



Research in Natural and Engineering Sciences

Research in Natural and Engineering Sciences Volume II

Editors
Doç. Dr. Fatih ERDEMİR

Research in Natural and Engineering Sciences

Editors

Doç. Dr. Fatih ERDEMİR

Bu kitap, Gelenbevi Bilimsel Araştırmalar Dergisi
Editörlüğünde Hazırlanmıştır.



Research in Social Sciences

Editör: Doç. Dr. Fatih ERDEMİR

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek

Kapak ve Sayfa Tasarım: Duvar Design

Duvar Yayınları: Ağustos, 2022

Yayıncı Sertifika No: 16122

ISBN: 978-625-8109-69-6

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel.: (0) 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com

duvarkitabevi@gmail.com

Baskı ve Cilt: Sonçağ Yayıncılık Matbaacılık Reklam San Ve Tic. Ltd.

İstanbul Cad. İstanbullu Çarşısı No:48/48-49

İskitler 06070 Ankara

Tel: 03123413667

Sertifika No:47865

İçindekiler

Otomotiv Tasarımını Etkileyen, Yeni Ürün Geliştirme Süreç Değişkenleri .5	
Fuat Ali PAKER.....	5
Sucul Ekosistemlerdeki Toksik Ajanlar ve Organizmalardaki Toksisiteye Bağlı Sendromları.....	40
Burcu YEŞİLBUDAK	40
Sedimentary Characteristics of the Lithologies of the Beyköyü Formation Around Beyköyü (Ereğli, Konya, Turkey)	54
Ali Müjdat ÖZKAN.....	54
Automorphisms of Relatively Free Lie algebras.....	66
Şehmus FINDIK	66

ÖNSÖZ

Bu kitap, Türkiye’de Fen bilimleri ve Mühendislik alanlarında çeşitli konularda yazılmış olan çalışmalar derlenerek oluşturulmuştur. Çalışmada Fen bilimleri ve Mühendislik alanlarında çalışmalar yapan Öğretim elemanlarının seçtiği konu başlıklarına yer verilmiştir. Kitap içerisinde çalışmanın yapısına göre nicel ve nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmalar Fen bilimleri ve Mühendislik alanlarında çeşitli konularla ilgili bilgiler vermektedir. Çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular ile Fen bilimleri ve Mühendislik alanlarında çeşitli konularda yapılan çalışmaların kapsamlı olarak değerlendirilmesi bakımından ilgili alanyazına katkı sağlayacağı ve bu yöndeki mevcut boşluğu doldurması amaçlanmaktadır. Kitabın oluşmasına bölüm göndererek katkı sunan Akademisyenlere ve kitabın yayın hayatına başlaması, okuyucular, araştırmacılar ile buluşmasına olanak sağlayan Duvar Yayınlarına teşekkürü bir borç biliyoruz.

Editör

Doç. Dr. Fatih ERDEMİR

Otomotiv Tasarımını Etkileyen, Yeni Ürün Geliştirme Süreç Değişkenleri

Fuat Ali PAKER¹

GİRİŞ

Otomotiv tasarım aşamalarını da kapsayan yeni ürün geliştirme sürecinin temel kavramları ve alana özel güncel yaklaşımlar incelenmiştir. Otomotiv tasarımı faaliyetlerinin de içinde bulunduğu temel ürün geliştirme sürecine dair literatürle uyumlu bütünsel yaklaşım altında çalışma ele alınmıştır.

Otomotiv sanayinde yeni ürün geliştirme becerisi: bu sektörü oluşturan otomotiv firmaları ile beraber ülke ekonomilerinin küresel gelişimi açısından uluslararası rekabet şartları altında yeni ürünü tasarlama yetkinliklerine bağlıdır. Dolayısıyla bu sektörde gerçekleşen yeni ürün geliştirme süreci açısından ortaya çıkan güncel yöntemler artan öneme sahip bir konudur [1,2]. Ayrıca, küresel rekabet koşulları altında yeni ürün geliştiren otomotiv sanayi firmalarının kullandığı yeni süreç yöntem ve teknikler diğer büyük sektörlerle ışıktutarak yayılım sağlamaktadır [1]. Öte yandan, imal edebilme yeteneğinden, tasarlama ve geliştirme becerisine hızlı bir geçiş sağlayan yeni ürün geliştirme süreci, çeşitli yapısal, yönetsel veya operasyonla uygulamaların etkileşimi altındaki teorik yaklaşımları oluşturur [1]. Bu yaklaşım altında otomotiv sanayinde küresel yayılım gösteren yeni ürün geliştirme stratejisi ile birlikte süreç içindeki tasarımın etkin rolü veya faaliyet yapısı değer yaratımı oluşturmaktadır [3,4]. Söz konusu değişken faktörlerin belirlenmesi, yönlendirilmesi önemli süreç yönelimlerine katkı sağlamaktadır [5,6]. Ayrıca, tanımlı amaçlar çerçevesinde oluşturulan yeni ürün geliştirme süreç adımlarının kurgusu [7,8], aşama yapısı [9,10] veya basamak geçişlerinde kullandıkları sınam yöntemleri [11,12], temel akışın başarı faktörleri arasında önemle yerini almaktadır.

Ürün geliştirmede çapraz fonksiyonel ekiplerin oluşturacağı aşama kurgusunun [13], ağır rekabet şartları altında firmanın yeni ürün tasarlama süreçleri ile pazar yayılımı sağlayabileceğini [14,15], göstermektedir. Ayrıca, Grochowski (2015) ve Littler' in (1995) yeni ürün geliştirme süreç

¹ Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Email: apaker@ticaret.edu.tr

başarısını etkileyen faktörler üstüne çalışmaları incelendiğinde: uzmanlıklar arası yapı ve rol dağılımının [16], akış içinde yenilik etkisine [17], bilgi edinimi veya yayılımına [18], basamaklar arası iş birliği yapısında [19], önemli faktörler barındırdığı açığa çıkmaktadır [20,21]. Yeni ürün geliştirme süreci hakkında yapılan güncel çalışmalarda gözlemlenen önemli diğer bir yaklaşım, temel akış içerisinde yer alan disiplinlerin nihai tasarıma etkisine göre basamak dizilimi veya öncelik yapısıdır. Bu kapsamda bir yaklaşım sergileyen, küresel otomotiv firmalarının bugün önemle kullandığı yeni yalın ürün geliştirme süreç modelinin özellikleri araştırılmıştır. Toyota otomotiv firmasının geliştirdiği yalın ürün geliştirme sürecinin temel yapısı incelendiğinde: akışta yer alan basamakların sonuç ürüne etkisi veya değer katmayan aşamaların belirlenmesi adına temel süreç yönetimi ile beraber şef tasarımcı kavramını ve yeniliğin korunumu üzerine yeni faktörleri değerlendirmektedir. Söz konusu faktörlerin yalın ürün geliştirme süreci içerisinde yarattığı maliyet veya süre etkilerinin optimizasyonu, temel yaklaşımın verimliliğini oluşturmaktadır.

Dolayısıyla, konuya özel uygulama alanındaki araştırmaların gelişimi incelendiğinde. Bangle (2001), Weber (2009), BMW otomotiv firmasına ait yeni ürün geliştirme sürecinde yer alan aşamaları ve tasarım basamaklarını aşama, aşama, tanımlamıştır [22,23]. Loubet (2013), çalışmasında Renault firmasının yeni ürün geliştirme sürecinde yer alan tasarım ve tasarım doğrulama simülasyon çalışmalarının sonuç odaklı verimliliğini incelemiştir [24]. Sundermeier (2014) araştırmasında, Volkswagen firmasına ait ürün geliştirme aşamalarında bilgisayar hesaplamaları altındaki tasarım doğrulama çalışmalarının süreç akışına etkisini belirlemiştir [25]. Valdez (2010), GM firması üstünde yaptığı çalışmasında disiplinler arası iş birliği seçimi veya basamak öncelik yapısına odaklanmıştır [26]. Verganti (2014) ürün geliştirme sürecinde fonksiyonel çapraz akış modelini otomotiv sanayi için önermiştir [27]. Roper (2016) ürün geliştirme sürecinde tasarım aşamalarının görev dağılımını ve tasarım uzmanlık rollerini (Sundermeier, 2014), yalın akışın başarı faktörlerini (Liker, 2011), ölçmekle birlikte tanımlamaktadır [25,28,29]. Deneysel bir yaklaşımla öğrencileri ile beraber üniversitede uygulamalı olarak taşıt geliştirme aşamalarını inceleyen Tovey (2012): basamaklar arası iş birliği yapısını, süreç akışını ve içindeki değişken faktörlerin doğrulanarak ele alınması gerektiğini akademik olarak

vurgulamıştır [30]. Tasarım ve tasarım doğrulama yaklaşımları veya ürün geliştirmede izlediği süreç adımları (Şekil 1), tek bir değişken olarak görünse de ana akış yönünü etkileyen temel problemler ile birlikte kendi çözümlerini barındırmaktadır [31]. Söz konusu temel tasarım doğrulama yaklaşımı (Şekil 1): yeni ürün geliştirme basamaklarının aşama geçişini veya süreç adımlarının akış içindeki öncelik dizgesini oluşturmakla beraber [31], iş tanımı ve görev yapısındaki iş birliklerini [6], aşamalar arası geçiş kontrol çalışmalarını [32,33], sonuç odaklı bilimsel yaklaşımlar altında [34], proje başlangıç hedeflerinin uyumu doğrultusunda güncelliğini sürdürmekle hayat bulur [13].

Yeni Ürün Geliştirme Aşamaları		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Yeni Taşıt Proje Hedefleri	A			◀ Ardışık Ürün Geliştirme Aşamaları								
Pazar Araştırması	B	X										
Konsept Gelişimi	C		X		X							
Proje Fizibilitesi & Sunum	D			X								
Taşıt Dış Kabuk Tasarım	E				X			X				
Parça Detay Tasarım	F					X			X			
Maliyet Analizi / Tasarımın Tadilatı	G						X					
Tasarım Doğrulama	H							X				
İmalat Planlama & İmalat Ekipmanları	I								X			
On Seri İmalat Denemesi	J									X		
Seri İmalat	K										X	

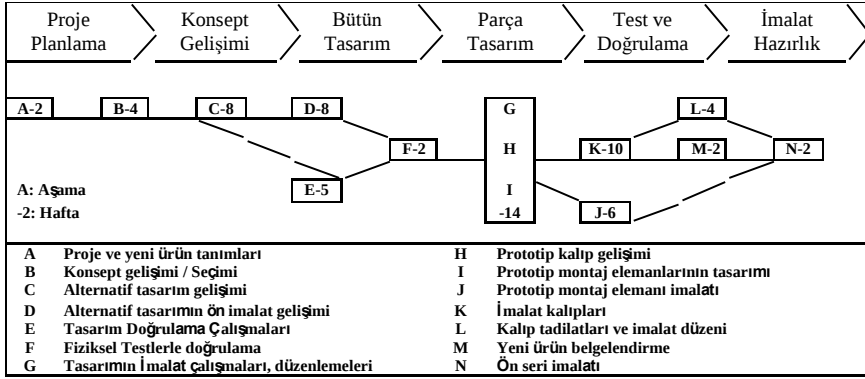
Şekil 1. Ürün geliştirme sürecinde otomotiv tasarım aşama matrisi [13].

Şekil 1’ de verildiği üzere, kavramsal tasarımın doğrulanarak, aşama, aşama, imalat sistem ve teknolojilerine yönlendirilmesi veya ürün geliştirme sürecinde yer alan otomotiv tasarım aşamalarının süreç konumu ile ilgili akademik araştırmalar, uluslararası yayılım göstermektedir [13,35]. Dolayısıyla, öncü otomotiv sektörü: çok uluslu, çok çalışanlı, çok disiplinli, uzun proje zamanlı, uluslararası yüksek rekabet şartları altında, yüksek ulusal ekonomik getirisi ile beraber diğer sanayi kolları için örnek teşkil etmektedir [11].

YENİ ÜRÜN GELİŞTİRMEDE SÜREÇ DEĞİŞKENLERİ

Yeni ürün geliştirme süreci tüm sektörlerde rekabet gelişiminin anahtar kavramıdır. Dolayısıyla, konuya özel uygulama alanındaki değişkenler incelendiğinde. Eppinger (2012), Ulrich (2015), Ullah (2016) ait çalışmalarda yeni ürün geliştirme sürecinde yer alan basamaklar ve alt tasarım safhaları aşama, aşama, akış odaklı etkileri araştırılmaktadır [3,36,37]. Şekil 3 ve Şekil 4’ de Ulrich (2015) çalışmasında, yeni ürün geliştirme safhalarını ardışık olarak tanımlarken aşama geçişlerinde yer

alan değişkenler ve süreleri üstüne farklı sektörlerde karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir [36]. Ulrich (2015) ve Eppinger (2012) çalışmalarında: 1990’ lı yıllara kadar ürün gerçekleştirme fonksiyonunun imalat aşamaları üstüne yoğunlaştığını, 2000’ li yıllar sonrası rekabet altında yeni ürün odaklı yapılara yöneldiği aktarılmıştır [36,37]. Şekil 2’ de Ullah (2016) araştırmasında, Ulrich’ in 2015 yılına kadar olan ürün geliştirme sürecindeki incelemeleri ile beraber son 6 yıllık konu hakkında etki gösteren değişkenleri sıralamıştır [3,36].



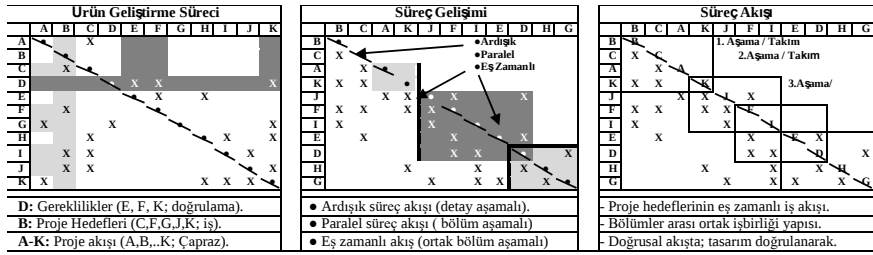
Şekil 2. Ürün geliştirme sürecinde tasarım aşamalarının süresi [3].

Ulrich’ in Şekil 2’ de çalışmasında ürün geliştirme sürecindeki aşamalar süre odaklı araştırılmıştır. Şekil 2’ de görüleceği üzere ardışık ilerleyen yeni ürün geliştirme süreci ‘E’ basamağında tasarım doğrulama çalışmaları ile ilk ayrımını gösterip prototip hazırlık ve imalatı üstüne aşama eşiğine girmektedir. Ayrıca Şekil 2’ de harflerle verilen iş tanımları hafta bazında sürelerle konumludur (‘E’ aşamasındaki tasarım doğrulama çalışması 5 hafta sürmektedir). Şekil 3’ de izleneceği üzere 5 farklı sektörde ürün odaklı karşılaştırma yapısında incelenen yeni ürün geliştirme süreci aynı değişkenler altında farklı birleşenler doğurmaktadır.

	Farklı Sektörlerde Yeni Ürün Geliştirme Değerleri				
	El Aleti (Stanley)	Paten (Rollerblade)	Yazıcı (HP)	Otomobil (Beetle VW)	Uçak (B777 Boeing)
Üretim Miktarı- Yıl	100.000	100.000	4 milyon	100.000	50
Ürün Yaşam Süresi- Yıl	40	3	2	6	30
Ürün Satış Fiyatı- \$	6	200	130	20.000	200 milyon
Ürün Parça Sayısı	3	35	200	10.000	130.000
Ürün Geliştirme Zamanı- Ay	12	24	18	42	54
Ürün Geliştirme Çalışan Sayısı- Kişi	3	5	100	800	6.800
Ürün Gelişimi Tedarikçi Sayısı- Kişi	3	10	75	800	10.000
Ürün Geliştirme Maliyeti- \$	150.000	750.000	50 milyon	400 milyon	3 milyar
Ürünün İmalat Yatırımı- \$	150.000	1 milyon	25 milyon	500 milyon	3 milyar

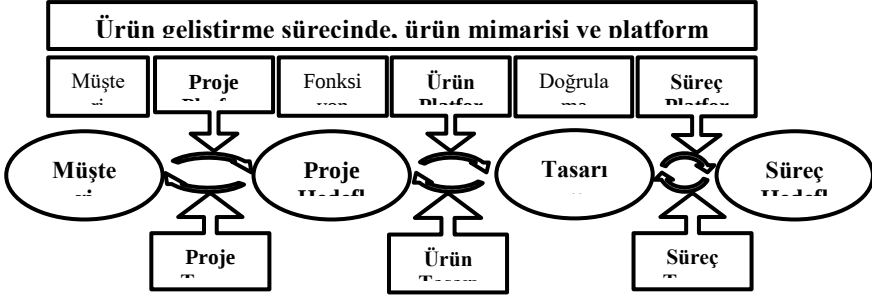
Şekil 3. Farklı endüstriler arasında ürün geliştirme değişkenleri [3].

Şekil 3' de izleneceği üzere: ürün geliştirme çalışan sayısı ve süresi, ürün parça sayısı, ürün yaşam süresi, proje maliyeti veya sonuçları, benzeri faktörler temel sürecin karşılaştırılabilir yapı değişkenlerini oluşturmaktadır. Şekil 4' te Ertaş (2018) çalışmasında, yeni ürün geliştirme sürecinin 3 dönem altında topladığı yaklaşım ekteedir [13]. Dolayısıyla, 1980' li yıllarda ilk dönem ardışık basamak işleyişinin, ikinci dönem 1990' lı yıllarda iş gruplarının oluşumu ile paralel aşama geçişine büründüğünü ve son dönem 2000' li yıllarda süreç paydaşlarının ortak görev tanımları altında eş zamanlı akışa sahip olduğunu belirtmiştir (Şekil 4).



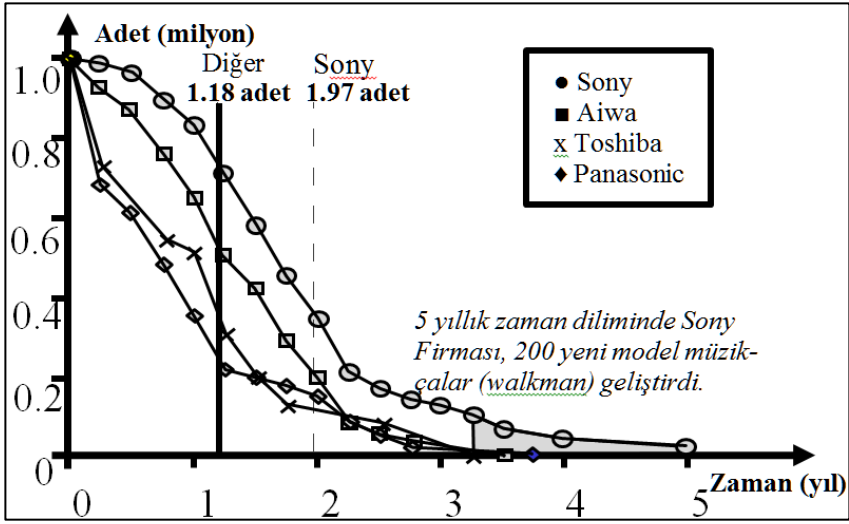
Şekil 4. Ürün geliştirme sürecinde değişkenlerin matris yapısı [13].

Şekil 4' te izleneceği üzere, son dönem ürün geliştirme süreç akışı: tüm aşama adımlarının ortak görevleri ve iş birliği yapısı altın eş zamanlı yürütülmektedir. Söz konusu eş zamanlı ürün geliştirme kavramı: bir aşama bitip diğer aşama başlaması yerine, yeni ürünü oluşturan aynı parçanın farklı yaklaşımlar altında gelişiminden sorumlu disiplinlerin ortak aşama çalışmalarını içermektedir. Ortak aşama tanımları altında eş zamanlı ilerleyen yeni ürün geliştirme süreci yakın dönemde aşama geçiş yapısına yönelmiştir. Dolayısıyla, yalınlaşma kavramı altında kabuk değiştiren eş zamanlı ürün geliştirme yapısı aşama geçişlerindeki proje maliyeti odaklı optimizasyon kayıpları doğurmuştur. Ürün geliştirme sürecinin erken aşamalarında yüksek duyarlılık altında proje hedeflerinin yeni tasarım üstünde doğrulanması, ilerleyen basamaklarda oluşabilecek tadilatları önlemektedir [18,38,39]. Şekil 5' da aktarıldığı üzere: müşteri, proje, tasarım ve süreç hedefleri altında oluşan yeni ürünün doğrulanması yeni ürün geliştirme sürecinin başarısını tanımlayan en önemli göstergedir.



Şekil 5. Ürün geliştirme sürecinde platform yönetimi [13].

Şekil 5’ da izleneceği üzere, geliştirilecek yeni ürünün firmaya ait ürün gamı içindeki konumu, ürün mimarisi ile beraber ürün platform yapısını oluşturmaktadır. Ürünün müşteri ve bölgesel pazar tercihleri altında çeşitlendirmek veya farklı fonksiyonlara sahip ürünlerin aynı yapısal parçaların kurgusunda oluşturmak ürün mimarisi kavramını doğurmuştur [32,40]. Dolayısıyla, ürün mimarisi ve ürün platform yönetimi kavramlarının yeni ürün geliştirme sürecine getirdiği pozitif etki [10,41,42] veya ürün ailesi yaklaşımının yeni ürünün pazar yayılımındaki önemi [40,43,44], konu hakkında farklı bakış açısı oluşturmaktadır. Şekil 6’ de gösterilen yaklaşım, ürün mimarisi veya ürün platform kavramları altında oluşturulan yeni ürünün 5 yıllık pazar başarısını göstermektedir. Şekil 6’ de yer alan ürün geliştirmenin tekrar zamanı temel süreç içinde ölçülmesi gereken bir diğer yaklaşımı oluşturmaktadır. Yeni ürünün yaşam çevrimi veya ömrü, rekabet altında pazar sonuçları ile yönlendirilmektedir [42,45].



Şekil 6. Ürün yaşam çevrimi [45].

Şekil 6’ da otomotiv sanayi dışında gerçekleşen yeni ürün geliştirme sürecini etkileyen farklı yaklaşımlar incelendiğinde ek olarak: yeni ürün veya yeni proje risk yönetim araçları [45,46], yeni ürün veya süreç, seçme ve karar verme teknikleri [47,48], yeni ürün ve üretim kontrolü [49,50], imalat için yeni ürün geliştirme süreci [50,51], ürün yeniliğinin pazar yayılımındaki etkileri [14,52], benzeri çalışma çıktılarında örnekler oluşturmaktadır.

OTOMOTİV SANAYİNDE GÜNCEL YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME SÜREÇ YAKLAŞIMLARI

Otomotiv sanayinde güncel pazar dinamikleri hızlı bir şekilde değişmektedir. Artık 1980 öncesi dönemde yer alan imal edebilme yeteneği, 1980-1990’ lı yılların maliyet kontrolü ve kalite geliştirme odaklı popüler stratejiler, günümüz küresel pazarlarında rekabet savaşını kazanımı için yeterli etki göstermemektedir. 1990-2000’ li yıllarda yaşanan pazar veya marka birleşmeleri, ortak ürün platformlarını, dolayısıyla günümüz küresel pazarlarını ve kitle imalat bölgelerini oluşturmuştur. 2000- 2010 yılları arasında yaşanan hızlı dijital gelişimler ve yeni iletişim modeli, müşteri kalıplarını azaltmakla birlikte özgün ürün olgusunu oluşturmuştur. Son yıllarda artan küresel rekabet avantajı ve başarısı, ancak yeni veya mevcut pazarlara, farklılaşan yeni ürünlerin, hızlı yayılımı ile elde edilmektedir [52,53]. Şekil 7’ de izleneceği üzere, tasarım

ve ürün geliştirme kavramına işletmelerin zaman içerisinde yaklaşımları önemli farklılıklar göstermektedir. İkinci Dünya savaşı sonrası 1950-1960 yılları arasında mal ve hizmet talebi arzdan fazla bir denge oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu dönem aralığında yeni ürün geliştirme fikri ve ihtiyacı firmalar için gereksiz bir maliyet oluşturduğu için tercih edilen bir kavram oluşturmamaktadır (Şekil 7).

Dönem	Endüstriyel tasarımın temel süreçteki rolü
1800'ler	İş Süreçlerinde
1920 - 1960	Uzmanlaşma
1960 - 1980	Profesyonel
1980 - 1990	Marka Yönetimi ve İlk Ür-Ge Tanımları
1990 - 2000	Ür-Ge İçi Ardışık Süreç Sahibi
2000 - 2010	Ür-Ge İçi Eş Zamanlı Tüm Süreç Yayılımı
2010 - 2020	Ür-Ge İçi Yenilik ve Korunumu
2020 -	Yalın Ür&Ge Süreci ve Şef Tasarımcı

Şekil 7. Endüstriyel tasarım disiplinin tarihsel gelişimi [54].

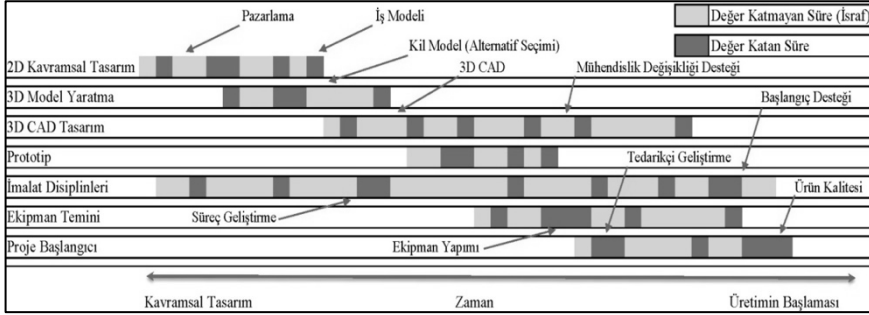
Şekil 7' de 1960-70' li yıllar arasında arz talep dengesi sağlanarak rekabet olgusu firmaların önem verdiği değişkenler arasında yerini almıştır. Dolayısıyla, rekabetin başladığı bu dönemde yeni ürün geliştirme fikri daha çok 'ürün gerçekleştirme veya imalat için ürün gerçekleştirme' olarak ortaya çıkmıştır ve süreç gelişimini oluşturan etken yapı pazar koşulları altında oluşmuştur [55]. 1970-80' ler de dünya petrol krizi ile birlikte küresel enflasyonun ortaya çıkması, beraberinde talebin sabitlenmesini sağlamıştır, dolayısıyla maliyet kontrollü, fiyat odaklı, bölgesel pazarlar doğmuştur. Söz konusu bu yıllar arasında firmalar işletme stratejileri doğrultusunda rasyonel olarak ürün geliştirmeye maliyet odaklı yönelmiştir [42]. 1990-2000' li dönemin ortasına kadar olan sürede ise hedef müşterileri ve geliştirme takımlarını yeni ürün geliştirme sürecine katan ve hıza önem veren, ürün tasarım anlayışı hâkim olmuştur. Ürün geliştirme basamakları bu dönemde aşama, aşama, ardışık süreç yapısından eş zamanlı akışa geçiş sağlamıştır (Şekil 7). Bu dönemde yayınlanan Womack' ın (1996) dünyayı değiştiren makine araştırması, ürün geliştirme ve üretim aşamalarında verimlilik odaklı bir yaklaşımla Japon ve Amerikan otomotiv firma süreçlerin' deki uygulama farklılıklarını açığa çıkarmıştır [56]. Günümüzde uygulaması devam eden eş zamanlı

ürün geliştirme modeli, tam zamanında üretim, stok maliyeti, benzeri süreç yaklaşımları bu araştırma altında tanımlıdır. 2010 yılına kadar olan yakın dönemde ise ürün geliştirme süreci ile müşteri talep yapısına göre sistem entegrasyonunu temel alan, tedarikçilerin, işletme çalışanlarının deneyimine dayanan işbirliği odaklı eş zamanlı yürütülen yeni ürün tasarım yapısı oluşmuştur [29,57]. Şekil 8’ de Liker’ in 2011 yılında yayınladığı Toyota yalın ürün geliştirme araştırması ile aşamalar arasında yer alan kayıplar ve yeni tasarımın korunumu üstüne 7 temel 13 alt prensip ortaya atılmıştır [29]. Şekil 8’ de yeni dönem yalın ve sanal ortamda gerçekleştirilen ürün geliştirme basamaklarının temelleri geçtiğimiz on yıl içindeki yazılım özelinde tasarım doğrulama programlarındaki hızlı gelişim ile beraber uygulama alanına aynı hızda yayılımı ile gerçekleşmiştir [8]. Şekil 8’ de aktarıldığı üzere yalın düşüncenin ortaya çıkışı, farklı kıtalardaki küresel otomotiv sanayi firmalarının performans karşılaştırmasını hedefleyen çok yönlü bir araştırmaya dayanır [10,29,58]. Otomotiv tasarım süreçlerinde israftan arınıp, üretim ve ürün geliştirme akışına odaklanan, sürekli gelişmeyi esas alan, küresel şirketler için ‘Yalın’ tanımı, ilk olarak bu araştırma ile yayılım sağlamıştır [10,58]. Yalın ürün geliştirme süreci ile beraber şirket kültürünün bir parçası olarak yalın düşünce bu kaynaklarda tanımlanmasına rağmen araştırma ve sonrasında konu ile ilgili yayılım sağlayan yayınlar son beş yılda yoğunlaşmıştır.

1. Sürdürülebilir Gelişim -Fikir Yönetimi -PDCA çevrimi -Değer Akışı Haritalaması -En İyi Uygulama Açılımı -Kıyaslama -Özgünlük -Değişim Eğrisi -Tedarikçi CIP	Yalın Ürün Geliştirme Süreci Prensipleri	5. Sıfır Hata Prensibi -Hedeflere Yönelik Ürün Gelişimi -Kalite Fonksiyonlarının Gelişimi -Kalite Geçidi -Gerçek Muhafaz -Hızlı Prototip -Sanal Geliştirme -Sistematik Problem Çözme Yöntemi
2. Standardizasyon -Süreç Standardizasyonu -İş Standardı -Projelerin Kategorizasyonu -Çok İşlevli Parçalar -KPI sistemi	4. Çekme ve İtme prensipleri -Süreç Senkronizasyonu (eş zamanlı) -Süreç Merkezli Proje Organizasyonu -Yetkinlik Merkezi -Düzenli İletişim -Eş Zamanlı Tasarım -Tedarikçi Entegrasyonu -Tasarım da değişiklik talepleri -Sistematik Tedarikçi Seçimi	6. Liderlik ve Çalışan Tanımları -Kültür Değişimi -Koçluk -Kalite Planları -Mentorluk -Liderlik Beceri ve Standartları -Kişiyi Özel Kariyer -Güçlü Proje Liderliği
3. Sanal Yönetim -Görsel Proje Basamakları -Disiplinler Arası Kesişim Alanları -Değer Yaratıcı Alan Tespiti (Gemba) -Sanal Proje Denetimi, 5S		7. Bilginin Önden Yükleme -Optimizasyonların Belirlenmesi -Hedef Maliyet -Ürün Yaşam Ömrü Planları -Yalın Tabanlı Gelişim

Şekil 8. Yalın ürün geliştirme süreci prensipleri [8].

Yalın ürün geliştirmeyi tanımlamak için iki farklı yaklaşım kullanılabilir; yalın ürün geliştirme ilkelerinin ürün geliştirme alanına uyarlanması (Şekil 8) veya ürün geliştirme sisteminde israfın yok edilmesi (Şekil 9), akışın sağlanması için kullanılan yöntemler ve yaklaşımdır [58]. Ekte, Şekil 9’ da görüleceği üzere tasarım ve ürün geliştirme sürecinde israfın tanımlanıp, değer katmayan zaman veya iş maliyetinin önlenmesi, yalınlaşması, için değer zinciri tanımlanmaktadır. 2000’ li yılların sonlarında rekabetin odak noktasında yer alan tasarım ve yeni ürün geliştirme süreci kavramları yenilik temelli yaklaşımları içermektedir. Yeni ürün kavramı: orijinal yeni ürün, geliştirilmiş yeni ürün, değiştirilmiş yeni ürün, olgularını içeren oldukça geniş kapsamlı bir terimdir [36].



Şekil 9. Yalın ürün geliştirme sürecinde tasarım akışının değer zinciri [57].

Dolayısıyla yeni ürün geliştirme ise firmanın yeni ürün tasarımını oluşturmak amacıyla girdiği uzun ve risklerle dolu karmaşık bir yapıdır (Şekil 9). Bu ana ve alt yeni ürün temelli yapı, gerek firmanın kontrol edemediği dış çevresel faktörler altında, gerekse firma içi süreçler tarafından etkilenir [45,59]. Otomotiv firmaları, yeni ürün tasarımı ve geliştirme sürecinin farklı safhalarında verecekleri doğru aşama kurgusu ile yeni ürünün pazar başarısı ve yayılımı karşısındaki belirsizlikleri azaltarak riski düşürebilir.

Firmaların yapısal yeni ürün gerçekleştirme süreç seçimleri veya kararları, tasarımın rekabet başarısını etkileyen aşama faktörlerini göz önüne alma derecelerine bağlı olarak değişmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar yeni ürün geliştirmenin başarısını belirleyebilecek bazı modeller ve varsayımları ortaya çıkarmıştır. Bunlardan biri olan Rauch (2016), ürün geliştirmede çapraz fonksiyonel takım kurgusu, pazar değişim hızı, gibi süreç araçlarını kullanarak yeni ürün tasarımının başarılı bir şekilde yürütülebileceğini ileri sürmüştür [8]. Diğer taraftan, Suh

(2001) ürün geliştirmede etkili olabilecek kritik faktörleri belirlemiştir [60]. Dolayısıyla bu ve benzeri çalışmalar yeni ürün geliştirme sürecinde: bütünsel yapıda ilerleyen çapraz fonksiyonel takımları, proje liderlik yapısını, ürün geliştirme kaynak yapısını, değer yaratan basamak yaklaşımlarını ve anlayışı değerlendirmektedir. Otomotiv firmalarının kuruluş amaçları veya rekabet ortamındaki iddiaları, yeni ürün altında pazar payı artışı ve küresel yayılımıdır. Dolayısıyla otomotiv sanayi şirketlerin yeni ürün tanımlama süreçleri ile firma performansı arasında doğru orantılı bir bağ bulunmaktadır. Yeni ürün geliştirme süreci, otomotiv firmasının atılım yapabilme kapasitesi veya küresel ürün yayılım hızı yeteneğinin kullanım şeklidir. Weber (2009), stratejik şirket yöneliminin; firmanın yeni ürün geliştirmesinin arkasında yatan beşeri ve fiziksel kaynakların kullanım hassasiyetinin ve akış kurgusunun niteliğinin yeni ürün başarısını doğrudan etkileyeceğini ileri sürmüştür [22,61]. Broch (2015), yeni ürün geliştirmenin en büyük başarı ölçütünün pazar yayılım hızı olduğu ve süreç içinde yer alan değişken faktörlerin sonuca etkisini incelemiştir [7]. Nehuis ve Kleeman (2014) göre ise, pazar ve rekabet yapısına göre, müşteri ve tedarikçilerin tasarım süreci içine katılmasının yeni ürün geliştirmede kritik başarı faktörünü oluşturacağını aktarmıştır [62]. Son olarak, Broch (2015) yaptıkları incelemeler sonucunda, yeni ürün geliştirme modelinin veya yeni ürün geliştirme süreç kurgusunun, firmanın teknik yapısı olarak değerlendirmektedir [7].

OTOMOTİV SANAYİNİN ÜRÜN ODAKLI TARİHSEL GELİşİMİ

Otomotiv sanayi ürünlerinin tarihsel gelişimi ve yayılımını dört dönemde toplamak mümkündür (şekil 10). İlk dönem; kurulu otomotiv işletmelerinin üretim miktarı yılda 1.000 adetten daha az olup söz konusu imal ettiği araçlar birbirinden farklı özellikler göstermektedir [56]. İkinci dönem ise, seri üretim şartlarına hızlı bir geçiş yaşandığı bir aşamadır (şekil 10). Seri üretim başlangıcı olarak kabul edilen 1908 yılında Henry Ford'un T-modeli otomobilin çok sayıda üretimi için yaptığı seri üretim hattı düzenlenmesi ile taşıt sanayinin öncülüğünde tüm diğer sanayilerde yeni bir dönem başlatmıştır [56].

Dönem	Tarih	Odak Noktası	Firma Tipi	Teknoloji Cinsi	Metot
Kurulum	1850	Buluş	Hiyerarşik	Mekanizasyon	Bilimsel Yönetim
Endüstrileşme	1908	Verimlilik	Kitle Üretim	Seri Üretimi	Uzmanlaşma
1. Akım: Ardışık Süreç	1970	Kalite Yönetimi Sürekli Akış Aşama Verimliliği	Lojistik Kontrol Ana-Alt Marka Birleşme-Yatırım	Otomasyon	Toplam Kalite Statik Süreç Kontrol
2. Akım: Eş Zamanlı Süreç	1990	Süreçte Yaratıcılık Uygulama Odaklı Süreç Hız ve İyileştirme Proje Odaklı Yaklaşım	Yatay Organizasyon Yüksek Adet Üretim Müşteri odaklı Operasyonel Mükemmellik	Bilgi Teknoloji Yönetimi Firma Çoğalımı ERP – CRM Tedarikçi Yönetimi	İyileştirme Metotları ABC 6 Sigma Süreç İyileştirme Geri dönüşüm
3. Akım: Süreç Yönetimi	2000	Zaman Yönetimi Adaptasyon Beceri Yönetimi Sürdürülebilirlik	Organizasyonel Yayılım Yüksek Rekabet Pazar Yayılımı Süreç Verimliliği	Hizmet Merkezli Yapı Yazılımsal Yönetim BPM Sistemi	BSC metot BPM metot İç-Dış Kaynak Yönetimi
4. Akım: Süreçte Yalınlaşma	2010+	Değer Yönetimi-İstif Kavıpların Önlenmesi	Sıfır Hata İlk Seferde Doğru		Proje Odası A4 İletişim (Yalın)

Şekil 10. Otomotiv sanayinde ürün geliştirme akımlarının gelişimi [63].

Otomotiv sanayinde ilk seri üretim hattı: hareketli bir montaj alanını ve yüksek oranda tanımlı iş bölümüne dayalı, basit işlemler yapan vasıfsız veya yarı vasıflı iş gücü altında yüksek miktarda standart ürünlerin üretildiği yeni bir yapıdır [56]. Ford' un iş süreçleri ve otomotiv sektöründe yarattığı yenilikler, Taylorist eğilimlerin uzantısı niteliğindedir [63]. Söz konusu Fordizm, Frederick Winslow Taylor tarafından savunma sanayinin (tabanca, tüfek, vb.) üretim süreçlerini tümü ile değiştiren bu yaklaşım, seri üretim hattındaki duran işçinin önüne yarı mamul parçayı getirterek hareketli bir montaj hattına çevirmiştir [56].

Şekil 10' de izleneceği üzere otomotiv sanayinde 1970' li yıllardan itibaren üçüncü döneme geçişte küresel ekonominin karşılaşmış olduğu büyük petrol krizi, sanayi sektöründe bazı önemli ve köklü değişimlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur [63]. Geriye dönük bakıldığında pek çok sektörde bu dönüşüm bugün dahi yaşanmaktadır. Söz konusu dönüşümün en temel özellikleri: ürün, üretim ve dağıtım alanlarının tümüne nüfuz etmesidir [56]. Firma düzeyinde yeni süreç formlarının yürürlüğe sokulması, değişen, farklılaşan tüketici talebi karşısında üretim sistemlerinin giderek daha esnek bir yapıya geçişidir [63]. Dolayısıyla, güncel dönüşüm dinamikleri otomotiv sanayinde üçüncü sanayi dönemi akışını yaratmıştır. Esnek üretim veya tam zamanında üretim, stok maliyeti, yeni kalite sistemlerinin, Japon otomotiv sanayini kısa sürede, Amerikan ve Avrupalı otomotiv firmalarına göre rekabet üstünlüğüne kavuşmasında önemli etkisi olduğu kabul edilmektedir [56].

Otomotiv sanayinde dördüncü dönem ise, günümüz koşullarında etkili olan yeni ürün ve üretim sistemlerindeki altyapı gelişimi 1980' li yıllarda ortaya çıktığı bir aşamadır. Bu yeni süreç gelişimi: küresel üretimin mekânsal örgütlenmesi ile otomotiv sanayi markaları arasındaki ilişkinin

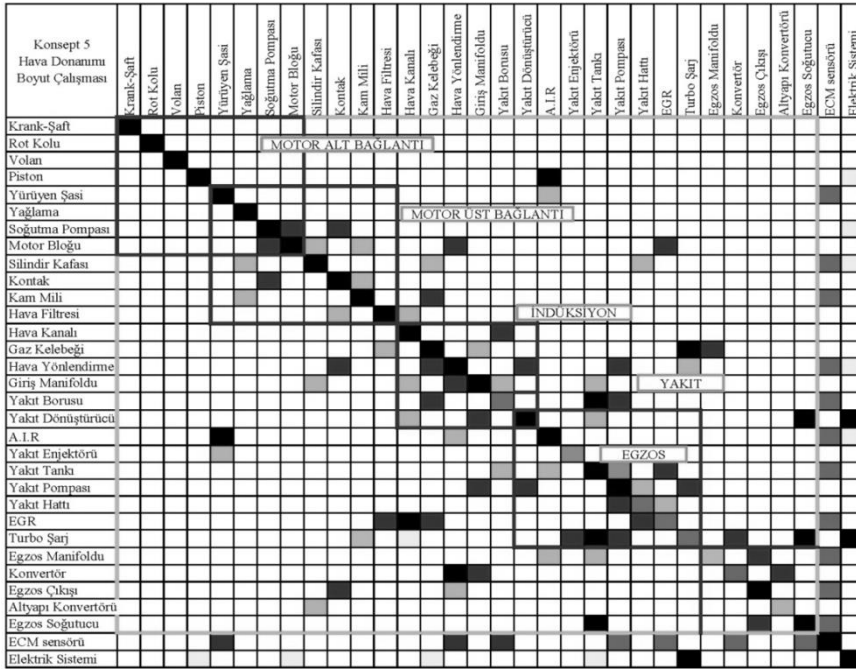
değişmesine neden olmuştur [63]. Uluslararası otomotiv firmaları kitlesel üretim yapabilecekleri pazarlara yakın ülkelerde bölgesel yeni niş ürünler ile ürün yelpazelerini genişleterek yüksek adetli imalata yönelmiştir. 1990'lı yıllarla birlikte küresel yayılım yaklaşımı altında şekillenen ürün, üretim ve endüstriyel doku otomotiv sanayinde rekabet şartlarını ağırlaştırmıştır [56].

Bugün içinde bulunduğumuz son dönem: ürün geliştirme merkezlerinde geliştirilen otomotiv ürünün, üretim maliyeti ile birlikte kullanıcı tercihlerindeki değişkenlerin artmasına bağlı işgücü ile beraber hammadde ihtiyaçlarını yalın ve sanal ortamdaki görsel iletişimini sağlayan tasarım doğrulama sistemidir [56]. Yalın ürün geliştirme: otomotiv tasarım faaliyetleri öncesi proje hedef tanımlama ve değerlendirme aşamasından, yeni ürün projesinin ön seri üretime hazır hale gelmesine kadar olan aşamaları değerlendirmektedir [64]. Ürün geliştirme sürecinde yalınlaşma için kullanılabilecek çeşitli araçlar referanslarda tanımlanmaktadır. Değer akışı haritası, mevcut durum analizini gerçekleştirmek ve dönüşüm noktalarını tespit ederek, gelecek durumu tasarlamak amacıyla kullanılır ve tüm ürün geliştirme sürecini görselleştirerek bilgi yayılımı sağlar [50]. Ürün geliştirme sistemleri üretim sistemlerinden farklı olarak belirsizlikler içerir. Dolayısıyla, süreç içerisinde farklı fonksiyonların disiplinler arası yaklaşımları altında bir araya gelmesi veya dizgesel aşama tanımları ve basamak geçiş kurgusu, tasarım odaklı planlanmaktadır. Otomotiv tasarımın da yalın süreç yaklaşımı veya çapraz fonksiyonlu matris yapı ve ürün geliştirme projelerinde farklı fonksiyonlarla ilişkilendirilmiş faaliyetler arasındaki etki, olasılık değerleri altında mimari yapının görselleştirilmesini sağlamaktadır [50]. Yalın ürün geliştirme sistemlerinde israfların en önemli temel nedenleri değişkenlik ve projenin ilerleyen aşamalarındaki disiplinleri etkileyen zincirleme tadilatlardır [58].

OTOMOTİV SANAYİNDE ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİNİ ETKİLEYEN GÜNCEL FAKTÖRLER

Otomotiv sanayinde yeni ürün geliştirme sürecini etkileyen güncel faktörlere odaklanıldığında araştırmacılar uygulama alanında gerçekleştirdikleri vak'a analizi ve gözlemsel bulguları pazar verileri ile karşılaştırmaktadır. Otomotiv sanayinde yer alan ürün geliştirme süreci içinde en önemli performans göstergesi ve başarı faktörü, rekabet altındaki

yeni ürünün pazar yayılım hızı veya pazar payı ile birlikte kullanılan süreç yönetimi, bilgi yönetimi, iletişim yönetimi, sınırlamalar, akımlar, benzeri değişkenler altında oluşturulmuş detaylı çalışmalardır [63]. Ekte Şekil 11’ de izleneceği üzere yeni taşıtın bölgesel olarak sadece motorlu şasi gelişiminde yer alan 32 farklı alt uzmanlığın eş zamanlı proje akışı yer almaktadır. Ürün geliştirme konusunda benzeri çalışmalar incelendiğinde: Liker (2011) süreç yalınlaşmasını, Cooper (2010) firmaların farklı süreç uygulama sonuçlarını, Ulrich (2015) geliştirme süreç modellerinin tarihsel gelişimini, karşılaştırmalı olarak birebir görüşme veya vak’a analizi yöntemi altında araştırmıştır [29,36,59].



Şekil 11. Ürün geliştirme sürecinde iş birliği yapısı ve ortak aşamalar [63].

Şekil 11’ de Gazova (2016) örnek çalışmasında otomotiv sanayinde yeni ürün geliştirme süreci altında yer alan motor gelişiminin aşama yapısını, çapraz matris eşleşmeleri ile göstererek akışı detaylı olarak modellemiştir [63]. Ayrıca, Şekil 11’ de aktarıldığı üzere motor gelişimini oluşturan aşamalar akış boyunca kademe, kademe, ilerlerken bir yandan da kritik değişken performansa sahip alt parçalar fiziksel testler altında tasarım doğrulama çalışmaları ile hacimleri ve fonksiyonları eşleşerek sınanmaktadır. Ürün geliştirme akışı doğrusal ilerlerken tasarım

doğrulama analizleri altında kritik parçalar tekrarlı bir yapıda döngüler altında sürece ölçümler sonucu tadilatlarla adapte olmaktadır (Şekil 11). Otomotiv sanayinde ürün geliştirme sürecine yön veren güncel kavram, teknik ve yaklaşımlar incelendiğinde: akış yapısı, eş zamanlı aşama işbirlikleri, çok fonksiyonlu ortak çalışmalar, ürün mimarisi, platform ürün yapısı, tasarım doğrulama simülasyon teknikleri, tam taşıt simülasyonu, kullanım senaryolarında yeni ürünün doğrulanması, sanal prototipleme, sanal montaj, hızlı prototipleme, tek tasarım modeli üstünde disiplinler arası geliştirme veya tek çekirdek tasarım model gelişimi, benzeri araştırma sonuçları yer almaktadır [31,63,64,65]. Ürün geliştirme sürecinin erken aşamalarında, yüksek duyarlılık altında proje hedeflerinin yeni tasarım üstünde doğrulanması ilerleyen basamaklarda oluşabilecek yüksek maliyetli tadilatları ve değişiklikleri önlemektedir [38,66,67]. Dolayısıyla, sayısal tasarım doğrulama ve sentezi veya yeni nesil CAD destekli tasarım doğrulama yöntemleri, karar verme teknikleri, tasarım problemleri ve çözüm önerilerinde yüksek toleranslı yönelimler sağlamaktadır [31,68]. Ayrıca, Yeni ürün tasarımı sonucu üretim değişiklikleri genellikle ürün geliştirme kapasitesinin %50 ile %20 arası zamanını almaktadır [34]. Diğer tarafta, ampirik araştırmalar altında tasarım doğrulama çalışmaları tüm ürün geliştirme maliyetinin %70 ile %80 erken tasarım aşamalarında gerçekleşmektedir [34,69]. Ürün geliştirme sürecinin başlangıç aşamasındaki tasarım modelleri, tasarım sorunlarının etki alanını ve belirli formülasyonu temsil etmekle beraber, yeni ürün yapısını veya tasarım çözümlerini, aynı zamanda oluşum parametreleri ile ilişkide olduğu bileşenleri gösterir [31]. Ürün geliştirme aşamalarında yeni ürünün tasarımı ile beraber üretim sistemlerinin gelişimi de aynı anda belirlenmekte, modellenmektedirler [2,70]. Dolayısıyla, ürün geliştirme ve tasarım süreçlerindeki değişikliklerin gelişimi, iyileştirilmesi ve yenilik kazanımları kaçınılmazdır [3].

YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİNDE TASARIM FAALİYETLERİNİN ROLÜ

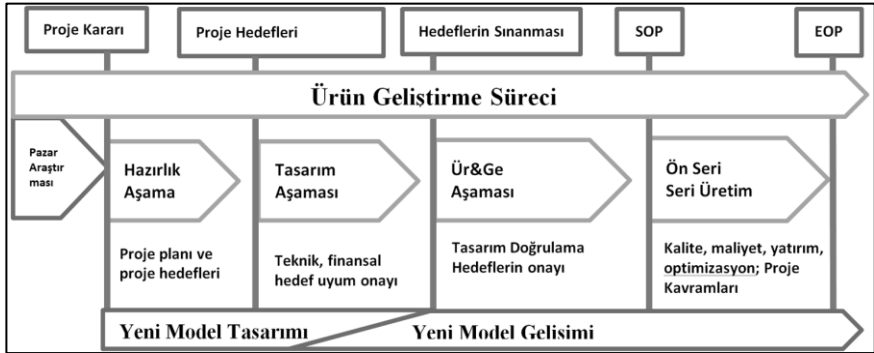
Otomotiv sanayinde ürün tasarımı faaliyetleri, ürün geliştirme sürecinde yer alan tasarım bölümünün öncülüğünde yürütülmektedir [72]. Öte yandan ürün gelişiminin her adımında, farklı işleve sahip bilimsel yaklaşımlar, yeni akış aşamaları, tasarım sürecine doğrulanması gereken sınır değerleri altında dâhil olmaktadır [22,71,72]. Yeni ürün gelişimindeki söz konusu bu işlevsel alanlar, zaman, zaman, sürece tasarım bölümü ile

beraber potansiyel liderlik rolü altında değer katmaktadır [73]. Ürün geliştirme sürecinde değer yaratımı ve korunumu tasarımın fonksiyonel görevidir. Dolayısıyla, başarılı bir ürün geliştirme sürecinde: ürün geliştirme uzmanlıklarının, yenilik oluşumunda yer alan tasarım bölümü ile tutarlı bir iletişim içinde rol alması önemlidir [8]. Ayrıca, çok katmanlı ürün geliştirme safhalarında: rekabet, ürün kalitesi, pazar yayılımı, tercih edilir görünüm ile beraber firmanın güçlü pazar konumunda tasarımın yüksek rolü bulunmaktadır [20].

Otomotiv sanayinde gerçekleşen yeni ürün geliştirme süreci içinde yer alan tasarım faaliyetlerinin diğer aşamalarla veya disiplinlerle olan işbirliği yapısı, ortak görev tanımı ve yeniliğin korunumundaki sorumluluğu, tasarımın firma içindeki konumuna, rolüne, bağlıdır [8,72]. Heskett (2005) çalışmasında ürün geliştirmenin önemli iki fonksiyonu üzerinde durmaktadır [74]. Bunlar; değer katmak (mevcut ürünleri ve sistemleri mevcut pazarlarda değiştirmek) ve değer yaratmaktır (yeni pazar oluşturacak ürünler geliştirmek olası müşteri istek ve ihtiyaçlarını tanımlamakla mümkündür). Mevcut ürün ve sistemlerin mevcut pazarlarda değiştirerek değer katmak, eklemek, otomotiv sanayinde sıklıkla görülmektedir [7,75]. Bu ayrım, Türkiye otomotiv sanayinde 1960'lı yıllardan beri ulusal marka (BF) oluşturan firmaların küresel pazar yayılımına değer yaratabilir. Ancak, ürün geliştirme sürecine tasarımın liderlik rolünün entegre olması halinde değer yaratmak, yenilik katmak, mümkün gözükmektedir [54,75]. Ürün geliştirme sürecine tasarım ve tasarım doğrulama uzmanlıklarının yönlendirmesi, liderlik rolünü üstlenmesi, değer yaratımı sağlamaktadır [12,28].

Otomotiv sanayinde taşıt tasarımı etkinlikleri içinde yer alan alt uzmanlıkların ürün geliştirme sürecindeki, başarısı ve rolünün sonuçlarla doğrudan ilişkisi bulunmaktadır [28,76,77]. Araştırmalar ürün geliştirme sürecinde tasarım aktivitelerini oluşturan alt işlevsel uzmanlıkların etkin rolünün rekabet içindeki otomotiv şirketlerinde değer yaratımına önemli kazanımlar sağladığını göstermektedir [73,75,78]. Ayrıca, otomotiv sanayinde başarılı sonuçlar elde etmek için, taşıt tasarım aşamalarının (tasarım ve tasarım doğrulama) ürün geliştirme basamakları ile döngüsel yerine doğrusal akış yapısına bağlıdır, dolayısıyla sürecin tekrarlı tadilatlardan uzak bir işleyişe sahip olması önemlidir [28,70,75]. Söz konusu yaklaşımlar altında, ürün geliştirme sürecinde yer alan endüstriyel tasarım faaliyetleri, otomotiv endüstrisinde derinlemesine araştırılması

gereken değerler oluşturmaktadır. Şekil 12’ de Weber (2009), BMW firması ile beraber yürütülen çalışmada, ürün yaşam süresi veya çevrimiyle, doğru orantılı bir bağa sahip yeni ürün geliştirme süreç basamakları (PEP) araştırılmaktadır [22]. Dolayısıyla, otomotiv sanayi ürünlerinin yaşam döngüsünü belirleyen süre, onları geliştiren basamaklar içindeki çalışmalar altında ortaya çıkmaktadır [7,22,78]. Söz konusu yeni ürünün pazara giriş ve çıkış zamanını belirleyen çalışmalar, ana marka stratejisinin üstünde veya firma stratejileri altında yer alan, ürün mimarisini oluşturan önemli bir araçtır [7,19]. Ayrıca ürün yaşam ömrü, belirli zamanlarda stratejik araç olarak uzun vadeli bir plan oluşturmaktadır. Şekil 12’ de ön geliştirme aşamasında, ürün mimarisi, küresel ürün planlaması, proje yönetimi, yeni proje tanımları, yenilik etkisi veya doğrulanması, temel süreç yapısı ile araştırmaya entegre olan diğer aşama ölçütlerini oluşturmaktadır [7,22].



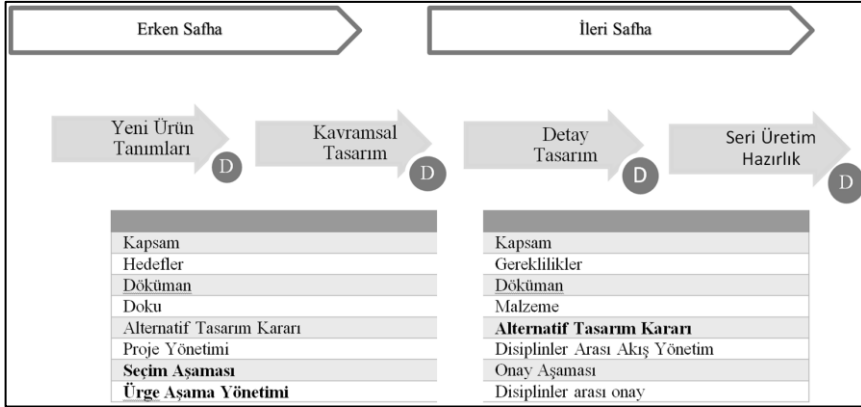
Şekil 12. Ürün geliştirme projelerinde temel akış safhaları [22].

Şekil 12’ de söz konusu otomotiv tasarım basamaklarında yer alan alt uzmanlıkların görevleri, otomotiv sanayinde konumlandırılan yeni ürün geliştirme süreci içinde başlangıç aşamasını oluşturmaktadır. Şekil 12’ de otomotiv tasarım disiplini, ürün geliştirme sürecini oluşturan çeşitli teknik uzmanlık yaklaşımları altında yeni taşıtın test ve analiz uygulama sonuçlarına göre aşama tadilatları ile akışta ilerlemektedir [22,79].

Bangle (2001), Weber (2009), araştırmalarında belirttiği üzere otomotiv firmasının tasarım süreci dört temel safhadan oluşmaktadır. Dolayısıyla otomotiv tasarımı süreç basamaklarını: ilk safhası proje hedefleri altında yeni taşıtın kavramsal 2D eskiz ve 2D kullanım eskizleri altında proje hedeflerinin vücut bulması [73,77,80], ikinci aşama seçilen alternatif eskizin temel 3D CAD modelinin oluşturulması [16,39,81].

Ardışık üçüncü aşama 3D CAD model üstünde tasarım doğrulama çalışmaları [12,70,71], dördüncü aşama tasarımın disiplinler arası yaklaşımlar altında 3D CAD detay modelinin hazırlanması [62,82,83], olarak akış tanımlanmaktadır. Yukarıda yer alan otomotiv tasarım sürecindeki her bir temel safha araştırılması gereken bilimsel yaklaşımlar içermektedir.

Küresel otomotiv firmalarında gerçekleşen tasarım aşamaları ile ilgili araştırmalarda yer alan süreç farkları incelenmiştir. Yukarıda Şekil 12’ de yer aldığı üzere Weber (2009) BMW firmasına ait tasarım süreçleri başlangıç tanımlarını oluşturmakla beraber Liker (2011) Toyota firmasına ait süreçlerdeki yalınlaşma bulgusu, Loubet (2013) Renault firmasının, Ramasesh (2014) Volvo firmasının veya Sundermeier (2014) Volkswagen firmasının safha tanımları ile örtüşmektedir [22,24,25,29,78]. Liker (2011) araştırmalarında yer alan Toyota’nın yalın ürün geliştirme veya yalınlaşma kavramı erken dönem bulgudan çok önümüzdeki dönem araştırmalarının yönelimini oluşturmaktadır [29]. BMW tasarım aşamalarından farklı olarak 4 tasarım aşaması yalınlaşarak, Broch (2016) çalışmasında Şekil 13’ de gösterildiği üzere 2 temel safhaya uyarlanmıştır [7,79].



Şekil 13. Yeni ürün geliştirme aşamaları arasındaki iş birliği yapısı [7]

Otomotiv sanayinde tasarım aşamaları Şekil 13’ de şematik olarak gösterildiği üzere, erken oluşum safhası ve ileri detaylandırma safhası olmak üzere iki temel yaklaşım içermektedir. Söz konusu iki temel tasarım safhanın aşama, aşama, tanımlanması veya otomotiv firmasına özel karakteristikler alması tasarımın şirket içindeki yaklaşım açısı ile doğru orantılıdır [7,79].

Küresel otomotiv firmalarında gerçekleşen tasarım süreci yapıları kadar akışta yer alan her bir alt uzmanlık alanı da akademik olarak araştırılmaktadır. Söz konusu tasarım sürecinde yer alan aşamalar veya etkilediği değişkenler: tasarım doğrulama [12,71], tasarım parametreleri [65], taşıt tasarım toleransları, ürün yapısı [84], modüler taşıt tasarımı [72], ürün mimarisi [33], ürün yaşam çevrimi [7], erken tasarım aşamaları [76], 2D eskiz gelişimi aşaması [77,80], 3D CAD taşıt tasarımı [39,81], sanal prototipleme [35], sanal montaj [85], taşıt konfor simülasyonu [86], taşıt güvenlik simülasyonu [83], aerodinamik taşıt tasarımı [87], benzer basamak ve faktörlerin ana sürece etkileri ile tanımlanmaktadır.

YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİNİN ÜLKE OTOMOTİV SANAYİNDE YERİ

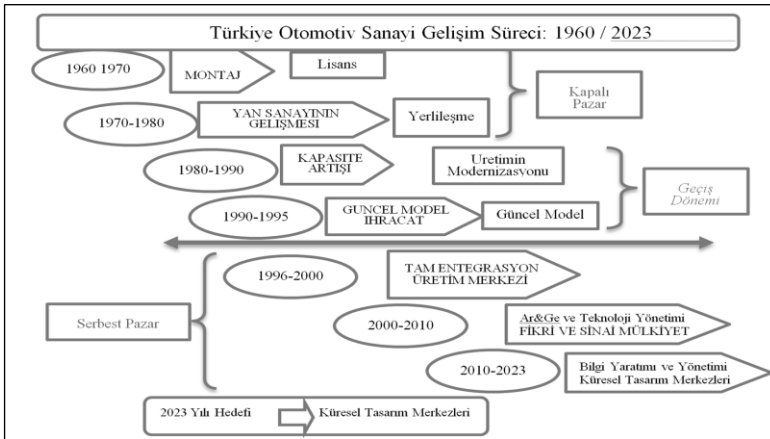
Türk otomotiv sanayinin temelleri 1950' li yıllarda atılmış ve sektörün gelişimi 1960' ların sonu ve 1970' li yılların başında kurulan uluslararası ana markaya bağımlı montaj fabrikalarının belirli kapasite ve yerlilik oranına ulaşması ile oluşum göstermiştir (Şekil 14). Türkiye' de ilk kez otomotiv sanayi ürünlerinin üretimi 1954 yılında Türk Willys Overland A.Ş.' nin ordunun ihtiyacı olan taşıtların montaj imalatı ile başlamıştır. Söz konusu yatırımı, 1955 yılında Türk Otomotiv Endüstrisi A.Ş.' nin kamyon fabrikası ve daha sonrada Otosan ve Çiftçiler A.Ş.' nin ikinci ve üçüncü kamyon fabrika kurulumları izlemiştir. Otobüs üretimi ise 1963 yılında İstanbul Otobüs Karoseri San. A.Ş. tarafından Magirus otobüslerinin montajı ile başlamıştır (Şekil 14).

Otomotiv Firmaları	Üretim Yeri	Kurulum Tarihi	Lisans	Sermaye Oranı (%)
Anadolu Honda San. A.Ş.	Kocaeli	1997	Honda Motor Cmp.	50
Anadolu Isuzu San. A.Ş.	İstanbul	1966	Isuzu Motor Cmp.	29.7
BMC San. A.Ş.	İzmir	1966	Cummins Motor Cmp.	0
Askam San. A.Ş.	Kocaeli	1964	Chrysler Motor Cmp.	0
Ford Otosan San. A.Ş.	İstanbul	1959	Ford Motor Cmp.	41
Hyundai Assan San. A.Ş.	Kocaeli	1997	Hyundai Motor Cmp.	50
Karsan San. A.Ş.	Bursa	1966	Peugeot Motor Cmp.	0
MAN	Ankara	1966	MAN Motor Cmp.	97.8
Mercedes Benz Türk	İstanbul	1968	Mercedes Benz	85
Otokar San. A.Ş.	Sakarya	1963	KHD/Land Rover	0
Iveco Otovol San. A.Ş.	Sakarya	1966	Iveco Motor Cmp.	27
Oyak Renault San. A.Ş.	Bursa	1971	Renault Motor Cmp.	51
Temsa San. A.Ş.	Adana	1987	Mitsubishi Motor Cmp.	0
Tofaş San. A.Ş.	Bursa	1971	Fiat Motor Cmp.	37.8
Tovotasa San. A.Ş.	Sakarya	1994	Toyota Motor Cmp.	75

Şekil 14. Ülke otomotiv sanayi firmalarının kuruluş dönemi ortaklıkları [88].

İlk Türk otomobil tasarımı yine TOE firmasının 1958 yılında Triumph şirketine proje olarak yaptırdığı 'Zafer' isimli taşıttır. 1961 yılında

Eskişehir devlet demiryolları fabrikasında ‘Devrim’ markalı 2. Türk otomobil denemesi 4 adetlik prototip üretim ile sonuçlanmıştır. Söz konusu yıllarda toplam talebin 5.000 âdetin altında olduğu, küresel otomotiv firmalarında günde 1.000 adet bölgesel fabrikalarda imalat düşünüldüğün de, talep yetersizliği nedeni ile ekonomik ölçeğin çok altında kaldığı için seri üretimi gerçekleşmemiştir. 1960 ile 1980 yılları arasında ana ve yan sanayi kurulumu gerçekleştiren Türk otomotiv sanayi bölgesel anlaşmalar altında montaj sanayi olarak gelişim göstermiştir (Şekil 14). 1980’ li yıllara kadar sürdürülen ithal ikamesi politikaları sonucu otomotiv sanayi iç pazara dönük, çok sayıda küresel firmadan oluşan bir yapı içinde montaj ve yan sanayi faaliyetleri altında büyümüştür (Şekil 15). Otomotiv ana sanayi üretimine paralel olarak yan sanayi üretiminde de ivmelenme olmuştur. 1980’ li yıllarda benimsenen liberal ekonomi politikaları çerçevesinde sektörün dışa açık, modern teknoloji kullanan, ekonomik ölçeklerde üretim yapabilen, fiyat ve kalite açısından uluslararası rekabet gücüne sahip bir konuma gelmesi amaçlanmıştır (Şekil 15). Ancak, söz konusu yıllarda da koruma oranlarının yüksek tutulması ile birlikte üretimde istikrarlı bir artış sağlanmış ise de bu şekilde uzun dönemli korumacılık anlayışı sektörün yurt içi pazara dönük, özgün ürün gelişiminden uzak, az sayıda ürün çeşitliliğinde bir üretim gerçekleştirmesine neden olmuştur [88]. 1980’ li yılların sonlarından itibaren koruma oranları önemli ölçüde indirilmiş, ekonomik ölçekteki yeni yatırımlar ve belirli büyüklükteki teşvik yatırımları bu sektöre özel desteklenmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Türk otomotiv sanayi tarihinde önemli gelişimler [89].

Ekte, Şekil 15’ de görüleceği üzere; Avrupa birliği ülkeleriyle yapılan bölgesel ticari anlaşmalar aracılığı ile otomotiv endüstrisinde gelişmelere yol açmış 2010 sonrası dönemde tümleşik taşıt sanayi için ulusal hedefler belirlenmiştir [89]. Şekil 15’ de görüleceği üzere, 1996 tarihinden itibaren gerçekleştirilen Avrupa Gümrük Birliği (AB) anlaşması ile birlikte otomotiv sektöründe küresel rekabet ortamı oluşmuştur.

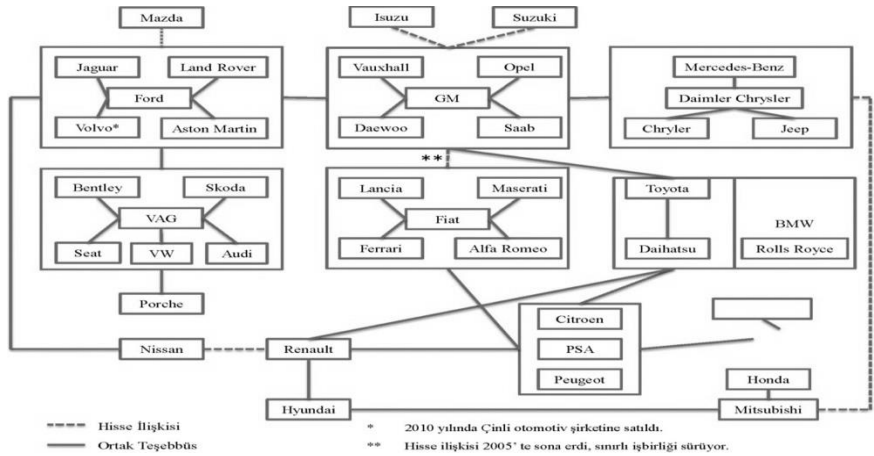
Küresel otomotiv firmalarının imalattan finansa yalınlaşan ve berraklaşan yönetim anlayışı ana marka ve alt yapı birleşimlerini, firma evliliklerini ortaya çıkarmıştır. Şekil 16’ da görüleceği üzere, son on yılda küresel ana otomotiv sanayi firmaları; Polonya, Macaristan, Çek Cumhuriyeti, Slovakya ve Türkiye’ de önemli yatırımlar gerçekleştirerek bölgesel ana montaj merkezlerini oluşturmuştur. Çeşitli küresel bölgelerde olduğu gibi Avrupa pazarına girişte bu ülkelerdeki üretim faaliyetleri, ucuz ve kalifiye iş gücünün desteği ile beraber yüksek teknoloji kullanımı altında kitle üretim merkezi düzeyine kısa sürede çıkartılmıştır (Şekil 16). Bugün geriye dönük bakıldığında küresel otomotiv firmalarının gözüken marka evlilikleri ile beraber ürün alt yapısı veya kritik motor parça üretimleri de ortaklaşmıştır.

	2016	2017	2018
AVRUPA	22.852.578	21.777.794	27.009.468
AB 27 Ülke	19.724.773	18.439.079	21.252.862
AB 15 Ülke	16.691.210	15.174.690	18.241.033
Avusturya	228.066	151.277	272.334
Belçika	834.403	724.498	937.354
Finlandiya	24.309	17.895	30.971
Fransa	3.015.854	2.568.978	3.047.658
Almanya	6.213.460	6.045.730	6.209.857
İtalya	1.284.312	1.023.774	1.843.239
Hollanda	138.568	132.494	136.601
Portekiz	176.242	175.155	176.015
İspanya	2.889.703	2.541.644	2.870.078
İsveç	366.020	308.299	356.338
UK	1.750.253	1.649.515	1.790.139
Çek Cum.	937.648	946.567	974.569
Slovakya	571.071	575.776	661.340
Macaristan	292.027	346.055	382.540
Polonya	792.703	952.840	984.133
Rusya	1.660.120	1.790.301	1.722.431
Türkiye	1.099.413	1.147.110	1.369.605
AMERİKA	19.154.059	16.886.089	22.535.540
ABD	10.780.729	8.693.541	12.708.852
Meksika	2.095.245	2.167.944	2.561.052
Arjantin	544.647	597.086	512.924
Brezilya	2.977.150	3.215.976	3.182.617
ASYA	30.714.858	31.507.403	33.753.104
Çin	8.882.456	9.299.180	13.790.994
Hindistan	2.253.729	2.332.328	2.632.694
Japonya	11.596.327	11.575.644	11.934.516
Güney Kore	4.086.308	3.826.682	4.512.926
AFRİKA	544.566	586.013	416.677
TOPLAM	73.266.061	70.757.299	74.714.689

Şekil 16. Ülkelere göre dünya motorlu araç üretimi [88].

Şekil 16’ da, 2017 yılı dünya motorlu taşıt montaj üretiminde, Japonya 11.6 milyon adetlik üretimiyle ilk sırada yer alırken, ikinci sırada 9.3 milyon adetlik üretimi ile Çin ve üçüncü sırada ise 8.7 milyon adetlik üretimi ile ABD’nin bulunduğu görülmektedir. Ancak 2017 yılında etkileri görülmeye başlanan ekonomik küresel kriz ile birlikte, başta ABD olmak üzere diğer gelişmiş ülkelerin motorlu araç üretiminde önemli daralmalar meydana gelmiştir. Şekil 16’ da, 2017’ de Çin 13.8 milyon adetle motorlu taşıt üretiminde lider konumuna yükselirken, 7.9 milyon adet ile Japonya ikinci sırada, ABD 5.7 milyon adetle üçüncü sırada yer almıştır.

Uluslararası otomotiv sanayinde küresel marka sahibi üreticiler ile bunların yerel montaj fabrikaları (ana markaya bağımlı yerel otomotiv firmaları (MF)) küresel değer zinciri içerisinde belirli bir hiyerarşiye sahip olarak konumlanmaktadır (Şekil 17). Uluslararası otomotiv firmaları yerel montaj sanayinin (MF) üretim yaptığı her bölgede standart faaliyet gösterebilmesi için küresel yapıda uyum yönetmelikleri ve regülasyonlar kademelendirilmiştir (Kavram haritası). Bölgesel pazarlarda yer alan ara müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilmek için uluslararası otomotiv firmaları söz konusu bölgesel üretim merkezlerinde tasarım ve ürün geliştirme süreç yapılarını bu alanlara taşımaktadır. Dünya otomotiv sanayindeki bu gelişme (Şekil 17), günümüzde ürün geliştirme ve endüstriyel tasarım süreçlerini tartışabilir bir durum doğurmuştur [90].



Şekil 17. Uluslararası otomotiv firmaları arasındaki ilişki yapısı [90].

Otomotiv sanayi ilişkisel yönetim modeli özellikleri göstermektedir (Şekil 17). Şekil 17’ de yer alan, ana marka ile yerel montaj sanayi arasındaki etkileşim küresel dengeye bağlı olarak değişmektedir. Bununla birlikte otomotiv sanayi hiyerarşik, kontrollü bir yönetim yapısından, taraflar arasında güç dengesinin bulunduğu, örtük bilgi alışverişinin önem kazandığı ilişkisel bir yönetim yapısına doğru evrimleşmiştir (Şekil 17). Otomotiv sektörünün modüler anlamda mimari bir yapıya sahip olmasının ilki teknik diğeri de yapısal olmak üzere iki nedeni bulunmaktadır. Teknik olarak güncellenen uluslararası şartname ve standartlar (güvenlik, konfor, ekonomi, vb.) ile aracın performansını belirleyen özellikler sıkı bir biçimde birbirleriyle ilişkilidir. Bu durum olası etkileşim biçimlerinin sayısal doğrulanmasını ve standart içinde konumunu oluşturur. Taşıt

mimarisinin bütünleşik doğası nedeni ile bir parçanın sonradan değiştirilmesi çoğunlukla diğer parçalar üzerinde büyük etki yaratmaktadır. Taşıtların giderek bütünleşik ve karmaşık bir yapıya sahip olması aracın tasarım sürecindeki tüm bilgilerin sayısal olarak doğrulanmasıyla mümkündür. Uluslararası otomotiv firmaların iş süreçleri, üretim, geliştirme, tasarım, bilgi sistemli standartları ürün geliştirme uzmanlıklarının yönlendirmesine olanak tanımaktadır (Şekil 18).

	Almanya	Fransa	İtalya	İngiltere	ABD	Japonya	Diğer	Toplam
1900	2	3	0	0	4	0	0	9
1905	16	22	0	0	25	0	0	63
1910	13	22	0	0	25	0	0	63
1915	0	0	15	0	970	0	30	1.015
1920	0	40	21	0	2.227	0	94	2.383
1930	71	230	46	237	3.363	1	186	4.133
1940	72	0	0	134	4.513	51	172	4.942
1950	306	358	128	784	8.006	82	914	10.577
1960	2.055	1.370	645	1.811	7.905	814	1.889	16.488
1970	3.842	2.750	1.854	2.099	8.284	5.289	5.301	29.419
1980	3.879	3.378	1.612	1.313	8.010	11.043	9.330	38.565
1990	4.977	3.769	2.121	1.566	9.783	13.487	12.852	48.554
1995	4.667	3.475	1.667	1.765	11.986	10.196	16.227	49.983
2000	5.198	3.351	1.738	1.817	12.810	10.145	22.479	57.539
2005	5.692	3.629	1.580	1.685	11.425	9.777	22.602	56.390
2015	6.055	3.872	1.658	1.917	12.155	10.202	22.876	58.735
2020	6.600	4.100	1.800	2.200	12.900	13.500	23.000	64.100

Şekil 18. Dünya taşıt üretiminde adetsel gelişim (x1.000 adet) [88].

Ülkelerin ekonomik gelişimi ile sahip oldukları otomotiv firma üretimleri arasında güçlü bir bağ bulunmaktadır (Şekil 18). Şekil 18’ de yer alan G7 ülkeleri küresel ekonomiyi yönlendirmektedir. Otomotiv sanayi, demir-çelik, tekstil, sigorta, bankacılık, petro-kimya, gibi temel sanayi dallarının ana müşterisi ve bu sektörlerdeki teknoloji gelişiminin de sürükleyicisidir. Dolayısıyla bu sektördeki değişimler, ülke ekonomisinin tümünü yakından etkilemektedir.

Çalışmanın temel probleminde tanımlı olduğu üzere uluslararası sanayi firmaları küresel yayılım sağlayan ürün ve marka yaratmış uluslararası organizasyonlardır (Şekil 19). Şekil 19’ da çalışan gelişimi verilen otomotiv sanayinde ürün geliştirme ve tasarım akışı ağırlıklı olarak yeni çevre emisyonları, normları ve standartlarının devreye girmesi ile ortaya çıkmaktadır.

ULUSAL OTOMOTİV SANAYİNDE ÇALIŞAN GELİŞİMİ																				
	2013				2014				2015				2016				2017			
Firma	ArGe	Ot.Tas.	Byz.T.	Top.	ArGe	Ot.Tas.	Byz.T.	Top.	ArGe	Ot.Tas.	Byz.T.	Top.	ArGe	Ot.Tas.	Byz.T.	Top.	ArGe	Ot.Tas.	Byz.T.	Top.
Otokar	154	2	456	1206	141	2	461	1312	179	4	535	1519	201	4	595	2281	227	6	640	2264
Temsa	246	3	635	1764	120	5	450	1452	152	3	511	1593	150	3	528	1621	150	3	528	1621
BMC	167	1	576	2744	153	1	556	2596	148	1	548	2473	71	2	468	2169	0	0	0	0
Karsan	60	3	108	725	75	3	128	1006	85	3	138	950	105	5	161	1208	116	5	170	889
Ford	647	4	1395	7592	961	4	1778	8413	829	4	2167	9581	1,417	6	2458	9527	1414	8	2518	9444
Tofaş	504	2	1123	6857	494	4	1095	6877	562	4	1254	7725	561	4	1247	7214	594	4	1328	6252
Isuzu	48	1	181	701	45	1	174	490	44	2	178	520	52	4	200	622	69	4	235	724
İlk 6 Firma Toplam	1826	16	4474	21589	1989	20	4642	22146	1999	21	5331	24361	1141	28	5657	24642	2570	30	5419	21194
Otomotiv San.Toplam	3363	20	8263	39584	3393	25	8618	40838	3480	30	9622	44896	3958	35	9974	44655	4191	40	9999	42330
Otomotiv sanayi 11.ÖİK 2017 raporunda:																				
- 2017 yılı itibariyle tüm sanayilerde Ar&Ge çalışanlarının %60'ı otomotiv sanayindedir.																				
- 2017 yılı itibariyle tüm sanayilerde açılan 280 adet Ar&Ge merkezinin 150 adedi otomotiv sanayi sektörüne aittir.																				

Şekil 19. Türkiye otomotiv sanayinde çalışan gelişimi [89].

Türkiye 2000' li yılların sonunda devlet destekli Ar-Ge kurulumu başladıktan sonra otomotiv firmaları ürün geliştirme süreçlerine yönelmiştir (Şekil 19). 2015 yıllın da başlayan devlet destekli tasarım merkezi kurulumu önümüzdeki dönemde firmaların ürün geliştirme içinde endüstriyel tasarım disiplini odaklı çalışmalara yönleneceğinin habercisidir. Ülkemizde otomotiv tasarım çalışanlarında yaşanan gelişme Şekil 19' de görüleceği üzere son 5 yılda yüksek artış göstermektedir. Uzay ve havacılık sanayinden sonra, en önemli gelişim gösteren disiplinleri içinde barındıran kalabalık, karmaşık bir ürün geliştirme yapısı otomotiv sanayinde oluşturmaktadır (Şekil 3). Geliştirilen taşıtın uluslararası yönetmelik anlaşmalarıyla (regülasyonlar) trafiğe çıkabilmesi için performanstan önce; güvenlik, trafik ve çevre ile ilgili 250 dolayında küresel teknik mevzuat (CE, EC, EEC, ECE, REG, vb.) uyumuyla beraber belgelendirilmesi (homologasyon) zorunludur. Ayrıca, isteğe bağlı olarak uygulanabilen diğer ulusal mevzuatlar (ülkeye veya bölgeye ait özel şartnameler) bulunmaktadır. Her yıl artış gösteren uluslararası yönetmelikler (regülasyonlar), teknolojiye gelişmelere bağlı olarak sürekli yenilenmekte ve özellikle çevre ile ilgili sınır şartları iyice daralmakta dolayısıyla sektörü büyük baskı altında tutmaktadır. Pazardaki ağır rekabet koşulları altında bölgesel müşteri tatmini ancak gelişim gösteren tanımlı bir ürün geliştirme süreci ile sağlanmaktadır. Bu nedenle otomotiv sektörün de, tasarım odaklı disiplinler arası ürün geliştirme ve yeni ürünün her aşamasın da farklı bilimsel yaklaşımlarla doğrulanması sürecin sürekli gelişimi için esastır.

Dünyada gerçekleştirilen taşıt üretimin büyük bir bölümü uluslararası firmalar tarafından gerçekleştirilmekte, küreselleşme sürecinin ivmelenmesiyle birlikte otomotiv sektöründe dev birleşmeler yaşanmaktadır (Şekil 15). Dünyada gelişmiş 7 (G7) ülkenin küresel üretiminin %75'ine yakın bir kısmını gerçekleştirmekte ve toplam katma değerin % 85'ini oluşturmaktadır (Şekil 18).

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Otomotiv tasarım aşamalarını da kapsayan yeni ürün geliştirme süreci ile ilgili güncel araştırma örnekleri tez akışında verildiği üzere bu bölümde aktarılmıştır. Tasarımla ilintili ürün geliştirme sürecini etkileyen faktörlerin gelişim ve ilişkisine ait referanslarla desteklenen konular bölüm içeriğini oluşturmaktadır. Ekte 3. Bölüm ile ilgili araştırma bulguları, paragraflar halinde aktarılmıştır:

- Yalın ürün geliştirme düşüncesinin ortaya çıkışı, farklı kıtalardaki küresel otomotiv sanayi firmalarının performans karşılaştırmaları altında çok yönlü sonuçlar doğurmaktadır. Otomotiv geliştirme süreçlerinde israftan arınıp, üretim ve ürün geliştirme akışına odaklanan, sürekli gelişmeyi esas alan, küresel şirketler için 'Yalın' tanımı, ilk olarak bilimsel bir araştırma ile yayılım sağlamıştır.

- Ürün geliştirme sürecinde geliştirilen otomotiv ürünün, üretim maliyeti ile birlikte kullanıcı tercihlerindeki değişkenlerin artmasına bağlı işgücü ile beraber hammadde ihtiyaçlarını yalın ve sanal ortamdaki görsel iletişimini sağlayan tasarım doğrulama kavramı çalışmanın literatür kısmında ipuçları oluşturmaktadır.

- Ana parça gelişimini oluşturan aşamalar akış boyunca kademe, kademe, ilerlerken bir yandan da kritik değişken performansa sahip alt parçalar testler aracılığı altında tasarım doğrulama çalışmaları ile hacimleri ve fonksiyonları eşleşerek sınanmaktadır.

- Sayısal tasarım doğrulama ve sentezi veya yeni nesil CAD destekli tasarım doğrulama yöntemleri, karar verme teknikleri, tasarım problemleri ve çözüm önerilerinde yüksek toleranslı yönelimler sağlanmaktadır. Ayrıca, Yeni ürün tasarımı sonucu üretim değişiklikleri genellikle ürün geliştirme kapasitesinin %50 ile %20 arası zamanını almaktadır. Diğer tarafta, ampirik araştırmalar altında tasarım doğrulama çalışmaları tüm ürün geliştirme maliyetinin %70 ile %80 erken tasarım aşamalarında gerçekleşmektedir.

- Taşıt mimarisinin bütünleşik doğası nedeni ile bir parçanın sonradan değiştirilmesi çoğunlukla diğer parçalar üzerinde büyük etki yaratmaktadır. Aracın giderek bütünleşik ve karmaşık bir platform yapısına sahip olması aracın tasarım sürecindeki tüm bilgilerin sayısal olarak tekrarlı doğrulanmasına yöneltmektedir. Yalınlaşma altında gelen söz konusu tasarım doğrulama kavramı araştırma içinde incelenmeye değer etkiler oluşturmaktadır.

- Ürün geliştirme sürecine tasarımın liderlik rolünün entegre olması halinde değer yaratmak, yenilik katmak mümkün gözükmemektedir. Ürün geliştirme sürecine tasarım ve tasarım doğrulama uzmanlıklarının yönlendirmesi, liderlik rolünü üstlenmesi, değer yaratımı sağlamaktadır.

- Otomotiv sanayinde tasarım etkinlikler içinde yer alan alt uzmanlıkların ürün geliştirme sürecindeki, başarısı ve rolünün sonuçlarla doğrudan ilişkisi bulunmaktadır. Araştırmalar ürün geliştirme sürecinde tasarım aktivitelerini oluşturan alt işlevsel uzmanlıkların etkin rolünün rekabet içindeki otomotiv şirketlerinin değer yaratımında önemli kazanımlar sağladığını göstermektedir

-Küresel otomotiv firmalarında gerçekleşen tasarım aşamaları ile ilgili araştırmalarda yer alan süreç farklılıkları incelendiğinde: yukarıda da yer aldığı üzere BMW firmasına ait tasarım süreçleri başlangıç tanımlarını oluşturmakla beraber, Toyota firmasına ait süreçlerdeki yalınlaşma bulgusu, Renault firmasının, Volvo firmasının veya Volkswagen firmasının safha tanımları ile örtüşmektedir. Toyota yalın ürün geliştirme veya yalınlaşma kavramı erken dönem bulgudan çok önümüzdeki dönem araştırma yönelimini oluşturmaktadır.

- Avrupa birliği ülkeleriyle yapılan bölgesel ticari anlaşmalar altında otomotiv endüstrisinde gelişmelere yol açmış, 2015 sonrası dönemde taşıt tasarım merkezi kurulum teşvikleri ile beraber tümleşik taşıt sanayi için ulusal hedefler belirlenmiştir

- Bölgesel pazarlarda yer alan niş müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilmek için küresel otomotiv firmaları söz konusu bölgesel üretim merkezlerine tasarım ve ürün geliştirme süreçlerini de taşımaktadır. Dünya otomotiv sanayindeki bu gelişme, bu gün ürün geliştirme ve tasarım süreçlerini tartışabilir duruma getirmiştir.

REFERANSLAR

- [1] Kumar, B., Sarkar, P. (2016). Prediction of future car forms based on historical trends. *Perspectives in science*. 8, 764-766.
- [2] Wiktorsson, M. (2014). Consideration of Legacy Structures Enabling a Double Helix Development of Production Systems and Products. *Advanced Manufacturing*. Springer, *Advanced Manufacturing*. 1, 21-32.
- [3] Ullah, I., Tang, D., Yin L. (2016). Engineering product and process design changes: A literature overview. *Procedia CIRP*. 56, 25-33.
- [4] Eckert, C. M., Wynn, D. C., Maier, J. F., Albers, A. (2017). On the integration of product and process models in engineering design. *Design Science*. 3, 1-41.
- [5] Yoshimura, M., Izui, K. & Kida, S. (2005). Decision Support System for Selecting Collaborative Product Development Partners. *Concurrent Engineering*. 13, 5-11.
- [6] Schotborgh, W., McMahon, C., Van Houten, F. (2012). A knowledge acquisition method to model parametric engineering design processes. *International Journal of Computer Aided Engineering and Technology*. 4, 373-391.
- [7] Broch, F., Warsen, J., Krinke, S. (2015). Implementing Life Cycle Engineering in Automotive Development as a Helpful Management Tool to Support Design for Environment. *Life Cycle Management*. 20, 319-329.
- [8] Rauch, E., Matt, T., Dallasega, P., (2016). Application of Axiomatic Design in manufacturing system design: a literature review. *ICAD 2016, Procedia CIRP*. 53, 1-7.
- [9] Henriksson, F., Detterfelt, J., (2018). Production, as seen in product development: A theoretical review of how established product development process models address the production system. *The Design Society, Scotland. Proceedings of NordDesign*. 91, 978-991
- [10] Simpson, T. W. (2004). Product platform design and customization: status and promise. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*. 18, 3-20.
- [11] Schöggel, J. P., Baumgartner, R. J, Hofer, D. (2017). Improving sustainability performance in early phases of product design: A checklist for sustainable product development tested in the automotive industry. *Journal of Cleaner Production*. 140, 1602-1617.

- [12] Cajal, C., Santolaria, J., Acero, R., Pueo, M. (2015). Introducing Design for Verification. *Procedia Engineering*. 132, 772-779.
- [13] Ertas, A. (2018). *Transdisciplinary engineering design process*. Wiley, *Jornal of Engineering Design*. 54, 832-845.
- [14] Singla, A., Sethi, A., Ahuja, I. S. (2018). A study of transitions between technology push and demand pull strategies for accomplishing sustainable development in manufacturing industries. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*. 15, 302-312.
- [15] Johnson, M. D., Kirchain, R. E. (2011). The importance of product development cycle time and cost in the development of product families. *Journal of Engineering Design*. 22, 87-112.
- [16] Sasaki, N., Ishikawa, H. (2015). Set-based design method for multi-objective structural design with conflicting performances under topological change. *Procedia CIRP*. 26, 76-81.
- [17] Börjesson, S., Hooge, S. (2014). The challenges of innovation capability building: Learning from longitudinal studies of innovation efforts at Renault and Volvo Cars. *Journal of Engineering and Technology Management*. 31, 120-140.
- [18] Awwad, A., Akroush, M. N. (2016). New product development performance success measures: an exploratory research. *EuroMed Journal of Business*. 11, 2-29.
- [19] Farid, A. M., Ribeiro, L. (2015). An Axiomatic Design of a Multi agent Reconfigurable Mechatronic System Architecture. *International Conference on Axiomatic Design*. 11, 155-164.
- [20] Grochowski, E. M., et al. (2015). Product development process in the early stages taking into account the challenges in the research. *Stuttgarter Symposium für Productivity*. 79, 1-10.
- [21] Littler, D., Leverick, F. & Bruce, M. (1995). Factors Affecting the Process of Collaborative Product Development: A Study of UK Manufacturers of Information and Communications Technology Products. *Journal of Product Innovation Management*. 12, 16-32.
- [22] Weber, J. (2009). *Automotive Development Processes. philosophy, approaches and empirical explorations*. Springer Publishing, Berlin, Germany, Heidelberg. 1-312.
- [23] Bangle, C. (2001). The Ultimate Creativity Machine: How BMW Turns Art into Profit. *Harvard Business Review*. 1, 5-11.

[24] Loubet, J. L., et al. (2013). Art et automobile chez les constructeurs français de grande série. *Art & Industrie*. 39, 213-220.

[25] Sundermeier, R. (2014). Volkswagen AG; Computational Calculation: from problem to process. The International Conference Dedicated to Virtual Product Engineering, Paris. 22May.

[26] Valdez, A. (2010). Analysis of the Product Development Process for Geographically Distant Teams in Vehicle Tophat Design Phases. MIT. 1, 72-122.

[27] Verganti, R. Norman, D. A. (2014). Incremental and radical innovation: Design research etc. technology and meaning change. *Design Issues*. 30, 78-96.

[28] Roper, S., Love, J., Micheli P., Vahter, P. (2016). The roles and effectiveness of design in new product development: A study of Irish manufacturers. *Research Policy*. 45, 319-329.

[29] Liker, J.K., Morgan, J. (2011). Lean product development as a system: A case study of body and stamping development at Ford, *Engineering Management Journal*. 23, 16-28.

[30] Tovey, M. (2012). Designer's Role in the Automobile Industry. *Journal of Transport Design*. Routledge Publishing. New York, USA.1-363.

[31] Persson, J. G. (2016). Current trends in product development. *Procedia CIRP Design Conference*. 50, 378-383.

[32] Eigner, M. (2014). Introduction Model-based Virtual Product Development (in German) In: model-based virtual product development. Springer Berlin Heidelberg. 1, 1-13.

[33] Hou, W., Shan, C., Yu, Y., et al. (2017). Modular platform optimization in conceptual vehicle body design via modified graph-based decomposition algorithm and cost-based priority method. *Structural and Multidisciplinary Optimization*. 55, 2087-2097.

[34] Malmqvist, J. (2015). A systematic process for developing product configuration rules. *International Journal of Product Lifecycle Management*. 8, 46-64.

[35] Elverum, C. W., Welo, T. (2015). On the use of directional and incremental prototyping in the development of high novelty products: Two case studies in the automotive industry. *Journal of Engineering and Technology Management*. 38, 71-88.

[36] Ulrich, K. T, Eppinger, S. D. (2015). Product design and development, 6th edn. McGraw-Hill Education, New York, USA. 6, 1-448.

[37] Eppinger, S. D., Browning, T. R. (2012). Design structure matrix methods and applications. MIT Press, Cambridge, USA.1-329.

[38] Styliadis, K., Rossi, M., Wickman, C., Söderberg, R. (2016). The communication strategies and customer's requirements definition at the early design stages: an empirical study on Italian luxury automotive brands. *Procedia CIRP, Design Conference*. 50, 553-558.

[39] Bodein, Y., Rose, B., Emmanuel, C. (2013). A roadmap for parametric CAD efficiency in the automotive industry. *Journal of Computer Aided Design*. 45, 1198-1214.

[40] Bonvoisin, J., Halstenberg, F., Buchert, T., Stark, R. (2016). A systematic literature review on modular product design. *Journal of Engineering Design*. 27, 488-514.

[41] Qu, T., Bin, S., Huang, G. Q., Yang, H. D. (2011). Two-stage product platform development for mass customisation. *International Journal of Production Research*. 49, 2197-2219.

[42] Huang, G. Q., Li, L., Chen, X. (2008). A generic and extensible language for lifecycle modelling of platform products. *Computers in Industry*. 59, 219-230.

[43] Gershenson, J. K., Prasad, G. J., Zhang, Y. (2004). Product modularity: measures and design methods. *Journal of Engineering Design*. 15, 33-51.

[44] Danese, P., Filippini, R. (2010). Modularity and the impact on new product development time performance: Investigating the moderating effects of supplier involvement and interfunctional integration. *International Journal of Operations and Production Management*. 30, 1191-1209.

[45] Sanderson, S., Uzumeri, M. (1997). The innovation imperative: strategies for manufacturing product models and families. Irwin Professional Publisher, Illinois USA. 6, 1-39.

[46] Kayış, B., Zhou, M., Savcı, et al. (2007). IRMAS - development of a risk management tool for collaborative multi-site, multi-partner new product development projects. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 18, 387-414.

[47] Bayazit, N. (2004). Investigating Design: A Review of Forty Years of Design Research. *Design Issues*. 20, 16-24.

[48] Wu, X., Han, H., Dai, L., Zou, L., Zhao, F. (2013). Vehicle Performance Objective Management in Automotive R&D. *Proceedings of the FISITA*.195, 45-50.

[49] Zhang, Y. & Li, L. (2007). A novel collaborative control strategy for collaborative manufacturing. *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management IEEE*. 5, 713-717.

[50] Belay, M., Welo, T. and Helo, P. (2014). Approaching lean product development using system dynamics: investigating front load effects. *Journal of Advanced Manufacture*. 2, 130-140.

[51] Cheng, J., Tao, F., Qi, Q., Zhang, H., Sui, F. (2018). Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 94, 3563-3576.

[52] Coffman, M., Bernstein, P., Wee, S. (2017). Electric vehicles revisited: a review of factors that affect adoption. *Journal of Transport Reviews*. 37, 79-93.

[53] Millson, M. R., Wilemon, D. (2018). The NPD speed-market success relationship: a meta-analysis. *International Journal of Innovation Management*. 75, 1363-9196.

[54] Perks, H., Cooper, R., Jones, C. (2005). Characterizing the Role of Design in New Product Development: An Empirically Derived Taxonomy. *Journal of Product Innovation Management*. 22, 111-127.

[55] Büyüközkan, G., Dereli, T., Baykasoğlu, A. (2004). A survey on the methods and tools of concurrent new product development and agile manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 15, 731-751.

[56] Womack, J., Jones, D. (1996). *Lean Thinking*. Simon and Schuster, New York, USA. 1-128.

[57] Liker, J. K., Morgan, J. (2006). The Toyota Way. *The Lean Product Development Academy of Management Perspectives*. 20, 5-20.

[58] Baysan, S., Durmuşoğlu, M. (2015). Systematic Literature Review for Lean Product Development Principles and Tools. *Sigma Journal of Engineering & National Science*. 33, 305-323.

[59] Cross, N. (2010). Design Thinking as a Form of Intelligence. *Proceedings of Design Thinking Research*. 8, 99-105.

[60] Suh, N. (2001). *Axiomatic Design: Advances and Applications*. MIT Press, Pappalardo Series in Mechanical Engineering, New York, USA.

[61] Paker, F. A., Alpay, C. and Sertyesilisik, B. (2018). Use of the AHP Methodology in Vehicle Design Process Dynamics: Determination of the Most Effective Concept Phases for the New Automotive Product. *Journal of Transportation Technologies*. 8, 312-330.

[62] Nehuis, F., Kleemann, S., Egede, P., Vietor, T., Herrmann, C. (2014). Future trends in the development of vehicle bodies regarding lightweight and cost. *Innovative Design*. 3, 13-21.

[63] Gazova, A., Papulova, Z., Papula, J. (2016). The Application of Concepts and Methods Based on Process Approach to Increase Business Process Efficiency. *Procedia Economics and Finance*. 39, 197-205.

[64] Unglert, J., et al. (2016). Computational Design Synthesis of reconfigurable cellular manufacturing systems: a design engineering model. *Procedia CIRP*. 57, 374-379.

[65] Nordlund, M., Kim, S., Tate, D., Lee, T., Hilario, L. (2016). Axiomatic Design: Making the Abstract Concrete. *Procedia CIRP Design Conference*. 50, 216-221.

[66] Rasoulifar, G., Eckert, C., Prudhomme, G. (2015). Communicating Consumer Needs in the Design Process of Branded Products. *Journal of mechanical design*. American Society of Mechanical Engineers. 137, 71-84.

[67] Ward, A., Sobek, D. and Shook, J. (2014). *Lean Product and Process Development*, 2nd edition. Lean Enterprise Institute, Cambridge, USA. 1-349.

[68] Matin, M., Hadzistevic, J., Hodolic, D., (2012). CAD/CAE-integrated injection mold design system for plastic products, *International Journal Advanced Manufacturing*. 63, 595-607.

[69] Wiesner, S., Lampathaki, F., Biliri, E., Thoben, K. (2016). Requirements for cross-domain Knowledge Sharing in collaborative Product-Service System design. *Procedia CIRP*. 47, 108-113.

[70] Denzler, P., Wiktorsson, M. (2016). Maximising product possibilities while minimising process change: A case of introducing Light Weight Material in Automotive Manufacturing. *Procedia CIRP, Design Conference*. 50, 270-274.

[71] Remiel, F. M., Cauvin, A., Ferrarini, A. (2015). Verification of design rules as an evaluation method during the reconfiguration process of production systems. *IFAC- PapersOnLine*. 48, 1676-1681.

[72] Eris, O. U., Soyer, A., Asan, U. (2015). Organizational Modularity: A Literature Review. Selcuk University. *Journal of Engineering Science Technology*. 3, 12-24.

[73] Toh, C., Miller, S. (2013). The Role of Personality and Team-Based Product Dissection on Fixation Effects. *Advances in Engineering Education*. 3, 1-23.

[74] Heskett, J. (2005). Design is a problem, not a solution. Better by Design. Polyu Institutional Research Archive. 1-20.

[75] Seidel, V. P., O'Mahony, S. (2014). Managing the repertoire: stories, metaphors, prototypes, and concept coherence in product innovation. *Orginal Science*. 25, 691-712.

[76] Rösiö, C., Bruch, J. (2014). Focusing Early Phases in Production System Design. *Advances in Production Management Systems*. 440, 100-107.

[77] Atilola, O., Tomko, M., Linsey, S. (2016). The effects of representation on idea generation and design fixation: A study comparing sketches and function trees. *Design Studies*. 42, 110-136.

[78] Ramasesh, R. V., Browning, T. R. (2014). A conceptual framework for tackling knowable, unknowns in project management. *Journal Operation Management*. 32, 190-204.

[79] Kaluza, A., Kleemann, S., Broch, F., Herrmann, C., Vietor, T. (2016). Analysing decision-making in automotive design towards life cycle engineering for hybrid lightweight components. *CIRP*. 50, 825-830.

[80] Orcik, A., Vrgovic, P., Tekic, Z. (2014). Thinking Styles and Product Development Project Types: How to Match Them. *Procedia Engineering*. 69, 830-837.

[81] Hirz, M., Stadler, S., Prenner, M., Mayr, J. (2013). Aerodynamic Investigations in Conceptual Vehicle Development Supported by Integrated Design and Simulation Methods. *Proceedings FISITA World Automotive*. 195, 787-799.

[82] Forrai, M., Gavaccova, J., Gulan, L. (2016). A practical methodology for creating robust parametric surface-based models in automotive engineering. *Procedia CIRP Design Conference*. 50, 484-489.

[83] Geels, F. W., Penna, C. R. (2015). Societal problems and industry reorientation: Elaborating the Dialectic Issue Life Cycle (DILC) model and a case study of car safety in the USA (1900–1995). *Research Policy*. 44, 67-82.

[84] Choudry, S.A., Müller, A., Demke, N., Mantwil, F. (2014). Life-cycle Cost Evaluations for Early Product Influence in the Product Development Proces. *ZF, Springer Heidelberg, Berlin*. 113, 246-250.

[85] Muita, K., Westerlund, M., Rajala, R. (2015). The Evolution of Rapid Production: How to Adopt Novel Manufacturing Technology. *IFAC-Papers Online*. 48, 32-37.

[86] Enomoto, M., Kakinuma, M., et al. (2014). Application of Set-Based Design Method to Ride Comfort Design with a Large Number of Design Parameters. SAE International / Load Simulation and Vehicle Performance : Ride Comfort. 107, 1-81.

[87] Mariani, F., et al. (2015). Formula-SAE Racing Car: Experimental and Numerical Analysis of the External Aerodynamics. Energy Procedia. 81, 1013-1029.

[88] Bedir, A. (2002). Türkiye’de Otomotiv Sanayii Gelişme Perspektifi. DPT, Yayın No: 2660, 1-44.

[89] Tezer, E. (1999). Dünya Otomotiv Sanayii’ne Bir Bakış. Beşinci Otomotiv ve Yan Sanayi Sempozyumu Bildiriler Kitabı. TMMOB Yayınları, Ankara, Türkiye. 1-22.

[90] Dicken, P. (2007). Global Shift: Mapping the Changing Contours of the World Economy. Sage Publications. 3, 1-524.

Sucul Ekosistemlerdeki Toksik Ajanlar ve Organizmalardaki Toksisiteye Bağlı Sendromları

Burcu YEŞİLBUDAK¹

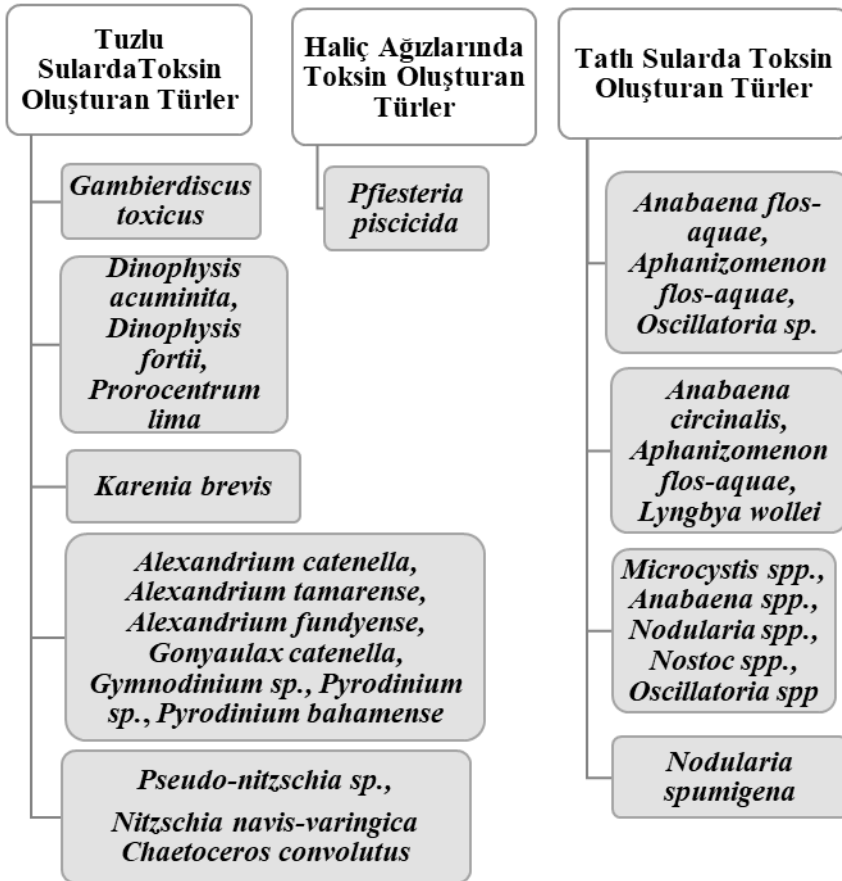
1. GİRİŞ

Genel olarak alg toksisitesinin etkisi, organizmada biriken toksinin miktarına bağlıdır [1]. Bilinen 3.400-4.000 fitoplankton taksonunun sadece yaklaşık % 2'si zararlı veya zehirlidir [1]. Dünya çapında bakıldığında, deniz nanoplanktonik toksinlerin yıllık 20.000-50.000 kişiyi etkilediği ve genel ölüm riskinin % 0,1'den az olduğu rapor edilmiştir [2]. Bunlardan iki alg grubunun üyeleri, dinoflagellatlar ve diatomlar, insanları etkileyen toksinler üretirler [1]. Filtre ile beslenen kabuklu deniz ürünleri, zooplankton ve otçul balıklar besin yoluyla bu organizmaları alır ve üst trofiklere (kuş, memeli hayvanlar ve insan) iletirler [3,4]. Sonuç olarak algal toksinlerle kirlenmiş bu su ürünlerinin tüketimi, su ürünü nedeniyle zehirlenmeye bağlı çeşitli sendromlara neden olur [5,6]. Alg toksinlerinin insan sağlığı üzerindeki negatif ve ölümcül etkilerine ek olarak, toksinler; balık, kabuklu deniz hayvanları, deniz memelileri, sulak alan kuşları, yaban hayvanları, ticari hayvancılık için beslenen kümes hayvanlarının epizodik ölümlerine yol açarlar ve bu durum ekonomik kalkınmayı da etkileyen bir dizi çevre felaketiyle sonuçlanır [3,7,8]. Algal toksinlerin etkileri genellikle akut zehirlenmeler olarak gözlenirken, düşük seviyelerde alg toksinlerine kronik maruz kalmanın çevresel sağlık etkileri yetersiz belgelenmekle birlikte sadece son yıllarda ortaya çıkan bir konudur [9,10]. Alg patlaması durumu, gübreler vasıtasıyla suya karışan yüksek düzeylerdeki azot veya fosfor besin elementlerinin su kolonunda ötrofikasyona bağlı aşırı alg çoğalmasının artması ile gerçekleşir [11,12]. Bu artışların su ekosistemindeki dip kısımlarda güneş ışığının ve oksijen seviyesinin azalması ile alg türüne özgü ortama toksin bırakma gibi zararlı etkileri olabilir. Alg popülasyonunun artışı suyun koku, tat, kimyasal kalitesinin bozulmasına ve sonucunda da ekolojik dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Populasyondaki artış, sucul ekosistemdeki birçok canlı için toksik etkilere neden olduğundan ölümlere sebep olmaktadır [5,6].

¹ Dr., Çukurova Üniversitesi, Biyoloji Bölümü,
E-mail: yesilbudak@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3627-0024

2. BİYOBİRİKİM VE BİYOLOJİK BOZUNMA

Çevre sağlığında çeşitli problemlere neden olan algal türler habitatlara göre şematize edilmiştir (Şekil 1). Tatlı su midyesi *Anodonta cygnea*'nın önemli miktarda alg materyalini filtreleme ile kendi metabolik ortamına aldığı ve buna bağlı zehirli *Oscillatoria agardhii* Gomont'un midye hepatopankreasında biriktiği belirlenmiştir [13,14]. Toksinlerin midyenin hayatta kalması üzerinde belirgin bir etkisi bulunmazken, toksinin dokuda katalize olmadığı fakat toksin bulunmayan temiz su ortamında 2 ay kaldıktan sonra toksin derişiminde azalma gözlemlendiği rapor edilmiştir [14].



Şekil 1. Toksik ajanları üreten organizmaların farklı habitatlara göre yerleşimi.

Mikrosistinlerin balıklar üzerindeki akut etkileri arasında karaciğer hasarı, metabolik iyonik düzeninde bozulma, davranış değişiklikleri ve

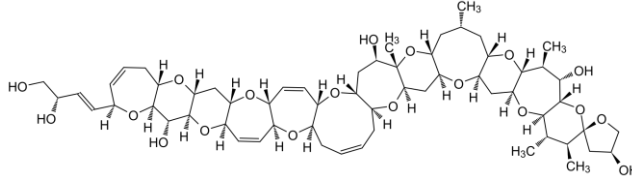
mortalite sayılabilir [13,15,16]. Toksinler dokuya esas olarak mide-bağırsak yolu ile birlikte daha küçük ölçüde de solungaçlar ve deri yoluyla alınır [15]. Juvenil kahverengi alabalık *Salmo trutta*'nın toksik Microcystis varlığında, toksik etki altında olmayanlara göre gelişiminin azaldığı gözlenmiştir [16]. Tüm bu sonuçlar, toksinlerin balığa çeşitli şekillerde girebileceğini ve toksinlerin büyüme hızını engelleyebileceğini düşündürmektedir. Doğal koşullar altında siyanobakterilerle beslenen tatlı su tilapiası ve sazanının 96 saat içinde sadece 0,5 g yaş alg materyali tüketmeleri sonucunda popülasyonda mortalite gözlenmiştir [15,17]. Paralitık kabuklu deniz ürünleri zehirlenmesi (PSP) su samuru mortalitesinin ve morbiditesinin nedenlerinden biri olarak gösterilmiştir [18]. Besin zincirinin önemli elemanlarından bir deniz tarağı türü olan *Saxidomus gigantea* ise avcıya karşı korunma mekanizması olarak saksitoksini biyokimyasal bir ajan olarak biriktirdiği rapor edilmiştir [18]. Kambur balinaların, saksitoksin bakımından zengin alglerle beslenen uskumruları tüketmesi sonucu balinalarda mortalite gözlenmiştir [19]. Akdeniz'deki Akdeniz foklarının (*Monachus monachus*) ölüm nedeni olarak PSP'den şüphelenilen ek vakalar [20] ve diğer ölüm nedenlerini ekarte etmek için ek testler yapılmaması sorgulanmış ve çeşitli çalışmalarda bu durum irdelenmiştir [21]. Mekong havzasına özgü bir balık türü olan *Pao turgidus* derisinde PSP birikimi gözlenmiştir [22].

3. TUZLU SULARDA TOKSİN OLUŞTURAN TÜRLER VE ETKİLERİ

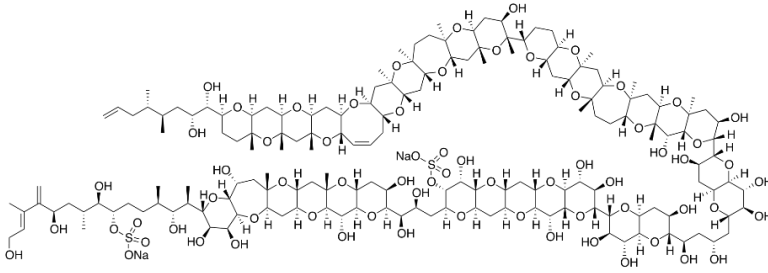
3.1. CIGUATERA BALIK ZEHİRLENMESİ (CFP)

Tropikal ve subtropikal sularda mercan resifleri üzerinde ve çevresinde bulunan bir çeşit Dinoflegellat alg türü olan *Gambierdiscus toxicus*'un Ciguatoksin, Maitotoksin, Gambierik asit ve Gambierol dahil olmak üzere birkaç poliyeter deniz toksin'i ürettiği bilinmektedir (Şekil 2-5) [23,24]. Çeşitli resif balıkları, yarı tropik ve tropik bölgelere özgü balıklar ile beslenen diğer üst trofik düzeyli balıklarda görülen toksin etkisi insanlar üzerinde hastalığa neden olmaktadır [25]. Ciguatoksin ve Maitotoksin ilk olarak sodyum ve kalsiyum iyonlarının hücrelerde geçiş yaptığı kanalları etkiler. İnsanlarda, kusma, kramplar, diare, baş ağrısı, halsizlik ve uyuşukluk gibi problemler görülebilir. Dünya genelinde dağılım gösterdiği bölgelerin Florida, Hawaii, U.S. Virgin Adaları, Puerto Rico olduğu çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir. Barracuda, orfoz, müren balığı, sarıkuyruk,

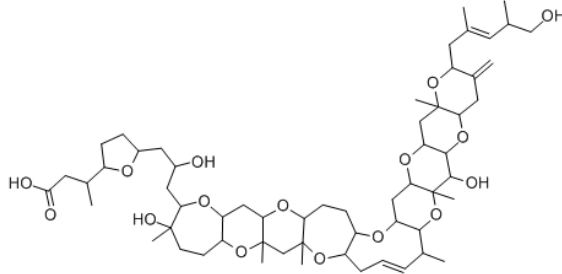
levrek, mersin balık türlerinin hastalığın taşınmasında vektör özellik gösterdiği belirtilmiştir [25]. Gabapentin veya amitriptilin bazı semptomları tedavi etmek için kullanılmakla birlikte Mannitol'un düşük ihtimalle kullanılabildiği belirtilmiştir [26].



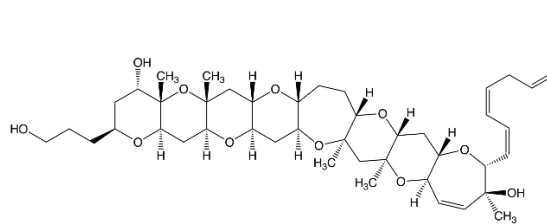
Şekil 2. Ciguatoxin'in açık kimyasal formülü.



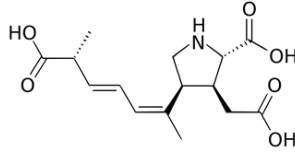
Şekil 3. Maitotoksin'in açık kimyasal formülü.



Şekil 4. Gambierik asit'in açık kimyasal formülü.



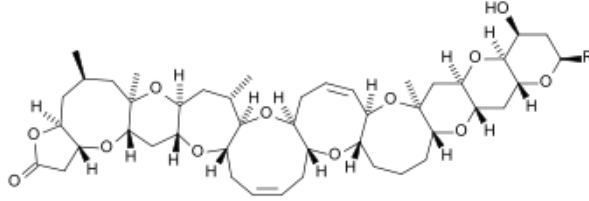
Şekil 5. Gambierol'ün açık kimyasal formülü.



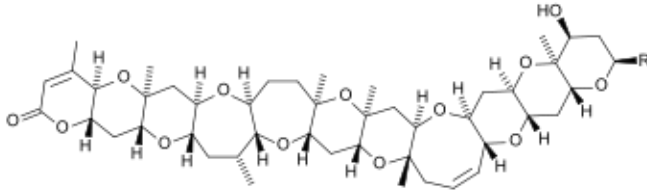
Şekil 7. Domaik asit'in açık kimyasal formülü.

3.2.3. Nörotoksik Kabuklu Deniz Ürünleri Zehirlenmesi (NSP)

Karenia brevis alg türünün neden olduğu Brevetoksin A-B toksininin (Şekil 8-9), midye, istridye, balıklarda birikerek su kuşları, yunuslar ve insanlarda NSP'ye neden olmaktadır. Toksin molekülleri üst düzey trofik canlılarda temel olarak, sodyum iyonlarının fazlaca salgılanmasına neden olur. İnsanlarda, kusma, diare, dudaklarda, dilde ve boğazda karıncalanmalar, halsizlik, astım benzeri solunum problemlerine görülmektedir. Şimdiye kadar hastalığın görüldüğü yerler olarak Meksika Körfezi, Kuzey ve Güney Carolina bilinmektedir [30].



Şekil 8. Brevetoxin A'nın açık kimyasal formülü.

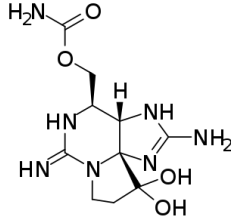


Şekil 9. Brevetoxin B'nin açık kimyasal formülü.

3.2.4. Paralitik Kabuklu Deniz Ürünleri Zehirlenmesi (PSP)

Yarı arktik, ılıman ve tropikal bölgelerdeki *Alexandrium catenella*, *Alexandrium tamarense*, *Alexandrium fundyense* ve *Gonyaulax catenella*, *Gymnodinium sp.*, *Pyrodinium sp.* morfortipleri ile Asya'da, *Pyrodinium bahamense* türünün neden olduğu Saxitoksin (Şekil 10), midye, istridye,

yengeçler, sardalya, uskumru, su memelileri ve kuşları ve bunları tüketen insanları etkilemektedir [31,32]. Toksin molekülleri, sodyum iyonlarının hücrelerde geçiş kanallarını etkiler. İnsanlarda, halsizlik, uyuşukluk, paraliz, solunum yetmezliği ve ölüme neden olur [28].



Şekil 10. Saxitoksin'in açık kimyasal formülü.

4. HALIÇ AĞIZLARINDA TOKSİN OLUŞTURAN TÜRLER VE ETKİLERİ

4.1. PFIESTERIA TOKSİKOZU

Nehir ağzı dinoflagellat türü *Pfiesteria piscicida*'ya bağlı ekzotoksinler toplu balık ölümlerine neden olur. Spesifik bir toksin izole edilmemiş olmasına rağmen araştırma altındadır. Etkilenen organizma balıklar ve bunları tüketen insanlar olmakla birlikte balıklarda lezyonlar ve ölümler görülmektedir. Toksikozun klinik belirtileri laboratuvar çalışanları ve balıkçılarda nörotoksik etkiler, sözel ve yüksek bilişsel işlevlerde azalma, hafıza kaybı ve baş ağrısı gibi nöropsikolojik semptomlar içerdiği gözlenmiştir. Maruz kalma yolu, aerosoller veya kontamine sudan absorpsiyondur. Deri lezyonları veya su ile temas halinde ciltte yanma hissi, dudaklarda, ellerde ve ayaklarda karıncalanma veya uyuşma gibi duyuşsal semptomların yanı sıra astım benzeri etkiler ve yorgunluk belirtilerinin ortaya çıktığı rapor edilmiştir. *Pfiesteria piscicida*'nın görüldüğü yerler içinde Alabama'dan Delaware'e kadar uzanan Kuzey Amerika'nın doğu kıyıları rapor edilmiştir [33].

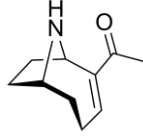
5. TATLI SULARDA TOKSİN OLUŞTURAN ZARARLI TÜRLER

Göllerde, acısu sistemlerinde bulunan türlerin oluşturduğu toksinlerin deri ve solunum yoluyla alınması, su ve balıkların tüketimi sonucunda problemler ortaya çıkarır. Evcil hayvanlar, martı, balıklar ve insanlarda çeşitli toksik etkilere rastlandığı rapor edilmiştir. İnsanlarda sindirim ve sinir sistemi bozuklukları, karaciğerde zararlar ve solunum yetmezliği gibi

problemler oluşabilir. Toksin türleri ve onlara neden olan organizmalar 4 grupta toplanabilir.

5.1. ANATOKSİN-A

Çok Hızlı Ölüm Faktörü olarak da bilinir, akut nörotoksisiteye sahip ikincil, bisiklik bir amin alkaloid ve siyanotoksindir (Şekil 11). Toksisiteye neden olan türlerin başında *Anabaena flos-aquae* en toksik cyanobacteria türlerinden biridir. Bunu sırayla, *Aphanizomenon flos-aquae* ve *Oscillatoria sp.* izlemektedir [34,35].



Şekil 11. Anatoxin-a'nın açık kimyasal formülü.

5.2. SAKSİTOKSİN (STX)

Tatlı sularda *Anabaena circinalis*, *Aphanizomenon flos-aquae*, ve *Lyngbya wollei*., *Dolichospermum cicinale sp.*, *Aphanizomenon spp.*, *Cylindrospermopsis sp.*, *Lyngbya sp.*, *Planktothrix sp.*, tarafından doğal olarak üretilen bir nörotoksindir (Şekil 10), [1,2].

5.3. MİKROSİSTİNLER YA DA SİYANOĞİNOİNLER

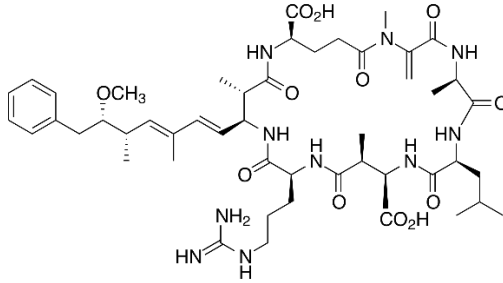
Tatlı su siyanobakterileri *Microcystis spp.*, *Planktothrix sp.*, *Anabaena spp.*, *Nodularia spp.*, *Nostoc spp.*, ve *Oscillatoria spp.* cinslerinin üyeleri tarafından üretilen bir toksin sınıfıdır [6]. Kimyasal olarak ribozomal olmayan peptit sentazlar yoluyla üretilen siklik heptapeptitlerdir [25]. Mikrosistin-LR, seksenden fazla bilinen toksik varyantın bu gruptaki en toksik şeklidir ve aynı zamanda kimyagerler, farmakologlar, biyologlar ve ekolojistler tarafından en çok çalışılanıdır. En çok rastlandığı bölgelerin başında Çin, Brezilya, Avustralya, Güney Afrika gelmektedir [36,37,38,39,40,41,42]. Mikrosistinler, dehidroalanin türevleri ve yaygın olmayan β -amino asit ADDA gibi birkaç yaygın olmayan proteinojenik olmayan amino asit içerir . Mikrosistinler , PP1 ve PP2A protein fosfatazlarına kovalent olarak bağlanır ve bunları inhibe eder ve bu nedenle pansteatite neden olabilir [43].

5.4. NODULARİNLER

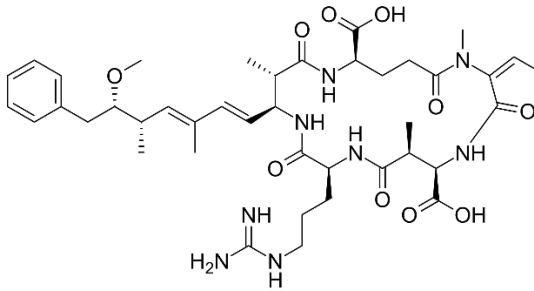
Siyanobakteri *Nodularia spumigena* tarafından üretilen güçlü toksinlerdir [44]. Suda yaşayan bu fotosentetik siyanobakteri, dünyanın her yerindeki acı su kütlelerinde alg patlamaları olarak görülen görünür

koloniler oluşturur [45]. *Nodularia spumigena*'nın yaz sonu çiçekleri, dünyadaki en büyük siyanobakteriyel kitle oluşumları arasındadır. Siyanobakteriler, özellikle mikrosistinler (Şekil 12) ve nodülarinler (Şekil 13) olmak üzere birçok toksik maddeden oluşur fakat ikisi kolayca ayırt edilemez [45].

Nodularin-R, baskın toksin varyantıdır, ancak bugüne kadar 10 nodularin varyantı keşfedilmiştir. Nodülarinler, siklik nonribozomal pentapeptitlerdir ve N-metil-didehidroaminobütirik asit ve β -amino asit ADDA gibi birkaç sıra dışı proteinojenik olmayan amino asit içerir. Bu bileşikler nispeten kararlı bileşiklerdir: ışık, sıcaklık ve mikrodalgalar bileşikleri bozmak için çok az şey yapabilmektedir [45]. Nodülarinler genellikle gastroenterit, alerjik tahriş reaksiyonları ve karaciğer hastalıklarına bağlanır [46]. Nodularin-R, insanların ve diğer hayvanların karaciğerinde ciddi hasara neden olabilen güçlü bir hepatotoksin olarak en ünlüsüdür. Nodülarinler için (mikrosistin-LR'den uzatılan) WHO içme suyu konsantrasyon limiti 1,5 $\mu\text{g/L}$ 'dir.



Şekil 12. Mikrosistin-LR'nin açık kimyasal formülü.



Şekil 13. Nodülarin'in açık kimyasal formülü.

Mikrosistin üreten *Microcystis spp.*, tatlı su siyanobakterilerinin bir cinsidir ve subtropik iklim koşullarında, özellikle durgun sularda gelişim gösterir [5]. Alg büyümesi, ötrofikasyon (besin fazlalığı) veya evsel atıkların fazlalığı sanayileşme gibi antropojenik etkilerle de süreci teşvik edebilir [5]. Özellikle çözünmüş reaktif fosfor, alg büyümesini destekler [47]. Çevre koruma ajansı 2015 yılında sağlık danışmanlığı olarak yayınladığı raporda [48], biberonla beslenen bebekler ve okul öncesi çağındaki küçük çocuklar için 0,3 µg/L, yetişkinler ve okul çağındaki çocuklar için 1,6 µg/L alt limit belirlemiştir [48]. Sonuç olarak bir çok kurum ve kuruluş iklim değişikliğinin ve değişen çevresel koşulların zararlı alg büyümesine yol açabileceğini ve insan sağlığını olumsuz etkileyebileceğini öngörmektedir. Suyun doğru kullanımı ve ekolojik denge için çeşitli su politikaları ve yaptırımlar sağlanmalıdır.

REFERANSLAR

1. Smayda TJ. Harmful Algal Blooms: Their Ecophysiology and General Relevance to Phytoplankton Blooms in the Sea. *Limnology and Oceanography*. 1997; 42(5:2): 1137-1153.
2. Marcus E, Danzl DF, Sample JA. Ciguatera Fish Poisoning. Up to Date. 2016; Date of access: 2022 Mar 8.
3. Falconer IR. Mechanism Of Toxicity Of Cyclic Peptide Toxins From Blue-Green Algae. *Algal Toxins in Seafood and Drinking Water*. 1993: 177-86.
4. Vasconcelos VM. Uptake And Depuration Of The Heptapeptide Toxin Microcystin-Lr in *Mytilus galloprovincialis*. *Aquatic Toxicology*. 1995; 32(2-3): 227-237.
5. Eliot W, Stoching CR, Barbour MG, Rost TL. Botany: An Introduction to Plant Biology. 6th Edition. England: Wiley; 1982.
6. Mchugh DJ. A Guide To The Seaweed Industry. Rome: Fao Fishers; 2003.
7. Farabegoli F, Blanco L, Rodríguez LP, Vieites JM, Cabado AG. Phycotoxins in marine shellfish: Origin, occurrence and effects on humans. *Marine Drugs*. 2018; 16(6): 188.
8. Carmichael WW. Cyanobacteria secondary metabolites-the cyanotoxins. *Journal of Applied Bacteriology*. 1992; 72(6): 445-459.
9. Landsberg JH. Neoplasia and biotoxins in bivalves: is there a connection?. *Journal of Shellfish Research*. 1996; 15(2): 203-230.
10. Edmunds JSG, McCarthy RA, Ramsdell JS. Ciguatoxin reduces larval survivability in finfish. *Toxicon*. 1999; 37(12): 1827-1832.
11. Berg K, Skulberg OM, Skulberg R. Effects of decaying toxic blue-green algae on water quality, a laboratory study. *Archiv für Hydrobiologie*. 1987; 108(4): 549-563.
12. Sivonen K, Niemelä SI, Niemi RM, Lepistö L, Luoma TH, Räsänen LA. Toxic cyanobacteria (blue-green algae) in Finnish fresh and coastal waters. *Hydrobiologia*. 1990; 190(3): 267-275.
13. Eriksson JE. Can cyanobacterial peptide toxins accumulate in aquatic food chains?. In *Perspectives in Microbial Ecology. Proceedings of the Fourth International Symposium on Microbial Ecology*. Slovene Society for Microbiology. 1986: 655-658.
14. Eriksson JE, Meriluoto JA, Lindholm T. Accumulation of a peptide toxin from the cyanobacterium *Oscillatoria agardhii* in the freshwater mussel *Anadonta cygnea*. *Hydrobiologia*. 1989; 183(3): 211-216.
15. Tencalla FG, Dietrich DR, Schlatter C. Toxicity of *Microcystis aeruginosa* peptide toxin to yearling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Toxicology*. 1994; 30(3): 215-224.
16. Bury NR, Eddy FB, Codd GA. The effects of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*, the cyanobacterial hepatotoxin microcystin-LR, and ammonia on growth rate and ionic regulation of brown trout. *Journal of Fish Biology*. 1995; 46(6): 1042-1054.
17. Beveridge MCM, Baird DJ, Rahmatullah SM, Lawton LA, Beattie KA, Codd GA. Grazing rates on toxic and non-toxic strains of cyanobacteria by

- Hypophthalmichthys molitrix* and *Oreochromis niloticus*. Journal of Fish Biology. 1993; 43(6): 901-907.
18. DeGange AR, Vacca MM. Sea Otter Mortality at Kodiak Island, Alaska, during Summer 1987. Journal of Mammalogy. 1989; 70 (4): 836-8.
 19. Geraci JR, Anderson DM, Timperi RJ, St. Aubin DJ, Early GA, Prescott JH, Mayo CA. Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) Fatally Poisoned by Dinoflagellate Toxin. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1989; 46 (11): 1895-8.
 20. Hernández M, Robinson I, Aguilar A, González LM, López-Jurado LF, Reyero MI, Cacho E, Franco J, López-Rodas V, Costas E. Did algal toxins cause monk seal mortality?. Nature. 1998; 393 (6680): 28-9.
 21. Van Dolah FM. Effects of Harmful Algal Blooms. In: Reynolds JE, editor. Marine Mammal Research: Conservation Beyond Crisis. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2005; pp. 85-101.
 22. Ngy L, Tada K, Yu CF, Takatani T, Arakawa O. Occurrence of paralytic shellfish toxins in Cambodian Mekong pufferfish *Tetraodon turgidus*: Selective toxin accumulation in the skin. Toxicon. 2008; 51(2): 280-288.
 23. Faust MA, Gulledge RA (2002). Identifying Harmful Marine Dinoflagellates Contributions from the United States National Herbarium, 42: 1-144. Department of Systematic Biology-Botany, Washington, DC. Date of access: 08.03.2022.
 24. Cuypers E, Abdel-Mottaleb Y, Kopljär I, Rainier JD, Raes AL, Snyders DJ, Tytgat J. Gambierol, a toxin produced by the dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus*, is a potent blocker of voltage-gated potassium channels. Toxicon. 2008; 51(6): 974-983.
 25. Friedman MA, Fleming LE, Fernandez M, Bienfang P, Schrank K, Dickey R, Bottein MY, Backer L, Ayyar R, Weisman R, Watkins S, Granade R, Reich A. Ciguatera fish poisoning: treatment, prevention and management. Marine Drugs. 2008; 6(3): 456-479.
 26. Friedman MA, Fernandez M, Backer LC, Dickey RW, Bernstein J, Schrank K, Kibler S, Stephan W, Gribble MO, Bienfang P, Bowen RE, Degrasse S, Flores Quintana HA, Loeffler CR, Weisman R, Blythe D, Berdalet E, Ayyar R, Clarkson-Townsend D, Swajian K, Benner R, Brewer T, Fleming LE. An Updated Review of Ciguatera Fish Poisoning: Clinical, Epidemiological, Environmental, and Public Health Management. Marine Drugs. 2017; 15 (3): 72.
 27. Dawson JF, Holmes CF. Molecular mechanisms underlying inhibition of protein phosphatases by marine toxins. Frontiers in Bioscience-Landmark. 1999; 4(4): 646-658.
 28. Clark RF, Williams SR, Nardt SP, Manoguerra AS. A review of selected seafood poisonings. Undersea & Hyperbaric Medicine. 1999; 26(3): 175.
 29. Zhongming Z, Linong L, Xiaona Y, Wangqiang Z, Wei L. UN to issue first-ever global report on harmful algal blooms. 2020. Date of access: 2022 Mar 8.
 30. Watkins SM, Reich A, Fleming LE, Hammond R. Neurotoxic Shellfish Poisoning. Marine Drugs. 2008; 6(3): 431-455

31. Azanza Rhodora V, Max Taylor FJR. Are Pyrodinium Blooms in the Southeast Asian Region Recurring and Spreading? A View at the End of the Millennium. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. 2001; 30 (6): 356-64.
32. Taylor FJR, Fukuyo Y, Larsen J, Hallegraeff GM. Taxonomy of harmful dinoflagellates. In: Hallegraeff GM, Anderson DM, Cembella AD, editors. *Manual on Harmful Marine Microalgae*. Unesco, 2003; p. 389-432.
33. Solter PF, Beasley VR. Phycotoxins. In: Haschek WM, Rousseaux CG, Wallig MA, Bolon B, Ochoa R, editors. *Haschek and Rousseaux's handbook of toxicologic pathology*. London: Academic Press, 2013; p. 1155-1186.
34. Aráoz R, Molgó J, Tandeau de Marsac N. Neurotoxic cyanobacterial toxins. *Toxicon*. 2010; 56 (5): 813-28.
35. James KJ, Crowley J, Duphard J, Lehane M, Furey A. Anatoxin-a and Analogues: Discovery, Distribution, and Toxicology. In: *Phycotoxins: Chemistry and Biochemistry*. Blackwell Publishing, 2007; p. 141–58.
36. Bradshaw D, Groenewald P, Laubscher R, Nannan N, Nojilana B, Norman R, Pieterse D, Schneider M, Bourne DE, Timaeus IM, Dorrington R, Johnson L. Initial burden of disease estimates for South Africa, 2000. *South African Medical Journal*. 2003; 93(9): 682-688.
37. Fatoki OS, Muyima NYO, Lujiza N. Situation analysis of water quality in the Umtata River catchment. *Water SA*. 2001; 27(4): 467-474.
38. Oberholster PJ, Botha AM, Cloete TE. An overview of toxic freshwater cyanobacteria in South Africa with special reference to risk, impact and detection by molecular marker tools. *Biokemistri*. 2005; 17(2): 57-71.
39. Oberholster PJ, Ashton PJ. *State of the nation report: An overview of the current status of water quality and eutrophication in South African rivers and reservoirs. Parliamentary Grant Deliverable*. Pretoria: Council for Scientific and Industrial Research (CSIR); 2006.
40. Oberholster PJ, Botha AM. *Use of PCR based technologies for risk assessment of a winter cyanobacterial bloom in Lake Midmar, South Africa*. *African Journal of Biotechnology*. 2007; 6(15).
41. Oberholster PJ, Cloete TE, Van Ginkel C, Botha AM, Ashton PJ. *The use of remote sensing and molecular markers as early warning indicators of the development of cyanobacterial hyperscums crust and microcystinproducing genotypes in the hypertrophic Lake Hartebeespoort, South Africa*. Pretoria: Council for Scientific and Industrial Research (CSIR); 2008.
42. Oberholster P. *Parliamentary Briefing Paper on Cyanobacteria in Water Resources of South Africa*. Pretoria: Council for Scientific and Industrial Research (CSIR); 2008.
43. Jervis R. *Toxins contaminate drinking water in northwest Ohio*. USA: USA Today; 2014
44. Sivonen K, Kononen K, Carmichael WW, Dahlem AM, Rinehart KL, Kiviranta J, Niemela SI. Occurrence of the hepatotoxic cyanobacterium *Nodularia spumigena* in the Baltic Sea and structure of the toxin. *Applied and Environmental Microbiology*. 1989; 55(8): 1990-1995.
45. Chen Y, Shen D, Fang D. Nodularins in poisoning. *Clinica Chimica Acta*. 2013; 425: 18-29.
46. Dawson RM. *The toxicology of microcystins*. *Toxicon*. 1998; 36(7): 953-962.

47. Goldenberg S. Farming practices and climate change at root of Toledo water pollution. *The Guardian*. 2014: 1-4.
48. EPA, USEPA. Drinking Water Health Advisory for the Cyanobacterial Microcystin Toxins. Washington, DC: US Environmental Protection Agency Office of Water, Health and Ecological Criteria Division, 2015.

Sedimentary Characteristics of the Lithologies of the Beyköyü Formation Around Beyköyü (Ereğli, Konya, Turkey)

Ali Müjdat ÖZKAN¹

INTRODUCTION

The basement in the region is formed by the Upper Permian-Upper Cretaceous Bolkar Group belonging to the Bolkardağı Unit, one of the tectonostratigraphic units of the Taurus Mountains, and the Paleocene-Lower Eocene Güneydağı Formation and the Upper Paleocene-Eocene Halkapınar Formation. Limestones of the Güneydağı Formation form the basis of the study area. Miocene-aged Beyköyü Formation overlies this basement rock with an angular unconformity. The Beyköyü Formation is composed of Kabaktepe gypsum member and Kayalıdağtepe limestone member. The Kabaktepe gypsum member is observed only at the base of the Beyköyü Formation, while the Kayalıdağtepe member, which consists of stromatolitic limestones, is observed from the base to the ceiling of the Beyköyü Formation.

The Upper Pliocene-Holocene Kuskuncuk Formation overlies the Beyköyü Formation with an angular unconformity. The Kuskuncuk Formation is predominantly composed of red-colored conglomerate, sandstone, and mudstone alternations and contains caliche bands at some levels.

While the Beyköyü Formation was formed in a lacustrine environment, the Kuskuncuk Formation developed in a fluvial (alluvial fan and braided stream) environment.

SEDIMENTOLOGY OF THE BEYKÖYÜ FORMATION

The unit was first defined and named by Özkan^[1] in the study area. Özkan^[1] divided the unit into two members as Kabaktepe gypsum member and Kayalıdağtepe limestone member.

¹ Assoc. Prof. Dr., Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Geological Engineering, Email: amozkan@ktun.edu.tr

KABAKTEPE GYPSUM MEMBER

The member is white, light gray in color, mostly massive (Figure 1a), and presents at some levels medium-thick bedded (Figure 1b) and lamination. The member is mostly sugary textured (Figure 1a,b,c) gypsum, prismatic at some levels (Figure 1d), selenite at some levels (Figure 1e), and folded at some levels (Figure 1f). At the base of the gypsum in some parts of the study area, there is an alternation of red-colored conglomerate, sandstone, and mudstone. Greenish gray, brown sandstone, green and red colored mudstone alternations, and mudstone intercalated gypsum are overlain on top, and stromatolitic limestones are located on the gypsum.

The gypsum, which is generally massive, shows layering where it transitions to stromatolitic limestones. In addition, mud cracks were filled with gypsum crystals in the drying-fractured mudstone levels.



Figure 1. Photographs of the Kabaktepe gypsum member. **a)** sugary textured massive gypsum (scale, pencil: 14 cm), **b)** sugary textured, layered gypsum (scale, hammer: 28 cm), **c)** sugary textured gypsum (scale, pencil: 14 cm), **d)** prismatic gypsum (scale, pencil: 14 cm), **e)** white colored, sugary textured and light gray selenite gypsum (scale, pencil: 14 cm), **f)** curved gypsum (scale, pencil: 14 cm).

The Kabaktepe gypsum member was deposited in an open (hydrologically discharged) and closed lacustrine environment according to its lithological and sedimentological features. The folds in the lower levels of the massive gypsum observed in the member reflect the swelling feature of the evaporites. Evaporites do not break under the influence of pressures from the side and from the top but exhibit plastic flow-like curved swelling structures (pseudo-anticlinal-synclinal).^[2,3] Thick layered individual gypsum alternated with green clays have generally developed depending on climatic changes and time. The rainy and temperate climate in some phases accelerated the precipitation by mixing the clays from the suspension and colluvium into the lake. However, the short-term arid-semi-arid climate may cause evaporite precipitation in lake conditions.^[4,5,3] With this feature, it can be said that the sediments here were deposited in an open lake (hydrologically discharged) environment. However, as the lake is limited from time to time, that is, the external connection of the lake is cut off by tectonic effects, thickly layered gypsum has developed during the inter-arid climate processes.

In addition, evaporites may turn into gypsum crystals of different grain sizes as a result of the evaporite lake floor rising from time to time and being exposed to atmospheric effects. These are called selenite (gravel-sized), gypsum arenite (sand-sized), and gibbsite (silt-sized).^[6,7,3] Claystone plains that came to the surface during the drying phases of the environment were fragmented into drying cracks, and when the ground water attacking these cracks became saturated for gypsum, free-growing radial gypsum developed in the cracks.^[6,4,5,3]

The development of laminated structures in massive gypsum indicates a shallow water environment.^[8,9,6,3] In addition, the prevalence of localized sedimentary structures (pseudo-anticlinal-synclinal) in the form of clustering and swelling observed in gypsum is an important feature of terrestrial shallow water environments.^[2,3] Considering all these features, it can be said that these facies was deposited in a closed lacustrine sabkha (evaporitic lake water) environment.^[4,3] In addition, lamina pairs of gypsum and clay, called “balatino” observed from these facies, indicate very short-stage seasonal changes.^[8,9,3]

The gypsum found in our study exhibit most of the features described above. The red-colored conglomerate, sandstone, and mudstone observed

at the base of the gypsum reflect the presence of a stream that empties into the lake. In addition, the vertical and lateral transition of gypsum to stromatolitic limestones towards the upper levels indicates that the evaporitic water in the lake basin loses this feature with climatic and seasonal changes over time and turns into a suitable environment for stromatolitic limestone, limestone, and marl deposition. As a result, the gypsum forming the Kabaktepe member was deposited in a sabka-like lake with an arid-semi-arid climate. However, this evaporitic sabka lake environment later transformed into a freshwater lake environment and became suitable for the life of organisms such as blue-green algae, green algae, ostracods, and gastropods, allowing the precipitation of stromatolitic limestone, limestone, and marls. Then the lake due to the tectonic and climatic effects, it has completely dried and turned into land.

KAYALIDAĞTEPE LIMESTONE MEMBER

Beige, brown, medium-to-very thick bedded stromatolitic limestones (Figure 2a,b,c) are according to Logan et al.^[10], hemispherical stromatolites (LLH-type stromatolites), stacked hemispherical stromatolites (SH-type stromatolites) and oncoids (SS-type stromatolites). The stromatolitic limestones, which are gray in the levels where organic matter is abundant, include gray-colored mudstone, red-colored conglomerate, sandstone, and mudstone in intermediate levels. Stromatolitic limestones containing abundant ostracod and gastropod fossils at some levels also contain brown-colored chert nodules and bands at some levels (Figure 2d).

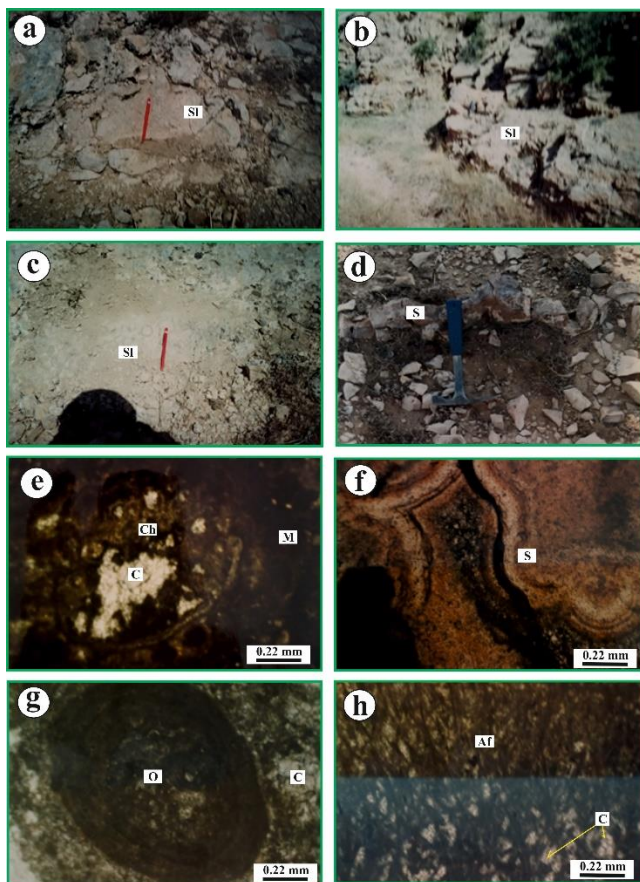


Figure 2. Photographs of the Kayalıdağtepe limestone member. **a)** medium-bedded oncoidal limestones (scale, pencil: 14 cm), **b)** medium-thick bedded stromatolitic limestones (scale, hammer: 28 cm), **c)** medium-bedded oncoidal limestones (scale, pencil: 14 cm), **d)** brown chert band in stromatolitic limestone (scale, hammer: 28 cm), **e)** *Chara* sp. observed in oncoidal limestones, **f)** replacement with silica in stromatolitic limestones, **g)** loss of a clarity of laminations due to micritization in some oncoids, **h)** *Scytonema* sp. bundles and sparry calcite cement. Sl: stromatolite, Ch: *Chara*, M: micritic matrix, C: sparry calcite cement, S: silica, O: oncoid, Af: algal filament.

At some levels, red-colored conglomerates are 40-50 meters wide and 8-10 meters thick, which are found in intermediate levels in the stromatolitic limestones, where alternations of greenish gray and red colored sandstones are also observed. The conglomerates are very thickly bedded, fine-coarse grained (maximum grain size 20 cm), polygenic in origin, and include black, gray colored limestone, burgundy radiolarite, and beige stromatolitic limestone pebbles. In these conglomerates,

sedimentary structures such as reverse grading and imbricate structure were observed. The stromatolitic limestones are in the form of pebbly-sandy limestone at some levels and also present intercalations with cream-colored limestones and marls with abundant ostracod and gastropod fossils.

According to microscopic examinations, 5% porosity was found in the stromatolitic limestones (boundstone; Dunham^[11]). In some oncoids developing as mamelon, the core is observed as micritic, fossil (*Chara* sp., Figure 2e), and empty. In some oncoids, laminations are less pronounced due to micritization (Fig. 2g).

The laminae of some oncoids are formed by *Schizothrix* from blue-green algae. Oncoids, which are mostly embedded in the micritic matrix, are less commonly bound with sparry calcite cement (Figures 2e,g,h; 3a-f).

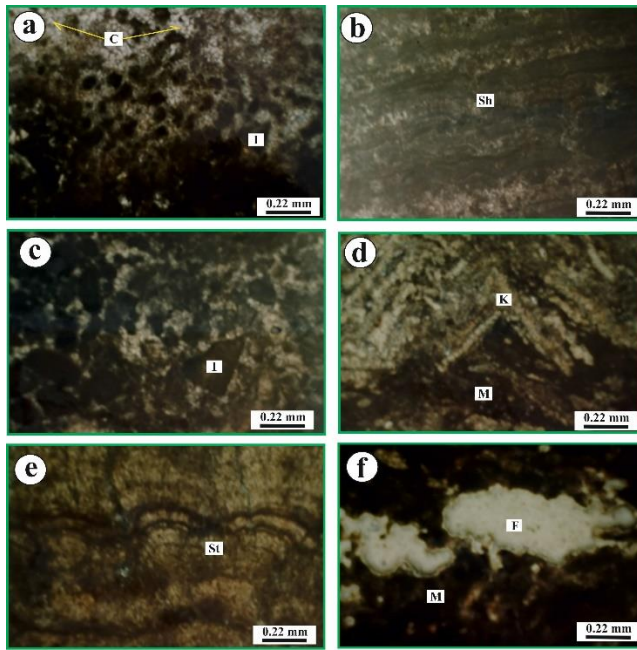


Figure 3. Photographs of the Kayalıdağtepe limestone member. **a)** intraclast-pellet packstone-grainstone level, **b)** *Schizothrix* laminae and *Phormidium* filaments, **c)** intraclast-pellet grainstone level, **d)** root balls observed in stromatolitic limestones, **e)** *Scytonema* bundles, **f)** irregularly shaped fenestra structures. I: intraclast, C: sparry calcite cement, Sh: *Schizothrix* laminae, St: *Scytonema* bundles, K: root balls, M: micritic matrix, F: fenestra structure.

Substitution by silica is observed in some stromatolitic limestones (Figure 2f). *Schzothrix* laminae and *Phormidium* filaments (Figure 3b), and *Scytonema* bundles (Figures 2h and 3e) are prominently observed in stromatolites. In some stromatolitic limestone levels, grainstone-packstone levels containing pellets, intraclasts, and ooids are observed (Figure 3a,c). In some stromatolitic limestone levels, there are root balls (Figure 3d).

In addition to vertical tubular inter-filament fenestra, highly irregular fenestra structures are commonly observed in stromatolitic limestones (Figure 3f). In some areas of the stromatolitic limestones, a small amount of iron oxide is substituted in the micritic matrix, while in some areas, sparry calcite cement is observed that gets larger from the edges to the center as a void filling. *Schzothrix*, *Scytonema*, and *Phormidium* filaments have become obscure due to the neomorphism that developed in the diagenetic process.

The Kayalıdağtepe limestone member was deposited in a freshwater lacustrine environment according to sedimentological, paleontological, and microfacies characteristics. *Chara*, one of the green algae, is quite common in lacustrine deposits and can live up to 10-15 meters deep.^[12] *Chara* is characteristic of freshwater environments and can survive in saltwater environments with salinity up to ‰7.^[12] The blue-green algae *Schzothrix*, *Scytonema*, and *Phormidium* genera are also native to fresh waters and can form stromatolites in lacustrine coastal zones.^[13,14,15]

Monty and Hardie^[14], Varol et al.^[16] in their study, they stated that the horizontal blue-green algae filaments in the combined shape are unique to *Schzothrix* and underwater conditions. Monty^[17] emphasized that *Scytonema* and *Phormidium* filaments are blue-green algae that can grow underwater and partially above water conditions.

Carbonate production takes place in shallow waters (shallower than 10 m) mostly by biogenic or organismal activity, and the shoreline zone is dominated by bioclastic and algal sediments.^[18] Since algae are light sensitive and perform photosynthesis, they live in shallow water environments.

The binder of stromatolitic limestones is mostly micrite. Intensive micrite calcification of algal tubes requires rapid precipitation of CaCO_3 .^[16] The calcification event may have developed in the very early diagenesis or

at a stage where the sediment has not lost its contact with the more sedimentary environment.^[16] The environmental parameters controlling such intense carbonate precipitation can be expressed as depth, temperature, biogenic activity and saturation with CaCO_3 .^[16] Here, we can say that biogenic activity comes to the fore. The abundance of green algae (e.g. *Chara*) in the environment suggests that the CO_2 content in the environment decreases as a result of the photosynthetic function formed by the mats of blue-green algae, thus increasing the saturation with CaCO_3 and carbonate precipitation.

The growth patterns of blue-green algae are closely related to water depth and energy. In order to receive sufficient light, which decreases with the depth of the water, algae develop a surface by spreading themselves.^[10] Therefore, the lateral growth rate exceeds the vertical growth rate to form the stromatolite type (LLH-type), which consists of laterally attached hemispheres. Sufficient light accelerates vertical growth and a pile-up hemispherical stromatolite type (SH-type) develops. With increasing energy, especially in and around the tidal channels, LLH-type stromatolites break off and form spherical type (SS: oncoid) stromatolites with or without cores.^[10]

Most motile organisms are characterized by daily movements consistent with the daily light change.^[17] Such phototactic actions lead to the development of primary biological lamination. Interesting specimens have been identified in *Schizothrix calciola sensu colonies*^[19,20,17], which are now classified as *Phormidium hendersonii*.^[15,17] Adhesive threads growing upwards, reaching a thickness of 0.9 mm, where the filaments form vertical clumps during the daytime produce an organic lamina; at night, the filaments grow horizontally at a very slow rate, forming a thin dark organic lamina (0.1 mm).^[17] This biological lamination can be enhanced by sedimentary particles in environments characterized by a very low sustained sedimentation rate; during the daytime, detrital particles are incorporated into the rapidly developing bed and the dispersed residues form a completely hyaline layer; at night, in contrast, the filaments develop horizontally and much more slowly the detrital particles can condense into a distinctly granular lamina.^[17]

The next day, the filaments will penetrate and bind these grains strongly to develop a new hyaline lamina. The organo-sedimentary laminated fabric

that develops in this way depends on a balance between algal growth and sedimentation rate: if the sedimentation rate is too low, only organic biolaminated structure is formed; on the contrary, if the sedimentation rate is too high, massive boundstone develops.^[17] Similar phototactic reactions are observed in the flattened siliceous stromatolites built by *Phormidium tenue* var. *granuliferum* in Yellowstone National Park where the laminae are very finely developed.^[17] The mats and domes constructed with the *Scytonema-Schizothrix* association invariably show alternations of whitish calcareous layers and brownish organic layers, and this invariant fabric is genetically very complex.^[17]

It is often suggested that algal mats are exposed to severe sun exposure, the superficial layers become strongly stained to protect cells from heat and light and/or become too tight to protect them from excessive evaporation.^[17] This situation is not uncommon in zones where substrate moisture is concentrated, multicellular filaments of blue-green algae or dormant cells begin to develop actively, and the development of interstratified organic layers and thickening within the mat occur.^[17] Crusts constructed by the *Phormidium incrustatum* assemblage in calcareous freshwaters reach 10 cm thick and show significant lamination in vertical sections resulting in loosely calcified filamentous layers and heavily calcified alternation.^[17] Palynological studies on these crusts allow to determine the time of each layer and indicate seasonally occurring lamination.^[17]

Pellet-intraclast-oid-fossilized grainstone/packstone formations were formed by the attachment of sparry calcite and/or micritic matrix. Pellets have developed as a result of drying and disintegration as a result of the feces (fecal pellets) of living organisms and/or atmospheric outcropping of carbonate sludge, or erosion by the effects of coastal currents and waves in high-energy stages. Another component of ooids was formed in a high-energy shallow environment with aragonite needles wrapping around a core.

Conglomerate and sandstones observed as intermediate levels in the stromatolitic limestones were formed as a result of the deposition of the material carried by the streams that empty into the lake. It can be said that the chert nodules and bands observed in the stromatolitic limestones developed due to terrestrial washing.

As a result, Kayalıdağtepe stromatolitic limestone member started to precipitate in a low salty lake environment as a result of a seasonal and became completely fresh water and completed its precipitation with the drying of the lake.

REFERENCES

1. A. M. Özkan, "Ereğli (Konya) doğusundaki karasal Neojen çökellerinin sedimentolojisi." *Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, Araştırma Projesi, Proje no: 2000/054*. 2002. (Unpublished)
2. A. D. Buzzalini, E. J. Adler, R. I. Jodry, "Evaporites and petroleum." *Bull. Amer. Assoc. Pet. Geol.*, 53, 775-1011. 1969.
3. L. Karadenizli, "Sedimentology of the Upper Miocene-Pliocene gypsum series of the Beypezarı Basin, West of Ankara, Central Anatolia, Turkey." *Geol. Bull. of Turkey*, 38(1): 57-65. 1995.
4. L. A. Hardie, J. P. Smooth, H. P. Eugster, "Saline lakes and their deposits. A Sedimentological Approach." *Spec. Pub. Int. Ass. Sediment.*, 2, 7-41. 1978.
5. J. W. Magee, "Late Quaternary Lacustrine, groundwater, aeolian pedogenic gypsum in the Pringle lakes, Southeastern Australia." *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 84, 3-42. 1991.
6. B. C. Schreiber, G. M. Friedman, A. Decima, E. Schreiber, "Depositional environments of Upper Miocene (Messinian) evaporite deposits of the Sicilian Basin." *Sedimentology*, 23, 729-760. 1976.
7. J. K. Warren, "The hydrological setting, occurrence, and significance of gypsum in Late Quaternary salt lakes in South Australia." *Sedimentology*, 29, 609-639. 1982.
8. L. Ogniben, "Inverse graded bedding in primary gypsum of chemical deposition." *J.Sed. Petrology*, 25, 273-281. 1955.
9. L. A. Hardie, H. P. Eugster, "The depositional environment of marine evaporites: A case for shallow, clastic accumulation." *Sedimentology*, 16, 187-220. 1971.
10. B. W. Logan, R. Rezak, R. N. Ginsburg, "Classification and environmental significance of algal stromatolites." *Jour. Geol.*, 72, 68-83. 1964.
11. R. J. Dunham, "Classification of carbonate rocks according to depositional texture." In: W. E. Ham (ed.), *classification of carbonate rocks*. Amer. Assoc. of Petro. Geol. Memoir, 1, 108-121. 1962.
12. V. P. Wright, "Lacustrine carbonates." In: M. E. Tucker, V. P. Wright, J. A. D. Dickson (eds.), *Carbonate Sedimentology*, Blackwell, 164-190. 1990.
13. C. L. V. Monty, "Recent algal stromatolitic deposits, Andros Islands, Bahamas preliminary report." *Geol. Rundsch*, 61, 742-743. 1972.
14. C. L. V. Monty, L. A. Hardie, "The geological significance of the freshwater blue-green algal calcareous marsh." M. R. Walter (ed.), *Stromatolites de: Elsevier, Publ.*, Amsterdam-New York, 447-477. 1976.
15. S. Golubic, "Organisms that build stromatolites." M. R. Walter (ed.), *Stromatolites de: Elsevier, Publ.*, Amsterdam-New York, 113-125. 1976.

16. B. Varol, N. Kazancı, Y. Okan, "Kınık (KB Ankara) Eosen Tatlı su alg biyoherm ve stromatolitleri." *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 27, 119-129. 1984.
17. C. L. V. Monty, "The origin and development of cryptalgal fabrics." In: M. R. Walter (ed.) *Stromatolites de: Elsevier, Publ.*, Amsterdam-New York, 193-249. 1976.
18. N. H. Platt, V. P. Wright, "Lacustrine carbonates: facies models, facies distributions and hydrocarbon aspects, lacustrine facies analysis." *The Int. Assoc. Sedim. Publ., Blackwell, Sci. Publ.*, 57-74. 1991.
19. C. L. V. Monty, "Recent algal stromatolites in the Windward lagoon, Andros Island, Bahamas." *Annales de la Socie'te' Ge'ologique de Belgique*, 88, 269-276. 1965.
20. C. D. Gebelein, "Distribution, Morphology, and Accretion Rate of Recent Subtidal Algal Stromatolites, Bermuda." *Journal of Sedimentary Petrology*, 39, 46-69. 1969.

Automorphisms of Relatively Free Lie algebras

Şehmus FINDIK¹

1. RELATIVELY FREE LIE ALGEBRAS

Lie algebras are important examples of noncommutative, nonassociative algebras. A vector space L over a field K endowed with the bilinear multiplication (commutator, bracket)

$$[\cdot, \cdot]: L \rightarrow L$$

is called a Lie algebra provided

$$\begin{aligned} [x, x] &= 0, \\ [[x, y], z] + [[y, z], x] + [[z, x], y] &= 0, \end{aligned}$$

for all $x, y, z \in L$. The second identity is called the Jacobi identity. Note that by the first identity we have

$$0 = [x + y, x + y] = [x, x] + [x, y] + [y, x] + [y, y],$$

due to the bilinearity of the commutator $[\cdot, \cdot]$. Hence,

$$0 = [x, y] + [y, x]$$

which implies that

$$[x, y] = -[y, x],$$

folklorely known as the skew symmetry. However, the skew symmetry does not imply the identity $[x, x] = 0$, in general. Because, using the skew symmetry we get that

$$[x, x] = -[x, x],$$

or

$$2[x, x] = 0.$$

This does not yield that $[x, x] = 0$ unless the characteristic of the base field K is different from 2. To sum up, $[x, x] = 0$ is equivalent to the skew symmetry if the characteristic of K is not 2, and thus, we may replace it by $[x, y] = -[y, x]$ in the definition.

¹ Dr., Department of Mathematics, Çukurova University,
E-mail: sehfin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5717-4413

The most known example of a Lie algebra is the space $L = \mathbb{R}^3$ of three dimensional vectors with the commutator $[x, y] = x \times y$ defined by the cross product. Clearly

$$x \times y = -y \times x,$$

and that

$$(x \times y) \times z + (x \times y) \times z + (x \times y) \times z = 0.$$

The ideal $L' = [L, L]$ of L generated by all commutators $[x, y]$, $x, y \in L$, is called the commutator ideal of the Lie algebra L . The lower central series of the Lie algebra L is defined as follows.

$$L_1 = L, L_2 = [L, L], L_3 = [L_2, L] = [[L, L], L], \dots, L_{n+1} = [L_n, L], \dots$$

that yields

$$L_1 \supset L_2 \supset \dots \supset L_n \supset L_{n+1} \supset \dots$$

Similarly the derived series of L is

$$L^0 = L, L^1 = [L^0, L^0] = [L, L] = L', L^2 = [L', L'] = L'', \dots, L^{n+1} = [L^n, L^n], \dots$$

and

$$L^0 \supset L^1 \supset \dots \supset L^n \supset L^{n+1} \supset \dots$$

Note that $L^1 = L' = L_2$ is the commutator ideal of L .

In this note, we survey the recent advances on automorphism classes of relatively free Lie algebras. Among them, in particular, we focus on automorphisms of free metabelian nilpotent Lie algebras and of free metabelian Lie algebras.

1.1. FREE METABELIAN NILPOTENT LIE ALGEBRAS

Let F_m be the free Lie algebra of rank m over a field K of characteristic zero. Then,

$$G_{m,c} = F_m / (F_m)'' + (F_m)_{c+1}$$

is called the free metabelian nilpotent of class c Lie algebra. Let us use the left normed commutators:

$$[[\dots [[x_1, x_2], x_3], \dots], x_k] = [x_1, x_2, \dots, x_k].$$

The free metabelian nilpotent Lie algebra $G_{m,c}$ satisfies the following identities.

$$[x_1, x_2, \dots, x_{c+1}] = 0,$$

$$[[x_1, x_2], [x_3, x_4]] = 0.$$

The latter is called the metabelian identity. Assume that $G_{m,c}$ is generated by $y_1, y_2, \dots, y_m$. The commutator ideal $G'_{m,c}$ is a right $K[y_1, y_2, \dots, y_m]$ -module defined by the following action.

$$u \cdot y_i = u(\text{ady}_i),$$

where $u(\text{ady}_i) = [u, y_i]$, $u \in G'_{m,c}$, as a consequence of the metabelian identity, which gives rise to the equality

$$[y_i, y_j, y_{j_1}, \dots, y_{j_k}] = [y_i, y_j, y_{j_{\pi(1)}}, \dots, y_{j_{\pi(k)}}],$$

for each permutation π in the symmetric group S_k . It is well known by [1] that $G'_{m,c}$ is of a finite linear basis of the form

$$[y_{j_1}, y_{j_2}, y_{j_3}, \dots, y_{j_k}],$$

such that $j_1 > j_2 \geq j_3 \leq \dots \leq j_k$, $2 \leq k \leq c$.

1.2. FREE METABELIAN LIE ALGEBRAS

The quotient algebra $H_m = F_m/(F_m)''$ is the free metabelian Lie algebra of rank m over the field K . The Lie algebra H_m satisfies the metabelian identity

$$[[x_1, x_2], [x_3, x_4]] = 0.$$

We assume that H_m is generated by free generators $z_1, z_2, \dots, z_m$. Similar to the commutator ideal $G'_{m,c}$ of the free metabelian nilpotent Lie algebra $G_{m,c}$, there exists a module structure on the commutator ideal H'_m of the free metabelian Lie algebra H_m . The ideal H'_m is a $K[z_1, z_2, \dots, z_m]$ -module by the action

$$w \cdot z_i = [w, z_i] = w(\text{adz}_i),$$

where $w \in H'_m$. Again,

$$[z_i, z_j, z_{j_1}, \dots, z_{j_k}] = [z_i, z_j, z_{j_{\pi(1)}}, \dots, z_{j_{\pi(k)}}],$$

where $\pi \in S_k$, and by [1] that H'_m has a linear basis of the form

$$[z_{j_1}, z_{j_2}, z_{j_3}, \dots, z_{j_k}],$$

such that $j_1 > j_2 \leq j_3 \leq \dots \leq j_k$, $2 \leq k$. The difference from the nilpotent case is that this basis is infinite.

2. AUTOMORPHISMS

Automorphisms of free metabelian nilpotent Lie algebras and of free metabelian Lie algebras are determined by their action on the generators $y_1, y_2, \dots, y_m$ and $z_1, z_2, \dots, z_m$, respectively. The automorphisms inducing the identity map when restricted modulo the commutator ideal are called IA-automorphisms. It is well known that every automorphism of $G_{m,c}$ and of H_m is a product of an IA-automorphism and an element of the general linear group. Hence, it suffices to describe the subgroup of IA-automorphisms when determining the group of all automorphisms.

2.1. AUTOMORPHISMS OF $G_{m,c}$

2.1.1. Inner Automorphisms

The adjoint operator $\text{ady}: G_{m,c} \rightarrow G_{m,c}$ is a nilpotent derivation for every element $y \in G_{m,c}$. Hence the exponential

$$e^{\text{ady}} = 1 + \text{ady} + \frac{(\text{ady})^2}{2} + \frac{(\text{ady})^3}{6} + \dots + \frac{(\text{ady})^{c-1}}{(c-1)!} + \frac{(\text{ady})^c}{c!} + \dots$$

is equal to the well defined finite sum

$$1 + \text{ady} + \frac{(\text{ady})^2}{2} + \frac{(\text{ady})^3}{6} + \dots + \frac{(\text{ady})^{c-1}}{(c-1)!}$$

and it is a homomorphism possessing an inverse. Thus e^{ady} is an automorphism of the free metabelian nilpotent Lie algebra $G_{m,c}$. Such automorphisms are called inner. The set $\text{Inn}(G_{m,c})$ of all inner automorphisms of $G_{m,c}$ forms a normal subgroup of the group $\text{Aut}(G_{m,c})$ of all automorphisms of $G_{m,c}$.

The group $\text{Inn}(G_{m,c})$ is not abelian. Thus, the multiplication rule in this group can be given by making use of the Baker-Campbell-Hausdorff formula (BCH formula). BCH formula is the solution to the equation

$$w = \log(e^u e^v)$$

for $w = w(u, v)$. See the papers [2,3,4,5,6,7] for historical development of the formula. According to the formula we have the following.

$$w = u + v + \frac{1}{2}[u, v] + \frac{1}{12}[u, [u, v]] + \frac{1}{12}[v, [v, u]] - \frac{1}{24}[u, [v, [u, v]]] + \dots$$

Recently in [8], a formula was suggested for the multiplication rule in the group $\text{Inn}(G_{m,c})$ as follows.

Theorem 1. Let $e^{\text{ad}w} = e^{\text{adu}}e^{\text{adv}}$. Then,

$$w = H(\bar{u}, \bar{v}) + u_0(1 + (\text{ad}\bar{v})c(\text{ad}\bar{u}, \text{ad}\bar{v})) + v_0(1 - (\text{ad}\bar{v})c(\text{ad}\bar{u}, \text{ad}\bar{v}))$$

where

$$H(\bar{u}, \bar{v}) = \bar{u} + \bar{v} + [\bar{u}, \bar{v}]c(\text{ad}\bar{u}, \text{ad}\bar{v})$$

$$c(t_1, t_2) = \frac{e^{t_2}h(t_1) - h(t_2)}{e^{t_1+t_2} - 1}$$

$$h(t) = \frac{e^t - 1}{t}$$

2.1.2. Outer Automorphisms

It is known that the group $\text{Inn}(G_{m,c})$ of inner automorphisms is a normal subgroup of $\text{Aut}(G_{m,c})$. Therefore, one may consider the group

$$\text{Out}(G_{m,c}) = \text{Aut}(G_{m,c}) / \text{Inn}(G_{m,c})$$

of outer automorphisms. For this purpose we define the Jacobian matrix $J(\varphi)$ of an arbitrary endomorphism of $G_{m,c}$.

$$J(\varphi) = \begin{pmatrix} \frac{\partial \varphi(y_1)}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial \varphi(y_m)}{\partial y_1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial \varphi(y_1)}{\partial y_m} & \dots & \frac{\partial \varphi(y_m)}{\partial y_m} \end{pmatrix}$$

For details and the following theorem, see [8].

Theorem 2. The automorphisms with the following Jacobian matrices are coset representatives of the subgroup $\text{Inn}(G_{m,c})$ of the group $\text{IA}(G_{m,c})$.

$$J(\varphi) = \begin{pmatrix} 1 + s(y_2, \dots, y_m) & f_{12} & \dots & f_{1m} \\ y_1 q_2(y_2, y_3, \dots, y_m) + r_2(y_2, \dots, y_m) & 1 + f_{22} & \dots & f_{2m} \\ y_1 q_3(y_3, \dots, y_m) + r_3(y_2, \dots, y_m) & f_{32} & \dots & f_{3m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_1 q_m(y_m) + r_m(y_2, \dots, y_m) & f_{m2} & \dots & 1 + f_{mm} \end{pmatrix}$$

where s, q_i, f_{ij} are polynomials of degree $\leq c - 1$ without constant terms, satisfying the conditions below.

$$s + \sum_{i=1}^m y_i q_i = 0, \quad \sum_{i=2}^m y_i r_i = 0, \quad \sum_{i=1}^m y_i f_{ij} = 0,$$

and f_{12} does not contain a linear summand of y_2 .

2.1.3. Normal Automorphisms

Normal automorphisms are automorphisms that preserve all ideals of the Lie algebra $G_{m,c}$. The set $N(G_{m,c})$ of normal automorphisms is a normal subgroup of $\text{Aut}(G_{m,c})$. We give the results below provided by [9].

Theorem 3. (i) If $m \geq 3$ and $c = 2$, then $N(G_{m,2}) \subset \text{IA}(G_{m,2})$.

(ii) If $m \geq 3$ and $c = 3$, then $N(G_{m,3}) \subset \text{IA}(G_{m,3})$.

(iii) If $m \geq 2$ and $c \geq 4$, then $N(G_{m,c}) \subset \text{IA}(G_{m,c})$.

Theorem 4. In the cases $(m, c) = (2, 2)$ and $(m, c) = (2, 3)$ every normal automorphism of $G_{m,c}$ acts on the generators of $G_{m,c}$ as a nonzero scalar times a normal IA-automorphism.

Theorem 5. Let K^* be the set of nonzero scalars in the field K . Then

(i) $N(G_{m,1}) \cong K^*$

(ii) $N(G_{2,2}) \cong K^* \ltimes \text{Inn}(G_{2,2})$

(iii) $N(G_{2,3}) \cong K^* \ltimes \text{GInn}(G_{2,3})$

(iv) $N(G_{m,c}) \cong \text{GInn}(G_{m,c})$, $m \geq 3$ and $c \geq 2$ or $m = 2$ and $c \geq 4$,

where $\text{GInn}(G_{m,c})$ is the set of automorphisms of the form

$$y_i \rightarrow y_i + \sum_{j=1}^m [y_i, y_j] f_j$$

for some $f_j \in K[\text{ady}_1, \dots, \text{ady}_m]$, $i = 1, \dots, m$.

The following theorem [9] describes the group structure of the group of normal automorphisms.

Theorem 6. (i) The group $N(G_{m,2})$, $m \geq 3$, is abelian.

(ii) The group $N(G_{m,3})$, $m \geq 3$, is nilpotent of class 2.

(iii) The group $N(G_{m,c})$, $m \geq 2$ and $c \geq 4$ or $(m, c) = (2, 2)$, is metabelian.

(iv) The group $N(G_{2,3})$ is nilpotent of class two-by-abelian.

We give the Jacobian matrix of an arbitrary normal IA-automorphism in the next theorem [9].

Theorem 7. Let φ be a normal IA-automorphism of the form

$$\varphi(y_i) = y_i + \sum_{j=1}^m [y_i, y_j] f_j$$

$i = 1, \dots, m$. Then the Jacobian matrix $J(\varphi)$ of φ is equal to

$$\begin{pmatrix} 1 + y_2 f_2 + \dots + y_m f_m & -y_2 f_1 & \dots & -y_m f_1 \\ -y_1 f_2 & 1 + y_1 f_1 + y_3 f_3 + \dots + y_m f_m & \dots & -y_m f_2 \\ -y_1 f_3 & -y_2 f_3 & \dots & -y_m f_3 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -y_1 f_m & -y_2 f_m & \dots & 1 + f \end{pmatrix}$$

where $f = y_1 f_1 + \dots + y_{m-1} f_{m-1}$.

2.1.4. Normally Outer Automorphisms

In this subsection, we consider the automorphisms in the quotient group

$$\text{NOut}(G_{m,c}) = \text{Aut}(G_{m,c}) / N(G_{m,c})$$

In the following theorem, Jacobian matrices of such automorphisms included in IA-automorphisms are provided [9].

Theorem 8. Let Θ be the set of automorphisms θ of $G_{m,c}$ with Jacobian matrix of the form

$$J(\theta) = \begin{pmatrix} 1 & f_{12}(y_2, \dots, y_m) & \dots & f_{1m} \\ p_2(y_2, \dots, y_m) & 1 + f_{22} & \dots & f_{2m} \\ p_3(y_2, \dots, y_m) & f_{32} & \dots & f_{3m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_m(y_2, \dots, y_m) & f_{m2} & \dots & 1 + f_{mm} \end{pmatrix}$$

where p_i, f_{ij} are polynomials of degree $\leq c - 1$ without constant terms, satisfying the conditions below.

$$\sum_{i=2}^m y_i p_i = 0, \quad \sum_{i=1}^m y_i f_{ij} = 0,$$

and f_{12} does not contain a linear summand of y_2 . Then Θ consists of coset representatives of the subgroup $\text{IN}(G_{m,c}) = \text{N}(G_{m,c}) \cap \text{IA}(G_{m,c})$ of the group $\text{IA}(G_{m,c})$ and $\text{NOut}(G_{m,c}) \cap \text{IA}(G_{m,c})$ is a disjoint union of the cosets $\text{IN}(G_{m,c})\theta$, $\theta \in \Theta$.

2.1.5. Outer Normal Automorphisms

We consider the automorphisms in the quotient group

$$\text{OutN}(G_{m,c}) = \text{N}(G_{m,c}) / \text{Inn}(G_{m,c})$$

In the following theorem, Jacobian matrices of such automorphisms included in IA -automorphisms are given [9].

Theorem 9. Let Ψ be the set of normal IA -automorphisms ψ of $G_{m,c}$ with Jacobian matrix of the form

$$J(\psi) = \begin{pmatrix} 1 + f_1 & -y_2 q_1(y_1, \dots, y_m) & \dots & -y_m q_1(y_1, \dots, y_m) \\ -y_1 q_2(y_2, \dots, y_m) & 1 + f_2 & \dots & -y_m q_2(y_2, \dots, y_m) \\ -y_1 q_3(y_3, \dots, y_m) & -y_2 q_3(y_3, \dots, y_m) & \dots & -y_m q_3(y_3, \dots, y_m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -y_1 q_m(y_m) & -y_2 q_m(y_m) & \dots & 1 + f_m \end{pmatrix}$$

where

$$\begin{aligned} f_1 &= y_2 q_2(y_2, \dots, y_m) + \dots + y_m q_m(y_m) \\ f_2 &= y_1 q_1(y_1, \dots, y_m) + y_3 q_3(y_3, \dots, y_m) + \dots + y_m q_m(y_m) \\ &\vdots \\ f_m &= y_1 q_1(y_1, \dots, y_m) + \dots + y_{m-1} q_{m-1}(y_{m-1}, y_m) \end{aligned}$$

and q_i are polynomials of degree $\leq c - 1$ without constant terms, satisfying the condition below.

$$\sum_{i=2}^m y_i q_i = 0$$

Then Ψ consists of coset representatives of the subgroup $\text{Inn}(G_{m,c})$ of the group $\text{IN}(G_{m,c})$ and $\text{OutN}(G_{m,c}) \cap \text{IA}(G_{m,c})$ is a disjoint union of the cosets $\text{Inn}(G_{m,c})\psi$.

2.1.6. Pointwise Inner Automorphisms

These automorphisms are defined as follows.

$$y_i \rightarrow e^{\text{adu}_i}(y_i)$$

for $i = 1, \dots, m$. Note that if $u_1 = \dots = u_m = u$, then we obtain the inner automorphism e^{adu} . A recent work [10] give a generating set for the group $\text{PInn}(G_{m,c})$ of pointwise inner automorphisms of $G_{m,c}$. Every pointwise inner automorphism can be expressed as an m -tuple $(u_1, \dots, u_m)$. Assume that

$$I_i = \{(0, \dots, 0, u_i, 0, \dots, 0) : u_i \in G_{m,c}\}$$

Then we have the following theorems via [10].

Theorem 10. I_i is a group for every $i = 1, \dots, m$.

Theorem 11. The group $\text{PInn}(G_{m,c})$ is generated by $I_1 \cup \dots \cup I_m$.

2.2. AUTOMORPHISMS OF H_m

2.2.1. Inner Automorphisms

The adjoint operator $\text{adz}: H_{m,c} \rightarrow H_{m,c}$ is a nilpotent of class 2 derivation for elements z of the commutator ideal H'_m . Hence the exponential

$$e^{\text{adz}} = 1 + \text{adz}$$

is a well defined finite sum and is a homomorphism possessing the inverse $e^{\text{ad}(-y)} = e^{-(\text{ad}y)}$. These automorphisms are called inner. Note that inner automorphisms of the free metabelian Lie algebras are not determined by all elements (possessing a linear part) apart from the metabelian nilpotent case. This main difference gives rise to a significant fact. The set

$\text{Inn}(H_{m,c})$ of inner automorphisms of the free metabelian Lie algebra $H_{m,c}$ is an abelian group:

$$e^{\text{adx}}e^{\text{ady}} = e^{\text{ad}(x+y)}.$$

2.2.2. Central Automorphisms

An automorphism of $H_{m,c}$ commuting with every inner automorphisms is called central. The group $\text{Cent}(H_{m,c})$ consisting of all central automorphisms is the centralizer of the group $\text{Inn}(H_{m,c})$ of inner automorphisms.

Clearly every inner automorphism is central due to the fact that the group $\text{Inn}(H_{m,c})$ is abelian. Recall that this situation does not hold in the case of nilpotency. The following theorem in [11] describes the group $\text{Cent}(H_{m,c})$.

Theorem 12. $\text{Cent}(H_{m,c}) = \text{Inn}(H_{m,c})$.

REFERENCES

1. Bahturin YA. Identical Relations in Lie Algebras (Russian). Moscow: Nauka, 1985. Translation: Utrecht: VNU Science Press, 1987.
2. Campbell JE. On a law of combination of operators bearing on the theory of continuous transformation groups. Proceedings of the London Mathematical Society. 1897; 28: 381-390.
3. Campbell JE. On a law of combination of operators (second paper). Proceedings of the London Mathematical Society. 1897; 29: 14-32.
4. Baker HF. On the exponential theorem for a simply transitive continuous group, and the calculation of the finite equations from the constants of structure. Proceedings of the London Mathematical Society. 1901; 34: 91-127.
5. Baker HF. Alternants and continuous groups. Proceedings of the London Mathematical Society. 1905; 3: 24-47.
6. Hausdorff F. Die symbolische Exponential Formel in der Gruppentheorie. Berichte Über die Verhandlungen Sachsischen Akad. der Wissenschaften zu Leipzig. 1906; 58: 19-48.
7. Dynkin EB. Evaluation of the coefficients of the Campbell-Hausdorff formula. Dokl. Akad. Nauk. SSSR. 1947; 57: 323-326.
8. Drensky V, Findik Ş. Inner and outer automorphisms of free metabelian nilpotent Lie algebras. Communications in Algebra. 2012; 40(12): 4389-4403.
9. Findik Ş. Normal and normally outer automorphisms of free metabelian nilpotent Lie algebras. Serdica Mathematical Journal. 2010; 35 (2): 171-210.
10. Aydın E. Pointwise inner automorphisms of relatively free Lie algebras. Journal of Universal Mathematics. 2022; 5 (2): 76-8.
11. Erginkara B, Findik Ş. On central automorphisms of free metabelian Lie algebras. Journal of Universal Mathematics. 2022; 5(2): 61-67.