlar alınarak ve doğru yöntemler kullanılarak pratik kapasitenin artırılması ve teorik kapasiteye yaklaştırılması mümkündür.

5.1.1.3 Fiili kapasite

Pratik kapasite, işletmenin üretebileceği mamul miktarını gösterir. Fiili kapasite, işletmenin herhangi bir dönemdeki fiili veya gerçekleşen üretim kapasitesini ifade eder. Pratik kapasite, her zaman için ulaşılabilir üretim miktarını verir. Ancak; işletmenin pratik kapasitede çalışması gerekmeyebilir veya bunu aşması gerekebilir. Bu da talep düzeyi ile ilgilidir. İşletmenin her zaman pratik kapasitede çalışması istisnai bir durumdur.

Pratik kapasitenin kullanılan kısmını ifade etmek üzere çalışma derecesi kavramı kullanılır.

$$\text{Çalışma derecesi} = \text{Fiili kapasite} / \text{Pratik kapasite}$$

Çalışma derecesi işletmenin kapasite kullanım oranının bir ölçüsüdür. İşletmenin tam kapasiteyle üretim yapması, yani kullanılmayan atıl bir kapasitesinin bulunmaması halinde çalışma derecesi “1” olacaktır.

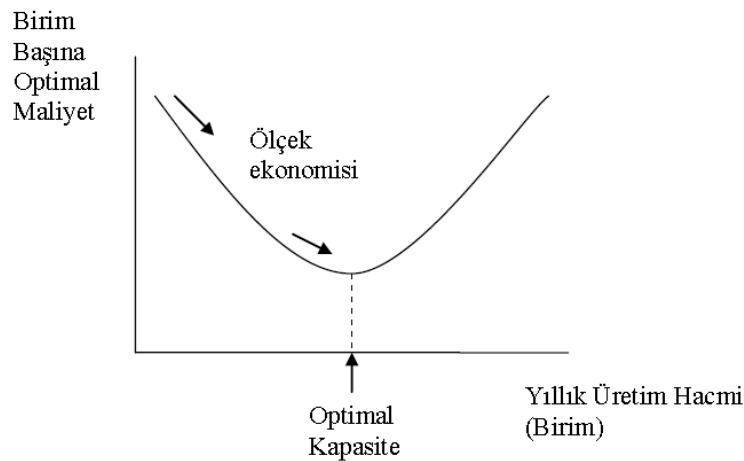
5.1.1.4 Atıl kapasite

İşletmenin belirli bir dönemdeki üretim miktarı(fiili kapasitesi) normal(pratik) kapasitenin altında ise aradaki fark “atıl kapasite” olarak tanımlanır. Atıl veya kullanılmayan kapasiteye, “boş kapasite” ya da “aylak kapasite” gibi adlar da verilebilir.

5.1.1.5 Optimal kapasite

İşletmeye minimum ortalama birim maliyetle çalışma olanağı yaratan yıllık üretim hacmi, optimal kapasite düzeyi olarak bilinir. Şekil 5.1’de belli bir tesis için optimum kapasite düzeyi gösterilmektedir.

Bir tesis üretime geçtikten sonra, üretim hacmi yükseldikçe ortalama birim maliyetler düşer. Maliyetlerdeki bu düşüş, sabit maliyetlerin giderek daha fazla ürüne dağılmasından, büyük partiler halinde üretim nedeniyle makine hazırlık maliyetlerindeki düşüşten ve sağlanan diğer tasarruflardan kaynaklanır. Ölçek ekonomileri olarak bilinen bu tasarruflar, üretim hacmi yükseldikçe belli bir noktaya kadar devam eder. En iyi faaliyet düzeyi, yani optimal kapasite noktasından sonra, maliyetler bu kez artmaya başlar. Tesis içinde baş gösteren ve verimliliği düşüren karmaşa; programlama güçlüğü; tedarik güçlükleri; yönetim, haberleşme ve denetimde etkinliğin kaybedilmesi; işgücü moralinin olumsuz etkilenmesi gibi nedenler maliyeti artırır. Optimal kapasite düzeyinden uzaklaştıkça maliyetler hızla artar. Sonuçta ise ölçek ekonomilerinden sağlanan avantajlar yitirilir.



Şekil 5.1 Ölçek Ekonomileri ve Optimal Kapasite

5.1.2 Kapasitenin ölçülmesi

Üretim yapan bir fabrikanın kapasitesini sabit bir değer ile tanımlamak güçtür. Makinelerin tek tek kapasitelerini bulup toplamakla fabrikanın tüm kapasitesini bulma imkanı yoktur. Üretim birimleri veya iş istasyonları arasındaki ilişkiler karmaşık olduğundan kapasiteyi ölçmek güçleşir. İş istasyonlarının üretim hızları arasındaki farklar, tamir-bakım faaliyetleri, program hataları yüzünden boş beklemler, ıskarta miktarı, işçi ve daha pek çok faktör fiziksel kapasite üzerinde sapmalara yol açar.

Üretim plan ve programları, bu sapmalar göz önüne alınarak hazırlanmalıdır. Birden çok ürünün üretildiği sistemlerde ve özellikle hizmet üreten sistemlerde, kapasitenin çıktı cinsinde ölçülmesi zordur. Bu durumda, kapasitenin belli bir dönemde mevcut girdiler cinsinden ölçülmesi söz konusudur. Örneğin; otel ya da hastanelerde kapasite yatak sayısı ile ifade edilir.

Çıktı birimleri nispeten homojen olduğunda, kapasite üniteleri oldukça belirgindir. Kapasite günde/haftada/ayda üretilen miktar olarak, örneğin bir otomobil fabrikası otomobil sayısını, bir nükleer güç fabrikası da megawatt olarak elektriği kullanır.

Kapasite ölçümünde karşılaşılan temel zorluk, üretilen ürün çeşitliliğinden kaynaklanır. Bazı üretim sistemlerinde kapasite kolayca ölçülebilir ve tanımlanabilir. Çok ürün üreten sistemlerde ise, kapasite tanımının hangi ürüne göre yapılacağı sorunu vardır. Tablo 5.1' de çeşitli tipteki organizasyonların genel kapasite ölçülerini görülmektedir.

Tablo 5.1 Farklı tip organizasyonlarda kapasite ölçüleri

İşletme	Ölçüm
	<i>Çıktı</i>
Otomobil fabrikası	Otomobil sayısı
Çelik fabrikası	Ton olarak çelik
Meşrubat fabrikası	Litre olarak meşrubat miktarı
Elektrik şirketi	Megawatt olarak elektrik
Doğalgaz şirketi	Milyar m ³ olarak doğalgaz
	<i>Girdi</i>
Petrol rafinerisi	Benzin, mazot (varil)
Havayolu işletmesi	Koltuk sayısı, yılda taşınan yolcu sayısı
Hastane	Yatak sayısı
Otel	Yatak sayısı
Atölye	İşçilik ve/veya makine saatleri
Tüccar	Vitrin veya satış alanı
Tiyatro/sinema	Koltuk sayısı
Restoran	Sandalye veya masa sayısı
Üniversite	Öğrenci veya öğretim elemanı sayısı
Ambar	Depolama alanı (m ² veya m ³)

Kaynak: İ. Mete Doğruer, Üretim Organizasyonu ve Yönetimi, İstanbul: Alfa, 2005, s.155

5.1.2.1 Makine ve insangücü kapasitesi

İşletmelerde kapasite planlaması yapılırken makine kapasitesi ve insan gücü kapasitesi ayrı ayrı hesaplanarak değerlendirilir. Sermaye yoğun sanayi işletmelerinde makine kapasitesi ön plana çıkmakta olup; insan gücü kapasitesi, makine kapasitesine göre düzenlenir. Emek yoğun sanayi işletmelerinde insan gücü kapasitesi makine kapasitesinden önce gelmekte olup; makineler insan gücüne göre düzenlenmektedir.

Esasında, belirli bir zaman periyodunda gerekli olan kapasitenin kaç birim olduğunun (örneğin işçi saati veya makineler) belirlenmesi, bir kaynak biriminin kapasitesine ilişkin talep oranı alınarak yapılır.

Bununla birlikte sanayi işletmelerinde bilgisayara dayalı tasarım (CAD) ve bilgisayara dayalı üretim (CAM) gelişimi ile birlikte makine kapasitesi ile insan gücü kapasitesinin aynı anda birlikte tasarlanarak karşılıklı etkileşimleri dikkate alınmaktadır.

Makine kapasitesi planlamasında, her bir işlem için harcanması gereken zaman hesaplanır. Bunun için önce, proses mühendisliğinden gelen bilgilere dayanarak her bir işlem için gerekli çıplak süre dikkate alınır. Üretim sürecinde meydana gelen aksamalar, duraklamalar, tamir-bakım gibi süreler bu çıplak süreye eklenerek normal işlem süresi bulunur. Gerekli makine ve kapasite sayısını bulmak için, üretilmesi istenen miktar normal süreye bölünürse, makine-saat cinsinden gerekli kapasite buradan da kapasite ihtiyacı belirlenir.

Örneğin; Bir işletmede günde 3 vardiya halinde 24 saat ve ayda 30 gün çalışılması durumunda; $24 \times 30=720$ saat/ay elverişli kapasite olduğu görülür. Bu kapasite sadece bir makinenin kapasitesi olmaktadır. İşletmede makineler belirli bir üretim süreci ve iş akışına uygun şekilde değişmeli olarak çalışabilir. Makine bir günde 12 saat ve ayda 30 gün çalıştığı takdirde, makine kapasitesi; $12 \times 30 =360$ saat/ay olmaktadır. Bu durumda aynı işi görmek üzere $720/360=2$ makineye ihtiyaç duyulmaktadır. Görüldüğü üzere, bir makinenin tek başına kapasitesi ile sistem içindeki gerçek kapasitesi farklılık gösterebilir.

Kapasite planlamasında insangücü kapasitesinin hesaplanması özellikle emek yoğun sanayi işletmelerinde oldukça önemlidir. İşletme yöneticileri üretim faktörlerinin mevcut insangücünü göz önünde bulundurarak düzenlemektedir. İşletmenin makine kapasitesi planlaması yapılırken insangücü ihtiyacı ve durumu dikkate alınır. İşletmenin üretim sistemi, insangücü kapasitesinden en yüksek düzeyde yararlanacak şekilde tasarlanır.

İşletmelerde insangücü kapasite planlaması, sistematik bir yaklaşımla birçok faktör göz önünde bulundurularak yapılır. Bu faktörlerden başlıcaları; talep, finansal kaynaklar, makine kapasitesi, personel politikası ve zaman standartları olmaktadır. Bu faktörlerden en önemlisi talep olup, işletmenin insangücü planlaması, üretilen mal ve hizmete olan talep dikkate alınarak yapılmaktadır. Öteki faktörler talebe göre düzenlenir. İnsangücü kapasitesi hesaplamasında; işçi sayısı, adam/saat, eşdeğer mamul miktarı ölçü birimi olarak dikkate alınabilir. İnsangücü kapasite hesaplamasında işçi sayısı ve adam/saat ölçü birimi arasında önemli bir fark bulunmamakla birlikte, eşdeğer ölçü biriminin hesaplanmasında değişik bir hesaplama metodu kullanılmaktadır.

Kapasitenin işçi sayısı veya adam-saat cinsinden ifade edilmesi arasında pek fark yoktur. Fakat eşdeğer mamul miktarında değişik bir hesaplama yapılır. Örnek verirsek; Bir fabrikada A,B ve C gibi 3cins mamul üretilmektedir. A,B ve C'nin bir ünitesinin imali için gerekli toplam işçilik sırası ile "17,3", "16,4" ve 24 saattir.

Talep, yine aynı sıraya göre; 350, 100 ve 500 adettir. Eşdeğer mamul miktarını bulmak için, birim imalat süreleri en küçük süreye (16,4) bölünerek; “1,06”, “1” ve “1,46” bulunur. Bu oranlar talep miktarları ile çarpılarak toplanırsa, 1201 adet elde edilir. Yani; A,B ve C'nin istenilen miktarlarda imali için 1210 adet B imal etmeye yetecek kadar işgücüne ihtiyaç vardır. O halde işçilik saati cinsinde kapasitenin $16,4 \cdot 1201 = 19696$ olması gerekir.

İşletmelerde insan gücü kapasite planlaması, işgücü standartları belirlenerek, işgücü devir oranları tespit edilerek ve işletme amaçları objektif ölçülere göre planlanarak, bilgisayarlar aracılığı ile yapılmalıdır. Kapasite planlaması dinamik bir yapıya sahip olarak planlanmalı ve günün şartlarına göre değişim gösteren bir esnekliğe sahip olmalıdır.

Sanayi işletmelerinde üretim her zaman planlanan şekilde gerçekleştirilemez. Önceden tahmin edilmeyen ve elde olmayan sebeplerle, üretim zaman zaman durabilir. Bir sanayi işletmesinde boş zamanı doğuran faktörleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1. Aşırı istihdam,
2. Mevsimlik ve konjunktürel dalgalanmalar,
3. Geçmişte iyimser satış ve üretim tahminlerinin yapılmış olması,
4. Gelecek hakkında iyimser beklentiler,
5. Ekonomik krizler (talebin düşmesi),
6. Önceki dönemlerdeki aşırı stokların eritilmesi amacıyla üretimin kısılması,
7. Hammadde yetersizliği,
8. Makine arızaları,
9. Nitelikli işçilik yokluğu,
10. Revizyon,
11. İmalat akısında aksamalar,
12. Enerji darboğazı (elektrik kesilmeleri),
13. Grev ve lokavt,
14. Zorlayıcı sebepler (yangın, kaza, deprem gibi).

Yukarıda sayılanların yanında;

1. Sipariş eksikliği,
2. Yardımcı hizmetler eksikliği,
3. Alet eksikliği,
4. İş tanımındaki ve talimatlardaki eksiklik,
5. Bozuk hammadde ve malzeme,
6. Üretimde çalışma kapasitesine ulaşamaması,

sebebiyle de boş zaman işçilikleri ortaya çıkmaktadır.

5.1.3 Kapasite ölçümünde kullanılan bazı kavramlar

5.1.3.1 Kullanım oranı

Kapasite kullanım oranı, fiili kapasitenin pratik kapasiteye oranlanması ile elde edilir.

$$\text{Kapasite Kullanım Oranı} = \frac{\text{Fiili Kapasite (Gerçekleşen Çıktı)}}{\text{Teorik Kapasite (Tasarım Kapasitesi)}}$$

Bu oran % ile ifade edilir. Kapasite kullanım oranının % 100 olduğu durumlarda, başarılı bir üretim programı uygulanabiliyor demektir. Kapasite kullanım oranı bazı durumlarda % 100 'ün üzerine çıkabilir. Özellikle talebin arttığı kısa sürelerde bazı zorlamalarla fiili kapasite, pratik kapasitenin üzerinde olabilir.

İşletmelerde kapasite kullanım oranının düşük olmasının özellikle maliyetler üzerinde arttırıcı etkisi olduğu bilinmektedir. Yapılan bir araştırmalarda kapasite kullanım oranı düşük olan işletmelerde satışlara göre maliyet oranlarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca yine kapasite kullanım oranları ile iş gücü giderleri arasında, kapasite kullanım oranı düşük olan işletmelerde toplam maliyetler içinde iş gücü giderlerinin oranı da düşük olmaktadır. Kapasite kullanım oranı arttıkça maliyetler azalmakta, ancak bu maliyetler içindeki iş gücü giderlerinin payı yükselmektedir. Buradan kapasitenin maliyetler ve iş gücü istihdamı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu sonucu çıkarılabilir.

Ülkemizde, kapasite kullanım oranını belirleyen temel kriterler üzerinde kesin bir görüş birliği sağlanamadığı ve/veya konunun ne derece önemli olduğu belirlenmediğinden, hemen her işletme, kendisi tarafından belirlenen kriterlerden

hareket ederek kapasite kullanım oranı tespit etmektedir. İşletmelerin birbiri ile uyumlu olmayan kriterlerden hareket ederek belirledikleri kapasite kullanım oranları, resmi istatistiklere de yansıdığı için ülke çapında çıkarılan kümülatif sonuçlar tartışılabilir özellik taşımaktadır.

Kapasite kullanım oranı pazar hareketleriyle birlikte paralel bir değişim gösterir. Bir imalat modelinde pazar trendi önemli bir faktördür. Pazar, optimum kaynak kullanımı, verimlilik (üretkenlik) artırımı, stok ve finans yapısı, imalat sürecinde yaşanan aksaklıklar kapasite kullanım oranını etkileyen diğer faktörlerdir.

5.1.3.2 Sistem etkinliği

Sistem etkinliği, fiili kapasitenin sistem kapasitesine oranlanması ile elde edilir. Etkinlik, bir parça veya mal üretiminde kullanılan fiili kapasite ölçüsüdür.

$$\text{Sistem Etkinliği} = \frac{\text{Fiili Kapasite (Gerçekleşen Çıktı)}}{\text{Sistem Kapasitesi (Pratik Kapasite)}}$$

Uygulamalar

- Kapasite planlamanın amaçları nelerdir?
- Fiili kapasite ve teorik kapasite hesaplanırken hangi faktörler dikkate alınır?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Bu bölümde, kapasite planlama amaçları, kapasite çeşitleri ve kapasite ölçüm için kullanılan ölçütleri inceledik.

6. MAKİNA VE ALAN GEREKSİNİM ANALİZİ

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- Makine sayılarının hesaplanması
- Alan ihtiyacının hesaplanması
- Eylem, makine, alan ilişkisi

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- Makine sayılarına etki eden faktörler nelerdir?
- 2- Alan ihtiyacına etki eden faktörler nelerdir?
- 3- Farklı yerleşim tiplerinin makine ve alan ihtiyacına etkileri nelerdir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği

Anahtar Kavramlar

- Makine sayıları
- Alan ihtiyacı
- Eylem, makine, alan ilişkisi

Giriş

Bu bölümde farklı yerleşim tiplerine göre makine, alan ihtiyaçlarının hesaplamasının ve eylem ile olan ilişkileri ele alınmıştır.

6.1 Üretim Sistem Tasarımı

Üretim sistem tasarımı ve geliştirilmesi birçok faktörün birlikte ele alınmasını gerektiren karmaşık bir süreçtir. Üretim sistemi seçiminde, üretilecek ürün için gerekli işlemler göz önüne alınmalıdır. Ayrıca, bilgisayar sistemlerinde olduğu gibi üretim sistemi teknolojisini de donanım ve yazılım olarak iki kısımda ele almak gerekmektedir. Dolayısıyla üretim sistem tasarımı ile ilgili kararlar aşağıdaki verildiği gibi iki genel karar grubunda ele alınabilir:

- Makina yükleme, parti hacmi belirleme ve iş sıralama gibi kontrol yapısının tasarımı ile ilgili kararlar: bu kararlar sistemin yazılım kısmını oluşturur ve tam zamanında üretim, malzeme ihtiyaç planlaması, parti periyot kontrolü, optimum üretim tekniği, işe göre yük gönderme ile toplam kalite yönetimi gibi üretim yönetimi tekniklerini kapsamaktadır.

- Donanım seçimi ile fiziksel yerleşimin tasarımı için gerekli kararlar; bu kararlar sistemin yapılandırılması için gerekli malzeme taşıma donanımı, makine donanımı ve iletişim donanımı gibi elemanların belirlenmesi ile fonksiyonel (işlevsel) düzenleme, ürüne göre düzenleme ve karma düzenleme gibi sistem donanımı yerleşim şekilleri ile ilgilidir.

6.2 Makina Sayısı ve Alan Gereksinimi

Temel olarak, mekân gereksinimini belirlemek için beş ayrı yol vardır. Bu yolların her biri farklı özellikler taşır ve her biri ayrı projede kullanılabilir. Bu yollar aşağıda sıralanmıştır :

1. Hesaplama
2. Dönüştürme
3. Alan standartları
4. Taslak düzenleme
5. Oran eğilimi ve projeksiyon

Şimdi bu beş yöntemi kısaca inceleyelim :

Hesaplama: Alan gereksinimini hesaplamadan önce, projede yer alacak olan makina ve donanımın belirlenmesi gerekir. Hesaplama yöntemi genellikle en çok kullanılan ve en doğru yöntemdir. Gerek duyulan makina sayısının hesaplanabilmesi için aşağıdaki formül kullanılabilir:

$$M_j = j \text{ makinasından gerekli miktar} = \sum_{i=1}^m (P_{ij} * T_{ij}) / (C_j * V_M * V_i)$$

P_{ij} : i. ürünün j. makinadaki üretim miktarı

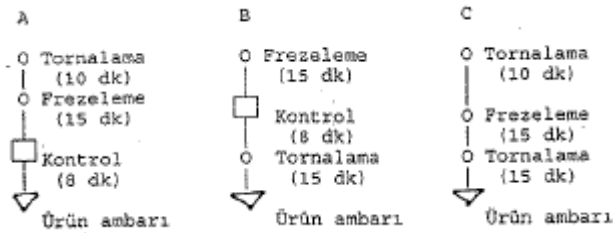
- T_{ij} : i. ürünün j. makinadaki üretim süresi
 C_j : j. makinanın, elde bulunan çalıştırılabilir süresi
 m : Üretilen ürün tipi sayısı
 V_M : Makina kullanım verimi
 V_i : İşçilik verimi

Bu formül, sürece göre yerleşim için geçerlidir. Ürüne göre yerleşim için her ürüne ve ürün için kullanılan her tezgâha göre ayrı sayı bulunur ve bunların toplamı alınır.

Gerekli alanı belirlemek amacıyla önce, her bir makina için alan miktarı belirlenir; sonra bu değer, ilgili işi yapacak gerekli makina sayısı ile çarpılır. Bu alana, fazladan bir alan eklenir. Fazladan eklenen bu alan, makinanın kullanımı için çevresinde ayrılacak olan alandır. Örneğin beş tane freze tezgâhına gereksinim duyulduğu saptanmış olsun. Bir freze tezgâhının kapladığı alan da 6 m² olsun. Bu durumda freze tezgâhlarının toplam yerleşim alanı (5*6=) 30 m²'dir. Ayrıca bu freze tezgâhlarının aralarında çalışma ve bakım için ayrılacak alan için belirlenmiş payın %30 civarında olduğu varsayalım. Böylece freze tezgâhları için ayrılan toplam alanın [30*(1+%30)=] 39 m² olduğu belirlenir.

Örnek 6.1

Bir firma; A, B ve C ürünlerini üretmekte olup, bu ürünlere ilişkin işlem süreç şemaları aşağıdaki gibidir. İşletmede, sürece göre yerleşim uygulanmaktadır. A, B ve C ürünleri için aylık üretim miktarları sırasıyla 1000, 2000 ve 1000 adettir. 1 işgünü, 8 çalışma saati ve 1 ay, 22 işgünü kabul edilmektedir. Makina kullanım veriminin %70 ve işçilik veriminin %80 olacağı sanılmaktadır. Bu bilgilere dayanarak, firmanın kaç tane torna ve kaç tane freze tezgâhına gereksinim duyacağını bulunuz.



$$\begin{aligned}
 &\text{Gerekli torna tezgâhı sayısı} \\
 &= [1.000*10 + 2.000*15 + 1.000*(10+15)] / [(22*8*60)*\%70*\%80] \\
 &= 65.000 / 5913,60 = 10,99 \approx 11
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Gerekli freze tezgâhı sayısı} \\
 &= [1.000*15 + 2.000*15 + 1.000*15] / [(22*8*60)*\%70*\%80] \\
 &= 60.000 / 5913,60 = 10,15 \approx 11
 \end{aligned}$$

Gerekli makina sayısı tamsayı çıkmazsa, bulunan değer bir üst tamsayı değere yükseltilir. Bunun nedeni, ondalık değerlerin de belirli bir üretim gereksinimini

göstermesidir. Bu gereksinim, fazladan bir makina kullanılarak, fazla mesai yapılarak veya fazla gereksinim fason yaptırılarak karşılanır. Bu nedenle bulunan 10,99 değeri 11'e, 10,15 değeri de yine 11'e yükseltilmiştir.

Dönüştürme Yöntemi: Bu yöntem, "etmenleme" olarak da adlandırılır. O anda hangi alanın işgâl edildiği belirlenip bu, önerilen düzenleme için gerekli olacak olan alana dönüştürülür. Başka bir deyişle olan durum, olması gereken duruma dönüştürülür.

Alan Standartları: Birçok projede, alan gereksinimlerinin belirlenmesi için daha önceden tanımlanmış alan standartları kullanılır. Belirli bir makina için alan gereksinimi belirlendikten sonra çalışmalar, bu temel veri üzerinden sürdürülür. Ancak yalnız başına standart değerlerin kullanılmasında büyük sakıncalar vardır. Çünkü makinanın çalışma koşullarının, stoklama vb. koşulların belirlenmesi gerekir.

Taslak Düzenleme: Bâzi düzenleme projelerinde, hesaplama veya dönüştürme pratik olmaz ve kullanılabilir alan standartları da bulunmayabilir. Eğer alanın ölçeği belli ise, donanımın modeli veya küçük maketi elimizde varsa ve özellikle belirli eylemler kritik ise veya çok fazla yatırım gerektiriyorsa, belli alanlar için ayrıntılı düzenleme taslaklarının yapılması önerilebilir. Bu şekilde alan belirleme; yüksek yatırımda, görelî olarak sabit yatırımda, büyük makinalarda veya ürüne göre yerleşim yapılması gereken çok sayıda iş istasyonunun bulunduğu durumlarda kullanılır.

Oran Eğilimi ve Tahmin: Oran eğilimi ve projeksiyon yöntemi, genel alan gereksinimleri ile sınırlıdır. Beş yöntem içinde belki de en az kesin olanıdır. Büro ve depolama alanları için hareketli donanımın bulunduğu durumlarda sözkonusu olabilir.

6.3 Eylem Alanı ve Özellikleri

Yukarıda açıklanan beş yöntemde de gerekli alanın miktarı, yâni boyutu ile ilgilendir. Ancak alanın miktarı yanında, türü ve biçimi de önemlidir. Alan gereksinimini belirlerken, bu alanın tür ve biçimini ortaya koyan fiziksel özelliklerini de gözönüne almak mantıklı olacaktır. Bunu belirleyebilmek için de "eylem alanı ve özellikleri" formu hazırlanır.

6.3.1 Gereksinilen alan, kullanılabilir alan

Tesis düzenleme projeleri, başka hiçbir proje türünde rastlanmayacak ölçüde alan sınırlaması ile karşı karşıya kalırlar.

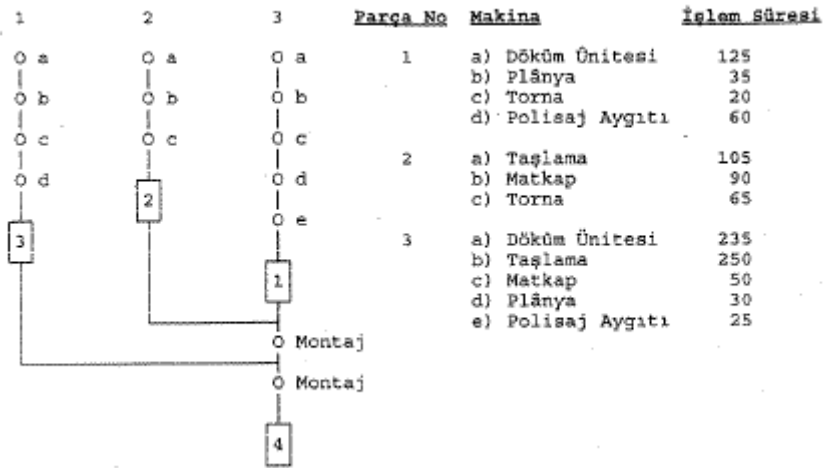
İstenilen tüm alanların elde edilmesi, hiçbir düzenleme probleminde olası değildir. Bu demektir ki “gereksinilen alan” olarak belirlenen alan ile “kullanılabilir alan” arasında bir uzlaşma, bir dengeleme yapmak gerekecektir. Gereksinilen alan ile kullanılabilir alan arasındaki denge problemi, gerçekte üç ayrı problemdir :

1. Kullanılabilir toplam alan yeterli olacak mı ?
2. Kullanılabilir alanın bölümleri (binalar, tavanlar, odalar) gerek duyulan değişik bölgelere (bölüm, eylemler, organizasyonel gruplar) uygun olarak dağıtılabilecek mi ?
3. Kullanılabilir alanın veya alan bölümlerinin karakteri veya koşulu, değişik bölgelerde yapılacak olan iş için uygun olacak mı ?

Genelde toplam miktarın dengelenmesi, basit bir toplama ve karşılaştırma olarak görülebilir. Eğer alan gereksinimi uydurulamaz ise, bu gereksinimin azaltılması veya sıkıştırılması gerekecektir. Genellikle genel, açık, esnek, sabit donanımı bulunmayan çok amaçlı alanlar, indirgenebilme niteliğini taşıyan alanlardır. Herşeyden öte gerek duyulduğunda, ek depo ve büro alanı, herhangi bir şekilde bulunabilecektir. Ancak, birçok düzenlemenin yetersiz stok ve hizmet alanı ile son bulmasının bir nedeni de budur. Uygulamada bu dengeleme görsel olarak yapılır.

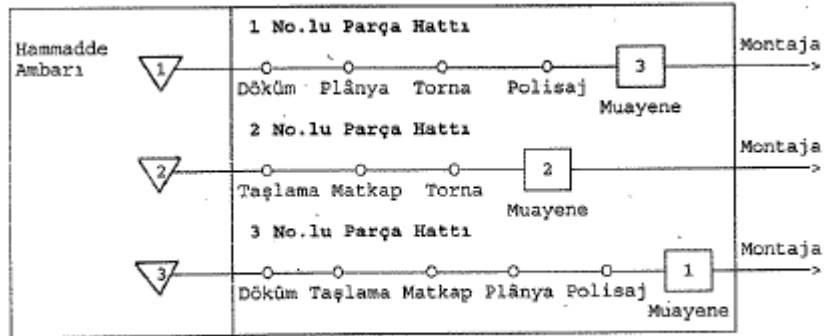
Örnek 6.2.

Bir A ürünü, üç tip parça monte edilerek, yılda 2.500 adet üretilecektir. Bu A ürününe ilişkin işlem süreç şemaları ile, her parçanın gerektirdiği makineler ve işlem süreleri (dakika) aşağıda gösterilmiştir:

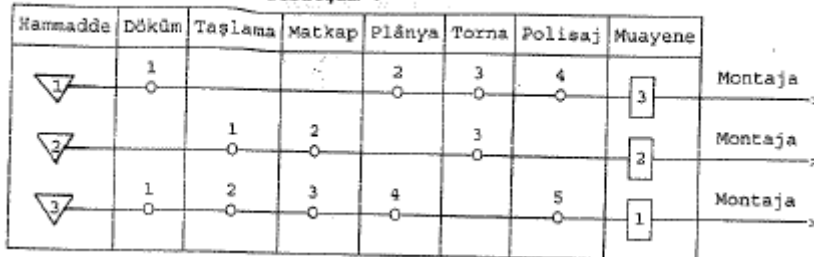


Muayenelere ilişkin kusurlu parça oranları, temel süreç şemasındaki 1-2-3-4 sırasına göre %3-%2-%4-%5'dir. A ürününün üretimi için ürüne ve sürece göre yerleşim düzenlerini oluşturunuz. Adı geçen tezgâhlar için gerekli sayıları, iki yerleşim düzeni için ayrı ayrı hesaplayınız (Yıllık çalışma süresi 2.400 saat olarak alınacaktır).

Ürüne Göre Yerleşim :



Sürece Göre Yerleşim :



Üretim Miktarları

1. için : $= 2.500 / (0,95 \cdot 0,96) = 2.741$ (3 ve 4 no.lu muayeneler)
2. için : $= 2.500 / (0,95 \cdot 0,98) = 2.685$ (2 ve 4 no.lu muayeneler)
3. için : $= 2.500 / (0,95 \cdot 0,97) = 2.713$ (1 ve 4 no.lu muayeneler)

Ürüne Göre Yerleşim Düzeninde Gerekli Makina Sayılarının Hesaplanması

1. için

$$\text{Döküm} : (2.741 * 125) / (2.400 * 60) = 2,38 \approx 3$$

$$\text{Plânya} : (2.741 * 35) / (2.400 * 60) = 0,67 \approx 1$$

$$\text{Torna} : (2.741 * 20) / (2.400 * 60) = 0,38 \approx 1$$

$$\text{Polisaj} : (2.741 * 60) / (2.400 * 60) = 1,14 \approx 2$$

2. için

$$\text{Taşlama} : (2.685 * 105) / (2.400 * 60) = 1,95 \approx 2$$

$$\text{Matkap} : (2.685 * 90) / (2.400 * 60) = 1,68 \approx 2$$

$$\text{Torna} : (2.685 * 65) / (2.400 * 60) = 1,21 \approx 2$$

3. için

$$\text{Döküm} : (2.713 * 235) / (2.400 * 60) = 4,43 \approx 5$$

$$\text{Taşlama} : (2.713 * 250) / (2.400 * 60) = 4,70 \approx 5$$

$$\text{Matkap} : (2.713 * 50) / (2.400 * 60) = 0,94 \approx 1$$

$$\text{Plânya} : (2.713 * 30) / (2.400 * 60) = 0,56 \approx 1$$

$$\text{Polisaj} : (2.713 * 25) / (2.400 * 60) = 0,47 \approx 1$$

Sürece Göre Yerleşim Düzeninde Gerekli Makina Sayılarının Hesaplanması

$$\text{Döküm} = (2.741 * 125 + 2.713 * 235) / (2.400 * 60) = 6,80 \approx 7$$

$$\text{Taşlama} = (2.685 * 105 + 2.713 * 250) / (2.400 * 60) = 6,67 \approx 7$$

$$\text{Matkap} = (2.685 * 90 + 2.713 * 50) / (2.400 * 60) = 2,62 \approx 3$$

$$\text{Plânya} = (2.741 * 35 + 2.713 * 30) / (2.400 * 60) = 1,23 \approx 2$$

$$\text{Torna} = (2.741 * 20 + 2.685 * 65) / (2.400 * 60) = 1,59 \approx 2$$

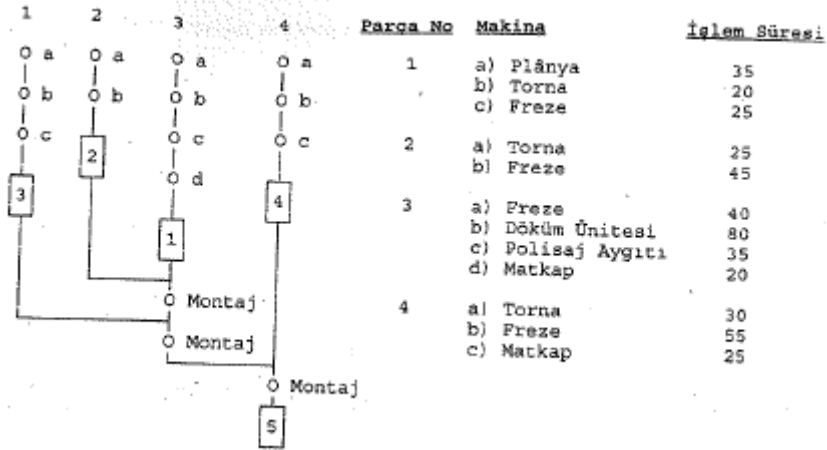
$$\text{Polisaj} = (2.741 * 60 + 2.713 * 25) / (2.400 * 60) = 1,61 \approx 2$$

Karşılaştırma

Makina Adı	Makina Sayısı	
	Ürüne Göre Yerleşim	Sürece Göre Yerleşim
Döküm	8	7
Taşlama	7	7
Matkap	3	3
Plânya	2	2
Torna	3	2
Polisaj	3	2

Örnek 6.3.

Dört tip parça monte edilerek oluşturulan bir ürün, muayeneler sonrasında, yılda 3.000 adet üretilecektir. Bu ürüne ilişkin işlem süreç şeması ile, her parça için gereken makineler ve işlem süreleri (dakika) aşağıda gösterilmiştir:



Muayenelere ilişkin kusurlu parça oranları 1-2-3-4-5 sırasına göre %2-%2,5-%3-%2,5-%3,5'dur. Kusurlu parçalar ıskartaya çıkartılmaktadır. Sürece göre yerleşim düzeni durumunda gerekli tüm makina sayılarını hesaplayınız (Çalışma kapasitesi 2.400 saat/yıl alınacaktır). Ayrıca tezgâh mâliyetleri; plânya için 50 milyon TL, torna için 30 milyon TL, freze için 20 milyon TL, döküm ünitesi için 10 milyon TL, polisaj aygıtı için 15 milyon TL ve matkap için 25 milyon TL'dir. Birim ürün mâliyeti de 250.000 TL olduğuna göre, bu ürünün, istenen üretim için ve sürece göre yerleşim düzeninde başabaş satış fiyatı ne olmalıdır ?

5 no.lu muayene sonrasında 3.000 adet sağlam ürün isteniyor. Öyleyse sisteme girişte elde bulunması gereken 1, 2, 3, 4 tipi ürünlerin sayısını (adet/yıl) bulalım:

$$1 \text{ için : } 3.000 / (0,97*0,965) = 3.205 \text{ (3 ve 5 no.lu muayeneler)}$$

$$2 \text{ için : } 3.000 / (0,975*0,965) = 3.189 \text{ (2 ve 5 no.lu muayeneler)}$$

$$3 \text{ için : } 3.000 / (0,98*0,965) = 3.173 \text{ (1 ve 5 no.lu muayeneler)}$$

$$4 \text{ için : } 3.000 / (0,97*0,965) = 3.189 \text{ (4 ve 5 no.lu muayeneler)}$$

Gerekli Makina Sayıları

$$\text{Plânya} = (3.205*35) / (2.400*60) = 0,77 \approx 1$$

$$\text{Torna} = (3.205*20 + 3.189*25 + 3.189*30) / (2.400*60) = 1,66 \approx 2$$

$$\text{Freze} = (3.205*25 + 3.189*45 + 3.173*40 + 3.189*55) / (2.400*60) = 3,65 \approx 4$$

$$\text{Döküm} = (3.173*80) / (2.400*60) = 1,76 \approx 2$$

$$\text{Polisaj} = (3.173*35) / (2.400*60) = 0,77 \approx 1$$

$$\text{Matkap} = (3.173*20 + 3.189*25) / (2.400*60) = 0,99 \approx 1$$

Sorunun mâli yönüne gelirsek :

Kâr = Toplam Gelir – Toplam Gider

Kâr = 0 durumu, başa-baş durumudur.

Sabit Mâliyet + Değişken Mâliyet = Satış Geliri

$$\text{Sabit Mâliyet} = \sum_{i=1}^6 (M_i * S_i)$$

M_i : i no.lu makinanın mâliyeti

S_i : i no.lu makinadan gereken miktar

$$\begin{aligned} \text{Sabit Mâliyet} &= 5 * 10^7 * 1 + 3 * 10^7 * 2 + 2 * 10^7 * 4 + 10^7 * 2 + 1,5 * 10^7 * 1 + 2,5 * 10^7 * 1 \\ &= 25 * 10^7 \text{ TL} \end{aligned}$$

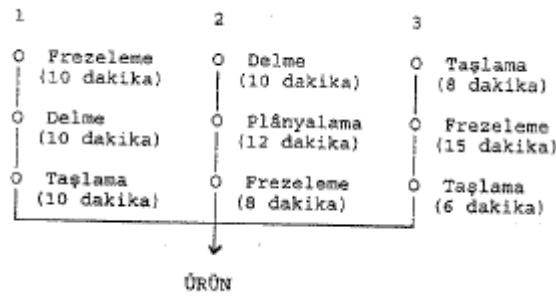
$$\begin{aligned} \text{Değişken Mâliyet} &= \text{Birim Ürün Mâliyeti} * \text{Üretim Miktarı} \\ &= 250.000 * 3.000 \\ &= 75 * 10^7 \text{ TL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Satış Geliri} &= \text{Birim Satış Fiyatı} * \text{Satış Miktarı} \\ &= X * 3.000 \text{ (Üretildiği kadar satıldığı varsayımıyla)} \end{aligned}$$

$$25 * 10^7 + 75 * 10^7 = 3.000 * X \Rightarrow X = 333.333 \text{ TL}$$

Örnek 6.4

Bir ürün, üç alt üründen oluşmaktadır. Bunlara ilişkin işlem süreç şemaları aşağıdaki gibidir:



İşletmede bir ay içinde 20 gün çalışılmakta ve her çalışma günü 8 çalışma saatinden oluşmaktadır. İşletme, ürüne göre yerleşim durumunda 1.500 adet/ay, sürece göre yerleşim durumunda 1.000 adet/ay'lık üretim yapabilmektedir. Ürünün

satış fiyatı 500.000 TL ve üretim mâliyeti 320.000 TL olduğuna, ayrıca tezgâh mâliyetleri; freze için 8 milyon TL, matkap için 5 milyon TL, taşlama için 9 milyon TL, plânya için 8,5 milyon TL olduğuna göre işletme, bu iki yerleşim tipinden hangisini seçmesi durumunda daha kârlı olacaktır ?

Ürüne Göre Yerleşim Düzeninde Gerekli Tezgâh Sayılarının Hesaplanması

1. için

$$\text{Freze} : (10 \cdot 1.500) / (20 \cdot 8 \cdot 60) = 1,56 \approx 2$$

$$\text{Matkap} : (10 \cdot 1.500) / (20 \cdot 8 \cdot 60) = 1,56 \approx 2$$

$$\text{Taşlama} : (10 \cdot 1.500) / (20 \cdot 8 \cdot 60) = 1,56 \approx 2$$

2. için

$$\text{Matkap} : (10 \cdot 1.500) / (20 \cdot 8 \cdot 60) = 1,56 \approx 2$$

$$\text{Plânya} : (12 \cdot 1.500) / (20 \cdot 8 \cdot 60) = 1,87 \approx 2$$

$$\text{Freze} : (8 \cdot 1.500) / (20 \cdot 8 \cdot 60) = 1,25 \approx 2$$

3. için

$$\text{Taşlama} : (8 \cdot 1.500) / (20 \cdot 8 \cdot 60) = 1,25 \approx 2$$

$$\text{Freze} : (15 \cdot 1.500) / (20 \cdot 8 \cdot 60) = 2,34 \approx 3$$

$$\text{Taşlama} : (6 \cdot 1.500) / (20 \cdot 8 \cdot 60) = 0,93 \approx 1$$

Sürece Göre Yerleşim Düzeninde Gerekli Tezgâh Sayılarının Hesaplanması

$$\text{Freze} : [(10+8+15) \cdot 1.000] / (20 \cdot 8 \cdot 60) = 3,43 \approx 4$$

$$\text{Matkap} : [(10+10) \cdot 1.000] / (20 \cdot 8 \cdot 60) = 2,08 \approx 3$$

$$\text{Taşlama} : [(10+8+6) \cdot 1.000] / (20 \cdot 8 \cdot 60) = 2,50 \approx 3$$

$$\text{Plânya} : (12 \cdot 1.000) / (20 \cdot 8 \cdot 60) = 1,25 \approx 2$$

Karşılaştırma

Makina Adı	Makina Sayısı	
	Ürüne Göre Yerleşim	Sürece Göre Yerleşim
Freze	7	4
Matkap	4	3
Taşlama	5	3
Plânya	2	2

Kârlar

$$\text{Ürüne Göre Yerleşim} = (500 - 320) \cdot 10^3 \cdot 1.500 - (7 \cdot 8 + 4 \cdot 5 + 5 \cdot 9 + 2 \cdot 8,5) \cdot 10^6$$

$$= 270 \cdot 10^6 - 138 \cdot 10^6$$

$$= 132 \cdot 10^6 \text{ TL}$$

$$\text{Sürece Göre Yerleşim} = (500 - 320) \cdot 10^3 \cdot 1.000 - (4 \cdot 8 + 3 \cdot 5 + 3 \cdot 9 + 2 \cdot 8,5) \cdot 10^6$$

$$= 180 \cdot 10^6 - 91 \cdot 10^6$$

$$= 89 \cdot 10^6 \text{ TL}$$

($132 \cdot 10^6 > 89 \cdot 10^6$) olduğundan, ürüne göre yerleşim daha kârlı olacaktır.

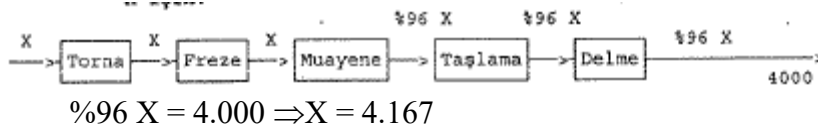
Örnek 6.5

Bir işletmede A ve B ürünleri üretilmektedir. İstenen kusursuz üretim miktarları, sırasıyla 4.000 ve 3.500 adet/ay'dır. Ürünlerin oluşumu sırasında A için bir (taşlama öncesi) ve B için iki (plânyalama ve delme öncesi) kez muayene yapılmaktadır. Muayenelere ilişkin kusurlu parça oranları; A için %4, B için sırasıyla %3 ve %2'dir. Sürece göre yerleşim düzeni kullanılmaktadır. Bu üretim işlemleri için sırasıyla torna, freze, taşlama, plânya ve delme tezgâhları kullanılmaktadır. Bu tezgâhlardaki işlem süreleri, aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Tüm süreler dakika cinsindedir. Aylık çalışma süresini 200 saat kabul ederek gerekli tezgâh sayılarını hesaplayınız.

	Torna	Freze	Taşlama	Plânya	Delme
A ürünü	25	10	5	0	12
B ürünü	20	15	0	10	18

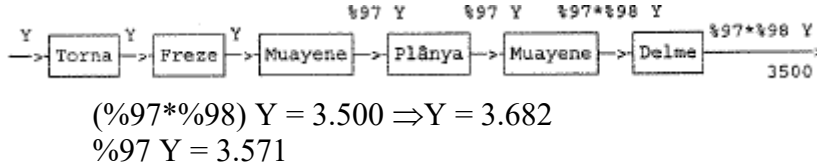
Ürünler İçin İşlem Sıraları ve Gerekli Üretim Miktarları

A için:



A; tornada ve frezede 4.167, taşlamada ve delmede 4.000 adet.

B için:



B; tornada ve frezede 3.682, plânyada 3.571, delmede 3.500 adet.

Sürece Göre Yerleşim Düzeninde Gerekli Tezgâh Sayılarının Hesaplanması

$$\text{Torna} = (25 \cdot 4.167 + 20 \cdot 3.682) / (200 \cdot 60) = 14,81 \approx 15$$

$$\text{Freze} = (10 \cdot 4.167 + 15 \cdot 3.682) / (200 \cdot 60) = 8,07 \approx 9$$

$$\text{Taşlama} = (5 \cdot 4.000) / (200 \cdot 60) = 1,66 \approx 2$$

$$\text{Plânya} = (10 \cdot 3.571) / (200 \cdot 60) = 2,97 \approx 3$$

$$\text{Delme} = (12 \cdot 4.000 + 18 \cdot 3.500) / (200 \cdot 60) = 9,25 \approx 10$$

Örnek 6.6

Belirli bir ürünün üretimi için kurulacak fabrikada iki tür işyeri düzeni öngörülmektedir. Bunlara ilişkin mâliyet değerleri aşağıda verilmiştir:

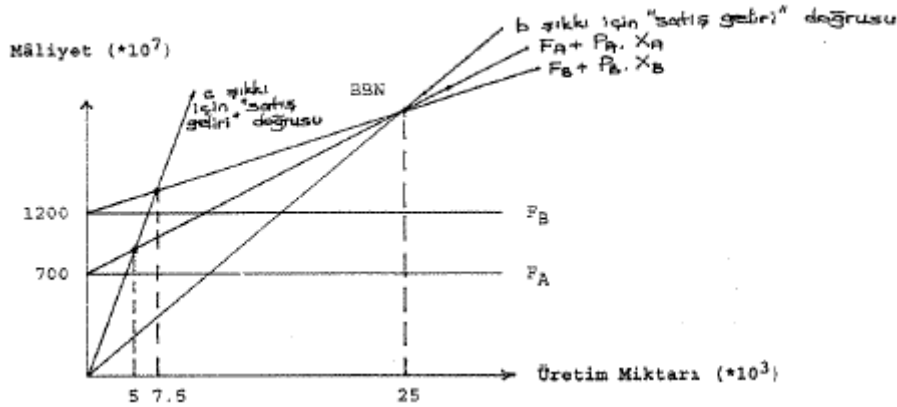
A tipi işyeri düzeni için:

$$\begin{aligned} \text{Sabit Mâliyet} & : F_A = 700 \cdot 10^7 \text{ TL} \\ \text{Birim Değişken Mâliyet} & : P_A = 600 \cdot 10^3 \text{ TL} \end{aligned}$$

B tipi işyeri düzeni için:

$$\begin{aligned} \text{Sabit Mâliyet} & : F_B = 1.200 \cdot 10^7 \text{ TL} \\ \text{Birim Değişken Mâliyet} & : P_B = 400 \cdot 10^3 \text{ TL} \end{aligned}$$

- Hangi üretim miktarları için, hangi tip işyeri düzeni kurulmalıdır ?
- Yatırımın kâra geçme noktasının, işyeri düzeni tipinden etkilenmemesi için, satış fiyatı ne olmalıdır ?
- Piyasada oluşan birim satış fiyatı 2 milyon TL olduğuna göre, daha çabuk kâra geçebilmek için hangi tip işyeri düzeni kurulmalıdır ? Bu noktadaki üretim miktarı nedir ?
- A ve B tipi işyeri düzenlerini adlandırınız.



a) A ve B tipi işyeri düzenlerinin toplam mâliyet doğrularının kesişim noktası olan BBN (Başa-Baş Noktası) için hesaplanacak üretim miktarına (X) göre işyeri düzenini belirleyeceğiz:

X_i : i tipi işyeri düzeni için üretim miktarı (i = A, B)

$$F_A + X_A \cdot P_A = F_B + X_B \cdot P_B$$

BBN'nda ($X_A = X_B$) olacağından

$$700 \cdot 10^7 + X \cdot 600 \cdot 10^3 = 1.200 \cdot 10^7 + X \cdot 400 \cdot 10^3$$

$$200 \cdot 10^3 \cdot X = 500 \cdot 10^7$$

$$X = 25.000 \text{ birim}$$

($X < 25.000$) için A tipi

($X > 25.000$) için B tipi

($X = 25.000$) için A veya B tipi

işyeri düzeni daha az mâliyetlidir. Bu nedenle, ilgili miktarlarda, ilgili tip işyeri düzeni kurulmalıdır.

b) Yatırımın kâra geçme noktasının, işyeri düzeni tipinden etkilenmemesi, ancak BBN'nda sözkonusu olabilir:

$$P \cdot X + F = C \cdot X$$

C : Satış fiyatı

X = 25.000 olduğundan, örneğin A tipi işyeri düzeni için satış fiyatı (B tipi için de aynı sonuç bulunacaktır);

$$P_A \cdot X + F_A = C \cdot X$$
$$600 \cdot 10^3 \cdot 25.000 + 700 \cdot 10^7 = C \cdot 25.000$$

C = 880.000 TL olmalıdır.

c) ($C = 2 \cdot 10^6$ TL olduğuna göre) A tipi işyeri düzenine göre, kârın sıfıra eşit olduğu üretim miktarını bulalım :

$$C_A \cdot X_A - (P_A \cdot X_A + F_A) = 0$$

$$(C_A - P_A) \cdot X_A = F_A$$

$$X_A = F_A / (C_A - P_A) = 7 \cdot 10^9 / (2 \cdot 10^6 - 6 \cdot 10^5) = 5.000 \text{ adet}$$

Aynı işlemi B tipi işyeri düzeni için yapalım:

$$X_B = F_B / (C_B - P_B) = 12 \cdot 10^9 / (2 \cdot 10^6 - 4 \cdot 10^5) = 7.500 \text{ adet}$$

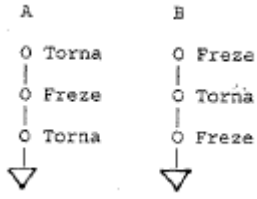
Görülüyor ki, aynı satış fiyatında, A tipi işyeri düzeninde daha çabuk kâra geçiliyor ve bu noktadaki üretim miktarı 5.000 adettir.

- d)** A:Sürece göre yerleştirme (Sabit mâliyet düşük, değişken mâliyet yüksek).
B:Ürüne göre yerleştirme (Sabit mâliyet yüksek, değişken mâliyet düşük).

Örnek 6.7

Aşağıda işlem süreç şemaları verilmiş A ve B ürünlerini üreten bir firma, işyeri düzenini seçmek için bir simülasyon çalışması yapmayı düşünmektedir. 4 saatlik bir simülasyon süresi içinde A ve B' ye ilişkin üretim değerleri 80 ile çarpılıp,

aylık üretim miktarları hesaplanacaktır. Sürece göre yerleşimde, her tip tezgâhtan birer tane kullanılacağı öngörülmüştür. Tezgâhlar arasındaki taşıma süreleri yoksayılmıştır. A ve B ürünlerinin birim satış fiyatları sırasıyla 100 TL ve 120 TL'dir. Bu ürünlerin birim üretim mâliyetleri yine sırayla 50 TL ve 55 TL'dir. Her bir tezgâhın mâliyeti 5.000 TL'dir. Ürün hammaddelerinin sisteme giriş zamanları arasındaki süreler üstel dağılıma uyup ortalaması 40 dakikadır. Sisteme giren parçanın A veya B olma olasılıkları ise yine sırasıyla 0,4 ve 0,6'dır. İşlem süreleri her tezgâh için aynı olup 30-40 dk. aralığında düzgün dağılmıştır. Firma bu bilgiler ışığında, hangi işyeri düzenini seçmelidir ?



İşlem süreleri her tezgâh için aynı ve düzgün dağılmış olduğundan şu ifade yazılabilir :

$$X = a + (b - a) * RS = 30 + (40 - 30) * RS = 30 + 10 * RS$$

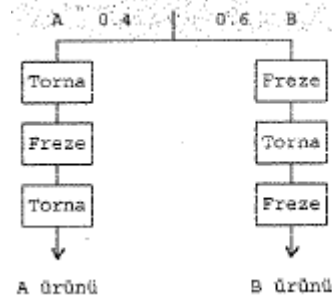
RS : Rassal Sayı

Ürünlerin sisteme geliş zamanları arasındaki süre, ortalaması 40 dk. olan üstel dağılımdır.

$$\lambda = 1/40, X = -1/\lambda * \ln(RS) = -1/(1/40) * \ln(RS) = -40 * \ln(RS)$$

Tezgâh mâliyetleri, torna ve freze için aynı olup, 5.000 TL/adet'tir.

Ürüne Göre İşyeri Düzeni



	Olasılık	Rassal sayı Aralığı
A	0.4	0.0 - 0.3
B	0.6	0.4 - 0.9

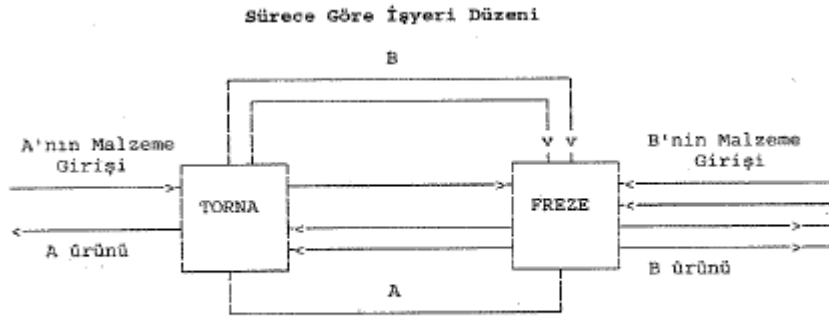
GAS	Geliş Amı	İşlem Süresi için RS ve İşlem Süresi	A veya B için RS ve Ürün Tipi	A						B			
				Torna		Freze		Torna		Freze		Torna	
				Baş.	Bitiş	Baş.	Bitiş	Baş.	Bitiş	Baş.	Bitiş	Baş.	Bitiş
20,4	20,4	0,3 - 33	0,6 - B	-	-	-	-	-	-	20,4	53,4	53,4	86,4
27,7	48,1	0,9 - 39	0,3 - A	48,1	87,1	87,1	126,1	126,1	165,1	-	-	-	-
36,7	84,8	0,2 - 32	0,9 - B	-	-	-	-	-	-	84,8	116,8	116,8	148,8
8,9	93,7	0,7 - 37	0,8 - B	-	-	-	-	-	-	116,8	153,8	153,8	190,8
92,1	185,8	0,4 - 34	0,2 - A	185,8	219,8	219,8	253,8	253,8	287,8	-	-	-	-

Görüldüğü gibi beşinci gelen ürün için bitiş zamanı (287,8), simülasyon süresinden (240) büyük olduğundan, bu ürün yapılmamış kabul ediliyor.

GAS : Gelişler Arası Süre

4 saatlik üretim periyodu sonunda; 3 tane B ve 1 tane A ürünü üretilmektedir.

Toplam Kâr = 1 adet A'nın kârı * 1 ayda üretilecek A ürünü adedi – A için toplam tezgâh mâliyeti
+ 1 adet B'nin kârı * 1 ayda üretilecek B ürünü adedi – B için toplam tezgâh mâliyeti
= (100 – 50) * (1*80) – (3*5.000) + (120 – 55) * 240 – 3*5.000
= 4.000 – 15.000 + 15.600 – 15.000
= -10.400 TL (zarar)



Sürece göre yerleşimde salt 1 adet torna, 1 adet freze tezgâhı vardır.

GAS için RS	GAS	Geliş Anı	İşlem Süresi için RS ve İşlem Süresi	A veya B için RS ve Ürün Tipi	Torna		Freze	
					Başlama	Bitiş	Başlama	Bitiş
0,1	92,1	92,1	0,4 – 34	0,6 – B1	-	-	(92,1) ₁₁	(126,1) ₁₁
0,5	27,7	119,8	0,2 – 32	0,9 – B2	* (126,1) ₁₂	(160,1) ₁₂	(126,1) ₂₁	(158,8) ₂₁
0,3	48,2	168	0,1 – 31	0,2 – A3 bitmiyor	(160,1) ₂₂	(192,1) ₂₂	(160,1) ₁₃	(194,1) ₁₃
					(192,1) ₃₁	(223,1) ₃₁	(194,1) ₂₃	(226,1) ₂₃
					(257,1) ₃₃	(288,1) ₃₃	(226,1) ₃₂	(257,1) ₃₂

* (126,1)₁₂ : 1. ürünün 2. operasyonu (B ürünü olduğu için, 2. operasyon torna tezgâhında oluyor)

4 saatlik bir süre içinde yalnızca 2 adet B üretiliyor.

Toplam aylık üretim = 2 * 80 = 160 adet B

Toplam Kâr = (120 – 55) * 160 – 2 * 5.000 = 10.400 – 10.000 = 400 TL (kâr)

Dolayısıyla, 400 TL kâr sağlayan sürece göre işyeri düzeni, en uygun çözüm oluyor.

7. AKIŞ, FAALİYET, MEKAN ANALİZİ

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- Akış, faaliyet ve mekan arasındaki ilişkiler
- Sistematik işyeri düzenleme yöntemi

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

- 1- Akış, faaliyet ve mekan arasındaki ilişki nedenlerden kaynaklanmaktadır?
- 2- Sistematik işyeri düzenleme yöntemi nasıl uygulanmaktadır?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği

Anahtar Kavramlar

Akış

Faaliyet

Mekan

Sistematiik iş yeri düzenleme

Giriş

Bu bölümde akış, faaliyet ve mekan ilişkilerinden yola çıkarak sistematik iş yeri düzenleme adımlarını uygulamalı olarak ele alacağız.

7.1 AKIŞ Ve EYLEM (FAALİYET) İLİŞKİ ŞEMALARI

7.1.1 Akış ilişki şeması

7.1.1.1 Tanım

Malzeme akışının şeması; hizmet vb. eylemler eklenmezse iki şekilde hazırlanabilir: Ya belli bir noktadan malzeme ile başlanır ve akış sırasına göre sürdürülür. Veya en yüksek akış şiddeti olan eylem/bölüm ile başlanıp, akış şiddetinin azaldığı sırada sürdürülür. Toplam şiddetin, her iki yöndeki akışın toplamı olduğuna dikkat etmek gerekecektir.

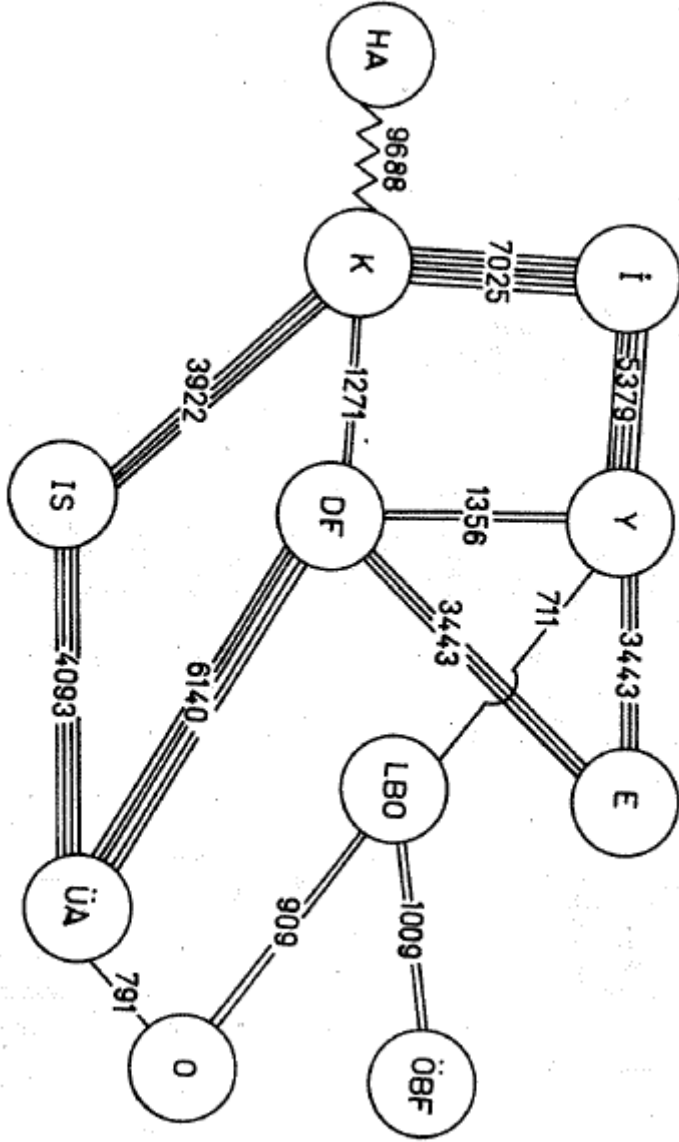
7.1.1.2. Akış ilişki şemasının çizimi için bir algoritma

Eylem ilişki şeması ve akış ilişki şeması ayrı ayrı kullanılabilir. Ancak bunlar birleştirilerek de kullanılabilir. Eğer hizmet birimleri yoksa salt akış şemasının yeterli olduğu söylenebilir. Bu durumda ilişki şemasına duyulacak gereksinim azdır.

Uygulamada akış ilişki şemasının kurulabilmesi için aşağıdaki adımların izlenmesi uygundur:

1. İlgili tüm etkinliklerin, yan işlemlerin, alanların, bölümlerin ve ilgili özelliklerin tanımlanması; bir tek şema içinde kırkbeş eylemden fazlasının kullanılmaması.
2. Tüm eylemlerin akış ilişki şemasının üzerinde listelenmesi; bunu yaparken öncelikle işlemlerin, daha sonra hizmetlerin yerleştirilmesi.
3. İşlemsel eylemler için akışların şiddetinin belirlenmesi.
4. Hizmet veya akış dışı işlemler için akış ilişki şemasının kurulması.
5. Akış ve akış dışı ilişkilerin derecelendirilmelerinin bir arada düşünülerek birleşik akış ilişki şemasının kurulması.

Sonuçta elde edilen akış ilişki şeması biçimi, Şekil 7.1'de görüldüğü gibidir. Bu şema öyle çizilmelidir ki, destek hizmetleri de ona eklenebilsin. Şekil 7.1'de bir cam işleme atölyesinin akış ilişki şeması gösterilmektedir. Buradaki ürünler; küçük ve büyük düz duracam, küçük ve büyük bombeli duracam, düz ve bombeli lamine cam, fırın (emayeli) cam ve ısıcamdır. Akış şiddeti, her bölüm çiftini bağlayan hat sayısı ile gösterilmiş ve üzerine o iki bölüm arasındaki akış şiddeti yazılmıştır.



Şekil 7.1 Akış ilişki şeması

Birkaç ayrı tür ürün sözkonusu olduğu zaman iki yol izlenir:

1. Her bir ürün için ayrı bir şema çizilir.
2. Tüm ürünler için tek bir şema çizilir; ancak, her bir ürün için ayrı bir renk kodu, sayı kodu, akış kodu ve sembol kodu kullanılır.

Akış ilişki şeması çizilirken yararlanılan gösterimler aşağıdaki gibidir:

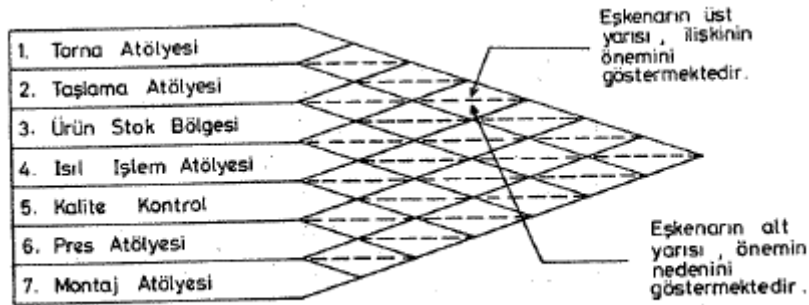
HA : Hammadde Ambarı

- İ : İşleme makinaları (matkap, çapak makinası)
- K : Kesim makinası
- IS : Isıcam makinası
- Y : Yıkama makinaları
- DF : Duracam Fırınları
- E : Emaye dairesi
- LBO : Lameks Birleştirme Odası
- ÖBF : Özel Boyut Fırınları
- ÜA : Ürün Ambarı
- O : Otoklav

7.1.2. Eylem ilişki şeması

Birçok endüstriyel kuruluşta malzeme akışı, düzenlemenin temeli olarak alınır. Bunun için de akışların şeması çıkartılır. Diğer eylemler akışa göre uyarlanıp düzenlenir. Günümüzde genel kural olarak bu, yeterli değildir. İlişki şeması, hangi eylemlerin diğerleri ile ilişkisi olduğunu gösterir. Bu; ilişkilerin ölçüsünü, önem derecesini belirler.

Şekil 7.2’de eylem ilişki şemasının bir örneği görülmektedir. Eylem ilişki şeması, her iki eylem arasındaki ilişkinin önemini ve bu önemin nedenlerini göstermektedir. Şekildeki örnekte ele alınan eşkenar dörtgenel bölge, torna atölyesi ile ısı işlem atölyesi arasındaki ilişkiyi göstermektedir ve bu bölge, ilişkinin önemine göre uygun bir renkte boyanmalıdır.



Şekil 7.2 Eylem ilişki şeması

İlişkinin önemi, aşağıdaki gibi kodlanmaktadır:

DEĞER	İLİŞKİ	RENK KODU
A	Kesinlikle gerekli	Kırmızı
E	Özellikle önemli	Turuncu-sarı
I	Önemli	Yeşil
O	Normal	Mavi
U	Önemsiz	(Renksiz)
X	Arzu edilmiyor	Kahverengi
XX	Kesinlikle istenmiyor	Siyah

Önemin nedenleri, düzenlenecek olan sisteme göre değişiklikler gösterecektir. Örneğin bazı ilişki nedenleri, aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Malzeme akışı var
2. Bireysel ilişkiler için gerek var
3. Benzer donanım kullanılıyor
4. Benzer personeli paylaşıyorlar
5. Denetim veya gözetim sözkonusu
6. İvedi durum sözkonusu oluyor
7. Haberleşme sıklığı fazla

İlişkinin önemi harflerle, önem nedeni sayılarla gösterilir.

Bir tesisin düzenlemesini yaparken, ilişkilerin önemini harfler ile kodlama alışkanlığında olmayanlar A kodunu sık olarak kullanma eğilimini taşırlar. Bu ise, yanlış düzenlemelere neden olur. Uygulamadan ve deneyimlerden gelen genel bir kanı olarak ilişkilerin önem derecelerinin, aşağıdaki sıklıklara sahip olduğu söylenebilir.

DEĞER	SIKLIK
A	% 2-5
E	% 3-10
I	% 5-15
O	% 10-25

X'in sıklığı ise, projenin niteliğine göre değişmektedir.

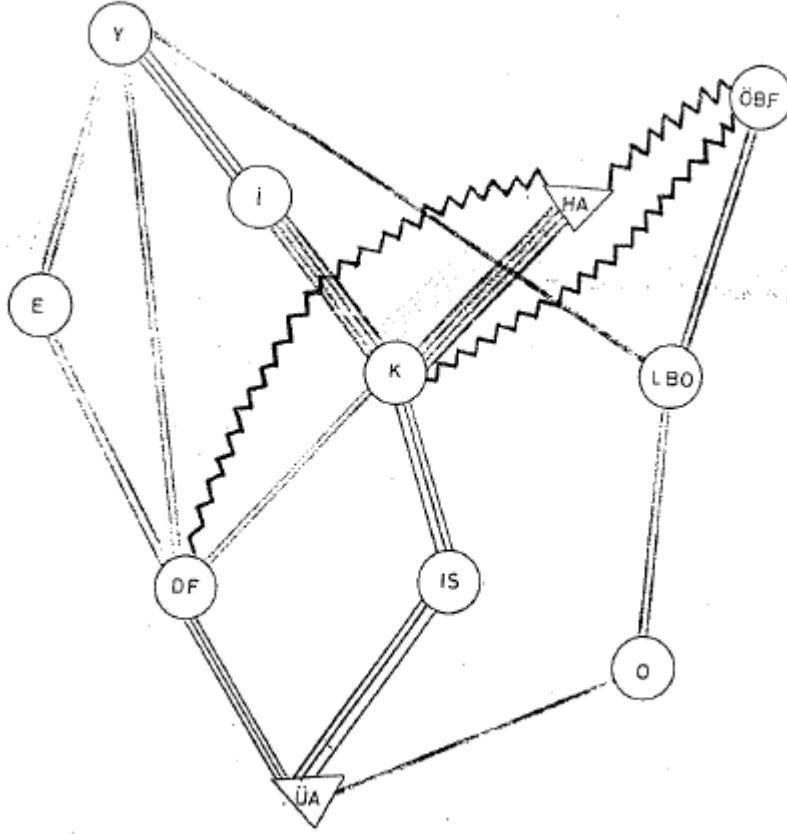
7.2. Eylem İlişki Diyagramı

7.2.1. Tanım

İlişkilerin diyagramlar üzerinde gösterilmesi; etkinliklerin sayılı hatlar ile birleştirilmesi temeline dayanır. Her sembolün biçimi, eylemin de türünü belirlemektedir. İçindeki harf, bölüm adının kısaltılmış şeklidir. Bağlayıcı hatların sayısı, yakınlığın derecesini göstermektedir.

7.2.2. Eylem ilişki diyagramı çizim kuralları

Daha önce tanıtılmış olan cam atölyesi için basit bir eylem ilişki diyagramı Şekil 7.3.'de görülmektedir. Bu diyagramın çizilmesi için belli kurallara uyulması gerekecektir. Bu kurallar, Şekil 7.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 7.3 Eylem ilişki diyagramı

Başlangıçta siyah-beyaz olarak çalışmak gerekir. Daha sonra diyagrama boyut kazandırılırken alan türünü belirlemek için renk kodu kullanılır.

HARF	DEĞER	HAT SAYISI	YAKINLIK ÖLÇÜSÜ	RENK KODU
A	4	////	Kesinlikle gerekli	Kırmızı
E	3	///	Özellikle önemli	Turuncu-Sarı
I	2	//	Önemli	Yeşil
O	1	/	Normal	Mavi
U	0		Önemsiz	(Renksiz)
X	-1	⚡	Arzu edilmiyor	Kahverengi
XX	-2, -3, -4	⚡⚡	Kesinlikle istenmiyor	Siyah

Şekil 7.4 Eylem ilişki diyagramı için çizim kuralları

7.2.3. Eylem ilişki diyagramı çizimi için bir algoritma

Eylem ilişki diyagramını oluşturmak için aşağıdaki adımlar izlenir:

Diyagramı çizilecek olan eylemlerin/bölümlerin sayıları ve adları belirlenir.

A ilişkilerinin diyagramı çizilir. Eylem türü için sembol çizilir. Bölüm/eylem kodu, bunun içine yerleştirilir.

Tüm 4 hatlı ilişkiler eşit uzaklıkta olacak şekilde diyagram düzenlenir ve E ilişkileri diyagrama eklenir.

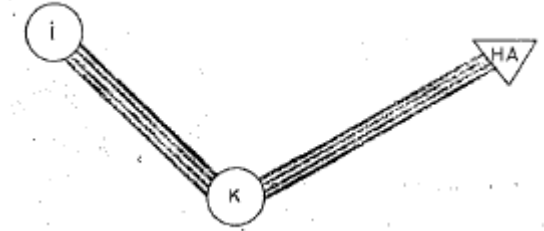
Tüm 3 hatlı ilişkiler eşit uzaklıkta olacak şekilde diyagram düzenlenir ve I ilişkileri diyagrama eklenir.

Benzer işlemler O, X ve XX ilişkileri için yinelenir.

Diyagram son şekline getirilir.

DİYAGRAM-1

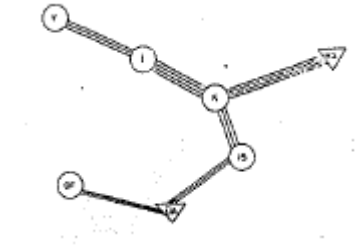
2A : 4 Hat – Kırmızı



DİYAGRAM-2

2A : 4 Hat - Kırmızı

4E : 3 Hat - Turuncu-Sarı

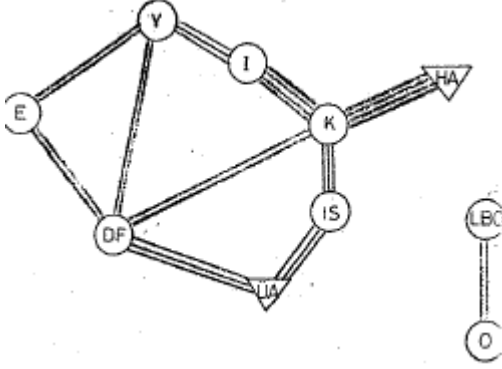


DİYAGRAM 3

2A : 4 Hat - Kırmızı

4E : 3 Hat - Turuncu-Sarı

6I : 2 Hat - Yeşil



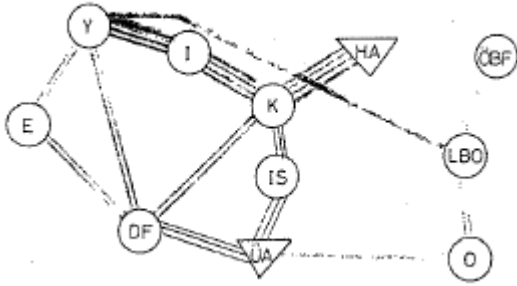
DİYAGRAM 4

2A : 4 Hat - Kırmızı

4E : 3 Hat - Turuncu-Sarı

6I : 2 Hat - Yeşil

2O : 1 Hat - Mavi



DİYAGRAM 5

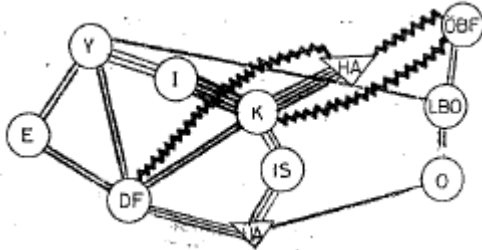
2A : 4 Hat - Kırmızı

4E : 3 Hat - Turuncu-Sarı

6I : 2 Hat - Yeşil

2O : 1 Hat - Mavi

3X : Tek titreşimli – Kahverengi



7.3. Akış ve Eylem Esaslı Mekân İlişki Diyagramları

7.3.1. Tanım

Bu noktaya kadar yapılan çalışmalarda, alanlar ile ilgili herhangi bir inceleme yapmadık. Oysa ki her bir eylem için belirli bir alana gereksinim olacaktır. Bu alan belirlendikten sonra akış ilişki şeması, eylem ilişki diyagramı ile birleştirilir. Gerçekte işlem veya hizmet etkinlikleri belirlendikten sonra alanların da hesaplanması gerekir. Alan belirleme çalışmaları iki noktada toplanır: gereksinim duyulan alan ve kullanılabilir alan.

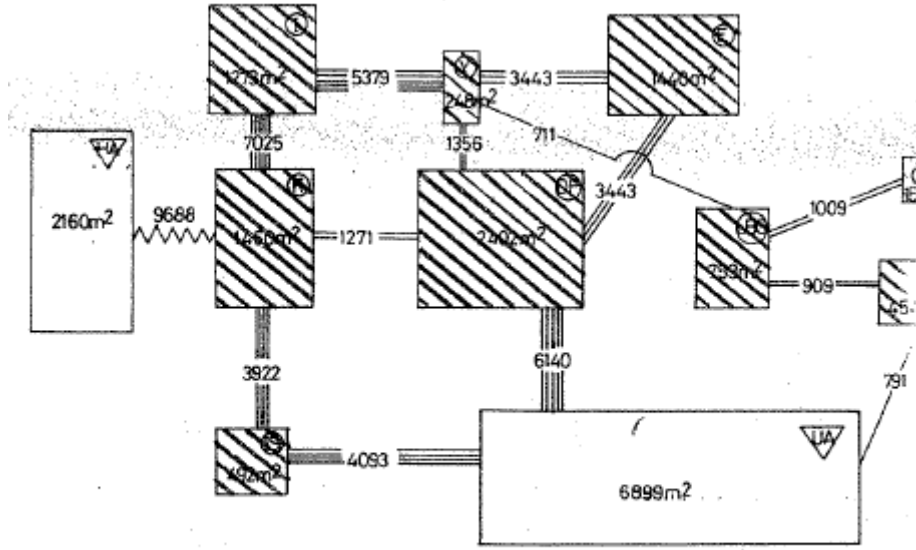
7.3.2. Mekân ilişki diyagramları için alan çizim kuralları

Mekân ilişki diyagramları için alan çizim kuralları Şekil 7.5.'de görülmektedir.

SÜREÇ ŞEMASI SEMBOLLERİ VE İŞLEM	GENİŞLETİLMİŞ SEMBOLLER	RENK KODU	ÇİZİM KODU
İŞLEM	○ Biçim verme ve işlem alanları	Yeşil	Diagonal çizimler
	○ Montaj / alt montaj / de montaj alanları	Kırmızı	Dikey çizimler
➡ TAŞIMA	➡ Taşıma ile ilgili eylemler/ alanlar	Turuncu Sarı	Yükseklik noktaları
▽ STOK	▽ Stoklama eylemleri/ alanları	Turuncu Sarı	Yükseklik noktaları
D GECİKİM	D Yükleme/basaltma/tutma alanları	Turuncu Sarı	Yükseklik noktaları
□ KONTROL	□ Muayene/test/kontrol alanları	Mavi	Yükseklik noktaları
	◐ Hizmet ve destek eylemleri/alanları	Mavi	Yükseklik noktaları
	↑ Büro ve planlama alanları veya bina özellikleri	Kahverengi veya gri	Yükseklik noktaları

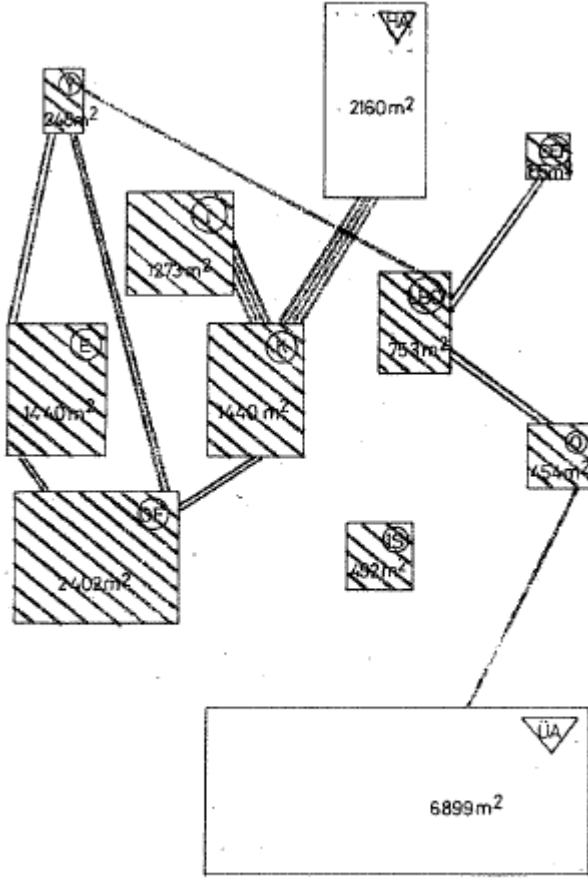
Şekil 7.5 Mekan ilişki diyagramları için alan çizim kuralları

Akış Esaslı Mekân İlişki Diyagramı: Malzeme akışı temeli üzerine kurulmuş olan alan ilişki diyagramı (akış esaslı mekân ilişki diyagramı) Şekil 7.6.'de görülmektedir. Değişik bölümler ölçekli olarak çizilmiştir. Akış şiddetleri ise bunların arasına yerleştirilmiştir. Burada görülen alan blokları, daha sonra biraraya getirilip ve her bölümün niteliğine göre biçimlenip yerleşimin temelini oluşturacaklardır. Buradaki düzenleme projesinde malzeme hareketi baskındır. Bu durumda hizmet birimleri, destek alanları ve diğer özellikler, alan manipülasyonu sırasında bu diyagrama uyarlanacaklardır.



Şekil 7.6 Akış esaslı mekan ilişki diyagramı

Eylem Esaslı Mekân İlişki Diyagramı: Eylem ilişki şeması ve diyagramı üzerine kurulmuş olan alan ilişki diyagramı (eylem esaslı mekân ilişki diyagramı) Şekil 7.7’de görülmektedir. Gerekli alan, eylem ilişki diyagramında çizilmiş olan sembole eklenmiştir. Bunlar, gereksinimler belirlenirken ortaya çıkarılan miktarlara ilişkin ölçülerdir. Bu ölçüler minimum miktarları gösteren dolu çizgiler ve ek miktarı gösteren kesik çizgilerle belirtilir.



Şekil 7.7 Eylem esaslı mekan ilişki diyagramı

7.4. Diyagram Düzenleme

Bu noktaya kadar yapılan işlemler bir anlamda, gerçekçi bir düzenleme yapabilmek için bilgi toplamadır. Artık bu aşamada düzenleme, daha gerçekçi bir biçimde ele alınabilecektir. Düzenlemenin gerçeklik kazanabilmesi için, belli çalışmaların yapılması gerekecektir. Elimizde bulunan düzenleme, en iyi ilişkilerden ve mekândan doğrudan elde edilmiştir. Bu durumda kuramsal anlamda ideal bir düzenlemedir. İdeal olanı gerçekçi olana dönüştürmek için iki tür çalışma öngörülmektedir:

1. Diyagramın gerçek yönünde düzenlenmesini sağlayacak olan “değişiklik etmenleri” gözönüne alınacaktır.
2. Değişiklik olarak akla gelmesi olası tüm düşüncelerin belli sınırlar içinde tutulmasını sağlayan “pratik sınırlandırmalar” incelenecektir.

7.4.1. Değişiklik etmenleri

Değişiklik etmenleri, aşağıdaki kategorilerden bir veya birkaçı içinde yer alacaktır:

1. Taşıma yöntemleri
2. Stoklama olanakları
3. Çevre koşulları (rüzgar yönü, ışık, yan sanayi tesislerinin artıkları)
4. Personel gereksinimi (giriş-çıkışlar, yemek servisi, güvenlik önlemleri)
5. Bina özellikleri
6. Bina donanımları ve bakım koşulları
7. Yordamlar ve denetimler (Kalite kontrol yöntemleri, üretim plânlama ve kontrol sistemleri, iş yükleme yöntemi)

Bu listeye, daha birçok etmen eklenebilir. Gerçekte her düzenleme projesinin, kendisine özgü değişiklik etmenleri olacaktır. Yine belli projelerde ön plâna çıkan bazı etmenler, diğer bir projede ihmâl edilebilecektir.

Bu değişiklik etmenlerinin çok sayıda olabilmesi, bunların inceleme yöntemlerinin de çok sayıda olması sonucunu getirmiştir. Bununla birlikte pratikte, bir iki yöntem özel bir önem kazanmıştır.

Tesis düzenleme problemlerinin çoğunda malzeme taşıma yöntemleri, baskın olan ve kesinlikle gözönüne alınması gereken yöntemlerdir.

7.4.2. Pratik sınırlandırmalar

Kuramsal düzenlemeye, gelişmeye açık her türlü tasarım veya karara açık olan düşünceleri, değişiklik etmenleri olarak adlandırıyoruz. Buna karşılık, plânlamamıza kısıtlamalar getiren durumları ise “pratik sınırlandırmalar” olarak adlandıracağız.

Varolan taşıma olanakları, değişmez durumdaki üretim kontrol sistemi, işletme politikası, işçi kuruluşları ile yapılmış olan anlaşmalar, yerleşimi kısıtlayan pratik sınırlandırmalara örnek olarak verilebilirler.

Hiç kuşkusuz en önemli sınırlandırmalardan biri de, mâliyet artırım ve kullanılabilir yatırım olanaklarına ilişkin olan sorulardır.

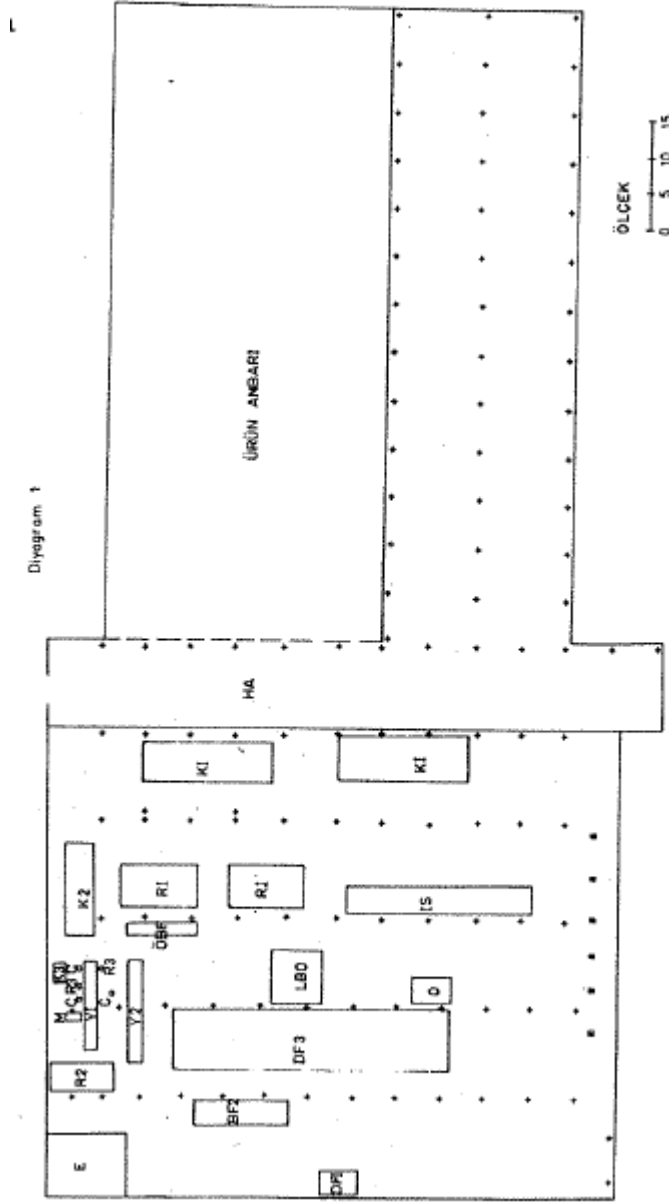
İdeal yerleşim düzeni ile değişiklik etmenlerinin bütünleştirilmesi ve pratik sınırlandırmaları gözönüne alarak uygulanamaz düşüncelerin çıkarılması sonucu, ortada birkaç seçenek kalacaktır. Bunların sayısı genel olarak iki ile beş arasında değişir. Artık bu noktada sorun, hangi seçenek üzerinde karar verileceğidir.

Değişiklik etmenleri ve pratik sınırlandırmaları incelenmemiş bir ideal yerleşim düzeni, ayrıntılı incelemeye hazır değildir.

7.4.3 Bir örnek uygulama

Daha önceki bölümlerde sözü geçen cam işleme atölyesinde, şu anki duruma göre ve geliştirilen duruma göre toplam taşıma şiddetlerini bulalım.

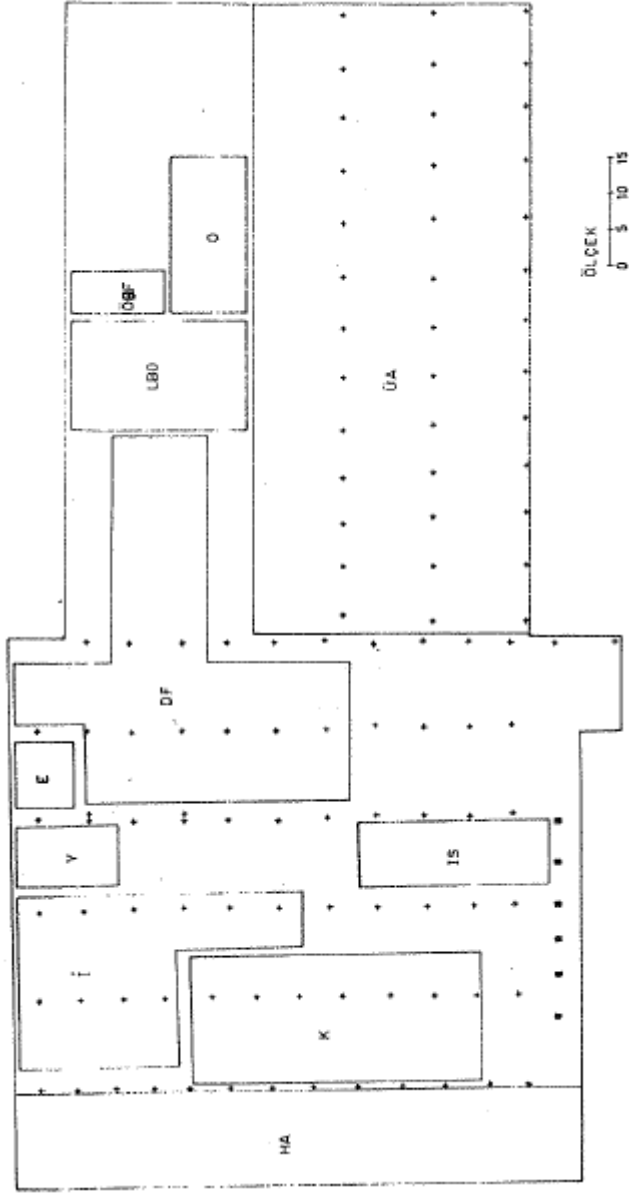
1. DİYAGRAM (VAROLAN DURUM)



Makina Kodları	Akış Şiddeti (mag/gün)	Uzaklık (m)	mag*m/gün
HA-K	9.688	24	232.512,0
K-İ	7.025	44	309.100,0

İ-Y	5.379	27	145.233,0
Y-DF	1.356	38,5	52.206,0
DF-ÜA	6.140	86,5	531.110,0
O-ÜA	791	41,5	32.862,5
K-DF	1.271	73	92.783,0
Y-E	3.443	17,5	60.252,5
E-DF	3.443	30,5	105.011,5
K-IS	3.922	40,5	158.841,0
IS-ÜA	4.093	108,5	444.090,5
LBO-ÖBF	1.009	19	19.171,0
LBO-O	909	30	27.270,0
Y-LBO	711	98	69.678,0
		TOPLAM =	2.280.090,0

2. DİYAGRAM (GELİŞTİRİLEN DURUM)



Makina Kodları	Akış Şiddeti (mag/gün)	Uzaklık (m)	mag*m/gün
HA-K	9.688,0	23	222.824,0
K-İ	7.025	37	259.925,0
İ-Y	5.379,0	15	80.685,0
Y-DF	1.356	46	62.376,0
DF-ÜA	6.140	109	669.260,0
O-ÜA	791	42,5	33.617,5
K-DF	1.271	58	73.718,0
Y-E	3.443	25	86.075,0
E-DF	3.443	45	154.935,0
K-IS	3.922	59	231.398,0
IS-ÜA	4.093	65	266.045,0

LBO-ÖBF	1.009	21	21.189,0
LBO-O	909	29	26.361,0
Y-LBO	711	98	69.678,0
TOPLAM =			2.258.086,5

7.5. Düzenleme Seçimi

Bu aşamada elimizde iki yerleşim seçeneği bulunuyor. Bu seçeneklerin her birinin ayrı ayrı kendilerine özgü yararları ve sakıncaları var. Sorunumuz, bu seçenek yerleşimlerden hangisini seçeceğimizdir. Bu seçimi, değişik yollarla yapabiliriz. Bunlardan başlıcaları üç tanedir:

1. Yarar ve sakıncaları dengelemek
2. Etmen analizi
3. Mâliyet karşılaştırması ve gerçekleştirilmesi

Bu değerlendirme yöntemlerini kısaca tanımlayalım:

1. Yararlar, Sakıncalar: Yukarıda açıklanan üç yol içinde en kolayı, yararların ve sakıncaların dengelenmesidir. Bu aynı zamanda en az doğru olanıdır. Bu nedenle de daha çok olgunlaşmamış seçeneklerin karşılaştırılmasında kullanılır. Yapılan iş; yararları ve sakıncaları alt alta sıralayıp bunları her bir seçenek için karşılaştırmaktır. Örneğin yukarıda toplam mag*m/gün değeri en az olan 2 no.lu seçenek, bu neden dikkate alınıp, en elverişli sonuç olarak kabul edilebilir.

2. Ağırlıklı Etmen Analizi: Etmen analizi yönteminin temeli, problemi parçalarına bölüp, bunların her birini incelemektir. Yöntem şu şekilde uygulanır:

1. Yerleşimin seçilmesinde önemli veya belirleyici olan tüm etmenlerin listelenmesi
2. Bu etmenlerin her birinin diğerlerine göre önemlerinin ağırlıklandırılması
3. Bir tek etmen türünden yararlanarak seçenek plânların oranlandırılması
4. Değişik plânların toplam değerinin karşılaştırılması

Bir yerleşim düzeninde karşılaştırılması gereken etmenlerin genelde, aşağıda belirtildiği gibi olacağı söylenebilir:

- Genişleme kolaylığı
- Uyarlanabilirlik ve dönüştürülebilirlik
- Esneklik
- Malzeme akış etkinliği
- Stoklama
- Mekân kullanımı
- Destek-hizmet bütünlüğünün etkinliği
- Güvenlik

- Çalışma koşulları ve işgücü doyumu
- Gözetim ve denetim kolaylığı
- Görünüm, halkla ilişkiler
- Ürün kalitesi
- Bakım problemleri
- İşletme organizasyonu yapısına uygunluk
- Donanım kullanımı
- Doğal koşulların ve çevrenin kullanımı
- Kapasitenin ve gereksinimlerin karşılanma becerisi
- Uzun vâdeli işletme plânlarına uygunluk

Etmen analizi yöntemine ilişkin bir örnek, Şekil 7.8’de görülmektedir. Bu şekilde ağırlık sütununda her etmenin bir değerine göre göreceli önemi veya ağırlığı gösterilmektedir. Gözlerin sol üst köşesindeki harfler, her etmene karşılık olarak her seçenek plânın durumunu göstermektedir. Bu harfler şu anlamlara gelmektedir :

- A : Mükemmel (4)
 E : Çok iyi (3)
 I : Önemli (2)
 O : Normal (1)
 U : Önemsiz (0)

SEÇENEK DEĞERLENDİRME							
İşletme _____		Proje _____		Tarih _____			
Ağırlıklandırılan _____		Oranlayan _____		Kontrol _____			
ETMEN	AĞIRLIK	ORANLAR VE AĞIRLIKLIL ORANLAR					YORUM
		A	B	C	D	E	
1. Hizmet Kolaylığı	10	U	I	I	E	E	
2. Gözetim Kolaylığı	6	O	A	E	E	E	
3. Genişleme Olanağı	5	O	I	O	O	O	
4. Malzeme Akışı	10	O	U	I	E	E	
5. Esneklik	9	O	E	I	E	E	
6. Bina Yatırım maliyeti	8	O	O	I	E	E	
7. Ek imalat kapasitesi temin edebilme	5	A	O	O	O	O	
8.							
9.							
10.							
TOPLAM		52	94	94	134		
NOTLAR							

Şekil 7.8 Etmen analizi yöntemine bir örnek

Gözlerin sağ alt köşesinde ise, ağırlıkların oranlar ile çarpılmış değerleri vardır. Böylelikle ağırlıklı oransal değer bulunmuş olur. Toplamlar satırında ise her bir seçenek için ağırlıklı oransal değerlerin toplamı bulunmaktadır.

3. Mâliyet Karşılaştırmaları: Yerleşim düzenlerinin karşılaştırılmasında kullanılan en somut yöntem, mâliyet karşılaştırmaları yöntemidir. Çoğu durumda, mâliyetlerin karşılaştırılması, karar almada temel oluşturmasa bile, diğer değerlendirme yöntemlerinin desteklenmesinde kullanılır. Mâliyet analizinin hazırlanmasında, başlıca iki temel yaklaşım vardır:

- Toplam mâliyetlerin ele alınması
- Yerleşim projesi ile oluşan mâliyetlerin ele alınması

Uygulama Soruları

1-Eylem ilişki diyagramı sistematik iş yeri dzenlemede nasıl kullanılır?

2- Sistematik iş yeri dzenleme ile en iyi özümeye ulaşılmakta mıdır? Bu yöntemin avantajları nedir?

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Bu bölümde akış, faaliyet ve mekan ilişkilerinden yola çıkarak sistematik iş yeri düzenleme adımlarını uygulamalı olarak öğrendik.

8. İŞYERİ DÜZENLEME MODEL ve TEKNİKLERİ - I

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- İşyeri düzenleme teknikleri

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

1- İş yeri düzenleme için kullanılan teknikler hangileridir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği

Anahtar Kavramlar

İş yeri düzenleme

Wilmert tekniği

Spiral Analiz

Giriş

Bu bölümde literatürde ve pratikte kullanılan algoritmik iş yeri düzenleme tekniklerini uygulamalı olarak ele alacağız.

8.1 Wimmert Yöntemi

Sayısal yöntemlerle yerleştirme yapmak için birçok teknik ileri sürülmüştür. Ancak herhangi bir tekniğin uygulanmasından önce yöntemin eniyilenmesi için, sorunda bâzı özel koşulların bulunması gerekir. Genellikle bu koşullar, gerçek yaşamda veya uygulamada elde edilemez veya sağlanamazlar. Ama bunların varolduğu varsayımı, yerleştirme tasarımcısının, küçük değişikliklerle gerçek yaşama uygulanabilecek ve belirtilen özel koşullar içinde en iyiye yakın bir düzenleme yapmasını sağlayacak kuramsal bir yerleştirme geliştirmesine olanak verir. Bu nedenle ve bilgisayarla çözüm elde edilebilmesinden dolayı sayısal teknikler önemlidir.

İlk sayısal teknikleri önerenlerden birisi olan R.J. Wimmert, ölçek olarak makina yerleri veya bölümler arasındaki uzaklık-hacim malzeme taşımalarının en küçük olmasını kullanmaktadır. Bu konu ile ilgili olarak diğer ölçütler de kabul edilebilir veya değiştirilerek uygulanabilir. Ama genel olarak uzaklık-hacim ölçütünün kullanılması, diğer ölçütlerden daha iyi sonuç vermektedir. Bu yalnızca Wimmert'in yöntemi için değil, diğer yöntemler için de doğrudur. Uzaklık-hacim yönteminde ölçeği hemen mâliyete çevirmek kolaydır [Bu da aynı zamanda malzeme taşıma yöntemine bağlıdır].

Wimmert'in yönteminde üç temel varsayım vardır:

1. Bölüm yerleri birbirleriyle değiştirilebilir.
2. İki yer arasındaki uzaklık, hareketin yönüne bağlı değildir [Örneğin i'den j'ye olan uzaklık, j'den i'ye olan uzaklığa eşittir].
3. Mâliyet ile eşdeğer uzaklık arasında doğru orantı vardır.

Bu varsayımlardan birincisi uygulamada sınırlayıcı bir özellik taşır. Çünkü genellikle bölümler veya makina yerleri arasında büyük ölçüde bir değişiklik vardır.

İkinci varsayım, gerçek yaşamda oluşabilecek ve oluşan bir durumu göstermektedir.

Üçüncü varsayım ise tek bir malzeme taşıma tesisi kullanıldığı takdirde doyurucu olabilir. Ama seçenek tesislerin karşılaştırılmaları durumunda gerçekleşmesi kuşkuludur.

Örnek 8.1

Birbirine eşit boyutlara sahip dört yere, dört bölümün -veya işliğin- yerleştirilmek istendiğini düşünelim. Dört bölümü içine alan bir sorunun seçilmiş olması, tekniğin açıklanmasını kolaylaştırmakta ve olası yer kombinasyonları sayısını sınırlamaktadır. Her bir bölümle ilgili bir tek yer ve n bölüm için n! sayıda uygun yük-uzaklık kombinasyonu vardır. Dört bölüm varolduğuna göre, uygun kombinasyon sayısı ($4! = 24$)'dür. Eğer bölüm sayısı artarsa, uygun kombinasyon sayısı da çok çabuk artacak ve çözüm için bilgisayar

kullanılmasını gerektirebilecektir. Örneğin sekiz bölümün var olduğu bir problemde (8!=) 40.320 kombinasyon olacaktır.

Yöntemi kullanabilmek için ilk olarak, bir uzaklık matrisinin ve bir de yük matrisinin hazırlanması gereklidir. D'nin yük matrisi ve dij'nin de i ve j yerleri arasındaki uzaklık olduğunu kabul ediyoruz.

		Yer No	1	2	3	4
D = [d _{ij}]	1		0	42	14	22
	2			0	30	20
	3				0	10
	4					0

Bölmeler arasında birim zamandaki ürün akış düzeyi, aşağıdaki matriste gösterildiği gibi, P ile belirtilmiştir. Burada pij ortak bir ölçü birimi (birim yük taşınması) ile gösterilen birim üretim hacmi taşıma akış yönünü gösterir.

		Tezgâh No	A	B	C	D
P = [p _{ij}]	A		0	40	70	20
	B		15	0	45	50
	C		65	50	0	70
	D		30	32	60	0

Başlangıçtaki varsayımımıza göre, bölümler arasındaki uzaklık, taşıma yönünden bağımsız olduğuna göre, P'den makinalar arasındaki belirli yönde olmayan taşımayı temsil edecek üçgen şeklindeki L matrisini geliştirebiliriz.

		Tezgâh No	A	B	C	D
L = [l _{ij}]	A		0	55	135	50
	B			0	95	82
	C				0	130
	D					0

Şimdi D ve L matrislerinden yararlanarak, yük-uzaklık matrisini oluşturabiliriz. Bu matris üzerindeki bir sorunun çözümünü bulabilmek için daha ileride, i-j yerleri arasındaki uzaklıkların soldan sağa ve küçükten büyüğe sütun başlığı olarak ve i-j arasında taşınan yüklerin de yukarıdan aşağıya ve büyükten küçüğe olmak üzere satır başlığı olacak şekilde düzenlenmeleri gereklidir. Bu kısıtlara uyarak yük-uzaklık matrisi şöyle olacaktır:

Tezgâh	i-j Arası	3-4	1-3	2-4	1-4	2-3	1-2	i-j Yerleri
i-j	Yük	10	14	20	22	30	42	d _{ij} Uzaklığı

A-C	135	W 1.350	V 1.890	W 2.700	U 2.970	T 4.050	S 5.670
C-D	130	1.300	1.820	2.600	W 2.860	U 3.900	T 5.460
B-C	95	950	1.330	1.900	V 2.090	W 2.850	U 3.990
B-D	82	S 820	W 1.176	V 1.640	T 1.804	U 2.460	W 3.444
A-B	55	T 550	770	1.100	U 1.210	W 1.750	2.310
A-D	50	U 500	700	1.000	W 1.100	V 1.500	2.100

Matrisin doğrusal programlama ile çözümünde en iyi sonuç her zaman ana diyagonal üzerinde olacaktır. Bununla birlikte, tezgâh yalnızca bir yerde olabileceğine göre ana diyagonal çözümü bu bakımdan uygun veya yeterli olmayacaktır. Örneğin: Ana diyagonal boyunca ilk iki grup; A, C ve D'nin 4, 3 ve 1 konumlarında sırayla bulunmasını gerektirmekte ama ana diyagonal boyunca üçüncü grup çözüme karıştırılınca, B ve C'nin 2 ve 4 yerlerinde bulunması gerekmektedir ki bu da daha önceki ayırmalara uygun değildir ve dolayısıyla yeterli olmayacaktır.

En iyi ve uygun bir çözüm elde edebilmek için, yük-uzaklık matrisi içinde kuzey-doğu köşesinde bulunan gruptan başlamak gereklidir.

Bu şekilde kuzey-doğu köşesi ve bu köşe ile ilgili atamalar ve bağılıklar dikkate alınmaz. Örneğin: Kuzey-doğu köşesi, A ve C makinelerini 1 ve 2 yerlerine atamaktadır. Bunun anlamı şudur: Eğer kuzey-doğu köşesi dikkate alınmazsa, B ve D makineleri 3 ve 4 no.lu yerlere yerleştirilemez, çünkü her iki kombinasyon da ana çözümü tümleyici öğeler arasındadır. Matriste dikkate alınmayan bu iki grup S ile işaretlenmiştir.

Şimdi kuzey-doğu köşesine daha yakın olan küçük bir matrise yöneliriz, bunları ve bunlara bağlı olan makina-yer kombinasyonlarını dikkate almazız. Bu gruptaki diyagonal üzerinde dikkate alınmayanlar T ile gösterilmiştir. Bundan daha önceki diyagonal üzerinde bulunanlar ve dikkate alınmayan gruplar U ve 4. küçük diyagonal üzerinde dikkate alınmayan gruplar da W ile belirtilmiştir.

Bu noktada 1. ve 4. sıralar ile 4. ve 5. sütunlarda yalnızca bir grup kaldığına ve bunların da son çözümün içinde bulunması gereğine dikkat ediniz.

Şimdi uygun yerlerin saptanması gereklidir. Yatay ve dikey sıralardaki geri kalan grupların kullanılması ile makina-yer kombinasyonları için uygun yer atamaları yapılabilir. Bu kombinasyonlar aşağıdaki gibidir :

- 1-3'de A-C
- 2-4'de B-D
- 1-4'de B-C

2-3'de A-D

Bunlar da aşağıdaki yer atamaları ile sonuçlanır :

- 3 no.lu yerde A makinası
- 4 no.lu yerde B makinası
- 1 no.lu yerde C makinası
- 2 no.lu yerde D makinası

Genel olarak Wimmert'in yöntemi, n sayıdaki makina için, n sayıdaki olası yer dikkate alındığında en iyi çözümlerle sonuçlanacaktır. Bununla birlikte, kuzey-doğu köşesinden başlayarak, birbirini izleyen diyagonalların kullanılması yoluyla en iyi çözüm elde edilmeyebilir. Bu durum, kuzey-doğu köşesine yakın bir diyagonal değerinin daha uzak bir diyagonal değerinden küçük olması durumunda oluşur. Böyle bir durumun oluşmasında, en iyi veya en iyiye yakın bir çözüm için yüksek değerli grubu ve bu gruba ilgili değerleri dikkate almamak gerekecektir [Bu işlem, daha küçük değerli diyagonaldan önce yapılmalıdır].

Örneğin: Örnekteki [B-C, 1-4] grubunun değeri 2.900 olsaydı, bu ve bununla ilgili değerler, [B-D, 1-2] dışta kalmak üzere, daha önceki diyagonallardan önce elenecekti. [B-D, 1-2]'nin dışta bırakılmasının nedeni, bunun diyagonal üzerinde 2.900'den fazla bir değere sahip olan tek grup olmasıdır.

8.2 Spiral Analiz Yöntemi

Spiral analiz yönteminin amacı, imâlat bölümlerinin sıralanmasında birbirini izleyen işlemler arasında en dolaysız malzeme akışını sağlamaktır. İlk yapılan yerleştirmenin rasyonel olduğu varsayımı altında fabrika yerleştirmesinde değişiklikler yapılması durumunda, bölümlerin gereksinmesi açısından çok küçük değişiklikler söz konusu olacaktır. Bundan başka bölümler veya atölyelerin kare veya dikdörtgen binalardan oluşması nedeniyle binaların çevresinde yapılacak değişiklikler sonucunda imâlat bölümlerinin kapladığı alanlar açısından ortaya çıkacak etkiler çok küçük olacaktır. Bu iki varsayım altında temel amaç, eldeki toplam alan içinde, varolan birim alanların konum ve biçim açısından ilişkilerini belirlemektir.

Spiral analiz yöntemi aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır :

1. Bir eylem veya bir bölüm alanını göstermek için bir daire çiziniz.
2. Dairenin sol yanına, belirli bir ürün grubundaki etkinliği gösteren ve bir önceki etkinlikten gelen malzemeyi belirten çizgi veya çizgiler çiziniz.
3. Daireye gelen her çizginin üzerine, birbirini izleyen iki aşama arasındaki miktarı veya toplam etkinliğin %'sini yazınız.
4. Dairenin sağ yanına, işlenen malzemenin bitirildiğini gösteren çizgi veya çizgiler çiziniz.
5. Sağ yandaki her çizginin üzerine, tamamlanan miktarı veya toplam etkinliğin %'sini belirtiniz.

Bu beş adım, bir daire ile gösterilen eylem düzeylerinin şematik gösterimini sağlar. Tüm etkinlikler için bu beş adım uygulandıktan sonra, malzeme taşıma uzaklığının azaltılması ve dolayısıyla bölümler arasındaki eylemleri enküçükleyebilmek için; her bir bölümün malzeme aldığı veya verdiği diğer bölümlerin bitişiğinde olması gereklidir. Diğer bir ifadeyle de, birbiriyle yakın iş ilişkisi olan bölüm veya atölyelerin, birbirinin yanında olması gereklidir. Eğer bölümler bu şekilde yerleştirilebilirse, işlenen malzeme veya ürün, olası en küçük taşıma mâliyeti ile, bir sonraki etkinliğe taşınabilir. Burada temel sorun, birbiriyle yakından ilişkisi olan bölümlerin, birbirine yakın bir şekilde yerleştirilmeleri ve aynı zamanda, gerekli eylem alanlarının atanmasıdır.

6. Sınama-yanılma yöntemi ile, ilk eylem alanından başlayarak, ilgili bölümleri (hizmet aldığı ve hizmet verdiği), bu eylem alanının çevresine yerleştirmeye çalışınız.
7. Bu yerleştirilen eylem alanlarının yanına, yine onların ilgili olduğu eylem alanlarını yerleştiriniz. Bu arada, etkinlikler için gerekli alanları dikkate alınız.

Bu işlem, ilgili tüm etkinlikler arasında ortak sınırlar oluşturuluncaya dek sürdürülür.

Bu, bir sınama-yanılma yöntemidir. Bu yöntemin, en uygun çözümü sağlayacağı, hiçbir şekilde garanti edilemez.

Örnek 8.2

Ürün	% Hacim	Bölgümlere Göre Üretim Sırası
1	17,1	Ambar-A-B-C-D-E-F-Stok
2	11,8	Ambar-B-D-E-F-Stok
3	28,3	Ambar-A-B-D-C-F-Stok
4	23,2	Ambar-B-C-D-C-E-F-Stok
5	8,3	Ambar-B-C-D-E-Stok
Toplam	88,7	

Bölüm	Gerekli Alan (m ²)
A	600
B	900
C	1.000
D	700
E	1.100
F	1.500
Ambar	1.200
Stok Alanları	900
Toplam	7.900

Burada sol sütunda, ürün grupları, numaralar ile belirtilmiştir. Her grup, bir ürün veya ürün grubunu ifade etmektedir. Sağ sütunda ise her bir harfin bir bölümü gösterdiği, üretim sırasına göre dizilmiş bölümler yer almaktadır. Burada, üretim sürecinin ilk ve son aşamaları

ambar ve stoktur. Ayrıca, toplam eylem miktarı içinde, her ürünün hacimsel %'si de belirtilmiştir.

Spiral analiz yönteminin amacı, sıra tablosuna göre birbirini izleyen eylemler arasında dolaysız malzeme akışını düzenlemeyi sağlamaktır.

1. Başlangıç düzenlemesinin mantıksal olduğu varsayılırsa, düzenlemede yapılacak ufak değişiklikler, yer gereksinimi bakımından çok az olacaktır.
2. Bölümler veya atölyeler genellikle kare veya dikdörtgen biçimindeki binalar olduğuna göre, bölümün çevresel değişiklikleri, gerekli alan miktarı üzerinde çok az bir etki oluşturacaktır.

Bu iki varsayım altında amaç, toplam varolan alan içinde, birim alanların ilişkilerini belirlemektir.

Örnek 8.2 için bölümler arasındaki spiral analiz **Şekil 7.15.**'de ve spiral analize göre uygun yerleşim **Şekil 7.16.**'da görüldüğü gibidir.

9. İŞYERİ DÜZENLEME MODEL ve TEKNİKLERİ - II

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- İşyeri düzenleme teknikleri

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

1- İş yeri düzenleme için kullanılan teknikler hangileridir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği

Anahtar Kavramlar

İş yeri düzenleme

Düz hat yerleştirme yöntemi

Gezi şeması

Giriş

Bu bölümde literatürde ve pratikte kullanılan algoritmik iş yeri düzenleme tekniklerini uygulamalı olarak ele alacağız.

9.1 Düz (Doğrusal) Hat Yerleştirme Yöntemi

Yöntem, makinaların veya bölümlerin düz doğru(lar) üzerinde yer aldığı ve malzeme akışlarının da bu doğru(lar) üzerinde gerçekleştiği varsayımına dayanır. Eğer çaprazlama atlayışlar olabilecekse yöntem, bu tür yerleştirme problemlerinde kullanılamaz.

Yöntem, aynı makinalardan veya bölümlerden farklı işlem sırasına göre geçerek işlenen değişik ürünlerin veya parçaların üretilmesi durumunda makina veya bölümlerin yerlerinin nasıl saptanacağına çözüm getirir.

Örnek 9.1

Bir cins roket tapasının X, Y ve Z parçaları; A, B, C, D, E ve F makinalarından oluşan tapa bölümünde üretilmektedir. Şekil 7.18.'de görüldüğü gibi 6 makina için 6 aday yer bulunmaktadır. Her bir parçanın makinalardaki işlenme sırası, yıllık üretim miktarı ve bir birim yükü oluşturan miktarı, yine şekilde gösterilmiştir. Doğrusal hat yerleştirme yöntemine göre tapa bölümünde hangi makina, hangi aday yere yerleştirilmelidir ?

- a. Parçaların büyüklükleri farklı olduğundan öncelikle ortak taşıma ölçüsü olarak alınacak “birim-yük” miktarı her parça için bulunmalıdır.

Parça	Birim-Yük Miktarı
X	300
Y	60
Z	160

- b. Daha sonra kullanılan makina veya işlem sırası temel alınarak, her makinanın (1, 2, 3, 4, 5, 6) no.lu aday yerlerde olmasını gerektiren “toplam birim-yük” miktarları hesaplanmalıdır. Yalnız X parçası üretilseydi makinalar A-C-E-B-D-F sırasına göre 1-2-3-4-5-6 no.lu yerlere sıralanırdı. Oysa Y parçası başka bir sıralama gerektirmektedir. Örnek verelim :

A makinasının 1 no.lu yere konulmasını yalnızca X parçası gerektirir. Bu gereksinimin şiddeti 300 birim-yük olarak verilmiştir.

D makinasının 5 no.lu yerde bulunmasını üç parça da gerektirmektedir (300+60+160=520). Bu değerlere “akış-konum değerleri” (w_i) denir. Buna göre akış-konum değerleri tablosu şu şekilde oluşur:

BLOK PLANDAKİ ADAY YERLERİN AKIŞ-KONUM DEĞERLERİ

Tezgâhlar	1	2	3	4	5	6	Toplam Üretim
A	300	160	–	–	–	–	460
B	160	–	60	300	–	–	520
C	60	300	–	160	–	–	520
D	–	–	–	–	520	–	520
E	–	60	460	–	–	60	580
F	–	–	–	60	–	460	520

- c. Daha sonra her bir makina için akış-konum eğrileri çizilir. Çözüm için bu aşama mutlaka gerekli değildir. Konunun anlaşılması bakımından yararlıdır. Akış-konum değerleri tablosundaki “aday yerler” apsis olarak, “akış-konum değerleri” ordinat olarak alınır ve bu eğriler çizilir.

Örneğin C makinası için akış-konum eğrisi aşağıdaki gibidir:

ŞEKİL

- d. Daha sonra moment hesaplamaya benzer bir biçimde akış-konum ortalamaları (X^*) hesaplanır.

$$X^* = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i * X_i)}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

n : Aday yer sayısı

Örneğin C makinası için akış-konum ortalamasını hesaplayalım:

$$X_C^* = [(1*60)+(2*300)+(3*0)+(4*160)+(5*0)+(6*0)] / (60+300+0+160+0+0) = 2,5$$

Bu işlemi, akış-konum eğrilerini çizmeden de akış-konum değerleri tablosu vasıtasıyla yapabiliriz.

Örneğin B makinası için, tabloda B sırasındaki değerleri, sütun başlarındaki aday yer no.ları ile çarparak toplarız. Toplamı, B sırasındaki toplam üretim değerine böleriz :

$$X_B^* = [(1*160)+(3*60)+(4*300)] / (160+60+300) \approx 3$$

Aynı hesaplama yöntemiyle bulunan akış-konum ortalamaları aşağıdaki gibidir :

Tezgâhlar	X*	Toplam Üretim
A	1,3	460
B	3,0	520
C	2,5	520
D	5,0	520
E	3,2	580
F	5,8	520

- e. Makinaları aday yerlere atamaya, “toplam üretim değeri” en büyük olandan başlanır. Atamalar sırasıyla yapılır. Bir başka deyişle bir aday yer için birden çok seçenek varsa o aday yere, toplam üretim değeri en yüksek olan makina atanır.

1. Atama

580 E, ($X_E^*=3,2$ olduğundan) 3 no.lu aday yere atanır (B, ($X_B^*=3$ olmasına karşın) 520 üretim değeri nedeniyle başka bir yere atanır).

2. Atama

520, B, $X_B^*=3,0$
C, $X_C^*=2,5$ 2 no.lu aday yere atanır.
D, $X_D^*=5,0$ 5 no.lu aday yere atanır.
F, $X_F^*=5,8$ 6 no.lu aday yere atanır.

3. Atama

460, A, $X_A^*=1,3$ 1 no.lu aday yere atanır.
B, $X_B^*=3,0$ 4 no.lu aday yere atanır.

9.2 Gezi Çizelgesi (Seyir Şema) Yöntemi

9.2.1 Gezi Çizelgesi ve Özellikleri

Makinalar veya bölümler arasında malzemelerin, işgörenlerin veya araç-gerecin belli bir zaman dönemi içindeki hareketlerini sayısal olarak gösteren çizelgelere “Gezi Çizelgesi” denir. Yerleştirme düzeni tasarımında kullanılır.

Kentler arası uzaklık çizelgelerine benzeyen gezi çizelgesi şu özelliklere sahiptir :

- Uzaklık çizelgesinde rakamlar, köşegenin yalnız bir tarafında yer alırken gezi çizelgesinde köşegenin her iki yanında yer alırlar (Çünkü frezeden tornaya taşınan yük, tornadan frezeğe taşınan yüke eşit değildir).

Tablo 9.1. Uzaklık ve Gezi Çizelgeleri

a. Uzaklık Çizelgesi

→ ↓	Ankara	İstanbul	İzmir
Ankara	–		
İstanbul	500	–	
İzmir	600	650	–

b. Gezi Çizelgesi

→ ↓	Testere	Torna	Freze
Testere	–	20	18
Torna		–	32
Freze		12	–

- Gezi çizelgesinde bir satırdaki değerlerin toplamı, o sıraya karşılık gelen sütundaki değerlerin toplamına eşittir ($20+12=32$). Eşit değilse yanlışlık yapılmış demektir. Yalnız bu kural, ilk ve son satır ve sütunlarda uygulanmaz. İlk ve son satırların toplamı, ilk ve son sütunların toplamına eşittir : $[(20+18) + 12 = 0 + (18+32)]$.
- i ve j makinaları (veya bölümleri) arasındaki toplam yük (hareket) sayısı, matrisin (i, j) ve (j, i) değerlerinin toplanması ile bulunur. Örneğin torna ve freze arasındaki toplam yük sayısı : $[(2; 3) + (3; 2) = 32 + 12 = 44]$.

9.2.2 Gezi Çizelgesinin Hazırlanması

Gezi çizelgesinin hazırlanması için iki çeşit bilgi gerekir: “İşlem-Sıra Çizelgesi”, “Üretim Öngörü Çizelgesi”.

- İşlem-Sıra Çizelgesi: Her parça ya da ürünün üretim sırasında geçeceği işlemleri ve bunların sırasını gösterir. Bu bilgi, süreç akışı, rota ve işlem süreç şemalarından elde edilebilir.
- Üretim Öngörü Çizelgesi: Belli bir dönemde her parça ya da üründen ne kadar üretileceğini ve bu üretim niceliğinin iç taşıma açısından ne kadar “birim-yük” ettiğini gösteren çizelgedir.

Tablo 9.2 İşlem-Sıra Çizelgesi ve Üretim Öngörü Çizelgesi

İşlem-Sıra Çizelgesi

Ürün	İşlem Sırası
1	H-C-B-D-M
2	H-A-E-B-C-M
3	H-E-A-E-B-M
4	H-A-B-C-D-E-M
5	H-C-A-B-M
6	H-D-C-A-E-M
7	H-E-A-B-M
8	H-A-C-E-A-M
9	H-C-B-D-M
10	H-C-A-C-B-C-E-M

Üretim Öngörü Çizelgesi

Üretim/Ay	Parça Sayısı/Yük	Birim-Yük Sayısı/Ay
500	10	50
600	20	30
500	50	10
800	80	10
800	40	20
600	20	30
500	50	10
500	10	50
400	20	20
800	20	40

Daha sonra işlemler (makinalar), gezi çizelgesinin satır ve sütun başlarına yazılır ve gezi çizelgesi matrisinin öğeleri, işlem-sıra ve üretim öngörü çizelgeleri vasıtasıyla hesaplanarak doldurulur.

Yerleştirme probleminin çözümünde kolaylık sağlamak için gezi çizelgesinin satır ve sütun başlıklarının diziliş sırasını, blok plândaki makinaların diziliş sırasına göre yapmakta yarar vardır. Eğer hâlen blok plân üzerinde bir yerleşim yoksa, nitel bir yerleşim yaparak gezi çizelgesi başlıkları buna göre düzenlenir:

KALIP PLAN

→ ↓	H	A	B	C	D	E	M	Toplam
H	–	90		130	30	20		270
A		–	40	90		70	50	250
B			–	80	70		40	190
C		90	110	–	10	90	30	330
D				30	–	10	70	110
E		70	40			–	80	190
M							–	0
Toplam	0	250	190	330	110	190	270	1.340

Örnek 9.2

Bir askeri ikmal bakım merkezi, beş büyük makina kullanarak, değişik işlem sıralarına sahip on çeşit kanat parçası üreten KANAT atölyesine sahiptir. Parçalara ilişkin işlem-sıra çizelgesi, üretim öngörü çizelgesi ve makinaların varolan yerleşme plânı yukarıda verildiği gibidir. Makinalar arasındaki uzaklıklar eşit olacağına, geriye doğru taşımalar ileriye doğru taşımalara kıyasla iki katı yol katedeceğine göre “birim-yük*uzaklık” değerleri toplamının (toplam momentin) enküçüklenmesi ölçütünü dikkate alarak aşağıda istenenleri yapınız:

- İdeal etkinliği hesaplayınız.
- Varolan yerleştirmenin etkinliğini (toplam momentini) hesaplayınız.
- Optimuma yakın yerleştirme düzenini belirleyiniz.

Çözüm için öncelikle gezi çizelgesi hazırlanır (yukarıda nasıl hazırlanacağı açıklanmış ve oluşturulmuştur).

a. İdeal (%100) Etkinlik : (Birim-yük*uzaklık) değerleri toplamının alabileceği en küçük değerdir. Başka deyişle, her parçanın atlama ve geriye dönüş olmaksızın taşınması durumunda bulunacak toplam “birim-yük*uzaklık” değeridir.

Örneğin 1 no.lu parça için ideal etkinlik (ideal moment) şöyle hesaplanır:

H-C arası 1 birim uzaklık, C-B arası 1 birim uzaklık, B-D arası 1 birim uzaklık ve D-M arası 1 birim uzaklık gidileceğinden toplam 50 birim-yük, 4 birim uzaklığa taşınacaktır. Dolayısıyla 1 no.lu parça için ideal etkinlik; (50*4=) 200 olarak bulunur.

Tüm parçalar için ideal etkinlik (toplam ideal moment) aşağıdaki tablodaki gibi elde edilir :

Ürün	Birim-Yük Sayısı	Toplam Uzaklık	Moment
1	50	4	200
2	30	5	150
3	10	5	50
4	10	6	60
5	20	4	80
6	30	5	150
7	10	4	40
8	50	5	250
9	20	4	80
10	40	7	280
İdeal Etkinlik			1.340

İdeal etkinliğin bulunması için bir başka yöntem de, gezi çizelgesindeki toplam satırında veya toplam sütununda yer alan değerlerin toplamının alınmasıdır. Bu toplam, ideal etkinliği verir.

b. Varolan Yerleştirmenin Etkinliği: Bu etkinliği hesaplamak için gezi çizelgesinin şu özelliğinden yararlanılır :

Makinalar gezi çizelgesine, varolan yerleştirme düzenindeki sıraya göre yerleştirilmişlerse köşegenden itibaren köşegene paralel ilk sırada yer alan rakamlar, komşu makinalar (bir başka deyişle birbirine bir birim uzaklıkta bulunan makinalar) arasındaki birim yük sayılarını gösterir.

Örneğin (H-A: 90), (A-B: 40), (B-C: 80), ... komşu makinalar arasındaki taşımaları gösterir.

Köşegene paralel ikinci sırada yer alan sayılar, varolan yerleştirmede birbirine 2 birim uzaklıkta bulunan makinalar arasındaki birim yük sayılarını gösterir, vb...

Köşegenin üstündeki sayılar ileriye doğru taşımaları, köşegenin altındaki sayılar geriye doğru taşımaları gösterir.

Buna göre varolan yerleştirmenin etkinliğini hesaplarken şu işlemler yapılır:

- Köşegenin üstünde ilk sırada yer alan sayılar 1 ile, 2. sırada yer alan sayılar 2 ile, ... çarpılır (birim-yük*uzaklık) ve toplanır (aynı moment hesabında olduğu gibi).
- Köşegenin altında ilk sırada yer alan sayılar (2*1=) 2 ile, 2. sırada yer alan sayılar (2*2=) 4 ile, ... çarpılarak toplanır (geriye hareketler, “geriye gidiş + yine ileriye gidiş” biçiminde iki harekete yol açtığından).

Köşegenin üstündeki ve altındaki değerlerin momentlerinin toplamı, bize varolan etkinliği verir.

	İleriye Üstünde)	(Köşegenin Üstünde)	Geriye Altında)	(Köşegenin Altında)
Köşegenden Uzaklık	Birim-Yük Sayısı	Moment	Birim-Yük Sayısı	Moment
1	310	310	140	1*2*140=280
2	320	640	90	2*2*90=360
3	160	480	40	3*2*40=240
4	140	560	70	4*2*70=560
5	70	350	0	0
Toplam	1.000	2.340	340	1.440

Genel Toplam 1.340 3.780

(ideal etkinlik) **(varolan etkinlik)**

Varolan yerleştirme etkinlik oranı = $1.340 / 3.780 = \% 35,5$

c. Daha İyi Bir Yerleştirme Düzeninin Araştırılması : İdeal bir yerleştirme düzeninde tüm birim-yük sayılarının, gezi çizelgesinin köşegeninin üstündeki ilk sırada yer alması gerekir. Böylece taşımalar, atlama ve geri dönüş olmaksızın makinalar arasında olacaktır.

Öyleyse yerleştirme düzeninde iyileştirme yapabilmek için geriye dönüşleri ve atlamaları yok edecek biçimde makinaların yerlerinin değiştirilmesi gerekir. Bu amaçla gezi çizelgesine bakılır. Köşegenin altında en uzak noktada bulunan E-A hareketi ($2*4*70=$) 560 birimlik momente neden olduğundan E ve A yanyana getirilmelidir. E'den A'ya 70 birim-yük, A'dan E'ye 70 birim yük taşındığından E veya A'dan herhangi biri diğerinin önüne gelecek biçimde yerleştirilir. (A-E) yerleşim sırası seçilmiş olsun.

Öte yandan E-B hareketi de toplam taşımaya ($2*3*40=$) 240 moment katmaktadır. Bu nedenle E ve B yaklaştırılmalıdır. E'den B'ye 40 birim-yük taşındığından ve B'den E'ye taşıma olmadığından E, B'den önce gelecek biçimde (E-B) yanyana getirilir.

Öte yandan C-A ve C-B hareketleri etkinliği azaltmaktadır. Ayrıca C, hammadde deposundan çok malzeme aldığı halde depoya uzaktır. Dolayısıyla C, H'den sonra A'dan önce gelmelidir (H-C-A).

Buna göre yeni yerleşimde diziliş biçimi H-C-A-E-B-D-M olmalıdır.

ŞEKİL

İkinci Yineleme :

Gezi çizelgesi yeni yerleşime göre düzenlenerek, yeni düzenlemenin etkinliği önceki gibi hesaplanır ve yerleştirme düzeninde daha çok iyileştirme yapılamayınca dek benzer işlemler yinelenir.

İkinci yerleşime göre gezi çizelgesinin hazırlanması :

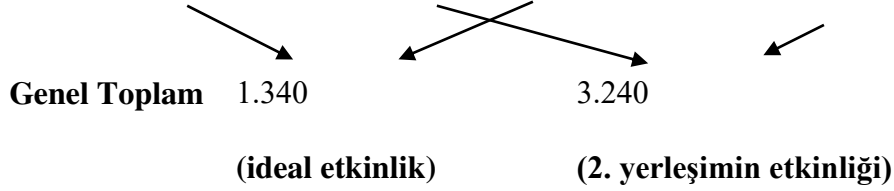
→	↓	H	C	A	E	B	D	M	Toplam
H		–	130	90	20		30		270
C			–	90	90	110	10	30	330
A			90	–	70	40		50	250
E				70	–	40		80	190
B			80			–	70	40	190
D			30		10		–	70	110

M							-	0
Toplam	0	330	250	190	190	110	270	1.340

İkinci yerleşimin etkinliğinin hesaplanması :

İleriye (Köşegenin Üstünde) Geriye (Köşegenin Altında)

Köşegenden Uzaklık	Birim-Yük Sayısı	Moment	Birim-Yük Sayısı	Moment
1	470	470	160	1*2*160=320
2	260	520	10	2*2*10=40
3	210	630	80	3*2*80=480
4	60	240	30	4*2*30=240
5	60	300	0	0
Toplam	1.060	2.160	280	1.080



$$\text{Etkinlik oranı} = 1.340 / 3.240 = \% 41,36$$

B-C hareketi (80*2*3=) 480 moment, D-C hareketi (30*2*4=) 240 moment eklediğinden; C, B ve D'ye yaklaştırılmalıdır.

Buna göre yeni yerleşimde (3. yerleşim) diziliş biçimi şöyle olacaktır:

ŞEKİL

Yeni yerleşime göre gezi çizelgesi ve etkinlik hesabını yapalım:

Üçüncü yerleşime göre gezi çizelgesinin hazırlanması :

→ ↓	H	A	E	C	B	D	M	Toplam
H	–	90	20	130		30		270
A		–	70	90	40		50	250
E		70	–		40		80	190
C		90	90	–	110	10	30	330
B				80	–	70	40	190
D			10	30		–	70	110
M							–	0
Toplam	0	250	190	330	190	110	270	1.340

Üçüncü yerleşimin etkinliğinin hesaplanması :

İleriye (Köşegenin Üstünde) Geriye (Köşegenin Altında)

Köşegenden Uzaklık	Birim-Yük Sayısı	Moment	Birim-Yük Sayısı	Moment
1	410	410	240	1*2*240=480
2	200	400	120	2*2*120=480
3	200	600	10	3*2*10=60
4	80	320	0	0
5	80	400	0	0
Toplam	970	2.130	370	1.020

Genel Toplam 1.340 (ideal etkinlik) **3.150 (3. yerleşimin etkinliği)**

Etkinlik oranı = 1.340 / 3.150 = % 42,54

10. TESİS YERİ SEÇİMİ

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- Tesis Yeri Seçimi Problem Tanımı
- Tesis Yeri Seçimi Problemlerinin çözümleri

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

1- Tesis yeri seçimi için kullanılan teknikler hangileridir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği

Anahtar Kavramlar

Tesis Yeri Seçimi

Etmen-Puan Analizi

Ulaştırma Problemi

Giriş

Bu bölümde tesis yeri seçimi problemini ve çözüm yöntemlerini ele alacağız.

10.1. Tesis Yer Seçimi Sorunu Çözüm Yöntemi

Bir kuruluş yeri seçimi problemini çözmek için geliştirilmiş yöntemler, sorunun yapısına göre farklı ön bilgilerin elde edilmesine gereksinim gösterir. Aşağıda bu ön bilgilerden bazıları verilmiştir:

- Ulaşılmak istenen amaç
- Yer seçimini etkileyen etmenler
- Etmenlerin önem dereceleri
- İşletmeyle ilgili kapasite, gelecekteki üretim miktarı vb. bilgiler
- Aday yerlerle ilgili her etmenin ayrı ayrı değerlendirme sonuçları

Genel olarak yöntemler; tek tesis için en iyi yeri belirleyen ve çok sayıda tesis için en iyi yerleri belirleyen yöntemler olmak üzere iki türdür. Bu yöntemler sayısal ve/veya sayısal olmayan etmenleri kullanarak, aday yerleri karşılaştırılabilir duruma getirir; nesnel sayılabilecek bir şekilde seçime yardımcı olur. İzleyen bölümlerde, örnekler kullanılarak açıklanmış yöntemlerden sözedilecektir.

10.2 Etmen-Puan Yöntemi

Bu yöntem, daha çok sayısal olarak değerlendirilmesi yapılamayan etmenlerin diğer etmenlerle birlikte değerlendirilmesi için kullanılır.

Bu yöntemin uygulanması sırasında aşağıdaki adımlar izlenir:

- a. Gözönüne alınan kuruluş yeri etmenlerinin her biri için verilecek en yüksek puan saptanır.
- b. Her etmenin çeşitli düzeyleri saptanıp, her düzey için uygun puanlar verilir.
- c. Elde edilen sonuçları tablolar halinde düzenlenir.

Örnek 10.1.

Bir firma bir fabrika kurmayı tasarlamaktadır. Firma, yaptığı araştırmalar sonunda kuruluş yeri olarak üç seçenek yer (A, B, C) üzerinde durmakta olup, bunları değerlendirmek için on etmeni gözönüne almıştır. Sıra, bu etmenlerin her birine verilecek en yüksek puanın saptanmasına gelmiştir. Puanlar genellikle 100 veya 1.000 üzerinden verilir. 1.000 puan üzerinden değerlendirme yapıldığını, etmenlerin ve etmenlere düşen puanların tablodaki gibi belirlendiğini düşünelim.

No	Etmen	En Yüksek Puan
1	Pazara yakınlık	180
2	İşgücü	180
3	Enerji	120
4	Hammadde	110
5	Toplumun tutumu	110
6	Eğitim sistemi	80
7	Güvenlik ve itfaiye örgütleri	60
8	İç ulaşım	50
9	İklim	70
10	İskân durumu ve diğer hizmetler	40
	TOPLAM	1.000

Etmenlerin panları saptandıktan sonra değerlendirmeye geçilir. Bu değerlendirme, her etmenin gerekli düzeyleri saptanarak puanlandırmak sùretiyle yapılır. Örneğın işgücü etmeninin değerlendirilmesi, tabloda verildiğı şekilde yapılabilir.

Bu işlemler her etmen için yapıldıktan sonra sonuçlar bir tabloda toplanır. Diğer etmenlerin aynı işlemleri gördüğü kabul edilerek tablo'da elde edilen sonuçlar verilmiştir.

İşgücü Düzeyi	Puan
a. Güçlü sendikacılık, her an grev olma olasılığı var	0
b. Düşmanca tutumlu sendikalar var	30
c. Sendikacılık yok	90
d. Zayıf sendikalar var, işgücü sorunları yok	130

e. İşbirlikçi sendikalar; çok iyi işçi-işveren geçmişi var	180
--	-----

Etm Sıra No	Puanlar		
	A Aday Yeri	B Aday Yeri	C Aday Yeri
1	80	35	180
2	130	180	30
3	50	45	70
4	20	60	80
5	110	110	30
6	45	5	80
7	40	50	0
8	50	30	43
9	55	15	50
10	15	5	40
Toplam	595	535	603

Tablonun incelenmesinden görülüyor ki, puan toplamı bakımından B en kötü durumdadır. O hâlde salt A ve C'nin karşılaştırılması yapılır. Bu durumda yapılacak iş A ve C yerlerinden birini seçmek veya mâliyetli değilse bu iki yer arasında karşılaştırmayı biraz derinleştirmektir.

Bu yöntem, değerlendirme bir uzman heyet tarafından yapılsa bile insan etmenine bağlı olduğundan hatalı sonuç verebilir.

10.3 Sıralama ve Mâliyet Elverişliliği Yöntemi

10.3.1. Genel Bilgi

Etmenlere belirli ağırlıklar verilerek, aday kuruluş yerlerinin birbirleriyle karşılaştırılması şeklinde işleyen bu yöntem, doyurucu çözümler vermemekle birlikte en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Aday yerlerin, her etmen için aldıkları puanlar belirlenir. Ardından bu puanlar, aday yerler için ayrı ayrı toplanarak, aday yerlerin bir bakıma önemini yansıtan toplam puanlar elde edilir. Toplam puanlar itibarıyla iyiden kötüye doğru bir sıralama yapılır. Bu sıralamada başlarda bulunan birkaç aday yer, mâliyet elverişliliği açısından ikinci bir incelemeye tâbi tutularak, en iyi kuruluş yeri saptanır. Bu işlemler tam ters bir sırayla da yapılabilir. Yâni önce mâliyet elverişliliği açısından aday yerler karşılaştırılır. Ardından daha iyi durumda olan birkaç aday yer, diğer etmenler dikkate alınarak sıralanır.

10.3.2. Sıralama

Burada kolaylıkla ölçülemeyen ya da ölçülmesi pahalıya mâlolan etmenler, grup uzlaşımı gibi nesnel yaklaşımlarla sayısallaştırılır. Etmenlerin seçim açısından taşıdığı önemlerin eşit olup olmamasına göre üç türlü ağırlıklandırma yöntemi kullanılır. Bunlar aşağıda kısaca ve basit örneklerle açıklanmıştır:

1. Eşit Ağırlıklandırma: Tüm etmenler eşit önemde görülerek (tüm etmenlere eşit ağırlıklar verilerek) aday yerler her etmene göre aynı tam puan üzerinden değerlendirilir. Beş aday yerin (A, B, C, D, E), beş etmene göre 100 tam puan üzerinden değerlendirildiği bir yer seçimi örneği için veriler ve sıralama sonuçları, Tablo'da verilmiştir.

Yer Seçimi Etmeni	Aday Yerler				
	A	B	C	D	E
İşgücü bolluğu	50	70	50	50	70
İşgücü kalitesi	70	100	70	100	100
Sosyal çevre	70	70	60	70	100
Bölgenin gelişimi	80	100	60	80	100
Sosyal tesisler	50	100	40	100	100
Toplam Puan	320	440	280	400	470
Seçim Sırası	4	2	5	3	1

Bu durumda en iyi aday yer E'dir. Sonra sırasıyla B, D, A ve C'dir.

2. Farklı Ağırlıklandırma: Tüm etmenler farklı önemde görülerek (tüm etmenlere farklı ağırlıklar verilerek), aday yerler her etmene göre farklı tam puan üzerinden değerlendirilir. Bu yöntem, etmenler farklı önem derecelerine sahipse kullanılır. Üç aday yerin (A, B, C), dokuz etmene göre farklı önem puanları üzerinden değerlendirildiği bir yer seçimi örneği için veriler ve sıralama sonuçları, Tablo 4.11.'de görülmektedir.

3. Çift Ağırlıklandırma: Etmenlere değişik ağırlıklar verildikten sonra, her aday yer ortak bir ölçek üzerinden puanlandırılır. Daha sonra, bu ağırlıklar aday yer puanlarıyla çarpılarak, her aday yerin her etmene göre aldığı ağırlıklı puan bulunur. En gerçekçi yaklaşımdır. Yöntem, maddeler hâlinde aşağıda açıklanmıştır.

- a. Yer seçimi etmenleri belirlenir.
- b. Değişik uzmanlarca etmenlerin önem sıralaması yapılır ve önem (ağırlık) puanları belirlenir.
- c. Etmenlerin ağırlık puanları, toplamaları 1 edecek biçimde yeniden belirlenir (ayarlanmış önem puanları bulunur). Bunun için her etmenin önem puanı, etmenlerin önem puanları toplamına bölünür.
- d. Aday yerler, her etmen için aynı tam puan (örneğin 100) üzerinden puanlandırılır.
- e. Ayarlanmış önem puanları, her etmen için aday yer puanlarıyla çarpılarak aday yerlerin çift ağırlıklandırılmış puanları bulunur.
- f. Bu değerler her aday yer için toplanarak sıralama yapılır.

		Aday Yerler		
Yer Seçimi Etmeni	Önem Puanı	A	B	C
Su	120	100	90	60
Hammadde	100	70	80	90
Kanalizasyon	80	70	40	80
Ulaşım	50	40	40	35
İşgücü	40	25	30	35
Enerji	40	35	30	35
Sosyal yaşam	35	30	25	10

Arazi	25	20	20	25
Vergiler	20	10	15	15
Toplam Puan	510	400	360	385
Seçim Sırası		1	3	2

Bu yöntem kullanılarak yapılan bir sıralama örneği, üç aday yer (A, B, C) ve yedi etmen için Tablo'da verilmiştir.

(ÇAP: Çift Ağırlıklandırılmış Puan)

			Aday Kuruluş Yerleri					
			A		B		C	
Yer Seçimi Etmeni	Önem Puanı	Ayarlanmış Önem Puanı	Puan	ÇAP	Puan	ÇAP	Puan	ÇAP
Hammadde	100	0,23	90	20,7	95	21,9	100	23,0
İşgücü	90	0,21	80	16,8	85	17,9	90	18,9
İmâr	80	0,18	50	9,0	70	12,6	95	17,1
Ulaştırma	70	0,16	70	11,2	85	13,6	100	16,0
Pazara yakınlık	50	0,11	80	8,8	90	9,9	95	10,5
İklim koşulları	30	0,07	80	5,6	85	6,0	90	6,3
Enerji	20	0,04	75	3,0	80	3,2	80	3,2
Toplam	440	1,00		75		85		95
Seçim Sırası			3		2		1	

Burada örneğin hammadde durumu için ayarlanmış önem puanı şu şekilde hesaplanır:

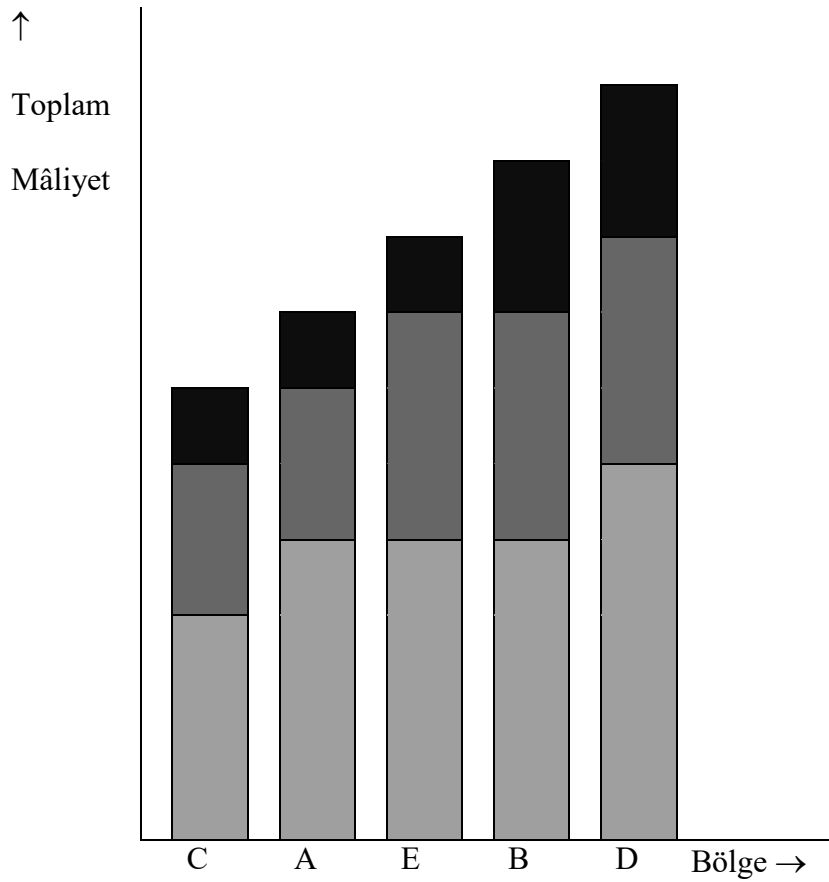
$$100 / 440 = 0,23$$

A aday yerinin hammadde etmeni için çift ağırlıklandırılmış değeri ise şöyle hesaplanır:

$$0,23 * 90 = 20,7$$

10.3.3. Mâliyet Elverişliliği

Örneğin tüm özellikleri belirlenmiş bulunan bir fabrikanın A, B, C, D, E harfleri ile gösterilen bölgelerden birinde kurulmasının sözkonusu olduğunu varsayalım. Önce görünür mâliyet öğeleri olarak nitelediğimiz; işçilik, ulaştırma, arazi fiyatı, vergi, enerji, su vb. etmenlerin karşılaştırılması için Şekil 10.1'deki gibi bir histogram çizilebilir (Göbeniz, 1992). Histogram uzunlukları, her aday bölgeye ilişkin toplam mâliyetleri gösterir. Etmenlerin toplam mâliyetteki payları, farklı taranmış bölgelerin uzunlukları ile temsil edilir. Hesaplama sonunda bölgeler, en düşük mâliyetliden en yüksek mâliyetliye doğru sıralanıp histogramları çizilirse, basit fakat derhal kıyaslama yapma olanağı veren bir araç elde edilmiş olur.



Şekil 10.1. Yer seçiminde görünür mâliyet öğelerinin kıyaslanması

Son kararı vermek için salt bu sonuçla yetinmeyip, görünmeyen mâliyet öğelerini de, hiç değilse kabaca incelemek gerekir. Ancak bunlar, geniş kapsamlı ve yüksek mâliyetli araştırmalara gidilmedikçe kesin değerleri ölçülemeyen etmenlerdir. Kaba bir inceleme için bunlara öznel (sübjektif) değerler vererek bir kıyaslama tablosu yapmak yeterlidir. İstenirse bu değerlere sonradan bir ağırlık veya puan verilen sayısal bir kıyaslamaya gidilebilir. Tablo 10.1 bu amaçla hazırlanmıştır. Tabloda, görünür mâliyetler bakımından en avantajlı olan C'nin E ve B'den sonra geldiği göze çarpmaktadır. Ancak, örneğin E'yi C'ye yeğlemek için,

görünmeyen mâliyetlerin sağladığı avantajların, görünür mâliyetler arasındaki farktan büyük olduğunu kesinlikle söylemek olanaklı değildir. Bu noktada yönetici, önsezi ve deneyimini, kararlarını etkileyecek son etmen olarak kullanmak zorundadır.

Fabrikanın kurulacağı bölge seçildikten sonra o bölgedeki varolan arazilerden en uygununu seçme problemi ile karşılaşılır. Arazi parçasının endüstriye ayrılmış bir site içinde olması, fabrikanın plânlanan kapasitesi için gerekli tesisleri yerleştirme olanağını sağlaması ve gelecekteki gelişmeler için elverişli boş alan bulunması etmenleri gözönüne alınmalıdır. Son yıllarda çevre kirlenmesi sorununun uyandırdığı sert tepkilere bakılırsa, fabrika yerinin seçiminde tehlikeli atıkların atılması, doğal kaynaklara zarar verilmemesi, civardaki yerleşme bölgelerinin duman, koku vb. atıklardan etkilenmemesi gibi sorunların önem bakımından diğerlerinin önüne geçtiği ileri sürülebilir. Çevre kirlenmesini önlemek amacıyla katlanılan mâliyet artışlarının toplam mâliyet içindeki payının önemli oranlara yükseldiği söylenmektedir. Ancak ileri teknolojinin, onu yaratan insanları daha fazla zehirlememesi için, bu mâliyetlerin kaçınılmazlığını kabul etmek gerekir.

Tablo 10.1 Görünmeyen mâliyet öğelerini kıyaslama tablosu

Yer Seçimi Etmeni	Değerlendirme Sonuçları				
	C	A	E	B	D
İşgücü bolluğu	Yeterli	Yeterli	Çok	Çok	Yeterli
İşgücü kalitesi	İyi	İyi	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi
Sosyal çevre	Orta	İyi	Çok iyi	İyi	İyi
Bölgenin gelişimi	Normal	Hızlı	Çok hızlı	Çok hızlı	Hızlı
Sosyal tesisler	Yetersiz	Yeterli	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi

Örnek 10.2

İki aday kuruluş yeri, tabloda verilen puan ve ağırlıklara göre, altı etmen dikkate alınarak değerlendirilecektir. Eşit ve farklı ağırlık yöntemlerine göre hangi aday yerin tercih edilmesi gerektiğini belirleyiniz.

Etmen No	Etmen Ağırlığı (%)	10 Tam Puan Üzerinden Aday Yerlerin Aldığı Puanlar	
		1. Aday Yer	2. Aday Yer
1	10	3	8

2	20	6	7
3	20	7	6
4	10	6	5
5	15	6	6
6	25	8	6

Eşit ağırlık durumuna göre;

1. aday yerin toplam puanı = 36

2. aday yerin toplam puanı = 38

olup, daha yüksek toplam puana sahip olan 2. aday yer seçilmelidir.

Farklı ağırlık durumuna göre aday yerlerin toplam puanları, tabloda verildiği gibi hesaplanır. Görüldüğü gibi 1. aday yerin toplam ağırlıklı puanı daha iyi olduğundan bu yer seçilmelidir.

Etmén No	Ağırlıklı Puan	
	1. Aday Yer	2. Aday Yer
1	(% 10*3=) 0,30	(% 10*8=) 0,80
2	(% 20*6=) 1,20	(% 20*7=) 1,40
3	(% 20*7=) 1,40	(% 20*6=) 1,20
4	(% 10*6=) 0,60	(% 10*5=) 0,50
5	(% 15*6=) 0,90	(% 15*6=) 0,90
6	(% 25*8=) 2,00	(% 25*6=) 1,50
Toplam	6,40	6,30

Örnek 10.3

Belirli bir endüstri dalında üretim yapacak olan bir fabrikanın kuruluş yeri seçimini etkileyen etmenlere 0-10 arasında değişen ağırlıklar verilmiştir. Aday yerlerin herhangi bir etmenden alabileceği puanlar da yine 0-10 arasında değişmektedir. tablo'da verilen değerlere göre hangi aday yerin seçilmesi gerektiğini belirleyiniz.

Etmen No	Etmenler	Etmen Ağırlığı	Aday Yerlerin Etmenlerden Aldığı Puanlar				
			A	B	C	D	E
1	İşgücü	9	1	2	9	3	7
2	Pazara Yakınlık	7	3	1	9	5	3
3	Güvenlik	3	8	9	7	8	9
4	Ulaşım	8	2	9	9	6	4
5	Enerji	7	9	3	4	4	1
6	Yasalar	5	7	2	1	1	4

Her etmen için etmen ağırlığını, aday yerlerin etmenlerden aldığı puanlar ile çarpıp aday yerlerin ağırlıklı puanını elde edersek, tablo'daki yapıyı elde ederiz. En yüksek toplam ağırlıklı puana (270) sahip olan C aday yeri seçilmelidir.

Etmen No	Aday Yerlerin Ağırlıklı Puanı				
	A	B	C	D	E
1	9	18	81	27	63
2	21	7	63	35	21
3	24	27	21	24	27
4	16	72	72	48	32
5	63	21	28	28	7
6	35	10	5	5	20
Toplam	168	155	270	167	170

10.4 Ölçülebilir Ve Ölçülemeyen Etmenlerin Birlikte Değerlendirilmesi

10.4.1 Oranlama Yöntemi

Aday yerler değerlendirilirken, görünür mâliyet etmenleri açısından en iyi olan yer, ölçülebilir etmenlere göre en iyi yerleşim yeri olmayabilir. Bu durumda hangi değerlendirme sonucu dikkate alınacaktır ? İki yaklaşım vardır:

1. Karar, karar vericinin tercihinin bırakılır.
2. Her aday yerin görünür mâliyetleri toplamı, o aday yerin ölçülemeyen etmenlerin sayısallaştırılmış değeriyle ağırlıklandırılır. Sonuçta ağırlıklı değeri en küçük olan aday yer seçilir.

Örnek 10.4

Üç aday kuruluş yerine ilişkin ölçülebilir ve ölçülemeyen etmenlerin değerlendirme sonuçları, Tabloda verilmiştir. Ölçülemeyen etmenler ile ilgili puanlar, çift ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak; ölçülebilir etmenler ile ilgili parasal değerler de mâliyet analizi ile elde edilmiştir.

Etmen Türü	Aday Yerler		
	A	B	C
Ölçülebilir Mâliyet Etmenleri (*milyar PB)	114	122	128
Ölçülemeyen Etmenler (puan)	75	85	95

Ölçülebilir mâliyet değerlerinde en küçük sayı en iyi seçeneği, ölçülemeyen etmenlere ilişkin puanlarda ise en büyük sayı en iyi seçeneği gösterdiğinden, mâliyet türü ağırlıklandırılmış değer elde edebilmek için ağırlıklandırma bölerek yapılır. Her aday yer için ağırlıklandırılmış değer şöyle bulunur:

(Ölçülebilir mâliyet etmenleri değeri / Ölçülemeyen etmenler puanı)

$$A: 114 \cdot 10^9 / 75 = 1,52 \cdot 10^9$$

$$B: 122 \cdot 10^9 / 85 = 1,44 \cdot 10^9$$

$$C: 128 \cdot 10^9 / 95 = 1,35 \cdot 10^9$$

Birim puan başına mâliyeti en düşük olan C aday yeri, kuruluş yeri olarak seçilmelidir.

10.4.2 Boyut Analizi

Aday yerlerin karşılaştırılmasında, ölçülebilen ve ölçülemeyen etmenleri, oranlama yönteminden daha farklı bir şekilde kullanan bir tekniktir.

Yöntem, maddeler hâlinde aşağıda açıklanmıştır:

1. Görünür (ölçülebilen) mâliyet etmenleri açısından her aday yerin mâliyeti belirlenir.
2. Ölçülemeyen etmenler açısından her aday yerin puanı; en iyi durum 1, en kötü durum daha yüksek bir sayı (örneğin 5) olacak biçimde karşılaştırılır.
3. Her etmen için proje görevlisince ya da grup uzlaşımı yoluyla birer ağırlık saptanır (w_i ; $i = 1, 2, \dots, n$).
4. İki aday yer alınarak aşağıdaki karşılaştırma oranı bulunur. Burada, E_{Ai} ve E_{Bi} , aday yer A ve B'nin i. etmene göre mâliyeti veya puanıdır. w_i ise i. etmenin ağırlığıdır.

$$A/B = (E_{A1}/E_{B1})^{w_1} * (E_{A2}/E_{B2})^{w_2} * \dots * (E_{An}/E_{Bn})^{w_n}$$

5. Eğer oran 1'den büyük ise, pay ve paydada mâliyetler yer aldığından B daha iyi yerdir (A elenir); 1'den küçük ise A daha iyi yerdir (B elenir); 1'e eşitse herhangi bir yer seçilir.
6. Daha iyi olan yer, yeni bir aday yerle, (4) ve (5) adımları kullanılarak, başka aday yer kalmayınca dek karşılaştırılır.

Örnek 10.5

Yeni kurulacak bir fabrika için kuruluş yeri belirlenmek istenmektedir. İki aday yer (A ve B), altı etmene göre değerlendirilmiştir. Etmenlerden ilk üçü mâliyet değerleriyle ($*10^6$ PB) değerlendirilmiştir. Son üçü ise, Tablo'da belirtilen değerlendirme plânına göre puanlandırılmışlardır. Değerlendirme sonuçları, Tablo'de verilmiştir. Bu iki aday yerden hangisinin seçilmesi gerektiğini, boyut analizine göre belirleyiniz.

İşgücü sağlama	Araştırma Ortamı	Toplum Davranışları	Puan
Olası değil	Okul ve AR-GE kurumları yok	İşletme etkinliklerine karşı etkin baskı grupları var	5
Yüksek ücretle sınırlı işgücü	Birçok düşük kaliteli okul	İşletme etkinlikleri bazı kısıtlamalarla benimsenebilir	4

Şimdilik iyi, gelecekte kuşkulu	İyi AR-GE kuruluşları	İşletme etkinliklerine karşı ilgisizlik var	3
Nitelikli yeterli işgücü	İyi AR-GE kuruluşları ve okullar	İşbirliği eğilimi var	2
Çok nitelikli bol işgücü	Mükemmel araştırma ortamı	İşbirlikçi, yardımcı ve özendirici tutum var	1

i	Etmen (E _i)	Aday Yer-A (E _{Ai})	Aday Yer-B (E _{Bi})	Etmenin Ağırlık Derecesi (w _i)
1	Arsa	60	30	5
2	İnşaat Mâliyeti	100	80	5
3	Vergiler	8	5	5
4	İşgücü Sağlama	2	1	3
5	Araştırma Ortamı	1	2	2
6	Toplum Davranışları	3	1	3

Boyut analizini kullanarak karşılaştırma oranını hesaplayalım:

$$A/B = (60/30)^5 * (100/80)^5 * (8/5)^5 * (2/1)^3 * (1/2)^2 * (3/1)^3$$

$$= 55.296$$

Oran (A/B=55.296) 1'den büyük olduğundan, B aday yeri seçilir. Eğer üçüncü bir aday yer olsaydı, o da aynı yöntemle B aday yeri ile karşılaştırılacaktı.

10.5 ULAŞTIRMA (TRANSPORTASYON) TEKNİĞİ

10.5.1 Genel Bilgi

Bu teknik, kuruluş yeri sorununda ulaştırma (transportasyon) mâliyetlerinin enküçüklenmesi koşulundan hareket ederek, fabrika kuruluş yerinin belirlenmesinde kullanılır ve uygulanmasındaki amaç, şu şekilde ifade edilebilir: *Taşıma veya (üretim+taşıma) mâliyetlerinin enküçüklenmesi için, varolan ve yeni kurulacak tesislerin, üretimin istem merkezlerine nasıl atanabileceğinin saptanması.* Böyle bir amaca ulaşabilmek için doğrusal programlamanın transportasyon tekniğinden yararlanır.

Yöntemin uygulanabilmesi için, aşağıdaki bilgilerin saptanması gerekmektedir:

1. Gözönüne alınan tüketim merkezlerinin ürün istem miktarları
2. Varolan ve yeni kurulacak tesisin/tesislerin üretim kapasitesi ve birim ürün üretim mâliyetleri
3. Tüketim merkezlerine gönderilecek ürünler için ürün başına (örneğin birim ağırlık başına) taşıma mâliyetleri

10.5.2. Model Kurulması

Ürünler bâzı fabrikalardan alınıp, bâzı tüketim merkezlerine gönderilmektedir. Ürünler bazında fabrika kapasiteleri belli olup, tüketim merkezlerinin istemleri ve fabrikalardan tüketim merkezlerine gönderilen ürünlerin birim taşıma mâliyetleri de bellidir. Bu durumda en küçük toplam taşıma mâliyetini verecek olan ek fabrika kuruluş yeri aranmaktadır. Kullanılacak semboller aşağıda verilmiştir:

P_i : Fabrika no (Üretim yeri) [$i = 1, 2, \dots, m$]

Q_j : Tüketim (İstem) Merkezi [$j = 1, 2, \dots, n$]

X_{ij} : P_i fabrikasından Q_j tüketim merkezine gönderilen ürün miktarı

a_i : P_i fabrikasında üretilen ürün miktarı (fabrika kapasitesi)

b_j : Q_j tüketim merkezinin istemi

C_{ij} : P_i fabrikasından Q_j tüketim merkezine bir birim ürün taşıma mâliyeti

Bu sembolleri kullanarak, amacı gerçekleştirecek doğrusal programlama modelini kuralım:

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Enk } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (C_{ij} * X_{ij}) \quad (4.4)$$

Fabrika Kapasite Kısıtları

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i \quad [i = 1, 2, \dots, m] \quad (4.5)$$

Tüketim Merkezi İstem Kısıtları

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j \quad [j = 1, 2, \dots, n] \quad (4.6)$$

Negatif Olmama Kısıtları

$$X_{ij} \geq 0 \quad [\forall i \text{ ve } j \text{ için}] \quad (4.7)$$

(4.5) ifâdesi bize, n tüketim merkezi için P_i fabrikasından gönderilen ürünlerin toplam miktarının, fabrika kapasitesi kadar olması gerektiğini göstermektedir. (4.6) ifâdesinden ise, m fabrikadan Q_j tüketim merkezine gönderilen ürünlerin toplam miktarının, tüketim merkezinin istemi kadar olması gerektiğini anlıyoruz.

İstemlerin tam olarak karşılanması ve fabrika kapasitelerinin tam olarak kullanılması durumları için (4.8) ifâdesini yazabiliriz:

$$\sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \right) = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m X_{ij} \right) \quad (4.8)$$

(4.8) ifâdesinden yararlanarak (4.9) ifâdesini yazabiliriz:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (4.9)$$

Yâni istem toplamı, kapasite toplamına eşit olmalıdır. Bu durumda (m+n) denklemden yalnız (m+n-1) kadarı doğrusal olarak bağımsızdır ve bundan dolayı (m+n-1) birincil değişken ile $[mn - (m+n-1) = (m-1)(n-1)]$ ikincil değişken içeren bir ana çözüm vardır. Tüm sistem yönlere ve kaynaklara göre simetriktir. Bu durum, dengeli bir ulaştırma modelini göstermektedir.

(m=) 2 fabrika ve (n=) 3 tüketim merkezi olduğunu düşünerek (4.5) ve (4.6) ifâdelerini şu şekilde açabiliriz:

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} = a_1$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} = a_2$$

$$X_{11} + X_{21} = b_1$$

$$X_{12} + X_{22} = b_2$$

$$X_{13} + X_{23} = b_3$$

Fabrikalardan tüketim merkezlerine gönderilen ürün miktarlarını ve birim ürün taşıma mâliyetlerini Tablo'daki gibi toplu olarak gösterebiliriz. Matrisin gözlerinde sol üst köşede bulunan değer taşınan miktarı, sağ alt köşede bulunan değer ise birim taşıma mâliyetini göstermektedir. Bu tabloyu **ulaştırma çizelgesi** olarak adlandırabiliriz.

		TÜKETİM MERKEZİ					Kapasite
		Q ₁	Q ₂	Q ₃	...	Q _n	
F A B R i K A	P ₁	X ₁₁ C ₁₁	X ₁₂ C ₁₂	X ₁₃ C ₁₃	...	X _{1n} C _{1n}	a ₁
	P ₂	X ₂₁ C ₂₁	X ₂₂ C ₂₂	X ₂₃ C ₂₃	...	X _{2n} C _{2n}	a ₂
	P ₃	X ₃₁ C ₃₁	X ₃₂ C ₃₂	X ₃₃ C ₃₃	...	X _{3n} C _{3n}	a ₃

	P _m	X _{m1} C _{m1}	X _{m2} C _{m2}	X _{m3} C _{m3}	...	X _{mn} C _{mn}	a _m
İstem	b ₁	b ₂	b ₃	...	b _n	$\sum a_i = \sum b_j$	

Tablo'dan rahatlıkla anlaşılacağı gibi P_m satırının Q_n sütunu ile kesiştiği gözdeki X_{mn} değeri, m fabrikasından n tüketim merkezine gönderilen ürün miktarını, C_{mn} değeri ise bu durumdaki her birim ürünü taşıma mâliyetidir. C_{ij} değerleri, modelin çözüm adımları sırasında sabit kalmakta olup X_{ij} değerleri her adımda salt ana değişkenlerin değerlerini içerir.

Kısıtlardan herhangi biri eşitlik şeklinde değil de, eşitsizlik şeklinde, aşağıdaki gibi verilmiş olsun:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq a_i \quad [i = 1, 2, \dots, m] \quad (4.10)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq b_j \quad [j = 1, 2, \dots, n] \quad (4.11)$$

Bunun anlamı, kapasitenin tam olarak kullanılmaması veya istemin tam olarak karşılanmaması durumlarının da kabul edilmesidir. Bu, dengelenmemiş bir ulaştırma modelini göstermektedir. Bu durumda yapılacak ilk iş, eşitsizliklerden kurtulmaktır. Bunun için y_i (i fabrikasının kullanılmayan kapasitesi) ve z_j (j tüketim merkezinin karşılanamayan istemi) değişkenleri kullanılarak; (4.10) ve (4.11) ifâdeleri aşağıdaki şekle getirilebilir:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} + y_i = a_i \quad [i = 1, 2, \dots, m] \quad (4.12)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} + z_j = b_j \quad [j = 1, 2, \dots, n] \quad (4.13)$$

Böylece her fabrika için bir kullanılmayan (sanal) kapasite veya her tüketim merkezi için bir karşılanamayan (sanal) istem değişkeni kullanılarak çözüme gidilir.

11. TESİS YERİ SEÇİMİ MODEL ve TEKNİKLERİ-I

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

1-Tesis yeri seçimi için kullanılan teknikler hangileridir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği

Anahtar Kavramlar

Tesis yeri seçimi

Giriş

Bu bölümde literatürde ve pratikte kullanılan algoritmik tesis yeri seçimi tekniklerini uygulamalı olarak ele alacağız.

11.1. Tek Tesis Yerleştirme Problemlerine İlişkin Model Ve Teknikler

İşyeri düzeni ve yerleştirme problemlerinin kimileri, varolan işyeri düzeninde tek yeni bir tesisin yerleştirilmesi veya tek bir bölüm için işyeri tasarımını içerir.

İşyeri düzenleme ve yerleştirme problemlerinin çözülmesinde nicel (sayısal) öğelerin yanısıra nitel öğelerin de gözönüne alınması çok güç bir iştir. Bu nedenle nicel ve nitel öğelerin, seçenekli çözümlerin yeterince değerlendirilebilmesi için nicel biçimde birleştirilmesi zor olmaktadır.

Genellikle, kimi işyeri düzeni ve yerleştirme problemlerinin nicel amaç kullanılarak çözüldüğü, daha sonra çözümün nitel incelemelere dayanılarak değiştirildiği gözlemlenir. Normal koşullar altında bu süreç oldukça yeterlidir ve nitel incelemeleri gözönüne almayan bir yaklaşımdan daha üstündür.

Uygulamada sık sık karşılaşılan işyeri düzeni problemlerinden biri de, belli sayıda varolan tesislere ek bir yeni tesisin yerinin nasıl belirleneceğidir. Kuşkusuz aranan yer, uygun biçimde tanımlanmış bir toplam mâliyet işlevini enküçükleyen yerdir. Toplam mâliyetin yol ile orantılı olduğu varsayılmaktadır.

Tek tesis yerleştirme sorununa örnek olabilecek ilginç bâzı durumlar şunlardır :

1. İşlik (Atölye) içinde yeni torna tezgâhı
2. Bir üniversite kampüsünde yeni derslikler binası
3. Bir kütüphanede fotokopi makinası
4. Kimyasal üretimde yeni bir pompa

11.2 Genel Modelin Kurulması

İşletmenin yerleştirme düzeni problemiyle karşı karşıya bulunan bölümü, koordinat sisteminin bir kısmında gösterilebilmektedir. Şu anda bilinen P_1, P_2, \dots, P_m noktalarında m adet tesis bulunmaktadır. Yeni bir tesis X noktasına yerleştirilecektir ve taşıma niteliğinde mâliyetler, yeni tesis ile varolan i tesisi arasında uygun biçimde belirlenmiş yol ile doğrudan orantılı olarak oluşmaktadır.

Yeni tesis ile varolan tesisler arasındaki gidişlerden doğan toplam yıllık malzeme aktarma gideri, aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilmektedir :

$$\text{Enk } f(X) = \sum_{i=1}^m [w_i * d(X, P_i)] \quad (7.1)$$

$d(X, P_i)$: X ve P_i noktaları arasındaki her gidişte katedilen uzaklık

w_i : Ağırlık (Belirli bir dönemde X- P_i noktaları arasındaki gidiş sayısı)

Tek tesis yerleştirme problemi; yeni tesisin toplam malzeme aktarma mâliyet gideri $f(X)$ 'i enküçükleyen yer olan X_0 'ı belirlemektedir. w_i terimi, ağırlıklar olarak nitelendirilmiştir. Yeni tesisle eski tesisler arasındaki gidiş sayısı, birim uzaklığı taşıma mâliyetleriyle ağırlıklandırdığından bu kavram kullanılmıştır.

Boyutsal olarak $f(X)$ terimi (TL/yıl), w_i terimi [(TL/uzaklık)*(gidiş/yıl)] ve $d(X, P_i)$ de (uzaklık/gidiş) olarak birimlendirilir. Eğer $d(X, P_i)$ her gidişte 2 km ve [$w_i=5$ TL/km*1.700 gidiş/yıl = 8.500 (TL/km)*(gidiş/yıl)] ise [$w_i*d(X, P_i)=17.000$ TL/yıl] olur.

Mâliyet birçok uygulamada mâliyet, değişmez bir değer olduğundan; enküçükleme problemi çoğunlukla, uzaklığı enküçükleyen yeri belirlemeye indirgenmektedir.

Yeni tesis ile eldeki tesisler arasındaki uzaklığın ölçüm biçimine göre model, üç değişik biçimde incelenebilir :

1. Zigzaglı uzaklık modeli
2. Ağırlık merkezi (Çekim) modeli
3. Düz uzaklık modeli

11.2.1. Zigzaglı Uzaklık Modeli

Birçok makina yerleştirme probleminde hareket, binanın duvarlarına paralel olan birbirine dikey koridorlar boyunca yapılır. Yeni tesisin koordinatları x ve y, varolan i tesisinin koordinatları a_i ve b_i olarak alındığında yâni $X(X_0, Y_0)$ ve $P_i (a_i, b_i)$ olduğunda X ile P_i arasındaki zigzaglı (dikdoğrusal) uzaklık şöyle ifade edilebilir :

$$d(X, P_i) = |X_0 - a_i| + |Y_0 - b_i| \quad (7.2)$$

Bu tip uzaklık; hareketin birbirine dik sokaklar boyunca yapıldığı kimi kentsel yerleştirme sorunlarında uygun uzaklıktır. Ayrıca kimi ofisler, işgören hareketini sağlamak için zigzaglı koridorlar ve holler kullanırlar.

11.2.2. Ağırlık Merkezi (Çekim) Modeli

Kimi yerleştirme sorunlarında mâliyet gideri, uzaklığın yalın doğrusal işlevi değildir. Örneğin bir itfaiye aracının bir çağrıya gitmesi mâliyeti, uzaklık ile doğrusal orantılı değildir.

Yerleştirme problemine göre $f(X)$, değişik biçimlerde formüleleştirilebilir. Burada ele alınan, $f(X)$ 'in doğrusal olmayan bir biçimi olan çekim sorunudur. Mâliyetin X ve P_i noktaları arasındaki uzaklığın karesi ile orantılı olduğu düşünüldüğünde formül şu şekilde gelir :

$$f(X) = \sum_{i=1}^m \{w_i * [(X_0 - a_i)^2 + (Y_0 - b_i)^2]\} \quad (7.3)$$

Bu tür problemler, ağırlık merkezi veya çekim problemleri olarak adlandırılır.

11.2.3. Düz Uzaklık Modeli

X ile P_i arasındaki uzaklık, düz uzaklık (Öklid uzaklığı) olarak şöyle ifade edilebilir :

$$d(X, P_i) = \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2} \quad (7.4)$$

Buna örnek olarak, kimi şebeke yerleştirme problemleri, ileteçler (konveyörler) ve hava yolculuğu ile ilgili kimi durumlar gösterilebilir.

11.3. Zigzaglı Uzaklıklı Yerleştirme Sorunları

Bu tip sorunlar, çok sayıda yerleştirme sorunlarına çok uygun uzaklık ölçüsü olması ve analitik olarak ele alınmasının çok kolay olması özelliklerini birarada toplar.

Şekil 7.1., X ve P_i arasındaki zigzaglı uzaklığı aynı olan birkaç değişik yolu göstermektedir. Doğal olarak böyle yolların sayısı sonsuzdur. Oysa bu, Öklid uzaklığı için geçerli değildir. Çünkü orada bir tek yol (düz uzaklık) vardır.

Zigzaglı uzaklık yerleştirme sorunu, matematiksel olarak aşağıdaki gibi yazılabilir :

$$\text{Enk } f(x, y) = \sum_{i=1}^m [w_i * (|x - a_i| + |y - b_i|)] \quad (7.5)$$

(7.5) formülünden görüleceği gibi sorun, aşağıdaki biçimde de yazılabilir :

$$\text{Enk } f(x, y) = \sum_{i=1}^m (w_i * |x - a_i|) + \sum_{i=1}^m (w_i * |y - b_i|)$$

Burada sağ yandaki toplam ifâdesinin iki parçası da ayrı bir enküçükleme problemi olarak ele alınabilir:

$$\text{Enk } f_1(x) = \sum_{i=1}^m (w_i * |x - a_i|) \quad (7.6)$$

$$\text{Enk } f_2(y) = \sum_{i=1}^m (w_i * |y - b_i|) \quad (7.7)$$

Zigzaglı uzaklıklı yerleştirme sorununun en iyi çözümünün kimi özellikleri şunlardır :

1. Yeni tesisin x koordinatı, şimdi varolan herhangi bir tesisin x koordinatı ile aynı olacaktır. Benzer biçimde, yeni tesisin y koordinatı, şimdi varolan herhangi bir tesisin y koordinatı ile çakışacaktır. Hiç kuşkusuz, her iki koordinatın birden, şimdi varolan bir tesisin koordinatları ile aynı olması gerekmez.
2. Yeni tesis için en iyi x (veya y) koordinatı, bir ortanca (medyan) yeridir. Ortanca yeri, “parça hareketinin yarısından fazlası yeni tesis yerinin solunda/aşağısında kalmayan, yarısından fazlası da yeni tesis yerinin sağında/yukarısında kalmayan yer” olarak tanımlanır.

11.3.1. Zigzaglı Uzaklıklı Yerleştirmede En İyi Yer Bulma İçin Yöntemler ve Örnekler

(1) Bir üniversitenin bilgi-işlem merkezine yeni bir bilgi-işlem makinasının yerleştirilmesi olayı ele alınsın. Yeni makina ile malzeme aktarma ilişkisi olan dört makinanın varolduğu düşünölsün. Varolan makinaların koordinatları da (4, 2), (8, 5), (11, 8) ve (13, 2) olsun. Ayrıca, uzaklık birimi için geliş-gidiş mâliyetinin yeni makina ile varolan tüm makinalar arasında aynı olduğu ve yeni makina ile varolan tüm makinalar arasındaki saatlik geliş-gidiş sayısı oranlarının sırasıyla 1/6, 1/3, 1/3 ve 1/6 olduğu kabul edilsin.

(7.6) ve (7.7) ifâdelerinden, en iyi x ve en iyi y koordinat değerlerinin bağımsız olarak belirlendiğı açıktır.

Yeni tesis ile varolan tesisler arasındaki malzeme aktarma hareketlerinin 6 saatlik bir dönem içinde incelenmesi uygun olacaktır. Böylece (4, 2)’deki tesise bir (1/6’dan), (8, 5)’deki tesise iki (1/3=2/6’dan), (11, 8)’deki tesise iki (1/3=2/6’dan) ve (13, 2)’deki tesise bir (1/6’dan) geliş-gidiş yapılabilir. x koordinatı ele alındığında bu koordinatlar, geliş-gidiş sayısına göre ağırlıklandırılarak “4-8-8-11-11-13” dizisi elde edilir. Ortanca yer yâni X_0 [8, 11] kapalı aralığında herhangi bir noktadır. y koordinatı ele alındığında ve bunlar artan biçimde dizildiğinde “2-2-5-5-8-8” bulunur. Böylece ortanca yeri [5, 5] kapalı aralığında herhangi bir noktadır yâni en iyi y koordinatı ($Y_0=5$)’dir.

(2) Bir otomobil kiralayan firmanın, bir kentte beş ofisi olduğunu varsayalım. Otomobil isteyen müşteri otomobili beş ofisten istediğinden almakta ve istediğine bırakmaktadır. Firma kentte, otomobillere hizmet edecek bir bakım tesisi kurmak istemektedir. Beş tesisin koordinatları (0, 0), (3, 16), (18, 2), (8, 18) ve (20, 2)’dir. Bir günde yeni bakım tesisi ve ofisler arasında taşınan otomobil sayısı sırasıyla 5, 22, 41, 60 ve 34’dür.

Amaç, otomobillerin bir günde taşındığı uzaklığı enküçükleme için yeni bakım tesisinin nereye yerleştirilebileceğini bulmaktır.

Bu soruyu, yine x ve y koordinatları için ortanca yeri bularak çözelim. Ancak ortanca yeri bulurken farklı bir yol izleyelim. x ve y koordinat değerlerini ayrı ayrı küçükten büyüğe doğru sıralayalım ve bu değerlerin karşılıklarına ağırlıklarını yazalım. Daha sonra birikimli (kümülatif) ağırlıklarını bulalım. Toplam ağırlığı hesaplayalım ve 2'ye bölelim. Ve ortanca yeri, ağırlıkların yarısından fazlasının sağında ve solunda kalmayacak biçimde belirleyelim.

Önce en iyi x koordinatı değeri belirlenecektir. Varolan tesislerin ağırlıkları toplamı 162'dir. Böylece ortanca yeri ($162/2=$) 81 birikimli ağırlığa karşılık gelmektedir. Tablo 7.1.'de görüleceği gibi, yeni tesis için uygun koordinat değeri ($X_0=$) 8'dir. Çünkü birikimli ağırlıklar 81'i ilk kez ($x=8$) olduğunda geçmektedir.

Tablo 7.1. X_0 koordinatının belirlenmesi

Varolan Tesis	x Koordinatı Değeri	Ağırlık	Birikimli Ağırlık
1	0	5	5
2	3	22	$27 < 81$
4	8	60	$87 > 81$
3	18	41	128
5	20	34	162
		$\Sigma=162$	$X_0 = 8$

Yeni tesisin en iyi y koordinatının değerini elde etmek için de benzer yöntem kullanılır. Tablo 7.2.'de görüldüğü gibi, en iyi y koordinatı değeri ($Y_0=$) 16'dır. Yeni bakım tesisinin, otomobillerin taşıma uzaklığını enküçükleme için (8, 16) noktasına yerleştirilmesi gerekmektedir.

Tablo 7.2. Y_0 koordinatının belirlenmesi

Varolan Tesis	y Koordinatı Değeri	Ağırlık	Birikimli Ağırlık
1	0	5	5
3, 5	2	$41 + 34$	$80 < 81$

2	16	22	102 > 81
4	18	60	162
		$\Sigma=162$	Y₀ = 16

Burada şöyle bir soru sorulabilir: “Bulunan (8, 16) noktası, kuruluş yeri olarak kullanılmadığında ne olur?”. Nokta ulaşılabilir olmayabilir veya başka bir yapı ile çakışabilir. Böyle bir rastlantı, diğer yerleştirme sorunlarında da olabileceği için, bu soru ek ilgiye değerlidir.

(3) Mâliyet İşlevinin Eş-düzey Çizgilerinin Çizilmesi

Kullanılabilecek bir diğer yaklaşım, mâliyet işlevinin eş-düzey çizgilerinin çizilmesidir. Eş-düzey çizgisi, bir düzlemdeki değişmez mâliyet çizgileridir. Bu nedenle yeni tesisi, belirli bir eş-düzey çizgisi üzerinde herhangi bir yere yerleştirmek aynı toplam mâliyeti verecektir.

Eş-düzey çizgileri, yeni tesisin yer seçeneklerini değerlendirmede kullanışlı bir araç olması yanında, toplam mâliyet işlevinin yüzey biçimi hakkında oldukça bilgi sağlar. Eş-düzey çizgileri bir bakışta, en iyi olmayan bir seçim ile ilgili ceza mâliyetini belirtir. Bu, yerleştirme kararında tüm öğelerin amaç işlevine katılmamış olabileceğinden önemlidir. Öznel yargının işin içine girdiği en son karar, eş-düzey çizgilerinin çizilmesi ile yalınlaştırılabilir.

Aşağıda zigzaglı uzaklık sorunları için eş-düzey çizgileri çizme yöntemi verilmektedir. Yöntem izlenirken Şekil 7.2.’ye başvurulmalıdır:

1. Varolan tesislerin koordinatları $[(a_1, b_1), \dots, (a_m, b_m)]$ koordinat düzlemine yerleştirilir ve her noktadan x/y eksenlerine paralel/dik çizgiler çizilir.
2. Dikey çizgiler soldan sağa doğru (1, 2, ..., p) olarak ve yatay çizgiler aşağıdan yukarıya doğru (1, 2, ..., q) olarak işaretlenir.
3. j. dikey çizginin x eksenini kestiği nokta c_j ve i. yatay çizginin y eksenini kestiği nokta d_i ile gösterilir [j. ve (j+1). dikey çizgiler ile i. ve (i+1). yatay çizgilerin sınırladığı dikdörtgensel alan [i, j] ile belirtilir. Tüm alanların numaralanması için 1. dikey çizginin solunda 0 numaralı bir dikey çizgi ve p dikey çizgisinin sağında (p+1) dikey çizgisi; 1. yatay çizginin altında 0 numaralı bir yatay çizgi ve q çizgisinin üstünde (q+1) çizgisinin olduğu kabul edilir.].
4. C_j ve D_i sırasıyla j. dikey çizgi ile i. yatay çizginin ilgili ağırlıkları toplamı olur [Örneğin eğer (5, 3) ve (5, 10) noktalarının ağırlıkları sırasıyla 6 ve 8 ise ve ikinci

dikey çizginin x eksenini 5 ise $C_2=14$ olur]. C_j değerleri ilgili dikey çizgilerin altına ve D_i değerleri ilgili yatay çizgilerin soluna konulmalıdır.

5. M_p ve N_q değerleri, aşağıdaki biçimde hesaplanıp Şekil 7.2.'deki gibi yerleştirilir :

$$M_0 = - \sum_{j=1}^p C_j = - \sum_{i=1}^m w_i$$

$$N_0 = - \sum_{i=1}^q D_i = - \sum_{i=1}^m w_i$$

$$M_1 = M_0 + 2 C_1$$

$$N_1 = N_0 + 2 D_1$$

$$M_2 = M_1 + 2 C_2$$

$$N_2 = N_1 + 2 D_2$$

$$M_p = M_{p-1} + 2 C_p = \sum_{i=1}^m w_i$$

$$N_q = N_{q-1} + 2 D_q = \sum_{i=1}^m w_i$$

6. $[i, j]$ alanından geçen herhangi bir eş-düze çizgisinin eğimi S_{ij} , aşağıdaki biçimde hesaplanır :

$$S_{ij} = - M_j/N_i$$

($N_i = 0$) olduğunda, eş-düze çizgisi $[i, j]$ alanında dikeydir.

7. (7.5) maliyet ifadesini enküçükleyen (X_0, Y_0) noktasını bulabilmek için dört durum ele alınmalıdır :

- a. $M_{t-1} < 0, M_t > 0, N_{s-1} < 0, N_s > 0$ olduğunda:

$$X_0 = c_t, Y_0 = d_s$$

- b. $M_{t-1} < 0, M_t = 0, N_{s-1} < 0, N_s > 0$ olduğunda:

$$X_0 [c_t, c_{t+1}] \text{ aralığında herhangi bir nokta, } Y_0 = d_s$$

- c. $M_{t-1} < 0, M_t > 0, N_{s-1} < 0, N_s = 0$ olduğunda:

$$X_0 = c_t, Y_0 [d_s, d_{s+1}] \text{ aralığında herhangi bir nokta}$$

- d. $M_{t-1} < 0, M_t = 0, N_{s-1} < 0, N_s = 0$ olduğunda:

$$X_0 [c_t, c_{t+1}] \text{ aralığında herhangi bir nokta,}$$

$$Y_0 [d_s, d_{s+1}] \text{ aralığında herhangi bir nokta}$$

8. Yukarıdaki bilgiler verildiğinde en küçük noktanın dışında herhangi bir noktadan başlanarak bir eş-düzey çizgisi çizilebilir. Eş-düzey çizgisi her zaman başladığı noktada bitmelidir.

Şimdi bir örnek yapalım. Varolan tesislerin yerleri (4, 2), (8, 5), (11, 8) ve (13, 2), ilgili ağırlıklar ise 1/6, 1/3, 1/3 ve 1/6 olsun. Şekil 7.3. değişik alanların eğimlerini göstermektedir. Şekil 7.4.'de ise bu sorunla ilgili kimi eş-düzey çizgileri çizilmiştir. X_0 'ın $c_2=8$ ve $c_3=11$ arasında olduğu herhangi bir (X_0, Y_0) noktası, en küçük maliyetli yerdir.

Şimdi şekil 7.3.'deki verileri tek tek hesaplayalım :

Koordinatlar	Ağırlıklar
(4, 2)	1/6
(8, 5)	1/3
(11, 8)	1/3
(13, 2)	1/6

x 'leri küçükten büyüğe doğru dize ve bunların ağırlıklarını karşısına yazarsak aşağıdaki tabloyu elde ederiz, ayrıca ($p=4$) bulunur :

x	C_j
4	$C_1 = 1/6$
8	$C_2 = 1/3$
11	$C_3 = 1/3$
13	$C_4 = 1/6$

Buradan aşağıdaki sonuçlara ulaşabiliriz :

$$M_0 = - \sum_{j=1}^4 C_j = -1$$

$$M_1 = M_0 + 2 C_1 = -1 + 2*1/6 = -2/3$$

$$M_2 = M_1 + 2 C_2 = -2/3 + 2*1/3 = 0$$

$$M_3 = M_2 + 2 C_3 = 0 + 2*1/3 = 2/3$$

$$M_4 = M_3 + 2 C_4 = 2/3 + 2*1/6 = 1$$

y'leri küçükten büyüğe doğru dize ve bunların ağırlıklarını karşısına yazarsak aşağıdaki tabloyu elde ederiz, ayrıca (q=3) bulunur:

y	D _i
2	D ₁ = 1/3
5	D ₂ = 1/3
8	D ₃ = 1/3

Buradan aşağıdaki sonuçlara ulaşabiliriz:

$$N_0 = - \sum_{j=1}^3 D_j = -1$$

$$N_1 = N_0 + 2 D_1 = -1 + 2 \cdot 1/3 = -1/3$$

$$N_2 = N_1 + 2 D_2 = -1/3 + 2 \cdot 1/3 = 1/3$$

$$N_3 = N_2 + 2 D_3 = 1/3 + 2 \cdot 1/3 = 1$$

[i, j] alanından [i=0, 1, 2, 3; j=0, 1, 2, 3, 4] geçen eş-düzey çizgilerinin eğimleri

$$S_{ij} = - M_j/N_i$$

olduğundan aşağıdaki sonuçlara ulaşabiliriz:

$$S_{00} = - M_0/N_0 = - (-1)/(-1) = -1$$

$$S_{01} = - M_1/N_0 = - (-2/3)/(-1) = -2/3$$

$$S_{02} = - M_2/N_0 = - 0/(-1) = 0$$

$$S_{03} = - M_3/N_0 = - (-2/3)/(-1) = 2/3$$

$$S_{04} = - M_4/N_0 = - 1/(-1) = 1$$

$$S_{10} = - M_0/N_1 = - (-1)/(-1/3) = -3$$

$$S_{11} = - M_1/N_1 = - (-2/3)/(-1/3) = -2$$

$$S_{12} = - M_2/N_1 = - 0/(-1/3) = 0$$

$$S_{13} = - M_3/N_1 = - (-2/3)/(-1/3) = 2$$

$$S_{14} = - M_4/N_1 = - 1/(-1/3) = 3$$

$$S_{20} = - M_0/N_2 = - (-1)/(1/3) = 3$$

$$S_{21} = - M_1/N_2 = - (-2/3)/(1/3) = 2$$

$$S_{22} = - M_2/N_2 = - 0/(1/3) = 0$$

$$S_{23} = - M_3/N_2 = - (-2/3)/(1/3) = -2$$

$$S_{24} = - M_4/N_2 = - 1/(1/3) = -3$$

$$S_{30} = - M_0/N_3 = - (-1)/1 = 1$$

$$S_{31} = - M_1/N_3 = - (-2/3)/1 = 2/3$$

$$S_{32} = - M_2/N_3 = - 0/1 = 0$$

$$S_{33} = - M_3/N_3 = - (-2/3)/1 = -2/3$$

$$S_{34} = - M_4/N_3 = - 1/1 = -1$$

Eş-düzey çizgileri için matematiksel ifade şu şekildedir:

$$f(x, y) = f_1(x) + f_2(y)$$

$$f_1(x) = \sum_{j=1}^p (C_j * |x - c_j|)$$

$$f_2(y) = \sum_{i=1}^q (D_i * |y - d_i|)$$

Örnek problem için (p=4) ve (q=3) olup şu ifadeler yazılabilir:

$$f_1(x) = 1/6 * |x - 4| + 1/3 * |x - 8| + 1/3 * |x - 11| + 1/6 * |x - 13|$$

$$f_2(y) = 1/3 * |y - 2| + 1/3 * |y - 5| + 1/3 * |y - 8|$$

$f_1(x)$ ve $f_2(y)$ çizgeleri Şekil 7.5. ve Şekil 7.6.'da gösterilmiştir.

Mâliyeti enküçükleyen (X_0, Y_0) ikilisi [$M_{t-1} = -2/3 < 0$, $M_t = 0$ ve $N_{s-1} = -1/3 < 0$, $N_s = 1/3 > 0$] olduğundan $(Y_0 = 5)$ ve X_0 ise $[8, 11]$ aralığında herhangi bir noktadır.

Kimi yakın zigzaglı örnek durumlarla ilgili eş-düzey çizgileri Şekil 7.7.'de verilmiştir. Şekil 7.7a.'da varolan tek bir tesistir. Şekil 7.7b.'de yeni tesis ile varolan iki tesis arasında eşit parça hareketi vardır. Şekil 7.7c.'de varolan iki tesisten birinci tesis ile yeni tesis arasında, varolan ikinci tesis ile yeni tesis arasındakinden iki kat çok parça hareketi vardır.

Konu üç yalın örnekle kolaylıkla açıklığa kavuşturulabilir :

Örnek 11.1.

Tekerlekli bir yemek büfesi, öğle yemeği için bir fabrikanın ana koridoruna yerleştirilecektir. Büfenin, işçilerin toplam yürüme uzaklığını enküçükleştirecek biçimde yerleştirilmesi isteniyor. Koordinat sisteminde ana koridor ($y=10$) doğrusunda x eksenine paraleldir. İş istasyonlarından ana koridora gidiş zizzaglıdır. İş istasyonları, Tablo 7.3.'de verilen koordinatlardadır.

Tablo 7.3. Örnek 7.1.'deki iş istasyonlarının yerleri

İstasyon No	Yeri
1	(4, 4)
2	(4,12)
3	(6, 4)
4	(6, 12)
5	(8, 8)
6	(12, 12)
7	(10,14)
8	(12, 6)
9	(8, 14)
10	(10, 4)

- a. Eğer her istasyonda bir işçi varsa büfe ana koridorda işçilerin toplam yürüme uzaklığını enküçükleştirmek için nereye yerleştirilmelidir ?
- b. Eğer 1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı istasyonlarda birer ve 6, 7, 8, 9 ve 10 numaralı istasyonlarda üçer işçi varsa, büfe ana koridorda işçilerin toplam yürüme uzaklığını enküçükleştirmek için nereye yerleştirilmelidir ?

- a. Ağırlıklar, istasyonlardaki işçi sayılarıdır. Yâni şu ifade yazılabilir:

$$w_1 = w_2 = w_3 = w_4 = w_5 = w_6 = w_7 = w_8 = w_9 = w_{10} = 1$$

x koordinatlarının sıraya konulmasıyla “4-4-6-6-8-8-10-10-12-12” dizisi elde edilir. Bu durumda ($X_0 = 8$) olup, fabrikada büfenin en iyi konumu (8, 10) noktası olarak belirlenmiş olur.

- b. ($w_1=w_2=w_3=w_4=w_5=1$) ve ($w_6=w_7=w_8=w_9=w_{10}=3$) olduğundan bu ağırlıklara göre x koordinatları sıraya konulduğunda şu dizi elde edilir:

“4-4-6-6-8-8-8-8-10-10-10-10-10-10-12-12-12-12-12-12”

Bu durumda ($X_0=10$) olur ve dolayısıyla 1, 2, 3, 4 ve 5. istasyonlarda birer ve 6, 7, 8, 9 ve 10. istasyonlarda üçer işçi olduğunda büfenin en iyi yeri (10, 10) noktasıdır.

Örnek 11.2.

Bir havalimanı terminalinde A, B, C ve D havayolu firmaları hizmet görmektedir. Bu firmalar, gelen uçaklardan bagajları Şekil 7.8.’de gösterilen noktalarda boşaltmaktadırlar. A, B, C ve D firmalarına ait her gün gelen uçak sayıları sırasıyla 36, 22, 28 ve 18’dir.

- a. Her gelen uçak için bagaj alma noktası nereye yerleştirilmelidir ?
- b. Bagaj alma noktasının binanın dışında ve güney veya batı kenarında olması gerekli olduğunda, bagaj alma noktası nereye yerleştirilmelidir ?
- c. Her firmayı bagaj alma noktasına ileteçle birleştiren bir ileteç sisteminin kurulduğu düşünölsün. Eğer ileteç yerleşimi zigzaglı yerleşim düzenine uyarsa, bagaj alma noktasının en iyi yeri neresidir ?
- a. Her gelen uçak için bir geliş-gidiş yapıldığı durumda şu eşitliği yazabiliriz:

$$\text{Enk } f(x, y) = \sum_{i=1}^4 [w_i * (|x - a_i| + |y - b_i|)]$$

Ağırlıklar sırasıyla ($w_1=36$), ($w_2=22$), ($w_3=28$) ve ($w_4=18$) olup, her koordinat ayrı ayrı belirlenir. Bunun belirlenmesi Tablo 7.9.’da göröldüğü gibi yapılabilir. En iyi yer (5, 4) noktasıdır.

Tablo 7.9. Örnek 7.2. için X_0 ve Y_0 koordinatlarının belirlenmesi

Varolan Tesis	x Koordinatı Değeri	Ağırlık	Birikimli Ağırlık
A	1	36	36 < 52

B	5	22	58 > 52
C, D	8	28 + 18	104
		$\Sigma=104$	X₀ = 5

Varolan Tesis	y Koordinatı Değeri	Ağırlık	Birikimli Ağırlık
D	1	18	18
C	3	28	46 < 52
A	4	36	82 > 52
B	5	22	104
		$\Sigma=104$	Y₀ = 4

- b.** Bagaj yerinin güney veya batı kenarında olması durumunda güney kenarda olursa ($Y_0=0$) ve batı kenarda olursa ($X_0=0$) olmalıdır. Öyleyse yeni tesis için $Z_1(5, 0)$ ve $Z_2(0, 4)$ seçenekleri mâliyet açısından karşılaştırılmalıdır.

$Z_1(5, 0)$ için

$$\begin{aligned}
 f_1(x, y) &= 36*|5-1| + 22*|5-5| + 28*|5-8| + 18*|5-8| + 36*|0-4| + 22*|0-5| \\
 &\quad + 28*|0-3| + 18*|0-1| \\
 &= 638
 \end{aligned}$$

$Z_2(0, 4)$ için

$$\begin{aligned}
 f_2(x, y) &= 36*|0-1| + 22*|0-5| + 28*|0-8| + 18*|0-8| + 36*|4-4| + 22*|4-5| \\
 &\quad + 28*|4-3| + 18*|4-1| \\
 &= 618
 \end{aligned}$$

Bu durumda bagaj alma noktası, batı kenarında (0, 4) noktasına yerleştirilmelidir.

- c. İleteç sisteminin kurulmak istenmesi durumunda artık bandın geliş-gidiş sayısı önemli değildir. Yalnızca kullanılan bandın toplam boyunu enküçüklemek önemlidir. Yâni ($w_1=w_2=w_3=w_4=1$)'dir.

x koordinatlarını sıraya dizersek “1-5-8-8” dizisi elde edilir. Ortanca değer ve dolayısıyla X_0 [5, 8] aralığındadır. y koordinatlarını sıraya dizersek “1-3-4-5” dizisi elde edilir. Ortanca değer ve dolayısıyla Y_0 [3, 4] aralığındadır. Öyleyse bagaj alma noktasının (5, 3), (5, 4), (8, 3) ve (8, 4) noktalarından birine yerleştirilmesinde ileteç sistemi için en iyi çözüme ulaşılmış olunur. (5, 4) noktasının a şikkında sorulan soru için de en iyi çözüm olduğu gözden ırak tutulmamalıdır.

Örnek 11.3.

Varolan tesisler ve koordinatları şöyle verilmiş olsun : $P_1(4, 4)$, $P_2(4, 10)$, $P_3(6, 5)$, $P_4(10, 5)$, $P_5(10, 9)$, $P_6(12, 3)$.

- a. Varolan tesislere göre yeni bir makina yerleştirilmek istenmektedir. Yeni tesis ile her varolan tesis arasında parça hareketi ($w_1=w_2=4$), ($w_3=2$), ($w_4=3$), ($w_5=5$) ve ($w_6=6$) olarak verilmiştir. Gidilen uzaklığın enküçüklenmesi için yeni tesis nereye yerleştirilmelidir ?
- b. Eş-düzey çizgilerini çizerek şu potansiyel yerleri sıraya koyunuz: $A(4, 6)$, $B(8, 8)$, $C(8, 5)$ ve $D(10, 3)$.
- a. Tesisler arası hareket zigzaglı yol yapısına sahiptir. Çözüm aşağıdaki biçimde yapılır:

$$\text{Enk } f(x, y) = \sum_{i=1}^6 [w_i * (|x - a_i| + |y - b_i|)]$$

Yeni tesisin en iyi koordinatları Tablo 7.10.'da görüldüğü gibi belirlenir. En iyi yer (10, 5) noktası olup dördüncü tesis ile çakışmaktadır.

Tablo 7.10. Örnek 7.3. için x ve y koordinatlarının belirlenmesi

Varolan Tesis	x Koordinatı Değeri	Ağırlık	Birikimli Ağırlık
1, 2	4	4+4	8
3	6	2	10 < 12
4, 5	10	3+5	18 > 12
6	12	6	24
			$\Sigma=24$
			X₀ = 10

Varolan Tesis	y Koordinatı Değeri	Ağırlık	Birikimli Ağırlık
6	3	6	6
1	4	4	10 < 12
3, 4	5	2+3	15 > 12
5	9	5	20
2	10	4	24
			$\Sigma=24$
			Y₀ = 5

b. Eş-düzey eğrileri için M ve N değerleri aşağıda hesaplanmıştır:

$$M_0 = - \sum_{j=1}^6 C_j = -24$$

$$M_1 = M_0 + 2 C_1 = -24 + 2*8 = -8$$

$$M_2 = M_1 + 2 C_2 = -8 + 2*2 = -4$$

$$M_3 = M_2 + 2 C_3 = -4 + 2*8 = 12$$

$$M_4 = M_3 + 2 C_4 = 12 + 2*6 = 24$$

$$N_0 = - \sum_{i=1}^6 D_i = -24$$

$$N_1 = N_0 + 2 D_1 = -24 + 2*6 = -12$$

$$N_2 = N_1 + 2 D_2 = -12 + 2*4 = -4$$

$$N_3 = N_2 + 2 D_3 = -4 + 2*5 = 6$$

$$N_4 = N_3 + 2 D_4 = 6 + 2*5 = 16$$

$$N_5 = N_4 + 2 D_5 = 16 + 2*4 = 24$$

Her bölge için eğim

$$S_{ij} = - M_j/N_i$$

eşitliğinden yararlanılarak hesaplanıp Şekil 7.11.'de verilmiştir. Aynı biçimde eş-düzey çizgileri, sıralanması istenen noktalardan geçecek biçimde çizilmişlerdir. Şekilden de görüldüğü gibi bu noktalar, üstlerinde buldukları eş-düzey çizgilerinin en iyi noktaya yakınlıklarına göre şöyle sıralanırlar:

1. C(8, 5)
2. D(10, 3)
3. B(8, 8)
4. A(4, 6)

11.4. Karesi-Alınmış Öklid Uzaklıklı Yerleştirme (Ağırlık Merkezi Modeli) Sorunları

Bu modelde mâliyetlerin doğrusal değil kuadratik olarak varolduğu tesis ile yeni tesis arasında Öklid uzaklığı (düz uzaklık) türünden artan yerleştirme sorunları vardır. Daha açık olarak ağırlık merkezi modelinde toplam malzeme aktarma mâliyetleri, yeni tesisle varolan tesisler arasındaki düz uzaklığın karesiyle orantılı olarak artar. Özellikle kent içinde ya da fabrika içinde yangın istasyonlarının yerleştirilmesi, fiziksel dağıtım kanalları içinde depo yerlerinin saptanması sorunları, bu modele uygun düşmektedir.

Daha önce de söylendiği gibi, eldeki tesislerin koordinatları $P_i(a_i, b_i)$ ve yeni tesisin koordinatı da $X(x, y)$ olduğu varsayımına göre, X ve herhangi bir P_i noktası arasındaki Öklid uzaklığı şu şekilde hesaplanır:

$$d(X, P_i) = \sqrt{[(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2]} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (7.8)$$

Yeni ve varolan tesisler arasındaki ağırlıklı yük değerleri, gidışler ile gösterildiğine göre, çekim sorunu aşağıdaki biçimde formülleştirilebilir:

$$\text{Enk } f(x, y) = \sum_{i=1}^m w_i * [(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2] \quad (7.9)$$

(7.9)'u enküçükleyen herhangi bir nokta (X_0, Y_0) , (7.10) koşulunu sağlamalıdır.

$$[\partial f(x, y)/\partial x, \partial f(x, y)/\partial y] = (0, 0) \quad (7.10)$$

Bu kısmî türevi sıfıra eşitleyen x (X_0) ve y (Y_0) değerleri, (7.11) ve (7.12) ifâdelerindeki gibi bulunur :

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^m (w_i * a_i)}{\sum_{i=1}^m w_i} \quad (7.11)$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^m (w_i * b_i)}{\sum_{i=1}^m w_i} \quad (7.12)$$

Yeni tesisin X_0 ve Y_0 koordinatları buna göre, varolan tesislerin ağırlıklı ortalamaları olarak yorumlanabilir ve gerçekten (7.9)'u enküçükleyen koordinatlardır.

Örnek 11.4.

(4, 2), (8, 5), (11, 8) ve (13, 2) noktalarında ve sırasıyla ağırlıkları 1/6, 1/3, 1/3 ve 1/6 olan tesislere sahip örneği yeniden düşünelim. Yeni tesis ile her varolan tesis arasındaki parça hareketinin maliyetinin; ilgili ağırlık değeri ile karesi-alınmış Öklid uzaklığının çarpımı olduğu kabul edilsin. (7.11) ve (7.12) ifâdelerinden yararlanarak şu hesaplamaları yapabiliriz:

$$X_0 = [1/6*4 + 1/3*8 + 1/3*11 + 1/6*13] / [1/6 + 1/3 + 1/3 + 1/6] = 9,167$$

$$Y_0 = [1/6*2 + 1/3*5 + 1/3*8 + 1/6*2] / [1/6 + 1/3 + 1/3 + 1/6] = 5$$

Daha önce aynı örneğin zigzaglı uzaklık durumu için sonucu X_0 için [8, 11] aralığında herhangi bir nokta ve Y_0 için 5 olarak bulmuştuk. Dolayısıyla benzer sonuçları bulmuş oluyoruz.

Örnek 11.5.

Daha önce tanıtılan otomobil kiralama örneğini şimdi karesi-alınmış Öklid uzaklığını kullanarak çözelim. Zigzaglı uzaklık kullanılarak elde edilen çözüm (8, 16) noktası idi. Karesi-alınmış Öklid uzaklığını kullanarak soruyu çözelim:

$$X_0 = [5*0+22*3+41*18+60*8+34*20] / [5+22+41+60+34] = 1.964 / 162 = 12,12$$

$$Y_0 = [5*0+22*16+41*2+60*18+34*2] / [5+22+41+60+34] = 1.582 / 162 = 9,77$$

Görülüyor ki iki ayrı uzaklık durumu dikkate alındığında çıkan en iyi konumlar farklı olmaktadır.

11.5. Öklid Uzaklıklı Yerleştirme (Düz Uzaklık Modeli) Problemleri

Buraya değin zigzaglı ve ağırlık merkezi problemleri ele alınmıştır. Tek tesis yerleştirme problemlerinin incelenmesi, Öklid uzaklıklı problemlerin ele alınmasıyla tamamlanmış olacaktır. Öklid tipi problemler, aşağıdaki biçimde formülleştirilir :

$$\text{Enk } f(x, y) = \sum_{i=1}^m [w_i * \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}] \quad (7.13)$$

Öklid uzaklıklı sorunlar, kimi değişik durumlarda ortaya çıkar. Şöyle bir örnek düşünelim: Buğday ekimi yapılan geniş ve düz bir alanda rastgele yerleşmiş on ilçe vardır. Kooperatif, ortaklığa katılmayı yeğleyen her ilçeye hizmet etmek üzere yeni bir kooperatif enerji santrali kuracaktır. Santraldan her ilçeye ayrı elektrik kablosu çekilecektir. Santrali yerleştirmek için tek ölçüt, gerekli elektrik kablolarının toplam uzunluğunu enküçükmektir. Bu durumda, tüm i değerleri için ($m=10$) ve ($w_i=1$) olur.

Öklid uzaklıklı problemleri çözmek için akla gelen ilk yaklaşım, (7.13) ifâdesinin kısmî türevlerini hesaplamak ve sifıra eşitlemektir. $(x, y) \neq (a_i, b_i)$ varsayıldığında $(i = 1, \dots, m)$ için kısmî türevler şöyledir:

$$\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} = \sum_{i=1}^m [w_i * (x - a_i) / \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}] \quad (7.14)$$

$$\frac{\partial f(x, y)}{\partial y} = \sum_{i=1}^m [w_i * (y - b_i) / \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}] \quad (7.15)$$

Her ne kadar, Öklid sorununa en iyi çözüm için gerekli ve yeterli koşullar elimizde varsa da (X_0, Y_0) 'ı belirlemenin yolu hâlen yoktur. Eğer (7.14) ifâdesi sifıra eşitlenirse, aşağıdaki ifâde elde edilir :

$$0 = x * \sum_{i=1}^m [w_i / \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}] - \sum_{i=1}^m [w_i * a_i / \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2}]$$

$$g_i(x, y) = w_i / \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2} \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

denilerek x için şu ifâde elde edilir:

$$x = \sum_{i=1}^m [a_i * g_i(x, y)] / \sum_{i=1}^m g_i(x, y) \quad (7.16)$$

Benzer şekilde (7.15) ifâdesi de sifıra eşitlenirse y için şu ifâde elde edilir:

$$y = \sum_{i=1}^m [b_i * g_i(x, y)] / \sum_{i=1}^m g_i(x, y) \quad (7.17)$$

$g_i(x, y)$ tanımlandığı sürece, aşağıdaki yinelemeli (iteratif) yöntem kullanılır:

$$x^{(k)} = \sum_{i=1}^m [a_i * g_i(x^{(k-1)}, y^{(k-1)})] / \sum_{i=1}^m g_i(x^{(k-1)}, y^{(k-1)}) \quad (7.18)$$

$$y^{(k)} = \sum_{i=1}^m [b_i * g_i(x^{(k-1)}, y^{(k-1)})] / \sum_{i=1}^m g_i(x^{(k-1)}, y^{(k-1)}) \quad (7.19)$$

Üst ifâdeler yineleme sayısını belirtir. Böylece $(x^{(1)}, y^{(1)})$ 'i belirlemek için bir $(x^{(0)}, y^{(0)})$ başlangıç değeri gereklidir. $(x^{(1)}, y^{(1)})$ değeri $(x^{(2)}, y^{(2)})$ değerini belirlemek için kullanılır ve böylece işlemler sürdürülür. Yinelemeli yöntem, yeni tesisin en iyi yerinde kayda değer bir iyileşme olmayana dek sürdürülür.

Tipik olarak, ağırlık merkezi çözümü, yinelemeli yöntem için başlangıç değeri olarak kullanılır. Yinelemeli yöntemin bir örneği olarak $P_1(0, 0)$, $P_2(0, 10)$, $P_3(5, 0)$, $P_4(12, 6)$ olduğu düşünölsün ve tüm w_i değöerlerinin eşit olduğu kabul edilsin. Aşağıdaki sonuçlar elde edilir:

$$x^{(0)} = (\frac{1}{4} * 0 + \frac{1}{4} * 0 + \frac{1}{4} * 5 + \frac{1}{4} * 12) / 1 = 4,25$$

$$y^{(0)} = (\frac{1}{4} * 0 + \frac{1}{4} * 10 + \frac{1}{4} * 0 + \frac{1}{4} * 6) / 1 = 4$$

(7.18) ve (7.19) ile verilen yinelemeli yöntem kullanıldığında aşağıdaki değöerler elde edilir :

$$(x^{(1)}, y^{(1)}) = (4,020; 3,111)$$

$$(x^{(2)}, y^{(2)}) = (3,949; 2,627)$$

$$(x^{(3)}, y^{(3)}) = (3,935; 2,358)$$

$$(x^{(4)}, y^{(4)}) = (3,944; 2,209)$$

$$(x^{(5)}, y^{(5)}) = (3,958; 2,124)$$

$$(x^{(6)}, y^{(6)}) = (3,971; 2,074)$$

$$(x^{(7)}, y^{(7)}) = (3,981; 2,045)$$

$$(x^{(8)}, y^{(8)}) = (3,987; 2,028)$$

$$(x^{(9)}, y^{(9)}) = (3,992; 2,017)$$

$$(x^{(10)}, y^{(10)}) = (3,995; 2,011)$$

Yöntem sürdüröldüğünde, en iyi çözöümün (4, 2) olacağı görölmektedir.

Yukarıdaki sonuçlardan biri olan $(x^{(1)}, y^{(1)})$ 'in çözöümünü açık olarak gösterelim :

$$x^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^m [a_i * g_i(x^{(0)}, y^{(0)})]}{\sum_{i=1}^m g_i(x^{(0)}, y^{(0)})}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^4 [a_i * g_i(4,25; 4)]}{\sum_{i=1}^4 g_i(4,25; 4)}$$

$$= T_1 / T_2$$

$$\begin{aligned}
T_1 &= 0 * \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 0)^2 + (4 - 0)^2} + 0 * \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 0)^2 + (4 - 10)^2} \\
&\quad + 5 * \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 5)^2 + (4 - 0)^2} + 12 * \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 12)^2 + (4 - 6)^2} \\
&= 0 + 0 + 0,3070 + 0,3740 \\
&= 0,6810
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_2 &= \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 0)^2 + (4 - 0)^2} + \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 0)^2 + (4 - 10)^2} \\
&\quad + \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 5)^2 + (4 - 0)^2} + \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 12)^2 + (4 - 6)^2} \\
&= 0,0428 + 0,0340 + 0,0614 + 0,0312 \\
&= 0,1694
\end{aligned}$$

$$x^{(1)} = T_1 / T_2 = 0,6810 / 0,1694 = 4,020$$

$$\begin{aligned}
y^{(1)} &= \sum_{i=1}^m [b_i * g_i(x^{(0)}, y^{(0)})] / \sum_{i=1}^m g_i(x^{(0)}, y^{(0)}) \\
&= \sum_{i=1}^4 [b_i * g_i(4,25; 4)] / \sum_{i=1}^4 g_i(4,25; 4) \\
&= T_3 / T_4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_3 &= 0 * \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 0)^2 + (4 - 0)^2} + 10 * \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 0)^2 + (4 - 10)^2} \\
&\quad + 0 * \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 5)^2 + (4 - 0)^2} + 6 * \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 12)^2 + (4 - 6)^2} \\
&= 0 + 0,340 + 0 + 0,187 \\
&= 0,527
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_4 &= \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 0)^2 + (4 - 0)^2} + \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 0)^2 + (4 - 10)^2} \\
&\quad + \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 5)^2 + (4 - 0)^2} + \frac{1}{4} / \sqrt{(4,25 - 12)^2 + (4 - 6)^2} \\
&= 0,0428 + 0,0340 + 0,0614 + 0,0312 \\
&= 0,1694
\end{aligned}$$

$$y^{(1)} = T_3 / T_4 = 0,5270 / 0,1694 = 3,111$$

12. TESİS YERİ SEÇİMİ MODEL ve TEKNİKLERİ-II

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- Tesis Yeri Seçimi Modelleri Çözüm Yöntemleri

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

1- Tesis yeri seçimi için kullanılan teknikler hangileridir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği

Anahtar Kavramlar

Tesis yeri seçimi

Dal-Sınır Algoritması

Giriş

Bu bölümde literatürde ve pratikte kullanılan algoritmik tesis yeri seçimi tekniklerini uygulamalı olarak ele alacağız.

İşlik

	1	2	3	4
A	180	10	96	146
B	138	28	166	172
C	114	186	4	158
D	14	154	150	46

Her makinanın bir işliğe yerleştirilmesi durumunda bu sorunda (4!=) 24 olurlu çözüm vardır. Dal-sınır algoritması ilk aşama olarak, işe toplam atama mâliyeti üzerinde bir alt-sınır bulmakla başlar. Daha açık bir anlatımla, mâliyetin hiçbir zaman altına düşmeyeceği değer saptanacaktır. En düşük mâliyeti oluşturacak atama, olurlu olmayabilir. Aynı bölüme birden çok makina verilebilir. İlk alt-sınırın hesaplanmasının tek amacı bir taban oluşturmak ve böylece toplam mâliyetlere bir alt-sınır çizmektir. Olası en düşük mâliyeti hesaplamının en kolay yolu her sütundaki en küçük mâliyetleri toplamaktır. Böylece alt-sınır şu şekilde bulunur:

$$14 + 10 + 4 + 46 = 74$$

Bu atamada D makinasının 1. ve 4. işliklere verilmesi sözkonusu olduğundan, atama olurlu değildir ve en düşük mâliyetli olurlu çözümün aranması işi sürdürülmelidir (Aynı şekilde her satırdaki en küçük mâliyetler toplamından yola çıkarak da olası en düşük mâliyet hesaplanabilir ve işlem oradan sürdürülebilir).

İkinci aşama olarak, çözümler bulmak üzere süreci dilimlere ayırma gelir. Her makinanın birinci işliğe verildiği varsayımından hareket edildiğinde, dört durumun sonucu aşağıdaki gibi olur. Burada herhangi bir makina 1. işliğe verildiğinde, kalan üç sütunun en küçük mâliyetleri, olurlu çözüm verip vermeyeceği düşünülmezsizin toplanır. Birinci ve ikinci aşamalar “ağaç” biçiminde çizelgenin altında gösterilmiştir.

Atama (Alt-Kümelere)	Toplam Taşıma Mâliyetlerinde Alt-Sınır (Alt-Sınırlar)
A Tezgâhı	İşlik 1 : $180 + (28+4+46) = 258$ (Olurlu çözüm)
B Tezgâhı	İşlik 1 : $138 + (10+4+46) = 198$ (Olurlu çözüm)
C Tezgâhı	İşlik 1 : $114 + (10+96+46) = 266$

D Tezgâhı	İşlik 1 : $14 + (10+4+146) = 174$ (Alt-sınır)
-----------	---

ŞEKİL

Çizimde kare içine alınan 74 değeri, 1. aşamada bulunan en küçük mâliyetli çözümü yansıtmaktadır. İkinci aşamanın dört çözümünden yalnız 174 en küçük değer taşıdığından kare içine alınmıştır. A makinası 1. işliğe verildiğinde 258 değeri 198'den büyük olduğundan ve 198, bilinen olurlu çözümün mâliyeti olduğundan, (A=1) olduğunda hesaplanacak tüm diğer çözümler hiç düşünülmeden elenmelidir. Çünkü hiçbiri 258'den küçük değildir. Aynı düşünüş (C=1) için uygulanmalı, ağacın bu dalından çıkacak tüm olası çözümler elenmelidir. Böylece dal-sınır tekniği toplam olası seçeneklerden çok küçük bir dilimini değerlendirmekte ve en iyi olabileceği elememektedir. Özellikle ikinci aşamada olası seçenek atamalarda hemen hemen yarısı boşlanmış olmaktadır.

İkinci aşama sonunda D makinası 1. işliğe verilmiş olduğundan, bu aşamada geri kalan üç makinanın işlik 2'ye atanması ele alınır. D makinasının işlik 1'deki değerine, ele alınan makinanın 2. işliğe atanmasına ilişkin değeri ve geri kalan iki sütundaki en küçük değerleri eklenir. Üçüncü aşamanın tek olurlu çözümünün toplam mâliyeti 192'dir.

Atama (Alt-Kümeler)	Toplam Taşıma Mâliyetlerinde Alt-Sınır (Alt Sınırlar)
D=1, A Tezgâhı	İşlik 2 : $14 + 10 + (4+158) = 186$ (Alt-sınır)
B Tezgâhı	İşlik 2 : $14 + 28 + (4+146) = 192$ (Olurlu çözüm)
C Tezgâhı	İşlik 2 : $14 + 186 + (96+146) = 442$

ŞEKİL

Kare içine alınmış 186 değeri, bu aşamada elde edilen en küçük aktarma mâliyetli çözümdür. Diğer iki çözümden 442 değeri (D=1, C=2) olurlu çözüm olan 192'den büyük olduğundan, bu çözümün dallanmasından oluşacak tüm çözümler elenecektir. Burada yine tekniğin gereksiz çözümleri nasıl boşladığı görülmektedir.

Üçüncü aşama sonucunda D makinası 1. işliğe, A makinası da 2. işliğe yerleştirilmiş olmaktadır. (D=1) ve (A=2)'ye göre dördüncü aşamanın iki olası seçenek atamaları da aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir :

Atama (Alt-Kümeler)	Toplam Taşıma Mâliyetlerinde Alt-Sınır (Alt-Sınırlar)
D=1, A=2, B Tezgâhı	İşlik 3 : $14 + 10 + 166 + (158) = 348$ (Olurlu çözüm)
C Tezgâhı	İşlik 3 : $14 + 10 + 4 + (172) = 200$ (Olurlu çözüm)

ŞEKİL

Dördüncü aşamada bulunan her iki olurlu çözüm, üçüncü aşamada bulunan olurlu çözüm değerinden (192) büyük olduğundan her iki çözüm elenerek üçüncü aşamadaki olurlu çözüme dönülür ve dallandırma buradan sürdürülür.

Atama (Alt-Kümeler)	Toplam Taşıma Mâliyetlerinde Alt-Sınır (Alt-Sınırlar)
D=1, B=2, C Tezgâhı	İşlik 3 : $14 + 28 + 4 + (146) = 192$
A Tezgâhı	İşlik 3 : $14 + 28 + 96 + (158) = 296$

Gerçekte, bir önceki çizelge açıkça sonucu vermektedir. Atama sorununa en iyi yanıt 192 değeridir, yâni üçüncü aşamada bulunan olurlu çözümdür. Yukarıdaki çizelge bu durumu kanıtlamaktadır. Böylece en iyi atama şu şekilde gerçekleştirilmektedir :

$$A \text{ Makinası} \Rightarrow 4. \text{ işliĝe} = 146 \text{ PB}$$

$$B \text{ Makinası} \Rightarrow 2. \text{ işliĝe} = 28 \text{ PB}$$

$$C \text{ Makinası} \Rightarrow 3. \text{ işliĝe} = 4 \text{ PB}$$

$$D \text{ Makinası} \Rightarrow 1. \text{ işliĝe} = 14 \text{ PB}$$

$$\text{TOPLAM} = 192 \text{ PB}$$

Aşamalara göre alt ve üst-sınır değerleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Aşama	Alt-Sınır	Üst-Sınır
0	74	$+\infty$
1	174	198
2	186	192
3	192	192

Sonuncu aşamada, son durumdaki alt-sınır ile üst sınır birbirine eşittir. Böylece üst sınıra karşılık gelen olurlu çözüm, istenen en iyi çözümdür.

Dal-sınır yöntemi, genel anlamda, yukarıda gösterilen ağaç biçiminde açıklanabilir. Başlangıç noktası tüm olurlu çözümler kümesine uyar. Bu küme, çoğunlukla karar değişkenlerine sırayla değerler verilerek birçok alt-kümelere ayrılırlar. Bu değerlerden her biri, başlama noktasından çıkan her dalın sonundaki düğüme karşılıktır.

Her düğüme bağlı olarak ve ondan hareket edilerek varılan olurlu çözümler için amaç işlevinin değerinde bir alt-sınırdır. Sonra biri, başlangıç noktasından en küçük alt-sınırlı düğüme doğru dallanır. Daha sonra o düğümden de dallar oluşturulur ve bu dalların sonlarındaki düğümlerde bir alt-sınır elde edilir. Ağacın dallarının son noktaları olan bu düğümlerden, en küçük alt-sınıra sahip olanı seçilir ve bundan yeni dallar ve sınırlar bulunur. Bu dal-sınır işlemi, her seferinde ağaca yeni dallar ekleyerek tüm sistemin en küçük alt-sınırina sahip uç düğümlerinden biri yapılabilir bir çözüme karşılık gelinceye dek yinelenir. Elde edilen bu çözüm en iyi çözümdür ve işlem de bitmiştir.

Amaç, amaç işlevini enküçükleme yerine enbüyükleme olması durumunda, alt ve üst-sınırın rolleri değiştirilerek işlemler aynen yinelenir.

Dallanmanın, en küçük alt-sınırı içeren son nokta düğümünden yapılması koşul değildir. Örneğin; bir bilinen seçenekte yalnızca en son oluşan düğümler kümesini gözönüne almaktadır.

Eğer bu düğümlerden herhangi birisi, sorunun son durumundaki üst-sınırdan daha küçük bir alt-sınıra sahipse (enküçükleme durumunda) o zaman en küçük alt-sınıra sahip olan dallanma için seçilir.

Eğer düğümler içinde bu özelliğe sahip olanı yoksa, ağaca geri-dönüş yapılarak, bu özelliğe sahip başka bir uç noktası düğümü bulunur ve dallanma bu düğümden yapılır. Gerçekte, sorunun son durumundaki üst-sınıra karşılık olan olurlu çözüm, en iyi çözüm olarak tanımlandığında, ağaçta böyle bir düğüm bulunmayacaktır.

13. DEPOLAMA VE DEPO YÖNETİMİ

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- Depolama temel ilkeleri
- Depolama süreçleri

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

1-Depolama amaçları ve süreçleri nelerdir?

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği

Anahtar Kavramlar

Depolama amaçları

Depolama Süreçleri

Giriş

Bu bölümde depolama ilkeleri amaçları ve süreçlerini ele alacağız.

13.1 Depo ve Depolama Kavramları

Fiziksel dağıtım sürecinde hareket merkezlerinden olan depo; korunmak, saklanmak, gerektiğinde kullanılmak üzere bir şeyin konulduğu ardiye; bir şeyin çokça bulundurulduğu yerler olarak tanımlanmaktadır. Depolar, ürünlerin hammadde aşamasından üretim ortamına tüketim merkezlerine dağıtımına kadar olan bütün faaliyetler dizisinin gerçekleştirilmesinde stratejik rol oynayan ara noktalardır. Tedarik aşamasında hammaddelerin depolanması, fiziksel dağıtımda nihai ürünlerin depolanması ve diğerlerine oranla az da olsa yarı mamullerin depolanması söz konusudur.

Uluslararası ticarete ithalat, ihracat ve gümrük süreçlerinde eşyaların muhafaza edildiği, stoklandığı, korunduğu, taşımaya hazır hale getirildiği açık ve kapalı alanlara gereksinim bulunmaktadır. Bir başka tarif ile depo, hammaddeleri, yarı mamul ve mamul maddeleri tedarik kaynaklarından teslim alan, ayrımını yapan, kayıtlarını tutan ve muhafaza ederek ihtiyacı olan iç ve dış müşterilere dağıtımını sağlayan tesislerdir. Başka bir bakış açısına göre depolar, hammaddenin çıkış noktasından bitmiş ürünün müşteriye ulaştığı nokta arasındaki madde ve malzeme akışında hareketin hızının kesildiği nokta olarak da tanımlanmaktadır.

Deponun fonksiyonu hizmet sağlamaktır. Ürünlerin tedarik aşamasından başlayarak tüketime kadar her aşamada depolar bulunmaktadır. Depo, lojistik sistem içinde değer ekleme alanı görevi görür. Nakliye konsolidasyonu, ürün karışımının hazırlanması vb. değer ekleyici aktiviteler depolarda gerçekleşir. Depolar ayrıca ürünlerin, maddelerin ve ürün taşıyıcılarının başka müşterilere, geri dönüşümcülere ve müşterilere tekrar dağıtımını sağlamak için müşterilerden geri dönüşümünü sağlamada da kullanılır.

Depolar, tedarik zinciri içinde yer alan ürünlerin korunması, stoklanması ve en verimli şekilde ilgili yerlere ulaştırılması amacıyla konumlandırıldığı alanlardır ve bu ürünlerin geçici olarak saklandığı, dizildiği, ürün tipine göre tasarımı yapılmış yardımcı işletmelerdir. Depolar, siparişlerin monte edilmiş ve paketlenmiş olarak toplanması zorunluluğundan dolayı, yüksek stok maliyetlerine ve yüksek malzeme elleçleme maliyetlerine sahiptir, ama denetim ve esneklik gibi yararlar da sağlarlar. Depolar üreticiler, ithalatçılar, ihracatçılar, perakendeciler ve nakliye firmaları tarafından kullanılır.

13.2. Depolama

Depolama ihtiyacının ve işleminin varlığı çok eski zamanlara dayanmaktadır. İnsanlar ilk olarak temel ihtiyaç maddelerinin, yiyeceklerinin çevre ve iklim koşullarından nasıl etkilendiğine şahit olarak onları kapalı yerde korumak amacıyla depolama yoluna gitmişlerdir. Uygarlığın gelişimiyle birlikte de gerek uygulama ve kapsam, gerekse de amaçları açısından değişimlere ve gelişmelere uğramıştır. İnsanlar ihtiyaç maddelerini uzun süreler boyu saklamak amacıyla depolamışlardır.

Depolama işlevinin temel amacı, büyük miktarlarda ve müşteri siparişlerine göre düzenlenmiş mamullerin depoya pazara olan hareketlerinde kolaylık sağlamaktır. Mallar önceden üretilip

depolanmadığı zaman, malın talebi üretim hızını geçecek ve bu da satış kaybını getirecektir. Depolama üretici ve aracılardan müşterilerin ihtiyaçlarına hazır şekilde uygun yerlerde ürün bulundurmalarına imkân sağlamaktadır.

Lambert'e göre depolar şirketlerin amaçlarına şu şekillerde katkıda bulunurlar:

- Navlun tasarrufları sağlar,
- Üretim tasarrufları sağlar,
- İşletmelerin müşteri servisi politikalarını destekler,
- Değişen pazar koşulları ve belirsizlikleri karşılar,
- Üreticiler ve tüketiciler arasında var olan yer ve zaman farklılıklarını giderir.

Depolamayı gerektiren başlıca nedenler olarak; tüketimdeki belirsizlikler ve sadece belirli mevsimlerde üretim yapılması, üretim düzeyindeki değişimler ve malların fiyatlarındaki belirsizlikler veya dalgalanmalar sayılabilir. Çoğu zaman depolama, ne endüstri ne de ticaret alanında arzulanan bir şeydir; çünkü belli bir sermaye harcanması gerekmektedir.

Bu yüzden depolama ve stoklama bir tercih değil bir zorunluluktur. Depolama sistemlerinin iyi tanınması ve hangi malların nasıl depolanacağını bilmesi gerekmektedir, malları depolarken ve depodan gerekli yerlere iletirken günümüz için çok önemli olan zaman ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Depolama lojistik süreçlerin her aşamasında kullanılmaktadır. Fiziksel dağıtımın vazgeçilmez bir unsurudur. Depolama, arz ve talebin birbir eşleşmemesinden kaynaklanır. Tedarik aşamasında hammaddelerin depolanması, fiziksel dağıtımda nihai ürünlerin depolanması ve diğerlerine oranla az da olsa yarı mamullerin depolanması söz konusudur. Ticaretin ve rekabetin gelişmesiyle depolama, bir işlem olmanın yanı sıra teknik olma özelliğini kazanmıştır.

İstiflemek, iletimi sağlamak, kontrol etmek, tartmak vb. gibi depoda yapılması gereken işlerin mekanizasyonu depolama tekniğinin en temel taşlarını oluşturmaktadır.

13.2.1. Depolamanın Lojistik İçerisindeki Yeri ve Önemi

Tedarik ağının en önemli fonksiyonları depolama ve taşıma fonksiyonlarıdır. Hammadde aşamasından imalat ortamına, oradan da tüketim merkezlerine taşınması gereken eşya ve ürünlerin belirli merkezlerde depolanması, lojistik dağıtım ağının sürekli ve güvenli bir şekilde işlemesine yardım etmektedir. Lojistiğin en önemli fonksiyonlarından bir tanesi depolamadır ve fiziksel dağıtım sürecinin vazgeçilmez bir unsurudur. Avrupa'da 2004 yılında lojistik maliyetleri üzerine yapılan bir alan araştırması, toplam lojistik maliyetlerinin %13'ünün envanterle ilişkili olduğunu ve depolamayla ilişkili maliyetlerin diğer %24'e karşı geldiğini göstermektedir. 2005'te Amerika için yapılan benzer bir çalışmada, envanter

maliyetleri nispeten daha yüksek olup %24'e çıkarken, depolama maliyetlerinin %22'ye gelip Avrupa'dakine yakın seyrettiği görülmektedir.

Küreselleşen dünyada sınırların ortadan kalkmasıyla, lojistik işletme sayıları her geçen gün artmaktadır. Artan işletme sayısı artan rekabeti ifade eder. İşletmeler rekabet edilebilirliğin sağlanmasının lojistik maliyetlerini azaltmaktan geçtiğini ifade etmektedirler. Depolama da maliyet anlamında işletmeleri çok fazla etkileyen bir kalem olmaktadır. Rekabet edebilirlik için en önemli lojistik faaliyetlerinden birisidir. Firmalar fiyat, kalite ile pazarda rakipleri ile rekabet ederken ürünün rafında bulunmama riski konusunda da geliştirdikleri satış ve stok yönetimi metotları ile mücadele etmektedirler.

Buna ek olarak depo maliyet kalemini kar merkezi haline dönüştürmek işletmelerin depolarını etkin ve verimli kurması ve kullanmasıyla gerçekleşebilir. Özellikle son yıllarda yaşanan gelişmeler malzeme yönetimi, stok yönetimi ve dolayısıyla depo yönetimi fonksiyonlarının önemini ön plana çıkartmış, depolar yönetim konseptlerindeki değişimlerle beraber müşteri taleplerindeki bu yeni trendlere de cevap vermek zorunda kalmıştır.⁴⁸ Günümüzün ihtiyaçlarına cevap vermek için yaşanan gelişmeler aşağıda belirtilmiştir.

- Tam zamanında üretim/dağıtım dediğimiz, JIT (Just In Time) gibi sistemler geliştirilerek müşterilere hızlı cevap vererek stok maliyetleri azaltılabilir. Bu anlayışla stok minimizasyonu eğilimi yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır.
- Değişen müşteri isteklerine cevap verebilmek adına üretimin esnekleştirilmesi ile de ürün çeşidindeki değişimlerle taleplerin hızlı bir şekilde karşılanması gereği ortaya çıkmıştır.
- Ürün yaşam eğrilerinin kısalmasıyla stok kontrolü önemli bir konu haline gelmiştir. Eğer stok kontrolüne dikkat edilmezse, kısa bir süre sonra kullanılmayacak veya satılmayacak hale gelen parça ya da mamul stokları ortaya çıkacaktır.

Bu gelişmelere bağlı olarak depo yöneticilerinin başa çıkmak zorunda oldukları bu zorluklardan birkaçı aşağıdadır:

- Depolanması gereken yüklerin ya da istiflerin sayısında önemli bir artış olmuştur.
- Müşteri hizmetleri ve servis sisteminin ihtiyaçları artmıştır.
- Envanter miktarını ve maliyetlerini düşürme yönünde talepler artmaktadır.
- Depo operasyonlarının etkinliğinin ve yer kullanım verimliliğinin artması yönünde talepler artmaktadır.
- Depoları tüm lojistik sistem içerisinde entegre etme ihtiyacı artış göstermektedir.
- Çapraz sevkiyat, tam zamanında dağıtım ve müşteri ihtiyaçlarına çabuk ve etkili cevap verme gereksinimlerinde önemli artışlar olmuştur.

- Lojistik felsefesinde “çekme” sisteminden “itme” sistemine geçiş yaşanmıştır.
- Lojistik ağlarında yer alan kademeler giderek ürünleri doğrudan müşteriye ulaştıracak şekilde azalma eğilimindedir.
- Güvenilir, verimli ve etkili üçüncü taraf lojistik hizmet sağlayıcılara erişim imkânı artmaktadır.
- Depo operasyonlarının planlanmasında göz önüne alınacak sistem ve ekipman alternatiflerinde önemli bir artış görülmektedir.
- Karar vericilerle operasyonları yürütenlerin kullandıkları iletişim ağlarını entegre ederken elektronik veri aktarımı, otomatik tanımlama ve uyumlu bilişim sistemleri kullanma zorluğu ile karşılaşmaktadır.
- Ortakların rolü ve ortak envanterlerin sanal ortamda entegrasyonunun önemi artmaktadır.
- Yönetimlerin geliştirilmiş ölçüm ve operasyonel hesap verebilirlik ihtiyaçları artmaktadır.
- Küresel pazarın öneminin artması ve ürün çeşitlendirme nedeniyle ortaya çıkan sevkiyat ihtiyaçlarındaki zorluklar artmaktadır.

Firmalar, sürekli olarak performanslarını geliştirmenin yollarını aramaktadırlar ve depo operasyonları tedarik zinciri yöneticilerinin minimum maliyet için maksimum verim elde edebilecekleri alandır. Operasyonlardan maksimum sonuç alabilmek için verimliliği ve müşteri memnuniyetini arttıran bazı “en iyi yöntemler” kullanılabilir. En iyi yöntemler endüstriye ve taşınan ürüne göre değişiklik gösterse de birçok şirkette kullanılacak ortak yöntemler vardır.

Son yıllarda ortaya çıkan teknolojik yenilikler ile depolamanın lojistik sistemin içerisinde önemi azalmış gibi görülmektedir. Özellikle tam zamanında, hızlı cevap verme, etkilimüşteri cevaplandırma, doğrudan depo dağıtımı ve sürekli akıcı dağıtım gibi kavramların lojistik sistem içerisinde öneminin artması bu kanıyı güçlendirmiştir. Bu görüşleri savunanlar depoların, toptancıların, dağıtıcıların ve dağıtım merkezlerinin olmadığı bir dünyayı hayal etmektedirler. İnternetin dağıtım hizmetlerine sağladığı faydalar da bu fikirleri savunanların görüşlerini pekiştirmektedir.

Lojistiğin fonksiyon alanlarından depo ve depolamanın öneminin artarak süreceğinden emin olmamızı sağlayan sektörel eğilimler arasında müşteriye odaklanma görüşünün yaygınlaşması, operasyonların birleşme eğiliminin artması, malzeme ve bilginin sürekli akışı, değer katılmış hizmetlerin öneminin artması, bilişim teknolojilerinin uygulanması, alan ve zaman yetersizliği baskısının giderek artması sayılabilir.

13.2.2. Depolamanın Nedenleri

Kotler'e göre her işletme üretim ve tüketim evrelerinin nadiren eşleşmesinden dolayı ürünlerini satana kadar depolamak zorundadır. Eğer firmalar ürünlerine olan talepleri bilip hemen tedarik edebilselerdi stok bulundurmak zorunluluğu olmayacağından depolamaya da gerek olmayacaktır. Değişen müşteri ihtiyaç ve talepleri tam olarak kestirilemediğinden bir firmanın stok tutmaması ne pratik ne de ekonomik olur. Birçok işletme doğrudan müşterilere tedarik ihtimallerini sağlamaya çalışsa da bunun mümkün olmadığı birçok durum vardır. Bunun sebeplerinden biri tedarikçilerin temin sürelerinin müşterilerin istedikleri kadar kısaltılmasının maliyetler açısından mümkün olmamasıdır.⁵³ Zorunlu bir gereksinimden ziyade ekonomik bir rahatlık olan depolama nedenlerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- Bir malın üretildiği nokta ile bu mala talep olan noktalar arasındaki mesafenin neden olabileceği hizmet düzeyi aksamalarını önlemek,
- Üretim ve taleplerdeki mevsimlik dalgalanmalardan ötürü, ürünün bol olduğu zamanlarda depolamak,
- Fiyatlardaki dalgalanmaları göz önünde tutarak depolama yapmak,
- Büyük lotlarla nakliyenin avantajından yararlanmak,
- Üretimde ölçek ekonomisinden yararlanmak,
- Satın almada iskontolardan yararlanmak,
- Üretimin sürekliliğini sağlamak,
- İşletmenin müşteri servis düzeyi politikalarını desteklemek,
- Mevsimsellik, rekabet vb. durumlarla başa çıkabilmek,
- Üretici ve tüketiciler arasındaki yer ve zaman farklılıklarının üstesinden gelmek,
- İstenen servis düzeyinde, toplam lojistik maliyetini en aza indirmektir.

13.2.3. Depolamanın Amaçları

Depolamanın gerçek değeri, doğru ürüne, doğru yerde ve doğru zamanda sahip olmakta yatmaktadır. Depolar, bir işletmenin başarılı olması için yer ve zaman kazancı sağlamaktadır. Bunlara ilave olarak, depolamanın amaçlarını şöyle sıralayabiliriz:

- Depo alanının verimliliğini arttırmak,
- Depo araç ve gereçlerinin kullanımı verimliliğini arttırmak,
- Depo planına sadık kalmak,

- Bütün mallara ulaşılabilirliği maksimuma çıkartmak,
- Bütün parçaların korunmasını sağlamaktır.⁵⁴

13.3. Depo eşitleri

Depoları işleyişine, ürün şekline, mamul tipine ve mülkiyet durumlarına göre sınıflandırmak mümkündür.

13.3.1. İşleyişine Göre Depolar

Genel işleyiş ve niteliklere göre depolar “işletme deposu” (veya üretim deposu) ve dağıtım merkezi (veya dağıtım deposu) olarak ikiye ayrılmaktadır. Dağıtım merkezi çoğu zaman depo kavramı yerine kullanılsa da birbirine karıştırmamak gerekir. rnlerin stokta bulunma sürelerinin uzunluğuna ve depodaki ürünlerin çeşit ve sayılarına göre depolar ayrılır.

Genellikle depolama süresinin uzun olduğu yerlere işletme deposu denir. İşletme deposunun fonksiyonu; giriş-çıkış ambarları ve ara depolar olmak üzere hammadde, yan mamul veya tamamlanmış ürünleri, üretim sürecinde kullanılmak üzere ve/veya dağıtım öncesinde stoklamaktır. Ana tasarım kriteri depolama kapasitesi ve işletim maliyetleridir.⁵⁵ İşletme deposuna gelen her ürün teslim alınarak stoklanır. İşletme depoları düşük katma değerli bir faaliyet sağlar. rnler partiler halinde toplanır ve yükleme isteklerine uygun olarak operasyon maliyetlerinin en aza indirilmesi sağlanmaya çalışılır.

Dağıtım merkezi, eşyaların muhafaza edildiği ve müşteri siparişlerine göre hızlı, sık ve kapsamlı sevkiyatlara elverişli büyük hacimli depolardır. Bir dağıtım merkezindeki farklı özellikteki eşyaların sayısı ve siparişler için istenen miktarlar çeşitlilik gösterebilir.

İşletme deposundan en önemli farkı zaman olarak ürünlerin daha az süreyle stoklanmasıdır. Minimum stok tutma eğilimi olduğundan genelde talebi fazla, sirkülasyonu hızlı olan ürünlerin stoklaması yapılır. Hafif montaj da dahil olmak üzere, yüksek katma değerli hizmetler verilir. rnler zaman esasına göre toplanır ve müşterilerin beklentilerine uygun olarak kârın maksimizasyonu sağlanmaya çalışılır.

Dağıtım merkezinde farklı ürün grupları sayıca fazlayken, siparişlerde ise istenen miktarlar farklılık gösterebilir. Dağıtım merkezleri en az envanterin tutulduğu, stok devir hızlarının yüksek olduğu yerlerdir.

13.3.2. rn şekline Göre Depolar

Depolar, depolanacak ürün şekline göre parça mal depoları ve dökme mal depoları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Parça (Birim) Mal Depoları

Farklı şekillerde, farklı boyutlardaki küçük ebatlı, tek parça halinde hareket edebilen ve yerleştirilebilen ürünlerin olduğu depolardır. Parça malların belirli şekil ve boyutlarının olması, depolama ve taşımayı dökme mallara göre daha zorlaştırır. Parça malların depolanmasında; paletler, raflar, modüler çekmeceler, kutular, konteynerlar, açık alanda istifleme, mobil raflar vb. kullanılır. Bu ürünlerin taşınmasında özel donanım gerekmeksizin kamyon, konteyner, tren ve uçaklar da kullanılabilir. Parça malların taşınması ve depolanmasında malların boyutları, ağırlıkları, hacimleri, biçimleri vb. özellikleri etkilidir.

Stoklama deposu: Hacimsel kapasiteleri ve uzun depolama süreleri ile diğerlerinden ayrılırlar. Malları uzun süreler için stoklayıp, saklamakta kullanılırlar. (Örneğin hammaddeler, kömür, tahıl depoları)

Geçiş deposu: Geçiş depoları, depoya giren malların çıkışa kadar geçen kısa süre içinde ayrılmaları için kullanılırlar. Depolama zamanı genellikle çok kısadır. (Hava alanlarındaki veya tren istasyonlarındaki muhafaza depoları)

Tasnif deposu: Tasnif depoları malzeme akışı sırasında belli bir düzenlemenin ve ayırımın yapıldığı yerlerdir.

Satış deposu: Depolama işleminin komplike olmayışı, tesisin ucuza mal olması ve koridorların kolayca değiştirilebilmesi gibi olumlu özelliklere karşı, alçak depoların istenmeyen yönleri daha fazla ve önemlidir. Bunlar, depo mahallinin verimli kullanılmaması, malın depo zeminini tamamen kaplaması, sadece en üstte bulunan mal kümesi veya mal biriminin direkt olarak alınabilmesi, depolama işlemlerinin fazla zaman alması ve nihayet deponun otomatik düzenlere uygunluk göstermemesi gibidir.

Çok katlı depo: Çok katlı depolar üst üste düzenlenmiş satış depoların oluşturduğu depolardır.

Yüksek raflı depo: Yüksek raflı depolarda yükseklik 12 metreden fazladır.

Dökme Mal Depoları

Dökme mallar, hacimsel ve belli bir şekil verilmemiş, paketlenmemiş olarak taşınan ve depolanan mallardır. Belirli bir şekli olmayan parçalardan oluştuğu gibi sıvı ve gaz hallerde de bulunabilirler. Dökme mal depoları genelde açık hava veya yarı kapalı depo ekinde inşa edilirler. Kum, tahıl, çimento, maden ürünleri, yem gibi parçalı birim bir kap halinde bulunmayan granüllü mallar bu depolarda depolanır.

Bunkerler, silolar, çeşitli kaplar, depolar ve yığılma alanlar; dökme mallar, sıvı mallar ve gazların saklanması ve depolanmasında kullanılırlar.

13.3.3. Mamul Tipine Göre Depolar

Depoları içinde tutulan eşyaların özelliklerine göre, aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür.

- Ticari ürün depoları: Bu depoların hizmetleri, kereste, pamuk, tütün ve tahıl gibi kolaylıkla heba olabilecek mamullerin stoklanması ve taşınması ile sınırlıdır.
- Dökme yük (akışkan ürün) depoları: Sıvı kimyasallar, benzin, karayolu tuzu, yağ, şurup gibi akıcı haldeki ürünlerin stoklanması ve taşınmasına hizmet ederler.
- Isı kontrollü depolar: Sıcaklık ve nemin ayarlandığı, stoklama ortamının kontrol altında tutulduğu depolardır. Bazı kimyasalların, ilaçların, meyve, sebze, çiçek gibi zamana dayanıksız, kolay bozulabilen yiyeceklerin ve dondurulmuş gıdaların bu şekilde depolanması gerekir.
- Ev eşyası depoları: Evlerde kullanılmak için imal edilmiş eşyaların ve mobilyaların saklandığı ve taşındığı depolardır.
- Genel eşya depoları: En yaygın olarak kullanılan bu depo tipinde geniş bir ürün çeşitliliği söz konusudur. Genellikle özel bir depo ortamı ya da taşıma şekli gerektirmeyen, her çeşit eşyanın tutulduğu depolardır.
- Mini depolar: Alan olarak ufak, sınırlı hizmet sunan ve genel olarak merkezi konumda bulunan depolardır. Kısa süreli çözüm olarak kullanılan ek bir depo işlevi görür.

13.3.4. Mülkiyetine Göre Depolar

Depoları mülkiyetine göre özel depolar, genel depolar ve sözleşmeli depolar olmak üzere üçe ayırabiliriz.

- Özel depolar: Depolar ve depolama araçlarının işletme mülkiyetinde olduğu alanlardır. Bu depolarda firmanın her türlü depolama faaliyetleri üzerindeki kontrolü yüksektir. Özellikle işletmenin depolama ihtiyacı fazla ise kendi deposuna sahip olması tercih edilir. Uzun dönemde etkin bir yönetim ve deponun verimli kullanılmasıyla kiralanana göre daha az maliyetli olmaktadır. İşletmeye esneklik sağlar fakat ilk kuruluşta çok büyük yatırımlar gerektirir.
- Genel depolar: Depoculuk konusunda uzman kişi ya da kurumlar tarafından yönetilen, işletme mallarının belirli bir ücret karşılığı stoklandığı depolardır. Bu depolar çok sayıda firmaya hizmet verebilecek kapasitedir. İşletmeler tarafından en çok tercih edilen depo türleridir. Kendi içinde özel mallar deposu, soğutma tertibatlı depo vb. gibi depolara ayrılmaktadır. Birden fazla işletme aynı depoyu kullanabileceği için personelin atıl olması söz konusu değildir ve sabit maliyetler firmalar arasında bölüşüleceği için ölçek ekonomisi sağlamaktadır. Faturalamada ise stoklama ve taşıma maliyetleri ayrı ayrı gösterilebilir. Genelde bu depolar kiralanırlar, bu nedenle depolama maliyetleri değişken maliyet haline gelmiş olur.

Pazarın değişmesi durumunda da yeni depolarla anlaşma yapılabilir.

• Sözleşmeli depolar: Daha çok genel depoya benzerdir. Kullanıcı ile depo hizmeti sağlayan arasında imzalanan sözleşmeyle tüm risk paylaşılmaktadır. Özel ve genel depoların avantajlarını barındıran bu depolama türünde işletmenin bir depoyu ve deponun belirli bir kısmını uzun bir dönem için kiralaması söz konusudur. Bazen sadece kullanıcıya özgü özel hizmetler de sağlanır. İşletmeler bu depolar sayesinde hem sabit sermaye yatırımından kurtulmuş olur hem de pazara yakın olan bu depolar sayesinde hizmet seviyesini yükseltir.

Depo mülkiyeti konusunda UND, UTİKAD, RODER, KARİD üyelerinin tamamının ana kütle olarak alındığı bir saha çalışmasında, depoların %23'ünün firma mülkiyetinde özel depolar, %77'sinin ise kiralık depolar olduğu belirlenmiştir. Kiralık depo kullanan lojistik hizmet sağlayan şirketler kiraladıkları depoyu kendileri işletmekte ya da dışarıdan hizmet sağlama yolunu seçmektedir. Kiralık depolarda karşılaşılan sorunların başında kiralık depo bulma sorunu gelmektedir. Yine aynı araştırmaya göre şirketlerin %61,5'i depo temininde önemli güçlükler yaşadıklarını belirtmiştir.⁵⁷

13.4. Depo İş Süreçleri

Bir depoyu karakterize ederken üç farklı bakış açısından bahsedilebilir: iş süreçleri, kaynaklar ve organizasyon. Depoya ulaşan ürünler, “iş süreçleri” denilen birtakım adımlardan geçmektedir. “Kaynaklar” bütün varlıkları (bir depoyu işletmek için gerekli olan ekipman ve personeli) ifade etmektedir. “Organizasyon” ise sistemi çalıştırmak için kullanılan tüm planlama ve kontrol işlemlerini içermektedir.

İyi bir depo yönetiminin sağlanabilmesi için bütün bu alt süreçlerin bir zincir oluşturduğugöz önünde bulundurulmalıdır. Dolayısıyla bir süreçteki aksaklık diğerlerine yansiyacak, depo yönetimi ve depo içerisindeki eşya hareketlerinde sorunlar yaşanacaktır. Süreç entegrasyonu ile gerçekleştirilen depolama fonksiyonu zaman, yer, insan, malzeme ve ekonomi açısından işletmeye büyük kazançlar sağlayacaktır. Süreçler müşteriye göre değişir. Ürünün iş akışı müşteri taleplerine göre müşterinin kendisine ya da şirkete verilir.

Fakat depo fonksiyonları 5 iş sürecini içerir. Bu iş süreçleri şöyledir:

13.4.1. Mal Kabul

Mal kabul belli depo operasyonlarından biridir ve ürünlerin boşalması, envanter kayıtlarının düzeltilmesi, ürünlerin sayısının ya da kalitesinin kontrolü gibi faaliyetleri kapsar. Depoya ulaşan ürünlerin karşılaştığı ilk süreçtir. Ürünler depoya kamyonlarla veya benzer araçlarla getirilir.⁶⁵ Depoya ulaşan ürünlerin karşılaştığı ilk süreçtir. Ürünler depoya kamyonlarla veya benzer araçlarla getirilir. Müşteri tarafından oluşturulan satın alma siparişini referans alarak, ürünlerin barkodları irsaliyesine (faturasına) göre kontrol edilerek mal kabul standartlarına uygun olarak teslim alınır. Mal kabulü, müşteri temsilcilerine ve depo içindeki personel ve depo sorumlusuna belirtilmelidir. Eşyalar bir üretim deposunda veya dağıtım merkezinde kabul edilir, muhafaza edilir, kontrol edilir.

Kontrol sonucunda eğer ürünlerde hasar var ise malzeme hasarı gerekli birimlere bildirilir. Malzeme stoka alınır. Hasarlı ürünün resmi çekilir, hasar tutanağı tutulur, müşteriye bildirilir ve sigorta işlemleri başlatılır. Kabul aşamasında görünür kontrollerin yapılması ve hasarın belirlenmesi sigorta ve sorumluluklar açısından önem teşkil etmektedir. Bu adımda ürünler

Mal kabul standartları şöyledir:

- Fiziksel hasar kontrolü,
- Ambalaj yeterliliği,
- Kod, barkod kontrolü,
- Şahit numune veya önceki partilerle uyumluluk kontrolü,
- Miktarsal kontrol (sipariş ile gelen ürün, gelen ürün ile irsaliye faturadaki miktarsal tutarlılıklar),

Mal kabul sisteminin temel amaçları şu şekildedir:

- Taşıyıcıları emniyetli ve verimli bir şekilde boşaltma,
- Kabulleri zamanında ve hatasız olarak işleme,
- Faaliyetleri ve kayıtları doğru bir şekilde sürdürme,
- Kabullerin sonraki kullanımı için uygun yerlere hızlı dağıtımını,
- Siparişleri alır almaz materyallere mümkün olan en kısa zamanda ulaşma.

13.4.2. Fiziksel Depolama (Yerleştirme)

Depolama alt süreci, bekleyen bir talep söz konusu olduğunda malın fiziksel olarak kontrol altında tutulması, zapt edilmesidir. Bu aşamada ürünler depolama yerlerine yerleştirilir. Depolama alanı ayırım ve ileri bölge olmak üzere iki bölümden oluşur. Ayırım bölgesi daha büyük miktarlarda depolamayı sağlarken ileri bölgesi sipariş toplayıcılar tarafından daha kolay ürün ulaşımının sağlandığı bölgedir.

Bir depolama planında düşünülmesi gereken en önemli ürün değişkenleri ürünün miktarı, ağırlığı ve depolama ihtiyaçlarıdır. Ürünler gruplarına ve cinslerine göre uygun alanlara yerleştirilir. Örneğin; kimyasal maddeler ile gıda maddeleri yan yana konulmaz. Bunun yanında iş ve işçi güvenliği göz önünde bulundurularak depolama yapılır. Ürünlerin cins ve özelliklerinin yanında hacimleri ve boyutları da fiziksel depolamada önemlidir.

Müşterinin istediği envanter yönetimi şekline göre envanter yönetimi yapılır. (FIFO, LIFO, FEFO vb.) Bu aşamada malzemelerin üretim ve son kullanım tarihleriyle, devir hızları göz

önünde bulundurulmalıdır. Eğer işletmelerin yazılım sistemleri var ise envanter yönetim şekline göre bu sistem otomatik olarak adres tayin eder.

Yüksek hacimli ürün depoda hareket mesafesini minimize edecek şekilde konumlandırılmalıdır. Nispeten ağır parçalar kaldırmayı en aza indirmek için depolama alanlarının alçak olan yerlerine atanmalıdır.⁶⁷ Bu gibi şartlar göz önüne alındıktan sonra teslim alınan ürünler depo içerisinde müşteriye tahsis edilmiş olan adreslere yerleştirilir. Ürünlerin depolama sahasındaki yerleşimleri tam otomatikten insan gücüne uzanan geniş bir yelpazede sürdürülen faaliyetler ile gerçekleştirilir.

13.4.3. Siparişlerin Alınması ve Depolanması

Siparişlerin alınması, malların depolandıkları bölümden hareketini tanımlar. Bölümlerinden alınan eşyaların kalite kontrol testleri yapılarak, hatalı olanlar ayrıştırılır. Birçok firmanın hatalı ürünleri ayracağı ayrı bir bölüm vardır ve hatalı olarak ayrıştırılan ürünler bu bölüme konular, müşteriyle temasa geçilir ve iade işlemleri gerçekleştirilir. Kalite kontrolden geçen ürünler ise ambalajlama, elleçleme veya konsolidasyon işlemleri yapılmak üzere bir sonraki sürece geçmiş olur.

Sipariş toplama, belirli bir talebi karşılamak amacıyla parçaları depolandığı yerlerden çıkarma sürecidir. Müşteriyi esas alan, müşteriye göre hareket eden temel bir depo hizmetidir ve depo tasarımlarıyla ilişkili bir süreçtir.⁶⁸ Toplanan malların sırasıyla ayıklama ve konsolidasyon proseslerine taşınması söz konusu olabilir. Bir depodaki bütün işletim maliyetlerinin %63'ünü sipariş toplama oluşturmaktadır. Sipariş toplama, yönetilmesi gitgide zorlaşan bir faaliyettir.

13.4.4. Ambalajlama ve Ürün Birleştirme

Kalite kontrolden geçen hatasız eşyalar, ambalajlama işleminden sonra benzer ürünler bir araya gelecek şekilde depolanır ve farklı müşterilere göre konsolide edilerek dağıtıma hazır hale getirilir. Müşteriden yükleme emrinin gelmesi ile başlar, elleçleme ve konsolidasyon gibi işlemlerden sonra ürünün sevkiyata hazır hale gelmesi ile son bulur. Konsolidasyon aynı müşteriye gidecek olan ürünlerin gruplanmasıdır.

13.4.5. Yükleme ve Sevkiyat

Depodan çıkışı planlanan ürünler siparişler kontrol edildikten ve paketlenildikten sonra kamyonlara, trenlere ve diğer taşıma araçlarına yüklenmektedir. Çıkış ve yükleme, depodan çıkışı planlanan ürünlerin taşıma araçlarına palet, mukavva kutu, varil vb. taşıma üniteleriyle yerleştirilmesidir.

Ambalajlama ve sevkiyat aşağıdaki görevleri içermektedir:

- Siparişlerin eksiksizliğine ve tamamlılığına ilişkin kontrolü,
- Konteynera uygun sevkiyat yapılması için malın ambalajlanması,

- Paketleme listesini, adres etiketini ve yükleme faturasını içeren sevkiyat dokümanlarının hazırlanması,
- Sevkiyat ücretlendirmesini belirlemek için siparişlerin tartılması,
- Fiziksel dağıtım taşıyıcılar ile siparişlerin toplanması,
- Kamyonları yükleme,

Tüm bu süreçlerin paydaşları olan müşteri, başta depo olmak üzere bütün departmanlar arasında veri kontrolünün sağlanması WMS tarafından gerçekleştirilmektedir. Depo Yönetim Sistemleri birçok işletmenin depolarında stoklamanın, ürün yerleştirmelerinin, yüklemelerin yapılmasının ve bunların kontrolünün sağlanmasında kullanılan yazılımlardır.

13.5. Depolama Fonksiyonları

Depolama fonksiyonlarının lojistik sistemler içerisinde çok çeşitli rolleri bulunmaktadır. Depoların temel fonksiyonlarının dayanağı ekonomik fayda, zaman kazancı ve hizmet sağlamasıdır. Ekonomik faydaların içinde; birleştirme, ayırıştırma, işleme ve saklama faydaları sayılabilir. Fonksiyonlar, ülkelerin ve işletmelerin içinde buldukları durumlara, zamana ve incelenen deponun o zincir içerisindeki hareketine bağlı olarak değişmektedir.

Ekonomik fayda sağlamak amacıyla yapılan depolama, genel olarak ürünleri bir yerde toplamak, yığın ürünleri küçük parçalara bölmek, ürünleri sınıflandırmak ve karıştırmak, ürünleri birleştirmek, aktarmak, ürünü işlemek, dağıtımını ertelemek, stok yapmak ve tersine lojistik fonksiyonlarını sağlamak maksatlarıyla yapılır. Depolama fonksiyonları ayrıntılı biçimde aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

13.5.1. Birleştirme (Konsolidasyon)

Diğer adıyla konsolidasyon nihai varış noktalarına sevk edilmek üzere farklı merkezlerden gelen, aynı müşteriye ve/veya aynı güzergaha gidecek ürünlerin raf sistemlerinin de yardımıyla birleştirilerek müşteri siparişlerine göre gruplandırılarak hazırlanmasıdır. Farklı merkezlerden gelen ürünler depo içerisinde hata ve karışıklık olması önlenecek şekilde gruplandırılır, sonra belli bir müşteriye ya da istikamete ait olan ürünler özel bir yükleme alanında toplanır.

Konsolidasyon zaman ve yer avantajı sağlar. Aynı güzergah veya bölgedeki müşterilere farklı araçlarla ürünlerin gönderilmesi yerine birleştirilip gönderildiğinde ölçek ekonomisinden faydalanılmış olur, bu da ulaştırmada verimlilik sağlar, dolayısıyla da ulaştırma maliyetlerinde bir düşüş görülür. Konsolidasyon **Şekil 4**'te görülmektedir.

Şekil 4. Ürün Birleştirme (Konsolidasyon)

13.5.2. Çapraz Sevkiyat (Cross-docking)

Çapraz Sevkiyat tedarik zincirindeki maliyetlerde ve tedarik zamanlarında önemli tasarruflar getirebilen bir tedarik zinciri stratejisidir. Bu stratejide çapraz sevkiyat tesisleri klasik anlamda malzemelerin saklandığı depolar olarak değil transfer noktaları olarak işlerler. Cross-docking sisteminin ortaya attığı fikir, taşınacak ürünleri gelen römorklardan giden römorklara arada depolama yapmadan transfer etmektir.

Depolama fonksiyonları mal kabul, raflama, depolama, malzeme yenileme, sipariş toplama, sevkiyata hazırlama ve paketlemedir. Özellikle sipariş toplama işgücü maliyetlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Geleneksel depolamanın alternatifi olan çapraz sevkiyat operasyonunda ise sadece mal kabul, bekletme ve sevkiyat fonksiyonları bulunmaktadır. Bir tesisin çapraz sevkiyat tesisi olarak nitelendirilebilmesi için bekletmenin en fazla 24 saat olması gerekmektedir. Görüldüğü üzere çapraz sevkiyat raflama, paketleme, sipariş toplama, depolama fonksiyonlarını ortadan kaldırmakta ve hem zamandan hem de maliyetten tasarruf edilmesini sağlamaktadır.

Lojistik sistemi içinde yer alan dağıtım merkezlerinin ve dağıtımın planlanmasında özel planlamaya ihtiyaç duyan bir operasyon olması nedeniyle bir depolama fonksiyonu olarak kabul edilmektedir.

Kısacası cross-docking sistemi bitmiş bir ürünün üreticiden alınıp ön kapıdan (inbound kapısı) dağıtıcı ambarına alınması, gerekli etiketleme, paletleme ve sıralama işlemlerinin yapılması sonucu outbound kapısında cross-docking kamyonlarına yüklenerek müşteriye gönderilmesinden ibarettir.

13.5.3. Katma Değerli Lojistik Hizmetleri

Katma değerli hizmetler (Value Added Services) ürün işleme olarak da ifade edilmektedir. İşletmelerin hizmet verdikleri ürün çeşitlerine ve müşteri beklentilerine göre değişiklik gösterir. Ürün depolama çözümleri sadece stokları muhafaza etmek ile ilgili değildir. Genel çözümün bir parçası olarak sunulan ve tedarik zincirinizin performansını arttıracak çok çeşitli ek hizmetler de mevcuttur.

Ürün montajı, donatım (kitting)/ön montaj, sıralama/hat besleme, paketleme, paket tasarımı, yeniden paketleme, iade işlemlerinin yönetimi, etiketleme, ütüleme, asma, katlama, elleçleme, ürün lansmanı vb. işlemler müşteri beklentilerine göre birçok lojistik firması ve depoları tarafından da verilmektedir. Örnek vermek gerekirse; dünyaca ünlü bir ilaç firmasının Türkçe prospektüslerinin kutunun içerisine konulup Sağlık Bakanlığınca getirilmiş kare kodların kutuların üzerine basımı depodaki özel bir alanda gerçekleştirilebilir.

Depolarda ürün işleme işletmelere önemli ekonomik kazanç sağlar. İşletmeler, yukarıda tüm saydığımız işler için özel makineler, çalışan personel bulundurmadan, işi profesyonel olarak yapan firmalardan bu hizmeti sağlamak için talepte bulunurlar. Genel depolarda işletmeler bu hizmetleri birden fazla firmaya verdiği için her verdikleri ek işlem için kazanç sağlayacaklar

ve aynı zamanda riski de bölmüş olacaklardır, bu da işletmelere maliyet düşürme şeklinde geri dönecektir. Dolayısıyla depolama faaliyetleriyle işletmeye değer ilave edilmiş olacaktır.

13.5.4. Mal Besleme

“Replenishment” olarak nitelendirilen mal besleme süreci, yeniden doldurmanın diğer bir ifade ile yeniden stoklamanın yapıldığı faaliyetler bütünüdür. Stok yapmak depoların en temel fonksiyonlarından biridir. Üretim açısından, dolayısıyla müşteri memnuniyeti açısından depoların stoklama fonksiyonlarından yararlanmak kaçınılmazdır.

Üretimi sürekli gerçekleşen fakat tüketimi belirli bir periyotta gerçekleşen özellikle sezonluk ürünlerin elde bulundurulmasında zaman faydası sağlar. Bütün bir yıl üretimin gerçekleşip belli zamanlarda ürünün talep görmesinin yanı sıra tam tersi bir durum da belirli bir dönemde üretilip yıl boyunca talep görmesi şeklindedir. Bu durum daha ziyade gıda ürünlerinde geçerlidir. Her iki durum da eldeki ürün envanterinin pazarlanması amacıyla gerçekleşmektedir.

13.5.5. Tersine Lojistik

Lojistik ürünlerin hammadde teminiyle başlayan ve üretime kadar uzanan bu süreç aynı zamanda da üretim tesislerinden nihai kullanıcıya kadar uzanan bir süreçtir. Tersine lojistikte, son müşteriden satıcıya veya üretim yerine geri gelen ürünlerin hareketi, depolanması ve elleçlenmesi ile uğraşır. İadesi olan, defolu, üretim kusurları olan ürünleri kapsar.

“Memnuniyet garantili” bir ürün önermek şu anlama gelmektedir - mal iadesi yapılabilir. İade edilen malların etkin bir şekilde yönetilmesi değerini yeniden yakalamanıza olanak verirken müşterilerinizin de mutlu olmasını sağlar. Hem zaman hem de paradan kazandıran hem de müşteri hizmetlerini geliştiren iade lojistiği lojistik firmaları tarafından planlanıp uygulanabilir.

Tersine lojistik istenmeyen malzemelerin geri dönüşümünü sağlar. İadelerin ve defolu ürünlerin geri dönüşüyle fabrika satış mağazalarında indirimli olarak satılmasıyla zararın önlenmesi sağlanır. Bu sebepten de “çevreye duyarlı lojistik” olarak da adlandırılır. Bu uygulama ile işletmeler imha, taşıma ve depolama gibi maliyetlerden tasarruf etmiş olurlar.

Geri dönen ürünler ve malzemeler yeni ürün üretmek için veya taşıma ekipmanı olarak tekrar kullanılmak için ya direkt olarak yeniden kullanılır ya da temizleme, küçük çaplı tamir gibi az bir yeniden işleme operasyonuna tabi tutulur. Paletler, şişeler ve konteynerlar bu tip dönüşlere örnek verilebilir. Geri kazanılan ürün, yeni ürüne nazaran daha düşük kalitede olsa da bu durum genellikle ürün performansını etkilemez. Bunu yeniden kullanım ağı olarak adlandırabiliriz.

Tersine lojistik uygulamalarında depolar önemli rol oynarlar. Geri dönen ürünler, iadeler, bozuk, arızalı, kullanılmış mamullerle ilgili birçok fiziksel uygulama depolarda gerçekleştirilir.

Tersine lojistiğin sağladığı avantajlar şöyledir:

- Perakendeciyi depo alanından kurtarır,
- Envanter kontrolünü sağlar,
- Yeni satış kanallarına (outlet) iş hacmi yaratır,
- Outlet ürüne gereken özeni gösterir,
- Ürüne değer katar,
- Atıl stokları nakde çevirir.

13.5.6. Spot Stoklama

Depolar ortaya koyacağı performansıyla satışların artmasını sağlamalıdır. Belli pazarlarda bir deponun hizmet vermesi maliyet demek iken, aynı zamanda kârlılığı ve pazarın büyümesini de sağlayabilir. Depolar; spot stoklama yaparak, dağıtım kanalı boyunca stok yaparak, üretimi destekleyerek ve pazarda ürün mevcudiyeti yaratarak hizmet sağlayabilirler.

Tüketimi sezonluk olan ürünlerde pazara yapılacak dağıtımını desteklemek amacıyla kullanılır. Envanteri yıla yaymak, satışların yükseldiği kritik öneme sahip satış zamanlarını desteklemek amacıyla stratejik stoklama yapılır. Aynı zamanda ölçek ekonomisi yaratmak amacıyla da kullanılabilir. Bazı gıda ürünleri belirli dönemlerde yetiştikleri için birden fazla kez stoklaması gerçekleştirilir. Bu stoklar ürünün piyasaya sunulmasıyla azaltılır.

14. DEPO TASARIMI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- Depo büyüklüğü seçimi
- Depo stok politikaları

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

1-Depo stok politikaları nelerdir? Avantajları ve dezavantajlarını belirtiniz.

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği

Anahtar Kavramlar

Depo tasarımı

Depo stok politikaları

Giriş

Bu bölümde depo tasarımında kullanılan stok politikaları ve depo büyüklüğü seçimi problemlerini ele alacağız.

KAYNAKÇA

Erkut, H. ve Baskak, M. (1997), Tesis Tasarımı, İrfan Yayıncılık, İstanbul

Tompkins, White, Bozer, Tanchoco (2010), Facilities Planning 4th Edition, John Wiley & Sons, NJ.

Heragu S. (2008), Facilities Design 3rd Edition, CRC Press, NW.

Ak, R. (2008), İşyeri Düzenleme Algoritmalarının İncelenmesi ve Bir Fabrika Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul

Duman, C. (2007) Genetik Algoritma ile Tesis Yerleşimi Tasarımı ve Bir Uygulama, YTÜ, İstanbul.

Atamtürk, A. (2009) Hücresel İmalat Sisteminde Hücre ve Yerleşim Düzeni Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İÜ, İstanbul.

Etçioğlu, E. (2009) Kapasite Planlamasının Simülasyon Tekniği ile Optimizasyonu ve Bir İmalat İşletmesi Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Ü., İstanbul

Adıgüzel, A.N. (2012) Tesis Yerleşimi Düzenlenmesi Problemi için Bir Tabu Arama Sezgisel Algoritması, Yüksek Lisans Tezi, İÜ, İstanbul

Öztürk, A. (2011) Etkin Depo Yönetimi Ve Lojistik Depoların Etkin Depo Stratejileri Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul