T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

İLERİ ÜRÜN KALİTE PLANLAMASI İLKELERİNE DAYALI YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİ

Zeynep ÇALIŞKAN

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Mert TOPOYAN

İZMİR-2025

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

İLERİ ÜRÜN KALİTE PLANLAMASI İLKELERİNE DAYALI YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİ

Zeynep ÇALIŞKAN

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Mert TOPOYAN

İZMİR-2025

DOKTORA
TEZ ONAY SAYFASI

Üniversite	: Dokuz Eylül Üniversitesi
Enstitü	: Sosyal Bilimler Enstitüsü
Adı ve Soyadı	: Zeynep ÇALIŞKAN
Öğrenci No	: 2019800988
Tez Başlığı	: İleri Ürün Kalite Planlaması İlkelerine Dayalı Yalın Ürün Geliştirme Süreci
Savunma Tarihi	: 04.09.2025
Danışmanı	: Dr.Öğr.Üyesi Mert TOPOYAN

JÜRİ ÜYELERİ

Ünvanı, Adı, Soyadı	**Üniversitesi**	**İmza**
Dr.Öğr.Üyesi Mert TOPOYAN		
Prof. Dr. Hilmi YÜKSEL	- Dokuz Eylül Üniversitesi	
Prof. Dr. Aşkın ÖZDAĞOĞLU	- Dokuz Eylül Üniversitesi	
Prof. Dr. Mehmet Emre GÜLER	- İzmir Katip Çelebi Üniversitesi	
Doç. Dr. Adem TÜZEMEN	-Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	

Zeynep ÇALIŞKAN tarafından hazırlanmış ve sunulmuş olan bu tez savunmada başarılı bulunarak oy birliği( ) / oy çokluğu( ) ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Erhan DEMİRELİ
Müdür

YEMİN METNİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “İleri Ürün Kalite Planlaması İlkelerine Dayalı Yalın Ürün Geliştirme Süreci” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

11/07/2025

Zeynep ÇALIŞKAN

ÖZET

Doktora Tezi

İleri Ürün Kalite Planlaması İlkelerine Dayalı Yalın Ürün Geliştirme Süreci

Zeynep ÇALIŞKAN

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı
İşletme Programı

Rekabet avantajı elde etmek, günümüz işletmeleri için temel hedeflerden biridir. Bu hedefe ulaşmak, müşterilerin yüksek kabul potansiyeline sahip ürünlerin, rakiplerden daha yüksek memnuniyet sağlayacak şekilde ve hızlı biçimde pazara sunulmasıyla mümkün olmaktadır. Bu noktada; ürün tasarımı, kalite, kaynak yönetimi, maliyet kontrolü ve pazarlama gibi fonksiyonların koordineli çalışması kadar, tüm bu süreçlerin temelini oluşturan ürün geliştirme süreci kritik bir öneme sahiptir.

Ürün geliştirme süreçleri, yüksek risk içermesi, karmaşıklığı, uzun süre alması ve maliyetli olması nedeniyle yönetimi güç süreçlerdir. Bu zorlukları aşmak isteyen çağdaş işletmeler, kaynakların etkin kullanımı, ürün geliştirme süresinin kısaltılması ve müşteri memnuniyetinin artırılması amacıyla çeşitli yöntemlere başvurmaktadır. Bu yöntemlerden ikisi olan İleri Ürün Kalite Planlaması (APQP) ve Yalın Ürün Geliştirme Süreci, genellikle birbirinden bağımsız olarak uygulanmaktadır. Ancak her iki yaklaşımın bütüncül olarak ele alındığı ve müşteri odaklı, daha kısa sürede tamamlanan, israfın azaltıldığı bir ürün geliştirme süreci modeline literatürde nadiren rastlanmaktadır.

Bu çalışma, APQP ve Yalın Ürün Geliştirme ilkelerini entegre eden daha verimli bir ürün geliştirme süreci modeli oluşturmayı amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında her iki yöntemin ilkeleri analiz edilerek ortak noktalar belirlenmiş ve bu kesişim üzerinden yeni bir model yapılandırılmıştır. Modelin etkinliğini değerlendirmek amacıyla, rezervuar üretimi yapan bir işletmenin mevcut ürün geliştirme süreçleri değer akış haritalama yöntemiyle analiz edilmiş, ardından önerilen modele uygun şekilde yeniden tasarlanmıştır. Yeni süreç, israfı azaltma, alt süreçleri optimize etme ve müşteri değeri yaratımını maksimize etmeyi hedeflemektedir.

İyileştirilen süreç modeli, uygulama öncesine kıyasla toplam akış süresi, süreçte bekleyen iş haftası, bekleyen iş sayısı, ortalama süreç tekrarı ve kapasite sorunu yaşanan alt süreç sayısı gibi performans göstergelerinde anlamlı iyileşmeler sağlamıştır. Bu sonuçlar, İleri Ürün Kalite Planlaması yaklaşımıyla entegre edilmiş yalın bir ürün geliştirme sürecinin işletmeler için önemli bir rekabet avantajı sunabileceğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: İleri Ürün Kalite Planlaması (APQP), Yalın Ürün Geliştirme, Değer Akış Haritalama, Süreç İyileştirme, Müşteri Odaklılık

ABSTRACT

Doctoral Thesis

Doctor of Philosophy (PhD)

Lean Product Development Process Based on

Advanced Product Quality Planning Principles

Zeynep ÇALIŞKAN

Dokuz Eylül University

Graduate School of Social Sciences

Department of Business Administration

Business Administration Program

Gaining a competitive advantage is one of the primary objectives for today's businesses. Achieving this goal is possible by launching products with high customer acceptance potential to the market faster and in a way that provides greater satisfaction than competitors. At this point, the coordination of functions such as product design, quality, resource management, cost control, and marketing is critical—but even more important is the product development process that forms the foundation of all these functions.

Product development processes are challenging to manage due to their high risk, complexity, long duration, and high costs. To overcome these challenges, modern businesses employ various methods aimed at optimizing resource utilization, shortening development time, and increasing customer satisfaction. Two of these methods, Advanced Product Quality Planning (APQP) and Lean Product Development, are often applied independently. However, a holistic product development model that integrates both approaches—resulting in customer-focused processes completed in less time with reduced waste—is rarely found in the literature.

This study aims to develop a more efficient product development process model by integrating the principles of Advanced Product Quality Planning and Lean Product Development. Within the scope of the study, the principles of both methods were analyzed, common points were identified, and a new model was constructed based on this intersection. To evaluate the effectiveness of the model, the current product development processes of a cistern manufacturing company were analyzed using value stream mapping,

and then redesigned in accordance with the proposed model. The new process aims to reduce waste, optimize subprocesses, and maximize customer value creation.

Compared to the pre-implementation stage, the improved process model showed significant improvements in key performance indicators such as total throughput time, number of work-in-progress weeks, number of works in progress, average process rework, and the number of subprocesses experiencing capacity bottlenecks. These results indicate that a lean product development process integrated with the Advanced Product Quality Planning approach can offer a significant competitive advantage for businesses.

Keywords: Advanced Product Quality Planning (APQP), Lean Product Development, Value Stream Mapping, Process Improvement, Customer Focus

İLERİ ÜRÜN KALİTE PLANLAMASI İLKELERİNE DAYALI YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİ

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI ii
YEMİN METNİ iii
ÖZET iv
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER viii
KISALTMALAR xi
TABLOLAR LİSTESİ xii
ŞEKİLLER LİSTESİ xiii
EKLER LİSTESİ xiv

GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM
YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİ

1.1. YALIN YAKLAŞIM VE ÜRÜN GELİŞTİRME İLİŞKİSİ 4
1.2. YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME SİSTEMİNİN ALT SİSTEMLERİ 12
1.2.1. Süreç Alt Yapısı 14
1.2.1.1. Süreç Unsuru İlke 1: Değer Katan Eylemi İsraftan Ayırmak İçin Müşteri Odaklı Değer Oluşturma 14
1.2.1.2. Süreç Unsuru İlke 2: Alternatifleri Derinlemesine Araştırmak İçin Ürün Geliştirme Sürecine Baştan Ağırlık Verme 17
1.2.1.3. Süreç Unsuru İlke 3: Seviyelendirilmiş Bir Ürün Geliştirme Süreç Akışını Yaratma 19
1.2.1.4. Süreç Unsuru İlke 4: Sapmaları Azaltmak, Esneklik ve Öngörülebilir Sonuçlar Yaratmak İçin Katı Standartlaştırmadan Yararlanma 20
1.2.2. İnsan Alt Sistemi 22
1.2.2.1. İnsan Unsuru İlke 5: Baş Mühendis sistemi Kurma 22
1.2.2.2. İnsan Unsuru İlke 6: İşlev Uzmanlığı ile İşlevler Arası Bütünleşmeyi Dengelemek için Organize Olma 23

1.2.2.3. İnsan Unsuru İlke 7: Bütün Mühendislerde Yüksek Teknik Yetkinlik Geliştirme 24
1.2.2.4. İnsan Unsuru İlke 8: Tedarikçileri Ürün Geliştirme Sistemiyle Tamamen Bütünleştirme 25
1.2.2.5. İnsan Unsuru İlke 9: Öğrenmeyi ve Sürekli İyileştirmeyi Yerleştirme 26
1.2.2.6. İnsan Unsuru İlke 10: Mükemmelliği ve Sürekli İyileştirmeyi Destekleyecek Bir Kültür Yaratma 27
1.2.3. Araçlar ve Teknoloji Alt Sistemi 28
1.2.3.1. Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 11: Teknolojiyi İnsanlara ve Süreçlere Uydurma 29
1.2.3.2. Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 12: Organizasyonu Basit, Görsel İletişim Yoluyla Düzene Sokma 30
1.2.3.3. Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 13: Standartlaştırma ve Örgütsel Öğrenme İçin Güçlü Araçlar Kullanma 31

İKİNCİ BÖLÜM

İLERİ ÜRÜN KALİTE PLANLAMASI

2.1. PLANLAMA 40
2.2. ÜRÜN TASARIMI VE GELİŞTİRME 42
2.3. SÜREÇ TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ VE DOĞRULANMASI 44
2.3.1. Ölçüm Sistemleri Analizi (MSA) 45
2.3.2. İstatistiksel Proses Kontrolü (SPC) 45
2.4. ÜRÜN VE SÜRECİN GEÇERLİLİĞİ 45
2.5. GERİ BİLDİRİM, DEĞERLENDİRME VE DÜZELTİCİ FAALİYET 47

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

İLERİ ÜRÜN KALİTE PLANLAMASI İLKELERİNE DAYALI YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME SİSTEMİ

3.1. METODOLOJİ: DEĞER AKIŞ HARİTALAMA YÖNTEMİ 49
3.2. İLERİ ÜRÜN KALİTE PLANLAMASI İLKELERİNE DAYALI YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME SİSTEMİ 51

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BİR İMALAT İŞLETMESİNDE İLERİ ÜRÜN KALİTE PLANLAMASI İLKELERİNE DAYALI YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME SİSTEMİ UYGULAMASI

4.1. İŞLETME HAKKINDA 59

4.2. UYGULAMADA ELE ALINAN SÜRECİN YAPISI 60

4.2.1. Uygulamada Ele Alınan Süreçten Sorumlu İnsan Kaynağı 63

4.2.2. Tasarım Yapı Matrisi 64

4.2.3. Süre Analizleri 64

4.3. MEVCUT DURUM HARİTASININ ÇİZİLMESİ 65

4.4. GELECEK DURUM TASARIMI 73

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME 81

KAYNAKÇA 86

EKLER 92

KISALTMALAR

3D	3 Boyutlu (3 Dimensional)
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
APQP	İleri Ürün Kalite Planlaması (Advanced Product Quality Planning)
CNC	Bilgisayarlı Sayısal Kontrol (Computer Numerical Control)
DMU	Dijital Prototip (Digital Mock-Up)
DÖF	Düzeltici ve Önleyici Faaliyet
ERP	Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resources Planning)
FMEA	Hata Türleri ve Etkileri Analizi (Failure Mods and Effects Analysis)
IATF	Uluslararası Otomotiv Görev Gücü (The International Automotive Task Force)
IoT	Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
ISO	Uluslararası Standart Enstitüsü (International Organization for Standardization)
KOBİ	Küçük ve Orta Ölçekli İşletme
MSA	Ölçüm Sistemleri Analizi (Measurement System Analysis)
OEE	Toplam Ekipman Etkililiği (Overall Equipment Effectiveness)
PLM	Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (Product Lifecycle Management)
PPAP	Üretim Parçası Onay Süreci (Production Part Approval Process)
PUKÖ	Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem Al
QFD	Kalite Fonksiyon Göçerimi (Quality Function Deployment)
QMS	Kalite Yönetim Sistemleri (Quality Management Systems)
RFID	Radyo Frekansı Tanımlama (Radio Frequency Identification)
RveR	Tekrar edilebilir ve Tekrar üretilebilirlik (Repeatability ve Reproducibility)
SOP	Standart Operasyon Prosedürü
SPC	İstatistiksel Proses Kontrolü (Statistical Process Control)
TDK	Türk Dil Kurumu
TPS	Toyota Üretim Sistemi (Toyota Production System)
TZÜ	Tam Zamanında Üretim
VSM	Değer Akış Haritalama (Value Stream Mapping)

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Ürün Geliştirme Sürecindeki İsraflar s. 16
Tablo 2: Planlama Aşaması Girdi ve Çıktıları s. 41
Tablo 3: Ürün Tasarımı ve Geliştirme Adımı Girdi ve Çıktıları s. 42
Tablo 4: Süreç Tasarım ve Geliştirme Doğrulanması Adımı Girdi ve Çıktıları s. 44
Tablo 5: Ürün ve Sürecin Geçerliliği Adımı girdi ve Çıktıları s. 46
Tablo 6: Geri Bildirim, Değerlendirme ve Düzeltici Faaliyet Adımı Girdi ve Çıktıları ..... s. 48
Tablo 7: Süreç Tanımları s. 60
Tablo 8: İnsan Kaynağı Görev Dağılımı s. 63
Tablo 9: Polivalans Tablosu s. 64
Tablo 10: Mevcut Durum Tasarım Yapı Matrisi s. 65
Tablo 11: İşlem Süreleri Tablosu s. 66
Tablo 12: Süreç Tekrar Etme Sayısı Tablosu s. 67
Tablo 13: İnsan Kaynağı Süreç Katılım Oranı s. 68
Tablo 14: Mevcut Durum Veri Tablosu s. 68
Tablo 15: Tekrar Sayısı Yüksek Süreçler s. 70
Tablo 16: Gelecek Durum Veri Tablosu s. 79
Tablo 17: Sonuçların Kıyaslanması s. 79

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: APQP Akışı s. 37
Şekil 2: İleri Ürün Kalite Planlaması Süreci s. 40
Şekil 3: İleri Ürün Kalite Planlaması İlkelerine Dayalı Yalın Ürün Geliştirme Sistemi Modeli s. 58
Şekil 4: Yeni Ürün Geliştirme Süreci s. 61
Şekil 5: Yeni Ürün Geliştirme Gantt Şeması s. 65
Şekil 6: Mevcut Durum Haritası s. 69
Şekil 7: PUKÖ Döngüsünün Proje Süresine Etkisi s. 73
Şekil 8: Yeni Ürün Geliştirme Sürecinin APQP Adımlarına Göre İncelenmesi s. 75
Şekil 9: Gelecek Durum Haritası s. 80

EKLER LİSTESİ

EK 1: Yeni Ürün Geliştirme Ekibi Formu ek s.1

GİRİŞ

Sanayi devriminin başlangıcında, üretim yapabilen sınırlı sayıdaki işletme, maliyet üzerine kar ekleyerek satış fiyatını belirleme gücüne sahipti. Ancak zamanla sanayinin gelişmesi ve rekabetin artmasıyla birlikte ürün ve hizmetlerin fiyatları piyasalar tarafından belirlenmeye başlamıştır. Bu dönüşüm, işletmeleri kârlarını sürdürebilmek adına maliyetlerini düşürme zorunluluğuyla karşı karşıya bırakmıştır. Özellikle üretim süreçlerinde değere katkı sağlamayan faaliyetlerin ortadan kaldırılmasını hedefleyen yalın üretim felsefesi, bu ihtiyaçtan doğarak küresel ölçekte hızla yayılmıştır.

Ancak üretim süreçlerinde yalınlaşmak, rekabet avantajı elde etmek için yeterli değildir. Günümüz rekabet ortamında asıl fark, ürünün fikrinden piyasaya sunulmasına kadar geçen sürenin yönetiminde ortaya çıkmaktadır. Başka bir deyişle, ürün ne kadar hızlı ve hatasız geliştirilebilirse, işletmeler rekabet oyununa o kadar güçlü dahil olabilirler. Bu nedenle yeni ürün geliştirme süreci, işletmelerin stratejik başarılarını belirleyen en kritik unsurlardan biri haline gelmiştir.

Ürün geliştirme sürecinin mühendislik gereksinim düzeyi yüksektir. Ürün geliştirme süreçleri genellikle karmaşık, uzun ve çok sayıda yineleme içeren yapılar olarak tanımlanmaktadır. Bu durum hem maliyetlerin artmasına hem de geliştirme süresinin uzamasına neden olmaktadır. Üstelik, bu süreçlerde yalnızca nihai müşteri değil, farklı beklentilere sahip çeşitli paydaşlar da rol oynamaktadır (Ballard ve Koskela, 1998: 5). Bu nedenle, ürün geliştirme süreçlerinde sadece son kullanıcıyı değil, tüm paydaşları dikkate alan bütüncül bir yaklaşım benimsenmelidir. Bu yaklaşım, ürün yaşam döngüsünün tamamını ve mümkünse ürün-hizmet sisteminin tüm bileşenlerini kapsayacak şekilde bir değer değerlendirmesi yapılmasını gerektirmektedir (Pessôa ve Trabasso, 2017: 77, Pezzotta ve diğerleri, 2018: 1272).

Tüm bu gerekçeler ürün geliştirme sürecinin uzamasına ve piyasada ihtiyaç duyulan ürünün üretim aşamasına geç gelmesine sebep olmaktadır. Bu da piyasada rekabet oyununa mağlup pozisyonda başlamak anlamına gelmektedir. Bu sebeple işletmeler ürün geliştirme süreçlerinin iyileştirilmesi, kısaltılması, tek seferde doğruyu elde etme oranlarının arttırılması, ürün kalitesinin güvence altına alınması zorunluluklarıyla karşı karşıyadır. Bu bağlamda, yalın düşünce ile kalite planlamasını bir araya getiren bütünleşik bir ürün geliştirme modeline ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmanın odaklandığı problem, ürün geliştirme sürecinde ürünle ilgili gereklilikleri tam olarak karşılarken aynı zamanda sürecin kendi yapısından

kaynaklanan süreç kayıplarını da azaltabilecek bir ürün geliştirme süreci modeli ihtiyacıdır. Yoğun rekabet ile karşılaşan pek çok işletmede söz konusu olabilecek bu ihtiyaç, bu çalışma özelinde rezervuar üretimi yapan bir işletmede mevcut ürün geliştirme sürecinin gereğinden uzun, tekrarlarla dolu ve kalite güvencesi açısından yetersiz olması nedeniyle tanımlanmıştır. Mevcut yapının, işletmeye zaman ve maliyet açısından rekabet dezavantajı yarattığı görülmektedir. İşletme, ürün geliştirme süresini kısaltacak, ilk seferde doğru üretim oranlarını artıracak ve müşteri taleplerine daha hızlı yanıt verecek bir modele ihtiyaç duymaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, yalın ürün geliştirme ilkeleri ile ileri ürün kalite planlaması (Advanced Product Quality Planning-APQP) yöntemini bütünleştirerek, rezervuar üretimi yapan bir işletmede uygulamaya alınabilecek bir ürün geliştirme süreci modeli tasarlamak ve uygulamaktır. Bu doğrultuda hem teorik hem uygulamalı düzeyde bir model oluşturmak, modelin süreç performansı üzerindeki etkilerini ortaya koymak ve işletmeye rekabet avantajı kazandıracak sürdürülebilir bir ürün geliştirme yaklaşımı geliştirmek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yalın ürün geliştirme yaklaşımının temel ilkelerini ve faydalarını ortaya koymak, APQP yöntemini detaylı biçimde inceleyerek kalite güvence sistematiğini tanıtmak, bu iki yöntemin bütünleşik kullanımına dayalı bir model tasarlamak, modelin bir işletmede uygulamasını gerçekleştirerek sürece olan etkilerini ölçmek, elde edilen bulgular ışığında sürdürülebilir bir ürün geliştirme yaklaşımı sunmak hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın özgünlüğü, literatürde sıklıkla ayrı ayrı ele alınan yalın ürün geliştirme ve APQP yaklaşımlarını, uygulamalı bir model çatısı altında birleştirerek üretim yapan bir işletmede pratik bir iyileştirme aracı olarak kullanmasında yatmaktadır. Literatürde bu iki yaklaşımı bütünleştiren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yönüyle çalışma, literatüre katkı sağlayan ve benzer işletmelere örnek olabilecek bir uygulama modeli sunmaya çalışmaktadır. Günümüzde üretim işletmeleri, ürün geliştirme süreçlerinde hem çevik hem de sistematik olmak zorundadır. Yalın düşünce ile hız ve esneklik kazanılırken, APQP ile kalite güvencesi sistematik hale getirilir. Bu iki yaklaşımın entegrasyonu, yalnızca süreç verimliliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda müşteri memnuniyetini ve sürdürülebilir rekabet avantajını da beraberinde getirir.

Uygulama çalışmasıyla yalnızca teorik katkı sağlanmakla kalmayıp, aynı zamanda üretim sektöründeki firmalara örnek oluşturabilecek, doğrudan uygulanabilir bir yol haritası sunulmaktadır. Ayrıca, süreç iyileştirme ve kalite planlaması

çalışmalarının bütünleşik biçimde ele alınması, sanayi için yeni bir değer yaratma potansiyeli taşımaktadır.

Bu çalışmada yalın ürün geliştirme ile APQP yöntemleri bir arada kullanılıp kullanılamayacağı, bu iki yöntem bir araya getirildiğinde ürün geliştirme sürecinde ne tür iyileşmeler sağlanabileceği, bu bütünleşik modelin ürün geliştirme süresini nasıl etkileyeceği ve uygulama sonrasında elde edilen performans göstergeleri, mevcut duruma göre anlamlı bir iyileşme sunup sunamayacağı soruları doğrultusunda birinci bölümde yeni ürün geliştirme sürecinin yalın bakış açısıyla ele alınmasını sağlayan ve temel yalın ilkeler doğrultusunda süreci şekillendiren Yalın Ürün Geliştirme yöntemi aktarılmıştır. İkinci bölümde bir ürünün müşterinin talep ettiği niteliklerde ortaya çıkmasını garanti altına almak için oluşturulmuş bir kalite planlaması yöntemi olan APQP yöntemi ele alınmıştır. Üçüncü bölümde yalın ürün geliştirme sistemi ilkeleri ile APQP ilkelerini bir araya getiren ve iki sistemin yarattığı avantajları tek bir çatı altında toplayan İleri Ürün Kalite Planlaması İlkelerine Dayalı Yalın Ürün Geliştirme Süreci modeli tasarlanmış ve modelin uygulama adımlarına yer verilmiştir. Dördüncü ve son bölümde tasarlanan model, rezervuar üretimi yapan bir işletmenin yeni ürün geliştirme sürecinde uygulanmıştır. Uygulamanın etkinliği ölçümü için sürecin öncesi ve sonrasında değer akış haritalama yöntemi uygulanmış, performans göstergeleri kıyaslanarak iyileştirme sonuçları raporlanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM
YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİ

Üretim sistemlerinde müşteriye yaratılan değer odaklı bir yapı oluşturabilmek amacıyla israf olarak değerlendirilen her şeyin sistemden elenmesi ya da en azından iyileştirilmesi mantığıyla ortaya çıkmış olan yalın yaklaşım, uzun süredir önemini koruyan ve sürekli iyileştirme kapsamında işletmelerin uygulamalarını devamlı geliştirdikleri bir yönetim sistemidir. Çağdaş yapıda üretim sistemleri tedarik süreçlerinden müşteri etkileşiminin yönetilmesine kadar bütünleşik bir yapıda değerlendirildiği için yalın yaklaşımın da yalnızca üretim faaliyeti ile sınırlı kalmayıp sistemin her aşamasında uygulanmaya çalışıldığı görülmektedir. Bu bağlamda üretim süreçlerinin hem yapılanmasında hem de işletilmesine başlıca etken olan ürünün ortaya çıkmasını sağlayan ürün geliştirme süreçlerinde de böyle bir arayışın olması kaçınılmaz bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu doğrultuda bu bölümde çalışmanın çatısını oluşturacak olan yalın ürün geliştirme sistemi ve bu sisteme ait ilkeler ele alınmaktadır.

1.1. YALIN YAKLAŞIM VE ÜRÜN GELİŞTİRME İLİŞKİSİ

Yalın üretim 1940'ların ortasından itibaren Toyota Baş Mühendisi Taichi Ohno'nun liderliğinde üretim alanında şekillenmeye başlamıştır. Toyota'nın dönüşümünü sağlayan Taichi Ohno'nun ortaya koyduğu bu standartlar Toyota Üretim Sistemi (Toyota Production System-TPS) adı ile tüm dünyaya yayılmıştır. Mevcut koşullar ve kaynakların kıt oluşu sebebiyle TPS başta kaliteden çok üretkenliğe odaklanmıştır. Daha az bütçe ile daha fazla çıktı elde etmeyi amaçlamış ve bu doğrultuda yalın felsefeye ait ilkeler oluşmuştur. Üretkenliği arttırma çabası sistemde üretkenliğe engel olan israfların fark edilmesini sağlamış ve odak genişletilerek kalite, teslimat, üretkenlik gibi alanlardaki israflar bütüncül bir bakış açısıyla yok edilmeye çalışılmıştır (Haque ve James-Moore, 2004: 2). Üretim alanında gerçekleştirilen bu çalışmalar radikal, çığır açıcı çalışmalardan ziyade küçük küçük sürekli iyileştirme çalışmalarıdır. Amacı iyileştirmeyi sağlarken elde olan kaynakların kullanımından faydalanmaktır. Bu çalışmaların üretim dışındaki süreçlerde de uygulanabileceği önermesi ilk defa Dünyayı Değiştiren Makine kitabında ortaya atılmıştır (Womack ve diğerleri, 1990: 1-352). Dünyayı Değiştiren Makine kitabında süreçlere hakimiyeti yüksek proje lideri, ekip çalışması, iletişim, eş zamanlı mühendislik gibi ilkelerin

önemine yer verilmiştir. Toyota'nın yalın üretim sistemiyle elde ettiği başarıların ürün geliştirme sürecine nasıl entegre edildiği üzerine çalışan Morgan ve Liker gerçekleştirdikleri incelemeler sonucunda Toyota Ürün Geliştirme Sistemi kitabını yazmışlardır. Bu sistem, Toyota'nın pazara daha hızlı, daha kaliteli ve müşteri odaklı ürünler sunmasını sağlamaktadır. Kitap, yalın üretim felsefesini ürün geliştirme süreçlerine uygulama konusunda önemli bir rehber niteliğindedir. Yalın üretim felsefesi ilkelerinin belirlenmesi, farklı süreçlere ve farklı sektörlere yaygınlaştırılması, Morgan ve Liker'ın da ürün geliştirme süreçleri için yalın üretim felsefesinin kullanımını önermesine imkân tanımıştır. Toyota Ürün Geliştirme Sistemi kitabında anlatılan ürün geliştirme sistemi, literatürde pek çok çalışma ile birlikte bu çalışmaya da konu olmuştur. Genel olarak bakıldığında yalın yaklaşımın ürün geliştirme süreçlerine uygulanmasında geliştirme sürelerinin kısalması, kaynak israfının azalması, yeni ürün geliştirme sürecinin etkinliğinin artması ve müşterinin kabul etme potansiyeli daha yüksek ürünlerin elde edilmesi beklenmektedir (Gbadegeshin, 2018: 51). Böylece işletmelerin pazar performansı da iyileştirilmiş olacaktır (Tardio ve diğerleri, 2023: 1420). Buna ek olarak, ürünün yaşam süreci boyunca ortaya çıkacak her türlü durum önemli ölçüde geliştirme süreçlerinin sonucu olarak ortaya çıktığından, yalın ürün geliştirmenin yakın dönemin en önemli kavramlarından ve amaçlarından biri olan sürdürülebilirlik sağlama yönünde hem üretim süreçleri hem de ürün yaşam süreci boyunca da önemli bir etkisi olacaktır (Cukor ve Hegedic, 2023: 302; Wan ve diğerleri, 2022: 9-10).

Narahari ve diğerleri 1999 yılında yayınlanan "Lead Time Modeling and Acceleration of Product Design and Development (Ürün Tasarım ve Geliştirmenin Akış Süresi Modellemesi ve Hızlandırılması)" makalelerinde ürün tasarımı ve geliştirme süreçlerinde akış süresinin nasıl modellenebileceğini ve hızlandırılabileceğini ele almışlardır. Ürün geliştirme süreçlerinde akış süresi, ürünün pazara ne kadar sürede sunulacağını belirleyen önemli bir metriktir. Makale, bu sürenin nasıl optimize edilebileceğini ve ürün geliştirme hızını artırmak için hangi stratejilerin uygulanabileceği incelenmektedir (Narahari ve diğerleri, 1999: 882-896).

Browning ve diğerlerinin 2000 yılında yayınlanan "Value-Based Product Development: Refocusing Lean (Değer Tabanlı Ürün Geliştirme: Yalın'a Yeniden Odaklanma)" isimli bildirilerinde yalın üretim ve ürün geliştirme süreçlerini yeniden şekillendirmek amacıyla değer odaklı bir yaklaşım benimsenmesi tartışılmaktadır. Yalın üretim ve ürün geliştirme genellikle israfı azaltmaya odaklanırken, bu çalışma müşteriye sunulan değerin en üst düzeye çıkarılmasının da aynı derecede önemli

olduğu vurgulanmaktadır. Yalın süreçlerin etkinliğinin artırılması için yalnızca maliyetleri ve zamanı azaltmanın yeterli olmadığı; aynı zamanda müşteriye en yüksek değeri sağlayan ürünleri üretmenin gerekliliği savunulmaktadır (Browning ve diğerleri, 2000: 168-172).

Everaert ve Bruggeman 2002 yayınlanan "Cost Targets and Time Pressure during New Product Development (Yeni Ürün Geliştirmede Maliyet Hedefi ve Zaman Baskısı)" isimli makalelerinde yeni ürün geliştirme süreçlerinde maliyet hedeflerinin ve zaman baskısının proje yönetimi üzerindeki etkilerini ele almıştır. Bu tür projeler, sıkı bütçe kısıtlamaları ve hızla değişen piyasa koşulları nedeniyle zaman baskısı altında yürütülmektedir. Makale, bu iki kritik faktörün nasıl dengelenebileceğini ve başarılı bir ürün geliştirme süreci için hangi stratejilerin kullanılabileceğini araştırmaktadır (Everaert ve Bruggeman, 2002: 1339-1353).

Freire ve Alarcón 2002 yılında yayınlanan "Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology (Yalın Tasarım Sürecini Başarmak: Geliştirme Yöntemi)" adlı makalelerinde yalın tasarım süreçlerinin nasıl optimize edilebileceğini ele almış ve bu süreci iyileştirmek için belirli bir yöntem sunmuştur. Yalın tasarım, israfı en aza indirirken ürün geliştirme süreçlerini hızlandırmayı ve maliyetleri düşürmeyi hedeflemektedir (Freire ve Alarcón, 2002: 248-256).

McManus ve Millard 2002 yılında yayınlanan "Value Stream Analysis and Mapping for Product Development (Ürün Geliştirme İçin Değer Akış Analizi ve Haritalama)" bildirilerinde ürün geliştirme süreçlerinde değer akış analizi ve haritalamanın nasıl uygulanabileceğini ve bu süreçlerde israfın nasıl azaltılabileceğini incelemiştir. Bu makalede, VSM'nin (Değer Akış Haritalama-Value Stream Mapping) ürün geliştirme süreçlerine nasıl entegre edilebileceği ve süreç iyileştirmeleri için nasıl bir temel sağlayabileceği açıklanmaktadır (McManus ve Millard, 2002: 6103.1-6103.10).

Oppenheim 2004 yılında yayınlanan "Lean Product Development Flow (Yalın Ürün Geliştirme Akışı)" isimli makalesinde, yalın ürün geliştirme sürecindeki akışın nasıl optimize edileceğini ve bu süreçlerin nasıl daha verimli hale getirilebileceğini ele almaktadır. Bu makalede akışın önemi, baştan ağırlık verme ile problem çözme, fonksiyonlar arası ekiplerin etkisi ve sürekli iyileştirmenin katkısı incelenmektedir (Oppenheim, 2004: 352-376).

Haque ve James-Moore'un 2004 yılında yayınlanan "Applying Lean Thinking to New Product Introduction (Yalın Düşüncenin Yeni Ürün Tanıtımına Uygulanması)" adlı çalışmasında Birleşik Krallık Havacılık endüstrisinde 40 işletmede yapılan

çalışma ile ürün geliştirme sürecinde yalın düşüncenin beş ilkesini mümkün kılan temel yöntem ve araçları özetleyerek, etkin ve verimli bir şekilde ürün geliştirme taleplerini karşılamak için israf ve değerin ayrıştırılmasını incelenmektedir (Haque ve James-Moore, 2004: 1-31).

Meybodi 2005 yılında yayınlanan "The impact of just-in-time practices on new product Development: a managerial perspective (Yeni Ürün Geliştirmede Tam Zamanında Üretim Pratiklerinin Etkisi: Yönetim Bakış Açısı)" adlı makalesinde Tam Zamanında Üretim (TZÜ) üretim uygulamalarının yeni ürün geliştirme süreçlerine olan etkilerini yönetimsel bir bakış açısıyla incelemektedir. TZÜ, üretim süreçlerinde atıkların en aza indirildiği, kaynakların verimli kullanıldığı ve ihtiyaç duyulan malzemelerin tam zamanında sağlandığı bir üretim stratejisidir. Makale, bu uygulamaların yeni ürün geliştirme sürecindeki zamanlama, verimlilik ve kalite üzerindeki etkilerini ele almaktadır (Meybodi, 2005: 254-264).

McCarthy ve diğerlerinin 2006 yılında yayınlanan "New Product Development as a Complex Adaptive System of Decisions (Karmaşık Uyarlanabilir Bir Karar Sistemi Olarak Yeni Ürün Geliştirme)" adlı makalelerinde, yeni ürün geliştirme süreçlerinin karmaşık ve uyum sağlayan bir dizi karar verme sistemi olarak ele alınması gerektiği tartışılmaktadır. Yeni ürün geliştirme dinamik ve belirsizliklerle dolu bir süreçtir, bu nedenle sadece sabit planlar ve süreçler yerine, duruma göre değişebilen, esnek kararlar almak önemlidir. Bu makalede, yeni ürün geliştirme sürecinde kararların nasıl alındığını ve bu kararların nasıl evrimleştiği analiz edilmektedir (McCarthy, 2006: 437-456).

Liker ve Morgan'ın 2006 yılında yayınlanan "The Toyota way in services: The case of lean product development (Hizmet Sektöründe Toyota Tarzı: Yalın Ürün Geliştirme Uygulaması)" adlı makalelerinde, Toyota'nın üretim süreçlerinde uyguladığı yalın üretim ilkelerinin, hizmet sektörüne ve ürün geliştirme süreçlerine nasıl entegre edildiği incelenmektedir. Totoya ürün geliştirme sistemi ilkelerinin hizmet sektöründe ve ürün geliştirme süreçlerinde nasıl kullanılabileceği tartışılmaktadır (Liker ve Morgan, 2006: 5-20).

Gautam ve Singh'in 2008 yılında yayınlanan "Lean Product Development: Maximizing the Customer Perceived Value Through Design Change (Redesign) (Yalın Ürün Geliştirme: Tasarım Değişikliği (Yeniden Tasarım) ile Müşterinin Algıladığı Değeri Maksimize Etme)" adlı makalelerinde, müşterinin algıladığı değeri en üst düzeye çıkarmak için ürün geliştirme sürecinde tasarım değişikliklerinin (yeniden tasarım) nasıl kullanılabileceği araştırılmaktadır. Yalın ürün geliştirme, israfı

azaltmayı ve müşteri odaklı değer yaratmayı amaçlayan bir süreçtir. Bu makale, bu süreci yeniden tasarım yoluyla nasıl iyileştirilebileceğini ve müşteri algısının nasıl optimize edilebileceğini ele almaktadır (Gautam ve Singh, 2008:313-332).

Mossman'ın 2009 yılında yayınlanan "Creating Value: A Sufficient Way To Eliminate Waste in Lean Design And Lean Production (Değer Yaratmak: Yalın Tasarım ve Yalın Üretimde İsrafı Ortadan Kaldırmanın Yeterli Bir Yolu)" makalesinde, yalın tasarım ve üretim süreçlerinde israfı ortadan kaldırmanın en etkili yolunun değer yaratmak olduğu savunulur. Yalın üretim ve tasarım felsefesi, müşteri için değer yaratmayan her türlü faaliyeti israf olarak kabul eder ve bu israfı minimize etmeyi hedefler. Bu makalede, israfı azaltmanın yeterli olmayacağı, aynı zamanda süreç boyunca sürekli değer yaratmanın da önemli olduğu vurgulanmaktadır (Mossman, 2009:13-23).

Hoppmann ve diğerlerinin 2011 yılında yayınlanan "A Framework for Organizing Lean Product Development (Yalın Ürün Geliştirmeyi Organize Etmek İçin Bir Çerçeve)" adlı makalelerinde, yalın ürün geliştirme süreçlerinin nasıl organize edilmesi gerektiği ele alınmakta ve başarılı bir uygulama için bir çerçeve sunulmaktadır. Yalın ürün geliştirme maliyetleri düşürmeyi, verimliliği artırmayı ve müşteri odaklı bir yaklaşım benimsemeyi amaçlayan bir yöntemdir. Bu makalede, bu süreci daha etkili hale getirmek için stratejik bir yapı önerilmektedir (Hoppmann ve diğerleri, 2011: 3-16).

Letens ve diğerlerinin 2011 yılında yayınlanan "A Multilevel Framework for Lean Product Development System Design (Yalın Ürün Geliştirme Sistemi Tasarımı için Çok Seviyeli Bir Çerçeve)" makalelerinde, yalın ürün geliştirme sistemlerinin tasarımı için çok katmanlı bir çerçeve sunulmaktadır. Bu çerçeve, örgütlerin ürün geliştirme süreçlerini daha verimli, esnek ve müşteri odaklı hale getirmek için stratejik bir yaklaşım sağlamaktadır. Yalın ürün geliştirme, israfın azaltılması ve müşteri için değer yaratma ilkelerine dayanan bir süreçtir. Makale, bu ilkelerin sistematik olarak nasıl uygulanabileceğini ve organizasyonel yapıya nasıl entegre edilebileceğini detaylandırmaktadır (Letens ve diğerleri, 2011: 69-86)

Liker ve Morgan'ın 2011 yılında yayınlanan "Lean Product Development as a System: A Case Study of Body and Stamping Development at Ford (Sistem Olarak Yalın Ürün Geliştirme: Ford'da Gövde ve Pres Geliştirmeye İlişkin Bir Vaka Çalışması)" makalelerinde, Ford'un gövde ve damgalama geliştirme süreçlerinde yalın ürün geliştirme yaklaşımını nasıl uyguladığını incelenmektedir. Bu vaka çalışması, Ford'un üretim süreçlerinde yalın ilkeleri benimseyerek verimliliği artırma,

israfı azaltma ve ürün geliştirme sürelerini kısaltma hedeflerini ele almaktadır (Liker ve Morgan, 2011:16-28).

Nepal ve diğerlerinin 2011 yılında yayınlanan “Improving the NPD Process by Applying Lean Principles: A Case Study (Yalın İlkeleri Uygulayarak Yeni Ürün Geliştirme Sürecini İyileştirme: Bir Vaka Çalışması)” makalelerinde, yeni ürün geliştirme sürecinde yalın üretim ilkelerinin nasıl uygulanabileceğini ve bu uygulamaların süreç verimliliği üzerindeki etkilerini inceleyen bir vaka çalışması sunmaktadır. Yalın ilkeler, israfı azaltmaya, süreçleri optimize etmeye ve müşteri odaklı değer yaratmaya yönelik stratejiler sunmaktadır. Makalede, belirli bir işletmenin yeni ürün geliştirme sürecine yalın ilkelerin nasıl entegre edildiği ve elde edilen sonuçlar anlatılmaktadır (Nepal ve diğerleri, 2011: 52-68).

Khan ve diğerlerinin 2011 yılında yayınlanan “Towards Lean Product and Process Development (Yalın Ürün ve Süreç Geliştirmeye Doğru)” adlı makalelerinde, yalın ürün ve süreç geliştirme uygulamalarının incelenmesi, bu yaklaşımın nasıl daha verimli ve etkili hale getirilebileceği ele alınmaktadır. Yalın ürün geliştirme, geleneksel süreçleri iyileştirmeyi, israfı azaltmayı ve müşteri odaklı değer yaratmayı amaçlayan bir stratejidir. Bu makale, yalın felsefenin hem ürün geliştirme hem de süreç yönetimine nasıl uygulanabileceğine dair çeşitli yöntemleri ve ilkeleri tartışmaktadır (Khan ve diğerleri, 2011: 1105-1116).

Wang ve diğerleri 2012 yılında yayınlanan “Focus on Implementation: A Framework for Lean Product Development (Uygulamaya Odaklanma: Yalın Ürün Geliştirmeye Yönelik Bir Çerçeve)” adlı makalelerinde yalın ürün geliştirme süreçlerinin başarılı bir şekilde uygulanması için bir çerçeve sunar. Yalın ürün geliştirme, verimliliği artırmak, maliyetleri düşürmek ve israfı en aza indirmek için tasarlanmış bir yaklaşımdır. Ancak bu ilkelerin etkili bir şekilde uygulanması, doğru stratejilerin belirlenmesine ve iş süreçlerinin yeniden yapılandırılmasına bağlıdır. Makale, yalın ürün geliştirme uygulamalarını başarılı bir şekilde hayata geçirebilmek için yönetimsel, organizasyonel ve süreç odaklı faktörlere odaklanmaktadır (Wang ve diğerleri, 2012: 4-24).

Schulze ve Störmer’in 2012 yayınlanan “Lean Product Development – Enabling Management Factors for Waste Elimination (Yalın Ürün Geliştirme – İsrafın Ortadan Kaldırılması için Yönetim Faktörlerinin Etkinleştirilmesi)” adlı makalelerinde, yalın ürün geliştirme süreçlerinde israfı ortadan kaldırmak için yönetimsel faktörlerin nasıl etkinleştirilebileceği ele alınmaktadır. Yalın ilkeler, değer yaratmayan faaliyetleri süreçlerden çıkarmayı ve verimliliği artırmayı hedefler. Makale, bu ilkelerin etkin bir

şekilde uygulanabilmesi için yönetimin oynadığı kilit rolü vurgulamaktadır (Schulze ve Störmer, 2012: 71-91).

Wasim ve diğerlerinin 2013 yılında yayınlanan “An Innovative Cost Modelling System to Support Lean Product and Process Development (Yalın Ürün ve Süreç Geliştirmeyi Destekleyen Yenilikçi Bir Maliyet Modelleme Sistemi)” adlı makalelerinde, yalın ürün ve süreç geliştirme süreçlerini desteklemek amacıyla yenilikçi bir maliyet modelleme sistemi sunulmaktadır. Yalın yaklaşım, israfı minimize etmeyi, süreçleri optimize etmeyi ve müşteri için değer yaratmayı hedefler. Ancak, bu hedeflere ulaşırken maliyetlerin nasıl yönetileceği kritik bir konudur. Makale, yalın ürün geliştirme ve süreç iyileştirme çabalarının, maliyet etkinliğini nasıl artırabileceğini ve bu süreçte yeni bir maliyet modelleme sisteminin nasıl kullanılabileceğini ele almaktadır (Wasim ve diğerleri, 2013: 165-181).

Belay ve diğerlerinin 2014 yılında yayınlanan “Approaching Lean Product Development Using System Dynamics: Investigating Front-Load Effects (Sistem Dinamiklerini Kullanarak Yalın Ürün Geliştirmeye Yaklaşmak: Baştan Ağırlık Verme Etkilerini Araştırmak)” adlı makalelerinde yalın ürün geliştirme süreçlerinde baştan ağırlık vermenin etkileri incelenmektedir. Baştan ağırlık verme, ürün geliştirme sürecinin başlangıcında daha fazla kaynak ve çaba harcayarak, projenin ilerleyen aşamalarında sorunları önlemek ve süreci hızlandırmak için yapılan bir stratejidir. Makalede sistem dinamiği modelleme yöntemi kullanılarak, yalın ürün geliştirme süreçlerinde baştan ağırlık vermenin etkileri analiz edilmektedir. Sistem dinamiği, bir sistemdeki farklı bileşenlerin birbirleriyle nasıl etkileşimde bulunduğunu modelleyen bir yaklaşımdır. Araştırma, baştan ağırlık verme stratejisinin etkili bir şekilde uygulanmasını, ilerleyen aşamalardaki tasarım değişikliklerini, maliyetleri ve proje süresini nasıl azaltabileceğini göstermekte ve yalın ürün geliştirme felsefesine uygun olarak bu yaklaşımın daha etkin sonuçlar doğurduğunu savunmaktadır. Makalenin temel bulguları, erken aşamalarda kapsamlı analiz ve planlamanın, süreç boyunca daha az tekrar gerektirdiğini ve ürün geliştirme döngüsünü optimize ettiğini vurgulamaktadır (Belay ve diğerleri, 2014:130-140).

Tyagi ve diğerlerinin 2015 yılında yayınlanan “Value Stream Mapping to Reduce the Lead-Time of a Product Development Process (Ürün Geliştirme Sürecinin Tedarik Süresini Azaltmak İçin Değer Akışı Haritalama)” adlı makalelerinde, ürün geliştirme sürecinde akış süresini azaltmak amacıyla değer akış haritalama yönteminin nasıl kullanılabileceği ele alınmaktadır. VSM, bir sürecin adım adım analiz edilmesi ve israfın tespit edilerek ortadan kaldırılması için kullanılan etkili bir

yöntemdir. Makalede, bu tekniğin ürün geliştirme süreçlerinde nasıl uygulandığı ve hangi sonuçların elde edildiği anlatılmaktadır (Tyagi ve diğerleri, 2015: 165-181).

Čukor Kirinić ve diğerlerinin 2023 yılında yayınlanan "Trends And Future Research Direction Of Lean Product Development: A Literature Review (2011–2022)" adlı makalelerinde 2011–2022 yılları arasındaki çalışmaları inceleyerek yalın ürün geliştirmenin sürdürülebilirlik, dijitalleşme ve döngüsel ekonomi ile kesişim noktalarına giderek daha fazla odaklandığını vurgulamaktadır. Çalışma, LPD uygulamalarının başarısında organizasyonel kültür ve liderlik faktörlerinin kritik rol oynadığını, bununla birlikte özellikle erken aşama ürün tasarımı ve disiplinler arası entegrasyon konularında daha fazla araştırma ihtiyacı bulunduğunu belirtmektedir. Bu bulgular, yalın ürün geliştirme sistemlerinin yalnızca süreç iyileştirme aracı değil, aynı zamanda stratejik düzeyde değer yaratma ve yenilik kapasitesini artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Čukor ve diğerleri, 2023)

Ürün geliştirme dört ana başlıkta incelenebilir (Morgan ve Liker, 2006:57-58):

1. **Radikal anlamda farklı ürünleri ya da teknolojiyi temsil eden devrim niteliğinde yeni ürünler:** Baştan aşağı yepyeni bir ürün olması durumunda bu kategoriye girmektedir. Çok sık rastlanan bir ürün geliştirme projesi değildir.
2. **Temelde yeni sistemlere ve bileşenlere ihtiyaç duyan ürün platformu geliştirme projeleri:** Yenilikçi bir tarzla birleştirilmiş, mevcut teknolojinin iyileştirilmiş halinden faydalanan yeni bir ürün ortaya çıkmaktadır. Ürün ortaklaştırması ilkesini güden işletmelerde çok örneği oluşmaz.
3. **Mevcut ürün platformlarının üzerine inşa edilen türev ürünler:** Mevcutta bulunan ürünün parçalarının farklılaştırılması, görünüşünün farklılaştırılması gibi yöntemler ile yeni ürün elde edilmesidir.
4. **Yavaş yavaş ürün iyileştirme:** Estetik ameliyat tarzı ürün geliştirmelerdir. Mevcut ürünlerde küçük küçük değişiklikler ile yeni ürün elde etme yaklaşımıdır. Değişen ve gelişen rekabetçi pazarda müşteride yüksek bir karşılık bulma ihtimali düşüktür.

Yalın yaklaşımı, zamanında ve kaliteli teslimat için teslimat yöntemlerini araştırmak ve sağlamak olarak düşünülebilir. APQP İleri Ürün Kalite Planlaması (APQP-Advanced Product Quality Planning), fonksiyonlar arası ve projeler arası dokümantasyonun sağlanmasına ve üretim kapasitesinin ve süreçlerinin uygulanmasına odaklanmıştır (Raicu ve diğerleri, 2021: 1). Bu çalışma üçüncü tipteki

ürün geliştirme projelerinin yalın ürün geliştirme sistemi ile İleri Ürün Kalite Planlaması (APQP-Advanced Product Quality Planning) gerekliliklerini yerine getirecek şekilde modellenmesini içermektedir.

1.2. YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME SİSTEMİNİN ALT SİSTEMLERİ

Bir işletmenin üretim yetkinliği diğer işletmelere göre üstünlük gösterse de bu tek bir işlevsel disiplindir. Başarı için tamamlayıcı disiplinlere eşit şekilde önem verilmelidir (Morgan ve Liker, 2006: 25). Bu doğrultuda Toyota Tarzı felsefesi üretim, satış ve ürün geliştirme süreçlerine eşit önem derecesi vermeyi barındırmaktadır (Morgan ve Liker, 2006: 27). Yalın Ürün Geliştirme Sistemi bu bakış açısının sonucu olarak Toyota'da farklı sistemlerin incelenmesi ve içselleştirilmesi ile ortaya çıkmıştır.

Yalın ürün geliştirme, ürün geliştirme sürecinde israfı ortadan kaldırmaya, verimliliği artırmaya ve müşteri için maksimum değeri yaratmaya odaklanmaktadır. Bu süreç, tasarım, test ve üretim gibi ürün geliştirme aşamalarının her birinde yalın ilkelerin uygulanmasıyla optimize edilmektedir (Khan ve diğerleri, 2011: 1105; Liker ve Morgan, 2006: 3). Yeni ürün geliştirme süreçlerinde maliyet hedefleri, projenin genel başarısı için önemli bir kriterdir. Maliyetlerin kontrol altında tutulması hem proje bütçesinin aşılmasını önlemekte hem de ürünün piyasada rekabetçi bir fiyatla sunulmasını sağlamaktadır. Maliyet hedeflerinin belirlenmesi ve bu hedeflere uyulması, proje yönetiminin kilit başarı faktörlerinden biridir. Zaman baskısı, özellikle rekabetin yoğun olduğu pazarlarda, yeni ürünlerin hızlı bir şekilde piyasaya sunulmasını gerektirmektedir. Ancak zaman kısıtlamaları, tasarım kalitesini ve üretim süreçlerini olumsuz etkileyebilir. Proje ekipleri, genellikle zaman baskısıyla karşılaştıklarında daha kısa sürede daha fazla iş yapma baskısı altına girmektedir. Bu da bazı tasarım ve geliştirme aşamalarının yeterince dikkatli yapılmamasına neden olabilmektedir. Yeni ürün geliştirme projelerinde başarılı olmak için, maliyet hedeflerini korurken zaman baskısını da iyi yönetmek gerekmektedir. Zaman baskısı nedeniyle hızlı hareket etmek gerekse de bu durumun maliyetleri artırmaması için dikkatli bir planlama yapılmalıdır. Özellikle, maliyetleri düşürmeye yönelik stratejiler uygulanırken, ürün kalitesinden taviz verilmemesi gerekmektedir (Everaert ve Bruggeman, 2002: 1340).

Yalın ilkelerin ürün geliştirme süreçlerine entegrasyonunda birçok zorlukla karşılaşılabilmektedir. Bu zorluklar arasında örgütsel direnç, mevcut süreçlerin karmaşıklığı ve yalın metodolojinin yanlış anlaşılması yer almaktadır (Wang ve

diğerleri, 2012: 5). Özellikle insan unsurunun, başta da mühendis kadrosunun başarı için kritik önemde olduğu belirtilmektedir (Cukor Kirinić ve Hegedić, 2023: 8-9). Toyota Ürün Geliştirme Sistemi, tasarım süreçlerinin gereği olan zorlukların göz önüne alınarak insan, süreç ve teknoloji alanlarında odaklanarak en verimli ürün geliştirme sürecinin ortaya çıkması için ilkeler geliştirmiştir. Yalın Ürün Geliştirme Sistemi Modeli incelendiğinde üç unsur üzerine kurulu olduğu görülmektedir. Bunlar süreç, kalifiye insanlar, araç ve teknolojilerdir. Yalın Ürün Geliştirme Sistemi Modeli bu üç unsur altındaki on üç ilkeden oluşmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibidir sıralanmaktadır (Morgan ve Liker, 2006: 34):

- -Süreç unsuru kapsamındaki ilkeler;
  - Süreç Unsuru İlke 1: Değer katan faaliyetleri israftan ayırmak için müşteri odaklı değer oluşturun,
  - Süreç Unsuru İlke 2: Alternatif çözümleri baştan sona araştırmak için henüz azami seviyede tasarım alanı varken ürün geliştirme sürecine baştan ağırlık verin,
  - Süreç Unsuru İlke 3: Seviyelendirilmiş bir ürün geliştirme süreç akışı yaratın,
  - Süreç Unsuru İlke 4: Sapmaları azaltmak, esneklik ve öngörülebilir sonuçlar yaratmak için çeşitli standartlaştırmalardan yararlanın.
- -Kalifiye insanlar unsuru kapsamındaki ilkeler;
  - İnsan Unsuru İlke 6: Geliştirmeyi baştan sona kadar bütünleştirmek için bir baş mühendis sistemi geliştirin,
  - İnsan Unsuru İlke 6: İşlev uzmanlığı ile işlevler arası bütünleşmeyi dengelemek için organize olun,
  - İnsan Unsuru İlke 7: Bütün mühendislerde yüksek teknik yetkinlik geliştirin,
  - İnsan Unsuru İlke 8: Tedarikçileri ürün geliştirme sistemiyle tamamen bütünleştirin,
  - İnsan Unsuru İlke 9: Öğrenmeyi ve sürekli iyileştirmeyi yerleştirin,
  - İnsan Unsuru İlke 10: Mükemmelliği ve bitmeyen bir iyileştirmeyi destekleyecek bir kültür yaratın.
- -Araçlar ve Teknoloji unsuru kapsamındaki ilkeler;
  - Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 11: Teknolojiyi insanlarınıza ve süreçlerinize uydurmak için uyarlayın,

- Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 12: Örgütünüzü basit, görsel iletişimle düzene sokun,
- Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 13: Standartlaştırma ve örgütsel öğrenme için güçlü araçlar kullanın.

1.2.1. Süreç Alt Yapısı

Toyota tarzı ürün geliştirmenin odaklandığı ana başlıklardan ilki süreçtir. Yalın üretim felsefesinde de olduğu gibi, ilk önce iş değerin tanımlanması ve değer akışının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için de ürün geliştirmede ilk odaklanılan unsur sürecin kendisidir.

Toyota tarzı ürün geliştirme yönteminde süreç ana unsuru altında dört adet alt unsur yer almaktadır (Morgan ve Liker, 2006: 34). İzleyen alt başlıklarda bu alt unsurların detaylarına yer verilmiştir.

1.2.1.1. Süreç Unsuru İlke 1: Değer Katan Eylemi İsraftan Ayırmak İçin Müşteri Odaklı Değer Oluşturma

Zaman ve paraya mal olan ama müşteri açısından bir değer yaratmayan her faaliyet israftır (Morgan ve Liker, 2006: 35; Liker ve Morgan, 2006: 5; Mossman, 2009: 13). Üretim sistemlerinde yalın üretim felsefesine göre yedi çeşit israf vardır. Bunlar fazla üretim, aşırı işlem, taşıma, ikincil işçilik, hareket, bekleme, envanterdir. Son dönemlerde kullanılmayan yetenekler de israf kategorisinde değerlendirilmeye başlanmıştır. Yalın tasarımda da yalın üretimde olduğu gibi israflar mevcuttur. Yalın üretim felsefesinden türetilen yalın ürün geliştirme sistemi yaklaşımı, ürün geliştirme sürecinin kapsadığı mühendislik ve tasarım süreçlerinde israfı ortadan kaldırmayı, süreçleri optimize etmeyi ve verimliliği artırmayı hedeflemektedir (Freire ve Alarcón, 2002: 251).

Yalın felsefesi ile kurgulanmış her sistemin başlangıcı müşteridir. Bunun sebebi asıl olanın değer olması ve değer kavramını belirleyen tarafın müşteri olmasıdır (Morgan ve Liker, 2006: 35). Değer, müşteri/son kullanıcı tarafından tanımlanan ve onlara doğru zamanda ve doğru maliyetle sağlanan bir yetkinlik olarak tanımlanmaktadır (Mossman, 2009:14). Toyota tarzı yalın ürün geliştirme sistemlerinde, yalın üretim felsefesinde de olduğu gibi öncelikle müşteri beklentilerini karşılamak için gereken değerin ne olduğu belirlenmektedir. Yalın ürün geliştirme

sistemi, süreçlerde asıl hedefin israfı azaltmak olduğu anlayışını eleştirerek, değer yaratmaya odaklanmanın önemini vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, sadece süreçlerde israfı ortadan kaldırmakla kalmayıp, aynı zamanda müşteri beklentilerine en iyi şekilde yanıt verebilecek çözümler sunmayı hedeflemektedir. Değer odaklı yaklaşım, yalnızca işletmenin operasyonel verimliliğini değil, aynı zamanda müşteri memnuniyetini de artırmayı amaçlamaktadır. Yalın uygulamaların etkili olabilmesi için müşteri gereksinimlerinin ve beklentilerinin sürecin merkezinde yer alması gerektiği savunulmaktadır. Bu, müşteri odaklı ürün geliştirme stratejileriyle doğrudan bağlantılıdır. Ürün geliştirme süreçleri, müşteri taleplerine uygun ve onların değer algısını en üst düzeye çıkaracak şekilde şekillendirilmelidir (Browning, 2000: 169). Bu şekilde değer odaklı sistem kurmak israfı doğal olarak ortadan kaldıracaktır (Mossman, 2009: 14). Bu noktada değerin müşteriden müşteriye, üründen ürüne, süreçten sürece değişeceği ve değer tanımı yapılırken durumsal değerlendirme gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Ürün geliştirme süreçlerinde değerin ortaya çıkmasını engelleyen gereksiz iş adımlarının, tekrar eden işlerin veya kaynak israfı olan faaliyetlerin belirlenmesi ve ortadan kaldırılması gerekmektedir (Hoppmann ve diğerleri, 2011: 3). Ürün geliştirme sistemlerinde karşılaşılan en büyük iki israftan ilki kötü mühendisin sebep olduğu, ürün ya da süreç performansının düşmesiyle oluşan israf; ikincisi ise ürün geliştirme sürecinin kendi içerisindeki israftır (Morgan ve Liker, 2006: 10). Ürün geliştirme sistemlerinde karşılaşılan değer yaratmayan faaliyetler örneklendirilecek olursa; üretim sistemlerinde çok fazla ürünün üretilmesi gibi, ürün geliştirme sistemlerinde de çok fazla projenin üretilmesi israftır. Üretim sistemlerinde bulunan ikincil işçilik ve hurda gibi, ürün geliştirme sistemlerinde de müşteri talebinin tam anlaşılamaması üzerine hatalı proje teslimi ya da yeniden tasarım sürecine girilmesi israftır (Haque ve James-Moore, 2004: 1). Tablo 1'de değer yaratmayan ürün geliştirme sistemi faaliyetlerine örnekler verilmiştir.

Tablo 1: Ürün Geliştirme Sürecindeki İsraflar

İsraf Türü	**İsraf Yönleri**
Fazla Üretim	Gereksiz süreçler
	Senkronize edilmemiş süreçler
Bekleme	Planlanmış bekleme
	Planlanmamış bekleme
	Kararları beklemek
	Bilgi dağıtımını beklemek
Taşıma	Proje yöneticisinin değişmesi
	Yapısal engeller
	Bilgi engelleri
	Süreklilik engelleri
	İşin kaynaklar arası geçişi
	Aşırı bilgi dağıtımı
Aşırı işleme	Aşırı mühendislik
	Veri dönüşümü
	Yeniden icat
	İşi durdurmak ve başlatmak
	Gereksiz işler
	Standartlaştırmanın olmaması
Envanter	Süreç içi envanter
	Ürün içi envanter
	İşletme içi envanter
Hareket	Kötü bilgi sistemi
	Gereksiz toplantılar
	Uzak konumlar
	Ekipman, araç ve tekniklerin yanlış kullanımı
Kusurlar	Eksik fiziksel çıktılar
	Eksik bilgi özellikleri
	Eski teslimatlar
Düzeltme	Onarım ve yeniden çalışma
	Hurdaya çıkarma
	Denetleme
Yönetim	Bilginin yanlışlıkla eksiksiz olarak algılanması
	Sınırlı rasyonellik
	Kötü testler ve doğrulamalar
	Kötü tahmin
	Kurumsal olaylar

Kaynak: Pessôa ve Trabasso, 2017: 76-87; Morgan ve Liker, 2006: 88.

Geleneksel müşteri odaklı değer süreçlerinde ekip müşteri ile birebir temasa geçmez. Bir kanal üzerinden gelen bilgiler bir takım analitik araçlar ile değerlendirilir.

Bu çoğu zaman fazla nesnel kalabilir. Bunun yanı sıra bir kez bir ürün için kurulan sistem yeni ürünler için de çalıştırılır. Bu da konuya, ürüne, müşteriye göre oluşan değişkenliklerin hedeflere yansımasını muğlaklaştırır. Bu sebeple müşterinin değer kavramı tam olarak anlaşılamayabilir. Toyota tarzı müşteri odaklı değer sürecinde ise yine benzer analitik araçlar kullanılmasına karşın farklılık proje için bir baş mühendis, bir lider tanımlaması ile başlar. Bu lider müşteri ile en çok empati kurabilecek geçmiş deneyimlere göre seçilir (Morgan ve Liker, 2006: 136). Lexus kalite ustası Kousuke Shiramizu Toyota'da proje ekibi ve lideri seçim aşaması ile ilgili olarak

> "*Beverly Hills'e ayak basmamış mühendisler Lexus'u tasarlama işini alamazlar, otoyolda hiç araba kullanmamış birisi de alamaz.*"

demiştir (Morgan ve Liker, 2006: 137).

1.2.1.2. Süreç Unsuru İlke 2: Alternatifleri Derinlemesine Araştırmak İçin Ürün Geliştirme Sürecine Baştan Ağırlık Verme

PUKÖ döngüsü planla, uygula, kontrol et, önlem al adımlarından oluşmaktadır. Bu döngünün planlama aşamasında detaylı bir şekilde sürecin incelenmesi, sonrasında karşılaşılabilecek her türlü problemin öngörülmesi ve buna yönelik aksiyonların planlanması gerekmektedir. Süreçlerin başlangıcında hızlıca aksiyon alıp sonuç görme isteği, planlama aşamasının hızlı geçilmesine sebep olmaktadır. Planlama aşamasının tüm gereklilikleri ile yerine getirilmemesi ise uygula aşamasında bazı öngörülememiş problemler ile karşılaşılmasına ve sürecin, başta önlem alınmasına kıyasla daha pahalı bir şekilde revize edilmesine sebep olmaktadır.

Toyota tarzı ürün geliştirme ilkelerine göre henüz sürecin başında önlem alınarak olası tüm alternatiflerin çalışılması önerilmekte ve buna baştan ağırlık verme (front-loading) adı verilmektedir. Ürün geliştirme sürecine baştan ağırlık verme kararların ve kritik analizlerin erken aşamalarda yapılması anlamına gelmektedir. Bu yaklaşım, hataların ve sorunların mümkün olduğunca erken tespit edilmesini sağlamaktadır, böylece ileriki aşamalarda ortaya çıkacak daha büyük maliyetli düzeltmelerden kaçınılabilmektedir (Belay ve diğerleri, 2014: 130; Liker ve Morgan, 2006: 10-11). Çünkü süreç ilerlediğinde çözüm karşısında oluşan uygulama problemlerinin çözümü hem maliyet açısından hem de zaman açısında daha pahalıya mal olmaktadır. Bu sebeple Toyota tarzı ürün geliştirme sistemi, ürün için olası alternatiflerin tümünün sürecin başında çalışılmasını ve olası bir problem ile karşılaşıldığında aynı olgunlukta olan diğer alternatif üzerinden devam edilmesini

önermektedir. Tüm olasılıkların baştan çalışılmaya başlanması ürün geliştirme sürecinin doğasında olan sapmaların çoğunun kontrol altına alınmasını sağlamaktadır (Morgan ve Liker, 2006: 55-57).

Müşteri taleplerindeki değişimlerin takip edilmesi ve bu taleplerin de proje başlamadan değerlendirilerek çözüme eklenmesi büyük önem arz etmektedir. Örneğin sürdürülebilir ürün geliştirme süreçlerinde, yalın ürün geliştirme sistemlerinin erken aşamalara entegrasyonu kritik bir rol oynamaktadır. Hunger (2025), yeni ürün geliştirme sürecinin başlangıç aşamalarında sürdürülebilirlik boyutlarının sistematik olarak dahil edilmesini incelemiş ve bu entegrasyonun ürün performansı, çevresel etki ve organizasyonel verimlilik üzerinde belirgin etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Çalışmada, süreç tasarımında erken aşamada sürdürülebilirlik kriterlerinin dikkate alınmasının, yalın ürün geliştirme uygulamalarının sadece israf azaltma ve verimlilik sağlamaktan öte, stratejik değer yaratma ve uzun vadeli çevresel sorumluluk açısından da önemli olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, LPD sistemlerinin dijitalleşme ve Lean 4.0 yaklaşımları ile birlikte sürdürülebilirlik hedeflerini de kapsayacak şekilde evrilmesi gerektiğine işaret etmektedir (Hunger, 2025).

Baştan ağırlık vermenin faydaları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Belay ve diğerleri, 2014: 131):

- Hata Tespiti ve Önleme: Baştan ağırlık verme, ürün geliştirme sürecinin erken aşamalarında hata tespitini artırır ve bu hataların çözülmesini sağlar. Böylece ilerleyen aşamalarda daha büyük sorunlara yol açmadan önce müdahale edilebilir.
- Geliştirme Süresinin Kısaltılması: Sistem dinamikleri modeli, baştan ağırlık vermenin geliştirme sürecini hızlandırabileceğini ve projenin toplam süresini kısaltabileceğini gösterir.
- Maliyet Azaltma: Hataların erken çözülmesi, proje boyunca tekrarlanması gereken işlemleri ve yeniden çalışma gereksinimlerini azaltır, bu da maliyetleri düşürür.

Baştan ağırlık verme her ne kadar faydalı olsa da her zaman kolay uygulanabilir bir strateji değildir. Geliştirme sürecinin başında tüm bilgilerin mevcut olmaması ya da proje ekibinin deneyim eksikliği gibi faktörler baştan ağırlık verme stratejisini zorlaştırabilir. Bu nedenle, baştan ağırlık verme uygularken dikkatli bir planlama yapılması gerekmektedir (Belay ve diğerleri, 2014: 134).

Toyota tarzı, yeni ürün geliştirme sürecin başındaki sapmaları azaltmak için iki yol önermektedir. Bunlardan ilki süreçleri standartlaştırmak, fakat tamamen projeye

özgü performans hedefleri koymaktır (Morgan ve Liker, 2006: 56). Bu sayede hem süreçlerdeki aksamalar azalacak hem de o ürün için o müşterinin belirlediği değeri sağlayacak performans hedefleri ile süreç değere hizmet eder hale gelecektir. Sapmaların azaltılması için ikinci yol ise kentou yaratmaktır. Kentou başlangıç safhası anlamına gelmektedir (Morgan ve Liker, 2006: 56). Başlangıç safhası problemleri çözmek, çatışmaları gidermek, sapmaları geri kalan ürün geliştirme sürecinden ayırmak için kullanılan bir aşamadır (Morgan ve Liker, 2006: 56). Kentou yaratılması ile tüm ürün geliştirme ekibi kalan zamanda kendi işlerine odaklanabilmektedirler.

1.2.1.3. Süreç Unsuru İlke 3: Seviyelendirilmiş Bir Ürün Geliştirme Süreç Akışını Yaratma

İmalat sistemleri 1913'te Henry Ford ve ekibinin montaj hattını tasarlaması ve günde 300 araba üretebilir hale gelmesiyle bir devrim yaşamıştır (Morgan ve Liker, 2006: 83). Bu devrimin yaşanması için imalat sistemlerinde değişen şey operatörlerin tüm otomobili üretmek için aracın etrafında gezmesi yerine, hareket eden bir bant üzerinde ilerlemesi ve operatörün tek bir operasyon yaparak uzmanlaşmasını sağlamasıdır (Ford, https://corporate.ford.com/articles/history/moving-assembly-line.html Erişim Tarihi: 28.04.2024). Henry Ford ilhamını bir mezbahadan alsa da işi parçalarına ayırma ve işte uzmanlaşma fikrini ortaya ilk atan Frederick W. Taylor "Bilimsel Yönetimin İlkeleri" kitabı ile yol gösterici olmuştur. Taylor kitabında bilimsel yönetim için ölçüm, analiz gibi bilimsel yöntemler kullanılması çalışanların işlere rastgele değil, yeteneklerine göre seçilmesi gibi gereklilikleri aktarmaktadır. Bu ilkelere göre işler küçük parçalara bölünmeli, işçiler işler üzerinde uzmanlaşmalı, yöneticiler ve işçiler arasında iş birliğinin artması ile üretkenliğin de arttırılması sağlanmalıdır (Taylor, 1911:1-77).

Henry Ford bu montaj hattı tasarımı ile aslında akış kavramını ortaya atmıştır, fakat bu uygulaması montaj operasyonu ile sınırlı kalmıştır. Bir otomobili üretmek için uygulanan presleme, şekil verme vb. işlemler montaj üretim planından bağımsız olarak gerçekleşmekte ve montaj bölümüne itilmektedir. Yalın üretim felsefesi ise tüm üretim süreçlerinin bilgi ve değerden oluşan görünmez bir bağ ile birbirine bağlanması, birbirini tetikleyerek çekme usulü ilerlemesi gerekliliğini savunmaktadır (Morgan ve Liker, 2006: 84). Bu sayede aynı süpermarketlerde raftan alınan bir ürünün yerine üreticiye sipariş verilip rafın tamamlanması gibi, bir adet otomobil satışı

ile fabrikaya sipariş düşer ve montaj operasyonundan geriye doğru bir tetiklenme yaşanır.

Üretim seviyelendirmesi, yalın üretimin iki iyi bilinen konsepti olan kanban sistemi ve heijunkayı birleştirerek karma model üretimi için çok daha istikrarlı bir program elde etmeyi amaçlamaktadır. Kanban, süpermarketin yenilenmesi için çekme sinyali anlamına gelir. Kanban ile ileri doğru itme yerine geri doğru çekme sağlanmış olur. Bu sistem iş sürecindeki envanteri de kontrol etmektedir. Heijunka ise üretim içerisinde dengeli, homojen bir akış olmasını sağlamaktadır (de Araujo ve de Queiroz, 2010: 105). Bu sebeple seviyelendirme olarak da anılır. Devamlı değişen üretim planlarının ve müşteri taleplerindeki dalgalanmaların sönümlenemediği, kaynakların etkin kullanılmadığı durumlarda oluşan dengesiz yüklemeye Japonca mura adı verilmektedir. Seviyelendirme çalışmaları ile mudalara (israf) yol açan mura (dengesizlik) önlenmiş olmaktadır.

Toyota, üretim felsefesinde olduğu gibi ürün geliştirmeyi de bir süreç olarak ele almaktadır. Ürün geliştirmenin de aşamaları arasında değer ve bilgiden oluşan görünmez bir bağ olması gerekliliğini ve çekme usulü ürün geliştirme olmasını savunmaktadır. Bu noktada yine üretim sistemlerinde olduğu gibi ortak kaynak paylaşımı, birden fazla projenin aynı anda gelmesi gibi problemler ile karşılaşılabilmektedir. Bu noktada yalın üretim felsefesinin daha iyi uyarlanabilmesi için ürün geliştirme sistemini birden çok işlem merkezli bilgi üretimi yapan bir atölye olarak tasvir etmek yardımcı olacaktır. Tüm benzerliklerinin yanı sıra ürün geliştirme sistemlerinde görevlerin daha karmaşık oluşu, çevrim sürelerinin daha uzun oluşu, kusurluları saptamanın ve ayırmanın zorluğu gibi zorluklar da yer almaktadır. Bu sebeple ürün geliştirmeyi bir süreç olarak ele almak ve öncelikle sürecin görünmesini sağlamak gerekmektedir (Morgan ve Liker, 2006: 84-87). Ürün geliştirme sürecinin birbirinden bağımsız ve yığınlar ile çalışan iş merkezlerinden, birbirine iş aktaran bir yapıya çevrilmesi ile akış sağlanabilir. Bu akışın sağlanması için VSM metodu kullanılabilir.

1.2.1.4. Süreç Unsuru İlke 4: Sapmaları Azaltmak, Esneklik ve Öngörülebilir Sonuçlar Yaratmak İçin Katı Standartlaştırmadan Yararlanma

Bu ilke esneklik ile düzen arasında bir denge kurmayı ve sürdürülebilir bir başarı elde etmeyi hedeflemektedir (Pessôa ve Trabasso, 2017: 40). Ürün geliştirme

dendiğinde akla ilk olarak özgür fikirler, yenilik, inovasyon vb. terimler gelmektedir. Bu bakış açısıyla ürün geliştirmenin standartlaştırılması fikri ilk bakışta uygulanabilir gelmemektedir. Fakat standartlar; süreç içerisindeki israfların yok edilmesine aracı oldukları için yok edilen israf miktarınca katma değeri yüksek yaratıcı düşünceler için süre yaratmaktadır.

Karmaşık tasarım projeleri, genellikle birçok belirsizlik, çoklu disiplinlerin katılımı, tekrar eden süreçler ve değişen gereksinimlerle karakterize edilmektedir. Bu tür projelerde, işlerin zamanında tamamlanması ve kaynakların etkin kullanımı önemli zorluklar içermektedir. Standartlaştırma da bu etkin kullanıma imkân sağlamak için bir gerekliliktir (Cho ve Eppinger; 2005: 317).

Standartlaştırma, Toyota'nın ürün geliştirme süreçlerinde temel bir yapı taşıdır. Bu standartlar, süreçlerdeki belirsizlikleri ve değişkenlikleri minimize eder. Ancak, Toyota'nın yaklaşımı katı kurallar koyarak yaratıcılığı öldürmek yerine, süreç içindeki iyileştirme fırsatlarını ortaya çıkarmaktır (Morgan ve Liker, 2006: 118).

Standartlaştırma, sürecin hem daha öngörülebilir hem de esnek olmasını sağlamaktadır. Katı standartlar, özellikle karmaşık ve büyük projelerde belirsizliği ortadan kaldırmakta ve projelerin yönetilebilirliğini artırmaktadır. Toyota, süreçleri belirli standartlar çerçevesinde tasarlayarak bu süreçlerdeki sapmaları en aza indirmeyi hedeflemektedir (Morgan ve Liker, 2006: 118-121). Katı bir standart uygulamak, süreçteki sapmaları azaltarak üretimde daha tutarlı sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır (Pessôa ve Trabasso, 2017: xxi). Tasarım ne kadar katı bir biçimde standartlaştırılırsa üretim esnasında aynı platform üzerinde üretim yapma ihtimali o miktarda kuvvetlenir (Morgan ve Liker, 2006: 118). Aynı platform üzerinde üretim yapmak hem üretim maliyetlerini düşürür hem üretim çalışanlarının işte uzmanlaşmasına yol açtığı için hız ve kalitede artış sağlar hem de her üretimde öğrenilen bilgi birikimi bir sonraki üretime aktarılarak çoğaltılma ihtimali doğar. Bu da sürekli gelişimin desteklenmesine imkân tanımaktadır. Sürekli iyileştirme anlayışı çerçevesinde, belirli standartlar altında çalışan ekiplerin, süreçlerde iyileştirme yaparak daha iyi sonuçlar elde etmeleri beklenmektedir. Bu hem esneklik hem de öngörülebilirlik sağlamaktadır. Yani standartlar, sadece birer kural değil, aynı zamanda gelişim ve inovasyonun temeli olarak görülmektedir (Morgan ve Liker, 2006: 132).

Toyota Ürün Geliştirme Sistemi'ne göre üç tip standartlaştırma kategorisi vardır (Morgan ve Liker, 2006: 118-119):

1. Tasarımın Standartlaştırılması: Bu standartlaştırma tipinde tasarlanan ürün ya da ürün parçasına odaklanılmaktadır. Standartlaştırılmış ürünler hem tasarım süresinin kısalmasını hem de ortak platformda üretim yapılacağı için üretimin kolaylaşmasını ve ucuzlamasını sağlamaktadır.
2. Sürecin Standartlaştırılması: Bu standartlaştırma tipi ürün geliştirme sürecinin kendisine odaklanmaktadır. Kimin ne zaman neyi nasıl yapacağı standartlaştırılır. Böylelikle belirsizliklerin süreci uzatmasının önüne geçilmektedir.
3. Mühendislik Becerilerinin Standartlaştırılması: Bu standartlaştırma tipinde tasarımı yapacak işgücüne ait yetkinlikler standartlaştırılmaktadır. Bu sayede esneklik artmaktadır. Fakat bu aşama genellikle uygulama zorluğu bakımından göz ardı edilmektedir.

1.2.2. İnsan Alt Sistemi

İnsan alt sistemi yalın ürün geliştirme ilkelerinin insana odaklanan maddelerini içermektedir. Bu maddede ürün geliştirme sürecinde yer alan ve sürecin iyileşmesinde rol alacak olan insan kaynağının sürece daha fazla hizmet etmesini sağlayacak ilkelere yer verilmektedir.

Toyota tarzı ürün geliştirme yönteminde insan ana unsuru altında altı adet alt unsur yer almaktadır (Morgan ve Liker, 2006: 135-256).

1.2.2.1. İnsan Unsuru İlke 5: Baş Mühendis sistemi Kurma

Yalın ürün geliştirme sürecinde israfın ortadan kaldırılabilmesi için yönetimin stratejik kararları ve desteği çok önemlidir. Liderlik, süreçlerin yalınlaştırılmasında ve sürekli iyileştirme kültürünün oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır. Yöneticilerin, çalışanları sürece dahil etmeleri ve örgüt genelinde yalın ilkelerin uygulanmasını desteklemeleri gerekmektedir (Schulze ve Störmer, 2012: 72-74).

“1.2.1.1 Değer Katan Eylemi İsraftan Ayırmak İçin Müşteri Odaklı Değer Oluşturma” başlığında da bahsedildiği üzere ürün geliştirme sistemlerinde iki büyük israf vardır. Bu israflardan ilki olan mühendislik kaynaklı süreç gecikmeleri için yöntemin sunduğu çözüm baş mühendislik sistemidir. Toyota tarzı ürün geliştirme sisteminde baş mühendisin asıl görevi müşteriye değer sunmaktır. Yeni bir proje geldiğinde atanan baş mühendis ilk olarak müşteri odaklı değeri ve ürün seviyesindeki

performans amaçlarını iletmektedir. İşletmenin hoshin kanrisi ile de uyumlu olacak şekilde belirlenen bu ürün seviyesindeki hedefler, Baş Mühendis Konsept Raporu adı verilen rapor ile ekibe iletilmektedir. Ortalama 25 sayfalık bu rapor içerisinde ürünün performans, kalite, maliyet metriklerini kapsayacak şekilde hem nitelik hem de nicelik bakımından belirlenmiş hedefleri bulunmaktadır. Bu konsept raporuna Japonca shijisho adı verilir. Bu kelimenin birebir çevirisi doğrudan emir raporudur (Morgan ve Liker, 2006: 137).

Toyota, yöneticilerinin sorumluluklarını yetkinlikleri arttıkça genişletmektedir. Baş mühendislik sistemi de bunun bir örneğidir ve bu durum baş mühendisi geleneksel yöneticilerden farklılaştırmaktadır. Örneğin baş mühendis çalışma ekibini yönetmez, yetkinlikleri ile ekibe öncülük eder, ekibin projenin başından sonuna kadar sözcüsü olur, proje yönetiminden çok bütünleştirilmesinden sorumludur (Morgan ve Liker, 2006: 156).

1.2.2.2. İnsan Unsuru İlke 6: İşlev Uzmanlığı ile İşlevler Arası Bütünleşmeyi Dengelemek için Organize Olma

Bu başlıkta adı geçen işlev uzmanlığı fonksiyonel hiyerarşiyi, işlevler arası bütünleşme ise matris organizasyon yapısını ifade etmektedir. Sanayileşmenin başlarında işletmeler fonksiyonel bölünmeler ile yönetilirken, yeni yönetim sistemlerinin gelişmesi ve avantajlarının ortaya konması ile süreç bazlı yönetime doğru bir evrilme söz konusu olmuştur. Yalın ürün geliştirme sistemi ise bu ilke ile ne sadece fonksiyonel yönetimi ne de yalnızca süreç yönetimini savunmaktadır. Yalın ürün geliştirme sistemi süreçler arası ürün odaklı örgüt yapısının işlev uzmanlığına göre daha avantajlı olduğunu öne sürmektedir (Morgan ve Liker, 2006: 159).

Yalın ürün ve süreç geliştirme, işlevler arası ekiplerin etkin bir şekilde çalışmasını gerektirmektedir. Farklı disiplinlerden gelen ekip üyeleri, ürün geliştirme sürecinin her aşamasında iş birliği yaparak, sorunları daha erken aşamada tespit etmekte ve çözümler sunmaktadır. Bu, maliyetlerin düşmesine ve ürün kalitesinin artmasına katkı sağlamaktadır. Süreç boyunca ekipler arasında etkili bir iletişim sağlanarak bilgi akışı hızlandırılmakta ve karar verme süreçleri daha verimli hale getirilmektedir. Bu, ürünün geliştirilme sürecini kısaltmakta ve piyasaya daha hızlı sunulmasını sağlamaktadır (Narahari ve diğerleri, 1999: 883; Khan ve diğerleri, 2011: 1110; Letens ve diğerleri, 2011: 70; Liker ve Morgan, 2011: 16; Nepal ve diğerleri, 2011: 53).

Yalın ürün geliştirme süreçlerinde, bilgi paylaşımı ve açık iletişim israfı ortadan kaldırmak için kritik faktörlerdir. Şeffaf bilgi akışı, kararların daha hızlı alınmasına ve süreçlerdeki hataların erken fark edilmesine olanak tanımaktadır (Schulze ve Störmer, 2012: 72). Kararların sadece teknik süreçleri değil, aynı zamanda örgüt yapısını ve kültürünü de etkilediği vurgulanmaktadır. Örgütler, ürün geliştirme sürecinde esnek bir karar verme yapısı benimsemelidir. Bu; hiyerarşik olmayan, daha işbirlikçi ve esnek bir yapı gerektirmektedir (McCarthy ve diğerleri, 2006: 438). Bilgi akışının hızlanması, hiyerarşik engellerin ortadan kalkması için Toyota ürün geliştirme sisteminin çözümü Obeya odalarıdır (Morgan ve Liker, 2006: 171). Obeya odaları projeye dair tüm bilgilerin toplandığı, görsel yönetimden faydalanılan, projeye dair tüm görüşmelerin yapıldığı odalardır. Obeya odalarına proje yönetim kokpiti de denilebilir. Obeya odalarında baş mühendisler proje için gereken kararları diğer liderler ile anında görüşebilmekte ve karar alabilmektedir.

1.2.2.3. İnsan Unsuru İlke 7: Bütün Mühendislerde Yüksek Teknik Yetkinlik Geliştirme

Üretim sistemlerinde dengeli ve sürekli bir akışın sağlanması için makinelerin benzer hızlarla, düşük standart sapmalarla ve öngörülebilir arıza ve duruş süreleri ile çalışmaları gerekmektedir. Bu bakış açısıyla ürün geliştirme sistemi değerlendirilecek olursa, ürün geliştirme sisteminin iş istasyonu sayılabilecek mühendislerin de her birinin teknik yetkinliklerinin dengeli olması, öngörülemeyen bir anda iş çıkartamaz konuma gelmemesi gerekmektedir. Bu sebeple yalın ürün geliştirme bütün mühendislerde yüksek teknik yetkinlik geliştirmeyi gerekli kılmıştır (Morgan ve Liker, 2006: 181). İyi bir ürün geliştirme süreci için hem sürecin hem de insanların sürekli gelişmesi gerekmektedir.

Ürün geliştirme sürecinin akış süresi profesyonel güvene dayanmaktadır. Bir mühendisin işi bir sonrakine zamanında verebilmesi için bir öncekinin işi zamanında teslim etmesi gerekmektedir. Bu güven ile tam zamanında proje teslimi gerçekleşebilmektedir. Profesyonel güven ise yetkinlik gelişimi ve dürüstlük ile sağlanabilmektedir. Bu iki kriterin oluşması için doğru kişiler işe alınmalı, yetkinlikleri geliştirilmeli ve bunları elde tutmak için yöntemler bulunmalıdır (Morgan ve Liker, 2006: 182).

1.2.2.4. İnsan Unsuru İlke 8: Tedarikçileri Ürün Geliştirme Sistemiyle Tamamen Bütünleştirme

Tedarikçi bir malzemeyi sağlayan kişi ya da kurumdur (TDK https://sozluk.gov.tr, Erişim Tarihi: 4.10.2024). İşletmeler yatırım ve işçilik maliyetlerini azaltmak, uzmanlık geliştirmesi gereken konuları daraltmak, fiyat müzakeresi imkânı doğurmak gibi gerekçelerle ürünlerine ait alt parçaları çeşitli tedarikçilerden temin etmeyi seçmektedirler (Morgan ve Liker, 2006: 197).

Fabrikanın kapısından çıkıp müşteriye ulaşan bir üründe ortaya çıkabilecek bir problem o fabrikanın sorumluluğundadır. Bu sebeple iyi tedarikçiler, iyi müşteri ilişkileri anlamına gelmektedir. Yalın ürün geliştirme sisteminde bu ilkede önerilen Toyota'nın tedarikçileri ile kurduğu bağın sağlanmasıdır. Bu bağın kurulması için aşağıdaki hususlar önerilmektedir (Morgan ve Liker, 2006: 199);

- Yeni ya da zor durumdaki tedarikçilerin diğerleri ile aynı düzeye gelmesi için, bu tedarikçiler ile birlikte çalışmalar yapma,
- Tedarikçileri ürün geliştirme sürecinin başından projeye dahil etme ve tedarikçilere taahhütte bulunma,
- Ürün ömrü boyunca sürecek basit anlaşmalar yapma,
- Maliyeti korumak için sözleşme süresi bitmeden fiyat revizyonu yapmama,
- Tedarikçilerin fikri mülkiyet haklarına saygı gösterme,
- Tedarikçileri maliyet düşürme konusunda sürekli iyileştirme yolunda teşvik etmek için katı fiyat indirimi hedefleri koyma,
- Tedarikçinin gelişimi için gerekli durumlarda mühendislik desteği sunma.

Toyota, tedarikçilerini yalnızca sorunları paylaştığı bağımsız işletmeler olarak değil, tüm süreci birlikte yönettiği stratejik paydaşlar olarak görmektedir. Yalın ürün geliştirme sisteminin performansı için de bu yaklaşım zorunludur.

Bunun için de yönetimin tam desteği gereklidir. Yönetim, yalın süreçlere yönelik güçlü bir taahhütte bulunmalı ve bu değişim kültürünü örgütün her seviyesine yaymalıdır. Liderliğin süreci desteklemesi ve ekiplere gerekli kaynakları sağlaması önemlidir (Wang ve diğerleri, 2012: 10-12).

1.2.2.5. İnsan Unsuru İlke 9: Öğrenmeyi ve Sürekli İyileştirmeyi Yerleştirme

Yenilikçilik yalın yaklaşımın merkezindedir. Yalın süreç geliştirme, ekiplerin yenilikçi fikirler üretmesine ve bu fikirlerin hızlıca uygulanmasına olanak tanımaktadır (Khan ve diğerleri, 2011: 1114). Kaizen ilkeleri sürekli iyileştirmeyi teşvik etmektedir. Her süreç adımı gözden geçirilmekte ve daha iyi hale getirilmesi için küçük ama sürekli iyileştirmeler yapılmaktadır. Bu, uzun vadede büyük verimlilik kazanımları sağlamaktadır (Khan ve diğerleri, 2011: 1110; Letens ve diğerleri, 2011: 69).

Yalın ürün geliştirme sürecinde israfın ortadan kaldırılabilmesi için yönetimin stratejik kararları çok önemlidir. Liderlik, süreçlerin yalınlaştırılmasında ve sürekli iyileştirme kültürünün oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır. Yöneticilerin çalışanları sürece dahil etmeleri ve örgüt genelinde yalın ilkelerin uygulanmasını desteklemeleri gerekmektedir (Schulze ve Störmer, 2012: 77). Bunun için de yönetimin desteği gereklidir. Yönetim yalın süreçlere yönelik güçlü bir taahhütte bulunmalı ve bu değişim kültürünü örgütün her seviyesine yaymalıdır. Liderliğin süreci desteklemesi ve ekiplere gerekli kaynakları sağlaması önemlidir (Wang ve diğerleri, 2012: 11). Yönetimin bu liderliği ve taahhüttü ile uygulayıcılar tarafından iyileştirme fırsatlarını sürekli takip etmek, örgütlerin değişen müşteri ihtiyaçlarına ve piyasa koşullarına hızla uyum sağlamalarına olanak tanımaktadır (Mossman, 2009: 13).

Sürekli iyileştirme yalın felsefenin uygulandığı işletmelerde çokça duyulmuş ve kültür haline getirilmeye çalışılan bir kavramdır. Sürekli iyileştirmeyi sağlayacak, fakat gözden kaçan asıl etmen sürekli öğrenmedir. Öğrenmeye açık olan kişiler bütününden oluşan işletmeler gelişmeye de açık demektir. Sürekli öğrenen, gelişen, iyileşen bir işletme de rekabet üstünlüğünü elde etmiş demektir. Söz konusu ürün geliştirme olduğunda ise öğrenmek, teknik bilgi düzeyinde zenginleşmek elzemdir.

İşletmeleri rekabet koşullarında bir adım öteye götürecek olan bilgi türü ise saklı bilgidir. Bilgi açık bilgi ve saklı bilgi olarak ikiye ayrılmaktadır. Açık bilgi genel matematik formülleri, denklemler, önemli günler, önermeler gibi bir bütün halinde depolanması ve aktarılması kolay bilgilerdir. Bu bilgi türü kolayca aktarılabildiği için kolayca taklit de edilebilmektedir. Saklı bilgi türü ise işletmelerde sıkça karşılaşılan usta bilgisi, tecrübeye dayalı bilgi gibi bir bütün halinde aktarımı ve saklanması kolay olmayan bilgi türüdür. Bu sebeple bu bilgi türü yapışkan bilgi olarak da adlandırılmaktadır (Morgan ve Liker, 2006: 223). İşletmeleri rekabette öne geçirecek

olan, bu tür bilgilerin kurum hafızasına kazandırılması ve bu bilgilerin öğrenilerek çoğalmasının sağlanmasıdır.

Saklı bilginin kopyalanması kolay olmadığı için işletmede bu bilgi seviyesi ne kadar artarsa, işletme o kadar uzmanlaşmakta ve pazarda özelleşmektedir (Morgan ve Liker, 2006: 223). Bu bilgi türünün artmasının yolu ise sürekli öğrenme, gelişme ve denemeden geçmektedir.

1.2.2.6. İnsan Unsuru İlke 10: Mükemmelliği ve Sürekli İyileştirmeyi Destekleyecek Bir Kültür Yaratma

Yalın ürün geliştirme sistemlerinin etkinliği, yalnızca süreç ve teknik uygulamalara değil, aynı zamanda organizasyonel kültüre de büyük ölçüde bağlıdır. Eppinger ve Salminen, teknoloji firmalarında yaptıkları örnek olay incelemelerinde, disiplinler arası iş birliğini, bilgi paylaşımını ve sürekli geri bildirim mekanizmalarını destekleyen bir kültürün LPD alt unsurlarının benimsenmesinde kritik rol oynadığını göstermektedir (Eppinger ve Salminen, 2021). Benzer şekilde Reinertsen, hızlı geri bildirim döngüleri ve merkezi olmayan karar alma süreçlerinin, bilgi akışını optimize eden ve süreci daha verimli kılan kültürel bir ortam gerektirdiğini vurgular (Reinertsen, 2022). Bu çalışmaların ışığında, yalın ürün geliştirme sistemlerinin başarısı için liderlik desteği ve kültürel uyum, sürecin alt unsurları olan erken prototipleme, küçük parti büyüklükleri ve WIP sınırlamaları ile doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla organizasyonel kültür, LPD uygulamalarının sadece verimlilik sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda stratejik değer yaratma ve sürdürülebilir yenilik hedeflerine ulaşmasında da belirleyici bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Bu aşamaya kadar aktarılan tüm ilkelerin sürdürülebilir olmasını sağlayacak olan kültürdür (Morgan ve Liker, 2006: 235). Öncelikli olarak kültürün sağlanmaması atılan her adımı ve her yeniliği geçici kılacaktır. Bu sebeple beşinci insan ilkesinde yönetimin liderliği şart koşulmuştur. Yönetimin baktığı yön tüm işletmenin yönü haline gelir. İşletme bir gemi olarak tasvir edilirse, yönetim bu geminin dümenidir. Geminin dümenin döndüğü yöne gidebilmesi için de tüm küreklerin, yelkenlerin senkronize bir şekilde hareket etmesi gerekmektedir. Bu senkron için de kültür şarttır.

Toyota'nın başarısının arkasındaki temel unsurlardan biri kültürdür. Yalın kültür, sadece süreçlerin yalınlaştırılmasıyla ilgili değildir. Aynı zamanda çalışanların sürekli olarak iyileştirme (kaizen) ilkelerine dayanan bir iş yapma tarzını benimsemesini sağlar. Toyota, çalışanlarına bu kültürü aşılayarak onları her seviyede

süreçlerin ve ürünlerin nasıl daha iyi hale getirilebileceğini araştırmaya teşvik etmektedir. Çalışanlar, süreçlerdeki problemleri tespit edip çözmeye ve daha verimli çalışma yöntemleri geliştirmeye yönlendirilmektedir. Bu, sadece mühendislerden değil, tüm örgütten beklenen bir kültürdür. Yalın kültürde ekip çalışması ve iş birliği kritik öneme sahiptir. Toyota, disiplinler arası ekiplerin güçlü iş birliği yapmasını ve fikir alışverişinde bulunmasını sağlayarak, daha iyi sonuçlar elde etmeyi amaçlamaktadır. Bu kültür, çalışanların bilgi paylaşımını ve iş birliğini teşvik eden bir ortam yaratmaktadır. Bu kültürü oluşturup sürdürmede liderlerin rolü çok önemlidir. Toyota, liderlerinden hem teknik becerilerde hem de yalın felsefesine bağlı kalmada örnek olmalarını beklemektedir. Liderler, çalışanları eğitmekte ve onları sorun çözme becerilerini geliştirmeye teşvik etmektedir. Toyota'nın yalın ürün geliştirme kültürü, sürekli iyileştirme, liderlik ve iş birliğini temel alan bir örgüt yapısı oluşturmaktadır. Kültürel unsurlar teknik stratejiler kadar önemlidir (Morgan ve Liker, 2006: 236).

1.2.3. Araçlar ve Teknoloji Alt Sistemi

Günümüzde teknolojinin hızla gelişimi ile pek çok teknolojik araç ürün geliştirme sistemlerinde kullanılmaktadır. Bu teknolojik ve pahalı araçların yanı sıra öncelikle süreçleri iyileştirmek için yalın kültürden gelen araçlar kullanılmaktadır.

Yalın ürün geliştirme çerçevesinin başarılı bir şekilde uygulanması için, VSM, hata önleme (Poka-Yoke) ve hızlı prototipleme gibi araç ve teknikler kullanılmalıdır. Bu araçlar, israfı ortadan kaldırmak ve süreçleri optimize etmek için kritik öneme sahiptir (Wang ve diğerleri, 2012: 7).

Lean ürün geliştirme alanındaki güncel tartışmalardan biri de yalın ilkelerin Endüstri 4.0 teknolojileriyle nasıl bütünleştirilebileceğidir. Hossain ve Purdy (2025), bu ihtiyaca yanıt olarak "Lean 4.0" adını verdikleri bütünleşik bir çerçeve tasarlamış ve ampirik olarak doğrulamıştır. Çalışmada yalın felsefenin israfı azaltma ve değer akışını optimize etme odakları, akıllı üretim ortamlarında büyük veri analitiği, nesnelerin interneti (IoT) ve siber-fiziksel sistemlerle desteklenmiştir. Bulgular, Lean 4.0 yaklaşımının hem operasyonel verimlilik hem de karar alma süreçlerinde esneklik sağladığını, dolayısıyla yalın ürün geliştirme sistemlerinin dijital dönüşüm bağlamında yeniden tanımlanmasına katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, yalın ürün geliştirmenin gelecekte yalnızca süreç iyileştirme değil, aynı zamanda dijitalleşme ve akıllı üretim stratejileriyle eşgüdümlü bir değer yaratma mekanizması

olacağını ortaya koymaktadır (Hossain ve Purdy, 2025). Bu yaklaşımın da gösterdiği üzere yeni gelişmeler ile yalın felsefe bütünleşmiş bir şekilde çalışabilecek niteliktedir.

Toyota tarzı ürün geliştirme yönteminde araçlar ve teknoloji ana unsuru altında üç adet alt unsur yer almaktadır (Morgan ve Liker, 2006: 259-312).

1.2.3.1. Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 11: Teknolojiyi İnsanlara ve Süreçlere Uydurma

Özellikle Endüstri 4.0.'ın popülerliğinin artması ile işletmeler kurtuluş yollarının teknolojik dönüşümde olduğuna inanmaya başlamıştır. Bir işletmede herhangi bir sürecin yalınlaşmadan, kontrol altına alınmadan dijitalleşmesi ancak o noktada oluşan israfın daha pahalı bir hale gelmesini sağlamaktadır. Bu sebeple teknoloji kullanımı süreç ve kaynak gereksinimlerine göre belirlenmeli, planlanmalı ve uygulanmalıdır.

Lean 4.0 yaklaşımının uygulamadaki başarı koşullarını inceleyen güncel bir araştırma, kavramın yalnızca teknik entegrasyondan ibaret olmadığını ortaya koymaktadır. Qureshi ve arkadaşları (2025), sürdürülebilir akıllı üretim bağlamında Lean 4.0'ın benimsenmesini etkileyen faktörleri ampirik olarak analiz etmişlerdir. Çalışmanın bulguları, teknolojik altyapı ve dijital yetkinliklerin yanı sıra üst yönetim desteği, çalışanların katılımı ve organizasyonel kültürün de benimseme sürecinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Ayrıca sürdürülebilirlik hedeflerinin süreç tasarımına entegre edilmesinin Lean 4.0 uygulamalarının etkinliğini artırdığı vurgulanmaktadır. Bu sonuçlar, yalın ürün geliştirme sistemlerinin gelecekte yalnızca verimlilik odaklı değil, aynı zamanda dijitalleşme ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle birlikte şekillenmesi gerektiğine işaret etmektedir (Qureshi ve Diğerleri, 2025).

Toyota ürün geliştirme sisteminde araçlar ve teknolojiyi seçmek için beş ana ilkeden bahsedilmiştir (Morgan ve Liker, 2006: 260):

1. Teknolojiler tek parça halinde bütünleştirilmelidirler. Aynı süreç için farklı farklı dijital çözümler kullanmak yerine, kapsayıcı bir yazılım ile bütünleştirilebilir.
2. Teknolojiler süreci desteklemeli, yürütmemelidir. İşletmenin süreçlerini teknolojik değişikliklere göre revize etmek, süreçler arası dengesizlik yaratacağı için teknolojinin mevcut ve sürekli iyileşen süreçlere göre geliştirilip uyarlanması gerekmektedir.
3. Teknolojiler insanları güçlendirmeli, onların yerine geçmemelidirler. Teknoloji uzmanlıkları geliştirmelidir. Bir hat üzerindeki işçilerin yerine teknolojiyi

geçirerek üretkenlik karşıtı bir hamledense, teknoloji mühendisin zamanını ve yeteneğini daha iyi kullanmaya yönelik olmalıdır.

4. Teknoloji özel çözüme yönelik olmalıdır. İşletmenin açıkça tanımlanmış amacına hizmet etmelidir.
5. Teknoloji uygun ölçüde olmalıdır. Eğer işletmenin mevcut kaynakları defter kalem ile bilgi toplamaya daha uygun ise o koşullara uyum sağlamayacak bir dijital sistem için yatırım yapılmamalıdır.

Teknoloji işletmeye uyarlanırken dikkat edilmesi gereken, teknolojiyi desteklemek için yalını değil yalın geliştirme sürecini desteklemek için teknolojiyi kullanmaktır. Yeni bir teknolojiye geçmeden öncelikle mevcut teknolojiyi yalın ürün geliştirme sistemi ile tamamen bütünleştirmek gerekmektedir (Morgan ve Liker, 2006: 276).

1.2.3.2. Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 12: Organizasyonu Basit, Görsel İletişim Yoluyla Düzene Sokma

Yalın ürün geliştirme sürecinden eşzamanlı mühendislik, daha da temelde iletişim çıkartıldığında bu süreç geleneksel yönteme dönüşecektir. İletişim yalın ürün geliştirme sisteminin olmazsa olmaz gerekliliklerinden biridir.

Toyota Ürün Geliştirme Sistemi, iletişimin yalın ürün geliştirme süreçlerinde görsel yönetime nasıl büyük bir önem verdiğini açıklamaktadır. Bu ilke, bilgi akışını hızlandırmak, karmaşıklıkları ortadan kaldırmak ve çalışanlar arasında daha net ve hızlı bir iletişim sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Morgan ve Liker, 2006: 277). Bilginin açık bir şekilde paylaşılması ve süreçlerin görselleştirilmesi, yalın ürün geliştirmede önemli yer tutmaktadır. Bu, süreçteki adımların herkes tarafından net bir şekilde anlaşılmasını sağlamakta ve iş akışındaki darboğazların tespit edilmesine yardımcı olmaktadır (Hoppmann ve diğerleri, 2011: 8). Organizasyonun düzene girmesi için aşağıdaki noktalar öne çıkmaktadır (Morgan ve Liker, 2006: 277-280, 295):

- Basit ve Görsel İletişim: Toyota, karmaşık süreçlerin anlaşılır hale getirilmesi için görsel araçlar kullanmaktadır. Bilgilerin ve verilerin açık bir şekilde gösterilmesi, çalışanların her an projeyi ve ilerlemeyi takip edebilmelerini sağlamaktadır. Görsel panolar, akış şemaları ve diğer görsel araçlar, herkesin projede hangi aşamada olduğunu anlamasına yardımcı olmaktadır. Bu, olası

hataların erken fark edilmesini sağlar ve süreç içindeki darboğazları önlemektedir.

- Bilgi Akışının Hızlanması: Görsel yönetim, Toyota'nın hızlı karar alma süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bilgiler ve veriler, çalışanlara ve yöneticilere doğrudan iletilmekte, böylece herkes süreçte ne yapması gerektiğini hızlıca anlayabilmektedir. Bu, zaman kaybını önlemekte ve verimliliği artırmaktadır.
- Düzenli ve Şeffaf Yapı: Görsel yönetim araçları, organizasyonun şeffaf ve düzenli bir yapıya sahip olmasını sağlamaktadır. Herkesin bilgiye kolayca ulaşabilmesi, iletişim kopukluklarını ortadan kaldırmakta ve iş birliği süreçlerini geliştirmektedir. Toyota, bu yöntem sayesinde çalışanları arasında bilgi paylaşımını teşvik etmekte ve ekiplerin daha iyi bir uyum içinde çalışmasını sağlamaktadır.
- Sürekli İyileştirme (Kaizen): Görsel araçlar, Toyota'nın sürekli iyileştirme (Kaizen) anlayışının da bir parçasıdır. Görsel yönetim sayesinde, süreçlerdeki sorunlar veya iyileştirme fırsatları anında fark edilmekte ve hızlıca çözümler geliştirilmektedir. Bu, yalın üretim sisteminin temelinde yatan sürekli iyileştirme kültürünü desteklemektedir.

1.2.3.3. Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 13: Standartlaştırma ve Örgütsel Öğrenme İçin Güçlü Araçlar Kullanma

Örgütsel öğrenmenin güçlü olduğu, kurum bilgisinin kişilerden alıp kurumsal hafızaya kazandıracak sistemlerin kurulu olduğu bir kültür yaratan işletmeler yalın ürün geliştirme sistemini en başarılı uygulayabilecek işletmelerdir. Bunların sağlanması için de güçlü araçlar kullanmak gerekmektedir. Yalın üretim sistemlerinde kullanılan pek çok araç ürün geliştirme sürecinde de kullanılabilmektedir. Bu araçlara ek olarak aşağıdaki araçlar ürün geliştirme sistemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır (Morgan ve Liker, 2006: 298-312).

A3 Raporlama, problem çözme, karar verme ve planlama için kullanılan bir yöntemdir. Toyota, bu aracı standartlaştırma ve örgütsel öğrenmenin önemli bir parçası olarak kullanmaktadır. A3 raporları, bilgiyi görsel ve anlaşılır bir şekilde sunarak, problem çözme süreçlerini standartlaştırmakta ve çalışanlar arasında öğrenmeyi teşvik etmektedir. Ayrıca, A3 raporları, farklı seviyelerdeki çalışanlar

arasında bilgi paylaşımını kolaylaştırmakta ve yapılan işlemlerin şeffaf bir şekilde herkes tarafından anlaşılmasını sağlamaktadır.

Obeya, Toyota'nın ürün geliştirme süreçlerinde kullanılan bir proje yönetim aracıdır. Bu sistem, örgütün farklı birimlerinden gelen ekiplerin bir arada çalışmasını ve bilgiyi hızlı bir şekilde paylaşmalarını sağlamaktadır. Obeya, ekiplerin hızlı karar almasını, sorunları anında çözmesini ve öğrenme süreçlerini hızlandırmasını destekleyen bir görsel yönetim aracıdır. Obeya sistemi, bilgiyi merkezi bir yerde toplamakta ve bu sayede öğrenme ve standartlaştırma süreçlerini desteklemektedir.

Standart İş; Toyota, ürün geliştirme sürecinde belirli adımların her seferinde aynı şekilde uygulanmasını sağlayan standartlaştırılmış iş araçlarını kullanmaktadır. Standart işler, örgütte herkesin aynı süreci takip etmesini sağlamakta ve öğrenmeyi hızlandırmaktadır. Bu süreç, yeni öğrenilen bilgilerin standartlara eklenmesiyle sürekli gelişmektedir. Standart iş, süreçlerin daha verimli olmasını sağlarken, hataların önüne geçmekte ve sürekli iyileştirmeye katkıda bulunmaktadır.

Hansei, nelerin iyi gittiği, nelerin daha iyi yapılabileceğinin, gelecekte nasıl olursa daha iyi olabileceğinin konuşulduğu öz değerlendirme toplantılarıdır. Hansei Toyota'da yapılan işlerin sonuçlarının derinlemesine değerlendirilmesi ve hatalardan öğrenilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Hansei, hem bireysel hem de ekip düzeyinde yapılmaktadır ve yapılan hataların fark edilip düzeltilmesini sağlamaktadır. Bu yöntem, örgütsel öğrenme sürecini hızlandırmakta ve sürekli iyileştirmeye katkıda bulunmaktadır. Hansei toplantıları hem başarıların hem de eksikliklerin tartışıldığı ve gelecekte aynı hataların tekrarlanmaması için alınacak önlemlerin planlandığı bir süreçtir.

Al-ver eğrileri, Toyota'nın ürün geliştirme süreçlerinde kritik bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu eğriler, mühendislerin ve yöneticilerin tasarım kararlarının çeşitli özellikler arasındaki etkileşimlerini anlamalarına yardımcı olmaktadır. Örneğin, maliyet ile performans, ağırlık ile dayanıklılık gibi iki faktör arasındaki dengenin görselleştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu eğriler, farklı özellikler arasında yapılacak fedakarlıkları göstererek karar verme sürecinde kritik bir rol oynamaktadır. Toyota, bu yöntemle daha bilinçli tasarım kararları alarak, müşteri taleplerini en iyi şekilde karşılayacak çözümler üretmektedir.

Karar matrisleri, ürün geliştirme sürecinde çeşitli seçenekler arasında objektif bir kıyaslama yapmak için kullanılmaktadır. Toyota, ürün geliştirme aşamalarında birden fazla çözüm arasında değerlendirme yapmak için bu matrisleri kullanmaktadır. Matrisler, alternatiflerin belirlenen kriterler doğrultusunda sistematik olarak

puanlanmasını sağlamaktadır. Bu araç, kararların veri temelli olmasını sağlamakta ve subjektif değerlendirmelerin önüne geçmektedir. Ayrıca, ekiplerin farklı seçeneklerin avantajlarını ve dezavantajlarını net bir şekilde görmesine olanak tanımaktadır.

Rakip analizi belgeleri, Toyota'nın ürün geliştirme sürecinde pazar rekabetini anlamak ve yeni ürünler tasarlarken rakiplerin güçlü ve zayıf yönlerini değerlendirmek için kullandığı araçlardır. Bu analizler, ürünün performansını rakip ürünlerle karşılaştırarak Toyota'nın müşteri beklentilerini daha iyi karşılayacak ürünler geliştirmesine yardımcı olmaktadır. Toyota, rekabet avantajı sağlamak için sürekli olarak pazar ve rakip analizleri yapmaktadır. Bu belgeler hem mevcut ürünlerin iyileştirilmesi hem de yeni ürünlerin geliştirilmesi sırasında yol gösterici bir rol oynamaktadır.

Ürün geliştirme sistemi, müşteri ihtiyacının oluşmasından sonra müşteriye ulaşmasına kadarki yolun ilk adımdır. Bu sebeple ihtiyacın hızlı bir şekilde ürüne dönüşmesi için kritik öneme sahiptir. Ürün geliştirme sürecinin yalın felsefesine uyumlanması ile süreç içerisindeki israflar ortadan kalkar ve ihtiyacın ürüne dönüşmesi süreci kısalır. Bu süreci kısaltmanın bir yolu da standartlardan faydalanmaktır. İkinci bölümde ürün geliştirme sürecinin standartlaştırılması için oluşmuş bir yöntem olan APQP yöntemi incelenecektir.

İKİNCİ BÖLÜM
İLERİ ÜRÜN KALİTE PLANLAMASI

IATF (The International Automotive Task Force –Uluslararası Otomotiv Görev Gücü) 16949:2016 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi 1999 yılında Avrupa ve Amerika'da kullanılan otomotiv standartlarını içerisinde bulunduran, ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi'ni teknik gereksinimler ve analizler açısından zenginleştiren bir kalite yönetim standardıdır. Günümüzde bu standart dünya genelinde tüm otomotiv firmaları tarafından benimsenmiştir. Otomotiv firmaları daha sonrasında bu standardı tedarikçileri için de zorunlu tutmuştur. IATF 16949 standardı başlangıçta otomotiv sektörü için büyük otomotiv otoriteleri tarafından oluşturulmuş bir standart olsa da sonrasında işletmelerde süreçleri standartlaştırma, teknik yeterlilik sağlama ve kalite algısı oluşturma yararları sebebiyle diğer sektörlere de yaygınlaşmıştır. Otomotiv firmalarının yanı sıra diğer sektörlerde de firmalar ana ürün tedarikçilerine IATF 16949 standardını zorunlu tutmaktadır (Bobrek ve Sokovic, 2005: 721).

İleri Ürün Kalite Planlaması (APQP-Advanced Product Quality Planning) müşteri tatminini sağlamak amacıyla bir ürünün kalitesini güvence altına almaya yarayan yapısal bir tanımlama yöntemidir (Bobrek ve Sokovic, 2005: 721). Bu tatmini sağlamak için müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak ürün ve süreçlerin planlanmasını sağlayan bir çerçevedir. Bu yaklaşım, ürün kalitesinin erken aşamada güvence altına alınmasına yönelik bir kalite yönetim metodolojisi olarak tanımlanmaktadır (Misztal ve diğerleri, 2014: 982). APQP'nin omurgası tüm otomotiv tedarikçileri için iyi bir genel kuraldır ve ana tasarım kapsamına, planlamaya ve proje bilgileri incelemesine odaklanmaya yardımcı olan IATF 16949 standardı ile bağlantılıdır. Amacı ise gerekli tüm adımların olması gereken zamanda ve kalitede tamamlanabilmesi için ilgili tüm kişi ve birimler arası kuvvetli bir iletişim kurmaktır. APQP ürün kalitesini güvence altına alarak ortak ürün kullanımı ile hataların azaltılması ve ürünün zamanında tamamlanabilme süresinin kısaltılması için oluşturulmuş, esas olarak otomotiv endüstrisi tarafından kullanılan bir geliştirme metodolojisidir (Raicu ve diğerleri, 2021: 1-2). Ancak ilerleyen zamanlarda farklı sektörlerde de uygulama alanı bulmuştur (Ahmed ve diğerleri, 2021: 303). Tedarik zincirlerindeki ana işletmeler açısından tedarikçi geliştirme ve değerlendirme boyutunda bir değerlendirme ölçütü olarak kullanılabilmektedir (Noshad ve Awasthi, 2018: 216-222). Etkili bir ürün kalite planlaması bir işletmenin üst yönetiminin müşteri memnuniyetini sağlamak için gereken çabaya olan bağlılığını göstermektedir (Mittal ve diğerleri, 2012: 21). APQP

her müşteri, ürün ve süreç için özelleştirilmektedir. Kalite planlaması hazırlanmakta ve her şey bu planın termine uygun şekilde ilerletilmesini sağlayacak şekilde düzenlenmektedir (Raicu ve diğerleri, 2021: 2).

APQP metodolojisi müşteriyi tatmin edecek bir ürün veya hizmetin geliştirilmesini destekleyen bir ürün kalite planının geliştirilmesine yönelik yönergeler sağlamak üzere Chrysler, Ford ve General Motors ABD (Amerika Birleşik Devletleri) işletmeleri tarafından oluşturulmuştur (Raicu ve diğerleri, 2021: 1).

Ürün geliştirme sistemlerinde APQP ilkelerini esas almanın faydalarından bazıları aşağıdaki gibidir (Bobrek ve Sokovic, 2005: 718-724; Mittal ve diğerleri, 2012: 23);

- Müşteri isteklerinin süreç boyunca tam ve doğru şekilde anlaşılmasını sağlamak,
- Kaynakları müşteriyi memnun edecek şekilde yönlendirmek,
- Gerekli değişikliklerin erken tespit edilmesini sağlamak,
- Dokümantasyonu teşvik etmek,
- Standartlaşmayı sağlamak,
- Kalite hatalarını önceden fark etmek,
- Kaliteli ürünü zamanında, en düşük maliyetle sunmak.

APQP, ürün geliştirme sürecinde müşteri ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılamak için gerekli adımları tanımlayan yapılandırılmış bir yöntemdir. Bu süreç, müşteri gereksinimlerinin karşılanmasını sağlamak amacıyla tasarım, geliştirme, üretim ve hizmet sonrası aşamaları kapsamaktadır. APQP'nin kalite yönetim sistemi tasarımına uyarlanabilirliği yüksektir ve bu iki sistem benzer ilkelere dayanmaktadır (Bobrek ve Sokovic, 2005: 722). Bu sebeple kalite yönetim sistemlerinin işletmelere sağladığı faydalar da APQP'nin faydaları listesine eklenebilir.

Yukarıda sağlanan faydaların elde edilebilmesi için APQP planı aşağıdaki adımları içermektedir (Bobrek ve Sokovic, 2005: 722; Kwon ve diğerleri, 2007: 173-187):

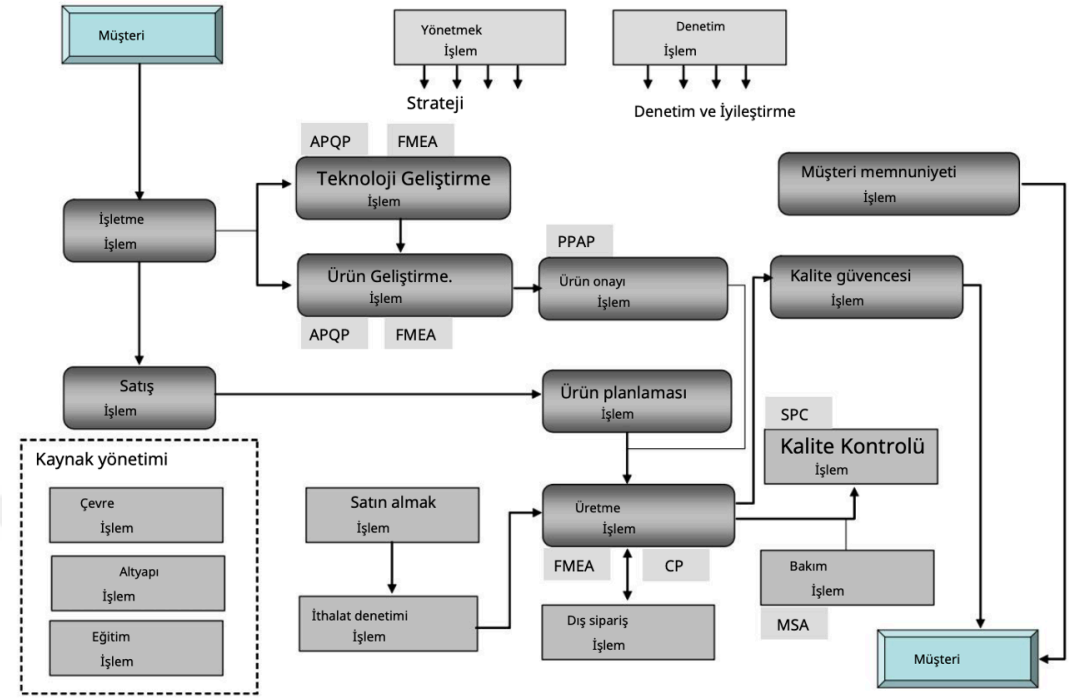
1. Ekibin organize edilmesi,
2. Kapsamın tanımlanması,
3. Ekipler arası iletişimin sağlanması,
4. Eğitimin sağlanması ve geliştirilmesi,
5. Müşteri ve tedarikçi katılımının sağlanması,
6. Eş zamanlı mühendislik yapılması,

7. Kontrol planlarının oluşturulması,
8. Sorunların çözümünün sağlanması için risk analizinin yapılması
9. Ürün kalitesinin planlanması,
10. Zamanlama çizelgesine göre planların yapılması.

APQP yaparken ilk adım ekibin kurulmasıdır. Bu ekipte mühendislik, imalat, tedarikçi, müşteri, saha servisi, taşeron gibi ürünün doğuşundan müşteriye teslimine kadar görevi, sorumluluğu ve ürün ile ilgili yorumu olabilecek kişiler olmalıdır. İkinci olarak projenin kapsamı belirlenmelidir. En erken dönemde projenin kapsamının belirlenmesi ekibin müşteri istek ve beklentilerini iyi anlamasını sağlayacaktır. Ürün kalite planlama ekibi, diğer müşteri ve tedarikçi ekipleriyle iletişim hatları kurmalıdır. Buna diğer ekiplerle düzenli toplantılar da dahil olabilir. Takımdan takıma konseptinin kapsamı, çözüm gerektiren konuların sayısıyla ilişkilidir. İleri ürün kalite planlamasının başarısı ekibin müşteri ihtiyaç ver beklentilerini anlayacak nitelikte sosyal ve teknik eğitimler ile geliştirilmesine bağlıdır. Ekibin geliştirilmesinin sağlanması gibi tedarikçi ve müşteriler de çalışmalara ve geliştirmeye dahil edilmelidir. Ekipler ve süreçler arası çalışmalarda kopukluk olmaması ve başa dönmelerin önüne geçilmesi için eş zamanlı mühendislik yöntemi benimsenmelidir. Projenin gerekliliklerinin tamamen yerine getirildiğinden emin olunması için kontrol planları oluşturulmalı ve olası sorunların önceden öngörülmesi için proje risk analizleri yapılmalıdır. Tüm bunların başında ekibin ilk önceliği ileri ürün kalitesine ait bir planlama yapmasıdır ve bu plan doğrultusunda zaman çizelgeleri oluşturmalıdır. APQP'nin genel akışına Şekil 1'de yer verilmiştir.

APQP, ürün yaşam döngüsünün tüm aşamalarında uygulanabilir ve örgüt içindeki tüm bölümleri ve süreçleri kapsamaktadır. Bu yöntem, kitlesel olarak üretilen ürünlerin belirlenen kalite standartlarına ulaşmasını amaçlamaktadır (Tokmakova ve diğerleri, 2022: 286-287).

Şekil 1: APQP Akışı



Kaynak: Kwon ve diğerleri, 2007: 177.

Bobrek ve Sokovic'in 2005 yılında yayınlanan "Implementation of APQP-concept in design of QMS (Kalite Yönetim Sistemleri Tasarımına APQP Konseptinin Uyarlanması)" adlı makalelerinde APQP kavramının Kalite Yönetim Sistemleri (QMS-Quality Management Systems) tasarımına nasıl entegre edilebileceğini ele alınmaktadır. APQP, otomotiv sektörü başta olmak üzere pek çok endüstride kullanılan, ürünlerin geliştirilmesi ve üretime hazırlanması sürecini optimize etmeyi amaçlayan bir metodolojidir. Bu makale, APQP'nin QMS'ye uygulanmasının faydalarını ve süreçleri nasıl iyileştirebileceğini, APQP'nin QMS tasarımında kullanılabilecek bir metodoloji olup olmadığını araştırmakta ve bu iki sistemin benzerliklerine odaklanmaktadır. (Bobrek ve Sokovic, 2005: 718-724).

Kwon ve diğerleri, 2007 yılında yayınlanan "A Study on a Methodology of Integrating Lean DFSS and Advanced Product Quality Planning (APQP) in ISO/TS16949 (ISO/TS16949'da Yalın DFSS ve Gelişmiş Ürün Kalite Planlamasını (APQP) Entegre Etme Metodolojisi Üzerine Bir Çalışma)" adlı makalelerinde APQP ve Tasarım için Yalın 6 sigma metodolojilerini entegre ederek bu yaklaşımların ISO/TS16949 Kalite Yönetim Sistemi ile nasıl uyumlu hale getirilebileceğini araştırmıştır. Çalışma, ISO/TS16949'un APQP ile entegre edilmesinin ürün geliştirme

süreçlerinde kaliteyi ve tasarım için yalın altı sigma süreçlerdeki verimliliği nasıl artırabileceğini detaylandırmaktadır (Kwon ve diğerleri, 2007: 173-187).

İkiz ve diğerlerinin 2008 yılında yayınlanan “Otomotiv Sektörü Müşteri Özel Şartlanın APQP Süreci Adımlarına Göçerimi Üzerine Bir Çalışma” adlı makalelerinde Kalite Fonksiyon Göçerimi yöntemini kullanarak otomotiv sektöründeki müşteri özel şartlarının APQP süreci adımları ile nasıl ilişkilendirilebileceği incelenmektedir. Çalışmanın amacı, müşteri özel şartlarının APQP sürecindeki hangi adımlarla daha fazla ilişkili olduğunu belirleyerek, müşteri memnuniyetini maksimize etmek için bu adımların iyileştirilmesine yönelik öneriler sunmaktır (İkiz ve diğerleri, 2008: 47-60).

Ray ve Das’ın 2009 yılında yayınlanan “Improving efficiency and effectiveness of APQP process by using DFSS tools (6 Sigma İçin Tasarım Araçlarını Kullanarak APQP Sürecinin Verimliliğini ve Etkinliğini Artırmak)” adlı makalelerinde APQP sürecinin verimliliğini ve etkinliğini artırmak için 6 Sigma için Tasarım araçlarının nasıl kullanılabileceği incelenmektedir. Makale, özellikle APQP’nin birinci fazı olan Planlama ve Tanımlama aşamasına odaklanmakta ve bu sürecin otomotiv endüstrisinde nasıl optimize edilebileceğini tartışmaktadır (Ray ve Das, 2009: 222-236).

Wang ve diğerlerinin 2009 yılında yayınlanan “Agent-based knowledge management system with APQP: implementation of semiconductor manufacturing services industry” (APQP ile Vekil Tabanlı Bilgi Yönetim Sistemi: Yarı İletken Üretim Hizmetleri Sektörü Uygulanması)” adlı makalesinde yarı iletken üretim hizmetleri endüstrisinde APQP süreci ile bilgi yönetimi sistemlerini birleştirerek etkili bir bilgi yönetim çerçevesi oluşturmak ele alınmaktadır. Makale, karmaşık üretim süreçlerinin optimize edilmesi ve müşteri memnuniyeti sağlayacak yöntemlerin geliştirilmesi konusundaki zorlukları ele almaktadır (Wang ve diğerleri, 2009: 2913-2936).

Mittal ve diğerlerinin 2012 yılında yayınlanan “Evidence of APQP in quality improvement: An SME case study (Kalite İyileştirmede APQP'nin Kanıtı: Bir KOBİ Vaka Çalışması)” adlı makalelerinde APQP yönteminin, küçük ve orta ölçekli işletmelerde (KOBİ) kalite iyileştirme üzerindeki etkilerini incelemektedir. Bu çalışmada, Hindistan’da bir dökümhane olan, motor montaj braketleri üreten bir KOBİ üzerinde bir vaka çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma, APQP metodolojisinin nasıl uygulandığını ve bu süreçlerin kaliteyi nasıl iyileştirdiğini gösteren somut sonuçlar sunmaktadır (Mittal ve diğerleri, 2012: 20-28).

Misztal ve diğerlerinin 2014 yılında yayınlanan "Comparative analysis of awareness and knowledge of APQP requirements in Polish and Romanian

automotive industry (Polonya ve Romanya Otomotiv Endüstrisinde APQP Gereksinimleri Farkındalığı ve Bilgisinin Karşılaştırmalı Analizi)" isimli makalelerinde APQP yönteminin Polonya ve Romanya'daki otomotiv sektörlerindeki farkındalığı ve uygulanma düzeyini araştırmaktadır. Makale, iki ülke arasındaki farkları ve benzerlikleri karşılaştırarak, APQP araçlarının nasıl anlaşıldığını ve uygulandığını incelemektedir (Misztal ve diğerleri, 2014: 981-985).

Deshpande ve diğerleri, 2016 yılında "Implementation of Advanced Product Quality Planning In Engineering Project" (Bir Mühendislik Projesinde İleri Ürün Kalite Planlaması) başlıklı çalışmalarında güneş enerjili elektrikli araç yarışmasında yarışacak bir araç projesinde APQP uygulayarak yalnızca yapılandırılmış üretim süreçlerinde değil, proje tipi üretimlerde de APQP ilkelerinin uygulanabileceğini göstermiştir (Deshpande ve diğerleri, 2016).

Pop ve diğerlerinin 2018 yılında sunduğu "Contributions concerning the possibility of implementing the APQP concept in the aerospace industry (APQP Konseptinin Havacılık Sektöründe Uygulanma Olasılığına İlişkin Katkılar)" adlı bildiride APQP konseptinin havacılık endüstrisinde uygulanma olasılıkları incelemektedir. Bu çalışmada, APQP'nin havacılık, uzay ve savunma sanayilerinde entegrasyonunun sağlanması ve bu süreçlerin ürün geliştirme, planlama, üretim ve müşteri memnuniyeti açısından nasıl etkili olabileceği ele alınmaktadır (Pop ve diğerleri, 2018: 1-12).

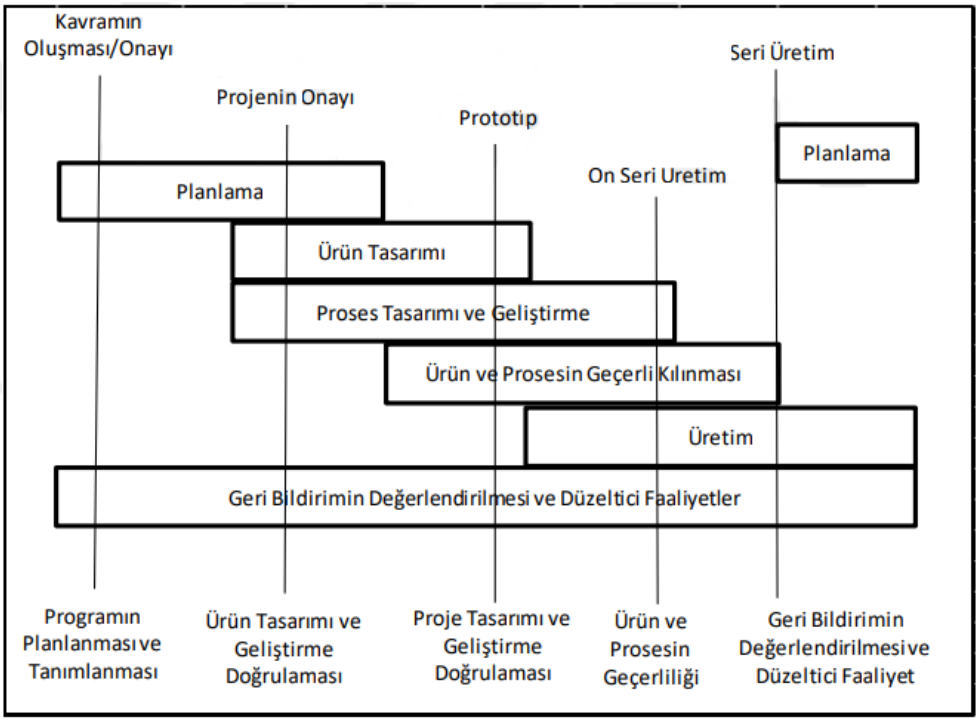
Ünal ve Felekoğlu, "Advanced Product Quality Planning for Performance Evaluation of New Product Implementation Process: Application in a Factory (Yeni Ürün Uygulama Sürecinin Performans Değerlendirmesi İçin İleri Ürün Kalite Planlaması: Bir Fabrikada Uygulama)" başlıklı çalışmalarında iklimlendirme ve soğutma sektöründe bir imalat işletmesinin yeni ürün geliştirme sürecinde APQP ilkelerini uygulayarak, sipariş üstüne çalışan işletmelerde ürün geliştirme sürecinin bu tarz sistematik yaklaşımlarla yürütülmesinin sağlayacağı kazanımlara uygulama örneği sunmuşlardır (Ünal ve Felekoğlu, 2019: 275-282).

Raicu ve diğerlerinin 2021 yılında yayınlanan "Development Approach Model for Automotive Headlights with Mixed Delivery Methodologies over APQP Backbone (APQP Omurgası Üzerinde Karma Teslimat Metodolojileri ile Otomotiv Farları İçin Geliştirme Yaklaşımı Modeli)" adlı makalelerinde otomotiv farlarının geliştirilmesi üzerine farklı yöntemlerin kullanılması ve bu süreçte APQP metodolojisinin rolü ele alınmaktadır. Bu çalışmada far geliştirme sürecinin değişkenlik gösteren müşteri talepleri, düzenleyici değişiklikler ve teknik iyileştirmeler nedeniyle zorlu bir süreç

olduğu vurgulanmaktadır. Bu bağlamda, APQP'nin sağladığı yapı ile Çevik (Agile) ve Yalın metodolojilerinin entegre edilmesi önerilmektedir (Raicu ve diğerleri, 2021: 1-12).

İleri ürün kalite planlaması temel olarak beş aşamadan oluşmaktadır. Bunlar planlama, ürün tasarımı ve geliştirme, süreç tasarımı, geliştirmesi ve doğrulanması aşaması, ürün ve sürecin geçerliliğinin sağlanması ve geri bildirim, değerlendirme ve düzeltici faaliyet aşamalarıdır. IATF 16949 standardı APQP uygulama adımları için bir proje planı önermiştir. Şekil 2'de APQP'nin proje planına yer verilmiştir.

Şekil 2: İleri Ürün Kalite Planlaması Süreci



Kaynak: Bobrek ve Sokovic, 2005: 722

2.1. PLANLAMA

Planlama aşaması müşteri istek ve beklentilerinin işletme tarafından anlaşıldığı, bu istek ve beklentilerin tasarım girdilerine dönüştürüldüğü aşamadır. Bu aşama tüm projeyi şekillendireceği için en önemli aşamadır. İç ve dış müşterilerden elde edilen tavsiyeler, fikirler, veriler ve bilgiler bu aşamada değerlendirilir. Planlama aşamasının uzun ve detaylı tutulması, ürün veya hizmet geliştirme aşamasının görece daha kolay geçmesini ve geri dönüşlerin en aza inmesini sağlamaktadır (Bobrek ve

Sokovic, 2005: 720-721; Rana ve Nanda, 2011: 309; Mittal ve diğerleri, 2012: 22; Misztal ve diğerleri, 2014: 982).

Bu fazda, müşteri gereksinimlerinin tam olarak anlaşılması ve ürün geliştirme projesinin kapsamının belirlenmesi sağlanır. Müşteri ihtiyaçları detaylı bir şekilde analiz edilir ve ürünün bu ihtiyaçları nasıl karşılayacağı tanımlanır. APQP sürecinin temelini oluşturan bu aşamanın başarıyla ilerleyebilmesi için müşteri ve proje ekibi arasındaki iş birliği kritik öneme sahiptir (Mittal ve diğerleri, 2012: 22).

Planlama adımından beklenti tasarım hedeflerinin ortaya konması, ürün ağacı, akış şeması ve özel karakteristiklerin belirlenmesidir. Tablo 2'de planlama aşamasının girdi ve çıktılarına yer verilmiştir.

Tablo 2: Planlama Aşaması Girdi ve Çıktıları

Girdiler	**Çıktılar**
Müşteri Talebi (Pazar Araştırması, Geçmiş Bilgiler, Takım Deneyimi)	Tasarım Hedefleri
İş Planı, Pazarlama Stratejisi	Güvenilirlik ve Kalite Hedefleri
Ürün/Süreç Karşılaştırma Verileri	Ön Malzeme Listesi
Ürün/Süreç Varsayımları	Ön Süreç Akış Şeması
Ürün Güvenilirliği Çalışmaları	Özel Ürün Ön Listeleme
Müşteri Girdileri	Ürün Güvence Planı
	Yönetim Desteği

Kaynak: Wang ve diğerleri, 2009: 2914; Pop ve diğerleri, 2018: 2.

APQP'nin ilk aşamasındaki sorunlar, sonraki aşamalarda ürün tasarımı ve pazara sürme sürecinde gecikmelere neden olmaktadır (Ray ve Das, 2009: 227).

Tablo 2'den de anlaşılacağı üzere, müşteri beklentilerinin en doğru şekilde anlaşılması ve bu bilginin ürün ya da hizmete dönüşmesi için planlama aşamasında yönetimin desteği gereklidir. Bu çıktı sağlanamadan projenin tam zamanında tamamlanması, kalitesinin güvence altına alınması ve başarıya ulaşması ihtimali düşüktür.

2.2. ÜRÜN TASARIMI VE GELİŞTİRME

Bu fazda, müşteri gereksinimlerine uygun ürün tasarımı geliştirilmektedir. Ürün spesifikasyonları oluşturulmakta ve tasarım sürecinde kalite hedeflerine ulaşmak için gerekli olan araçlar kullanılmaktadır. Bu aşamada, ürünün müşteriye sunulmadan önce test edilmesi ve tasarım hatalarının minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, tasarım doğrulaması ve revizyonlar yapılmaktadır (Mittal ve diğerleri, 2012: 22).

Bu aşama planlama aşamasının çıktılarının kullanımı ile ihtiyacın fikre, fikrin ürün ya da hizmete dönüştüğü aşamadır. Tablo 3'te bu aşamanın girdi ve çıktılarına yer verilmiştir.

Tablo 3: Ürün Tasarımı ve Geliştirme Adımı Girdi ve Çıktıları

Girdiler	Tasarım Sorumluluğu Faaliyetine Göre Çıktılar	Ürün Kalite Planlama Ekibinin Çıktıları
Tasarım Hedefleri	Tasarım FMEA	Yeni Ekipman, Alet ve Tesis Gereksinimleri
Güvenilirlik ve Kalite Hedefleri	Üretilebilirlik ve Montaj İçin Tasarım	Özel Ürün ve Süreç Özellikleri
Ön Malzeme Listesi	Tasarım İncelemeleri	Ölçü/Test Ekipmanı Gereksinimleri
Ön Süreç Akış Şeması	Prototip Oluşturma - Kontrol Planı	Fizibilite Taahhüdü ve Yönetim Desteği
Özel Ürün Ön Listeleme	Mühendislik Çizimleri	
Ürün Güvence Planı	Mühendislik Spesifikasyonları	
Yönetim Desteği	Malzeme Özellikleri	
	Çizim ve Şartname Değişiklikleri	

Kaynak: Wang ve diğerleri, 2009: 2914; Pop ve diğerleri, 2018: 2; Raicu ve diğerleri, 2021: 2-3.

Ürün tasarım ve geliştirme aşamasında sıklıkla yararlanılan araçlardan biri de Hata Türü ve Etkileri Analizi'dir (FMEA-Failure Modes and Effects Analysis)'dir. FMEA, gelecekte oluşabilecek olası problemleri önlemek için kullanılan temel bir araçtır (Kwon ve diğerleri, 2007: 181). Ray ve Das (2009: 233) ise FMEA'yı APQP süreçlerinde kritik hataları önceden belirlemek ve bu hataların etkilerini minimize etmek amacıyla kullanılan önemli bir araç olarak tanımlanmıştır.

FMEA, APQP ile entegre olarak, ürün geliştirme sürecinde ortaya çıkabilecek sorunların erken aşamada tespit edilmesine ve bu sorunların giderilmesine olanak

tanımaktadır. FMEA, APQP'de olduğu gibi, ISO/TS 16949 kalite standartlarında da önemli bir yer tutmakta ve ürünün üretim aşamasından önceki potansiyel hataları belirlemeye yardımcı olmaktadır. Bu araç, riskleri en aza indirerek kaliteyi artırmayı amaçlamaktadır. FMEA'nın APQP'nin tasarım aşamasında zorunlu bir adım olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Ray ve Das, 2009: 233). FMEA, geçmişte yaşanmış sorunların ve mevcut ürün tasarımlarının analiz edilmesine dayanarak, gelecekte meydana gelebilecek olası hataların önlenmesi için gerekli adımların planlanmasını sağlamaktadır (Kwon ve diğerleri, 2007: 183).

FMEA büyük otomotiv işletmelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır ve APQP'nin temel araçlarından biridir. Ancak küçük işletmelerde bu tekniklerin uygulanmasında farkındalık ve bilgi eksikliklerinin daha yaygın olduğu tespit edilmiştir (Misztal ve diğerleri, 2014: 983).

FMEA uygulamalarında işletmelerin yaşadığı bilgi eksikliği, sahip oldukları süreçlerin karmaşıklığı, uygulamanın gerektirdiği zaman ve uzmanlık kaynaklarının eksikliği zorluklar yaratabilmektedir. Buna karşın hatayı erken tespit edebilmek ve riski yönetebilmek işletmelere zaman ve kaynak yaratma imkânı sağlarken, kalitede artış da müşteri memnuniyetinde artış ve düşen maliyetler olarak geri dönmektedir (Misztal ve diğerleri, 2014: 983).

FMEA'nın Kalite Fonksiyon Göçerimi (QFD-Quality Function Deployment), VSM, proje yönetimi ve benzeri araçlar ile kullanımı APQP verimliliğini arttırabilmektedir (Ray ve Das, 2009: 233).

FMEA tasarım FMEA, süreç FMEA ve sistem FMEA olmak üzere üç temel kapsamda yapılabilir. Tasarım FMEA (Design FMEA), ürün tasarımının potansiyel hatalarını ve zayıf noktalarını belirlemek için kullanılan bir araçtır. Bu, tasarım aşamasında olası hataların önlenmesi amacıyla yapılır ve ürün kalitesini artırmayı hedefler. Süreç FMEA (Process FMEA), üretim süreçlerinde karşılaşılabilecek potansiyel hataların tespit edilmesi ve bu hataların önlenmesi için kullanılan bir metodolojidir (Misztal ve diğerleri, 2014: 983). Sistem FMEA ise bir sistemin alt bileşenlerini ve fonksiyonlarını değerlendirerek, olası hata modlarının sistem genelindeki etkilerini analiz etmektedir. Amacı sistem güvenilirliğini artırmak, kritik hata kaynaklarını belirlemek ve olası hataları henüz tasarım aşamasında önlemektir.

2.3. SÜREÇ TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ VE DOĞRULANMASI

Ürünün üretimi için gereken süreçler bu fazda geliştirilmektedir. Üretim yöntemleri, kontrol planları, operasyon talimatları ve kalite kontrol süreçleri bu aşamada detaylandırılır. Amaç, ürünün tutarlı bir şekilde yüksek kalite standartlarına uygun olarak üretilmesini sağlamaktır. Süreç tasarımı, üretim hattının optimize edilmesini ve israfın en aza indirgenmesini sağlamaktadır (Mittal ve diğerleri, 2012: 22).

Tablo 4'te süreç tasarım ve geliştirme doğrulanması aşamasının girdi ve çıktılarına yer verilmiştir.

Tablo 4: Süreç Tasarım ve Geliştirme Doğrulanması Adımı Girdi ve Çıktıları

Girdiler	**Çıktılar**
Tasarım FMEA	Ürün/Süreç Kalite Sistemi İncelemesi
Üretim ve Montaj İçin Tasarım	Süreç Akış Şeması
Tasarım Doğrulaması	Yerleşim Planı
Tasarım İncelemeleri	Süreç FMEA
Prototip Oluşturma - Kontrol Planı	Üretim Öncesi Kontrol Planı
Mühendislik Çizimleri	Süreç Talimatları
Mühendislik Spesifikasyonları	Ölçüm Sistemleri Analizi (MSA)
Malzeme Özellikleri	İstatistiksel Proses Kontrolü (SPC)
Çizim ve Spesifikasyon Değişiklikleri	Paketleme Talimatları
Yeni Ekipman, Alet ve Tesis Gereksinimleri	Yönetim Desteği
Özel Ürün ve Süreç Özellikleri	
Göstergeler/Test Ekipmanı Gereksinimleri	
Fizibilite Taahhüdü ve Yönetim Desteği	

Kaynak: Wang ve diğerleri, 2009: 2914; Pop ve diğerleri, 2018: 2; Raicu ve diğerleri, 2021: 2-3.

Bu aşamanın önemli parçalarından ikisi de Ölçüm Sistemleri Analizi (MSA-Measurement System Analysis) ve İstatistiksel Proses Kontrolü'dür (SPC-Statistical Process Control). Bu parçalar oluşturulan sürecin üretim aşamasında izlenmesi ve kalite açısından kritik önem taşımaktadır.

2.3.1. Ölçüm Sistemleri Analizi (MSA)

Bu analiz, ölçüm sisteminin doğruluğunu ve güvenilirliğini incelemek için kullanılmaktadır. MSA, süreç değişkenliğinin ne kadarının ölçüm sistemine atfedilebileceğini belirler. Örnek olarak Mittal ve diğerlerinin yayınladığı makalede delik çapında kullanılan bir kumpas ile yapılan ölçümler için tekrarlanabilirlik ve yeniden üretilebilirlik (RveR - Repeatability ve Reproducibility) çalışması yapılmıştır. Sonuçlar, ölçüm sisteminin %29,34 oranında bir varyasyon gösterdiğini ve bu sonucun kabul edilebilir limitlerin altında olduğunu göstermiştir. Varyasyonun %30'dan düşük olması gerekmektedir. Bu durum, kullanılan ölçüm sisteminin doğru ve güvenilir olduğunu ifade etmektedir (Mittal ve diğerleri, 2012: 23).

MSA, otomotiv bileşenleri üretiminde kullanılan ölçüm sistemlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmak amacıyla uygulanmaktadır. Ölçüm sürecinin uygunluğunu doğrulayan algoritmalar, kritik kalite göstergelerinin ölçüm süreçlerinin sırasıyla stabilitesini incelemek, ölçüm sürecindeki sapmaları tahmin etmek ve uyumluluk analizlerini gerçekleştirmek için kullanılmaktadır. Tüm bu aşamalar, kaliteyi iyileştirmek için sürecin etkinliğini artırmaya yönelik önemli unsurlar olarak değerlendirilmektedir (Safarov ve diğerleri, 2016: 4-5).

2.3.2. İstatistiksel Proses Kontrolü (SPC)

SPC, üretim süreçlerinin kalitesini sağlamak ve sürekli iyileştirme yapmak için kullanılan bir yöntemdir. SPC, teknolojik süreçlerin stabilitesini doğrulamak amacıyla kullanılan önemli bir araçtır. SPC'nin kalite yönetimi süreçlerine entegre edilmesi gerekmektedir. Çünkü SPC bu süreçlerdeki sapmaların erkenden tespit edilmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır (Safarov ve diğerleri, 2016: 3-4).

2.4. ÜRÜN VE SÜRECİN GEÇERLİLİĞİ

Bu fazda, ürünün ve üretim süreçlerinin müşterinin ihtiyaçlarını karşıladığından emin olmak için testler ve doğrulamalar yapılmaktadır. Pilot üretim aşamaları, ürün kalitesinin üretim koşulları altında doğrulanması için kullanılmaktadır. Ürünün tasarlandığı gibi performans gösterip göstermediği değerlendirilmekte ve süreçlerin iyileştirilmesi için gereken adımlar atılmaktadır. Bu aşamada, müşteriden

gelen geri bildirimler doğrultusunda gerekli düzeltici işlemler de yapılabilir (Mittal ve diğerleri, 2012: 22).

Tablo 5'te ürün ve sürecin geçerli kılınması aşamasının girdi ve çıktılarına yer verilmiştir.

Tablo 5: Ürün ve Sürecin Geçerliliği Adımı girdi ve Çıktıları

Girdiler	**Çıktılar**
Ürün/Süreç Kalite Sistemi İncelemesi	Üretim Deneme Çalışması
Süreç Akış Şeması	Ölçüm Sistemleri Değerlendirilmesi
Yerleşim Planı	İstatistiksel Proses Kontrolü (SPC)
Süreç FMEA	Üretim Parçası Onayı
Üretim Öncesi Kontrol Planı	Üretim Doğrulama Testi
Süreç Talimatları	Ambalajlamanın Değerlendirilmesi
Ölçüm Sistemleri Analizi (MSA)	Üretim Kontrol Planı
İstatistiksel Proses Kontrolü (SPC)	Kalite Planlama İmza ve Yönetimin Desteği
Paketleme Talimatları	
Yönetim Desteği	

Kaynak: Wang ve diğerleri, 2009: 2914; Pop ve diğerleri, 2018: 2; Raicu ve diğerleri, 2021: 2-3.

Ürün ve süreç geçerliliğinin kontrolünde kullanılan araçlardan biri Üretim Parçası Onay Süreci'dir (PPAP -Production Part Approval Process). PPAP, 1990'ların başında Amerikan otomotiv işletmeleri tarafından geliştirilmiş ve o zamandan beri otomotiv parçalarının onaylanması için küresel bir standart haline gelmiştir (Safarov ve diğerleri, 2016: 2).

Tedarikçilerin; bileşen kalitesini ve üretim süreçlerinin istikrarını sağlamak amacıyla 19 belge ve numuneden oluşan bir paketi müşteriye sunmaları gerekmektedir. Bu belgeler aşağıda sıralanmıştır (Safarov ve diğerleri, 2016: 2):

1. Üretim onayı için başvuru
2. Otomotiv bileşeninin kalitesi
   - 2.1. Bileşen numuneleri
   - 2.2. PPAP için kontrol numunesi
   - 2.3. Tam proje verileri
   - 2.4. Bileşenin teknik değişikliklerine ait belgeler
   - 2.5. Bileşeni değiştirme önerileri
   - 2.6. Bileşen boyut ölçüm sonuçları

2.7. Malzeme test sonuçları/performans değerlendirmeleri
2.8. Görünüm harmonizasyon raporu
3. Teknolojik süreçlerin kalitesi
3.1. Süreç akış haritası
3.2. FMEA süreci
3.3. Süreç kapasitesi ile ilgili ön çalışmaları
3.4. Ölçüm cihazlarının listesi
3.5. Ölçüm süreçlerinin analizi
4. Kaliteyi sağlama sistemi
4.1. Kalite Yönetim Planı
4.2. Otomotiv bileşenlerinin FMEA tasarımı
4.3. Kalifikasyon laboratuvarı için belgeler
4.4. Tüketiciye özel uyumluluk gereksinimleri verileri

PPAP süreci, tedarikçi ve üretici arasındaki güveni sağlamak için tasarlanmıştır. Bu süreç, tedarikçinin tüm mühendislik ve tasarım gereksinimlerini karşılayabileceğini ve üretim süreçlerinin de bu gereksinimlere uygun şekilde devam edebileceğini doğrulamaktadır. PPAP, APQP'nin sonuçlarını değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. APQP'nin doğru bir şekilde uygulandığını göstermek için PPAP belgeleri gereklidir (Tokmakova ve diğerleri, 2022: 286-287).

2.5. GERİ BİLDİRİM, DEĞERLENDİRME VE DÜZELTİCİ FAALİYET

Bu son fazda, üretim süreçleri ve ürün performansı sürekli olarak izlenmekte ve geri bildirimler alınmaktadır. Kalite hedeflerinin sürekli olarak karşılanmasını sağlamak amacıyla süreçler izlenmekte ve değerlendirilmektedir. Geri bildirimler doğrultusunda süreç iyileştirme çalışmaları yapılmakta ve düzeltilmesi gereken alanlar belirlenmektedir. Bu faz, sürekli iyileştirme (Kaizen) felsefesine dayalıdır ve kalite yönetiminin uzun vadeli başarısını güvence altına almaktadır (Mittal ve diğerleri, 2012: 22).

Tablo 6'da geri bildirim, değerlendirme ve düzeltici faaliyetler aşamasının girdi ve çıktılarına yer verilmiştir.

Tablo 6: Geri Bildirim, Değerlendirme ve Düzeltici Faaliyet Adımı Girdi ve Çıktıları

Girdiler	**Çıktılar**
Üretim Deneme Çalışması	Azaltılmış Varyasyon
Ölçüm Sistemleri Değerlendirilmesi	Müşteri Memnuniyeti
İstatistiksel Proses Kontrolü (SPC)	Teslimat ve Lojistik
Üretim Parçası Onayı	
Üretim Doğrulama Testi	
Ambalajlamanın Değerlendirilmesi	
Üretim Kontrol Planı	
Kalite Planlama İmza ve Yönetimin Desteği	

Kaynak: Wang ve diğerleri, 2009: 2914; Pop ve diğerleri, 2018: 2; Raicu ve diğerleri, 2021: 2-3.

APQP ilkelerine uygun bir yeni ürün geliştirme süreci yürütüldüğünde ortaya çıkacak ürünün kalitesi garanti altına alınmış olur. Bu şartların sağlanması ile müşterinin ihtiyaçlarını karşılayacak olan ürün, müşteri özel isteklerini da sağlayacak şekilde sunulabilir hale gelir. Bu müşteri özel şartlarının sağlanması rutin dışı aksiyonlar gerektirdiği için çoğunlukla süreçlerde israflara yol açar. Yeni ürün geliştirme sürecinde APQP ürünün kalitesinin garanti altına alırken, yalın ürün geliştirme sistemi ilkeleri de sürecin israflardan arındırılmasını sağlar. Üçüncü bölümde bu iki sistemin bir arada kullanımını içeren yeni bir model önerisi ele alınmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
İLERİ ÜRÜN KALİTE PLANLAMASI İLKELERİNE DAYALI YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME SİSTEMİ

APQP, tasarımın erken aşamalarından itibaren kaliteli bir ürünün ortaya çıkmasına odaklanması itibariyle gerek tasarım süreçlerinde gerekse sonraki süreçlerde israfı azaltmak açısından fayda sağlayabilecek bir yaklaşım olması özelliği ile yalın yaklaşım kapsamındaki kavramlarla iç içe düşünülebilecek bir uygulamadır. Buna bağlı olarak yalın bir sistem geliştirme çabasına da katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir. Bu bağlamda çalışmanın bu bölümünde, yalın bir ürün geliştirme sisteminin tasarlanmasında APQP ilkelerinin nasıl katkıda bulunacağı incelenmiş ve bu doğrultuda APQP ilkelerini temel alan yalın bir ürün geliştirme sistemi modellenmiştir. Yalın ürün geliştirme ilkeleri ve APQP ilkeleri bir arada değerlendirilip harmanlanarak yeni bir yalın ürün geliştirme sistemi tasarımı yapılmıştır. Bu sistemin işlevselliğinin sınanması için ise VSM yöntemi kullanılmıştır.

3.1. METODOLOJİ: DEĞER AKIŞ HARİTALAMA YÖNTEMİ

Araştırmada mevcut durumu ifade etme yöntemi olarak VSM yöntemi seçilmiştir. VSM yöntemi; değerin ve değerin ilerlediği yolların açıkça ifade edildiği, bütünün görülmesini sağlayan en güçlü basit araçlardan biridir (Rother ve Shook, 2003: 5; Bilici ve Kosanoğlu, 2021: 131; Coşkun ve Özcan, 2023: 882). Yalın üretim uygulamalarında sıkça başvurulan bir yöntemdir (Matt, 2014: 335; Kuğu ve Köse, 2021: 137). VSM, ürün geliştirme süreçlerindeki tüm adımların görselleştirilmesini sağlamaktadır. Bu süreç boyunca her adımın müşteri için nasıl bir değer yarattığı analiz edilmekte ve bu adımlarda israf olarak tanımlanan zaman ve kaynak kayıpları tespit edilmektedir. Amaç, sadece gerekli olan adımları belirleyerek gereksiz işlemleri ortadan kaldırmaktır (Tyagi ve diğerleri, 2015: 165; Kılıç ve diğerleri, 2025: 478).

VSM'de süreçlerdeki tüm adımlar detaylı olarak incelenmekte ve değer yaratmayan adımlar (muda - israf) ortadan kaldırılmaktadır. Bu hem süreci hızlandırır hem de maliyetlerin düşmesine yardımcı olur (Freire ve Alarcón, 2002: 249). Literatürde hem VSM hem de yalın ürün tasarımı üzerine ayrı ayrı pek çok çalışma bulunmaktadır.

Chen ve Meng, "The Application of Value Stream Mapping Based Lean Production System (Değer Akış Haritalaması Tabanlı Yalın Üretim Sisteminin

Uygulanması)" başlıklı çalışmalarında, Çin'de ürütülen yalın üretim çalışmalarına bütünsel bir bakış açısıyla rehberlik etmek için VSM yöntemini önermiştir (Chen ve Meng, 2010: 203-209).

Grewal, "An Initiative to Implement Lean Manufacturing Using Value Stream Mapping in A Small Company (Küçük Bir İşletmede Değer Akışı Haritalamayı Kullanarak Yalın Üretimi Uygulamaya Yönelik Bir Girişim)" başlıklı çalışmasında, VSM'nin nispeten küçük işletmelerde bile işlevsel bir araç olduğunu destekleyecek bir uygulama yapmıştır. Uygulama sonucunda çevrim süresinde %33,18, model geri dönüş süresinde %81,5, teslim süresinde %81,4 ve katma değeri olmayan iş süresinde %1,41 azalma elde edilmiştir (Grewal, 2008: 404-417).

Gurumurthy ve Kodali, "Design of Lean Manufacturing System Using Value Stream Mapping With Simulation (Simülasyon ile Değer Akışı Haritalama Kullanarak Yalın Üretim Sistemi Tasarımı)" başlıklı çalışmalarında; yalın üretimi uygulama çabalarının başarısızlıkla sonuçlanmasının nedenlerinden birinin, yöneticilerin yalın dönüşüm ilkeleriyle dönüştürülen bir örgütün nasıl olacağını tam olarak anlayamamaları olduğunu iddia etmişlerdir. Çalışma sonucunda kanban dışındaki yalın üretim araçlarıyla gerçekleştirilen dönüşüm simüle edilmiş ve başarılı olduğu literatürde rapor edilmiştir (Gurumurthy ve Kodali, 2011: 444-473).

Lian ve Van Landeghem, "Analysing the Effects of Lean Manufacturing Using a Value Stream Mapping-Based Simulation Generator (Değer Akışı Haritalama Tabanlı Simülasyon Oluşturucu Kullanarak Yalın Üretimin Etkisinin Analiz Edilmesi)" başlıklı çalışmalarında Rother ve Shook'un VSM yöntemine bir yenilik getirerek SIMVSM yöntemini önermişlerdir (Lian ve Van Landeghem, 2007: 3037-3058).

Mossman, "Creating Value: A Sufficient Way To Eliminate Waste in Lean Design and Lean Production (Değer Yaratmak: Yalın Tasarım ve Yalın Üretimde İsrafı Ortadan Kaldırmanın Yeterli Bir Yolu)" başlıklı çalışmasında değer kavramının işletmeden işletmeye değiştiğini, bazıları için değer olanın bazıları için israf olabileceğini önermiştir (Mossman, 2009: 13-23).

Ömürgönülşen ve Çatman, "Bir Kamu Kurumunda Değer Akış Haritalama ve Simülasyon Yöntemiyle Hizmet Sürelerinin Değerlendirilmesi" başlıklı çalışmalarında bir kamu kurumunun belge verme süreci özelinde hizmet sunumunda VSM uygulamasına bir örnek sunmuşlardır (Ömürgönülşen ve Çatman, 2018: 47-70).

Bilici ve Kosanoğlu, "Değer Akış Haritalama Yöntemi Kullanılarak Tekstil Sektöründe Yalın Üretim Uygulaması" başlıklı çalışmalarında bir tekstil işletmesinde

VSM ile süreç iyileştirme yoluyla müşteri memnuniyetini arttırmaya yönelik bir uygulama yapmışlardır (Bilici ve Kosanoğlu, 2021: 131-142).

Kuğu ve Köse, "Isı Değiştirici Üretim Hattında Değer Akış Haritalama Uygulamasının Etkileri" başlıklı çalışmalarında VSM kullanarak üretim süreçlerinin süresinde %31,1, yarı mamul stoklarında %59,1 iyileşme sağlamışlardır (Kuğu ve Köse, 2021: 135-146).

Coşkun ve Özcan, "Değer Akış Haritalama Yöntemi ve Bir İmalat İşletmesinde Uygulanması" başlıklı çalışmalarında VSM ile üretim akış süresini azaltmış, ürünlerin zamanında teslim oranlarını iyileştirmiş, yarı mamul stoklarını ve değer yaratmayan hareketleri azaltmışlardır (Coşkun ve Özcan, 2023: 881-894).

Kılıç ve diğerleri, "Deri Atölyesinde Değer Akış Haritalama ve Yalın Tekniklerle Verimlilik Yönetimi" başlıklı çalışmalarında VSM kullanarak süreçlerin değer odaklı iyileştirilmesi sonucunda israfları azaltarak toplam ekipman etkililiği (OEE-Overall Equipment Effectiveness) değerinde %8'in biraz üzerinde iyileşme elde etmiştir (Kılıç ve diğerleri, 2025: 467- 480).

Literatürden örneklenen çalışmalardan da görülebileceği üzere yalın üretim içerisinde yaygın olarak kullanılan araçlardan biri olan VSM, bu çalışmada da APQP ilkeleri temelli yalın bir ürün geliştirme sürecinin oluşturulmasında temel analiz aracı olarak tercih edilmiştir.

Yalın ürün geliştirme sistemi ürün geliştirme sürecini israflardan arındırarak müşterinin talep etmiş olduğu ürünü, talep ettiği zamanda ve kalitede müşteriye sunmak için güçlü bir araçtır. Bölüm 3.2'de yalın ürün geliştirme yönteminin ürünün kalitesini güvence altına almak için APQP ile desteklenmesi sonucu oluşan model tasarımı aktarılacaktır.

3.2. İLERİ ÜRÜN KALİTE PLANLAMASI İLKELERİNE DAYALI YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME SİSTEMİ

İleri ürün kalite planlaması ilkelerine dayalı yalın ürün geliştirme sisteminin modellenmesi yalın felsefenin ilkeleri ile süreci iyileştirirken, APQP ilkeleri ile de ürün kalitesini güvence altına alma fikrinden doğmuştur. Bu amaçla öncelikle APQP aşamaları ve bu aşamaların gerekliliği olan girdi ve çıktılar ele alınmıştır. Sonrasında yalın ürün geliştirme ilkeleri incelenmiş ve APQP aşamaları ile etkileşimi değerlendirilmiştir.

İleri ürün kalite planlaması Bölüm 2'de de ifade edildiği gibi beş ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm Programın Tanımlanması ve Planlanması adımıdır. Planlama aşamasında ilk adım ekip kurulmasıdır. Ekip kurulumunun gerekleri hususunda yalın ürün geliştirme sistemi ilkelerinden faydalanılır. Kurulan ekip, Yeni Ürün Geliştirme Sistemi İnsan Unsuru İlke 6'ya göre matris yapıya sahip olmalıdır. Ekip içerisinde yeni ürün tasarım sürecinin tüm aşamalarını temsil edebilecek kişiler olmalıdır. Örneğin; Ar-Ge, Üretim, Satın Alma, Kalite, Satış, Ambar, Tedarikçi, Müşteri temsilcisi vb. üyeler ile ekip tüm süreci kapsayacak şekilde oluşturulmalıdır. İlerleyen süreçte ekip üyelerinin her biri kendi üzerine düşen işi yapacakken, Yalın Ürün Geliştirme İnsan Unsuru İlke 5 kapsamında bu ekibe liderlik etmek ve tüm ekip üyelerinin koordinasyon içerisinde çalışmasını sağlayacak teknik ve yönetsel yetkinlikleri yüksek bir baş mühendis atanmalıdır. Yalın ürün geliştirme sistemi ilkeleri ekibin matris yapı ile kurulmasını ve bir baş mühendisin gözetiminde yönetilmesini sağladığı için niteliğini arttırmaktadır. Bu sayede kurulan ekibin, sadece APQP gerekliliği olarak belirli kriterlere uymadan kurulacak bir ekibe göre kaliteli ürün ve israfsız, standart bir süreç yönetimi ortaya çıkarması olasılığı artar.

Ekip kurulduktan sonraki adımda projenin gereklerine göre ihtiyaç duyulan yetkinlikler belirlenmelidir. Sürekli iyileşme felsefesi gereği İnsan Unsuru İlke 7 kapsamında ekibin teknik yetkinliklerinin arttırılması için çalışmalar planlanmalıdır. Bu sayede belirli yetkinliğe sahip olarak seçilen ekip üyeleri süreç boyunca yetkinliklerini arttırır ve sonraki projelerde işletme daha yüksek yetkinlikte çalışanlara sahip olur. Yalın üretim felsefesinin sürekli iyileştirme bakış açısı ürün geliştirme süreçlerinde hem süreç için hem de insan kaynağı için geçerlidir.

Ekip kurulumunda işletme içerisinde farklı fonksiyonlardan kişilerin katılımı ekip vizyonunu genişletir. Bunun yanı sıra ekibe üründe kullanılacak parçaların tedarik edileceği tedarikçi firma temsilcilerinin de katılması İnsan Unsuru İlke 8 kapsamında tedarikçinin olası değişikliklere hızlı uyum sağlayabilmesini ve taleplerin uygulanabilirliği ile ilgili daha erken bilgi verebilmesini sağlar.

Ekip kurulmasının ardından proje için çizelgeleme hazırlanır. Bu çizelgeleme müşteri beklentilerini karşılayacak, müşteri taleplerine uyum sağlamak için esnek bir şekilde revize edilebilecek bir yapıda kurulur. Burada değer; müşterinin talepleridir. Bu çalışmada kurulan model çerçevesinde APQP'ye göre birinci bölümde planlama yaparken Yalın Ürün Geliştirme Sistemi'nin Süreç Unsuru İlke 1'de olan değerin değer yaratmayan faaliyetlerden ayrılmasından yararlanılır. Bu adım için planlama aşamasının girdileri ve çıktıları belirlenir. Çıktıların elde edilmesi için gerçekleştirilen

faaliyetler değer, israf ve zorunlu israf olarak ayrıştırılır. İsraflar ortadan kaldırılır, zorunlu israflar da azaltılmaya çalışılır. Azaltılan israflar ile oluşan iyileşmiş süreç yeni mevcut durum olarak kabul edilir ve tekrar israf analizi yapılır. Bir döngü halinde devam eden bu işlemler ile mükemmel bir sürece adım adım yaklaşılır. Süreç Unsuru İlke 1 APQP'nin tüm bölümlerinde vazgeçilmez bir ilke olarak yer alır. Çünkü yalın süreç tasarımının merkezinde müşteri değerinin tanımlanması ve bu değerin müşteriye ulaşmasına engel olan tüm israfların ortadan kaldırılması yer alır.

APQP işlem adımlarında yer alan müşteri talebinin alınması aşaması için Yalın Ürün Geliştirme Sistemi'nin Süreç Unsuru İlke 4'ten faydalanılır. Müşterinin talebinin tam ve doğru bir şekilde anlaşılabilmesi için önceki projelerde müşteriden edinilen ve edinilmesi atlandığı için projede aksamalara sebep olan bilgiler listelenir ve standart bir forma dönüştürülür. Bu sayede müşteri görüşmeleri kaydı, müşteri görüş, istek ve şikayetleri, pazar testi ve konumlandırma raporu, yeni ürün kalitesi ve güvenilirlik çalışmaları, fiyat sınıfı, satış stratejileri, ürün süreç karşılaştırma verileri vb. bilgiler her yeni ürün talebinde standart olarak toplanmış olur. Bu sayede eksik kalan bir bilgiden dolayı müşterinin talebinin eksik anlaşılması ve proje ilerleyişinde retler sonucu aksaklıklara ve tekrar eden iş adımlarına yol açan sebepler ortadan kaldırılmış olur. Bu bilgilerin bir standart form şeklinde müşteriden toplanması ve arşivlenmesi kurum kültürü ve bilgi birikiminin kaybedilmemesi açısından da kritik öneme sahiptir.

APQP Bölüm 2 Ürün Tasarımı ve Geliştirilmenin Doğrulanması adımıdır. Bu aşamada tasarım hedefleri, güvenilirlik ve kalite hedefleri, ön malzeme listesi, ön süreç akış şeması, özel ürün tanımlamaları, ürün güvence planları kullanılarak bir ürün tasarımı ortaya çıkartılır. Ortaya çıkacak ürünün eksik bilgi ile müşteri taleplerinden uzaklaşmaması için Süreç 4 İlkesi kapsamında standartlaştırma sağlanmalı ve standart onay mekanizması kurulmalıdır. Bunun yanı sıra yapılan tasarımlarda ortak olarak kullanılan bileşenler için standart tasarım dokümanları oluşturulmalıdır. Yeni bir ürün tasarımı yapılırken ortak kullanılacak bileşenlerin tasarımları bu standart tasarım dokümanlarından alınmalıdır. Bu sayede hem tasarım süresi kısalacak hem de hatayla küçük değişiklikleri olan farklı bir bileşen tasarlanmasının önüne geçilmesiyle üretimde çeşitlilik azalacak ve esneklik artacaktır.

APQP Bölüm 2 Ürün Tasarımı ve Geliştirilmenin Doğrulanması süreci Süreç 1 İlkesi kapsamında incelenerek önce müşterinin kim olduğu ve müşterinin ne istediği soruları cevaplanmalıdır. Müşterinin ne istediği sorusu değer tanımının yapılmasını sağlar. Değer tanımının yapılmasının ardından Ürün Tasarımı ve Geliştirilmenin

Doğrulanması sürecinde yapılan tüm işlemler yalın bakış açısı ile incelenmeli, bu işlemlerde yer alan girdilerin çıktılara dönüşümü analiz edilerek, ilgili çıktıların sağlanmasına engel olan israflar yok edilmelidir. Değer yaratmayan fakat ortadan kaldırılması da mümkün olmayan işlemler zorunlu israflar olarak adlandırılmalı ve azaltılmalıdır.

Yaratıcılık gerektiren ve tasarımcının tecrübesi ile doğru orantılı olarak farklı sonuçlar ortaya çıkartan tasarım süreci sonunda müşteriye pek çok alternatif sunulabilir. Bu alternatiflerin sırasıyla oluşturulması ve müşteriye sunulması ya da üretilmesinin denenmesi sonucunda yaşanan olumsuzlukların ardından yeni alternatifin çalışılması tasarım sürecini oldukça uzatır. Bu durum bekleme, ikincil işçilik, aşırı/gereksiz işlem gibi israfların ortaya çıkmasına yol açar. Süreç Unsuru İlke 2 kapsamında Ürün Tasarımı ve Geliştirilmenin Doğrulanması sürecinin başında bir tasarıma odaklanarak süreci ilerletmek yerine tüm alternatiflerin eş zamanlı çalışılması, olası mühendislik kısıtlarının görülmesi ve revizyon gereken noktaların önden görüşülmesi gerekmektedir. Alternatifler arasında seçim yapılırken yine bir APQP aracı olan Tasarım FMEA yöntemi kullanılabilir.

Ürün Tasarımı ve Geliştirilmenin Doğrulanması süreci ilerledikten sonra karşılaşılan olumsuzluklar sonucu ürünün uygun bulunmayıp geri dönmesinin önlenmesi için faydalı olacak bir başka yalın ürün geliştirme ilkesi ise Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 12'dir. Bu ilke kapsamında görselleştirmenin gücünden ve görsel yönetimin olumlu etkisinden faydalanılır. Bu faydanın elde edilmesi için tasarlanan ürünün görsel prototipi oluşturulabilir, görsel montaj talimatları hazırlanabilir, 3D (3 Dimensional – 3 Boyutlu) tasarım yazılımları sayesinde eş parça montaj uyumları üretimden önce görsel olarak kontrol edilebilir. Görsel prototip oluşturulması adımında Endüstri 4.0 araçlarından olan eklemeli imalat yöntemi kullanılabilir. Endüstri 4.0. ilk olarak 2011 yılında Alman ekonomisini geliştirmek için ortaya atılan, içerisinde Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID-Radio Frequency Identification), Kurumsal Kaynak Planlama (ERP-Enterprise Resources Planning), Nesnelerin İnterneti (IoT-Internet of Things), bulut tabanlı üretim, dijital ikiz, eklemeli imalat ve sosyal ürün geliştirme dahil olmak üzere çok sayıda teknolojiyi ve ilişkili paradigmayı kapsayan yeni bir kavramdır (Lu, 2017:1). Endüstri 4.0. araçları içerisinde yer alan eklemeli imalat yöntemi, üç boyutlu baskı yapabilen yeni nesil yazıcılar sayesinde ürünün seri imalata alınmadan önce kalıp, fikstür gibi ekipmanlara ihtiyaç duyulmaksızın üretilmesine imkân sağlar. Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 12 kapsamında tasarlanan ürünün eklemeli imalat yöntemi ile görselleştirilmesi, seri

imalat sonrası fark edilecek hataların önüne geçilmesini sağlar. Bu şekilde zaman ve maliyet kaybının önüne geçilmektedir.

Ürün tasarım süreci devam ederken, Süreç Unsuru İlke 3 kapsamında takt zamanı hesaplanmalı, tasarım ve doğrulama sürecinin içerisinde yer alan işlemlerin sürelerinin takt süresine uyumlu olmayanları için dengeleme çalışmaları yapılarak seviyelendirilmiş bir süreç tasarımı ortaya konmalıdır. Kişiler arasında iş yükü dengesi sağlandıktan sonra kanban uygulaması ile iş parçalarının çekme usulü ilerlemesi sağlanmalıdır. Bunun yanı sıra eş zamanlı mühendislik yapılarak işlerin paralel yürütülmesi sürecin daha etkin yönetilmesini sağlayacaktır. Örneğin beş alt parçası olan bir ürünün tasarımının tamamının bitmesi beklenmeden, biten parçalar görsel prototipin üretilmesi ve test edilmesi aşamasına alınabilir. Böylece süreç eş zamanlı yönetilerek üretimdeki tek parça akış benzeri bir akış sağlanmış olabilir.

APQP Bölüm 3 Süreç Tasarımı ve Geliştirmenin Doğrulanması adımıdır. Bu adımda tasarlanmış olan ürünün üretileceği sürecin tasarımı ve doğrulaması yapılmaktadır. Her bölümde olduğu gibi bu bölümde de Süreç Unsuru İlke 1 kapsamında değer tanımı yapılmalı, değerin oluşmasına mâni olan ya da geciktiren israflar yok edilmeli, yok edilemeyen zorunlu israflar azaltılmalıdır.

Bu adımın girdileri olan tasarım FMEA, montaj için tasarım, tasarım doğrulaması, tasarım incelemeleri, prototipler ve kontrol planları, mühendislik spesifikasyonları, yeni ekipman alet gereksinimleri gibi iş adımları ve içerikler için Süreç Unsuru İlke 4 kapsamında standartlaştırma sağlanmalıdır. Bunun yanı sıra tasarlanan süreçler talimatlar, SOP'ler (Standart Operasyon Prosedürü) ile standart hale getirilmelidir.

Ürünün üretileceği sürecin tasarımında Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 11 kapsamında teknolojiden faydalanılarak süreç simülasyonları ile önden doğrulama yapılmalıdır. Bu sayede erken müdahale ile süreç revizyonları yapılabilir. Günümüzde ürün ve süreç tasarımlarının Endüstri 4.0. sayesinde pek çok hatadan arındırılması mümkün kılınmıştır. Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 11 kapsamında Endüstri 4.0. bileşenlerinden faydalanılarak üretim süreci simülasyon yazılımları ile modellenebilir. Örneğin bir döküm süreci döküm analiz yazılımı ile ilk bilgisayar ortamında gerçekleştirilir. Olası döküm hataları yazılımda tespit edilir. Buna göre döküm kalite hatalarını giderecek şekilde ürün ve ürüne şeklini verecek olan kalıp tasarımları revize edilebilir. Ya da bir montaj hattı için hat tasarımı ergonomi simülasyonu yazılımında modellenerek, çalışan çalışma koşullarını olumsuz etkileyen ürün bileşenleri üretime başlamadan önce revize edilebilir. Bir başka örnekte süreç simülasyonu yapan

yazılımlar ile işletmenin dijital ikizi oluşturulabilir ve farklı işlemlerden gelen parçaların ortak üretim bandına eş zamanlı girememesi gibi problemler önceden tespit edilerek, buna sebebiyet veren tasarım kaynaklı bir gereklilik var ise revize edilebilir. Endüstri 4.0. bileşenlerinden IoT de yine Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 11 kapsamında etkin kullanılacak araçlardandır. Ürün kalitesinin ve üretilebilirliğin kontrol altında tutulması için uygulanan SPC çalışmalarında IoT'den faydalanılabilir. Örneğin CNC (Computer Numerical Control – Bilgisayarlı Sayısal Kontrol) tezgahlarına kesici takım gibi takılabilen ölçüm aparatları ile düzenli olarak her parçada kritik ölçü ölçümü yapılabilir ve SPC tabloları otomatik olarak oluşturulabilir. Yanı sıra bluetooth özellikli ölçüm aletleri ile manuel ölçümler de anlık olarak bilgisayar ortamına kaydedilebilir ve SPC tabloları daha kolay oluşturulabilir. Tüm bu teknolojik araçlar tasarım ve doğrulama süreçlerinde oluşan israfların önüne geçerek daha yalın bir süreç yönetimi sağlanır.

Bunun yanı sıra tasarlanan ürün için dijital prototipler de yapılabilir. DMU (Digital Mock-Up) adı verilen dijital prototipler, bir ürünün yapısı, bileşenleri ve montajının mekânsal ve işlevsel analizlerini desteklemek için kullanılan, bilgisayar içi bir ürün temsilidir. Fiziksel prototiplerin sanal bir alternatifi olarak, geliştirme süresi ve maliyetlerini azaltmaya, tasarım hatalarını en aza indirmeye yönelik bir araçtır. Ürünün geometri ve davranışını simüle ederek, potansiyel sorunların erken tespiti sağlanır ve ürün geliştirme süreci boyunca disiplinler arası iş birliği teşvik edilir. Bu yaklaşım, karar alma süreçlerini ve verimliliği önemli ölçüde artırarak, modern üretim ve mühendislik tasarımında değerli bir araç haline gelir (Krause ve Rothenburg, 2004:304).

Görsel Yönetim farklı kişilere zamanında bilgiye erişim sağlayan bir "bilgi alanı" oluşturan bir bilgi yönetimi aracıdır. Görsel yönetim, yalın üretimin temel ilkelerinden biri olan süreç şeffaflığının artırılması ile doğrudan ilişkilidir. Süreç şeffaflığı, bir üretim sürecinin insanlarla iletişim kurabilmesi ve işleyişinin gözlemlenebilir olmasıdır. Ayrıca, görselleştirme teknikleri bilgi fazlalığını önlemenin yanı sıra, farklı paydaşlar arasında iletişimi kolaylaştırmak ve belirsizlik ve karmaşıklığın yüksek olduğu ortamlarda, bu durumların yönetilmesine destek olmak amacıyla kullanılabilir (Pedo ve diğerleri, 2022:2). Bu sebeple üretim süreci tasarımı yapılırken Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 12 kapsamında görsel talimatlar ile süreç kolaylaştırma ve doğrulama yapılmalıdır. Ölçüm sistemlerinin analiz ve iyileştirilmesi amacıyla yapılan MSA çalışmaları görselleştirilerek uygulama kolaylığı sağlanabilir ve etkinliği arttırılabilir. Makine ekipman kısıtları görselleştirilerek, süreç tasarımı

kolaylaştırılabilir. Görsel montaj talimatları ile hem ürün tasarımı montaj yetkinliğine göre standartlaştırılabilir hem de montaj işlemi bu doğrultuda standartlaştırılabilir.

APQP Bölüm 4 ürün ve sürecin geçerliliğinin sağlanmasıdır. Bu bölümde amaç yeni geliştirilen ürünün ve üretim sürecinin, müşteri gereksinimlerini karşılayacak şekilde tekrarlanabilir, kararlı ve kontrol altında olduğunu kanıtlamaktır. Bu sebeple bu aşamada yapılan ürün ve süreç tasarımının denenmesi ve doğrulanması gerçekleştirilir. Bu adımda da Süreç Unsuru İlke 1 kapsamında her adımda olduğu gibi beklenmekte olan çıktıları sağlamak için değer tanımı yapılmalı, sürecin içerdiği israflar tespit edilerek ortadan kaldırılmalı, ortadan kaldırılamayan ve zorunlu israflar azaltılmalıdır.

Üretim parçasının doğrulanması için Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 13 kapsamında PPAP sürecini standart hale getirecek talimatlar, SOP'ler hazırlanmalıdır. Bu sayede PPAP sürecinin her seferinde aynı şekilde yapılması kontrol altına alınmış olacaktır.

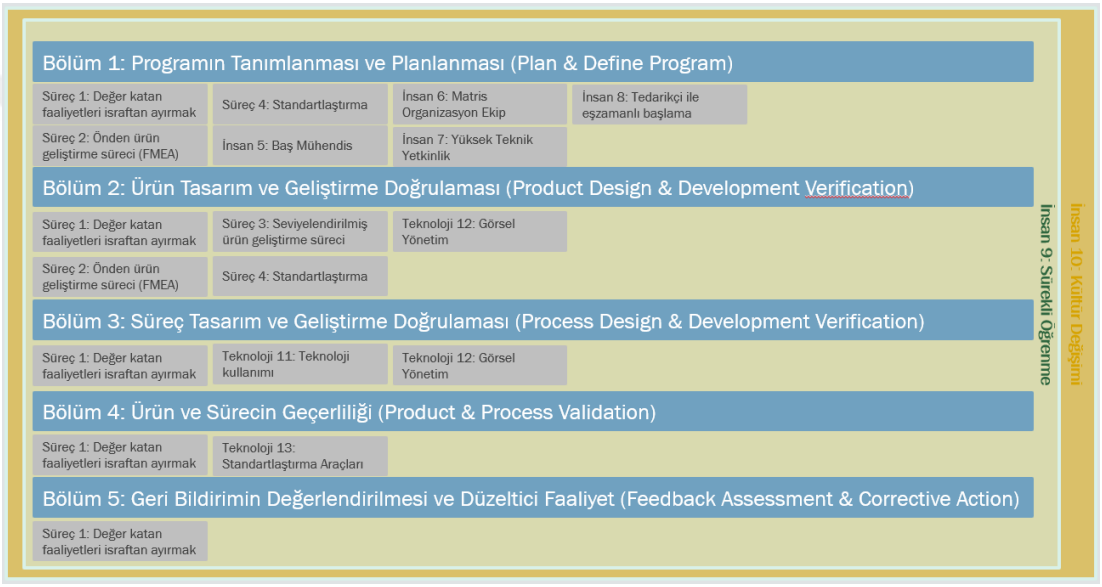
APQP Bölüm 5 Geri Bildirimin Değerlendirilmesi ve Düzeltici Faaliyettir. Bu aşamada yalın ürün geliştirme sisteminin Süreç Unsuru İlke 4'te aktarılan standartlaşmadan faydalanılarak varyasyon azaltılır.

Geri bildirimin yayılımının sağlanması ve düzeltici faaliyetlerin yürütülmesi için Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 11 kapsamında bu işlemlerin dijitalleştirilmesi sağlanabilir. Endüstri 4.0'ın bulut teknolojileri aracı sayesinde işletme içerisinde yapılan her çalışmanın bulut sisteminde tutulması, çalışan herkesin erişimine açılması, değişiklik ve okuma yetkileri kişi bazlı hak yönetimi ile düzenlenmesi geri bildirim ve düzeltici faaliyet sürecinin standartlaştırılmasına destek sağlar. Yanı sıra geri bildirim ve düzeltici faaliyet süreçlerine özel yazılmış yazılımlar ile sürecin içermesi gereken iş adımlarının ve uygulamanın niteliğinin de arttırılması sağlanabilir. Günümüz teknolojisinde basılı dokümanlar ile yürütülen tüm süreçlerin dijitalleştirilmesini sağlayan iş akış yönetimi yazılımları, ile entegre doküman yönetim sistemi yazılımları hem geri bildirim sürecinin hem de düzeltici faaliyet sürecinin dijitalleştirilmesi ile israflardan arındırılmasına yardımcı olur.

APQP'nin beş aşaması ilerlerken en baştan en sona kadar yeni ürün geliştirme sürecinin İnsan Unsuru İlke 9 gereği sürekli öğrenmeyi ve İnsan Unsuru İlke 10 gereği kültür değişimini sürekli hale getirmek gerekmektedir. Sürekli iyileştirme felsefesi ile kurulan sistem her adımda bir öncekinden daha ileride olacaktır. Her seferinde küçük küçük sürekli iyileşmek ise bir kültür dönüşümü yaratacaktır.

APQP'nin 5 aşamasının her birinde yalın ürün geliştirme sisteminin on üç ilkesinden hangilerinin kullanılabileceği incelenmiş, ilgili maddeler APQP ilkeleri ile entegre edilmiştir. Bu sayede yeni ürün geliştirme süresi hem APQP'nin ürün kalitesini güvence altına almak üzere şart koştuğu ilkeleri, hem de yalın ürün geliştirme sisteminin kesintisiz bir akış sağlamak üzere israflardan arındırılmış bir süreç ortaya koymayı amaçlayan ilkelerini kapsayan yeni bir model ortaya çıkmıştır. Şekil 3'te APQP ilkelerine dayalı yalın ürün geliştirme sisteminin modeline yer verilmiştir.

Şekil 3: İleri Ürün Kalite Planlaması İlkelerine Dayalı Yalın Ürün Geliştirme Sistemi Modeli



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
BİR İMALAT İŞLETMESİNDE İLERİ ÜRÜN KALİTE PLANLAMASI İLKELERİNE DAYALI YALIN ÜRÜN GELİŞTİRME SİSTEMİ UYGULAMASI

Bu bölümde, bir önceki bölümde açıklanmış olan APQP ilkelerine dayalı yalın ürün geliştirme sistemi modelinin bir imalat işletmesinde uygulanmasına yer verilmektedir. Bu çerçevede ele alınan işletmenin ürün geliştirme sürecinin incelenmesi, mevcut durumunun analizi, ürün geliştirme sürecinin APQP unsurlarını sağlayacak şekilde yalın ürün geliştirme sistemi unsurlarının kullanılarak iyileştirilmesi sunulmaktadır.

4.1. İŞLETME HAKKINDA

Uygulama için seçilmiş olan işletme yapı malzemeleri sektöründe nihai müşteriye rezervuar üretimi yapmaktadır. İşletme Ege Bilgesinde faaliyet gösteren yapı malzemeleri sektöründe uzmanlaşmış yerli bir üretici firmadır. Modern üretim teknolojileri, deneyimli Ar-Ge ekibi ve müşteri odaklı yaklaşımıyla sektöre kaliteli ve yenilikçi ürünler sunmayı hedeflemektedir. 12.000 m^2 kapalı alanda üretim yapmakta olan işletmenin makine parkurunda tam otomatik enjeksiyon makineleri, kalıphane, montaj hatları ve kalite kontrol laboratuvarı yer almaktadır.

İşletme özellikle konut, otel ve ticari yapılara yönelik rezervuar çözümleri sunmaktadır. Ürün gamında kompakt rezervuar sistemleri (duvara monte, sıva altı ve sıva üstü), rezervuar panelleri (dokunmatik, manuel ve mekanik çeşitleriyle) iç takım grupları (şamandıra, vana, tahliye mekanizması vb.) tamamlayıcı banyo aksesuarları (havluluk, sabunluk, askılık vb.) yer almaktadır.

Müşteri portföyü; nihai tüketiciler, inşaat firmaları, yapı market zincirleri ve ihracat odaklı distribütörlerden oluşmaktadır. Ürünlerinin büyük bölümü Türkiye genelinde yaygın dağıtım ağıyla müşterilere ulaşmakta, bir bölümü ise özellikle Orta Doğu ve Balkan ülkelerine ihraç edilmektedir.

İşletme müşteri talepleri, pazar eğilimleri ve teknolojik gelişmeleri dikkate alarak yeni ürün geliştirme süreçlerine önem vermektedir. Ar-Ge departmanı, endüstriyel tasarım, mühendislik ve prototipleme aşamalarını kapsayan bir süreç yürütmektedir. Bu çalışma bahsi geçen işletmenin yeni ürün geliştirme sürecini kapsamaktadır.

4.2. UYGULAMADA ELE ALINAN SÜRECİN YAPISI

Uygulamada ele alınan süreç işletmeye müşteriden yeni bir ürün talebinin gelmesinden, bu talebin ürüne dönüşerek seri üretime alınmasına kadar geçen süreyi kapsamaktadır.

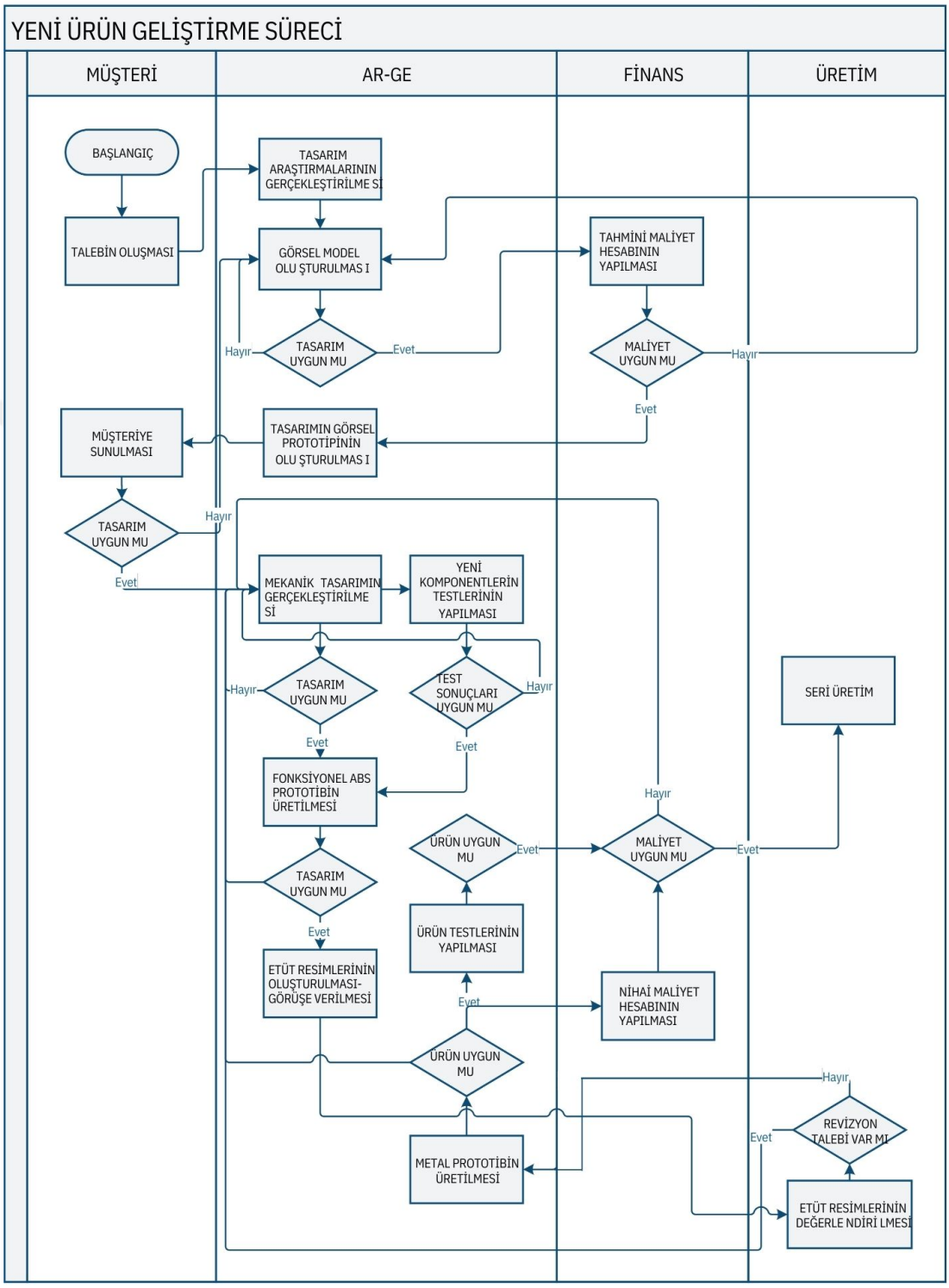
İşletmede yürütülen ürün geliştirme süreci müşterinin yeni ürün talebi ile başlamakta, işletme içerisinde öncelikle ürünün endüstriyel tasarımın yapılması ile devam etmektedir. Endüstriyel tasarımın tamamlanması ve müşteri tarafından onaylanması ile ürünün mekanik tasarımın yapılması aşaması başlamaktadır. Mekanik tasarımı yapılan ürün testlere tabi tutulmakta ve son olarak üretilebilirliği incelenip uygun bulunması durumunda seri üretime alınmaktadır. Şekil 4'te işletmede yürütülen yeni ürün geliştirme sürecinin akışı ifade edilmektedir.

Yeni ürün geliştirme sürecinin alt süreçleri Tablo 7'de ifade edilmiştir.

Tablo 7: Süreç Tanımları

Süreç Kodu	Süreç
A1	Müşteri Talebinin Gelmesi
A2	Tasarım Araştırmalarının Gerçekleştirilmesi
A3	Endüstriyel Tasarımın Gerçekleştirilmesi
A4	Tahmini Maliyet Hesabı
A5	Tasarım Görsel Prototipinin Oluşturulması
A6	Müşteriye Sunulması
A7	Mekanik Tasarımın Gerçekleştirilmesi
A8	Yeni Komponent Testlerinin Yapılması
A9	Fonksiyonel ABS Prototipin Üretilmesi
A10	Etüt Resimlerinin Oluşturulması- Görüşe Sunulması
A11	Etüt Resimlerinin Değerlendirilmesi
A12	Metal prototipin Üretilmesi
A13	Ürün Testlerinin Yapılması
A14	Nihai Maliyet Hesabı Yapılması
A15	Seri Üretime Alınması

Şekil 4: Yeni Ürün Geliştirme Süreci



A1 kodlu ilk süreç müşteri talebinin işletmeye ulaşmasıdır. Müşteri istediği ürünün piyasa konumlanmasını istediği segmenti, hedef fiyatı ve amaçladığı tasarım tarzını yazılı bir şekilde elektronik ortamdan işletmeye ulaştırır.

A2 kodlu ikinci süreç tasarım araştırmalarının gerçekleştirilmesidir. Bu süreç içerisinde görevlendirilen endüstriyel tasarımcı talep edilen ürüne yönelik tasarım araştırmalarını gerçekleştirir. Bu araştırmalar içerisinde rakip ürünler, yeni trendler, esinlenebilecek materyaller vb. tasarım girdilerine erişim için yapılan çalışmalar bulunmaktadır.

A3 kodlu üçüncü süreç endüstriyel tasarımın gerçekleştirilmesidir. Bu süreç içerisinde tasarım araştırmaları sürecinin çıktıları girdi olarak kullanılarak, talep edilen ürünün görsel tasarımı oluşturulur. Ortaya çıkan bu tasarıma kabuk model adı da verilmektedir. Çünkü ürünün sadece dış görüntüsü oluşmuştur. Fonksiyonel anlamda nasıl çalışacağı belirlenmemiştir.

A4 kodlu dördüncü süreçte endüstriyel tasarımı ortaya çıkan ürünün tahmini üretim maliyeti hesaplanır. Bu hesaplama yapılırken, daha önce üretilmiş, yeni ürünün tasarımına benzeyen, benzer süreçlerden geçecek ve benzer ağırlıkta olan ürünlerin üretim maliyetleri referans alınır.

A5 kodlu beşinci süreç tasarımın görsel prototipinin oluşturulması sürecidir. Bu süreçte endüstriyel tasarımı oluşan ürünün üç boyutlu modeli kullanılarak 3D yazıcılar yardımıyla prototipi oluşturulur.

A6 kodlu altıncı süreçte görsel olarak hazırlanan ve 3D yazıcıdan basılan ürün müşteriye sunulur. Tahmini maliyet hesabı ve görsel prototipin oluşturulması süreçlerinin çıktısı bu sürecin girdisini oluşturmaktadır. Bu sürecin çıktısı ise müşteri onayıdır.

A7 kodlu yedinci süreçte onaylanmış olan tasarımın fonksiyonel olarak çalışmasını sağlamak amacıyla mekanik tasarım gerçekleştirilir. Bu süreçte üç boyutlu tasarım yazılımları kullanılır.

A8 kodlu sekizinci süreçte mekanik tasarım sürecinde kullanılmasına karar verilen yeni ürün parçalarının laboratuvar testleri yapılır. Bu testlerin içerisinde ömür testi, korozyon testi, ölçü kontrolü gibi standart gereği testler bulunmaktadır.

A9 kodlu dokuzuncu süreçte mekanik tasarımı tamamlanan ürünün 3D yazıcılar kullanılarak prototipi üretilir. Bu prototip üretilirken ürünün bazı parçaları mevcutta kullanılan parçalar ise ürün montajlanırken bu parçalar kullanılır. İlk defa kullanılacak parçalar varsa bu parçalar da 3D yazıcıdan baskı alınır.

A10 kodlu onuncu süreçte üç boyutlu tasarımı yapılan ürünün iki boyutlu teknik resimleri oluşturulur. Bu resimler ve fonksiyonel prototip ürünün üretiminden sorumlu ekiplere dağıtılarak görüşe sunulur.

A11 kodlu on birinci süreçte hazırlanan teknik resimler üretiminden sorumlu ekip tarafından değerlendirilerek üretilebilirliğine dair görüş bildirilir.

A12 kodlu on ikinci süreçte eğer üretim ekibi parçanın üretilebileceğini ifade etmişse ürünün metal prototipi üretilir.

A13 kodlu süreçte metal prototipi üretilen ürünün gerekli laboratuvar testleri gerçekleştirilir.

A14 kodlu süreçte kesinleşen ürünün fiili ağırlığı, belirlenen üretim akışı göz önünde bulundurularak üretim maliyeti hesaplanır.

A15 kodlu süreçte ürün geliştirme sürecini tamamlayan ürün seri üretime alınır.

4.2.1. Uygulamada Ele Alınan Süreçten Sorumlu İnsan Kaynağı

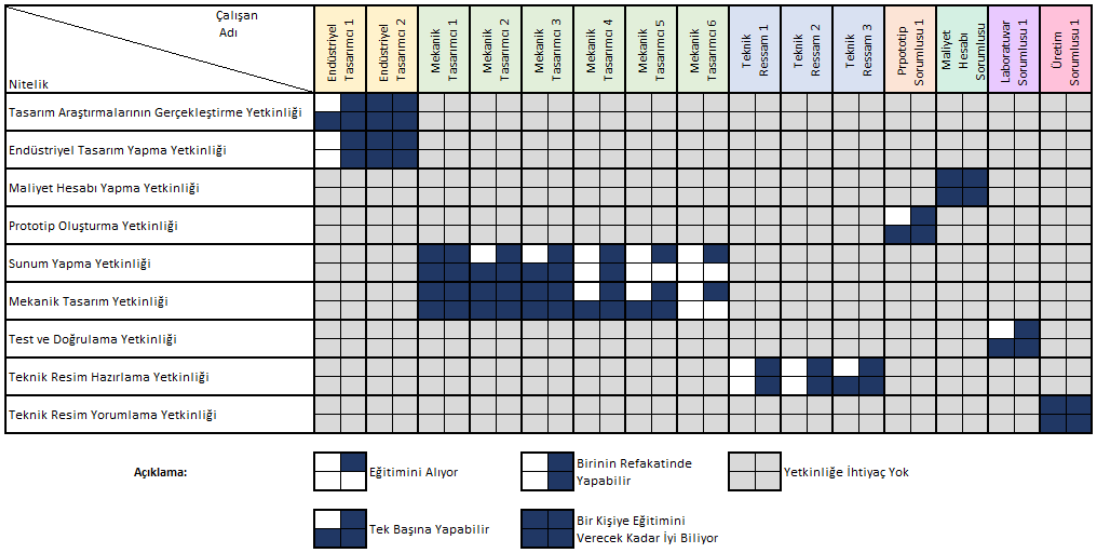
İşletmede yürütülen ürün geliştirme sürecinde görevli toplam on beş kişi bulunmaktadır. Tablo 8'de insan kaynağının görevlere göre dağılımına yer verilmiştir.

Tablo 8: İnsan Kaynağı Görev Dağılımı

Pozisyon	**Kişi Sayısı**
Endüstriyel Tasarımcı	2
Mekanik Tasarımcı	6
Teknik Ressam	3
Prototip Sorumlusu	1
Maliyet Hesabı Sorumlusu	1
Laboratuvar Sorumlusu	1
Üretim Sorumlusu	1

İnsan kaynağı yetkinliğine dair süreç sahipleri ile sezgisel olarak yapılan polivalans tablosu Tablo 9'da ifade edilmiştir.

Tablo 9: Polivalans Tablosu



4.2.2. Tasarım Yapı Matrisi

Süreçlerin birbiri ile ilişkilerini ve geri dönüşleri ifade etmek için tasarım yapı matrisinden faydalanılmıştır. Matriste sürecin ilgili olduğu diğer süreçler için 1 yazılmıştır. İlişki olmayan durumlar için matristeki ilgili hücre boş bırakılmıştır. Matrisin okuma yönü sol üst kısmında da ifade edildiği üzere sütundan satıradır. Köşegenin üstünde kalan kısımlarda yer alan 1'ler sürece geri yönlü bir akış olduğunu ifade eder. Tablo 10'da mevcut duruma ait tasarım yapı matrisine yer verilmiştir.

4.2.3. Süre Analizleri

İşletmede yürütülen yeni ürün geliştirme sürecine dair veri analizi yapılabilmesi amacıyla süreçlere dair süre analizleri gerçekleştirilmiştir. Yeni ürün talepleri baştan sonra izlenmiş süreçlerin süreleri toplanmıştır.

Yeni ürün geliştirme sürecinde yer alan her alt sürecin bir kez işletildiği durumda toplam ürün geliştirme süresi 33 hafta olarak ölçülmüştür. Şekil 5'te her sürecin ilk seferde doğru yürütülmesi şartına bağlı olarak hazırlanan yeni ürün geliştirme sürecine ait Gantt Şeması'na yer verilmiştir.

Tablo 10: Mevcut Durum Tasarım Yapı Matrisi

	Süreç Kodu	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
Süreç Kodu	Süreç (Okuma yönü sütundan satıra)	Müşteri Talebinin Gelmesi	Tasarım Araştırmalarının Gerçekleştirilmesi	Endüstriyel Tasarımın Gerçekleştirilmesi	Tahmini Maliyet Hesabı	Tasarım Görsel Prototibinin Oluşturulması	Müşteriye Sunulması	Mekanik Tasarımın Gerçekleştirilmesi	Yeni Komponent Testlerinin Yapılması	Fonksiyonel ABS Prototibin Üretilmesi	Etüt Resimlerinin Oluşturulması - Görüşe Sunulması	Etüt Resimlerinin Değerlendirilmesi	Metal Prototibin Üretilmesi	Ürün Testlerinin Yapılması	Nihai Maliyet Hesabı Yapılması	Seri Üretime Alınması
A1	Müşteri Talebinin Gelmesi	A1														
A2	Tasarım Araştırmalarının Gerçekleştirilmesi	1	A2													
A3	Endüstriyel Tasarımın Gerçekleştirilmesi		1	A3	1		1									
A4	Tahmini Maliyet Hesabı			1	A4											
A5	Tasarım Görsel Prototibinin Oluşturulması				1	A5										
A6	Müşteriye Sunulması					1	A6									
A7	Mekanik Tasarımın Gerçekleştirilmesi						1	A7	1	1		1	1	1	1	
A8	Yeni Komponent Testlerinin Yapılması							1	A8							
A9	Fonksiyonel ABS Prototibin Üretilmesi							1	1	A9						
A10	Etüt Resimlerinin Oluşturulması - Görüşe Sunulması									1	A10					
A11	Etüt Resimlerinin Değerlendirilmesi										1	A11				
A12	Metal Prototibin Üretilmesi											1	A12			
A13	Ürün Testlerinin Yapılması												1	A13		
A14	Nihai Maliyet Hesabı Yapılması												1		A14	
A15	Seri Üretime Alınması													1	1	A15

1	İlişki var
Boş	İlişki yok

Doluluk Oranı:	11%

Şekil 5: Yeni Ürün Geliştirme Gantt Şeması

Süreç Kodu	Süreç	Süre	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta	8. Hafta	9. Hafta	10. Hafta	11. Hafta	12. Hafta	13. Hafta	14. Hafta	15. Hafta	16. Hafta	17. Hafta	18. Hafta	19. Hafta	20. Hafta	21. Hafta	22. Hafta	23. Hafta	24. Hafta	25. Hafta	26. Hafta	27. Hafta	28. Hafta	29. Hafta	30. Hafta	31. Hafta	32. Hafta	33. Hafta
A1	Müşteri Talebinin Gelmesi																																	
A2	Tasarım Araştırmalarının Gerçekleştirilmesi	2																																
A3	Endüstriyel Tasarımın Gerçekleştirilmesi	5																																
A4	Tahmini Maliyet Hesabı	1																																
A5	Tasarım Görsel Prototibinin Oluşturulması	1																																
A6	Müşteriye Sunulması	1																																
A7	Mekanik Tasarımın Gerçekleştirilmesi	9																																
A8	Yeni Komponent Testlerinin Yapılması	4																																
A9	Fonksiyonel ABS Prototibin Üretilmesi	1																																
A10	Etüt Resimlerinin Oluşturulması - Görüşe Sunulması	3																																
A11	Etüt Resimlerinin Değerlendirilmesi	2																																
A12	Metal Prototibin Üretilmesi	2																																
A13	Ürün Testlerinin Yapılması	3																																
A14	Nihai Maliyet Hesabı Yapılması	1																																
A15	Seri Üretime Alınması																																	

4.3. MEVCUT DURUM HARİTASININ ÇİZİLMESİ

Mevcut durum haritasının çizilmesi için ilk adım müşterinin talebinin sürece tempo vermesini sağlamak amacıyla takt zamanının hesaplanmasıdır. Bu hesaplama için müşteri talebi ve bu talebi sağlamak için işletmenin ayırdığı çalışma zamanı verileri incelenmiştir.

Geçmiş yılların talepleri incelendiğinde ve gelecek yıllara ait bütçe tahminlerine bakıldığında müşteri yılda ortalama altı yeni ürün talebinde bulunmaktadır.

İşletmenin yeni ürün geliştirme ekibi çalışma süresi, yıllık tatiller düşüldüğünde 48 hafta olarak ölçülmüştür.

Takt Zamanı = Çalışma Süresi / Müşteri Talebi

Takt Zamanı = 48 / 6 = 8 Hafta / Yeni ürün olarak hesaplanmıştır.

Takt zamanı sonrasında yeni ürün geliştirme sürecinde yer alan her iş adımının sorumlusu ile gölgeleme çalılşması yürütülmüştür. Bu gölgeleme çalışmasında kişinin çalışma günü boyunca yanında kalınarak (gölgesi gibi) çalışmalarına eşlik edilmiş ve gözlemlenmiştir. Gözlemler esnasında gözlem sonuçları raporlanmış ve bir sürecin ilk kez işletilmesi ile tekrar işletmeleri arasında süre farkı olduğu ölçülmüştür. Örneğin A7 Mekanik Tasarımın Gerçekleştirilmesi Süreci ilgili ürün için ilk defa yapılıyorsa 9 hafta sürmektedir. Fakat herhangi bir süreçte uygunsuzluk bulunup mekanik tasarım sürecinin yeniden işletilmesi kararlaştırılmışsa, bu yeniden işletmede süre 4 haftaya düşmektedir. Tablo 11'de süreçlerin ilk kez ve tekrarlı işletmelerdeki işlem süreleri bilgilerine yer verilmiştir.

Tablo 11: İşlem Süreleri Tablosu

Süreç Kodu	Süreçler	İlk Kez Yapma İşlem Süresi (Hafta)	Yeniden İşleme İşlem Süresi (Hafta)
A1	Müşteri Talebinin Gelmesi		
A2	Tasarım Araştırmalarının Gerçekleştirilmesi	2	
A3	Endüstriyel Tasarımın Gerçekleştirilmesi	5	4
A4	Tahmini Maliyet Hesabı	1	1
A5	Tasarım Görsel Prototipinin Oluşturulması	1	1
A6	Müşteriye Sunulması	1	1
A7	Mekanik Tasarımın Gerçekleştirilmesi	9	4
A8	Yeni Komponent Testlerinin Yapılması	4	2
A9	Fonksiyonel ABS Prototipin Üretilmesi	1	1
A10	Etüt Resimlerinin Oluşturulması- Görüşe Sunulması	3	2
A11	Etüt Resimlerinin Değerlendirilmesi	2	2
A12	Metal Prototipin Üretilmesi	2	2
A13	Ürün Testlerinin Yapılması	3	3
A14	Nihai Maliyet Hesabı Yapılması	1	1
A15	Seri Üretime Alınması		

Oluşturulmuş olan tasarım yapı matrisi incelendiğinde bazı süreçlere olan birden fazla geri dönüşler sebebiyle süreçlerin birbirinden farklı tekrar sayıları ile işletildiği gözlemlenmiştir. Tablo 12'de her sürecin her karar noktasından bir kez geri dönüş aldığı varsayımı ile hazırlanmış tekrar işleme sayısı bilgilerine yer verilmiştir.

Tablo 12: Süreç Tekrar Etme Sayısı Tablosu

Süreç Kodu	Süreçler	İlk + Yeniden İşleme Sayısı
A1	Müşteri Talebinin Gelmesi	1
A2	Tasarım Araştırmalarının Gerçekleştirilmesi	1
A3	Endüstriyel Tasarımın Gerçekleştirilmesi	4
A4	Tahmini Maliyet Hesabı	3
A5	Tasarım Görsel Prototipinin Oluşturulması	2
A6	Müşteriye Sunulması	2
A7	Mekanik Tasarımın Gerçekleştirilmesi	6
A8	Yeni Komponent Testlerinin Yapılması	2
A9	Fonksiyonel ABS Prototipin Üretilmesi	5
A10	Etüt Resimlerinin Oluşturulması- Görüşe Sunulması	4
A11	Etüt Resimlerinin Değerlendirilmesi	4
A12	Metal Prototipin Üretilmesi	3
A13	Ürün Testlerinin Yapılması	3
A14	Nihai Maliyet Hesabı Yapılması	3
A15	Seri Üretime Alınması	1

Sürece dair bilgilerin toplanmasının ardından yeni ürün geliştirme sürecinde yer alan insan kaynaklarına dair incelemeler yapılmıştır. Kişiler ile yapılan birebir görüşmeler ve günlük işlerinde yer alan görevler incelendiğinde tüm çalışanların zamanının tamamını yeni ürün geliştirme süreci için harcamadığı tespit edilmiştir. Tablo 13'te her bir süreçte her alan insan kaynağı sayısı ve bu kişilerin toplam zamanı içerisinde yeni ürün geliştirme sürecine ayırdıkları sürenin oranına yer verilmiştir.

Mevcut durum haritasının çizilmesi için toplanan tüm veriler ve bu verilere göre hazırlanan veri tablosu Tablo 14'te ifade edilmiştir.

Elde edilen veriler doğrultusunda hazırlanan mevcut durum haritasına Şekil 6'da yer verilmiştir.

Tablo 13: İnsan Kaynağı Süreç Katılım Oranı

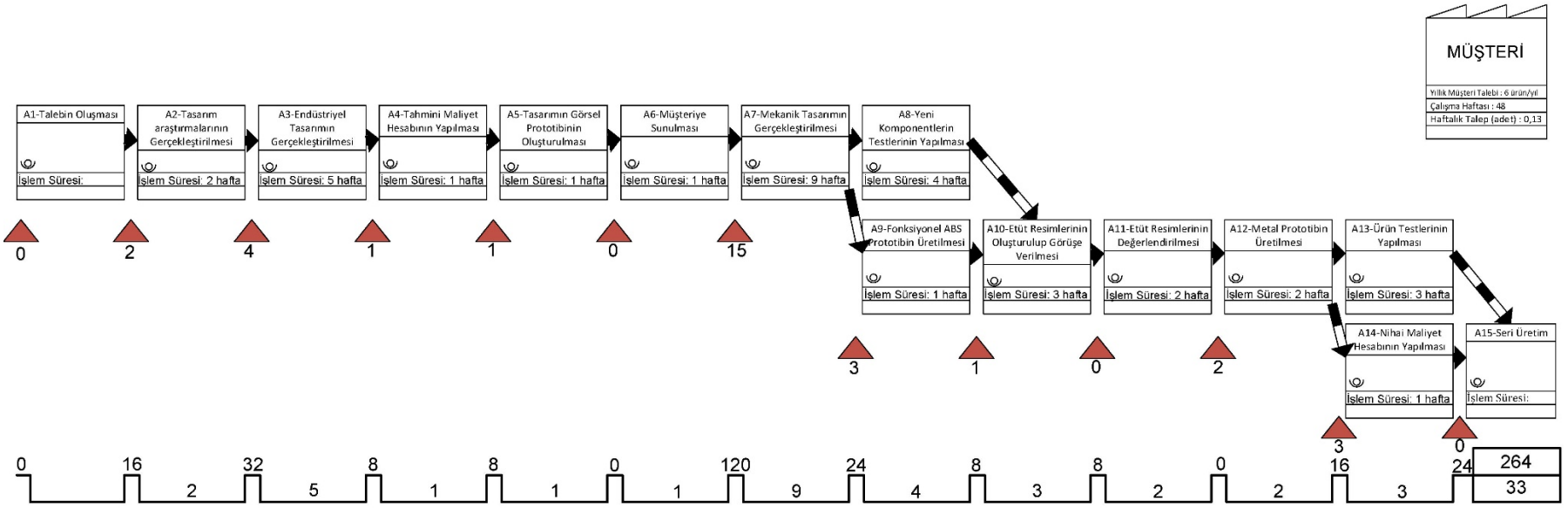
Süreç Kodu	Süreçler	İnsan Kaynağı Sayısı	Kaynaktaki Proje Oranı
A1	Müşteri Talebinin Gelmesi		
A2	Tasarım Araştırmalarının Gerçekleştirilmesi	2	85%
A3	Endüstriyel Tasarımın Gerçekleştirilmesi	2	85%
A4	Tahmini Maliyet Hesabı	1	60%
A5	Tasarım Görsel Prototipinin Oluşturulması	1	40%
A6	Müşteriye Sunulması	3	30%
A7	Mekanik Tasarımın Gerçekleştirilmesi	6	40%
A8	Yeni Komponent Testlerinin Yapılması	1	100%
A9	Fonksiyonel ABS Prototipin Üretilmesi	1	100%
A10	Etüt Resimlerinin Oluşturulması- Görüşe Sunulması	3	80%
A11	Etüt Resimlerinin Değerlendirilmesi	1	100%
A12	Metal Prototipin Üretilmesi	1	100%
A13	Ürün Testlerinin Yapılması	1	100%
A14	Nihai Maliyet Hesabı Yapılması	1	60%
A15	Seri Üretime Alınması	2	10%

Tablo 14: Mevcut Durum Veri Tablosu

Süreç Kodu	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	
Süreçler	Müşteri Talebinin Gelmesi	Tasarım Araştırmalarının Gerçekleştirilmesi	Endüstriyel Tasarımın Gerçekleştirilmesi	Tahmini Maliyet Hesabı	Tasarım Görsel Prototibinin Oluşturulması	Müşteriye Sunulması	Mekanik Tasarımın Gerçekleştirilmesi	Yeni Komponent Testlerinin Yapılması	Fonksiyonel ABS Prototibin Üretilmesi	Etüt Resimlerinin Oluşturulması - Görüşe Sunulması	Etüt Resimlerinin Değerlendirilmesi	Metal Prototibin Üretilmesi	Ürün Testlerinin Yapılması	Nihai Maliyet Hesabı Yapılması	Seri Üretime Alınması	
Talep Sayısı	6	6	24	18	12	12	36	12	30	24	24	18	18	18	6	
İlk + Yeniden İşleme Sayısı	1	1	4	3	2	2	6	2	5	4	4	3	3	3	1	
İlk Kez Yapma Çevrim Süresi (Hafta)		2	5	1	1	1	9	4	1	3	2	2	3	1		
Yeniden İşleme Çevrim Süresi (Hafta)			4	1	1	1	4	2	1	2	2	2	3	1		
İnsan Kaynağı Sayısı		2	2	1	1	3	6	1	1	3	1	1	1	1		
Kaynaktaki Proje Oranı		85%	85%	60%	40%	30%	40%	100%	100%	80%	100%	100%	100%	60%		
Toplam İş Yükü		7	60	30	30	13	73	36	30	23	48	36	54	30		
Takta Uyum		15%	125%	63%	63%	28%	151%	75%	63%	47%	100%	75%	113%	63%		
Bekleyen İş Sayısı		2	4	1	1		15	3	1	1	0	2	3	0		**33**
Bekleyen İş Hafta Karşılığı		16	32	8	8	0	120	24	8	8	0	16	24	0	0	**264**

Yıllık Müşteri Talebi	6 ürün/yıl
Çalışma Haftası	48
Haftalık Talep (adet)	0,13

Şekil 6: Mevcut Durum Haritası



Mevcut durum haritası incelendiğinde bazı süreçlerde yaşanan geri dönüşlerin sürecin bütününde aksamalara yol açtığı, bazı süreçlerde işlem sürelerinin uzunluğu ve insan kaynakları süreç katılım oranlarının bütünü olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir.

Problem noktaları incelenecek olursa; geri dönüş sayısı yüksek olan iki süreç endüstriyel tasarımın gerçekleşmesi ve mekanik tasarımın gerçekleşmesi olarak gözlemlenmiştir. Tablo 15'te geri dönüşü yüksek süreçlerin hangi süreçler tarafından tekrarlanması için tetiklendiği ve tekrar sayılarına yer verilmiştir.

Tablo 15: Tekrar Sayısı Yüksek Süreçler

Süreç Kodu	**Süreç**	**Geri Dönülen Süreçler**						**Toplam Dönüş Sayısı**
A3	Endüstriyel Tasarımın Gerçekleştirilmesi	A4	A6					2
A7	Mekanik Tasarımın Gerçekleştirilmesi	A8	A9	A11	A12	A13	A14	6

Geri dönüş süreçleri incelendiğinde; Endüstriyel Tasarım Süreci'ne geri dönüşlerin A4-Tahmini Maliyet Hesabı ve A6-Müşteriye Sunulması süreçleri olduğu görülmüştür. Mekanik Tasarımın Gerçekleştirilmesi Süreci'ne geri dönüşler incelendiğinde ise, A8 Yeni Komponent Testlerinin Yapılması, A9 Fonksiyonel ABS Prototipin Üretilmesi, A11 Etüt Resimlerinin Değerlendirilmesi, A12 Metal Prototipin Üretilmesi, A13 Ürün Testlerinin Yapılması, A14 Nihai Maliyet Hesabı Yapılması süreçleri olduğu gözlemlenmiştir.

Yalın Ürün Geliştirme Süreci ilkelerine göre mevcut durum incelendiğinde, her ilke kapsamında aşağıda belirtilen sorunlar tespit edilmiştir:

Süreç Unsuru İlke 1: Değer katan faaliyetleri israftan ayırmak için müşteri odaklı değer oluşturun.

- Mekanik tasarım bölümündeki insan kaynağının hem yeni ürün tasarımı için hem de seri imalatı devam eden mevcut ürünlerin geliştirme ve revizyon işlemleri için ortak kullanıldığı, bu durumda da tasarım yapan kişilerde yeni ürün tasarımı ve ürün geliştirme işlemleri arasında geçişte zaman kaybı ve odaklanma problemi oluştuğu tespit edilmiştir. Tasarım işleminin değer olarak

nitelendirildiği bu süreçte, kişilerin yeniden tasarıma odaklanması için geçen süre israf olarak tespit edilmiştir. Çünkü yeni ürün tasarım sürecinin müşterisi satış birimleri ve üretim birimleri tasarımcıdan sadece yeni ürün tasarımı talep etmekte ve iç müşteriler için değer yeni ürün tasarımı olmakta. Bu yeni ürün tasarımının müşteriye iletilmesini geciktiren her türlü işlem israf olarak nitelendirilmektedir.

- Benzer bir durum endüstriyel tasarım bölümü için de geçerlidir. Ortak kaynak kullanımı sebebiyle yeni ürün tasarımı ve işletmenin ihtiyacı olan kılavuz, etiket vb. grafik tasarım ihtiyaçları arasında geçişlerde zaman kaybı oluşmaktadır. Odaklanma ve uzmanlaşma olmadığı için grafik tasarım ihtiyaçları için fazlaca zaman harcanıp yeni ürün tasarımına yeterli zaman kalmamaktadır. Burada da endüstriyel tasarımın müşterisi olan mekanik tasarım birimi endüstriyel tasarımı tamamlanmış bir ürün talep etmektedir. Müşterinin talebi dışında üretilen her türlü tasarım ve beklemesine yol açan tüm yan görevler müşteri değerinin gecikmesine yol açan israflardır.

Süreç Unsuru İlke 2: Alternatif çözümleri baştan sona araştırmak için henüz azami seviyede tasarım alanı varken ürün geliştirme sürecine baştan ağırlık verin.

- Mevcut durum haritasından da anlaşılacağı üzere; alternatif çözümlerin her biri en baştan çalışılıp, hata türleri ve etkileri analiz edilmediği için geri dönüşler çoktur.

Süreç Unsuru İlke 3: Seviyelendirilmiş bir ürün geliştirme süreç akışı yaratın.

- Mevcut durum incelendiğinde, çekme tabanlı bir ürün geliştirme sürecinin olmadığı, müşteri talebi ile itilen ve müşteri talep hızından tempo almadan ilerleyen bir ürün geliştirme süreci gözlemlenmiştir.

Süreç Unsuru İlke 4: Sapmaları azaltmak, esneklik ve öngörülebilir sonuçlar yaratmak için çeşitli standartlaştırmalardan yararlanın.

- Yeni ürün geliştirme süreci her ne kadar yaratıcı ve yenilik dolu olsa da ortak komponent kullanılan noktalarında mekanik tasarım detayının ortaklaşması söz konusudur. Bu ortaklaşmanın olmadığı durumlarda komponent testleri sürecinden mekanik tasarım sürecine geri dönüşler yaşanmaktadır.

İnsan Unsuru İlke 5: Geliştirmeyi baştan sona kadar bütünleştirmek için bir baş mühendis sistemi geliştirin.

- Yeni ürün geliştirme süreci incelendiğinde, her kişinin üzerine görev geldiğinde görevini tamamlayıp sonraki işleme ilettiği, bütünü takip eden bir kişinin

olmadığı tespit edilmiştir. Bu da işlemlerde takılma durumunda problemi gören ve süreci ilerleten bir üst kontrolün eksikliğini işaret etmektedir.

İnsan Unsuru İlke 6: İşlev uzmanlığı ile işlevler arası bütünleşmeyi dengelemek için organize olun.

- Yeni ürün geliştirme sürecinin mevcut yönetimine bakıldığında başlangıçta konunun sadece Ar-Ge birimi tarafından yürütüldüğü, diğer bölümlerin dahil olduğu zamanda bazı aksiyonlar için geç kalındığı gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra projenin sadece dijital ortamda yürütülmesi durumunda bazı etkileşimlerin gözden kaçtığı fark edilmiştir.

İnsan Unsuru İlke 7: Bütün mühendislerde yüksek teknik yetkinlik geliştirin.

- Yeni ürün geliştirme süreci insan kaynağı polivalans çalışması yürütülerek incelendiğinde dar boğaz noktalarda yetkinlik arttırılması ihtiyacı gözlemlenmiştir.

İnsan Unsuru İlke 8: Tedarikçileri ürün geliştirme sistemiyle tamamen bütünleştirin.

- Yeni ürün geliştirme süreci incelendiğinde, özellikle Komponent Testlerinin Yapılması aşamasında tedarikçi ile önceden iletişime geçilmemesi durumundan kaynaklanan mekanik tasarım aşamasına geri dönüşler tespit edilmiştir.

İnsan Unsuru İlke 9: Öğrenmeyi ve sürekli iyileştirmeyi yerleştirin.

- Yeni ürün geliştirme sürecinde insan kaynağının eğitim almasının bir plan dahilinde değil, kişilerin bireysel talepleri ile oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu durumda talep edilen eğitimlerin konu ile direkt ilgili olma oranın düşüklüğü ve bireysel gelişim isteği ile doğru orantılı olduğu gözlemlenmiştir.

İnsan Unsuru İlke 10: Mükemmelliği ve bitmeyen bir iyileştirmeyi destekleyecek bir kültür yaratın.

- Yeni ürün geliştirme süreci incelendiğinde projeler kapsamında çalışan ekibin ortak hedefte birleşmediği tespit edilmiştir. Bunun gerekçesinin işletme stratejisinde Ar-Ge hedeflerinin payının bilinmemesi ve bölüm hedeflerinin kişisel hedeflere inmemesi olduğu tespit edilmiştir.

Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 11: Teknolojiyi insanlarınıza ve süreçlerinize uydurmak için uyarlayın.

- Mevcut durum incelendiğinde işletmeden genel olarak süreç yönetimi için yazılımlardan faydalanıldığı gözlemlenmiştir. Fakat bu yazılımlar bireyin kendi

iş takibi için faydalıdır. Birbirlerinden tetiklenerek çalıştıkları, öncelikleri tüm çalışanların gördüğü ve hizalandığı bir teknolojik çözüm gözlemlenmemiştir.

Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 12: Organizasyonunuzu basit, görsel iletişimle düzene sokun.

- Mevcut durum incelendiğinde yeni ürün geliştirmeden sorumlu ekibin çalışma ortamında görsel uyaranlar, görsel proje yönetimi, tanımlayıcı alanlar vb. gözlemlenmemiştir.

Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 13: Standartlaştırma ve örgütsel öğrenme için güçlü araçlar kullanın.

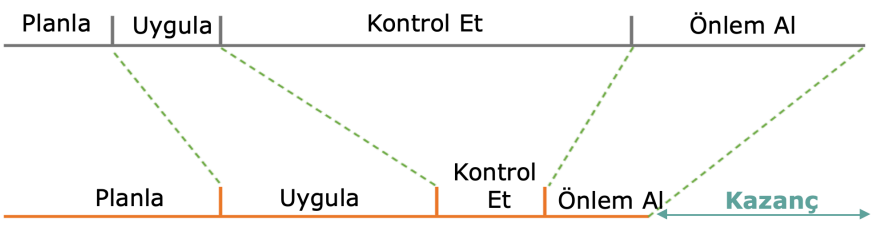
- Mevcut durum incelendiğinde süreç standartlaşmasını sağlamak için hazırlanmış dokümanlar bulunduğu fakat çalışanlar tarafından içselleştirilmediği gözlemlenmiştir.

4.4. GELECEK DURUM TASARIMI

Bu başlık altında dördüncü bölümde gerçekleştirilen mevcut durum analizinden elde edilen veriler, üçüncü bölümde ifade edilen model ile iyileştirilecek ve gelecek durum tasarımı gerçekleştirilecektir.

İleri ürün kalite planlamasına dayalı yalın ürün geliştirme sisteminin amacı PUKÖ (Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem Al) döngüsü mantığının ürün geliştirme sistemine adapte edilmesidir. Pek çok süreçte olduğu gibi ürün geliştirme sürecinde de iyi bir planlama süreci ve öğrenerek geliştirilmiş uygulama süreci, kontrol etme ve önlem alma sürecinin kısalmasını sağlar. Fakat iyi bir planlama olmaması durumunda olası hatalar ve tekrarlar ile ilk kez kontrol aşamasında karşılaşılacağı için proje süresi uzayacaktır. Şekil 7'de PUKÖ döngüsünün proje süresine etkisi görsel olarak ifade edilmiştir.

Şekil 7: PUKÖ Döngüsünün Proje Süresine Etkisi

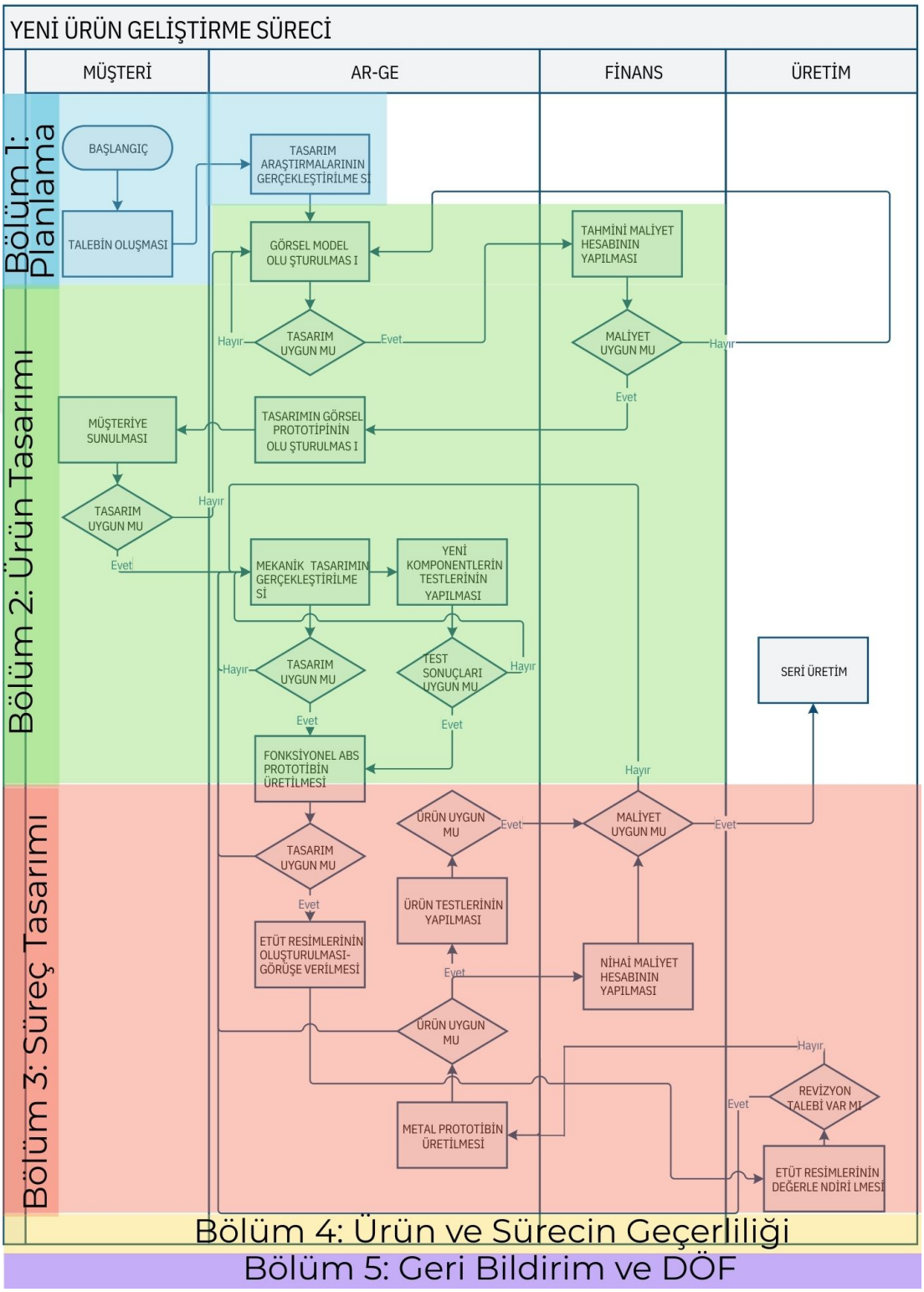


İşletmede yürütülen mevcut yeni ürün geliştirme süreci gelecek tasarımı yapılabilmesi amacıyla APQP adımlarına bölünmüştür. Sonrasında her bir adım APQP ilkelerine dayalı yalın ürün geliştirme süreci modelinde olduğu gibi hem APQP hem Toyota tarzı yalın ürün geliştirme sistemi ilkelerinin gereklerini içerecek şekilde yeniden tasarlanmıştır. Şekil 8'de işletmenin yeni ürün geliştirme sisteminin APQP adımlarına bölünmüş haline yer verilmiştir.

APQP'nin ilk adımı programın tanımlanması ve planlanmasıdır. APQP ilkelerine dayalı yeni ürün geliştirme sisteminde planlama adımında Süreç Unsuru İlke 1 kapsamında ilk olarak değer tanımı yapılmalıdır. Yeni ürün geliştirme sisteminde değer; müşterinin beklediği ürünü, beklediği zamanda, beklediği özelliklerde ve beklediği fiyatta müşteriye sunabilmektir. Mevcut durum analizinde görüldüğü üzere darboğaz olan mekanik tasarım ve endüstriyel tasarım işlemlerinde çalışanlar ortak kaynak olarak kullanıldığından dolayı israflar ortaya çıkmaktadır. Örneğin yeni ürün geliştirme için çalışan bir mekanik tasarım mühendisine mevcutta yürüyen bir ürünün revizyonu ile ilgili bir iş geldiğinde, yaptığı işi bırakması, yeni işe uyum sağlaması, yeni işi yapması, bittiğinde eski işte nerede kaldığını hatırlaması, bulduğu mekanik çözümü tekrar hatırlaması ve tasarıma tekrar başlaması gerekmektedir. Burada meydana gelen odak bozulması hem süre hem de motivasyon kaybı yaratmaktadır. Bu sebeple gelecek durumda mekanik tasarımda çalışan altı kişi; dördü kişi yeni ürün tasarımı yapacak, ikisi devam eden ürünler ile ilgili geliştirme operasyonlarına bakacak şekilde bölünmüştür. Endüstriyel tasarımda çalışan iki kişi ise biri yeni ürün tasarımı, biri devam eden devam eden işler için ihtiyaç duyulan tasarım işlerini yapacak şekilde görevlendirilmiştir.

İşletmede projeler ilk olarak endüstriyel tasarımcının belirlenmesi ve onun çalışmaya başlaması ile başlamaktadır. Tüm ekibin çalışmanın başında belirlenmesi, iyi bir planlama ile müşteri ile el sıkışılması gibi APQP planlama safhası girdileri sağlanmamaktadır. Bu sebeple APQP Planlama adımının ilk işlemi olan ekip kurulması için modelde de belirtildiği üzere İnsan Unsuru İlke 6 ile matris yapılı bir ekip, İnsan Unsuru İlke 5 ile bir baş mühendis, İnsan Unsuru İlke 7 ile yetkinlik arttırma, İnsan Unsuru İlke 8'e göre tedarikçinin ekibe dahil edilmesi gerekmektedir. Her adımda olduğu gibi ekip oluşturmada da Süreç Unsuru İlke 4 gereği standartlaştırma yapılmalıdır.

Şekil 8: Yeni Ürün Geliştirme Sürecinin APQP Adımlarına Göre İncelenmesi



Mevcut durum analizinde her yeni ürün geliştirme projesine ilişkin bahsedilmiş olan, her kişinin üzerine görev geldiğinde görevini tamamlayıp sonraki işleme iletmesi ve bütünü takip eden bir kişinin olmaması, bu sebeple işlemlerde takılma durumunda problemi gören ve prosesi ilerleten bir üst kontrolün eksikliğinin doğurduğu kontrol ihtiyacı sorunu da ekibe bir baş mühendis atanmasının standart hale getirilmesi yoluyla çözülmüştür.

Ekibe Ar-Ge, Üretim, Satın Alma, Tedarikçi, Müşteri Temsilcisi, Satış, Ambar gibi bölümlerden de ekip üyeleri dahil edilmiştir. Bu sayede mevcut durum analizinde bahsedilen projenin sadece Ar-Ge birimi tarafından yürütülmesi, diğer bölümlerin dahil olduğu zamanda bazı aksiyonlar için geç kalınması problemi çözülmüştür. Ek 1'de kurulan ekibin standartlaştırılmasını sağlayacak ve belirtilen ilkelerin gerekliliğini yerine getirecek ekip oluşturma formu paylaşılmıştır.

Bunların yanı sıra hem baş mühendis hem de ekip üyeleri için yetkinlik ihtiyaçları tekrar çalışılarak bir eğitim planı hazırlanmıştır. Bu da mevcut durum analizinde belirtilen darboğazlarda yetkinlik azlığı probleminin önüne geçecektir.

Ekip içerisinde tedarikçilerin de yer almasının sağlanması, mevcut durum analizinde belirtilen özellikle Komponent Testlerinin Yapılması aşamasında tedarikçi ile önceden iletişime geçilmemesi durumundan kaynaklı mekanik tasarım aşamasına geri dönüşleri engellemiştir. Olası problemler ilk görüşmelerde tedarikçi tarafından ekibe iletilmekte ve tekrarlı tasarımlar oluşmamaktadır.

Planlama aşamasında ekibin belirlenmesinden sonra proje planı yapılmaktadır. Bu proje planında israfların, tekrarların, beklemelerin önüne geçebilmek için eş zamanlı yürütülebilecek işlere dikkat edilmiştir. Örneğin, ürün tasarımının tamamen bitmesi beklenmeden her komponentin görsel prototipi oluşturulacak ve komponent testleri yapılacak, üretim/tedarikçi görüşü alınacak şekilde bir plan yapılmıştır. Ayrıca Süreç Unsuru İlke 2 gereğince tasarım ekibi ikiye ayrılarak farklı mekanik çözümler üzerine çalışmaları sağlanmış ve alternatif çözümler eş zamanlı olarak ortaya çıkmıştır. Bu da mekanik tasarım aşamasına geri dönüşleri azaltmıştır.

Proje planı yapılırken, APQP planlama girdileri olan pazar araştırması, geçmiş bilgiler, ekip deneyimi yorumları, pazarlama stratejisi, ürün süreç karşılaştırma verileri, ürün varsayımları, ürün güvenilirliği çalışmaları, müşteri girdileri gibi girdilerin sağlanması standartlaştırma ile garanti altına alınmıştır. Planlama aşamasının tamamlanması için de tasarım hedefleri, güvenilirlik ve kalite hedefleri, ön malzeme listesi, ön süreç akış şeması, özel ürün ön listeleme, ürün güvence planı, yönetim

desteği çıktıları şart koşulmuştur. Mevcut durumda eksik gelen ürün beklentisi ve tasarım hedefleri bilgilerinden dolayı endüstriyel tasarım aşamasına geri dönülmesi engellenmiştir.

Kurulan ekip arasında iş akışının düzenlenmesi, dijitalleştirilmesi, girdi ve çıktıların kontrolü için PLM (Product Life Cycle Management – Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi) yazılımlarından faydalanmak üzere yatırım planlanmış ve çalışmalar başlatılmıştır.

APQP 2. Bölüm Ürün Tasarım ve Geliştirme Doğrulanması adımıdır. Bu aşamada yapılan plan doğrultusunda, planlama safhasının çıktıları girdi olarak kullanılarak ürün tasarımı gerçekleştirilir. Ürün tasarımında Süreç Unsuru İlke 1 kapsamında değer yaratmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılması ve Süreç Unsuru İlke 4 kapsamında sapmaların azaltılması için standartlaştırma sağlanması amacıyla tasarımlarda sınıflandırma ve standartlaştırmaya gidilmiştir. Örneğin rezervuarın doldurma grubunda şamandıra nipel lastiğinin oturduğu yüzey standartlaştırılmıştır. Bu sayede farklı bir şamandıra tasarlansa bile nipel lastiğinin oturduğu yüzey sabit bir tasarıma sahip olacaktır. Bu tarz ortaklaştırılabilecek tasarım detayları için dijital bir arşiv oluşturulmuştur. Bu sayede her tasarımda o detay şablon olarak arşivden alınarak hem tasarım süresi kısaltılmış hem de üretimde çeşitlilik azaltılmıştır.

Süreç Unsuru İlke 2 kapsamında sürecin başında herhangi bir onaydan ya da tasarımın kesinleşmesinden önce tüm alternatiflerin denenmesi, olası mühendislik kısıtlarının görülmesi ve revizyon gereken noktaların önden görüşülmesi gerekmektedir. Bu ilkenin uygulanması için ürün tasarım ve geliştirme doğrulanması adımında Tasarım FMEA yöntemi kullanılmaya başlanmıştır.

Ürün tasarımı ve geliştirilmesi sürecinde üretilebilir bir ürün tasarımı elde edilmesini garantileyecek, tasarım incelemeleri ve görüşleri içerecek, prototip üretim parametreleri, kontrol ve yorumlarını içerecek formlar hazırlanmıştır. Bunun yanı sıra tedarik edilecek parçalar için teknik şartnameler hazırlanmaya başlanmıştır. Satın alma sürecinde her zaman güncel tasarım ve şartname kullanılması için yine PLM yazılımından faydalanılması planlanmıştır.

APQP 3. Bölüm süreç tasarımı ve doğrulanması adımıdır. Bu adımın girdileri bir önceki adımın çıktıları olan tasarım FMEA, teknik resimler, mühendislik spesifikasyonları, malzeme özellikleri, teknik şartnamelerdir. Bu çıktılar kullanılarak yeni ürünün gereksinim duyduğu sürecin tasarımı yapılır.

Bu adımda tasarlanan süreç için süreç FMEA çalışması gerçekleştirilir. Bu sayede mevcut durum analizinde yer verilen etüt resimlerinin yorumlanmasından mekanik tasarım aşamasına geri dönüşün önüne geçilmiş olur.

Süreç Unsuru İlke 4 kapsamında üretimin de standartlaştırılması için SOP'ler hazırlanmaya başlanmıştır. Bu sayede hem üretim kaynaklı kalite hataları azalmış, hem de üretim zorlukları baştan tespit edilebilir hale gelmiştir.

Ürünün üretileceği sürecin tasarımında Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 11 kapsamında teknolojiden faydalanılarak süreç simülasyonları ile önden doğrulanma yapılabilir. Bunun için süreç simülasyon yazılımı araştırmaları yapılmaya başlanmıştır.

Araçlar ve Teknoloji Unsuru İlke 11 kapsamında teknolojiyi kullanmak için APQP gereği olan SPC sürecinin daha hızlı olabilmesi için dijital bluetooth özellikli kumpaslar araştırılmıştır. Bu kumpaslarla yapılan ölçümler otomatik olarak bilgisayara aktarılmaktadır. Bu donanım, yatırım önerisi olarak üst yönetime sunulmuştur.

APQP Bölüm 4 ürün ve sürecin geçerliliğinin sağlanmasıdır. Bu aşamada yapılan ürün ve süreç tasarımının denenmesi ve doğrulanması gerçekleştirilir. Üretim parçasının doğrulanması için Süreç Unsuru İlke 4 kapsamında PPAP sürecini standart hale getirecek talimatlar, SOP'ler hazırlanmıştır.

APQP Bölüm 5 Geri Bildirimin Değerlendirilmesi ve Düzeltici Faaliyettir. Mevcut durum incelendiğinde geçmiş yeni ürün tasarım süreçlerinde açılan düzeltici faaliyetlerin yeni sürece girdi olmadığı tespit edilmiştir. Bu sebeple planlama aşamasına geçmiş düzeltici faaliyetlerin incelenmesi iş adımı eklenmiştir.

Alınan aksiyonlar sonucunda, mevcut durumda yapılan etütler tekrarlanmıştır. Etüt sonuçlarına göre ortaya çıkan Gelecek Durum Veri Tablosu'na Tablo 16'da yer verilmiştir. Bu tablodan da göründüğü üzere alınan aksiyonlar ile sürecin tekrar eden işlemlerden arındırılması ve değer odaklı bir anlayış ile yeniden yorumlanması neticesinde bekleyen iş hafta karşılığı 264'ten 2,125'e düşmüştür. Sonuç kıyaslamalarına Tablo 17'de yer verilmiştir.

Tablo 16: Gelecek Durum Veri Tablosu

Süreç Kodu	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
Süreçler	Müşteri Talebinin Gelmesi	Tasarım Araştırmalarının Gerçekleştirilmesi	Endüstriyel Tasarımın Gerçekleştirilmesi	Tahmini Maliyet Hesabı	Tasarım Görsel Prototibinin Oluşturulması	Müşteriye Sunulması	Mekanik Tasarımın Gerçekleştirilmesi	Yeni Komponent Testlerinin Yapılması	Fonksiyonel ABS Prototibin Üretilmesi	Etüt Resimlerinin Oluşturulması - Görüşe Sunulması	Etüt Resimlerinin Değerlendirilmesi	Metal Prototibin Üretilmesi	Ürün Testlerinin Yapılması	Nihai Maliyet Hesabı Yapılması	Seri Üretime Alınması
Talep Sayısı	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Çevrim Süresi		2	5	1	1	1	6	4	1	3	2	2	3	1	
İnsan Kaynağı Sayısı		1	1	1	1	3	4	1	1	3	1	1	1	1	
Kaynaktaki Proje Oranı		100%	100%	60%	40%	30%	100%	100%	100%	80%	100%	100%	100%	60%	
Toplam İş Yükü (Hafta)		12	30	10	15	7	9	24	6	8	12	12	18	10	
Takta Uyum		25%	63%	21%	31%	14%	19%	50%	13%	16%	25%	25%	38%	21%	

Bekleyen İş Sayısı		1	2	1	1	0	5	0	1	1	0	2	3	0		**17**
Bekleyen İş Hafta Karşılığı		0,125	0,25	0,125	0,125	0	0,625	0	0,125	0,125	0	0,25	0,375	0	0	**2,13**

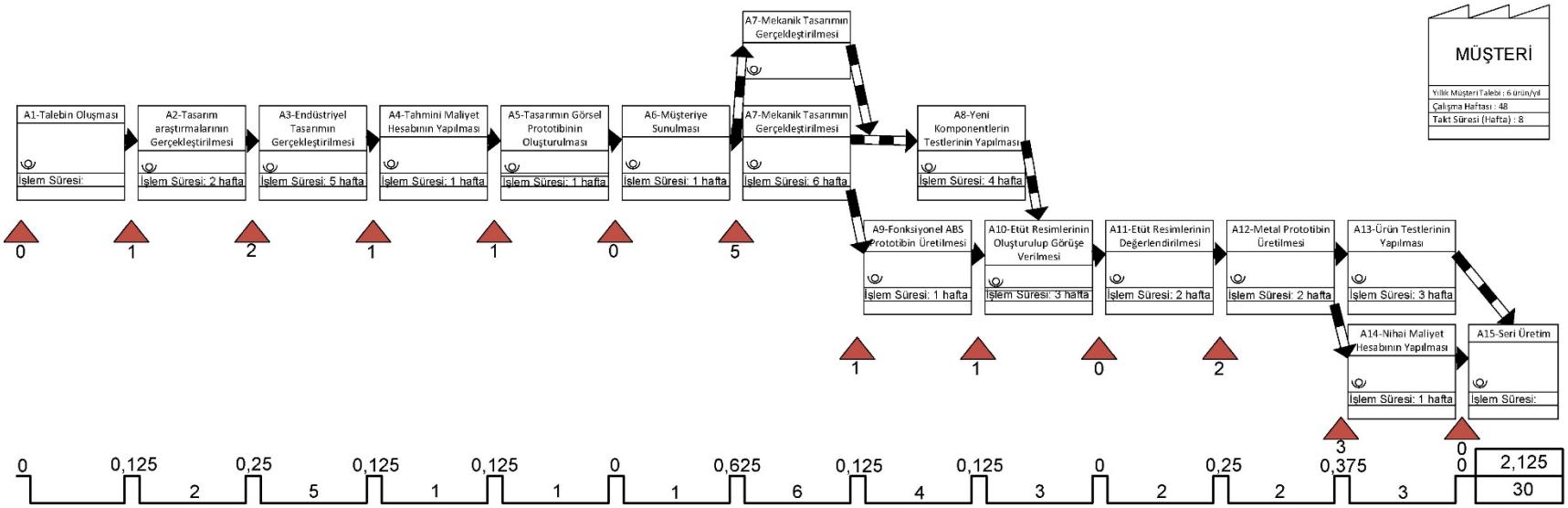
Yıllık Müşteri Talebi	6 ürün/yıl
Çalışma Haftası	48
Takt Süresi (Hafta)	8

Tablo 17: Sonuçların Kıyaslanması

	Öncesi	**Sonrası**
Bekleyen İş Hafta Karşılığı	264	2,125
Bekleyen İş Sayısı	33	17
Ortalama Tekrar Sayısı	2,93	0
Kapasite Sorunu Olan Süreç Sayısı	4	0

Elde edilen sonuçlara göre oluşturulan gelecek durum haritasına Şekil 9'da yer verilmiştir.

Şekil 9: Gelecek Durum Haritası



SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yeni ürün geliştirme süreci işletmenin rekabet avantajı sağlaması açısından çok önemlidir. Müşteri talebinin hızlı bir şekilde anlaşılması, bu talebin bir fikre, fikrin bir ürün ya da hizmete dönüşmesi pazarda rekabet düzeyi henüz azken gerçekleşeceği için işletmeleri rekabette avantajlı konuma getirecektir. Geç kalınmış her yeni ürün, müşterinin farklı işletmelerin daha önce sunduğu yeni ürünler ile doyduğu bir pazar koşulunda rekabet gerektirir. Bu durumda da rekabet avantajından bahsedilemez.

Bu nedenle müşterinin istek ve beklentilerini, diğer bir deyişle müşteri özel şartlarını karşılayabilecek ürünleri hızlı bir şekilde ortaya çıkarabilecek ürün tasarımı süreçleri işletmeler için büyük öneme sahiptir. Bu süreçlerin hem müşteri özel şartlarını doğru bir şekilde karşılayabilmesi hem de işletme kaynaklarını etkin kullanıp böylece maliyet avantajı sağlayarak, bir yandan da hızlı bir şekilde tasarımları ortaya çıkarabilmesi gerekmektedir. Bu iki gereklilikten ilkinin, yani müşteri özel şartlarını iyi bir şekilde karşılamanın yollarından biri APQP'dir.

Müşteri özel şartlarını en iyi şekilde karşılamak için APQP adımları kritik öneme sahiptir. APQP adımlarının doğru yönetimi ve müşteri beklentilerinin bu süreçlere entegrasyonu, ürün kalitesini artırmakta ve müşteri memnuniyetini maksimize etmektedir. Yeni ürün geliştirme süreci için refleks haline getirilen APQP, sadece yeni ürün geliştirme süreçlerinde değil, mevcut ürünlerde de kaliteyi artırmak için etkili bir strateji sunmakta ve mevcut maliyetlerin de düşmesine katkı sağlamaktadır.

İkinci gerek şart olarak sunulan etkin kaynak kullanımı ile hızlı bir tasarım gerçekleştirme ihtiyacının karşılanmasının temel yolu ise her iki alt amaca da hizmet edecek şekilde tasarım süreçlerinin doğrudan müşteri özel şartlarına hizmet etmeyen, diğer bir deyişle katma değer yaratmayan israflardan arındırılması, sadeleştirilmesi ve böylece daha az adımla, daha kısa sürede ve daha maliyet etkin bir şekilde gerçekleştirilmesinin sağlanmasıdır. Bu yolda kullanılabilecek başlıca yaklaşım ise yalın ürün geliştirme sistemi ya da Toyota tarzı yeni ürün geliştirme sistemi olarak adlandırılan yaklaşımdır.

Nehirler vadiler içerisinde kesintisiz bir şekilde akarlar. Nehrin yolu boyunca vadiler yerine dağlar olması durumunda su sürekli olarak akamaz. Kesintiye uğrar ve ulaşacağı hedefe daha uzun ve dolambaçlı bir yoldan ilerler. Bu sebeple de hedefine daha geç ulaşırlar. Üretim sistemlerini düşündüğümüzde müşteri talebi nehrin

içerisindeki su gibidir. Bu suyun ilerlediği yolun üzerindeki dağlar da israflardır. İsrafların olduğu bir üretim sisteminde değer müşteriye çok daha geç ulaşacaktır. Toyota tarzı yeni ürün geliştirme sistemi müşterinin talep ettiği değere odaklanan ve bu yolla müşteri özel şartlarını da dikkate alırken, bu değeri doğru zamanda, doğru kalitede müşteriye ulaştırmak için sistemi israflardan arındıran bir sistemdir. Yalın ürün geliştirme sistemi ilkeleri değerin israf dağları altında kalmadan üretilmesi için bir sistematik bir yaklaşım sunmaktadır.

Gerek APQP'nin gerekse yalın ürün geliştirme yaklaşımının ana odak noktasında müşteri özel şartlarını barındırması her iki yaklaşımın ortaklaştırılabilecek ve bunun da ötesinde karşılıklı olarak birbirlerinin uygulanmasına olumlu katkı sağlayabilecek yapıda olduğunu akla getirmektedir. Ürün tasarımları açısından başta dış müşteriye sonra da üretim süreçleri açısından işletmenin üretim ve sunum aşamalarındaki israflarını azaltarak kaynak kullanım etkinliğine, dolayısıyla da maliyet tasarrufuna hizmet edecek böyle bütünleşik bir yaklaşımın, ürün geliştirme sürecinin kendisini ürün olarak dikkate alıp süreç geliştirmeye/iyileştirmeye odaklanmasının da önemli katkıları olacağı değerlendirilmiştir. Bu noktada müşteri kavramı hem dış müşteriyi hem de sürecin iyileştirilmesi yoluyla işletmenin kendisine ve iç süreçlerine katkısı olacağından iç müşteriyi kapsayacaktır. Bu nedenle APQP ilkelerine dayalı olarak yalın bir ürün geliştirme süreci modeli oluşturulmasının işletmenin hem pazar performansına hem de verimlilik, kapasite kullanım etkinliği, maliyet tasarrufu gibi unsurlar aracılığıyla iç performansına katkı yapacağı düşünülmüştür.

Bu doğrultuda, bu çalışmada yalın ürün geliştirme süreci ve APQP ilkeleri esas alınarak her iki yaklaşımın nasıl bütünleştirilebileceği tartışılmış, önerilen bütünleştirme yapısı doğrultusunda rezervuar üretimi alanında faaliyet gösteren bir işletmenin ürün geliştirme süreçleri üzerinde analizler yapılarak bir uygulama geliştirilmiş ve önerilerin uygulamanın sonuçları kapsamlı bir analiz ve değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu süreç boyunca elde edilen bulgular, yalın üretim ilkelerinin ve APQP adımlarının birleştirilmesinin, ürün geliştirme süreçlerini nasıl daha etkin ve verimli hale getirdiğini göstermektedir. Bu da geliştirilen bütünleşik modelin uygulamada etkili sonuçlar verme potansiyeli olduğunu ortaya koymaktadır.

İlk olarak, yalın ürün geliştirme süreci ilkelerinin işletmelerin rekabet avantajı elde etmesine katkı sağladığı tespit edilmiştir. APQP'nin beş aşaması boyunca işletmenin ürün geliştirme süreçlerinde yapılan iyileştirmeler hem maliyet hem de zaman açısından önemli kazançlar sağlamıştır. Bu aşamalar planlama, tasarım ve geliştirme, süreç doğrulama, üretim onayı ve geri bildirimlerden oluşmaktadır. Bu

süreçlerin her biri yalın üretim anlayışı ile birleştirilmiş ve müşteri talepleri doğrultusunda optimize edilmiştir. Örneğin, mevcut durumda analiz edilen ürün geliştirme sürecinde birçok gereksiz geri dönüş ve tekrar eden işlem tespit edilmiştir. Mevcut süreçlerde tekrarlayan işlerin önemli bir maliyet ve zaman kaybı yarattığı gözlemlenmiştir. Çalışma öncesi durumda ortalama 2,93 olan süreç tekrarı sayısı, iyileştirmeler sonrasında sıfıra inmiştir. Ayrıca süreç iyileştirmeleri sonucunda özellikle bekleyen iş sayısında büyük bir azalma sağlanmıştır. Bekleyen işlerin ortalama hafta karşılığı 264 haftadan 2,125 haftaya düşmüştür, bu da toplam işlerin daha hızlı tamamlanmasına olanak tanımaktadır. Ürün geliştirme sürecinde bekleyen iş sayısı da 33'te 17'ye düşmüştür. Ayrıca ürün geliştirme sürecinin akış süresi de 33 haftadan 30 haftaya inmiştir. Kapasite sorunu yaşanan süreç sayısı ise çalışma öncesinde 4 iken çalışma sonrasında tamamen sıfırlanmıştır.

Bunun yanı sıra, insan kaynaklarının süreçlere katılım oranları, iyileştirme öncesi ve sonrası karşılaştırıldığında, önemli bir gelişim göstermiştir. İş gücünün projeye etkin katılımı, yalın ürün geliştirme süreci ilkelerinin başarılı bir şekilde uygulanmasının temel bileşenlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışma kapsamında yapılan iyileştirmeler, insan kaynaklarının verimliliğini artırarak, sürecin genel performansını olumlu etkilemiştir. Bu çalışma, iyileştirme çabalarının yalnızca süreçlerde değil, insan kaynağı kullanımında da pozitif sonuçlar doğurduğunu göstermektedir. Proje ekiplerinin daha verimli çalışması ve süreçlere katılımın artması, işletme içindeki bilgi akışını ve iş birliğini güçlendirmiştir.

Çalışmanın diğer bir önemli bulgusu, teknolojik gelişmelerin yalın üretim süreçlerine entegrasyonu ile ilgili olmuştur. Üretim sürecinde kullanılan Bluetooth özellikli ölçüm cihazları gibi dijital araçlar, hataların erken aşamalarda tespit edilmesini sağlamış ve sürecin doğrulanmasını hızlandırmıştır. Özellikle dijital ölçüm sistemleri ile manuel işlemlerden kaynaklanan insan hatalarının büyük ölçüde önüne geçilmiştir. Bu teknolojik araçların kullanılması, süreçlerin standartlaştırılmasına yardımcı olmuş ve süreç doğrulama aşamalarında daha hızlı sonuçlar elde edilmesine olanak tanımıştır. Ayrıca, bu araçlar sayesinde işletme, daha esnek ve hızlı kararlar alabilmiş, müşteri taleplerine daha iyi yanıt verebilmiştir.

Müşteri odaklılık, yalın üretim felsefesinin temel unsurlarından biridir. Bu çalışma, müşteri taleplerine uygun olarak ürün geliştirme süreçlerinin optimize edilmesinin, işletmenin rekabet avantajını nasıl artırabileceğini göstermektedir. Özellikle APQP'nin planlama aşamasında yapılan iyileştirmeler ile müşteri

beklentilerine daha kısa sürede yanıt verilmiş ve ürünlerin pazara sunulma süreleri kısaltılmıştır.

Müşteri geri bildirimleri dikkate alınarak yapılan düzeltici faaliyetler, ürün kalitesini artırmış ve müşteri memnuniyetini güçlendirmiştir. Müşteri taleplerine uygun, yüksek kaliteli ürünlerin daha kısa sürede geliştirilmesi, işletmenin piyasa koşullarına daha hızlı adapte olmasını sağlamıştır.

APQP ilkelerine dayalı yapılan iyileştirmeler ile bu geri dönüşlerin büyük ölçüde azaltıldığı ve ortalama işlem sürelerinin önemli ölçüde düştüğü gözlemlenmiştir. Yalın ürün geliştirme sürecinde gerçekleştirilen bu tür iyileştirmeler, yalnızca ürün geliştirme süresini kısaltmakla kalmamış, aynı zamanda müşteri memnuniyetini de artırmıştır.

Çalışmada APQP adımlarının yalın ürün geliştirme süreçlerine nasıl entegre edileceği üzerinde durulmuş ve işletmelerin müşteri odaklı değer yaratma ilkesine dayalı olarak süreçleri iyileştirmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu bağlamda, tasarım sürecinde yapılan hataların önceden tespit edilmesi, müşteri beklentilerinin daha iyi karşılanması ve ürünlerin pazara daha hızlı sunulması sağlanmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışma APQP ilkelerinin yalın ürün geliştirme süreçleri ile uyum içinde kullanılabileceğini göstermektedir. Ürün geliştirme süresinin kısaltılması ve süreçlerdeki israfların azaltılması işletmenin rekabet avantajını artırmıştır. Elde edilen bulgular, yalın üretim ilkelerinin işletmelerde uygulanmasının israfı azaltarak verimliliği artıracağını, süreçlerin daha esnek ve müşteri taleplerine daha hızlı yanıt verebilir hale geleceğini ortaya koymaktadır. İşletme hem üretim sürecinde hem de müşteri memnuniyeti açısından önemli kazanımlar elde etmiştir. Bu sonuçlar ışığında, işletmelerin APQP ve yalın üretim süreçlerini entegre ederek rekabet avantajı sağlayabileceği, süreçlerin esnekliğini ve müşteri odaklılığını da artırarak müşteri memnuniyetini artırabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın amaçlarının ötesinde kalacağı için müşteri memnuniyetindeki değişimin doğrudan bu çalışmada önerilen model ile bağlantılı olarak ölçülmemiş olması önemli bir kısıt oluşturmaktadır. Ancak müşteri memnuniyeti çok boyutlu bir kavram olup anılan yapıda bir ilişkilendirmenin soyutlanarak ölçülmesindeki zorluklar ve çalışmanın kapsam ufku göz önünde bulundurulduğunda bu tarz bir ölçüm yapılması mümkün olmamıştır.

Bu çalışma kapsamında, APQP ve yalın ürün geliştirme yaklaşımlarının entegrasyonuna yönelik oluşturulan model, bir ürünün geliştirme süreci üzerinden değerlendirilmiştir. Ancak Ar-Ge organizasyonlarında genellikle eşzamanlı yürüyen çok sayıda proje söz konusudur ve bu projeler önemli ölçüden kaynak paylaşımı

yapmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda, önerilen entegre yaklaşımın gerek bir projenin yönetilmesi kapsamında gerekse eşzamanlı yürüyen projelerde kaynak dengeleme amaçları doğrultusunda proje yönetimi ilkeleri ile değerlendirilmesinin de önemli bir katkı yapabileceği değerlendirilmektedir. Entegre bir APQP-yalın ürün geliştirme sisteminin bu boyutuna yönelik daha ileri çalışmaların hem bilimsel literatür açısından hem de uygulamayı gerçekleştirecek işletmeler açısından katma değeri daha yüksek modeller ortaya çıkarma doğrultusunda önem taşıyacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

Ahmed, M.B., Majeed, F., Sanin, C. ve Szczerbicki, E. (2021). Experience-Based Product Inspection Planning for Industry 4.0. *Cybernetics and Systems*, 52(5): 296-312.

Ballard, G., ve Koskela, L (1998). On the agenda of design management research. *Proceedings of 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Guarujá, Brazil 13-15 Ağustos 1998.

Belay, A.M., Welo, T. ve Helo, P (2014). Approaching Lean Product Development Using System Dynamics: Investigating Front-Load Effects. *Advances in Manufacturing*. 2: 130-140.

Bilici, S., ve Kosanoğlu, F. (2021). Değer Akış Haritalama Yöntemi Kullanılarak Tekstil Sektöründe Yalın Üretim Uygulaması. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33(1): 131-142.

Bobrek, M., ve Sokovic, M (2005). Implementation of APQP-concept in design of QMS. *Journal of Materials Processing Technology, 162-163*: 719–724.

Browning, T.R (2000). Value-Based Product Development: Refocusing Lean. *Proceedings of the 2000 IEEE Engineering Management Society. EMS- 2000* (pp. 168-172), Alberquerque, New Mexico, USA, 13-15 Ağustos 2000.

Chen, L ve Meng, B. (2010). The Application of Value Stream Mapping Based Lean Production System. *International Journal of Business & Management*. 5(6): 203-209.

Cho, S-H. ve Eppinger, S.D. (2005). A Simulation-Based Process Model for Managing Complex Design Projects. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 52(3): 316-328.

Coşkun, E. ve Özcan, S. (2023). Değer Akış Haritalama Yöntemi ve Bir İmalat İşletmesinde Uygulanması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(4): 881-894.

Cukor Kirinić, I. ve Hegedić, M. (2023). Trends and Future Research Direction of Lean Product Development. *Sustainability*, 15: 16721.

Cukor, I. ve Hegedić, M. (2023). Lean Product Development Tools for Promotion of Sustainability Integration in Product Development. *Tehnički Glasnik*, 17(2): 299-303.

de Araujo, L.F., de Queiroz, A.A. (2010). Production Leveling (Heijunka) Implementation in a Batch Production System: A Case Study. In: Vallespir, *Advances in Production Management Systems. New Challenges, New Approaches: International IFIP WG 5.7 Conference, APMS 2009, Bordeaux, France, September 21-23, 2009, Revised Selected Papers* (pp. 105-112)*. IFIP Advances in Information and Communication Technology vol 338*, Editors Bruno Vallespir, Thècle Alix, Berlin, Heidelberg: Springer.

Deshpande, A.M., Siddhalingeshwar, I.G. ve Ekabote, N. (2016). Implementation of Advanced Product Quality Planning In Engineering Project. *Journal of Engineering Education Transformations*, Special Issue.

Everaert, P. ve Bruggeman, W (2002). Cost Targets & Time Pressure During New Product Development. International Journal of Operations & Production Management, 22(12): 1339-1353.

Eppinger, S. D., & Salminen, V. (2021). Patterns of Lean Product Development Implementation: Case Studies in Technology Firms. Research in Engineering Design, 32(1), 45–66

Ford, The Moving Assembly Line and the Five-Dollar Workday https://corporate.ford.com/articles/history/moving-assembly-line.html (28.04.2024).

Freire, J. ve Alarcón, L.F (2002). Achieving Lean Design Process : Improvement Methodology. Journal of Construction Engineering & Management, 128(3): 248-256.

Gautam, N. ve Singh, N (2008). Lean Product Development: Maximizing the Customer Perceived Value Through Design Change (Redesign). *International Journal of Production Economics*, 114(1): 313-332.

Gbadegeshin, S.A. (2018). Lean Commercialization: A New Framework for Commercializing High Technologies. *Technology Innovation Management Review*, 8(9): 50-63.

Grewal, C (2008). An Initiative to Implement Lean Manufacturing Using Value Stream Mapping in A Small Company. *International Journal of Manufacturing Technology & Management*, 15(3/4): 404-417.

Gurumurthy, A., Kodali, R (2011). Design of Lean Manufacturing System Using Value Stream Mapping With Simulation. Journal of Manufacturing Technology Management. 22(4): 444-473.

Haque, B. ve James-Moore, M (2004). Applying Lean Thinking to New Product Introduction. Journal of Engineering Design, 15(1): 1-31.

Hunger, T. (2025). Integrating sustainability facets into the early stages of new product development: A critical review. Journal of Cleaner Production. Advance online publication.

Hoppmann, J., Rebentisch, E., Dombrowski, U. ve Zahn, T (2011). A Framework for Organizing Lean Product Development. Engineering Management Journal, 23(1): 3-15.

Hossain, M. M., & Purdy, G. (2025). Design and empirical validation of Lean 4.0: A systemic approach to smart lean production. International Journal of Lean Six Sigma. Advance online publication.

İkiz, H.E., Doğu, E. ve Keskin, A.Ö. (2008). Otomotiv Sektörü Müşteri Özel Şartlarının APQP Süreci Adımlarına Göçerimi Üzerine Bir Çalışma. İşletme Fakültesi Dergisi, 9 (1): 47-60.

Khan, M.S., Al-Ashaab, A., Shehab, E., Haque, B., Ewers, P., Sorli, M. ve Sopelana, A (2011). Towards Lean Product & Process Development. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 26(12): 1105-1116.

Kılıç, E., Yaman, B. ve Ünver, M. (2025). Deri Atölyesinde Değer Akış Haritalama ve Yalın Tekniklerle Verimlilik Yönetimi. *Verimlilik Dergisi*, 59(2): 467- 480.

Krause, FL. ve Rothenburg, U (2004). New Application Areas of Digital Mock-up Within Product Development. *Methods & Tools for Co-operative & Integrated Design* (pp. 303-311). Editors Serge Tichkiewitch and Daniel Brissaud, Dordrecht: Springer.

Kuğu, S. ve Köse, R. (2021). Isı Değiştirici Üretim Hattında Değer Akış Haritalama Uygulamasının Etkileri. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1): 135-146.

Kwon, S., Lee, K.K. ve Park, Y.H. (2007). A Study on a Methodology of Integrating Lean DFSS & Advanced Product Quality Planning (APQP) in ISO/TS16949. *Asian Journal on Quality*, 8(3): 173-187.

Letens, G., Farris, J. A. ve Van Aken E.M. (2011). A Multilevel Framework for Lean Product Development System Design. *Engineering Management Journal*, 23(1): 69-85.

Lian, Y.H. ve Van Landeghem, H. (2007). Analysing the Effects of Lean Manufacturing Using a Value Stream Mapping-Based Simulation Generator. *International Journal of Production Research,* 45(13): 3037-3058.

Liker, J.K. ve Morgan, J.M. (2011). Lean Product Development as a System: A Case Study of Body & Stamping Development at Ford. *Engineering Management Journal*. 23(1): 16-28.

Liker, J.K., ve Morgan, J. (2006). The Toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2): 5-20.

Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications & Open Research Issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6:1-10.

Matt, D.T (2014). Adaptation of the value stream mapping approach to the design of lean engineer-to-order production systems: A case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 25(3): 334-350.

McCarthy, I.P., Tsinopoulos, C., Allen, P. ve Rose-Anderssen, C (2006). New Product Development as a Complex Adaptive System of Decisions. *Journal of Product Innovation Management*, 23(5): 437-456.

McManus, H. ve Millard, R.L (2002). Value Stream Analysis & Mapping for Product Development. *Proceedings of the International Council of the Aeronautical Sciences 23rd ICAS Congress* (ss. 6103.1-6103.10), Toronto, Kanada, 8 -13 Eylül 2002.

Meybodi, M.Z (2005). The impact of just-in-time practices on new product Development: a managerial perspective. *International Journal of Product Development*, 2(3): 254-264.

Misztal, A., Belu, N. ve Rachieru, N (2014). Comparative analysis of awareness & knowledge of APQP requirements in Polish & Romanian automotive industry. *Applied Mechanics and Materials*, 657: 981:985.

Mittal, K., Kaushik, P. ve Khanduja, D (2012). Evidence of APQP in quality improvement: An SME case study. *International Journal of Management Science ve Engineering Management*, 7(1): 20-27.

Morgan, J.M. ve Liker, J.K (2006). *The Toyota product development system: integrating people, process ve technology*. New York: Productivity Press.

Mossman, A (2009). Creating Value: A Sufficient Way To Eliminate Waste in Lean Design And Lean Production. *Lean Construction Journal*, (2009): 13-23.

Narahari, Y., Viswanadham, N. ve Kumar, V.K (1999). Lead Time Modeling ve Acceleration of Product Design & Development. *IEEE Transactions on Robotics ve Automation*. 15(5): 882-896.

Nepal, B.P., Yadav, O.P. ve Solanki, R (2011). Improving the NPD Process by Applying Lean Principles: A Case Study. *Engineering Management Journal*. 23(3): 65-81.

Noshad, K. ve Awasthi, A. (2018). Investigating critical criteria for supplier quality development. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 13(3): 215-224.

Oppenheim, B. W (2004). Lean Product Development Flow. *Systems Engineering*, 7(4): 352-376.

Ömürgönülşen, M. ve Çatman, R. (2018). Bir Kamu Kurumunda Değer Akış Haritalama ve Simülasyon Yöntemiyle Hizmet Sürelerinin Değerlendirilmesi. Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar, 636: 47-70

Qureshi, K. M., et al. (2025). Analysing Lean 4.0 adoption factors towards sustainable smart manufacturing. Scientific Reports. https://doi.org/10.1038/s41598-025-01076-1

Pedo, B., Formoso, C.T.; Viana, D.D.; Tzortzopoulos, P., Brandalise, F.M.P. ve Whitelock- Wainwright, A. (2022). Visual Management Requirements to Support Design Planning & Control within Digital Contexts. *Sustainability*, 14(17): 10989.

Pessôa, M.V.P. ve Trabasso, L.G (2017). *The Lean Product Design ve Development Journey: A Practical View*. Cham: Springer International Publishing AG.

Pezzotta, G., Sassanelli, C., Pirola, F., Sala, R., Rossi, M., Fotia, S., Koutoupes, A., Terzi, S. ve Mourtzis, D (2018). The Product Service System Lean Design Methodology (PSSLDM): Integrating product & service components along the whole PSS lifecycle. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(8): 1270-1295.

Pop, A.B., Țîțu, M.A., Oprean, C., Ceocea, C., Sandu, A.V., ve Țîțu, Ș (2018). Contributions concerning the possibility of implementing the APQP concept in the aerospace industry. *MATEC Web of Conferences*, 178: 08013.

Raicu, C.-C., Seritan, G.-C., Enache, B.-A. ve Staňculescu, M. (2021). Development Approach Model for Automotive Headlights with Mixed Delivery Methodologies over APQP Backbone. *Applied Science*, 11: 10581.

Rana, A.S., Nanda, S.K. ve Sontakki, B.S. (2011). Innovation quality management in public sector research & development organizations: application of six sigma methodology. *International Journal of Management Science & Engineering Management*, 6(4): 307-312.

Ray S. ve P. Das. (2009). Improving efficiency & effectiveness of APQP process by using DFSS tools. International Journal of Six Sigma & Competitive Advantage, 5(3): 222-236.

Reinertsen, D. G. (2022). The principles of product development flow: Second generation lean product development. Celeritas Publishing.

Rother, M. ve Shook, J (2003). Learning to see: value stream mapping to create value & eliminate muda. Massachusetts: Lean Enterprise Institute.

Safarov. D.T., K.A. Fedorov ve Ilyasova, A.I. (2016). Algorithms development of making special techniques in APQP manufacturing process of automotive components. *IOP Conf. Series: Materials Science ve Engineering*, 134: 012036.

Schulze, A. ve Störmer, T (2012). Lean Product Development – Enabling Management Factors for Waste Elimination. *International Journal of Technology Management*. 57(1/2/3): 71-91.

Tardio, P.R., Schaefer, J.L., Nara, E.O.B., Gonçal-ves, M.C., Dias, I.C.P., Benitez, G.B. ve Castro e Silva, A. (2023). The link between lean manufacturing and Industry 4.0 for product development process: a systemic approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(8): 1404-1424.

Taylor, F.W (1911). The principles of scientific management. New York: Harper & Brothers Publishers.

TDK, *Türkçe Sözlük*. https://sozluk.gov.tr, (04.10.2024).

Tokmakova, T.V., Vysotskaya, V.I., Tokmakova, E.N., ve Malikova, S.B (2022). Improving product quality by APQP & PPAP. *Russian Engineering Research*, 42(3): 286–287.

Tyagi, S., Choudhary, A., Cai, X. ve Yang, K (2015). Value Stream Mapping to Reduce the Lead-Time of a Product Development Process. *International Journal of Production Economics*. 160: 202-212.

Ünal, A.E. ve Felekoğlu, B. (2019). Advanced Product Quality Planning for Performance Evaluation of New Product Implementation Process: Application in a Factory. *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM) IConTES 2019: International Conference on Technology,*

Engineering and Science (IConTES), October 26-29 Ekim 2019, Antalya, Türkiye, 7: 275-282.

Wan, Q, Zhao, X., Liu, H., Dinçer, H. ve Yüksel, S. (2022). Assessing the New Product Development Process for the Industrial Decarbonization of Sustainable Economies. *SAGE Open*, January-March 2022: 1-20.

Wang, K.J., Jha, V.S., Gong, D.-C., Hou, T.C. ve Chiu, C.-C. (2009). Agent-based knowledge management system with APQP: implementation of semiconductor manufacturing services industry, *International Journal of Production Research*, 48(10): 2913-2936.

Wang, L., Ming, X.G., Kong, F.B., Li, D. ve Wang, P.P (2012). Focus on Implementation: A Framework for Lean Product Development. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 23(1): 4-24.

Wasim, A., Shehab, E., Abdalla, H., Al-Ashaab, A., Sulowski, R. ve Alam, R (2013). An Innovative Cost Modelling System to Support Lean Product & Process Development. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Cilt 65: 165-181.

Womack, J.P., Jones, D.T. ve Roos, D. (1990), *The Machine That Changed the World*. Toronto: Collier Macmillan.

EKLER

EK 1: Yeni Ürün Geliştirme Ekibi Formu

YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME EKİBİ						
Görev	**Bölüm**	**İsim Soyisim**	**Projeye Etkisi (Az/Orta/Çok)**	**Üyeden Ana Beklenti**	**Projeye Katılım Frekansı**	**İletişim Yöntemi (Mail/Toplantı/Uzaktan vb.)**
EKİP BAŞ MÜHENDİSİ	Proje Yönetimi					
Mekanik Tasarımcı	Ar-Ge					
Mekanik Tasarımcı	Ar-Ge					
Endüstriyel Tasarımcı	Ar-Ge					
Teknik Ressam	Ar-Ge					
Labratuvar Sorumlusu	Ar-Ge					
Prototip Sorumlusu	Ar-Ge					
Maliyet Hesaplama Sorumlusu	Ar-Ge					
Üretim Sorumlusu	Üretim					
Üye	Satınalma					
Üye	Kalite					
Üye	Satış					
Üye	Ambar					
Üye	Tedarikçi 1					
Üye	Tedarikçi 2					
Üye	Tedarikçi 3					
Üye	Müşteri Temsilcisi					