EŞZAMANLI MÜHENDİSLİK PROJELERİNİN YÖNETİMİ İÇİN DÖRT BOYUTLU BİR MODEL ÖNERİSİ

Feray Demirok Erten
141156109

DOKTORA TEZİ
İşletme Anabilim Dalı
İşletme Doktora Programı
Dr. Öğr. Üyesi Halil Halefşan Sümen

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Kasım,2019

EŞZAMANLI MÜHENDİSLİK PROJELERİNİN YÖNETİMİ İÇİN DÖRT BOYUTLU BİR MODEL ÖNERİSİ

Feray Demirok Erten
141156109
Orcid: 0000-0003-4066-3004

DOKTORA TEZİ
İşletme Anabilim Dalı
İşletme Doktora Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Halil Halefşan Sümen

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Kasım, 2019



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

FERAY DEMİROK'ın "Eş Zamanlı Mühendislik Projelerinin Yönetimi İçin Dört Boyutlu Bir Model Önerisi" başlıklı tezi 11.11.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği" nin ilgili maddeleri uyarınca İşletme Anabilim Dalı ~~Yüksek Lisans~~/Doktora tezi oy birliğiyle/~~oy çokluğuyla~~, başarılı/~~başarısız~~ olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı. Adı ve Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	Dr.Öğr.Üyesi Halil Halefşan SÜMEN	.....
Üye	Prof.Dr. Bülent DURMUŞOĞLU İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Üye	Prof.Dr.Özalp VAYVAY Marmara Üniversitesi	.....
Üye	Prof.Dr. Gonca TELLİ YAMAMOTO	.....
Üye	Doç.Dr.Murat BASKAK İstanbul Teknik Üniversitesi	.....

Prof. Dr. Ahu TUNÇEL ÖNKAL
Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

maltepe üniversitesi	**ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI**	Doküman No	**FR-178**
		İlk Yayın Tarihi	**01.03.2018**
		Revizyon Tarihi	
		Revizyon No	**00**
		Sayfa	**1/1**

Revizyon Takip Tablosu

REVİZYON NO	TARİH	AÇIKLAMA
00	01.03.2018	İlk yayın.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

11/11/2019

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarından bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilmeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; çalışmanın Maltepe Üniversitesinde kullanılan "bilimsel intihal tespit programı" ile tarandığını ve öngörülen standartları karşıladığını beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Feray Demirok Erten

Hazırlayan	Kalite Koordinatörü	Kurumsal Yetkili
İlgili Birim	Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Prof. Dr. Belma AKŞİT

(Dokuman No: FR-178; Yayın Tarihi: 01.03.2018; Revizyon Tarihi: ; Revizyon No:00)

TEŞEKKÜR

Öncelikle, bu çalışma sürecinde sabrı ve özverisi ile bana kattığı değerli bilgiler ve sonsuz desteği için danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Halil Halefşan Sümen' e,

Tez izleme jürisinde yer alan, çalışmama sağladıkları büyük katkılar için Prof. Dr. Bülent Durmuşoğlu' na ve Prof. Dr. Özalp Vayvay hocalarıma,

Eğitim hayatımın ilk gününden beri daha ileriye gitmem için çabalayan, beni her zaman cesaretlendiren ve bu yolda hiçbir desteği esirgemeyen babam Mustafa Demirok'a,

Doktora eğitimim süresince, her koşulda bana anlayış gösteren ve destekleyen, aileme ve eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Feray Demirok Erten

Kasım 2019

ÖZ

EŞZAMANLI MÜHENDİSLİK PROJELERİNİN YÖNETİMİ İÇİN DÖRT BOYUTLU BİR MODEL ÖNERİSİ

Feray Demirok Erten
Doktora Tezi
İşletme Anabilim Dalı
İşletme Doktora Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Halil Halefşan Sümen
Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2019

Giderek rekabetin arttığı günümüz iş ortamında, proje maliyetini düşürmek, daha kaliteli ürünler üretmek, pazara sunma süresini kısaltmak, ve müşteri katılımını sağlamak ürün geliştirme süreci için önemli başarı kriterleridir. Eşzamanlı mühendislik, bu konuda başarıya ulaşmak için kullanılan sistematik bir yaklaşımdır.

Bu çalışmada, üretim ve süreçlerin eşzamanlı tasarlanmasına ek olarak, tedarik zinciri ve satış sonrası hizmetlerin de eşzamanlı tasarlanması üzerine, yeni bir model olarak Dört Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik (4-BEM) modeli oluşturulmuştur. Ürün, süreç, tedarik zinciri ve servis sürecinin paralel olarak tasarlanırken, çapraz fonksiyonel takımlar, tedarikçi ve müşteri katılımı önem taşıyan gerekliliklerdir.

Dört boyutlu eşzamanlı mühendislik modeli, proje bazında ve atölye tipi üretim yapan bir firmada uygulanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yeni Ürün Geliştirme, Eşzamanlı Mühendislik, Dört Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik.

ABSTRACT

A FOUR-DIMENSIONAL MODEL PROPOSAL FOR THE MANAGEMENT OF CONCURRENT ENGINEERING PROJECTS

Feray Demirok Erten
PhD Thesis
Department of Business Administration
Business Administration Programme
Thesis Advisor: Asst. Prof. Halil Halefşan Sümen
Maltepe University Graduate School of Social Sciences, 2019

In the competitive business environment, reducing the project cost, producing better quality products, shortening the time to market, and ensuring customer involvement are important success criterias for the product development process. Concurrent engineering is a systematic approach to reach to success in this area.

In this study, in addition to the simultaneous design of production and processes, as a new model, a four-dimensional concurrent engineering (4-DCE) model was developed on the simultaneous design of supply chain and after-sales services. Cross-functional teams and supplier and customer involvement are essential requirements when designing products, processes, supply chains and service processes in parallel.

The four-dimensional concurrent engineering model has been implemented in a new project of a jobshop production company.

Keywords: New Product Development, Concurrent Engineering, Simultaneous Engineering, Four Dimensional Concurrent Engineering.

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI ..... İİ
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI ..... İİİ
TEŞEKKÜR ..... İV
ÖZ V
ABSTRACT ..... Vİ
TABLOLAR LİSTESİ ..... İX
ŞEKİLLER LİSTESİ X
KISALTMALAR ..... Xİİ
ÖZGEÇMİŞ ..... XİV
BÖLÜM 1. GİRİŞ 1
1.1. Problem 1
1.2. Amaç 3
BÖLÜM 2. YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİ 4
2.1. Yeni Ürün Geliştirme 4
2.2. Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi 5
2.3. Yeni Ürün Geliştirme Süreci 7
2.4. Ürün Yaşam Döngüsü Evreleri 13
2.5. Yeni Ürün Geliştirme Araçları ve Teknikleri 14
2.5.1. Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) 14
2.5.2. Kano Modeli 20
2.5.3. X için tasarım (DFX) 23
2.5.4. Hata Modu ve Etki Analizi (FMEA) 27
2.5.5. Bilgisayar Destekli (CAx) Sistemler 28
2.5.6. Sonlu Elemanlar Analizi 28
2.5.7. Tasarım otomasyonu 29
2.5.8. Yalın Ürün Geliştirme 30
2.6. Eşzamanlı Mühendislik 34
2.7. Eşzamanlı Mühendisliğin Uygulanması 38
2.8. Eşzamanlı Mühendislikte Takım Çalışması 41
2.9. Üç Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik (3-BEM) 42
2.9.1. Ürün Tasarımı 45
2.9.2. Süreç Tasarımı 47
2.9.3. Tedarik Zinciri Tasarımı 54
2.9.3.1. Lokasyon 59
2.9.3.2. Taşıma 61
2.9.3.3. Bilgi Paylaşımı 62
2.9.4. Ürün Tasarımı ve Süreç Tasarımı Entegrasyonu 64
2.9.5. Ürün Tasarımı ve Tedarik Zinciri Tasarımı Entegrasyonu 66
2.9.6. Süreç Tasarımı ve Tedarik Zinciri Tasarımı Entegrasyonu 67

2.10. Satış Sonrası Hizmetler Süreci 68
BÖLÜM 3. METODOLOJİ 74
BÖLÜM 4. UYGULAMA 83
4.1. Firma Hakkında 83
4.2. Konteyner Üretim Prosesleri 87
4.3. Proje: Yerüstü Atık Konteyneri Sistemi 90
4.3.1. Proje Ekibi Oluşturulması 90
4.3.2. Firmanın Mevcut ve Gelecek Durum Değer Akış Haritası 91
4.3.3. Keşif aşaması 96
4.3.4. Tanımlama Aşaması 103
4.3.5. Geliştirme Aşaması 105
4.3.6. Teslim Aşaması 111
BÖLÜM 5. BULGULAR VE YORUMLAR 112
BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER 115
6.1. Sonuçlar 115
6.2. Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler 118
EK'LER 120
Ek 1. Teknik Şartname 120
KAYNAKÇA 123

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Kano değerlendirme tablosu……..…..22

Tablo 2.2. Bir eşzamanlı mühendislik takımında temsil edilen işlevler……..35

Tablo 2.3. 3-BEM' in temel konseptleri……..44

Tablo 2.4. Üret/Satın al kararları üzerinde etkisi olan faktörler……..53

Tablo 4.1. Firmanın mevcut ürün geliştirme süreci aşamaları……..93

Tablo 4.2. Müşteri gerksinimleri ve önem dereceleri……..98

Tablo 4.3. Kalite karakteristikleri……98

Tablo 4.4. Kalite evi sembolleri ve açıklamaları…….99

Tablo 4.5. Örnek hata türü etki analizi formu…..……...108

Tablo 5.1. Mevcut durum – gelecek durum karşılaştırması……...114

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yeni ürün geliştirme süreci……...….9

Şekil 2.2. Tasarım Konseyi Çift Elmas Modeli……..……..12

Şekil 2.3. Elmas Modelinin Çeyrekleri……12

Şekil 2.4. KFY Şelale modeli……...17

Şekil 2.5. KFY Matrisinin temel unsurları……...18

Şekil 2.6. Kano diyagramı……....20

Şekil 2.7. (a) Geleneksel (sıralı) mühendislik akış diyagramı, (b) Eşzamanlı mühendislik diyagramı…….36

Şekil 2.8. 3-BEM ürün, süreç ve tedarik zinciri aktiviteleri arasındaki ilişki……43

Şekil 2.9. Geleneksel ürün geliştirme süreci, eşzamanlı mühendislik ürün geliştirme süreci ve üç boyutlu eşzamanlı mühendislik ürün geliştirme süreci karşılaştırması……44

Şekil 2.10. 3 Boyutlu eşzamanlı mühendislik eşzamanlılık modeli……..45

Şekil 2.11. Tedarik zinciri süreci……..……54

Şekil 2.12. Tedarik zincirini oluşturan beş etmen…….57

Şekil 2.13. Entegre ürün ve süreç planlama……..65

Şekil 2.14. Servis tedarik zinciri……...70

Şekil 3.1. 4-Boyutlu eşzamanlı mühendislik……..…..74

Şekil 3.2 4-Boyutlu eşzamanlı mühendislik konsepti……...75

Şekil 3.3. 4-Boyutlu Eşzamanlı Ürün Geliştirme Süreci……..76

Şekil 3.4. Metodolojinin birinci aşaması……..……80

Şekil 3.5. Metodolojinin ikinci aşaması……..…….81

Şekil 4.1. Firma teklif süreci……..……..84

Şekil 4.2. Yerüstü konteynerleri ve yeraltı konteyneleri……...……86

Şekil 4.3. Fabrika yerleşim planı…….86

Şekil 4.4. Örnek sac yerleşim planı……..……87

Şekil 4.5. Program çıktıları……..…….88

Şekil 4.6. Değer akış haritasında süreçlerin gösterimi…….93

Şekil 4.7. Firmanın mevcut durum değer akış haritası……..…94

Şekil 4.8. Firmanın gelecek durum değer akış haritası……..……...95

Şekil 4.9. Kalite evi……..……..100

Şekil 4.10. KFY ikinci aşama - kalite karakteristikleri ve ürün karakteristikleri karşılaştırması……..…..101

Şekil 4.11. KFY üçüncü aşama – ürün karakteristikleri ve üretim prosesleri karşılaştırması……...…….102

Şekil 4.12. KFY dördüncü aşama – üretim prosesleri ve kalite kontrol karşılaştırması..103

Şekil 4.13. Yerüstü konteyneri teknik resmi……..…….104

Şekil 4.14. Eski konteyner köşe tasarımı……....106

Şekil 4.15. Yeni konteyner köşe tasarımı……...107

Şekil 4.16. İyileştirme öncesi ve sonrası RPN değerleri……..……..108

Şekil 4.17. İç mekanizma tasarımı……..109

Şekil 4.18. Ortaya çıkan son tasarım……..……109

Şekil 4.19. Plazma kesim örneği……....110

Şekil 5.1. Örnek obeya odası……..113

KISALTMALAR

CAD : Computer aided design (Bilgisayar destekli tasarım)

CAM : Computer aided manufacturing (Bilgisayar destekli üretim)

KFY : Kalite fonksiyon yayılımı

DFx : Design For X (X için tasarım)

DFM : Design For Manufacturing (Üretim için tasarım)

DFA : Design For Assembly (Montaj için tasarım)

FMEA : Hata türü ve etkileri analizi

KBE : Bilgi tabanlı mühendislik

TPS : Toyota Üretim Sistemi

PLM : Ürün yaşam döngüsü yönetimi

PDM : Ürün veri yönetimi

PMM : Ürün üretim yönetimi

SCM : Tedarik zinciri yönetimi

ERP : Kurumsal kaynak planlaması

MES : Üretim yürütme sistemi

CRM : Müşteri ilişkileri yönetimi

PDP : Ürün geliştirme süreci

DCM : Talep zinciri yönetimi

EM : Eşzamanlı mühendislik

KOBİ : Küçük ve orta büyüklükteki işletmeler

3BEM	: Üç boyutlu eşzamanlı mühendislik
BOM	: Ürün reçetesi
BOR	: İlişki reçetesi
BOX	: X reçetesi
CAE	: Bilgi destekli mühendislik
FEA	: Sonlu elemanlar analizi
KİK	: Kamu İhale Kurumu
EKAP	: Elektronik Kamu Alımları Platformu
RPN	: Risk öncelik sayıları

ÖZGEÇMİŞ

Feray Demirok Erten

İşletme Anabilim Dalı

Eğitim

Y.Ls.	2014	Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İşletme
Ls.	2012	Işık Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği
Lise	2007	G. Nakipoğlu Lisesi, Bakırköy-İST

İş/İstihdam

2012 -	Verksan Konteyner Sistemleri Ltd. Şti. - Yönetici
2012 - 2013	TSE Dış İnceleme Uzmanı

Alınan Burs ve Ödüller

2011-2012	Işık Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölüm Üçüncülüğü %50 Başarı Bursu
2009-2010	Işık Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölüm Birinciliği %100 Başarı Bursu

Kişisel Bilgiler

Doğum yeri ve yılı	: İstanbul, 1991 Cinsiyet: K
Yabancı diller	: İngilizce (iyi)
GSM / e-posta	: 05316424852 / feraydemirok@hotmail.com

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Problem

Rekabetin giderek yoğunlaşmasıyla birlikte, piyasaya yeni ürün ve hizmetleri hızlıca sunmak şirketler için karını ve büyüklüğünü arttırmada önemli bir rol oynar hale gelmiştir. Ürün ömürleri giderek kısalmasından dolayı, ürün geliştirme hızı şirketler için kritik başarı faktörü olmuştur. Yeni ürünlerin rakip firmalara oranla daha hızlı pazara girmesini sağlayan firmalar ilk hamle avantajını elde edebilirler. Firmaların bu süreci daha verimli yönetebilmeleri ve daha başarılı ürünler geliştirebilmeleri için bu sürecin açıkça tanımlanmış standart bir süreç olarak yönetilmesi gerekir. Özellikle bir çok küçük ve orta ölçekli firmalar, yeni ürün geliştirme süreçlerinde standart bir yaklaşıma sahip değildirler.

Andre Gorz'un iktisadi akılcılığı eleştirdiği kitabında belirttiği gibi, toplum ve pazar için üretim gerçekleştiği andan itibaren hesaplama başlar. Sayma ve hesaplama, bu sürecin en temel gerekliliğidir. Verimliliği arttıran teknik yenilikler karşısında, seçim şansı yoktur. Teknolojik gelişmeler üreticiler tarafından izlenmedikçe, hatta onun önüne geçilmedikçe, ürünlerin satışı üretici için yetersiz hale gelir ve "rekabet edebilir" olmaktan çıkarlar (Gorz, 1989). Dolayısıyla, rekabet açısından oldukça önemli olan yeni ürün geliştirme sürecinde de hem yenilikleri takip etmek hem de bu süreci hızlandırabilmek ve verimli şekilde sürdürmek oldukça önemlidir.

Küçük ve orta ölçekli işletmeler açısından bu süreci ele elırsak, yeni ürün geliştirme sürecinde yaşadıkları temel engeller; kısıtlı uzmanlık, finans ve yönetim kaynaklarına sahip olmaları, operasyonel faktörler, resmi tasarım süreci modellerinin olmayışı, ürün veritabanı eksikliği, ürün dökümantasyonu eksikliği, ürün yaşam döngüsü yönetimi eksikliği ve pazar gereksinimleri ve müşteri talepleri doğrultusunda artan ürün çoğalması/çeşitliliğidir (Singh & diğerleri., 2009).

Uzun vadeli bir ürün planlaması için, pazarın maliyet ve gelir gibi parametrelerinin yanısıra ürün geliştirme süresini ve bu süre zarfında ortaya çıkan maliyetlerin dağılımını da dikkate almak gerekir. Ayrıca, bir ürünün pazara sürülme zamanı ürün geliştirme süresi ile bağlantılı olarak belirlenebilir, çünkü ürünler genellikle

uzun araştırma ve geliştirme faaliyetleriyle birlikte üretim hazırlığının bir sonucudur. Bütünleşik ürün yaşam döngüsü kavramının dört temel döngüsü; Gözlem, Ürün Geliştirme, Pazar ve Tamamlayıcı Döngüdür. Ürün geliştirme döngüsü, yeni fikirlerin geliştirilmesi ve taranması, yeni konsept oluşturulup test edilmesi, pazarlama stratejilerinin oluşturulması, iş geliştirilmesi, ürün geliştirilmesi, pazarlama test uygulaması, ürünün ticarileştirilmesi ve pazar geliştirilmesi aşamaları ve üretim planları aşamalarından oluşur (Yüce, Hasipek & Telli, 2019).

Ayrıca, geleneksel (sıralı) ürün geliştirme yaklaşımının oluşturduğu ve süreçlerin birbiriyle bağımsız yürütülmesinin ortaya çıkardığı engeller sebebiyle hala birçok firma sıkıntı yaşamaktadır. Tasarım sürecinin uzaması, sipariş teslim süresinin uzaması, müşteri ihtiyaçları doğru analiz edilmediyse, düşük müşteri tatmini, kalite problemleri, lojistik problemer olmak üzere firmalar maddi ve itibar açısından kayıplara uğrayabilmektedir.

Yaşanan bu problemler sebebiyle, ürün ömrü boyunca ürünün tüm aşamalarını kapsayan süreçlerin henüz tasarım aşamasında etraflıca ele alınıp, eşzamanlı hale getirilmesi firmaları başarıya daha hızlı ulaştıracaktır. Karşılaşılan bu sıkıntılara çözüm olarak sunulan Eşzamanlı Mühendislik kavramı, firmalar için günümüzde yeterli olmamaktadır. Eşzamanlı mühendislik yalnızca ürün tasarımı ve üretim süreçlerinin eşzamanlı tasarlanmasını hedeflerken, daha çok firma içindeki süreçlerle sınırlı kalır. Oysa ki bir ürün fikir aşamasından, ürün ömrünün sonuna kadar, firma içi süreçlerin yanında tedarikçiler, müşteriler ve kullanıcılar gibi diğer paydaşlarla da etkileşim içerisinde olarak ömrünü sürdürür. Eşzamanlı mühendisliğe tedarik zinciri süreçleri de dahil edilerek, 3 Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik kavramı (Fine, 2000) ortaya çıkmıştır. Ancak bu konuda yapılan çalışmalar hala yetersizdir.

Üstelik firmaların ürünlerini müşterilerine ulaştırdıktan sonra da müşterilerine sağladıkları hizmetler, rekabet açısından oldukça önem taşımaktadır. Tasarım sürecinde dikkate alınmayan ‘servis’ konusu, bakımı ve onarımı zor ürünler üretilmesine sebep olabilir. Tüm bunlar da bakım/onarım maliyetlerinin artmasına sebep olabilir. Ayrıca servis hizmetlerinin kolay sağlanabilmesi için tasarım aşamasında servis gereksinimlerinin de ele alınması gerekir. Dolayısıyla, kısıtlı kaynaklarla faaliyetlerini

devam ettiren küçük ve orta ölçekli firmaların yaşadıkları bu problemleri minimize edecek bir yaklaşıma ve standart bir süreç tanımına ihtiyaç vardır.

1.2. Amaç

Tezin amacı, öncelikle yeni ürün geliştirme süreci ve bu süreçte faydalanılan teknikleri anlamak ve daha sonra, Eşzamanlı Mühendisliği farklı açılardan derinlemesine anlamaktır. Tüm bunlar çerçevesinde üretici firmaların ürün geliştirme sürecinde ürün, üretim süreci, tedarik zinciri ve servis süreçlerini paralel hale getirebilecek bir yol haritası oluşturmaktır.

Yalnızca ürün özelliklerine ve üretim süreçlerine odaklanmak yerine, üretim, dağıtım, lojistik, satış sonrası hizmetler ile ilgili tüm faaliyetleri de tasarım aşamasında değerlendirip, birbiriyle uyumlu hale getirecek bir yaklaşım geliştirmek hedeflenmiştir. Bu çalışmada, ürün, üretim süreci, tedarik zinciri ve servis süreçlerinin ürün tasarım aşamasında eşzamanlı olarak gerçekleştirilmesi, “Dört boyutlu eşzamanlı mühendislik modeli” olarak adlandırılmış ve ele alınmıştır.

BÖLÜM 2. YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİ

2.1. Yeni Ürün Geliştirme

Literatürde değişik şekillerde tanımlanan yeni ürün kavramı için genel fikir, yeni bir ürünün "yeniliği", perspektifine ve pazarda var olan ürünlerden ne kadar farklı olduğuna göre değiştiğidir. Farklı perspektifler şu şekildedir: (Murthy, Rausand & Østerås, 2008)

- Dünyaya yeni (İlk uçak, radyo, bilgisayar vb.)
- Sektörde yeni (Başka endüstrilerde uygulanmış bir ürünün, bir endüstride ilk uygulaması)
- İmalatçı firmaya yeni
- Piyasaya yeni
- Müşteri için yeni

Yeni ürünlerin farklı tipleri özelliklerine ve katkılarına göre aşağıda sınıflandırılmıştır: (Murthy, Rausand & Østerås, 2008)

1. Dünyaya yeni ürünler: Mevcut ürün kategorilerinde devrim yaratan veya tamamen yenilerini tanımlayan ürünlerdir. Bu yeni ürünler türünün ilk örneği olup, tamamen yeni bir pazar yaratırlar.

2. Yeni ürün grupları: Dünyaya yeni olmayıp, yeni bir kategoriye giren ürünlerdir. Bu yeni ürün kategorileri, daha önce üreticinin katılmadığı yeni piyasalara girme imkanı sağlar. Ürün pazarda mevcut olsa da, bir firma aynı ürünü ilk kez pazara sunarsa, yeni bir ürün olarak düşünülebilir.

3. Mevcut ürün gamına eklemeler: Bu kategoriler firmaya yeni ürünlerdir, ancak firmanın ürettiği mevcut bir ürün grubuna dahildirler. Temel ürün ele alınarak ve değiştirilerek, daha geniş bir pazar payı elde edilebilir.

4. Mevcut ürünlerin iyileştirmeleri ve revizyonları: Ürünü yeniden tasarlayarak, yeniden paketleyerek veya ek özellikler ekleyerek ortaya çıkarılan ürünlerdir.

5. Yeniden konumlandırma: Yeni bir kullanım veya yeni bir uygulama için hedeflenen ürünler. Mevcut bir ürün için yeni bir uygulama olan yeniden konumlandırma, yeni bir pazar yeri seçmek, yeni bir sorun çözmek ve başka bir pazar ihtiyacını karşılamaktır.

6. Maliyet azaltmaları: Mevcut ürünleri daha düşük maliyetle üretebilmek için tasarlanan ürünlerdir.

Tüm bu altı kategori için de yeni ürün geliştirme süreci, bir fikirle başlayan ve başarılı bir ürün, hizmet veya süreçle sonuçlanan birden fazla aşamadan oluşur. Kısa ürün ömrü döngüleri ve geniş bir ürün portföyü talebi nedeniyle şirketlerin başarıları için bu sürecin iyi yönetilmesi büyük önem taşımaktadır.

2.2. Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi

Ürün yaşam döngüsü, ürünün tasarımı ve piyasaya sürülmesinden piyasadan çıkarıldığı zamana kadar geçen süredir ve aşağıdaki beş aşamayı içerir:

1. Ürün geliştirme
2. Giriş aşaması (düşük satışlarla)
3. Büyüme aşaması (satışlarda hızlı artış ile)
4. Olgunlaşma evresi (sabit satışlarla)
5. Azalan evre (azalan satışlarla)

Araştırma geliştirme periyodundan sonra, yeni ürün pazara sürülür. Giriş aşamasında finansman için büyük bir ihtiyaç, düşük ama büyüyen bir satış hacmi ve ürünün farkındalığını artırmak için tanıtım açısından önemli şartlar bulunmaktadır.

Büyüme aşamasında ürüne talep artar ve satışlar ve rekabette de artış görülür. Bu aşamada ürün büyük miktarlarda satıldığından, ürün ölçek ekonomisine sahip olur, bu da üretim maliyetlerinde azalma ve kar marjının arttığı anlamına gelmektedir. Bu aşamada hedef müşteri sadakati oluşturmak ve yeni müşteriler kazanmaktır.

Olgunlaşma evresinde, satışlar istikrara ulaşır ve dengede kalır. Bu aşamada rekabet daha önemli hale gelir. Bu dönemde minimum birim maliyetler ve fiyat savaşları ortaya çıkar.

Son aşama olan azalma evresinde ise, ürün artık pazarda silinmeye başlar. Talep giderek düşer ve buna bağlı olarak aynı zamanda tedarik ve üretim de düşer. Bu aşamada pazar doyuma ulaşmıştır, müşteri zevkleri hızla değişmektedir ve son olarak pazarda yeni ürünler kendini gösterir.

Ürün yaşam döngüsü yönetimi ise, bir ürünün tüm ömür döngüsünü tasarımından, üretime, hizmete ve elden çıkarmaya kadar olan sürecin yönetimidir. Ürün ömrü yönetimi, insanları, verileri, prosesleri ve iş sistemlerini bütünleştirir ve şirketler ve genişleyen kuruluşları için bir ürün bilgi omurgası sağlar.

Ürün yaşam döngüsü yönetimi, bir şirketin ürünlerini ilk fikirden piyasadan çekilinceye ve atılıncaya kadar en verimli şekilde yönetmenin iş faaliyetidir. Hem bireysel ürünleri hem de bir şirketin tüm ürünlerinin koleksiyonunu sunan ürün portföyünü yönetir. Ürün yaşam döngüsü yönetiminin amacı, ürün gelirlerini artırmak, ürünle ilgili maliyetleri azaltmak, ürün portföyünün değerini en üst düzeye çıkarmak ve hem müşteriler hem de hissedarlar için mevcut ve gelecek ürünlerin değerini maksimize etmektir (Stark, 2016).

Ürün yaşam döngüsü yönetiminin faydaları arasında, piyasaya sürüm süresinin azalması, geliştirilmiş ürün kalitesi, prototipleme maliyetlerinin düşürülmesi, orijinal verilerin tekrar kullanılması yoluyla tasarruf, ürün optimizasyonu için bir çerçeve, atıkların azaltılması, mühendislik iş akışlarının tümüyle entegrasyonu yoluyla tasarruflar sayılabilir (Tomar, 2009).

Ürün yaşam döngüsü yönetiminin 5 temel alanı vardır: (Tomar, 2009)

1. Sistem mühendisliği: Müşteri ihtiyaçlarını karşılamak ve tüm ilgili disiplinleri dahil ederek sistem tasarım sürecini koordine etmek için tüm gereksinimleri karşılamaya odaklanmıştır.

2. Ürün ve portföy yönetimi: Ürün ve portföy yönetimi, süreç içinde olan yeni ürün geliştirme projelerinde, kaynak tahsisinin yönetimi, ilerlemenin ve proje planlarının izlenmesine odaklanır.

3. Ürün tasarımı: Ürün tasarımı genellikle piyasa ve teknolojik araştırma, konsept tasarımı, prototip geliştirme, son ürün geliştirme ve testi ile üretim sonrası iyileştirmeyi içeren çok disiplinli bir süreçtir.

4. Üretim süreci yönetimi: Üretim Süreci Yönetimi, bilgi kalitesini artırmak ve piyasaya sürme süresini azaltmak için, ürün tasarımını üretimle birbirine bağlama arayışında büyük bir adım teşkil etmektedir.

5. Ürün veri yönetimi: Ürün veri yönetimi, geliştirme ve faydalı ömrü boyunca ürün ve/veya hizmetler ile ilgili bilgileri yakalamaya ve sürdürmeye odaklanır.

2.3. Yeni Ürün Geliştirme Süreci

Yeni ürün geliştirme farklı şekillerde tanımlanmıştır. Ulrich ve Eppinger (2004: 2), yeni ürün geliştirmeyi "bir pazar fırsatının algılanmasıyla başlayan ve bir ürünün üretimi, satışı ve teslimatı ile sonuçlanan faaliyetler grubu" olarak tanımlamıştır. Wheelwright ve Clark (1992: Bölüm 1), bu daha geniş bağlamı ele alan yeni ürün geliştirmeyi, bir organizasyonun başarılı ürünleri kısa sürede geliştirme ve düşük geliştirme maliyetleri ile pazara sunmasını sağlayan etkin organizasyon ve yönetim (faaliyetlerin yönetimi) olarak tanımlamıştır (Murthy, Rausand & Østerås, 2008).

Yeni ürün geliştirme, orijinal ürünlerin, ürün geliştirmelerinin, ürün modifikasyonlarının ve yeni markaların firmaların kendi araştırma ve geliştirme çabalarıyla geliştirilmesidir (Kotler & Armstrong, 2010). Özetle, yeni ürün geliştirme, rekabet avantajı sağlamak için bir şirketin güçlü yönlerini ve pazardaki değişiklikleri kullanan esnek bir araçtır ve bu nedenle ticari ilerleme mekanizmasında önemli bir araçtır (Goulding, 1983).

Rekabet yerellikten globalliğe doğru kaydığı için, ürün geliştirmedeki en iyi uygulama, yerel, çapraz işlevsel işbirliğinden küresel işbirliği moduna hızla geçmektedir. Bu nedenle, global ürün geliştirme iş için büyük bir dönüşümü temsil eder ve geniş bir

endüstride geçerlidir. Ürün geliştirmedeki ortaya çıkan en iyi uygulama, tam dijital bir ürün geliştirme sistemi tarafından kolaylaştırılan yüksek oranda dağıtılmış, ağa bağlı bir geliştirme sürecini kullanmaktadır. Global ürün geliştirmenin faydaları arasında daha fazla mühendislik verimliliği, uluslararası alanda dağıtılan teknik uzmanlığa erişim, daha global pazarlar için ürün tasarımı ve daha esnek ürün geliştirme kaynak tahsisi bulunmaktadır (Eppinger & Chitkara, 2007).

Şirketler bugün dört nedenden dolayı, global ürün geliştirme yeteneklerini inşa etmektedirler: (Eppinger & Chitkara, 2007)

Daha düşük maliyet: Birçok şirket daha uygun fiyatlara erişebilmek için faaliyetlerini yeniden dağıtarak ürün geliştirme maliyetlerini düşürmeye çalışmaktadır.

Geliştirilmiş süreç: Ürün geliştirme ekiplerini, özellikle tasarım mühendisleri ile imalat mühendisleri, birlikte konumlandırmak, üretim için tasarımın hem maliyet avantajını hem de piyasaya sürülmenin çeviklik avantajını sağlar.

Küresel büyüme: Bazı ürün geliştirme aktivitelerini seçilmiş uluslararası lokasyonlara yerleştirmek, firmalar için o bölgedeki pazara ait kritik bilgilere ulaşma avantajı sağlar.

Teknoloji erişimi: Şirketler kritik yeni teknolojilerin geliştirildiği ve teknik uzmanların bulunduğu bölgelerde entegre ürün geliştirme süreçleri geliştirmek için küresel ürün geliştirme kullanmaktadır.

Yeni ürün geliştirmede de, bir üretim akışına benzer olarak; belirli görevler ve akışlar, darboğazlar, kaynak kısıtlamaları, zamanlama ve öncelik konuları, kalite ve yeniden işleme sorunları, ölçülebilir ve gizli maliyetler, döngü süreleri, performans ölçütleri ve diğer benzer faktörler vardır. En büyük fark, ekipmanın yerini, yetenekli mühendislik ve teknik insanlar alıyor olmasıdır.

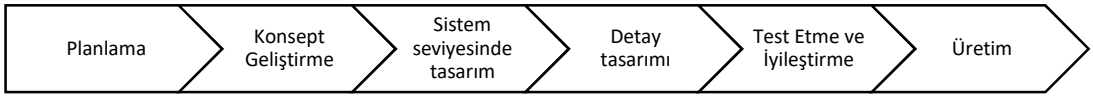
Bir ürün geliştirme süreci, yeni bir ürün geliştirildiğinde veya varolan bir ürünün değiştirildiği zaman uygulanan bir dizi aşamadır. Mühendislik tasarımı, ürün geliştirme sürecinin bir yönüdür; diğer bazı yönleri imalat, işletme, yönetim, araştırma ve geliştirme, kalite güvencesi ve yeniliktir.

Product Development & Management Association, yeni ürün geliştirmeyi aşağıdaki şekilde tanımlamaktadır:

"Bir şirketin gelişmemiş haldeki fikirleri satılabilir ürünlere veya hizmetlere tekrar tekrar dönüştüren araçları açıklayan disiplinli ve tanımlanmış bir dizi görev ve adım" (Murthy, Rausand & Østerås, 2008).

Yeni ürün geliştirmenin başarısı, güçlü stratejilerin oluşturulması ve uygulanmasına bağlıdır. Wheelwright ve Clark' a (1992) göre, küresel ve dinamik rekabette başarılı olan şirketler, pazara yeni ve müşterinin beklentilerini karşılayan ürünleri hızlıca getirebilen şirketlerdir. Hedefler ve performans kriterleri olmaksızın böyle bir süreç mümkün değildir (Murthy, Rausand & Østerås, 2008).

Cooper' a göre yeni ürün geliştirme süreci, yeni bir ürün projesini fikir aşamasından pazara sunma ve ötesine taşımak için resmi bir plan, yol haritası, şablon veya düşünce sürecidir. Cooper' ın Aşama-Geçit modelinde süreç, etkinliği ve verimliliği artırmak için ürün yenilik sürecini yönetmek üzere tasarlanmıştır. Süreç, önceden belirlenmiş bir dizi aşamaya ayrılır; her aşama, ön tanımlı, çapraz işlevli ve paralel etkinliklerden oluşur. Faaliyetlerin gerçekleştirildiği aşamalardır ve kararların alınması, öldürülmesi, tutulması veya geri dönüştürülmesi için sonuçları incelenen geçitlerdir (Cooper, 1994).



Şekil 2.1. Yeni Ürün Geliştirme Süreci (Ulrich & Eppinger, 2011)

Tipik olarak Yeni Ürün Geliştirme süreci ardışık bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Ulrich ve Eppinger (2003), ürün geliştirme sürecini, pazar fırsatları algısı ile başlayıp üretim, satış ve ürün teslimiyle biten bir dizi faaliyet olarak tanımlarlar (Loch & Kavadias, 2008). Planlama, konsept geliştirme, sistem seviyesinde tasarım, detay tasarımı, test etme ve üretim aşamalarını içeren altı aşamadan oluşan bir süreçtir:

Planlama: Bu aşama kurumsal strateji ile başlar ve teknoloji gelişmelerinin ve piyasa hedeflerinin değerlendirilmesini içerir. Planlama aşamasının çıktısı, ürünün hedef

pazarını, iş hedeflerini, temel varsayımları ve kısıtlamaları belirleyen proje misyon ifadesidir.

Konsept Geliştirme Aşaması: Bu aşamada hedef pazarın ihtiyaçları belirlenir, alternatif ürün kavramları üretilir ve değerlendirilir ve bir veya daha fazla kavram daha fazla geliştirme ve test için seçilir.

Sistem Seviyesinde Tasarım: Ürün mimarisinin tanımını ve ürünün alt sistemlere ve bileşenlere ayrışmasını içeren aşamadır. Bu aşamanın çıktısı, ürünün geometrik düzenini, ürünün alt sistemlerinin her birinin işlevsel spesifikasyonunu ve son montaj için bir ön işlem akış diyagramını içerir.

Detay Tasarımı: Bu aşamada pazarlama planı belirlenir. Ürünün tüm parçlarının geometrisi, malzeme ve toleranslarının spesifikasyonunu ve tedarikçilerden satın alınacak tüm standart parçaların tanımlamasını içerir. Her bir parça için çizimler ve teknik dökümanlar bu aşamanın çıktısıdır.

Test Etme ve İyileştirme: Bu safha ürünün üretim öncesi sürümünün yapılması ve değerlendirilmesini içerir. Başlangıç prototipi (alfa) ürünün üretim versiyonu ile aynı geometri ve malzeme özelliklerine sahip ancak üretimde kullanılacak gerçek proseslerle üretilmemiş olan parçalardan oluşur. Alfa prototipi ürünün tasarlandığı gibi çalışıp çalışmayacağı, ürünün kilit müşteri ihtiyaçlarını karşılayıp karşılamadığını belirlemek için kullanılır. Sonraki prototipler (beta) tasarlanan üretim prosesleriyle üretilir. Kapsamlı bir şekilde değerlendirilir ve genellikle müşteriler tarafından kendi kullanım ortamlarında test edilir.

Üretim: Üretim aşamasında, ürün tasarlanan üretim sistemini kullanarak üretilir. Amaç, iş gücünü eğitmek ve üretim süreçlerinde kalan sorunları çözmektir. Bu aşamada ürünler bazen müşterilere tedarik edilir ve kalan kusurları belirlemek için dikkatle değerlendirilir.

Product Develeopment and Design kitabında ele alınan şekliyle ürün geliştirme süreci: (Rufe, 2013)

Aşama 0: Problem ve İhtiyacın belirlenmesi

Aşama 1: Teklif oluşturulması

Aşama 2: Konsept Geliştirme

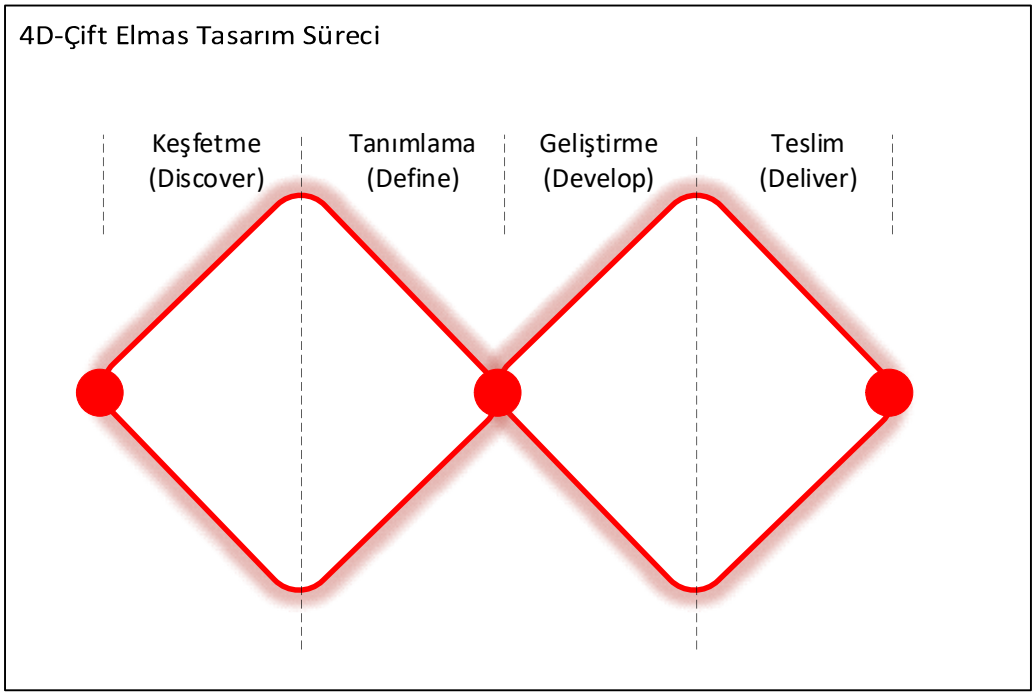
Aşama 3: Tasarım ve Mühendislik

Aşama 4: Prototip ve Test

Aşama 5: Ürün lansmanı

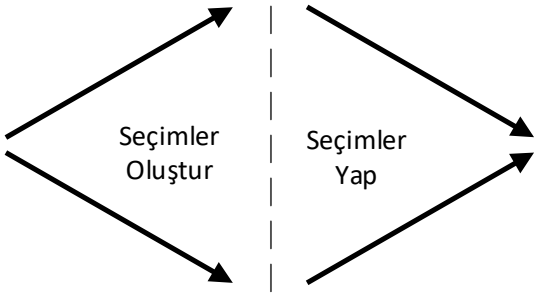
Birçok yeni ve başarılı ürün, bir soruna hitap ederek veya piyasadaki bir ihtiyacı doldurmakla başlar. Aşama 0, bunların belirlenmesidir. Birinci aşamada ise, problem veya ihtiyaçlar tespit edildikten sonra, ürün veya hizmet için teklif oluşturmak vardır. Teklif oluşturma aşamasında; bir ürün açıklaması, anahtar iş hedefleri, birincil ve ikincil piyasa tanımlaması, varsayımlar, paydaşlar ve kısıtlamaları içeren bir görev beyanı oluşturulması, hedef müşteri/pazarı belirtilmesi, bir iş planı geliştirilmesi, işçilik hedeflerinin belirlenmesi, ilk ürün sunumlarının oluşturulması, imalat gereksinimlerinin tanımlanması gibi adımlar bulunur. İkinci aşama olan konsept geliştirmede, rekabetçi ürünleri tanımlamak, patentleri aramak, konsept fizibilitesini incelemek ve iki boyutlu ve üç boyutlu görüntüler oluşturmak gerekir. Bu aşamada bir veya birden fazla konsept seçilerek ilerlenebilir.

Konsept belirlendikten sonraki tasarım ve mühendislik aşaması, daha sonra detaylı ele alınacak olan Eşzamanlı Mühendislik faaliyetidir. Pazarlama, kalite, tasarım ve imalat gibi alanlarda faaliyetler içerir. Bu aşamada, pazarlama planı, tasarımın boyutları malzemeleri belirlenmiş olarak ürünün CAD modeli oluşturulması, tedarikçilerden teklif alınması, üretim ekibinin tasarlanması gibi adımlar gerçekleştirilir. Dördüncü aşamada, prototipler, ürünün çeşitli yönlerini kuruluş içindeki ve dışındaki çeşitli kişilere iletmek için kullanılır. Test, ürünün imalatı için kullanılacak tasarımı ve süreci doğrulamak için gerçekleştirilir. Yeni ürün geliştirme sürecinin son aşaması ürün lansmanıdır. Dikkatli bir planlama ve hazırlık yaptıktan sonra, üretimi gerçekleştirilen ürün pazara sunulur.



Şekil 2.2. Tasarım Konseyi Çift Elmas Modeli (Design Council, 2007)

İngiltere Tasarım Konseyi tarafından geliştirilen çift elmas modeli, keşfetme, tanımlama, geliştirme ve teslim olmak üzere dört aşamaya ayrılmıştır. Bu modele göre, ilk elmas problemi tanımlamak için, ikinci elmas da çözüm oluşturmak içindir. Elmasın ilk yarısı farklı düşüncelerin geliştirildiği, her şeyin düşünüldüğü seçimleri oluşturma aşamasıdır, ikinci yarısı fikirlerin daraltıldığı, temel problem ve çözüme odaklanıldığı seçim yapma aşamasıdır.



Şekil 2.3. Elmas Modelinin Çeyrekleri

İlk çeyrek projenin başlangıcıdır ve burada kullanıcı ihtiyaçları belirlenir. Pazar araştırması, kullanıcı araştırması ve müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesi bu aşamada

gerçekleştirilir. Proje ekibi bakış açılarını oldukça geniş tutar ve buna "farklı düşünce aşaması" da denilebilir. (Design Council, 2007)

İkinci çeyrek, tasarımcıların keşif aşamasında tanımlanan tüm olasılıkları anlamaya çalıştıkları tanım aşamasını temsil eder. Amaç, keşif aşamasında ortaya çıkan fikirlerin gözden geçirilmesi ve seçilmesiyle olasılıkların daraltılmasıdır.

Geliştirme aşaması, çözümlerin ve kavramların yaratıldığı, test edilip, tekrarlandığı bir gelişim sürecidir. Bu aşamanın sonunda ürün, üretilmeye ve teslim edilmeye hazır hale gelecektir.

Teslim aşaması, nihai konseptin son testlerden geçtiği, üretildiği ve piyasaya sürüldüğü yerdir. Keşif aşamasında tespit edilen sorunu çözen bir ürün veya hizmetle sonuçlanacaktır.

2.4. Ürün Yaşam Döngüsü Evreleri

Fikir Geliştirme: Fikrin ilk aşaması, müşteri, şirket, pazar ve düzenleyici kurumların bakış açılarına dayalı gereksinimlerinin tanımlanmasıdır. Gereksinimlere paralel olarak, başlangıçtaki konsept tasarım çalışmaları, ürünün görsel estetiğini ana işlevsel yönleriyle tanımlayarak gerçekleştirilir. Endüstriyel tasarımda kalem ve kağıttan, kil modellerinden 3D bilgisayar destekli endüstriyel tasarım yazılımına kadar pek çok farklı medyada çalışılmaktadır.

Tasarım: Bu süreç, ürünün detaylı tasarım ve geliştirilmesinin başlangıcından başlayarak prototip testlerine geçişi, pilot sürümden tam ürün lansmanına kadar sürüyor. Tasarım ve geliştirme için kullanılan temel araç CAD bilgisayar destekli tasarımdır. Bu süreçte gerçek geometri yaratımı ile birlikte bileşenlerin ve ürün montajlarının analizi de vardır.

Gerçekleştirme: Ürün bileşenlerinin tasarımı tamamlandıktan sonra imalat yöntemi tanımlanır. Aynı zamanda döküm, kalıplama ve kalıp pres şekillendirme gibi işlemler için proses simülasyonu için analiz araçlarını da içerir. Mühendislik görevlerine paralel olarak ürün satış yapılandırması ve pazarlama dokümantasyonu çalışmaları gerçekleşir.

Hizmet: Yaşam döngüsünün son aşaması hizmet içi bilgilerin yönetilmesini içerir. Onarım ve bakım için destek bilgileri ve atık yönetimi / geri dönüşüm bilgileri ile müşterilere ve servis mühendislerine bilgi sağlamayı içerir.

2.5. Yeni Ürün Geliştirme Araçları ve Teknikleri

Bir ürünün başarısının veya başarısızlığının faktörleri arasında, tasarım sürecinin ilk sıralarda yer aldığını anlamak kolaydır. Tasarım sürecinin başarısı, ürünün başarısı için gerekli bir şarttır. Ürün başarılı değilse bunun nedeni, ihtiyaçları yeterince karşılamadığı veya kötü tasarlanmış olmasıdır. Konsept dinamiktir ve bir tasarımın piyasada kalması, ihtiyaçları karşılama süresi tasarım sürecinin ne kadar iyi olduğunun bir ölçüsüdür (Benavides, 2012).

Ürün tasarımı, müşteri gereksinimlerini doğru bir şekilde anladıktan sonra ele alınmalıdır. Çünkü müşteri beklentileri oldukça çeşitli ve karmaşıktır. Ürün tasarım araçları da bu doğrultuda müşterinin sesini ve beklentilerini belirlemeye yarayan araçlar ele alınarak başlanacaktır.

2.5.1. Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY)

KFY ya da bir diğer bilinen adıyla Kalite evi, müşteri gereksinimlerini ve isteklerini operasyonel gerekliliklere sistematik bir şekilde çevirmek ve müşterinin sesini anlaşılabilir bir şekilde örgüt içerisine iletmek için kullanılan bir ilişki matrisidir. Kalite evi, müşterilerin sesini, müşteri memnuniyetini etkileyebilecek ürün veya hizmet özelliklerine dönüştürür.

Japonların üretimde kaliteyi iyileştirmek için geliştirdikleri bir çok teknikten biri olan Kalite Fonksiyon Yayılımı, ürün tasarımının erken aşamalarında değerlendirilerek, ürünün tüm yaşam döngüsü süresince kalitenin yeniden değerlendirilmesini sağlar. KFY formatı kullanıcı dostu bir formattadır ve böylece her düzeyde insan tarafından kolayca anlaşılabilir (Bahill & Chapman, 1993).

Bu metodoloji, müşterinin görüşlerini, gelişiminin her adımında ürünün özelliklerine dönüştürmek için bir araçtır. Müşterinin istek ve beklentilerini ürüne yansıtabilmek amacıyla tasarım aşamasında, ürünün teknik özelliklerinin, süreç özelliklerinin ve üretim aşamasındaki gereksinimlerin önceden planlanması amacıyla

geliştirilen bir sistematiktir. KFY' yi gerçekleştirmek için, pazarlama, araştırma ve geliştirme, proses planlaması, kalite güvencesi ve imalatın bir araya getirildiği disiplinlerarası ekipler oluşturulur (Kitsios, 2000).

Müşteri beklentileri iki şekilde belirlenebilir; pazarları analiz ederek ve sosyal eğilimleri gözlemleyerek ya da müşteri ve tedarikçilerle olan temaslardan. Müşteri irtibat seviyesinde, müşterilerin mevcut ürünleri kendilerinin beklentilerini nasıl karşıladıklarını analiz etme ve müşterilerin gelecekte ne istediğini ve ihtiyaç duyduklarını öngörüleri ele alınabilir. Müşteri beklentileri, müşteri tarafından istenen ürün veya hizmet türünü zaten sağlayan tedarikçiler olup olmadığı veya bilinen tedarikçilerin ihtiyaç duyduğu ürünü veya hizmeti geliştirebilecek bir olasılığı olup olmadığına bağlı olarak değişir. Piyasaya yeni bir ürün veya hizmet sunan organizasyonlar başlangıçta bir müşterinin beklentilerine cevap vermez, teklifleri için bir talep oluşturma konusunda uğraş gösterirler.

Müşteriyi hayal kırıklığına uğratmanın ihtimalleri nelerdir? Müşterilerin beklentileri, öncelikleri ve ihtiyaçları tedarikçinin önceliklerine ve ihtiyaçlarına nasıl uygun olacak? Bu verilerin bilgilere dönüştürülmesinin bir yolu, kalite fonksiyon yayılımı matrisini kullanarak bu cevapları ve tedarikçinin organizasyonu üzerindeki etkisini belgelemek ve değerlendirmektir (Westscott, 2014).

KFY, ürünü tasarlarken ve geliştirirken müşterilere tam olarak ve sadece istediklerinin verildiğinden emin olunmasını sağlayan resmi bir metodolojidir. Onların değer vermeyecekleri ve ödemek istemediği şeyleri onlara vererek boşa harcanmasını önlemek için resmi bir süreçtir. Temel amaç müşteriye en iyi değeri vermektir. Müşterinin talep ettiği ürün performansının ve özelliklerinin şeffaf ve açık bir şekilde şirketin tüm alanlarına iletilmesini sağlar. KFY süreci, müşterinin istediğini analiz ederek başlar ve ürün performansından sorumlu özellikler ile karşılaştırır.

Bu çok disiplinli yaklaşım, müşterinin sesini dinleme, yatay ve dikey iletişimin iyileştirilmesi, ürün geliştirme için önceliklerin belirlenmesi, ürün güvenilirliğini arttırma, teknik amaçları tanımlama, bireysel hedefleri sıralamak, maliyet azaltma alanlarını tanımlama gibi konularda fayda sağlar. Kalite fonksiyon yayılımının 4 aşaması vardır:

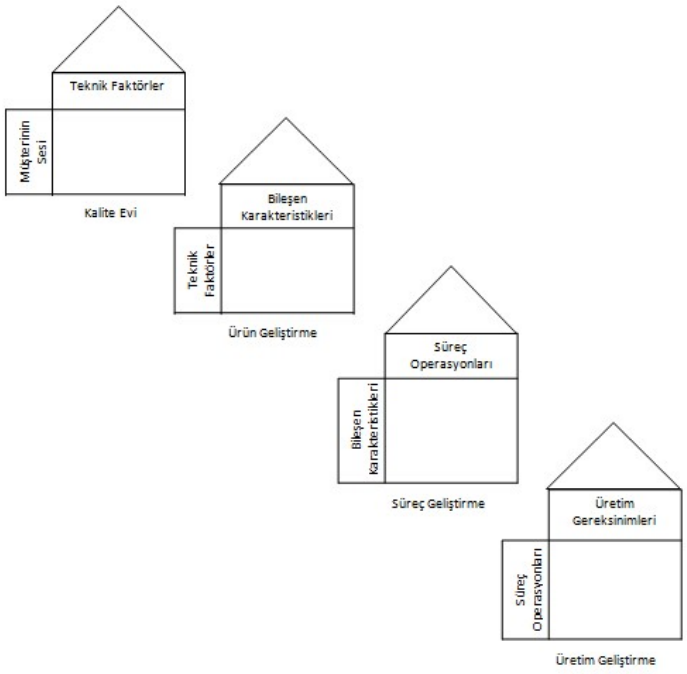
1. Ürün planlama: Bu aşamada kalite evi inşa edilir. Aşama 1, müşteri gereksinimlerini, garanti verilerini, rekabetçi fırsatları, ürün ölçümlerini, rakip ürün ölçümlerini ve kuruluşun her müşterinin gereksinimlerini karşılama teknik yeteneğini belgelemektedir. Bu aşamada müşteriden iyi bilgi almak, tüm KFY sürecinin başarısı için kritik önem taşır.

2. Ürün Geliştirme: Ürün geliştirme, yaratıcılık ve yenilikçi ekip fikirleri gerektirir. Ürün kavramları bu aşamada oluşturulur ve parça spesifikasyonları belgelenir. Tasarım, müşteri istek ve beklentilerinin "ne" sorusuna cevap olacak şekilde gruplandırıldığı ve müşteri istek ve beklentilerini karşılayabilecek teknik gereksinmelerinin "nasıl" sorusuna cevap olabilecek şekilde belirlendiği aşamadır. Müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için en önemli olduğu belirlenen parçalar daha sonra süreç planlamasına dağıtılır.

3. Süreç Geliştirme: Süreç geliştirme aşamasında imalat prosesleri akış çizelgesi ve süreç parametreleri (veya hedef değerler) belgelendirilir. Süreç planlamada anahtar üretim süreçleri belirlenir ve ürünün geçeceği süreçler planlanır. Bir anlamda sürecin akışı çıkartılır.

4. Üretim Geliştirme: Üretim geliştirmede, operatörler için üretim sürecini, bakım çizelgelerini ve beceri eğitimini izlemek için performans göstergeleri oluşturulur. Üretim sürecinde yapılması gereken adımlar belirlenir.

Müşteri istek ve ihtiyaçlarının bir ürüne dönüşümü KFY' nin şelale modeli ile gerçekleştirilir. İlk kalite evinde tanımlanan teknik faktörler, daha sonra yeni bir kalite evinin sol tarafına aktarılır ve gerekli bileşen özellikleri, teknik faktörlerin önceden listelendiği yerde listelenir. Daha sonra yeni KFY tamamlanmış olur ve Şekil 2.4' de gösterildiği gibi proses operasyonlarının değerlendirilmesi için üçüncü bir kalite evi oluşturulur. Son olarak üretim gereksinimlerini belirlemek için son kalite evi oluşturulur, bunlar üretim sürecinde yapılması gereken asıl adımlardır (Barsalou, 2015).



Şekil 2.4. KFY Şelale Modeli. Kaynak: (Barsalou, 2015)

KFY'nin en çok bilenen hali "Kalite Evi" matrisidir. Kalite Evi, farklı disiplinlerden uzmanların çalışmaya katılarak müşteri istek ve ihtiyaçlarını mühendislik amaçlarına dönüştürmesiyle gerçekleştirilir. Kalite Evinin genel yapısı KFY projesi sürecinde tamamlanan 6 ana parçadan oluşur. Bu aşamalar şunlardır: (Şaştım & diğerleri., 2006)

1. Müşteri İstekleri Kısmının Oluşturulması

2. Planlama Matrisinin Oluşturulması ve Analizi

3. Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesi ve Analizi

4. İlişki Matrisinin Oluşturulması ve Analizi

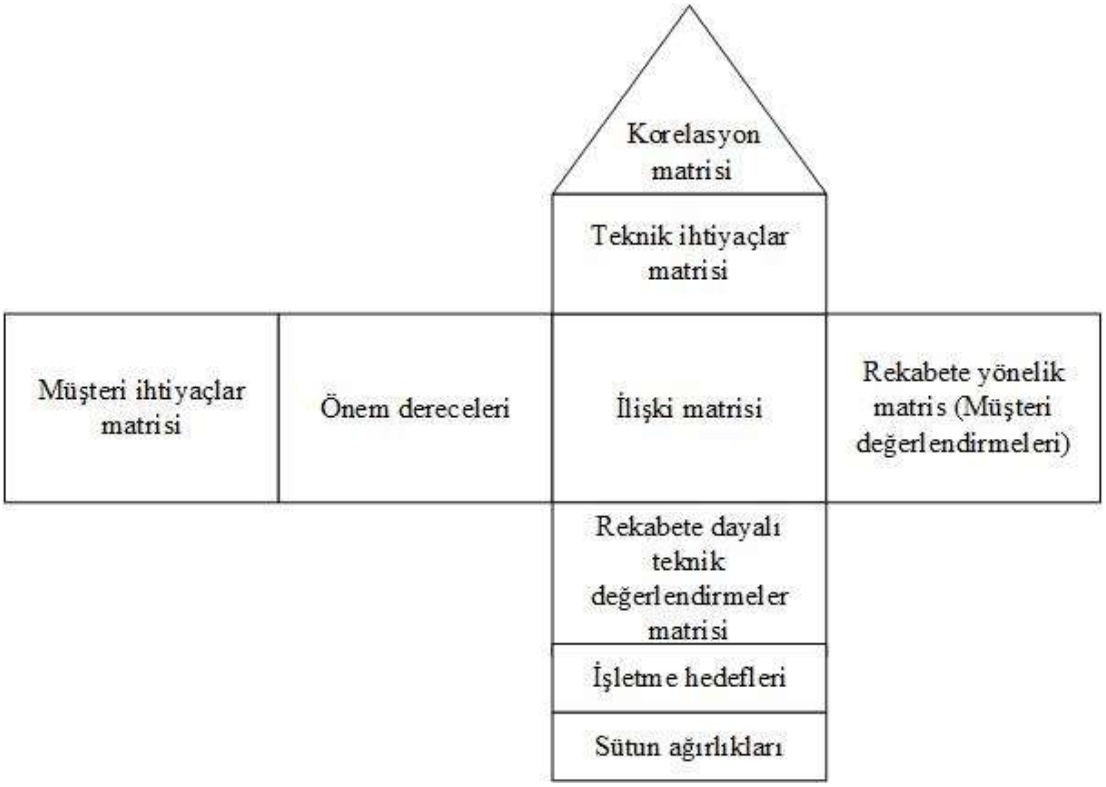
5. Teknik Korelasyonların Belirlenmesi ve Analizi

6. Teknik Kıyaslamaların Yapılması ve Hedeflerin Belirlenmesi

7. Sonuçlara Dayalı Olarak Geliştirme Projesinin Planlanması

Kısacası, kalite evi müşteri gereksinimlerinin ve ortaya çıkan üretim adımlarının birbirleriyle olan ilişkilerine göre sıralandığı ve önceliklendirildiği ayrıntılı bir matristir. Kalite evinde şu sorular yer alıyor: (Kathawala & Motwani, 1994)

- Müşteriler ne istiyor?
- Tüm tercihler eşit derecede önemlidir mi?
- Algılanan ihtiyaçları karşılamak bir rekabet avantajı sağlayacak mı?
- Ürün nasıl değiştirilebilir?
- Mühendisler, algılanan kaliteyi ne kadar etkilemektedir? Ve
- Bir mühendislik değişikliği diğer özellikleri nasıl etkiler?



Şekil. 2.5. KFY matrisinin temel unsurları. Kaynak: (Savaş & Ay, 2005)

1. Müşteri ihtiyaçlar matrisi: KFY çalışmasında müşteri ihtiyaç ve gereksinimleri temel veridir. Bu verileri toplamak için sistemli bir müşteri iletişim

çalışması gerekmektedir. Çalışma sonucunda elde edilecek bilgiler "müşterinin sesi" olarak adlandırılır. Müşterinin sesini duymak için, anket çalışmaları, odak gruplar, müşteri panelleri, deneme süreçleri, görüşmeler, müşteri ziyaretleri, fuar ve ticari gösteriler gibi çeşitli yöntemler kullanılabilir. Buradan elde edilen müşteri isteklerinin, kalite evi matrisinin müşteri ihtiyaçları bölümüne yazılması gerekir. Daha sonra yine müşteriden alınan bilgilerle, her birine bir önem derecesi belirlenir (Savaş & Ay, 2005).

2. Teknik ihtiyaçlar matrisi: Teknik ihtiyaçların belirlenmesi, müşteri isteklerinin tasarım, işletme ve üretimde kullanabilmek için mühendislik diline çevrilerek gerçekleştirilmesidir. Müşterinin neyi istediğini ve bu istekler için ne yapılması gerektiği belirlenmektedir. Buna ek olarak, yönetim tarafından belirlenen düzenleyici standartlar ve gereklilikler tanımlanmalıdır. Tüm gereksinimler belirlendikten sonra, gerekli gereksinimleri karşılamak için ürün tasarımına yapılması gereken şeyleri cevaplamak önemlidir.

3. İlişki matrisi: Bu aşamada her bir müşteri gereksinimi ile her bir teknik gereksinim arasındaki ilişki derecesi puanlamayla belirlenir. Zayıf, orta ve güçlü ilişki olduğunu ifade eden puanlama sistemi kullanılır.

4. Korelasyon matrisi: Teknik gereksinimlerin kendi aralarındaki ilişkilerini göstermek için kullanılan kalite evinin çatısıdır. Çatı matrisi, birbirini olumlu ya da olumsuz etkileyen teknik özelliklerin görülmesini sağlamakta ve aralarında güçlü ilişkiler olan teknik özelliklerin geliştirilmesi konusunda firmaya yardımcı olmaktadır (Kurt & Yenilmez, 2017).

5. Rekabet matrisleri: İşletmenin kendi ürünü ile rakiplerinin ürünleri arasında kıyaslama yapabilmesini sağlar. Firmanın kendi ürününün piyasadaki yerini görebilmesi açısından büyük önem taşır. Ekibin rakiplerine kıyasla müşterinin gereksinimlerini ne kadar iyi karşıladığını karşılaştırmaktır. Rekabet matrisi, takımın ve rakiplerinin yerine getirmeye çalıştığı her gereksinimin ağırlıklı önemini gösterir.

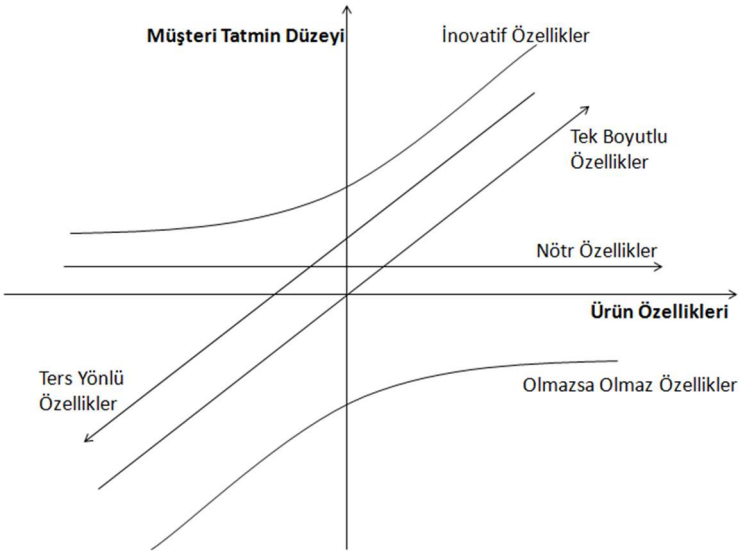
6. İşletme hedefleri: Matrisin son çıktısı, yeni tasarımın karşılayacağı her teknik gereksinim için bir dizi hedef değerdir.

2.5.2. Kano Modeli

Kano' nun yöntemi, müşteri gereksinimlerinin özelliklerini araştırmanın iyi bir yoludur. Kalite özelliklerinin rolünü anlamak için Kano ve arkadaşları, müşterilerin belirli kalite nitelikleri ve yeterlilik derecelerine olan memnuniyetlerine dayanarak, kalite kalıplarını değerlendiren bir model sunmuşlardır. Kano diyagramında (bkz. Şekil 2.6) yatay eksende belirli bir kalite özniteliğinin fiziksel yeterliliği gösterilir ve dikey eksen belirli bir kalite özniteliğinden memnuniyet gösterir.

Kano modeli, müşterinin memnuniyetini nasıl etkilediğine göre müşteri ihtiyaçlarını sınıflandırmak ve önceliklendirmek için kullanılan bir araçtır. Ürün performansı ile müşteri memnuniyeti arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi yakalar. Kano' nun yöntemini kullanarak, zorlu müşteri gereksinimleri, birkaç gruba ayrılarak ve her bir gereksinimi grafikte belirterek netleştirilebilir. Kano'nun yönteminin temelini oluşturan varsayım, müşteri memnuniyetinin her zaman ürünün işlevselliği ile orantılı olmadığı, başka bir deyişle yüksek kalitenin her ürün nitelikleri veya hizmet gereksinimleri için yüksek memnuniyete yol açmadığıdır (Bilgili, Erci & Ünal, 2011).

Kano diyagramında farklı şekilde sınıflandırılan ürün özellikleriyle müşteri tatmin düzeyi arasındaki ilişki gösterilir. Ve bu özellikleri kategorize edebilmek için Kano anketinden faydalınılır.



Şekil 2.6. Kano Diyagramı (Gailevičiūtė, 2011)

Kano modeli, müşteri memnuniyetini farklı şekillerde etkileyen beş ürün gereksinimi arasında ayrım yapmaktadır: (Madzík & diğerleri., 2019)

Olmazsa olmaz özellikler: Bu gereksinimler karşılanmazsa, müşteri aşırı memnuniyetsizlik kazanacaktır. Öte yandan, bu gerekliliklerin yerine getirilmesi müşteri memnuniyetini arttırmaz. Olması gereken şartlar, bir ürünün temel kriterleridir. Müşteri, olması gereken şartları önkoşul olarak görür, bunları kabul eder ve bu nedenle açıkça talep etmez. Gerekli şartlar her durumda belirleyici bir rekabet faktörüdür ve yerine getirilmezse müşteri ürünle hiç ilgilenmeyecektir.

Tek boyutlu özellikler: Bu gereksinimler ile ilgili olarak, müşteri memnuniyeti gerçekleştirilme seviyesi ile orantılıdır. Gerçekleştirme düzeyi ne kadar yüksek olursa, müşteri memnuniyeti o kadar yüksek olur ya da tersi olur. Tek boyutlu gereklilikler genellikle müşteriden açıkça talep edilir.

Çekici özellikler: Bu gereksinimler, bir müşterinin belirli bir ürünle ne kadar memnun kalacağı konusunda en büyük etkiye sahip olan ölçüttür. Cazip şartlar ne açıkça ifade edilmediği gibi müşteri tarafından da beklenmemektedir. Bu gereksinimlerin yerine getirilmesi oransal memnuniyetin ötesine geçmektedir. Ancak karşılanmazlarsa memnuniyetsizlik hissi yoktur.

Ters yönlü özellikler: Bu özellikler gerçekleştirildiğinde müşteri memnuniyetsizliğiyle sonuçlanır ve eğer bunlar karşılanmazsa memnuniyet artar.

Nötr özellikler: Bu kategorideki özellikler, müşteri memnuniyetine veya memnuniyetsizliğine herhangi bir katkıda bulunmaz.

Şüpheli özellikler: Müşterinin anlayamadığı şartlardır. Müşteri karşılandığında da karşılanmadığında da memnun olacağını belirtebilir.

Bu modelde, sınıflandırma süreci Kano anketine dayanmaktadır. Bu anket, müşteri gereksinimleri için soru çiftleri kullanılarak oluşturulur. Her soru iki kısıma ayrılır: Pozitif soru, "Bu özellik üründe mevcutsa nasıl hissedersiniz?", negatif soru, "Bu özellik üründe mevcut değilse nasıl hissedersiniz?" şeklindedir. Soruların her bir kısmı için, müşteri cevap olarak beş alternatiften birini seçer. Bu beş alternatif "sevdim",

"olmazsa olmaz", "nötr", "kabul ederim", "sevmem" olaraktır. Görüşler daha sonra katılımcıların kalite niteliklerinin işlevsel ve işlevsel olmayan biçimlerini nasıl algıladıklarına göre değerlendirilir (Bilgili, Erci & Ünal, 2011).

Müşteri, pozitif bir soruya "sevdim" diye cevap verip, negatif soruya "Nötr" cevabını verirse bunların tablodaki kombinasyonu, "Ç" yani çekici kategori olduğunu gösterir. Kategori "Ş" ise normalde cevaplar bu kategoriye girmediği için şüpheli sonuçlar içindir. Bu sorunun yanlış şekillendiğini ya da müşterinin soruyu doğru anlamadığını gösterir (Mote, Kulkarni & Narkhede, 2016).

Müşteri Gereksinimleri		İşlevsiz (Negatif)				
		1.Sevdim	2.Olmazsa olmaz	3.Nötr	4.Kabul ederim	5.Sevmem
İşlevsel (Pozitif)	1.Sevdim	Ş	Ç	Ç	Ç	TB
	2.Olmazsa olmaz	T	N	N	N	O
	3.Nötr	T	N	N	N	O
	4.Kabul ederim	T	N	N	N	O
	5.Sevmem	T	T	T	T	Ş

Tablo 2.1. Kano değerlendirme tablosu (Bilgili, Erci & Ünal, 2011)

Kano değerlendirme tablosunda, Ç:Çekici özellikler, T:Ters yönlü özellikler, TB: Tek boyutlu özellikler, N:Nötr özellikler, O:Olmazsa olmaz, Ş:Şüpheli olmak üzere ürün özelliklerini temsil eden harflerdir.

2.5.3. X için tasarım (DFX)

DFX teknikleri detay tasarımının bir parçasıdır ve eşzamanlı tasarım konseptlerini kullanarak yaşam döngüsü maliyetini, kaliteyi, artan tasarım esnekliğini ve verimliliği ve üretkenliği artırmak için ideal yaklaşımlardır. Faydaları genellikle rekabetçilik ölçümleri, iyileştirilmiş karar verme ve arttırılmış operasyonel verimlilik olarak görülür (El-Haik & Roy, 2005).

X için Tasarım (DFX), tasarımın spesifik bir yönünün optimizasyonu için bir ürün tasarlanırken uygulanabilecek bir dizi teknik talimattır. DfX, ürünün nihai özelliklerini kontrol edebilir veya hatta iyileştirebilir. DFX' deki "X" harfi iki bölümden oluşur: yaşam döngüsü süreçleri x ve performans ölçüsü (yetenek) (Kitsios, 2000). DFX'deki X, güvenilirlik, kurulum, montaj, üretim, maliyet, hizmet, kullanılabilirlik, güvenlik ve kalite gibi ürün geliştirmenin farklı yönleri olabilir. DFX'i kullanmak maliyet düşürme, kalite geliştirme, daha iyi performans ve müşteri memnuniyeti ile sonuçlanabilir. DFx' in D' si, yani "dizayn" kelimesi, ürünlerin ve ilgili proseslerin ve sistemlerin eşzamanlı tasarımı olarak yorumlanabilir.

DFX eşzamanlı mühendisliği uygulamak için en etkili yaklaşımlardan biridir ve eşzamanlı mühendisliğin hayati iş unsurlarına odaklanır. DFx yöntemleri, değişikliklerin nispeten kolay olduğu tasarım sürecinin başlarında uygulandığında en çok yararı sağlar. Ayrıntılı tasarımlar tamamlanana veya tamamlanıncaya dek DFx gecikirse, değişikliklerden daha fazlasını yapmak için çok az para veya zaman olacaktır. DFx'in çoğu, tasarımın erken safhalarında belirsiz olan ayrıntılarla ilgilidir. DFx yöntemlerinin çoğu bu paradoksu bir şekilde ya da başka bir şekilde ele almaya çalışırlar; genellikle tasarımcıları çok fazla ayrıntılı bilgi gerektirmeden DFx sorunlarına uyaran puanlama sistemleri geliştirirler.

Bir DFX aracı aşağıdakileri gerçekleştirir: (Eastman, 1996)

- Ürün ve süreçlerle ilgili gerçekleri toplamak ve sunmak,
- Ürünler ve süreçler arasındaki ilişkileri açıklamak ve analiz etmek,
- Performansı ölçmek,

- Bir ürün tasarımının ve üretiminin nasıl geliştirilebileceği konusunda yeniden tasarım önerisi sağlamak,
- Güçlü ve zayıf yönleri vurgulamak ve alternatifleri karşılaştırmak,
- Bir alanın neden güçlü veya zayıf olduğunu teşhis etmek,
- Geliştirmeler gerçekleştirmek,
- Yinelemenin gerçekleşmesine izin vermek,

İmalat ve Montaj için Tasarım: İmalat ve montaj için tasarım, israfların kademeli olarak azaltılması için manuel veya otomatik üretim ve montaj için bir parça veya alt montaj olarak tanımlanabilecek her tasarım parametresini dikkatli bir şekilde analiz etmek için kullanılabilecek sistematik yaklaşımlardır. İmalat için tasarım, bir ürünün optimum üretim maliyeti, üretilen kalitenin optimum başarısı ve yaşam döngüsünün optimum başarısı için tasarlanmasına neden olan politikalar, teknikler, uygulamalar ve tutumların tümü olarak tanımlanmıştır. İmalat için tasarım (DFM) yaklaşımının hedefleri şunlardır: (1) üretim için doğal olarak kolay olan ürün kavramlarını tanımlamak, (2) üretim ve montaj kolaylığı için bileşen tasarımına odaklanmak ve (3) Ihtiyaç ve gereksinimlerin en iyi şekilde eşleştirilmesini sağlamak için üretim süreci tasarımı ve ürün tasarımı (Kuo & Zhang, 1995). Aynı müşteri tatminini sağlayacak ürünü daha kısa makine saati harcayarak, daha düşük maliyetli ekipmanlarla, daha az makine değiştirerek imal edebilmek, imalat için tasarımın hedefleridir.

Montaj için tasarım aşamasında, daha düşük operatör niteliği gerektiren, daha kısa sürede öğrenilebilen, daha az sayıda ve daha az özel alet kullanımı gerektiren, daha az hata yapılan, konum hatası yaratmayan bir montaj süreci tasarımı hedeflenmektedir. Bu süreç de şirkete ciddi maliyet ve süre avantajları kazandıracaktır. İmalat ve montaj için tasarım, görev dizilimi sırasında faaliyetleri aynı anda paralel bir şekilde çalıştırabilir. Aynı zamanda simülasyon tekniklerinin kullanılmasını ve tasarım ekibi, üretim ekibi, satış ve pazarlama ekibi, finans ekibi vb. farklı ekiplerin birlikte çalışmasını sağlar. Bu, proje başarısızlıklarını etkileyen faktörlerin altını çizmektedir ve nedenleri ortadan kaldırır (Shete, Kulkarni & Pawar, 2019).

Kalite için tasarım: Kalite için tasarımın amacı, müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak, hem konuşulan hem de konuşulmayan ihtiyaçları karşılayan bir ürün tasarımı, ürünün imalatında veya kullanımında olabilecek değişikliklerin etkilerini karşılayabilen veya en aza indirebilen sağlam bir ürün tasarımı, müşteri beklentilerini aşmak ve ürünün güvenilirliğini, performansını ve teknolojisini sürekli iyileştirmek ve üstün kaliteli ürünler sunmaktır. KFY, ürün özellikleri, performansları ve hizmetleri hakkındaki tüketicilerin geribildirimini almak için pazar araştırmasıyla başlar (Sullivan 1986). "Müşteri sesi" olarak adlandırılan bu geribildirim, daha sonra belirlenecek teknik özelliklere, parça özelliklerine ve üretim parametrelerine dönüştürülür (Kuo & Zhang, 1995). Kalite için tasarım genelde ön tasarım aşamasında ilk prototip hazır olduğunda gerçekleşir. Tasarım kalitesini sağlamak için diğer araçlar arasında tasarımcılar Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD) ve FMEA'yı kullanabilirler. Altı sigma da kalite için tasarım konusunda önemli bir kavramdır (Chiu & Okudan, 2010).

Çevre için tasarım: Çevre için tasarım, yeni ürün ve süreç geliştirme sürecinde, ürün yaşam döngüsü boyunca çevre güvenliği ve sağlığı ile ilgili tasarım konularının sistematik olarak dikkate alınması olarak tanımlanır. Çevresel risk yönetimi, ürün güvenliği, iş sağlığı ve güvenliği, kirlilik önleme, ekoloji, kaynakları koruma, kaza önleme ve atık yönetimi gibi geniş kapsamlı ve farklı disiplinleri içerir. Ürünün imalat sürecinin düşük enerji gerektirmesi, ürünün geri dönüşmüş malzemelerden imal edilmesi, imalat sürecinin az miktarda atık üretmesi, ürünün enerji tüketiminin düşük olması bu aşamada ele alınan konulardır.

Telenko ve diğerleri çalışmalarında çevre için tasarım konusunda tasarımcıları yönlendirecek, 6 prensip ve 67 maddeden oluşan bir kılavuz oluşturmuşlardır. Kaynakların sürdürülebilirliğini sağlamak, sağlıklı girdi ve çıktılar, üretim ve taşımacılık sırasında minimum kaynak kullanımı sağlamak, kullanım sırasında kaynakların minimum kullanımını sağlamak, ürün ve bileşenlerin dayanıklılığını sağlamak, demontaj, ayırma ve sadeleştirmeyi sağlamak olmak üzere prensipler oluşturulmuştur (Telenko, Seepersad & Webber, 2008).

Demontaj için tasarım: Çevrenin korunması ve kaynakların korunması için hızla artan bir endişe, kullanılan ürünün atılması için endüstride birçok yeni faaliyete neden olmuştur. Demontaj için Tasarım ana prensibi, montaj için tasarım yani bir

üründeki parçaların sayısını azaltmak ile aynıdır. Ne kadar az parça olursa, ürün de bir o kadar hızlı sökülebilir. Etkili bir ürün sökme işlemi için, uygun metolojiler seçilmeli, teknolojilerin uygulanması ve insan faktörlerinin göz önünde bulunması gerekir. Bir çok durumda, bir ürün birkaç alt montaja ve çeşitli parçalara ve bileşenlere demonte edilebilir (Soh, Ong & Nee, 2014)

Lojistik için tasarım: Bu da hem müşteri hem firma için fayda sağlayacak bir yaklaşımdır. Depolama ve nakliye maliyetlerini azaltmak için, tasarımlarla tasarruf edilebilir. Ürünün konteynerlere en iyi şekilde sığdırılabilmesi, nakliye ve depolama süreçlerinde gereksiz yer kaplamamasına yönelik çalışmalar yapılır. Bir ürünün fiziksel boyutları lojistik gereklilikleri önemli ölçüde etkiler ve bu nedenle fiziksel boyutlarla ilgili lojistik girdiler ürün tasarımında dikkate alınmalıdır. Chaudhuri (2015), bir start-up firmasında QFD çalışması yaparak, tasarımda lojistik gereklilikleri göz önünde bulundurarak rekabetçiliği kazanmayı sağlamıştır ve lojistik konularını ağır ve hacimli olan ve önemli lojistik maliyetleri içeren bir ürünün tasarımına dahil etmenin önemini vurgulamıştır (Chaudhuri & Biskopstø, 2015).

Yaşam Döngüsü maliyeti için tasarım: Yaşam döngüsü maliyeti, tasarımın gerçek maliyetidir. Sadece orijinal üretim maliyetini değil, aynı zamanda kusurların, dava açma işlemlerinin, satın alımların, dağıtımların desteklenmesinin, garanti edilen ve kullanılan tüm DFX yöntemlerinin uygulama masraflarını da içermektedir. Etkinliğe dayalı maliyet (ABC), özellikle belirsizlik hükümleri ile birleştiğinde yaşam döngüsü tasarım maliyetini tahmin etmek için güçlü bir yöntemdir (Huang, 1996). Bu yöntem, yaşam döngüsü maliyetini etkileyen önemli parametreleri tanımlamak ve izlemek için işlem eylemi ve hassasiyet çizelgelerini kullanmaktadır. ABC yöntemi, bir ürünün, bir hizmetin veya bir işlemin tasarımının eylemleri tükettiğini varsayar. Bu varsayım ABC'yi, kaynak tüketimini varsayan geleneksel maliyet tahmin yöntemlerinden ayırmaktadır. ABC'nin amacı, tasarım hayatındaki faaliyetleri tanımlamak ve daha sonra etkinliklere güvenilir maliyet sürücüleri ve tüketim yoğunlukları atamaktır. Olasılık dağılımları, doğal maliyet belirsizliğini temsil etmek için verilmiştir. Monte Carlo simülasyonu ve diğer ayrık olay simülasyon teknikleri daha sonra belirsizliği modellemek ve belirsizliklerin maliyet üzerindeki etkisini tahmin etmek için kullanılır (Warwick Manufacturing Group, 2007)

2.5.4. Hata Modu ve Etki Analizi (FMEA)

FMEA, bir ürün veya sürecin başarısız olabileceği olası yolları sistematik olarak değerlendirmek, bu arıza riskini değerlendirmek ve sonuç olarak bu arıza modlarını hafifletmek için düzeltici önlemlerin alınması gereken alanlara öncelik vermeye çalışmak üzere tasarlanmış bir araçtır. Sistematik ve yapılandırılmış bir şekilde, arızaların müşterilere etkisini değerlendirir. Olası arızaların, bunların etkilerinin ve nedenlerinin bir listesi, müşteri üzerindeki etkilerle hazırlanır ve sınıflandırılır. Bu değerlendirme, düzeltici faaliyetlere öncelik vermeyi mümkün kılar.

Üç tür FMEA vardır: Sistem FMEA, tüm sistemin en üst seviyedeki analizidir. Süreç FMEA, imalat ve montaj işlemleri, nakliye, gelen parçalar, malzemelerin taşınması, depolama, konveyörler, alet bakımı ve etiketlemeyi kapsar. Tasarım FMEA, odak noktası, tasarımın iyileştirilmesi ve ürünün çalışmasının ekipmanın kullanım ömrü boyunca güvenli ve güvenilir olmasını sağlamaya önem vererek tasarımla ilgili eksikliklere odaklanır (Carlson, 2016). Bu yöntemi etkili bir şekilde kullanmak için, FMEA seçilen sistem bileşenleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Aşağıdakiler için kullanılır:

- Ürünün yeni geliştirilmesi
- Güvenlik ve sorunlu parçalar
- Ürün veya proses değişikliği
- Mevcut ürünlerin yeni operasyonu veya diğer koşulları

FMEA, potansiyel ürün arızalarının önemini değerlendirmek ve bunları önlemek için uygun önlemleri belirlemek için kullanılır. FMEA tarafından belirlenen sorunlar derhal ve spesifik eylemler başlatır. Bir arıza modu ve etkileri analizi (FMEA), potansiyel arıza modlarını tanımlamak ve sistem performansı üzerindeki etkilerini belirlemek için kullanılan bir tasarım değerlendirme prosedürüdür. Bu prosedür, resmi olarak standart uygulamayı belgelemektedir, geçmişe yönelik bir kayıt oluşturmaktadır ve gelecekteki iyileştirmeler için bir temel oluşturmaktadır. FMEA prosedürü, alt düzey alt sistemlerin veya bileşenlerin analizinden başlayarak gerçekleştirilen bir dizi mantıksal adımdır. (Mobley, 1999)

Analiz bir başarısızlık noktası varsayar ve olası başarısızlık modlarını arıza mekanizmaları ile birlikte tanımlar. Her bir arıza modunun etkisi sistem seviyesine kadar izlenir. Her başarısızlık modu ve sonuçtaki efekti, oluşma ihtimaline, şiddetine ve memnuniyetine dayanarak bir kritik dereceye atanır. Kritiklik derecelendirmesini yüksek derecelendiren arızaları azaltmak için tasarım değişiklikleri önerilir.

2.5.5. Bilgisayar Destekli (CAx) Sistemler

Bilgisayar teknolojisindeki hızlı ilerleme ve yazılımın gelişimiyle ilişkili ilerlemeler, tasarım çalışmalarında, yeni ürün geliştirme ve mühendislik de dahil olmak üzere tüm sektörlerin değiştiği anlamına gelir. Bu bilgisayar uygulamaları Ürün Tasarımı'nın oluşturulması, modifikasyonu, analizi ve optimizasyonu aşamalarında kullanılır. CAx terimi, "x" in Ürün Geliştirme ve üretim sürecinde, Tasarım için D, Kalite için Q, Mühendislik için E vb. gibi farklı faaliyetleri temsil ettiği Bilgisayar Destekli (CA) anlamına gelir. Ürün maliyetlerinin yüzde 80'i geliştirme aşamasında belirlenirken, bu araç grubundaki en önemli sistemler CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) 'dır. CADDS, CATIA, AutoCAD, IDEAS, Pro/Engineer gibi ticari olarak mevcut birçok CAD sistemi bulunmaktadır (Kitsios, 2000). Mevcut CAD yazılımları, tasarımcıların tasarım fikirleri üretmesi ve test etmesine yardımcı olmak, üç boyutlu çalışmak ve sanal modellerin oluşturulması için çok güçlü araçlardır. Bu, bir tasarım konsepti seçilmeden önce tasarım probleminin çözümü için daha fazla seçenek oluşturulabileceği anlamına gelir. CAD sistemlerinin bilgi paylaşımı kolaylığı, tasarımın yönetilme biçimini etkileyen diğer bir faktördür.

Bilgisayar destekli üretim, CAD’ in pek çok yönünü kullanır ve bunları bilgisayarlı üretim imkanlarıyla bütünleştirir. CAM, tasarım bilgilerinin, malzeme sipariş etme, imalat çizelgeleme, kaynak yönetimi ve test ve kalite yönetimi gibi süreçlere doğrudan beslenmesini sağlar.

2.5.6. Sonlu Elemanlar Analizi

Sonlu Elemanlar Analizi, bileşenin kırılmaya, bozulmaya, bükülmeye, strese maruz kaldığında yorulmaya veya yıpranmaya duyarlı olup olmayacağını tahmin eder. Bir tasarımın, sertlik, emniyet faktörü ve yük altında yer değiştirme için tasarım gereksinimlerine göre çalışacağını göstermek için kullanılır (Thomas, 2017).

Model çok sayıda küçük parçaya bölünür ve bunlar analiz için çalışma birimleri olarak kullanılır. Elde edilen model, ortak düğümler tarafından bir araya getirilen öğelerin bir ağıdır. Sonlu elemanlar analizinde genel yaklaşım, bir tasarım problemini örtüşmeyen birçok küçük (fakat sonlu) elemana bölmektir.

2.5.7. Tasarım otomasyonu

Tasarım otomasyonu, tasarım yükünü önemli ölçüde azaltan araçlar anlamına gelir ve tasarımcının dikkatini simülasyon görevinden ziyade tasarım görevine odaklanmasını sağlar. Bu araçlar, tasarımcının işini devralmaz ancak iyi tasarımların keşfedilmesine önemli ölçüde yardımcı olurlar.

Tasarım otomasyonu, normalde mühendisler ve tasarımcılar tarafından manuel olarak gerçekleştirilen tasarım görevlerinin otomatikleştirilmesiyle ilgilidir. Verhagen ve arkadaşları (2012), Bilgi tabanlı mühendisliğini (KBE), tasarım otomasyonuna ve bilgi muhafaza etmeye çalışan bir çalışma şekli olarak görüyor (Johansson, Larsson & Tatipala, 2017). KBE, mühendislerin tasarımları üretirken alması gereken kararları üretmek üzere programlanabilen bir sistemdir. Veri tabanını kullanan bu sistem, bir bilgi tabanı ve algoritma denilen, bilgi tabanı içerisindeki bilgileri kullanarak kararlar alabilen bir kurallar kümesidir. Bilgi Tabanlı Mühendislik (KBE), CAD sistemlerinin geliştirilmesinde bir adım öndedir, çünkü sadece tasarım bilgilerini kullanmaz; Bunun yerine, tasarım oluşturmak için kullanılan kuralları içerir. KBE sistemleri, uzman sistemler olarak da bilinir. KBE sistemleri tüm tasarım sürecinde, özellikle ayrıntılı tasarım aşamasında, CAD sistemleri gibi kullanılır. Dahası, tasarım süreci sırasında üretilen mühendislik bilgilerini depolarlar.

Bir tasarım otomasyonu uygulamasının merkezinde, sistem tarafından yapılan seçimler ve kararların akışını kontrol eden çeşitli varyasyon türleri (yani, mantık kuralları, matematik kuralları, geometri manipülasyon kuralları) bulunur (Johansson, 2019). Böylece parametrik bir CAD uygulamasının aksini yapamayacağından daha gelişmiş yeteneklerin yakalanmasına olanak tanır. Ürün veri yönetimi, bu sistemler CAx sistemleri olarak da kabul edilir, ürünle ilgili tüm bilgileri - veriyi ve süreçleri - elektronik olarak yönetir. İki farklı olasılık sağlar: Öncelikle raporlar, veri taşıma, görüntüler ve çeviri

hizmetleri, dosyalar, belgeler vb. oluşturma ve ikinci olarak diğer sistemlere (CAD, CAM ...) arayüzler sağlama veya farklı veritabanlarla entegrasyon sağlar.

2.5.8. Yalın Ürün Geliştirme

Yalının özü, ürün geliştirmeye başlamadan önce bile ürün geliştirme ve ilgili süreçlerin her alanında atıkların ortadan kaldırılmasıdır. Terim yalın üretimden gelmektedir. Başlangıç noktası, müşterinin gereksinimlerini ve katma değeri belirlemektir. En yüksek katma değere sahip ürünün özelliklerinin tanımlanması, değeri olmayan ürünlerin elimine edilmesi ve müşterilerin ürün geliştirme aşamalarına dahil edilmesi. Yalın yaklaşım, ürüne değer katmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılması ya da en aza indirilmesi yoluyla daha verimli ve akıcı bir üretim sistemi oluşturmaya yönelik çalışmaları içerir. Bu yaklaşımda müşteri için değer yaratmayan ancak kaynak harcayan her faaliyet israftır.

Yalın düşüncenin öncüsü Toyota Üretim Sistemi günümüzde Yalın Düşünce adı ile bilinmektedir. Yalının temel fikri müşteriye istediği şeyi, istediğinde ve istediği miktarda vermektir. Şirketlerin 8 israfı (Aşırı Üretim, Envanter, Bekleme, Hareket, Nakliye, Kusurlar, İşleme, Kullanılmayan çalışanların yaratıcılığı) ortadan kaldırmaya çalışarak, müşteriler için değer yaratmaya odaklanmaları gerektiği anlamına gelir. Bu mantığın temelinde beş ilke vardır: Değer odaklılık, değer akışı, sürekli akış, müşterinin süreci çekmesi ve mükemmellik. Farklı araç ve teknikler (Kalite fonksiyon yayılımı, eşzamanlı mühendislik, altı sigma, dfx, takt zamanı, kanban, kaizen vb.) aracılığıyla ilkelerin tüm organizasyonda uygulanmasını desteklemektedir.

Toyota'nın başarısı Toyota Üretim Sistemi ile başlayıp bittiği varsayılmaktadır. Gerçekte, TPS' nin uygulanması bir işletmenin tüm işlevsel süreçlerini optimize etmeye yönelik ilk adımdır. Bir sonraki rekabetçi adım: Toyota Ürün Geliştirme Sistemidir (Teresko, 2007).

Yalın teori, herhangi bir organizasyonda değer yaratmak ve atıkları ortadan kaldırmak için mevcut en güçlü araçtır. Toyota'nın deneyimi, Yalın ürün geliştirmenin çeşitli avantajlara yol açabileceği konusunda kanıtlar göstermektedir:

- Rakiplerden daha hızlı ürün geliştirme,
- Şirketlerin departmanları arasındaki güçlü işbirliği sayesinde ürünlerin üretilebilirliğini arttırmak,
- Tüm geliştirme süreci boyunca kaliteye odaklanma sayesinde üretim başlangıcı zorluklarının önlenmesi,
- Ürünlerin artan teknolojik karmaşıklığı,
- Tedarikçileri uzman geliştiriciler olarak kullanarak, ürün geliştirme sürecinin hızlanması.

Karlsson ve Ahlstrom' a göre yalın ürün geliştirme, bütün bir üretim stratejisinin bir parçası olarak görülmelidir. Yalın ürün geliştirmenin 6 tekniği vardır: *Tedarikçi Katılımı:* Tedarikçiler yeni ürün geliştirme sürecinin başlangıcında yer alırlar. Genellikle bu tedarikçiler, ürün için ayrıntılı özellikler olmadan komple modüller geliştirmekle sorumludur. *Eşzamanlı mühendislik:* Eşzamanlı mühendislik, geliştirme çabasındaki farklı etkinliklerin paralel olarak gerçekleştirildiği anlamına gelir. Örneğin, önce ürünü geliştirmek ve daha sonra üretmek için araçlar kullanmak yerine, ürün ve araçların geliştirilmesi aynı anda gerçekleşir. Bunun en belirgin yararı, geliştirme süresinin kısaltılabilmesidir. Üretimi ve montajı kolay ürünlerin geliştirilmesini kolaylaştırmak için, *çapraz fonksiyonlu ekiplerin* kullanılması önemli bir tekniktir. Bunlar, şirketteki farklı fonksiyonel alanlardan üyelerden oluşan ekiplerdir. Amaç, ürünün başlangıcından itibaren tüm işlevsel özelliklerini bütünleştirmektir. Projenin farklı işlevsel yönleri koordine edilmek yerine *entegre* edilmiştir. Personel, farklı faaliyet alanlarından farklı faaliyetleri ve personeli koordine etmek yerine birlikte çalışır. Yalın bir projede, en azından katılan tüm kişilerin çalışmalarına doğrudan erişen ve sorumlu olan bir proje yöneticisine sahip olan *ağır takım yapısı* kullanılması gerekir. Bu, iletişimi artıracak, projeye daha fazla bağlı olacak ve işlevler arası sorun çözme için bir odak noktası oluşturacaktır. Son olarak, tüm proje, ayrıntılı spesifikasyonlar yerine vizyon ve hedefler vasıtasıyla *stratejik* olarak yönetilmelidir (Karlsson & Ahlstrom, 1996).

Cai ve Freiheit, yalın prensipleri ürün geliştirme süreci açısından değerlendirmişlerdir. Tasarımcılar için değer yaratan ve değer akışında atıklara neden olan şeyleri anlamak oldukça önemlidir. Sürekli değer yaratan bir ürün geliştirme süreci

(PDP) yaratmak için tasarımcılar şirketin değer verici ve özel ürün geliştirme projesinin ne olduğunu bilmelidir. Aslında, yalın araçlar değer yaratan araçlardır. Bilgi yönetimi, motivasyon yönetimi, proje kontrolü, risk yönetimi ve diğer yönetim araçları, değer akışını güçlendirir ve düzenler ve paydaşlara yönlendirir. Kaizen, set tabanlı eşzamanlı mühendislik, X için Tasarım, Tasarım Yapı Matrisi ve diğer pek çok teknik araç, atık oluşumunu ortadan kaldırmaya ve süreç boyunca değer katmaya yardımcı olur. Akış yönetimi, değer akışını düzenler ve yalın yeni ürün geliştirmedeki akışın nasıl yönetileceğini ele alır ve risk ve motivasyon yönetimi, envanter, değişkenlik ve standartlaştırma konularına odaklanır. Ürün geliştirmede envanter, somut ürünler yerine çoğunlukla bilgidir. Bilgisayar ortamında ve kağıtlarda bulunan veriler veya çalışanların bilgi ve deneyimi PDP' deki envanterdir. Bundan hareketle, PDP' de envanter şirkette fiziksel ve mali olarak gizlidir, ancak fazlasıyla maliyetli olabilir. Verilere erişmek ve korumak, yeteneği korumak ve yeni süreçler geliştirmek çok masraflı olabilir. PDP' de, teknoloji itilmesi gelişim sürecinin ilk aşamalarında müşterilerin çekmesinden daha büyüktür ve sonraki aşamalarda, müşteri çekmesi değer akışı için ana kaynaktır. Ürün planlaması gibi erken aşamalar sırasında, özellikle yeni teknolojilerle ya da müşterilerin neye ihtiyaç duyduklarını bilmediğinde, olgun bir kavram ya da prototip olmayabilir, bu nedenle müşteriler bu değerleri profesyonellerin yardımı olmadan çekemezler. Bu profesyoneller, müşterileri anlayan, pazar ihtiyaçlarını yorumlayan, teknik fırsatları yakalayan, yeni ürünler planlayan ve değer akışını başlatan yenilikçi konsept tasarlayan tasarımcılar ve mühendislerdir (Cai & Freiheit, 2011).

Josef Oehmen ve Eric Rebentisch MIT' deki Yalın İlerleme Girişimi kapsamında "Uygulayıcılar için ürün geliştirme" isimli yayınlarında Yalın Ürün Tasarımında İsrafları aşağıdaki şekilde sıralamışlardır: (Oehmen & Rebentisch, 2010)

- Aşırı bilgi üretimi: Aynı çıktıyı oluşturan iki farklı grup, gereksiz bilgi üretme.
- Bilginin aşırı işlenmesi: Bileşenler ve sistemde gereğinden fazla mühendislik uygulanması, sonucu üretmek için daha fazla çalışma.
- Bilgi iletimi: Bilgilerin verimsiz iletimi.
- Hatalı bilgi üretme: Bileşen ve mimari tasarımda hata yapma.

- Bilgiyi düzeltme: Hedeflerin değişmesinden dolayı bilginin yeniden düzenlenmesi.
- Bekleme: Bilgi, veri, girdiler, onaylar, yayınlar vb. için beklemeler.
- İnsanların gereksiz hareketi: Bilgi elde etmek veya bilgiye erişmek zorunda kalan insanlar.

Yalın tasarım süreci yalın üretim sürecini ve araçlarını kullanır. Beklemek, ilk defa doğru tasarım yapamamak, aramak, gereksiz işlemler yalın tasarım sürecinde de israftır. Ayrıca, aşırı tasarımı engellemeye, bir ürün ailesinde olabildiğince fazla ortak parça kullanmaya, önceki tasarımların bileşenlerinin sonrakilerde de kullanılabilir olmasına, defalarca kullanılabilecek tasarım üretmeye ve hiç kullanılmayacak tasarım üretmemeye odaklanır.

Yalın tasarım sürecinde yalnız müşteri sesi ve gereksinimleri dinlenmez, aynı zamanda firmanın gereksinimlerine de cevap verir. Müşteri için kalite, performans/fiyat oranı, dayanıklılık, toplam sahip olma bedelinin düşük olması, emniyetli kullanım, estetik, çevre koruma ve sürdürülebilirlik kriterleri önemliyken, firma için de maliyetlerin minimizasyonu, know-how'ının korunması, sürekli öğrenme, sürdürülebilirlik ve rekabet avantajı konuları önem taşır. Dolayısıyla tasarım hem müşteriyi hem de firmayı tatmin etmelidir (Sümen, 2018).

Ürün geliştirme süreçlerinde eşzamanlı mühendisliği adapte edebilmek için Toyota, *Obeya* denilen yöntemi kullanır. Obeya, Japonca' da büyük oda anlamına gelir ve foksiyonel grupların düzenli toplantılar için bu odada bir araya gelmesi sağlanır. Obeyanın duvarlarında, projenin son durumu hakkında son bilgiler paylaşılarak çapraz fonksiyonel paylaşımı arttırmaktadır. Obeya, sorunların takıma görünür hale getirilmesi, gerçek zamanlı problem çözmenin anahtarıdır ve ayrıca ürün geliştirme sürecinin temelini tutar.

Obeyanın arkasındaki temel iki hedef, geliştirme sürecinin etkinliğini ve elde edilen ürünün kalitesini arttırmaktır. Hızlı karar verme, yeniden yapılan işlerin azalması, gereksiz tartışmaların azalmasıyla birlikte geliştirme sürecinin etkinliği de artacaktır (Aasland & Blankenburg, 2012). Görsel yönetim, ekip üyelerinin incelemesi ve üzerinde

işlem yapması için, genellikle çizelgeler, tablolar ve diğer verilerle sıvanmış obeya duvarlarıyla birlikte bir anahtardır. Tüm mühenislerin tek bir odada toplanması obeya değildir, önemli olan aralarındaki işbirliği ve görsel yönetim araçlarıdır. Bu yöntem çalışanların birbiriyle teması sonucunda firma içinde bir sinerji de yaratır. (Susko, 2016)

2.6. Eşzamanlı Mühendislik

Eşzamanlı Mühendislik, aşamalı olarak sıralı çalışmak yerine, paralel olarak bir dizi görevi yerine getiren bir iş akışıdır. Bu bir proje için gerekli olan insan gücünü azaltmasa da, teslim sürelerini ve pazara girme süresini önemli ölçüde azaltmaktadır. Aynı zamanda, departmanlar arasında daha hızlı ve daha iyi iletişim sağlamak, geç tasarım değişikliklerindeki değişimi azaltmak gibi ek bir fayda sağlar.

Eşzamanlı mühendislik, bir projeyi sırayla değil birlikte eşzamanlı şekilde yönetmek için çeşitli adımları ve süreçleri gerçekleştirmeyi gerektirir. Bu, mühendislik, araştırma ve geliştirme, üretim ve pazarlamanın, herhangi bir iş yapılmadan önce bir projenin başında yer aldığı anlamına gelir.

Amerika Savunma Analizleri Enstitüsü (IDA) tarafından hazırlanan raporda belirtilen tanımıyla Eşzamanlı mühendislik:

> "Eşzamanlı mühendislik, üretim ve destek dahil olmak üzere ürünlerin birlikte ve ilgili süreçlerinin entegre tasarımına sistematik bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, ürün geliştiricilerin, ürünün tasarımından elden çıkarılmasına kadar, ürün yaşam döngüsünün tüm unsurlarını kalite, maliyet, zamanlama ve kullanıcı gereksinimleri de dahil olmak üzere düşünmelerini sağlamayı amaçlamaktadır." (Robert Winner, 1988)

Bu eşzamanlı mühendislik yaklaşımında, bazı yönetim konuları önemli rol oynar ve ürün tasarımını geliştirmek için bu sistemleri entegre eder. Bunlardan bazıları, ürün yaşam döngüsü yönetimi (PLM), ürün veri yönetimi (PDM), ürün üretim yönetimi (PMM), tedarik zinciri yönetimi (SCM), kurumsal kaynak planlaması (ERP), üretim yürütme sistemi (MES), müşteri ilişkileri yönetimi (CRM) ve talep zinciri yönetimidir (DCM) (Basu & diğerleri., 2013). Eşzamanlı mühendislik, ürünü, üretim süreçlerini ve lojistik destek gibi diğer gerekli yaşam döngüsü süreçlerini eşzamanlı olarak tanımlar. Mevcut, sıralı, ileriye dönük mühendislik sürecinin bir aşamasının keyfi olarak ortadan kaldırılması değildir, aksine sıralı tasarımdan daha az maliyetle ve üretim ve kullanım

çeşitliliğine toleranslı daha sağlam bir tasarım üretmek için, akış aşağı fazları boyunca istenen tüm alt özelliklerin birlikte tasarlanmasıdır (Jian & Oriet, 2005).

Eşzamanlı mühendislik, en iyi ürün çözümüne ulaşmanın en hızlı yoludur. Öncelikle, mümkün olan en erken aşamada, insanların bilgeliğini ve uzmanlığı her alanda toplanmış olur. Süreç, yalnızca tüm alanlardan alınan bir ekip oluşturularak doğru şekilde çalışır.

Multidisipliner ürün geliştirme ekibi üyeleri, bir şirketin çeşitli departmanlarından uzmanlar, stratejik tedarikçiler ve müşterilerden temsilcilerdir. Her bölümün kapsamı farklı olmasına rağmen hepsinin ana amaçlarından biri, projenin kritik ve karmaşık koşullarda yöneticilere iyi kararlar vermelerine yardımcı olmaktır. İkinci olarak, görevler seri değil, paralel olarak tamamlanır. Her görevi, bir önceki aşamanın görevini tamamlamasını beklemeden, mümkün olan en az bilgiyle başlatmak gerekir. Böylece hem süreç çok daha az maliyetle ve zamanda tamamlanır, hem de müşteri ve firma için üretime yönelik daha iyi fikirler üretilir.

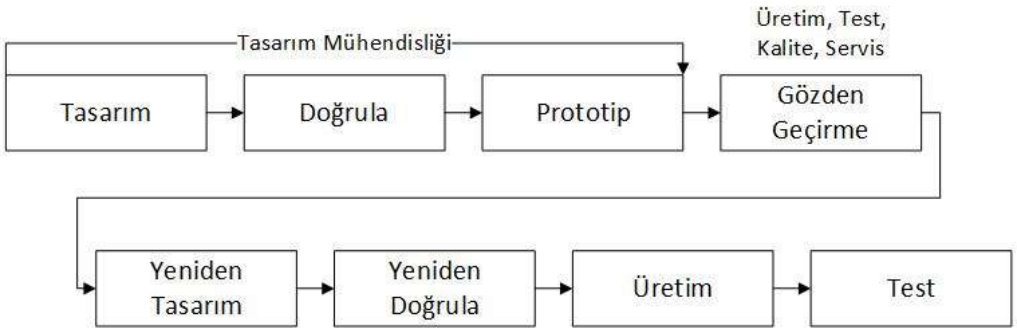
Tedarikçi Temsilcileri	Müşteri Temsilcileri
İmalat Mühendisliği	Ürün Mühendisliği
Ürün/dizayn Mühendisliği	İmalat Mühendisliği
İş Geliştirme	Malzeme
Kalite Mühendisliği	Satınalma
Satınalma	Pazarlama
Çizelgeleme	Kalite Güvence
Montaj	Üretim Uzmanları

Tablo 2.2. Bir Eşzamanlı Mühendislik Takımında Temsil Edilen İşlevler (Ostwald & Muñoz, 1997)

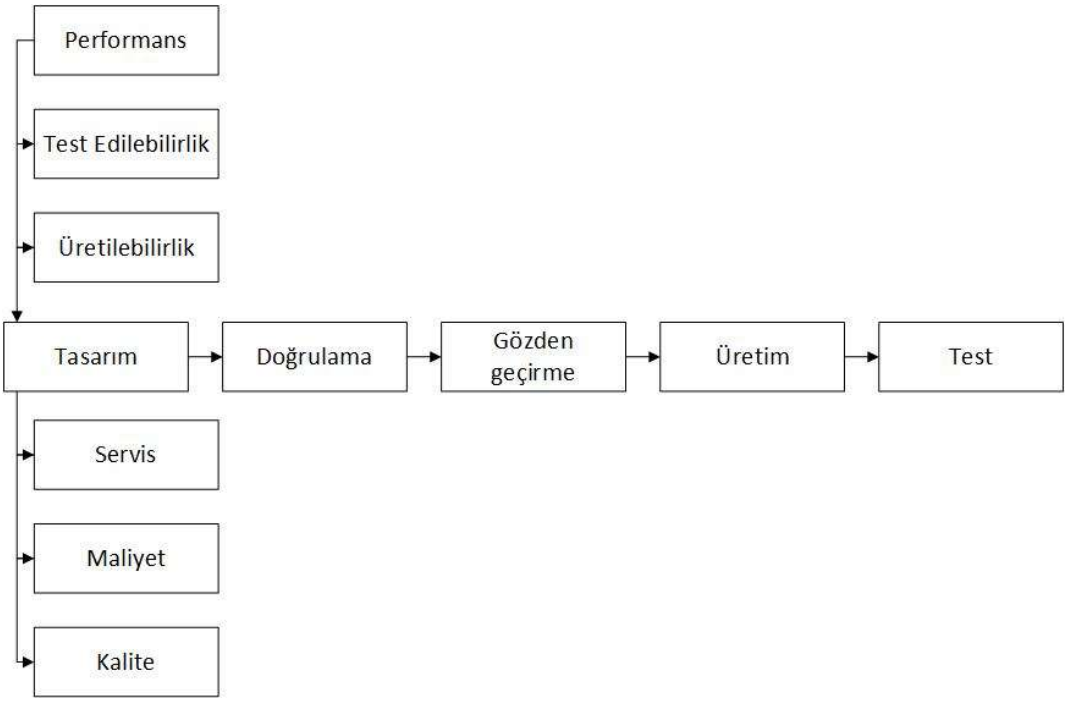
Yeni bir ürünün piyasaya sürülmesindeki geleneksel yaklaşımda, tasarım ve imalat geliştirme süreçleri ardışık haldedir. Tüm aktiviteler, kendinden önceki tamamen bittiğinde başlar ve bu farklı birimler arasında entegrasyon eksikliği vardır. Ürünün daha fazla üretilebilir hale getirilebilmesi için tasarımın nasıl değiştirilebileceği konusunda tavsiyelerde bulunmaları için mühendislerin fazla fırsatı yoktur. Bu şekilde ürün geliştirme süresi oldukça uzar ve maliyetler artar. Eşzamanlı mühendislikte ise aksine,

ürün daha tasarım aşamasındayken, tedarikçiler, imalat mühendisleri, satış pazarlama ekipleri ve hatta müşteriler de dahil edilerek ürünün gereksinimleri karşılayacak şekilde tasarlanmasına katkı sağlarlar.

(a)



(b)



Şekil 2.7. (a) Geleneksel (Sıralı) mühendislik akış diyagramı, (b) Eşzamanlı mühendislik akış diyagramı (Dongre & diğerleri., 2017)

Koufteros ve arkadaşlarına göre (Koufteros, Vonderembseb & Doll, 2001), eşzamanlı mühendisliğin 3 temel unsuru vardır: (1) tüm ekiplerin erken katılımı, (2) takım

çalışması ve (3) eşzamanlı iş akışı. Ürün, süreç ve üretimin eşzamanlı olarak planlanması, üretilebilirlik konularının nihai ürün tasarımında değerlendirilmesi ve birleştirilmesine olanak tanır. Eşzamanlı mühendislik, eşzamanlı olarak ürün, süreç ve üretim faaliyetlerini planlamak için çapraz fonksiyonlu bir ekibin erken katılımıdır. Ürünün aynı anda planlanması, süreç ve üretim, nihai ürün tasarımında imalat sorunlarının dikkate alınabileceği anlamına gelir. Bu, belirsizliği azaltır ve sorunların erken tespit edilmesine izin verir. Yeniden tasarlama ve yeniden işleme gereksinimini azaltır, geliştirme süresini azaltır ve daha düzgün üretim için daha fazla fırsat sunar, böylece maliyeti en aza indirir ve kaliteyi artırır (Valle & Vazquez-Bustelo, 2009) .

Khalfan' a göre (Khalfan, 2001), eşzamanlı mühendisliğin sekiz temel elementi vardır. Yönetsel ve insan yönü; ürünlerin tasarımını ve ilgili süreçlerini entegre etmek için çapraz işlevli, çok disiplinli ekiplerin kullanımı, süreç temelli bir örgüt felsefesinin benimsenmesi, bu felsefeye bağlı liderlik ve destek ve bu felsefeyi yürütmek için güçlendirilmiş ekiplerden oluşur. Teknoloji yönü ise, bilgisayar destekli tasarım, üretim ve simülasyon yöntemleri kullanımı; bir ürünün tasarımını ve üretim ve destek sürecini optimize etmek için çeşitli yöntemlerin kullanılması; bilgi paylaşımı, iletişim ve koordinasyon sistemlerinin kullanımı ve tedarik zincirindeki ortak protokollerin, standartların ve terimlerin geliştirilmesi veya benimsenmesidir.

Eşzamanlı mühendislik tasarım sürecini aşağıdaki özellikler karakterize edebilir: (Skalak, 2002)

- Müşteri odaklılık ve müşterilerin katılımı
- Tasarım süresince, tedarikçilerin erken ve sürekli katılımı
- Çapraz fonksiyonel, kendini yöneten, güçlendirilmiş takımlar
- Bilginin artan paylaşım ve kullanımı
- Yaşam döngüsü odaklı
- Sistematik ve entegre bir yaklaşım
- Eşzamanlı (paralel) tasarım takımları
- X için tasarım araçlarının erken kullanımı

- CAD,CAM, CAE vb. araçların kullanımı
- Tüm süreçlerin sürekli iyileştirilmesi

Pinto ve arkadaşlarının eşzamanlı mühendislikten faydalanarak yaptığı bir çalışmada, engelliler için yardımcı ürünlerin tasarım sürecinde alternatiflerin eşzamanlı değerlendirildiği dört aşamalı bir model geliştirmişlerdir. Bu model, engelliler için yardımcı ürünlerin tasarım sürecini temsil etmektedir. Bu modelde, temel tasarım prensipleri (1) Kullanıcı merkezli değer yaratma süreci, (2) Alternatiflerin eşzamanlı keşfi, (3) Süreç ve ürünlerin standartlaştırılması olarak belirlenmiştir (Pinto, Thomann & Villeneune, 2016).

2.7. Eşzamanlı Mühendisliğin Uygulanması

Eşzamanlı mühendislik sürecinde kilit bir uygulama konusu, net sahiplik ve hedeflerle birlikte, tek ve iyi tanımlanmış bir sürece sahip olmaktır. EM 'yi doğru bir şekilde uygulamak için: (1) EM sürecininin tanımlanması ve resmi hale getirilmesi, (2) Üst üste binen faaliyetlerin tanımlanması, (3) Süreç sahipliğinin tanımlanması, (4) Net ve sayısal hedefler belirlenmesi gerekir. Başarılı bir eşzamanlı mühendislik uygulaması, yöneticilerin şunları yapmasını gerektirir: (1) İşlevsel katılımın ve personel gereksinimlerin belirlenmesi (2) Çok fonksiyonlu takımların erken kurulması (Nadia Bhuiyan & Gerwin, 2006).

Eşzamanlı mühendisliğin uygulanması genellikle üç aşamaya ayrılabilir: (1) Uygulama hazırlığı, (2) Eşzamanlı mühendislik pilot uygulaması ve (3) Tam eşzamanlı mühendislik uygulaması (Jian & Oriet, 2005). Uygulamanın ilk aşaması, bir şirketin üst yönetimine eşzamanlı mühendislik temellerini tanıtmak için tasarlanmıştır. İkinci aşama, ürün geliştirme faaliyetlerinin başlangıcı üzerinde yoğunlaşmakta ve bir pilot uygulaması ile eşzamanlı mühendislik uygulamasını başlatmaktadır. Pilot eşzamanlı mühendislik projesi bittiğinde ve ürün piyasaya başarıyla sunulduğunda, gözden geçirilmeli ve sonraki projelere yönelik dersler alınmalıdır. Bu adımlardan sonra kurum genelinde eşzamanlı mühendislik tam uygulanabilir hale gelir.

Ostwald ve Muñoz' a göre, genel olarak eşzamanlı mühendisliğin dört aşaması bulunmaktadır (Ostwald & Muñoz, 1997)

1. Teknoloji ve Konsept Geliştirme: Yeni çözümleri tanımlama ve üretiminin planlanma sürecidir.

a. Müşteri gereksinimlerinin tanımlanması.

b. Birincil alternatiflerin değerlendirilmesi ve her alternatif, ürün tasarımı, prototipleme, imalat ve satınalma stratejisinin fizibilitesi.

c. Gerekli kaynakların ve programın geliştirilmesi.

d. Ürün planının hazırlanması.

2. Ürün ve Süreç Geliştirme ve Prototip Onaylama: Genel olarak, mali iş planları, ürün konsepti gösterimi ve nihai proje onayı gibi diğer aşamalardan bu aşamada bahsedilir.

a. Montaj ve imalat için ürün geliştirmeleri yapılması.

b. İmalat ve montaj işlemlerinin geliştirilip uyarlanması.

c. Temel işlem teknolojisi oluşturulması.

d. Program hedefleri ve risk azaltma planları oluşturulması.

3. Proses Doğrulama ve Ürün Tasarımı Onayı: Bu projenin yürütme aşamasıdır.

a. Üretim süreci ve yöntemlerinin tamamlanması.

b. Kritik adımları test etmek için simülasyonlar ve pilot denemeler yapılır.

c. Makine ve ekipman, üretim hazırlığı, kalitesi ve performansı açısından doğrulanmaktadır.

4. Üretim ve Sürekli İyileştirme: Bu aşama, programın kalite, maliyet ve verimlilik hedeflerine ulaşmak için üretim tabanının maksimum kapasitesine yükseltilmesi işlemidir. Fabrika tabanında daha iyi donanıma, departmanlardaki ergonomi uygulamalarına, tüm işlevlerde atıkların ortadan kaldırılmasına ve her şeyden önce müşterinin sesini şirketin günlük işlevlerine dahil etmek için sonsuz bir yolculuk bu aşamanın geçersiz hedefidir.

Eşzamanlı mühendislik, büyük organizasyonel değişiklik gerektirir, çünkü insanların, iş metotlarının ve teknolojinin entegrasyonunu gerektirir ve geleneksel

hiyerarşik organizasyondan ziyade çapraz işlevsel çalışma ve takım çalışmasına bağlıdır. Bireysel çabalardan ziyade işbirliğinin standart olduğu ve ortak bilginin başarının anahtarı olduğu ekiplerin oluşturulması önemlidir. Ayrıca, ekip üyeleri, diğer takım üyelerine ne yapmaları gerektiğini söylemek yerine, lider rolünün temeli ve değişime destek vermeyi amaçladığı yerde, birlikte çalışmayı, işbirlikçi olmayı ve sürekli düşünmeyi ve öğrenmeyi taahhüt etmelidir. İnsanların ekip halinde birlikte çalışmalarını sağlamak, eşzamanlı mühendisliğin başarılı uygulamasında önemli bir rol oynar (Stark, 1998).

Sofuoğlu'na göre EM sonuçları etkileyici olsa da, benimseme oranı ve uygulamanın tamlığı farklı şirketler ve farklı ülkeler arasında belirgin farklılık göstermektedir. Üstelik, EM, farklı araçlar, teknikler, politikalar vb. içeren entegre bir yaklaşımdır, bu nedenle bu tür uygulamaların ölçütleri açık değildir (Sofuoğlu, 2011).

Başarı olasılığını artırmak için, yöneticiler: (1) projeyi yükseltmeli, (2) hedefleri aydınlatmalı, (3) entegrasyonun önündeki engelleri kaldırmalı ve (4) ayrıntılı EM süreçlerini belirlemelidir. Üst yönetim katılımı başarı için çok önemlidir. EM projelerinde doğru insan grupları arasında doğru zamanda ve doğru düzeyde etkileşimi teşvik eden hedeflerin tanımlanması önemlidir. Program yöneticileri, en büyük engelleri ortaya çıkaran sebepleri tespit etmeli ve bunları kırmak için uygun araçlar ve yaklaşımlar uygulamalıdır. Ekip üyeleri, EM ortamında etkin oyuncular olmak için teknik beceri ve bilgi erişiminden daha fazlasını gerektirir (Swink, 1998).

Okpala ve Dara (Okpala & Dara, 2017) çalışmalarında eşzamanlı mühendisliği uygulamanın faydaları ve başarılı bir uygulamanın önündeki engelleri belirlemişlerdir. Faydaları arasında, teslim süresinin azalması, artan ürün kalitesi, multidisipliner ekiplerin geliştirilmesi, rekabet avantajı, müşteri tatmini ve üretim maliyetlerinin azalması vardır. Engeller arasında ise, eşzamanlı mühendisliğin takım çalışmasında yeterli eğitimler olmadan gelişigüzel bir şekilde uygulanabileceğine dair yanlış inanç, yönetim ve personel katılımının eksikliği, eşzamanlı mühendislik uygulaması hakkında yeterli uzmanlık ve bilgi eksikliği, üretim süreçlerinin yetersiz iyileştirilmesi, yetersiz yönetim desteği, takımın uygun şekilde koordine eksikliği, tedarikçilerin başarısızlıkları, çalışanların, eşzamanlı mühendisliği birleştiren üretim değişikliklerini kabul etme ve bunlara uyma

direnci, olumsuz ödül sistemleri ve performans değerlendirmesi, gerçek dışı programlar, bilgi teknolojisi araçlarının eksikliği olarak sıralamışlardır.

2.8. Eşzamanlı Mühendislikte Takım Çalışması

Eşzamanlı mühendisliğin uygulanmasında takım çalışması en temel gerekliliktir. Sıralı ürün geliştirme aksine, fonksiyonlar paralel olarak gerçekleştirileceği için, disiplinler arası oluşturulan ekibin eşzamanlı olarak çalışması gerekmektedir.

Kusar ve arkadaşlarına göre, büyük firmalarda takımlar ürün geliştirmenin çeşitli aşamalarında mantıksal olarak oluşturulmuş çalışma gruplarından oluşur ve her çalışma grubu dört temel ekipten oluşur. Bunlar mantıksal ekip, personel ekibi, teknoloji ekibi ve sanal ekiptir. Mantıksal ekip, tüm geliştirme sürecini mantıksal birimlere ayırır, personel ekibi gerekli personeli bulur ve eğitir, teknoloji ekibi strateji ve konsept üretir, sanal takım ise bilgisayar yazılımı formundadır. Fakat KOBİ' ler için, daha az çalışan ve daha az takım ihtiyacı vardır. Bunun için dört ekip yerine, mantıksal ve teknoloji ekibi olmak üzere ikiye düşürmüşlerdir (Kušar & diğerleri., 2004).

Takımlar bir proje hakkında en bilgili olan ve karar vermek için en iyi konumda olandır; kendi kararlarını verme yetkisi verildiğinde en iyi şekilde çalışırlar. Bu aynı zamanda süreci hızlandırmaya ve yönetim katmanları aracılığıyla karar alınmasını beklerken gereksiz gecikmelerden kaçınmaya yardımcı olur (Bhuiyan, Thomson & Gerwin, 2006).

Jian ve Oriet, eşzamanlı mühendislik projelerinin başarıya ulaşması için, öncelikle çapraz fonksiyonel takımların oluşturulması gerektiğini belirtir. Genellikle eşzamanlı mühendislik projelerinde sıkılıkla üç seviyeli ekipler görülür. Bunlar birinci seviyede yönetim ekibi, ikinci seviyede teknik ekip ve üçüncü seviyede tasarım ekibidir. Yöneticilerden oluşan ekip, CE' nin başarısı için kritik olan destekleyici ve çok disiplinli bir ekip ortamı yaratmalıdır. Ürün geliştirme sürecine odaklanmadan ekipler ve yönetim sorumlu olacaktır. Ekipler sürekli iyileştirmenin ve tüm ürün geliştirme sürecini kolaylaştırmanın yollarını arayacaklardır. Yönetim, süreci daha iyi desteklemek ve değişimi kurumsallaştırmak için örgütsel altyapıyı değiştirecektir (Jian & Oriet, 2005).

EM' nin üç temel unsuru; takım çalışması, katılımcıların erken katılımı ve ürün geliştirmenin farklı aşamalarında eşzamanlı çalışmadır. Eşzamanlı iş akışı ile paralel faaliyetler teşvik edilir. Bilginin erken yayılmasıyla, son tasarımlar gelişirken, mühendisler sorunun farklı aşamalarında çalışmaya başlayabilirler. Zaman kaybı olan yeniden işleme de önlenir, çünkü bilginin erken yayınlanması, ürün tasarımının hedefe ulaşmaya başladığının erken tespitini teşvik eder (Koufteros, Vonderembseb & Doll, 2001).

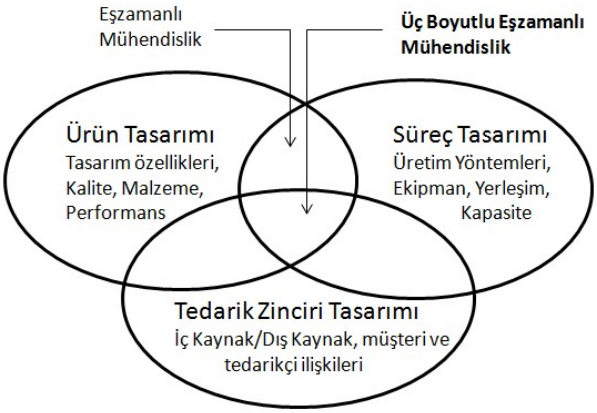
2.9. Üç Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik (3-BEM)

Bir ürünün başlangıç fikrinden müşteriye teslimine kadar, ürün, süreç ve tedarik zincirinin üç alanında sayısız sürecin tasarımı ve işletilmesi konusunda birçok karar vermeyi gerektirir. Bu kararlar stratejik ve operasyonel niteliktedir ve bu kararların birçoğu bileşenlerin sayısı ve karmaşıklığı, bileşen ortaklığı veya ürün modülerliği gibi ürün özelliklerine göre sınırlandırılmakta veya etkinleştirilmektedir (Fixson, 2005).

Eşzamanlı mühendislik, ürün ve süreç kararlarının olabildiğince paralel yapılmasını ve ürün tasarımının ilk aşamalarına üretim faktörlerinin dahil edilmesini amaçlar. Ürün ve üretim sürecinin eşzamanlı tasarlanmasının bir uzantısı olarak ortaya çıkan üç boyutlu eşzamanlı mühendislik, bunları tedarik zinciriyle uyumlu hale getirmektir. Charles Fine' a göre, üç boyutlu eşzamanlı mühendislik (3-BEM), bu konsepti ürünlerden ve imalattan, tedarik zincirlerinin eşzamanlı tasarımı ve geliştirilmesine kadar genişletir. Özellikle, tedarik zinciri tasarımının stratejik doğasını bir kez anladıktan sonra, onu ürün ve süreç geliştirme ile bütünleştirmeye neredeyse mecbur hisseder (Fine, 2000).

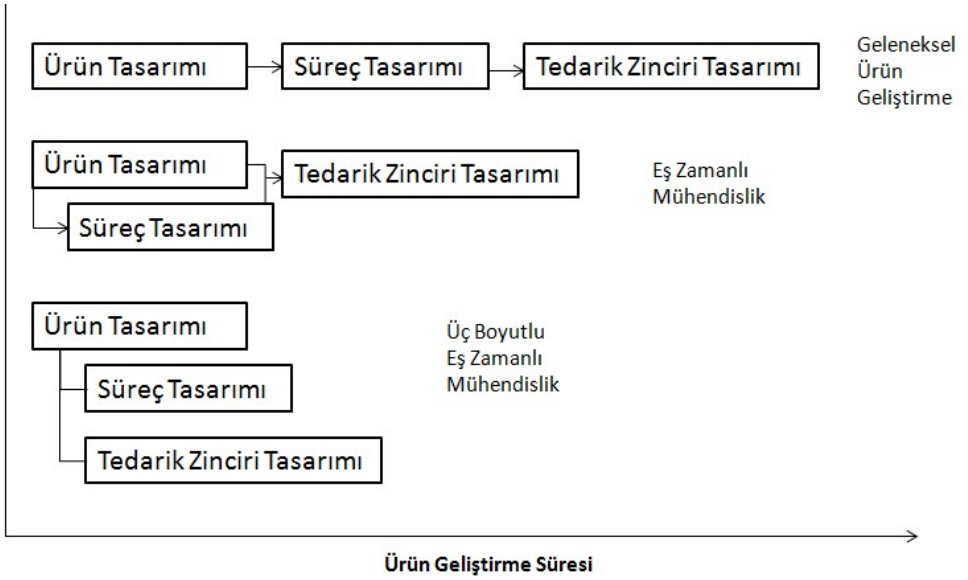
Üç boyutlu eşzamanlı mühendislik ilk olarak 90' larda Fine tarafından tanıtıldı. Ürün, süreç ve tedarik zincirinin ihtiyaçlarını eşzamanlı olarak ele alarak ve dengeleyerek, iyileştirilmiş operasyonel performans teşvik edilir ve tüm sistem uyumlu hale getirilebilir (Marsillac & Roh, 2014). Fine' a göre, 3-BEM' nin uygulanması için örgütsel süreçlerde radikal cerrahi gerekmez. Böylece gerekli değişiklikleri yaratmak için mevcut örgütlerini aşmaları gerektiğinde ısrar eden yöneticiler tarafından yeniden yapılandırılan birçok kişi için rahatlatıcı bir haberdir (Fine, 2000).

Şekil 2.8, ürün, süreç ve tedarik zinciri geliştirme faaliyetleri arasındaki etkileşimleri göstermektedir. Üç ovalin üst üste geldiği yerlerde, üç işlev arasında, iki taraflı veya toplu olarak eşzamanlı olarak gerçekleştirilmesi gereken faaliyetler ifade edilir. Bu şema ayrıca, üç işlevden herhangi birinde gerçekleştirilen tüm faaliyetlerin diğer grupların üyeleri ile birlikte gerçekleştirilmesinin gerekli olmadığını göstermektedir (Fine, 2000).



Şekil 2.8. 3-BEM Ürün, süreç ve tedarik zinciri aktiviteleri arasındaki ilişki (Fine, 2000)

Geleneksel yaklaşımda art arda gerçekleşen süreçler, eşzamanlı mühendislikte ürün ve üretim sürecinin birlikte tasarlanmasıyla gerçekleşir. Üç boyutlu eşzamanlı mühendislikte ise, ürün, süreçler ve tedarik zinciri eşzamanlı olarak tasarlanır. Böylece ürün geliştirme süresi önemli ölçüde kısalır. (bkz. Şekil 2.9)



Şekil 2.9. Geleneksel ürün geliştirme süreci, eşzamanlı mühendislik ürün geliştirme süreci ve üç boyutlu mühendislik ürün geliştirme süreci karşılaştırması (Mombeshora, Dekoninck & Cayzer, 2014)

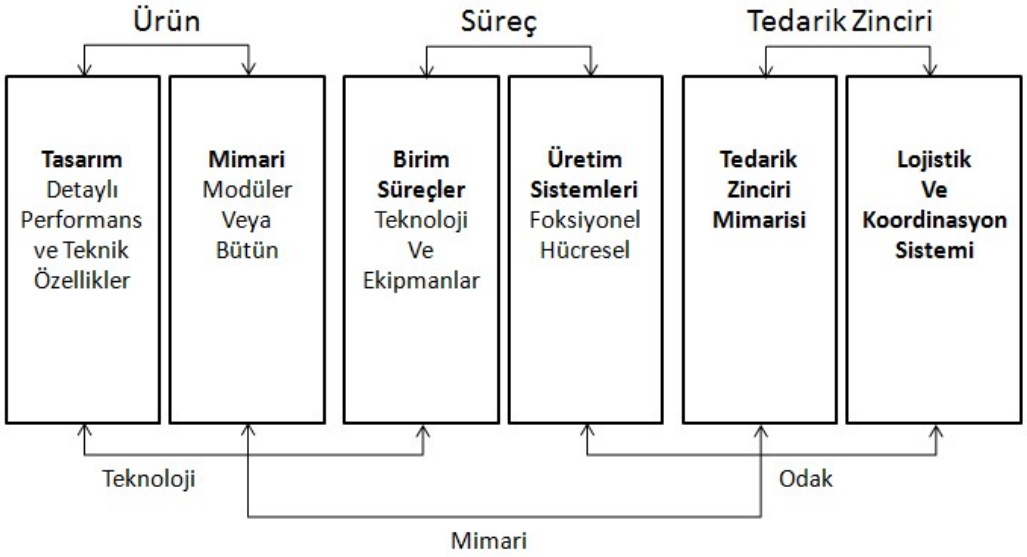
Üç boyutlu eşzamanlı mühendisliği daha doğru anlamak için, öncelikle ürün tasarımı, süreç tasarımı ve tedarik zinciri tasarımının tanımlarını yapmak gerekir. Bu kavramlar 3-BEM' nin temelini oluşturur (Ellram, Tate & Carter, 2007).

Temel 3-BEM Konsepti	**Tanım**
Ürün tasarımı	: Ürün tasarımı ürünün özellikleriyle ilgilenir.
Süreç tasarımı	: Proses tasarımı, ürünün imalatı, kullanılacak prosedürler, tesisler, ekipman ve çıktı için kullanılacak olan temalara odaklanır.
Tedarik zinciri tasarımı	: Tedarik zinciri tasarımı, tedarik ve dış kaynak kullanımı, lojistik kanallar, tedarikçiler ve müşteriler ile bir kuruluşun tedarik zincirinin diğer üyeleriyle olan ilişkilerini dikkate alır.

Tablo 2.3. 3-BEM' in temel konseptleri (Ellram, Tate & Carter, 2007)

Fine, ürün, süreç ve tedarik zincirinin her birini iki alt faaliyete ayırmıştır. Ürün geliştirme için, mimari ve ayrıntılı tasarım tercihlerine bölmüştür. Bunlar bütünlük veya modülerlik kararları ve ayrıntılı performans ve fonksiyonel özellikleri içerir. Süreç

tasarımı için, birim süreçler ve üretim sistemlerinin geliştirilmesi olarak ikiye bölmüştür. Bu alt başlıklar, kullanılacak teknoloji ve ekipmanlar, üretim tesisi düzeni gibi kararları içerir. Son olarak, tedarik zinciri tasarımı, tedarik zinciri mimarisi kararlarına ve lojistik sistem kararlarına bölünmüştür. Bunlar, üret ya da dışarıdan satın al kararları, lojistik açıdan da envanter, teslimat ve enformasyon teknolojileri kararlarını içerir (bkz. Şekil 2.10) (Fine, 2000).



Şekil 2.10. 3-Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik Eşzamanlılık Modeli (Fine, 2000)

2.9.1. Ürün Tasarımı

Bir ürünün geliştirilmesi, piyasa verilerini üretim - modeller, teknik özellikler, prototipler, tasarımlar, programlar vb. İçin bilgi ve teknik fırsatlara dönüştüren bilgilerin oluşturulması ve iletilmesi ile ilgili tüm faaliyetlerle tanımlanır.

Müşteri gereksinimleri genellikle müşteri dilindedir. Bu ihtiyaçlar, ürün spesifikasyonlarına çevrilerek, ürünün ne yapması gerektiğini ölçülebilir bir şekilde anlatılır. (Ulrich & Eppinger, 2011)

İlk aşama, tasarım spesifikasyonları veya teknik şartnameler ve ekonomik istekler oluşturmaktır. Sonraki aşamalar, ulaşılan çözümün somutlaştırılma ya da bir işleve (soyut biçime) bir çözüme (somut biçime) geçiş sürecidir.

Ön tasarımın (kavramsal tasarım) ilk aşamasında, işlevsel bir analizden ve her bir işlev ve alt işlev için mevcut teknik alternatiflerin bir çalışmasından nesne kavramı seçilir. Kavramsal tasarım aşamasının amacı, eserin şekillerini ve boyutlarını belirlemektir. Detaylı tasarım aşaması (detay tasarımı) bileşenleri oluşturur, gerekli belgeleri hazırlar ve üretimden tedariğe hazırlar. (Ghimisi & Dana, 2014)

Platform stratejileri ve modülerleştirme, konsept oluşturma sürecinde önemli etkiye sahiptir. Üreticilerin karşılaştıkları küresel rekabetin giderek arttığı birçok üretici, aynı ürün veya modüllerin farklı ürünlerde kullanımını artırarak tasarım ve üretim maliyetlerini düşürmeye çalışmaktadır (Murthy, Rausand & Østerås, 2008).

T.W. Simpson ve arkadaşlarına göre, bir ürün platformu, bir ürün ailesi genelinde nesiller arasında paylaşılan ortak varlıklar grubudur. Bu varlıklar üretim hattından ortak sistem modellerine kadar herhangi bir şey olabilir. Ürün platformlaması, ürün ailelerini ve nesiller boyu ürünlerini maliyet etkin bir şekilde geliştirme konusunda ortak bir yaklaşım haline geldi. Varlıkların platform ürünlerinde paylaşılması, örneğin üretim, lojistik ve kalite kontrolünde maliyet tasarrufları ve birçok operasyonel avantaj getirir. Dahası, her ürün bir takım ortak modüllere dayandığından, sadece varyant veya güncellenmiş modül tasarlanması gerekeceğinden ek varyantlar veya geçmiş ürünlerin yeni bir versiyonu geliştirmek daha kolaydır (Simpson, Otto & Otto, 2014).

Bir ürün platformunun temel özellikleri şunları içerir: (1) teknolojilerin ve alt sistemlerin ("platform unsurları") nasıl entegre edilebileceğini belirleyen mimari kurallar / standartlar, (2) Bir dizi ürün sunumunun temel değer teklifini, rekabetçi farklılaşmasını, yeteneklerini, maliyet yapısını ve ömrünü tanımlar; ve (3) Tek bir platformdan birden fazla ürün sunumunu desteklemek, ve yeniden kullanıma izin vermek (Simpson, Siddique & Jiao, 2006).

Modülerlik, karmaşık ürünleri ve süreçleri, bağımsız olarak değiştirilebilen bağımsız birimler veya modüller halinde bölünerek verimli bir şekilde organize etmek için bir ürün stratejisidir. Ürün maliyetinin bir yönü üründeki bileşenlerin sayısını asgariye indirmektir. Modüler ürünler montaj için daha az bileşen içerirler. Ön montajı artırarak ve ortak arayüzleri kullanarak, modülerlik ürün maliyetini düşürür. Modüller genellikle tedarikçinin alt montajları tarafından belirlenir. Modüler tasarımın önemli bir

parçası olan bileşen ve alt sistemlerdeki ortak noktaları artırmak, takım seti sayısının azalmasına ve kurulumda az değişiklik yapmasına neden olur. Buna ek olarak, modülerlik belirli bir işlemi veya kurulumu kullanan bileşen sayısını arttırarak pozitif bir ölçek ekonomisi sağlar (Gershenson & Prasad, 1997).

Modüler üretim sistemleri, otomatik bir montaj veya işleme sistemi tasarlamak ve dağıtmak için gereken süreyi büyük ölçüde azaltır. En önemlisi, bir imalat hattını bir üründen diğerine çevirmek, hızlı değişen pazara ayak uydurmak için çok hızlı ve kolaydır.

Modülerlik, tasarımcının imalat süreçlerinde meydana gelen değişikliklerin ürün tasarımını ne ölçüde etkileyeceğini kontrol etmesini sağlar. Değiştirilebilirliği destekleyerek, modülerlik, tasarımcılara, bu değişen süreçleri karşılamak için azaltılmış çevrim süresi ile daha fazla esneklik kazandırır. Değişikliklerin etkisini kontrol etme ve değişikliklere yanıt vermek için esnek olma, ürün çevikliğinin yararlarıdır. Çevik bir ürün geç üretim teknolojisinin akışına ya da üretim stratejisinin geç bir değişimine daha kolay adapte olabilir (Gershenson & Prasad, 1997)

Modülerlik, bir ürünün bağımsız bileşenlere bölünmesinden kaynaklanmaktadır. Bu bağımsızlık, standartlaştırılmış bileşenlerin kullanımını arttırmakta ve tasarımcıların çok daha küçük bir bileşen seti kullanarak daha geniş bir ürün yelpazesi yaratmalarını kolaylaştırmaktadır. Ürün çeşitliliği, nihai üründeki her bileşenin birkaç farklı versiyonuyla oluşturulur. Bileşenler arasındaki fiziksel ve işlevsel arayüzler aynıdır. Sonuç, bileşenlerin herhangi bir bileşiminin aynı üründeki farklı sürümlere veya hatta ufak değişikliklerle birlikte farklı bir üründe bir araya getirilebilmesidir.

2.9.2. Süreç Tasarımı

Ürün tasarımı, ürün ve alt bileşenleri için bir plandır. Tasarımı fiziksel bir ürüne dönüştürmek için de imalat süreci planı gereklidir. Bu, ürün tasarımı ve imalatı arasındaki bağlantıyı oluşturur. Üretim süreci, girdileri çıktılara dönüştüren bazı aşamalardan oluşur. Buradaki temel amaç, istenilen ürünü, istenilen kalite ve miktarda, minimum maliyetle üretebilecek bir sistem oluşturmaktır. Ancak uygun üretim prosesinin seçimi, tasarım, malzeme ve süreç arasındaki bağlantıyı düşünmeyi gerektirir.

Ön tasarım aşamaları sırasında, yani henüz tasarım veya malzemenin az bir kısmına karar verilmişken ve süreçler düşünülmeye açıkken, geniş fırça yaklaşımı kullanılır. Bu aşamada tüm prosesler standart bir formatta tanımlanır. Buna yardımcı olan bazı yazılımlar sayesinde, belirli tasarım gereksinimlerini karşılayan süreçlerin hızla tanımlanması sağlanabilir. Tasarımın son aşamalarında, süreç, malzeme ve ürün tasarımı neredeyse tamamen netleşmişken, sadece son detayları optimize etmek gerekir (Shercliff & Lovatt, 2001).

Bir imalat süreci tasarımı, iş gereksinimlerinden başlayıp, iş ihtiyaçlarını karşılamak için üretim operasyonlarını yapılandırmaktır. Tasarımın erken aşamasında ürünün tüm yönlerini ele alıp, maliyet ve zaman harcayan faaliyetlerden kaçınmak gerekir.

Süreç alanındaki stratejik seviyedeki kararlar genellikle büyük ölçekli üretim yatırımlarını etkiler; Bu kararların örnekleri, üretim kapasitesinin büyüklüğü, üretim süreçlerinin türü veya üretim tesislerinin yerleridir. Operasyonel düzeyde, ilgili kararların örnekleri arasında üretimin planlanması, ekiplerin organizasyonu ve bakımın planlanması yer almaktadır. Süreç alanındaki önemli bir karar sınıfı, ürünü üretmek için kullanılacak işlemlerin sayısı ve türünün seçilmesidir. Bu kararlar, tek tek bileşenlerin karmaşıklığı, bileşenlerin sayısı, bileşenlerin ürün aileleri arasında ne ölçüde yeniden kullanılabileceği ya da bileşenler arasındaki bağlantı derecesi gibi ürün mimarisi özelliklerinden bağımsız değildir.

Üretim stratejisi, iş stratejisini desteklemek ve iş hedeflerini karşılamak için üretim sisteminin kaynaklarını kullanmak için uzun vadeli bir plandır. Bu da üretim stratejisinin oluşturulmasına izin vermek için bir takım kararlar gerektirir. Altı temel karar kategorisi vardır: (Scallan, 2002)

- Kapasite Kararları: Müşteri ihtiyacının mevcut kaynaklar ve gerekli olanlarla nasıl karşılandığıyla ilgilidir. Ne yapılması gerekli, bunu yapmak için ne kullanılması gerekli, ve ne zaman ve nasıl gerçekleştirilecek, sorularının yanıtlarını içerir.

- Süreç Kararları: Bu, temel olarak hangi sistem türünün kullanılması gerektiğine karar vermekle ilgilidir.

- Tesis Kararları: Tesis kararlarında ana odak noktası fabrika yerleşimidir. Aynı zamanda belirli ürünlerin belirli tesislere organizasyonel düzeyde atanmasıdır.

- Üret/Satın Al Kararları: Şirket içerisinde nelerin yapılacağını, dışarıdan nelerin satın alınacağının karar verilmesidir.

- Altyapı Kararları: Bu karar iş hedeflerini karşılamak için gerekli politikaları ve organizasyonları gözönünde bulundurur.

- İnsan Kaynakları Kararı: Gereken işlevleri ve organizasyon yapısını ve ödül sistemini, yani ödeme, ikramiyeleri vb. tanımlamaktır.

Ürün ve süreç tasarımını eşzamanlı gerçekleştirebilmek için, DFX teknikleri kullanılır. İmalat için tasarım (DFM) ve montaj için tasarım (DFA), parçanın basitleştirilmesini ve daha az parça sayısını hedefler. Bu hem üretim sürecinin bastileştirilmesini sağlar, hem de daha az montaj operasyonu gerektirir. Böylece zaman ve maliyet tasarrufu sağlanır.

Eşzamanlı mühendislik, ürünlerin ve üretim ve destek süreçlerinin entegre tasarımına dayanır. Tasarlandıktan sonra ürünün üretilebilirliğini değerlendirmek ve üretkenliğini arttırmak için ürün tasarımında uygun değişiklikler yapmak söz konusu değildir. Üretim sorunlarına ilişkin erken düşünceler, ürün geliştirme süresini kısaltır, geliştirme maliyetini en aza indirir ve üretime yumuşak bir geçiş ve piyasaya sunma süresinin kısalmasını sağlar.

Tasarımcılar, tasarımlarını oluşturmak için kullanılacak süreci bilmelidir. Doğru süreci seçmeleri, doğru toleransları belirtmeleri, mevcut fabrika işlemlerini kullanmaları, kurulum değişikliklerini en aza indirmeleri ve sorunsuz ürün tanıtımı sağlamaları için tek yol budur. Bunların hepsi işgücü maliyetlerini en aza indirecektir (Pullana, Bhasi & Madhu, 2010).

Süreç planlama, bir ürünü ve parçalarının nasıl yapılacağına dair mühendislik ve teknolojik konuları içerir. Parçaları üretmek ve montajını gerçekleştirmek için, hangi ekipman ve araçlar gerekli olduğuyla ilgilenir.

Süreç planlama imalat mühendisleri tarafından gerçekleştirilir. Planlamacının bilgi, yetenek ve deneyimine dayanarak, parçayı üretmek için en mantıklı şekilde süreç adımları oluşturulur. Süreç planlama aşağıdaki karar ve detayları içerir: (Groover, 2000)

- Tasarım çizimlerinin yorumlanması: Süreç planlamanın en başında, ürün tasarımının malzemesi, boyutları, toleransları vb. analiz edilmelidir.

- Süreç ve dizi: Süreç planlamacı hangi süreçlerin gerekli olduğunu ve sıralamalarını belirlemelidir.

- Ekipman seçimi: Genel olarak, mevcut ekipmanlarla üretilecek planlar geliştirilir. Aksi taktirde, bileşen ya dışarıdan satın alınır ya da yeni ekipman yatırımı yapılması gerekir.

- Aletler, kalıplar, fikstürler: Planlamacı, hangi takımların gerekli olduğuna karar vermelidir.

- Yöntem analizi: İşyeri yerleşimi, küçük aletler, ağır parçaları kaldırmak için vinçler, hatta el ve vücut hareketleri manuel operasyonlar için belirlenmelidir.

- İş standartları: İş ölçüm teknikleri her operasyon içim kullanılmalıdır.

- Kesme aletleri ve kesme koşulları: Bunlar makineleme işlemleri için belirtilmelidir.

Süreç planlamayı gerçekleştirecek imalat mühendisleri, mühendislik çizimlerini yorumlama becerisine, malzeme bilgisi, kılavuz fikstür bilgisi, üretim süreçleri bilgisine sahip olmalıdır. Malzemelerin maliyetleri, imalat maliyetlerini hesaplama becerisi ve kalite prosedürlerine de hakim olmalıdır. Bu doğrultuda üretim sürecinin planlanmasında gerçekleştirilecek aktiviteler (Scallan, 2002) tarafından aşağıdaki şekilde sıralanmıştır.

- Çizimlerin yorumlanması: Bileşenin çizimi, işleme koşullarının değerlendirilmesine yardımcı olabilecek çeşitli bilgiler içerir. Çizimin yorumlanması, parça geometrisinin, boyutların ve ilgili toleransların, geometrik toleransların, yüzey bitiş özelliklerinin, malzeme şartnamesinin ve gerekli parçaların sayısının değerlendirilmesini

içerir. Bu yorumdan, kritik işlem faktörleri tanımlanabilir ve aday üretim süreçlerinin bazı belirtilerini verebilir.

- Malzeme değerlendirmesi ve proses seçimi: Etkili süreç planlaması için üretimde kullanılan malzemelerin tam olarak bilinmesi önemlidir. Çünkü her malzemenin farklı özellikleri vardır ve bunlara dayanarak belirli süreçlere diğerlerinden daha uygun olurlar. Ayrıca, bazı materyaller işlem sırasında özelliklerde değişikliklere uğrar ve bu nedenle bu hususa mutlaka dikkat edilmelidir.

- Makine ve araçların seçimi: Bir bileşenin başarılı bir şekilde işlenmesi, özellikle işleme için uygun aletlerin seçimine dayanır. Süreç planlayıcısı hangi süreçlerin kullanıldığını belirledikten sonra, bunun için gerekli olan spesifik üretim ekipmanı seçilmelidir.

- Süreç parametrelerinin belirlenmesi: Makineler ve takımlar seçildikten sonra, her makine ve her işlem için özel parametreler oluşturulmalıdır. Bunlar, her bir işlem için her bir takım için uygun beslemelerin, hızların ve kesme derinliğinin hesaplanmasını içerir.

- Çalışma cihazlarının seçimi: Bir imalat işlemine izin vermek için bir iş parçasını öngörülen bir şekilde tutmak, kavramak veya sıkıştırmak için kullanılan tüm cihazları kapsar. Herhangi bir çalışma cihazının temel amacı, imalat işlemi gerçekleştirilirken bir iş parçasını hassas bir konumda konumlandırmak ve tutmaktır.

- Kalite güvence yönteminin seçimi: Bu aşamada, kullanılmakta olan sürecin kabiliyetine dayanarak, süreç planlayıcısı, hangi en uygun kalite güvence araçlarını ve hangi teknikleri kullanacağını belirleyecektir. Bunlar, kaliperler, mikrometreler ve göstergeler gibi temel ölçüm araçlarından, koordinat ölçme makinelerinin kullanımına kadar uzanacaktır. Ayrıca, istatistiksel süreç kontrol yöntemlerinin uygulanması da ele alınacaktır.

- Maliyetlendirme: Süreç planlayıcısı, süreç planının maliyetlerini tahmin etmekle de görevlendirilmiştir. Bu, mevcut maliyet ve zaman verilerine dayanarak bir bileşen veya ürün üretmenin üretim maliyetlerini tahmin etmek anlamına gelir. Maliyet ve hacim arasındaki ilişkiyi kurarak, hangi malzemenin kullanılacağı, kullanılacak üretim

süreçleri, kullanılacak parti büyüklüğü ve bir ürün veya bileşen üretilip dış kaynak kullanılacağı hakkında karar verilebilir.

Süreç planlamada önemli bir konu, verilen parça şirketin kendi fabrikasında mı üretilecek yoksa dışarıdan bir tedarikçiden mi satın alınacak kararlarıdır. Şirketler bir parçayı üretmek için gerekli teknolojik ekipmana ve uzmanlığa sahip değilse, parça dışarıdan satın alınabilir.

Üret ya da satın al kararlarının sonucu, bir dizi faktör, mevcut bilgilerin kalitesi ve analizde kullanılan varsayımlardan etkilenir. Maliyet ve kârlılık konularının yanısıra, tedarik kararları ayrıca tedarikçi kalitesi, tedarik süreleri ve teslimat güvenilirliği ile ilgili strateji konularının, detaylı finansal değerlendirmenin, verimlilik ve risk boyutlarının dikkate alınmasını da içerir. Bütün bu etkenler bir araya getirildiğinde, karlılık, yatırım kararları, işletme sermayesi, borçlanma ve rekabet pozisyonu üzerinde etkili olan oldukça karmaşık ve duygusal bir kaynak satın alma kararı olabilir. Yanlış bir karar, daha yüksek ürün maliyetlerine, kaynakların kötüye kullanılmasına ve kaybedilen fırsatlara, müşterilere ve pazar paylarına yol açabilir (Tayles & Drury, 2001).

Üret ya da satın al kararı bir kuruluş için çok önemli bir karardır ve kuruluşun geleceği ve varlığı üzerinde önemli etkileri olabilir. Giderek kompleks hale gelen ürün yapıları neticesinde de firmalar için ürünün tüm bilşenlerini kendi bünyesinde üretmesi mümkün olmayabilir veya belirli sebepler dolayısıyla tercih etmeyebilir.

Multidispliner bir yaklaşımla bir karar verilmeden önce detaylı analiz gerektiren bir süreçtir. Üstelik, maliyet azaltmanın tek başına yapmak ya da satın almak için en belirleyici faktör olmadığı ortaya çıkmaktadır. Çekirdek yetenek riski, strateji, belirsizlik, esneklik, sermaye gereksinimleri, finansal getiriler ve beceri ve uzmanlık düzeyi gibi hususlar da dikkate alınmalıdır. Yalnızca geleneksel saf kaynak kullanımı ('yap ya da satın al') değil, aynı zamanda hem 'yap ve satın al' (çoğul kaynak), " hibrit kaynak " ve stratejik ittifakların birleşiminin önemini vurgulamışlardır, böylece firmalar kendi yapılarına en uygun üretim stratejisini tasarlayabilir (Serrano, Ramírez & Gascó, 2018).

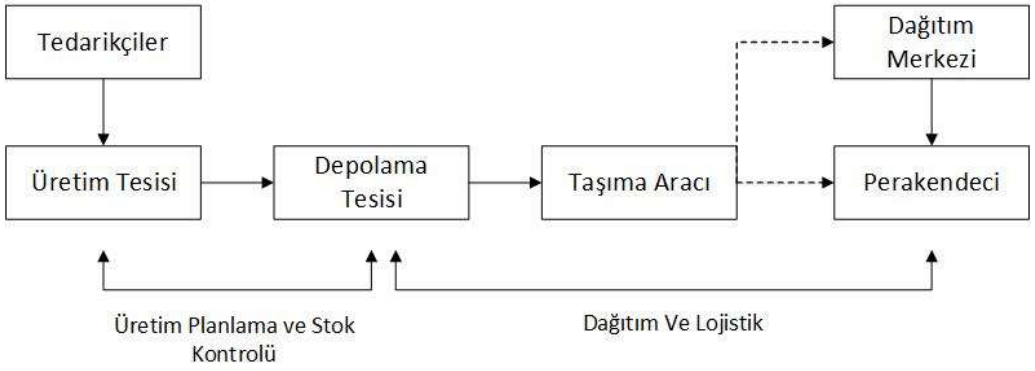
Faktör	Üret/Satın al kararı üzerindeki etkisi
Parça maliyetleri nasıl karşılaştırılır?	Bu en önemli faktördür. Ancak maliyet karşılaştırmaları her zaman açık ve kolay olmayabilir.
Süreç şirket içinde mevcut mu?	Eğer ekipman ve teknolojik uzmanlık şirket içinde mevcut değilse, dışarıdan satın alınması gerektiği açıktır.
Toplam üretim miktarı nedir?	Ürün ömrü boyunca üretilmesi gereken miktar önem taşır. Eğer miktar artarsa, üretme kararı daha doğru hale gelebilir. Miktar az ise, satınalma tercih edilebilir.
Beklenen ürün ömrü nedir?	Uzun ürün ömürlerinde üretme kararları tercih edilebilir.
Bileşen standart bir ürün müdür?	Standart katalog ürünleri, bu konularda uzman tedarikçiler tarafından daha uyguna üretilmektedir.
Tedarikçi güvenilir midir?	Teslimatlarını geciktiren bir tedarikçi, bu anlamda güvenilir olmayabilir.
Şirketin üretim tesisi ful kapasitede mi çalışıyor?	Talebin yoğun olduğu dönemlerde, harici imalatçılardan gerekli üretimin bir kısmı satın alınabilir.
Şirketin alternatif bir tedarik kaynağına ihtiyacı var mı?	Şirketler kendi üretim tesislerine alternatif bir kaynak sağlamak için bazen dış satıcılardan satın alırlar.

Tablo 2.4. Üret/Satın Al kararları üzerinde etkisi olan faktörler (Groover, 2000)

2.9.3. Tedarik Zinciri Tasarımı

Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçilerden, müşterilere kadar malzeme, hizmet ve bilgi akışının tasarlanması, planlanması ve operasyonların yönetilmesidir. Bir firmanın tedarik zinciri, ürünün ilk kaynağından son tüketim noktasına kadar hareketini sağlar. Tedarik zinciri tasarımından etkilenmeyen şirket içi bir süreç tasarlamak zordur, çünkü tedarik zinciri işletme süreçlerine tamamıyla etki eder. İmalatçılar, malzeme akışını kontrol ederek envanteri kontrol altında tutmak isterler. Envanter seviyesinin dengeli şekilde yönetilmesi önem taşır. Envanteri düşük seviyede tutmanın bir nedeni, işletme için envantere yatırdığı parayı başka bir yerde değerlendirebilir olması yani fırsat maliyetidir. Buna ek, envanter tutma maliyeti, depolama ve elleçleme maliyeti, vergiler ve sigortalar envanteri düşük seviyede tutmayı gerektiren önemli maliyetlerdir (Ritzman & Krajewski, 2013).

Doğru tedarik zinciri tasarımının belirlenmesi, nicel verilerin yanısıra bazı nicel olmayan değerlendirmeleri de içerir. En yüksek seviyede bir tedarik zinciri, iki temel entegre süreçten oluşur: (1) Üretim Planlama ve Stok Kontrol Süreci ve (2) Dağıtım ve Lojistik Süreci. Aşağıda Şekil 2.11' de gösterilen prosesler, hammaddelerin nihai ürünlere dönüşümü ve hareketi için temel çerçeveyi sağlamaktadır.



Şekil 2.11. Tedarik Zinciri Süreci (Beamon, 1998)

Üretim planlaması tüm üretim sürecinin tasarımını ve yönetimini içerir. Bunlara ham madde çizelgeleme ve satın alma, üretim süreci tasarımı ve çizelgeleme ve malzeme taşıma tasarımı ve kontrolü dahildir. Envanter kontrolü, hammadde, süreç içi stoklar ve genellikle nihai ürünler için depolama politikaları ve prosedürlerinin tasarımını ve

yönetimini tanımlar. Dağıtım ve Lojistik Süreci, ürünlerin depodan perakendecilere nasıl alındığını ve taşındığını belirler. Bu ürünler doğrudan perakendecilere nakledilebilir ya da ilk olarak dağıtım ürünlerini perakendecilere taşıyacak olan dağıtım tesislerine taşınabilir. Bu süreç, envanter alımı, nakliye ve nihai ürün teslimatının yönetimini içerir. Bu süreçler birbirleriyle etkileşim halindedir. Bu süreçlerin tasarımı ve yönetimi, tedarik zincirinin gereken performans hedeflerini karşılayacak bir birim olarak ne ölçüde çalıştığını belirler (Beamon, 1998).

Tedarik zincirini yönetmek çok çeşitli metot ve prensipler gerektirir. Tedarik zinciri yönetimini sınıflandırmanın bir yolu, alanı tedarik zinciri tasarımına ve tedarik zinciri operasyonlarına ya da uygulamasına bölmektir (Harrison, 2001). Tedarik zinciri tasarımı, müşteri taleplerini karşılamak için kullanılacak tesisler, dağıtım merkezleri, ulaşım modları ve şeritleri, üretim süreçleri, tedarik zinciri altyapısını belirleme sürecidir. Tedarik zinciri operasyonları ve uygulaması, yerel envanter politikaları ve dağıtım, üretim ve servis çizelgeleri, ulaşım planları, vb. gibi daha taktik konulara yönelik çözümlerin belirlenmesi sürecidir.

Melnyk ve diğerlerine göre (Melnyk, Narasimhan & DeCampos, 2014), tedarik zinciri tasarımı hiyerarşik bir ilişkiye sahip olan üç belirgin boyutun şekillendirdiği bir sürecin sonucudur. Bunlar, etkileyenler, tasarım kararları ve yapı taşlarıdır. Etkileyenler, geniş tabanlı çevresel faktörlerdir. Tasarım kararları, fiziksel ağ tasarımı, kaynak stratejileri, sosyal ağ tasarımı gibi kararları içerir. Yapı taşları ise, istenen tedarik zincirinin oluşturulması için gerekli girdilerdir. Bunlar, fiziki yapılar, ulaşım şekilleri, ERP sistemleri, satın alma karar araçları ve prosedürleri, sözleşmeler, şirket içi süreç geliştirme ve sosyal sermaye yatırımları gibi yatırımları içermektedir.

Herhangi bir tedarik zincirindeki şirketler, aşağıdaki beş konuda kararlar almalıdırlar (Hugos, 2011).

1. *Üretim* ile ilgili kararlar, piyasada hangi ürünlere talep olduğu, hangi üründen ne zaman ne kadar üretilmesi gerektiği ve ana üretim programlarının oluşturulmasını içerir. Üretim, tedarik zincirinde ürünleri üretme ve stoklama kapasitesini ifade eder. Bu anlamda fabrikalar ve depolar üretim tesislerini oluşturur. Burada yöneticilerin karşılaştığı temel karar, cevap verme yeteneği ve verimlilik arasındaki

dengenin nasıl sağlanacağı konusudur. Fabrika ve depolarda fazla kapasite kullanıldığında, esneklik artar ve talep artışlarına kolay cevap verebilme yeteneği artar. Ancak aşırı kapasite kullanımı, daha az verimli çalışmaya neden olur.

2. *Envanter* konusunda tedarik zincirinde hangi envanterin stoklanması gerektiği, hammadde yarı mamul ve bitmiş ürün stokları ne kadar olmalıdır, optimal stok seviyeleri ve yeniden sipariş noktalarının neler olduğu konularını içerir. Büyük miktarlarda stok bulundurmak, bir şirketin veya tüm tedarik zincirinin müşteri talebindeki dalgalanmalara çok duyarlı olmasını sağlar. Bununla birlikte, envanterin oluşturulması ve depolanması bir maliyettir ve yüksek verimlilik seviyelerine ulaşmak için, envanterin maliyeti mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Bu sebeple yine, cevap verilebilirlik ve verimlilik arasındaki denge önemlidir.

3. *Lokasyonda* ise, mevcut tesisler mi kullanılmalı, yoksa yeni tesisler mi kurulmalı, üretim tesisleri ve depolar en uygun şekilde nerede olmalı gibi kararlar verilmesi gereklidir. Yer kararları çok stratejik kararlar alma eğilimindedir çünkü uzun vadeli planlara büyük miktarlarda para verilir. Yer kararlarının bir tedarik zincirinin maliyet ve performans özellikleri üzerinde güçlü etkileri vardır. Tesislerin boyutu, sayısı ve konumu belirlendikten sonra, ürünlerin nihai müşteriye giderken hangi yollardan geçebileceği muhtemel yolların sayısını da tanımlar. Konum kararları, bir şirketin ürünlerini pazarlamak ve sunmak için temel stratejisini yansıtır.

4. *Taşıma* konusunda, envanter bir konumdan diğerine nasıl taşınmalıdır, hangi ulaşım türünü kullanmak daha iyidir kararları verilmelidir. Cevap verebilirlik, hızlı ve esnek bir ulaşım modu ile sağlanabilir. Ürünlerin daha büyük partiler halinde taşınması ve daha az sıklıkla yapılmasıyla verimliliği arttırabilir. Gemi, demiryolu ve boru hatları gibi ulaşım modlarının kullanımı çok verimli olabilir.

5. *Enformasyon,* ne kadar bilgi toplanmalı, ne kadarının paylaşılması gerektiği ve koordinasyon etkili karar verebilmek için önem taşır. Şirketler, diğer dört etmenin operasyonları tarafından üretilen doğru ve zamanında veri toplayıp paylaştığında yüksek düzeyde yanıt verebilir. Üreticilerin, distribütörlerin, büyük perakende mağazalarına bu tedarik zincirlerindeki şirketler, müşteri talebi, üretim çizelgeleri ve stok seviyeleri ile ilgili verileri toplar ve paylaşır.



Şekil 2.12. Tedarik Zincirini oluşturan 5 etmen (Kaynak: (Hugos, 2011)

Bir şirketin yapabilecekleri, bulunduğu pazara ve tedarik zincirinin etkinliğine bağlıdır. Bu kararlar, şirketin tedarik zinciri yeteneğini ve etkinliğini tanımlayacaktır.

Lambert ve Cooper' a göre (Lambert & Cooper, 2000), tedarik zinciri yönetimi çerçevesi, birbiriyle bağlantılı üç elemandan oluşur: tedarik zinciri ağı yapısı, tedarik zinciri iş süreçleri, tedarik zinciri yönetimi bileşenleri. Tedarik zinciri ağı yapısı, firmalar ve bunlar arasındaki bağlantılardan oluşur. İş süreçleri, müşterilere bir değer, yani bir çıktı üreten aktivitelerdir. Yönetim bileşenleri, tedarik zincirinde hangi iş süreçleri entegre olduğu ve nasıl yönetildiği ile ilgili konuları içerir.

Tedarik zinciri ağının yapısı, tedarik zincirinin üyeleri, ağın yapısal boyutları ve farklı süreç bağlantılarından oluşur. Tedarik zinciri iş süreçlerini, müşteri ilişkileri yönetimi, müşteri servis yönetimi, talep yönetimi, sipariş karşılama, üretim akış yönetimi, satınalma, ürün geliştirme ve iadeler oluşturur. Tedarik zinciri yönetiminin bileşenleri ise, planlama ve kontrol, iş yapısı, organizasyon yapısı, ürün akışı tesis yapısı, bilgi akışı tesis yapısı, yönetim metodları, güç ve liderlik yapısı, risk ve ödül yapısı ve kültür ve davranıştır (Lambert & Cooper, 2000).

Envanter yönetimi, envanter düzeylerini izleyen politikalar ve kontroller kümesidir. Her bir ürünün hangi seviyede muhafaza edilmesi gerektiğini, stokların ne zaman yenilenmesi gerektiğini ve siparişlerin ne miktarda olması gerektiğini belirler.

Gerekli ürünlerin çok az stok tutulması genellikle müşteri siparişlerinin zamanında yerine getirilmemesine veya belki de tamamen kaybolmasına yol açar. Ürüne ulaşamayan müşterilerin memnuniyetsizlikleri dolayısıyla, siparişler tamamen kaybedilebilir. Bu memnuniyetsizlik yayılırsa, uzun vadeli etki, karlılıkta bir azalmaya neden olur.

Çok fazla stok tutmak da aynı şekilde bir takım sorunlar oluştur. Hem gereksiz stokları satın almak için, hem de bu envanterlerin tutulması ve yönetilmesi için para harcanacaktır. Çok fazla işletme sermayesi çok uzun süre bağlanırsa, nakit akışı etkilenebilir ve diğer gerekli ürünlerin envanterinin satın alınması tehlikeye girebilir. Aynı zamanda, işletme değişikliklere hızlı bir şekilde tepki vermekte de zorlanacaktır. Büyük miktarlarda stok tutulduğunda, değişiklik yapılması gereken parçalarda hızlı şekilde değişiklik yapmak mümkün olmayacaktır.

Envanterler, üç şekilde bulunurlar. Hammaddeler, işlenmemiş veya yarı mamul şeklinde ürünün üretilmesi için gerekli stoklardır. Üretim içi stoklar, nihai ürünü oluşturmak için gerekli bileşenler ve montaj parçalarıdır. Bitmiş ürünler de, müşteriye satılmaya hazır ürünlerdir, ve bir firmanın bitmiş ürünü, bir diğerinin girdisi olabilir. Bitmiş ürünler, imalat tesisinde, depolarda ve perakende satış noktalarında stoklanabilir.

Fonksiyonel özelliklerine göre envanter sınıflandırılması ise, çevrim stoğu, emniyet stoku, öngörülen envanter ve boru hattı envanteridir. Çevrim stoğu, ne kadar sıklıkla ve ne miktarda sipariş verileceği kararına göre değişen toplam envanterdir. Emniyet stoku envanteri, talepteki ve teslimat sürelerindeki belirsizliğe karşı önlem olarak fazla stok miktarıdır. Öngörülen envanter, düzenli olmayan arz ya da talep oranını dengelemek için kullanılan envanterdir. Boru hattı envanteri, bir ürün için sipariş verildiğinde ancak envantere gelmediğinde yaratılan envanterdir.

Envanter tutma motivasyonları:

- Ölçek ekonomisi: Fazla miktarda ürün üretmek ve depolamak daha ekonomiktir. Böylece kurulum maliyeti daha düşük olacaktır.
- Belirsizlikler: Dış talebin belirsizliği ve teslim süresindeki belirsizlikler işletmeleri stok tutmaya yöneltir.

- Spekülasyon: Eğer bir ürünün fiyatının yükselmesi bekleniyorsa, yüksek miktarlarda güncel fiyatlardan satın alıp stok yapmak daha ekonomik olabilir.

Envanter Maliyetleri:

Tutma Maliyeti: Envanter tutma maliyeti, herhangi bir zamanda eldeki envanterin tüm maliyetlerinin toplamıdır. Bunlardan bazıları, parçaları stoklamak için sağlanan fiziksel alanın maliyeti, vergi ve sigortalar, kırılma zarar görme kaybolma ve fırsat maliyetidir.

Sipariş Maliyeti: Sipariş maliyeti, sipariş edilen ya da üretilecek envanterin miktarına bağlıdır. Sipariş maliyeti, sabit ve değişken maliyet bileşenlerinin toplamından oluşur. Sabit maliyet, sipariş miktarından bağımsızdır. Değişken maliyet de, adet başınadır.

Elde Bulundurmama Maliyeti: Elde bulundurmama maliyeti, talebi karşılamak için yeterli stok bulundurmamanın maliyetidir. Bu maliyet siparişin gecikme maliyeti ya da iptal olmasının maliyetidir.

Envanter yönetiminin üç ana unsuru vardır: (Relph & Milner, 2015)

1. Envanter Planlaması: Hem bugün hem de gelecek için optimum envanter seviyelerini belirlemek ile ilgilidir. Envanter planı, hangi ürünlerin tutulması gerektiği, nerede ve ne zaman hangi hacimlerde ve ne kadar maliyetle tutulması gerektiği sorularını karşılamayı amaçlamaktadır.

2. Envanter Kontrolü: Stokun bütününü yönetmektir. Envanterin fiziksel hareketlerinin izlenmesi gerekmektedir ve doğruluğu önemlidir.

3. Envanter Dengelemesi: Bu tedarik/talep yönetimi ile ilgilidir. Arz oranı ve talep oranı beklendiği gibi mi, envanter akışı süreçten beklendiği gibi mi sorularının cevaplarını verir.

2.9.3.1. Lokasyon

Tesis yer seçimi, işletmeler için kritik bir öneme sahiptir ve tedarik zincirinde büyük bir etkisi vardır. Tesisler, ürünün depolandığı, montajının yapıldığı veya imal

edildiği tedarik zinciri ağındaki gerçek fiziksel konumlardır. Bir tesiste envanter ya başka bir forma (üretim) dönüştürülür ya da depolanır (depo). İşletmeler belli bir kuruluş yerinin ne kadar cazip olduğunu değerlendirirken, müşterilere ve tedarikçilere yakınlık, işgücü maliyetleri ve taşıma maliyetleri de dahil birçok faktörü gözönünde bulundurmak zorundadır.

Yeni tesis kararlarında etkili olan bazı sebepler, talep seviyesindeki değişiklikler, talebin coğrafi dağılımındaki değişiklikler, üretim girdilerindeki maliyet değişiklikleri ya da diğer mecburi sebeplerdir.

Tesis yer seçiminde baskın faktörler: (Ritzman & Krajewski, 2013)

- Uygun iş gücü ortamı: Maaş oranları, eğitim gereksinimleri, işçi üretkenliği gibi unsurlar işgücü ortamının bileşenleridir. Emek yoğun sektörlerde bu faktör önemli olabilir.

- Pazara yakınlık: Pazara yakın bir kuruluş yeri belirlemek özellikle ağır ve büyük hacimli ürün üreticileri için önemlidir.

- Yaşam kalitesi: Bu faktör kuruluş yeri kararlarında önem taşır. Son yıllarda sanayi tesislerinin şehir dışlarına taşınıyor olmasının nedeni, şehirlerde yaşamın zorlaşması, hayat pahalılığı ve yaşam kalitesinin düşük olması gibi nedenlerdir.

- Tedarikçilere ve kaynaklara yakınlık: Büyük, bozulabilen veya ağır girdileri olan işletmeler için tedarikçilere yakın olmak önemlidir. Bu şekilde, taşıma maliyeti ve stok maliyetlerinin düşük olmasını sağlar.

- Kamu hizmetleri, vergiler ve emlak maliyetleri: Kamu hizmetlerinin maliyetleri, ödenen vergiler, hükümetin sağladığı teşvikler yer seçimi kararı alınırken gözönünde bulundurulmalıdır.

MacCarthy ve Atthirawong (MacCarthy & Atthirawong, 2003), uluslararası operasyonlarda lokasyon kararlarını etkileyen faktörleri, maliyetler, altyapı, çalışan özellikleri, hükümet ve politik faktörler ve ekonomik faktörler olarak belirlemişlerdir. Çalışmada, maliyetlerin en önemli faktör olduğu vurgulanmıştır. Altyapı da uluslararası

tesis kararlarında önem taşır. Birçok firma, tesislerin ve altyapının iyi durumda olduğu ve güvenilir olduğu ülkelerde yer bulmaya çalışmaktadır. Firmaların uluslararası karar vermeden önce her bir yer alternatifi için yerel işgücü özelliklerini kapsamlı bir şekilde araştırması gerekmektedir. Bir diğer konu hükümet politikalarının ve endüstriyel gelişmeye yönelik tutarlılığının, ve son olarak ekonomik faktörlerin de bir işletmenin büyümesini etkileyebileceğidir.

2.9.3.2. Taşıma

Taşımacılık hizmetleri, tedarik zinciri operasyonlarında önemli bir rol oynar. Tedarikçilerden üretim tesislerine hammaddelerin taşınması, farklı tesisler ve dağıtım merkezleri arasında envanterin yer değiştirmesi ve bitmiş ürünlerin müşterilere teslimatı için taşımacılık önem taşır.

Stank ve Goldby' e göre (Stank & Goldsby, 2000), taşımacılık kararlarını, genel tedarik zinciri taşıma sistemine odaklanan stratejik ve uzun vadeli kararlar olarak tasvir etmektedir. Kararlar bu düzeyde anlaşıldığında, karar verme kapsamı, genel sistem kararlarını uygulayan operasyonlara odaklanarak, giderek artan bir şekilde taktiksel hale gelir.

En yüksek stratejik karar seviyesinde, ulaşım yöneticileri toplam tedarik zinciri yük akışlarını sürekli olarak değerlendirmeli ve ağ tasarımına girmelidir. Bu alan, tedarikçi, tesis, dağıtım merkezi ve müşteri lokasyonlarının yanısıra aralarında çeşitli fiziksel hareketlerin dikkate alınmasını içerir. Bu seviyede, navlun hareketi için ulaşım modlarının uygunluğu ve kullanılabilirliği ile ilgili uzun vadeli kararlar alınmalıdır (Stank & Goldsby, 2000).

İkinci karar verme seviyesinde, rota operasyon kararları vardır. Burada, en düşük toplam maliyetle hizmet gereksinimlerini karşılamak için ürün hareketleri gelen, arayüzey ve giden gönderim rotaları boyunca koordine edilmelidir. Daha sonra, mod/taşıyıcı seçme kararlarında, ilk olarak uygun mod seçilir, ardından spesifik taşıyıcı tip ve en sonunda bireysel taşıyıcı seçilir. Dördüncü olarak, taşıyıcı ile hizmet beklentilerinde tam olarak anlaşılması ve müşteri ve ürüne özel maliyetler sözleşme görüşmelerine dahil edilmelidir. Son olarak da, rıhtım düzeyindeki kararlar yani yük

planlama, yönlendirme ve zamanlama gibi işlemleri içerir. Bu faaliyetler, üst düzey planlama kararlarının operasyonel yürütmesini kapsar.

2.9.3.3. Bilgi Paylaşımı

Her tedarik zincirinde talep bilgisi akışı, tahmin bilgileri, üretim ve planlama bilgisi akışı, tasarım ve yeni ürün geliştirme bilgisi akışı vb. gibi bilgi akışları mevcuttur. Malzeme akışının yanısıra, bilgi akışı tedarik zinciri boyunca hem aşağı yönde hem yukarı yönde gerçekleşir. Bilgi paylaşımı, tedarik zincirinin doğru işleyebilmesi için en önemli unsurdur. Bilginin ve bilgi teknolojilerinin stratejik şekilde kullanılması, istenen koordinasyonun sağlanmasına büyük katkı sağlar.

Moharana ve arkadaşlarına göre (Moharana & diğerleri.), bir anlamda tedarik zincirinde kullanılan bilgi sistemleri ve teknolojiler, kuruluşları birleşik ve koordineli bir sisteme bağlayan temel unsurlardan birini temsil eder. Mevcut rekabet ortamında, herhangi bir tedarik zinciri yönetimi girişiminin nihai başarısı ve hatta hayatta kalması için bilgi ve bilgi teknolojisinin önemi hakkında pek az şüphe kalmaktadır. Döngü süresinin azaltılması, çapraz-işlenmiş süreçlerin uygulanması, çapraz satış fırsatlarının kullanılması ve kanalın müşteriye kazandırılması. Zamanında ve doğru bilgiler, her zaman olduğundan daha kritiktir. Üç faktör bilginin önemindeki değişime büyük ölçüde etki etmiştir:

1) Müşteriye en iyi, en verimli ve etkili şekilde hizmet vermek kritik hale geldi ve sipariş durumu, ürün kullanılabilirliği, teslimat programları ve faturalar gibi konular hakkındaki bilgiler toplam müşteri hizmetleri deneyiminin gerekli bir parçası haline geldi.

2) Bilgi, yöneticilerin envanter ve insan kaynakları gereksinimlerini rekabete indirgeme yeteneklerinde önemli bir faktördür.

3) Bilgi akışları, kaynakların stratejik planlanması ve dağıtılmasında önemli bir rol oynar.

Tedarik zinciri yönetiminde tedarikçiler, üreticiler, müşteriler üyelerdir ve bu üyelere sürekli olarak gerçek zamanlı bilgi verilir. Bilgi paylaşım yeteneğinin temeli,

Bilgi Teknolojisinin tedarik zinciri içerisindeki etkin kullanımıdır. Bu teknolojilerin uygun şekilde uygulanması, karar vericilere tedarik zinciri içindeki herhangi bir yerden gerekli tüm bilgilere zamanında erişim sağlar.

Huang ve diğerleri (Huang, Lau & Mak, 2003) altı bilgi kategorisi sunmuştur: (i) ürün, (ii) süreç, (iii) envanter, (iv) kaynak, (v) sipariş, (vi) planlama.

Ürün bilgisi: Tedarik zincirinde üretilen ürünün özelliklerini ve üretim sürecini tanımlar. Çok önemli özelliklerden biri de ürün yapısı, yani malzeme listesidir (BOM). BOM' daki yapı ve maliyet verilerinin, bir üretim tedarik zincirindeki üretim planlaması üzerinde önemli bir etkisi vardır.

Süreç bilgisi: Tedarik zincirindeki iş süreçlerinin özelliklerini tatmin edici müşteri taleplerine değer katan bir özellik olarak tanımlamaktadır. Sipariş süreci, üretim süreci, ve sevkiyat süreciyle farklı bilgi türleri vardır. İlgili bilgiler, teslim süresinin ve kurulum süresinin ortalaması ve varyansını, maliyeti, süreci kontrol eden politikayı ve sürecin kalitesini içerir.

Envanter bilgisi: Bir tedarik zincirinde paylaşım için dikkate alınan ortak bir bilgi parçasıdır. Envanter seviyesi bilgilerinin paylaşılması, bir dağıtım tedarik zincirinde güvenlik stoğu, sipariş ikmali ve aktarma gibi kararları iyileştirebilir.

Kaynak bilgisi: Kaynak bilgilerinin iki ana yönü vardır: yetenek ve kapasite. Yetenek, bir kaynak biriminin yani tedarikçi veya üretim merkezinin gerçekleştirebileceği ürün veya süreçlerin sayısı olarak tanımlanabilir. Her kaynak birimi, farklı işlemler gerçekleştirebilir (örneğin, bir montaj hattı farklı ürünleri bir araya getirebilir) ve farklı türde ürünler veya bileşenler üretebilir. Bir kaynak biriminin kapasitesi, gelecekteki talebi karşılayabilme yeteneğini gösterir.

Sipariş Bilgisi: Sipariş bilgisi sipariş miktarı, teslim tarihi ve parti büyüklüğünden oluşur. Sipariş miktar bilgisini, özellikle son müşterinin talep sırasını, tedarik zincirindeki üst tesislerle paylaşmak önemlidir.

Planlama bilgisi: Planlama bilgileri bir talep tahmini ve sipariş çizelgesi içerir. Sipariş çizelgesi, her bir gelecek zaman periyodunun sipariş miktarını (üretim siparişi ve satınalma siparişi) önceden belirler.

Paylaşılan bilginin kalitesi de tedarik zincirinin etkinliği açısından büyük önem taşır. Bilgi kalitesinin on boyutu, alaka düzeyi, doğruluk, güncellik, bilginin bütünlüğü, tutarlılık, biçimi, erişilebilirlik, uyumluluk, güvenlik ve geçerlilik olarak listelenmiştir (Moharana & diğerleri.).

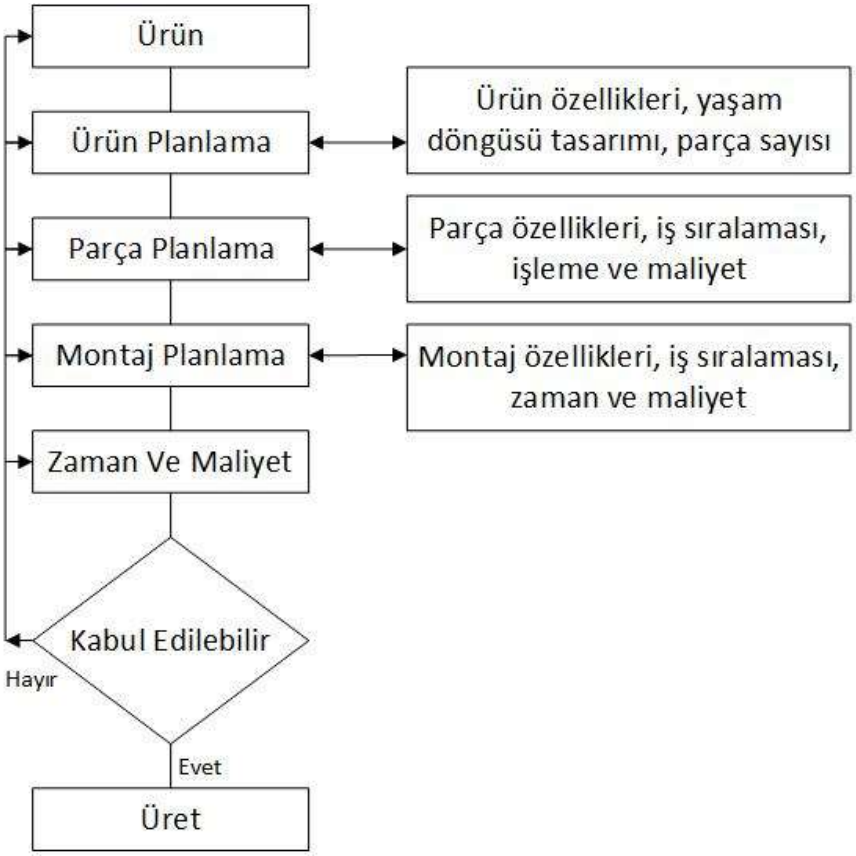
2.9.4. Ürün Tasarımı ve Süreç Tasarımı Entegrasyonu

Fine' a göre ürün ve sürecin birleştiği noktada kullanılacak teknoloji, teknik özellikler ve proses teknolojisi ve ekipmanı bulunmaktadır. Proses tasarımı, üretim sürecindeki adımların tam olarak tanımlanması ve üretim sisteminin istenen kalitede, istenilen miktarda ürün üretmesini sağlayacak adımlar arasında bağlantı anlamına gelir.

Ürün süreç bağlantısı, eşzamanlı mühendisliği temsil eder. Eşzamanlı eylemler, iyi koordine edilmiş hedefler, dikkatli planlama ve iyi disiplin anlamına gelir. Bu da projenin daha iyi yönetim kontrolü, artırılmış verimlilik ve önemli ölçüde kısalmış geliştirme süreleri ile sonuçlanır. Özellikle önemli olan ürün geliştirme ve üretim teknolojisi geliştirmenin paralelleştirilmesidir. Ürün yeni üretim teknolojileriyle birlikte geliştirilmeli, aksi takdirde optimum üretim maliyetine ulaşılamayacaktır. Bu nedenle, fabrika yatırımları ve üretim makineleri modifikasyonları da paralel olarak yapılmalı ve ürün geliştirme süreci ile koordine edilmelidir (Otala, 1992).

Eşzamanlı tasarım ve imalat, tasarım ve imalat mühendisleri arasındaki iletişimi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Eşzamanlı tasarım ve imalat için iki yaklaşım vardır. Bir yaklaşım, tasarım ve imalat mühendislerinin ürün geliştirme sürecinde daha yakından çalışmasını sağlamaktır. İkinci yaklaşım, hem tasarım hem de imalat personelinin kolayca iletişim kurmasını ve farkında olmalarını sağlamak için bilgisayar tabanlı araçlar oluşturmaktır. İmalat süreci planlaması, tasarım ve imalat arasındaki bilgi alışverişinde önemli bir rol oynar. Proses planlaması, bir malzemenin bir parçasını başlangıç formundan, önceden tanımlanmış son formuna dönüştürmek için hangi proses ve

parametrelerin kullanılacağını belirleyen bir üretim tesisi içindeki fonksiyon olarak tanımlanır (Dong, Parsaei & Leep, 1996).



Şekil 2.13. Entegre ürün ve süreç planlama (Grewal & Choi, 2005)

Grewal ve Choi (2005), parça üretimi ve montajının eşzamanlı planlamasını ve maliyetlerini değerlendiren yazılım sistemi oluşturmuşlardır. Bu sistem bir veri modeline ve arayüz tasarımına dayanır. Bu, üretim süresinin ve maliyetinin ürün düzeyinde doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlar.

Eşzamanlı ürün ve üretim süreci tasarımına ilişkin (Singh, 2012) tarafından yapılan bir çalışmada, çok amaçlı matematiksel modelleme yapılmıştır. Bu araştırmada, ürün ve bileşenlerin tolerans özelliklerini aynı anda üretim proseslerinin seçimi ile birlikte ele almıştır. Kusiak ise, ürün ve süreçlerin tasarımının entegrasyonunu modülerlik açısından ele almıştır. Ürün kavramsal tasarım aşamasında, ürün, süreç ve kaynak modellerinin optimizasyonunu amaçlayan matematiksel bir model oluşturmuştur (Kusiak, 2002).

Martin ve Martinez, (Martín & Martínez, 2013) tüketici ürünü için eşzamanlı formüller ve süreç tasarımı için matematiksel optimizasyon tabanlı bir metodoloji sunmuşlardır. Onlara göre, burada deterjan üretiminde en uygun formülasyonu tasarlamak için matematiksel programlama tekniklerinin kullanılması, eşzamanlı olarak süreç, yasal ve performans kısıtlarını içeren güçlü bir tekniktir. Demoly ve arkadaşlarına göre, ürün veri yönetimi ve üretim süreci yönetim sistemlerinde mevcut endüstriyel uygulamalar, yaşam döngüsü boyunca ürün bilgilerinin yönetilmesinde daha iyi verimlilik, esneklik ve hassasiyet gerektirir. Çalışmalarında, eşzamanlı ürün tasarımı ve montaj dizisi planlamasını mümkün kılmak için karmaşık ve doğal ürün ilişki bilgisinin yönetimini amaçlamışlardır. Çalışmada, "ilişki reçetesi" (BOR) adı verilen yeni bir konsept ile, bilginin akışı ve değişiminin kontrolünü sağlamaktadır (Demoly & diğerleri., 2012). X Reçetesi (BOX) kavramı ürün geliştirme sürecinde ürünün veya montaj sürecinin durumunu t zamanında yakalamayı sağlar. Bu doğrultuda, ilişki reçetesi ürün ve montaj sürecinde aradaki ilişkiyi kurarak bilgi yayılımını kolaylaştırır.

2.9.5. Ürün Tasarımı ve Tedarik Zinciri Tasarımı Entegrasyonu

Ürün ve tedarik zinciri tasarımının birleştiği noktada, ürün yapısı ve üret/satın al kararları yer almaktadır. Ellram ve diğerleri, bu konuyu erken tedarikçi katılımı, müşterinin sesi ve dağıtım kanalı tasarımını ele alarak değerlendirmişlerdir (Ellram, Tate & Carter, 2007).

Erken Tedarikçi Katılımı: Bu yaklaşım, ürün geliştirme sürecinin ilk aşamalarında tedarikçilerin sürece dahil olması anlamına gelir. Tasarım aşamasında alınan kararlar ürün kalitesi, çevrim süresi ve maliyetler üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu için, tedarikçilerin erken katılımı önem taşır.

Müşterinin Sesi: Tedarik zincirinin başarılı şekilde tasarlanması ve yönetilmesi için, öncelikle müşterinin tam olarak istediğini sunabilmek önemlidir. Ürün tasarımının ilk aşamalarında müşteri sesi ile tedarik zincirini entegre etmek başarıyı arttıracaktır.

Dağıtım kanalı yapısı: Bir dağıtım kanalı, birbirine bağlı kurumlardan oluşur ve farklı üyeler, envanter, talep üretimi veya fiziksel dağıtım gibi bir veya birkaç faaliyet

gerçekleştirir. Bir dağıtım kanalı, üreticiden ve bir dizi aracıdan oluşur. Ürün tasarımı ve tedarik zinciri tasarımının uyumunda, dağıtım kanalı tasarımı da yer almıştır.

Chiu ve Okudan, ürün tasarım aşamasında ürün ve tedarik zinciri tasarım kararları için bir metodoloji geliştirmişlerdir. Ürün tasarımının tedarik zinciri yapısına çok bağlı olduğunu ve tedarik zinciri performansının iyileştirilmesinin, ürün yapısı ve tedarik zinciri özniteliklerini aynı anda dikkate alınarak gerçekleştirilebileceğini ileri sürmüşlerdir (Chiu & Okudan, 2010).

Yeni ürün ve hizmetlerin daha hızlı bir şekilde geliştirilmesi yoluyla tedarik zincirinde etkin bir şekilde harekete geçerek müşteri ihtiyaçlarına daha hızlı cevap verebilme yeteneği, güçlü bir rekabet avantajı sunmaktadır. Üretim maliyetlerinin düşürülmesi, pazara sunma süresinin azalması, müşterilere hizmet vermenin yeterliliği ve tedarik zinciri risklerinin azaltılması, ürün tasarımı ve tedarik zincirinin entegrasyonunun sağladığı faydalar arasındadır. Bir şirket için en rekabetçi avantajı sağlayacak entegrasyon seviyesi, söz konusu ürün tasarımı ve tedarik zinciri kaynaklarına ve faaliyet gösterdiği pazara bağlı olacaktır. Şirketin potansiyellerini en üst düzeye çıkarabilmesi, bu farklı unsurları dengelemek için yöneticinin kendi yeteneklerine bağlı olacaktır (Khan & diğerleri., 2016).

2.9.6. Süreç Tasarımı ve Tedarik Zinciri Tasarımı Entegrasyonu

Üretim süreçleri, üretim türlerine büyük ölçüde bağımlı olduğu gibi, tedarik zinciri de ürünü tedarik zincirine sağlayan süreçlere büyük ölçüde bağlıdır. Bu nedenle ürün, süreç ve tedarik zinciri bağlantıları tahmin edilebilir ve döngüseldir; üretim süreçleri hem ürün geliştirme hem de tedarik ağ verimliliği tarafından büyük ölçüde etkilenmiş olarak tanımlanmıştır (Marsillac & Roh, 2014).

Tedarik zinciri tasarımı ve süreç tasarımını entegre etmek, her iki sürecin eşzamanlı gelişimi olarak tanımlanabilir. Tedarik zinciri tasarımı, üretim sürecinin özelliklerini doldurmak zorundadır ve bu sürecin mevcut veya uygulanabilir bir tedarik zinciri gereksinimiyle eşleşmesi gerekir (Zouari, Jerbi & Derbel, 2016).

Tedarik zinciri ve süreç bağlantısı, üretim sistemine odaklanmakta ve karar verme ve icra etme ya da satın alma işlemlerine odaklanmaktadır. Tedarik zinciri tasarımı ve

süreç tasarımını birbirine bağlayan literatür, ulaşım türleri ve tedarik zinciri üzerindeki etkileri gibi lojistik sistemler, envanter kontrol süreçleri, tedarik zinciri boyunca ne kadar stok tutulacağı ve envanterin nerede depolanacağı ile ilgili olarak; bilgi teknolojisi ve bilgi değişimi süreci ve hammaddeleri bitmiş ürünlere ve bileşenlere dönüştüren üretim süreçlerini içerir. Tedarik zincirindeki üretim, lojistik, envanter ve bilgi süreçlerini doğru bir şekilde bütünleştirerek, stok seviyesini en aza indirebilir, bilginin doğruluğunu artırabilir ve dağıtım kanallarını iyileştirebilir, tedarikçi ve müşteri ilişkilerini geliştirebilir ve gelir artırımı için fırsatlar yaratılabilir (Ellram, Tate & Carter, 2007).

2.10. Satış Sonrası Hizmetler Süreci

Artan küresel rekabet sonucunda, satış sonrası süreçler çeşitli endüstrilerdeki şirketler için stratejik önem kazanmıştır. Yeni ürün geliştirme sırasında, üreticiler geleneksel olarak bakım gibi satış sonrası servis konularına değil, ürün özelliklerine odaklanırlardı. Servisin öneminin giderek artmasıyla da, şirketler odak noktasını satış sonrası hizmetlere kaydırmaya başladılar. Aynı zamanda "müşteri desteği" olarak da geçen satış sonrası hizmetler, kurulum, dokümantasyon, bakım ve onarım hizmetleri (genellikle saha servisi olarak adlandırılır) ve kullanıcı eğitimini kapsar (Goffin & New, 2001).

Şirketler, ürünlere ek olarak servis tasarlama ve sunma yeteneklerini geliştirmeli ve sahip olmadıkları yeni bilgiler, organizasyonel ilkeler, ölçütler ve teşvikler geliştirmeliler. Bu amaçla Legnani ve Cavalieri ana zorlukları vurgulayan, satış sonrası süreçleri modelleyen ve performanslarını ölçmek için yapısal bir çözüm ortaya koymuşlardır (Legnani & Cavalieri, 2012).

Tasarım aşamasında müşteri bakış açısının benimsenmesini sağlamak ve hizmet sunumunun müşteri beklentilerini sağlayacak şekilde tasarlanması gereklidir. Bunla ilgili olarak, bir dizi organizasyon kuralları ve politikaları, firma standartları, kurallar ve genel hedefler gibi tüm iç paydaşların kararlaştırdığı iş düzeyi gerekliliklerine bağlı bir yönetişim modeli ortaya konmuştur. Bu modelde, hizmet geliştirme süreci ilk aşamada genel gereksinimler farklı paydaşlardan toplanır ve analiz edilir. Bu gereksinimler belirlendikten sonra, bu gereksinimlerin daha fazla incelendiği ve ürün modelininin tasarım konseptlerine dayanarak hizmet tasarım gerekliliklerinin ortaya çıkarıldığı ikinci

aşamaya gelinir. Tasarım bilgileri yönetişim ve ürün modelinde iyice sağlandıktan sonra, üçüncü aşama olan süreç modeli ve kaynak modeli aşamasına gelinir (Imran, Haeberle & Husen, 2017).

İşletmelerin satış sonrası hizmeti yalnızca kullanıcı için bir sorumluluk değil, aynı zamanda pazar rekabeti kazanmak için gerekli bir yoldur. Her işletme daha büyük Pazar ve yüksek fayda elde etmek için satış sonrası hizmetlerini iyi bir şekilde yapmak için çaba sarfetmelidir. Satış sonrası hizmet kalitesinin yönetilmesiyle ilgili olarak Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) ve SERVQUAL modelini birleştiren bir yöntem geliştirilmiştir (Pezzotta, Cavalieri & Gaiardelli, 2008).

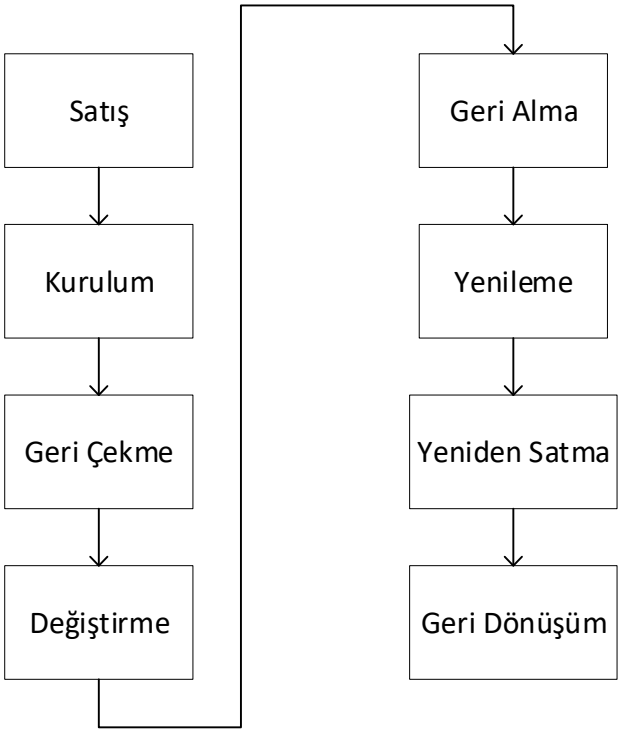
Oliva ve Kallenberg ise, bir imalatçı firma için servis hizmeti oluşturulurken dikkate alınan boyutlara ve geçişi yönlendirmek için başarılı statejileri belirlemeye odaklanmıştır. Ürün üreticisinden servis sağlayıcısına geçiş, büyük bir yönetimsel zorluk teşkil eder. Servisler, ürün üreticisine yeni olan organizasyon ilkeleri, yapıları ve süreçleri gerektirir. Dayanıklı tüketim malları, satın alındığında faydalı ömürleri için kullanılmaya başlar. Bu tür ürünler yaşam döngüleri boyunca (satın alma, kurulum, işletme, yükseltme, hizmet dışı bırakma vb.) servis ve yedek parça, bakım, sarf malzemeleri vb. gerektirirler (Oliva & Kallenberg, 2003).

Jönke, üreticiler, servis sağlayıcılar veya yedek parça üreticileri gibi çeşitli firmalar için satış sonrası servislerin artan stratejik önemini listelemiştir: (Jönke, 2012)

1. Müşteri Tatmini: Satış sonrası hizmetler sayesinde, müşterilerle uzun vadeli ilişkiler kurulabilir. Başarılı şekilde tasarlanmış servis hizmeti, müşteri memnuniyetine önemli katkıda bulunur.

2. Rekabet avantajı: Satış sonrası hizmetler önemli bir pazar farklılaştırıcısıdır. Müşterilerin ürünleri satın alma kararı verirken, satın aldıktan sonraki süreçte sunulan hizmetlere göre de karar verirler.

3. Kar: Satış sonrası hizmetler gelir kaynağı sağlar ve son zamanlarda ürün satışlarındaki karlılık düşüşlerini dengelemeye yardımcı olur. Bakım, onarım ve yedek parça temini ile de firmalar kar elde edebilirler.



Şekil 2.14. Servis Tedarik Zinciri (Rolstadaas, Hvolby & Falster, 2006)

Yeni ürün geliştirme proje ekibine katılan servis personeli aracılığıyla, tasarımla ilgili tasarım hedefleri belirlenerek, tasarım aşamasında servis gereksinimlerini değerlendirmenin oldukça etkili olduğu gösterilmiştir. Etkili ürün-servis sistemi teklifleri oluşturmak için satış sonrası servis gereksinimlerinin ürün geliştirme sürecinde değerlendirilmesi gerekir (Szwejczewski, Goffin & Anagnostopoulos, 2015). Müşteri desteği deneyimine sahip mühendislerin ürün geliştirmeye dahil olmaları gerektiği ve geliştirme aşamasına katılarak satış sonrası grubun, ekipmanı "bakım dostu" hale getirerek önemli ölçüde değer katacağı kabul edilmiştir. Müşteri destek personelinin ürün geliştirme sürecine düşük katılımı, onarımı zor olan ve aşırı garanti ve servis maliyetleri olan ürünlere yol açabilir (Goffin & New, 2001).

Ürün tasarımı hem gerekli destek miktarını hem de verilebilecek araçları etkilemektedir. Tasarım aşamasında alınan kararlar ürün güvenilirliğini ve dolayısıyla ürünlerin ne kadar sıklıkla bakım ve onarım gerektirdiğini etkiler. Bununla birlikte, onarım ve bakımın ötesinde, ürün tasarımı aynı zamanda gerekli olan kullanıcı eğitimi

miktarını ve ürün yükseltme kolaylığını da etkiler (Goffin & New, 2001). Örneğin çevrimiçi destek bazı sektörlerde çok önemlidir, aynı şekilde bilgisayar ve yazılımlarda upgrade (yükseltme) hizmeti önemlidir.

Servis edilmesi kolay olan ürünler, karlılığı artırmaya yardımcı olur ve hem bakım hem de toplam sahip olma maliyetini düşürür. Daha yüksek müşteri memnuniyeti ve sadakat, şirketlerin güçlü bir marka oluşturmasını, daha rekabetçi olmasını ve pazar payını artırmasını sağlar. Servisi eşit derecede önemli bir ürün niteliği olarak kabul etmeyen organizasyonların gelecekteki tasarımlarda öğrenilen dersleri uygulama olasılığı daha düşüktür. Buna karşılık, yaşam döngüsü kalitesi ve hizmet verilebilirliğin önemini ve müşteri sadakatinde oynadıkları rolü anlayan üreticiler, tasarım hizmeti iletişimini geliştirme eğilimindedir. Örneğin Toyota, tasarım aşamasında otomobil garanti hedeflerini belirler ve bunları operasyonel hedeflere kaydırır (Barkai, 2005).

Bakım ve servis kolaylığı şunları kapsar: (1) Araçların, operasyonların ve işgücünün sayısında ve çeşitliliğide azalma, (2) Erişim kolaylığı, (3) Tamir kolaylığı. Bunlara ulaşmanın en iyi yolu, detay tasarımdan önce izin verilebilir araçları ve operasyonları açıkça tanımlamaktır. Erişim kolaylığı, kolayca görülebilen ve kolayca erişilebilen tanımlanmış parçaları ifade eder. Tüm bakım araçları ve noktaları kolayca erişilebilir olmalıdır. Tamir kolaylığı, bileşenlerin ortaklığı ve değiştirilebilirliğini en üst düzeye çıkarmak, hazır ve kolayca kullanılan sorun giderme araçlarını sağlamak, ayarlamaları en aza indirmek ve basitleştirmek ve onarım karmaşıklığını ve geri dönüş süresini en aza indirgemek için tasarım sağlamak suretiyle optimize edilebilir (Stoll, 1999).

Ürün tasarımındaki servis kolaylığı faktörleri, kullanılan ürünlerin performansını ve kullanılabilirliğini etkiler. Tasarım çözümü servisi gereksiz kılmalı veya önemli ölçüde azaltmalıdır. Servis kolaylığı için tasarım, tasarım döngüsü boyunca bir ürünün sahada kullanımının kolaylığını göz önünde bulundurur. Bu, ürün tasarım spesifikasyon aşamasından itibaren imalat, servis ve satış temsilcilerini içeren eşzamanlı bir mühendislik yaklaşımı gerektirir. Amaç, servisi gereksiz kılmak için ürünün güvenilirliğini artırmak olmalıdır.

Bakım için tasarımın amacı, tasarımın amaçlanan ömrü süresince tatmin edici bir biçimde, bütçenin ve emek harcının minimum bir miktarı ile gerçekleştirileceğinden emin olmaktır. Bakım için tasarım, servis için tasarım ve güvenilirlik için tasarım birbiriyle ilişkilidir, çünkü bakımın en aza indirgenmesi ve servisin kolaylaştırılması güvenilirliğin arttırılmasıyla sağlanabilir. Bakım eylemleri önleyici, düzeltici veya geri dönüşüm ve revizyon olabilir. Bakım için Tasarım, erişim ve kontrol, ekranlar, bağlantı elemanları, etiketler, konumlandırma ve montaj ve testi kapsar.

Bir ürünün bakım kolaylığı zayıfsa, kullanım ömrü boyunca yapılması gereken bakım faaliyetleri zordur, maliyetlerin artmasına neden olur ve ayrıca bakım işlemlerini gerçekleştirmek için daha fazla zaman gerekir. Sürdürülebilirlik için tasarım, servis edilebilir ve desteklenebilir bir ürün gerektirir. Ancak tasarım, güvenilirlik (arızaların olmaması) olarak adlandırılan dayanıklılık özelliği içeriyorsa, o ürün daha başarılı olacaktır. Bakım kolaylığı, ürün tasarımı tarafından verilen önemli bir karakterdir, mekanik sistem için tamir edilmesini kolaylaştırır. Mekanik sistemlerin bakım maliyeti üzerinde belirli bir etkisi vardır (Ding, 2009).

Güvenilirlik için Tasarım: Güvenilirlik, bir cihazın verilen çalışma koşullarında belirli bir süre için tatmin edici bir şekilde belirli bir işlevi yerine getirebileceği olasılığı olarak tanımlanmaktadır. Güvenilirlik, insan hataları, teknik arızalar, çevresel faktörler, yetersiz tasarım uygulamaları ve maddi değişkenliği içeren geniş bir yelpazeye yayılmış sorunlarla ilgilidir. Bilgisayar destekli mühendislik (CAE) analizi ve simülasyon araçlarının erken tasarım aşamasında kullanılması, ürün güvenilirliğini fiziksel prototipleri oluşturmaktan ve test etmekten çok daha ucuza ve kısa sürede artırabilir. Sonlu Elemanlar Analizi (FEA), akışkan akış, termal analiz ve entegre güvenilirlik tahmin modelleri gibi araçlar daha yaygın olarak kullanılmakta ve daha az maliyetle kullanılmaktadır.

Güvenilirlik için tasarım, çeşitli araç ve uygulamaları kapsar ve güvenilirliğini ürünlerine taşımak için bir kuruluşun yapması gereken dağıtım sırasını açıklar. Tasarımın ilk aşamalarından başlayan ve bu sürecin her aşamasına entegre edilmesi gereken bir süreçtir. Bu sürecin başarılı bir şekilde uygulanması kaçınılmaz olarak ürün geliştirme süresinin kısalması ve ayrıca toplam yaşam döngüsü maliyetinin düşmesine neden olacaktır (Silverman & Kleyner, 2012).

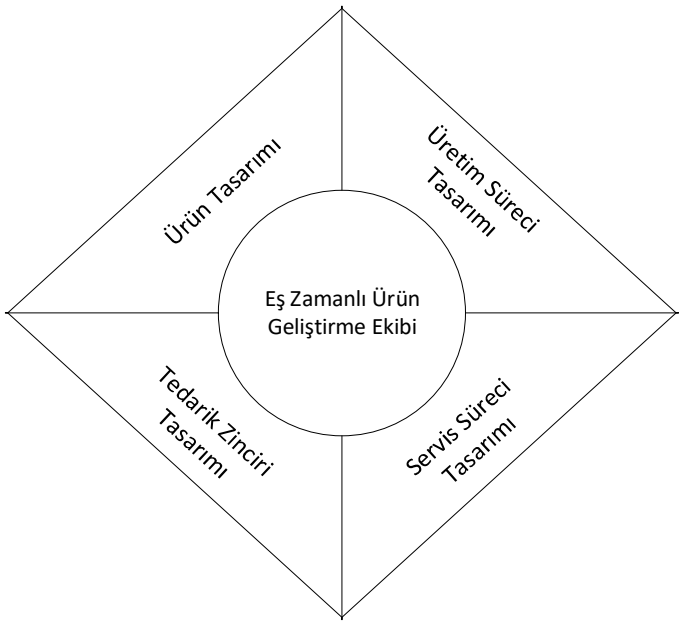
Daha güvenilir bir ürün, servis için daha az zaman harcar, bu nedenle genellikle güvenilirlik ve bakım arasında bir tasarım dengesi vardır. Güvenilirlik son derece tasarıma duyarlıdır. Bir bileşenin tasarımında yapılan çok küçük değişiklikler, güvenilirlikte derin değişikliklere neden olabilir, bu nedenle herhangi bir tasarım çalışması yapılmadan önce ürün güvenilirliğini ve bakım hedeflerini belirlemek önemlidir. Bu da, ürünün beklenen servis ömrü ve ürünün parçalarının ne derece değiştirilebileceği konusunda erken bilgi gerektirir (Taylor, 2007).

BÖLÜM 3. METODOLOJİ

Mevcut literatür, üç boyutlu eşzamanlı mühendisliğin uygulanmasıyla ilgili sistematik bir yol haritası vermemektedir. Bu çalışmada üç boyuta ek olarak servis boyutu da eklenmiştir ve dört boyutlu eşzamanlı mühendisliğin küçük ölçekli firmalarda uygulanması için bir yol haritası belirlemek hedeflenmiştir.

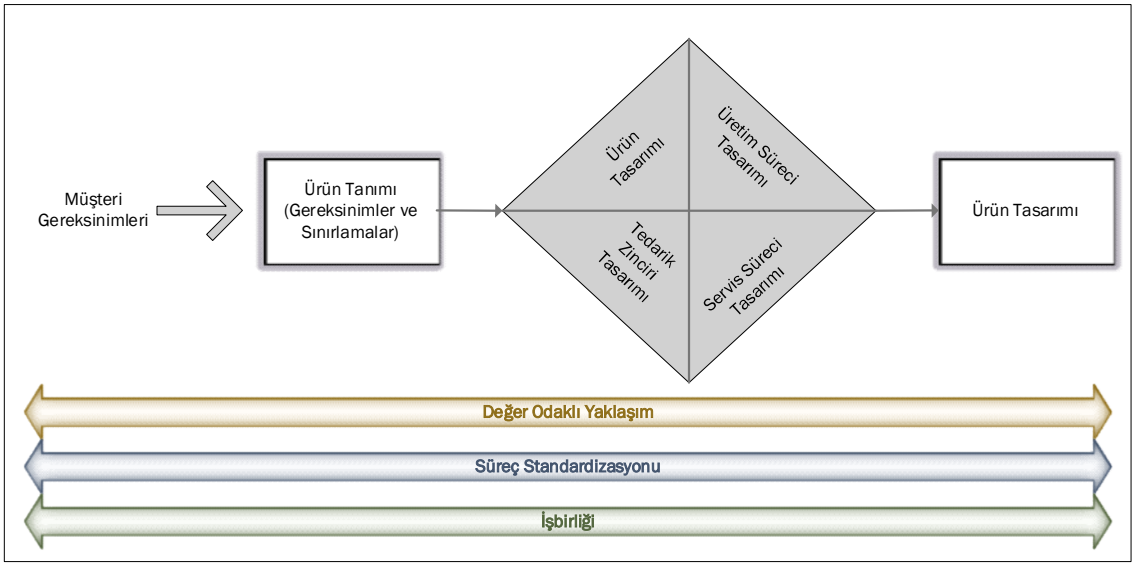
Eşzamanlı mühendisliğin ötesine geçen 3-BEM, ürünlerin, süreçlerin ve tedarik zincirlerinin eşzamanlı olarak geliştirilmesi olarak tanımlanmıştır (Fine, 2000). Ancak Fine' ın bu modeli satış sonrarı servis ve bakım hizmetlerinin tasarım sürecine dahil edilmesini içermemektedir.

Temel fikir, dört boyutun da (ürün, süreç, tedarik zinciri ve servis) paralel tasarımı ve eşzamanlı mühendislik prensipleri çerçevesinde birbiriyle ortak çalışmasıdır.



Şekil 3.1. 4- Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik

Bu çalışmada satış sonrası hizmetlerle ilgili konuların da ürün tasarım sürecine dahil edilmesi üzerine bir model kurulmuştur. Ürün tasarım sürecinde, yalnızca ürün teknik özellikleri ve üretim proseslerine odaklanmak değil, paralel olarak dağıtım ve servis süreci kararları ve tasarımı yer almalıdır.



Şekil 3.2. 4-Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik Konsepti

Sürecin girdisi bir pazar fırsatıdır ve çıktısı da ürün özellikleridir. Sürecin kendisi eşzamanlı takım çalışmasıyla, dört sürecin de paralel geliştirilmesini ifade etmektedir. Öncelikle, müşteri gereksinimlerinin elde edilmesi ve bunların ürün tanımına dönüşmesi, daha sonra tüm geliştirme süreçlerinin eşzamanlı gerçekleştirilmesi ve tüm bunların sonucunda ürünün kendisinin ortayı çıkmasını ifade eder. Bu süreç, müşteriden başlayıp yine müşteriyle tamamlanan bir süreçtir.

Bu çerçevede, Yalın yaklaşımın prensiplerinden olan, üç temel yaklaşımın benimsenmesi sürecin başarısını arttıracaktır. Birincisi, Değer Odaklı Yaklaşım, müşteri değerini anlamak ve doğru tanımlamaktır. Müşteri değerini doğru tanımlamak, süreç içerisinde değer katan ve katmayan (israf) faaliyetleri de ayırmak da büyük önem taşır.

İkincisi olan, Süreç Standardizasyonu, süreçteki değişkenliği ve belirsizlikleri minimize etmek için süreç akışını standartlaştırmak gerektiğini ifade eder.

Üçüncü olarak, İşbirliği, hem şirket içerisindeki çalışanlar arasında hem de dış tedarikçilerle olan işbirliğini ifade ederken, aynı zamanda müşteriyle de işbirliği içerisinde olunması gerektiği anlamını taşır.

EM uygulama çerçevesinde, öncelikle EM' nin benimsenmesi için herkesin katılımı ve yönetim desteği gereklidir. Ekiplere organizasyonel destek verilmesi,

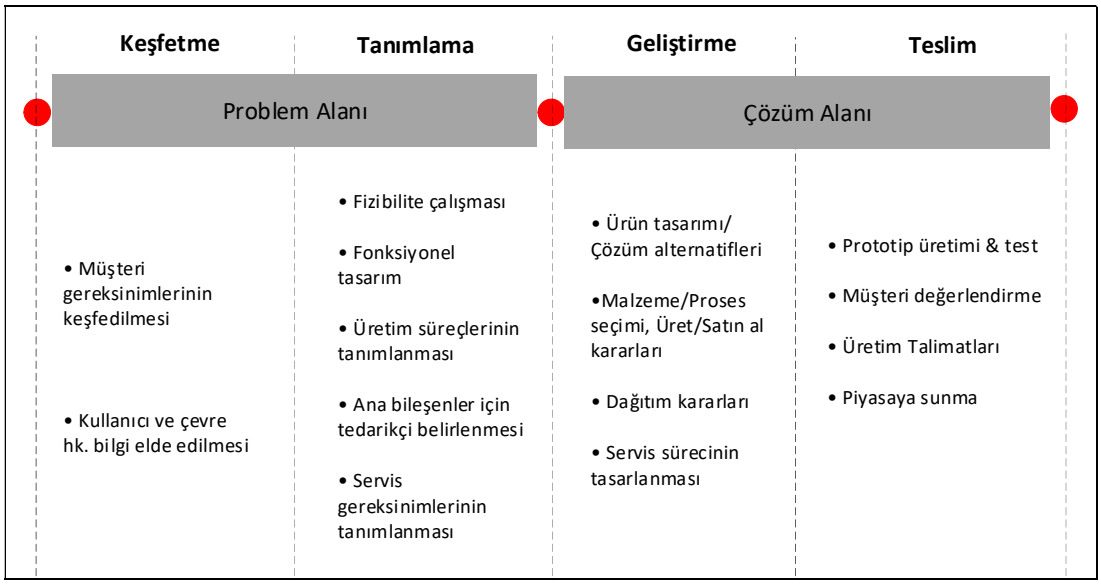
performans ölçütleri çerçevesinde süreç, insanlar ve araçların tanımlanması ve yönetilmesi gereklidir.

Her bir aşamanın çıktısı bir sonraki aşamanın girdisidir. Ancak bu sıralı yaklaşım her aşamada eşzamanlı gerçekleştirilecek faaliyetlerle eşzamanlı bir modele dönüştürülmüştür. Oluşturulan bu modelde yalnızca ürün tasarım süreci değil, üretim süreci, dağıtım süreci ve servis sürecinin de paralel aktiviteler olarak tasarlanması hedeflenmiştir.

Oluştrulan model atölye tipi üretim yapan işletmelerde Dört Boyutlu Eşzamanlı Mühendisliği hedeflemektedir. Atölye tipi üretim yapan işletmeler, müşteri tarafından sağlanan gereksinimlere göre önceden belirlenmiş zaman ve maliyette düşük hacimlerde ürün üreten işletmelerdir.

Özellikle atölye tipi üretim yapan işletmeler için zaman ve maliyet bazı durumlarda çok önemli hale gelmektedir. Rekabetin güçlü olduğu ortamlarda hızlı ve düşük maliyetli olarak müşteri ihtiyaçlarını karşılayan üreticiler rekabet avantajı sağlamaktadır.

Dört Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik modeli sürecinin adımları Şekil 3.3' deki gibi belirlenmiştir.



Şekil 3.3. 4-Boyutlu Eşzamanlı Ürün Geliştirme Süreci Modeli

Model, keşfetme, tanımlama, geliştirme, teslim aşamalarında belirlenmiş farklı adımlardan oluşur. Aşamalar çok fonksiyonlu farklı ekipler tarafından gerçekleştirilir, takım sayısı ve katılımcılar ürüne ve her adıma göre farklılık gösterebilir.

Keşif Aşaması

Müşteri gereksinimlerinin keşfedilmesi: Bu aşamada müşteri ihtiyaçlarının anlanması ve ürünün müşteri için değerinin keşfedilmesi gerekir. Müşteriyle bire-bir görüşmeler, anketler ve diğer araçlarla müşterinin ürüne bakış açısı ve performans beklentilerini anlamak için kullanılır. Kalite Fonksiyon Yayılımı ve Kano Yöntemi uygulanabilir.

Kullanıcı ve çevre hakkında bilgi elde edilmesi: Bu aşamada müşteri ürünü nerede, nasıl ve hangi koşullarda kullanacak, ürün dağıtımı nasıl gerçekleştirileceği konularında erken bilgi edinilmesi müşteri tatminini arttıracaktır. Kullanıcı ve çevre hakkındaki bu bilgiler ürün tasarımının ve süreçlerin planlanmasında rol oynayacaktır.

Tanımlama Aşaması

Fizibilite çalışması: Bu aşamada ekonomik ve teknik olarak fizibilite çalışması gerçekleştirilir.

Fonksiyonel Tasarım: Müşteri beklentileri keşfedildikten sonra, ürünün amacı, operasyonel, teknik ve yapısal fonksiyonlar belirlenecektir.

Üretim süreçlerinin tanımlanması: Bu aşamada müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak ürünün üretilmesi için gerekli süreçlerin belirlenmesi ve ürün tasarımıyla eşzamanlı olarak gerçekleştirilmesi gerekir.

Ana bileşenler için tedarikçi belirlenmesi: Müşterinin spesifik ihtiyaçlarına yönelik üretilecek ürünün malzeme temini için ön tedarikçi araştırması yapılmalıdır. Potansiyel tedarikçiler bu adımda belirlenir ve tasarım sürecine dahil edilecek tedarikçiler seçilir.

Servis gereksinimlerinin tanımlanması: Müşterinin, satış sonrası hizmetler ile ilgili beklentisi doğrultusunda nasıl bir servis, bakım ve onarım hizmeti sunulacağının belirlenmesi.

Geliştirme Aşaması

Ürün Tasarımı-Çözüm Alternatifleri: Keşif ve tanımlama aşamalarında elde edilen tüm sonuçlar doğrultusunda ortaya tasarım alternatiflerinin konması, detay çizimlerin yapılması aşamasıdır. Bu aşamada X için tasarım (DFX) prensiplerinin çerçevesinde, ürün geliştirme araçları kullanılır. CAD, katı modelleme, hata türü ve etkileri analizi (FMEA) gibi araçlar bu aşamada kullanılır. Ürün tasarımının sonucunda BOM ve MRP ortaya çıkacaktır.

Malzeme, proses seçimi ve üret/satın al kararları: Bu aşamada ürünün hangi süreçlerden geçerek üretileceği, hangi parçaların firma bünyesinde hangilerinin fason olarak imal ettirileceği belirlenir. Üretim mühendisi ve tasarım mühendisi eşzamanlı çalışma gerçekleştirirler.

Dağıtım kararları: Bu aşamanın içerisinde hem dağıtım kanallarına karar verilmesi hem de ürünün fiziksel olarak müşterilere nasıl ulaştırılacağıyla ilgili kararlar verilir.

Servis sürecinin tasarlanması: Ürün bakımının ne zaman ve nasıl yapılacağının planlanması, personelin eğitilmesi, servis sürecinin planlanması, servis için hangi parçalardan stok tutulacağı ve servis personeli ve malzemeler için lojistik gerekliliklerin karar verilmesi bu aşamada gerçekleştirilir.

Teslim Aşaması

Prototip üretimi ve test: Prototipler ürün geliştirme sürecinin, tasarım doğrulama aşamasıdır. Bu aşama, tasarım fikirlerinin test edildiği, belirli gereksinimleri sağlayıp sağlamadığı ve nerede gelişmelerin gerekli olduğunun belirlendiği bir aşamadır.

Müşteri değerlendirme: Müşteri odaklı ürün geliştirme sürecinin, protoip üretildiği aşamada müşteri onayının ve iyileştirmeler için geri bildirimlerin alındığı adımdır.

Üretim talimatları: Test ve onay süreci tamamlanan ve dökümante edilen ürün çıktısı için artık üretime başlanmak üzere gerekli talimatların, planların ve üretimin gerçekleştirildiği adımdır.

Piyasaya sunma: Tasarlanan ve planlanan kanallar üzerinden ürünün piyasaya sunulduğu son aşamadır.

Bu modelde sürecin en önemli kısmı çok fonksiyonlu ekiplerin oluşturulmasıdır. Dört Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik uygulaması sürecinde bulunması gereken en temel takım üyeleri aşağıdaki gibi olacaktır:

Müşteri: İhtiyaçlarla ilgili bilgi sağlayacak ve tasarım sürecine dahil olarak geri bildirimlerde bulunacaktır.

Proje Müdürü: Geliştirme süreçlerinin her aşamasını takip edecek ve süreç gerekliliklerin sağlandığını kontrol edecektir.

Satış-Pazarlama: Müşteri ihtiyaçlarını anlayıp, Pazar araştırması ve rekabet analizleri yapacaktır.

Tasarım Mühendisi: Kavramsal ve detay tasarımı gerçekleştirecektir.

Üretim Mühendisi: Üretimle ilgili tüm süreçlerden sorumlu olacaktır.

Tedarikçiler: Ürünleriyle ilgili bilgi sağlayarak katkıda bulunacaktır.

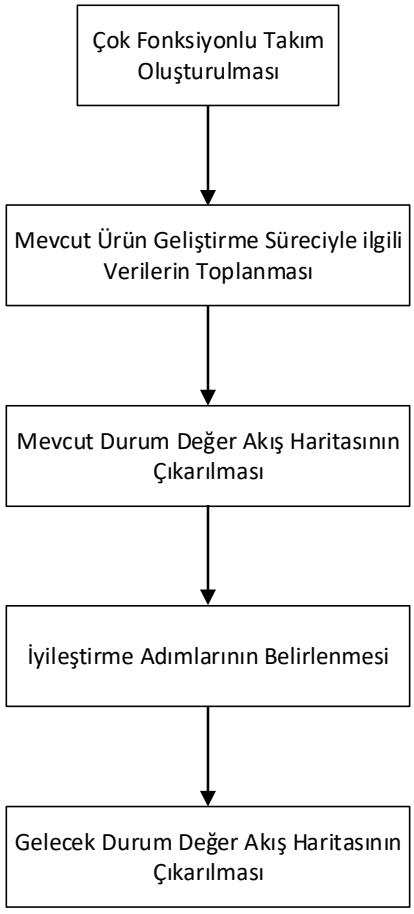
Servis: Ürünün satış sonrası bakım, onarım, servis gerekliliklerini belirleyecektir.

Tedarik Zinciri Yöneticisi: Tedarikle ilgili süreçlerin ve lojistik süreçlerin planlanmasını gerçekleştirecektir.

Bu model, geleneksel ve sıralı proje yöntemlerinin sonucunda yaşanan problemlere karşılık, eşzamanlı mühendislik metodolojisiyle ve çok fonksiyonlu ekiplerin yönettiği süreçlerle firmaların tüm süreçlerinde elde edeceği senkronizasyon ve sinerji üzerine yapılmıştır.

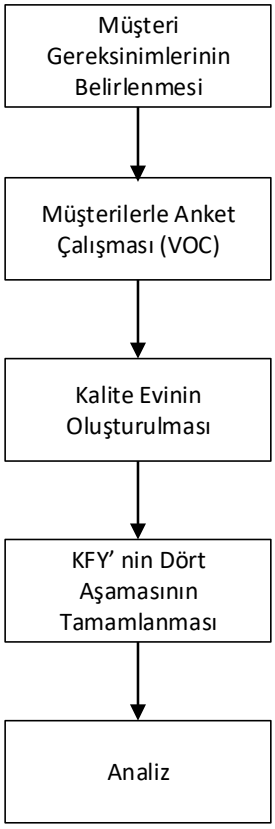
Bu araşatırmanın bulguları, literatür incelemesi ve firma uygulamasıyla elde edilmiştir. Literaür incelemesinden elde edilen bulgularla Dört Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik modeli oluşturulmuş ve bu temelden yola çıkarak eşzamanlı mühendislik araçları kullanılarak imalat sanayisinde bir firmada uygulama yapılarak ürün geliştirme sürecinde iyileştirmeler hedeflenmiştir.

Metodoloji iki aşamadan oluşmuştur. İlk aşamada, firmanın mevcut ürün geliştirme süreci, Değer Akış Haritalama tekniği kullanılarak çıkarılmış ve Dört Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik modeline göre nerelerde iyileştirmeler yapılabileceği belirlenmiştir. Ürün geliştirme sürecinde, hangi faaliyetlerin değer katıp katmadığını belirlemek zordur. Bu çalışmada, yalın ürün tasarımında israflar (Oehmen & Rebentisch, 2010) göz önüne alınarak, mevcut durum haritasını değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda da gelecek durum değer akış haritası hazırlanmış ve planlanan ürün ve süreç geliştirme süreleri belirlenmiştir.



Şekil 3.4. Metodolojinin birinci aşaması

Şekil 3.5' de görüldüğü üzere, çalışmanın birinci aşamasında çok fonksiyonlu takım oluşturulmuştur. Mevcut ürün geliştirme süreciyle ilgili adımlar detaylı incelenerek, veriler toplanmıştır. Mevcut durum değer akış haritası çıkarılarak, değer katmayan faaliyetlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Gerekli yerlerde iyileştirmeler belirlenip, gelecek durum değer akış haritası çıkarılmasıyla çalışmanın birinci aşaması tamamlanmıştır.



Şekil 3.5. Metodolojinin ikinci aşaması

İkinci aşamada, Kalite Fonksiyon Yayılımı tekniği kullanılarak müşteri gereksinimleri ve öncelikleri elde edilmesi hedeflenmiştir. KFY çalışmasını gerçekleştirebilmek için mevcut müşterilerle anket çalışması yapılmıştır. Çalışma sonucunda üründe yapılabilecek tasarım değişiklikleri ortaya çıkmıştır. Müşterinin sesini (VOC) elde etmek için çeşitli yöntemler ve metodlar bulunmaktadır. Bire-bir görüşmeler, anket çalışmaları, odak grup çalışmaları ile müşteri ihtiyaçları daha iyi anlaşılabilir. KFY metodu, müşteri gereksinimlerini daha iyi anlamak, rekabetçi bilgilere ulaşmak, geliştirme döngüsü boyunca müşteri ihtiyaçlarına odaklanmak ve KFY'nin takım

çalışmasını desteklemesi sebebiyle seçilmiştir. Bu ihtiyaçlar KFY metodu sayesinde hangi özelliklere odaklanmak gerektiği belirlenerek, özel tasarımlara ve eylemlere dönüştürülür.

BÖLÜM 4. UYGULAMA

Bu çalışmada, çöp konteyneri üreticisi bir firmada yeni ürün geliştirme sürecinde dört boyutlu eşzamanlı mühendislik uygulaması yapılmıştır. Geleneksel yöntemlerle ürün tasarım ve geliştirme çalışmalarını yürüten bu küçük ölçekli işletmenin, öncelikle kısa bir tanıtımı, mevcut proseslerinin değerlendirmesi ve yapılacak iyileştirmeler anlatılacaktır. Bu uygulamanın amaçları şunlardır:

- Yeni ürünün pazara sunulma süresini kısaltmak.
- Yeni ürün geliştirme maliyetlerini düşürmek.
- Ürün kalitesini geliştirmek.

4.1. Firma Hakkında

Uygulamanın gerçekleştirildiği firma, 38 yıldır aynı sektörde faaliyetlerini sürdüren, yeraltı ve yerüstü metal atık konteynerleri üretimi gerçekleştiren bir firmadır. 1975 yılında Türkiye'de ilk çöp konteyner üretimini yaparak sektörde uzun dönem lider konumunu korumuştur. Son yıllarda, ar-ge faaliyetlerini yeraltı ve yerüstü konteynerleri üzerine yoğunlaştırıp, modern ve çevre dostu tasarımlar yaparak, Türkiye' nin dört bir yanında belediyelere ve özel sektöre yüksek miktarda ve çeşitli hacimlerde çöp konteyneri satışı gerçekleştirmiştir. Bu ürünlere olan talebin artması üzerine üretim ve pazarlama faaliyetleri de bu yönde arttırılmıştır.

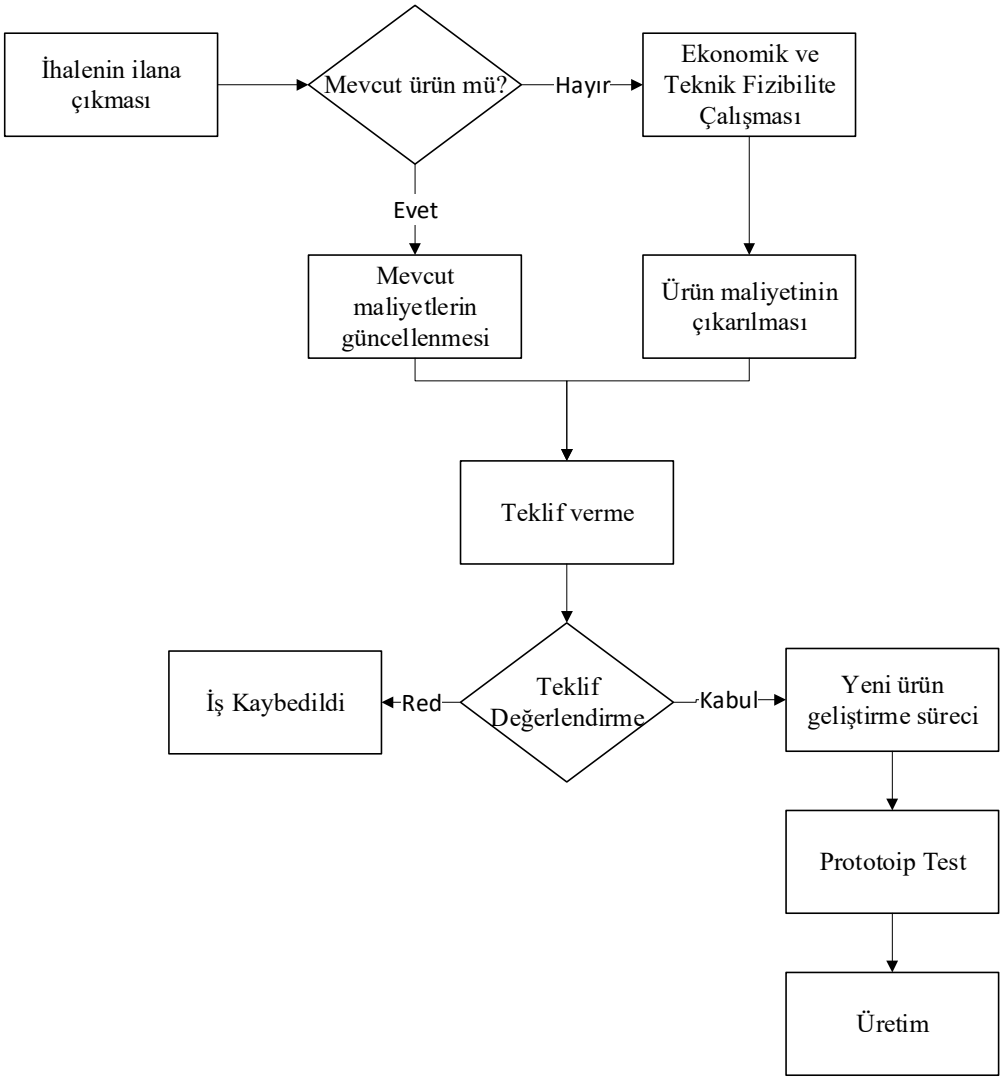
Firma kurulduğu ilk yıllardan beri mal alımı kamu ihalelerine katılmaktadır. Türkiye'nin her ilinde ve ilçesinde gerçekleştirilen ihalelere katılan firmanın müşterilerinin büyük bölümünü belediyeler oluşturmaktadır.

İdareler ihtiyaçları doğrultusunda, satın alımını gerçekleştirecekleri ürün ve miktarları Kamu İhale Kurumu'na ait olan EKAP sistemi üzerinden ilan ederler. İhale ilanı ile birlikte, ürünlerin teknik özelliklerini belirten teknik şartnameyi de yayımlarlar. İhaleye katılacak firmalar için ve satın alınacak ürünler için belirlenmiş kriterleri bu şekilde yayınlamış olurlar. Ürünler standart ölçülerde veya standart dışı özel ölçülerde

olabilir. Aynı şekilde ürünün her özelliğinde idarenin isteyebileceği farklı talepler olabilir. Firmada mevcut ihale ve üretime başlama süreci Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Ancak son dönemde inşaat sektöründeki hızlı artış sebebiyle, İstanbul içindeki birçok inşaat firmasının gerçekleştirdiği projelerde hem yeraltı hem de yerüstü konteyner üretim ve montajını gerçekleştirmiş ve pazarını genişletmiştir.

Firmanın 2018 satış verilerine göre, yıllık satış hacminin %96'sını kamu idareleri oluştururken, %4'lük kısmını özel sektör firmaları ve site yönetimleri oluşturmaktadır.



Şekil 4.1. Firma Teklif Süreci

Kamu ihalelerine katılan firma için teklif verme süreci büyük önem taşır. Çünkü ihalelerde, tüm gereksinimleri yerine getiren firmaların teklifi değerlendirme sürecine girer ve bu firmalar arasında ekonomik olarak en avantajlı teklif sahibi firma ihaleyi alır.

Teklif öncesinde henüz ürün detay tasarım aşamasına girmeden, ön maliyet çalışmasıyla fiyatlar belirlenir, bu sebeple iş alındıktan sonraki süreçte de maliyet minimizasyonu işin karlılığı açısından önem taşır.

Ürünler temelde iki kategoriye ayrılmaktadır: Yerüstü ve yeraltı konteynerleri. Eski ve geleneksel tarz olarak hala Türkiye'nin genelinde büyük talep görmeye devam eden standart çöp konteynerlerinin üretimi uzun yıllardır firma bünyesinde gerçekleştirilmektedir. Bunlar temelde 400 litre ve 800 litre olmak üzere küçük hacimli olan konteynerlerdir. Belediyeler tarafından mahalleler için cadde ve sokaklara konmak üzere oldukça bu ürünlere talep gösterilmektedir.

Ancak küçük hacimli çöp konteynerlerinin dezavantajları artmaya başladıkça, kalabalık şehirlerde cadde ve sokaklarda, alışveriş merkezlerinde ve sitelerde daha büyük hacimli ve daha estetik görünümlü atık konteynerlerine talep giderek artmaktadır. Bu konteynerlerin avantajı, büyük hacimli olması dolayısıyla daha fazla çöp depoluyor olması ve böylece çöp toplayan belediye ve idareler için daha az sıklıkla çöp toplama ihtiyacı oluşturmasıdır. Özel mekanizmaları sayesinde tam otomatik vinçli araçlar vasıtasıyla çöp toplama işlemi gerçekleştirilir. Geleneksel çöp toplama yönteminin aksine yalnızca şoför tarafından kontrol edilen bu vinçli araçlarla, konteynerleri boşaltma işlemi son derece kolay ve çevreyi rahatsız etmeden gerçekleştirilir.

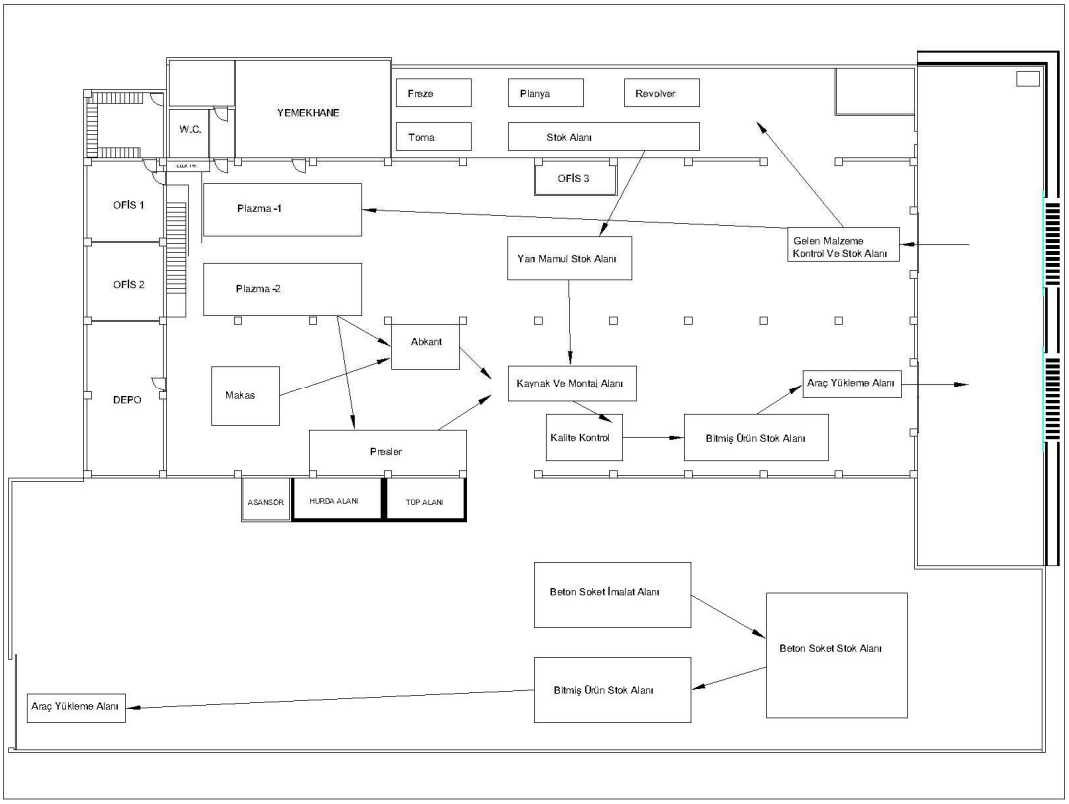
Yerüstü konteynerleri: Standart olarak üç farklı hacimde üretilir. 2.200 Lt, 3.000 Lt ve 3.750 Lt. olmak üzere üretilen bu konteynerler, atıkların kolay boşaltılmasını sağlayan açılabilir alt kapaklara sahiptir.

Yeraltı konteynerleri: 3.000 Lt ve 5.000 Lt. olmak üzere iki farklı hacimde üretimi gerçekleştirilir. Bu konteynerler üç ana parçaya ayrılabilir; dış beton soket, asansör sistemi ve iç konteyner. Ürünün üretimi ve istenilen noktalara montajı tamamıyla firma tarafından gerçekleştirilir.



Şekil 4.2. Yerüstü Konteynerleri ve Yeraltı Konteynerleri

Fabrikada açık ve kapalı alan olmak üzere iki kullanım alanı verdir. Şekil 4.3.' de göründüğü üzere, dağınık ve düzensiz bir yerleşim olup, fabrika yerleşiminde iyileştirmeler yapılması gerekmektedir.

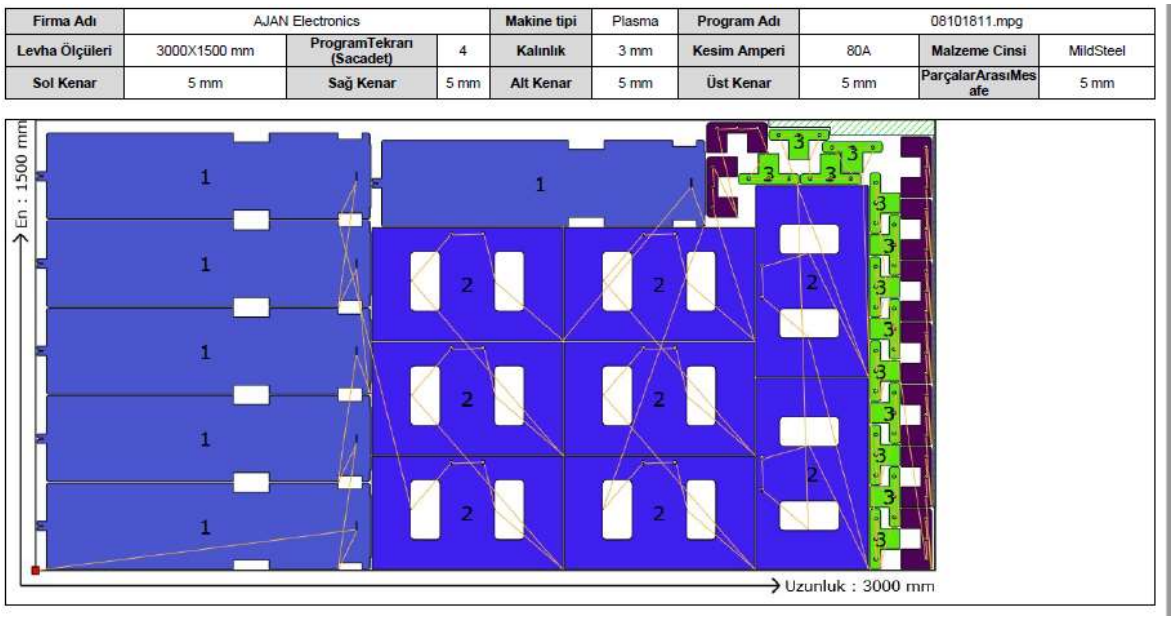


Şekil 4.3. Fabrika Yerleşim Planı

4.2.Konteyner Üretim Prosesleri

Çöp konteynerlerinin ana hammaddesi galvaniz sac ve siyah sacdır. Kabin dışında ve iç mekanizma parçalarında kullanılmak üzere çeşitli kalınlıklarda ve büyüklükte sac ihtiyacı çıkarılır. Sac malzeme ihtiyaçlarının çıkarılmasında Nesting programı aracılığıyla, en iyi yerleşimler elde edilerek en az fireli olacak şekilde malzeme ölçüleri belirlenir.

Konteyner parçalarından dış gövde sacları büyük olsa da, küçük parçalar da oldukça fazladır. Bunlar daha çok mekanizma parçalarıdır ve her projede sipariş miktarının büyüklüğüne göre parça ihtiyaçları değişir. Bu sebeple, mevcut yerleşimler kullanılabildiği gibi, her seferinde yeni yerleşim yapmak da gerekebilir. Daha önceden manuel olarak gerçekleştirilen bu işlem, nesting programı aracılığıyla daha hızlı ve kolay bir şekilde gerçekleştirilmiş olur. Gerekli olduğu durumlarda, fire oranını azaltacak ve en iyi yerleşimi elde edecek şekilde parçalarda revizyon yapılır.



Şekil 4.4. Örnek sac yerleşim planı.

Kesim Süresi =		00:09:59
Toplam Piercing Zaman =		00:01:10
Giriş/Çıkış Süresi =		00:00:11
Torch Boşta Geçiş Süresi =		00:07:56
Ekstra Kesim Süreleri =	Dönüş	00:00:00
	Punta	00:00:00
	Ortak Kesim	00:00:00
	Markalama	00:00:00
Toplam Kesim Süresi =		00:19:16

Toplam Patlatma Sayısı =	140
Toplam Parça Ağırlık =	85.92 Kg (%80.87)
Kullanabilir Levha Ağırlığı =	0.71 Kg (%0.67)
Hurda Levha Ağırlığı =	19.61 Kg (%18.46)
Toplam Levha Ağırlığı =	106.24 Kg

Şekil 4.5. Program çıktıları.

Yerleşim planı aynı zamanda Şekil 4.5' de örnek verilen bilgileri de verir. Bunlar toplam kesim süresi, parça ağırlığı, fire oranı gibi verilerdir.

Konteyner üretiminde temel imalat prosesleri aşağıdaki gibidir:

- Kesme
- Bükme
- Kıvırma
- Kaplama
- Boya
- Montaj

Malzemeler temin edildikten sonra, ilk proses kesim işlemidir. Firma bünyesinde iki adet plazma kesme makinesi bulunmaktadır. Son 6 aylık verilere göre, bu iki makinanın ayna anda çalışmasıyla günde ortalama 3.913 kg sac kesilebilmektedir. Alınan işin hacminin büyüklüğüne bağlı olarak ve teslim zamanına göre firma içinde kesilirse gecikme yaşanması muhtemel durumlarda işin bir kısmı fason lazer kesime verilebilir.

Büküm işlemi gerektiren parçalardan bazıları yine firmanın sahip olduğu mevcut makinaların kapasitelerinin yetmemesi sebebiyle fason imalata gönderilir. Bunun sebebi, konteynere ait alt kapaklar oldukça fazla büküm içerir ve mevcut makinaların bıçak boyu yetmediği için firma bünyesinde gerçekleştirilemez.

Kesim işlemlerinden sonra, kaplama yapılacak parçalar var ise, bunlar dış kaynak kullanımıyla gerçekleştirilir. Firma bünyesinde daldırma kazanı olmaması sebebiyle, bunlar daldırma galvaniz yapan firmalara gönderilir. Yine çinko kaplama gerektiren parçalar, fason işlem için dış firmalara gönderilir.

Boya işlemi, firma bünyesinde bulunan iki adet elektrostatik boz boya fırınında gerçekleştirilir. Boya tamamen müşteri isteğine bağlı olup, talep doğrultusunda boya üzerine dijital görseller de kaplanmaktadır.

Kaynak işleri ve montaj son proses olup, el tipi kaynaklarla gerçekleştirilir. Son dönemde firmada gerçekleştirilen iyileştirme çalışmalarıyla, kaynak işlemleri olabildiğince aza indirgenip, cıvatalı sistemlerle montaj yapılmaktadır.

Yer altı konteynerlerinde bu imalat proseslerine ek olarak, dış beton hazne bulunur. Anahtar teslim projelerde, beton üretimi firma bünyesinde gerçekleştirilmektedir. Beton soketin üretimi, fabrikanın açık sahasında, yüksek dayanımlı C45 Sınıfında hazır betonun hazırlanmış kalıplara dökülmesi ile gerçekleştirilir. Kalıplar standart ölçülere göre hazırlanmıştır. Soketin monobolok halinde olması gerekmektedir, ayrı dökülüp sonradan birleştirilen soketlerin kullanımı uygun değildir. Beton dökme işi kolayca darboğaz haline gelebileceği için döküm planlamasını iyi yapmak gerekmektedir. Bunun sebebi, firmada 7 adet beton kalıbı bulunmakta oluşu ve betonun kalıpta kalma süresinin bir gün olmasıdır. Ayrıca hazır beton firmaları da bazı durumlarda yoğun iş programları sebebiyle, istenilen zamanda beton temin edememektedirler. Bu sebepler dolayısıyla, gerekli miktarda beton kalıp stoğu tutulması gerekmektedir.

Yine yer altı konteynerlerinde aynı zamanda kazı, montaj işleri vardır. Bu işlemler için de kepçe, hafriyat ve vinç işleri dış kaynak kullanılarak gerçekleştirilir.

4.3. Proje: Yerüstü Atık Konteyneri Sistemi

Bu ürün için hedeflenen pazar, belediyeler ve kamu ihalelerine ek olarak alışveriş merkezleri, özel hastaneler ve büyük sitelerdir. 31.12.2014 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Atık Getirme Merkezi Tebliği" ve Sıfır atık Projesi kapsamında atıkların ayrı toplanması ve geri dönüşümü çalışmaları belediyeler için önemli bir husus haline gelmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hayata geçirilen Sıfır atık uygulamasının yönetmelik taslağı kapsamında belediyeler, terminaller, alışveriş merkezleri, organize sanayi bölgeleri, oteller, kamu kurum ve kuruluşları Sıfır Atık sistemine geçeceklerdir. Ancak burada atıkların toplanması veya toplattırılmasından il ve ilçe belediyeleri sorumlu olacaktır. En az ikili toplama sistemi kapsamında atıkların ayrı biriktirilmesi için oluşan atık miktarını karşılayacak kapasiteye sahip olacak şekilde; 400.000 ve üzeri nüfusa sahip belediyelerde her yüz konuta en az bir set halinde biriktirme ekipmanı veya her 400 metrede en az bir set halinde biriktirme ekipmanı, 100.000-400.000 arası nüfusa sahip belediyelerde her yüzelli konuta en az bir set halinde biriktirme ekipmanı veya her 500 metrede en az bir set halinde biriktirme ekipmanı, 100.000 ve altında nüfusa sahip belediyelerde ise her ikiyüz konuta en az bir set biriktirme ekipmanı veya her 600 metrede en az bir set biriktirme ekipmanının yerleştirilmesi gerekecektir (Resmi Gazete, 31.12.2014). Bu uygulama kapsamında henüz ihalelerde çok az miktarda istenen Atık Getirme Merkezi'ne ihtiyaç giderek artacaktır.

Dolayısıyla firma bu çalışmada daralan pazarda, mevcut yerüstü konteynerinin yeniden tasarlanmasını ve rekabet avantajı sağlayacak iyileştirmeler yapmayı hedeflemiştir.

4.3.1. Proje Ekibi Oluşturulması

Firmanın mevcut düzenindeki temel sorun, herkesin bu süreçte birbirinden bağımsız olarak çalışmasıdır. Mevcut ürün geliştirme çalışmaları daha çok deneme yanılma yöntemlerine dayalı olarak gerçekleştirilir, parça parça çalışmalar yapılır ve olmaması durumunda tekrar en başa dönülürdü. Her birim birbirinden bağımsız çalışır, bir birimin çıktısı bir diğer birimin girdisi olur ve sıralı yapıda işlemler gerçekleştirilirdi. Bu, gereksiz malzeme ve zaman kaybına, maliyetlerin artmasına sebep olmaktadır. Üstelik bazı durumlarda, eğer idare ihalede numune ürün istememişse ve kontrol ve onay

amacıyla da olsa bu sürecin bir parçası olmamışsa, mal tesliminde daha büyük sıkıntılar yaşanmasına sebep olabilmektedir. Dolayısıyla hem müşteri hem de şirket açısından birtakım kötü sonuçlar doğurabilmektedir.

Eşzamanlı mühendislikte, herhangi bir ürünün geliştirilmesi için, şirketin ilk adımı, konsept belirli olduktan sonra, çapraz işlevli ekiplerin oluşturulmasıdır. Eşzamanlı mühendisliğin gerçekleştirilmesinde en önemli husus, farklı disiplinlerin en erken aşamada bir araya gelmesidir.

Proje ekibi ile ilgili önemli olan, doğru insanları bu süreçte erken aşamada bir araya getirebilmek. Üretim biriminin erken dahil edilmesiyle yeni parçalar için tasarım sorunları ve süreç yeterliliği erkenden ele alınır. Yalnızca tasarım ve üretim birimleri değil, aynı zamanda müşteriler, tedarikçiler, pazarlama ve satınalma gibi fonksiyonlar da dahil edilmelidir. Bu sebeple, ürünün tasarımı ve proje aşamasında birbirinden bağımsız olarak çalışan tasarım ekibi ve imalat ustalarının ortak şekilde çalışacakları uygun ortam yaratılmalıdır. Aynı şekilde hızlı bilgi paylaşımı için bulut (cloud sistemi) üzerinden paylaşım sistemi kurulmuştur.

Eşzamanlı Yerüstü Atık Konteyneri geliştirme sürecindeki aşamalar için oluşturulacak ekip, Genel Müdür yöneticiliğinde, Pazarlama Müdürü, Tasarım Mühendisi, Üretim Mühendisi, Satınalma Sorumlusu ve Servis Sorumlusundan oluşacaktır. Aynı zamanda, dışarıdan hazır olarak temin edilecek bileşenler için belirlenmiş toplantılara tedarikçiler de katılacaktır.

4.3.2. Firmanın Mevcut ve Gelecek Durum Değer Akış Haritası

Firmada mevcut geleneksel yaklaşım olan sıralı bir ürün geliştirme ve üretim süreci vardır. Müşteri gereksinimleri ve ürün özelliklerine göre bir tasarım yapılır, sırayla üretim prosesleri belirlenir, hammadde ihtiyaçları belirlenir, prototip çalışması sırasında çok fazla tekrar eden deneme yanılma yöntemleriyle nihai tasarım ortaya çıkmaktaydı.

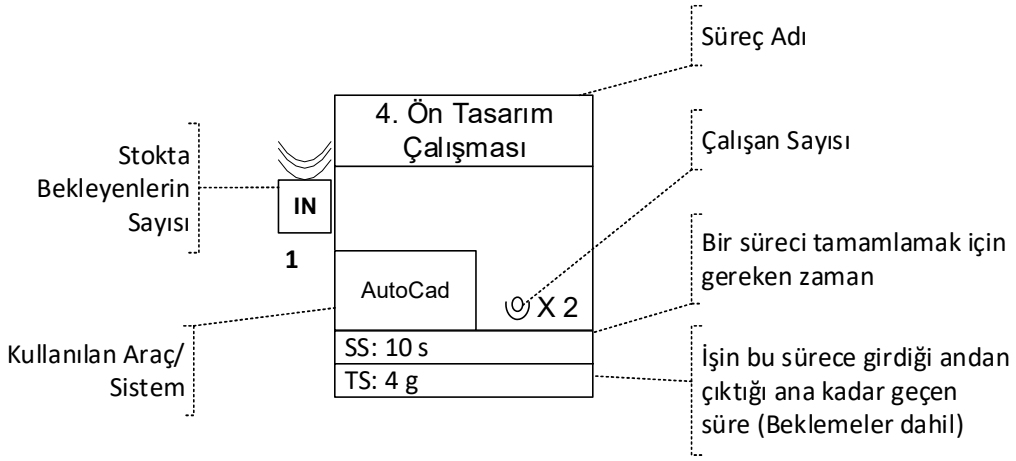
Servis süreci ve tedarik zinciriyle ilgili kararlar ve planlamalar da yine sıralı olarak gerçekleştirilip, bazı durumlarda ise üretim devam ederken veya bittikten sonra servis ve dağıtımla ilgili sorunlar gündeme gelmekteydi. Öncelikle mevcut durum değer akış haritası çıkarılıp, mevcut ürün geliştirme süreci ortaya konmuştur.

Ancak bu çalışmayla tüm süreçlerin (ürün, üretim prosesleri, tedarik zinciri ve servis) eşzamanlı hale getirilmesiyle birlikte, bu zamana kadar mevcut olan pek çok iletişim problemi, prototip denemelerinin fazla olması, ürün kalitesindeki sıkıntılar, planlama sorunlarıyla ilgili olarak iş teslim süresiyle ilgili yaşanan zaman sorunlarında iyileştirmeler planlanmıştır.

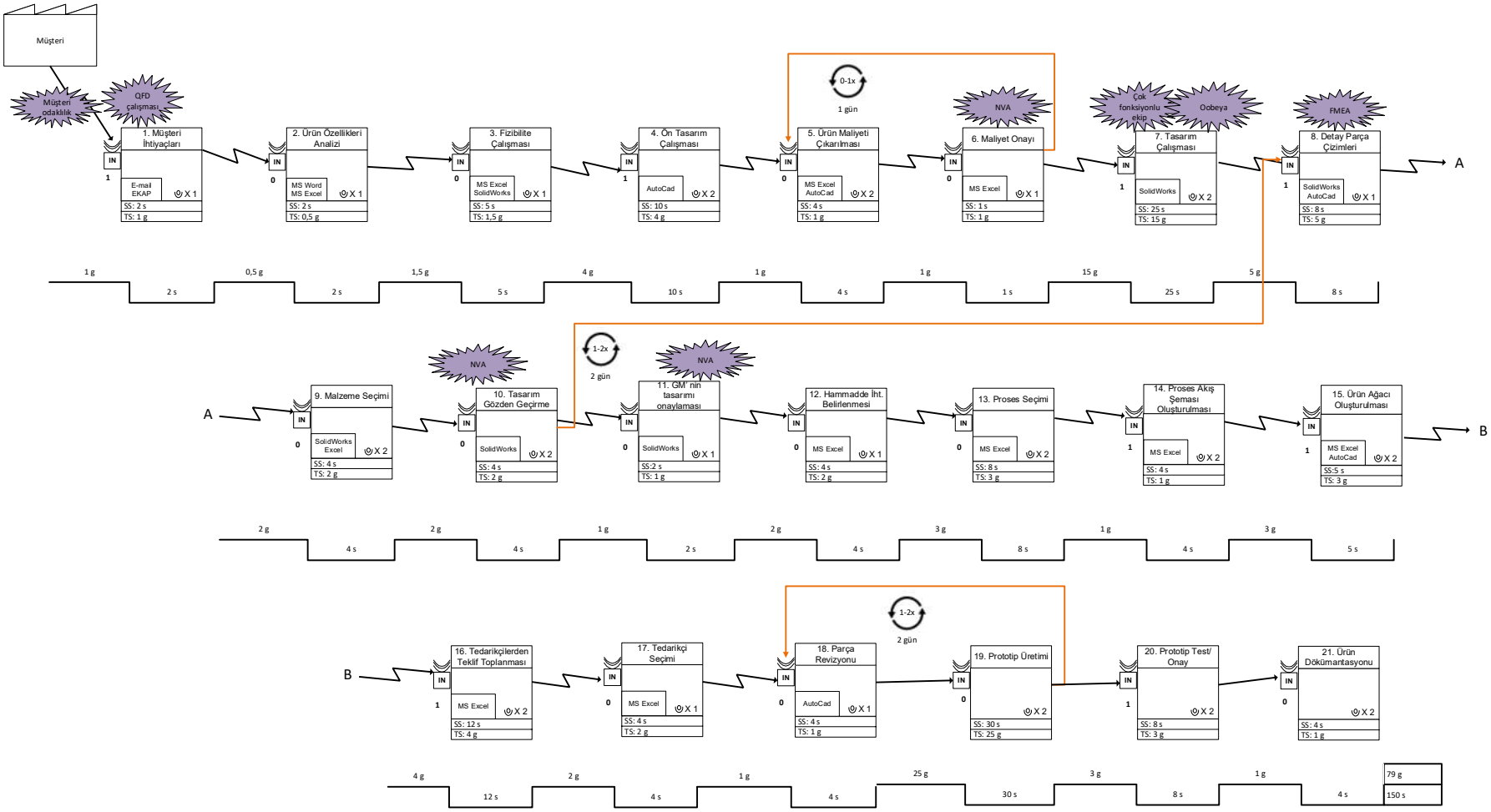
Firma yöneticileriyle firmanın mevcut süreci üzerine görüşmeler yaparak ve geçmiş projelerden de faydalanarak, ürün geliştirme sürecinin aşamaları belirlenmiştir. Daha sonra bu süreçlere ait Süreç Süreleri (SS) ve Temin Süreleri (TS) çalışanlarla birlikte ortalama değerler üzerinden tespit edilmiştir.

Süreç No	Süreçler
1	Müşteri İhtiyaçlarının Belirlenmesi
2	Ürün Özellikleri Analizi
3	Fizibilite Çalışması
4	Ön Tasarım
5	Ürün Maliyeti Çıkarılması
6	Maliyet Onayı
7	Tasarım
8	Detay Parça Çizimleri
9	Malzeme Seçimi
10	Tasarım Gözden Geçirme
11	Genel Müdürün Tasarımı Onaylaması
12	Hammadde İhtiyaçlarının Belirlenmesi
13	Proses Seçimi
14	Proses Akış Şeması Oluşturulması
15	Ürün Ağacı Oluşturulması
16	Tedarikçilerden Teklif Toplanması
17	Tedarikçi Seçimi
18	Parça Revizyonu
19	Prototip Üretimi
20	Prototip Test & Onay
21	Ürün Dökümantasyonu

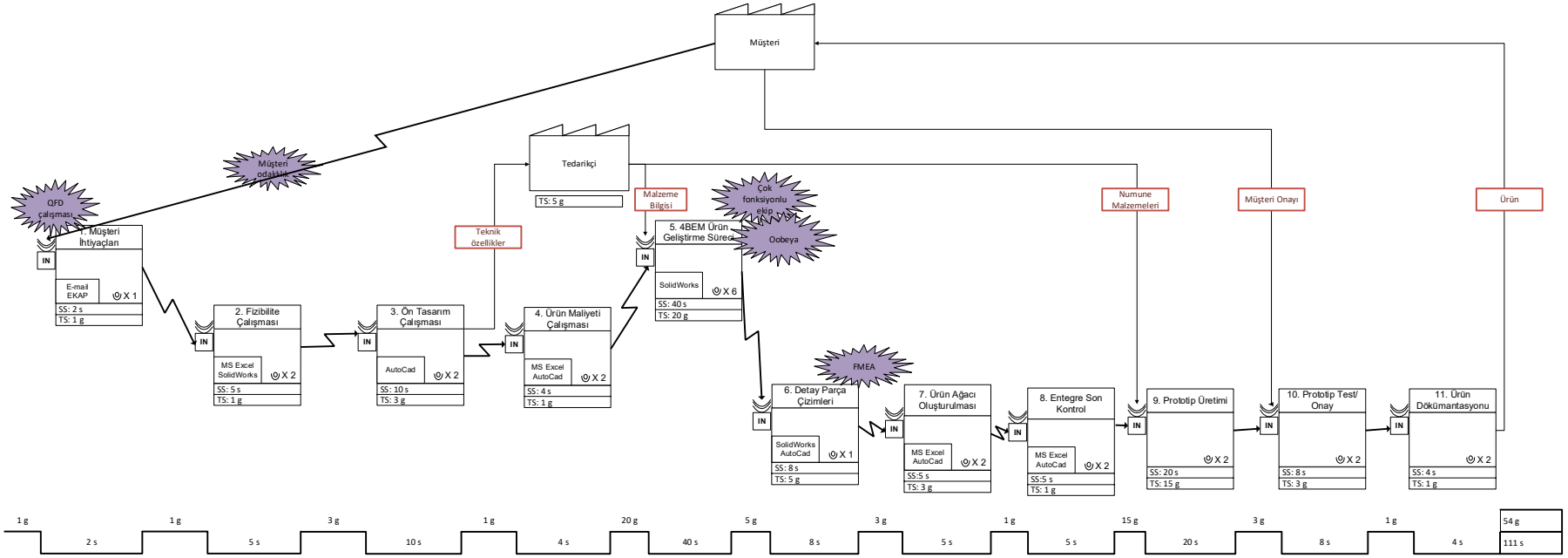
Tablo 4.1. Firmanın Mevcut Ürün Geliştirme Süreci Aşamaları



Şekil 4.6. Değer Akış Haritasında Süreçlerin Gösterimi



Şekil 4.7. Firmanın mevcut sıralı ürün tasarım süreci



Şekil 4.8. Firmanın yeni eşzamanlı tasarım süreci Gelecek Durum Haritası

4.3.3. Keşif aşaması

Bu aşamada, müşteri gereksinimleri, ürün kullanım koşulları, kalite ve garanti beklentileri keşfedilmiştir. Müşteri tarafından sağlanan teknik şartnamede, ürünün sağlaması gereken tüm özellikler belirtilir. Belirtilen tüm bu spesifikasyonların üretici firma tarafından sağlanma zorunluluğu vardır (Bkz. Ek 1. Teknik Şartname).

Keşif aşamasında, müşterinin sesinin teknik özelliklere dönüşmesi için öncelikle KFY çalışması yapılmıştır. Aynı zamanda müşteri için önem dereceleri de saptanmıştır. Daha sonra kullanıcının nerede ve ne amaçla bu ürünü kullanacağı, konteynerlerin bölgeye nasıl dağıtılacağı konusunda çalışma yapılmıştır. İlk defa bu konteynerleri satın alacak olan bazı projelerde ise, ilçe haritası üzerinde nüfusa göre konteynerler yerleştirilerek dağıtım haritası çıkarılır. Böylece çöp toplama aracının girmesi zor olan sokakların tespiti önceden yapılır ve yerleşim buna göre sağlanır. Ancak bu proje için bu çalışma gerekli olmamıştır.

Çevre karakterizasyonu için de, müşterinin bu ürünü nerede kullanacağı önemlidir. Örneğin bir müşteri, kapalı alanda atıklarını ayrıştırmak için bu konteynerlerden istiyorum diyebilir. Fakat burada sokaklarda kullanılacak bir ürün olduğu için özellikle paslanmaya dayanıklılık önemlidir.

Aynı şekilde teslimat ve dağıtımla ilgili de müşterinin beklentisini en baştan iyi anlamak gerekir. Çünkü müşteri tüm ürünlerin, tek seferde iş bitim zamanında teslim edilmesini isteyebilir ya da, belirli zamanlarda peyder pey teslimat yapılmasını da talep edebilir.

Firma genellikle devlet ihalelerine iştirak ettiği için, idare tarafından istenen teknik şartnameye tamamen uymak zorundadır. Bu şartnamelerde ürünün teknik detayları ayrıntılı belirtilir.

Ürün tasarımında müşterinin sesi büyük önem taşır ve ondan bağımsız bir ürün geliştirme çalışması düşünülemez. Burada da müşteri gereksinimlerini daha iyi anlamak ve bunları teknik özelliklere dönüştürmek için KFY çalışması yapılmış ve müşterilerle

bir anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Kalite evi çalışması, online olarak ulaşılabilen QFD Online'ın (www. qfdonline.com) geleneksel kalite evi şablonu ile yapılmıştır.

Öncelikle müşterilerle bire-bir iletişimde olan firma yetkilisiyle temel gereklilikler listelenmiştir. Bunlar:

1. Ürünün uygun fiyatlı olması
2. Paslanmaya (korozyona) karşı dayanıklılık
3. Çöp atma işleminin kolay olması
4. Çöp toplama işleminin kolay olması
5. Servis hizmeti hızlı olması
6. Estetik görünüm
7. Atıkların ayrıştırılması
8. Hijyenik kullanım
9. Ürün teslim süresi
10. Dış etkenlere dayanıklı olması

Anket çalışması idarelerin satınalma ve temizlik işleri birimlerinde ihale dosyası hazırlama çalışmalarına katılan personel ile gerçekleştirilmiştir. 10 soru için 15 müşteriden cevap toplanmıştır. Ankette 5'li Likert ölçeğine göre değerlendirme yapılmış ve beklenti verilerinin ortalama değerleri ile önem dereceleri elde edilmiştir.

Müşteri anketlerinden çıkan sonuca göre, ürünün uygun fiyatlı olması ve estetik görünümü eşit derecede, %11,52 ile en yüksek önem derecesine sahip çıkmıştır. Peşinden, %10,60 ile dış etkenlere dayanıklı olması ve %10,42 ile servis hizmetinin hızlı olması ilk üç yüksek seviyede önem derecesine sahip çıkmışlardır.

Kalite evi, müşteri ihtiyaçlarını ve bunların nasıl karşılanacağını belirlemeye yönelik ve aralarındaki ilişkileri tespit etmeye yarayan bir yöntemdir. Bu çalışmada müşteri istekleri tespit edildikten ve önem dereceleri tespit edildikten sonra, bunların nasıl sağlanacağına ilişkin kalite karakteristikleri belirlenmiştir. Kalite evinin sol tarafında

"ne"ler yer alırken, üst tarafında "nasıl"lar listelenir. Müşteri isteklerini, nasıl ölçebileceğimizin cevabı kailte karakteristiklerini oluşturur.

Sıra No	Müşteri Gereksinimleri	Önem Derecesi	Göreceli Ağırlık
1	Ürünün uygun fiyatlı olması önemlidir.	4,20	11,52
6	Estetik görünüm önemlidir.	4,20	11,52
10	Dış etkenlere dayanıklı olmalıdır.	3,87	10,60
5	Servis hizmeti hızlı olmalıdır.	3,80	10,42
3	Çöp atma işlemi kolay olmalıdır.	3,67	10,05
4	Çöp toplama işlemi kolay olmalıdır.	3,53	9,69
9	Ürün teslim süresi	3,47	9,51
2	Paslanmaya karşı dayanıklılığı önemlidir.	3,27	8,96
8	Kullanımı hijyenik olmalıdır.	3,27	8,96
7	Atıkların ayrıştırılması önemlidir.	3,20	8,78

Tablo 4.2. Müşteri gereksinimleri ve önem dereceleri

Kalite karakteristikleri	İyileştirme yönü	Göreceli ağırlık
Hammadde seçimi	x	15,90
Kaplamalar	▲	15,90
Atık haznesi tasarımı	x	13,00
Pedal kullanımı	▲	10,30
Estetik gövde tasarımı	▲	9,80
Dijital etiketler	x	9,40
Renk	x	5,40
İç mekanizma	x	5,10
Üretim maliyeti	▼	4,50
Yedek parça	▲	4,10
Üst kafa sistemi	x	3,80
Kapak büyüklüğü	x	2,80

Tablo 4.3. Kalite karakteristikleri

Müşteri isteklerine yönelik teknik gereksinimler tasarım ekibi tarafından belirlenmiştir. Sonuçlara göre, müşteri tatminini büyük ölçüde etkileyen kalite karakteristikleri hammadde, kaplamalar, atık haznesi tasarımı ve pedal kullanılmasıdır. Kalite evinin alt bölümünde kalite karakteristiklerinin hedef değerleri, zorluk dereceleri ve göreceli ağırlıkları yer alır.

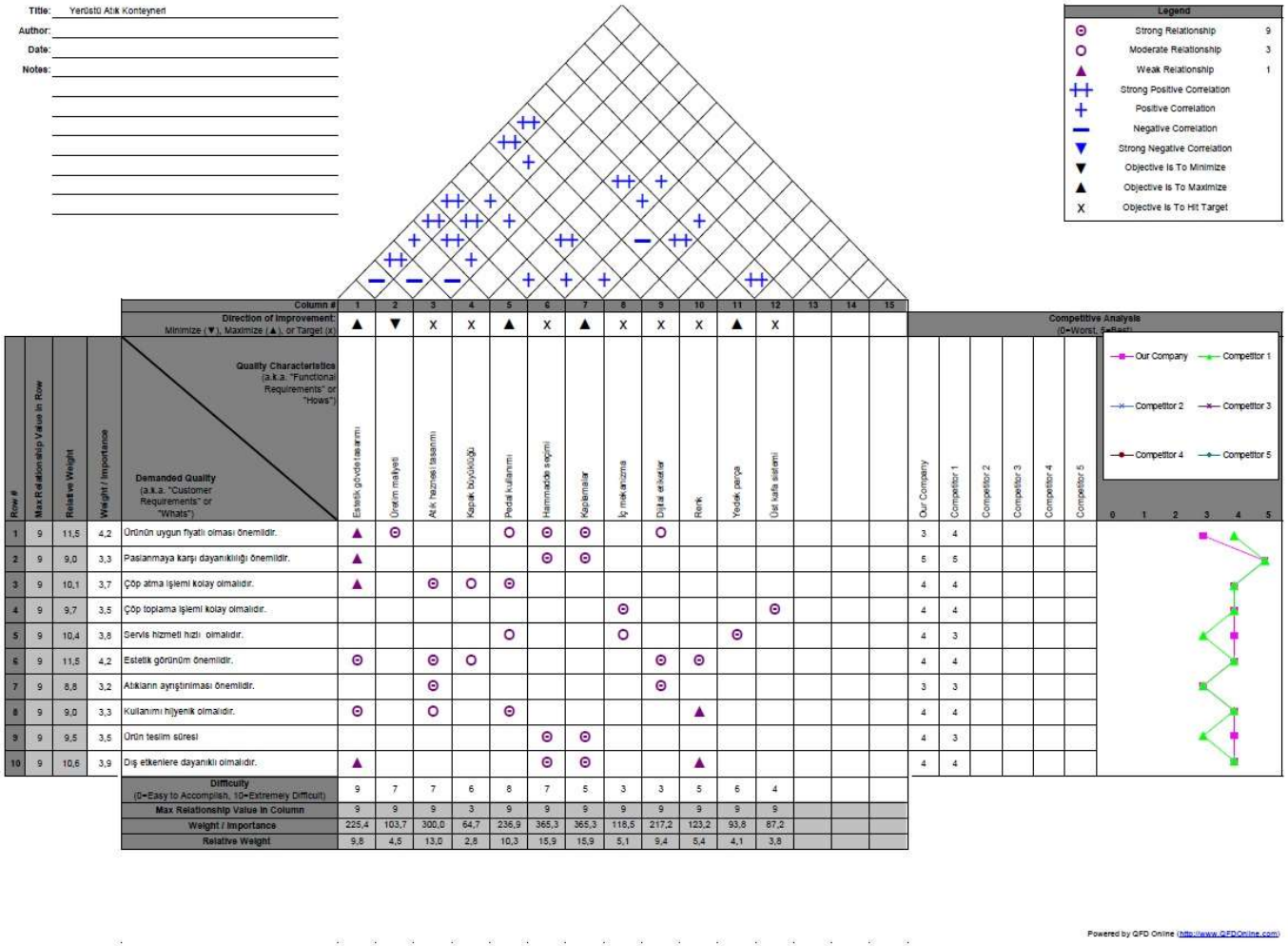
Müşteri gereksinimleri ve teknik gereksinimler arasındaki ilişki sembollerle ifade edilir. Matrisin ortasındaki bölümde ilişkileri belirtmek için bu semboller kullanılır.

Sembol	Açıklama	Puan
Θ	Güçlü ilişki	9
O	Orta derecede ilişki	3
▲	Zayıf ilişki	1

Tablo 4.4. Kalite evi semboller ve açıklamaları

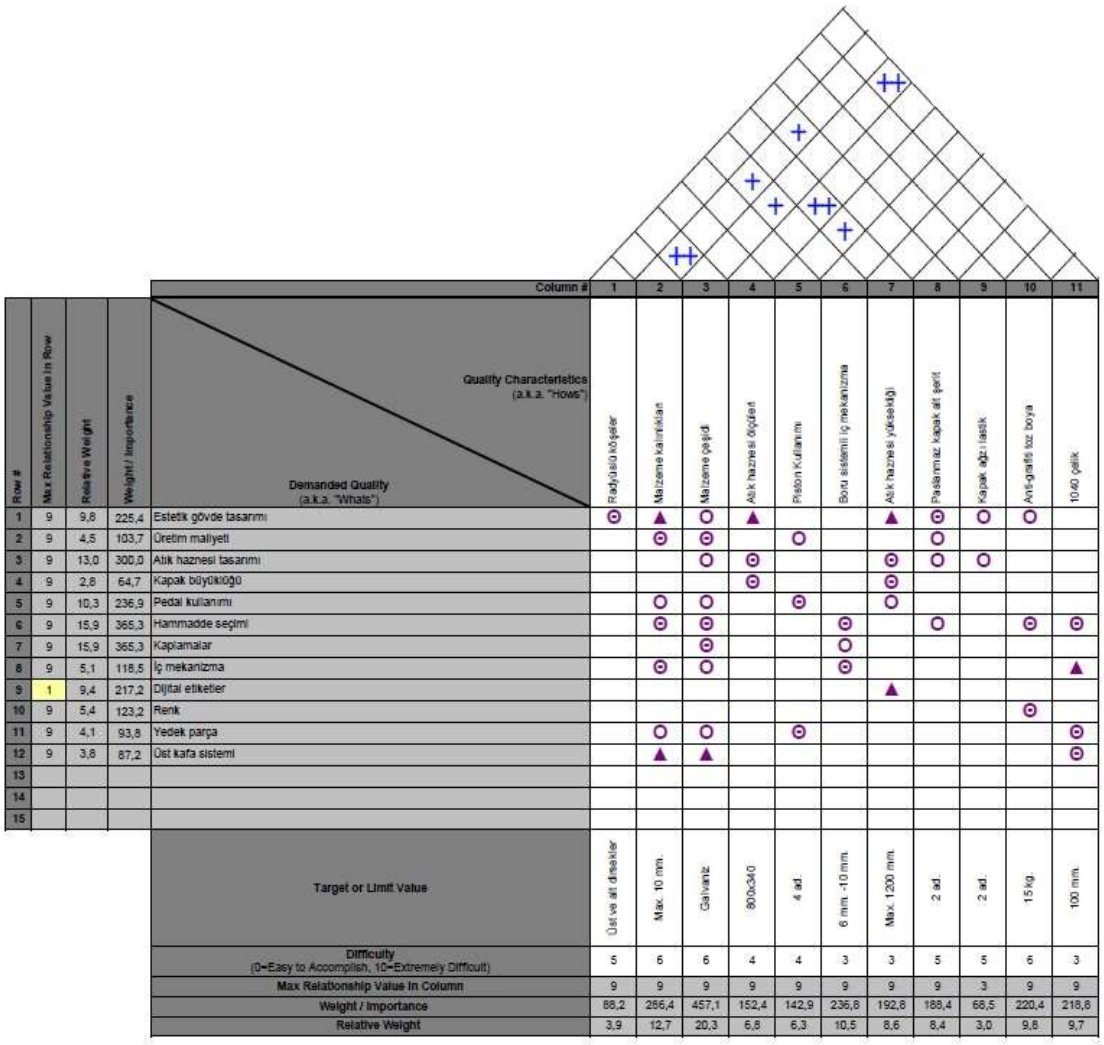
Kalite evinin sağ tarafında rekabet matrisi bulunur. Müşteriden alınan sözlü geri bildirimler doğrultusunda bu bölüm hazırlanmıştır. Sektördeki en büyük rakip olan ikinci bir firma ile karşılaştırma yapılmıştır.

Yöntemin temel ilkesi, müşterilerin algı bakış açılarıyla ilgili bilgileri toplamak ve ardından bu bilgileri ürün hedeflerine dönüştürmektir. Bu işlem kullanılarak, müşterinin bakış açısından ürünle ilgili sorunların tespit edilmesi sağlanır.



Şekil 4.9. Kalite Evi

KFY analizine devam etmek için, sonraki çizelgede, kalite karakteristikleri ürün karakteristikleriyle ilişkilendirilir.

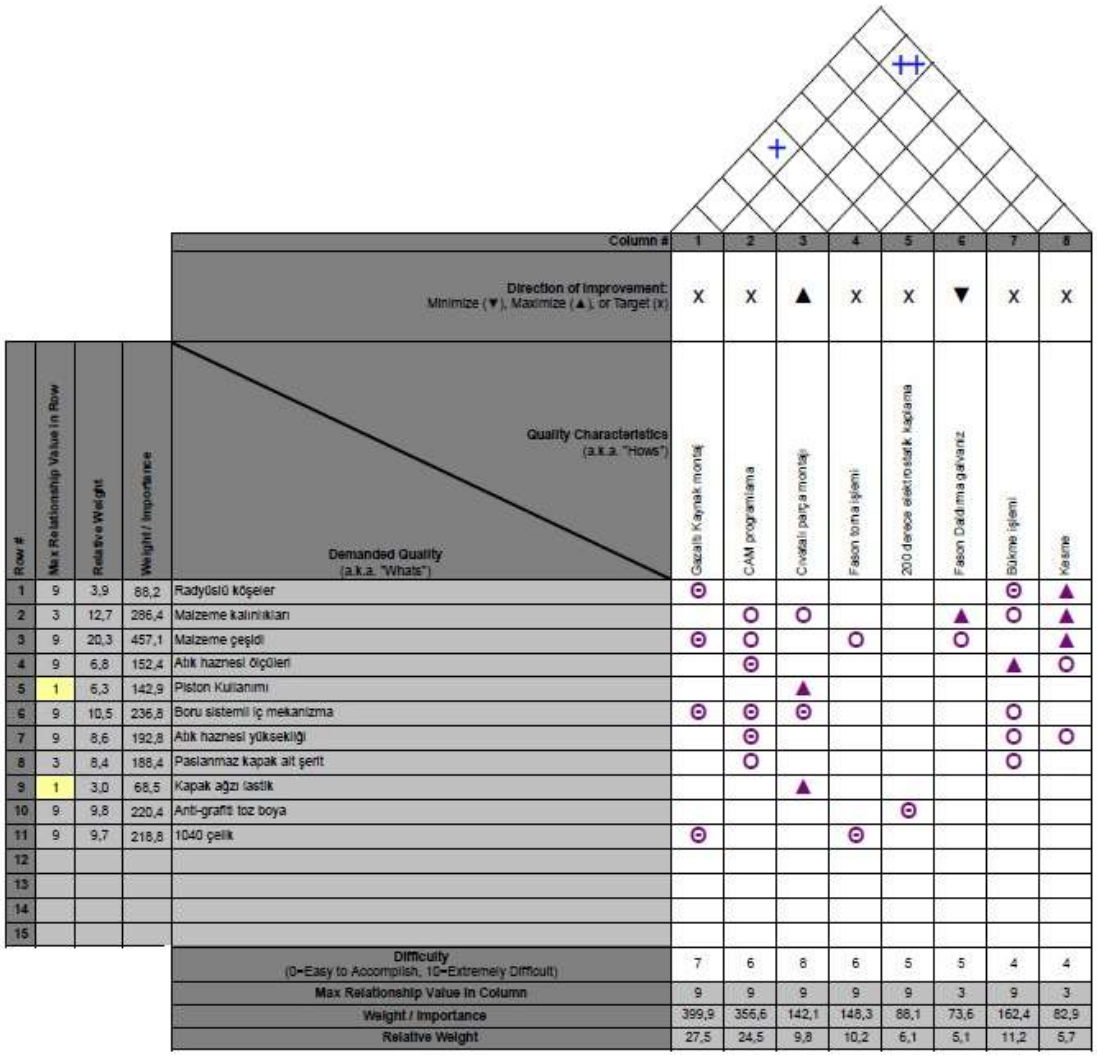


Row #	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Weight / Importance	Demanded Quality (a.k.a. "Whats") \ Quality Characteristics (a.k.a. "Hows")	1 Radyobütü köşeler	2 Malzeme kalınlıkları	3 Malzeme çeşidi	4 Atık haznesi ölçüleri	5 Piston Kullanımı	6 Bordu sistemli iç mekanizma	7 Atık haznesi yüksekliği	8 Paslanmaz kapak alt şerit	9 Kapak ağzı lastik	10 Anti-grafiti toz boya	11 1040 çelik
1	9	9,8	225,4	Estetik gövde tasarımı	⊙	▲	○	▲			▲	⊙	○	○	
2	9	4,5	103,7	Üretim maliyeti		⊙	⊙		○			○			
3	9	13,0	300,0	Atık haznesi tasarımı			○	⊙			⊙	○	○		
4	9	2,8	64,7	Kapak büyüklüğü				⊙			⊙				
5	9	10,3	236,9	Pedal kullanımı		○	○		⊙		○				
6	9	15,9	365,3	Hammadde seçimi		⊙	⊙			⊙		○		⊙	⊙
7	9	15,9	365,3	Kaplamalar			⊙			○					
8	9	5,1	118,5	İç mekanizma		⊙	○			⊙					▲
9	1	9,4	217,2	Dijital etiketler							▲				
10	9	5,4	123,2	Renk										⊙	
11	9	4,1	93,8	Yedek parça		○	○		⊙						⊙
12	9	3,6	87,2	Üst kafa sistemi		▲	▲								⊙
13															
14															
15															
				Target or Limit Value	Üst ve alt direkler	Max. 10 mm.	Galvaniz	800x340	4 ad.	6 mm -10 mm.	Max. 1200 mm.	2 ad.	2 ad.	15 kg.	100 mm.
				Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)	5	6	6	4	4	3	3	5	5	6	3
				Max Relationship Value in Column	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9
				Weight / Importance	88,2	266,4	457,1	152,4	142,9	236,8	192,8	188,4	68,5	220,4	218,8
				Relative Weight	3,9	12,7	20,3	6,8	6,3	10,5	8,6	8,4	3,0	9,8	9,7

Şekil 4.10. KFY ikinci aşama - kalite karakteristiklerine karşı ürün karakteristikleri

İkinci KFY' de gördüğümüz en önemli ürün karakteristiği en yüksek önem derecesine sahip malzeme çeşididir ve ondan sonra da malzeme kalınlıkları gelmektedir.

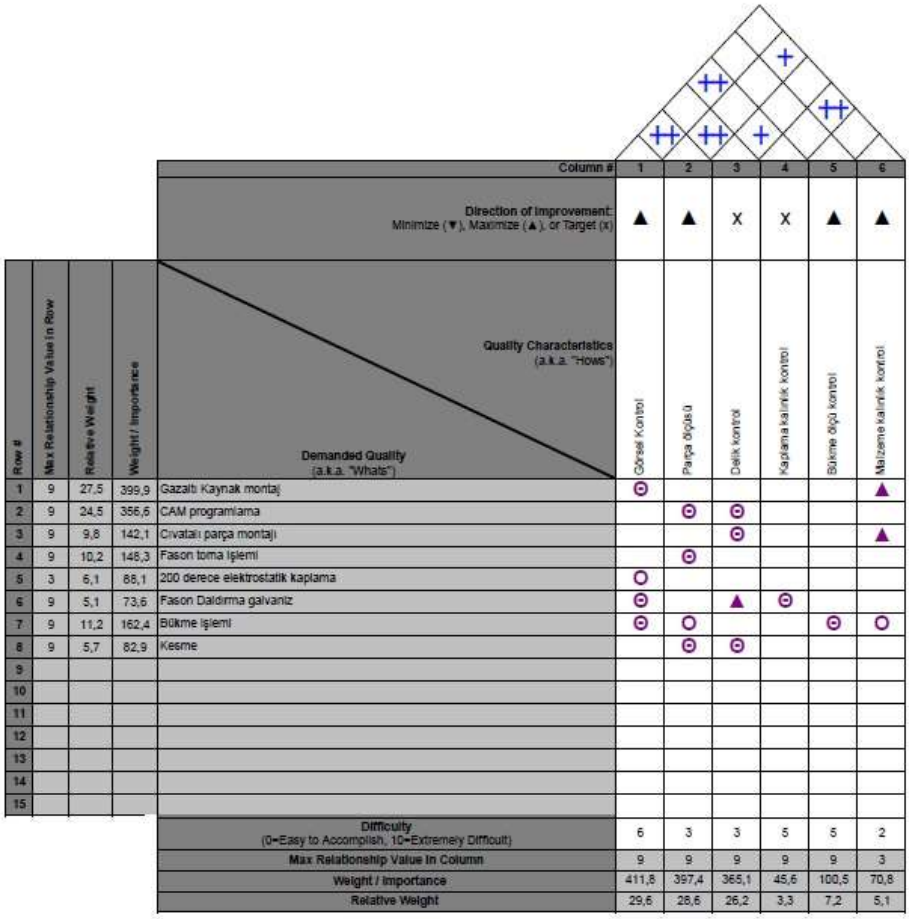
Üçüncü aşamada süreç planlama yapılır. Burada da ürün karakteristikleri, üretim süreçleriyle karşılaştırılır ve yine müşteri tatminini arttıracak, odaklanılması gereken süreçler ortaya çıkar.



Row #	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Weight / Importance	Demanded Quality (a.k.a. "Whats") / Quality Characteristics (a.k.a. "Hows")	Gazaltı Kaynak montaj	CAM programlama	Civatalı parça montajı	Fason tornalışlemi	200 derece elektrostatik kaplama	Fason Daldırma galvaniz	Bükme işlemi	Kesme
				Column #	1	2	3	4	5	6	7	8
				Direction of Improvement: Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	x	x	▲	x	x	▼	x	x
1	9	3,9	88,2	Radyüslü köşeler	⊙						⊙	▲
2	3	12,7	286,4	Malzeme kalınlıkları		○	○			▲	○	▲
3	9	20,3	457,1	Malzeme çeşidi	⊙	○		○		○		▲
4	9	6,8	152,4	Atık haznesi ölçüleri		⊙					▲	○
5	1	6,3	142,9	Piston Kullanımı			▲					
6	9	10,5	236,8	Boru sistemli iç mekanizma	⊙	⊙	⊙				○	
7	9	8,6	192,8	Atık haznesi yüksekliği		⊙					○	○
8	3	8,4	188,4	Paslanmaz kapak alt şerit		○					○	
9	1	3,0	68,5	Kapak ağzı lastik			▲					
10	9	9,8	220,4	Anti-grafiti toz boya					⊙			
11	9	9,7	218,8	1040 çelik	⊙			⊙				
12												
13												
14												
15												
				Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)	7	6	8	6	5	5	4	4
				Max Relationship Value in Column	9	9	9	9	9	3	9	3
				Weight / Importance	399,9	356,6	142,1	148,3	88,1	73,6	162,4	82,9
				Relative Weight	27,5	24,5	9,8	10,2	6,1	5,1	11,2	5,7

Şekil 4.11. KFY üçüncü aşama – ürün karakteristikleri ve proses karşılaştırması

Üçüncü aşamada ortaya çıkan, en önemli ve geliştirilmesi gereken süreçlerin gazaltı kaynak işlemi ve CAM programlama işlemi olduğu görülmektedir. Çünkü, kaynak işleminin kaliteli gerçekleştirilmesi ürünün estetik görünümü için önemlidir. Ayrıca kaynak işlemi insana okdukça bağlı faktörlerden etkilenen bir süreçtir, bu alandaki iyileştirmeler ürün ve üretim kalitesini büyük ölçüde etkileyecektir. Yine CAM programlama aşaması ilk aşama olan parça kesimleri için oldukça önemlidir. Bu aşamada yapılacak hatalar tüm süreci etkileyecektir.



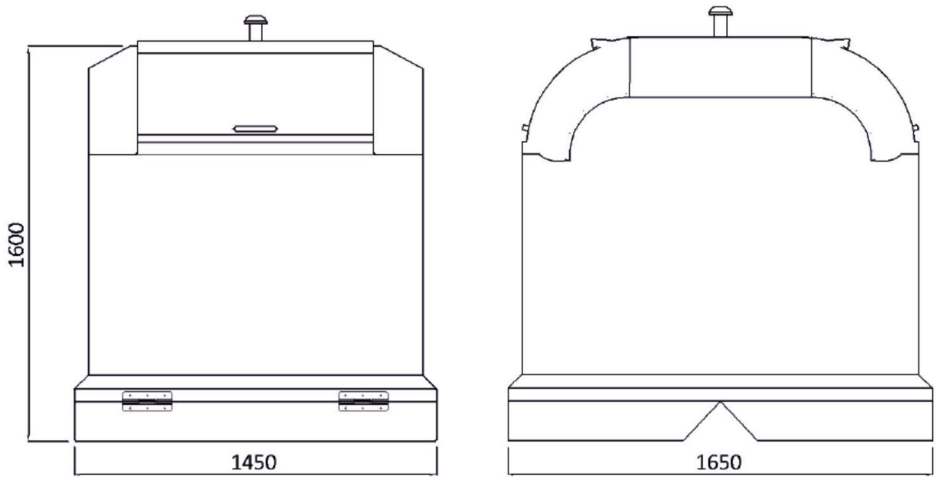
Row #	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Weight / Importance	Demanded Quality (a.k.a. "Whats") \ Quality Characteristics (a.k.a. "Hows")	1 Görsel Kontrol	2 Parça ölçüsü	3 Delik kontrol	4 Kaplama kalınlık kontrol	5 Bükme ölçü kontrol	6 Malzeme kalınlık kontrol
				Direction of Improvement: Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	▲	▲	x	x	▲	▲
1	9	27,5	399,9	Gazaltı Kaynak montaj	⊙					▲
2	9	24,5	356,6	CAM programlama		⊙	⊙			
3	9	9,8	142,1	Civatalı parça montajı			⊙			▲
4	9	10,2	148,3	Fason toma işlemi		⊙				
5	3	6,1	88,1	200 derece elektrostatik kaplama	O					
6	9	5,1	73,6	Fason Daldırma galvaniz	⊙		▲	⊙		
7	9	11,2	162,4	Bükme işlemi	⊙	O			⊙	O
8	9	5,7	82,9	Kesme		⊙	⊙			
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
				Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)	6	3	3	5	5	2
				Max Relationship Value in Column	9	9	9	9	9	3
				Weight / Importance	411,8	397,4	365,1	45,6	100,5	70,8
				Relative Weight	29,6	28,6	26,2	3,3	7,2	5,1

Şekil 4.12. KFY dördüncü aşama – üretim prosesleri ve kalite kontrol karşılaştırması

4.3.4. Tanımlama Aşaması

Bu aşamada, keşif aşamasında elde edilen bilgiler doğrultusunda tanımlamalar yapılır. İlk olarak ürünün fonksiyonel modeli ortaya konur. Gerekli operasyonel, teknik, yapısal fonksiyonlar tanımlanır. Örneğin bu konteyner geri dönüşüm atıklarının ayrıştırılması için mi kullanılacak? Eğer böyleyse, atık haznesinin bu atıklara uygun olarak tasarlanması gerekecektir. Ya da hangi tip çöp toplama arçlarıyla toplanacak? Eğer çöp toplama aracı elektronik sistemli bir araçsa, konteynerde de buna uygun kaldırma fonksiyonu olması gerekecektir.

Bu projede, tasarımı yapılan ürün üstten kaldırmalı alttan boşaltmalı bir konteyner modelidir ve özel vinçli araçlarla çöp toplanmaktadır. Cadde ve sokaklarda geri dönüşüm atıklarını ayrıştırmak üzere kullanılacaktır.



Şekil 4.13. Yerüstü konteyneri teknik resmi

Üretim süreçlerinin belirlenmesi, henüz detay tasarımlar ve prosesler ortaya çıkmadan müşteri tarafından belirtilen hususlarla ilgilidir. Örneğin müşteri, alt kapakların daldırma galvaniz işlemine tabi tutulacağını veya gövdenin elektrostatik kaplama olup olmayacağını belirtebilir. Tanımlama aşamasındaki bu adımda, bu üretim süreçlerinin mutlaka seçileceği belirlenmiş olur.

Ana bileşenler için tedarikçi ön araştırma adımında, teknik özelliklerde daha önce temin edilmemiş bir malzeme var ise bunun için firma araştırması yapılması, mevcut kullanılan ürünler ise malzeme temin edip edemeyeceği araştırılır. Örneğin her sac tedarikçisi firmanın elinde gerekli kalite, ölçü ve kalınlıkta veya miktarda sac olmayabilir. Gecikmelerin yaşanmaması için, bunların ön çalışması yapılarak, tedarikçi ön araştırmsı hedeflenir.

Servis gereksinimlerinin tanımlanması aşamasında, garanti süresinin ne kadar olduğu, bakım hizmetinin nasıl sağlanacağı, arıza durumunda nasıl müdahale edileceği belirlenmiştir. Bu projede garanti süresi, kullanıcı hataları hariç iki yıl olarak talep edilmiştir. Proje İzmir ilinde olduğu için, arıza ve müdahale gerektiren durumlarda fabrikaya getirilip arızanın giderilmesi mümkün değildir. Bir sonraki aşamada, ürünün olduğu yerde bakım ve tamirlerin gerçekleştirilmesi üzerine bir planlama yapılacaktır.

4.3.5. Geliştirme Aşaması

Bu aşamada, müşteri talebini karşılayacak ürünün teknik özellikleri, teknik çizimleri ve tasarım alternatifleri ortaya konulur. Projenin tamamı AutoCad ve Solidworks' de tamamlanarak öncelikle sistemin çalışabilirliği, uygulanabilirliği, malzeme cinsi ve kalınlıklar öncelikle sanal ortamda analiz edilmelidir. Solidworks ile üç boyutlu tasarım ortaya konup, iki boyutlu detay parça çizimleri AutoCad ile yapılır.

Bu doğrultuda ürün tasarımıyla ilgili amaçlar şunlardır:

(1) Farklı alanlarda kullanılacak bir ürün tasarlamak.

(2) Ürün maliyetini azaltmak.

(3) Müşteri ihtiyacını karşılarken aynı zamanda ürün kalitesini de geliştirmek.

DFX teknikleri kullanılarak maliyeti optimize ederek rekabet avantajı sağlayacak bir tasarım ortaya çıkarmak hedeflenir. Özellikle imalat ve montaj için tasarım teknikleriyle, daha düşük operasyon maliyetleri ve süre avantajı kazandırması amaçlanır.

Edwards K.L.'nin derlediği imalat ve montaj için tasarımın (DFMA) ana esaslarından bazıları şunlardır: (Edwards, 2002)

- Her işleme en uygun malzemeyi seçin.
- Uygun ve en düşük maliyetli materyalleri seçin.
- Üretim süreçlerine uyacak ve maliyetleri azaltacak şekilde tasarım yapın.
- Bağlantı elemanları ortadan kaldırılamazsa standartlaştırın.
- Parça sayılarını azaltın.
- Simetrik parçalar tasarlanmalı.
- Yüksek düzeyde bir güvenilirlik sağlamak için tasarımcı, yeni ve belirsiz olan aksine iyi denenmiş ve test edilmiş bileşenlerin ve materyallerin kullanımını göz önüne almalıdır.
- Keskin kenarlar ve açılardan kaçının.

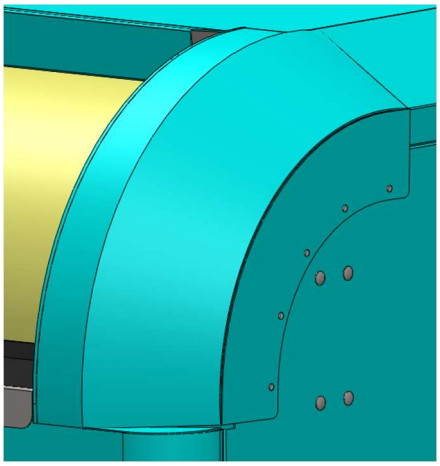
Bu temel unsurlar düşünüldüğünde, müşteri gereksinimleri karşılanırken, bunun düşük maliyetli, basit ve imal edilebilir şekilde tasarlanabilmesi için aşağıdaki maddeler düşünülmüştür;

1. Atık konteynerinin simetrik parçalardan oluşması: Gövde ve kapaklar için simetrik parça tasarımı yapılarak malzeme çeşitliliği azalmaktadır ve aynı zamanda imalat sürecini de kısaltmaktadır.

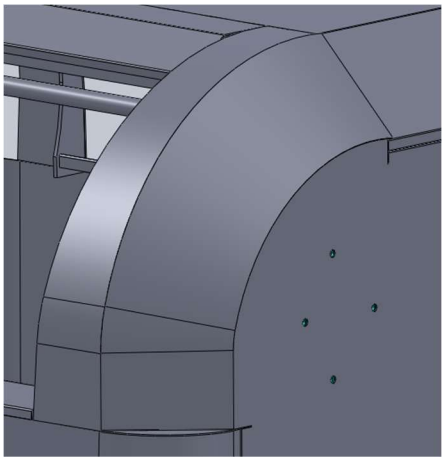
2. Gövde kalınlığının düşürülmesi: Gereksiz fazla kalın kullanılan sac yerine, daha ince sac kullanılarak hammadde maliyeti düşürülür.

3. Mevcut ürünlerin kapaklarının revize edilip bu ürüne uyumlu hale getirilmesi ve gereksiz bileşenlerin ortadan kaldırılması: Bu ürün için kullanılacak kapaklar, mevcut üretilen kapaklarla veya revize edilerek tasarlanacaktır.

Parça sayısını azaltmak için yapılan tasarım değişikliği Şekil 4.14. ve Şekil 4.15.'de gösterilmiştir. Daha önceden üç parçadan birleştirilip, konteyner gövdesine perçinlenen köşeler, yeni tasarımda iki parçadan oluşturulup, direk gövdeye kaynak olacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 4.14. Eski konteyner köşe tasarımı



Şekil 4.15. Yeni konteyner köşe tasarımı

Firmada tam anlamıyla oturmuş bir kalite kültürü bulunmadığı için, kalite için tasarım konusunda da önemli iyileştirmeler gerektirmektedir. Bu konuda daha çok müşterilerle yüz yüze görüşmeler aracılığıyla sağlanan geri bildirimlerle gerçekleştirilen iyileştirmeler yerine, ilk kez KFY uygulanarak, müşterinin gereksinimleri anlama yoluna gidilmiştir.

Müşteri kalite beklentisinin yanı sıra, imalatta da belirli bir kalite düzeyine ulaşmak ve hataları önlemek amacıyla tasarımda bazı detaylara yer verilmiştir. Poka-yoke yani hataya dayanıklı tasarım gerçekleştirebilmek için, üründe bulunan simetrik parçaların karıştırılmaması, yanlış işlenmemesi amacıyla, simetrik fakat farklı yönlerde montajı gerçekleştirilecek parçalar kesim işlemi sırasında işaretlenecektir.

Güvenilirlik için tasarım, ürünün ömrü boyunca müşteri beklentilerini karşıladığından emin olmayı gerektirir. Ve bunun temelinde, risk faktörleri vardır. Hata Türü Etkileri Analizi, üründe oluşabilecek tasarım veya proses kaynaklı hata türlerinin analizidir. Bu sebeple, ürün geliştirme ve imalat planlamasına ilişkin, risk analizi ve hata önleme metodu olan hata türü etkileri analizi (FMEA) yapılmıştır. FMEA' da amaç, ürün veya proseste oluşabilecek potansiyel hataları önceden belirleyerek bu hataların oluşmasını engellemektir. FMEA da bir ekip çalışmasıdır ve bunun için bir çalışma ekibi gereklidir. Belirlenen potansiyel hatalar ve hatanın potansiyel etkileri dikkate alınarak Risk Öncelik Sayıları (RPN) değerleri hesaplanmıştır. Olası hatalar için düzeltici

faaliyetler önerilmiştir. Önerilen iyileştirmeler neticesinde elde edilen yeni önem, sıklık ve keşfedilebilirlik dereceleri girilerek RPN değeri tekrar hesaplanır.

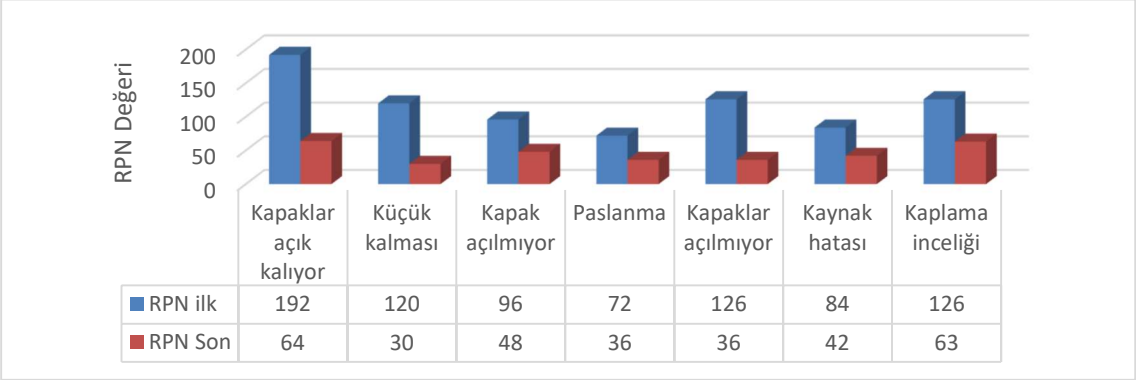
$$RPN = Şiddet \times Ortaya\ Çıkma\ Sıklığı \times Keşfedilebilirlik$$

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (DESIGN FMEA)

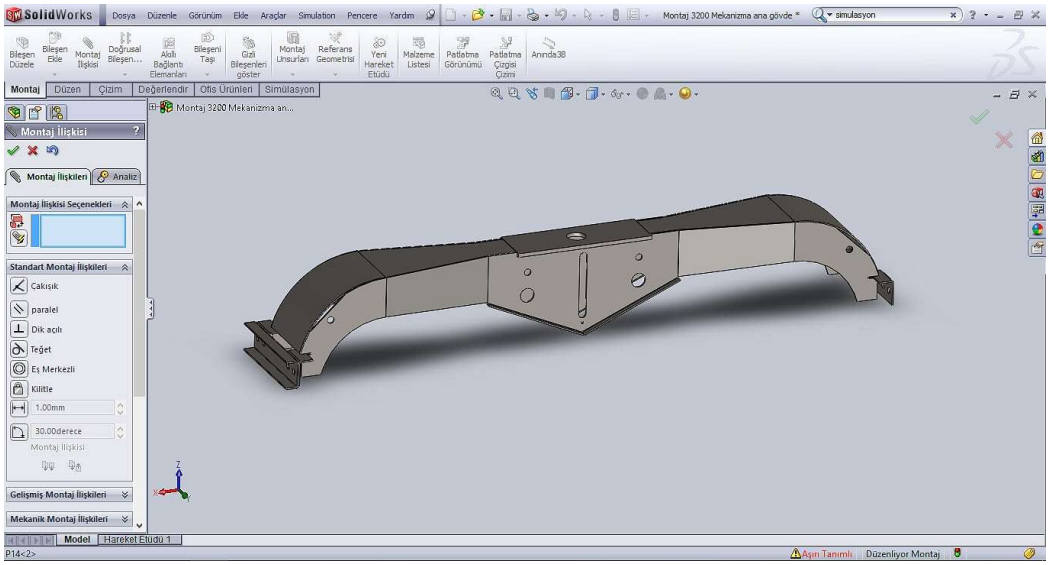
Ürün	Atık konteyneri	FMEA Sorumlusu		Hazırlayan	
Model Yılı/Program		Hazırlama Tarihi		FMEA Tarihi (Orj.)	
Ekip					

Tasarım / Fonksiyon	Potansiyel Hata Türü	Hatanın Potansiyel Etkileri	Şiddet	Sınıflandırma	Hatanın Potansiyel nedenleri	Mevcut Proses: Önleyici Faaliyetler	Sıklık	Yakalama Kontrolleri	Keşfedilebilir	RPN İlk	Tavsiye Edilen Aksiyon	Sorumlu& Hedef Tamamlama Tarihi	Aksiyon Sonuçları: Aksiyon Tamamlama Tarihi	Şiddet	Sıklık	Keşfedilebilir	RPN Son
Atık atma haznesi	Kapaklar açık kalıyor	Kötü görüntü	8		İşçilik hatası	Montaj tasarımı	6	Proses kontrol	4	192	Montaj eğitimi	Kalite Güvence sorumlusu	20.11.2018	8	2	4	64
	Küçük kalması	Büyük atıklar atılamaz	5		Küçük ölçü kesilmesi	Parça ölçü değişikliği	4	Tasarım analizi	6	120	Tasarım değiştirilmesi	Tasarım mühendisi	10.11.2018	5	2	3	30
	Kapak açılmıyor	Müşteri kullanamaz	8		Mekanizma hatası	Kapak testi	4	Proses kontrol	3	96	Bitmiş ürüne Test yapılması	Kalite Güvence sorumlusu	22.12.2018	8	2	3	48
	Paslanma	Estetik görünüm kaybı	6		Paslanmaz saç kalitesinin yanlış seçimi	Paslanmaz saç kalitesinin arttırılması	6	Tasarım analizi	2	72	Malzeme değişikliği	Tasarım mühendisi	15.02.2018	6	3	2	36
Alt Kapaklar	Kapaklar açılmıyor	Çöp boşaltılamaz	9		İç mekanizma takılması		2		7	126	Arıza müdahale eğitimi	Servis ekibi	21.12.2018	9	1	4	36
Konteyner Sızdırmazlık	Kaynak hatası	Çöp suyu sızdırır	7		Kaynak işçiliği hatası	Personel eğitimi	3	Proses kontrol	4	84	Personel eğitimi	Kalite Güvence sorumlusu	30.12.2018	7	2	3	42
	Kaplama inceliği	Çöp suyu sızdırır	7		Tedarikçi kaynaklı	Tedarikçiyle teknik gözden geçirme	3	Girdi Kalite Kontrol	6	126	Kaplama teste gönderilecek	Kalite Güvence sorumlusu	30.12.2018	7	3	3	63

Tablo 4.5. Örnek Hata Türü Etki Analizi Formu

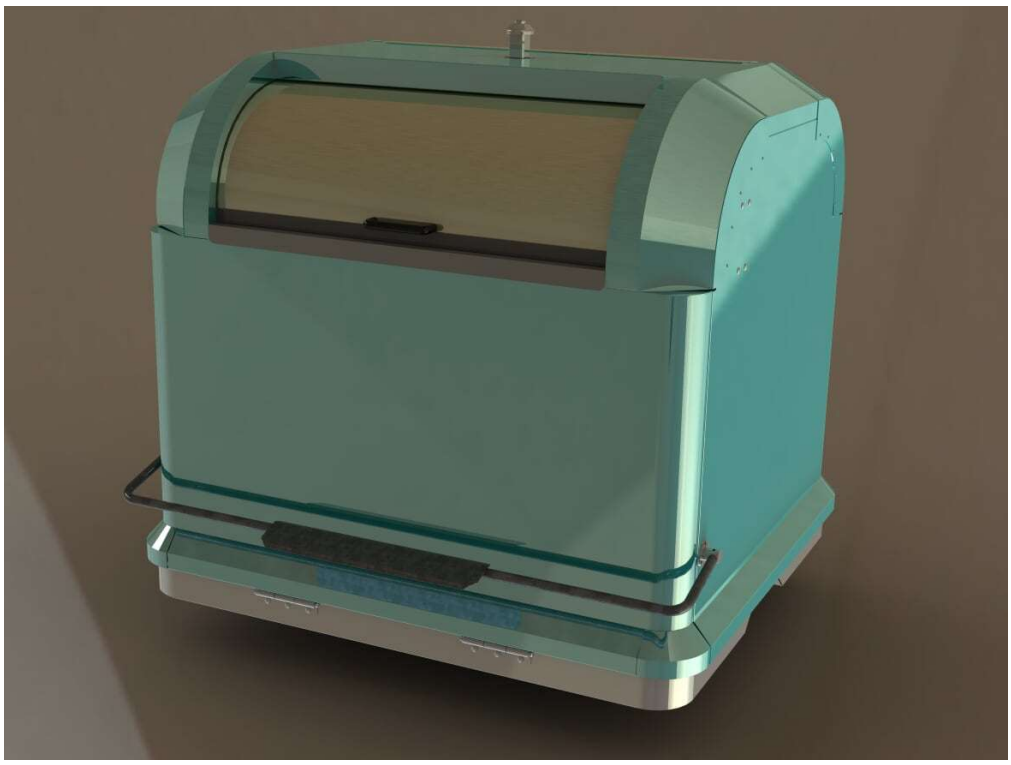


Şekil 4.16. İyileştirme öncesi ve sonrası RPN değerleri



Şekil 4.17. İç mekanizma tasarımı

Konteyner, dış gövde, iç kaldırma mekanizması ve iç kapak ve pedal mekanizmasından oluşmaktadır. Önceden daha çok Autocad programıyla çalışılan firmada, bu projede tüm parçalar üç boyutlu haliyle tasarlanıp, montajları bu programda gerçekleştirilmiştir.



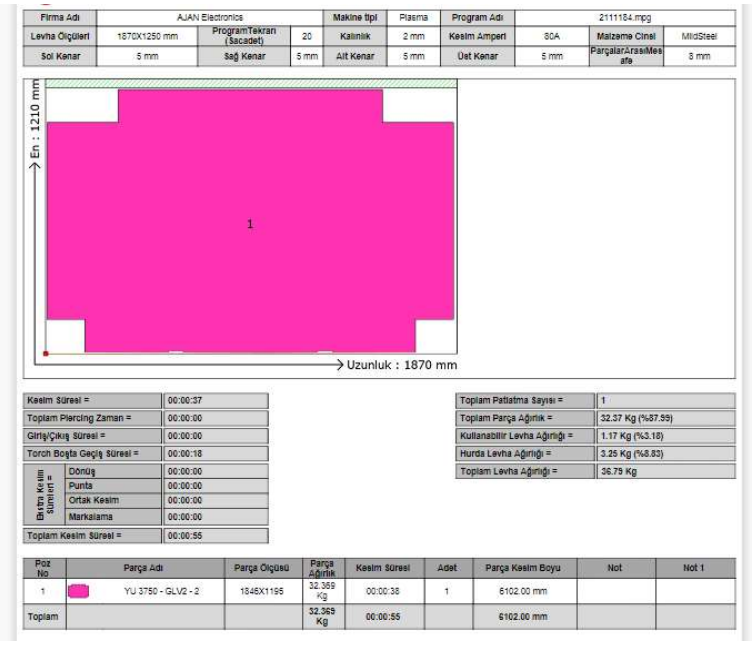
Şekil 4.18. Ortaya çıkan son tasarım.

Süreç seçimi aşamasında, prosesleri, işleme ve montaj olarak ikiye ayırabiliriz. İşleme metali kesip, büküp şekillendirmek iken, montaj bir veya daha fazla parçayı bir araya getirip nihai ürünü oluşturmaktır.

Süreç tasarımında tasarım mühendisi ve üretim mühendisi ortak çalışarak ilk olarak ürün ağacı (BOM) tasarımı yapılmıştır. Firmada daha eski ve geleneksel yöntemler kullanıldığı için, dağınık yapıda ürün ve parça bilgileri bulunmaktaydı. Ürün ağacı yapımındaki amaç; tüm hammaddeleri, bileşenleri ve tüm prosesleri sıralı bir biçimde görmek ve değişikliklerinin maliyeti nasıl etkilediğini de açıkça görebilmektir.

Bu adımda, tedarik zinciriyle de ilgili bir karar olarak, iş gücüne ve maliyete göre üret veya satın al kararları verilir. Hassas parçalar lazerde kesilmek üzere fasona gönderilecek, aynı zamanda torna işlemi gerektiren parçalar da, malzemeleri temin edilerek dışarıda fason imal edilecektir.

Tüm prosesler için, teknik detaylar hazırlanmıştır ve kesim işlemi için CAM programında planlamalar yapılmıştır.



Şekil 4.19. Plazma kesim örneği

Bakım ve onarım için, stok tutulması gereken parçalar ve stok miktarları bu aşamada belirlenir. Normalde firmada, stoklar daha deneyime dayalı ve tahmini

yöntemlerle belirleniyordu, bu durum bazı zamanlarda gereken parçaların gerektiği zaman elde olmamasına ve ciddi zaman kayıplarına yol açıyordu. Bu çalışmayla birlikte, stok kararları daha planlı ve daha düzenli çalışılması, olası gecikmelerin önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

Bu aşamada, yine ürünün servis gereksinimlerine göre tasarlanması, bakım ve onarım çalışmalarını personelin yerinde ve kolay şekilde gerçekleştirebilmesi de düşünülerek tamamlanmalıdır.

4.3.6. Teslim Aşaması

Sürecin son aşamasında, prototoip, test, müşteri onayı ve üretim sürecinin gerçekleştirilmesi bulunur. Müşteri ihtiyaçları doğru tespit edilerek müşteri sürecine dahil edildiğinde ve geliştirme süreci çok fonksiyonlu bir ekiple gerçekleştirildiğinde, prototip, test ve onay süreci de daha kısa ve başarılı sonuçlanır.

BÖLÜM 5. BULGULAR VE YORUMLAR

Bu çalışmanın amacı, atölye tipi üretim yapan firmaların ürün geliştirme süreçlerinin eşzamanlı haline getirilmesi üzerine bir çerçeve sunmaktır. Dört boyutlu eşzamanlı mühendislik olarak tanımlanan bu süreç, ürün tasarlanırken, üretim süreçlerini, tedarik zincirini ve servis sürecini de eşzamanlı tasarlanır hale getirilmesidir.

Müşteri gereksinimlerinin doğru anlaşılması, bunlara göre çözümlerin oluşturulması, ve bu çözümler oluşturulurken; üretim ve montaj için tasarım, lojistik için tasarım, servis ve bakım için tasarım ilkeleri dahilinde tasarım oluşturulması gerekmektedir.

Eşzamanlı mühendislik uygulaması yapılan firmada, tasarım ve ürün geliştirme süreci oldukça sıkıntı yaşanan bir süreçti. Bazı projelerde müşteri istekleri doğru analiz edilemediği için, müşteriyle yaşan problemler yanısıra, zaman sıkıntısı nedeniyle cezai işlemler uygulandığı da görülmüştür. Ürünle ilgili pek çok kararın prototip aşamasında belirlenmesi sebebiyle de hatalı denemelerin sayısı da oldukça fazlaydı.

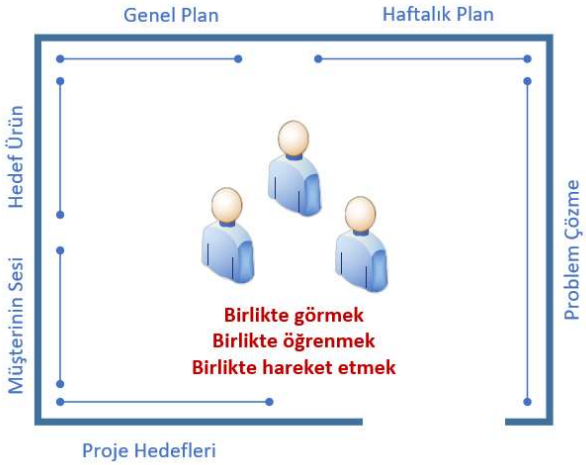
Bu çalışmadaki çerçeve uygulanarak, düzensiz ve deneyime dayalı gerçekleştirilen tasarım süreci, öncelikle eşzamanlı hale getirildi. Ürün tasarım sürecinin ve projenin tamamının teslim süresinin kısalacağı da yapılan Değer Akış Haritası yöntemiyle ortaya konmuştur.

Mevcut değer akış haritasında temin süresi 79 gün (711 saat) ve 150 saat (17 gün) işlem süresi çıkmıştır. Temin süresiyle arasındaki farkın sebepleri, bilgi için bekleme, karar vermek için bekleme, gözden geçirmelerin uzun zaman alması ve yavaş karar verme süreçleridir. Süreçte çalışanların sorumlulukları açıkça ve kesin olarak belirlenmediği için, arada yaşanan karışıklıklar da süreçte aksamalara yol açmaktadır.

Mevcut haritada, eşzamanlı mühendislik sürecine katılan faaliyetler olup, değer katmayan faaliyetler (NVA' lar) süreçten çıkarılmış veya revize edilmiştir. Fazla gözden geçirmeler ve onaylar da kaldırılarak süreçte iyileştirme hedeflenmiştir.

Gelecek durum haritasında, değer odaklı yaklaşımın benimsenmesi için KFY çalışması önerilmiştir. Böylece firma, ürünün özelliklerinin müşteri gözünde önem

derecesini görmüş ve üretim ve kalite kontrol proseslerinde de yoğunlaşması gereken alanları keşfetmiştir. Ürün geliştirme süreci yeniden düzenlenerek, süreç standardizasyonu hedeflenmiştir. Aynı zamanda gecikmelerin engellenmesi ve kalite hedeflerinin sağlanabilmesi için, tedarikçilerin bu sürece dahil edilmesi, aynı şekilde müşterinin de sürece dahil edilip son aşmada müşteri onayı alınması önerilmiştir. Dört boyutlu eşzamanlı tasarım aşaması için de, işbirliği ortamının oluşturulması için Obeya önerilmiştir. Böylece projelerle ilgili geliştirme sürecinde, tasarım mühendisleri, üretim, dağıtım, lojistik ve servis uzmanlarıyla birlikte yapılan düzenli toplantılarla bilgi paylaşımı ve paralel aktiviteler sağlanacaktır.



Şekil 5.1. Örnek obeya odası

Aynı zamanda müşteri talebini Takt süresi olarak ifade edebiliriz. Mevcut durumdaki darboğazlar Takt zamanı kullanılarak belirlenebilir. Takt süresi net çalışma süresi, talebe bölünerek elde edilir. Bu örnekte takt zamanını belirlemek, ürün geliştirme sürecine giren kesin talebi belirlemek zor olduğu için zor olsa da, ortalama bir değer üzerinden hesaplanmıştır. Bu sürece yılda ortalama 8 proje talebinin girmekte olduğu varsayılırsa ve 50 haftalık zaman dilimi dikkate alınarak takt süresi şöyle bulunur:

$$Takt\ Süresi = \frac{50\frac{haft}{yıl} x\ 45\frac{saat}{hafta}}{8\ Proje/yıl} = 281\ saat/proje\ (6{,}25\ \text{hafta})$$

Bu hesaplamadan, 6,25 haftada bir projenin bitmesi gerektiğini anlayabiliriz. Ancak her projenin karmaşıklığına bağlı olarak, temin süresi kendi içinde farklılık

gösterecektir. Üstelik takt süresi, direk olarak süreç süresiyle karşılaştırılarak, her adım için gerekli kaynak ve kapasiteler belirlenebilir. Gelecek durum değer akış haritasında, hedeflenen iyileştirmeler neticesinde temin süresi 54 güne düşmüştür. Bu da amaçlanan eşzamanlı mühendislik çalışması ve gereksiz adımların süreçten çıkarılmasıyla hedeflenen çalışmanın sonuca ulaştığını göstermektedir.

Kriter	**Mevcut Durum**	**Gelecek Durum**	**Fark**	**İyileşme Oranı**
Toplam Süreç Sayısı	21	11	10	%48
Toplam Temin Süresi	79 gün	54 gün	25 gün	%32
Toplam Süreç Süresi	150 saat	111 saat	39 saat	%26
El Değiştirme Sayısı	21	16	5	%24

Tablo 5.1. Mevcut Durum - Gelecek Durum Karşılaştırması

BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde, araştırmanın amacının ve kullanılan yöntemlerin kısa bir özeti, bulgulara ait yorumlar ve gelecek çalışmalar için öneriler yer almaktadır.

6.1. Sonuçlar

Rekabetin giderek arttığı pazarda, üretici firmaların yeni ürün geliştirmeleri ve mevcut olanları da iyileştirebilmeleri için organizasyonlarında ve süreçlerinde, sistematik düzenlemeler ve iyileştirmeler yapması oldukça önemlidir. Geleneksel yeni ürün geliştirme süreçlerinde, bilgi paylaşımı departmandan departmana ardışık olarak gerçekleştirilir. Geleneksel yöntemlerin günümüzde yetersiz kaldığı bu ortamda, daha iyi arayışında olan ve performansını arttırmak isteyen firmalar için bu süreçte iyileştirmeler ve yenilikler gerçekleştirmek, rekabetin önemli bir parçasıdır.

Yeni ürün geliştirme sürecinin, en önemli aşaması olan tasarım süreci ise ürünle ilgili kararların verildiği önemli bir süreçtir. Ürün tasarımı, üretim, tedarik zinciri ve servis maliyetlerine, yani ürünle ilgili tüm adımlara etki edecek bir çıktıdır. Bu aşamada ürünün tasarımına dair alınan kararlar, tüm bu süreçlerin olumlu veya olumsuz etkilenmesine yol açabilir. Bu sebeple, tasarım süreci yalnızca ürün özelliklerine odaklanarak değil, çok disiplinli ekiplerin yönettiği bütüncül bir yaklaşımla yönetilmelidir.

Ayrıca, geleneksel olarak birbirini izleyen, sıralı adımlardan oluşan ürün geliştirme süreci boyunca firmalar pek çok sıkıntı yaşamaktadırlar. Bunların en önemlileri, müşteri ihtiyaçlarını doğru tespit edememek, birbirinden bağımsız çalışanlar ve iletişim problemleri, uzun süren gözden geçirme ve onay süreçleri neticesinde oldukça fazla tekrar eden işlemlerden oluşmaktadır.

Kısıtlı kaynaklarla üretim faaliyetlerini sürdürmeye çalışan küçük ve orta büyüklükteki işletmeler için, ilk odak noktası ürün özellikleri ve üretim süreci planlaması olmaktadır. Tedarik zincirlerine ve servis süreçlerine ilişkin birçok karar, tasarım tamamlandıktan sonra, prototip aşamasında veya üretime başlandıktan sonra gündeme gelmektedir. Tüm bu sıkıntıları minimuma indirebilmek veya tamamen ortadan

kaldırabilmek için Eşzamanlı Mühendislik en faydalı yöntemlerden biridir. Eşzamanlı mühendislik, süreçlerin paralel hale getirilmesiyle ürün geliştirme sürecinin kısalmasına fayda sağlamaktadır. Eşzamanlı mühendisliği etkin hale getirebilmek için de, süreçler, insanlar ve araçlar en verimli şekilde kullanılmalıdır.

Ancak, eşzamanlı mühendislik alanında gerçekleştirilen birçok çalışma iki boyutlu, yani ürün ve üretim süreçlerinin paralel olarak tasarlanmasını ifade etmektedir. Bu haliyle yetersiz kalan eşzamanlı mühendislik, daha sonra tedarik zinciri süreçlerinin de paralel tasarlanmasının dahil edilmesiyle 3 Boyutlu eşzamanlı mühendislik olarak literatürde yer almıştır. Eşzamanlı mühendislik tarafından desteklenen 3 Boyutlu eşzamanlı mühendislik, geleneksel olarak ürün ve süreç tasarımının uyumlanmasına, tedarik zincirinin erken tasarımının da dahil edildiği bir yaklaşımdır.

3 Boyutlu eşzamanlı mühendislik konusunda, Türkiye'de hiçbir çalışma yapılmamış olması bu alanda boşluk olduğunu ortaya koymaktadır. Ürün geliştirme sürecine tedarikçinin katılımını vurgulayan çalışmalar mevcut olsa da, 3 boyutlu eşzamanlı mühendislik tedarikçinin erken katılımının da ötesinde, tedarik zinciri kararlarını ürün ve süreç tasarımıyla uyumlu hale getirmeyi vurgular. Bu alandaki eksiklik nedeniyle, bu çalışmada ürün geliştirme sürecinde bütüncül bir yaklaşım oluşturmak hedeflenmiştir.

Bu çalışmada önerilen modelde, günümüzün rekabet koşullarında farklılaştırıcı rol oynayan 'satış sonrası hizmetler/servis/müşteri desteği' boyutu da eklenerek, 3 boyutlu eşzamanlı mühendisliğin ötesine geçilmiştir. Ürün tasarım sürecine farklı bir bakış açısı getirerek, hem müşteri değerine odaklanmanın önemini, hem de takım çalışması ve işbirliği ortamının oluşturulmasıyla, daha başarılı ve birbirine entegre süreçler oluşturulabileceğini vurgulayan dört boyutlu bir model oluşturulmuştur.

Servis sürecinin dördüncü boyut olarak eklenmesinin nedenleri; başarılı bir satış sonrası hizmetlerin, müşteri tatminini arttırması, rekabet avantajı sağlaması ve aynı zamanda kar elde edilecek bir alan olmasıdır. Bu araştırmada, ürün, üretim, tedarik zinciri ve satış sonrası hizmetlerin eşzamanlı olarak tasarlanmasının, firmaların ürün geliştirme sürecini daha başarılı ve verimli hale getireceği görülmüştür. Dört Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik olarak ifade edilen bu model, çok fonksiyonlu ekip tarafından projenin

yürütülmesi, müşteri ihtiyaçlarının doğru tespit edilmesi, müşteri ve tedarikçilerin bu sürece erken katılması ve eşzamanlı mühendislik araçlarının kullanılması temeli üzerinde kurulmuştur.

Böyle bir yöntem kullanarak, tedarik zinciri açısından; tedarikçilerin teknik bilgi ve deneyiminden erken faydalanıp, bunları ürün tasarımına yansıtmak, üret/satın al kararlarını erken aşamada vermek, dağıtım ve lojistik yönünden gerekliliklerine göre ürün mimarisini belirlemek, doğru zamanda mümkün hale gelir. Servis açısından ise, eşzamanlı ürün geliştirme ekibinde servis konusunda uzman personelin de bulunmasıyla birlikte, bakım ve onarımı kolay ürünler üretmek, servis maliyetlerini düşürmek ve ürün güvenilirliğini arttırmak mümkün hale gelecektir.

Oluşturulan bu model, çöp konteyneri üreticisi bir firmada uygulanmıştır. Öncelikle firmada bir ekip oluşturularak, Değer Akış Haritası çalışması yapılmıştır. Bu aşamada öncelikle, firmanın mevcut ürün geliştirme sürecinin adımları çıkarılmış ve süreç süreleri ve temin süreleri elde edilmiştir. Daha sonra mevcut durum değer akış haritası çıkarılmış ve süreçteki temel problemler tartışılmıştır.

Daha sonra, mevcut durumda hangi adımlarda iyileştirmeler yapılabileceği ekiple birlikte belirlenmiştir. Tasarım süreci eşzamanlı hale getirilip, çok fonksiyonlu bir ekip tarafından yönetilecek, gereksiz aşamaların ve onayların süreçten kaldırıldığı gelecek durum haritası çıkarılmıştır. Bu yöntemle, sistemdeki israf unsurları görülebilir hale gelmektedir. Modelin uygulanmasıyla birlikte, beklenen iyileştirmeler ürün geliştirme süresinin kısalacağını göstermektedir.

Müşteri değerini daha iyi anlayabilmek için Kalite Fonksiyon Yayılımı çalışması ve tasarım sürecini de eşzamanlı hale getirebilmek için Obeya önerilmiştir. Böylece, çok fonksiyonlu ekip belirli zamanlarda bir araya gelerek, ürün tasarımına ilişkin kararlar alabileceklerdir. Bireysel çalışmadan çok, takım çalışmasının öne çıktığı bu süreçte, hem herkesin yaratıcılığından ve deneyiminden faydalanılacak, hem de bilgi paylaşımı sayesinde iletişim problemleri ortadan kalkacaktır.

İkinci aşamada, Kalite Fonksiyon Yayılımı çalışması yapılarak müşteri ihiyaçları ve öncelikleri ortaya konmuştur. Müşterilerle yapılan bir anket çalışması neticesinde,

müşteri gözünde ürün özelliklerine ilişkin öncelik sıralaması ortaya çıkmıştır. Kalite Fonksiyon Yayılımının dört aşaması da yapılarak, firma için önemli olan ürün özellikleri, üretim süreçleri ve kalite süreçleri de keşfedilmiştir. Kalite Fonksiyon Yayılımının en önemli özelliği, müşteri ihtiyaçlarını herkesin anlayabileceği bir formatta ürün özelliklerine dönüştürebilmesidir. Dolayısıyla ürünle ilgili bu özelliklerin ve hedeflerin örgüt içine yayılabilmesi için güçlü bir araçtır. Aynı zamanda, hangi ürün, üretim ve kalite süreçlerine odaklanmak gerektiğini de ortaya koyan Kalite Fonksiyon Yayılımı, doğru noktaları hedef alarak ürün geliştirme sürecinin gerçekleştirilmesini sağlar. Böylece, hem ürünün kalitesi artacak hem de gereksiz maliyetlere yol açan fonksiyonlar yerine, müşteri açısından önemli fonksiyonlara yer verilebilecektir.

Çalışmanın devamında, modelin her aşmasına uygun tasarım hedefleri detaylıca anlatılmıştır. Bu entegre yaklaşımın, takım çalışmasını desteklemesi sebebiyle, firma içinde sinerji oluşturması ve tüm fonksiyonların tasarım aşmasında erken ele alınmasıyla birlikte, üretim, tedarik, lojistik ve servis maliyetlerini düşürmesi öngörülmektedir.

6.2. Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

Bu çalışmada sunulan Dört Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik yaklaşımı, birçok yeni araştırma fırsatı sunmaktadır. Modelin uygulanabilirliğini doğrulamak için, atölye tipi üretim yapan küçük ölçekli bir firmada uygulama gerçekleştirilmiştir. Gelecek çalışmalarda, farklı sektörlerdeki, büyük ve orta ölçekli firmaların ürün geliştirme süreçlerinde gerçekleştirilecek vaka çalışmaları, Dört Boyutlu Eşzamanlı Mühendisliği derinlemesine anlamak için oldukça faydalı olacaktır.

Bu çalışmada performans ölçütü olarak yalnızca pazara sunma süresinde gerçekleşen iyileşme ele alınmıştır. Gelecek çalışmalarda, ürün kalitesi, ürün geliştirme maliyetleri, geliştirilen prototip sayısı, ürün maliyetleri, servis maliyetleri gibi performans ölçütleri üzerinde çalışma yapılarak Dört Boyutlu Eşzamanlı Mühendislik modelinin diğer katkıları da araştırılmalıdır.

Önerilen model, ürün geliştirme ekibinin takım yapısına ilişkin sınırlayıcı bir çerçeve sunmadığı için, oluşturlacak takımların nasıl tasarlanacağına ilişkin bir çalışma da yapılabilir. Uygulama küçük bir firmada gerçekleştirildiğinden, mevcut uygulamadaki

takım yapısı karmaşık değildir. Ancak daha büyük firmalarda bu modelin uygulanabilmesi için, ekiplerin ve çalışma gruplarının daha detaylı tasarlanması gereklidir.

Ayrıca sunulan bu entegre yaklaşım, tasarımcılar ve karar vericiler için ne doğrultuda kararlar almaları gerektiğine ilişkin bir yöntem sunmamaktadır. Bu alanda yapılan nitel çalışmalara ek olarak, nicel çalışmalar da gerçekleştirilebilir. Bu sebeple, gelecek çalışmalarda ürün, süreç, tedarik zinciri ve servis süreçlerinin entegrasyonunda karar vermelerine yardımcı olabilecek matematiksel bir karar modeli oluşturulabilir.

EK'LER

Ek 1. Teknik Şartname

3000 LİTRE TEK TARAFI TAMBUR KAPAKLI YERÜSTÜ KONTEYNERİ TEKNİK ŞARTNAMESİ

1. Yerüstü konteyner sistemi yatay ve dikey eksen üzerinde hareket eden özel bir vinç marifetiyle mantar ataçmanından kaldırılarak, alt kapaklarının açılması suretiyle boşaltılabilecek özelliklere sahip olacaktır.

2. Yerüstü Konteyneri ölçüleri 1450 X 1600 X 1710 mm olup 3000 litre çöp biriktirme kapasitesine sahip olacaktır.

3. Yerüstü Konteyneri 320 kg (± % 1 tolerans aralığı) ağırlığında olmalıdır.

4. Konteynerlerin gövdesi 2 mm kalınlığında TS 10346 Kaliteli galvaniz sacdan yapılmış ve istenilen renkte polyester bazlı bir malzeme ile dış mekan şartlarına uygun olarak en az 200 derecede elektrostatik kaplama ile fırınlanmış olacaktır.

5. Konteyner gövde sacı üst panel birleşim noktaları yağmur suyunu üzerinde biriktirmemesi için radyüslü olacaktır, radyüslü kısımlar ters çamurluk şeklinde sonradan monte edilecek ve demonte edilebilir özellikte olacaktır.

6. Konteyner gövdesinin birleşim noktaları cürufsuz gazaltı kaynağı ile kaynatılacaktır.

7. Konteynerlerde, boşaltma sırasında çöpün takılabileceği vida ya da başka mekanik elemanlar bulunmayacaktır.

8. Konteynerin ön tarafında ayak pedalı ile açılabilen ve sonuna kadar açıldığında en az 40 cm açılabilen tambur kapak bulunacaktır. Pedala basıldığında arkaya çarpmaması için açılırken yavaşlamalı ve ayak pedaldan çekildiğinde en az 10 cm kala yavaşlayacak şekilde tambur kapanacaktır.

9. Tambur kapağı 1,2 mm kalınlığında TS 10346 Kaliteli galvaniz sacdan yapılacaktır ve istenilen renkte polyester bazlı bir malzeme ile dış mekan şartlarına uygun olarak en az 200 derecede elektrostatik kaplama ile fırınlanmış olacaktır.

10. Arka taraf 1,2 mm kalınlığında TS 10346 Kaliteli galvaniz sac ile kapatılacaktır. Bu sac istenilen renkte polyester bazlı bir malzeme ile dış mekan şartlarına uygun olarak en az 200 derecede elektrostatik kaplama ile fırınlanmış olacaktır.

11. Atık atma haznesi yerden an az 1150 mm yüksekliğinde ve büyük poşetlerin girmesi için uygun olacaktır.

12. Atık haznesinin girişinde özel tasarım paslanmaz INOX (AISI 304) sac olmalıdır.

13. Konteynerler çöp suyu sızdırmayacak şekilde dizayn edilmiş olmalıdırlar, konteyner gövdesi ile alt kapak bağlantısı bulunan taban kısmı 45 derece eğimli dışa doğru pervaz şeklinde estetik görünümlülük sağlanacaktır ve kesinlikle gövde tabana doğru düz şekilde imal edilmeyecektir.

14. Konteynerler alttan boşaltılmalı olacaktır. Alt kapaklar en az 2 mm kalınlığında S235 Kalite sacdan imal edilecek ve TS EN ISO 1461 Standardına uygun olacak şekilde sıcak daldırma galvanizleme işlemine tabi tutulacaktır.

15. Konteynerin kullanımında çöplerin kapak ile gövde arasına sıkışmasını önlemek için alt kapakların en ve boy ölçüleri gövdenin dış ölçüsünden en az 10 cm daha küçük olacak ve kapalı pozisyonda iken kapaklar gövdenin içinde kalacaktır.

16. Konteyner alt kapakların derinliği 150 mm ve minimum 250 litre çöp suyunu muhafaza edebilecek ölçülerde dizayn edilmiş olacaktır.

17. Konteyner alt kapakları gövdeye Ø 15 mil menteşe ile bağlanacaktır, mil menteşeler gövdeye kesinlikle kaynak ile bağlanmayacaktır, menteşe gövde birleşimleri çelik civata bağlantılı özel sistemden oluşacaktır.

18. Konteyner iç mekanizmasında kesinlikle halat sistemi kullanılmayacaktır, mekanizma tamamen dolu demir ile çalışacak, mekanizma-Alt kapak açma kapama çalışma sistemi Ø 27 Boru ile bağlanacaktır.

19. Konteynerlerin iç mekanizması, alttan boşaltma sistemi ve mantar atacman sistemi komple metal ve elektro galvaniz kaplamalı olacaktır.

20. Gece görüşü için yerüstü konteynerin 4 tarafına reflektör özellikli uyarıcı işaretler olacaktır.

KAYNAKÇA

Aasland, Knut & Detlef Blankenburg. "An analysis of the uses and properties of the Obeya," *Proceedings of the 2012 18th International Conference on Engineering, Technology and Innovation* : Münih: 2012.

Bahill, A. Terry & William L. Chapman. "A Tutorial On Quality Function Deployment," **Engineering Management Journal**. 5, 3: 24-34, 1993.

Barkai, Joe. "Design for serviceability," **MACHINE DESIGN**. *https://www.machinedesign.com/basics-design/design-serviceability*. 2005.

Barsalou, Matthew A. **The Quality Improvement Field Guide: Achieving and Maintaining Value in Your Organization**. Taylor & Francis, 2015, 2015

Basu, Sandip, Nabarun Biswas, Supriya Naha Biswas & Sweta Sarkar. "A STUDY ONCONCURRENT ENGINEERING-BASED DESIGN AND PRODUCT DEVELOPMENT," **International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering (IJMECH)**. 2, 1, 2013.

Beamon, Benita M. "Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods," **International Journal of Production Economics**. 55, 3: 281-294, 1998.

Benavides, Efrén Moreno. **Advanced Engineering Design: An Integrated Approach**. Woodhead Publishing, 2012

Bhuiyan, Nadia, Vince Thomson & Donald Gerwin. "Implementing Concurrent Engineering," **Research-Technology Management**. 49, 1: 38-43, 2006.

Bilgili, Bilsen, Aysel Erci & Sevtap Ünal. "Kano model application in new product development and customer satisfaction (adaptation of traditional art of tile making to jewelries)," **Procedia Social and Behavioral Sciences**. 24: 829-846, 2011.

Cai, T. & T. Freiheit. "Lean Principles in Product Development Process," *Proceedings of the 2011 Industrial Engineering Research Conference*: 2011.

Carlson, Carl S. "Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs," *Reliability and Maintainability Symposium*: 1-13. 2016.

Chaudhuri, Atanu & Rógvi Biskopstø. "Design For Logistics to gain competitive advantage: lessons learnt in a start-up firm," *22nd International Product Development Management Conference*: Copenhagen: 2015.

Chiu, Ming-Chuan & Gül Okudan. "An Integrative Methodology for Product and Supply Chain Design Decisions at the Product Design Stage," *Proceedings of the 2010 Industrial Engineering Research Conference*: 2010.

Chiu, Ming-Chuan & Gül E. Okudan. "Evolution of Design for X Tools Applicable to Design Stages: A Literature Review," *Proceedings of the ASME 2010 International*

Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference : 1-12. Montreal: 2010.

Cooper, Robert G. "PERSPECTIVE Third-Generation New Product Processes," **J PROD INNOV MANAG**. 11: 3-14, 1994.

Demoly, Frédéric, Xiu-Tian Yan, Benoît Eynard, Samuel Gomes & Dimitris Kiritsis. "Integrated product relationships management: a model to enable concurrent product design and assembly sequence planning," **Journal ofEngineering Design**. 23, 7: 544-561, 2012.

Design Council. "A study of the design process," **www.designcouncil.org.uk**. *https://www.designcouncil.org.uk/sites/default/files/asset/document/ElevenLessons_Design_Council%20(2).pdf*. 2007. (2018).

Ding, Yufeng. "Product Maintainability Design Method and Support Tool Based on Feature Model," **J. Software Engineering & Applications**. 2: 165-172, 2009.

Dong, Jian (John), Hamid R. Parsaei & Herman R. Leep. "Manufacturing Process Planning In A Concurrent Design And Manufacturing Environment," **Computers & Industrial Engineering**. 30, 1: 83-93, 1996.

Dongre, Aniket U., Bipin Kumar Jha, Pratik S. Aachat & Vipul R. Patil. "Concurrent Engineering: A Review," **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**. 4, 5: 2766-2770, 2017.

Eastman, Charles M. **Design for X: Concurrent engineering imperatives**. Springer Netherlands, 1996

Edwards, K.L. "Towards more strategic product design for manufacture and assembly: priorities for concurrent engineering," **Materials and Design**. 23: 651–656, 2002.

El-Haik, B. & David M. Roy. **Service Design for Six Sigma: A Roadmap For Excellence**. A Wiley-Interscience Publication, 2005

Ellram, Lisa M., Wendy L. Tate & Craig R. Carter. "Product-process-supply chain: an integrative approach to three-dimensional concurrent engineering," **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**. 37, 4: 305-330, 2007.

Eppinger, Steven D. & Anıl R. Chitkara. "The new practice of global product development ," **IEEE Engineering Management Review**. 35, 2007.

Fine, Charles. "Clockspeed-Based Strategies for Supply Chain Design," **Production and Operations Management**. 9, 3: 213-221, 2000.

Fixson, Sebastian K. "Product architecture assessment: a tool to link product, process, and supply chain design decisions," **Journal of Operations Management**. 23: 345-369, 2005.

Gailevičiūtė, Ieva. "Kano model: how to satisfy customers?," **Global Academic Society Journal: Social Science Insight**. 4, 12: 14-25, 2011.

Gershenson, J.K. & G.J. Prasad. "Modularity In Product Design For Manufacturability," **International Journal of Agile Manufacturing**. 1, 1, 1997.

Gershenson, J.K. & G.J. Prasad. "Product Modularity and its effect on Service and Maintenance," *Proceedings of the 1997 Maintenance and Reliability Conference* : 1997.

Ghimisi, Stefan & Nicula Dana. "PRODUCT DESIGN PRINCIPLES," **Fiability & Durability**. 1, 1: 222-228, 2014.

Goffin, Keith & Colin New. "Customer support and new product development - An exploratory study," **International Journal of Operations & Production Management**. 21, 3: 275-301, 2001.

Gorz, Andre. **Critique of Economic Reason**. New York: Verso, 1989

Goulding, Ian. "New Product Development: A Literature Review," **European Journal of Marketing**. ss. 3-30, 1983.

Grewal, S. & C. K. Choi. "An Integrated Approach to Manufacturing Process Design and Costing," **Concurrent Engineering**. 13, 3: 199-207, 2005.

Groover, Mikell P. **Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing**. Prentice Hall, 2000

Harrison, Terry P. "Global Supply Chain Design," **Information Systems Frontiers**. 3, 4: 413-416, 2001.

Hoffman, Dennis R. "An Overview of Concurrent Engineering," *Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium*: 1997.

Huang, George Q., Jason S. K. Lau & K. L. Mak. "The impacts of sharing production information on supply chain dynamics: A review of the literature," **International Journal of**. 41, 7: 1483-1517, 2003.

Hugos, Michael H. **Essentials of Supply Chain Management**. 3. Wiley, 2011

Imran, Saed, Diete Haeberle & Christian Van Husen. "Governance: A New Perspective To Service Design Process," **Procedia CIRP**. 64: 318-323, 2017.

Jian, Guoli & Leo Oriet. "Understanding and Implementation of Concurrent Engineering," *IEEE International Technology Management Conference*: 2005.

Johansson, Christian. "Reverse Engineered Design Automation: Applying Knowledge Based Engineering Techniques to a Case of Automotive Fixtures Design Configuration," *Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19)*: 1583-1592. Delft: 2019.

Johansson, C., T. Larsson & S. Tatipala. "Product-Service Systems for Functional Offering of Automotive Fixtures: Using Design Automation as Enabler," *The 9th CIRP IPSS Conference: Circular Perspectives on Product/Service-Systems*: 411 – 416. 2017.

Jönke, Ruben. *Managing After-Sales Services Strategies and Interfirm Relationships*. Zurich, 2012.

Karlsson, C. & P. Ahlstrom. "The difficult path to Lean Product Development," **J Prod Innov Manag**. 13: 283-295, 1996.

Kathawala, Yunus & Jaideep Motwani. "Implementing Quality Function Deployment : A Systems Approach," **The TQM Magazine**. 6: 31-37, 1994.

Khalfan, M.M.A. *Benchmarking and Readiness Assessment for Concurrent Engineering in Concstruction (BEACON)*. "PhD Thesis," Leicestershire: Loughborough University, 2001.

Khan, Omera, Terje Stolte, Alessandro Creazza & Zaza Nadja Lee Hansen. "Integrating product design into the supply chain," **Cogent Engineering**. 3, 1: 1-24, 2016.

Kitsios, Fotis. *Product Design and Development*. Teknik Rapor. 2000.

Kotler, Philip & Gary Armstrong. **Principles of Marketing**. 13. Prentice Hall, 2010

Koufteros, Xenophon, Mark Vonderembseb & William Doll. "Concurrent engineering and its consequences," **Journal of Operations Management**. 19: 97-115, 2001.

Kuo, T.C. & Hong-Chao Zhang. "Design for Manufacturability and Design for "X": Concepts, Applications, and Perspectives," *IEEE/CPMT Int'I Electronics Manufacturing Technology Symposium*: 446-459. 1995.

Kuo, T.C. & Hong-Chao Zhang. "Design for Manufacturability and Design for "X": Concepts, Applications, and Perspectives," *IEEE/CPMT Int'I Electronics Manufacturing Technology Symposium*: 446-459. 1995.

Kurt, H.S. & G. Yenilmez. "Kalite Fonksiyon Yayılımı: Alışveriş Merkezleri Üzerine Bir Uygulama," **Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi**. 9, 1: 14-29, 2017.

Kušar, Janez, Joze Duhovnik, Janez Grum & Marko Starbek. "How to reduce new product development time," **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**. 20, 1: 1-15, 2004.

Kusiak, Andrew. "Integrated product and process design: A modularity perspective," **Journal of Engineering Design**. 13, 3: 223-231, 2002.

Lambert, Douglas M. & Martha C. Cooper. "Issues in Supply Chain Management," **Industrial Marketing Management**. 29: 65-83, 2000.

Legnani, Elena & Sergio Cavalieri. "Modelling And Measuring After-Sales Service," *Proceedings Of The 14th IFAC Symposium On Information Control Problems In Manufacturing*: 1684-1689. Bucharest: 2012.

Loch, Christoph H. & Stylianos Kavadias. **Handbook of New Product Development Management**. Butterworth-Heinemann, 2008

MacCarthy, B.L. & W. Atthirawong. "Factors affecting location decisions in international operations – a Delphi study," **International Journal of Operations & Production Management**. 23, 7: 794-818, 2003.

Madzík, Peter, Pavol Budaj, Dalibor Mikuláš & Dominik Zimon. "Application of the Kano Model for a Better Understanding of Customer Requirements in Higher Education—A Pilot Study," **Administrative Sciences**. 9, 11, 2019.

Marsillac, Erika & James Jungbae Roh. "Connecting product design, process and supply chain decisions to strengthen global supply chain capabilities," **Int. J. Production Economics**. 147: 317-329, 2014.

Martín, Mariano & Alberto Martínez. "A methodology for simultaneous process and product design in the formulated consumer products industry: The case study of the detergent business," **Chemical Engineering Research and Design**. 91: 795-809, 2013.

Melnyk, Steven A., Ram Narasimhan & Hugo A. DeCampos. "Supply chain design: issues, challenges, frameworks and solutions," **International Journal ofProduction Research**. 52, 7: 1887–1896, 2014.

Mobley, R. Keith. **Root Cause Failure Analysis**. Butterworth-Heinemann, 1999

Moharana, Prof. Himanshu S., Dr. J.S. Murty, Dr. S. K. Senapati & Prof. K. Khuntia. "IMPORTANCE OF INFORMATION TECHNOLOGY FOR EFFECTIVE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT," **International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)**. 1, 2: 747-751, [t.y.].

Mombeshora, Idai Mendy, Elies Dekoninck & Steve Cayzer. "Exploring Environmental New Product Development through the Three Dimensional Concurrent Engineering Approach," **Sustainable Design and Manufacturing**. ss. 1013-1024, 2014.

Mote, Supriya, Vaishali Kulkarni & B.E. Narkhede. "Kano Model application in new service development and Customer satisfaction," **IOSR Journal of Business and Management**. 8, 18: 10-14, 2016.

Murthy, D. N. Prabhakar, Marvin Rausand & Trond Østerås. "New Product Development," **Product Reliability Specification and Performance**: 15-36. Springer-Verlag London, 2008.

Nadia Bhuiyan, Vince Thomson & Donald Gerwin. "Implementing Concurrent Engineering," **Research-Technology Management**. 49, 1: 38-43, 2006.

Oehmen, J. & E. Rebentisch. *Waste in Lean Product Development*. "LAI Paper Series - Lean Product Development For Practitioners," Massachusetts Institute of Technology, 2010.

Okpala, Charles Chikwendu & Jude E. Dara. "Benefits and Barriers to Successful Concurrent Engineering Implementation," **Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)**. 4, 8: 7868-7873, 2017.

Oliva, Rogelio & Robert Kallenberg. "Managing The Transition From Products To Services," **International Journal of Service Industry Management**. 14, 2: 160-172, 2003.

Ostwald, Phillip F. & Jairo Muñoz. **Manufacturing Processes and Systems**. 9. New York: John Wiley & Sons, 1997

Otala, Dr Matti. "SIMULTANEOUS PRODUCT AND PRODUCTION PROCESS DEVELOPMENT; THE KEY TO SPEED AND BUSINESS SUCCESS," *IEEE/lSHM '92 IEMT Symposium*: 13-17. Almanya: 1992.

Pezzotta, Giuditta, Sergio Cavalieri & Paolo Gaiardelli. "A Framework For An Integrated Management Of After Sales Services," *IEEE International Technology Management Conference (ICE)*: Lisbon: 2008.

Pinto, Marcel de Gois, Guillaume Thomann & François Villeneune. "Assistive products development: a framework to respond to the value requirements from users and manufacturers points of view," **Procedia CIRP**. 50: 559-564, 2016.

Pullana, Thankachan T., M. Bhasi & G. Madhu. "Application of concurrent engineering in manufacturing industry," **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**. 23, 5: 425-440, 2010.

Relph, Geoff & Catherine Milner. **Inventory Management Advanced Methods For Managing Inventory Within Business Systems**. : KoganPage, 2015

Resmi Gazete. "Atık Getirme Merkezi Tebliği," *http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141231M4-18.htm*. 31.12.2014.

Ritzman, Larry P. & Lee J. Krajewski. **Üretim Yönetimi**. Nobel Akademik Yayıncılık, 2013

Robert Winner, James Pennell, Harold Bertrand, Marko Slusarezuk. *The Role Of Concurrent Engineering In Weapons System Acquisition*. Alexandria: Institute For Defense Analyses , 1988.

Rolstadaas, Asbjørn, Hans-Henrik Hvolby & Peter Falster. "Review of After-Sales Service Concepts," 257. **Lean Business Systems and Beyond**: 383-391. Boston: Springer, 2006.

Rufe, Philip D. **Fundamentals of Manufacturing (3rd Edition)**. Society of Manufacturing Engineers (SME), 2013

Savaş, Halil & Mevhibe Ay. "Üniversite Kütüphanesi Tasarımında Kalite Fonksiyon Göçerimi Uygulaması," **Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**. 7, 3: 80-98, 2005.

Scallan, Peter. **Process Planning**. Elsevier Science & Technology Books, 2002

Serrano, Rubén Medina, María Reyes González Ramírez & José Luis Gascó Gascó. "Should we make or buy? An update and review," **European Research on Management and Business Economics**. 24: 137-148, 2018.

Shercliff, H.R. & A.M. Lovatt. "Selection of manufacturing processes in design and the role of process modelling," **Progress in Materials Science**. 46: 429-459, 2001.

Shete, T. S., P. R. Kulkarni & P. V. Pawar. "Design for Manufacturing and Assembly Technique Applicable For a Gearbox ," **IOSR Journal of Engineering (IOSR JEN)**. 1: 14-19, 2019.

Silverman, Mike & Andre Kleyner. "What Is Design for Reliability and What Is Not?," *Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium*: 2012.

Simpson, T.W., K.H. Otto & K.N. Otto. **Advances in Product Family and Product Platform Design: Methods & Applications**. New York: Springer Science+Business Media, 2014

Simpson, T.W., Z. Siddique & R.J. Jiao. **Product Platform and Product Family Design Methods and Applications**. Springer US, 2006

Singh, Nanua. "Integrated product and process design: a multi-objective modeling framework," **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**. 18: 157-168, 2012.

Singh, Baljinder, Jason Matthews, Glen Mullineux & Tony Medland. "Product Development in Manufacturing SMES: Current State, Challenges and Relevant Supportive Techniques," *International Conference On Engineering Design*: 157-166. Stanford: 2009.

Skalak, Susan. **Implementing Concurrent Engineering in Small Companies**. CRC Press, 2002

Sofuoğlu, Ecehan. "Different Approaches to Concurrent Engineering," *https://pdfs.semanticscholar.org/490c/4ac74313b8a99151923a2d98e4c7ee838221.pdf*. 2011.

Soh, S.L., S.K. Ong & A.Y.C. Nee. "Design for Disassembly for Remanufacturing: Methodology and Technology," **Procedia CIRP**. 15: 407-412, 2014.

Stank, Theodore P. & Thomas J. Goldsby. "A framework for transportation decision making in an integrated supply chain," **Supply Chain Management: An International Journal**. 5, 2: 71-78, 2000.

Stark, John. "A Few Words About Concurrent Engineering," **http://www.johnstark.com/fwcce.html**. *http://www.johnstark.com/fwcce.html*. 1998.

Stark, John. "Product Lifecycle Management," **Product Lifecycle Management (Volume 2)**: 1-35. Springer International Publishing, 2016.

Stoll, Henry W. "Design For Serviceability," **Product Design Methods and Practices**: 278. Marcel Dekker Inc. , 1999.

Susko, Jill. "Obeya: The Brain of the Lean Enterprise," **Industry Week**. *https://www.industryweek.com/lean-six-sigma/obeya-brain-lean-enterprise*. 2016.

Sümen, Halil Halefşan. "İmalat ve tasarımda "Yalınlık"," **MIBDERGISI**. *https://www.mibdergisi.com/imalat-ve-tasarimda-yalinlik/*. 2018.

Swink, Morgan L. "A tutorial on implementing concurrent engineering in new product development programs," **JOURNAL OF OPERATIONS MANAGEMENT**. 16: 103-116, 1998.

Szwejczewski, Marek, Keith Goffin & Zissis Anagnostopoulos. "Product service systems, after-sales service and new product development," **International Journal of**. 53, 17: 5334–5353, 2015.

Şaştım, Ö., M. Yüzükırmızı, S. Ersöz, Türker A.K., B. Birgören & B. Toklu. "Kalite Fonksiyon Göçerimi Tekniğinin Endüstri Mühendisliği Eğitim Müfredatında Uygulanması," *2. Ulusal Mühendislik Kongresi*: 2006.

Tayles, Mike & Colin Drury. "Moving from Make/Buy to Strategic Sourcing: The Outsource Decision Process," **Long Range Planning**. 34: 605-622, 2001.

Taylor, Andrew. "Design for Maintainability Principles, Modularity and Rules ," **Art and engineering in product design**: İngiltere: Design-bites, 2007.

Taylor, Andrew. "Design for Reliability Concepts, Causes and Identification," **Art and Engineering in Product Design**: İngiltere: Design-bites, 2007.

Telenko, Cassandra, Carolyn C. Seepersad & Michael E. Webber. "A Compilation of Design for Environment Principles and Guidelines," *ASME 2008 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference* : 1-13. New York: 2008.

Teresko, J. ""Toyota' s Real Secret" Product Development," **Industryweek**. ss. 36-42, 2007.

Thomas, Daniel J. "Using Finite Element Analysis to Assess and Prevent the Failure of Safety Critical Structures," **ASM International**. 17: 1-3, 2017.

Tomar, Ravinder. "Product Lifecyle Management," **Commercial Operations Management: Process and Technology to Support Commercial Activities**: 88-90. Global India Publications Pvt Ltd., 2009.

Ulrich, Karl T. & Steven D. Eppinger. **Product Design And Development**. McGraw-Hill Education, 2011

Valle, Sandra & Daniel Vazquez-Bustelo. "Concurrent Engineering Performance: Incremental versus radical innovation," **International Journal Of Production Economics**. 119, 1: 136-148, 2009.

Warwick Manufacturing Group. *Section 5 Design for X" Product Excellence Using Six Sigma*. University Of Warwick, 2007.

Westscott, Russel T. **Certified Manager of Quality/Organizational Excellence Handbook (4th Edition)**. American Society for Quality (ASQ), 2014

Yüce, Deniz, Deniz Hasipek & Gonca Telli. "Pazarlamada Bütünleşik Ürün Yaşam Döngüsü Kavramı," *Proceedings of the International Congress on Business and Marketing*: 173-191. Istanbul: 2019.

Zouari, Alaeddine, Abdessalem Jerbi & Youssef Derbel. "A framework of concurrent design of the product, its manufacturing process and its supply chain," **International Journal of Scientific & Engineering Research**. 7, 6: 1108-1116, 2016.