

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEMİ ÜRETİMİNDE İŞ AKIŞLARINDA DAR BOĞAZLARIN ANALİZİ VE
ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

SERHAT HAZAR SAĞLAM

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNALARI ANABİLİM DALI
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNALARI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. UĞUR BUĞRA ÇELEBİ**

İSTANBUL, 2012

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GEMİ ÜRETİMİNDE İŞ AKIŞLARINDA DAR BOĞAZLARIN ANALİZİ VE
ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

Serhat Hazar SAĞLAM tarafından hazırlanan tez çalışması 24.12.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Uğur Buğra Çelebi
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Uğur Buğra Çelebi
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Serkan Ekinici
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Alp Üstündağ
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Günümüzün rekabetçi ortamında üretim sektöründeki firmalar rekabetlerinde bir adım öne çıkmak için bir dizi faaliyetlerde bulunurlar. Yönetim planlama bu faaliyetlerde önemli bir rol oynamaktadır.

Kısıtlar Teoremi belli prensipler etrafında yönetimi giderlerini ve stokları düşürücü, çevrim süresini kısaltarak ana amaç olan karın artırılmasını amaçlayan bir yönetim felsefesidir.

Bu çalışmada gemi inşaatı sektörü, gemi inşaatı üretim akışı ve kısıtlar teoremi uygulaması ile oluşan durum incelenecektir.

Tezi hazırlamamda bana yardımcı olan sevgili eşim Çiğdem SAĞLAM'a, desteklerini hiç esirgemeyen sevgili aileme, iş arkadaşlarım Sedef Gemi İnşaat Planlama Departmanına ve hocam Yrd. Doç. Dr. Uğur Buğra Çelebi'ye teşekkürü borç bilirim.

Kasım, 2012

Serhat Hazar SAĞLAM

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	5
1.3 Hipotez	5
BÖLÜM 2.....	6
GEMİ SANAYİNİN İNCELENMESİ	6
2.1 Dünya Gemi İnşaatı Sanayinin Gelişimi	6
2.2 Türkiye Gemi İnşaatı Sanayinin Gelişimi	7
2.3 Türkiye Gemi İnşaatı Sanayinin GZFT(Güçlü Zayıf Fırsatlar Tehditler) Analizi	9
BÖLÜM 3.....	14
KISITLAR TEOREMİ	14
3.1 Kısıtlar Teoreminin Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması.....	16
3.2 Gantt Şeması.....	16
3.3 Ağ Diyagramına Dayalı Teknikler	17
3.4 Kritik Yol Yöntemi (CPM)	18
3.5 Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Yöntemi (PERT)	20
3.6 Kısıtlar Teorisi ve Kritik Zincir Yöntemi (TOC)	22

3.6.1	Proje Yönetim Sistemi	22
3.6.2	Planlanan ile Gerçekleşen Proje Süresi	24
3.6.3	Parkinson Kanunu.....	25
3.6.4	Öğrenci Sendromu.....	25
3.6.5	Çoklu Görevlendirme.....	26
3.7	Kritik Zincir Proje Planı Oluşturma	26
3.7.1	Proses	26
3.7.2	Stok Belirleme	28
3.7.2.1	İstatistiksel Altyapı.....	28
3.7.2.2	Proje Stoku Büyüklüğü.....	28
3.8	Örnek Uygulama	29
BÖLÜM 4		32
GEMİ İNŞA ÜRETİM AŞAMALARI		32
4.1	Çelik İşleme Üretim Kademeleri	32
4.1.1	Sac ve Profillerin Tersaneye Gelişi.....	33
4.1.2	Sac ve Profil Önboya.....	33
4.1.3	CNC ve Optik İşlemleri	33
4.1.4	“İstasyon A” Üretim Kademesi (Profil Hazırlama).....	34
4.1.5	“İstasyon C” Üretim Kademesi (Kesilmiş Tek Parça Saclar)	34
4.1.6	“İstasyon B–D–E–F” Sac Eğim – Pah – Profil Eğim ve Panel Kesim	35
4.1.7	“İstasyon G” Üretim Kademesi (Küçük Grup Ön İmalat)	35
4.1.8	“İstasyon H” Üretim Kademesi Panel İmalat.....	36
4.1.9	“İstasyon T” Üretim Kademesi Elemanlı Panel İmalat.....	37
4.1.10	“İstasyon I” Üretim Kademesi Gruplu Panel İmalat	37
4.1.11	“İstasyon J” Üretim Kademesi Eğimli Blok İmalatı	38
4.1.12	“İstasyon K” Üretim Kademesi Ana Seksiyon İmalat.....	38
4.1.13	“İstasyon L” Üretim Kademesi Blok İmalat	39
4.1.14	“İstasyon M” Üretim Kademesi Boya	39
4.1.15	“İstasyon N” Üretim Kademesi Kızak.....	39
4.1.16	“İstasyon O” Denize İnış.....	40
4.1.17	“İstasyon P” HAT (Harbour Acceptance Tests-Liman Testleri)	40
4.1.18	“İstasyon R” SAT (Sea Acceptance Test-Deniz Testleri).....	40
4.1.19	“İstasyon R” Teslim	41
BÖLÜM 5		42
KISITLAR TEOREMİ UYGULANACAK GEMİNİN İNCELENMESİ.....		42
5.1	1900 TEU Ana Boyutları.....	43
5.2	1900 TEU İstasyon Ağırlıkları	44
BÖLÜM 6		47
KISITLAR TEOREMİ İLE GEMİ İNŞA ÜRETİM PLANI OLUŞTURMA		47
6.1	Mecut Durum Analizi.....	47
6.2	1900 TEU Kritik Zincir Proje Planı.....	49

BÖLÜM 7.....	55
SONUÇ VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR.....	58
EK-A	60
ÜRETİM AKIŞI.....	60
EK-B	61
1900 TEU KONTEYNİR GEMİSİNİN PROFİL GÖRÜNTÜSÜ.....	61
EK-C	62
1900 TEU KONTEYNİR GEMİSİNİN ÜSTEN GÖRÜNÜŞÜ	62
EK-D	63
İSTASYON BAZINDA İŞ GÜCÜ TABLOLARI	63
ÖZGEÇMİŞ.....	67

SİMGE LİSTESİ

A*S	Adam x Saat
%	Yüzde
σ	Standart sapma

KISALTMA LİSTESİ

DWT	Dead Weight Tonnage
CGT	Compensated Gross Tonnage
ARGE	Araştırma Geliştirme
GZFT	Güçlü Zayıf Fırsatlar Tehditler
STK	Sivil Toplum Kuruluşu
JIT	Just In Time
CPM	Critical Path Method
PERT	Program Evoulution and Review Technique
TOC	Theory of Constraints
İD	İstenmeyen Durum
MGA	Mevcut Gerçeklik Ağacı
GGA	Gelecek Gerçeklik Ağacı
BB	Buharlaşan Bulut
CNC	Computer Numerical Control
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
HAT	Harbour Acceptance Tests
SAT	Sea Acceptance Tests
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
TEU	Twenty Foot Equivalent Unit

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 2000-2012 Yılları Arası Gemi İnşa İhracat Rakamları [21].....	8
Şekil 2. 2 2002-2012 Yılları Arası Gemi İnşa Sektörü İstihdam Rakamları [21]	9
Şekil 3. 1 MS Project Programında Gantt Şeması Örneği	17
Şekil 3. 2 Proje Sisteminin Görsel Gösterimi.....	23
Şekil 3. 3 Görev Tamamlama-Güvenlik Payı [10]	25
Şekil 3. 4 Çoklu Görevlendirme [3]	26
Şekil 3. 5 Örnek Uygulama – Proje Stoku - Besleme Stoku.....	30
Şekil 4. 1 Tek Profil	34
Şekil 4. 2 Tekil Parça	35
Şekil 4. 3 Alt grup.....	36
Şekil 4. 4 Düz Panel	36
Şekil 4. 5 Elemanlı Panel	37
Şekil 4. 6 Gruplu Panel.....	37
Şekil 4. 7 Eğimli Blok	38
Şekil 4. 8 Ana Seksiyonlar.....	38
Şekil 4. 9 Blok	39
Şekil 4. 10 Kızak	40
Şekil 6. 1 1900 TEU Kritik Zincir Planı	52
Şekil 6. 2 1900 TEU Kritik Zincir Planı-CCPM +	54
Şekil 7. 1 1900 TEU Konteynır Gemisi Üretim Süreleri	56
Şekil EK A. Üretim Akışı.....	60
Şekil EK B. 1900 TEU Konteynır Gemisinin Profil Görüntüsü	61
Şekil EK C. 1900 TEU Konteynır Gemisinin Üsten Görünüşü	62

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Tamamlanan ve Yeni Siparişlerin Ülkelere Oranları [19]	8
Çizelge 2. 2 Türkiye 2001-2011 İhracat ve İthalat Rakamları [20]	10
Çizelge 3. 1 Kritik Yol Yönteminin Güçlü ve Zayıf Yanları [25]	19
Çizelge 3. 2 PERT Yönteminin Güçlü ve Zayıf Yanları [25]	21
Çizelge 3. 3 2004-2009 Proje Yönetimi Zamanında Tamamlanma Yüzdeleri [29]	22
Çizelge 3. 4 Örnek Uygulama Süre-Kaynak Tablosu	30
Çizelge 5. 1 Türkiye Tersaneleri Kapasiteleri	42
Çizelge 5. 2 Türkiye Tersaneleri DWT/YIL Gemi Teslimi	43
Çizelge 5. 3 1900 TEU Ana Boyutlar	44
Çizelge 5. 4 Grup-Blok İsimleri Tablosu	45
Çizelge 5. 5 İstasyon N (Kızak) Ağırlık Tabloları	46
Çizelge 6. 1 Gerçekleşen ve Planlanan Süre.....	48
Çizelge 6. 2 Kısaltılmış Süreler.....	50
Çizelge EK D.1 Blok Kesim İstasyonu İş Gücü Tablosu	63
Çizelge EK D.2 Panel Sac Kesim İstasyonu İş Gücü Tablosu	63
Çizelge EK D.3 Hafif Panel & Panel İmalat İstasyonu İş Gücü Tablosu	64
Çizelge EK D.4 Panel Montaj İstasyonu İş Gücü Tablosu	64
Çizelge EK D.5 Eğrisel Blok İstasyonu İş Gücü Tablosu	65
Çizelge EK D.6 Ana Seksiyon İstasyonu İş Gücü Tablosu	65
Çizelge EK D.7 Blok İmalat İstasyonu İş Gücü Tablosu	65
Çizelge EK D.8 Kızak İstasyonu İş Gücü Tablosu	66

GEMİ ÜRETİMİNDE İŞ AKIŞLARINDA DAR BOĞAZLARIN ANALİZİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Serhat Hazar SAĞLAM

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ

Günümüzün rekabetçi ortamında işletmelerin ayakta kalabilmeleri ve verimli çalışabilmeleri için maliyetlerini düşürücü konular üzerine yönelmeleri gerekmektedir. Yatırımların yapıldığı gemi inşa sektöründe maliyetleri düşürücü önlemler almak için şirketler bir dizi faaliyetlerde bulunmaktadır.

Eliyahu Goldratt 1984 yılında yazdığı bir kitap ile birçok ünlü firmaya, imalat birimlerinde uygulanan bir teori ile ilgili olarak kaynak oluşturmuştur. Bu teori, kısıtlar teorisidir. Kısıtlar teorisi, bir işletmeyi ya da örgütü yönetmek ve iyileştirmeler sağlamak üzere geliştirilmiş bütünsel bir yaklaşımdır. Üretim planlamasında, üretim sürecinin iyileştirilmesi aşamasında, kısıtlar teorisinin temel prensiplerini oluşturan kritik zincir veya darboğazlar bulunarak, üretim süreçleri ve teslim süresinin kısalması gözlenebilecektir.

Bu çalışmada seri üretime yatkın anlayışla gemi üreten bir tersanenin iş akışı ve yapacağı gemi tipine göre istasyon bazındaki verileri incelenmiş ve kritik zincir, proje ve besleme stokları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu veriler tersane üretimi sırasında ortaya çıkan gerçek verilerle karşılaştırılmış ve üretimin bitiş zamanından daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kısıtlar teoremi, Kritik zincir, Darboğaz, Tersane iş akışı, Seri üretim

**BOTTLENECK ANALYSIS AND SUGGESTIONS ON SHIPBUILDING
PRODUCTION**

Serhat Hazar SAĞLAM

Department of Naval Architecture and Marine Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ

Organizations have to interest in the issues that lowers the costs for efficiency and surviving in competitive environment. The companies makes investments in shipbuilding industry are taking actions for minimization the costs.

The novel written by Eliyahu Goldratt in 1984 has been a source to manufacturing companies with the theory called Theory of Constraints. This theory is based on a system approach that aims to manage an organization and making improvements. Decrease in cycle times of production processes and in lead times will be observed with Theory of Constraints by finding the critical chain and bottlenecks which are fundamentals principles of the theory.

In this study work flow of a shipyard that produces ships with continuous production approach and the data by stations according to the type of ship will be analyzed and critical chain, project and feeding buffers are calculated. These data will be supported with real time data that are occurred during production and will be compared with each other and finally better results are recorded in finishing times.

Keywords: TOC, Critical chain, Bottleneck, Work flow, Mass production

**YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

1.1 Literatür Özeti

En genel anlamda Proje Yönetimi, projenin belirlenen tarihte bitirilebilmesi için kaynakların planlanması, organize edilmesi ve yönetilmesi disiplini. Proje yönetimi tarihin ilk medeniyetlerinden itibaren uygulanmıştır. Giza Piramitleri, Kolezyum ve Taç Mahal buna örnek olarak gösterilebilir. Günümüzde tanınan uygulamalar ise bilgisayarın iş hayatında kullanılması ile birlikte ortaya çıkmaya başlamıştır.

Proje yönetimi uygulamalarından kısıtlar teoremi 1984 yılında Elyahu Goldratt tarafından ortaya atılan bir yönetim felsefesidir. Elyahu Goldratt "The Goal" [1] adlı kitabında bir fabrika müdürünün geç teslimatlar ile başlayan sürece kısıtlar teoremi uygulaması ile imalat süresini iyileştirmeye kadar olan periyodu bir iş romanı halinde yazarak proje yönetimine ayrı bir bakış açısı getirmiştir.

Kısıtlar teorisinin iş sistemlerine bakış açısı herhangi bir firmanın temel amacının "şimdi ve gelecekte para kazanmak" olduğunu savunur. Goldratt'a göre amaç ile gerekli koşullar ve araçları birbirinden ayırmak gerekir. Örneğin müşteriye hizmet, ürün kalitesi, çalışan memnuniyeti, topluma ve çevreye sorumluluk genellikle gerekliliktir veya bazen organizasyonun performansının araçlarını temsil eder [2].

Amacı para kazanmak olarak belirleyen kısıtlar teoremi bunu 3 ana başlıkta değerlendirmektedir. Şirketlerin para kazanması için bu 3 kriterin artı değer sağlayacak yönde gelişmesi beklenir.

- İşletim Giderleri

- Envanter
- Satış Getirisi

Kısıtlar Teoreminin bu 3 ana başlıkta değerlendirdiği amaç, proje yönetimine geçerken odaklanılması gereken 5 ana prensibe dönüşmektedir. Bu 5 ana prensip, amaca doğru yol alırken başarılması gereken adımları işaret etmektedir.

Lawrence P. Leach [3] çalışmasında 5 odaklanma noktasının şematize etmiştir. Kısıtın belirlenmesi, kısıtın nasıl kullanılacağına karar verilmesi, alınan karara göre diğer tüm aktivitelerin yeniden organize edilmesi, kısıtın ortadan kaldırılması, sistemin başka kısıt yaratıp yaratmadığı kontrolü ile 5 odaklanma noktası tamamlanmaktadır.

Kısıtlar Teoremi üzerine yapılan çalışmalar birkaç konuda sınıflandırılabilir. Teoremin ortaya koyduğu kapasite kısıtlarının türlerine göre kaynak kısıtı, politik kısıt, lojistik kısıt gibi konularda birçok çalışma mevcuttur. Ayrıca teoremin, ana prensipleri olan öğrenci sendromu, parkinson kanunu ve çoklu görevlendirmeler ile ilgili çalışmalar da görülmektedir.

Büyükyılmaz O. ve Gürkan S. [4] yaptıkları çalışmalarında kısıtlar teoreminin teorik altyapısı ile birlikte kısıt türleri üzerine çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada kısıt türleri ve kısıtların yönetilmesi hakkında bilgi vermişlerdir.

Steyn H. [5] yaptığı çalışmasında, kısıtlar teoreminin ana prensiplerinden parkinson kanunu ile ortaya konulan; ‘çalışanlar bir işi, ancak onun için belirlenen zaman dâhilinde veya o zamanı aşacak şekilde yapmaya eğilirler. Eğer iş için belirli bir zaman belirlenmemişse, bu takdirde işin bitirilmesi oldukça geniş bir zamana yayılır’ önermesiyle ilgili örnek bir uygulama ortaya koymuştur. Kritik zincir bu duruma işlerin %50 sinin bitirilmesi olasılığıyla proje planı oluşturma ile karşılık vermiş ve bu temel zıtlığı ortadan kaldırmaya çalışmıştır.

Graham K. R. [6] yaptığı çalışmasında pert ve kritik yol ile kritik zincir uygulamalarının aktivite bazında karşılaştırılması ile ilgili bir şema ortaya koymuştur. Kritik zincir uygulamasının öngördüğü her aktivite sonrası varolan güvenlik alanının belli prensipler çerçevesinde bir tek iş sonuna eklenmesi durumu sonuçlarıyla birlikte irdelenmiştir. Kritik zincirin öngördüğü bu sistemle proje süresinin kısaldığı görülmüştür.

Jacob ve McClelland [7] çalışmalarında, kritik yol gibi proje yönetimi sistemlerinde proje görevlerinin tahminini %85-%90 tamamlanma olasılığı ile programların oluşturulduğunu, kritik zincir proje yönetimi ile güven aralığının %50 tamamlanma olasılığına denk gelen süre kullanıldığını belirtmişlerdir. Kısıtlar Teoreminin bu sayede güvenlik payı kullanmadığının ve bunu tüm projenin sonuna atarak istatistiksel varyasyon hesabına göre genel kısalma sağlandığını ortaya koymuşlardır.

Steyn H. [8] bir diğer çalışmasında örnek bir teorik uygulamada besleme ve proje stoklarının projeye nasıl dâhil edildiğini şematik olarak belirtmiştir. Leach [3] besleme ve proje stokları konusunda program dışında el ile yapılacak proje planında besleme ve proje stoku miktarını karekkler metoduyla birlikte formulize etmiş ve bunun üzerinden hesaplamalar sırasında uyulması gereken noktaları belirtmiştir.

Z. Radovitsky [9] besleme ve proje stokları üzerine yapmış olduğu çalışmasında farklı bir yaklaşım ile stok zamanı miktarlarını hesaplamak istemiştir. Sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda stok zamanı ortaya çıkmış ve optimal zaman belirlendiği ortaya koyulmuştur.

Bu çalışmanın önemli bir konusunu oluşturan kısıtlar teoreminin proje uygulamaları Türkiye’de maalesef teorik akademik çalışmalarda kalmıştır. Proje yönetiminde kısıtlar teoremini benimseyen firmalar ile ilgili bir bilgiye ulaşılamamıştır. Ancak Godratt tarafından ortaya atıldıktan sonra Avrupa ve özellikle Amerika’da ki sanayi kuruluşları ve bazı devlet organları teoremi etkin bir şekilde kullanmaya devam etmektedirler.

Tekin [10] kısıtlar teoreminin prensiplerini konu ettiği çalışmasında Ford Otosan tarafından üretilen Ford Connect araçlarının tavan projesini kısıtlar teoremi ile birlikte proje yönetimini gerçekleştirmiştir. Elde ettiği sonuçlar sonunda Ocak ayında başlanan proje Nisan ortasında bitiyor iken, kısıtlar teoremi ile proje yaklaşık 1 aylık iyileştirmeyle Mart sonunda tamamlanabilmektedir.

Kartal [11] yaptığı çalışmasında Arçelik buzdolaplarının bazı modellerinde Trampet-tampon-kordon olarak tanımlanan, kısıtlar teoreminin lojistik kısıtı tespit edildiğinde uygulanan çizelgeleme sistemiyle ortalama 12 gün olan buzdolabı çevrim süresini 6 güne düşürülebildiğini ortaya koymuştur. Bu durumda %45'lere varan bir iyileştirme tespit edilmiştir.

Gürses [12] yapmış olduğu çalışmasında dayanıklı tüketim sektöründe faaliyet gösteren bir üretim firması için Ar-Ge departmanı tarafından geliştirilen Elektronik Kart sisteminin devreye alınması projesini kritik zincir ile projelendirmiştir. Kritik zincir uygulaması öncesi Haziran ayında başlayan ve 13 ay gibi zamanda Temmuz aylarında biten proje kısıtlar teoremi ile birlikte 3,5 ay gibi bir süre kısalmasıyla Mart sonunda bitirilmesi öngörülmüştür.

Kısıtlar Teoremi, gemi inşaatı sektöründe proje uygulaması olarak literatürde yer almamaktadır. Proje yönetimi ile ilgili Turan [13] , platform destek gemisinin kabuk kısmının kritik yol yöntemi ile ağ diyagramlarını vermiş olduğu bir çalışma yapmıştır.

Özkök [14] yapmış olduğu çalışmada ise bir gemi inşaatı bloğunun boya hollerine kadar gönderilmesini bir çevrim süresi sayarak Arena simülasyon programı yardımıyla önünde yığılmalar olan istasyonları tespit etmiştir. 7 değerlendirme sonucunda; 720 saatlik çalışma sonunda 18 adet blok üretilebilirken, bu sayı 37 bloğa kadar çıkarılabilmektedir.

Kısıtlar teoreminin proje yönetimi olarak fiili olarak uygulanan örnekleri de mevcuttur. Üreten [15] yapmış olduğu çalışmada Avery Dennison, TBS Furniture ve Ford Motor firmalarının yapmış oldukları uygulama sonucu değışen değerleri şu şekilde özetlemektedir.

Avery Dennison firması 1.5 yıl süren iyileştirme süreci sonunda pazar payını %17 ile %25 aralığında, müşteri memnuniyetini %47 oranında, siparişleri karşılama süresini %80 oranında, net satışlarını %25 oranında arttırmıştır.

TBS Furniture firması işletim giderlerini %40, stok 2 milyon pound azaltmış, sermaye devri 13 milyon pound'dan 17 milyon pound'a çıkmıştır. Satışlar %40 artarken, teslimat performansı %97 artmıştır. Siparişleri karşılama süresi ise 6-8 haftadan 7 güne çekilmiştir.

Ford Motor firması iyileştirme öncesi 10,6 gün olan siparişleri karşılama süresi tam zamanında üretim (just in time) uygulaması ile 8,5 güne, kısıtlar teorisi ile 2,2 güne çekilmiştir. Müşteri memnuniyeti %75 seviyesine yükselmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, seri üretime yatkın üretim yapan bir gemi inşaatı firmasının üretim akışı incelenerek detaylandırılmıştır. Kısıtlar teoreminin bahsedilen üretim akışında teoremin prensiplerine göre yaptığı değişikliklerle ortaya çıkan durumlar incelenmiştir. Uygulama olarak 1900 TEU konteynır gemisi üretim süreci incelenmiştir. Burada tersaneden alınan veriler ışığında, planlanan süreler, gerçekleşen süreler ile incelenmiş ve detay hesaplamalar yapılmıştır. Daha sonrasında bu sürece kısıtlar teoremi uygulanarak, süreç iyileştirmeleri yapılmış, tarihlere göre üretiminde ortaya çıkan istasyon süreleri karşılaştırmış ve sonuçlar kısıtlar teoremi uygulamaları ile karşılaştırılmıştır.

1.3 Hipotez

Bu çalışmanın, gemi inşaatı sektöründe kısıtlar teoremi uygulamasının gerçekleştirilmesi sonucunda ortaya çıkan süreç iyileştirme ve bunlarla birlikte meydana gelen stok miktarlarının azalması, işletim giderlerinin düşmesi ve harcanan iş gücünün azalması ile birlikte karar vericiler tarafından uygulanabilirliğinin artırılması hedeflenmiştir.

GEMİ SANAYİNİN İNCELENMESİ

2.1 Dünya Gemi İnşaatı Sanayinin Gelişimi

Gemi inşa sanayi, yapısı itibariyle temelde emek yoğun bir montaj endüstrisi dalı ve tersanelerin teknik imkân ve kabiliyetlerine dayalı olarak da sermaye yoğun bir sanayi dalıdır. Dünya deniz ticaretinin vazgeçilmez bir ögesi ve savunma prensibinin önemli bir aracı olan gemi; çelik sanayi, makine imalat sanayi, elektrik-elektronik sanayi, boya sanayi ve lastik-plastik sanayi gibi pek çok sanayi kolu mamullerinin bilimsel ve teknolojik temellere dayalı olarak, belirli bir sistematik ve disiplin içerisinde, tersanelerde bir araya getirilerek birleştirilmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu anlamda emek yoğun karakteri ve yarattığı geniş faaliyet alanı ile istihdam sorununun çözümüne önemli katkılarda bulunabilme niteliğindedir [16].

II. Dünya Savaşından sonra gemi inşa sanayinde 1960–1990 yılları arasında gemi inşa sektörü deniz taşımacılığına paralel bir gelişim sürecine girdi. 1960–1990 yılları arasında deniz ticari tonajı 10 yıl içinde iki katına çıktı. Gemi inşa sanayinde fiyatlar yükselmesi ile birlikte birçok şirket bu sektöre girme kararı aldı. Bu talebi karşılamak için özellikle Japonya ve Avrupa’da birçok yeni tersane kuruldu. 1970’li yıllarda bu gelişim daha hızlı yaşandı ve birçok yeni yatırımlar birbirini izledi. 1964–1973 yılları arasında tanker sanayinde ki gelişme çok hızlı oldu ve 105 milyon DWT toplam tonajlı gemi inşa edildi. Bu rakam o yıllardaki tanker filosunun % 55 ini oluşturdu. 1973 yılındaki petrol krizi ile birlikte gemi inşa sanayinde düşüş gerçekleşti. Bu düşüş ile birlikte tanker ve kuru yük gemi inşaatı durma noktasına geldi. Kargo gemileri ve özel amaçlı gemilerin siparişi bu dönemde yapıyordu. 1970 ile 1980 yılları arasında dünya

genelinde 118 tersane üretimini durdurma kararı aldı. 1970'lerin sonlarında gemi sanayinde büyük rekabetler ortaya çıktı. Bu rekabetin amacı gelişme ile birlikte hızla kurulan tersanelerin siparişlerin azalması sonucu küçülen pazardan pay alma çabasıydı [17].

1950'li yılların başına kadar gemi inşa sektöründe lider olan Birleşik Krallık ve Almanya sektördeki gelişmeleri yakından takip etmedikleri için kendilerini geliştirmediklerinden, yatırım eksikliğinden ve verimsizlik sebebiyle liderliklerini önce Japonya'ya daha sonra Güney Kore ve ekonomisi sürekli büyüyen Çin'e kaptırdılar. İkinci Dünya savaşı sonrasında yıkıma uğrayan Japonya dâhil, Güney Kore, Tayvan ve Çin gibi Uzak Doğu ülkeleri gemi inşa kapasitelerini olağanüstü artırarak bu alanda en önemli üretici konumuna gelmişlerdir. Günümüzde en büyük tersaneler Güney Kore ve Çin'de bulunmaktadır. Bu ülkeler, gemi inşa sanayine ve deniz ticareti faaliyetlerine özel önem vermelerinin yanı sıra, düşük hammadde ve işçilik maliyetleri sebebiyle önemli bir rekabet avantajı kazanmışlardır [18].

2000'li yıllarda Güney Kore tersaneleri piyasadaki yerini daha da sağlamlaştırdığı gözlenebilir. 2012 verilerine göre tamamlanan siparişlerin %35,2'si Güney Kore tersanelerinde tamamlandı. Çin Halk Cumhuriyeti %26,8; Japonya %21,3 ve Avrupa tersanelerinin pazardaki payı %11,4 olarak bilinmektedir (Çizelge 2.1).

Güney Kore'nin 2008 yılında aldığı yeni gemi siparişi 41,4 milyon CGT, 2009 yılında aldığı yeni gemi siparişi ise 16,6 milyon CGT'dir. Yıllık bazda yaşanan % 60'lık düşüş Güney Kore'nin bu alandaki birinciliği Çin Halk Cumhuriyeti'ne kaptırmasına neden olmuştur. Ancak, 2009 yılında tamamlanan gemi inşaat rakamları dikkate alındığında Güney Kore % 35,2'lik payıyla hala lider konumdadır [19].

2.2 Türkiye Gemi İnşaatı Sanayinin Gelişimi

Türk denizciliğinin başlangıcında ülkeleri fetih için donanmanın ihtiyacı olan harp gemilerinin inşası esas alınmış, böylece ilk Türk tersaneleri kurulmuştur. Gemi inşa sanayimizin temelini oluşturan ilk tersanelerimiz, Anadolu Selçukluları tarafından Sinop (1214) ve Alanya (1227)'dadır. Osmanlı Devleti'nin kuruluş döneminde İzmit, Karamürsel, Gemlik, Aydıncık ve Gelibolu tersanelerinin faaliyete geçtiği ve Gelibolu tersanesinin 15 adet "Kadırga" inşa edebilecek kapasitede olduğu bilinmektedir [16].

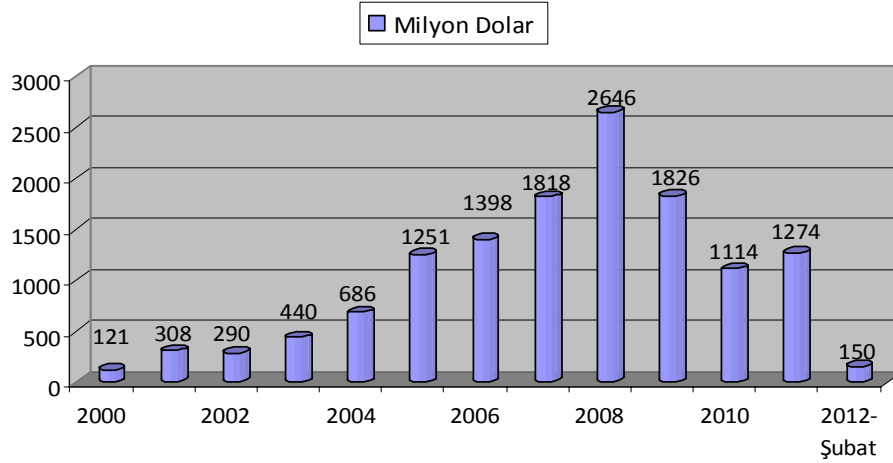
Çizelge 2. 1 Tamamlanan ve Yeni Siparişlerin Ükelere Oranları [19]

TAMAMLANAN		YENİ SİPARİŞLER	
ÜLKE	PAY (%)	ÜLKE	PAY (%)
Güney Kore	35,2	Ç.H.C	44,3
Ç.H.C	26,8	Güney Kore	40,5
Japonya	21,3	Avrupa	5,1
Avrupa	11,4	Japonya	2,5
Diğer	5,3	Diğer	7,6

Son on yıllık süreçte ekonomisini gelişimi ile birlikte gemi inşa sektörünün global pazarda yükselmesi neticesinde, Türk tersanelerinde de ürün çeşitliliği de dahil olmak üzere, gemi inşasında ve ihracatında birkaç kat artış yaşanmıştır. 2010 yılı sonu itibariyle Türkiye, teslim edilen gemiler baz alındığında dünyanın 11.si konumundadır. 2002 yılında tersanelerimizin toplam siparişi 83 adet iken, Haziran 2008 itibariyle tersanelerimizin toplam siparişi 254 adet gemiye ulaşmıştır [20].

Şekil 2.1 incelendiğinde 2002-2012 yılları arasındaki ihracat rakamları görülmektedir. 2002 yılında 290 milyon dolar olarak gerçekleşen ihracat rakamı, 2008 yılında en yüksek seviye ulaşmış ve 2 milyar 646 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir.

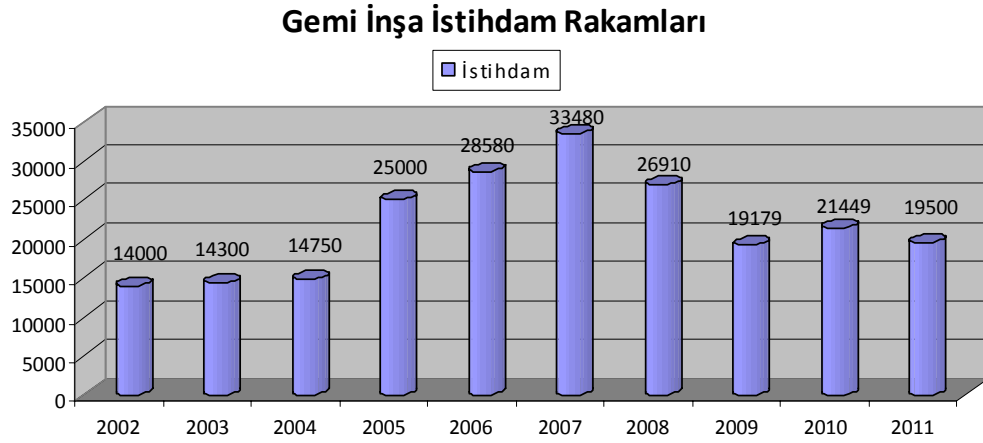
Gemi İnşa İhracat Rakamları



Şekil 2. 1 2000-2012 Yılları Arası Gemi İnşa İhracat Rakamları [21]

2008 yılından sonra oluşan global krizin etkileriyle birlikte ihracat rakamları da düşüş göstermeye başlamıştır. 2011 yılında gerçekleşen 1 milyar 274 milyon dolar ile bir toparlanma dönemine girilmiştir.

Bu durum istihdam sayılarına da yansımıştır. Şekil 2.2’de 2007 yılında 33480 kişi ile sektör en yüksek istihdam sayısına ulaşmış. İhracatın en fazla yapıldığı yıl olan 2008 yılında ise mevzuat değişikliği sonucu bazı çekek yerlerinin tersane statüsünden çıkarılması sonucu düşüş yaşandığı izlenimiyle tablolara yansımıştır.



Şekil 2. 2 2002-2012 Yılları Arası Gemi İnşa Sektörü İstihdam Rakamları [21]

2.3 Türkiye Gemi İnşa Sanayinin GZFT(Güçlü Zayıf Fırsatlar Tehditler) Analizi

2008 yılında A.B.D ve Avrupa ülkelerinde ortaya çıkan ekonomik dar boğazın oluşumuyla, ülkelerin ekonomik politikalarını yatırım düzeyinden daha korumacı ve bütçe açıklarına daha fazla önem verecek şekilde revize etmeleri ihracat ve ithalat kalemlerini 1. seviyede etkiledi.

Çizelge 2.2’de 1990 yılından 2011 yılına kadar, ihracat ve ithalat rakamlarının yıllara bölünmüş haldeki verilerini incelenebilir [20]. 2008 yılında meydana gelen krizin etkileri, dış ticaret hacmindeki azalma ile çok net görülmektedir.

2008 yılında oluşan 333 milyar dolar hacim, krizin etkisiyle yaklaşık 90 Milyar Dolar düşerek 243 milyar dolara gerilemiştir. İhracatın yapıldığı deniz ticareti de doğrudan etkilenmiş, bu etki de armatörlerin yeni inşa için taleplerinde azalma ile neticelenmiştir.

Çizelge 2. 2 Türkiye 2001-2011 İhracat ve İthalat Rakamları [20]

Yıl	İhracat(FOB)		İthalat (CIF)		Dış Ticaret Hacmi	
	Değer (USD)	Değişim (%)	Değer (USD)	Değişim (%)	Değer (USD)	Değişim (%)
2001	31 334 216	12,8	41 399 083	-24,0	72 733 299	-11,6
2002	36 059 089	15,1	51 553 797	24,5	87 612 886	20,5
2003	47 252 836	31,0	69 339 692	34,5	116 592 528	33,1
2004	63 167 153	33,7	97 539 766	40,7	160 706 919	37,8
2005	73 476 408	16,3	116 774 151	19,7	190 250 559	18,4
2006	85 534 676	16,4	139 576 174	19,5	225 110 850	18,3
2007	107 271 750	25,4	170 062 715	21,8	277 334 464	23,2
2008	132 027 196	23,1	201 963 574	18,8	333 990 770	20,4
2009	102 142 613	-22,6	140 928 421	-30,2	243 071 034	-27,2
2010	113 883 219	11,5	185 544 332	31,7	299 427 551	23,2
2011	134 906 869	18,5	240 841 676	29,8	375 748 545	25,5

Gemi İnşa Sektörünün bu daralma ile etkilerini minimize etmek amacıyla Türkiye’de varolan sivil toplum kuruluşları, özel sektör yetkilileri ve devlet kuruluşlarının yetkilileri sektörün güçlü-zayıf yönleriyle, fırsat ve tehditler hakkında görüşlerini ortaya koymuşlardır.

GÜÇLÜ YANLAR:

- İnsan Kaynağı, eğitim kurumları, tecrübe, üniversiteler
- Branşlaştığımız yat, römorkör, kimyasal tanker, ahşap tekne, butik gemi yapımı, askeri gemi yapımı, koster
- Teslim süresi ve kalite hassasiyeti
- Müşteri isteklerine karşı esnekliğimiz ve aynı anda yeni inşa ve bakım onarım yapan tersanelerin oluşu

- Gemi inşa sanayisinin bölgesinde güçlü coğrafi konumu
- Demir çelik endüstrisinin desteği
- Gemilerin geri dönüşümü
- Savunma sanayindeki yerli ürün tercihi

ZAYIF YANLAR:

- Uzun vadeli devlet politikası olmaması
- Sürdürülebilir rekabet ortamında rakiplerle aynı imkanlara sahip olunmaması
- Teşvik eksikliği
- Enerji/ malzeme/ sac fiyatları
- Yüksek maliyetler(işçiler, enerji, dışa bağımlılık, yer kiralari)
- Finansal yapının güçsüzlüğü ve modellerin kurulamaması
- Üretim verimsizliği, organizasyon ve teknolojik yapılanma eksikliği (Labor intensive çalışma)
- Arge eksikliği: Yan sanayinin yetersiz gelişmesi (Örn: makina, elektrik üretimi), iş paylaşımı
- Denizi yeterli kullanma bilincinin gelişmemiş olması
- Medya ile iletişimin ve tanıtımın yetersiz oluşu (Tersaneler ekonomik gücü ile değil, işçi ölümleri ile anılıyor)
- Özel gemi tipleri/dizaynı konuları ihtisaslaşma, marka yaratma yok/zayıf (inovasyon/eco-dizayn)

FIRSATLAR:

- Yeni tip gemilere ihtiyaç artacağından, Eco-Ekonomik gemiler, offshore bağlantılı yapılar, destek gemileri, askeri gemiler, iç sularda ve kabotajda kullanılacak küçük tonajlı gemiler ve enerji platformu, rüzgârgülü, LNG/LPG talepleri artacak olması
- Yat ve özel teknelerin yapımında uzmanlaşmış alanların olması ve markalaşması, dünyada artan lüks yat ve kruvaziyer ihtiyacının doğması

- Türkiye'nin bölgesel konumu nedeniyle rekabetçi yapısı (Rusya'da ticari gemilere ihtiyaç, gelişmekte olan ülkelerde askeri gemilere olan ihtiyaç, Hazar ve AB Bölgesinden gelecek talep)
- Enerji ve sektör dışı çelik konstrüksiyon işlerinde artış (Çelik yapılar, boru hatları, rüzgâr tribünü, boğaz geçişleri)
- Tamir-tadilat ve geri dönüşümde uzmanlaşma ve bölgesel güç (monopol) olma
- Gemi inşada global talepte artış beklentisi.
- Askeri gemilerde bölgesel talebi karşılama fırsatı

TEHDİTLER:

- Ulusal ve uluslararası etmenlerle ait yüklenici kullanımının zorlaşması ve maliyetlerin (KDV, SSK vb) artması,
- AB uyum süreci gereği yapılan hukuki düzenlemelerin ülke genelinde yeni güçlükler oluşturmaması,
- Sektörün dünyadaki rekabetçileri ile ilgili gelişmelerin senkronizasyonunda yetersiz kalması,
- Firmaların sermaye yapısı nedeni ile yüksek finans maliyeti ve cazip diğer yatırımlar,
- Sektörün sermaye yapısının doğru oluşabilmesi için gereken yerli veya yabancı ortaklıklara yönelmemesi ve bu konuda yeterince aktif ve hevesli olmaması
- Ortak çalışma kabiliyetini geliştirmeye çalışmaması, tersanelerin ve yan sanayinin üretimde birlikte hareket oluşturmaması
- Ekonomik belirsizlikler
- İnovasyon/ Ar-Ge /Kurumsallık ve verimlilik eksikliği nedeniyle “niş” ürün geliştirememesi
- Pazarlama/tanıtım eksikliği nedeni ile ulusal ve uluslararası olumsuz algı ve bunun artışı, Sektörle ilgili mevcut kamuoyunun negatif algısı ve bunun özellikle devlet ve STK'larda gereğinden fazla negatif yansıma oluşturmaması [22].

Türkiye’de Gemi İnşa Sanayinin zayıf yönleri olarak ortaya konulan tespitlerden yüksek maliyet, üretim verimsizliği ve organizasyon ve teknolojik yapılanma eksikliği proje yönetiminin ilgi alanını oluşturmaktadır.

Gemi İnşa Sektörünün proje yönetimi olarak eksiklikler gösterdiği ve üretim akışına sahip tersane sayısının az olduğu bilinmektedir. Üretim akışında yapılabilecek değişiklikler ve bu değişikliklerin üretimin verimini ne ölçüde değiştirdiğinin ölçülebilmesi ve sektörün bu verilerden yararlanabilmesi gerekmektedir. Bu amaçla üretim planlamasının kesin ve ölçülebilir olmasını sağlamak Türkiye tersaneleri için bir çıkış yolu olarak benimsenmelidir. Verimlilik ve prodüktivitenin sağlanması için literatürde pek çok yöntem mevcuttur. Bunların en başında üretimde karşılaşılabilecek darboğazları ve kısıtların bilinmesi ve üretim planının bu doğrultuda hazırlanması ve uygulanması gerekmektedir. Kısıtlar Teoremi üretim verimsizliği, proje zamanı gecikmeleri ve bütçe aşımalarına karşı basit proje yönetimlerinden farklı metodolojiler kullanan bir yönetim felsefesidir.

BÖLÜM 3

KISITLAR TEOREMİ

21. yüzyılda işletmeler; gelişen sistemler ve bilgi akışının son derece hızlı bir şekilde gerçekleşmesiyle Sanayi devriminden bu yana edindikleri üretim alışkanlıklarını bir tarafa bırakmak zorunda kalmışlardır.

Günümüzdeki rekabetçi ortam işletmelerin ürünlerini hızlı üretebilmek, gelen tekliflere hızlı cevap verebilmek ve farklı üretim akışlarında üretilmesi gereken ürünlere karşı esnek imalat hatları oluşturmak üzerine dikkatlerini vermişlerdir.

Arz-Talep dengesinde talep edilen ürünlere daha hızlı cevap veren firmalar bir adım öne çıkmış. Üretimde kazandıkları zamanla diğer taleplere cevap vererek kapasitelerini artırmışlardır. Bu gelişmeler rekabetin gün geçtikçe arttığı ortamda ayakta kalmalarını sağlayıcı bir ortam oluşmasını sağlamıştır.

Örnek olarak kısıtlar teoremi proje yönetimini uygulayan Ford Motor firması iyileştirme öncesi 10,6 gün olan siparişleri karşılama süresi JIT uygulaması ile 8,5 güne, kısıtlar teorisi ile 2,2 güne çekilmiştir. Müşteri memnuniyeti %75 seviyesine yükselmiştir [15].

Kısıtlar teorisi işte bu parametlerden yola çıkarak oluşturulan bir yönetim sistemi felsefesidir ve temel çıkış noktası bir firmanın performansını kısıtların belirlediği ve her sistemin en az birkaç tane kısıda sahip olduğudur.

Kısıtlar Teorisinin iş sistemlerine bakış açısı herhangi bir firmanın temel amacının "şimdi ve gelecekte para kazanmak" olduğunu savunur. Goldratt'a göre amaç, gerekli koşullar ve araçları birbirinden ayırmak gerekir. Örneğin, müşteriye hizmet, ürün

kalitesi, çalışan memnuniyeti, topluma ve çevreye sorumluluk genellikle gerekliliktir veya bazen organizasyonun performansının araçlarını temsil eder [2].

Süreç iyileştirmede genel olarak kabul edilen iki varsayım vardır. Sistemi küçük parçalara bölerek iyileştirmek ve sonra iyileştirilmiş parçaları birleştirerek sistemin bütünü iyileştirmek mümkündür. Sistemin her kademesinin performansını en üstte tutmak, sistemin genel performansını en üst düzeyde tutar. Goldratt bu varsayımların yanlış olduğunu savunur [23].

Goldratt Amaç kitabında üretim akışını tanımlarken ünlü zincir analojisine göndermelerde bulunur. Üretim çıktısını belirleyen kısıtın, üretim akışındaki en zayıf halka olduğunu belirlerken bir izci grubunun yürüyüşü örneği verilmektedir.

Fabrika müdürü Alex Rogo, oğluyla birlikte haftasonu izcilik grubuyla yaptığı yürüyüşte Herbie (darboğaz) ile tanışır. Herbie grubun ortasında yürümektedir. Ancak grubun en yavaş üyesi olduğundan grubun önündekiler farkı açmaya başlarlar. Üretim sisteminde bu sistemin giriş ve çıkışı arasındaki mesafenin artışı, oluşan stok miktarına tekabül eder. Herbie'nin fazla yüklerinden kurtulup öndeki gruba yetişmek için yaptığı hamleler; stokların üretime girişi ile oluşan işletim giderleridir. Yürüyüşe son verilen noktada, grubun tüm fertlerinin buluştuğu an ise üretimin ürüne dönüştüğü nokta yani satış getirisinin oluşacağı noktadır.

Kısıtlar Teorisi kısıt üzerinde yapılan iyileştirmelerde stok (envanter), işletim giderleri ve satış getirisi verilerinin performans ölçütü olarak kabul etmektedir.

Stok (Envanter): Ürün oluşturmak için satın alınan hammadde ve oluşan ürün ile makine ve binalar.

İşletim Giderleri: Sistemin envanterleri paraya dönüştürmek için yaptığı tüm harcamalardır. Ücretler, bakım, amortisman ve benzeri ücretleri içerir.

Satış Getirisi: Hammaddelerden oluşan ürünlerin satıldığı anda şirket hesaplarındaki getiridir.

Kısıtlar Teorisine göre şirketler satış getirisini yükseltici, işletim ve stok giderlerini düşürücü iyileştirmeler gerçekleştirmelidirler. Bu iyileştirmelerin yapılacağı noktada kısıtın olduğu yer, yani darboğazdır.

3.1 Kısıtlar Teoreminin Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması

Kısıtlar Teoremi ortaya çıkışı ve uygulanması ile birlikte proje yönetiminde kullanılan diğer yöntemlerle arasındaki farklar ve projeye olan etkileri araştırılmıştır. Müşteri ve proje yürütücülerinin proje üzerinde tatminkâr bir sonuç almaları için oluşturulan proje yönetimleri planlama, programlama ve kontrol prensiplerinden oluşturulur.

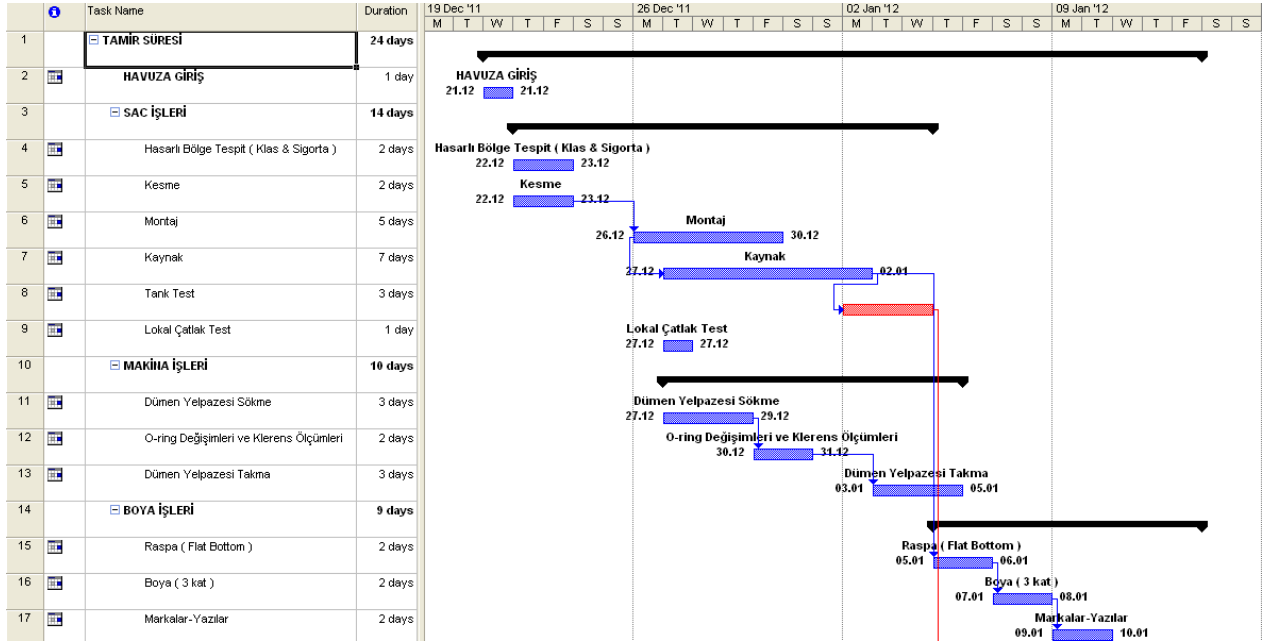
3.2 Gantt Şeması

Gantt Şeması birçok işletmede temel anlamda yani basit proje planlama ve kontrol amacıyla en sık olarak kullanılan tekniklerden biridir. Parçalara ayrılmış iş yapısına dayanan bu teknik, şematik olarak gösterildiğinde yatay ekseninde zaman ölçeğini ve dikey ekseninde ise projeye konu olan işin unsurların bulunduğu listeyi barındıran iki boyutlu bir grafiktir.

Gantt şemaların hazırlanması kolaydır, bu avantajı karmaşık olmayan projelerde kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Gantt şeması yöneticilerin, ana faaliyetleri ve bu faaliyetleri oluşturan alt faaliyetleri izlemelerini sağlar. Fakat bunun yanında bazı dezavantajlar da barındırmaktadır [24].

- Evreler arasında oluşan zayıf ilişkileri tanımlamaz,
- Gecikmeleri ve gecikmeler sonunda karşılaşılabilecek olası problemleri belirtmez,
- Görevler için gereken kaynakların ve gereksinimlerin koordinasyonunu sağlamaz.
- Her evrenin ne kadarının tamamlandığını göstermez sadece ayrılmış her bir iş parçasının başlangıcını, bitişini ve süresini gösterir.

Şekil 3.1’de bir tersaneye, geçirdiği deniz kazası sonucu tamir edilmek üzere gelen bir konteynır gemisinin gantt şemasını görebiliriz.



Şekil 3. 1 MS Project Programında Gantt Şeması Örneği

3.3 Ağ Diyagramına Dayalı Teknikler

1917’de GANTT şemasının geliştirilmesinden sonra, proje programlanmasındaki en büyük aşama 1956–1958 yılları arasında kaydedilmiştir. Bu süre içerisinde, birbirlerinden bağımsız olarak geliştirilmelerine karşın pek çok ortak özellik taşıyan iki yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler “Program Değerlendirme ve İnceleme Tekniği (PERT)” ve “Kritik Yol Yöntemi (CPM)”dir. Her ikisi de programlanan işle ilgili görevlerin bir ağ veya grafik üzerinde çizilmesi esasına dayanmaktadır. Her iki yöntem de farklı miktarda veya sadece bir kereliğine uygulanacak uzun süreli projeleri programlamak için geliştirilmiştir. En önemli farkları farklı faaliyet sürelerinin tahmininde bulunmaktadır; PERT’te faaliyetlerin süreleri olasılıklı olarak tanımlandığı halde CPM’de belirli zamanlar varsayılmıştır. Diğer bir deyişle, iki yöntem arasındaki temel fark, daha sonra da açıklanacağı üzere PERT tekniğini faaliyet zamanlarını iyimser, kötümser ve olası zaman tahminleri ile belirlenebilecek rasgele değişkenler olarak alması, buna karşılık CPM tekniğinde faaliyet zamanlarının belirlenebilir olduğunun kabul edilmiş olmasıdır. Ağ diyagramında kullanılan hesaplamaların da diğer tekniklerde kullanılan hesaplamalarla eşit derecede isabetli olduğu varsayılırsa ağ tekniklerinin bazı avantajları bulunmaktadır [25].

- Projenin istenilen detayda planlanmasına öncülük ederler, böylece bütün proje aşamaları uygulama sırasına göre önceden belirlenir.
- Projenin tamamlanması için süreleri oldukça doğru tespit ederler, bu sayede program içerisindeki faaliyetlerin süreleri belli olur.
- Görevlerin dağıtılmasında ve projeye katılan kişiler arasında iletişim sağlanmasında faydalı olacak grafik çizimi ve terminoloji oluştururlar.
- Proje üzerinde gelinecek konumu karşılaştırma olanağı sağlarlar. (İşin plana göre hangi seviyede olduğunu görmeye yardımcı olur)
- Risk durumunu ortaya koymak için problem yaratma potansiyeli bulunan faaliyetlere önem gösterilmesini sağlarlar.
- Projenin herhangi bir aşamasında, proje planında meydana gelebilecek değişikliklerin zaman ve maliyet etkilerini hesaplamaya aracı olurlar [25].

3.4 Kritik Yol Yöntemi (CPM)

Bir yönetim metodolojisi olarak Kritik Yol Methodu 50'li yılların ortalarından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Bu uygulamanın ana amacı iyi bir organizasyon için gerekli olan rutin ve tekrarlayan görevleri, desteklemek için gereken süreyi azaltmaktır. Başlangıçta bu metodoloji, bitki bakımı, tamiri ve inşaat gibi rutin görevleri yürütmek üzere tespit edilmiştir. Kritik Yol tüm projeleri tek tek görevlere veya etkinliklere ayıracak şekilde iş yapısı kullanır. Bir proje için planlanan zamanlamalarda yapılması zorunlu olaylar dizisi mevcuttur. Bazı görevler ise bağımsız olabilir ve herhangi bir zamanda yapılabilir. Bazı görevler önceki görevlerin tamamlanması bağımlı olabilir. İş süreleri ve tamamlama zamanları da önemli ölçüde farklılık gösterebilmektedir [26].

Çizelge 3.1'de Kritik Yol Yönteminin güçlü ve zayıf yanlarının gösterildiği bir tablo incelenebilir. İş kırımlarının orta düzeyden yüksek düzeye çıktığı durumlarda yöntemin güncelliği ve bilgi girişleri aynı düzeyde zorluklar çıkarabilmekte olduğu zayıf yön olarak belirtilmiştir.

Çizelge 3. 1 Kritik Yol Yönteminin Güçlü ve Zayıf Yanları [25]

Kritik Yol Yöntemi		
Kriter	Güçlü Yanları	Zayıf Yanları
Uygulanabilirlik	İş sırasını ve faaliyetler arası ilişkileri doğru bir şekilde ortaya koyar.	Olası tamamlanma zamanını bulabilmek için bir formül yoktur. Teknik tahminci kadar geçerlidir. Hata marjı daha az kuşku içeren projeler için daha azdır.
Güvenilirlik	Her faaliyet için tek bir zaman tahmininin bulunması aşırı karmaşıklıktan kaynaklanabilecek hataları önler.	Büyük bir projenin faaliyetlerindeki küçük güvensizliklerin toplamı tüm projenin durumunu belirlemede kararları etkileyebilir.
Uygulama	İş sıralarının ve faaliyetler arası ilişkilerin grafik gösterimi karmaşık projelerin yöneticileri tarafından tercih edilir.	Sisteme alışık olmayanlara açıklamak zordur. Programlamanın karmaşıklığı müşterilerin gözünü korkutabilir.
Simülasyon Yeteneği	Bilgisayarlı bir uygulamada zaman-maliyet-kaynak konuları da göz önüne alındığında alternatif planların değerlendirilmesi için mükemmeldir.	Çok küçük projeler dışında tüm projeler için bilgisayar gerektirir.
Güncelleme Durumu	Yeterliliği iyidir. Faaliyetler açıkça tanımlanmıştır ve gerektiğinde zaman tahminleri elde edilebilir.	Orta derecede karmaşık projeler için bile programlar bilgisayar kullanımı gerektirir.
Esneklik	Bilgisayarlı uygulamalarda bakış açısı değişmelerini yansıtmak için ağın kısımları kolaylıkla değiştirilebilir. Zaman ölçeğinde çizilirse kaynak gereksinimlerini tahmin için kullanılabilir.	Orta derecede karmaşık projeler için bile programlar bilgisayar kullanımı gerektirir.
Maliyet	Daha iyi planlama ve kontrol yoluyla toplam proje maliyetlerini belirgin bir biçimde azaltabilir.	CPM'i hem planlama hem de durum bildirme aracı olarak kullanabilmek için önemli miktarda veri gereklidir ve bilgisayar kullanımı gereklidir. Bu nedenle maliyet oldukça yüksektir.

3.5 Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Yöntemi (PERT)

Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Yöntemi 1959 yılında Amerikan Donanması tarafından Polaris füzelerinin programının gerçekleştirilmesi amacıyla kullanımından sonra diğer endüstri dallarında ve diğer ülkelerde kullanılmaya başlamıştır. Örneğin Fransa, Pert Yöntemi ve onun türevi olan kritik yol yönteminde yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemin özellikle karmaşık projelerde ele alınması için; uygulanan projelerde gerçekleşen zamansal ve maddi kazançlar etkili olmuştur [27].

PERT şebeke analizinde eyleme yönelik zaman tahmini yapan bir yöntemdir. Bu teknik, bir projenin gerçekleşmesi yönünde yapılan işlerin, ne zaman başlayacağını, biteceğini ve hangi işlerin hangi sırada gerçekleştirileceğini görsel olarak kullanıcıya sunar. Proje eylemlerinde, iyimser, kötümser ve en olası sürelerle hareket edilerek proje performansına yansımaları gözden geçirilir. Bu nedenle PERT yöntemi olasılıksal üç zaman tahmini yaklaşımı olarak tanımlanabilir. PERT bir karar verme süreci değildir, yalnızca planlama ve kontrol için gerekli ve yararlı bilgiyi sağlar. Bu nedenle yöntemin ana amacının, yönetim için gerekli bilgiyi sağlamak olduğu ileri sürülebilir. PERT, eylem sürelerinin kestiriminde güçlük çekilen projelerde kullanılmak üzere tasarlanmıştır [28].

Çizelge 3.2’de [25] Pert Yönteminin güçlü ve zayıf yanlarını görebiliriz. Ağ diyagramına dayalı yöntemlerdeki ortak zayıf noktalar PERT uygulaması içinde geçerlidir. Yöntemi oluşturan bilgilerin doğruluğunun, oluşturulan yöntem çıktılarında direkt etkisi mevcuttur.

Çizelge 3. 2 PERT Yönteminin Güçlü ve Zayıf Yanları [25]

PERT Yöntemi		
Kriter	Güçlü Yanları	Zayıf Yanları
Uygulanabilirlik	CPM gibi iş sırasını ve faaliyetler arası ilişkileri doğru bir şekilde ortaya koyar. Üç zaman tahmininin kullanılması diğer tekniklerden daha doğru olmasını sağlar.	Küçük projeler için fazla karmaşıktır.
Güvenilirlik	Olasılıklı zaman tahminleri tek zaman tahminlerinden daha doğrudur.	Her faaliyet için üç tahminin elde edilmesi daha fazla bilgi gerektirir ve fazladan hataya neden olabilir.
Uygulama	İş sıralarının ve faaliyetler arası ilişkilerin grafik gösterimi karmaşık projelerin yöneticileri tarafından tercih edilir.	Tam bir PERT sistemi karmaşıktır ve bu nedenle uygulanması zordur. İlk kez kullananların ve müşterilerin gözünü korkutabilir.
Simülasyon Yeteneği	Bilgisayarlı bir uygulamada zaman-maliyet-kaynak konuları da göz önüne alındığında alternatif planların değerlendirilmesi için mükemmeldir.	Çok küçük projeler dışında tüm projeler için bilgisayar gerektirir.
Güncelleme Durumu	Olaylar açıkça tanımlanmıştır ve gerektiğinde geçen zaman elde edilebilir.	Faaliyet zamanları ile ilgili tahminler zaman alıcıdır ve beklenen zamanların hesaplanması bilgisayar kullanımı gerektirir.
Esneklik	Zaman içinde proje değiştikçe ağ ve yeni zaman tahminleri hemen değişiklikleri yansıtacak biçimde değişir. Zaman ölçeğinde çizildiğinde kaynak gereksinimlerini tahminlemede kullanılabilir.	Orta derecede karmaşık projeler için bile programlar bilgisayar kullanımı gerektirir.
Maliyet	Daha iyi planlama ve kontrol yoluyla toplam proje maliyetlerini belirgin bir biçimde azaltabilir.	Diğer tüm sistemlerden daha fazla veri ve hesaplama gerektirir. Bu nedenle sistemin maliyeti yüksektir.

3.6 Kısıtlar Teorisi ve Kritik Zincir Yöntemi (TOC)

Kısıtlar Teoresi belirli yönetim tekniklerinin geliştirilmesi için kullanılan bir yönetim felsefesidir [8].

Üretim akışına sahip olunan tüm endüstrilerde, projeler genellikle planlı programı aşmaktadır. Çizelge 2.5’de Standish Group tarafından 2009 yılında yayınlanan proje yönetimi planlarının başarı oranları görülmektedir [29].

Çizelge 3. 3 2004-2009 Proje Yönetimi Zamanında Tamamlanma Yüzdeleri [29]

YILLAR	ZAMANINDA TAMAMLANAN	ZAMANINDA TAMAMLANMAYAN	İPTAL EDİLEN
2009	32%	44%	24%
2006	35%	46%	19%
2004	29%	53%	18%

2004-2009 Yılları arasında ortalama %70 oranında başarısızlık ile sonuçlanan proje yönetiminde farklı yöntemlerin kullanılması gerektiği ortadadır.

Kısıtlar Teoremi uygulandığı alanlarda gösterdiği başarılı performansla, yeni arayış içerisinde olan proje yönetimine farklı bir bakış açısı getirmektedir.

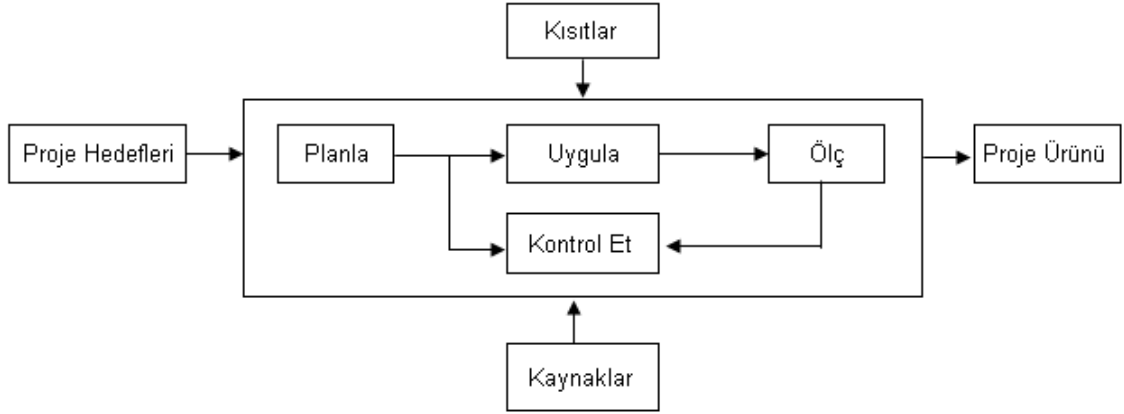
Geleneksel proje çizelgeleme teknikleri belirsizlikler ve yükümlülüklerle başa çıkmak için, her göreve tanımlanmış tahmini sürelerle bir güvenlik zamanı eklerler. Bununla birlikte görevlerin başlangıcı en son dakikaya bırakılır ve çalışma mevcut zamanı doldurmak için genişletilir. Bu sebeple emniyet süreleri boşa harcanmış olur [30].

Kısıtlar Teoreminin uygulama aşamasından önce proje yönetiminin kısıtlar teoremiyle ilişkisi incelenecektir.

3.6.1 Proje Yönetim Sistemi

Projelerin amacının proje gruplarının ve müşterilerinin beklentilerini tatmin edecek ürünleri, en kısa zamanda ve en düşük maliyette ancak doğru kalitede ortaya çıkarmaktır.

Proje sisteminin gelişmesinin sağlanması için problemin doğru bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Tahminlerin birbirleri ile karşılaştırılması problemin çözümünde önemli rol oynamaktadır. Aşağıdaki şekil proje sistemini görsel olarak şematize etmektedir [3].



Şekil 3. 2 Proje Sisteminin Görsel Gösterimi

Bir proje sisteminde ya da projede istenmeyen durumlar (İD) genelde bugünkü proje yönetimi sürecinde arzu etmediğimiz durumlar olarak tanımlanabilir. Bunlar genel olarak; projelerin zamanından uzun sürmesi, proje bütçesinin aşılması, projelerde birçok değişikliklerin olması, projelerin tamamlanmadan iptal edilmesi olarak örneklendirilebilir.

Kısıtlar teorisi bizi tüm bu İD'ları doğuran temel ve tüm projeleri için ortak sayılabilecek bir zıtlığın ya da çelişkinin varlığını düşünmeye sevk eder. Dolayısı ile bugünkü sistemde "Neyi Değiştirmeli? " sorusunun yanıtı için ilk önce bu çelişkiyi yani asıl kısıdı ortaya koymak gerekmektedir. Asıl kısıdı ortaya çıkarmanın ilk adımı tüm istenmeyen durumları belirleyip mevcut gerçeklik ağacı (MGA) ile kök problemi ortaya koymaktır. Diğer bir deyişle bulunan kök problemin çözümü ile İD'ler ortaya çıkmayacaktır. Çözüm önerileri ile gelecek gerçeklik ağacı (GGA) oluşturulur ve her bir adım diğer mantık ağaçları düşünce prosesleri ile belirlenir [11].

Projelerin zamanında tamamlanması planlanan zamanda bitmesi demektir. Bu ise aslında kritik yol üzerindeki görevlerin planlanan zamanda tamamlanmasına bağlıdır. Kritik yol üzerindeki görevlerin planlanan zamanda tamamlanmaları ise bu görevlerin planlanan bitiş zamanlarına bir güvenlik zamanı eklemekle olabilmektedir. Çünkü her bir görevin içerdiği belirsizlikler ve buna bağlı riskler vardır. Bu yöntem bugünkü proje

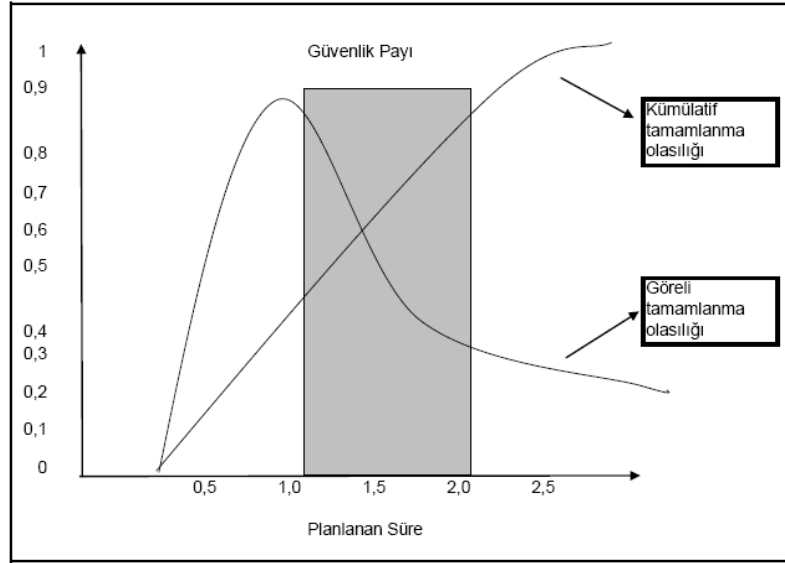
yönetimi ile kabul edilen yegâne yöntemdir. Başka bir deyişle proje bitiş tarihi kritik yol üzerinde bulunan tüm bağlantılı iş zamanlarının birbirlerine ilavesi ile bulunduğundan, bu iş zamanlarına “güvenlik zamanı” eklenmesini gerekli kılar [10].

Her bir iş zamanı ilgili sorumlu kişiden istenirken genel eğilim verilecek süreye bir güvenlik payının dâhil edilmesi şeklindedir. Yöneticilere göre işini zamanında bitiremeyenler kötü performans göstermiş, işini verdiği zamanda bitirenler ise iyi performans göstermiş olarak algılanır. Bu sebeple kişiler kendilerini güven altına alacak bir güvenlik payını mutlaka tahminlerine eklerler. Bu sebepten dolayı projelerin daha hızlı bitirilebilmesi ve daha az kaynak harcanması için proje yöneticileri projeyi kısaltmanın yolu olarak ya güvenlik zamanlarını çok az tutmayı ya da tamamen ortadan kaldırmayı düşünürler. Bu ise bizi buharlaşan bulut (BB) mantık ağacı ile temel zıtlığı ortaya koymamıza neden olur [10].

3.6.2 Planlanan ile Gerçekleşen Proje Süresi

Görev süreleri tahmin edilirken, ilgili kişilerin kendilerini güven altına alabilmek için belli bir güvenlik payı ile bu süreyi proje yöneticilerine ilettiklerini belirtmiştik. Tipik bir dağılım olarak Şekil 3.3 tahmini olarak ne kadar bir güvenlik payının eklendiğini analiz etmek için kullanılan genel geçer eğridir. Her bir görev süresi için bu dağılımın nasıl olduğunu bilmek olanaksızdır. Ancak genel olarak tüm organizasyonlarda ortaya çıkan dağılımın aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi bir dağılım gösterdiğini belirtmek yanlış olmaz. Burada eğri sağa baskındır. Yani insanlar işlerini daha geç bitirebileceklerini belirtirler. Öte taraftan bir kısım iş ise beklenenden daha hızlı bitebilmektedir [10].

Şekil 3.3’de verilen eğri, gerçekleşen zamanları vermektedir. Oluşan eğri yukarıdaki tahmin eğrisinden oldukça farklı olarak karşımıza çıkmaktadır. Eğri beklenen tamamlanma noktasında daha dardır. Bu gerçekleşen eğrinin daha dar çıkmasının nedenlerinden birisi insanların işlerini aslında önceden bitirseler bile bunu müşterilerine hemen vermek istememeleridir. Bunu altında yatan çeşitli nedenler olabilir. Mesela ödüllendirilmeme, saat ücretli olarak çalışmak, müşterisinin bu işi almaya hazır olmadığına inanmak vb.[10].



Şekil 3. 3 Görev Tamamlama-Güvenlik Payı [10]

3.6.3 Parkinson Kanunu

Parkinson kanununa göre, çalışanlar bir işi; ancak onun için belirlenen zaman dahilinde veya o zamanı aşacak şekilde yapmaya eğilirler. Eğer iş için belirli bir zaman belirlenmemişse, bu takdirde işin bitirilmesi oldukça geniş bir zaman yayılabilir.

Kritik zincir yaklaşımı ile olası ve garanti edilebilir süreler arasındaki fark gözle görülür hale geldiğinden bu psikolojik yavaşlatıcı etkenden bir nebze olsun kurtulabilmek mümkün görünmektedir [12].

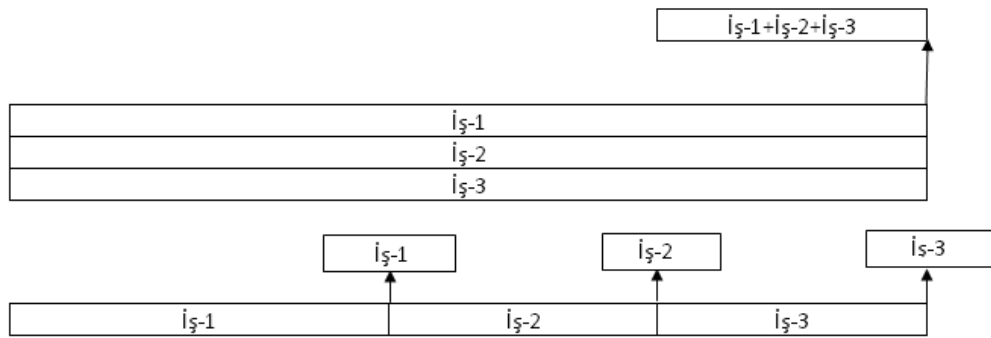
3.6.4 Öğrenci Sendromu

Güvenlik payının varlığı ile birbiri ardına gelen işlerden oluşan üretim akışlarında planlanan sürelerin aşılmaması için gerekli zamanın olduğu düşünülür. Ancak işler genelde planlanan zamanın dışına çıkar. Goldratt Amaç kitabında bu duruma işe planlanan zamanda başlamamanın sebep olduğunu belirtir. Sorumlular güvenlik payının varlığından, işlerin başlama zamanına dikkat etmezler ve ne zaman başlarsak başlayalım iş bitirilebilir psikolojisi hakim olur. Bu duruma öğrenci sendromu denmektedir [6].

3.6.5 Çoklu Görevlendirme

Çoklu görevlendirme, birkaç görev için bir görevlinin ya da bir iş gücünün planlanması durumudur. Yöneticiler genelde bu durumda kaynaklardan yararlanılarak maddi olarak tasarruf yapıldığını düşünmektedirler [3].

Şekil 3.4’de 3 ayrı iş için ayrılmış iş gücünün durumunu incelenebilir.



Şekil 3. 4 Çoklu Görevlendirme [3]

Her iki durumda da çoklu görevlendirme sebebiyle gecikmeler meydana gelmektedir. Üstteki grafikte tüm işler gecikmekte, alttaki grafikte ise sadece İş-1 zamanında tamamlanabilmektedir.

Kısıtlar teorisi özellikle kritik yol üzerinde bulunan işlerde kesinlikle çoklu görevlendirme yapılmamasını belirtir. Kritik yol üzerinde konusu üzerinde uzmanlaşmış iş gücü kullanımı gerekmektedir.

3.7 Kritik Zincir Proje Planı Oluşturma

3.7.1 Proses

Basit bir Kritik Zincir Projesi geliştirme prosesi temel olarak aşağıdaki adımlarla anlatılmıştır;

1. Kritik Zincir Belirlenir

- a. Ardışık görevler ile birlikte proje planı oluşturulur. Burada her bir görev için tahmini %50 tamamlanma süreleri kullanılır ve her bir görevin ihtiyaç duyduğu ve kullanacağı kaynak belirlenir.
- b. Eğer herhangi bir kaynak çakışması yok ise 1.f adımına geçilir.
- c. Çakışan kaynak belirlenir. Bu kaynak, proje bitimine en yakın olan olarak seçilebilir. Ya da mevcut durumdaki en büyük çelişkiyi gösteren kaynak olabilir.
- d. Belirlenen kaynak kısıdı aynı kaynağı kullanan görevlerden (tercihen kritik yol üzerinde olmayanın) başlama zamanının öne çekilmesi ile çözülür. Yeni çelişkiler çıkacağı konusu bu aşamada önemli değildir çünkü bu adım projedeki tüm kaynak çakışmaları çözülünceye kadar sürer.
- e. Proje sonuna dönülür ve bir sonraki kaynak için 1.d adımına tekrar dönülür. Daha önce çözülen her bir kaynak için tekrar çakışma yaratmama dikkat edilir. Bu işlem tüm belirlenen kaynaklardaki çakışma giderilinceye kadar devam eder.
- f. Kritik Zincir birbirlerin bağlı görevlerin oluşturduğu en uzun zincir olarak belirlenir.

2. Kritik Zincir işletilir (kullanılır)

- a. Oluşturduğunuz planın kısaltılabilir olup olmadığına bakılır. Eğer çok belirgin bir değiştirme ile proje planı kısalabilecek ise bu işlem yapılır ancak bu adım üzerinde fazla zaman harcanmaz.
- b. Kritik Zincirin sonuna proje stoku ilave edilir.
- c. Kritik Zincire kaynak stoku ilave edilir.

3. Kritik Zincir dışındaki tüm görevler, yollar ve kaynaklar kritik zincir için kullanılır.

- a. Kritik Zinciri besleyen tüm yollar ve görevler proje besleme stokları ile desteklenir ve kritik zincire bağlanır. Stok miktarları bir önceki en uzun besleme yolları kullanılarak yapılır.
- b. Besleme stoklarının ilavesi ile öne çekilen görevlerden doğacak kaynak çakışmaları çözülür.
- c. Kaydırılan birbirine bağlı görevler daha erken başlama zamanına kaydırılır.

4. Daha önce kaynak çakışmasını ortadan kaldırmak için konmuş olan ilave kaynak stokları ile toplam proje süresi kısaltılır.

5. İlk Adıma geri dönülür. Kritik Zinciri belirle ve durağanlığın kısıt olmasını engellenir.

Kritik Zincir projesinde daha önce de belirtildiği gibi görevler planlanmaz. Sadece Kritik Zincir başlama ve proje bitiş zamanı planlanır. Kritik Zincir proje planı geliştirilirken “Yetercince iyi” kavramı esas alınır. Hiçbir şekilde kaynak dengeleme proseslerinden hiçbirisinin proje planlamasına olan katkısının optimum olduğu kanıtlanabilmiş değildir [3].

3.7.2 Stok Belirleme

Stok miktarları hem projeyi belirsizliklerin yol açacağı gecikmelerden korur, hem de tüm projenin toplam süresini ve toplam projeye eklenen güvenlik payının derecesini belirler. Stok eşikleri ise aksiyon alacağınız hareketin kontrolü için sıklık belirleme miktarıdır ki genel olarak stok eşiği stokun bir yüzdesi olarak belirlenir [10].

3.7.2.1 İstatistiksel Altyapı

Dr. Goldratt’ın metodolojisi bir olaylar toplamındaki belirsizlik miktarının ayrı ayrı her bir olayda gözlemlenen belirsizlik miktarından çok daha az olduğu kanununa dayanır. Her bir olayda pozitif veya negatif değişim olduğu düşünülürse bu kuralın doğruluğu sezinlenebilir de. Bir dağılımdaki yayılma miktarı standart sapmanın (σ) büyüklüğü ile orantılıdır. Bir dağılımın toplamdaki yayılma miktarı, her bir alt dağılımın karelerinin toplamının kareköküne eşittir. Dolayısı ile her bir görev süresindeki belirsizliği ardışık olarak tek yönlü toplamak, her bir görev süresindeki dağılımın karelerinin toplamının karekökünü almaktan daima daha fazla sonuç verecektir [10].

3.7.2.2 Proje Stoku Büyüklüğü

Proje stoku yukarıdaki paragrafta bahsedildiği şekilde her bir görev kısaltma miktarlarının belirlenip kareleri toplamının karekökü şeklinde belirlenir. Ancak bu yapılırken aşağıdaki kriterler de göz önünde bulundurulur;

- Bir kritik zincirde en azından on aktivitenin bulunmasına dikkat edilir.

Sebeup: Kritik zincir de ne kadar çok aktivite bulunursa karelerin toplamı ve merkezi limit teoremi o kadar etkili olur.

- Herhangi bir aktivitenin kritik zincir uzunluğunun %20 sinden fazla olmasını engelleyin:

Sebeup: Tek büyük bir aktivitedeki belirsizliğin kritik zinciri baskılama riski en aza indirilir.

- Proje stokunun kritik zincirin %25 inden daha az miktarda olmamasına özen gösterin.

Sebeup: Yaklaşık eşit uzunluklara sahip birçok görevin görelisi olarak daha küçük bir stok ihtiyacı hesaplamasının ve dolayısı ile genel projeye yeterince koruma sağlayamamasının önüne geçilmiş olur.

Besleme stoku büyüklüğü de aynı metodoloji ile hesaplanmaktadır. Eğer besleme zincirinde dört görevden daha az sayıda görev var ise oluşturulacak olan stok miktarının en azından besleme zincirindeki en uzun görev süresine eşit olmasına dikkat edilir [3].

3.8 Örnek Uygulama

Leach [3] yaptığı çalışmasında kullandığı örnek uygulamadan esinlenilerek kısıtlar teoremi ile bir proje planı oluşturarak, meydana gelen durum bu bölümde incelenecektir.

Çizelge 3.4’de birbirini takip eden 5 işten oluşan ve aynı kaynağı kullanan işlerin mevcut olduğu küçük bir iş akışı incelenecektir. İşlerin süreleri ve kullandıkları kaynaklar çizelgede görülmektedir.

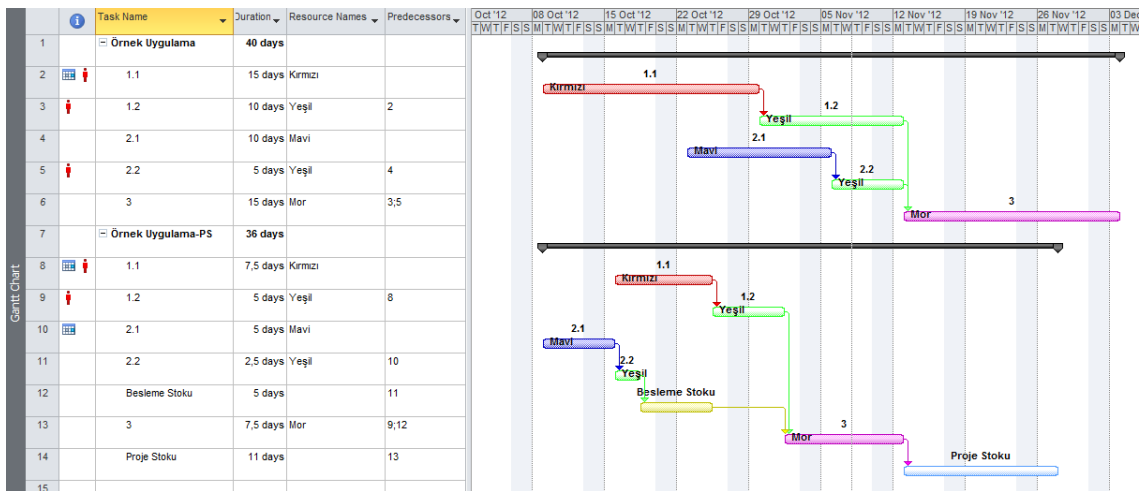
Kısıtlar teoreminin proje uygulamasının yapılacağı bu 5 aktiviteden oluşan iş için MS Project Programında işlerin öncüllerinin olduğu ve toplam iş süresinin görülebileceği ağ diyagramı görüntüleri oluşturulmuştur.

Çizelge 3. 4 Örnek Uygulama Süre-Kaynak Tablosu

Görev	Zaman (gün)	Kaynak	Öncül İşler
1.1	15	Kırmızı	
1.2	10	Yeşil	1.1
2.1	10	Mavi	
2.2	5	Yeşil	2.1
3	15	Mor	

Şekil 3.5’de normal ağ diyagramı ile işin bitiriliş süresi 40 gün olarak görünmektedir. Kısıtlar Teoreminin uygulanması nda dikkate alınacak proseslerden ilk adım olan işlerin %50 kısaltılması ile oluşturulup, kritik zincirin belirlendiği proje planı da Şekil 3.5’de görünmektedir. Kritik zincir 1.1-1.2-3 ile oluşmaktadır.

Proje stoku kritik zincir üzerindeki aktivitelerin karelerinin toplamının karekökü hesaplamasıyla bulunmuş ve işin sonuna eklenmiştir. Besleme stoku ise 2.2 aktivitesinin kritik zinciri beslediği noktada kullanılmıştır. Besleme stoku büyüklüğü de proje stoku hesaplanmış ve kaynak çakışması yaşanacağından (2.2 ve 1.2 aktiviteleri Yeşil kaynağını kullanmaktadır) düzenleme ile proje planı son şeklini almıştır.



Şekil 3. 5 Örnek Uygulama – Proje Stoku - Besleme Stoku Şekil

Karşılaştırma yapılabilmesi için başlama tarihleri aynı güne çekilen projede basit ağ diyagramı 40 gün sonunda proje bitişini tahmin etmiştir.

Kısıtlar teoreminin uygulanması ile birlikte besleme ve proje stokları belirlenmiştir. Kaynak çakışması olan 2.2 ve 1.2 aktiviteleri için düzeltmeler yapılmış ve sonucunda 36 gün ile proje bitirilmiştir.

Sonuç olarak 4 günlük bir iyileştirme ortaya çıkmıştır. İlk projenin 40 gün olduğu düşünülürse %10 luk bir süre iyileştirmesini görmek mümkündür. 360 gün baz alındığında kısıtlar teoremini uygulayan şirket bir sevkiyat öne geçmiş olacaktır. Bu durum kısıtlar teoreminin ana prensipleri olan stok, işletim giderleri, satış getirisi olarak ele alındığında pozitif yönde iyileştirmelere sebep olacaktır.

Şirketlerin asıl amacının para kazanmak olduğunu ortaya koyan kısıtlar teoremi proje planlamasında yaptığı bu iyileştirmeyeyle şirketin amacını gerçekleştirmiştir.

Kısıtlar teoreminin gemi İnşa üretim akışına uygulanmasının yapılabilmesi için öncelikle üretim akışının belirlenmesi gerekmektedir. Üretim Aktiviteleri ve öncül işleri bundan sonraki bölümde incelenecektir.

BÖLÜM 4

GEMİ İNŞA ÜRETİM AŞAMALARI

Tezin amacı olan üretim aşamalarındaki iyileştirmeleri daha iyi görebilmek amacıyla, günümüz tersanelerinin uyguladığı üretim aşamaları bu bölümde incelenecektir. Sanayi devrimiyle ortaya çıkan ağır sanayi kuruluşları, bir kaç imalatın birleştirmesiyle oluşan ürünleri belli bir üretim aşamalarından geçirerek tamamlarlar.

Bu aşamalar, tesisin kapasitesiyle doğru orantılı olarak oluşturulmaya çalışılır.

4.1 Çelik İşleme Üretim Kademeleri

Gemi inşaatında en önemli kısım çelik malzemenin tersaneye girerek denize inişe kadar olan süreçteki işlemlerdir. Bu kısım üretim tekne kısmını oluşturur. Gelişen gemi inşaatı sanayi, kalite standartlarının yükselmesi ve rekabet faktörlerinden dolayı yığma üretim olarak bilinen kızakta gemi inşa yöntemi sona ermiş ve blok bazlı saha üretimine geçilmiştir. Blok yöntemi ile üretim yapılarak kızak süresi kısalmış eş zamanlı üretim artmış ve üretilen gemi sayısı yükselmiştir.

Blok bazlı üretim ile birlikte tersanedeki mevcut üretim birimleri, atölyeler boş kalmakta üretime sürekli ürün verebilmektedir, atölyeler üzerine düşen sorumluluğu yerine getirebilmekte ve verimlilik yükselmektedir.

Blok üretim tipinin uygulanacağı bu projede blok bazlı üretim için her iş alanına “İstasyon” adı verilmiştir. Örneğin İstasyon G. İstasyonun özelliğine göre her istasyonun boyutu ve yeri yerleşim planının en önemli noktasını oluşturmaktadır. Tersane kapasitesinin belirlenmesinde tekne ana boyutların büyüklüğü, işlenen çelik tonajı, gemi inşaatı hızı ön plana çıkmaktadır.

4.1.1 Sac ve Profillerin Tersaneye Gelişi

Saclar tersaneye kara veya deniz yolu ile getirilir, kalınlık ve ebatlara göre daha önceden belirlenen sac ve materyal stok sahasına depo elemanları eşliğinde ve armador grubunun yardımı ile yerleştirilir.

Profiller ise benzer yöntemle mevcut profil stok sahasında bulunan raflara kalınlık ve ebatlarına göre yerleştirilir.

4.1.2 Sac ve Profil Önboya

Tersane içinde yeterli donanım bulunduğu sürece sac ve profiller kalite kontrol ekibi tarafından uygunluğu kontrol edildikten sonra stoktan alınır. Hatalı parçalar mevcut ise ürün ret formu doldurularak iade veya düzeltme sürecine gider. Eğer saclar üretime uygun ise konveyora dizilir, ön ısıtma, püskürtme boya işlemi yapılır, kurutma hattından geçirilerek konveyör sonuna kadar iletilir. Shop primer boyası yapılan saclar çelik işleme atölyesine alınarak üretim için kullanılacak tezgah için ayrılış alanda belirlenmiş stok alanına yerleştirilir.

4.1.3 CNC ve Optik İşlemleri

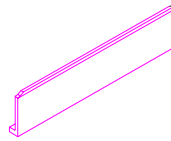
Stok sahasının aşırı kullanımını engellemek için tezgah önünde ki ve sonrasında ki stok süresi iki günü geçmesi istenmez.CNC tezgahları kesim kodlarını network bağlantısı ile CAD-CAM (konstrüksiyon büro)'dan alır ve buradan gelen nesting bilgilerine göre belirlenen sacları yapılan dizayna göre kesimini ve markalama işlemini yapar. Buradaki transport işlemleri manyetik kaldırıcılarla veya vakum ile yapılır. CNC kesim tezgahları uygun kalınlığa göre uygun torç kullanılması esası ile çalıştırılır ve kesim kalitesi kalite kontrol birimi tarafından kontrol edilir.

Kullanılan saclardan geriye kalan fireler gerekli fire stok sahasına gönderilir ve burada kullanılmak üzere stoklanır. Kullanılmayacak haldeki fireler hurda malzemeye ayrılır. Bu malzemeler hurda bidonlarında toplanırken esas olan malzemenin tekrar kullanılmayacak boyutta olması gereklidir.

Network bağlantısı ile yapılan nesting işleminin temel amacı eldeki mevcut plaka veya profili maksimum verim ile kullanmayı amaçlar.

4.1.4 “İstasyon A” Üretim Kademesi (Profil Hazırlama)

- Profiller depo sahasından alınır ve shot blasting işlemi yapılmış olarak tezgah stok alanına alınır
- Araba ile profiller seksiyon planına göre tezgaha 10’arlı gruplar halinde yerleştirilir.
- Kesim kodları network bağlantısı ile profil kesim tezgahına yüklenir.
- Sistem çalıştırılır ve otomatik profil tezgahı yüklenen kodlara göre profilleri taşlar, marka yapar, kesim yapar, cugul deliklerini açar ve tezgah sonundaki banın üzerine bırakır.
- Bant üzerinden manyetikler ile profiller alınır.
- Kesilmiş profil stok sahasına alınır, gerekiyorsa taş işlemi yapılır.
- Eğilecek profiller box tezgahına gönderilir, işi biten eğilmeyecek saclar markalara göre gerekli iş istasyonuna gönderilir.
- Box tezgahında profiller kalıplar ile çizilir, eğimli çizgiler düzgün görüne kadar pres ile eğim verilir.
- Eğimli profiller işlem bitirildikten sonra üretimin yapılacağı iş istasyonuna gönderilir.

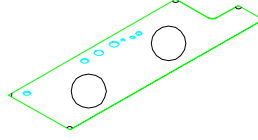


Şekil 4. 1 Tek Profil

4.1.5 “İstasyon C” Üretim Kademesi (Kesilmiş Tek Parça Saclar)

Bu üretim kademesin de yer alan aşamalar şu şekildedir.

Düz levha kesimi+ yüzey hazırlama +sac eğimi → bir sonraki üretim kademesi



Şekil 4. 2 Tekil Parça

4.1.6 “İstasyon B–D–E–F” Sac Eğim – Pah – Profil Eğim ve Panel Kesim

Kesimden çıkan saclar kaynak ağzı açılması için taşlanmış olarak pres stok alanına gelir. Pah açılan saclar eğilmek üzere geldiği istasyonda prese girer. Pres basım tonajlarını belirleyen eğilecek sacın büyüklüğü belirler.

Örneğin basılacak kenarı 1m’den küçük olan saclar için 300 ton pres yeterli olurken, eğilecek kısım 1 metre ile 3.2 metre arasında ise 700 tonluk presin kullanılması uygun olacaktır. Basılacak kısım 3m den uzun ise kullanılacak pres 1250 tonluk silindir tezgahı gerekli olur.

Basım işlemi yapılırken CAD-CAM tarafından belirlenen radiuslara uygun olarak ahşap veya sunta kalıplar hazırlanır ve buna uygun olarak eğim yapılır. Basılan ve eğilen saclar kalite kontrol ekibi tarafından onaylanarak ilgili istasyona gönderilir.

Saclar için uygulanan bu aşama profiller içinde ayrı istasyonlarda uygulanır.

Ayrıca Panel İstasyonunun saclarının kenar kesimlerinin yapılması için kesim istasyonu mevcuttur.

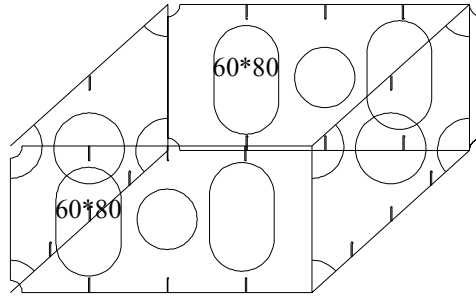
4.1.7 “İstasyon G” Üretim Kademesi (Küçük Grup Ön İmalat)

Tek levha ve birden fazla elemanın birleştirilmesi ile oluşan malzemelerin üretildiği iş istasyonu olup burada temel husus el altı kaynağı yapmaktır. Burada üretim yapılırken işlem yapılan malzemeyi çevirme şansınız vardır ve bu şekilde tavan kaynağı yapmamış olursunuz.

Burada kaldırma kapasitesi düşük olan fakat seri çalışan kreynlerin kullanılması doğru olur. İşçilik resimlerine göre üretim yapılır ve işçilik resimleri işçinin anlayabileceği şekilde kolay anlaşılabilir, yoruma açık olmayan iki boyutlu çizimlerden oluşur.

Bu üretim kademesine gelen malzemeler ön boyası yapılmış, kesilmiş, eğilmiş kaynak ağzı açılmış, taşlanmış, markalanmış olmalıdır. Sancak ve iskele imalatının paralel yapılması üretimin hızlanması sağlayacaktır.

Markalama ve malzeme üzerine yazılı yazılar önem ifade eder, benzer parçaların karışmasını engeller. Komponent imalatı bittikten sonra taş işleri yapılarak malzeme kalite kontrol ekibinin onayını alır ve bir sonraki iş istasyonuna yönlendirilir.

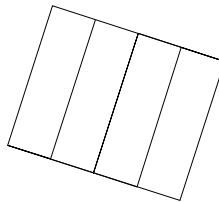


Şekil 4. 3 Alt grup

4.1.8 “İstasyon H” Üretim Kademesi Panel İmalat

Bir veya birden fazla levhanın kaynak ile alın altına birleştirilmesi sonucu oluşan üretim kademesidir.

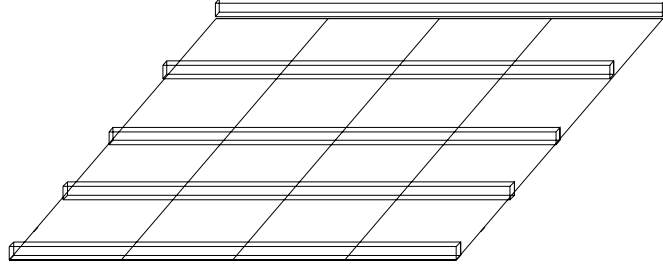
Üretim yapılırken konveyör kullanılır. Bu üretim kademesin de toz altı veya gaz altı kaynak metodu kullanılarak yapılır. Tezgâh yüksekliği 300–500 mm arasında olan, yüksekliği maksimum 13metre boyundaki panellerin çevrilebileceği ve yeterli vinç kapasitelerinin olduğu panel atölyelerin de yapılmalıdır.



Şekil 4. 4 Düz Panel

4.1.9 “İstasyon T” Üretim Kademesi Elemanlı Panel İmalat

Panel de alın altına birleştirilmesi ile gelen saclar üzerine stifner ve tülani gibi takviye elemanları montajı yapılır.

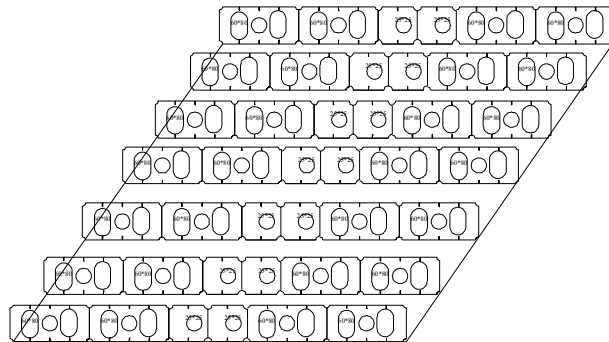


Şekil 4. 5 Elemanlı Panel

Panel üretim tezgahı ile elemanlı panel üretim tezgahı benzer üretim bandı özelliklerini taşıyabilir. Aynı konveyör üzerinden aynı line da üretim yapılabilir. Burada önemli olan üretim akışını sağlayabilmek ürün bandında kopuklukları engellemektedir. Mukavemet elemanı olarak kullanılacak malzemelerle panel den gelen sacın eş zamanlı olarak istasyona gelmesi üretimi hızlandıracaktır.

4.1.10 “İstasyon I” Üretim Kademesi Gruplu Panel İmalat

Düz panel, eğimli panel veya alt gruplar ve elemanların birleştirilmesi ile oluşan üretim kademesidir.

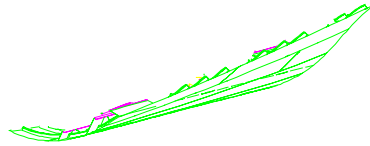


Şekil 4. 6 Gruplu Panel

Bu istasyon da İstasyon H den gelen takviye elemanları ile birleşmiş panel sacı ile İstasyon G den gelen komponentler birleştirilerek ön blok imalatı yapılır. Kullanılacak vinçler seçilirken blok ağırlığı dikkate alınır, blok büyüklüğü vinç kapasitesine göre tayin edilir. Diklik kontrol edilerek (90 derece) kaynak çekmesi dikkate alınarak çapraz destek atılır. Gruplu panelin nivo veya teodolit yardımı ile seviye kontrolü yapılır. Kaynak kontrol ekibi tarafından kontrolleri yapılarak bir sonraki iş istasyonuna blok sevk edilir.

4.1.11 “İstasyon J” Üretim Kademesi Eğimli Blok İmalatı

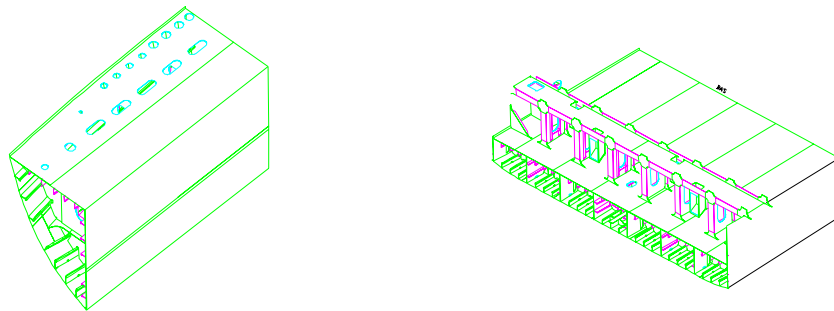
Bir gemi de mevcut olan eğrisel blokların imalatının yapıldığı iş istasyonudur. Jig üzerinde imalat yapılarak eğrisel blokların ortaya çıkardığı üretim problemleri ortadan kaldırılması amaçlanır. Pres atölyesinden ve box tezgahından gelen malzemelerle beslenir.



Şekil 4. 7 Eğimli Blok

4.1.12 “İstasyon K” Üretim Kademesi Ana Seksiyon İmalat

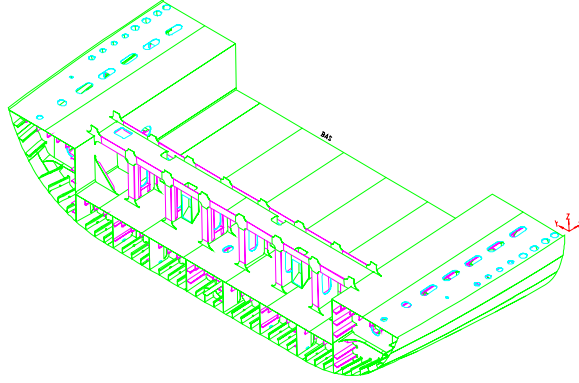
Düz veya eğimli panellerin üzerine gruplar ve elemanların, daha sonra düz veya başka düz veya eğimli panelin konulması ile oluşan üretim kademesidir. Bu üretim kademesi “ana seksiyon imalatı” olarak adlandırılır. Ön blokların birleştirildiği istasyon olarak düşünülebilir.



Şekil 4. 8 Ana Seksiyonlar

4.1.13 “İstasyon L” Üretim Kademesi Blok İmalat

İstasyon K’da blok imalata hazırlanmış alt blokların ters çevrilerek borda saclarının sarıldığı istasyondur. Borda saclarının sarımından sonra bloklar ters çevrilerek boyahaneye gönderilir. Alt blokların ters çevrilmesi nedeniyle bu istasyonda gerekli transport ve vinç hizmetlerinin imal edilecek en büyük bloğa göre düzenlenmesi gerekmektedir.



Şekil 4. 9 Blok

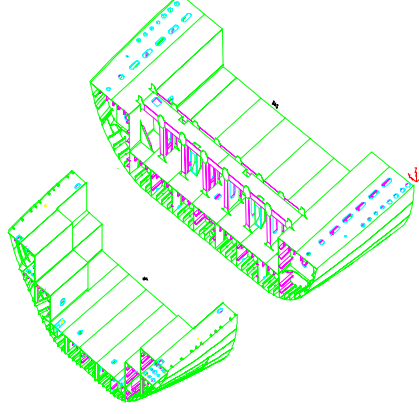
4.1.14 “İstasyon M” Üretim Kademesi Boya

K istasyonunun da işi biten blok kızak montaj sırası hesaba katılarak sıra ile boya hollerine alınır. Boya holleri blok büyüklüklerine göre daha önceden hesaplanarak inşa edilmiş ve büyüklüğü en büyük blok etrafına iskele (2metre) boşluğu kalacak şekilde inşa edilmiştir.

L istasyonunun da tüm kaynakları biten, çapak ve taşları biten blok raspaya alınır ve yüzey temizliği yapılır. Yüzey temizlendikten sonra boyanın yanıcı olduğu, kaynak sırasında meydana gelen sıcaklıktan dolayı deforme oluşu hesaba katılarak kaynak alanları için belirli mesafeler boyasız olacak şekilde blok boyanır.

4.1.15 “İstasyon N” Üretim Kademesi Kızak

Birden fazla seksiyon bir araya gelerek kızak üzerinde birleştirildiği iş kademesidir. Bloklar kreyinler ile kızağa alınarak optimum montaj sırası planlamadan belirlenen şekilde birleştirilir.



Şekil 4. 10 Kızak

Üretim kademesi kızak montaj istasyonu ile sona ermektedir. Bütün seksiyonların kızakta kaynakla birbirine birleştirilmesinden sonra gemi suya indirilir ve rıhtıma çekilip gerekli donatım elemanlarının montajı devam eder.

4.1.16 “İstasyon O” Denize İnış

Tüm blokların kızak montajları tamamlandıktan sonra denize iniş gerçekleştirilir. Üretim istasyonu olarak 1 günde tamamlanarak, planlama düzeyinde programın temel aldığı günlerden biri olarak tanımlanmaktadır (milestone).

Denize iniş ayrıca müşteri ve tersane arasındaki kontratlarda teslim öncesi bir aşama olarak geçmektedir.

4.1.17 “İstasyon P” HAT (Harbour Acceptance Tests-Liman Testleri)

Denize iniş sonrasında devre ve buna bağlı makine ekipmanları ve yardımcı ekipmanların testlerinin yapıldığı istasyona, liman içi testler (harbour trial) adı verilmektedir.

Seyir tecrübesi öncesinde bu denemelerin geminin klas kuruluşu tarafından görevlendirilmiş surveyoru gözetiminde raporlandığı üretim aşamasıdır.

4.1.18 “İstasyon R” SAT (Sea Acceptance Test-Deniz Testleri)

Teslim öncesi gemi inşa sektöründe müşteri ve tersane arasında klas kuruluşu aracılığıyla oluşan geri dönüşlerin tamamlanıp geminin belli şartlar altında genellikle 2 gün süre ile bazı senaryoları gerçekleştirdikleri açık deniz testine verilen isimdir.

Seyir Tecrübesi sonunda klas tarafından kabul edilen herhangi bir problem mevcut ise, seyir tecrübesi tekrarlanmalıdır.

4.1.19 “İstasyon R” Teslim

Üretim akışının son aşamasıdır. Gemi müşteriye teslim edilir. Tersane limanından ayrılan gemi ile birlikte tersanede diğer bir geminin üretim akış takibi devam eder.

Çelik İşleme atölyesinde (İstasyon C) sacların kesilmesiyle başlayan üretim, teslim ile sonlanmış olur.

Ek-A’da üretim akışı detaylı şekilde incelenebilir.

Kısıtlar Teoreminin uygulanacağı üretim akışının İstasyon R (Teslim) ile sonlanmasından sonra bu üretim akışında üretilcek olan geminin incelenmesine geçilebilir. İstasyonlarda, gemi üretimi için kullanılan hammadde ve yarı mamullerin sürelerinin nasıl hesaplandığını içeren bu bölüm ile kısıtlar teoremi için gerekli datalar tamamlanacaktır.

BÖLÜM 5

KISITLAR TEOREMİ UYGULANACAK GEMİNİN İNCELENMESİ

Türkiye’de Gemi İnşa sektörünün yoğunlaştığı bölge olan Tuzla tersaneler bölgesinde, gemi tiplerinden tanker ve konteynır gemilerinin yapımının çoğunlukta olduğu görülmektedir.

Sedef Gemi İnşaat, OECD’nin 2011 yılı raporuna göre kapasite ve gemilerin DWT’leri göz önüne alındığında Türkiye’nin en büyük tersanesi olarak görünmektedir [31].

Çizelge 5. 1 Türkiye Tersaneleri Kapasiteleri

No	Tersane İsmi	Gemi İnşa Kapasitesi (DWT/Yıl)
1	Sedef (Kalkavan) Gemi İnşaat A.Ş	650.000
2	UM Tersanesi	180.000
3	Altıntaş Tersanesi	140.000
4	Tuzla Gemi Endüstrisi A.Ş	130.000
5	Beşiktaş Tersanesi	120.000
6	Çiçek Deniz Endüstrisi	90.000
7	Boğaziçi Tersanesi	80.000
8	Çimtaş Tersanesi	75.000
9	Naci Selimoğlu Tersanesi	70.000
10	Seltaş Tersanesi	70.000

Çizelge 5. 2 Türkiye Tersaneleri DWT/YIL Gemi Teslimi

No	Tersane İsmi	Teslim (DWT/Yıl)
1	Sedef (Kalkavan) Gemi İnşaat A.Ş	131.250
2	Adik Anadolu Tersanesi	59.200
3	Tuzla Gemi Endüstrisi A.Ş	48.000
4	Çimtaş Tersanesi	45.600
5	Çiçek Deniz Endüstrisi	42.000
6	Ustaoglu Gemi İnşa	40.600
7	TVK Tersanesi	30.400
8	RMK Marine	28.800
9	Gisan Tersanesi	25.800
10	UM Tersanesi	23.500

Önceki bölümde bilgileri verilen ve Kısıtlar Teoreminin uygulanacağı üretim akışı bilgi paylaşımı anlaşmasıyla ile birlikte Almanya Flensburg tersanesiyle ortak yürütülen bir çalışma ile oluşturulmuştur. Kızak süresinin ortalama 80 gün olduğu ve 2008 yılında 6 adet 1900 TEU Konteynır gemisi teslimi ile gemi inşaatında darboğazların incelendiği bu teze gerekli bilgiyi sağlayabilecek bir tesistir. Kısıtlar Teoreminin uygulanacağı verilerin alındığı, 1900 TEU konteynır gemisi bu bölümde incelenecektir.

5.1 1900 TEU Ana Boyutları

Çizelge 5.3’de 1900 TEU konteynır gemisinin ana boyutlarının yer aldığı tablo mevcuttur. EK-B ve EK-C üretim akışında belirtilen bloklar geminin profil ve üstten görünüş resimlerinde inceleyebilir.

1900 TEU Konteynır gemisi blok bazlı üretim ile üretilecektir. Yan duvarlar iskele, sancak diyerek ikiye ayrılmıştır. Bazı blokların üretilmesinde ağırlık hesabı ve bununla birlikte vinç kapasiteleri göz önüne alınarak birleştirmelere ve bölünmeler gözlenebilir.

Çizelge 5. 3 1900 TEU Ana Boyutlar

1900 TEU ANA BOYUTLAR		
TAM BOY	182,85	m.
DİKMELER ARASI BOY	171,00	m.
GENİŞLİK	28,00	m.
DERİNLİK	16,10	m.
DİZAYN DRAFT	10,00	m.
SERVİS HIZI	19,5	kn.
DWT	26200	t.
KONTEYNİR KAPASİTESİ	1900	TEU

İstasyonlardaki iş yükü yoğunluğu önemlidir. İş yükü yoğunluğunun gemi inşa sektöründe doğru orantılı olduğu, karşılaştırma yapılabilecek büyüklük tonaj bilgisidir. Bunun için geminin istasyon başına düşen ağırlık listelerinin olması gerekmektedir. Bunlarla birlikte her istasyondaki ağırlık listeleri bilinir ise hangi teçhizatın, neresi için, ne kadar kapasiteyle gereksinim duyulduğu ortaya çıkacaktır.

Verilerini kullandığımız Sedef Gemi İnşaat, istasyon bazında harcanan Adam * Saat miktarlarını raporlar halinde tutmaktadır. İstasyon Ağırlık Listeleri, harcanan iş gücü (Adam*Saat) ile istasyonlarda çalışan adam sayıları belirlenmiş ve gerçekleşen tarihler seri gemi imalatı boyunca güncellenmiştir.

Teslim edilen 6 adet gemiden üretim süresi herhangi bir dış etkiye maruz kalmayan (ekonomik kriz, diğer projeler, erteleme, öteleme) bir geminin verileri tezin bilgisini oluşturmaktadır.

5.2 1900 TEU İstasyon Ağırlıkları

1900 TEU Konteynir gemisinin blokları gemi bünyesinde oldukları yerlere göre gruplara ayrılır. Bu grupların oluşturduğu blokların ağırlıkları dizayn programları yardımıyla

belirlenir. Çizelge 5.4'te EK-2 ve EK-3'te Autocad resimleri verilen blokların oluşturdukları grupların üretim sürecinde daha kolay bir şekilde veri sağlaması amacıyla isimlendirildikleri tablo görülmektedir.

Çizelge 5. 4 Grup-Blok İsimleri Tablosu

GRUP İSİMLERİ	BLOK İSİMLERİ
10 Grubu	Kıç Pik
20 Grubu	Makine Dairesi Blokları
30 Grubu	Kargo Blokları
40 Grubu	Kargo Blokları
50 Grubu	Kargo Blokları
60 Grubu	Baş Pik
70 Grubu	Baş Kasara
90 Grubu	Üst Bina ve Baca

İmalat zorluklarının fazla olduğu kıç pik, baş pik ve baş kasara bloklarının oluşturulmasında tonaj başına harcanan iş gücü, perde ve double bottom oluşturulmasında tonaj başına harcanan iş gücünden daha fazladır.

Çizelge 5.5'de üretim kademeleri olarak anlatılan istasyonların blok gruplarına göre karşılaştırmalı ağırlık ve tonaj / a**s* bilgileri görülebilir. İstasyon N (Kızak) örnek olarak verilecektir. Diğer tüm istasyonlarda blokların durumuyla ilgili bilgiler EK-D'deki tablolarda mevcuttur.

Bu veriler üretim ortamında alınan bilgilerle oluşturulmuştur. Oluşan adam*saat (a*s) miktarı 52.679 a*s'dir. Bu istasyonda çalışan adam sayısı da ortalama olarak 80 kişi olarak üretim izleme programlarından elde edilmektedir. Bu durumda tüm blokların İstasyon N'den 83 iş günü sonunda denize indirildiği elde edilmektedir.

Çizelge 5. 5 İstasyon N (Kızak) Ağırlık Tabloları

KIZAK				
İSTASYON N	TOPLAM AĞ. (TON)	(AxS)/TON	KG / (AxS)	TOPLAM (AxS)
10 GRUBU	473.848	9	442	4.177
20 GRUBU	960.416	11	158	10.305
30 GRUBU	530.615	6	183	3.349
40 GRUBU	915.973	5	103	5.005
50 GRUBU	2.558.739	10	115	24.747
60 GRUBU	193.337	9	120	1.674
70 GRUBU	169.471	8	179	1.407
90 GRUBU	359.745	6	117	2.015
TOPLAM	6.162.144	9	117	52.679

Bu uygulama bütün istasyonlar için oluşturulduğunda geminin teslim süresine giderkenki durum ortaya çıkmaktadır. Bloklar nerde – ne kadar süre ile kaldığı bilinmekte ve üretim akışında öncül ve sonraki bağların kurulması ile toplam süreç tamamlanabilmektedir.

KISITLAR TEOREMİ İLE GEMİ İNŞA ÜRETİM PLANI OLUŞTURMA

6.1 Mevcut Durum Analizi

1900 TEU üretimini seri üretim tarzıyla devam ettiren Sedef Gemi İnşaat A.Ş, kilometre taşı esasına dayanan proje yönetimi sistemine mevcuttur.

Kritik yol mantığı ile; kaynak çakışmasına istasyon tipi üretim yoluyla belirli ölçülerde dikkat edilerek; stok miktarları üretim izleme programları ile belirlenerek aktivitelere bağlanma yoluyla temin edilen ancak her bir aktivitenin güvenlik payı ile proje planına koyularak oluşturulan proje yönetimi karşımıza çıkmaktadır.

1900 TEU konteynır gemisinin mevcut oluşturulan planı ve gerçekleşen planı Çizelge 6.1’de incelenebilir. Mevcut plan; proje yöneticileri tarafından oluşturulmuş, bu plana bağlı olarak üretim tarafından gerçekleştirilen süreler ise üretim izleme programlarından alınmıştır. Çizelgede planlar planlanan ve gerçekleşen olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 6. 1 Gerçekleşen ve Planlanan Süre

İst. No	İş Tanımı	GERÇEKLEŞEN			PLANLANAN		
		Süre(Gün)	Başlangıç	Bitiş	Süre(Gün)	Başlangıç	Bitiş
C	BLOK KESİM	2 g	26.06.2007	27.06.2007	2 g	26.06.2007	27.06.2007
D	PAH VE KAYNAK AĞZI	2 g	28.06.2007	29.06.2007	2 g	28.06.2007	29.06.2007
G	ÖN İMALAT	24 g	28.06.2007	31.07.2007	20 g	28.06.2007	25.07.2007
B	BLOK SAC EĞİM	4 g	28.06.2007	03.07.2007	4 g	28.06.2007	03.07.2007
A	PROFİL HAZIRLAMA	4 g	03.07.2007	06.07.2007	4 g	03.07.2007	06.07.2007
E	BLOK PROFİL EĞİM	4 g	09.07.2007	12.07.2007	4 g	09.07.2007	12.07.2007
F	PANEL SAC KESİMİ	3 g	11.07.2007	13.07.2007	3 g	11.07.2007	13.07.2007
H	HAFİF PANEL İMALAT	6 g	16.07.2007	23.07.2007	6 g	16.07.2007	23.07.2007
I	PANEL İMALAT	6 g	24.07.2007	31.07.2007	6 g	24.07.2007	31.07.2007
T	PANEL MONTAJ	7 g	01.08.2007	09.08.2007	7 g	01.08.2007	09.08.2007
J	EĞRİSEL BLOK İMALAT	17 g	01.08.2007	23.08.2007	15 g	26.07.2007	15.08.2007
K	ANA SEKSİYON İMALAT	35 g	24.08.2007	15.10.2007	30 g	16.08.2007	27.09.2007
L	BLOK İMALAT	10 g	16.10.2007	30.10.2007	15 g	28.09.2007	19.10.2007
M	BLOK BOYA	5 g	31.10.2007	05.11.2007	5 g	20.10.2007	25.10.2007
N	KIZAK BLOK MONTAJ	80 g	05.11.2007	28.02.2008	80 g	25.10.2007	20.02.2008
O	DENİZE İNİŞ	1 g	28.02.2008	29.02.2008	1 g	20.02.2008	21.02.2008
P	HAT	40 g	29.02.2008	28.04.2008	38 g	21.02.2008	15.04.2008
R	SAT	2 g	28.04.2008	30.04.2008	2 g	15.04.2008	17.04.2008
S	TESLİM	3 g	30.04.2008	05.05.2008	2 g	17.04.2008	21.04.2008

217,67 g

208,22 g

Çizelge 6.1’de görüldüğü üzere gerçekleşen durum da 1900 TEU 217,66 gün sonunda teslim edilmiştir. Planlanan tarih ise 208,22 gündür. Yaklaşık 14 günlük bir gecikme meydana geldiği görülmektedir.

İstasyonların süreleri incelendiğinde ise örnek olarak İstasyon C (Blok Kesim), 2 gün olarak görünmektedir. Kısıtlar teoremi uygulamalarında iş akışında işler birbirlerini bitişinden sonra başlayarak takip ederek bir akış planı oluşturulması gerekmektedir.

Bu nedenle; iş akışı oluşturulurken tüm blokların istasyon ağırlıklarından yararlanarak çalışan adam sayıları ve kapasiteler oluşturulmuştur. Bu veriler ışığında planlanan tarihler ortaya koyulmaktadır.

Kısıtlar teoremi proje uygulaması için iş akışı oluşturulurken ilk bloğun kızağa çıkışına kadar ki birbirini takip eden aktiviteler bilgi olarak alınmıştır. Kızak montaj sonrası aktiviteler ise tüm blokların kızağa çıkışı ile birbirini takip eden işler olarak projeye girmiş ve teslime kadar olan süreç oluşturulmuştur.

6.2 1900 TEU Kritik Zincir Proje Planı

Güvelik payı mevcut proje planı üzerinden, kritik zincir proje planının öngördüğü üzere aktivitelerin %50 tamamlanma ihtimali ile bu süreler yarı yarıya kısaltılarak verilmiştir. Çizelge 6.2 de bu süreler incelenebilir.

Bu görevler öncül ve ardıl iş sıralarına ve kaynakları kullanma durumlarına göre proje planının da sıraya konulduklarında oluşan kritik zincir proje planı **C-D-G-J-K-L-M-N-O-P-R-S** olarak oluşmuştur. Kritik zincir bize geminin başlama tarihinden bitiş tarihi arasında geçen en uzun süreyi vermektedir.

Prosesin ilerleyişinde kaynakların ve kapasite çakışmalarının engellenmesi gerektiği belirtilmektedir. Çalışmada kullanılan verilerde, istasyondan alınan iş gücü verileri çoklu görevlendirmeye imkân vermeden sadece o istasyon dâhilinde çalışma yapmaktadır. İstasyonlarda çalışmakta olan görevliler kendilerinin sorumlu olduğu bölüm dışında çalışma yapmamaktadırlar. Örnek verirsek montaj ekibi eğrisel blok imalatı bölümünde sadece parçanın montajını sağlayacak şekilde punto kaynak ile parçasını gerekli bölgeye montajlayıp diğer parçaya geçmektedir. İstasyon dışında bir montaj görevine katılmamaktadır.

Çizelge 6. 2 Kısaltılmış Süreler

İst. No	İş Tanımı	Normal Süre - Gerçekleşen	Kısaltılmış Süre	Öncül İşler
		Güvenlik Payı Var	Güvenlik Payı Yok	
		Süre(Gün)	Süre(Gün)	
C	BLOK KESİM	2 g	1 g	
D	PAH VE KAYNAK AĞZI	2 g	1 g	C
G	ÖN İMALAT	24 g	12 g	C
B	BLOK SAC EĞİM	4 g	2 g	C
A	PROFİL HAZIRLAMA	4 g	2 g	
E	BLOK PROFİL EĞİM	4 g	2 g	A
F	PANEL SAC KESİMİ	3 g	1,5 g	
H	HAFİF PANEL İMALAT	6 g	3 g	F
I	PANEL İMALAT	6 g	3 g	H;A
T	PANEL MONTAJ	7 g	3,5 g	C;G;I
J	EĞRİSEL BLOK İMALAT	17 g	8,5 g	B;E;G;C
K	ANA SEKSİYON İMALAT	35 g	17,5 g	B;C;T;J
L	BLOK İMALAT	10 g	5 g	K
M	BLOK BOYA	5 g	2,5 g	L
N	KIZAK BLOK MONTAJ	80 g	40 g	M
O	DENIZE İNİŞ	1 g	0,5 g	N
P	HAT	40 g	20 g	O
R	SAT	2 g	1 g	P
S	TESLİM	3 g	1,5 g	R
		217,67 g	110 g	

%50 tamamlanma ve kaynak çakışması ortadan kaldırılan projede en uzun yol belirlenir. Kritik aktivitelerin olduğu bu zincir kullanılarak proje stokları ve besleme stokları yerlerine yerleştirilir.

El ile yapılan projede, stok miktarları karekök yöntemiyle bulunmaktadır. Bu çalışmada bulunan proje stoku aşağıdaki formülasyon ile hesaplanmıştır.

$$\sqrt{C^2 + D^2 + G^2 + J^2 + K^2 + L^2 + M^2 + N^2 + O^2 + P^2 + R^2 + S^2} \quad (6.1)$$

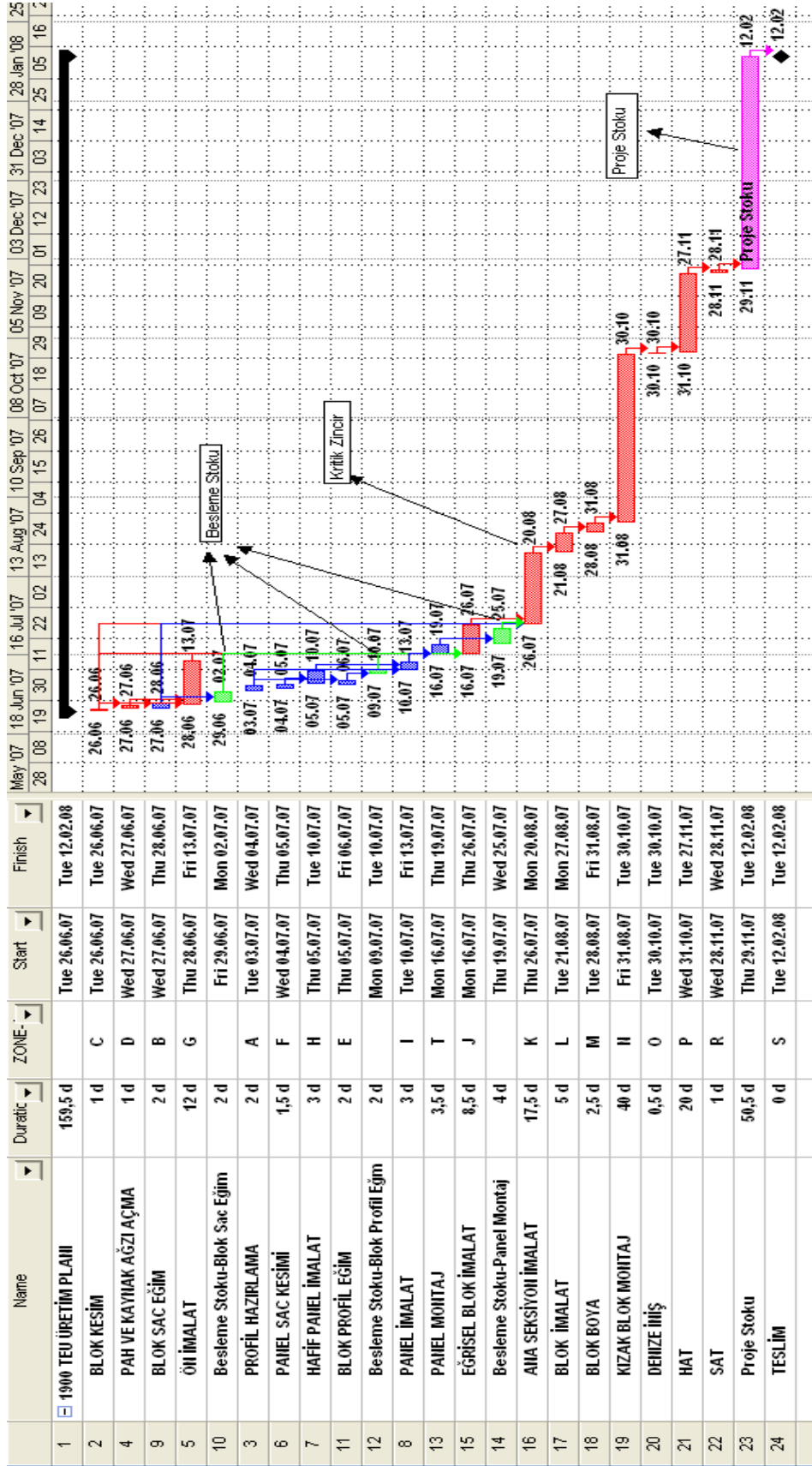
Sonuç olarak el ile yapılan proje planında, proje stoku 50,5 gün olarak proje sonuna eklenecektir.

Proje stokunun, projenin sonuna yerleştirilmesi ile birlikte besleme stoklarının yerlerinin tespiti gerekmektedir. Besleme stokları kritik zincir dışındaki alt görevlerin, kritik zincire öncül aktivite olarak katıldıkları noktalarda kullanılmaktadır.

Kritik zincirde meydana gelecek 1 günlük gecikmenin, teslimatı da 1 gün geciktiridiği bilindiğinden, besleme stokları ve miktarları proje planı oluştururken dikkat edilmesi gereken bir konudur. Bu projede 3 noktada besleme stoğu mevcuttur. şekil 6.1’de incelenebileceği gibi Sac Eğim-İstasyon B, Profil Eğim-İstasyon E, Panel Montaj-İstasyon T kritik zincire öncül aktivite olarak malzeme tedarik etmektedir. Besleme stokları bu bu bölgelere proseste belirtilen kriterler çerçevesinde miktarları hesaplanarak yerleştirilmiştir.

El ile yapılan kritik zincir proje planının Ms Project programı Ağ diyagramı görüntüsü şekil 6.1’de görülmektedir. Proje stokları ve besleme stoklarıyla birlikte proje bitirilişi 12.02 ile şubat ayının ortası görünmektedir. İş günü olarak 217,22 günde bitirilen proje, kritik zincir proje planı ile 159,5 günde teslim edilmektedir. Yaklaşık 58 günlük bir iyileştirme mevcuttur.

Yüzde %26’lık bir iyileştirme ile 2.5 ay erken teslim sağlanmıştır. İşletim gideri olarak işgücü ve kaynaklar 2.5 ay az kullanılması sağlanabilecektir. Bu iyileştirme de %20 tekabül etmektedir.



Şekil 6. 1 1900 TEU Kritik Zincir Planı

Kritik zincir proje planı el ile proje planlamanın zor olduğu 50 alt görevden fazla projelerde bilgisayar yazılımlarına ihtiyaç duymaktadır. ProChain ve Concerto günümüzde kullanılan yazılımlar olarak gösterilebilir.

Bu çalışmada el ile yapılan proje planı karşılaştırılmak üzere MS Project programının içerisinde ek bir program olarak çalışan CC(m) Pulse programı kullanılacaktır. Güvenlik payı düşürülmüş işler programa girilecek ve programın isteği doğrultusunda düzenlemeler yapılacaktır.

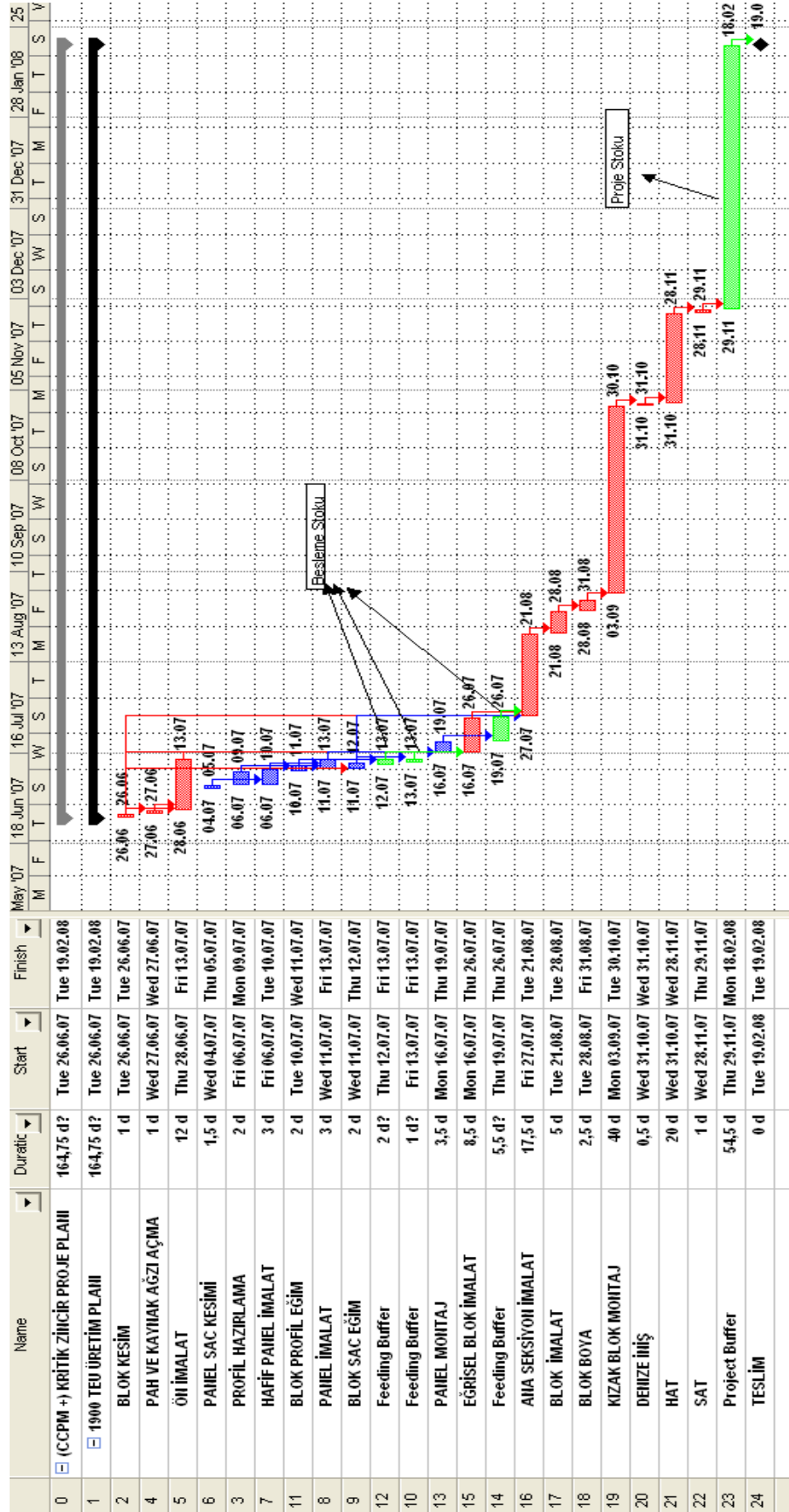
Gemi inşa iş akışında bir alt görev bitmeden ona bağlı diğer bir alt görev başlayabilmektedir. El ile yapılan proje planı dahil yazılım programları bu iş akışını kabul etmemekte her bir iş görevinin bitirilip diğer alt görevin başlamasını veri olarak istemektedirler.

Bu nedenle ilk bloğun kızağa çıkışına kadar ki birbirini takip eden aktiviteler bilgi olarak alınmıştır. Kızak montaj sonrası aktiviteler ise tüm blokların kızağa çıkışı ile birbirin takip eden işler olarak projeye girmiş ve teslim kadar olan süreç oluşturulmuştur.

CC(m) Pulse programı girilen bilgiler ile kritik zinciri tespit etmiş, proje ve besleme stoklarını el ile yapılan proje planındaki gibi yerleştirmiştir. Program ile proje stoku 54.5 gün hesaplanmıştır. Besleme stokları İstasyon B-E-T’de verilmiştir.

Şekil 6.2’de proje planının ağ diyagramı görüntüsü incelenebilir. El ile yapılan projeden farklı olarak proje 19.02 tarihini teslim tarihi olarak göstermektedir. El ile proje planından 5,25 gün daha kötü bir sonuç elde edilmektedir. Gerçekleşen tarihten ise 53 günlük bir iyileştirme mevcuttur.

Programın el ile yapılan kritik zincir planından 5 günlük daha kötü sonuç vermesinin birkaç nedeni sayılabilir. Programın 50 alt görevden daha az projelerde hesaplama yaparken kritik zincir üzerindeki ağırlığı fazla olan aktivitelerden istatistiksel olarak etkilenmesi, proje uygulayıcısının süreci daha iyi biliyor olması ile besleme, proje stoklarını daha iyi hesaplıyor olması ve proje uygulayıcısının tecrübelerini el ile uygulanan proje uygulayabilmesi gösterilebilir.



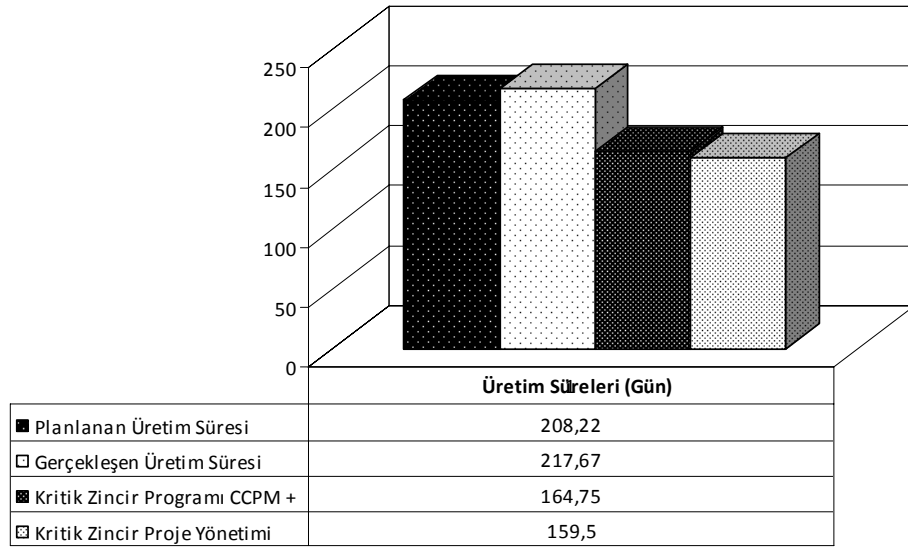
Şekil 6. 2 1900 TEU Kritik Zincir Planı-CCPM +

SONUÇ VE ÖNERİLER

Gemi inşaatı sanayii emek yoğun bir sektördür. Gemi imalatında üretim planlama eksikliğinden karşılaşılan pek çok problem mevcuttur. Türkiye’de gemi inşa sanayinin zayıf yönleri olarak ortaya konulan tespitlerden yüksek maliyet, üretim verimsizliği ve organizasyon ve teknolojik yapılanma eksikliği proje yönetiminin ilgi alanını oluşturmaktadır.

Gemi inşa sektörünün proje yönetimi olarak eksiklikler gösterdiği ve üretim akışına sahip tersane sayısının az olduğu bilinmektedir. Üretim akışında yapılabilecek değişiklikler ve bu değişikliklerin üretimin verimini ne ölçüde değiştirdiğinin ölçülebilmesi ve sektörün bu verilerden yararlanabilmesi gerekmektedir. Bu amaçla üretim planlamasının kesin ve ölçülebilir olmasını sağlamak Türkiye tersaneleri için bir çıkış yolu olarak benimsenmelidir.

Şekil 6.3’de bu çalışmada verilerinden yararlanılan 1900 TEU konteynır gemisinin planlanan ve gerçekleşen üretim süreleriyle kritik zincir proje planının CC(m) Pulse programı ve kritik zincir proje yönetiminin el ile uygulamasının karşılaştırılması grafik olarak verilmektedir.



Şekil 7. 1 1900 TEU Konteynır Gemisi Üretim Süreleri

26.06 2007 tarihinde başlayan proje 05.05.2008 tarihinde teslim edilmiştir. 217,67 iş günü olarak tamamlanan bu proje, üretim sürecinde kritik zincir prosesine uygun olarak yapılan değişikliklerle iyileştirme sağlandığı grafikte birlikte görülmektedir.

Gerçekleşen zamanlar üzerinden %50 tamamlanma olasılığı ile güvenlik payını sona taşıyarak oluşturulan kısıtlar teoreminin gemi inşa sürecindeki proje uygulaması 05.05 tarihinde sonlanan projeyi 58 gün geriye çekmeyi başarmıştır.

Varolan iyileştirme %26 seviyesindedir. Stok kullanımı aynı düzeyde azalmış ve işletim giderleri 2,5 aylık kazançla %20 oranında iyileştirme göstermesi beklenmektedir. İyileştirme diğer projeyide hemen etkileyecek. Planlanan tarihten 2,5 ay öncesinde istasyonlarda çalışmaya başlanabilecektir. Teslimatın erken yapılması ile birlikte müşterilerin firmaya karşı bakışı değişecek. Yeni projelerde teklif istenen, talep gören bir konumda olacaktır.

Sonuç olarak bu çalışma gibi teorik olarak olumlu veriler veren kısıtlar teoremi özellikle yurtdışındaki pratik uygulamalarında ulaşılan verilere yakın iyileştirmeler sağlaması ile firmalara olumlu görüşler vermektedir. Kısıtlar teoreminin özellikle seri üretime yakın

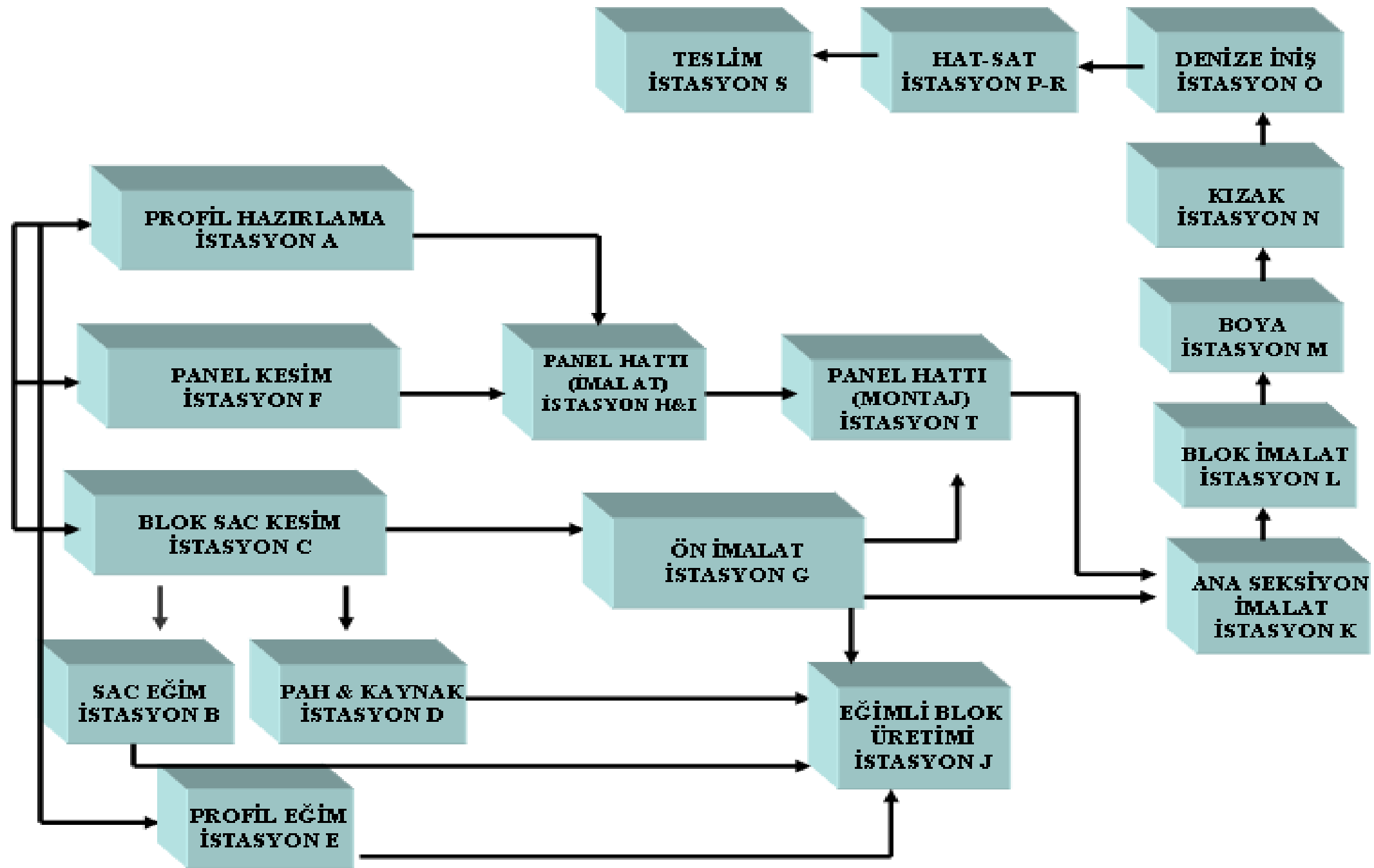
ve iş akışına sahip firmalarda karar vericiler tarafından uygulayıcılarla birlikte öğrenilerek uygulanması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

-
- [1] Eliyahu, M.E., (1984). The Goal, North River Press, Great Barrington
 - [2] Eliyahu, M.E., (1990). What is this thing called Theory of Constarints, and How Should it be implemented?, WI:ASQC Quality Press, Milwaukee.
 - [3] Leach, P., (2000). Critical Chain Project, Artech House Inc., Norwood.
 - [4] Büyükyılmaz, O. ve Gürkan, S., (2009). Süreçlerde En Zayıf Halkanın Bulunması: Kısıtlar Teorisi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 5 (9).
 - [5] Steyn, H., (2002). Project Management Applicationsof the theory of constraints beyond critical chain scheduling, International Journal of Project Management, 20: 75-80.
 - [6] Rand, K.G., (2000). Critical Chain: The Theory of Constraints applied to Project Management, International Journal of Project Management, 18: 173-177.
 - [7] Jacob, D. ve McClelland W.T., (2001). The Theory of Constraints Project Management, The Goldratt Institute
 - [8] Steyn, H., (2000). An Investigation into the Fundemantals of Critical Chain Project Scheduling, International Journal of Project Management, 19: 363-369.
 - [9] Radovilsky, Z., (1998). A quantitative approach to estimate the size of the time buffer in the theory of constraints, International Journal of Production Economics, 55: 113-119.
 - [10] Tekin, H., (2006). Kısıtlar Teorisi ve Proje Yönetimindeki Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
 - [11] Kartal, Z., (2006). Kısıtlar Teorisi ile Senkronize Üretim Sistemi ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
 - [12] Gürses, M., (2006). Kısıtlar Teorisi ve Proje Yönetimindeki Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
 - [13] Turan, E., (2008). Bir Tersanenin Üretim Planının Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

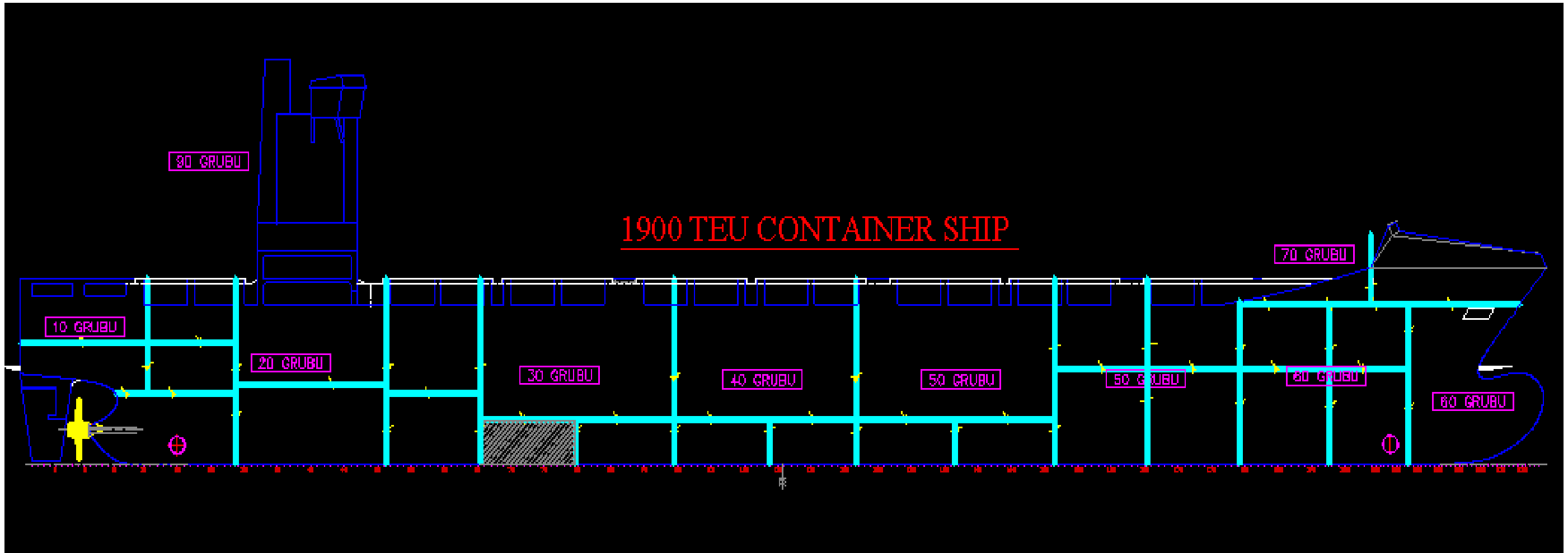
- [14] Özkök, M., (2010). Tersane Verimliliğinin İyileştirilmesi: Gemi İnşaatında Modern Endüstri Mühendisliği ve Belirsizlik Süreçlerinin Uygulanması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] Üreten, S., (1999). Bir Yönetim Aracı Olarak Kısıtlar Teorisi ve Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [16] DDK Araştırma ve İnceleme Raporu, (2008). "Tersanecilik Sektörü ile İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Tuzla Tersaneler Bölgesinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi Hakkında", Devlet Denetleme Kurulu, 1:43
- [17] Sağlam, S.H., (2009). Tersane Yeri Seçimi ve Optimizasyonu, Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi, İstanbul.
- [18] Trabzon Gemi İnşa Sektör Stratejisi ve Çalıştay Raporu, (2012). Dünya ve Türkiye'de Gemi İnşa Sektörü, 1: 14-18.
- [19] Güney Kore'nin Dünya Gemi İnşaatındaki Yeri, <http://www.guneykore.net>, 21 Eylül 2012.
- [20] DDK Araştırma ve İnceleme Raporu, (2008). "Tersanecilik Sektörü ile İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Tuzla Tersaneler Bölgesinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi Hakkında", Devlet Denetleme Kurulu, 1:70
- [21] Gemi İnşa Sanayicileri Birliği Sitesi, Gemi inşa İstihdam ve İhracat Rakamları, <http://www.gisbir.org>, 20 Eylül 2012.
- [22] Gemi İnşa Sektör Arama Konferansı. (2012). Sonuç Bildirgesi, İstanbul.
- [23] Filiz, A., (2008). Üretim Yönetiminde Verimlilik Sırları, Sistem Yayıncılık, İstanbul
- [24] Spinner, M.P., (1997). Project Management, Principles and Practices, 1st Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- [25] Güler, M.E., (2006). Kritik Zincir Metodunun Ağ Diyagramına dayalı diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması, Mevzuat Dergisi, (103)
- [26] Roy, G.L., (2009). Project Analysis through CPM, European Union School of Doctoral Studies Journal
- [27] Hallak, J., (1970). Program Evoulution and Review Tecnique, International Institute For Educational Plannig, Paris.
- [28] Kocabıyık, E., (2009). Gemi İnşa Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir İşletmede Pert ve Bulanık Pert Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [29] Standish Group, (2009). Project Resoulution, Report 2009, Canterbury
- [30] Dilmaghani, F., (2008). Critical Chain Project Management at Bosch Security Systems, Master of Science Thesis, Universty of Twente School of Management ond Governance, Twente.
- [31] OECD, (2011). The Shipbuilding Industry in Turkey, WP6, Brüksel.

ÜRETİM AKIŞI



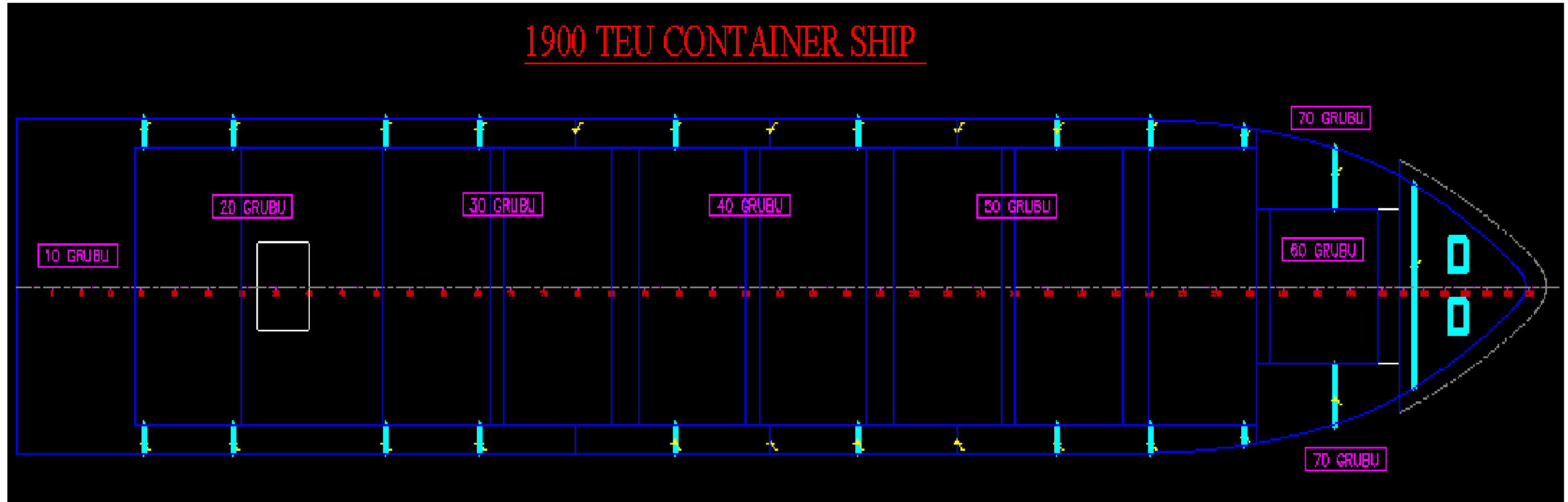
Şekil EK A. Üretim Akışı

1900 TEU KONTEYNİR GEMİSİNİN PROFİL GÖRÜNTÜSÜ



Şekil EK B. 1900 TEU Konteynir Gemisinin Profil Görüntüsü

1900 TEU KONTEYNİR GEMİSİNİN ÜSTEN GÖRÜNÜŞÜ



Şekil EK C. 1900 TEU Konteynir Gemisinin Üsten Görünüşü

İSTASYON BAZINDA İŞ GÜCÜ TABLOLARI

Çizelge EK D. 1 Blok Kesim İstasyonu İş Gücü Tablosu

BLOK KESİM				
İSTASYON C	TOPLAM AĞ. (TON)	(AxS)/TON	KG / (AxS)	TOPLAM (AxS)
10 GRUBU	473.848	2	442	1.072
20 GRUBU	960.416	3	360	2.669
30 GRUBU	530.615	3	354	1.497
40 GRUBU	915.973	2	487	1.880
50 GRUBU	2.558.739	5	209	12.249
60 GRUBU	193.337	3	350	553
70 GRUBU	169.471	3	342	495
90 GRUBU	359.745	3	304	1.184
TOPLAM	6.162.144	3	289	21.599

Çizelge EK D. 3 Panel Sac Kesim İstasyonu İş Gücü Tablosu

PANEL SAC KESİM				
İSTASYON F	TOPLAM AĞ. (TON)	(AxS)/TON	KG / (AxS)	TOPLAM (AxS)
10 GRUBU	171.811	13	79	2.181
20 GRUBU	97.362	12	86	1.136
30 GRUBU	149.450	20	50	2.998
40 GRUBU	177.247	15	69	2.581
50 GRUBU	698.437	15	66	10.621
60 GRUBU	18.287	12	85	214
70 GRUBU	32.145	16	62	517
90 GRUBU	89.359	18	55	1.612
TOPLAM	1.434.098	15	66	21.860

Çizelge EK D. 3 Hafif Panel & Panel İmalat İstasyonu İş Gücü Tablosu

HAFİF PANEL & PANEL İMALAT				
İSTASYON H&İ	TOPLAM AĞ. (TON)	(AxS)/TON	KG / (AxS)	TOPLAM (AxS)
10 GRUBU	75.705	3	293	258
20 GRUBU	256.740	7	152	1.689
30 GRUBU	165.625	3	337	491
40 GRUBU	376.851	3	338	1.116
50 GRUBU	509.577	4	238	2.139
60 GRUBU	11.782	8	123	96
70 GRUBU	41.320	3	315	131
90 GRUBU	42.253	9	108	391
TOPLAM	1.479.853	4	234	6.311

Çizelge EK D. 4 Panel Montaj İstasyonu İş Gücü Tablosu

PANEL MONTAJ				
İSTASYON T	TOPLAM AĞ. (TON)	(AxS)/TON	KG / (AxS)	TOPLAM (AxS)
10 GRUBU	128.573	7	144	895
20 GRUBU	481.956	11	91	5.313
30 GRUBU	314.648	5	192	1.636
40 GRUBU	703.148	7	136	5.164
50 GRUBU	1.112.861	7	134	8.287
60 GRUBU	13.763	9	117	118
70 GRUBU	51.086	7	145	353
90 GRUBU	70.654	18	55	1.296
TOPLAM	2.876.689	8	125	23.062

Çizelge EK D. 5 Eğrisel Blok İstasyonu İş Gücü Tablosu

EĞRİSEL BLOK İMALAT				
İSTASYON J	TOPLAM AĞ. (TON)	(AxS)/TON	KG / (AxS)	TOPLAM (AxS)
20 GRUBU	47.644	28	35	1.351
30 GRUBU	150.786	21	49	3.098
40 GRUBU	157.613	14	70	2.257
50 GRUBU	883.957	17	58	15.351
70 GRUBU	9.974	45	22	448

TOPLAM	1.249.974	18	56	22.505
--------	-----------	----	----	--------

Çizelge EK D. 6 Ana Seksiyon İstasyonu İş Gücü Tablosu

ANA SEKSİYON İMALAT				
İSTASYON K	TOPLAM AĞ. (TON)	(AxS)/TON	KG / (AxS)	TOPLAM (AxS)
10 GRUBU	371.817	20	49	7.577
20 GRUBU	915.381	22	46	19.698
30 GRUBU	257.481	5	185	1.390
40 GRUBU	705.175	6	178	3.959
50 GRUBU	1.726.994	9	112	15.396
60 GRUBU	192.350	37	27	7.061
70 GRUBU	163.057	19	52	3.165
90 GRUBU	354.098	23	43	8.245

TOPLAM	4.686.353	14	70	66.491
--------	-----------	----	----	--------

Çizelge EK D. 7 Blok İmalat İstasyonu İş Gücü Tablosu

BLOK İMALAT				
İSTASYON L	TOPLAM AĞ. (TON)	(AxS)/TON	KG / (AxS)	TOPLAM (AxS)
10 GRUBU	473.184	62	62	7.609
20 GRUBU	863.013	12	82	10.541
30 GRUBU	455.510	7	140	3.253
40 GRUBU	675.131	10	104	6.492
50 GRUBU	2.173.173	9	108	20.204
60 GRUBU	121.693	16	62	1.975
70 GRUBU	110.081	20	49	2.251
90 GRUBU	358.834	15	65	5.545

TOPLAM	5.230.619	11	90	57.870
--------	-----------	----	----	--------

Çizelge EK D. 8 Kızak İstasyonu İş Gücü Tablosu

KIZAK				
İSTASYON N	TOPLAM AĞ. (TON)	(AxS)/TON	KG / (AxS)	TOPLAM (AxS)
10 GRUBU	473.848	9	442	4.177
20 GRUBU	960.416	11	158	10.305
30 GRUBU	530.615	6	183	3.349
40 GRUBU	915.973	5	103	5.005
50 GRUBU	2.558.739	10	115	24.747
60 GRUBU	193.337	9	120	1.674
70 GRUBU	169.471	8	179	1.407
90 GRUBU	359.745	6	117	2.015
TOPLAM	6.162.144	9	117	52.679

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Serhat Hazar SAĞLAM
Doğum Tarihi ve Yeri : 31.08.1985 / TRABZON
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : hsaglam@kalkavanshipyard.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans			
Lisans	Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2009
Lise	Fen Bilimleri	Trabzon Kanuni Anadolu Lisesi	2003

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2008-Devam Ediyor	Sedef Gemi İnşaat A.Ş	Planlama Donatım Müh.