

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

**TASARIM SÜRECİNDE BİYOMİMİKİRİ
YAKLAŞIMININ ARAŞTIRILMASI:
FORDEX DOKÜMAN İNCELEME CİHAZI**

Yüksek Lisans Tezi

MUSTAFA DUMAN

İSTANBUL, 2021

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİYEL TASARIM VE İNOVASYON YÖNETİMİ
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**TASARIM SÜRECİNDE BİYOMİMİKİRİ
YAKLAŞIMININ ARAŞTIRILMASI:
FORDEX DOKÜMAN İNCELEME CİHAZI**

Yüksek Lisans Tezi

MUSTAFA DUMAN

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi FERHAN EGEMEN OKUTUR

İSTANBUL, 2021



BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

04/05/2021

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

Program Adı:	Endüstriyel Tasarım ve İnovasyon Yönetimi Yüksek Lisans Programı
Öğrencinin Adı Soyadı:	Mustafa DUMAN
Tezin Adı:	Tasarım Sürecinde Biyomimikri Yaklaşımının Araştırılması: Fordex Doküman İnceleme Cihazı
Tez Savunma Tarihi:	

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç. Dr. Burak KÜNTAY
Enstitü Müdürü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı Soyadı	İmza
Tez Danışmanı:	Dr. Öğr. Üyesi Ferhan Egemen OKUTUR	
2. Üye :	Dr. Öğr. Üyesi Renk Dimli ORAKLIBEL	
3. Üye :	Dr. Öğr. Üyesi Işıl Oygür İLHAN	

TEŐEKKÖR

Tez sürecim boyunca değerli desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ferhan Egemen OKUTUR'a ve araştırmamın son haline gelmesinde jüri üyesi olarak verdikleri destekten dolayı Sayın Prof. Dr. Hamide Elçin TEZEL'e, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Renk Dimli ORAKLIBEL'e ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Işıl Oygür İLHAN'a tüm kalbimle teşekkür ederim.

Ayrıca, TÜBİTAK kurum bünyesinde tezimin gerçekleşmesinde verdikleri destekten dolayı Sayın UEKAE Müdürü Erdal BAYRAM, Sayın Dr. Sinan BUDAK ve Sayın Cihan KILIÇ, Sayın Dr. Turgay ÖZKAN, Sayın Dr. Yakup GÜLMEZ, Sayın Faruk TAKAOĞLU ve Sayın Kerem ARSLAN'a ve geçen süre zarfında desteklerini esirgemeyen sevgili eşime teşekkürlerimi borç bilirim.

İstanbul, 2021

Mustafa DUMAN

ITHAF

Aileme*



ÖZET

TASARIM SÜRECİNDE BİYOMİMİKİRİ YAKLAŞIMININ ARAŞTIRILMASI: FORDEX DOKÜMAN İNCELEME CİHAZI

Mustafa DUMAN

Endüstriyel Tasarım ve İnovasyon Yönetimi Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ferhan Egemen OKUTUR

Nisan 2021, 103 sayfa

Teknoloji insan hayatına sayısız faydalar sağlamakla birlikte, kötü amaçlı ürün ve uygulamaları da yaygınlaştırmıştır. Bireylerin toplumsal hayatını düzenleyici niteliği olan belgeler üzerinde yapılan müdahaleler ile aslı gibi kullanılarak haksız kazanç elde edilmesi bu kötü amaçlı uygulamalara bir örnektir. Belgelerde yapılan sahtecilikler teknoloji kullanımının istismarına açık alanlardan biri haline gelmiştir. Bu tür sahteciliklerin önüne geçmek için doküman inceleme cihazları geliştirilmektedir. Doküman inceleme cihazları ile belgelerin aslına uygunluğunu doğrulama ya da yalanlama işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) çatısı altında geliştirilen Fordex doküman inceleme cihazının tasarım süreci ele alınmıştır. Araştırmada proje gereksinimleri çerçevesinde ortaya çıkan tasarım problemlerinin çözümünde biyomimikri yaklaşımının etkisi incelenmiştir. Tasarım sürecinin anlaşılması için yöntem olarak vaka analizi seçilmiştir. Bu amaç doğrultusunda Fordex doküman inceleme cihazının tasarım süreci, ürünün tasarımcısı aracılığıyla geriye dönük olarak araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, incelenen tasarım sürecinin adımları özetlenmiş ve bu süreçte ortaya çıkan iki tasarımın özellikleri sıralanmıştır. Elde edilen bu bilgiler süreçte kullanılan biyomimikri yaklaşımı perspektifiyle ele alınmıştır. Yapılan analiz sonucunda, araştırılan vakada biyomimikri yaklaşımını kullanmanın tasarım sürecinin belli adımlarında dezavantaj yarattığı, bazı adımlarda ise olumlu etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Biyomimikri odaklı araştırma eylemlerinin tasarımcı için zorlayıcı olduğu ortaya çıkmıştır. Fikir geliştirme, karar verme, detay tasarımı gibi adımlarda ise biyomimikri yaklaşımının olumlu etkileri görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar detaylı olarak son bölümde paylaşılmıştır.

Anahtar Kelime: Doküman İnceleme Cihazları, Biyomimikri, Tasarım Süreci, Endüstriyel Tasarım

ABSTRACT

RESEARCHING THE BIOMIMICRY APPROACH IN THE DESIGN PROCESS: FORDEX DOCUMENT FORGERY DETECTION DEVICE

Mustafa DUMAN

Industrial Design and Innovation Management Master Program

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ferhan Egemen OKUTUR

April 2021, 103 Pages

The advantages provided by the advanced technological developments can also create a vulnerability for the abuse of users and information. Forgery of documents, being one of the oldest area of exploitation, has become even more possible with the use of new technologies. One of the ways to get hold of and/or prevent these attempts is using devices designed for document forgery detection.

The thesis studies the design process of Fordex document forgery detection device designed and developed by TÜBİTAK. During the overall design process which is approximately 2 years, different design approaches have been used. Biomimicry stood out as the dominant approach in the last segment of the overall design process, which was also the part the final design was created. The study researches the effects of the biomimicry approach on the product and the design process. The design process of Fordex was researched as a single case study with a retrospective approach. At the end of the study, the steps of the examined design process were summarized and the features of the two designs that emerged in this process were listed. This information obtained was discussed with the perspective of the biomimicry approach used in the process. As a result of the analysis, it was observed that using the biomimicry approach in the researched case created a disadvantage in certain steps of the design process and had a positive effect in some steps. Biomimicry focused research actions have proved challenging for the designer. The positive effects of the biomimicry approach were observed in steps such as idea development, decision making, and detail design. These results are shared in detail in the last section of the thesis.

Keywords: Document Forgery Detection Device, Biomimicry, Design Process, Industrial Design

İÇİNDEKİLER

TABLOLAR	ix
ŞEKİLLER	x
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 ÇALIŞMANIN AMACI.....	3
1.2 ÇALIŞMANIN KAPSAMI.....	3
1.3 ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ	5
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	6
2.1 DOKÜMAN İNCELEME KAVRAMI	6
2.1.1 Günümüzde Doküman İnceleme Kavramı	11
2.1.2 Türkiye’de Doküman İnceleme Kavramının Arka Planı.....	13
2.2 BİYOMİMİKRI KAVRAMI	17
2.2.1 Biyomimikrinin Tanımı	17
2.2.2 Biyomimikri ve Endüstriyel Tasarım İlişkisi	23
3. FORDEX DOKÜMAN İNCELEME CİHAZI’NIN TASARIM SÜRECİ	35
3.1 YÖNTEMİN UYGULAMA BİÇİMİ	35
3.2 FORDEX MODEL 1.....	38
3.2.1 Eylül-Aralık 2017	39
3.2.2 Ocak-Haziran 2018	44
3.2.3 Temmuz-Aralık 2018	49
3.2.4 Ocak-Mart 2019	50
3.2.5 Nisan-Haziran 2019.....	57
3.2.6 Temmuz-Aralık 2019	59

3.3 FORDEX MODEL 2.....	61
3.3.1 Ocak-Mart 2020	62
3.3.2 Nisan-Haziran 2020.....	75
3.3.3 Temmuz-Eylül 2020	79
3.3.4 Son Durum.....	82
4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR	88
4.1 ÜRÜN ÖZELLİKLERİ HAKKINDA BULGULAR.....	88
4.2 TASARIM SÜRECİ HAKKINDA BULGULAR.....	92
4.3 BİYOMİMİKİRİ YAKLAŞIMI VE SÜREÇ ÜZERİNE ETKİLERİ.....	96
4.4 KISITLAMALAR VE NOKSANLIKLAR	102
KAYNAKÇA	104
EKLER.....	109

TABLÖLAR

Tablo 3.1: Model 2 Tahmini ağırlık tablosu	68
Tablo 4.1: Model 1 ve Model 2 ürün özellikler tablosu.....	88
Tablo 4.2: Projenin 2019 Eylül ve 202 Kasım tarihleri aralığında toplantı sıklık analizi tablosu	94
Tablo 4.3: Tasarım süreci.....	96
Tablo 4.4: Biyomimikri ve ürün özellikleri	99
Tablo 4.5: Biyomimikri ve Tasarım Süreci	101

ŞEKİLLER

Şekil 2.1: Belge üzerinde yapılan tahribat örneği	7
Şekil 2.2: Sahte para ve güvenlik öğelerinin analizini	8
Şekil 2.3: Mürekkep farklılıkların tespitine yönelik çalışma örneği	9
Şekil 2. 4: Doküman inceleme iş akışı	12
Şekil 2.5: TÜBİTAK Forensic XP-4010D doküman inceleme cihazı	15
Şekil 2.6: Forensic XP-4010D cihaz çalışma prensibi	15
Şekil 2.7: Forensic XP-4010D cihazında yapılan analiz örnekleri	16
Şekil 2.8: Doğayı tüketen enerji	18
Şekil 2.9: Doğa ile uyumlu enerji	18
Şekil 2.10: Simbiyoz ilişki örneği	21
Şekil 2. 11: Tasarım lensi: Biyolojiyi sorgulamak	23
Şekil 2. 12: Tasarım lensi: Tasarım için biyoloji	24
Şekil 2.13: Köpek balığı	25
Şekil 2.14: Akıncı İHA prototipi	26
Şekil 2.15: Akıncı insansız hava aracı	26
Şekil 2.16: UV ışığını yansıtan cam	27
Şekil 2.17: Biyonik kol	28
Şekil 2.18: Lotus bitkisinden ürüne	29
Şekil 2.19: Yalıçapkını kuşu	30
Şekil 2.20: Shinkansen treni	31
Şekil 2.21: Termitler	32
Şekil 2.22: Termit ve mimariye etkisi	32
Şekil 2.23: Velcro ürünü	33
Şekil 2.24: Denizaltı sualtına dalış prensibi	34
Şekil 2.25: Natulius deniz canlısı	34
Şekil 3.1: Foster & Freeman ürün listesi	40
Şekil 3.2: Foster + Freeman VSC8000 modeli	41
Şekil 3.3: Projectina spectral pro cihazı	42
Şekil 3.4: Regula 4308 cihazı	43

Şekil 3.5: Forensic XP-4010D cihazı.....	44
Şekil 3.6: Proje personel gereksinim listesi	45
Şekil 3.7: Cihazda üç taraftan erişimi gösteren ön eskiz	46
Şekil 3.8: Cihazda dikey kapakları gösteren ön eskiz.....	48
Şekil 3.9: Eskiz çalışması örneği	51
Şekil 3.10:Eskiz çalışması örneği	52
Şekil 3.11: Fordex Model 1 CAD çizimi	53
Şekil 3.12: Fordex Model 1 endüstriyel sunum görseli	54
Şekil 3.13: Cihaz kapaklarının kullanım şekilleri	55
Şekil 3.14: Fordex Model 1 için üretilen çalışan prototip fotoğrafı.....	57
Şekil 3.15:İstanbul inovasyon fuarı fotoğraf 1	58
Şekil 3.16: İstanbul inovasyon fuarı fotoğraf 2.....	59
Şekil 3.17: Çene anatomisi.....	63
Şekil 3.18: Tasarım kurgusuna ait detay eskizi.....	64
Şekil 3.19: Kapak hareket eksenini tasarım revizyonu	65
Şekil 3.20: Farklı kalınlıklardaki dokümanlara analiz imkânı sunan tasarım.....	66
Şekil 3.21: Tasarım kurgusuna ait eskiz çalışması.....	67
Şekil 3.22: Fordex Model 2 sunumu	69
Şekil 3.23: Eklem sisteminin tasarıma yansıtılmış halinin simülasyonu	70
Şekil 3.24: Üst kapak	71
Şekil 3.25: Termoform üretim için geçici numune kalıbı	73
Şekil 3.26: Termoform üretim yöntemi ile numune baskıları.....	73
Şekil 3.27: Tübitak Bilgem Mekanik Atölye CNC Parkuru	74
Şekil 3.28: Sac büküm ve profil talaşlı imalat numune parçaları	74
Şekil 3.29: Model 2 mekanik aksam ön kontrolleri resim 1	75
Şekil 3.30: Model 2 mekanik aksam ön kontrolleri resim 2	76
Şekil 3.31: Model 2 mekanik aksam ön kontrolleri resim 3	76
Şekil 3.32: Teknisyenin üründe ana kontrol bölgesine erişimi.....	77
Şekil 3.33: Model 2 tasarım doğrulama	79
Şekil 3.34: Prototip üzerinden tasarımcının kullanım deneyimi.....	80
Şekil 3.35: Model 2 montajı gerçekleştirilen ürün ve çalışır hali	81
Şekil 3.36: Son ürün.....	82

Şekil 3.37: Fordex tasarım çalışma prensibi	83
Şekil 3.38: Sıralı kapanma hareketi tasarımı	84
Şekil 3.39: Çift eksenli kapak tasarımı	85



KISALTMALAR

3D	: Three Dimensional
ArGe	: Araştırma ve Geliştirme
BİLGEM	: Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi
CAD	: Computer Aided Design
CNC	: Computer Numerical Control
DİC	: Doküman İnceleme Cihazı
İHA	: İnsansız Hava Aracı
UV	: Ultraviole
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UEKAE	: Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü

SEMBOLLER

Kilogram : Kg

Santigrat derece : °C

Santimetre : Cm



1. GİRİŞ

Yazının bulunması ve yazılı belgelerin kullanımı insanlık tarihinin seyrini değiştiren en önemli gelişmelerden biridir (Gümüşhan 2018). Yazılı belgelerin çeşitliliği tarih boyunca artmıştır. Günümüze gelindiğinde, kullanılan teknoloji ve iletişim biçimlerinin çeşitliliğinin de etkisiyle yazılı belgelerin önemi ve onları çevreleyen sorunlar daha da karmaşık ve ilginç bir hal almıştır. Günümüzün gelişen teknolojileri ve akıllı cihazların yaygın kullanımının sunduğu fırsatların yanında kötü amaçlı kullanımlar da mümkün hale gelmiştir. Teknolojinin ilerlemesi doküman sahteciliğinin artmasına olanak vermiştir. Bu tür sahteciliklerin önüne geçmeye yönelik adli amaçlar için doküman inceleme cihazları geliştirilmiştir. Bu cihazlar ile bu belgelerin aslına uygunluğunu doğrulama ya da yalanlama işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bununla beraber elektronik ürünlerde artan teknoloji kullanımı bu tür ürünlerin fonksiyonellik bakımından gün geçtikçe daha karmaşık hale gelmelerine neden olmaktadır ve son kullanıcının ürünlerden beklentileri gün geçtikçe daha da artmaktadır. Bu bağlamda ürün- kullanıcı ilişkisi sağlıklı olmayan birçok üründe pazar ömrü tamamlanmadan başarısız bir sonuç elde edilmektedir. İşletmeler pazara sürdükleri ürünlerin istenilen pazar performansına ulaşabilmesi için bu ürünlerin geliştirilmesinde ciddi yatırım kaynakları harcamaktadırlar (Paksoy 2017).

Bir ürünün tasarlama sürecinde uzun soluklu pazar araştırmaları ve detaylı tasarım stratejileri yer almaktadır. Bütün amaç tasarım sürecinde doğru kararların alınması ve bunun şekle bürünmüş hali olan doğru ürünlerin tasarlanmasıdır (Er, Er, Manzanoğlu 2010). Bu amaca ulaşmak için tasarım sürecinde farklı metotlar uygulanmaktadır. Günümüzde tasarım sürecinin farklı adımlarında uygulanan ve süreci zenginleştirerek problemin çözölmesini amaçlayan çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler tek başına ya da birlikte kullanılmakta, yaratıcı problem çözümleri teşvik edilmektedir. Tasarım sürecinde kullanılan yöntemlerden biri de biyomimikri yaklaşımıdır.

Doğadaki formlar hiçbir zaman rastlantısal oluşmamıştır. İhtiyaç ve neden-sonuç ilişkisi içinde meydana gelmiştir. Bir canlının ancak bu şekilde doğada ayakta kalması

mümkün olabileceği örneğinden hareketle tasarım problemlerine ideal çözümler ararken biyomimikri kavramı destekleyici olabilmektedir. Bir ürünün pazar koşullarında hayatta kalabilmesi ile bir canlı türünün doğada hayatta kalabilmesi arasında ortak yönler bulunduğu düşünülmektedir (Oktay 2006). Canlı türlerinin bulunduğu yaşam ortamında sahip olduğu adaptasyonlar sayesinde mükemmel bir tasarıma bürünmesi, bu canlı türlerinin hayatta kalmalarına imkân sağlamıştır. Tasarım sürecinde biyomimikri kavramı kapsamında edinilmiş tasarım, form ve detaylardan destek alınmasının tasarım süreçlerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir (Benyus 2009).

Bu çalışmada Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi (BİLGEM), Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü (UEKAE) bünyesindeki Analitik Cihaz ve Sistemler Birimi çatısı altında gerçekleşen Forensic projesi ve süreç içinde Fordex olarak tanımlanan doküman inceleme cihazının tasarım süreci ve bu süreçte biyomimikri kavramının etkileri ele alınmıştır. Fordex projesinin seçilme nedenleri, biyomimikri yaklaşımının problem çözümüne katkı sağlaması, projenin uzun soluklu olmasından dolayı izlenebilirliği ve araştırmacının sürecin etkin rollerinden birine sahip olmasıdır. Cihazın yaklaşık 2 senelik tasarım sürecinde farklı tasarım çalışmaları yapılmıştır. Son yapılan çalışmada ise biyomimikri yaklaşımının daha etkili olduğu görülmüştür. Tez çalışması, bu süreci ve biyomimikrinin tasarıma ve sürece etkilerini inceleme amacıyla yola çıkmıştır.

Bu amaç çerçevesinde, tez çalışmasının bölümleri şu biçimde şekillenmiştir. Tezin birinci bölümünde araştırma konusu tanımlanmış ve çalışmanın yapısı açıklanmıştır. İkinci bölümde tez çalışmasının kavramsal çerçevesini oluşturacak iki konu yer almıştır. Araştırma konusunu doğrudan ilgilendiren iki başlık olan doküman inceleme cihazı ve biyomimikri kavramları hakkında kısa bilgi bu bölümde yer almaktadır. Üçüncü bölümde tezin ana konusunu oluşturan TÜBİTAK Fordex doküman inceleme cihazının tasarım süreci yer almaktadır. Tasarım süreci boyunca gerçekleşen olaylar kronolojik sırayla aktarılmış, katılımcılardan alınan bilgiler bu bölümde kullanılmıştır. Dördüncü bölümde tez çalışması sonucunda ulaşılan bulgular sıralanmış ve değerlendirmeler paylaşılmıştır.

1.1 ÇALIŞMANIN AMACI

Gerçekleştirilen tez çalışması TÜBİTAK çatısı altında geliştirilen ve üretilen Fordex doküman inceleme cihazının tasarım sürecini incelemektedir. Bu incelemenin temel amacı, gerçekleşmiş tasarım sürecini anlamaya çalışarak süreç ve sonuçta biyomimikri yaklaşımının etkilerini araştırmaktır. Gerçekleştirilen tez çalışması ve araştırma süreci aşağıdaki iki temel soru ile başlamıştır.

- i. Fordex tasarım süreci nasıl gerçekleşmiştir?
- ii. Biyomimikri yaklaşımının tasarım sürecine etkileri nelerdir?

Araştırmacının sürecin başında sorduğu bu sorular, tez çalışmasının yöntemi ve araştırma sorularının oluşmasında şekillendirici olmuştur. Tasarım süreci hakkında geçmişe dönük incelemeler yapılması, bilgi toplanması ve bu bilgilerin analiz edilmesi hedeflenmiştir. Yapılacak analiz sonucunda elde edilecek bulguların paylaşılması ile biyomimikri kavramı ve tasarım süreci arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılması için bir katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Araştırma sonucunda, tüm süreçle ilgili bulguların değerlendirilmesi açısından aşağıdaki rehber soruların cevaplanması hedeflenmektedir.

- i. İncelenen süreçte ortaya çıkan ürünlerin özellikleri nelerdir?
- ii. İncelenen süreçte tasarım sürecinin adımları nelerdir?
- iii. Biyomimikri yaklaşımının ürün ve tasarım süreci üzerinde etkileri var mıdır, nelerdir?

1.2 ÇALIŞMANIN KAPSAMI

TÜBİTAK'ın ilk doküman inceleme cihazı olan Forensic XP-4010D kurum bünyesinde 2005 senesinde üretilmiştir. Çağdaşlarına kıyasla sahip olduğu özellikler sayesinde piyasada kendine önemli bir yer edinmiştir. Uzun süre kullanımda kalan bu cihazın günün teknoloji ve ihtiyaçlarına uygun bir şekilde cevap verememesinden dolayı yeni bir doküman inceleme cihazı tasarlanmasına karar verilmiştir. Bu kapsamda 25 Eylül 2017 tarihinde ön araştırma çalışması başlamıştır (Ek A7). Bunun akabinde proje

grubuyla gerekleŖen grŖme ile projeye dair ilk toplantı gerekleŖtirilerek kurumun ikinci doküman inceleme cihazı için süreç baŖlatılmıŖtır (Ek A8).

Yapılan piyasa ve teknoloji araŖtırması sonrası 2018 Nisan ayı itibariyle proje baŖlamıŖtır. 2019 Ocak ayında tasarlanmış model alıŖma boyunca Model 1 olarak, 2020 Mart ayında prototip aŖamasına gelen ikinci tasarım ise Model 2 olarak adlandırılacaktır. Tez alıŖmasında tüm bu süreç incelenmiŖtir. alıŖma planına göre ilk etapta cihazın elektronik ve mekanik analiz kabiliyetini geliŖtirmeye yönelik alıŖma gerekleŖtirilmiş ve bu alıŖmanın olgunlaŖması ile birlikte Ocak 2019 tarihinde konsept geliŖtirme alıŖması baŖlamıŖtır. Birinci modelin geliŖtirme süreci 2019 Ocak-Aralık arasında, ikinci model ise 2020 Ocak-Kasım tarihleri arasında gerekleŖtirilmiŖtir. 2020 Kasım ayı itibariyle Fordex projesi; patent baŖvuruları, saha testleri ve tmleŖtirme aŖamasındadır. Tez alıŖmasında sürecin incelenmesi Kasım 2020 itibari ile sonlandırılmıştır. Bu bilgiler iŖıĖında araŖtırmanın süre olarak kapsamı 2017 Eylül-2020 Kasım ayları arası olarak belirlenmiŖtir. alıŖma kapsamında, tasarım sürecinin yukarıda açıklanan süre boyunca nasıl ilerlediği, süreçte etkili olan eylemler, kararlar ve etkileŖimler anlatılacaktır.

Tez alıŖmasında, proje ile birinci dereceden ilgili kiŖiler bilgi kaynağı olarak kullanılmıştır. Tez araŖtırmacısı, BİLGEM bünyesinde Tasarım Entegrasyon ve Doğrulama Birimi'nde BaŖuzman araŖtırmacı olarak alıŖmaktadır ve Fordex projesinde tek endüstriyel tasarımcı olarak görev almıŖtır. Projede yazılımcı, elektronik donanımcı, optik tasarımcı, mekanik tasarımcı, endüstriyel tasarımcı ve tekniker geliŖtirme sürecinde görev almıŖtır. Ayrıca tasarım ve ürün müdürü olarak projenin iki yöneticisi bulunmaktadır. alıŖma kapsamında ana bilgi kaynağı tasarımcının sürece dair incelemeleri ve sağladığı bilgilerdir. Proje grubunun diğer üyelerinden alınacak bilgiler destekleyici kaynaklar olarak kullanılacaktır. Bu kararın alınmasında kiŖilerin sürece dair bilgi vermesiyle ilgili kısıtlamalar etkili olmuŖtur.

1.3 ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Tez çalışmasında TÜBİTAK bünyesinde yürütülen Fordex doküman inceleme cihazının 2018 Nisan-2020 Kasım tarihleri arasında gerçekleşen tasarım süreci incelenmiştir. Tez çalışması yazarı, incelenen tasarım sürecinde endüstriyel tasarımcı olarak görev yapmıştır. Tezde anlatılan ürünün tasarım süreci nitel araştırma yöntemlerinden biri olan Vaka Analizi yöntemi ile ele alınmıştır. Baltacı (2019) nitel araştırma yöntemlerini “Nitel araştırma, incelediği probleme ilişkin sorgulayıcı, yorumlayıcı ve problemin doğal ortamındaki biçimini anlama uğraşı içinde olan bir yöntemdir” olarak tanımlamıştır. Vaka Analizi yöntemi, tek bir olayın veya bir dizi ilgili olayın, ilgi çeken yönlerini araştırmak amacıyla uygulanan yöntemdir (Bromley 1990). Vaka Analizi yönteminde, bir vakanın ilgi çekici ve/veya incelenmesinin faydalı bulunduğu durumlarda tek bir vaka üzerinde yoğunlaşılabilir.¹ Gerring (2007) bunu, belirli bir zaman diliminde ya da zaman içerisinde tek bir noktada gözlemlenen olgu olarak tanımlamaktadır. Vaka analizi yöntemi verilerin düzenli bir şekilde toplandığı ve gerçek ortamda neler olduğuna bakıldığı bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Vaka analizi yöntemi; vaka çalışması, örnek olay incelemesi ya da durum çalışması gibi farklı isimlerle de ifade edilmektedir (Subaşı. M., Okumuş. K., 2017). Tekrarlanmayacak bir durum olarak vuku bulan bu çalışma tek bir olayın incelendiği vaka analizi olarak ele alınacaktır. Amaçlanan tekli vaka analizi yönteminin uygulamasında “Geçmişe Dönük” bir araştırma yaklaşımı tercih edilmiştir. Bu yaklaşımın seçilmesinin sebeplerinden birincisi, çalışılacak tasarım sürecinin tez konusu olarak seçileceğinin daha önce planlanmamış olmasıdır. Bu durum, tasarımcının süreçteki eylemleri, eş zamanlı yapılacak tez çalışmasının yaratacağı etkiden bağımsız gerçekleşmesini sağlamıştır. Bir diğer sebep ise, tasarım sürecinin başlangıç ve bitiş noktalarının belirli olmasıdır. Bu özellik de verilerin toplanması ve sürecin incelenmesini kolaylaştırmaktadır (Verlinden J., Suurmeijer C., Horvath I., 2007).

¹ Vaka Analizi Yöntemi, <https://methods.sagepub.com/methods-map/single-cases> [Erişim tarihi: 07.04.2021].

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Tez çalışmasının bu bölümünde araştırmaya kaynaklık edecek iki ana konu hakkında bilgiler paylaşılmıştır. İlk olarak, tasarım faaliyetinin ana unsurunun doküman inceleme cihazı olması sebebiyle doküman inceleme kavramı hakkında açıklama yapılmıştır. İkinci olarak biyomimikri kavramının süreç üzerinde yönlendirici etkisi olması sebebiyle bu kavram hakkında bilgi paylaşılmıştır.

2.1 DOKÜMAN İNCELEME KAVRAMI

Bu bölümde sosyal ve ekonomik hayatımızı düzenleyen kıymetli evrak ve belge nedir sorusu açıklanacak, haksız kazanç elde etmek için bu belgelerde yapılan tahribatlara örnekler verilecektir. Bahsi geçen sahtecilik olaylarının tespitinde kullanılan doküman inceleme kavramı ve belge analiz tekniklerine değinilecektir. Bölümün son kısmında ise Türkiye’de doküman inceleme kavramının arka planı ve bu konuda yapılan çalışmalar aktarılacaktır.

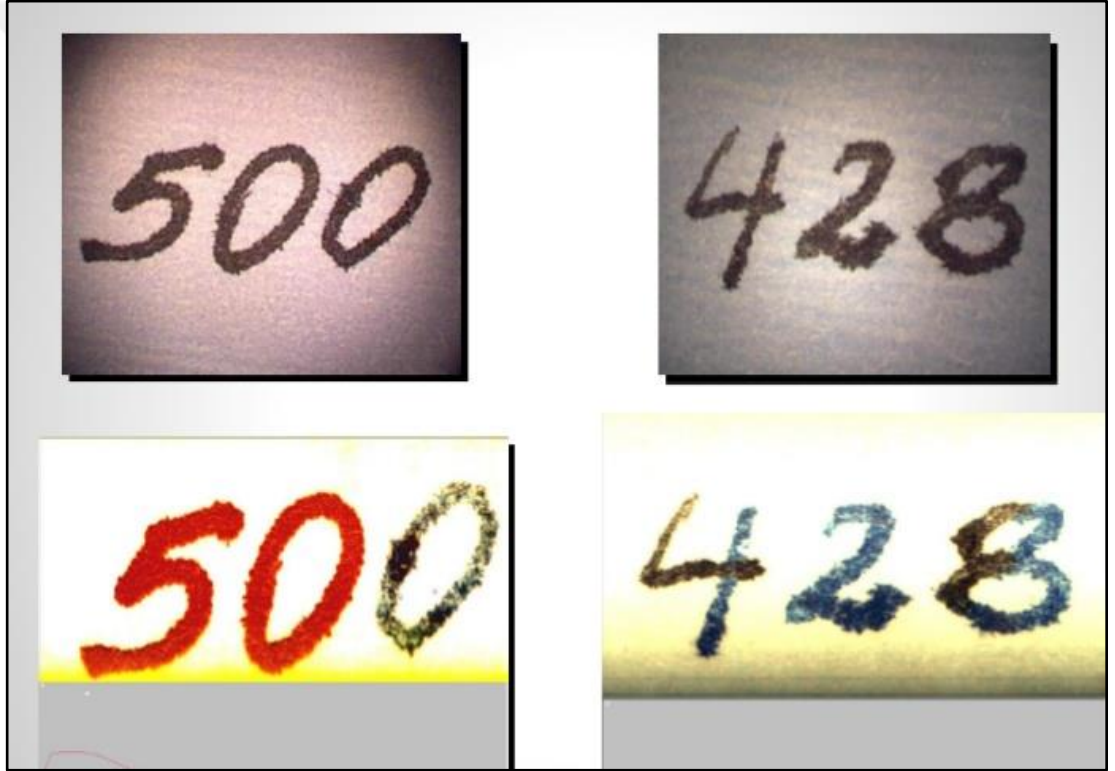
Türk Dil Kurumu’na göre belge², *Bir gerçeğe tanıklık eden yazı, fotoğraf, resim v.b her türlü doküman*“ şeklinde tanımlanmaktadır. Belgenin 3 ana niteliği vardır. Bunlar; belgenin yazılı olması, belgenin hukuki değer taşıyan bir içeriğinin olması ve düzenleyicisinin belli olmasıdır (Gözel 2015). Gerçekte var olmayan doküman düzenlemek veya var olan bir belge üzerinde müdahale yaparak bu belgenin aslı gibi kullanılması sahtecilik olarak tanımlanmaktadır (Çakır ve Aslıyürek 2014). Günümüzde teknolojinin gelişmesi, oluşturduğu fırsatların yanında bu tür teknoloji tabanlı sahteciliklerin de artmasına neden olmaktadır. Evrakta yapılan bu müdahaleler haksız kazanç elde etmeye yöneliktir. Belgelerde kullanılan kâğıt, kalem gibi yazı gereçlerinin, düzenlenen belgenin düzenleniş biçiminin, baskı tekniklerinin ve kullanılan mürekkeplerin belli bir standardının olmaması belge inceleme bilirkişilerinin kararını zorlaştırmaktadır (Birincioğlu ve Özkara 2010). Bunun önüne geçmek için

² Belge, <https://sozluk.gov.tr> [Erişim tarihi: 18.10.2020].

geliştirilen doküman inceleme cihazları ile bu belgelerin aslına uygunluğunu doğrulama yada yalanlama işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Bu tür sahteciliklere örnek vermek gerekirse, Şekil 2.1’de görüldüğü gibi 50 ve 123 sayılarına farklı zamanlarda ve aynı renk mürekkep ile yapılan müdahaleyle sayıların 500 ve 428 şeklinde görülmesi sağlanmıştır. Doküman inceleme cihazı ile yapılan analiz örneğinde görüldüğü gibi, bu işlemi gerçekleştiren adli doküman uzmanının bu sahteciliğin tespitini objektif ve kolay bir şekilde yapabildiği görülmektedir.

Şekil 2.1: Belge üzerinde yapılan tahribat örneği



Kaynak: Forensic XP-4010D Kullanma kılavuzu, 2014

Dokümanlarda sahtecilik iki bölümde ele alınmaktadır. Bunlardan ilki dokümanın tamamında yapılan sahteciliktir; örnek olarak sahte para imalatı ve boş bir pasaportun doldurulması verilebilir (Çakır ve Aslıyürek 2014). Şekil 2.2’de Forensic XP-4010D cihazında yapılan sahte para tespiti çalışması görülmektedir.

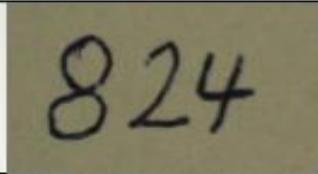
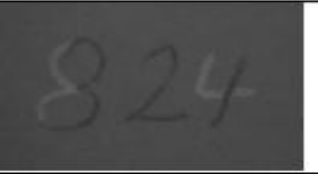
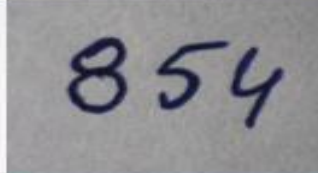
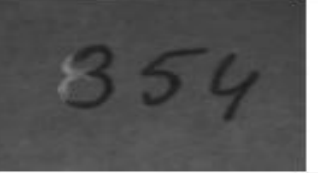
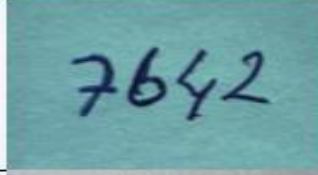
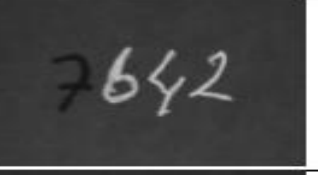
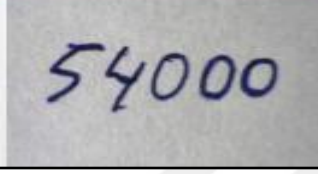
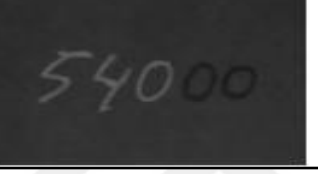
Şekil 2.2: Sahte para ve güvenlik öğelerinin analizini



Kaynak: Forensic XP-4010D Kullanma kılavuzu, 2014

Diğer sahtecilik ise var olan bir belge üzerinde tahribat oluşturup tarih, sayı ve metin anlamının değiştirilmesidir. Örnek olarak çek, senetlerin rakamlarının değiştirilmesi verilebilir (Çakır ve Aslıyürek., 2014). Şekil 2.3’de doküman inceleme cihazında yapılan mürekkep farklılıklarının tespitine yönelik çalışma görülmektedir. Bu çalışma ile resimde anlatıldığı gibi farklı zamanlarda farklı mürekkeplerle yapılan rakamlar üzerindeki müdahaleler anlaşılabilmektedir.

Şekil 2.3: Mürekkep farklılıklarının tespitine yönelik çalışma örneği

ASIL GÖRÜNÜM	FORENSİC XP ÇÖZÜMÜ	AÇIKLAMA
		3 rakamı 8, 1 rakamı 4'e dönüştürm
		3 rakamı 8'e dönüştürme
		Sol başa 7 ekleme
		Sağ arkaya 00 ilave

Kaynak: Forensix XP-4010D Kullanma kılavuzu, 2014

Belge üzerinde yapılan bu tür usulsüzlükler suç olarak değerlendirilmekte ve haksız kazanç oluşturmaktadır. Türk Ceza Kanunu'nun (TCK) 204., 207. ve 210. maddeleri gereği suç teşkil etmektedir ve cezai hükmü şu şekilde tanımlamaktadır.³

Resmi belgede sahtecilik

MADDE 204. - (1) Bir resmi belgeyi sahte olarak düzenleyen, gerçek bir resmi belgeyi başkalarını aldatacak şekilde değiştiren veya sahte resmi belgeyi kullanan kişi, iki yıldan beş yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır. (2) Görevi gereği düzenlemeye yetkili olduğu resmi bir belgeyi sahte olarak düzenleyen, gerçek bir belgeyi başkalarını aldatacak şekilde değiştiren, gerçeğe aykırı olarak belge düzenleyen veya sahte resmi belgeyi kullanan kamu görevlisi üç yıldan sekiz yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır. (3) Resmi belgenin, kanun hükmü gereği sahteliği sabit oluncaya kadar geçerli olan belge niteliğinde olması halinde, verilecek ceza yarısı oranında artırılır.

³ Resmi Belge, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/10/20041012.htm> [Erişim tarihi: 20.12.2020].

Özel belgede sahtecilik

MADDE 207. - (1) Bir özel belgeyi sahte olarak düzenleyen veya gerçek bir özel belgeyi başkalarını aldatacak şekilde değiştiren ve kullanan kişi, bir yıldan üç yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır. (2) Bir sahte özel belgeyi bu özelliğini bilerek kullanan kişi de yukarıdaki fıkra hükmüne göre cezalandırılır.

Resmi belge hükmünde belgeler

MADDE 210. - (1) Özel belgede sahtecilik suçunun konusunun, emre veya hamile yazılı kambiyo senedi, emtiayı temsil eden belge, hisse senedi, tahvil veya vasiyetname olması halinde, resmi belgede sahtecilik suçuna ilişkin hükümler uygulanır. (2) Gerçeğe aykırı belge düzenleyen tabip, diş tabibi, eczacı, ebe, hemşire veya diğer sağlık mesleği mensubu, üç aydan bir yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır. Düzenlenen belgenin kişiye haksız bir menfaat sağlaması ya da kamunun veya kişilerin zararına bir sonuç doğurucu nitelik taşıması halinde, resmi belgede sahtecilik hükümlerine göre cezaya hükmolunur.

Tarih boyunca yazılı belgeler toplumsal hayatı düzenleyici ve toplumsal hayata kural koyucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu belgeler üzerinde farklı çıkar grupları tarafından tahribat yapılarak sahte belgeler bir çıkar aracı olarak kullanılmaktadır. Yazının bulunduğu ilk günden itibaren yazılı belgeler üzerinde bu tahribatlar ve sahtecilikler karşımıza çıkabilmektedir. Geçmişten günümüze sahtecilik olayları insanlar tarafından çözümlenmeye çalışılmış bir meseledir. Örneğin kayıtlara geçmiş ilk sahte para incelemesi 1880 yılında Kanada’da gerçekleşmiştir. Yine aynı tarihlerde ABD’de el yazısı kanıt olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yüzyılda Albert S. Osborn belge incelemeciliği konusunda önemli bir isim olmakla birlikte bu konuda kitap yazan ilk isimdir. 1940 yılında belge incelemeciliği daha disiplinli bir hale gelerek ilk enstitüler kurulmuştur. Osborn, Adli doküman incelemeciliğinin bilim haline gelmesini sağlayarak 1942 yılında Amerikan Adli Belge İncelemeciler Kurulu’nun açılmasını sağlamıştır. Belge inceleme konusunda ilk diploma veren kurum ise 1985 yılında İngiltere’deki Adli Bilimler Kurumu’dur (Akkurt 2011). Bu tarihten günümüze kadar artan belge çeşitliliğiyle belge incelemeciliğinin önemi artmıştır. Doküman inceleme cihazları teknolojik alt yapıları sayesinde belgeler üzerinde yapılan tahribatların tesbitine yardımcı olarak sahtekarlıkların ortaya çıkarılmasında önemli katkı sağlamaktadır.

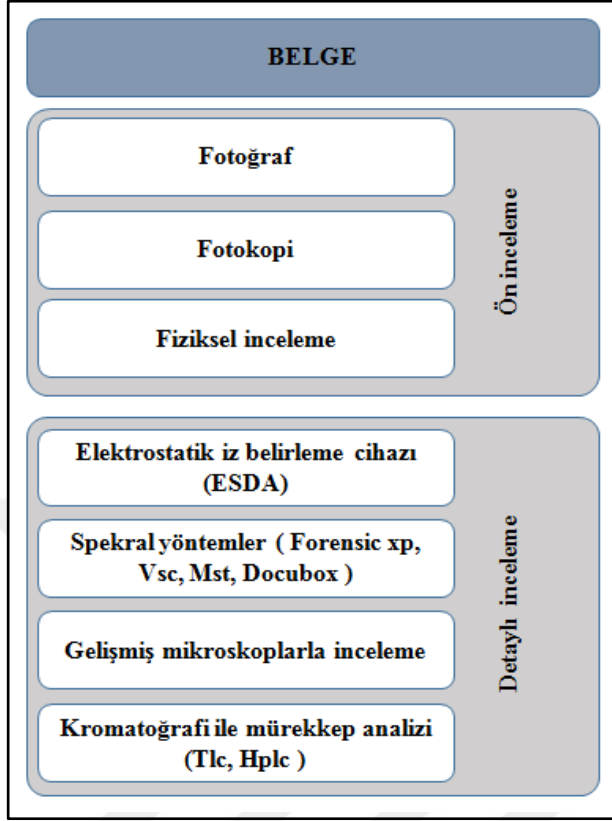
2.1.1 Günümüzde Doküman İnceleme Kavramı

Günümüzde var olan kapsamlı ticaret faaliyetleri, kişiler ve kurumlar arası sözleşmelerin artması, kentleşmenin yoğunlaşması gibi durumlar anlaşmaların yazılı olmasını mecburi hale getirmiştir. Birçok iletişimin elektronik ortamda sürdürülebilmesine rağmen yazılı belgeler ve dokümanlar günümüzde halen büyük yer tutmaktadır. Yazılı belgelerin tercih edilme sebebi, olası hukuki sorunlarda daha geçerli ve kanıtlanabilir olmalarıdır. Bununla birlikte belge sahteciliği de günümüzde önüne geçilemeyen bir husustur. Artan teknoloji sayesinde üretilen doküman inceleme yöntemleriyle bu sahtecilikler çözümlenmeye çalışılmaktadır. Ancak gelişen teknoloji sahteciliklerin de gelişmesi gibi bir dezavantaj doğurmuştur (Yılmaz ve Koç 2006).

Belge sahteciliğinin en çok görüldüğü yerler çek, senet, makbuz, fatura, tapu senedi, vasiyetname, evlilik kaydı, kimlik, sürücü belgesi, pasaport, diploma gibi belgelerdir. Bu tür belgelerdeki ekleme, silme, karalama, üzerini kapatma, içerik değiştirme, orijinalliğini bozma gibi sahteciliklerin tespit edilebilmesi adına çeşitli doküman inceleme teknolojileri geliştirilmiştir (Hamzaoğlu, 2008).

Doküman incelemelerde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Örnek olarak mikroskobik, görsel, fotoğrafik, kimyasal, infrared, ultraviyole, videospektral gibi teknikler kullanılmaktadır. Doküman incelemede zorluk derecesine göre Şekil 2.4’de belirtildiği gibi “belge inceleme iş akışı” kullanılmaktadır.

Şekil 2.4: Doküman inceleme iş akışı



Kaynak: (Çakır, Aslıyürek, 2014)

Belge incelemede iki temel yöntem yer almaktadır. Bunlar tahrip etmeyen yöntemler ve tahrip eden yöntemlerdir. Belgenin adli delil olma niteliği veya önem derecesi dikkate alınarak buradaki analiz yöntemlerinden biri tercih edilmektedir (Çakır ve Aslıyürek 2014).

Doküman inceleme cihazları, analiz esnasında aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşmamıza yardımcı olmaktadır.⁴

- i. İnsan gözü ile aynı gözüken, fakat farklı boya ya da kalem ile yazılan yazıların teşhisi
- ii. Silinmiş ya da gizlenmiş yazıların ortaya çıkarılması
- iii. Yazıların önce ya da sonra yazılmasının teşhisi

⁴ Doküman İnceleme Cihazı, <https://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/sahte-belgeye-gecit-yok-11885511> [Erişim tarihi: 18.06.2020].

- iv. Yazı izlerinin ve doküman üzerinde kabarık özelliklerin görsel hale getirilmesi
- v. Filigran özelliklerin muayenesi
- vi. Mor ötesi aydınlatmayla görünebilen emniyet özelliklerinin muayenesi
- vii. Arka yansıma emniyet özelliklerinin muayenesi
- viii. İki objenin aynı ekran üzerinden izlenmesi ve muayenesi
- ix. Görüntülerin ekran üzerinden 360 derece çevrilmesi
- x. Yüksek çözünürlüklü büyütülmüş renkli görüntülerin elde edilmesi
- xi. Görünür ve kızıl ötesi bölgesinde lüminesans görüntülenmesi
- xii. Farklı spectral özelliklere sahip olan izlerin ekranda üç boyutlu görüntülenmesi
- xiii. Görüntünün her noktasının yansıma spektrumunun ölçülmesi ve görüntülenmesi
- xiv. Doğru ve eğri uzunluklarının açısı, yarıçapı ve alan büyüklüklerinin hesaplanması

Belge incelemede spektral yöntemlerde kullanılan kimyevi maddelerin belgeye zarar vermesi gibi olumsuz sonuçları olabilmektedir. Genellikle analizi yapılacak olan belgeler ispat niteliği taşıyan değerli evraklardır ve zarar görmemesi gerekmektedir. Üretilen optik yöntemler analiz sürecinde dokümanın zarar görmemesine yardımcı olmaktadır. Bu teknolojiye üretilen bilgisayar destekli ilk doküman inceleme cihazı Foster & Freeman tarafından geliştirilmiştir. Cihazda bulunan kamera ile analiz esnasındaki görüntü bilgisayar monitöründen de izlenebilmektedir (Hamzaoglu 2008). Bu sayede doküman inceleme işlemleri belgelerin zarar görmemesi açısından daha sağlıklı yapılabilmektedir.

2.1.2 Türkiye’de Doküman İnceleme Kavramının Arka Planı

Türkiye’de doküman inceleme kavramına iki açıdan değinilmektedir. Birincisi doküman inceleme hizmeti veren kurum ve kuruluşlar, ikincisi ise bu konuda cihaz teknolojisi geliştiren kuruluşlar olarak sıralanmaktadır.

Türkiye’de cumhuriyetin kuruluşundan itibaren bilirkişi müessesesi ve bu konuda kamu kurumlarının yapılanması hızlanmıştır (Yılmaz ve Koç 2006). Günümüzde adli belge

incelemesi alanında hizmet veren ulusal resmi kurumlar aşağıda sıralanmaktadır (Çakır ve Aslıyürek 2014).

Adli Tıp Kurumu Fizik İhtisas Dairesi- Adli Belge İnceleme Şubesi

EGM - Polis Kriminal Laboratuvarları, Belge İnceleme Şubeleri

JGK- Jandarma Kriminal Laboratuvarları, El Yazısı ve Doküman İnceleme Şubeleri

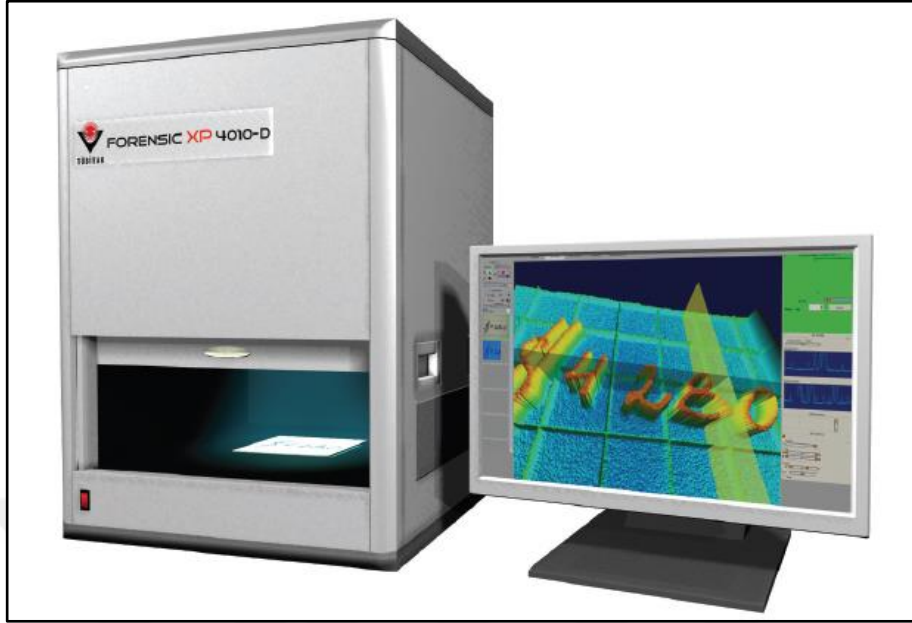
İÜ - Adli Tıp Enstitüsü, Belge İnceleme Birimi

Türkiye’de doküman inceleme cihazı ilk geliştiricilerinden biri TÜBİTAK’tır. Doküman inceleme cihazlarında, artan belge sahteciliğine karşı mücadele edebilmek için ileri ArGe teknolojilerini kullanma zorunluluğu bulunmaktadır. Bu kapsamda ulusal doküman inceleme cihaz ihtiyaçlarını karşılama ve uluslararası alanda rekabet etme amacıyla TÜBİTAK Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü bünyesinde yer alan Analitik Cihaz ve Sistemler Birimi tarafından araştırma ve geliştirme faaliyetleri yürütülmektedir. TÜBİTAK’ın geliştirdiği ilk doküman inceleme cihazı olan Forensic XP-4010D dünyada ilk kez çağdaş hiperspektral görüntüleme teknolojisinden yararlanılarak belge inceleme amacı ile kullanılmıştır. Bu yöntem sayesinde var olan cihazlarla tespit edilemeyen birçok sahtecilik olayı tespit edilebilmektedir. Bu cihaz para, çek, senet ve pasaport gibi belgeler üzerindeki sahtecilik olaylarının ortaya çıkarılmasına yardımcı bir cihaz olarak tasarlanmıştır. Fiziksel olarak optik spektroskopi parametrelerine dayanan bu yöntem objektif bir şekilde kesin sonuca ulaşılmasını sağlamaktadır.⁵

Forensic XP-4010D doküman inceleme cihazı, Şekil 2.5’deki gibi iki ana unsurdan oluşmaktadır. Bunlardan ilki doküman taramalarının gerçekleştirildiği tarama ünitesi, diğeri görüntüleme ve değerlendirme işleminin yapıldığı bilgisayar monitör ünitesidir.

⁵ TÜBİTAK Forensic XP, <https://analitiklab.bilgem.tubitak.gov.tr/forensic-dokuman-inceleme-cihazı.html> [Erişim tarihi: 18.10.2020].

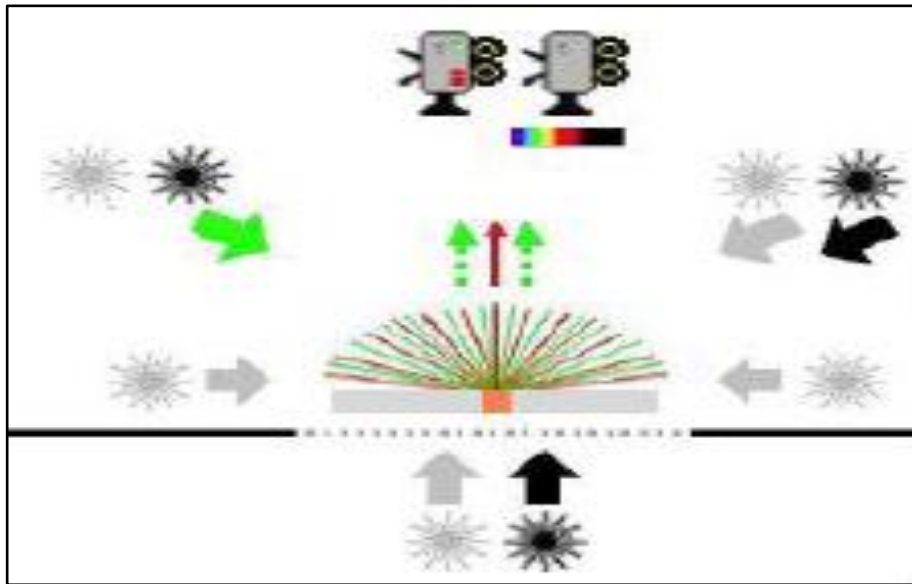
Şekil 2.5: TÜBİTAK Forensic XP-4010D doküman inceleme cihazı



Kaynak: <https://www.tubitak.gov.tr> [Erişim tarihi: 10.09.2017].

Forensic XP-4010D cihazı incelenerek çalışma prensibi Şekil 2.6'da belirtildiği gibi üstte iki farklı kamera ve filtreler (siyah-beyaz ve renkli), yanlarda ve altta farklı ışık kaynakları görülecek şekilde resmedilmiştir.

Şekil 2.6: Forensic XP-4010D cihaz çalışma prensibi



Bu doküman inceleme cihazında, analiz yapılacak evrak ön tarafta bulunan ana kapak açıldıktan sonra içeriye yerleştirilir ve kapak tekrar kapatılır. Doküman, analiz yapılacak bölgeye kamera görüş açısına gelecek şekilde el ile tezgâh üzerinde konumlandırılır. Bu işlem tamamen manüel bir şekilde yapılmaktadır.

Şekil 2.7’de bu cihazla yapılan farklı nitelikteki incelemelere yönelik örnek çalışmalar görülmektedir. Birinci örnekte gizlenmiş veya karalanmış “SET” yazısı hiperspektral görüntüleme yöntemi ile ortaya çıkarılmaktadır. İkinci örnekte lüminesans ve yansıma spektrum farklılıklarını algılayarak 5142 yazısının önüne sonradan eklenen 9 yazısı ortaya çıkarılmaktadır. Üçüncü örnekte 331 sayısının görünümü aynı fakat kimyaları farklı mürekkeple 8840 şeklinde değiştirildiği ortaya çıkarılmaktadır. Dördüncü örnekte yer alan güvenlik özellikleri UV ışığıyla ortaya çıkarılmaktadır.

Şekil 2.7: Forensic XP-4010D cihazında yapılan analiz örnekleri



Kaynak: Forensic XP-4010D broşürü, 2018

Bu bölümde belge, belgede sahtecilik, doküman analiz ve teknikleri ve Türkiye’de doküman analizi hakkında bilgiler aktarılmıştır. Doküman inceleme kavramı çerçevesinde yapılan araştırmada bu cihazların artan belge çeşitliliği karşısında gelişen teknolojiyle birlikte yenilenmelerinin zaruri olduğu anlaşılmıştır.

2.2 BİYOMİMİKRI KAVRAMI

Çalışmanın bu bölümünde biyomimikri kavramının ne olduğuna ve biyomimikri ile endüstriyel tasarım arasındaki ilişki üzerine değinilecektir. Biyomimikrinin tasarım sorunlarına nasıl çözümler sunduğu verilen örnekler üzerinden aktarılacaktır.

2.2.1 Biyomimikrinin Tanımı

İnsanoğlu ilk çağlardan beri zor doğa koşullarına karşı yaşam mücadelesi verirken kendine rehber olarak doğayı almıştır. İnsan bedeninin korunaksız ve zayıf olması onun soğuk iklim koşullarına dayanmasını zorlaştırıyordu. İnsanoğlu kendi ihtiyaçlarını karşılamak için doğadaki canlılardan esinlenerek hiçbir çizim gereksinimi duymaksızın yaptığı benzetmeler ile ihtiyaçlarını karşılamıştır (Bayazıt 2004, s. 41). Örneğin insan ilkel çağlarda bile yine gözlem yeteneğini kullanarak bir hayvanın soğuğa karşı kendini koruması için sahip olduğu tüylü derisinden esinlenip kendine soğuğa karşı ısı muhafazası sağlayan kıyafetler yapmıştır. İlk çağlarda gözlemden ibaret olan bu olay günümüzde bilimselleşerek biyomimikri adını almıştır.

Biyomimikri kelimesi, yaşam ve taklit sözcüklerinin birleşmesiyle oluşmuştur. Biyomimikri bilimi, yeryüzündeki birçok canlının fiziksel özellikleri ve çalışma biçimlerini araştıran ve buradan elde ettiği bilgi birikimini yaşadığımız birçok tasarım problemlerinin çözümüne aktaran bir yöntemdir (Benyus 2020, s. 13). Biyomimikri; Biyomimetik, Biyo-taklit, Biyo-esinlenme, Biyo-ilham ve Biyo benzetim gibi farklı ifadelerle anılmaktadır. 1990'lı yılların sonlarına doğru Janine M. Benyus tarafından bilim dünyasına dahil edilmiştir. Benyus halen Biyomimikri Enstitüsü'nün başkanlığını sürdürmektedir (Benyus 1997).

Biyomimikri, sanayi devriminin doğal kaynakları nasıl tüketiriz fikrinin tam tersine, doğadan öğrenebileceğimiz çok şey olduğu fikrini bize vurgulamaktadır. Şekil 2.8 ve Şekil 2.9'da bu karşıtlık görülmektedir.

Şekil 2.8: Doğayı tüketen enerji



Kaynak: <https://www.hsgm.saglik.gov.tr> [Erişim tarihi: 18.10.2020].

Şekil 2.9: Doğa ile uyumlu enerji



Kaynak: <https://www.bbc.com> [Erişim tarihi: 18.10.2020].

Biyomimikri bize yaşadığımız ve her geçen gün kaynaklarını tükettiğimiz, zarar verdiğimiz yeryüzünün asıl evimiz olduğunu hatırlatıyor, doğadan edinilmiş bilgi ve derslere yönelmemiz gerektiğini vurguluyor.⁶ Doğa milyarlarca yıldır hiç durmadan

⁶ Biomimicry, <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry> [Erişim tarihi: 05. 04.2020].

alışan mükemmelliyetçi bir sistemdir. Burada başarsız yaşam formlarına yer yoktur. Hayatta kalan başarılı formlar bizim için araştırmaya değer büyük bir kütüphane niteliğindedir (Altun 2019, s. 8). Renk, doku, işlev ve biçimsel yönleriyle ilham aldığımız Biyomimikri Bilimi tasarım sürecimizde bize birçok yeni araştırma seçenekleri sunmaktadır (Kuday 2009).

Bayazıt (2004, s. 21), “Tasarımda problem çözümle birlikte gelir. Problem, çözümün başlangıcı ve habercisidir. Problemi belirleme ve çözme olguları da öğrenme ve düşünme eylemleriyle gerçekleştirilir” şeklinde tasarım olgusunu açıklamıştır. Biyomimikri biliminde tasarımdaki problemlerin çözümleri doğada aranır. Çünkü doğa, canlının hem bireysel hem de birbirleriyle bağlantılarındaki problemlerine en başarılı çözümler üreten ve ahengi sağlayan sistemler bütünüdür.

Tasarımcılar, biyomimikri yaklaşımı sayesinde, başarılı bir ürün ortaya çıkarabilmek için doğanın milyarlarca senedir devam eden tasarım süreci tecrübelerinden yararlanılması gerektiğine ve doğanın labaratuvar ortamında elde edemeyeğimiz kadar uzun soluklu test sonuçlarını önümüze serdiğine inanmaktadır. Doğa elindeki bütün kaynakları en cimri bir şekilde kullanan ve en fazla verimi elde eden bütünsel bir yapıdır (Tübitak Bilim Teknik Dergisi 2009). Bütün canlı ve bitki yaşam formlarıyla doğa, tasarım süreçlerine katkı sağlayabilecek en önemli unsurdur (Bar-Cohen 2006). Leonardo da Vinci doğaya olan hayranlığını şöyle dile getirmiştir (aktaran Kuday 2009; Edwards 2005), “İnsan ustalığı, bir icadı hiç bir zaman doğanınkinden daha güzel, basit ve direkt yapamayacaktır. Çünkü doğanın icatlarında hiç bir şey eksik ya da fazla değildir.”

Leonardo da Vinci’nin sanatın farklı birçok alanında vermiş olduğu eserlerindeki başarının sırrı doğayı ve canlıları iyi bir şekilde gzlemlemesinden kaynaklanmaktadır. Bu bakış açısı onun bilinçli bir şekilde doğayı gözlemlediğini göstermektedir. Özellikle resim ve heykel çalışmalarının yanında döneminde ilk olarak doğayı gözlemleyerek yaptığı makineler günümüzdeki birçok ürünün temellerini atmıştır. Bunlardan bazıları, helikopter, bisiklet, deniz altıdır (aktaran Kuday 2009; Laurenza 2005). Biyolojiden ilham alma bilimi olan biyomimikri, bu isim dışında farklı isimlerle de telaffuz

edilmektedir. Bunlardan bazıları Biyonik, Biyomimetik, Biyomekanik, Biyognoz, Biyogmatik Biyokleptis, Biyo-ilhamdır (Karabetça, 2016).

Biyomimikriyi bilim dünyasına dâhil eden Benyus (2009, s. 13), biyomimikriyi şu şekilde tanımlamıştır:

- i. Doğanın model alınması: Tasarım problemine çözüm aramak için doğadaki canlıları inceleyen ve bunlardan çözümler arayan bir bilim dalıdır.
- ii. Doğanın ölçüt alınması: Ekolojik standartlardan hareketle doğa neyin daha başarılı ve uzun ömürlü olması gerektiğini bilmektedir.
- iii. Doğanın referans alınması: Biyomimikri bilimi, yaşadığımız yeryüzünü yeniden anlamının bir yoludur. Ondan neler alabileceğimizi değil, ondan neler öğrenebileceğimizi bize sunar.

Doğa, 3,8 milyar yıldır hiç aksamadan kendine yeten ve bütün ihtiyaç döngüsünü kendi içinde barındıran çok başarılı bir fabrikadır. Kaynaklarını çok iyi kullanan ve gereksizleri geri dönüşüm ile tekrar sistemine dâhil eden uzun soluklu bir sistemler bütünüdür (Altun 2019).

Doğanın bünyesinde barındırdığı bütün canlıların temel özellikleri şu şekilde tanımlanmaktadır (Benyus 2009, s. 21).

- i. Doğa, enerji ihtiyacını güneş ile sağlar.
- ii. Doğa, gereksinimi kadar enerji kaynağı kullanır.
- iii. Doğa işlevseldir, fonksiyonlar formu şekillendirir.
- iv. Doğada çöp yoktur, her şey geri dönüştürülür.
- v. Doğa, beraber çalışmayı ödüllendir.
- vi. Doğa, sürekli değişim halindedir.
- vii. Doğa, yerel uzmanlığı teşvik eder.
- viii. Doğa, çeşitlilik kütüphanesidir.
- ix. Doğa, sınırların gücüne inanır.

İnsanoğlu artan teknolojik gelişmelerle beraber her geçen gün yeni buluşlar gerçekleştiriyor. Yapmış olduğu bu yeni ürünlerle hayat standardını ve konforunu

artıyor. Fakat bununla birlikte çevreci olmayan çözümler ve üretimlerle doğayı tahrip ediyor. Kaynakların kötü kullanımı neticesinde doğal kaynaklara zarar veriyor. Kendi eliyle milyonlarca yıldır süregelen hassas ekosistemin dengesini bozuyor. Bunun neticesinde iklime zarar veriyor (Altun 2019, s. 7).

Doğada hiçbir canlı kendi elleriyle yaşam koşullarını, besin kaynaklarını ve havasını kirletmiyor. Doğadaki ekosistem bize çevremizle uyumlu yaşamayı ve kaynakların en verimli nasıl kullanılacağını öğretiyor (Kallioğlu, Karakaya ve Durmuş 2013). Doğa kendi içinde iş bölümü yapmıştır. Kazan kazan prensibi üzerine kurulu bu sistem, farklı türdeki canlıların birbirinden fayda sağlaması üzerine kurulmuştur. Biri diğerinin tamamlayıcısıdır. Mükemmel iş paylaşımı olarak ortaya çıkan bu ortak yaşam sistemine simbiyoz ilişki denir (Altun 2019, s. 35). Şekil 2.10'daki gibi karşılıklı çıkara dayanan bu ilişki modeli ile timsah diş temizliğini sağlamakta, diğer taraftan kuş ise besin elde etmektedir.

Şekil 2.10: Simbiyoz ilişki örneği



Kaynak: <https://www.rutube.ru> [Erişim tarihi: 12.10.2020]

Evrenin tarihine baktığımızda insanoğlunun yeryüzünde varoluşu oldukça yeni ama dünyaya verdiğimiz tahribat oldukça fazladır (Altun 2019, s. 21). Buradan da anlıyoruz ki insanlık doğaya aykırı yapılan ürün ve hizmetler neticesinde bu kadar uzun bir yaşam döngüsü olan dünyanın kaynaklarını çok kısa bir sürede tüketir duruma gelmiştir. Çevreye verdiğimiz tahribatın günden güne artması ve kaynakların hızlı bir şekilde

tüketilmesi neticesinde sürdürülebilirlik kavramı önem kazanmaya başlamıştır. Sürdürülebilirlik, insanoğlunun kendi ihtiyaçlarını giderirken gelecek nesillerin de aynı dünyada yaşayacağını unutmadan kaynakları özenli kullanması anlamına gelir. Yapılan ürün, hizmet ve tasarımların doğayla barışık olması gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakmamıza katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda biyomimikrinin yeri daha da derinlik kazanmaktadır.

Doğanın biyolojik zenginliği, insanoğlunun dünya üzerinde yaşamını sürdürebilmesi için hayati önemde bir unsurdur (Demirayak 2002). Birleşmiş Milletler'in 2010 senesinde paylaşmış olduğu "Küresel Biyolojik Çeşitlilik Görünümü" raporuna göre biyolojik çeşitlilik azalmaktadır (Altun 2019, s. 28). Bununla birlikte bazı canlıların da nesli tükenme tehlikesi altına girmiştir. Örneğin, doğaya atılan endüstriyel çöpler deniz canlılarının besin kaynağı durumundadır. 2019 senesinde Amerika Florida'da açlıktan ölü bulunan deniz kaplumbağasının bağırsak sisteminde 104 adet plastik atık bulunmuştur (Altun 2019, s15). Buradan hareketle doğada biriken zararlı atıklar yerine doğadan ilham alınarak yapılan ürünler doğanın sistemine aykırı olmayacağından dolayı sürdürülebilirlik kavramı çerçevesinde doğaya ve canlılara zararımız minimum düzeye inecektir. Yani sürdürülebilir tasarım kaynakları daha doğru kullanıldığında tüm canlıların yaşamasına daha fazla fırsat verilecektir.

İnsanoğlu doğanın kuralları içinde yaşamaktadır ve yapılacak herhangi bir şey bu kuralların dışına çıkmamalıdır. Doğaya aykırı üretilen her şeyin insanlığa geri dönüş yapacağı unutulmamalıdır. İnsan kendinin doğanın bir unsuru olduğunu bilmedikçe ve ona saygı duymadıkça insanlığın felaketken kaçması mümkün değildir (Altun 2019, s. 30). İnsanoğlunun buradan çıkarabileceği ders, doğa ile birlikte ve doğadan öğrenerek yaşam alanlarını şekillendirmesi gerektiğidir. Doğa ile mücadele edildiği takdirde son sözü yine doğa söyleyecektir. Altun (2019, s. 20) bu konuyu şu şekilde ifade ediyor:

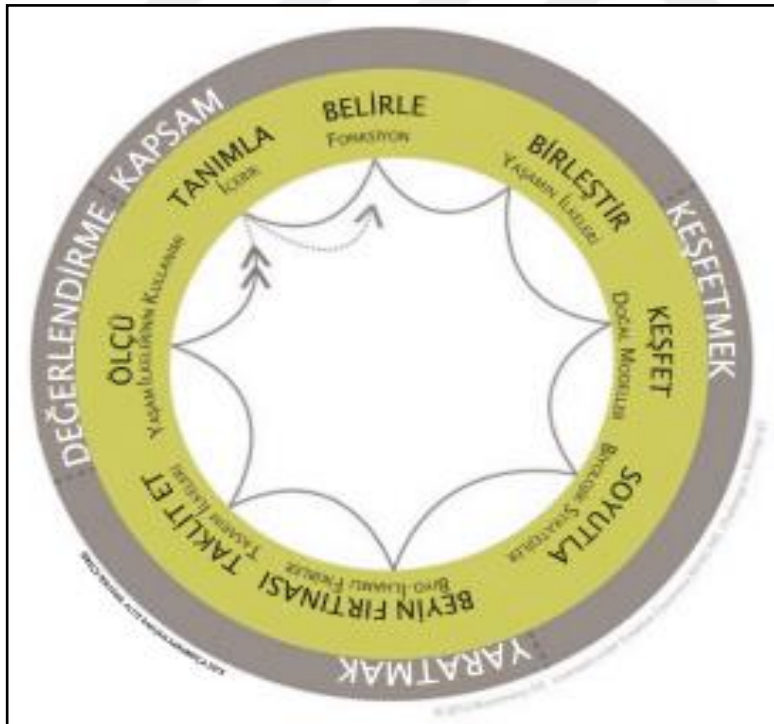
"Setleri ne kadar yüksek yaparsan yap, binaların temelleri ne kadar esnek olursa olsun, doğayla girdiğin bu kavgada son darbeyi vuran hiçbir zaman sen olamazsın. 2011 yılında Japonya'da yaşanan deprem felaketi, doğanın bir kez daha insanı nasıl yendiğini gösterdi. Dünyanın doğal afetlere karşı en hazırlıklı ülkesi Japonya'nın bile başına gelenler, alınan bütün önlemlere rağmen doğanın bildiğini okuyacağı gerçeğini bir kez daha hatırlattı."

2.2.2 Biyomimikri ve Endüstriyel Tasarım İlişkisi

Biyomimikrinin tasarımda kullanılma biçimlerine bakıldığında doğadaki yaşam formlarının anlaşılması ve tasarımlara uygulanması endüstriyel tasarım süreçlerinde destekleyici ve iyileştirici çözümler sunabilmektedir. Biyomimikrinin tasarım lensleri bu tasarım çözümlerine ulaşmak için önemli bir yer teşkil eder. Şekil 2.11 ve Şekil 2.12’de biyomimikrinin tasarım lensleri görülmektedir (Karabetca 2016).

- i. Biyolojiyi sorgulamak: Bu lenste tasarımcı elindeki somut sorunlara biyolojik çözümlerle yanıt bulmaya çalışır.
- ii. Tasarım için biyoloji: Biyomimikri ile düşünme süreci boyunca kullanılan somut bir yoldur. Burada tasarımcının doğadan ilham alarak tasarladığı bir sürece katılması esastır.⁷

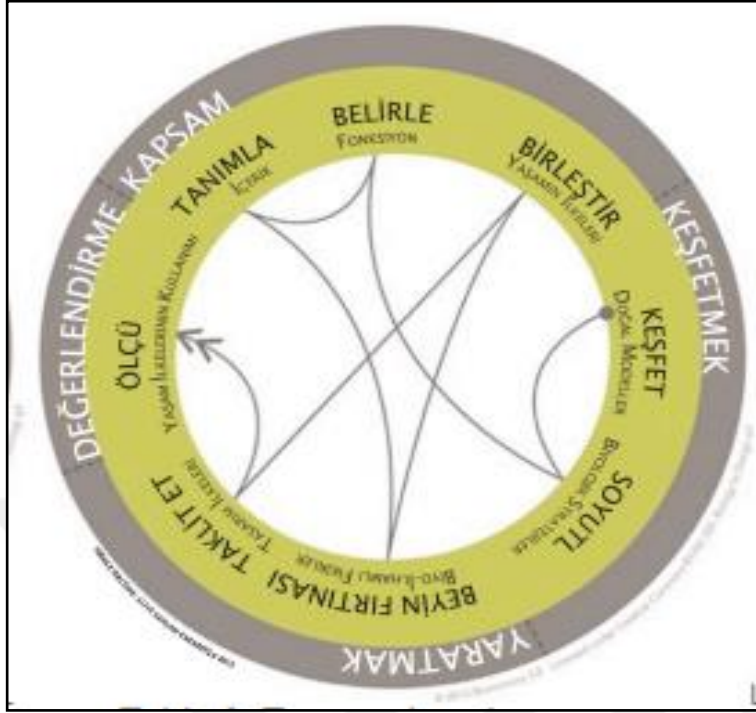
Şekil 2. 11: Tasarım lensi: Biyolojiyi sorgulamak



Kaynak: (Karabetca 2016)

⁷ Biomimikri Tasarım Lensi, <https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-biomimicry-thinking> [Erişim tarihi: 05. 04.2020].

Şekil 2. 12: Tasarım lensi: Tasarım için biyoloji



Kaynak: (Karabetca 2016)

Bu iki tasarım lensinde aynı içerik farklı adımlarla takip edilmektedir. Biyolojiyi sorgulamak lensinde ilk olarak içerik tanımlanır ve doğadan uygun çözümler aranmaktadır. Tasarım için biyoloji lensinde ise ilk olarak doğada keşfedilen modeller sonradan tasarım süreçlerinde uygulanmaktadır (Karabetca 2016).

Araştırma geliştirme süreçlerinde doğa ile işbirliği halinde yürütülen ürünler daha başarılı ve sürdürülebilir olabilmektedir. Biyomimikri bütünsel bir çözüm olarak hem başarılı ürünlerin geliştirilmesinde hem de yapılan ürünlerin doğa ile uyumunu sağlama konusunda bize rehber olmaktadır. Biyomimikri kavramı farklı ürün tasarımı örneğinde görülmektedir. Birçok teknolojik ürün gökyüzünde süzülen kuşlardan, sulara yüzen ve haberleşen balıklardan, ses dalgalarıyla yön bulan yaras ve yunuslardan ve daha nice canlılardan etkilenecek tasarlanmıştır.⁸ Kavramın yaygınlığı ve etkinliğini açıklamak amacıyla tarih sırasına göre yeniden eskiye tasarım etkisinin yüksek olduğu ve iz

⁸ Biyomimikri, <https://www.gidahatti.com/dogadan-ilham-alanlar-icin-biyomimikri-projesi-biyomimikri-nedir-5609> [Erişim tarihi: 15.05. 2020].

bırakmış sekiz adet farklı örnek ürün seçilmiştir. Verilen örneklerin sektörel dağılımına baktığımızda savunma sanayisinden ulaştırmaya, nano teknolojiden mimari ve tıp alanlarına uzandığı görülmektedir.

Akıncı insansız hava aracı:

Hava araçlarında genellikle uçan canlılardan esinlenilmesine rağmen İHA Akıncı’da kuşların yanı sıra balıkların hidrodinamik ortamda sahip olduğu avantajlardan da esinlenilmiştir. Akıncı’nın tasarımına yönelik "uçan balık" benzetmesini de değerlendiren Bayraktar (Anadolu Ajansı, 2018) Akıncı’yı şu şekilde tanımlamıştır:

Dedelerimizin denizcilik ve balıkçılık kültürünün tasarımımızda ciddi etkisi var. Geliştirdiğimiz tüm uçaklarda denizciliğin tasarıma etkisini görebiliriz. Balık, suyun içinde hidrodinamik bir ortamda yüzyüyor, İHA'lar da hava ortamı içerisinde uçuş gerçekleştiriyor. Dolayısıyla hem Bayraktar TB2 hem de Akıncı balıkların şeklinden ilham alınmakta.

Şekil 2.14’deki Akıncı İHA’nın prototipine bakıldığında Şekil 2.13’de görülen köpek balığına benzerliği anlaşılabacaktır.

Şekil 2.13: Köpek balığı



Kaynak: <https://www.wwf.no> [Erişim tarihi: 15.10.2020].

Şekil 2.14: Akıncı İHA prototipi



Kaynak: <https://www.aa.com.tr> [Erişim tarihi: 15.10.2020].

Özellikle İHA gibi hava araçlarında az enerji kullanılarak uzun süre havada kalabilme, havada sessiz bir şekilde ilerleyebilme gibi birçok özelliğin hava ve deniz canlılarından esinlenilerek uygulandığını bu örnekte görüyoruz. Şekil 2.15’de Akıncı İHA’nın fotoğrafı görülmektedir.

Şekil 2.15: Akıncı insansız hava aracı



Kaynak: <https://www.baykarsavunma.com> [Erişim tarihi: 15.10.2020].

UV ışığını yansıtan cam:

Avrupa kıtasında bir günde 250 bin civarı kuş camlara çarparak yaşamını yitirmektedir. Bu olayın Amerika Birleşik Devletleri'nde ise milyon adetlere ulaştığı düşünülmektedir. Ornilux firması biyomimikri düşünce modelinden hareketle örümceklerin UV ışığını geri yansıtma özelliğini kullanarak yeni bir kaplama gerçekleştirdi. Kuşların ultraviyole dalga boyundaki ışıkları görebilme özelliğinden yararlanılarak geliştirilen bu Şekil 2.16'da görülen ARNOLD GLAS ORNILUX ürünü doğaya saygılı, çevre dostu inovatif bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır (Akgün 2016).

Şekil 2.16: UV ışığını yansıtan cam



Kaynak: <https://www.cleveland.com> [Erişim tarihi: 20.10.2020].

ORNILUX'un ilk testi, Almanya Radolfzell'deki Max Planck Ornitoloji Enstitüsü ile işbirliği içinde gerçekleştirilmiştir. Toplamda 19 farklı Avrupa kuş türü test edilmiş ve 678 kuş yaklaşımı analiz edilmiştir. Bu testlerden sonra 2006 yılında ORNILUX kuş koruma camının orijinal versiyonu oluşturulmuştur.⁹

⁹ Ornilux, <http://www.ornilux.com/history-research.html> [Erişim tarihi: 12.09.2020].

Biyonik kol:

Biyomimikri kavramı tıp alanında daha çok biyonik adıyla karşımıza çıkmaktadır. Doğada bulunan metot ve sistemlerin incelenmesi ve bunların mühendislik sistemlerinde kullanılmasına biyonik denir. Bu sözcük biyoloji ve elektronik sözcüklerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur (Bar-Cohen 2006). Özellikle tıp alanında etkin olarak kullanılan biyonik sistemler doğadan esinlemenin en güzel örneğidir. Bazı uzuvlarını kaybetmiş kişilere mekanik ve biyolojik şartlar göz önünde bulundurularak biyonik uzuvlar yapılmıştır ve hareket kontrolleri sağlanmıştır (Çetin 2013).

Claudia Mitchell, 2003 yılında bir trafik kazasında sol kolunu omzundan itibaren kaybetmiştir. Şekil 2.17’de görülen Mitchell tarihte 4. biyonik insan ve ilk biyonik kol takılan insan olarak kayda geçmiştir. Chicago Rehabilitasyon Enstitüsü tarafından tasarlanan bu uzuv Mitchell’in kaybettiği organındaki sinir uçlarına bağlanmıştır (aktaran Kuday 2009; Brown 2006).

Şekil 2.17: Biyonik kol



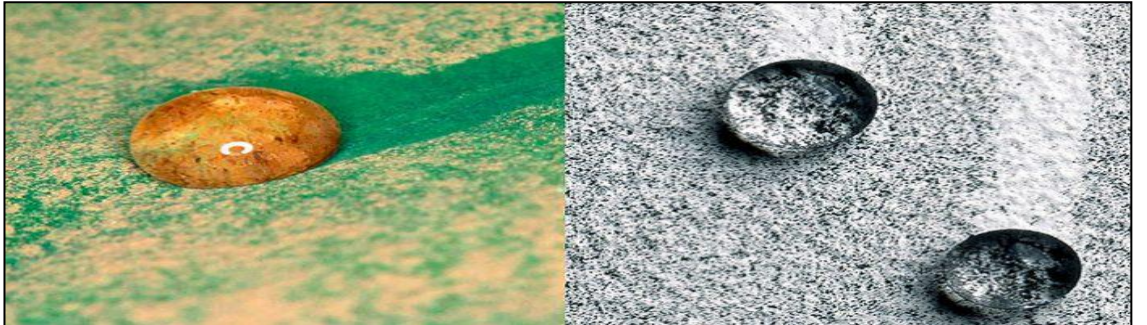
Kaynak: <https://www.bbc.co.uk> [Erişim tarihi: 25.10.2020].

Dr. Sellaiah Sooriakumaran, bu konunun önemini,¹⁰ "Yeni kolu ilk etapta yapmak büyük bir atılımdı ve bu çok heyecan verici bir gelişme. Protez kollara duyuşsal bir yetenek kazandırmak, işlevselliklerini ve hasta tarafından kabul edilmelerini önemli ölçüde artıracaktır" şeklinde ifade etmiştir.

Lotus bitkisi ve doğal temizlik:

Doğada bulunan birçok canlı temizlik maddesi kullanmaz, arınmaları için sadece yağmur suyu yeterlidir. Bitkilerin içinde bu özelliğı en iyi kullanan lotus yaprağıdır. Wilhelm Barthlott tarafından 1998 yılında lotus yaprağı üzerinde yapılan araştırmayla bu yaprağın bünyesinde suyun iyi bir şekilde kayması için mikro ölçekli gözenekler keşfedilmiştir. Matematiksel olarak suyun hızlı bir şekilde kaymasını sağlayan bu yapıya hidrofobit denir. Yağmur sularının bu yaprağı teması ile birlikte iri su taneleri oluşup suyun hızlı bir şekilde tahliyesi sağlanmaktadır. Bu yapı sayesinde çamurlu bir ortamda bulunan lotus çamurdan etkilenmeden yaşamını sürdürebilmektedir. Gündelik hayatta ihtiyaç duyulan birçok temizlik sorununa lotus bitkisinin yapısından yararlanılarak yani biyomimikri tasarım yaklaşımı ile en ekonomik çözüm gerçekleştirilebilir (Arhon 2012). Şekil 2.18'de lotus bitkisi yaprağı ve bundaki su kaydırma özelliğinin boyaya uygulanmış hali görülmektedir. Lotus yaprağının bu özelliğinden hareketle üretilen Lotusan boyası 5 yıl temiz görünüm garantisi vermektedir.

Şekil 2.18: Lotus bitkisinden ürüne



Kaynak: <https://www.bilimveteknik.tumblr.com> [Erişim tarihi: 28.10.2020].

¹⁰ Biyonik Kol, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/7114587.stm> [Erişim tarihi: 17.05. 2020].

Shinkansen treni:

Japonya’da geliştirilen Shinkansen 500 tren modelinin hizmete girmesiyle birlikte tren büyük övgüler almasına rağmen ortaya bazı tasarım problemleri çıkmıştır. Tren açık alandan tünele girdiğinde tüneldeki havayı öne itiyor ve tünelden çıkarken basınç sebebiyle çok yüksek desibelde sesler oluştuyordu. Bu da çevre sakinleri için oldukça rahatsız edici bir gürültü kirliliği meydana getiriyordu. Tasarımcılar bu probleme çözüm oluşturmak için çalışmalara başladı. Bu problemi gidermek için iki seçenek vardı. Birincisi bütün tünellerin yeniden yapılandırılmasıydı, ancak bunun zaman kaybı ve maliyeti oldukça fazlaydı. İkinci seçenek ise tren tasarımının gözden geçirilmesiydi. Eiji Nakatsu yaptığı gözlemler sonucunda doğadan ilham alarak tasarıma yöneldi. Yalıçapkınının gaga formu dikkatini çekti. Bu kuş suya dalış esnasında uzun, ince gagası sayesinde suda hiçbir hava kabarcığı oluşturmuyordu. Buradaki detayın tren tasarımında kullanılabileceği fikrine ulaştı. Yapılan yeni tasarım ile problemin ortadan kalktığı ve bununla birlikte trenin az enerji ile yüksek hız elde ettiği fark edildi.¹¹ Şekil 2.19’da yalıçapkını kuşu, şekil 2.20’de yalıçapkınından esinlenilerek tasarlanan shinkansen treni görülmektedir.

Şekil 2.19: Yalıçapkını kuşu



Kaynak: <https://www.asknature.org> [Erişim tarihi: 12.05.2020].

¹¹ Shinkansen Treni, <https://asknature.org/idea/shinkansen-train> [Erişim tarihi: 12.05. 2020].

Şekil 2.20: Shinkansen treni



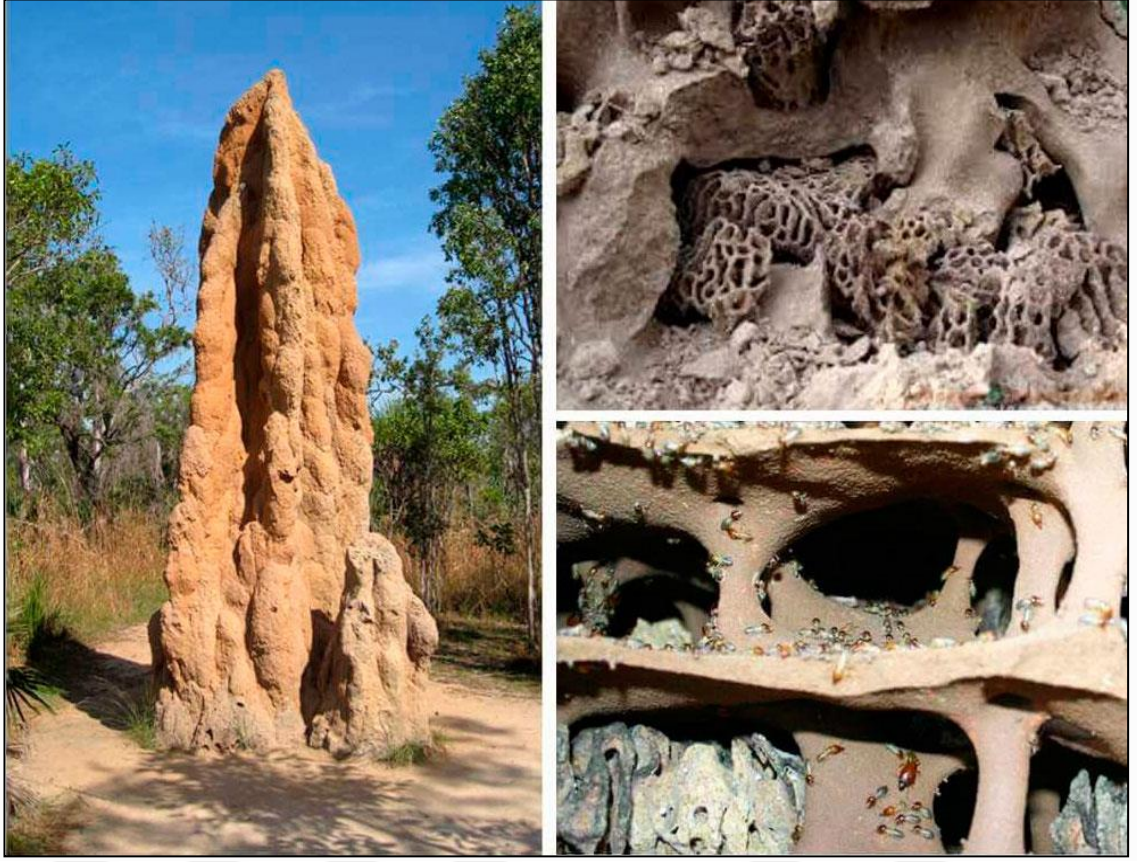
Kaynak: <https://www.bbc.com> [Erişim tarihi: 12.05.2020].

Termitler ve doğal klima sistemi:

Doğadaki canlıların barınakları bazı mimarlara ilham kaynağı olmuştur. Termitler büyük aile grubu olarak yaşayan bir karınca türüdür. Bu canlıların inşa etmiş oldukları karmaşık yapıların büyüklüğü 13 metre yüksekliğe kadar çıkmaktadır. Yapının dış duvarları tükürük, odun ve killi toprak parçalarından oluşmaktadır. Gün ışığı ile sertleşmiş halde ve su geçirmezdirler. Bu yapıların en önemli özelliği doğal klima sağlıyor olmalarıdır. Ayrıca dışarıda ısı ne olursa olsun termit yuvasının iç kısmında nem değeri korunmuş ve sıcaklık 1 °C'ye sabitlenmiştir. Enerji kullanmadan yapılan bu çözümler birçok mimariye ilham kaynağı olmuştur.¹² Termitlerden esinlenerek Zimbabwe'nin Harare şehrinde inşa edilen Eastgate alışveriş merkezi 1996'da kullanıma sunulmuştur. Şekil 2.21'de termit yuvaları ve şekil 2.22'da termitlerin mimariye etkisi görülmektedir.

¹² Termitler, <https://tr.pestctrl.biz/nasekomye/termity> [Erişim tarihi: 19.05. 2020].

Şekil 2.21: Termitler



Kaynak: [https:// www.prusakam.net](https://www.prusakam.net) [Erişim tarihi: 19.05.2020].

Şekil 2.22: Termit ve mimariye etkisi

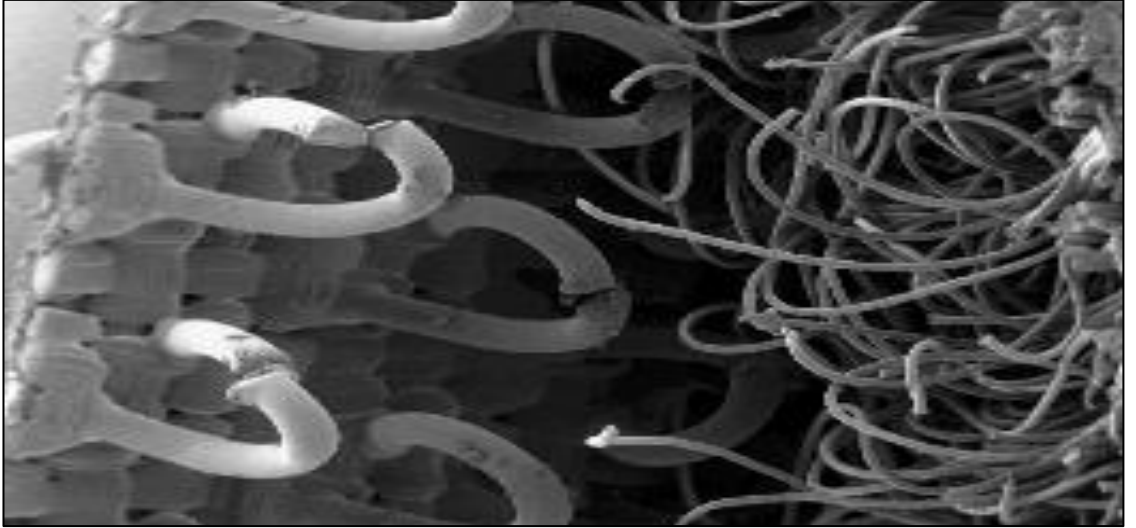


Kaynak: <https://www.posta.com.tr> [Erişim tarihi: 18.05.2020].

Velcro ürünü:

Tekstilin temel malzemelerinden biri olan cırt cırtın icadı bir doğa gözlemine dayanır. İsviçreli mühendis George de Mestral bir gün köpeğiyle doğada yürüyüşe çıktı. Yürüyüş sonrası eve döndüğünde köpeğinin tüyelerine yapışmış kancalı dikenleri fark etti. Bu dikenlerde yaptığı inceleme cırt cırtın icadının önünü açtı ve 1955’de patentini aldı. Mestral, üzerinde minik kancalar bulunan sert bir kumaşı kadife benzeri yumuşak bir kumaşa tutturmayı başardı ve bu sayede günümüzde birçok alanda hatta Nasa’da dahi kullanılan cırt cırt icat edilmiş oldu. Şekil 2.23’de cırt cırt ürününün yakından görünümü yer almaktadır.

Şekil 2.23: Velcro ürünü



Kaynak: <https://www.biomimicry.org> [Erişim tarihi: 15.11.2020].

Natulius deniz canlısı ve denizaltı:

Savunma sanayisinde birçok büyük bütçeli projede biyomimikriden yararlanılmıştır. Güney Pasifik’in derin sularında yaşayan natulius canlısının odacıklı kabukları vardır. Natulius canlısı bu odacıklar sayesinde suya dalıp çıkabilme yetisine sahiptir. Suya dalmak istediğinde odacıklarını suyla doldurup batmakta, sudan çıkmak istediğinde ise odacıklarını gazla doldurup düşen yoğunluk sayesinde yukarı çıkabilmektedir. Denizaltında da natulius canlısındaki metodu görmekteyiz. Denizaltı suya batmak

istediğinde tanklarını suyla doldurmakta, yüze çıkmak istediğinde ise pompalarla suyu dışarı atmaktadır (Altun 2019, s. 45). Şekil 2.24’da denizaltının suya dalış prensibi, Şekil 2.25’de denizaltıya ilham kaynağı olan natulius canlısı görülmektedir.

Şekil 2.24: Denizaltı sualtına dalış prensibi



Kaynak: <https://www.denizaltici.com> [Erişim tarihi: 17.06.2020].

Şekil 2.25: Natulius deniz canlısı



Kaynak: <https://www.ntv.com> [Erişim tarihi: 17.06.2020].

Yapılan araştırmada doküman inceleme sektöründe biyomimikri tabanlı herhangi bir tasarım çalışmasına rastlanılmamıştır.

3. FORDEX DOKÜMAN İNCELEME CİHAZI'NIN TASARIM SÜRECİ

TÜBİTAK çatısı altında gerçekleştirilen ilk doküman inceleme cihazı olan Forensic XP-4010D 2005 yılında geliştirilmiş, döneminde sahip olduğu özellikleri sayesinde piyasada kendine önemli bir yer edinmiş ve yaklaşık 15 sene etkin olarak kullanılmıştır. Bu süre sonunda günün teknolojisine ve ihtiyaçlarına uygun yeni bir doküman inceleme cihazı ihtiyacı doğmuştur. Buradan hareketle 2018 Nisan ayı itibariyle tez çalışmasının araştırma konusunu oluşturan Fordex projesi TÜBİTAK çatısı altında resmen başlatılmıştır (Ek A1). Tez çalışmasının bu kısmında çalışmanın metodu ve Fordex doküman inceleme cihazının tasarım süreci anlatılacaktır.

3.1 YÖNTEMİN UYGULAMA BİÇİMİ

Tasarımcının geçmişe dönük olarak anlattığı bu süreçle ilgili veri elde edebilmek için nitel bilgi toplama yöntemleri kullanılmıştır. Baltacı (2019) bu yöntemi , “Nitel araştırmalarda genellikle görüşme, gözlem ve doküman inceleme olmak üzere üç veri toplama tekniği kullanılmaktadır” olarak özetlemektedir. Yapılan çalışmada bu veri toplama teknikleri referans alınarak hem tasarımcıdan hem de kurumdan sürece dair bilgi verecek evrak, çizim, fotoğraf, anket çalışması gibi verilerin toplanılması planlanmıştır. Birden fazla veri toplanması çalışmaların güvenilirliğini arttırmak için kullanılmaktadır (Sığırı, 2018, 137).

Tasarım süreci ile gerçekleştirilen geriye dönük bilgi toplama konusunda yönlendirici olan iki nokta belirlenmiştir.

- i. Tasarım sürecini gerçekleştirdiği şekil ve kronolojik sırada aktarmak.
- ii. Tasarımcı ve tez yazarının aynı kişi olması nedeniyle oluşabilecek çatışmaları olabildiğince aza indirmek ve tasarımcının kendi işi hakkında mümkün olduğu kadar tarafsız bilgi vermesini sağlamak.

Bu iki temel amaç, tasarımcıdan ürünler hakkında bilgi alınırken sorulan soruları, istenen bilgi ve belge çeşitlerini belirlemekte kullanılmış ve kontrol noktası olmuştur. Birinci amaç kapsamında, tasarımcı sürece dair tüm tecrübesini gerçekleştirdiği şekilde

teze aktarmıştır. Bu aktarım sırasında sürece geçmişe dönük bir müdahale olmamasına dikkat edilmiştir. İkinci amaç kapsamında, süreçle ilgili çeşitli kaynaklardan bilgi ve belgeler elde edilmeye çalışılmıştır (Epler 2019). Bir vaka analizi çalışmasında kullanılacak verileri Yin (1994), “dokümantasyon, arşiv kayıtları, röportajlar, doğrudan gözlemler, katılımcı gözlemleri ve fiziksel nesneler” olarak sıralamaktadır. Bu bilgiler ışığında toplanması amaçlanan bazı veri tipleri belirlenmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği TÜBİTAK kurumunun paylaşabileceği bilgilerin sınırlı olması nedeniyle bilgi kaynakları şu biçimde şekillenmiştir;

- i. Tasarımcının süreç boyunca aldığı ve halen sakladığı kişisel notları
- ii. Tasarımcının süreçte yaptığı ve halen sakladığı kişisel çizimleri
- iii. İçerikleri paylaşılmayacak şekilde tasarım süreciyle ilgili e-postaların analizi
- iv. Patent sürecine zarar vermeyecek şekilde çekilmiş ürün fotoğrafları
- v. Patent sürecine zarar verecek bilgileri içermeyen bilgisayar ortamında yapılmış üç boyutlu modellemeler
- vi. Proje grubunda yer alan kişilerle yapılacak anket çalışmaları. Tez çalışmasının gerçekleştiği 2020 senesinde gerçekleşen küresel salgın süreci kurum içinde iş yoğunluğu ve alışkanlıklarının değişmesine sebep olmuştur. Yüz yüze toplantılar salgın önlemleri sebebiyle, online görüşmeler ise iş programı yoğunluğu sebebiyle tüm katılımcılar ile uygulanamamıştır. Bu nedenle, planlanan görüşmeler açık uçlu sorulardan oluşan anket formları olarak uyarlanmıştır. Anket soruları Ek A1, Ek A2, Ek A3, Ek A4, Ek A5, Ek A6’da paylaşılmıştır.

Tez çalışmasının ana kısmını oluşturan tasarım süreci, tasarımcının süreci tecrübe ettiği şekliyle, müdahale edilmeden ve kronolojik sırayla paylaşılmıştır. Bu anlatım sırasında, tasarım sürecinde aktarılan olayların yoğunlaştığı tarih aralıkları belirlenmiştir. Sürecin takibini kolaylaştırmak amacıyla, anlatımda bu tarih aralıkları kullanılmıştır. Tasarım sürecinin çoğunlukla tam çizgisel ilerlemediği, geri dönüş ve atlamaların olduğu bilinmektedir. Bu nedenle anlatımda kullanılan tarih başlıkları süreci tam anlamıyla belirlememektedir, ana amaçları akışı kolay okunur hale getirmektir.

Kronolojik anlatım sırasında zaman dilimleri arasında boşluklar yer alabilmektedir. Anlatımda kopukluk olarak gözlemlenebilecek bu atlamaların sebebi, kurumda

eşzamanlı olarak başka projelerin de yürütülmesidir. Tez konusu olan Fordex ürünü sürekli olarak tasarımcının odağında yer almamış, zaman zaman farklı projelerde çalışılmıştır.

Tez çalışmasında araştırılan konuyla ilgili bilgi verilmesi gerekli olduğu düşünülen iki alan belirlenmiştir. Bunlar doküman inceleme ve biyomimikri kavramları olarak sıralanmıştır. Çalışmanın ana araştırma konusu olan Fordex ürününün tasarım süreci sunulmadan önce, bahsedilen konularla ilgili bilgiler paylaşılmıştır. Bu bilgilerin sürecin açıklanmasında referans olması amaçlanmıştır. Geçmişe dönük tekli vaka Analizi olarak incelenen ve yukarıda sıralanan bilgi çeşitlerinin kullanılmasına karar verilen araştırmada, uygulama aşağıdaki gibi planlanmıştır.

- a. Öncelikli olarak sürecin tasarımcısı olan araştırmacı sürecin takvimini çıkartmıştır. Bu takvimde tasarımla ilgili gelişmelerin yoğunlaştığı zaman dilimlerine odaklanmıştır.
- b. Takvimin ışığında belirlenen zaman aralıklarına odaklanarak süreçte yaşananlar tasarımcı tarafından sıralanmıştır.
- c. Bu süreçte saklanan kişisel notlar incelenmiştir, ilgili olanlar çalışmaya aktarılmıştır.
- d. Süreçte yapılan ve saklanan kişisel çizimler taranmış ve ilgili olanlar paylaşılmıştır.
- e. Süreçte çekilen fotoğrafların taraması yapılmış ve sürecin anlatımına yardımcı olacak fotoğraflar ayrılmıştır.
- f. Süreç boyunca Fordex tasarımı ile ilgili kurum içi e-posta yazışmalarının “Forensic” ve “Fordex” anahtar kelimeleriyle taraması yapılmıştır. Tarama sonucunda gizliliği ihlal etmeyen ve araştırmaya hizmet eden veriler alınmıştır. Bu mail içerikleri paylaşılırken kişisel bilgiler gizlenmiştir.
- g. Proje yöneticisi, tasarım yöneticisi, elektronik tasarım grubu sorumlusu, optik tasarım sorumlusu, yazılım geliştirme sorumlusu ve mekanik teknikere e-posta üzerinden süreçle ilgili ucu açık sorulardan oluşan bir form gönderilmiş ve süreçle ilgili bilgi toplanmıştır. Bu soruların seçimi kurum tarafından paylaşılması uygun görülen başlıkların belirlenmesi ile şekillenmiştir.

Tüm bu veriler, sürecin anlatımında bütünleştirilmiştir. Tez çalışmasının 3. bölümü bu ana bilgi havuzundan oluşmaktadır. Tez çalışmasının ana amacı olan tasarım süreci ve biyomimikri yaklaşımının ilişkisini değerlendirmek üzere elde edilen bilgilerin, sonuç bölümünde birkaç şekilde değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen bulgular öncelikle ürün odaklı ve tasarım süreci odaklı olarak ele alınacaktır. Böylece çalışmanın ana amacı olan biyomimikri odaklı analize yardımcı olacak verilerin daha açık görülmesi ve planlanan değerlendirmeye referans oluşturması amaçlanmıştır. Son adım olarak, tüm süreç biyomimikri perspektifi ile analiz edilecek, olumlu ve olumsuz etkiler tartışılacak ve paylaşılacaktır. Belirlenen rehber sorular ışığında araştırma sonucunda elde edilen bilgilerin şu şekilde analiz edilmesi planlanmıştır.

Öncelikle tasarlanan ürünlerin özellikleri sıralanacaktır. Model 1 ve biyomimikri yaklaşımı ile tasarlanan Model 2'nin ürün özellikleri karşılaştırılacaktır. Daha sonra incelenen tasarım sürecinin adımları tanımlanacaktır. Bu adımlar sürecin takvimi içine yerleştirilecektir. Biyomimikri odaklı analize altyapı oluşturması hedeflenen bu bulguların paylaşımı sonrasında, tüm süreçte biyomimikrinin etkili olduğu adımlar ve/veya zaman aralıkları belirlenecektir. Tüm bu bilgiler, biyomimikri perspektifi ile ele alınarak, hangi ürün özelliklerinde ve hangi tasarım eylemlerinde, biyomimikrinin ne yönde etkili olduğu paylaşılacaktır.

3.2 FORDEX MODEL 1

Fordex doküman inceleme cihazının ilk modelinin tasarım süreci 2018 Nisan- 2019 Aralık arasında yaklaşık 20 aylık bir süreç arasında gerçekleşmiştir. Bu sürecin öncesinde ise 2017 Eylül ayından itibaren proje ile ilgili kurum içi araştırma ve hazırlıkların başladığı görülmüştür. Çalışmanın bu bölümünde, 2017 Eylül-2019 Aralık içerisinde gerçekleşen bu süreç anlatılacaktır.

3.2.1 Eylül-Aralık 2017

Fordex projesinin resmi başlangıcından önce, 25 Eylül 2017 tarihinde yapılan toplantı notlarından anlaşılacağı gibi kurumda proje için ön araştırmaya yönelik çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalar, 2017 Eylül ve 2018 Nisan ayı aralığında çeşitli tarihlerde toplantı ve kurum dışı görüşmeler olarak gerçekleşmiştir (Ek A7, A8). Kurum bünyesinde daha önce üretilen Forensic XP-4010D cihazı ve piyasadaki muadil ürünler detaylı şekilde incelenmiştir. Projenin resmi olarak başlatılmasından önce Adli Tıp ve kriminal laboratuvarlarla görüşmeler gerçekleştirilerek tasarım probleminin varlığı araştırılmıştır (Ek A7). Bu sayede yeni yapılacak cihazın proje gereksinimleri belirlenmeye çalışılmıştır (Ek A7). 11 Aralık 2017 tarihinde yapılan toplantı ile proje grubu oluşturulmuş, projenin genel gereksinimleri hakkında görüşmeler yapılmıştır (Ek A8). Projenin uzmanlık birimleriyle geniş katılımlı ilk toplantısı olan bu toplantı, sürenin planlaması açısından önem teşkil etmiştir. Belirlenen çekirdek çalışma grubu ile yapılan çalışmalar yönetime sunulmuştur. Bununla birlikte grupta yer alan farklı disiplinlerdeki çalışanlar araştırma sürecini planlamışlardır (Ek A8). Bu ön hazırlıklar sonucunda proje başlangıç aşaması olgunluğuna erişilmiştir.

Problemin araştırılmasına mevcut doküman inceleme cihazlarında kullanıcı tecrübesi incelenerek başlanılmıştır. Bu inceleme için öncelikle rakip kabul edilebilecek ürünler seçilmiştir. Bu seçim tasarımcı tarafından ilgili sektörde yaygın kullanılan ve kolay biçimde ulaşılabilecek markaların araştırılması ile gerçekleşmiştir. Araştırma sonucunda 4 adet marka belirlenmiş ve bu markaların piyasaya sürdükleri en son modellerin analiz edilmesine karar verilmiştir. Bu cihazların bazıları tasarımcı tarafından kurum içinde, bazıları ise İstanbul Adli Tıp Enstitüsü ziyaret edilerek yerinde incelenmiştir (Ek A7). Bu cihazların olumlu ve olumsuz yönlerinin tespit edilmesi ve bu cihazlardan edinilecek bilgiler ile tasarım sürecinde doğru kararların alınmasına katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Araştırılan doküman inceleme cihazları aşağıdaki firmalara aittir:

- i. Foster & Freeman
- ii. Projectina
- iii. Regula
- iv. TUBİTAK

Foster + Freeman VSC8000 modeli:

Foster & Freeman, doküman inceleme cihaz sektöründe 1979 yılından günümüze kadar birçok farklı cihaz üretimi gerçekleştirmiştir. Şekil 3.1’ de gösterildiği gibi ilk cihazdan günümüze kadar farklı modeller ile üretim yapmasına karşın VSC2000HR modelinden itibaren var olan cihazlar üzerinde yapılan güncellemeler ile yeni modeller piyasaya sunmuştur.¹³

Şekil 3.1: Foster & Freeman ürün listesi



Kaynak: <https://www.fosterfreeman.com> [Erişim tarihi: 15.10.2017]

Şekil 3.2’de görülebilecek VSC8000 modeli 2018’de piyasaya sürülen en son modeldir. Çalışmanın İkinci Bölüm Birinci Kısımında bahsedildiği gibi, doküman inceleme cihazlarında tarama ünitesine ulaşım genelde tek taraftan gerçekleşmektedir ve kullanıcının erişimi zorlaşmaktadır. Bu modelde üç taraftan erişim sağlayan üç kapaklı cihaz tasarımı yapıldığı görülmektedir. Cihazın ön tarafında bulunan ana kapağın yanı sıra yanlarda bulunan ek kapakların cihazın içine erişimi kolaylaştırdığı görülmektedir. Ayrıca yanlardaki açılabilen kapaklar ile geniş bir tezgâh alanı oluşmakta ve büyük ölçekli dokümanların analizi yapılabilmektedir. İncelenecek belgelerin boyutlarındaki

¹³ Foster & Freeman, <https://www.fosterfreeman.com>. [Erişim tarihi: 15.10.2017].

kısıtlamalar, önceki tasarımlarda bir zorluk olarak görülmektedir. Kullanıcıya esneklik imkânı sağlayan bu husus incelenen bu tasarımda öne çıkan bir özellik olmuştur.

Bu tasarımla ilgili olumsuz özellikler de gözlemlenmiştir. Cihazın kapaklarının dışı doğru açılması, cihaz masaya yerleştirildikten sonra kapakların açılıp kapanabilmesi için etrafını açık bırakma zorunluluğu dezavantajını getirmektedir. Ayrıca adet sayısı fazla olan ve ters yönlerde hareket eden bu kapakların kullanıcı kontrolünün zor olduğu görülmüştür. Bu kapakların birleşim yerlerinden cihaz içine ışık sızma ihtimalinin bulunduğu da tespit edilmiştir.

Şekil 3.2: Foster + Freeman VSC8000 modeli



Kaynak: <https://www.fosterfreeman.com> [Erişim tarihi: 15.10.2017]

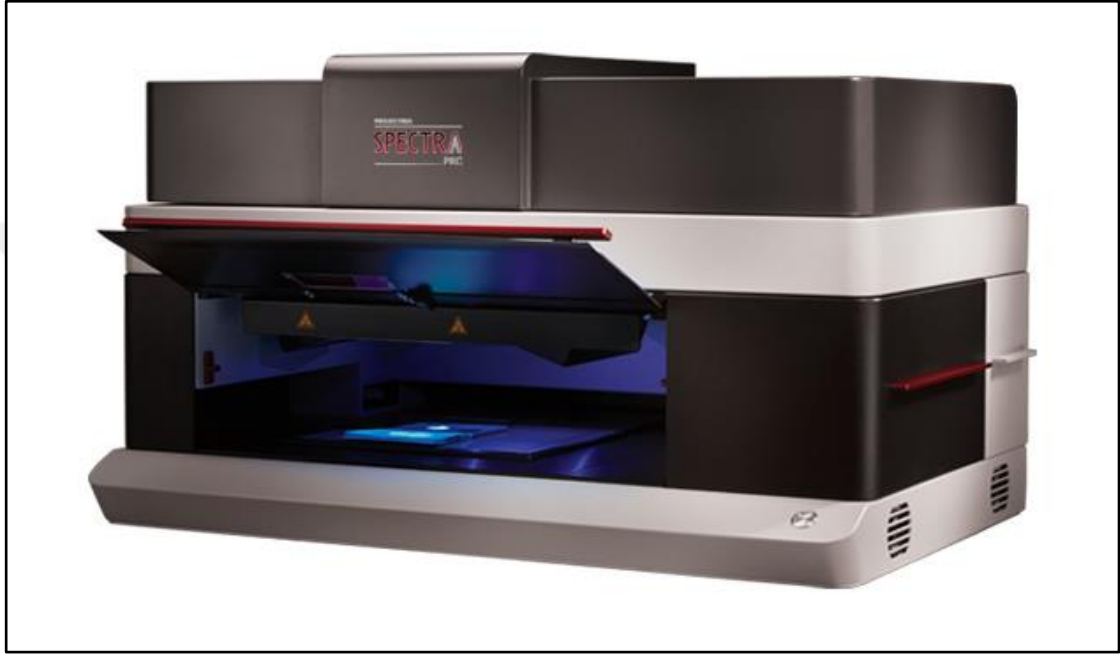
Projectina spectral pro cihazı:

Forensic Teknoloji, 25 yıldır sektörde cihaz geliştiren ve 2011 yılında Projectina Ltd'i satın alması ile birlikte pazar etkinliği arttıran bir firmadır. Özellikle balistik tanımlama ve analiz sektöründe öncülük etmiştir.¹⁴ Projectina firmasına ait Spectral Pro cihazı Şekil 3.3'te görülmektedir. Tasarım incelendiğinde kullanıcının aktif olarak ön kapağı

¹⁴ Projectina, <https://www.ultra-forensictechnology.com> [Erişim tarihi:10.10.2017].

kullandığı görülmektedir. İhtiyaç durumunda yanlarda bulunan bağımsız kapaklar alanı genişletme imkânı sağlamaktadır. Cihaz gövdesinde hareketli sistemin az oluşunun cihazın kullanım esnasında avantaj sağladığı tespit edilmiştir. Analiz tezgâhının küçük olmasının farklı boyutlardaki dokümanların analizinde dezavantaj yarattığı görülmüştür.

Şekil 3.3: Projectina spectral pro cihazı



Kaynak: <https://www.ultra-forensicstechnology.com> [Erişim tarihi: 10.10.2017]

Regula 4308 cihazı:

Regula Forensic Teknoloji, 1992 yılında kurulmuştur ve ilk olarak banknotların doğruluğunu kontrol etmek için cihaz geliştirmeye başlamıştır. Zamanla pasaport gibi farklı birçok kıymetli belgenin analizi imkânını sağlayan cihazların geliştirilmesi konusunda uzmanlaşmıştır.¹⁵ Şekil 3.4’te Regula firmasına ait Regula 4308 modeli görülmektedir. Tasarımda Foster & Freeman VSC8000 modeli ile ortak yönlerin bulunduğu gözlemlenmiştir. Ön cephede kullanıcının aktif olarak kullandığı ana kapak ve yanlarda bağımsız kapaklar bulunmaktadır. Kapakların fazla olması nedeniyle kullanım esnasında hangi kapakları kontrol etmede problem gözlenmiştir.

¹⁵ Regula, <https://www.regulaforensics.com> [Erişim tarihi: 15.11.2017].

Şekil 3.4: Regula 4308 cihazı



Kaynak: <https://www.regulaforensics.com> [Erişim tarihi: 15.11.2017]

Forensic XP-4010D cihazı:

Şekil 3.5'te TÜBİTAK tarafından geliştirilen Forensic XP-4010D cihazı yer almaktadır. Bu cihazın kullanım şekline bakıldığında ön tarafta ray üzerinde dikey olarak hareket eden ana kapak görülmektedir. Kapak en üst konuma getirildikten sonra klipsli bir şekilde sabit durmakta ve analiz yapılacak doküman cihaz içine yerleştirilmektedir. Bu işlem sonrası kapak aşağı yöne hareket ettirilerek kapatılmaktadır. Yan gövdelerde çıkarılabilir kapaklar bulunmasına rağmen bunların çok kullanışlı olmadığı görülmektedir. Cihazın bütün köşelerinde sabit profil olması tezgah alanına büyük ölçekli dokümanların yerleştirilmesini mümkün kılmamaktadır.

Şekil 3.5: Forensic XP-4010D cihazı



Kaynak: <https://analitiklab.bilgem.tubitak.gov.tr>
[Erişim tarihi: 15.10.2017].

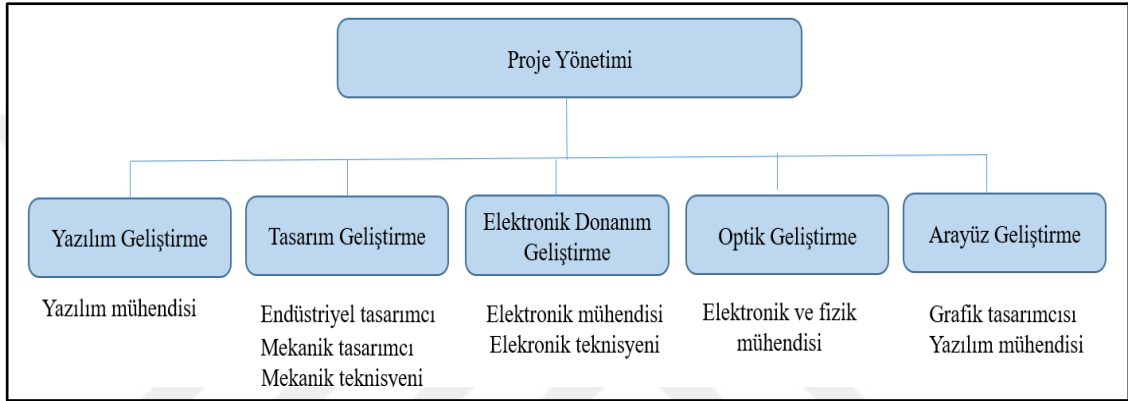
Dört farklı cihazda yapılan bu incelemeyle cihazların tezgâh bölgelerinin üç taraftan erişimi sağlayan tasarımı dikkate alındığında TÜBİTAK Forensic XP-4010D cihazı hariç diğer cihazlarda benzerlikler görülmüştür. Bu tür tasarım çözümlerinin cihaz fonksiyonelliğini arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca ışık izolasyonlarının bütün cihazlar için vazgeçilmez bir öneme sahip olduğu gözlenmiştir. Bahsedilen ortak özellikler ve ışık izolasyonu konusu, yapılacak tasarımda çözümlenmesi gereken konular olarak not edilmiştir.

3.2.2 Ocak-Haziran 2018

2017 senesi sonu itibari ile Fordex tasarım süreci etkin olarak başlamıştır (Ek A9). Yeni bir doküman inceleme cihazının tasarlanma kararı 2018 senesi başı itibariyle

kesinleşmiştir. Bu kararın ilk yansımalarından biri projede yer alacak ArGe uzmanlıklarının belirlenmesi olmuştur. Bu sayede proje bünyesinde iş dağılımı ve görev alanları tanımlanmış ve detaylandırılmıştır. Proje kapsamında çalışacak personelin toplam proje süresi içindeki iş gücü süre ağırlıkları belirlenmiştir. Şekil 3.6’da proje personel gereksinim listesi görülmektedir. Araştırmacı bu tabloda Tasarım Geliştirme bölümü altında endüstriyel tasarımcı olarak yer almaktadır.

Şekil 3.6: Proje personel gereksinim listesi



Yapılan bu iş planlaması sayesinde her alt birim proje dâhilinde güncel bilimsel çalışmalar ışığında konu ile ilgili güncel örnekleri ve teknolojileri araştırmaya yönlendirilmiştir. Bu süreçte proje grubu ile Ek A9’da görülen tarihlerde yoğun bir toplantı programı gerçekleştirilmiştir. Ocak ve Haziran ayları arasında yapılan bu 6 adet toplantı ile bütün birimler gereksinimler bazında mesai harcamıştır (Ek A9). Toplantıların içeriğine bakıldığında Proje yöneticisinin belirttiği gibi, ilk aşamada cihazın elektronik gereksinimleri tartışmaya açılmıştır. Her iş paketi kendi uzmanlık alanlarına göre sürecini yürütmüş ve araştırmalara devam etmiştir (Ek A1). İlk etapta tedarik süresi uzun olan ve cihazın analiz kabiliyeti açısından önem arz eden elektronik modüllerin araştırılması ve sipariş edilmesi gerçekleştirmiştir (Ek A3).

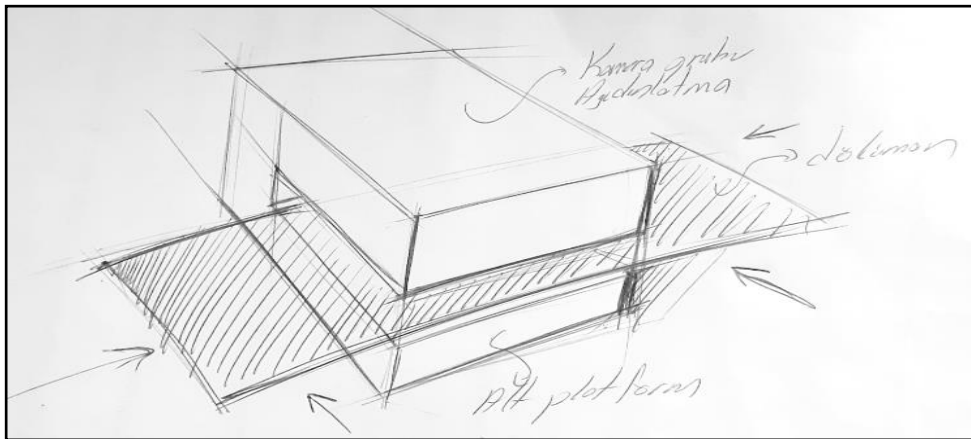
Bununla birlikte tasarımcı da önceki aşamada yaptığı araştırmada sektörde kullanılan ve rakip kabul edilebilecek tasarımların ortak ve farklı özelliklerini belirlemiştir. Bu tasarımlardaki bazı özelliklerin kullanıcı ihtiyaçlarını daha iyi karşılayacak şekilde geliştirilebileceği kararına varılmıştır. Bu nedenle Fordex doküman inceleme cihazı

tasarımının farklılık yaratabileceği ve sektörde yeni fırsatlar oluşturulabileceği kanısına varılmıştır. Tasarım sürecinin ilerleyen adımlarında belirleyici olacak etkenlerden birisi de bu olacaktır. Eylül-Aralık 2017 döneminde gerçekleştirilen ürün incelemeleri ve araştırmalar sonucunda tasarımcı tarafından bazı problemler belirlenmiştir. Tasarımcı bu problemleri detaylı olarak tanımlamaya çalışmıştır. Devamında ise bu sorunlara getireceği yaklaşımı oluşturmaya başlamış, çözüm önerileri taslağı hazırlamıştır. Bu önerilerin oluşmasında hem düşünsel eylemler hem de çizim etkinlikleri yer almıştır. Belirlenen bu sorunlar ve tasarımcının bu sorunlara karşı geliştirdiği taslak öneriler aşağıda listelenmektedir.

- i. Sorun: Doküman inceleme cihazlarında inceleme yapılacak objelerin fiziksel boyutlarının farklı olmasının yapılacak analiz işlemini zorlaştırdığı tespit edilmiştir. Bazı evraklarda kalınlık, bazılarında ise en ve boy ölçüleri görüntüleme yapılan analiz tezgâhından büyük olduğu için dokümanın tezgâha sığmaması ya da tezgâhta sıkışması gibi sorunlar ortaya çıktığı gözlenmiştir. Bazı kullanıcıların büyük boyuttaki evrakları sınırlı genişlikteki okuma alanına yerleştirmeye çalışırken evrağı deforme ettiği bilinmektedir. Muadil bütün cihazlarda benzer tasarım problemi tespit edilmiştir.

Çözüm önerisi: Analiz edilecek dokümanın fiziksel boyutunun değişkenlik arz etmesinden dolayı cihazın en az üç cepheden erişilebilir olması gerektiği anlaşılmıştır. Öngörülen bu yapıya göre Şekil 3.7'deki taslak yapı gibi köşelerde herhangi bir sınırlayıcı bağlantı veya profil olmaması gerekmektedir.

Şekil 3.7: Cihazda üç taraftan erişimi gösteren ön eskiz



- ii. Sorun: Doküman inceleme cihazlarında analiz esnasında farklı dalga boylarında ışıklar kullanılmaktadır (Ek A6). Bu tür cihazlarda bütünsel olarak dışarıdan içeriye ve içerden dışarıya ısı, hava ve en önemlisi ışık sızmamalı gerekmektedir. Sızdırma durumu hem inceleme işlemini olumsuz etkilemekte, hem de cihazdan dışarıya sızan UV ışınlarının insan sağlığına zarar verdiği bilinmektedir.

Çözüm önerisi: Yapılacak tasarımın bütünsel olarak ısı, hava ve ışık yönünden oldukça izolasyonlu olması gerekmektedir.

- iii. Sorun: Kullanıcının cihazda en çok etkileşimde olduğu kısım analiz platformu ve kapak bölgesidir. Kapak sayısının fazla olması kullanım zorluğu ve karmaşası yaratmaktadır.

Çözüm önerisi: Kapak sayısının mümkün oldukça az olması gerekmektedir.

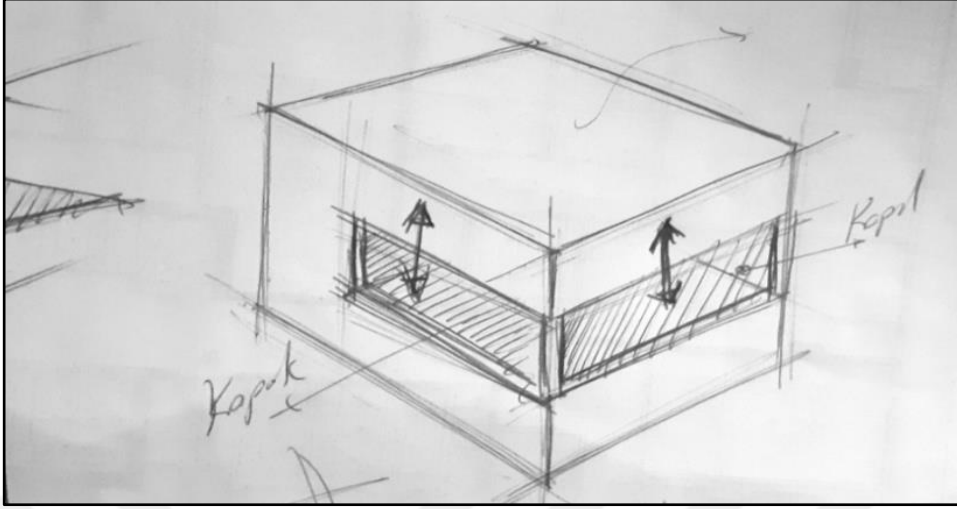
- iv. Sorun: Cihazın içerisine yerleştirilen incelenmesi gereken dokümanların zaman zaman iç alana uyumlu olmadığı gözlemlenmiştir. Bu tür durumlarda muadil cihazlarda gözlendiği gibi cihazların iç inceleme alanlarını aşan durumlarda cihazın sahip olduğu sağ, sol ve ön kapaklarının açılıp gerekli olan ek alanın sağlandığı bilinmektedir. Bu tasarım şekli beraberinde alan kazandırmak için açılan bu kapakların tamamen kapatılamaması neticesinde üç kapağın birleşim yerlerinde açıklıklara neden olmakta ve cihazın optik sızdırmazlık ön gerekliliğini ihmal etmektedir.

Çözüm önerisi: Yapılacak tasarımda bu hususa dikkat ederek iç alana kapak bölgesinden ışık girmemesi için kapak yapısının tek parça olması tercih edilmelidir.

- v. Sorun: Yapılan araştırma ile analiz laboratuvar ortamında cihaz yoğunluğunun fazla olduğu fark edilmiştir. Forensic XP-4010D cihazı hariç diğer cihazlarda analiz bölgesi kapaklarının dışı doğru açılmasından dolayı ortamında fazla alanı işgal ettiği tespit edilmiştir.

Çözüm önerisi: Kapak sistemi yanlara değil Şekil 3.8’de görüldüğü gibi yukarı aşağıya doğru hareket edebilir şekilde tasarlanmalıdır.

Şekil 3.8: Cihazda dikey kapakları gösteren ön eskiz



Yukarıda anlatılan tespitlerle eşzamanlı olarak, cihaza ait elektronik komponentlerin yerleşiminin ürün tasarımında belirleyici bir faktör olduğu ortaya çıkmıştır. Proje donanım sorumlusu Özkan Ek A3’de çalışmayı şu şekilde belirtmiştir;

“Endüstriyel tasarımcıya, elektronik bileşenlerin cihaz içinde nasıl konumlandırılacağı ve bunların ölçüleri konusunda datasheetler paylaşılmıştır. Proje yöneticisi koordinasyonunda Elektronik, Optik ve diğer çalışma ekibi ile birlikte için cihazın üst grubuna kamera, optik okuyucular, ışık sistemi ve bunların hareketini sağlayan modüller yerleştirilmesine karar verilmiştir. Alt gruba ise yatay hareketi sağlayan tezgâh platformu yerleştirilmiştir. Bütün bu elektronik birimlerin kontrolünü sağlayan modüller ise arka tarafta olacak şekilde kurgulanmıştır.”

Bu belirtilen iç yerleşimin cihazın analiz kabiliyetinde belirleyici olduğu düşünülerek bu yapının sabit kabul edilmesi kararlaştırılmıştır. Ayrıca projede sistem tasarımı ve yazılım geliştirme sorumlusunun Takaoğlu Ek A5’de belirttiği gibi “cihaz kapaklarının farklı yönlerden açılarak her bir bölgeden alan genişletmesi sağlanarak cihaz kullanıcısına kullanım kolaylığı sağlanması” önerisinde bulunarak endüstriyel tasarımcıya bilgi aktarılmıştır. Ek A8’de belirtilen toplantı ile birlikte bu döneme kadar projeye ilgili ön hazırlıkların yapıldığı ve doküman inceleme sektöründe böyle bir ihtiyacın varlığının araştırıldığı görülmektedir. Projenin onayı öncesinde zaman kazanmak adına cihazın elektromekanik yapısının olgunlaşmasına yönelik proje

yöneticisi tarafından Ek A9'da belirtilen tarihlerde toplantılar düzenlenmiştir. Bu toplantılarda alınan kararlara baktığımızda donanım sorumlusu Özkan'ın belirttiği gibi hızlı bir prototip üretilmesi için hazır modüller kullanılarak bir cihaz üretilmesi ve tasarlanan ürünün hızlı bir şekilde yazılım grubuna çalışır halde teslim edilmesi amaçlanmıştır (Ek A3). Bununla birlikte ihtiyaç duyulan elektronik komponentler ve bunların taşıyıcı iskeletini oluşturacak iç mekanik şase yapının nasıl olacağı yönünde çalışmalar yürütülmüştür. Tasarımcı bu süreçte belirli dönemlerde proje toplantılarına katılmıştır ve Nisan 2018'de projenin onaylanması ile birlikte süreç hızlanmış ve daha açık şekillenmiştir.

3.2.3 Temmuz-Aralık 2018

Projenin başlamasıyla beraber yapılan araştırmalarla doküman inceleme kavramı ve bu sektörde kullanılan analiz cihazları derinlemesine öğrenilmeye çalışılmıştır. Proje grubuyla farklı dönemlerde yapılan toplantılar ile özellikle elektronik komponentlerin yerleşiminin ve kullanıcı-cihaz etkileşiminin tasarımda yönlendirici olduğu konusunda karar birliğine varılmıştır. Buradan hareketle tasarımcı cihazın ana hatlarını oluşturmak için önceki kısımda yer alan Şekil 3.7'de görülen eskiz çalışmasını yapmıştır. Yapılan araştırmalar neticesinde cihaza üç cepheden erişimin önemli bir özellik olduğu fakat muadil cihazlarda bunun kısmen kullanıldığı görülmüştür. Tasarımcı çok kısa bir eskiz çalışmasıyla bu çözüme ulaşmıştır. Eskizde belirtildiği gibi bu özelliğin tasarımda daha etkin olacak şekilde kullanılması düşünülmüştür. Bu temel karar ile farklı büyüklükteki dokümanların cihazın analiz alanına yerleştirilmesi imkânının sağlanabileceği öngörülmektedir. Sektördeki birçok cihazın kapak tasarımının yanlara doğru ve çok eklemlili bir şekilde olduğu gözlenmiştir. Bunun oluşturacağı belirgin sorunlardan ilki cihazın mekânda kapladığı alanın kapakların açılması ile birlikte dikkat çekecek şekilde artmasıdır. Bir diğeri ise farklı kalınlıklardaki dokümanların analizi esnasında doküman kalınlığından dolayı ötelenen kapakların köşe birleşim bölgelerinin açık kalmalarıdır. Önceki kısımda paylaşılan Şekil 3.8'de görüldüğü gibi üç köşede bulunan kapakların açılma ve kapanma yönü dikey olarak sağlanır ise tasarım sorununun ortadan kalkacağı düşünülmüştür. Bu iki eskizle özetlenen özellikler ile tasarımla ilgili iki önemli karara ulaşılmıştır.

Proje donanım tasarım sorumlusu Özkan'ın Ek A3'de belirttiği gibi elektronik donanım ve iç mekanik tasarım konuları hakkında bu dönemde yoğun olarak çalışılmıştır. Bu süreçte öncelikle cihazın çalışır hale gelmesi amaçlanmıştır. Optik tasarım sorumlusu Gülmez bu süreçte takribi 5 ay planlama süreci ile çalışmayı yürütmüş ve yazılım grubuna test edilebilir bir yapı sunmaya çalışmıştır (Ek A4). Yazılım sorumlusu Takaoğlu, cihazın görüntüleme ekranına titreşim vb gürültüleri aktarmayacak bir mekanik yapıya sahip olması gerektiğini belirtmiştir (Ek A5). Bu dönemde farklı disiplinlerdeki eşzamanlı çalışmalarla Model 1 için çalışır bir içyapıya ulaşılmıştır.

Seçilen hazır elektronik ve optik donanımların sipariş edilmesi ile birlikte konstrüksiyon iç mekanik tasarımın nasıl üretileceği konusunda farklı altyüklenici firmalar ile Ek A10'da belirtilen maildeki toplantı tarihlerinde görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

Üretim konusunda riskler ve maliyetler ilgili alt yüklenici firmalarla değerlendirilmiştir. 2018 Haziran ayı itibariyle şekillenen iç konstrüksiyon mekanik tasarımın üretimi yapılması için proje yönetimi tarafından verilen direktif doğrultusunda üretim teknik şartname sürecine geçilmiştir (Ek A10). Proje yöneticisinin yönlendirmesi ile bu süreç 3 kişiden oluşan mekanik tasarım ekibi tarafından yürütülmüş ve kısa bir sürede tamamlanan bu çalışma ile birlikte iç konstrüksiyon mekanik üretim sürecine geçilerek imal edilmiştir (Ek A1). Projede yer alan mekanik teknisyenin belirttiği gibi hazır modüllerin temini ve şasenin üretilmesi ile birlikte şase üzerinde bütün optik ve elektronik parçaların montajı işlemine geçilmiştir (Ek A6). 2018 senesinin kalan kısmı boyunca iç konstrüksiyon mekanik yapı üzerindeki optik ve elektronik modüllerin test çalışmaları devam etmiştir. Yapılan testler itibari ile tasarımla ilgili odaklanılacak konular ve bazı teknik konular olgunlaşmıştır.

3.2.4 Ocak-Mart 2019

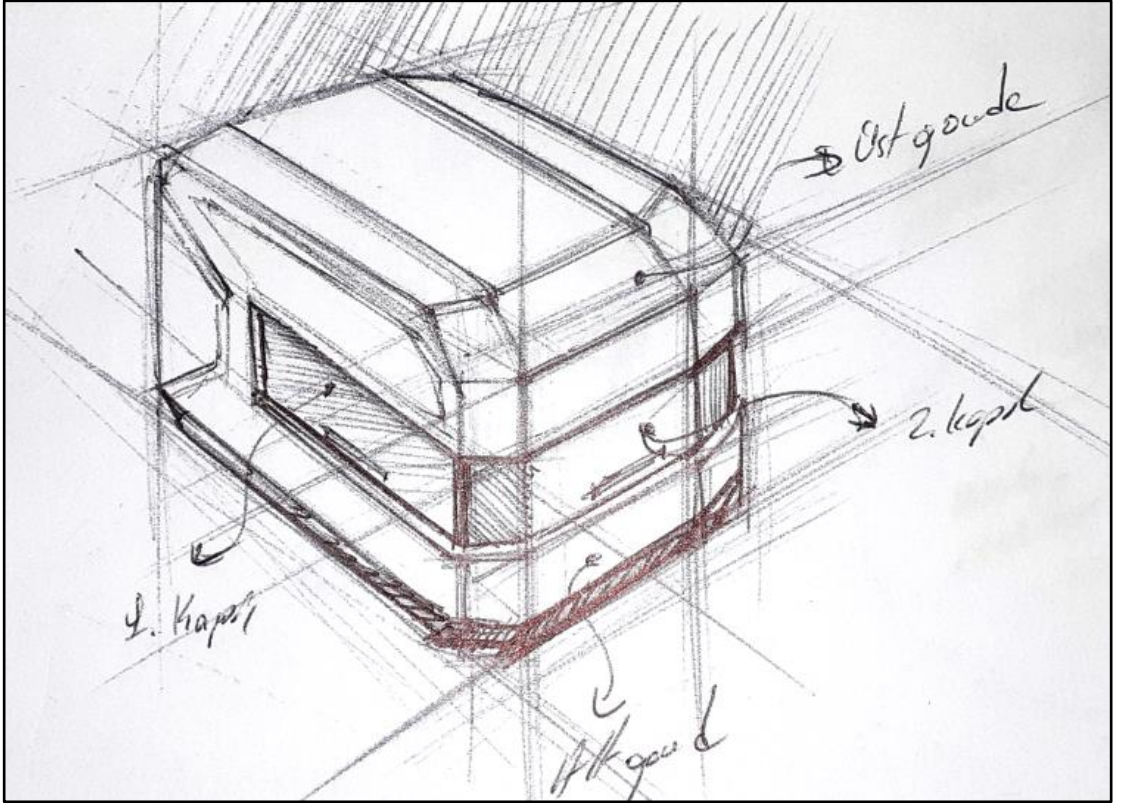
Bir önceki dönemde proje yöneticisinin oluşturduğu proje grubu dâhilindeki elektronik donanım sorumlusu, optik tasarım sorumlusu, yazılım geliştirme sorumlusu ve mekanik tasarım grubu ağırlıklı olarak çalışmıştır. Cihazın teknolojik ve test edilebilirlik olarak belli bir olgunluğa gelmesi ile birlikte ana yapı şekillenmiştir (Ek A1). Projede görev

alan mekanik tekniker Arslan Ek A6'da 2018 yılı sonuna kadar yapılan çalışmayı şu şekilde ifade etmektedir;

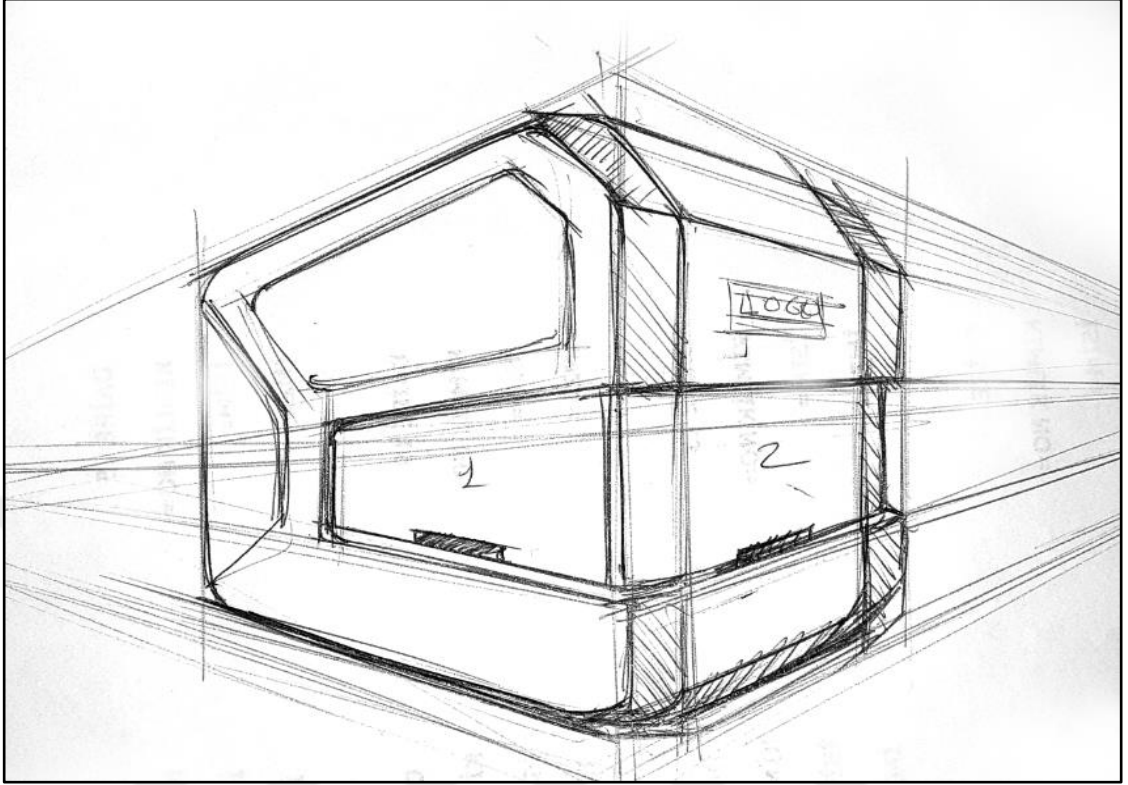
“Cihazın analiz kabiliyetini ölçmeye yönelik takribi bir yıl boyunca lab cihazı yönünde iç elektromekanik yapı iskeleti oluşturulmuştur. Bunun üzerinde yapılan testlerden alınan olumlu sonuçlardan dolayı ve cihazında kapsamlı test yapılabilmesi için dış kabuk mekaniğine yönelik farklı denemeler yapıldı.”

Tüm bu gelişmelerin sonucunda, 2018 yılı aralık ayı sonu itibari ile cihazın içinde yer alan görüntüleme ve analiz teknolojileri olgunlaşmış olarak kabul edilebilir. Bu nedenle sürecin devamında kabuk tasarımı üzerinde çalışılmasına karar verilmiştir. Bununla birlikte tasarım problemine çözüm arayışı başlamış ve edinilen bilgiler doğrultusunda tasarımcı tarafından Şekil 3.9 ve Şekil 3.10’ da görülen eskizler oluşturulmuştur. Eskiz çalışmalarında görüldüğü gibi cihazda üç köşeden dikey hareketli üç farklı kapak sistemiyle ile analiz bölgesine erişilebilmesi düşünülmüştür.

Şekil 3.9: Eskiz çalışması örneği



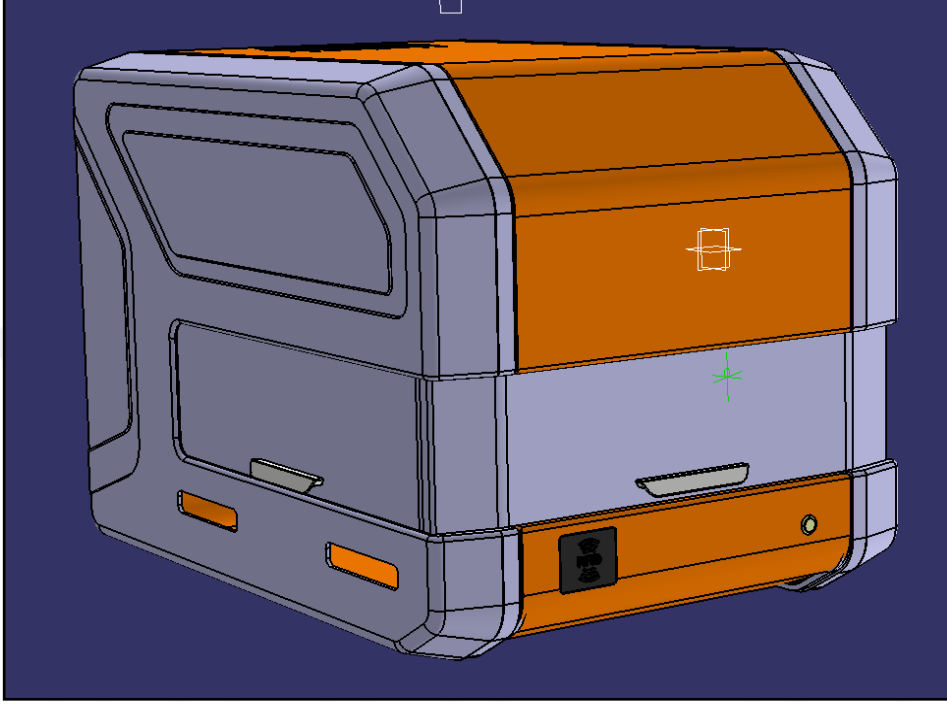
Şekil 3.10: Eskiz çalışması örneği



Şekil 3.10'da belirtilen eskiz çalışması 14.01.2019 tarihinde proje yöneticisine ikili görüşme ile sunulmuş ve görüş alınmıştır. Çalışılan bu öneri proje yöneticisi tarafından kabul görmüş ve bunun neticesinde çalışmada detaylandırılma aşamasına geçmiştir. Fizibilite sürecinde yapılan araştırma ve önerilen tasarımın cihaz problem tanımı ve çözümleri ile uyumlu olması proje yöneticisinin öneriyi kabul etmesinde etkili olmuştur. Bunun iki temel sebebi vardır. Birincisi piyasada bulunan cihazlarda kısmen üç yönden erişilebilir fonksiyonun bu konseptte karşılanıyor olmasıdır. İkinci sebep ise analiz bölgesine erişim için önerilen konseptin benzer cihazlardan ayırt edici bir şekilde dikey kapaklı çalışıyor olmasıdır. Tasarımcı bu süreçte önerdiği konseptin kabul görmesi üzerine, tasarımı üç boyutlu olarak modelleme aşamasına geçmiştir. Bu kararın amaçlarından biri sistemi analiz edilebilir hale getirmektir. Şekil 3.11'de bu aşamada çalışılan konseptin tasarımcı tarafından bilgisayar ortamında üç boyutlu modellenmiş hali görülmektedir. Cihaz, kapaklarının farklı yönlerden açılarak her bir bölgeden alan genişlemesi sağlayacak şekilde olması ve cihaz kullanıcısına kullanım kolaylığı gibi beklentilere cevap vermektedir (Ek A5). Yapılan bu modelleme ile birlikte, çalışılan

tasarım önerisinin ilk kurgulanan yapı ile uyumlu olduğu ve prototip aşamasına hızlı geçilebilme fırsatı sağlayacağı düşünülmüştür.

Şekil 3.11: Fordex Model 1 CAD çizimi



Yapılan bu yeni tasarım sayesinde diğ er muadil cihazlardan farklı olarak 3 adet kapak yanlara değil yukarıya doğru hareket etmektedir. Bu sayede laboratuvar ve ofis ortamında fazla alanı iş gal etmemesi hedeflenmiştir. Ayrıca gövdedeki bu kapaklar her biri birbirinden bağımsız hareket edecek şekilde düşünülmüştür. Analiz öncesi bu kapaklar en üst konuma getirilir ve doküman platforma yerleştirildikten sonra içeriye ış ık sızmaması için bütün kapaklar kapatılır. Cihazın Şekil 3.12’de son görünüşüne ait çalışma bir hafta sonra 21.01.2019 tarihinde tasarımcının belirttiğı gibi proje yöneticisiyle ikili görüşme ile paylaşılmıştır.

Şekil 3.12: Fordex Model 1 endüstriyel sunum görseli



Cihazın verimli çalışması açısından kullanıcının temasta olduğu yan kapakların tasarımı önem arz etmektedir. Bu dikkate alınarak tasarım sürecinde modelin simülasyonu yapılmıştır. Analiz yapılacak şartlara göre kullanıcı isteğine bağlı olarak bu kapaklar farklı şekillerde kullanılmaktadır. Bu üç kapağın çalışma yapıları Şekil 3.13’de görülmektedir. Tasarım çözüm önerisi hakkında yapılan bu çalışmalar sonucunda, önerinin denenmesi aşamasına geçilmiştir.

Şekil 3.13: Cihaz kapaklarının kullanım şekilleri



Model 1 konseptinin belli bir olgunluk seviyesine gelmesiyle prototip üretilmesi planlanarak cihazın testlerinin başlanmasına karar verilmiştir. Proje yöneticisi bu aşamada prototipin imalatı için kalıp gerektirmeyen yöntemlerin seçilmesi hususunda yönlendirici olmuştur (Ek A1). Bu amaca uygun olarak, endüstriyel tasarımcı ve mekanik tasarımcının ortak kararıyla cihaza ait ana yan parçaların alüminyum malzemeden talaşlı imalat yöntemi ile üretilmesi kanaatine varılmıştır. Diğer parçaların ise sac büküm yöntemi ile üretilmesi planlanmıştır. İki yöntem de kalıp üretimi gerektirmemektedir. Bu yöntemlerin seçilmesinde araştırmacının seçilen üretim yöntemleri hakkında önceki projelerinden sahip olduğu tecrübe etkili olmuştur. Ayrıca

gerek duyulması durumunda bu yöntem ile parçalar üzerinde hızlı bir revizyon yapma fırsatı elde edilebilmektedir.

Prototipin üretimine imkân verecek kararların alınmasıyla sürece başlanmıştır. Sürecin bu aşamasında projede görevli mekanik tasarımcı bütün parçaların teknik resimleri ve imalat dosyalarını 2019 Şubat ayı itibari ile hazırlamıştır. Hazırlanan bu evraklar satın alma birimine gönderilmiştir. BİLGEM Satın Alma Birimi tarafından ihtiyaç duyulan bileşenler için farklı firmalardan teklif alınan resmi bir süreç yürütülmüştür. Sürdürülen resmi süreç sonucunda gelen teklifler, maliyet ve üretim süreleri dikkate alınarak yönetim tarafından en uygun teklif onaylanmış ve üretim sürecine geçilmiştir. Bu süreçte mekanik imalatı gerçekleştiren firmayla mail yolu ile iletişim kurularak parçaların üretim sonrası teslimatları planlanmıştır ve 20 Şubat 2019'da tamamlanması hedeflenmiştir (Ek A11). Ayrıca aynı firma ile mekanik üretim sonrası parçaların elektro statik toz boya ile boyanmaları için talimat hazırlanmış ve firmaya gönderilmiştir (Ek A11).

Kuruma teslim edilen parçalar kurum bünyesindeki laboratuvar da diğer elektronik parçalarla birleştirilmiş, 2019 Mart ayı itibariyle dış kabuk ile beraber yazılım, donanım ve mekanik test sürecine geçilmiştir. Doküman inceleme cihazlarında elektronik ve mekanik üniteler birbiriyle iç içe ve birbirini etkiler nitelikte olduğu için analiz testlerinin sağlıklı yapılabilmesi amacıyla proje yöneticisinin belirttiği gibi prototipin çalışır olması gerekli görülmüştür (Ek A1). Cihazın testlerinin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi açısından fiziksel prototip sürecinin önemine vurgu yapılmıştır. Şekil 3.14'te montajı yapılan prototipin laboratuvar ortamında fotoğrafı bulunmaktadır.

Şekil 3.14: Fordex Model 1 için üretilen çalışan prototip fotoğrafı



3.2.5 Nisan-Haziran 2019

Prototip ile iç şase mekaniğinin 2019 Mart ayı sonuna kadar süren tümleştirme montaj işlemi sonrası, bu yapı üzerinde geliştirme testleri 2020 Şubat ayına kadar devam etmiştir. Bu süreçte tasarımcı, testlerin devam etmesi sonucu 2020 Ocak ayına kadar projede herhangi bir çalışma yapmamıştır. Ağırlıklı olarak yazılım ve donanıma yönelik çalışmalar yürütülmüştür. Yazılım sistemleri sorumlusu açısından en önemli kararlar cihazın ilk geliştirme işleminde öngörülerek yapılması istenilen mekanik ve elektronikle ilişkili gereksinimlerdir. Model 1 cihazında sistemin bahsedilen yazılım ile ilgili olası kamera kadraj problemi, iç kaynaklı gürültünün giderilmesine yönelik düşünülerek bir tasarım oluşturulmuştur ve bu yapı üzerinden yazılım testleri yapılmıştır (Ek A5). Optik tasarım tarafından cihaz üzerinde kurgulanan 360 derece led kaynaklarının ve doküman analiz edilecek alanın bütün bölgelerinde ışık şiddetinin homojen ve aynı şiddette olması üretilen model 1 prototipi üzerinden test edilmiştir (Ek A4).

Bu aşamada prototipin sadece proje çalışanları tarafından test edilmesi dışında farklı kullanıcılara da sergilenmesi fikri oluşmuştur. Bu sebeplerle prototipin 2019 İstanbul İnovasyon Fuarı'nda yer almasına karar verilmiştir. İstanbul İnovasyon Fuarı, Ticaret Bakanlığı koordinasyonu ile Türkiye İhracatçılar Meclisi tarafından gerçekleştirilmiştir.¹⁶ 3-4 Mayıs 2019 tarihlerinde İstanbul Kongre Merkezi'nde gerçekleştirilen İstanbul İnovasyon Fuarı'nda prototip TÜBİTAK standı içerisinde sergilenmiştir. Fordex cihazının teknolojisini ve doküman analiz kabiliyetlerini tanıtmaya yönelik yapılan bu çalışma ile cihazın geliştirme sürecine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'da İstanbul İnovasyon Fuarı TÜBİTAK standında Fordex cihazının tanıtımına ait fotoğraflar görülmektedir.

Şekil 3.15: İstanbul inovasyon fuarı fotoğraf 1



¹⁶ Türkiye İnovasyon Haftası, <https://www.turkiyeinovasyonhaftasi.com/tr/turkiye-inovasyon-haftasi> [Erişim tarihi: 15.06.2019].

Şekil 3.16: İstanbul inovasyon fuarı fotoğraf 2



3.2.6 Temmuz-Aralık 2019

2019 senesinde yapılan çalışmalar sonucunda Model 1, İstanbul İnovasyon Fuarı'nda sergilenecek olgunluğa ulaşmıştır. Hem fuar boyunca alınan geri bildirimler hem de süreç boyunca yapılan gözlemler sonucunda, proje ekibi tarafından Model 1 hakkında aşağıda özetlenen sonuçlar hakkında ortak kanaata varılmıştır.

- i. Fordex cihazının analiz bölgesi kapaklarının muadil cihazlardan farklı olması ayırt edici bir özellik olarak dikkat çekmiştir. Kapakların açılma hareketinin yana değil yukarı ve aşağı doğrultuda olması cihazın laboratuvar ortamında az yer işgal etmesini sağlaması açısından olumlu bir tasarım çıktısı olarak değerlendirilmiştir.
- ii. Cihazın kullanımı esnasında üç farklı kapağın ayrı kapatılması kullanımda kafa karışıklığına neden olmaktadır (Ek A6). Kapakların kapandığını anlamak için sistem bünyesinde bulunan sensörler sıklıkla uyarı verdiği için çoklu kapak olmasının kapak kontrolünü ve analiz işlemini zorlaştırdığı fark edilmiştir. Proje yöneticisi tasarımcıya bu konuda revize yapılmasının gerekliliğini belirtmiştir.

- iii. Cihaz içerisinde insan sağılığına zararlı ışık kaynakları bulunmaktadır. Analiz esnasında bu üç kapağıın birleşim yerlerinden ışık sızdığı gözleendiğı tasarımcıya belirtilmiştir (Ek A1, A5, A6). Proje ekibinin bu konudaki uyarısı da not alınmıştır.
- iv. Cihazın bakım ve tamir işlemleri esnalarında arıza bölgesine erişim için montaj sırasından dolayı bütün parçaların sökülmesi gerekmektedir ve bu işi iki kişi yapmak zorunda kalmaktadır (Ek A6).
- v. Cihazın kurulumunun zor olması nedeni ile tekrar hassas kurulum yapmaya neden olmaktadır. Bu konuda proje yöneticisi ve özellikle mekanik teknikerden dönüşler olmuştur (Ek A1, A2, A6).
- vi. Üründe tercih edilen talaşlı imalat yöntemi neticesinde cihazın üretim maliyeti yüksek çıkmıştır (Ek A2). Tasarım müdürü tarafından yapılan öneriyle üretim yöntemi gözden geçirilmiştir.
- vii. Talaşlı imalat ile üretilen gövde yan parçalarının cihazın genel ağırlığını arttırdığı gözlenmiştir (Ek A1). Proje yöneticisi bu konuda da revizyon önermiştir.
- viii. Cihazın montajını gerçekleştiren mekanik tekniker tarafından mekanik aksamın çok parçalı olmasının çalışmayı zorlaştırdığı belirtilmiştir (Ek A6).
- ix. Model 1 prototipinin üretilmesi ile yapılan testler gereksinimleri karşılamak için soğutucu ve kablolama çevresinde optimizasyon yapma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır (Ek A3).

Listelenen bulgular sonucu tasarımın iyileştirilmesi gereksinimi duyulmuştur. Bu gereksinimin başlıca sebepleri proje yöneticisinin tasarımcıya aktardığı gibi kapak yapısının karmaşık yapıda ve kullanım zorluğunun olması, cihazın montaj zorluğunun tespit edilmesi, yapılan tasarımın cihaz ağırlığına etkisinin fazla olmasıdır (Ek A1). Bu aşama itibariyle yeni bir modelin tasarım sürecinin başlayacağı fikri öne çıkmıştır. Model 2 tasarım süreci resmi olarak henüz başlatılmamış, fakat tasarımcı konu hakkında düşünsel aktivitelerini devam ettirmiştir. Özellikle 2019 Aralık ayı boyunca, Model 2 hakkında araştırma ve fikir geliştirme sürecinin etkin olarak başladığı söylenebilir.

3.3 FORDEX MODEL 2

Fordex Projesi'nin ikinci modelinin tasarım süreci 2020 senesi başı itibari ile başlayarak, aynı yılın kasım ayında bazı özelliklerinin ön plana çıkması ile patent aşamasına gelinmiştir. Bu bölümde 2020 Ocak-Kasım ayları arasındaki süreç paylaşılacaktır. Birinci prototip imalatı ile belirlenen problemler sonucunda tasarım üzerinde yeniden çalışılmasına ve problemin yeniden ele alınmasına karar verilmiştir. Optik tasarım sorumlusu Gülmez Ek A4'de yeni çalışmaya başlarken durumu şu şekilde ifade etmiştir “Dış kutunun kapanması ve açılması gerekliydi. İlk modelde kullanılan açılır kapak yapısının değiştirilmesi ihtiyacı doğdu. Bu amaçla Mekanik Tasarım Grubu'ndan Sayın Mustafa Duman Bey'e yeni tasarım görevi verildi.” Model 1'in prototipi üzerinden yapılan değerlendirmeler sonucunda belirlenen ve yapılması gereken yeni çalışmaları proje donanım tasarım sorumlusu Özkan Ek A3'de şu şekilde tanımlamıştır:

“Model 2'de bazı değişiklikler yapılması talep edilmiştir. Örnek olarak, soğutucuların mekanik tasarımı bizi çok etkilediği için bu konuda gereksinimlerimizin karşılanması için tasarımda değişiklikler talep ettik. Kablolama konusunda mekanik ve endüstriyel tasarım grubu ile gereksinimlerimiz çerçevesinde optimizasyonlar talep edildi. Ayrıca elektronik donanım yapısının stabilleşmesi ile tasarımcıya cihazın hakkında geri beslemeler yaptık”

2020 senesi başı itibari ile proje yöneticisinin de onayıyla (Ek A1) tasarımcı ikinci model üzerinde çalışmaya başlamıştır. Bu süreçte tasarım yöneticisi tarafından yapılan yeni iş planlaması ile cihazın kabuğuna ait endüstriyel tasarım ve mekanik tasarım faaliyetlerinin tek elden olacak şekilde endüstriyel tasarımcı tarafından yürütülmesi kararlaştırılmıştır. Bu kararlar kabuk tasarımına ait endüstriyel tasarım ve mekanik tasarım iş paketi birleştirilmiştir (Ek A4). Tüm bu kararlar ışığında sene başı itibariyle Model 2'nin tasarım süreci başlamıştır.

3.3.1 Ocak-Mart 2020

Model 2'nin tasarımı, tasarımcının önceki modelden daha kapsamlı yetkilere sahip olduğu bir süreç olarak başlamıştır. Bir önceki sürecin son aylarında tasarımcı yeni model hakkında araştırma ve fikir geliştirme etkinliklerinde bulunmuştur. Bu nedenle proje yöneticisinin onayı sonrası, başlangıç eylemlerinin hızlı gerçekleştiği görülmektedir. Sürecin başında hâkim olan düşünsel etkinlikler dâhilinde, Model 2'nin tasarım süreci boyunca tasarımcıyı yönlendiren iki ana eğilimin olduğu söylenebilir. Bunlardan birincisi son kullanıcının en çok temasta olduğu kapak yapısının üzerinde çalışmaktır. Kapak tasarımının tek parça ve kolay kullanımlı olması tasarımcının ürüne katmak istediği önemli özellikler olarak öne çıkmıştır. Tasarımcının çözüm arayışını yönlendiren ikinci önemli düşünce ise, tasarım sürecinde biyomimikri yaklaşımını kullanmanın faydalı olabileceğidir. Bu düşüncenin arka planında tasarımcının geçmiş projelerinde biyomimikri yaklaşımını kullandığında elde ettiği kazanımlar yer almaktadır. Bu sebeplerin tasarım problemine çözüm ararken tasarımcının biyomimikri perspektifini benimsemesinde motive edici olduğu görülmüştür. Bu iki ana etken çerçevesinde, tasarımcının biyomimikri odaklı fikir geliştirme süreci ağırlık kazanmıştır. Bu süreç boyunca tasarımcının, cihazın ana hatları ile çene yapısı arasında kurduğu ilişki öne çıkmıştır. Tasarımcı bu iki öge arasında bir benzerlik kurmuş ve bu benzerliğin üzerine giderek fikir geliştirme çalışmalarını ilerletmiştir. Yeni çalışmanın bu benzerlik doğrultusunda öğrenilmiş doğa tecrübelerinden yararlanılarak yapılması durumunda tasarımın temellerinin daha sağlam olabileceği düşünülmüştür.

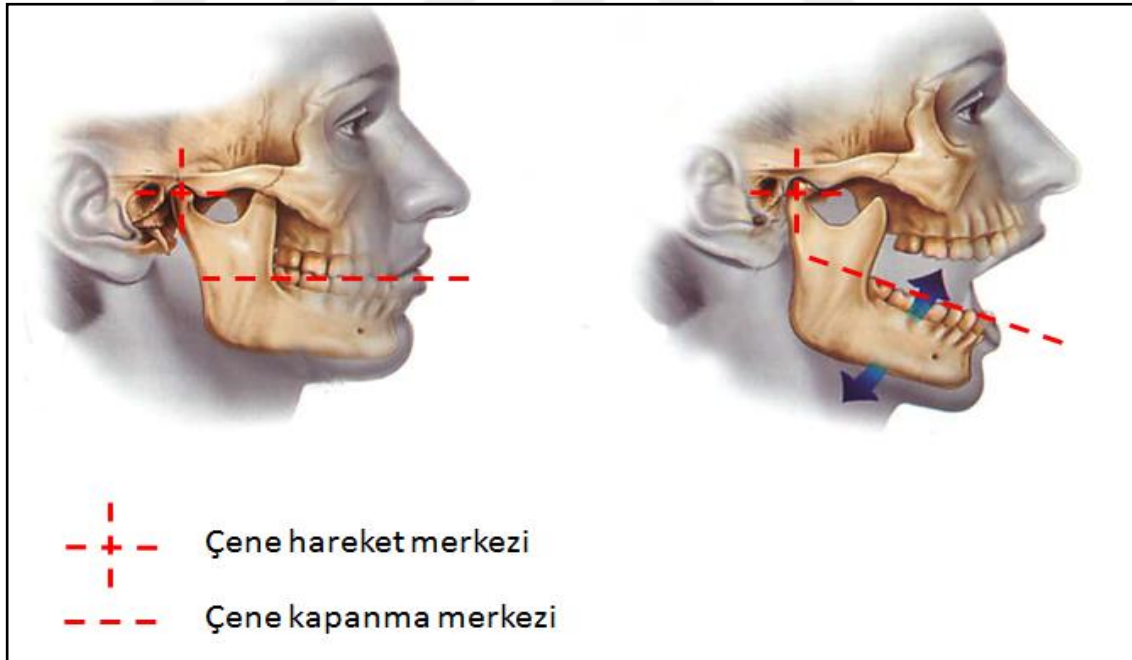
Çene anatomisinin seçilmesinin temel nedeni ağız yapısının tek eksen hareketli bir oda şeklinde olması ve çenenin kapalı halde iken dış dünyadan izolasyonlu bir dudak yapısına sahip olmasıdır. Bu özellikler incelenerek tasarıma uyarlandığında cihaz içinde optik analizlerin yapıldığı bölgeye dışarıdan ışık sızmasının engellenmesine yardımcı olabileceği düşünülmüştür. Ayrıca incelemesi gerçekleştirilecek doküman, cihazın içindeki hareketli tabla sayesinde analiz bölgesinde kameranın görüş açısına gelecek şekilde hareket ettirilebilmektedir; bu da dilin ağız içindeki hareketine benzemektedir. Çenenin alt ve üst çene şeklindeki iki parçalı yapısı tasarıma uyarlandığında birinci modeldeki karmaşık kapak yapısının sadeleşmesi ve kullanıcı kolaylığının sağlanması

mümkün olabilecektir. Bu kapsamda tasarım problemine katkı sağlaması açısından canlıların çene anatomileri araştırılmaya başlanmıştır.

Çalışmanın başlangıcında öncelikle hangi canlıların çene anatomilerinden yardım alınabileceğini belirlemek amacıyla kapsam belirlenmeye çalışılmıştır. Omurgalı canlıların iskelet yapılarının ve gelişmiş kafataslarının olması, dolayısıyla çene ve ağız anatomilerinin daha somut incelenebilmesi sebebiyle omurgalı canlılar üzerinde yoğunlaşmıştır. Diğer canlıların bu özelliklere sahip olmamasından dolayı ürün tasarımına katkı sağlamayacağı düşünülmüştür.¹⁷

Yapılan araştırma ile Şekil 3.17’de görüldüğü gibi insanda hareketli olan alt çenenin tek parça halinde ve tek bir hareketle açılıp kapandığı, ayrıca çenenin hareket merkezinden kaynaklı bir miktar dip açıklığın bulunduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3.17: Çene anatomisi

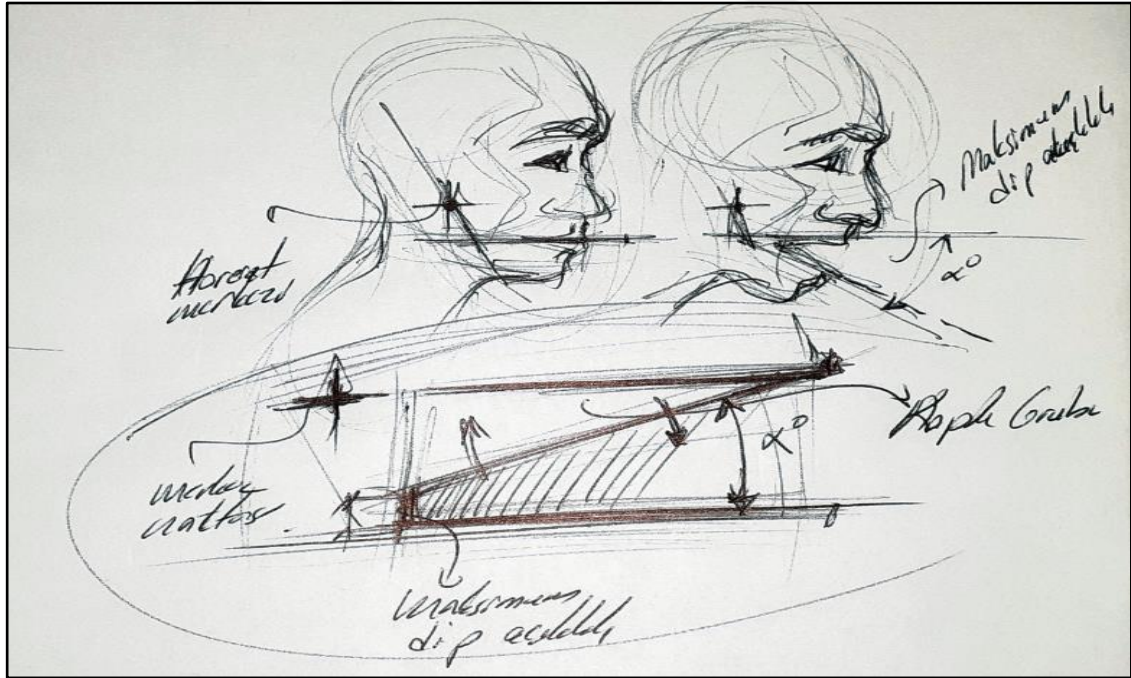


Kaynak: <https://www.metraldental.com/educational/tmd-ask-your-dentist> [Erişim tarihi: 10.12.2019].

¹⁷ Çene Anatomisi, <https://www.hurriyet.com.tr/egitim/omurgali-hayvanlar-nelerdir-ve-kaca-ayrilir-omurgali-hayvanlari-ozellikleri-ve-isimleri-41623045> [Erişim tarihi: 10.12.2019].

FordeX cihazının kapak ve gövde tasarımında canlılardaki bu çene yapısı ve ihtiyaç derecesine göre ayarlanabilen çene açıklık miktarından hareketle kapak sistemindeki tasarım problemlerinin çözülmesi hedeflenmiştir. Projenin başlangıcında oluşturulan üç köşeden erişim özelliği ve kapakların dikey doğrultuda açılabilir olması önerileri süreç içinde belirleyici olmuştur. Bu kararın eskizleri Şekil 3.18'deki ön eskiz çalışmasında gösterilmiştir. Tasarım sürecinde biyomimikri yaklaşımının etkin olması ile birlikte kapak sayısı üçten bire indirilmiştir ve en dar bölgede dip açıklık olacak şekilde tasarım kurgulanmıştır. Bu sayede tek kapak ve tek eksenle ve dip açıklık olacak şekilde üç köşeye erişim sağlanmıştır. Bu özellik hakkında yapılan eskiz çalışmalarından biri Şekil 3.21'de görülmektedir. Yapılan bu tasarımla kapak kontrolü tek bir kapak üzerinden sağlanacak, bununla beraber üç kapaklı sistemdeki kapak birleşim noktalarından içeriye ışık sızması riskinin önüne geçilecektir.

Şekil 3.18: Tasarım kurgusuna ait detay eskizi

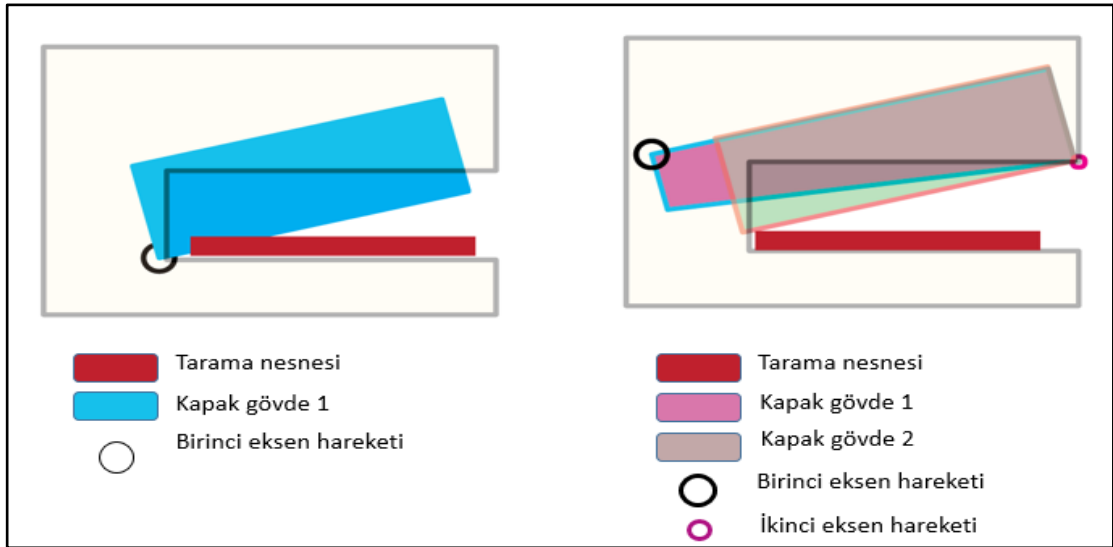


İkinci model tasarım çalışmasında yönlendirici olan başka kararlar da yer almıştır. Bunlardan biri tasarımcının yeni tasarımı Model 1'den daha basit ve kullanışlı bir yapıda olacak şekilde çözmeyi hedeflemesidir. Model 2'yi şekillendiren başka bir karar ise tasarımcı, proje yöneticisi ve tasarım yöneticisi tarafından alınmıştır. Bu karar

cihazın genel ağırlığının ve birim maliyetinin düşürülmesi yönünde tasarım çözümlerine gidilmesi konusundadır (Ek A2). Bu kararların tasarım sürecine yansımaları çeşitli şekillerde gerçekleşmiştir. Birinci prototipin komplike kapak yapısının açılıp kapanma yönünden hemen hemen aynı işlevi gören ağız yapısı şeklinde basitleştirilmesi düşünülmüştür. Bu yaklaşımla kullanıcıya tek hareket ile cihazın kapağını açıp kapatabilme imkânı sunulmaktadır. Birinci prototipte açılıp kapanma hareketi için birçok parça kullanılmaktayken çene anatomisinde ise bu hareket alt çene ve üst çene olmak üzere iki parçayla sağlanmaktadır. Bu aşamada çene anatomisinden faydalanılarak tasarım problemine en az parça kullanarak ve çalışma fonksiyonu en iyi olacak şekilde çözümler getirilebileceği kanısına varılmıştır (Ek A6).

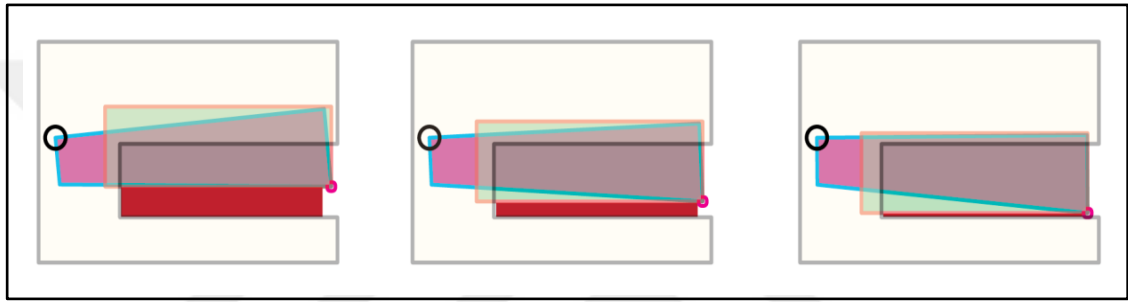
Çalışma sürecinde el çizimleri dışında, bilgisayar ortamında iki ve üç boyutlu çizimlerden de destek alınmıştır. Bu aşamada CAD ortamında gerçekleştirilen simülasyonlardan birinde ilk modelin dip kısmına kalınlığı fazla olan doküman konulamadığı fark edilmiştir. Bu durumda dip kısma konulan dokümanın sıkışma ihtimali ortaya çıkmaktadır. Çene anatomisi referans alınarak yapılan yeni tasarımda hareket eksenini yukarı alınarak dip açıklık sağlanmıştır. Bu durumu anlatan tasarım çözümü Şekil 3.19’da görülmektedir.

Şekil 3.19: Kapak hareket eksenini tasarım revizyonu



Cihazın farklı kalınlıklardaki dokümanları inceleyebilmesi ile canlıların farklı büyüklükteki besinleri ağızlarına alabilmeleri arasında bir bağ kurulmuştur. Bir canlıya farklı büyüklüklerdeki yiyecekleri çiğneme imkânı sunan çene anatomisinden destek alınarak yapılan Şekil 3.20'deki tasarım detayında dokümanların analizi esnasında kapağın tezgâh üzerine paralel bir şekilde kapanarak farklı büyüklüklerdeki dokümanların dip kısmında sıkışmadan analiz edilmesi sağlanacaktır. Aşağıdaki şekilde kırmızı renkte gösterilen nesneler farklı kalınlıklardaki dokümanları temsil etmektedir.

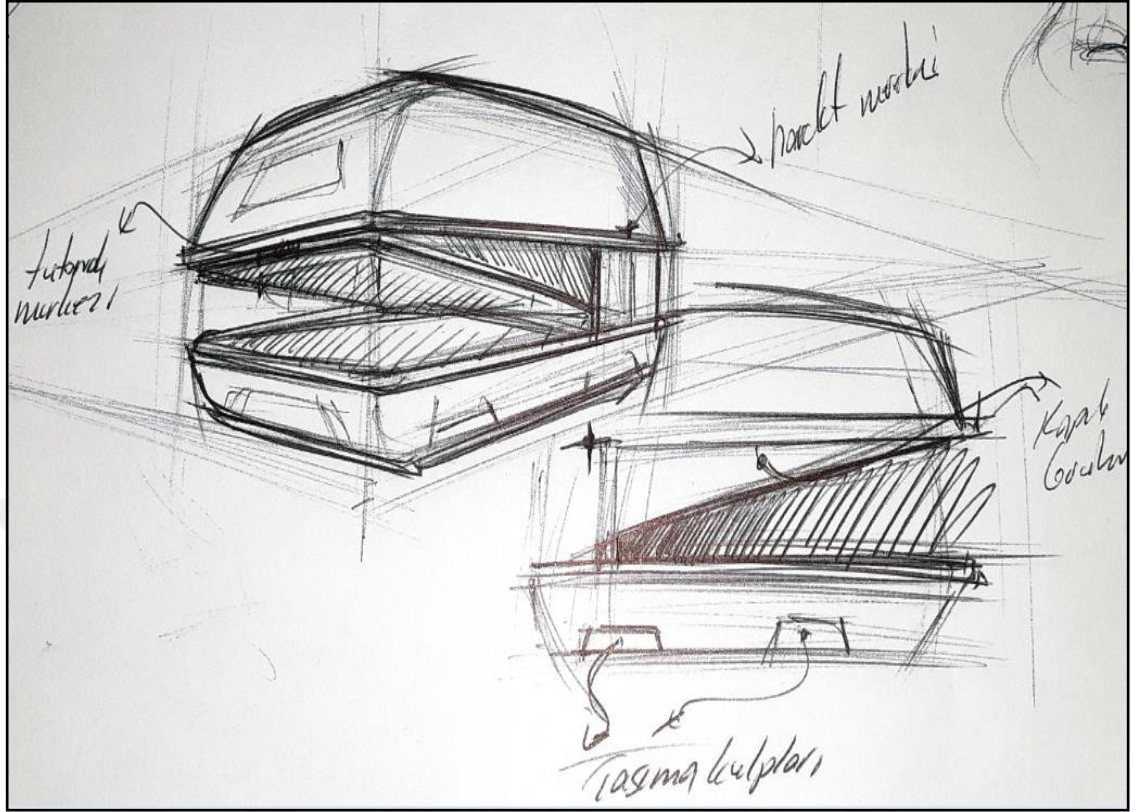
Şekil 3.20: Farklı kalınlıklardaki dokümanlara analiz imkânı sunan tasarım



Çene anatomisinde birçok canlıda ısırma (diş) bölgesi ile bu hareketi sağlayan eklem bölgesinin konumlarının farklı olmasından dolayı bu mekanik yapının çene dip bölgesi açıklığını etkilediği düşünülmüştür. Bu yapı cihaz tasarımına yansıtıldığında dip açıklık kısmının artmasının farklı boyutlardaki dokümanları incelemeye avantaj sağlayacağı görülmüştür. Anatomik inceleme sayesinde temel tasarım problemine kapak içinde ikinci bir hareket sistemi eklenerek farklı kalınlıklardaki dokümanların incelenmesinde esneklik sağlanmıştır.

Bu önerilerle birlikte çene anatomisinden yola çıkılarak yapılan tasarım Şekil 3.21'deki eskiz çalışmasındaki gibi kavramsal formunu almıştır. İnsan çene anatomisinde üst çene sabit, alt çene hareketlidir. Yapılacak tasarımda ise cihazın analiz bölgesinin sabit olması gerektiği düşünülerek insan anatomisindeki hareketli alt çene tasarımda üst bölgeye uyarlanmıştır.

Şekil 3.21: Tasarım kurgusuna ait eskiz çalışması



2020 senesinin ocak ayında sürdürülen fikir geliştirme süreci belli bir olgunluğa ulaşmıştır. Bu aşamada tasarımın görsel olarak sunulabilir hale getirilmesi ihtiyacı oluşmuştur. Ayrıca tasarım üzerinde çeşitli mekanik hesaplamalar yapılması gerekmektedir. Bu iki ana ihtiyaç sebebiyle tasarımcı çözüm önerisinin, bilgisayar ortamında üç boyutlu modellemesini gerçekleştirmiştir. Ürünün modellemesi proje yöneticisi ile paylaşılmıştır. Endüstriyel tasarımcı, proje yöneticisi ve optik tasarım sorumlusu ile birlikte üçlü görüşme 09.01.2020 tarihinde gerçekleşmiştir. Bu görüşme tasarımcının çalışma ofisinde yapılmış, CAD araçları ile konseptin farklı görünüşleri ve özellikle kapak sisteminin çalışma şekli hareketlendirilerek toplantı katılımcılarına gösterilmiştir (Ek A4). Ayrıca bu toplantıda yeni tasarımın tahmini ağırlıkları Tablo 3.1’de excelde hesaplanarak paylaşılmıştır.

Tablo 3.1: Model 2 Tahmini ağırlık tablosu

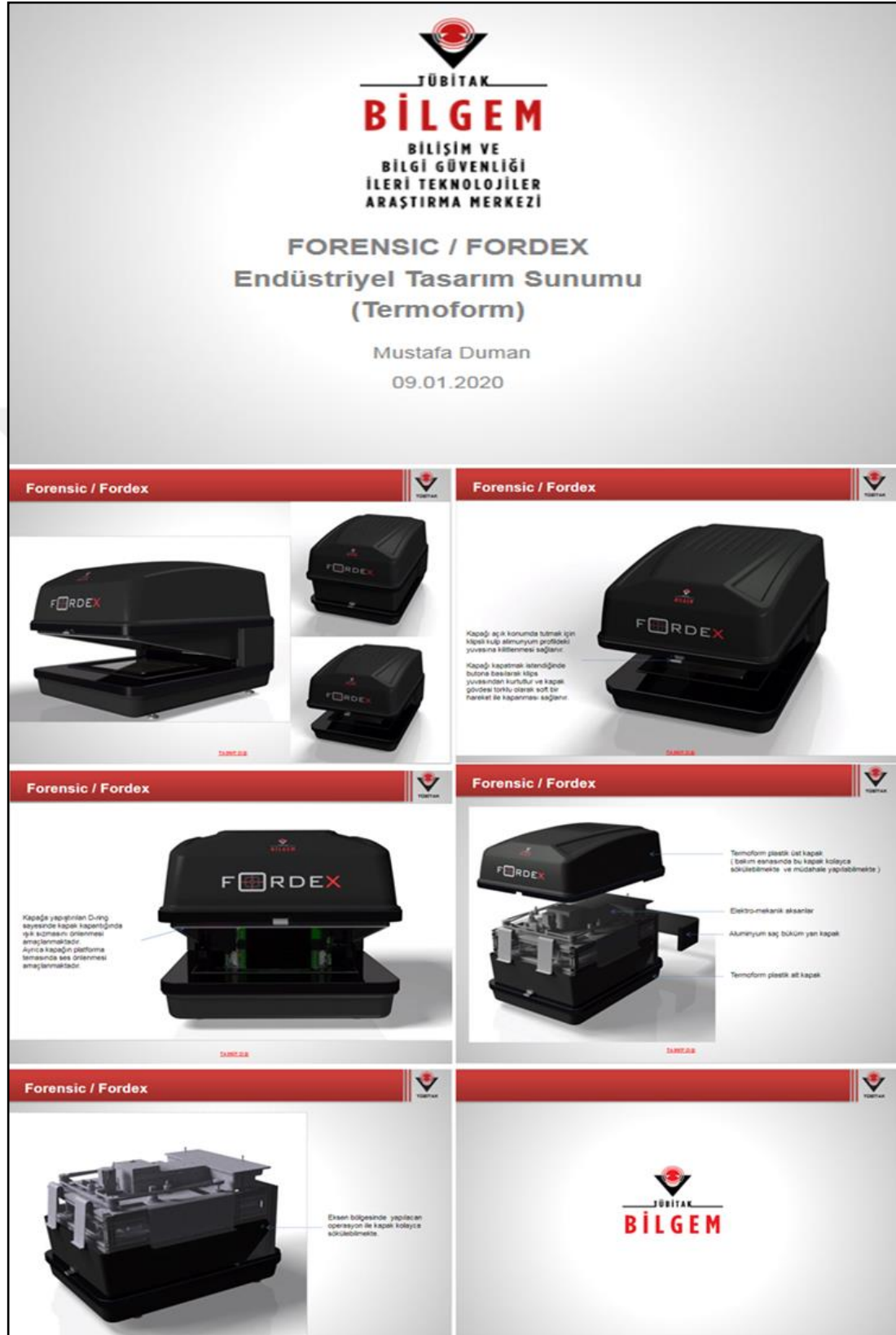
konsept ağırlık (kg)		
TERMOFORM ÜST	3,8	
TERMOFORM ALT	2,6	
KAPAK	2,3	
PROFİL ÜST	2,7	
PROFİL ÜST	2,3	
ARKA KAPAK BÜKÜM	1,2	
	14,9	

Bu toplantıda sunulan tasarım önerisinin toplantı katılımcıları tarafından olumlu görüş almasının üç temel nedeni bulunmaktadır.

- i. Cihazın analiz kapağının tek parça ve kontrolünün kolay olması.
- ii. Cihaz montajının ve ana kontrol bölgesine erişimin Model 1 prototipine göre daha avantajlı olması.
- iii. Cihazda kullanılması düşünülen malzemenin termoform plastik olması neticesinde toplam kabuk ağırlığının 15kg'ın altında olması.

Toplantıda konuşulan ve tasarımcının üstünde durduğu önemli özellikler Şekil 3.22'de gösterilen sunum haline getirilerek aynı gün proje yöneticisiyle mail yolu ile paylaşılmıştır.

Şekil 3.22: Fordex Model 2 sunumu



2020 Ocak ayı itibariyle tasarımın bu aşamada gerekli olacak özellikleri netleşmiş olarak kabul edilmektedir. Bu sebeple tasarımcı tarafından mekanik detay çalışmasına geçilmiştir. Bunun neticesinde CAD ortamında cihazın çalışma simülasyonları yapılmıştır. Bilgisayar ortamında tasarım doğrulama çalışmaları neticesinde sistemin sağlıklı çalışıp çalışmadığını anlamak üzere çalışmalar yürütülmüştür. Bu sayede çoklu elemanların kendi aralarında uyumluluğu kontrol edilmiştir ve hedeflenen fonksiyonların çalışmaları incelenmiştir. Şekil 3.23’de bu çalışma sistemi görülmektedir.

Şekil 3.23: Eklem sisteminin tasarıma yansıtılmış halinin simülasyonu



Cihazı daha kullanışlı hale getirmek, bakım ve tamirat konularında kullanıcıya kolaylık sağlamak adına bazı düzenlemeler yapılmıştır. Önceki tasarımda cihazın bakım ve tamir işlemleri esnalarında arıza bölgesine erişim için bütün parçaların sökülmesi gerektiği, tekrar hassas kurulum yapma zorunluluğuna neden olduğu görülmüştür. Yapılan yeni

tasarım kurgusu neticesinde kolay çıkarılabilen bir üst kapak tasarımına ulaşılmıştır. Bu tasarım çözümü cihazın bütün içyapısına kolaylıkla müdahale imkânı sunmaktadır. Bu sayede satış sonrası bakım maliyetinin ve operasyonel giderlerin az olacağı öngörülmektedir. Şekil 3.24’de tek parça halinde kolay çıkarılabilen üst kapak gösterilmiştir.

Şekil 3.24: Üst kapak



Model 2’nin tasarım süreci başında tasarım müdürü tarafından endüstriyel tasarım ve mekanik tasarım iş paketlerinin birleştirilme kararı neticesinde tüm süreç tasarımcı tarafından tamamlanmış ve prototip imalatı için parçaların dataları hazırlanarak Ek

A12’de paylaşılan mailde belirtilen tarihte üretimleri planlanmıştır. Cihazın üzerinde ölçüm ve testler yapılacağı dikkate alınarak gerçek fiziksel ortamda test edilebilmesi için prototip imalatına önem verilmiştir (Ek A1). Cihazın ana parçalarından biri olan alt ve üst gövde modülü için, üretim kolaylığı ve maliyeti dikkate alınarak farklı üretim yöntemlerinin kullanılması öngörülmüştür. Model 1’de kullanılan talaşlı imalat yöntemi yerine termoform vakum yöntemi tercih edilmiştir (Ek A12). Termoform yöntemi tasarım müdürü tarafından önerilmiş ve tasarımcı tarafından Model 2’de uygulanabilir hale getirilmiştir (Ek A2). Termoformla vakum yapılan parçaların kesimi sonrasında ağız bölgelerinde aşırı esneklik olduğu ortaya çıkmıştır. Tasarımcı bu bölgelere alüminyum çerçeveye oluşturulan bir tasarım çözümü geliştirmiştir. Bu çözüm hem tasarımın mukavemet sorununu çözmüş, aynı zamanda görselliğine katkı sağlamıştır.

Şubat ve Mart ayları boyunca genel olarak bu parçaların temin ve üretimi ile ilgili çalışmaların sürdüğü görülmektedir. Tasarımcı tarafından Model 2 teknik detayların çözülmesi ile birlikte üretim dosyaları hazırlanarak üretim sürecine gidilmiştir. Burada çalışma üç kalem altında yürütülmüştür.

- i. Termoform kalıp ve numune parçaları
- ii. Alüminyum sac büküm parçaları
- iii. Profil talaşlı imalat parçaları.

Termoform parçasında yaşanabilecek üretim riskleri dikkate alınarak termoform parçaların üretimine öncelik verilmiştir. Hazırlanan üretim dataları ile 06.02.2020 tarihinde numune kalıp ve parça basımları için fiyat teklifi alınmıştır (Ek A12). Kurumda yapılan değerlendirmeler sonucu firmaya üretim onayı 12.02.2020 tarihinde verilmiştir (Ek A12). Düşük maliyet ve hızlı üretim için mdf malzemeden termoform kalıbı yapılmıştır. İleriki etapta parçaların onaylanmasına müteakip bu kalıbın uzun ömürlü kullanılabilmesi için kompozit malzemeden yapılması düşünülmüştür. Şekil 3.25’de bu kalıbın görünüşü bulunmaktadır.

Şekil 3.25: Termoform üretim için geçici numune kalıbı



Kaynak: Formvakumplastik, 2020 Şubat

Firma tarafından yapılan çalışma sonrası üretimi yapılan termoform parçalar 25.02.2020 tarihinde kuruma teslim edilmiştir. Şekil 3.26'da üretici firmanın gönderdiği numune parçaların fotoğrafları bulunmaktadır.

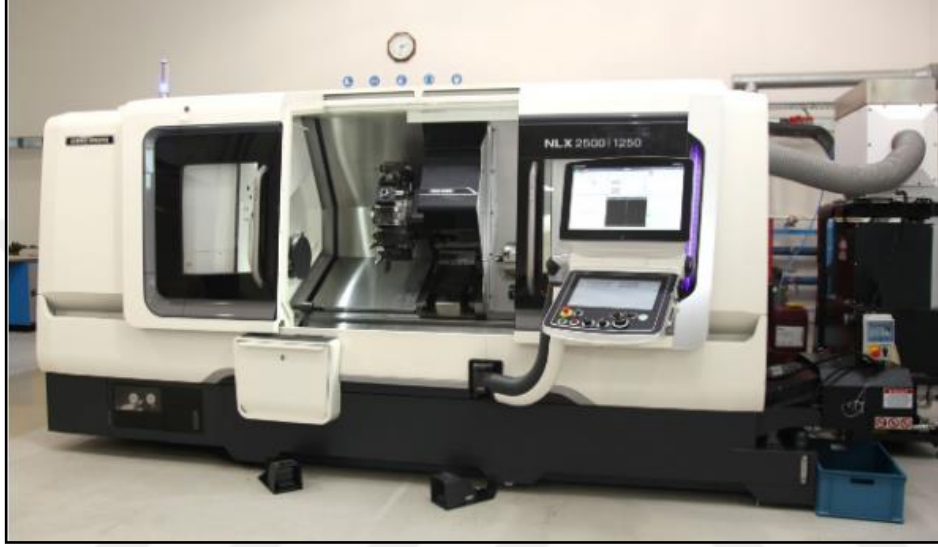
Şekil 3.26: Termoform üretim yöntemi ile numune baskıları



Kaynak: Formvakumplastik, 2020 Şubat

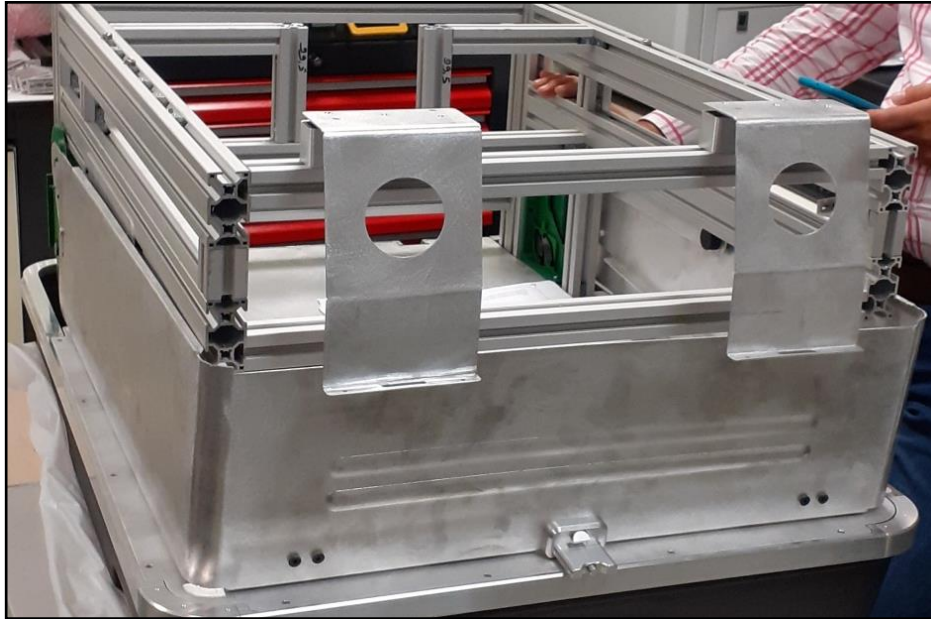
Model 2'nin bir sonraki parça kalemleri olan alüminyum sac büküm ve profil talaşlı imalat parçalarının üretimi planlanmıştır (Ek A13). Şekil 3.27'de kurum bünyesindeki mekanik atölyede 2020 Mart ayında üretimleri gerçekleştirilen bu parçalar Şekil 3.28'de görülmektedir.

Şekil 3.27: Tübitak Bilgem Mekanik Atölye CNC Parkuru



Kaynak: <https://bilgem.tubitak.gov.tr/tr/kurumsal/pilot-uretim-cnc-tezgah-bolumu>, [Erişim tarihi: 12.03.2020].

Şekil 3.28: Sac büküm ve profil talaşlı imalat numune parçaları



Kaynak: Tübitak Bilgem Analitik Cihaz ve Sistemler Laboratuvarı, 2020 Mart

Model 2 tasarım çalışması çerçevesinde kurum içi ve dışında üretilen bütün parçaların teslimi 2020 Mart ayı sonunda tamamlanmıştır. Bu aşamadan sonra parçaların ana şase üzerinde entegrasyonu yapılarak tasarım doğrulama çalışması yürütülmesi amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında parçalar arası uyumluluk ve hareketli mekanizmaların tasarım kurgusundaki gibi çalışabilirliğinin test edilmesi planlanmıştır.

3.3.2 Nisan-Haziran 2020

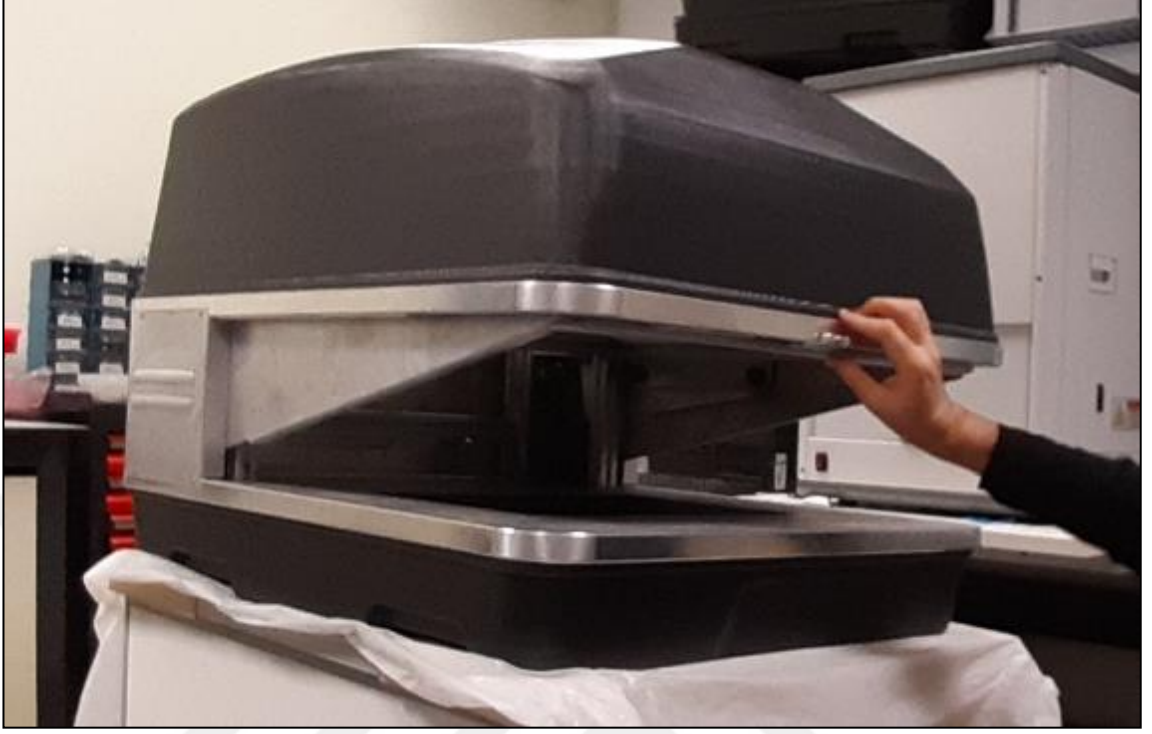
Üretimleri tamamlanan bütün mekanik parçalar ile daha önce ana şaseye yerleştirilen elektrik donanım modüllerin ve optik ünitelerin uyumluluğu açısından entegrasyon önemli bir yer teşkil etmektedir. Proje gereksinimleri dikkate alındığında bütün bu modüllerin birbirinin tamamlayıcısı olduğu bilinmektedir. Bu bölümde çalışma iki aşamada ilerlemiştir. İlk olarak mekanik parçaların kendi aralarındaki uyumunu kontrol etmek için yürütülen mekanik uyumluluktur. Şekil 3.29, 3.30 ve 3.31’de ön kontrolleri gösteren çalışma yer almaktadır.

Şekil 3.29: Model 2 mekanik aksam ön kontrolleri resim 1



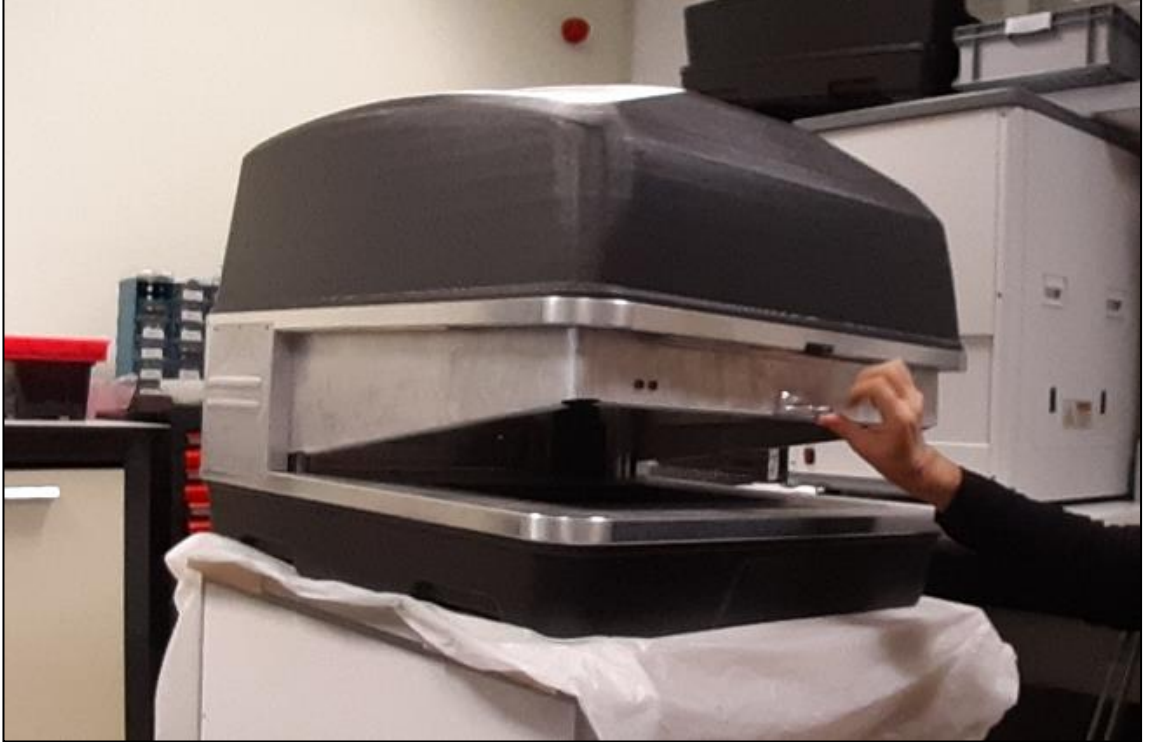
Kaynak: Tübitak Bilgem Analitik Cihaz ve Sistemler Laboratuvarı, 2020 Nisan

Şekil 3.30: Model 2 mekanik aksam ön kontrolleri resim 2



Kaynak: Tübitak Bilgem Analitik Cihaz ve Sistemler Laboratuvarı, 2020 Nisan

Şekil 3.31: Model 2 mekanik aksam ön kontrolleri resim 3



Kaynak: Tübitak Bilgem Analitik Cihaz ve Sistemler Laboratuvarı, 2020 Nisan

İkinci çalışmada ise cihaza ait bütün parçaların tümleştirilmesi, tasarım sürecinde hedeflenen gereksinimlerin ne düzeyde karşılandığının anlaşılmasına imkân sağlamaktadır. Buradan hareketle Şekil 3.32’de görüldüğü gibi cihazın üst gövdesinde bulunan termoform gövde kapağının kolay bir şekilde sökülmesiyle konsept tasarımında daha önce planlandığı gibi mekanik teknikerin cihazın bütün ana kontrol bölgesine erişimi sağlanabilmektedir.

Şekil 3.32: Teknisyenin üründe ana kontrol bölgesine erişimi



Kaynak: BİLGEM Analitik Cihaz ve Sistemler Labaratuvarı, 2020 Mayıs

Bu aşamada Model 2 prototipi üzerinde, projede yer alan bütün farklı disiplinler kendi uzmanlıkları ile ilgili proje gereksinimlerinin ne düzeyde karşılandığına dair testler gerçekleştirmiştir. Tasarımcı bu süreçte gelecek geri beslemelerle tasarım doğrulamasını yapmayı planlamıştır.

Cihazın montajı esnasında edindiği deneyimler sayesinde tasarımcıya önemli geri beslemeler yapan mekanik tekniker Arslan Ek A6'da Model 2 prototipinin tümleştirilmesiyle birlikte elde edilen sonuçları şu şekilde ifade edilmektedir:

“Yapılan ilk prototipteki yaşanan problemlerin tasarımcının bize önerdiği çene hareketi gibi çözüm ile cihazın oldukça basitleşmesi ve bu getirilen çözüm ile hem cihazın çalışmasında hem de cihaza yapılan müdahalelerde bizi çok rahatlatmıştır.”

Ayrıca Model 2'ye yönelik endüstriyel tasarım çalışmasının dışındaki diğer yapılması gereken çalışmaları projenin donanım tasarım grubu sorumlusu Özkan Ek A3'de şu şekilde tanımlamıştır:

“Model 2'de bazı değişiklikler yapılması talep edilmiştir. Örnek olarak, soğutucuların mekanik tasarımı bizi çok etkilediği için bu konuda gereksinimlerimizin karşılanması için tasarımda değişiklikler talep ettik. Kablolama konusunda mekanik ve endüstriyel tasarım grubu ile gereksinimlerimiz çerçevesinde optimizasyonlar talep edildi. Ayrıca elektronik donanım yapısının stabilleşmesi ile tasarımcıya cihazın hakkında geri beslemeler yaptık”

2020 Mart ayı itibariyle cihaz üzerinde yazılım, optik ve analiz testleri devam ederken tasarımcı da üretilen son model ürün üzerinde bazı iyileştirmeler gerçekleştirmiştir.

Analiz esnasında 2 kg ağırlığındaki kapağın düşme hızını yavaşlatmak için uygun şok emici mekanikler araştırılmıştır. Ayrıca test öncesi ön kontrolleri tamamlanan ve mekanik fonksiyonları proje ekibi tarafından yeterli bulunan parçalar için Şekil 3.33'de oluşturulan önerideki gibi boyama çalışması gerçekleştirilmiştir. Bağlantı profilleri gri, kapak parçaları siyah elektrostatik boya, termoform plastik parçalar yüzeydeki parlaklığı önlemek için mat siyah boya ile boyanmıştır.

Şekil 3.33: Model 2 tasarım doğrulama



Kaynak: BİLGEM Analitik Cihaz ve Sistemler Labaratuvarı, 2020 Haziran

Prototip üretimi, ürün bünyesinde farklı birçok komponentin uyumluluğunun kontrolünün sağlanması açısından avantaj sağlamıştır. Bu süreç seri üretim öncesi tasarımcının kurguladığı yapının test edilmesi için tasarım doğrulama fırsatı tanımıştır. Bu amaç için cihaza ait bütün elektronik ve mekanik parçalar birleştirilmiştir. Elektronik, optik ve mekanik parçalar çalışır cihaz haline getirilerek saha testlerine başlanmıştır.

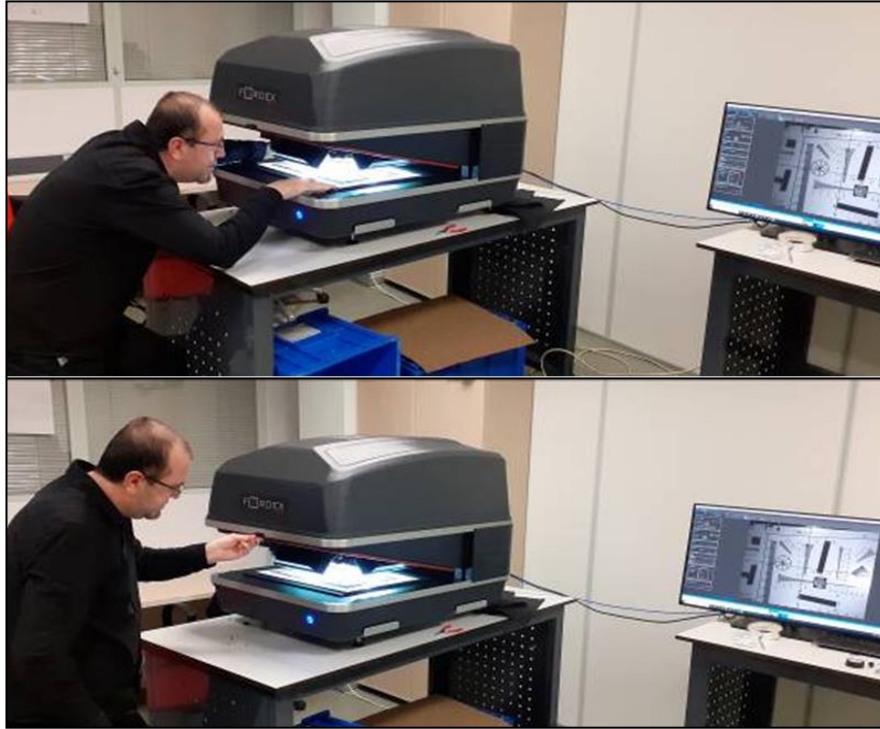
3.3.3 Temmuz-Eylül 2020

Cihazda yapılan testlerde olumlu sonuçlar elde edilmiştir ve dış kabuk mekaniğine yönelik farklı denemeler yapılmıştır. Bununla birlikte cihaz son haline getirilerek saha testleri sürecine gidilmiştir (Ek A6). Bu süreçte proje ekibi tarafından tasarımcıya olumlu geri dönüşler belirtilmiştir. Cihazın montajını gerçekleştiren mekanik tekniker Arslan Ek A6’da yaşanan süreci şu şekilde ifade etmektedir:

“İlk cihazımız da laboratuvar ortamında gördüğümüz eksiklikler ve fazlalıkları mekanik aksamın çok parçalı olması ve getirdiği sorunlar mekanik kısımdaki sorunları paylaştık. Endüstriyel tasarımcı özellikle çene benzeri çözüm önerisi ve diğer elektronikteki donanımsal iyileştirmesiyle beraber ikinci bir cihaz yapılma kararı alındı ve iyi bir çözüm elde edildi.”

Daha önceki çalışmalarda Model 1 prototipinin üretilmesi ile birlikte tasarımcı ve proje ekibi tarafından öngörülemeyen bazı problemler ortaya çıkmıştır. Model 2 prototipinin test aşamasına geçmesi ile birlikte ise proje gereksinimleri açısından kabul edilebilir bir cihaz ortaya çıkmıştır. Bununla beraber çalışmanın bu döneminde var olan ana yapı üzerinde küçük iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. Projede görev alan yazılım ve sistem geliştirme sorumlusu Takaoğlu Ek A5’de yaşanan süreci şu şekilde ifade etmektedir; “Model 2 cihazında buna ek olarak cihazın numune yerleştirme işlemi için açılan ön kapaklarının işlem inceleme işlemi esnasında optik sızdırmazlık sağlaması gerekliliği anlaşılmış ve buna uygun bir tasarım gerçekleştirilmiştir.” Şekil 3.34’de görüldüğü gibi tasarımcı, bilgisayar destekli tasarım ortamında kurguladığı yapının tasarım doğrulamasını üretilen çalışır haldeki prototip ürün üzerinden gerçekleştirmiştir.

Şekil 3.34: Prototip üzerinden tasarımcının kullanım deneyimi



Kaynak: BİLGEM Analitik Cihaz ve Sistemler Laboratuvarı, 2020 Eylül

Termoform parçalarda uygulanan boya kaynaklı kolay çizilme durumu tasarımcıyı yeni araştırmaya yönlendirmiştir. Tasarımcının termoform parçalarda yaptığı araştırma sonrası bu sorunu dokulu yüzeyi bulunan plastik ile giderilebileceğini tespit etmiştir. Ayrıca talaşlı imalat ile üretilen parçalarda da değişiklik planlanmıştır. Bağlantı profillerine metalik etkiyi daha belirgin vermek için *brush effectli natural* eloksall kaplama, kapak parçalarına elektro statik siyah toz boya uygulanmış, 21.07.2020 tarihinde imalatı tamamlanmıştır. Termoform alt ve üst parçalara ise herhangi bir boya işlemine gerek duyulmayarak dokulu plastik ile 24.06.2020 tarihinde imal edilmiştir (Ek A14). Şekil 3.35’ de bu durum görülmektedir.

Şekil 3.35: Model 2 montajı gerçekleştirilen ürün ve çalışır hali



Kaynak: BİLGEM Analitik Cihaz ve Sistemler Laboratuvarı, 2020 Eylül

2020 Temmuz ve haziran dönemlerinde testler devam ederken Model 2 tasarımının yapısını bozmadan cihazın fonksiyonel ve görsel etkisine olumlu katkı sağlayacağı düşünülen çalışmalar yürütülmüştür. Tasarımcı bu dönemde var olan yapının geliştirilmesine odaklanmıştır. Şekil 3.36’da son onaylı ürün görülmektedir.

Şekil 3.36: Son ürün



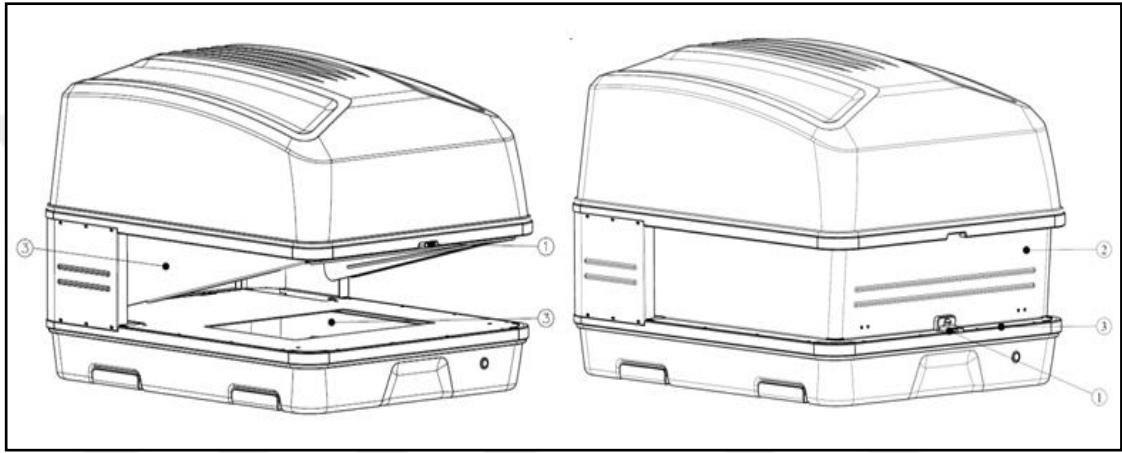
Son üretilen prototip ile birlikte montaj ve taşıma esnasında oluşabilecek çizilme riskini ortadan kaldırmasından dolayı Şekil 3.36'deki son öneri kabul görmüştür. Yapılan bu son çalışma ile hedeflenen tasarım isterlerinin karşılandığı görülmüştür. Tasarlanan ürünün ve çözümlerin ticari bir değer taşımasından dolayı herhangi bir hak ihlali olmaması için patent süreci başlamış ve tasarımın tescillenmesi kararlaştırılmıştır (Ek A15).

3.3.4 Son Durum

2020 senesinin son çeyreğinde Fordex doküman inceleme cihazının tasarım süreci proje grubu tarafından son aşamasına getirilmiştir. “Biyomimikri kavramı kullanılarak doküman inceleme cihazı kapak sistemi tasarımı” başlığı ile TÜBİTAK Teknoloji Transfer Ofisi tarafından 2020 Kasım ayında patent süreci başlatılmıştır (Ek A15). Patent başvurusunda öne çıkan bazı özellikler ve başvuru görselleri aşağıda

paylaşmıştır. Şekil 3.37’de belirtilen patent başvuru dokümanındaki kullanım şekline bakıldığında (1) numaralı kapak kulpu yukarıya hareket ettirilerek (2) numaralı kapak sistemi açık konuma getirilmektedir. Buna göre üç yönden erişimi bulunan tek parça halindeki kapak sistemi kullanıcı tarafından tek bir hareket ile açılmaktadır. U formundaki tek parçalı yapı sayesinde farklı kalınlıklardaki dokümanların ışık sızma problemi olmadan sağlıklı bir şekilde analiz işlemi gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır.

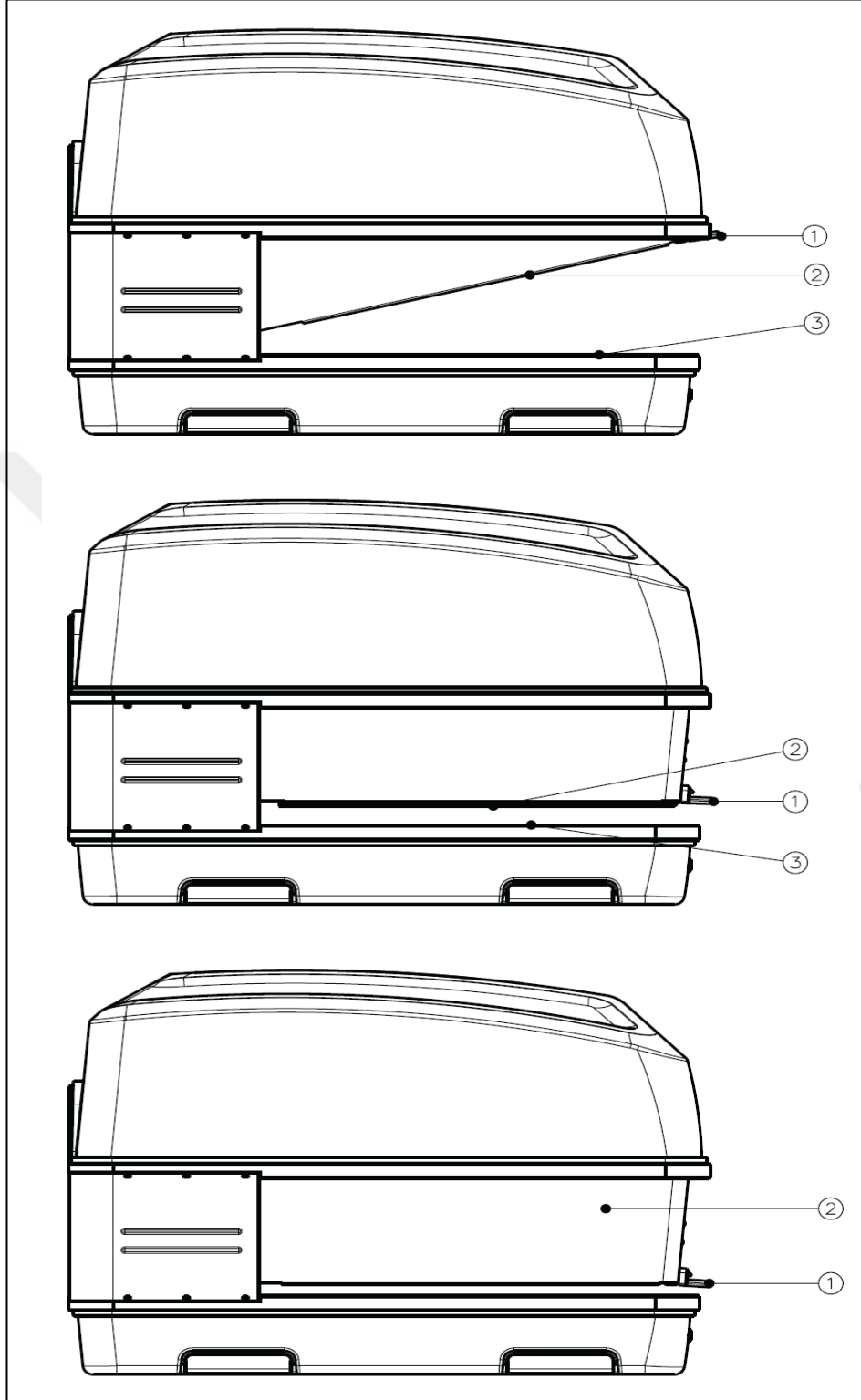
Şekil 3.37: Fordex tasarım çalışma prensibi



Kaynak: Fordex Patent başvuru dokümanı, 2020 Kasım

Şekil 3.37’de belirtilen mekanik yapının üründeki çalışması Şekil 3.38’de gösterilmektedir. Bu yapıya göre (2) numaralı kapak parçası analiz yapılacak dokümanın kalınlığına göre kendini konumlandırarak (3) numaralı ölçüm alanına paralelliğini korumaktadır. Kapağın açılma hareketinde üç köşede maksimum erişim sağlanmaktadır. Cihazın kapanma hareketinde ise tutma kulpundaki butona basılarak basit bir şekilde kapak doküman üzerinde paralel olacak şekilde konumlanarak ışık izolasyonu problemi oluşturmadan kapanabilmektedir.

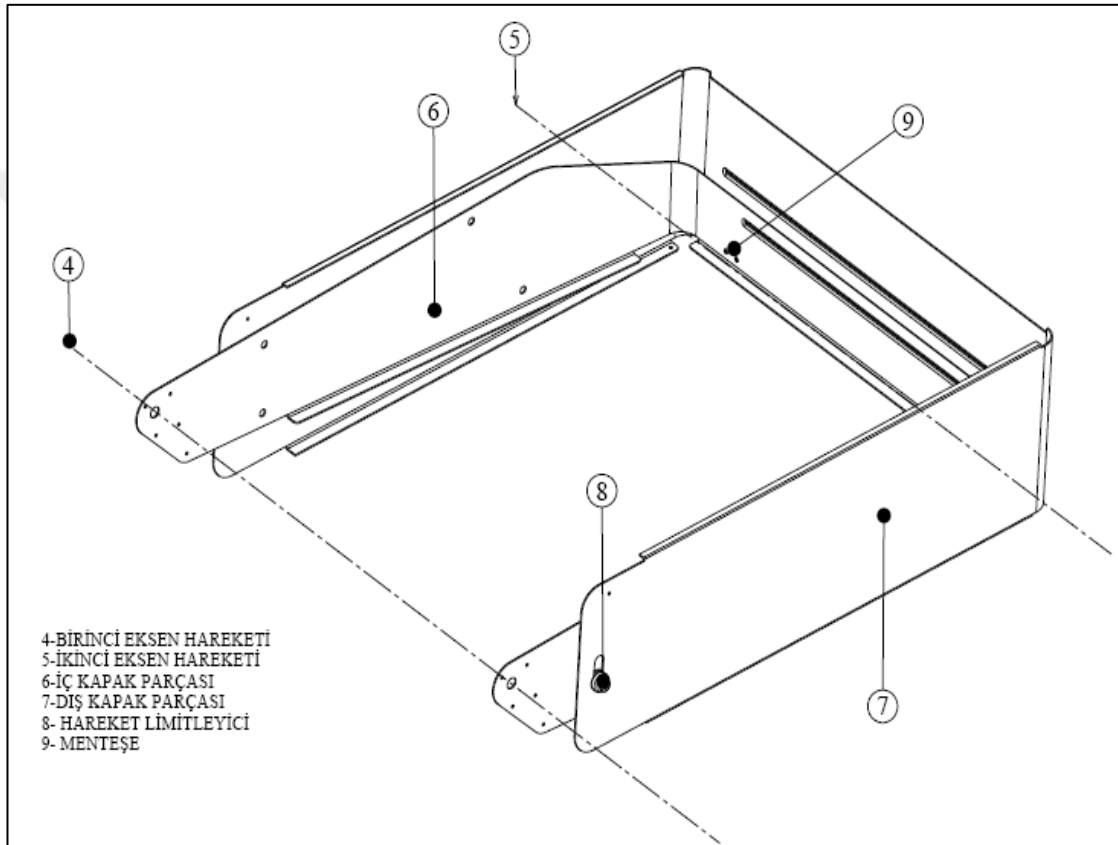
Şekil 3.38: Sıralı kapanma hareketi tasarımı



Kaynak: Fordex Patent başvuru dokümanı, 2020 Kasım

Şekil 3.39’da belirtilen kapağın çalışma şekline bakıldığında, (4) ve (5) numaralı iki eksen üzerinde sağlanan ters yöndeki dönme hareketi ile (7) numaralı parça kendini konumlandırmaktadır. Bu özellik sayesinde analiz tezgâhına konulacak farklı kalınlıklardaki belgelerin kalınlık ayarlaması yapılmaksızın mekanik konumlandırması kendi kendine sağlanacaktır.

Şekil 3.39: Çift eksenli kapak tasarımı



Kaynak: Fordex Patent başvuru dokümanı, 2020 Kasım

Yapılan tek parça halindeki yeni kapak sistemi ile farklı kalınlıklardaki dokümanların analizi esnasında insan sağlığına zararlı olan farklı dalga boylarındaki ışıkların dışarıya sızmasına engel olunmuştur (Ek A1, A3). Ayrıca optik prosesler neticesinde cihaz içinde ihtiyaç duyulan karanlık oda sağlanmıştır. Proje yazılım geliştirme sorumlusu Takaoğlu Ek A5’de süreci “Model 2 cihazında buna ek olarak cihazın numune yerleştirme işlemi için açılan ön kapaklarının işlem inceleme işlemi esnasında optik sızdırmazlık sağlaması gerekliliği anlaşılmış ve buna uygun bir tasarım

gerçekleştirilmiştir.” şekilde ifade etmiştir. Elektronik tasarım grubu sorumlusu Özkan Ek A3 Model 2 versiyonunda yapılan çalışmayı tanımlarken şunları ifade etmiştir:

“Model 1’de kullanılan hazır modüllerin yerine kendi tasarımlarımız entegre edilmiştir. Ayrıca Model 1’in testleri sırasında ortaya çıkan düzeltme ihtiyaçları revize edilmiştir ve Hızlı ve arıza müdahaleleri için ergonomik kart yerleşimi, Optik gereklilik için ışık sızdırmaz tasarım, Model 2 ile beraber elde edilen tasarım ile elektronik yapı ile cihazın kullanımın uyumlu ve kullanışlı olmuştur. Özellikle Model 2 de sunmuş olduğu hızlı pratik çözümler ile satışa hazır ürüne ulaşılmasında katkısı olmuştur.”

Farklı kalınlıklardaki belgelerin incelenmesi için kapağın incelenen nesnenin kalınlığına göre kendi konumunu hiçbir müdahale yapılmadan ayarlaması doküman inceleme sektöründe yenilikçi bir tasarım çıktısı olmuştur. Biyomimikri kaynaklı yapılan bu çalışmayı proje optik tasarım sorumlusu Gülmez Ek A4’de şu şekilde ifade etmektedir:

“Spektrometre tasarımında ledlerin aşırı ısınma problemleri oldu. Uygun mekanik tasarımlar ve fan kullanılarak uygun ortam oluşturuldu. Mekanik tasarım grubu ile sürekli beraber çalışarak ideal mekanik parça üretildi. Kapak tasarımında Mustafa Bey’in esinlendiği biyo benzer hareketler ilham alınarak çok güzel ve işlevsel mekanik tasarım ve üretim gerçekleştirildi.”

Yapılan yeni tasarım ile cihazda daha az parça kullanılarak ve parçalar arası düzenli montaj ilişkisi oluşturularak üretim kolaylığı sağlanmıştır. Bu sayede satış sonrası arıza ve bakım durumlarında uzman tekniker bilgisi gerektirmeden cihaz kolay bir şekilde sökülebilir ve kurulum yapılabilir hale getirilmiştir. Mekanik tekniker Arslan Ek A6’da cihazın tasarım süreci boyunca yaşanan faaliyetleri ve süreç üzerinde biyomimikrinin etkilerini şu şekilde ifade etmiştir:

“İlk cihazımız da laboratuvar ortamında gördüğümüz eksiklikler ve fazlalıkları mekanik aksamın çok parçalı olması ve getirdiği sorunlar mekanik kısımdaki sorunları paylaştık. Endüstriyel tasarımcı özellikle çene benzeri çözüm önerisi ve diğer elektronikteki donanımsal iyileştirmesiyle beraber ikinci bir cihaz yapılma kararı alındı ve iyi bir çözüm elde edildi. Bunun üzerinde yapılan testlerden alınan olumlu sonuçlardan dolayı ve cihazında kapsamlı test yapılabilmesi için dış kabuk

mekaniğine yönelik farklı denemeler yapıldı ve en son yapılan model olumlu sonuçlar alınması ile birlikte ürünleşerek saha testleri sürecine gidilmiştir.”

Tasarım yöneticisinin önerisi ve tasarımcının bu öneriyi geliştirmesiyle üründe sadeleştirme yapılarak daha ucuz maliyetli termoform ve ekstrüzyon üretim yöntemleri kullanılmıştır ve bu vesile ile birim parça maliyeti düşürülmüştür (Ek A2). Tasarımda tercih edilen yeni üretim yöntemleriyle bağlantılı olarak kullanılan yeni malzeme seçimiyle kabuk ağırlığı üçte bire indirilmiştir. Bu sayede üretim ve nakliye kolaylığı sağlanmıştır.

Araştırmacı süreç hakkındaki çalışmasını 2020 Kasım ayı itibari ile sonlandırmıştır. Çalışmanın sonlandığı tarih itibari ile ürünün patent süreci yürütülmektedir (Ek A15). Tasarımın anlatılan süreç sonucunda aldığı hal üretim için onaylanmıştır. Üretim aşamasına ise henüz geçilmemiştir. Araştırmada anlatılan tüm süreç ile ilgili analiz ve bulgular Sonuçlar Bölümü’nde paylaşılacaktır.

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Tez çalışmasının bu bölümünde elde edilen bulgular ve değerlendirmeler üç aşamada sunulmuştur. Birinci olarak, ürün özellikleri ile ilgili elde edilen sonuçlar Model 1 ve Model 2 üzerinden aktarılmıştır. İkinci olarak, tasarım sürecinin bütünü ile ilgili yapılan tespitler paylaşılmıştır. Üçüncü bölümde ise tüm verilerin biyomimikri perspektifinden değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmanın sonunda araştırma sürecindeki kısıtlamalar ayrıca paylaşılmıştır.

4.1 ÜRÜN ÖZELLİKLERİ HAKKINDA BULGULAR

Yapılan araştırma sonucunda ürünle ilgili bazı özelliklerin tasarım sürecinde öne çıktığı belirlenmiştir. Biyomimikri ile ilgili değerlendirmenin sağlıklı yapılabilmesi amacıyla öncelikle bu özelliklerin sıralanarak gruplanması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu özellikler Fiziksel, Yazılım ve Donanım kategorileri altında sıralanmaktadır. Model 1 ve Model 2'nin özellikleri Tablo 4.1'de görülmektedir.

Tablo 4.1: Model 1 ve Model 2 ürün özellikler tablosu

Tasarımda öne çıkan temel bileşenler	Model 1	Model 2
1-FİZİKSEL ÖZELLİKLER		
ÖLÇÜLER		
Dış ölçüler	63cmx 86cmx 63cm	67cmx 90cmx 63cm
Ağırlık	130 Kg	100 Kg
FONKSİYON		
Analiz alanına erişimi	Üç farklı yönde ve dikey olarak çalışan kapak	Bir adet dikey olarak çalışan kapak
Farklı ölçülerdeki dokümanların analizi	Kullanıcının manuel kontrolü ile bağımsız hareket ettirilen kapaklarla sağlanmaktadır	Kapak doküman kalınlığına göre otomatik olarak kendi kendini ayarlamaktadır.
Cihaz içi izleme penceresi	Var	Var
Arka Kapak (4.kapak)	Var	Var
GÜVENLİK		
Işık sızdırma problemi	Var	Yok
Sıcaklık, nem ve mesafe sensörleri	Var	Var

Kapağın açıklık durumunu gösteren sensörler	Çözülemedi	Çözüldü
BAKIM		
Cihaz bakımı ve arıza giderimi	Zor	Kolay
Aydınlatma sistemine kolay erişim	Var	Var
ÜRETİM		
İmalat yöntemi	Talaşlı imalat, sac büküm	Talaşlı imalat, sac büküm ve termoform
Maliyet	Hedeflenenden yüksek	Model 1'den düşük
Malzeme	Al 6063, 2mm alüminyum	ABS, Al 6063, 2mm alüminyum

2-DONANIM ÖZELLİKLER		
GÖRÜNTÜLEME		
Spectrometer Resolution	Var	Var
Spectrometer Range	Var	Var
Camera (Üst kamera)	*	*
Spectral Response (Üst kamera)	350-1100	350-1100
Optik zoom (Üst kamera)	*	*
Field of View - Max (Üst kamera)	*	*
Field of View - with XY stage (Üst kamera)	*	*
Camera (Alt kamera)	*	*
Resolution (Alt kamera)	*	*
Spektral ölçümler	350-1100nm	350-1100nm
Optik büyütme	*	*
Görüş alanı (FOV)	*	*
Sayısal büyütme	*	*
Belge Ebatları	550x480mm veya 340mm en-limitsiz uzunluk	550x480mm veya 340mm en-limitsiz uzunluk
RFID Module	Var	Var
Temperature Control	Var	Var
Giriş Beslemesi	220 volt 50 Hz	220 volt 50 Hz
AYDINLATMA		
250-1000nm arası farklı dalga boylarında ışık kaynakları	*	*
Üst görünür ışık, geniş bant	Var	Var
Üst kızılötesi, geniş bant	Var	Var
Üst UV	365nm, 313nm, 256nm	365nm, 313nm, 256nm
Alt ışık görünür	Var	Var
Alt ışık, kızıl ötesi	Var	Var
Alt ışık, mor ötesi	Var, 365nm	Var, 365nm
Yatay ışık	Var	Var
Koaksiyel	Var	Var

3-YAZILIM ÖZELLİKLERİ		
YAZILIM		
Sayısal görüntü filtresi	Var	Var
3D görünüm	Var	Var
Canlı ve kayıt görüntü karş.	Var	Var
Canlı görüntü işleme	Var	Var
Canlı kontrast ayarlama	Var	Var
HiperSpekral görüntüleme	Var	Var
Lüminesans görüntüleme	Var	Var
Anti-Stokes görüntüleme	Var	Var
Pasaport MRZ okuma	Var	Var
Pasaport saklı görüntü okuma	Var	Var
OVD kinegram gösterimi	Var	Var

* Proje yönetimi tarafın belirtilmek istenmeyen değerler

4.1.1 Model 1

Tablo 4.1’de yer alan ürün künyesi dışında Model 1 ile ilgili yapılan bazı gözlemler aşağıda paylaşılmıştır.

Tasarımcının oluşturduğu birinci model çalışmasında kapaklar dikey yönde açılıp kapanma hareketi yapmaktadır. Muadil doküman inceleme cihazlarında analiz bölgesi kapakları genellikle yana doğru açılmaktadır. Tasarlanan bu yeni özellik cihazın yoğun olarak kullanıldığı laboratuvar ve benzeri mekânlarda daha az alan kaplaması açısından bir avantaj olarak görülmektedir.

Model 1’de tezgâh bölgesine üç farklı kapak hareketi ile ulaşılmaktadır. Model 1’in prototip imalatı sonrasında yapılan denemelerde tasarlanan yeni kapağın üç parçalı olması yeni sorunlara yol açmıştır. Bu sorunlardan biri, kapakların birleşme noktalarından analiz alanına ışık sızmasıdır. Bu durum cihazın analiz kabiliyetini düşürmekte, ayrıca cihaz içinde yer alan insan sağlığına zararlı ışıkların dışarıya sızmasına neden olmaktadır. Ayrıca farklı kalınlıklardaki dokümanların analizi esnasında üç farklı kapağın kalınlığa göre ayrı ayrı kapatılması gerekmektedir.

Model 1 ile ilgili yapılan bir diğer tespit ise parçalar arası montaj ilişkisinin zayıf olmasıdır. Bu özelliğin satış sonrası oluşabilecek arıza bakım durumlarında zorluk yaşatabileceği düşünülmüştür.

Birinci model çalışmasında tasarımın doküman analiz performansı hedeflenen düzeye uygun bulunmuştur. Model 1 cihazının elektronik donanım özelliklerinin yapılan araştırma sonrası proje gereksinimleri doğrultusunda şekillendiği görülmektedir. Yazılım özellikleri ise donanım alt yapısı ile uyumlu ve cihaz analiz kabiliyeti yeterliliğini sağlayacak yönde oluşturulmuştur.

Model 1 doküman inceleme cihazının tasarım çalışması sonucu imalatı yapılan prototip, ürünün hedeflenen fonksiyonlarının çoğunu yerine getirmesine rağmen ürün üzerinde bazı iyileştirme ihtiyaçları doğmuştur. Özellikle tasarım yöneticisinin belirttiği gibi hareketli aksamda bazı iyileştirme ihtiyaçları, aydınlatma sistemine bakım amacıyla kolay ulaşılması için raylı aksam eklenmesi, kablajın azaltılması, cihazın hafifletilmesi ve montaj kolaylığı sağlanması amaçlanmıştır (Ek A2). Sonuç olarak Model 1 çalışması hedeflenen tasarım kriterlerini yaklaşık olarak karşılamakla birlikte, proje grubu tarafından tasarımda revizyon yapılması gerektiği belirtilmiştir.

4.1.2 Model 2

Tablo 4.2’de yer alan ürün künyesi dışında Model 2 ile ilgili yapılan bazı gözlemler aşağıda paylaşılmıştır.

Kapak sisteminin tek parçaya indirgenmesi, analiz bölgesinin kapandığında ağız yapısına benzer biçimde kapalı bir oda haline gelmesini sağlamıştır. Bu çözüm içeriden dışarıya, dışarıdan içeriye ışık sızmasının da önüne geçmiştir. Elde edilen bu tasarım çözümü hem evrak analiz kalitesini artırmış hem de evrak analizi esnasında kullanılan insan sağlığına zararlı olabilecek ışınların dışarıya ulaşmasını engellemiştir.

Sistemin basitleşmesiyle cihazda daha az ana parça kullanılır hale gelmiştir. Parça sayısının azalması ile parçalar arası düzenli montaj ilişkisi oluşturularak üretim kolaylığı sağlanmıştır.

Model 2’de tek parçanın sökülmesiyle ana kontrol bölgesine kolay bir şekilde ulaşılabilir. Bu sayede cihaz satış sonrası arıza ve bakım durumlarında uzman tekniker bilgisi gerektirmeden kolay bir şekilde sökülebilir ve kurulum yapılabilir hale getirilmiştir.

4.2 TASARIM SÜRECİ HAKKINDA BULGULAR

Yapılan araştırmada tasarım süreciyle ilgili bazı noktaların dikkat çektiği tespit edilmiştir. Bu sebeple tasarım sürecini odağa alarak ikinci bir analiz çalışması yapılmıştır. Tasarım sürecine dair bulgular aşağıda listelenmiştir:

Tasarım süreci başlangıcının resmi olarak onaylanması, belli bir ön araştırma ve hazırlık sürecinden sonra gerçekleşmiştir. Resmi onaydan önce konuyla ilgili araştırma yapılması ilgi çeken bir nokta olarak öne çıkmaktadır. Araştırmacı bu yaklaşımı, kurumun tasarlanacak ürünle ilgili gerçek bir ihtiyaç olup olmadığını sorgulaması olarak yorumlamaktadır.

Sürecin başlangıcıyla gerçekleştirilen ilk adımlardan biri, proje ekibinin oluşturulması ve resmi görevlendirmeler olmuştur. Proje ekibi ve tasarımcı öncelikle sektördeki muadil tasarımları incelemiştir. Proje ekibinin gerçekleştirdiği bir diğer adım elektronik bileşenlere hızlıca karar verip tedarik sürecini başlatmak olmuştur. Proje Forensic ismiyle başlamış fakat süreç içinde Fordex olarak ifade edilmiştir.

Model 1’de tasarım sürecinin daha çok muadil cihazların araştırılması ve projenin ana yapısını oluşturmakla geçtiği tespit edilmiştir.

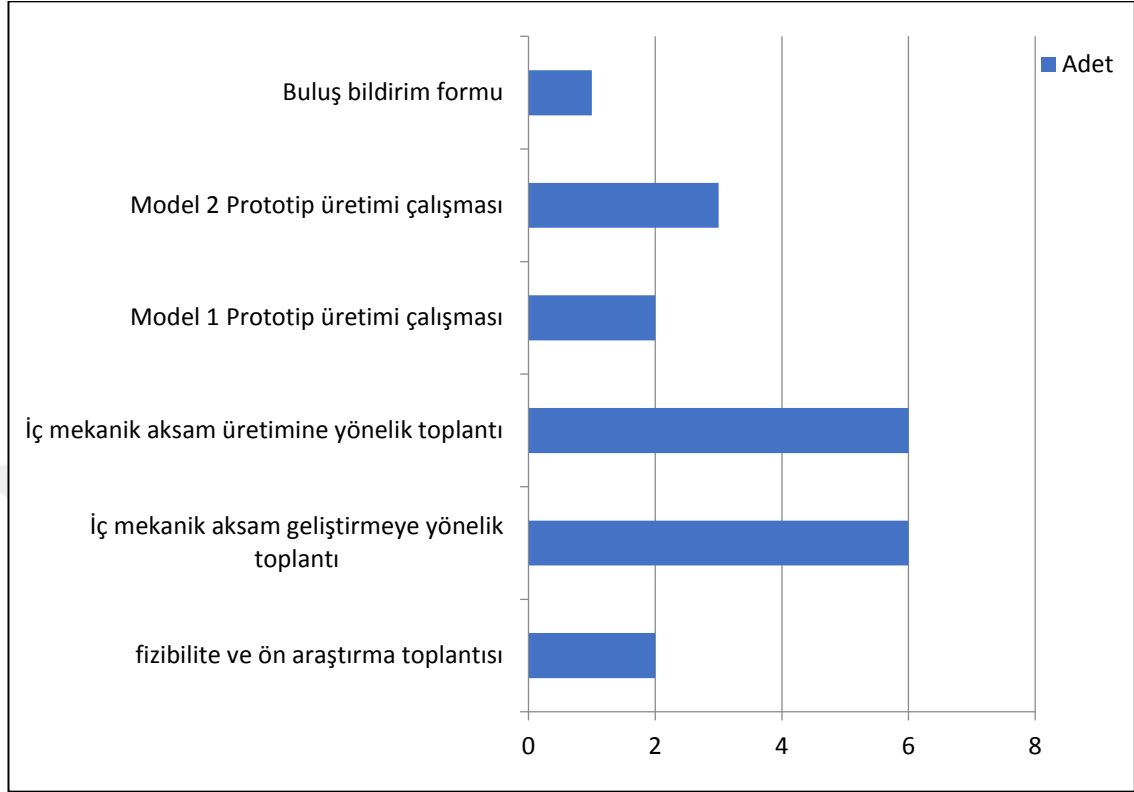
Model 1'in prototipi İstanbul İnovasyon Fuarı'nda TÜBİTAK standında sergilenerek geri bildirimler alınmıştır. Sürecin devamında Bölüm 3'te açıklanan sebepler nedeniyle Model 2 üzerinde çalışılmaya başlanmıştır. Model 2 tasarım sürecinin başlamasında, Model 1 prototipinin üretilmesi ile birlikte ortaya çıkan yeni tasarım problemlerine cevap aranması etkili olmuştur. Model 1'de çözümü yetersiz veya sorunlu bulunan özelliklerin, Model 2'nin tasarım sürecinin oluşmasında etkili olduğu görülmüştür. Model 2, Model 1'in devamı olmakla birlikte, ürünün yeni bir bakış açısıyla ele alınması hedeflenmiştir.

Model 2 tasarım sürecinin başlangıcında, tasarım yöneticisi endüstriyel tasarım ve mekanik tasarım iş paketlerini birleştirerek tasarımcıya daha fazla sorumluluk ve iş yükü vermiştir. Tasarımcıya verilen bu sorumluluk, tasarımcının tasarım sürecinde yeni bir perspektifle yol almasına önayak olmuştur.

Model 2 tasarımının fikir geliştirme sürecinde daha hızlı bir tecrübe yaşanmış, çalışan prototip aşamasına 2020 Nisan ayı itibari ile varılmıştır. Daha çok mekanik fonksiyon tabanlı bir prototip ve test aşaması yaşanmıştır. Prototipin başarılı bulunması ile birlikte doğrudan prototip üzerinde boya, kaplama ve malzeme efektlerine yönelik çalışmalar denenmiştir. Model 2, Kasım 2020 itibari ile patent aşamasına gelmiştir.

2017 Eylül ve 2020 Kasım tarihleri aralığında tasarımcının kurum mailinde "Forensic" ve "Fordex" anahtar kelimeleri taranarak projenin toplantı tarihleri ve sıklık analizi incelenmiştir. Buna göre Tablo 4.2'de belirtildiği ön araştırma döneminde 2 toplantı, iç mekanik aksam geliştirme için 6 toplantı ve iç aksam üretimi için 6 toplantı yapıldığı, bunun dışında Model 1 üretim çalışması hakkında 2 mail, Model 2 için ise 3 mail tespit edilmiştir. Son olarak patent çalışmalarında da 1 adet mail tespit edilmiştir.

Tablo 4.2: Projenin 2019 Eylül ve 202 Kasım tarihleri aralığında toplantı sıklık analizi tablosu



Tablo 4. 2’de anlaşıldığı gibi projenin başlangıç aşamasından itibaren genel gereksinimlerin karşılanmasına yönelik çalışmaların yürütüldüğü döneme kadar proje toplantılarının bütün ekibin katılımı ile gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Prototiplerin üretilmesi ile birlikte proje ekibi ile toplantı süreçlerinin genel toplantıdan ziyade ilgili kişiler ile birebir problemin tartışıldığı ve çözümlerin aranması şeklinde gerçekleştiği tasarımcı tarafından belirtilmiştir. Tasarımcının projede çalışma dönemlerinin süreç boyunca homojen olmadığı görülmektedir. Tasarımcı iç mekanik aksamla ilgili kararlar sonrasında tasarım sürecinde daha etkin görev almıştır.

Tasarım sürecinde planlanan bütün fonksiyonlar bilgisayar destekli tasarım araçları ile sanal ortamda kontrol edilmiştir ve aynı zamanda iki modelin de prototipleri üretilerek testler gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleşen tez çalışmasında cevaplanması hedeflenen sorulardan ilki incelenen tasarım sürecinde tanımlanabilir adımların varlığıdır. Fordex doküman inceleme cihazının tasarım süreci ele alındığında sürecin adımları aşağıdaki şekilde ortaya çıkmaktadır:

- i. Fizibilite ve Pazar Araştırması
- ii. Problem Tanımı ve Gereksinim Analizi
- iii. İş Bölümü
- iv. Optik ve Donanım Bileşenlerinin Araştırması
- v. İç Şase Tasarımı
- vi. İç Şase Üretimi
- vii. İç Aksam Test
- viii. Kabuk Tasarımı 1
- ix. Kabuk Üretimi 1
- x. İç Şase ve Kabuk Birleştirilmesi 1
- xi. Model 1 Test
- xii. Model 2 Başlangıç ve Araştırma
- xiii. Detay Tasarım
- xiv. Üretim 2
- xv. İç Şase ve Kabuk Birleştirilmesi 2
- xvi. Tasarım Doğrulama 2
- xvii. Saha Testleri 2
- xviii. Onay
- xix. Patent İşlemleri

4.3 BİYOMİMİKRI YAKLAŞIMI VE SÜREÇ ÜZERİNE ETKİLERİ

Paylaşılan tasarım süreci biyomimikri kavramı odağa alınarak analiz edildiğinde aşağıda sıralanan tespitler ve sonuçlar öne çıkmaktadır. Tablo 4.3'te yukarıda belirlenen tasarım süreci adımları, tüm sürecin takvimi, biyomimikri yaklaşımının etkili olduğu dönemler ve tasarımcının aktif çalıştığı aylar belirtilmiştir.

Tablo 4.3: Tasarım süreci

	2017			2018			2019			2020		
	1			2			3			4		
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
fizibilite ve ön araştırması	T											
problem tanımı ve gereksinim analizi		T										
iş bölümü planlanması												
optik ve donanım komp. araştırması												
iç şase tasarımı												
iç şase üretimi												
tümleştirilmiş iç aksam test çalışması												
kabuk tasarımı model 1												
kabuk üretimi model 1												
iç şase ve model 1 entegrasyonu												
model 1 tasarım doğrulama testleri												
model 2 başlangıç ve araştırma												
model 2 detay tasarım												
model 2 üretim												
iç şase ve model 2 entegrasyonu												
model 2 tasarım doğrulama testleri												
model 2 , saha testleri												
tasarım onayı												
patent süreci												

T Tasarımcının aktif çalışması

Biyomimikri etkili olduğu dönem

Onay ürün

Fordex doküman inceleme cihazının 2017-2020 yılları arasında gerçekleşen tasarım sürecinde biyomimikri yaklaşımı Model 2'nin tasarlandığı 2020 senesi boyunca kullanılmıştır.

Model 1 tasarım sürecinde tasarımcı tarafından biyomimikri yaklaşımıyla ilgili hiçbir tasarım eylemi gerçekleştirilmemiştir. Model 1'de çalışan bir prototip ürün elde edilmesine rağmen, son ürün niteliğinde pazara sunulabilecek düzeyde bütün gereksinimlerin karşılandığı bir çözüme ulaşamamıştır.

Model 2 tasarım sürecinde biyomimikri yaklaşımı tasarımcı tarafından bilinçli olarak tercih edilmiştir. Biyomimikri yaklaşımının seçiminde tasarımcının daha önceki projelerinde bu kavramla ilgili tecrübe ettiği olumlu sonuçlar etkili olmuştur. Model 2’de biyomimikri kavramının seçilmesinde tasarımcının üründe gözlemlediği kapak biçiminin ona anımsattığı çene kavramı da etkili olmuştur.

Ürün tasarımında çene yapısına dair yapılan araştırmanın ardından, tasarımcı biyomimikri yaklaşımını kullanmaya karar vermiştir. Bu aşamada araştırma ve fikir geliştirme eylemlerini bu yaklaşımla ilerletmeyi seçmiştir. Alternatif olabilecek araştırma konuları ve fikirleri elemiş, biyomimikri yaklaşımını odağa almıştır.

Tasarım süreci içinde biyomimikri araştırmalarının tasarımcı tarafından tekil olarak yürütülmesinin ve uzmanlık alanı olmayan konularda araştırma yapmasının zorluk yarattığı fark edilmiştir. Tasarımcı, biyomimikri yaklaşımının uygulandığı süreçlerde, konuyla ilgili uzmanların da sürece dâhil edilmesinin daha verimli olacağı kanaatine varmıştır. Diğer taraftan, Fordex tasarım sürecinde uzman desteği alınmamasına rağmen, tasarımcı biyomimikri kavramı odağında çalıştığında, sürecin önceki aşamalara göre daha akıcı ilerlediği tespit edilmiştir.

Tasarımcı biyomimikri yaklaşımını mekanik çözümlere aktarırken ise süreç içinde öngörüsünden daha fazla vakit harcamıştır. Bunun sebebi ise karmaşık mekanik yapının sistemde sadeleştirilmesi ve üretim yöntemlerinin bu süreçte belirleyici olmasıdır.

Biyomimikri yaklaşımının etkin olduğu adımlarda, önceki aşamalardaki çalışmalardan alınan geri bildirimlerin de katkısı olduğu bilinmektedir. Biyomimikri yaklaşımının benimsenmesi ile önceki bilgilerin çözüm odaklı kullanımının hızlandığı görülmüştür.

Biyomimikri yaklaşımının, incelenen bu süreçte, araştırma aşamasını zorlaştırmasına rağmen, daha sonraki adımların akışını kolaylaştırdığı anlaşılmaktadır. Buna bağlı olarak, araştırma aşamasında harcanan sürenin, Model 2’nin toplam tasarım sürecine olumsuz etki yaptığı görülmemektedir. Araştırma aşamasında biyomimikri odaklı olarak ayrılan zamanın, daha sonraki adımlarda harcanacak zamandan tasarruf sağladığı ve sonuç odaklı ürünün ortaya çıkmasında katkısı tespit edilmiştir.

Süreçte biyomimikri kullanılan aşamalar, tüm zaman aralığı ile karşılaştırıldığında, harcanan sürenin daha kısa olduğu görülmektedir. Biyomimikri kullanılan tasarım süreci adımlarının daha kısa zamanda daha verimli çözümler doğurduğu anlaşılmıştır. Tablo 4.2’de belirtildiği üzere geniş kapsamlı katılımcının dâhil olduğu toplantılara bu dönemde ihtiyaç duyulmadığı ve sürecin daha hızlı ilerlediği görülmektedir.

Tasarımcı ilk aşamada ürünün görselleştirilmesiyle ilgili çalışmalarına daha az odaklanmıştır ve mekanik detay çözümlerine yoğunlaşmıştır. Bu durumun sebebini cihazın kullanımı ile ilgili temel fonksiyonların yeterince karşılanamaması ve kullanıcı dostu olmaması olarak ifade etmiştir. Özellikle kullanıcının yoğun olarak etkileşimde olduğu kapak yapısının fonksiyonel çalışmasına odaklanmış ve biyomimikri tabanlı çözümler bu süreçte rehber olmuştur.

Model 2’de fikir geliştirme aşamasından çalışır prototip aşamasına geçişte gerçekleşen eylemler daha hızlı olmuştur. Model 2’de tecrübe edilen süreçte, fikir geliştirme sürecinin daha kısa sürdüğü, daha az eskiz yapıldığı görülmüştür.

Model 2 tasarımının üç aylık geliştirme süreci sonrası 2020 Mart ayında üretimi tamamlanmış ve gereksinimleri karşılayan bir ürün elde edilmiştir. Model 2 prototipinin kabul testlerinin Model 1 prototipine göre daha kısa zamanda gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Model 1 bilgisayar ortamında kurgulandığı gibi bir sonuç vermemiştir. Model 2’de istenilen ürün fonksiyonları sanal ortamda geliştirilen kurgu ile sağlanabilmiştir.

Model 1’de üretim montaj işlemlerinin problemli olduğu tespit edilmiştir. Model 2’de ise biyomimikri yaklaşımıyla üretilen üründe sistemin basitleşmesi ve parçaların azalması ile üretim montaj işlemleri daha kolay yapılabilir hale gelmiştir. Bu durum ile cihaz üretiminde avantaj sağlayan sonuçların ortaya çıkmıştır. Projede görev alan mekanik tekniker Arslan Ek A6’da bu durumu şu şekilde ifade etmektedir:

“Model 1 cihaz montajında tasarımcı ile daha sık iletişimimiz oldu. İlk olarak montajda karşılaştığımız (cihazın iç kısımlarına montajın zorluğu, montajda iki

kişilik iş gücü istemesi, çok parçalı oldu için birleşme noktasında yaşadığımız sorunlar) paylaşımlarımız oldu. Tasarımcının sunduğu çözümler ile model 2 de bu sıkıntıların tamamı giderildi.”

Model 2’de kapak kısmının çene kavramı ile kurulan benzerlik üzerinden ele alınması ile öncelikle kapakta yenilikçi bir uygulamaya ulaşılmıştır. Kapak sayısı üçten bire indirilmiştir ve kapak dip açıklık sorunu çözülmüştür.

Tüm bu bilgiler ışığında, biyomimikri yaklaşımının olumlu ve olumsuz etkili olduğu bazı özellikler öne çıkmaktadır. Ayrıca üründe biyomimikri yaklaşımının yansımalarının bazen doğrudan bazen ise dolaylı olduğu görülmüştür. Biyomimikrinin özellikle cihazın mekanik fonksiyonlara katkısı ön plana çıkmaktadır. Biyomimikrinin cihazın elektronik ve yazılım modülleri üzerinde etkisinin olmadığı görülmektedir. Bu sonuçların özeti Tablo 4.4’te yer almaktadır.

Tablo 4.4: Biyomimikri ve ürün özellikleri

Tasarımında öne çıkan temel bileşenler	Model 1	Model 2	Biyomimikri etkisi
1-FİZİKSEL ÖZELLİKLER			
ÖLÇÜLER			
Dış ölçüler	63cmx 86cmx 63cm	67cmx 90cmx 63cm	Olumsuz (Dolaylı)
Ağırlık	130 Kg	100 Kg	Olumlu
FONKSİYON			
Analiz alanına erişimi	Üç farklı yönde ve dikey olarak çalışan kapak	Bir adet dikey olarak çalışan kapak	Olumlu
Farklı ölçülerdeki dokümanların analizi	Kullanıcının manuel kontrolü ile bağımsız hareket ettirilen kapaklarla sağlanmaktadır	Kapak doküman kalınlığına göre otomatik olarak kendi kendini ayarlamaktadır.	Olumlu
Cihaz içi izleme penceresi	Var	Var	Etkisiz
Arka Kapak (4.kapak)	Var	Var	Etkisiz
GÜVENLİK			
Işık sızdırma problemi	Var	Yok	Olumlu
Sıcaklık, nem ve mesafe sensörleri	Var	Var	Etkisiz
Kapağın açıklık durumunu gösteren sensörler	Çözülemedi	Çözüldü	Olumlu

BAKIM			
Cihaz bakımı ve arıza giderimi	Zor	Kolay	Olumlu
Aydınlatma sistemine kolay erişim	Var	Var	Etkisiz
ÜRETİM			
İmalat yöntemi	Talaşlı imalat, sac büküm	Talaşlı imalat, sac büküm ve termoform	Olumlu (Dolaylı)
Maliyet	Hedeflenenden yüksek	Model 1’den düşük	Olumlu
Malzeme	Al 6063 , 2mm alüminyum	Termoform ABS, Al 6063, 2mm alüminyum	Olumlu (Dolaylı)

2-DONANIM ÖZELLİKLERİ	
GÖRÜNTÜLEME	
Spectrometer Resolution,Spectrometer Range, Camera (Üst kamera), Spectral Response (Üst kamera), Optik zoom (Üst kamera), Field of View - Max (Üst kamera), Field of View - with XY stage (Üst kamera), Camera (Alt kamera), Resolution (Alt kamera), Spektral ölçümler,Optik büyütme,Görüş alanı (FOV),Sayısal büyütme, Belge Ebatları, RFID Module,Temperature Control, Giriş Beslemesi	Etkisiz
AYDINLATMA	
250-1000nm arası farklı dalga boylarında ışık kaynakları,Üst görünür ışık, geniş bant, Üst kızılötesi, geniş bant, Üst UV, Alt ışık görünür, Alt ışık, kızıl ötesi, Alt ışık, mor ötesi, Yatay ışık, Koaksiyel	Etkisiz

3-YAZILIM ÖZELLİKLERİ	
YAZILIM	
Sayısal görüntü filtresi, 3D görünüm,Canlı ve kayıt görüntü karş., Canlı görüntü işleme, Canlı kontrast ayarlama, HiperSpektral görüntüleme, Lüminesans görüntüleme, Anti-Stokes görüntüleme, Pasaport MRZ okuma, Pasaport saklı görüntü okuma, OVD kinegram gösterimi	Etkisiz

Biyomimikri yaklaşımı Model 2’nin tasarımında etkin olmuştur. Model 2’nin tasarım süreci adımlarında biyomimikrinin etkileri ve Model 1’in tasarım süreci ile karşılaştırması Tablo 4.5’de yer almaktadır.

Tablo 4.5: Biyomimikri ve Tasarım Süreci

Model 2 Adımlar	Model 1	Model 2
Başlangıç ve araştırma	Piyasa araştırması yapılarak muadil cihazlar incelenmiştir.	Önceki araştırmadan faydalanılmıştır, çene yapısı üzerine araştırmalar yapılmıştır, araştırma süreci daha uzun sürmüştür.
Detay tasarımı	Gereksinimlere yönelik ilk çözümler geliştirilmiştir.	Biyomimikri ile geliştirilen konsept, ürünün diğer özelliklerinde çözüme yardımcı olmuştur
Üretim	Birim maliyeti yüksek bir ürün ortaya çıkmıştır.	Birim maliyeti düşürülmüştür.
İç şase ve kabuk birleştirilmesi	Montaj zorluğu yaşanmıştır.	Montaj kolaylığı sağlanmıştır.
Tasarım doğrulama	Proje gereksinimleri karşılanmamıştır.	Kısa süreli test sonrası tasarım doğrulanmıştır.
Saha testleri	Model üzerinden kısmi test yapılmıştır.	Yazılım ve donanım testleri çalışan prototip üzerinde gerçekleştirilmiştir.
Onay	Tasarımda revizyona gidilmesi kararlaştırılmıştır.	Proje gereksinimleri karşılanmıştır.
Patent işlemleri	Yok	“ <i>Biyomimikri kavramı kullanılarak doküman inceleme cihazı kapak sistemi tasarımı</i> ” başlıklı Patent başvurusu yapılmıştır.

Önceki bölümlerde belirtildiği üzere, araştırma tamamlandığında tasarım patent aşamasına getirilmiştir. “Biyomimikri kavramı kullanılarak doküman inceleme cihazı kapak sistemi tasarımı” başlığı ile TÜBİTAK Teknoloji Transfer Ofisi tarafından 2020 Kasım ayı itibarıyla patent süreci başlatılmıştır. Tasarımın patentlenen özellikleri Şekil 17, 19 ve 37’de belirtilmektedir. Tasarımı patent aşamasına getiren kararlar biyomimikri yaklaşımı sonucunda şekillenmiştir.

Tasarım süreci kapsamındaki yaratıcı eylemler ve kararların ortaya çıkış anları kontrollü biçimde yönetilir değildir. Bu nedenle bir tasarımcının bir yöntemi kesin olarak seçip, çözümü seçtiği yöntemle üretmeye çalışması verimli sonuçlar vermeyebilir. Tasarım problemlerini çözerken yaşanan karmaşık düşünsel süreçler göz önüne alındığında, bu araştırmada biyomimikri kavramının tasarımcının planladığı gibi sonuç vermesi dikkat çekicidir.

4.4 KISITLAMALAR VE NOKSANLIKLAR

Gerçekleştirilen araştırma süreci sonucunda çalışmanın yetersiz kaldığı bazı konular tespit edilmiştir. Bunlardan ilki tasarımcı ve araştırmacının aynı kişi olmasıdır. Araştırmanın bu özelliği veri toplama ile ilgili sağladığı kolaylıkların yanında tarafsız bilgi toplama konusunda daha dikkatli olmayı gerektirmiştir.

İkinci bir kısıtlama, tasarım sürecinde iki ayrı model olmasına rağmen, ikinci modelin birinci modelin tasarım sürecinden faydalanmış olması olarak görülmektedir. Ele alınan tasarım süreci bir ürün hedefiyle şekillenmiş, ama çalışmada anlatılan sebeplerle iki parçaya bölünmüştür. Bu durum, biyomimikriyle ilgili yapılan karşılaştırmaların değerlendirilmesini zorlaştırmıştır.

Sürecin geriye dönük olarak araştırılması, yöntem bölümünde belirtilen avantajların yanı sıra bazı zorluklar da oluşturmuştur. Ulaşabilen verilerin sınırlı olması, bazı verilerin süreç sırasında tasarımcı ya da kurum tarafından kaydedilmemesi bu zorluklardan çalışmayı etkileyenler olarak öne çıkmıştır.

Araştırmanın kapsamını kısıtlayan faktörlerden bir diğeri de, tasarım sürecinin sonuna doğru, ürün tasarımının başarılı bulunması ve patent sürecinin başlaması ile kurum içi paylaşılacak bilgilere bazı ek sınırlamalar getirilmesi olmuştur.

Araştırmacının sürece başlarken konuyu bir tez çalışması olarak ele alacağını planlamış olmaması yapılan çalışmada tasarım sürecinin incelenmesinde bazı açılardan tarafsızlık sağlamıştır. Fakat araştırmanın bu özelliği yukarıda listelenen kısıtlamaların da sebebi olarak öne çıkmaktadır. Tez çalışması bulgu ve sonuçlarının bu perspektifle de okunmasının fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak:

Biyomimikri yaklaşımının kullanılması sonucunda elde edilen tasarım, kendinden önceki süreçten yenilikçi biçimde farklılaşmıştır. Fordex doküman inceleme cihazının Model 2 sürecinde şekillenen çoğu özelliğinin biyomimikri tutumundan olumlu etkilendiği görülmüştür. Biyomimikri yaklaşımının en kuvvetli yansımaları, tasarımın kapak detayının çözümünde, araştırma eylemlerinin çeşitlenmesinde, tasarım sürecinin hızlanmasında ve patent aşamasında görülmektedir. Biyomimikri yaklaşımının kullanılmasının hem tasarımcıya hem de ürün geliştirme sürecine olumlu katkıları olduğu sonucuna varılmıştır.



KAYNAKÇA

Kitaplar

- Altun, Ş., 2019. *Doğanın inovasyonu yenilik için doğadan ilham al.* 2. Baskı. İstanbul: Humanist.
- Bayazıt, N., 2004. *Endüstriyel tasarımcılar için tasarlama kuramları ve metodları.* İstanbul: Birsen.
- Bar-Cohen, 2006. *Biomimetics - Biologically Inspired Technologies.* New York: Taylor & Francis Group.
- Benyus, J., 1997. *Biomimicry innovation inspired by nature.* New York: Harper Perennial.
- Benyus, J., 2009. *Biomimicry, innovation inspired by nature* . HarperCollins e-books. s.13.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak. E., Akgün. Ö., Karadeniz. K., Demirel. F., 2017. *Eğitimde Bilimsel Araştırma Yöntemleri.* Ankara: Pegem Yayıncılık.
- Çetin, N., 2013. *Biyomekanik.* İstanbul: Turna Yayınları.
- Epler, P. (2019). Types of Case Studies. In Baron, A., & McNeal, K. (Eds.), *Case Study Methodology in Higher Education* (pp. 20-46). IGI Global.
- Sığrı, Ü. 2018 *Nitel Araştırma Yöntemleri.* İstanbul: Beta Yayınevi, 2018.
- Yin, R. K. (1994). *Case study research: Design and methods* (2nd ed.). Newbury

Süreli Yayınlar

- Akkurt, M., 2011. *Adli tıp kurumu fizik ihtisas dairesi adli belge inceleme şubesine gelen ve müzeekkere ile iade edilen dosyaların incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü
- Akgün, S., 2016. *Sürdürülebilir bir gelecek için biomimikri*. Raillife. **97**(10), s. 54.
- Arhon, Z., 2012. *Doğa ve iş verimliliği*. Platin Dergisi. (3)
- Baltacı, A., 2019. Nitel Araştırma Süreci: Nitel Bir Araştırma Nasıl Yapılır? Mersin Üniversitesi, İslami İlimler Fakültesi, Felsefe ve Din Bilimleri Bölümü, Mersin
- Birincioğlu. İ., Özkara. E., 2010. *Adli Belge İncelemelerinde Bilinmeyenler, Örneklerle Yazı ve İmza Analizi İle Islak İmza Kavramı*. TBB dergisi, (87). s. 412
- Bromley, D. B. (1990). Academic contributions to psychological counselling: I. A philosophy of science for the study of individual cases. *Counselling Psychology Quarterly*, 3(3), 299–307
- Çakır. İ., Aslıyürek. H., 2014. *Belge İncelemelerinde kullanılan Cihaz Ve Yöntemler*. Arşiv Dünyası. (11), ss. 16-17
- Çiftçi.A., 2020. *Tasarım Odaklı Düşünme Temelli Bir Enerji Dönüşümleri Modülünün Geliştirilmesi ve Uygulanması*. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Demirayak. F, 2002. *Biyolojik çeşitlilik doğa koruma ve sürdürülebilirlik kalkınma*. Doğal Hayatı Koruma Derneği (12)
- Er, Ö., Er, A., Manzakoğlu, B., 2010. *Tasarım Yönetimi: Tanıtım, Kapsam ve Uygulama*. TÜSİAD-T (12) 508
- Gerring, J. 2007., *Case study research: Principles and practices*. New York: Cambridge University Press.
- Gözel, A.,2015. *Belge Sahtecilik Suçlarının Konusu Olarak Belge ve Elektronik Belge*. S.D.Ü. Hukuk Fakültesi Dergisi (5), s. 1.
- Gümüshan, H., 2018. *6. Uluslar arası matbaa teknolojileri sempozyumu*. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi. 01-03-Kasım.2018
- Hamzaoğlu, N., 2008. *Belge inceleme alanında üstü karalanmış yazıların spektral ve hiperspektral yöntemlerle analizi*. İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü.
- Karaarslan, S., 2008. *Tübitak 7. Çerçeve Finansal Kurallar*. Antalya. 14-15-Nisan 2008.

- Kallioğlu, M. A., Karakaya, H. ve Durmuş, A., 2013. *Enerjiye farklı bir bakış açısı olarak biomimikri kavramı*. ULIBTK'13 19. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi. (09) s. 1623.
- Karabetça, A. R., 2016. *Biomimikri destekli mekan tasarımı ölçütleri ve bu ölçütlerin örnekler üzerinden incelenmesi*. Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kuday, I., 2009. *Tasarım sürecini destekleyici faktör olarak biomimikri kavramının incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü.
- Oktay, Z., 2006. *Türkiye’de Tasarımı Tartışmak. 3. Ulusal tasarım kongresi bildiri kitabı*. İstanbul .
- Özdoğan, M., 2015. *Biyosüreç: Doğadan İlham Alan Tasarım Süreçleri İçin Sistemik Bir Yöntem Önerisi ve Uygulaması*. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özşen. M., 2019. *Lojistik Sektöründe Digital Pazarlamanın Yeri ve Önemi: Sektöre Yönelik Vaka Analizi Yüksek Lisans Tezi*. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa
- Paksoy, M., 2017. *İşletmelerin Satışa Sunacağı Yeni Ürünlerin Pazarda Tutunmasını Etkileyen Faktörler*. Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi. (1), ss. 67-86.
- Serbes, A., 2015. *Bir Tasarımcı Girişiminde ‘Design Thinking’in içkin Olarak Kullanımı*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Subaşı. M., Okumuş. K., 2017. *Bir Araştırma Yöntemi Olarak Durum Çalışması*. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Haziran 2017 21(2): 419-426
- TÜBİTAK Bilim Teknik Dergisi*, 2009. Biomimikri. (11), ss. 120.
- Yılmaz. R., Koç. S., 2006. *Adli Belge İncelemeciliğinin Tarihsel Gelişimi (I). Adli Tıp Kurumu*, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi.
- Verlinden J., Suurmeijer C., Horvath I. 2007. Which Prototype to Augment? A Retrospective Case Study on Industrial and User Interface Design. In: Shumaker R. (eds) Virtual Reality. ICVR 2007. Lecture Notes in Computer Science, vol 4563. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73335-5_62
- Vincent, J., 2001. *Deployable Structures. S. Pellegrino içinde Stealing ideas from nature*. Vienna: Springer-Verlag.

Winter, D. A., 2009. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.



Diğer Yayınlar

Akıncı İHA.2020. <https://www.baykarsavunma.com> [Erişim tarihi: 15.10.2020].

Akıncı İHA Prototip. 2020. <https://www.aa.com.tr> [Erişim tarihi: 15.10.2020].

Arnold Glas. 2020. <https://www.cleveland.com> [Erişim tarihi: 20.10.2020].

Belge. 2020. <https://sozluk.gov.tr> [Erişim tarihi: 18.10.2020].

Bilgem Mekanik Atölye.2020. <https://bilgem.tubitak.gov.tr/tr/kurumsal/pilot-uretim-cnc-tezgah-bolumu> [Erişim tarihi:12.03.2020].

Biyonik Kol. 2020. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/7114587.stm> [Erişim tarihi: 17.05.2020].

Biomimicry. 2020. <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry> [Erişim tarihi: 05.04.2020].

Biyomimikri Tasarım Lensi. 2020. <https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-biomimicry-thinking> [Erişim tarihi: 05.04.2020].

Biyomimikri. 2020. <https://www.gidahatti.com/dogadan-ilham-alanlar-icin-biyomimikri-projesi-biyomimikri-nedir-5609> [Erişim tarihi: 15.05.2020].

Çene Anatomisi. 2019. <https://www.hurriyet.com.tr/egitim/omurgali-hayvanlarnelerdir-ve-kaca-ayrilir-omurgali-hayvanlarn-ozellikleri-ve-isimleri-41623045> [Erişim tarihi: 10.12.2019].

Denizaltı. 2020. <https://www.denizaltici.com> [Erişim tarihi: 17.06.2020].

Doğayı Tüketen Enerji. 2020. <https://www.hsgm.saglik.gov.tr> [Erişim tarihi: 18.10.2020].

Doğa ile uyumlu Enerji. 2020. <https://www.bbc.com> [Erişim tarihi: 18.10.2020].

Doküman İnceleme Cihazı. 2020. <https://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/sahte-belgeyegecit-yok-11885511> [Erişim tarihi: 18.06.2020].

Foster & Freman.2020. <https://www.fosterfreeman> [Erişim tarihi: 15.10.2017].

İnsan Çenesi. 2019. <https://www.metraldental.com/educational/tmd-ask-your-dentist> [Erişim tarihi: 10.12.2019].

Köpek Balığı. 2020. <https://www.wwf.no> [Erişim tarihi: 15.10.2020].

Lotus. 2020. <https://www.bilimveteknik.tumblr.com> [Erişim tarihi: 28.10.2020].

- Ornilux. 2020. <http://www.ornilux.com/history-research.html> [Erişim tarihi: 12.09.2020].
- Natulius. 2020. <https://www.ntv.com> [Erişim tarihi: 17.06.2020].
- Projectina. 2017. <https://www.ultra-forensictechnology.com> [Erişim tarihi: 10.10.2017].
- Resmi Belge. 2020. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/10/20041012.htm> [Erişim tarihi: 20.12.2020].
- Regula. 2017. <https://www.regulaforensics.com> [Erişim tarihi: 15.11.2017].
- Shinkansen Treni. 2020. <https://asknature.org/idea/shinkansen-train> [Erişim tarihi: 12.05.2020].
- Shinkansen Treni. 2020. <https://www.bbc.com> [Erişim tarihi: 12.05.2020].
- Simbiyoz İlişki. 2020. <https://www.rutube.ru> [Erişim tarihi: 12.10.2020].
- Termit Yuvası. 2020. <https://www.prusakam.net> [Erişim tarihi: 19.05.2020].
- Termit ve Mimari. 2020. <https://www.posta.com.tr> [Erişim tarihi: 18.05.2020].
- Termitler. 2020. <https://tr.pestctrl.biz/nasekomye/termity> [Erişim tarihi: 19.05.2020].
- TÜBİTAK Forensic XP. 2020. <https://analitiklab.bilgem.tubitak.gov.tr/forensic-dokuman-inceleme-cihazı.html> [Erişim tarihi: 18.10.2020].
- Türkiye İnovasyon Haftası. 2019. <https://www.turkiyeinovasyonhaftasi.com/tr/turkiye-inovasyon-haftasi> [Erişim: 15.06.2019].
- Vaka Analizi Yöntemi. 2021. <https://methods.sagepub.com/methods-map/single-cases> [Erişim tarihi: 07.04.2021].
- Yalıçapkını Kuşu. 2020. <https://www.asknature.org> [Erişim tarihi: 12.05.2020].