

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HASTANE ENVANTERİNDEKİ YÜKSEK RİSKLİ İLAÇLAR
İÇİN ELEKTRONİK ÇEKMECE UYGULAMASI**

MUSTAFA UMUT AYDIN

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

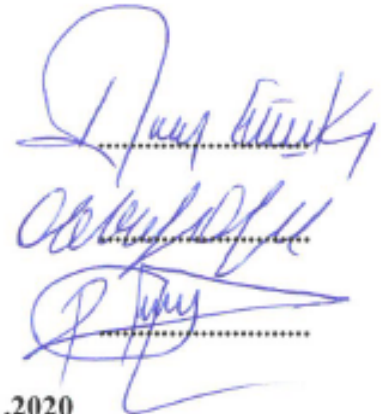
BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HASTANE ENVANTERİNDEKİ YÜKSEK RİSKLİ İLAÇLAR
İÇİN ELEKTRONİK ÇEKMECE UYGULAMASI

MUSTAFA UMUT AYDIN

Prof.Dr. Serdar KÜÇÜK
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof.Dr. Özcan GÜNDOĞDU
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Prof.Dr. Raşit KÖKER
Jüri Üyesi, Sakarya Uyg. Bilimler Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 06.01.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile birlikte çeşitli hastalıkların tedavisinde ilerlemeler sağlandı. Bu nedenle son yıllarda çeşitli ilaçlar geliştirilerek detaylı sağlık programları uygulanmaktadır, bunun en iyi örneği ise, hayati fonksiyonlara doğrudan etkisi olup, yüksek riskli ilaçlar olarak bilinen ilaç gruplarıdır. Yüksek riskli ilaçlar acil vakalar, bağımlılık tedavisi, nöroloji, psikoloji, kalp ve damar cerrahisi gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Tüm bu kullanımların iyi etkilerinin yanında, kötü amaçlı kişiler tarafından çeşitli yollarla çalınmakta, taşıma esnasında kaybedilmekte, denetim hataları sonucu hastalara yanlış ilaç uygulanabilmektedir. Tüm bu sebeplerden dolayı mevcut sistemlerin, yüksek riskli ilaçları korumadaki yetersizlikleri göz önünde bulundurularak geliştirilen uygulamada, ilaçlar, ilaç kabini içerisinde bulunan özel bir donanım ile akıllı bir şekilde muhafaza ve envanter edilerek tüm yapılan hareketler takip edilmektedir. Yüksek riskli ilaçların muhafaza edilirken yapılan her bir stok hareketinin kayıt altına alınması sonucu ilaç kayıpları yaşanmamakta ve doğru ilaç yönlendirilmesi yapılmaktadır.

Yüksek lisans tez çalışmamda yardımcı olan danışman hocam Serdar Küçük'e, projem ile yakından ilgilenme fırsatı veren değerli Triatech Tıbbi Sistemler San.ve Tic. A.Ş. ailesine, yönetim kurulu üyesi Hakan Seber Aya'ya teşekkürlerimi sunarım.

Kasım – 2019

Mustafa Umut AYDIN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	3
1.1. Hasta Sağlığı	4
1.2. İlaç Yönetim Süreçleri	5
1.3. İlaç Hataları ve Sonuçları	6
1.4. Hastane İçerisindeki İlaç Hareketleri	7
1.4.1. Kamu hastanelerinde ilaç kullanımı	7
1.4.2. Özel hastanelerde ilaç kullanımı	7
1.5. İlaç Yönetiminde Önemli Sorular	8
1.6. Küresel İlaç Yönetimi Yaklaşımları	8
1.6.1. Sentralize ilaç yönetim sistemleri	8
1.6.2. Desantralize ilaç yönetim sistemleri	10
1.6.3. Sentralize ve desantralize ilaç yönetim sistemlerinin karşılaştırılması	11
1.7. İlaç Yönetimi Hedefleri	12
2. MALZEME VE YÖNTEM	14
2.1. Uygulamanın Genel Tanımları	14
2.2. Ana Mimarinin Oluşturulması	16
2.3. Mekanik Tasarım	17
2.3.1. Fiziksel dış sınırların belirlenmesi	17
2.3.2. Hareket çerçevesinin belirlenmesi	17
2.3.3. İlaç bölme tasarımı	18
2.4. Elektronik Tasarım	19
2.4.1. Motor seçimi	19
2.4.2. Manyetik encoder	22
2.4.3. Başlangıç pozisyonu belirlenmesi	23
2.4.4. Elektronik kart bileşenleri ve gömülü yazılım platformu	24
2.5. Master Kart ile Haberleşme	26
2.6. Elektronik Çekmece İçerisindeki İlaç Bölmesi Adresleme	29
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	32
3.1. Elektronik İnceleme	32
3.2. Mekanik İnceleme	34
3.3. Kabin İçerisindeki Haberleşme Yapısının İncelenmesi	37
3.4. Fiziksel Kapasite	38

3.5. Uygulama Aktivite Değerlendirme alışması.....	38
3.5.1. Uluslararası verimlilik incelemesi	39
3.5.2. Yurtiçi verimlilik ngrs	40
3.6. Genel Değerlendirme	41
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	44
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER	47
ÖZGEÇMİŞ	48



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Stok yönetim süreci.....	6
Şekil 1.2.	Klinik yönetim süreci.....	6
Şekil 1.3.	Medikal süreçlerdeki hatalar.....	6
Şekil 1.4.	Sentralize ve desentralize sistemlerin genel görünümü.....	12
Şekil 2.1.	Elektronik çekmece uygulaması donanım yerleşimi.....	18
Şekil 2.2.	İlaç havuzu ve ayraç tasarımı.....	19
Şekil 2.3.	Adım motor örneği.....	20
Şekil 2.4.	Elektronik çekmece kilit pozisyonu.....	21
Şekil 2.5.	Kilit mekanizması iç yapısı.....	21
Şekil 2.6.	Manyetik encoder pozisyonu ve şaft ucunda bulunan mıknatıs.....	23
Şekil 2.7.	Manyetik alan etkili sensör pozisyonları.....	24
Şekil 2.8.	Elektronik kartın çekmece üzerindeki pozisyonu.....	25
Şekil 2.9.	18F8527 bacak yapısı.....	25
Şekil 2.10.	Micro Code Studio platformu ve mikro denetleyici tanımlamaları.....	26
Şekil 2.11.	Master kart ve uygulama arasındaki haberleşme verileri.....	28
Şekil 2.12.	Yazılım içerisindeki komut yönlendirmeleri.....	28
Şekil 2.13.	A01-2×2 bölme adresinin çekmece üzerinde açtırılması.....	31
Şekil 3.1.	FFC kablo örneği.....	34
Şekil 3.2.	Zincir sarmallı dişli kayış.....	35
Şekil 3.3.	Dişli kayış ile panel bağlantı noktası.....	35
Şekil 3.4.	Kayış ile panel arası bağlantı parçası.....	36
Şekil 3.5.	Elektronik çekmece uygulaması ilaç havuzu.....	37
Şekil 3.6.	Gömülü yazılım içerisinde haberleşme hattına data basılması.....	38

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1.	3000 Yatak kamu hastanesinde günlük ilaç kullanımı	7
Tablo 1.2.	Özel hastanelerde günlük ilaç kullanımı.....	7
Tablo 1.3.	Sentralize sistem eczane ve haberleşme özellikleri	9
Tablo 1.4.	Sentralize sistem ilaç özellikleri	9
Tablo 1.5.	Desentralize sistem eczane ve haberleşme özellikleri	10
Tablo 1.6.	Desentralize sistem ilaç özellikleri	11
Tablo 2.1.	İlaç havuzu içerisindeki birim bölmelerin modellenmesi.....	30
Tablo 2.2.	E03-2×3 Bölme açılışı	30
Tablo 3.1.	Taranaki Health tasarruf çalışması	39
Tablo 3.2.	Munroe Regional Medical Center tasarruf çalışması	40
Tablo 3.3.	Başkent Üniversite Hastanesi karşılaştırmalı tasarruf çalışması	41
Tablo 3.4.	Başkent Üniversite Hastanesi yıllık tasarruf öngörüsü.....	41

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

N/cm	: Tork
W	: Güç
\$: Amerikan Doları

Kısaltmalar

ASCII	: American Standart Code for Information Interchange (Amerikan Standart Kodlama Sistemi)
FFC	: Flexible Flat Cable (Esnek Yassı Kablo)
HBYS	: Hastane Bilgi Yönetim Sistemi
HID	: Human Interface Device (İnsan Arabirim Aygıtı)
ICU	: Intensive Care Unit (Yoğun Bakım Ünitesi)
IV	: Intravenoz (Damar İçi)
I/O	: Input/Output (Giriş/Çıkış)
JCI	: Joint Commsision International (Uluslararası Ortak Komisyon)
M	: Milyon
PWM	: Pulse-Width Modulation (Sinyal-Genişlik Modülasyonu)
ROHS	: Restriction of Hazardous Substances Directive (Belirli Zararlı Maddelerin Kullanımını Kısıtlama)
TL	: Türk Lirası
Tx	: Transaction (İşlem)
UART	: Universal Asynchronous Receiver Transmitter (Evrensel Asenkron Alım Gönderim)
USB	: Universal Serial Bus (Evrensel Seri Veriyolu)
USD	: United States Dollar (Amerikan Doları)
Uyg.	: Uygulaması

HASTANE ENVANTERİNDEKİ YÜKSEK RİSKLİ İLAÇLAR İÇİN ELEKTRONİK ÇEKMECE UYGULAMASI

ÖZET

Son yıllarda, hastane içerisinde eczaneden hemşirelik servislerine kadar gerçekleşen yoğun ilaç hareketlerinden dolayı yaşanan kayıplar sağlık riskine ve maliyete sebep olmaktadır. Özellikle yüksek riskli ilaçlar olarak bilinen, hayati fonksiyonları etkileyebilme kapasitesi oldukça fazla olan ilaçlarda yaşanan kayıplar sonucu büyük tehlikelerle karşılaşmaktadır. Yaşanan bu kayıpların ana sebepleri; hırsızlık, taşıma problemleri, sayım hataları, eksik faturalandırma, yanlış ilaç uygulaması olmaktadır. Bu kayıplar aynı zamanda hastane envanterinde hatalı sonuçlara sebep olmaktadır. Bu noktada ilaç kayıplarının engellenmesinde elektronik çekmece sistemi devreye girmektedir. Özellikle, yüksek riskli ilaçlar, elektronik çekmece sistemi sayesinde özel hücre mekanizmalarında korunmaktadır. Her bir ilaç kullanımı hastane ilaç yönetim biriminin parçası olan elektronik çekmece sisteminin onayına bağlıdır. Bu sayede ilaç kayıpları sonucu oluşan sağlık riskleri ve ekonomik maliyetler engellenecektir. Yapılan uygulama hastane içerisinde bulunan tüm hemşire servislerine kurulmuş kabinler içerisinde çalışmaktadır. Böylece ilaca erişim süresi de minimum düzeye inmektedir. Dışarıdan gelebilecek saldırılara karşı, sistemde bulunan takip modülü ile müdahale algılanabiliyor ve anında hastane yönetimi, kabin üstünde bulunan bilgisayar aracılığı ile bilgilendirilebiliyor. Sistem içerisine yapılan tüm ilaç işlemleri kabin üzerinde bulunan bilgisayar sayesinde kaydedilebiliyor ve geriye dönük olarak inceleme imkânı tanıyor. Geliştirilen proje ile hastane içerisinde meydana gelen yukarıdaki problemler, çözüme kavuşturularak daha sağlıklı bir gelecek hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektronik Çekmece Sistemi, Hastane Envanteri, İlaç Kayıpları, Yüksek Riskli İlaçlar.

ELECTRONIC DRAWER APPLICATION FOR HIGH RISK DRUGS IN HOSPITAL INVENTORY

ABSTRACT

In recent years, medication losses due to the medication dense movements from pharmacy to the nursery service in the hospital cause health risk and high cost. Particularly known as high risk medications with high capacity to affect vital functions are met to great hazards as a result of losses. The main cause of medication losses are theft, transportation problems, counting error, incorrect billings, wrong medication application. These losses also yield incorrect result in hospital inventory. At this point, an electronic drawer system is proposed to prevent these losses. Particularly, high risk medications are protected in special pockets mechanism by means of this electronic drawer system. Each medication usage depends on approval of the electronic drawer system that is a part of hospital medication management department. Thus, the health risk and financial cost result from these medication losses are prevented. The application works in the cabins located in the hospital which installed every nurse service. Thus, the duration of medication access is reduced to a minimum. Invention can be detected with the monitoring module in the system against the attacks that may come from outside and the hospital management can be informed instantly via the computer on the cabin. All the medication operations performed in the system can be recorded by means of the computer located on the cabinet and it allows the retrospective examination. With the developed project, the above problems in the hospital are solved and a healthier future is targeted.

Keywords: Electronic Drawer System, Hospital Inventory, Medication Losses, High Risk Medications.

GİRİŞ

Gelişen dünya ile birlikte insanlar bilim, sanat, sanayi, sağlık gibi alanlarda çeşitli faaliyetler göstererek bu alanlarda yükselmeyi hedeflemişlerdir. Özellikle sağlık alanında yapılan çalışmalarla önemli hastalıkların tanısında ve tedavisinde gelişim için birçok adım atılmıştır. Kurulan hastaneler, organize sağlık yapıları, tıbbi görüntüleme alanındaki çalışmalar bunlara birer örnektir. Geliştirilen tüm bu sistemler sonucunda her bir işlem adımı devamlı bir faaliyete ve her bir faaliyet ise yönetilmesi gereken bir sürece dönüşmektedir. Tüm bu sistem içerisinde yapılabilecek yönetim hatası ya da eksikliği diğer adımları etkileyerek verimin ve kalitenin düşmesine sebep olacaktır. Özellikle bu yönetsel bozuklukları hastane içerisindeki ilaç envanterinde meydana gelmesi durumunda hastaların sağlığı ve güvenliği için çok riskli bir hal almaktadır. Bunun başlıca sebebi ise hastane içerisindeki ilaç trafiğinin herhangi bir noktada yaşanan aksamaların doğrudan hastalara ve hastane çalışanlarına yansımalarıdır. Ayrıca “Yüksek Riskli İlaçlar” olarak adlandırılan ilaç grubu, birim maliyet ve teşkil ettiği hayati risk bakımından oldukça önemlidir, bu tip ilaçların ayrıca yönetimi ve hastane içerisindeki envanteri aktif bir şekilde takip edilebilmelidir. Çünkü belirtilen ilaçların yüksek maliyetlerinin yanı sıra hayati fonksiyonları durmak üzere olan hastalara yeniden tetikleme yapabilme veya uyuşturucu bağımlılığı bulunan hastaların tedavilerinde kullanımı gibi kritik rolleri bulunmaktadır. Herhangi bir yanlış kullanımında ya da hekimin belirlediği miktardan farklı kullanımında hastalar üzerinde ölümcül etkileri vardır, tüm bu sebeplerden dolayı hastane içerisindeki ilaç trafiği, yönetilmesi gerektiğini de beraberinde getirmiştir. “An Investigation on the Effect of Electronic Management Information Systems on Inventory Control of Hospital Pharmaceutical” adlı makalede tüm bu durumlar detaylı şekilde açıklanmaktadır [1]. İlaç kullanım hataları sonucu ortaya çıkan vahim tablo şu şekildedir;

Yıllık ilaç kaynaklı hata sayısı 1.847.800, yıllık ilaç kaynaklı ölüm oranı %3, yıllık hastanede ölüm oranı %2, yıllık ilaç kaynaklı ölüm oranı 56.000, yıllık maliyet: 17-29 Milyar Dolar’dır [2].

Verilen sebeplerden dolayı özellikle yüksek riskli ilaçların korunması ve doğru yönetilmesi hayati rol oynamaktadır. Yapılan çalışma tam da bu noktada yüksek riskli ilaçları akıllı bir şekilde yöneterek, hastanenin belirlemiş olduğu sürece göre doğru kişiler tarafından kontrollü alınmasını sağlayarak tüm bu süreci kayıt altına almaktadır.

Sistem içerisinde bulunan 4 adet adım motor yardımı ile 4 adet metal-plastik karışımı panel olarak adlandırılan mekanizmalar, 2 eksen üzerinde konumlandırılarak ilaçların bulunduğu bölmeleri kontrollü açılması sağlanmaktadır. Adım motorların vermiş olduğu hareketler, encoder ile takip edilerek konum bilgisi aktif olarak okunmaktadır ve dışarıdan gelebilecek istem dışı her türlü müdahaleye karşılık sistemi ve hastaneyi uyarabilmektedir. İlaçlar, kanatların altında bulunan ve istenildiği gibi yapılandırılabilen bölmeler içerisinde tutulmaktadır. Bu sayede sadece alınacak olan ilacın bulunduğu bölme açılarak diğer ilaçlara erişim engellenmiştir.

Proje genel kapsamda yüksek riskli ilaçları kontrollü bir şekilde envanter edilmesi ve uygulanmasını sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir, verilen açıklamalar altında bu durum hayati önem taşımaktadır. Uygulamanın sağlıklı bir şekilde yaygınlaştırılması ile birlikte hastaların sağlık riskinin ve mali kayıpların minimum düzeye inmesi amaçlanmaktadır.

1. GENEL BİLGİLER

Yüksek riskli ilaçlar dijital ortamda kayıt altına alınmadan önce manuel olarak kayıt defterleri aracılığı ile kayıt altında tutuluyordu. İlaçların tedarik yolu ile hastaneye girişinden başlanarak hastaya uygulanıncaya kadar geçen tedarik, mal kabul, depolama, toplama, dağıtım, tüketim, stok/fatura hareketi süreçlerinin hepsi teker teker kayıt defterine yazılarak takibi yapılmaya çalışılıyordu [3]. Süreç çok uzun ve adımlar da fazla olduğu için yapılan hatalar direk olarak hastaya yansımaktaydı ve tabii ki bu süreç içerisinde insan kontrolü olduğundan dolayı hata riski de bir hayli yüksek durumdaydı. Ayrıca ilacın tüm bu stok hareketlerinin oluşmasını sağlayan klinik süreç de diğer bir taraftan işlemektedir. Bu süreç de stok süreci gibi uzun ve çok adımdan oluşmaktadır.

Bilindiği üzere, hastane içerisindeki ilaç kullanım talebi her zaman değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenlik dönemin hastalık çeşitliliğine, geleneksel alışkanlıklara ve salgınlara göre artabilir ya da azalabilir. Ayrıca ilaçların ve yanında kullanılan tamamlayıcılarının etki alanı aynı ise formüller adı verilen listeler şeklinde kullanılabilir. Bu listeler ilaç gruplarının ve etki gösterdiği alanların belirtilmesinde hastane adına faydalıdır. Formüllerin tüketimi de döneme göre değişkenlik göstermektedir ve bu değişkenlik ilaç takibini kolaylaştırır [4]. Bu sebeple hastane içerisindeki ilaç ihtiyacı haftalık ve hatta günlük bazda değişkenlik göstermektedir. Eczane haftalık olarak planladığı ilaç kullanım miktarını, ani olarak gelişen bir salgın durumunda iki katına çıkarabilir fakat ilaç yönetim planlamasını bu kapsamda detaylı yapmadığı durumlarda hastalar için hayati risk söz konusu olacaktır.

Ayrıca, ilaç yönetimi içerisindeki insan faktörünün de etkili olduğu, vardiya geçişleri, yönetim zafiyeti, reçete yanlışlığı, yanlış doz, yanlış ilaç kullanımı ve doz atlama gibi sonucu ağır olabilecek hatalar ile karşılaşmaktadır [5].

Verilen tüm bu sebeplerden dolayı, tüm sürecin kontrol altında tutulması gerekliliği doğmuştur. Süreç içerisindeki insan faktörünün mümkün olduğu kadar aza

indirgenmesi sağlıklı bir yapının oluşması için en temel gereksinim olduğu saptanmıştır.

Dünya üzerinde ilaç yönetim sistemleri, sentralize ve desentralize sistemler olmak üzere iki temel başlık altında toplanmaktadır. Bu sistemlerde amaç, ilaç yönetim trafiğini, ilacın hastaneye girişinden başlayarak, hastaya kullanılıp fatura edilmesi süreci ile son bulana kadar kayıt altında tutmak ve gerekli ilaç dağıtımlarını sağlamaktır. Sentralize sistemler, merkeziyetçi olmakla birlikte hastanenin eczane birimine yakın kurulan bütünleşik robot sistemlerden oluşmaktadır. İlaçlar sisteme toplu olarak girilerek, birim dozda paketlenmiş bir şekilde teslim alınmaktadır ve minimum 5 gün öncesinden yapılmış plan ile çalışır. Bu sebeple acil durumların oluşabileceği servislerde kullanılamazlar. Desentralize sistemler ise hasta bazlı tüm gerekli servislere kurulan kabinlerden oluşmaktadır. Bu kabinler içerisinde eczane tarafından yüklenen ilaçlar tutulmakta olup, ihtiyaç anında hasta ile ilişkili personeller tarafından kullanıcı tanımı ile girilerek ilaç alımı gerçekleştirilir. Buradaki sistemin dezavantajı, eczane birimine uzak olduğu için güvenlik açığına ve kabin hacmine bağlı olarak içerisine alacağı ilaç sayısından dolayı sürekli yükleme yapılması durumudur. Tüm bilgiler ışığında iki sistemin de güçlü yanlarını bir araya getirilebilecek yeniliklere ihtiyaç duyulmuştur. Bu alanda yapılan mevcut çalışmalar yukarıda da belirtildiği gibi genellikle sistemlerin avantaj ve dezavantajına yönelik olup, yapılması gereken sisteme yönelik bir kaynak yoktur. Gerçekleştirilen projede, desentralize kabinler içerisine entegre olabilecek, dışarıdan müdahalelere karşı aktif uyarı sistemi barındıran, yüksek riskli ilaçları korumaya yönelik, birden çok ilaç çeşidini tek bir donanım altında 168 adet ayrılabilir bölmeyi barındırabilecek şekilde muhafaza eden bir uygulama amaçlanmıştır. Bu sayede desentralize sistemin eksik yönleri kapatılarak, ilaç yönetiminin, özellikle yüksek riskli ilaç yönetiminin tüm servisler içerisinde aktif uygulanabilir olması düşünülmüştür. Ayrıca, çalışma ile birlikte literatüre de gelecekte yapılacak çalışmalar için ışık tutabilecek bir kaynak olması fikri benimsenmiştir.

1.1. Hasta Sağlığı

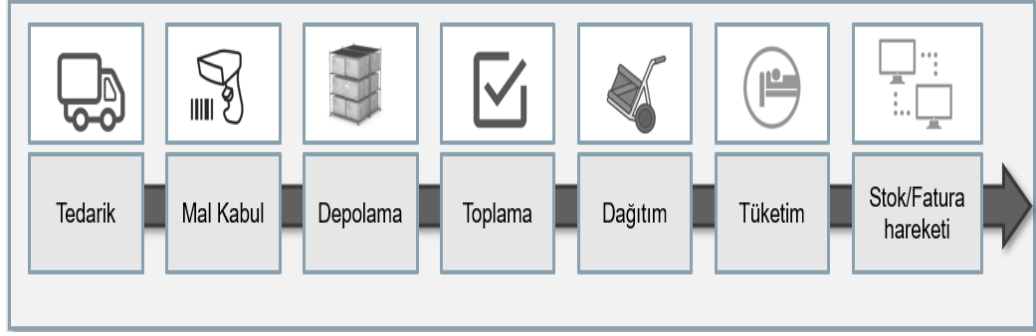
Sağlık alanında yapılan çalışmalarla önemli hastalıkların tanısında ve tedavisinde sonuç alabilmek için birçok adım atılmıştır. Kurulan hastaneler, organize sağlık

yapılanmaları, tıbbi görüntüleme alanındaki çalışmalar bunlara birer örnektir. Geliştirilen tüm bu sistemler sonucunda her bir işlem adımı devamlı bir faaliyete ve her bir faaliyet ise yönetilmesi gereken bir sürece dönüşmektedir. Tüm bu sistem içerisinde yapılabilecek yönetim hatası ya da eksikliği diğer adımları etkileyerek verimin ve kalitenin düşmesine sebep olacaktır. Özellikle bu yönetsel bozuklukların hastane içerisindeki ilaç envanterinde meydana gelmesi durumunda, hastaların sağlığı ve güvenliği çok riskli bir hâl almaktadır. Bunun başlıca sebebi ise hastane içerisindeki ilaç trafiğinin herhangi bir noktasında yaşanan aksama direk olarak hastalara ve hastane çalışanlarına yansımadır. Ayrıca yüksek riskli ilaçlar olarak adlandırılan ilaç grubu birim maliyet ve teşkil ettiği hayati risk bakımında oldukça önemlidir, bu tip ilaçların yönetimi ve hastane içerisinde envanteri aktif bir şekilde takip edilebilmelidir. Çünkü bu ilaçlar yüksek maliyetlerinin yanı sıra hayati fonksiyonları durmak üzere olan hastalara yeniden tetikleme yapabilme veya uyuşturucu bağımlılığı bulunan hastaların tedavilerinde kullanılma gibi kritik rolleri bulunmaktadır. Herhangi bir yanlış kullanımında ya da hekimin belirlediği miktardan farklı kullanımında hastalar üzerinde ölümcül etkileri vardır.

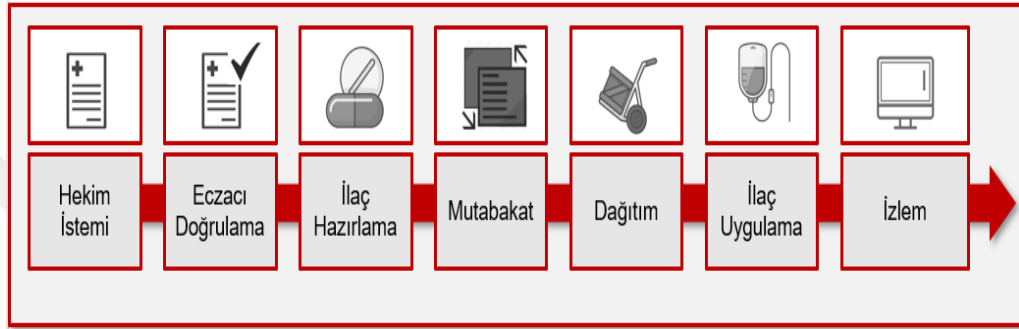
Amerika’da yapılan araştırmaya göre her yıl 98.000 hasta ilaç hatalarından etkilenmekte ve ilaç uygulama hataları sebebiyle yılda 7.000 hasta hayatını yitirmektedir. İlaç hatalarının verdiği mali zararlar ise yıllık bazda 1,6 ile 5,6 milyar Dolar arasında değişmektedir [6].

1.2. İlaç Yönetim Süreçleri

Hastane içerisinde yoğun olarak devam eden ilaç yönetim sürecini iki adımda düşünmek mümkündür. Bu adımlar, ilacın fiziki olarak hareketi, fiziki hareketi başlatan ve devam ettiren işleyiş süreçleridir. Fiziki süreç stok yönetimi adı altında devam ettirilirken, işleyiş süreci ise klinik süreç olarak yürütülür. Stok yönetim süreci ve klinik süreçlerin tüm adımları, Şekil 1.1 ve Şekil 1.2’de gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Stok yönetim süreci [7]

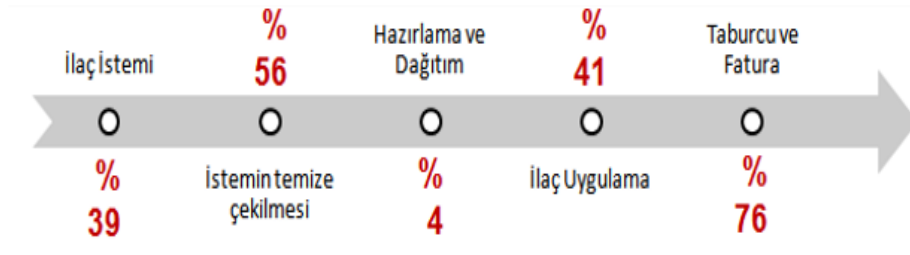


Şekil 1.2. Klinik yönetim süreci [8]

İşlem adımlarının her biri, bir öncekini seri olarak takip etmektedir. Adımlardan birinde yapılacak hata diğer adımları da etkileyerek kümülatif olarak hatanın artmasına sebep olacaktır. Bu sebeple her bir adımda işlem denetimi önem arz etmektedir.

1.3. İlaç Hataları ve Sonuçları

Hastanede, ilaç hareketleri sırasında stok yönetimi ve klinik süreç içerisinde çeşitli ilaç hataları ile karşılaşmaktadır. Bu hatalardan en sık görülenler; doz hatası, istemi yapılmayan ilaç hatası, verilmesi gereken bir ilaç dozunu unutma, kimlik doğrulama hatalarıdır. Ayrıca, stok yönetimi ve klinik süreç içerisindeki adımlarda yaşanan adım başına hata oranları Şekil 1.3’de görülmektedir.



Şekil 1.3. Medikal süreçlerdeki hatalar [9]

1.4. Hastane İçerisindeki İlaç Hareketleri

Hastane içerisindeki ilaç hareketleri servis sayısına, servisin türüne ve içerdiği yatak sayısına göre değişmektedir. Tüm hareketler bilgi merkezi tarafından tutularak günlük, haftalık ve aylık bazda ortalamaları çıkarılmaktadır. Genel olarak ilaçların %60 gibi büyük bir çoğunluğu acil servis, yoğun bakımlar ve ameliyathane içerisinde dolaşım göstermektedir. Geri kalan kısmı ise, diğer tüm servislerde yer almaktadır. Bu sebeple hastane içerisinde öncelikli önemi belirtilen 3 servis bulunmaktadır. Özellikle yüksek riskli ilaçların da hareket ettiği servisler, belirtilen servislerdir. Kullanım çoğunluğunu ameliyathane, yoğun bakım ve ardından da acil servis oluşturmaktadır.

1.4.1. Kamu hastanelerinde ilaç kullanımı

Ortalama olarak 3000 yataklı bir kamu hastanesi için, hasta başı günlük 12,7 ilaç uygulanırken Tablo 1.1' de grldği gibi 40 TL maliyet oluşmaktadır.

Tablo 1.1. 3000 Yatak kamu hastanesinde günlük ilaç kullanımı

Yatak Sayısı	3000		
		Günlük İşlem Sayısı/Hasta	Günlük Tutar/Hasta
İlaç		12.7 Tx	40.-TL

*KHB 3000 yatak analizinden elde edilen sonuçlar
USD/TL: 3,00*

1.4.2. Özel hastanelerde ilaç kullanımı

Özel hastane bazında dşnldğinde ise günlük hasta ilaç kullanım sayısı, ortalama bir hastanın yattığı gün sayısı ve bunun sonucu günlük maliyet Tablo 1.2'de görülmektedir.

Tablo 1.2. Özel hastanelerde günlük ilaç kullanımı

Yatak Sayısı	188	Yatak Sayısı	271
Hastagn	7.730	Hastagn	9.606
Uygulama Sayısı Tx	85.402	Uygulama Sayısı Tx	103.195
Hastabaşına Günlük İlaç Uyg.	11,05	Hastabaşına Günlük İlaç Uyg.	10,74

*188 ve 271 yataklı özel hastanelerin analizinden elde edilen sonuçlar
USD/TL: 3,00*

1.5. İlaç Yönetiminde Önemli Sorular

Hastane içerisindeki aktif dolaşımında olan ve stok halinde bulunan tüm ilaçlar yönetim kapsamına dahildir. Planlama yapılırken tüm ihtiyaçlar göz önüne alınarak yapılmak zorunda olup, ortalama tüketimler düşünülmelidir. İlaç yönetimi otomasyon sistemleri ile yapılacağı zaman, önceden tüm ihtiyaçlara karşılık veren sorular hazırlanmış olup bu sorulara sistemin verdiği yanıtlar değerlendirilerek sistemin ilaç yönetimi için ne kadar uygun olduğu incelenmektedir. Bu soruları şu şekilde sıralayabiliriz;

- Prosesler eczacının veya başka bir klinisyenin ilaç istemini, ilaç uygulanmadan önce gözden geçirmesini sağlıyor mu?
- İlaç güvenliği sağlanıyor mu?
- Hastanın 5 hakkı olan; doğru hastaya, doğru ilaç, doğru yoldan, doğru dozda ve doğru zamanda uygulanması ilkeleri değerlendiriliyor mu?
- Sadece stok yönetimi mi mantıklı ya da şifre kontrollü sistemlerin emniyetinden emin miyiz?
- Yeşil ve kırmızı reçeteye tabi ilaçların yönetimi nasıl yapılıyor?
- Soğuk zincir ilaçları nasıl izleniyor?

Tüm bu sorular eczacı ya da klinisyen ile birlikte incelenerek sistemin uygunluğu denetleniyor ve ardından desentralize sistemlerin kurulacağı servis planlamaları yapılmaya başlanıyor.

1.6. Küresel İlaç Yönetimi Yaklaşımları

Dünya üzerinde ilaç yönetimi konusunda çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmaların gösterdiği, insan faktörü sürecin içinde ne kadar azaltılırsa yaşanan aksaklıklar bir o kadar azalmaktadır. Bu sebeple yönetim sistemleri otomasyon ağırlıklı tasarlanmıştır ve hastane bilgi sistemi ile haberleştirilerek yapılan tüm aktivitelerin takibi sağlanmıştır. Sistemlerin tümü düşünüldüğünde iki başlık altında toparlamak mümkündür. Belirtilen sistemler ise sentralize ve desentralize olarak bilinmektedir.

1.6.1. Sentralize ilaç yönetim sistemleri

Sentralize sistemlerde amaç, ilaç yönetim sistemini merkezi bir noktaya konumlandırarak tüm süreci bu noktadan yönetmektir. İlaçların tümü robot sistemin giriş paneline yüklenir ve çıkışta birim dozda paketlenmiş olarak teslim alınır.

Sonrasında gerekli noktalara dağıtımı eczane birimi yaparak stok kontrolünü sağlamaktadır. Bu sistemde planlı çalışma zorunluluğu olduğu için acil ihtiyaçlara yanıt verememektedir. Sistemin genel özelliklerini Tablo 1.3 ve Tablo 1.4’de görülmektedir.

Tablo 1.3. Sentralize sistem eczane ve haberleşme özellikleri

	Sentralize İlaç Yönetimi
Eczane Sorumluluğu	Eczane Sorumluluğundadır, Sistem ana eczaneden yönetilir
Sistem Bileşenleri	Sistem, ana eczanede bulunan ilaç paketleme cihazı/robotundan oluşur
HBYS Entegrasyonu	Sistem HBYS ile entegre çalışır
E-istem doğrulama	Eczacı HBYS üzerinden istemleri onaylar
İstem Görüntüleme	Onaylanan e-istem robota yönlendirilir ve robot hastanın ilaçlarını toplayarak günlük hasta dozlarını hazırlar

Tablo 1.4. Sentralize sistem ilaç özellikleri

	Sentralize İlaç Yönetimi
İlaca Erişim	Eczanede hastanın günlük istemlerine göre hazırlanan ilaçlar, günlük hasta dozu olarak kata gönderilir
İlaç Stoğu	Eczanede konumlanan Robot, Hastanenin en az 3-7 günlük maksimum-minimum adetlerini içerecek şekilde stoklu çalışır.
İlaca erişim süresi	Günlük ilaç istemleri bir gece önceden yapılır. Onaylanmış istemler Cihaz/Robot tarafından hasta adına günlük hazırlanır. Acil ilaçlar için ilaca erişim süresi uzundur.

1.6.2. Desentralize ilaç yönetim sistemleri

Desentralize sistemlerde amaç, ilaç yönetim kabinleri, ilacın aktif olarak kullanıldığı servislerin içine kurularak kısa sürede erişim sağlanmasıdır. Bu sayede her servis, kendi içerisinde eczanesi varmış gibi ilaç alımlarını gerçekleştirebilecek ve herhangi acil kullanım anında rahatlıkla ilaca erişebileceklerdir. Bu sistem sayesinde ilaç hareketlerinin büyük kısmının bulunduğu acil servis, ameliyathane, yoğun bakımlarda ilaç yönetimi yapılabilecektir. Elektronik çekmece uygulaması ise tam bu kısımda, yüksek riskli ilaç yönetiminde devreye girdi. Desentralize sisteme entegre olabilen uygulama sayesinde ilaç hareketinin yoğun olduğu servislerde yüksek riskli ilaçlar yönetilebilecektir. İlaç yoğunluğuna göre talep edilmesi halinde sistem sayısı artırılarak istenilen sayıda yüksek riskli ilaç yönetimi yapılabilecektir. Tablo 1.5 ve Tablo 1.6'de desentralize sistemin özellikleri verilmiştir.

Tablo 1.5. Desentralize sistem eczane ve haberleşme özellikleri

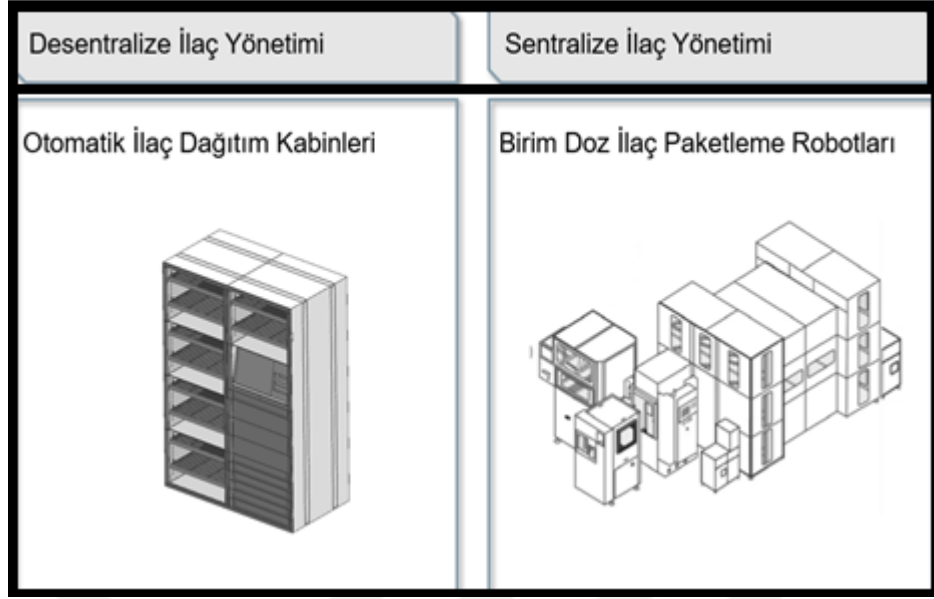
	Desentralize İlaç Yönetimi
Eczane Sorumluluğu	Eczane Sorumluluğundadır, Sistem ana eczaneden yönetilir
Sistem Bileşenleri	Sistem, eczanede bulunan ve servisleri yöneten sistem bilgisayarları ve servislerde konumlandırılan otomatik ilaç dağıtım istasyonlarından oluşur.
HBYS Entegrasyonu	Sistem HBYS ile entegre çalışır
E-istem doğrulama	Eczacı HBYS üzerinden istemleri onaylar
İstem Görüntüleme	Onaylanan e-istemler kat istasyonu ekranında belirir ve hemşire parmak izi ile hasta istemlerini anlık olarak kat istasyonunda görebilir

Tablo 1.6. Desentralize sistem ilaç özellikleri

	Desentralize İlaç Yönetimi
İlaça Erişim	İlaçlar eczane stoğu olarak kilitli otomatik kat kabinlerinde hazır bulunur ve kontrollü erişim sağlanır. Hemşire eczacının onayladığı ilaçları kat istasyonundan hasta için alabilir
İlaç Stoğu	Servislerdeki istasyonlara, servisin 5 günlük stoğunu (Hafta sonu, uzun tatiller) içerecek şekilde depolama yapılır
İlaça erişim süresi	Hekim tarafından yapılan istemin eczacı tarafından onaylandığı an, ilaçlar kat istasyonlarından alınabilir

1.6.3. Sentralize ve desentralize ilaç yönetim sistemlerinin karşılaştırılması

Sentralize sistemler verilen özelliklerinden dolayı belirli dozaj formlarını yönetebilir, belirli servisler için kullanılabilir, planlı tedavilere göre yönetim sağlanabilir, IV sıvıları yönetemez, soğuk zincir ilaçlarını yönetemez, şurup, damla, krem gibi akışkan ilaçları yönetemez, acil servis, yoğun bakım, ameliyathane gibi anlık müdahale gerektiren alanları yönetemez. Desentralize sistem ise, tüm dozaj formlarını yönetebilir, tüm servislere yönelik çalışabilir, planlı ve plansız tedavilerin tümünü yönetebilir, soğuk zincir ilaçlarını yönetebilir, iade ilaçları yönetebilir, hastanın hastaneye getirdiği kendi ilaçlarını yönetebilir, serum gibi akışkan ilaçları yönetebilir, acil servis, yoğun bakım, ameliyathane gibi alanlarda ilaç yönetimi yapabilir. Verilen tüm bu artı özellikleri nedeni ile elektronik çekmece uygulaması desentralize sistemlere yönelik olarak geliştirildi. Sentralize ve desentralize sistemlerin genel görünümü Şekil 1.4'da verilmektedir.



Şekil 1.4. Sentralize ve desentralize sistemlerin genel görünümü

1.7. İlaç Yönetimi Hedefleri

İlaç yönetim sistemleri hastane içerisinde faaliyet göstermeden önce hastanenin genel ilaç durum tablolarına ve eski sistemde çalışılırken kaydedilen değerlere bakılır, sonrasında bunlar arasından nasıl bir gelişme olacağı ile ilgili yönetim bilgilendirmesi yapılır. Geliştirilecek değerler üzerine konuşularak, verimliliğin hangi alanlarda ne çapta olacağı görüşülür. İlaç yönetim sistemlerinin öncelikli amacı hasta sağlığı olup daha sonrasında mali kârlılığı göz önünde bulundurulur. Bu nedenle amaçlanan noktaları hastane yönetimine aktarmak ve dikkat edilmesi gereken noktaları bilmek önem arz eder. Genel olarak sistemin hedefleri aşağıda belirtilmektedir.

İlaç masraf yönetiminin ve gelir kontrolünün en üst düzeye çıkarılması sistemin en kapsamlı hedeflerinden biridir. Bu konunun raporlanması için öncelikli olarak, hastane içerisinde sistemi kurmadan önceki ve sonraki durumlar, belirlenen periyotlarda karşılaştırılır.

Hasta güvenliğinin en üst düzeyde sağlanması. Sistemin birincil önceliği olduğu için bu konu üzerinde hassasiyetle durulmaktadır. Yüksek riskli ilaçların hastalar üzerindeki etkileri çok büyüktür. Buna örnek vermek gerekirse, hayati fonksiyonlarını kaybetmek üzere olan kişilere yeniden tetikleme vermek ya da sinirleri makaslama yaparak acı kaybını azaltabilme gibi işlemlerde kullanılabilirler. Tüm bu sebeplerden

dolayı hastalara doğru ilacın, doğru şekilde uygulanması hasta güvenliği açısından son derece önem arz etmektedir.

Hasta memnuniyetinin en üst düzeye çıkarılması. Hasta güvenliğini sağlarken hastanın bu süreç esnasında gördüğü tedavilerden minimum zararla ayrılması ve tüm işlemler bittiğinde süreçten memnun kalması oldukça önem arz etmektedir.

Çalışan memnuniyetinin sağlanması. Çalışanların ilaç yönetim sistemlerini aktif ve rahat bir şekilde kullanması, onların verimliliğini arttıracığı gibi hastalar üzerindeki olumlu davranışlarını da etkileyecektir. Bu sebeple çalışanların sisteme yönelimlerini olumlu tutmak için, ilaç yönetim sisteminin kullanıcı dostu olması önemli bir husustur.

Sağlık Bakanlığı Hizmet Kalite Standartları ve JCI regülasyonlarına uyum sağlamak. Hastaneler için standartlara uyum sağlamak çok önemlidir, bunun ana sebebi ise yurtiçi ve yurtdışı hasta alımlarının standartlarla bağlantılı olmasıdır. Özellikle yurtdışından gelen hastalar regülasyonlara dahil olmuş hastaneleri tercih ederek tedavi sürecini burada geçirmektedir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Uygulamanın Genel Tanımları

Elektronik çekmece uygulaması yüksek riskli ilaçların hastane içerisinde güvenle kullanılmasını sağlamak amacıyla desentralize sistem ile entegre çalışacak şekilde geliştirildi. Bu sayede yapılan tüm aktiviteler kabin bilgisayarı üzerinden kaydedilebilecek, çekmece uygulamasına herhangi bir izinsiz müdahale olursa çekmecenin gönderdiği datalar vasıtasıyla sistemi ve kullanıcıları alarma geçirilebilecek. Elektronik çekmece uygulaması öncelikle fiziksel sınırlarının belirlenmesi ile başlatıldı, desentralize kabin içine girebilmesi adına dış sınırları ölçülendirildi. Sonrasında işleyişin güvenle sağlanabilmesi için uygulamanın bir ilaç bölmesini açarken diğer tüm ilaçları koruma altında tutması hususu üzerinden panel ve motor birleşimi geliştirmelerine başlandı. Tüm motor çeşitleri proje için incelenerek uygun olan tipler ayrıldı. Yapılan inceleme sonucu, güç dayanımı ve ağırlık başına düşen güç miktarı oranı ile en uyumlu motor çeşidi adım motoru oldu. Daha sonrasında adım motorların hareket ettireceği panel tasarımına başlandı, panelde önemli olan kıstaslar ise ağırlık ve esneklik olarak belirlendi. Bu sebeple plastik ve alüminyum karışımı ince, uzun çitalar kullanıldı. Yüksek riskli ilaçların elektronik çekmece içerisinde bulunacağı konumlarda aktif olarak bölümlendirilmesi adına, motorların panelleri ancak 2 eksenin 4 yönünden sürmesi koşulu ile aktif adresleme yapılabileceği ve bölme bazında sınırların açılabilmesi araştırılarak bulundu. Sonrasında adım motorların verdiği hareketleri takip edebilmek için mıknatıs okuyucu encoder bulunarak adım motorların hareket merkezlerine yerleştirildi. Bu sayede tüm yapılan hareketler aktif olarak takip edilebilir duruma geldi. Bir sonraki adım ise, yüksek riskli ilaçların bulunacağı havuzun bölmelere ayrılma şeklinin, kullanıcı bazlı nasıl olacağını incelemesiydi. Bu kısımda her ilacın 2 boyutlu büyüklüğü ve hacmi farklılık göstereceği için istenilen şekilde bölme oluşturulabilmeliydi. Temel olarak birim hacimde en büyük ilacın boyutları baz alınarak, kare şeklinde bir bölme oluşturuldu ve iç havuzu, oluşturulan kareye böldüğümüz zaman 168 adet bölme

oluşturdu. Bu sayede, bir adet elektronik çekmece için maksimum 168 adet farklı tipte ve birim dozda yüksek riskli ilaç saklanabilir hale geldi. Oluşturulan bölmeler sert plastik malzemeli ayraçlar ile ayrılabilir şekilde, havuz tasarımı yapıldı. Bölme boyutunu büyütme için, minimum kare şeklindeki bölmelerin bir araya getirilmesi gerekli. Bu işlem komşu kenarlardaki ayraçlar kaldırılarak yapılabilir ve bölmeler birbiri ile bütünleştirilir. Bu sayede ayraç dizimi ve bölme tasarımı kullanıcı tarafından yapılacak duruma geldi.

Elektronik kart, elektronik çekmece yerine oturtulduğunda kabinin içine gelecek şekilde arka panelin üzerine yerleştirildi. Bu sayede çekmece fiziksel olarak ray sistemi üzerinde açık ya da kapalı durumda olsa bile dış ortam tarafından görünemeyecektir. Kart tasarımı Altium Designer platformu üzerinde gerçekleştirilerek hayata geçirildi. Kullanılan tüm bileşenler ve lehimler kurşunsuz olup, cihazın ROHS testlerinde herhangi bir sorun teşkil etmemesi için geliştirmeler yapıldı. Panellerin başlangıç adreslemesini yapabilmesi için incelemeler sonucunda manyetik alan etkili sensörler kullanıldı. Bu sayede ilk enerji verildikten sonra motorlara otomatik hareket verilecek ve sensör dataları okunduğu anda tüm paneller olduğu yerde durdurularak o noktayı başlangıç noktası kabul edebilecek.

Elektronik tarafta yapılan tüm donanım çalışmaları Micro Code Studio platformunda Pic Basic Professional yazılımı kullanılarak yönetilmektedir. Gerekli bölme adreslerinin ne kadar açılacağı, aktif göz takibi, dışarıdan istenmeyen müdahale bildirimleri, çekmece ön panelinde yer alan bildiri aydınlatmaları kontrolü gibi tüm işlemleri yazılım içerisinde oluşturulmuş algoritmalar ile kontrol edilmektedir. Desentralize sistem içerisindeki Master Kart uygulama ile haberleşerek, bilgisayar üzerindeki uygulama üzerinden gönderilen dataları sistem içerisindeki kartlara aktarmaktadır. UART protokolü ile çalışan haberleşme hattı içerisinde kartlara gönderilen datalar ve kartlardan alınan dataların da yapısı aynıdır. Haberleşme 9 adet 8 bitlik veri paketleri halinde sağlanarak tüm haberleşme bilgileri bu paketler içerisinde yer almaktadır. Kartların kendi içerisinde tür ve seri numaraları içermektedir. Bu bilgiler eşliğinde her biri özel olarak tanımlanabiliyor ve data alışverişine sorunsuz devam edebiliyor. Elektronik çekmece uygulaması haberleşme hattını çok sık bir şekilde kullandığı için tip ve seri numara yapılandırması çok önem kazanmaktadır. Elektronik çekmeceye gelen tüm veri paketleri, yazılım içerisinde

parçalanarak bölümlere ayrılıyor ve işlev yapacağı yerde fonksiyonlardan geçirilerek gönderilen komutun cevabı işlem bitiminde tekrar hatta veri paketi olarak basılıyor.

2.2. Ana Mimarinin Oluşturulması

Proje başlangıcında ilk olarak desentralize kabinin iç ölçüleri alındı ve geliştirilecek uygulamanın dış hat ölçüleri bu kıstasa bağlı olarak çizildi. Kabin içerisinde çekmecenin ray sistemi ile oturtularak, kabin iç kısma doğru tamamen kapatıldığında, arka bölümde kilitleme yapabilecek donanım geliştirildi. Bu sayede elektronik kart tarafından kilit açıldığında çekmece dış pozisyona doğru açılacak ve ilaç işlemleri, izin verildiği kadar yapılabilecekti. İşlemler bittikten sonra ise çekmece tekrar yerine oturtularak kilidi kitlenecek ve kapalı pozisyonda kabinin içerisinde kalabilecek. Dış mimari belirlendikten sonra kullanılacak güç aktarıcı üniteler belirlenmeye başlandı. Yapılan araştırmalar sonucunda çekmece arkası kilit için ani darbeleri, iki yönlü çalışan ve oluşturduğu manyetik alan sayesinde yüksek güçlere mukavemet edebilen solenoid motor seçildi. Ardından çekmece içerisinde bulunacak ilaçlar için düşünülen aktif bölümlendirme teknolojisini uygulamak için panel sistemi düşünüldü. 4 adet panel ile iki eksen üzerinde çift yönlü hareket sağlanması için sonsuz turlu motor sistemleri araştırıldı. Birim alan başına güç uygulama oranı yüksek olan ve boyut olarak da çekmece içerisine sığdırılabilecek adım motor seçildi. Adım motorların iki tarafına bağlanan şaft aracılığı ile panellere ileri ve geri yönde hareket verildi. Çekmece içi ilaçların yerleşebileceği havuzun ölçülendirilmesi, elektronik ve mekanik bileşenler tamamen eklendikten sonra yapıldı. Havuz boyutları, birim doz boyutu büyük, yüksek riskli ilaçlara göre baz alınan bir ilacın ölçüsüne bölünerek 168 adet farklı tipte ilacın saklanabileceği şekilde oluşturuldu. Kullanıcıların ilaç bölmelerini kendileri oluşturabilmeleri için ayraçlar plastik malzemedeki döktürülerek, yuva-soket tipinde oturtma yapıldı. Bu sayede istenilen boyutlarda bölme oluşturulabilecek ve tüm kullanıcılar bu düzenlemeyi yapabilecekti. Tüm bu geliştirmeler son bulduktan sonra elektronik çekmecenin dış panelleri tasarlandı ve fiziksel olarak sağlam hale gelmesi sağlandı.

Proje içerisindeki tüm elektronik bileşenler bir araya getirilerek, elektronik kart üzerinde kontrol ve sürücü üniteler oluşturuldu. Micro denetleyici içerisine sistem akışı için algoritmalar oluşturularak durum testleri yapıldı. Yapılan testler ile birlikte

eksik görülen taraflar geliştirilmeye devam edildi. Tüm işleyiş sağlandıktan sonra kabin içerisindeki Master kart ile haberleşme protokolleri geliştirilerek test edildi ve iki yönlü haberleşme aktif hale getirildi.

Elektronik çekmece uygulaması için tüm mekanik tasarımlarda SolidWorks uygulaması kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda, prototip bastırılmadan önce detaylar üç boyutlu çizimler üzerinde incelenmiş olup görülen hatalar üzerinde düzeltmeler yapıldı. Sonrasında prototip ve üretim süreçleri başladı.

2.3. Mekanik Tasarım

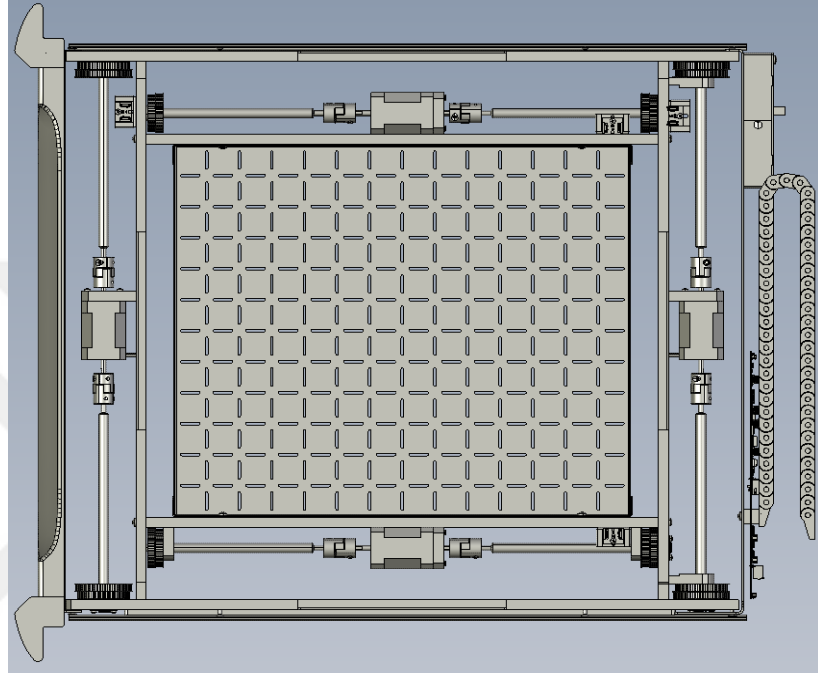
2.3.1. Fiziksel dış sınırların belirlenmesi

Elektronik çekmece uygulaması hayata geçirilirken ilk olarak atılan adım fiziksel dış sınırların belirlenmesi oldu. Desentralize kabin içerisine uyumlu olacak şekilde gerekli değerlendirmeler yapıldı ve çekmecenin kabin içerisine iki taraftan ray ile oturtulmasına karar verildi. Ray mesafeleri çıkarıldığında çekmecenin dış boyutu 638-565 milimetre olarak belirlendi. Yapılacak olan tüm geliştirmeler ve kullanılan donanımların belirlenen ölçüler içerisine sığdırılması gerekiyordu. Tüm işlemlerin elektronik ve mekanik planlaması yapılarak ölçülere sadık kalındı.

2.3.2. Hareket çerçevesinin belirlenmesi

Elektronik tarafta yapılan geliştirmeler sonucu sistem üzerindeki 4 adet panel mekanizmasını hareket ettirmesi için adım motorlar seçilmiştir. Motorlar, yer tasarrufu için sistemin dış sınırlarına en yakın mesafeye yerleştirilmiştir. Tüm bağlantı parçaları ile birlikte ölçümler yapıldığında ilaç bölmeleri için orta nokta merkezli 434–371 milimetre ölçüsünde bir alan kalmıştır. Panellerin bu aktif alanın üzerinde hareket etmesi planlanarak uzun kenarlı ekseninde bulunan bir adet motorun paneli hareket ettireceği maksimum mesafe 434 milimetre, kısa kenarlı ekseninde bulunan bir adet motorun, paneli hareket ettireceği maksimum mesafe 371 milimetre olarak belirlenmiştir. Paneller adım motorlara kayış ve dişli takımları ile bağlanarak hareket ettirilmektedir. Her motor, merkezine bağlı şaft aracılığı ile dişlileri döndürmektedir. Dişliler üzerine geçen tırnaklı kayışlar sayesinde panelleri hareket ettirir. Paneller ile kayış arasındaki bağlantı kayışları sıkıştıran ara bağlantı parçası sağlanmaktadır.

Paneller ikişer takım halinde üst üste iki eksen üzerinde yer almaktadır. Bu sayede aynı eksende olan iki kanat birbirlerini tam karşılayabilmektedir. Diğer ekseninde bulunan iki kanat ise 90 derecelik açı farkı ile hareket etmekte ve bu sayede ilaç bölmelerinin hepsi sorunsuz bir şekilde kapatılmaktadır. Şekil 2.1’ de görüleceği gibi hareket çerçevesi en üst sınırları ile kullanılmaya çalışılmıştır.



Şekil 2.1. Elektronik çekmece uygulaması donanım yerleşimi

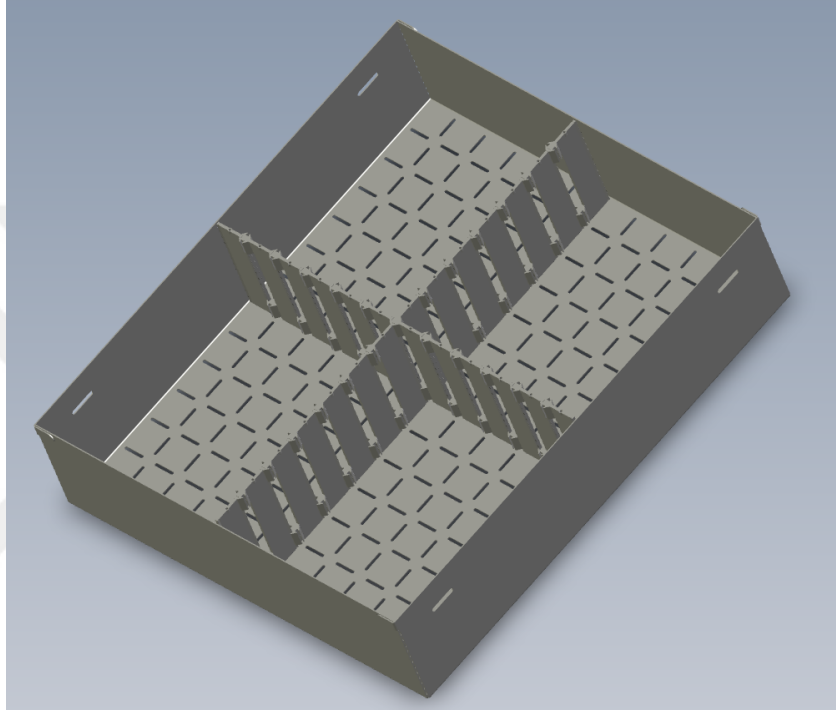
2.3.3. İlaç bölme tasarımı

Uygulama üzerinde yapılan fiziksel dış sınırların belirlenmesinin ardından gerekli donanımlar yerleştirildiğinde ilaç alanı otomatik olarak oluştu. Oluşan ilaç alanı çekmecenin boyutları düşünüldüğünde, ilacın dik bir şekilde konumlandırılması esas alınarak maksimum ilaç sayısına ulaşılması hedeflendi.

Uluslararası çapta yapılan araştırmalardan sonra yüksek riskli ilaçlar içerisinde birim dozda en büyük hacme sahip ilacın sığabileceği ve bölmeden rahat alınabilmesi için gerekli boşluklar bırakılarak yapılan ölçekteleme bir ilaç için 28,6 milimetre kenara sahip kare şeklinde bir bölme oluşturulması uygun görülmüştür.

Toplam ilaç alanı boyutlarını, oluşturulan birim doz bölme boyutlarına böldüğümüz zaman kısa ekseninde 12 iken uzun ekseninde 14 adet bölme elde edilmektedir. Toplamda 168 adet bölme elde edildi. Her birinin ayraçlar ile yapboz şeklinde oluşturulması

sağlandı. Kullanıcıların istedikleri sayıda ayraç bir araya getirerek istenilen boyutlarda kare ya da dikdörtgen şekilli bölme oluşturabilecekleri şekilde tasarlandı. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi tasarlanan yapı ile tüm ilaç boyutu ve sayısına göre bölme oluşturulabilir. İlaçların konulduğu havuz 4 noktadan vida yardımı ile elektronik çekmece uygulamasının ana direklerine monte edilmektedir. Bu sayede ilaç havuzu, adım motorlar hareket halinde iken herhangi bir titreşime maruz kalmamaktadır.



Şekil 2.2. İlaç havuzu ve ayraç tasarımı

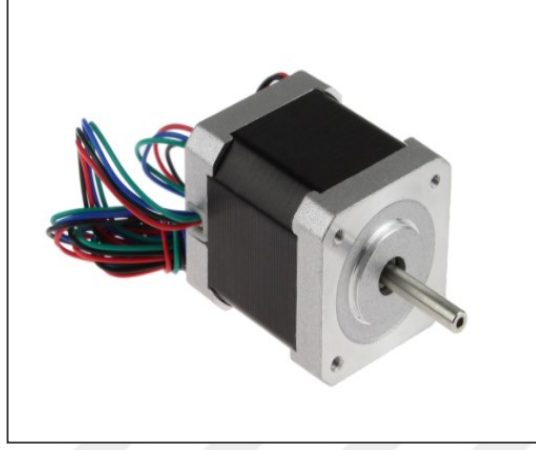
Ayraçların her biri tek bir ilaç bölmesi uzunluğunda ve birbirine eklenerek birleştirilmektedir. Bu sayede istenilen boyutlarda örülerek bölme oluşturmak mümkün kılınmıştır.

2.4. Elektronik Tasarım

2.4.1. Motor seçimi

Elektronik çekmece içerisinde kullanılacak motorların seçimi için öncelikli olarak ihtiyaç duyulan güç durumları ve yapılacak işlevler incelendi. Çekmece üzerinde hareket edecek paneller için adım motor kullanımının uygun olacağı kararlaştırıldı. Temel sebebi ise hareket kabiliyeti ve çıkış gücünün istenilen seviyede olmasıdır. Seçilen adım motorunun çıkış döndürme moment değeri 65 N/cm olup toplamda 2

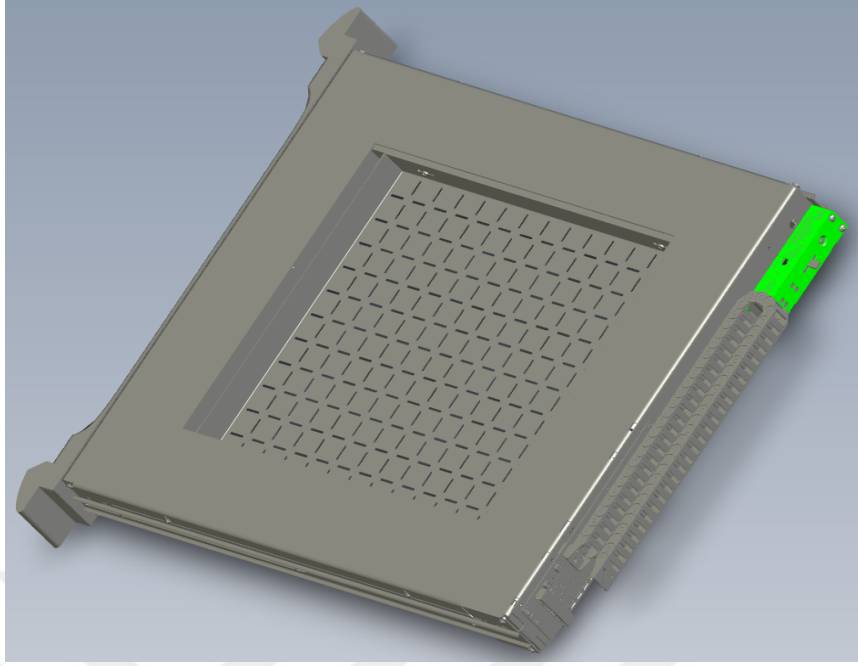
adet orta uçlu sargı bulunmaktadır. Proje içerisinde motorların orta sargı ucunu kullanılmayarak toplamda 34 W güç elde edilmiştir. Şekil 2.3’de adım motor örneği görülmektedir.



Şekil 2.3. Adım motor örneği [10]

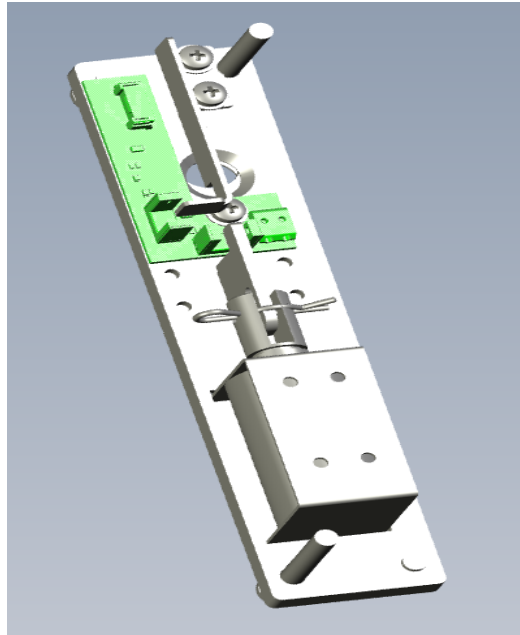
Diğer bir motor ihtiyacı olan konu ise çekmecenin kabin içerisinde kilitlenmesini sağlayacak olan mekanizma için kilidi açıp kapama işlemlerini yerine getirebilme işlevidir. Bu durum ile ilgili geliştirilen mekanizmada sadece darbeli olarak çalışmasına ihtiyaç duyulan motor türlerine bakılmıştır. Bu türler içerisinde proje için en uygun olduğu belirlenen motor türü solenoid olmuştur. Solenoid motorun çekme ve bırakma anında, üzerinde bulunan mekanik pimi toplam hareket ettirme süresi 200 milisaniyenin altında olduğu için yapılmak istenen işlev hızlı bir şekilde gerçekleştirilebiliyor.

Solenoid motor kilit mekanizmasının içerisine yerleştirilerek çekmecenin arka kısmına sabitleniyor. Kabin içerisinde bulunan pimin kilit mekanizmasının içine girerek solenoid motor aracılığı ile kilitlenmesi sağlanıyor. Bu sayede çekmece dışarıdan fiziksel olarak açılmak istenirse engellenmiş oluyor. Tekrar açılmak istenen çekmece elektronik kart tarafından solenoid kilidinin açılması ile gerçekleştirilebiliyor. Şekil 2.4’de kilit mekanizmasının çekmece üzerindeki pozisyonu görülmektedir.



Şekil 2.4. Elektronik çekmece kilit pozisyonu

Kilit mekanizması içerisinde iki adet optik kesici sensör bulunmaktadır. Bu sensörler sayesinde kilidin durumunu ve kabin içerisindeki pimin kilit yuvasına oturduğunu anlayabilmekteyiz. Kilit, kart tarafından açma-kapama işlemi yapıldıktan sonra optik kesici sensör aracılığı ile yapılan işlemin gerçekleşme durumu teyit ediyor. Çekmecenin yerine oturması ise pimi kontrol eden optik kesiciden teyit ediliyor. Şekil 2.5’de optik kesici sensörleri ve kilit yapısını görebiliriz.



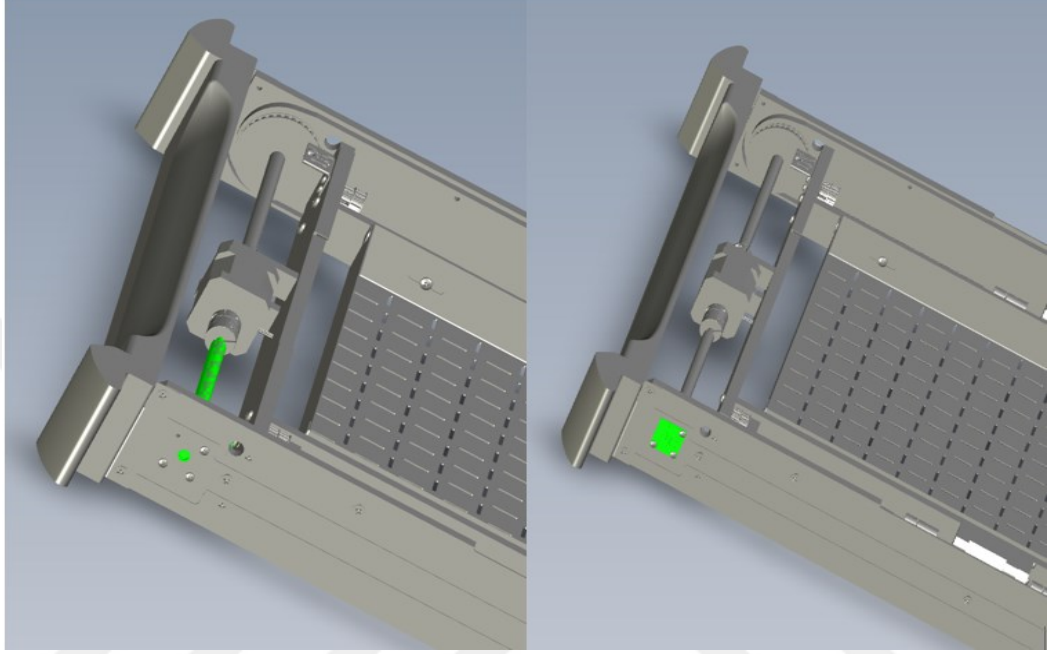
Şekil 2.5. Kilit mekanizması iç yapısı

2.4.2. Manyetik encoder

Elektronik çekmece uygulaması içerisinde yer alan adım motorlar panelleri hareket ettirmek için kullanılmaktadır. Adım motorun açılış aralığından ne kadar mesafe hareket ettirmek istendiği bulunabilir. Örneğin kullandığımız motorların adım açısı 1.8 derecedir ve bir paneli 10 santimetre ileri götürmek için gerekli hareket, gömülü yazılım içerisinde hesaplanarak verilebilmektedir. Fakat gerçek hayatta yaşanan uygulamalar ile çekmece içerisinde yaşanabilecek bir problem sonucu elektronik kart tarafından verilen hareket fiziksel olarak sağlanmayabilir. Örnek vermek gerekirse, ilaçlardan herhangi biri havuz dışına taşarak ya da yanlış konumlandırılarak panelin hareket yoluna engel oluşturabilir. Bu engel sebebi ile kart tarafından verilen hareket adım motor tarafından gerçekleştirilirken paneller fiziksel olarak hareket edemez ve olduğu pozisyonda kalır. Adım motor ise hareketini tamamlamak için güç uygulamaya devam eder, bu sebeple kayışlar dişli takımı üzerinde diş atlayabilir ya da adım motor hareketini gerçekleştiremez ve sargıları ısınabilir. Bu durumlar yaşanabileceği için adım motorlar tarafından verilen dönel hareketi denetleme gereksinimi doğmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda motor hareket denetimi için absolute encoder bulunmuştur. Hassasiyet açısından 1024 katsayılı encoder, kullanılan sistem için uygun olduğu tespit edilmiştir. Bunun anlamı ise encoder tam daire açısı olan 360 dereceyi 1024 parçaya bölerek elde edilen sonucun değeri kadar hareketi algılayabilmektedir. Bu sayede en ufak harekette dahi encoder verisi okunabilecek ve değerlendirme yapılabilecektir. Hareket yönüne göre encoder dataları elektronik karta göndermektedir, yazılım içerisinde gelen veriye göre konum hesabı sürekli olarak yapılabilmektedir. Encoder bacalarının mikro denetleyicinin kesme bacalarına bağlanarak data geldiği anda işlem yapılması sağlanmıştır.

Yapılan geliştirmeler sonucunda sistem, panelleri ne kadar hareket ettirdiğini bilecek ve durumlara göre senaryo oluşturarak gerekli işlevler yerine getirecektir. Hareket kontrolü sayesinde bir diğer önemli konu olan izinsiz fiziksel dış müdahalelerinde önlemi alınmış oldu. Örneğin, kötü niyetli kullanıcılar ilaç alımı esnasında diğer ilaçlara da izinsiz erişmek istedi ve panelleri zorlayarak diğer ilaç bölmelerini açtı, tam bu anda hareket algılandı ve kart tarafından izin verilmeyen bir hareket olduğu bilindiği için tüm motorlara panelleri birbiri üzerine kapanması için hareket verilebilecek. Ayrıca sisteme de kart tarafından yapılan müdahale ile ilgili data

fırlatılarak bilgisayar üzerindeki uygulamanın bilgilendirilmesi sağlanabilecek. Sistemde her kullanıcı onlara tanımlanmış kullanıcı adı ve şifre ile giriş yaptıkları için hastane yönetimi, kolay bir şekilde girişimde bulunan kullanıcıları tespit edebilecektir. Manyetik encoderların çekmece üzerindeki yerleşimleri Şekil 2.6’da görülmektedir.

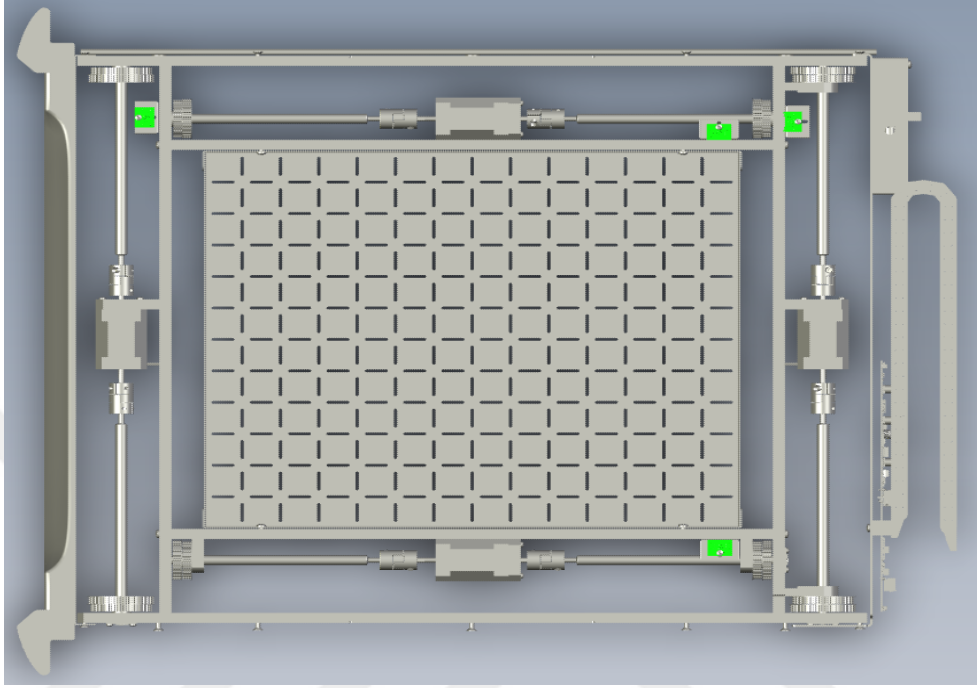


Şekil 2.6. Manyetik encoder pozisyonu ve şaft ucunda bulunan mıknatıs

2.4.3. Başlangıç pozisyonu belirlenmesi

Elektronik çekmece sistemi içerisinde tüm panellerin ilk enerji verildiği anda nerede olduğu bilinmediği için, tüm sistemi tek bir noktada toparlayıp başlangıç verme ihtiyacı duyulmuştur. Yapılan araştırmalar ile sensör vasıtasıyla bu işlemin yapılmasının mümkün olduğu tespit edilmiştir. Optik kesici sensörler bu işlem için çok uygundur fakat çekmece içerisindeki yer kısıtlamaları sebebi ile sensörün konumlandırılması için yeterli alan bulunamamıştır. Araştırmalara devam edilip manyetik alan etkili sensörler incelenmiştir. Kapladığı yer bakımından daha makul bulunan ve ufak bir mıknatısla dahi kullanılan bu sensörler proje için seçilmiştir. Mıknatıslar paneller üzerine monte edilmiş, karşılık geleceği sensör kartları ise ana şase üzerine monte edilmiştir. Kabine dışarıdan bakıldığı zaman tüm paneller sol arka tarafta başlangıç pozisyonu olarak burada ilk harekete başlıyorlar. Bu durum sadece çekmeceye ilk enerji verildiğinde gerçekleşiyor ve sonrasında bir daha başlangıç pozisyonuna gitme gereksinimi duyulmuyor. İlk kez başlangıç pozisyonuna

gidildiğinde tüm yazılım dataları ve encoder değişkenleri burada referans değerlerine ayarlanıyor, sonrasında algoritma işleyişi başlatılıyor. Şekil 2.7’de manyetik alan etkili sensör kartlarının pozisyonunu görebiliriz.

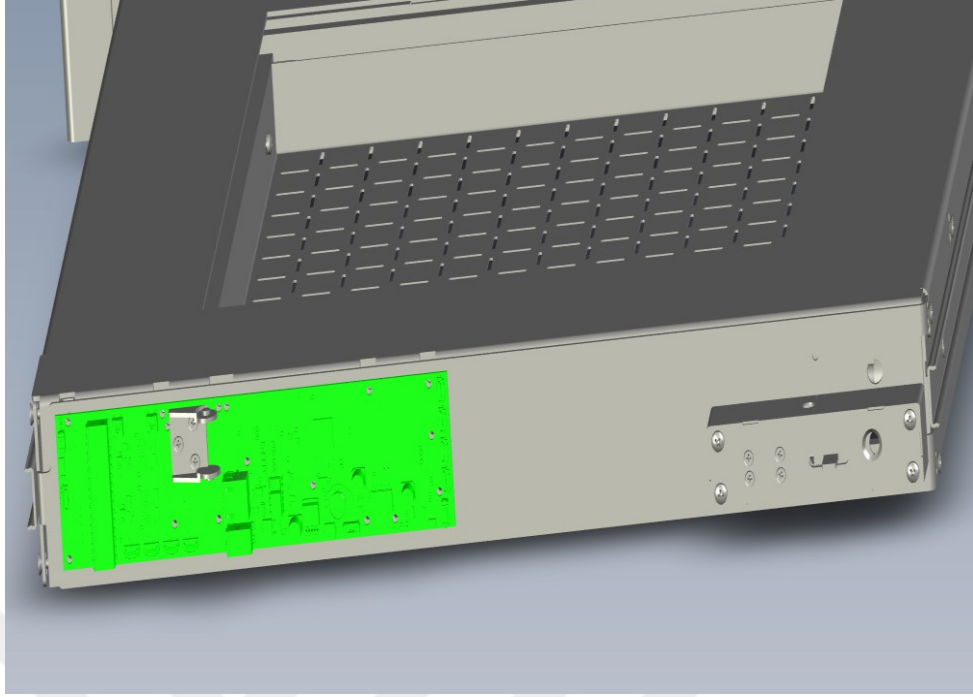


Şekil 2.7. Manyetik alan etkili sensör pozisyonları

Sensörlerin her biri yer tasarrufu için şasenin üzerine monte edilmiştir. Üzerinden geçmesi gereken mıknatıslar ise panellere monte edilerek, başlangıç anında tüm panellere tek yönde hareket veriliyor. Sensörlerden okuma datası gelene kadar işlem devam ettiriliyor, data geldiği anda motorlar o konumda durduruluyor ve başlangıç ayarları yazılım tabanında yapılıyor.

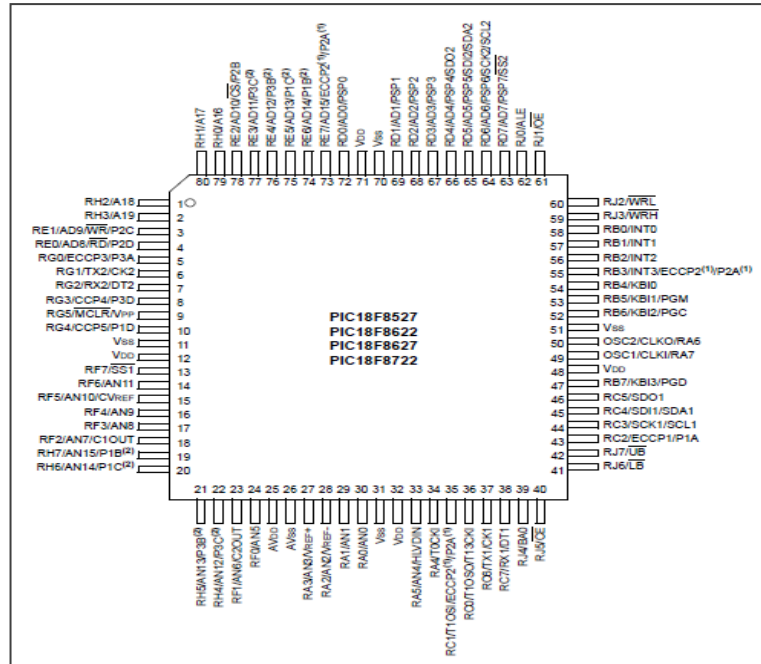
2.4.4. Elektronik kart bileşenleri ve gömülü yazılım platformu

Elektronik donanımlar çekmece üzerine yerleştirilmeden tüm testler ve geliştirmeler dış ortamda yapılmıştır. Ayrı ayrı her bir modül geliştirilerek süreç ilerlemiş ve son olarak tüm donanımların yer aldığı elektronik kart tasarlanmıştır. Encoder ve manyetik alan etkili sensörlerin her biri ayrı birer elektronik devre olarak çekmece üzerinde yer almaktadır. Bu donanımların bağlantısı FFC kablolar ile yapılmaktadır ve çekmece içerisinde belirlenen yollardan geçmektedir. Kartın çekmece üzerinde bulunduğu pozisyon Şekil 2.8’de görülmektedir.



Şekil 2.8. Elektronik kartın çekmece üzerindeki pozisyonu

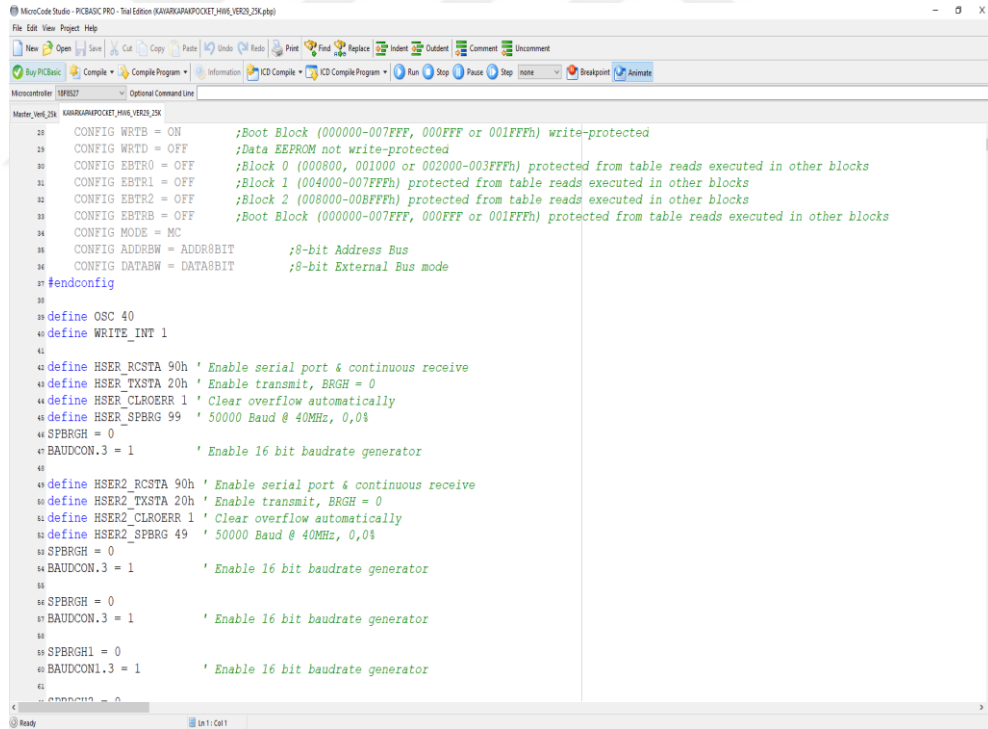
Kart üzerinde mikro denetleyici olarak Microchip firmasına ait 18F8527 numaralı ürün seçilmiştir. Ürün kesme bacak sayısı, haberleşme için çalışılan UART protokolüne uyumu, PWM, I/O sayısı gibi özellikleri sayesinde proje için uygunluğu incelendi ve uygun olduğuna karar verildi. Micro denetleyicinin bacak yapısı Şekil 2.9’da görülmektedir.



Şekil 2.9. 18F8527 bacak yapısı [11]

Elektronik kart üzerine adım motorları sürmek için Texas firmasına ait DRV8821 numaralı ürün seçilmiştir. Ürün barındırdığı iki adet adım motor sürme kapasitesi sayesinde sadece 2 adet entegre ile 4 adet adım motor sürme olanağı tanımaktadır. Solenoid motor içinse ayrı bir sürücü entegresi seçilerek tüm hepsinin çevre eleman mimarisi tasarlandı.

Donanım üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda mikro denetleyici üzerinde yazılım geliştirmesi yapabilmek için Micro Code Studio platformu içerisinde Pic Basic yazılım tabanı kullanılmıştır. Oluşturulan kodlar platform içinde derlenerek elde edilen “.hex” formatındaki dosya, Microchip firmasına ait MPLAB yazılım ara yüzü ile programlayıcıya aktarılmaktadır. Programlayıcı vasıtasıyla kart üzerindeki programlama bacaklarına ayrılmış sokete bağlantısı yapılarak mikro denetleyici programlanabilmektedir. Tanımlama bileşenleri ve yazılım platformu Şekil 2.10’da görülmektedir.



```
MicroCode Studio - PICBASIC PRO - Trial Edition (KABIRARAPPOCKET_HMR_VER20_25K.php)
File Edit View Project Help
New Open Save Cut Copy Paste Undo Redo Print Find Replace Indent Outdent Comment Uncomment
Go PICBasic Compile Compile Program Information ICD Compile ICD Compile Program Run Stop Pause Step Note Breakpoint Animate
Microcontroller: MF8827 Optional Command Line:
Master_Ver_25k KABIRARAPPOCKET_HMR_VER20_25K
28 CONFIG WRTE = ON ;Root Block (000000-007FFF, 000FFF or 001FFFF) write-protected
29 CONFIG WRTD = OFF ;Data EEPROM not write-protected
30 CONFIG EBTR0 = OFF ;Block 0 (000800, 001000 or 002000-003FFFh) protected from table reads executed in other blocks
31 CONFIG EBTR1 = OFF ;Block 1 (004000-007FFFh) protected from table reads executed in other blocks
32 CONFIG EBTR2 = OFF ;Block 2 (008000-00BFFFh) protected from table reads executed in other blocks
33 CONFIG EBTR3 = OFF ;Root Block (000000-007FFF, 000FFF or 001FFFF) protected from table reads executed in other blocks
34 CONFIG MODE = MC
35 CONFIG ADDRESS = ADDR8BIT ;8-bit Address Bus
36 CONFIG DATAW = DATA8BIT ;8-bit External Bus mode
37 #endconfig
38
39 define OSC 40
40 define WRITE_INT 1
41
42 define HSER_RCSTA 90h ' Enable serial port & continuous receive
43 define HSER_TXSTA 20h ' Enable transmit, BRGH = 0
44 define HSER_CLROERR 1 ' Clear overflow automatically
45 define HSER_SPBURG 99 ' 50000 Baud @ 40MHz, 0,0%
46 SPBRGH = 0
47 BAUDCON.3 = 1 ' Enable 16 bit baudrate generator
48
49 define HSER2_RCSTA 90h ' Enable serial port & continuous receive
50 define HSER2_TXSTA 20h ' Enable transmit, BRGH = 0
51 define HSER2_CLROERR 1 ' Clear overflow automatically
52 define HSER2_SPBURG 49 ' 50000 Baud @ 40MHz, 0,0%
53 SPBRGH = 0
54 BAUDCON.3 = 1 ' Enable 16 bit baudrate generator
55
56 SPBRGH = 0
57 BAUDCON.3 = 1 ' Enable 16 bit baudrate generator
58
59 SPBRGH1 = 0
60 BAUDCON1.3 = 1 ' Enable 16 bit baudrate generator
61
62 SPBRGH2 = 0
```

Şekil 2.10. Micro Code Studio platformu ve mikro denetleyici tanımlamaları

2.5. Master Kart ile Haberleşme

Kabin içerisinde farklı amaçlarda kullanılan birçok donanım ve bu donanımları kontrol eden elektronik kartlar bulunmaktadır. Tüm bu kartlar birbiri arasında UART sistemi

üzerinden haberleşmektedir. Fakat sistem ile bilgisayar üzerinde kullanılan uygulama arasında sadece bir adet kart haberleşmeyi sağlamaktadır. Bu kart ise Master karttır. UART sisteminin çalışma prensibi ise şu şekildedir, bir kart yönetici ve diğer kartlar ise yönetilen olmak durumunda olup hat üzerinde herhangi bir kart tarafından basılan data, tüm kartlar tarafından görülür. Gönderilen veriyi tip ve seri numarası uyan kartlar üzerine almaktadır. Fakat yönetici kart dışında hiçbir kart USB üzerinden bilgisayar ile haberleşemez. Master kart bu fonksiyonu ile sistemin yönetici kartıdır ve bilgisayar üzerinde HID olarak görünmektedir. USB tarafında kendi üzerinde cihaz ve ürün numarası ile tanımlamasını yaparak, bilgisayar üzerindeki uygulamalar tarafından iletişim kurulmasına olanak sağlamaktadır.

Uygulama tarafından elektronik çekmeceye gönderilmek istenen datalar Master karta yönlendirilir. Sonrasında Master kart kabin içi hat üzerinde bu datayı basarak tüm kartların görmesini sağlar. Data içerisinde tanımlama amacı ile kullanılan tip ve seri numara bilgileri bulunmaktadır. Tüm kartlar datayı aldıktan sonra kendi içlerinde gelen data içerisindeki tip ve seri numaralarla karşılaştırmasını yapar ve hangi kart ile uyumlu ise yalnızca o kart işlevi gerçekleştirir. Tip ve seri numara ile çalışmanın amacı, farklı tiplerde kartlar olduğu gibi aynı tipte cihaza bağlı birden çok kart olmasıdır. Bu sayede her kartın kendine özgü kimlik bilgisi olmuş olacak ve haberleşme doğru bir şekilde sağlanabilecektir.

Data paketi 8 adet byte serilerinden oluşmaktadır. İlk byte karta gönderilen komut numarasını, ikinci byte kartın seri numarası, üçüncü byte tip numarasını, geri kalan 5 byte paketi ise yaptırılmak istenen işlemlere ait detay bilgilerini içermektedir. Şekil 2.11'de örnek bir haberleşme mesajı yer almaktadır.

```

*20.8.2019.txt - Not Defteri
Dosya Düzen Biçim Görünüm Yardım
12:09:30 AM:121
DLL -> Master Card
Data[1] -> Byte Value: 249 Bit Value: 11111001
Data[2] -> Byte Value: 1 Bit Value: 00000001
Data[3] -> Byte Value: 3 Bit Value: 00000011
Data[4] -> Byte Value: 0 Bit Value: 00000000
Data[5] -> Byte Value: 0 Bit Value: 00000000
Data[6] -> Byte Value: 0 Bit Value: 00000000
Data[7] -> Byte Value: 0 Bit Value: 00000000
Data[8] -> Byte Value: 0 Bit Value: 00000000
-----
12:09:30 AM:137
Master Card -> DLL
Data[1] -> Byte Value: 247 Bit Value: 11110111
Data[2] -> Byte Value: 1 Bit Value: 00000001
Data[3] -> Byte Value: 3 Bit Value: 00000011
Data[4] -> Byte Value: 28 Bit Value: 00011100
Data[5] -> Byte Value: 30 Bit Value: 00011110
Data[6] -> Byte Value: 0 Bit Value: 00000000
Data[7] -> Byte Value: 5 Bit Value: 00000101
Data[8] -> Byte Value: 62 Bit Value: 00111110
-----
12:09:30 AM:152
DLL -> Master Card
Data[1] -> Byte Value: 249 Bit Value: 11111001
Data[2] -> Byte Value: 20 Bit Value: 00010100
Data[3] -> Byte Value: 3 Bit Value: 00000011
Data[4] -> Byte Value: 0 Bit Value: 00000000
Data[5] -> Byte Value: 0 Bit Value: 00000000
Data[6] -> Byte Value: 0 Bit Value: 00000000
Data[7] -> Byte Value: 0 Bit Value: 00000000
Data[8] -> Byte Value: 0 Bit Value: 00000000
-----
12:09:30 AM:168
Master Card -> DLL
Data[1] -> Byte Value: 247 Bit Value: 11110111
Data[2] -> Byte Value: 20 Bit Value: 00010100
Data[3] -> Byte Value: 3 Bit Value: 00000011
Data[4] -> Byte Value: 28 Bit Value: 00011100
Data[5] -> Byte Value: 99 Bit Value: 01100011
Data[6] -> Byte Value: 0 Bit Value: 00000000
Data[7] -> Byte Value: 5 Bit Value: 00000101
Data[8] -> Byte Value: 100 Bit Value: 01100100
-----

```

Şekil 2.11. Master kart ve uygulama arasındaki haberleşme verileri

Gönderilen tüm komutlar eğer tip ve seri numarası bilgisi tutuyorsa yazılım içerisinde switch-case fonksiyonu ile gerekli adreslere yönlendirilir ve orada belirlenen işlemler yaptırılır. Her bir komut numarası, verilen işlem bilgisini yerine getirmektedir. Şekil 2.12’de yazılım içerisindeki komut numara yönlendirmesi görülmektedir.

```

2117 case 180
2118     UsbKomut = 180
2119     gosub ClearTX
2120
2121     GidenByte0 = ClosePocketEncXAdjust
2122
2123     ClosePocketEncXAdjust = GelenByte0
2124     write ClosePocketEncXAdjust_Address,ClosePocketEncXAdjust
2125     read ClosePocketEncXAdjust_Address,ClosePocketEncXAdjust
2126
2127     GidenByte1 = ClosePocketEncXAdjust
2128
2129     gosub SerTX
2130
2131     RxFlag = 0
2132
2133 case 181
2134     UsbKomut = 181
2135     gosub ClearTX
2136
2137     GidenByte0 = ClosePocketEncYAdjust
2138
2139     ClosePocketEncYAdjust = GelenByte0
2140     write ClosePocketEncYAdjust_Address,ClosePocketEncYAdjust
2141     read ClosePocketEncYAdjust_Address,ClosePocketEncYAdjust
2142
2143     GidenByte1 = ClosePocketEncYAdjust
2144
2145     gosub SerTX
2146
2147     RxFlag = 0
2148
2149 case 120
2150     if GelenByte0 = 1 or GelenByte0 = 2 or GelenByte0 = 3 then

```

Şekil 2.12. Yazılım içerisindeki komut yönlendirmeleri

2.6. Elektronik Çekmece İçerisindeki İlaç Bölmesi Adresleme

Elektronik çekmece uygulaması üzerinde 12×14 şeklinde x ve y ekseninde bölümler oluşturulabilmekte, en küçük bölmeyle sistem oluşturulduğunda toplamda 168 adet bölme sağlanmaktadır. Bölmelerin boyutu arttırıldıkça toplam bölme sayısı da arttırılma oranına bağlı olarak azalmaktadır. Buradaki amaç her ilaç boyutuna göre bölme oluşturabilmektir. Verilen iki eksenin her iki tarafına bir adet adım motor konularak bu adım motorlara dişli çarklar bağlanmış ve dişli çark sisteminin de üzerine metal alaşımlı panel takılmıştır. Bu sayede 4 adet hareketli panel elde edilerek, y eksenindeki paneller aynı düzlemde, x eksenindeki panellerde y eksenindeki panellerin üstünde kalacak şekilde aynı düzlemde konumlandırılmıştır. Bu sayede bir bölme açılmak istendiğinde, paneller o noktaya motorlar aracılığıyla hareket ediyor ve açılmak istenen bölme boyutu kadar mesafe açılıyor ve diğer tüm gözler iki katlı panel sisteminin altında kaldığından dolayı emniyet altına alınmış oluyor.

İlaç havuzu içerisinde y eksenini boyunca A ile N harfleri arasında alfabetik sıraya göre harf verilmiş 14 adet sıra bulunmaktadır. Aynı şekilde x eksenini boyunca 1 ile 12 arasında sıralı numaralandırılmış 12 adet sütun bulunmaktadır. Denklem (2.1) içerisinde verilen eşitliğe göre ilaç bölmeleri açılır.

$$Xyz - a \times b \quad (2.1)$$

Paneller tarafından açılacak gözün büyüklüğü " $a \times b$ " şeklinde gösterilmektedir. Buradaki " a " sembolü x eksenini üzerinde açılacak bölme büyüklüğünü, " b " sembolü ise y eksenini üzerinde açılacak bölme büyüklüğünü göstermektedir. " X " sembolü y eksenini üzerindeki bölmenin açılmaya başlayacağı noktayı, " yz " sembolü ise x eksenini üzerindeki bölmenin açılmaya başlayacağı noktayı göstermektedir. Örneğin $E03-2 \times 3$ büyüklüğünde bir göz açılmak istendiğinde x eksenindeki ilk panel E noktasında duracak, ikinci panel 2 birim ileri giderek duracaktır. Diğer yandan y eksenindeki ilk panel 03 noktasında duracak, ikinci panel ise 3 birim ileri giderek duracaktır. Bu sayede istenen göz büyüklüğü açılmış olacaktır. Tablo 2.1'de ilaç havuzunun modellenmesi görülmektedir.

Tablo 2.1. İlaç havuzu içerisindeki birim bölmelerin modellenmesi

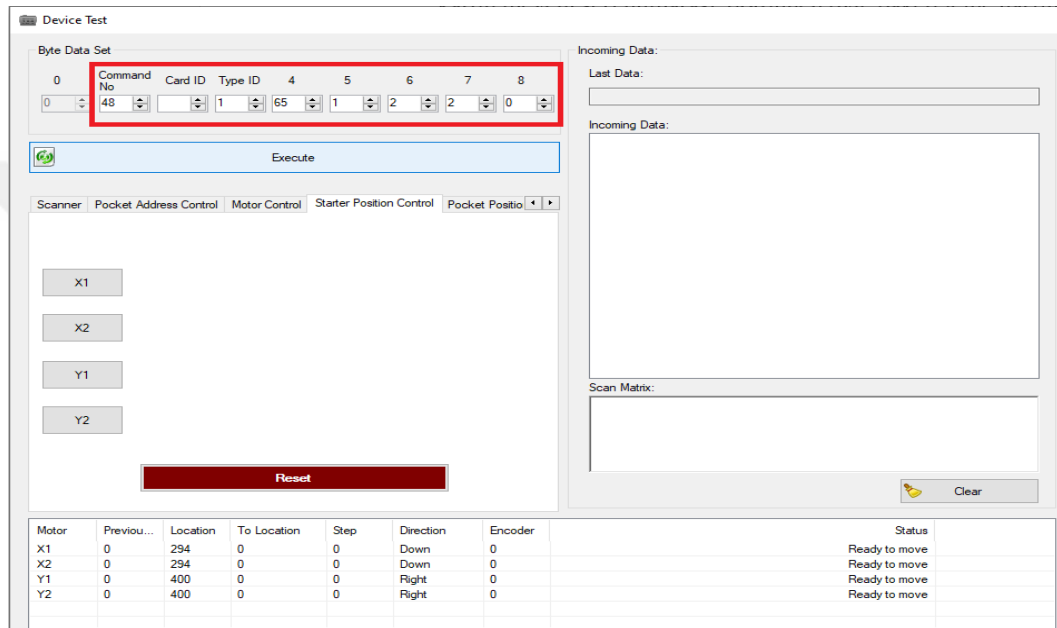
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
												A
												B
												C
												D
												E
												F
												G
												H
												I
												J
												K
												L
												M
												N

Tablo 2.2’de ise verilen örnekteki gibi bir bölme açılmak istendiğinde panellerin hareketi sonucu açılacak bölme görülmektedir. Siyah ile gösterilen alan x eksenini boyunca hareket eden 2 adet paneli, mor renk ile gösterilen alan y eksenini boyunca hareket eden 2 adet paneli göstermektedir. Y eksenini üzerindeki panellerin tam görünmeme sebebi ise eksen olarak x ekseninin altında kalmasıdır, bu sayede ilaçlar iki katlı güvenlik altında tutulabilmektedir. Beyaz ile taranan alan ilaç bölmesini göstermektedir.

Tablo 2.2. E03-2×3 bölme açılışı

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
												A
												B
												C
												D
												E
												F
												G
												H
												I
												J
												K
												L
												M
												N

Bilgisayar üzerindeki uygulama tarafından açtırılmak istenen bölmenin gönderim şekli ise giden data paketinin komut numarasına 48, tip numarasına 1, seri numaraya ise kartın mevcut seri numarası, dördüncü byte paketi içine harfin ASCII karşılığı, beşinci byte paketi içerisine y eksenini üzerindeki ilk nokta, altıncı byte paketi içerisine x eksenini üzerinde açılacak boyut ve yedinci byte paketi içerisine y eksenini üzerinde açılacak boyut girilerek gönderilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Şekil 2.13’de A01-2×2 bölmesinin açtırılması için karta gönderilen veriyi görmekteyiz.



Şekil 2.13. A01-2×2 bölme adresinin çekmece üzerinde açtırılması

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Dünya üzerinde kullanılan desentralize sistemlerin faydaları, ilaç tasarrufu, çalışılan zaman kazancı, maddi kazanç ve kullanım memnuniyeti olarak bilinmektedir. Henri Mondor Üniversite Hastanesi'nde yapılan çalışmalara göre yoğun bakım ünitesine kurulan kabinler sonucunda bir yıllık çalışma yapılmıştır ve bulguları elde edilmiştir. Elde edilen bulgular, eczane ve yoğun bakım çalışanlarının toplam zaman kazancı %34, ilaç istemlerinin %1 ile %6 oranında azaldığı ve 55.000 Euro kazanç olduğunu göstermektedir [12]. Bir yıllık kısa bir süre içerisinde bu denli hızlı gelişmeler sistemin aktivitesini göstermektedir. Diğer bir çalışma ise Vanderbilt Üniversitesi Medikal Merkez'inde bulunan yoğun bakım ünitelerinde gerçekleştirilmiştir. Burada yapılan inceleme 2012 ile 2015 yılları arasında kapsayarak belirtilen üniteye yapılan işlem yoğunluğu ölçülmektedir. Çalışmalara göre, eczanenin hastalara ortalama müdahale sayısı 4, bir eczacı ortalama 56 adet hasta ile ilgileniyor, 22 hastanın ilaç tedavisi durduruluyor, 18 hastaya yeni tedavi başlanıyor, taburcu edilmeden önce 13 hastaya aşı yapılıyor. Belirtilen olaylar günlük bazda gerçekleşmektedir ve bundan dolayı yoğunluk üst seviyededir [13]. Tüm bu sebeplerden dolayı çalışılan sistemin desentralize olması elektronik çekmece uygulaması adına büyük önem arz etmektedir. Ulusal ve uluslararası verimlilik çalışmaları yapılarak mevcut önem düzeyi detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

3.1. Elektronik İnceleme

Elektronik çekmece uygulaması içerisindeki tüm donanımlar teker teker uzun süreli bir araştırmadan geçirilerek veriler karşılaştırılmalı olarak incelendi. Sistem içerisinde mevcut işlevleri bakımından en çok öneme sahip olan ürünler adım motorlar, solenoid motor, mikro denetleyici, haberleşme hat yapısı, uzak kartlar arasında iletişimi sağlayacak kablolardır. Tüm elemanları işlevine uygun şekilde çalıştırılmak için üreticiler tarafından yayımlanan kullanıcı şemaları dikkate alınarak işlemler yapıldı.

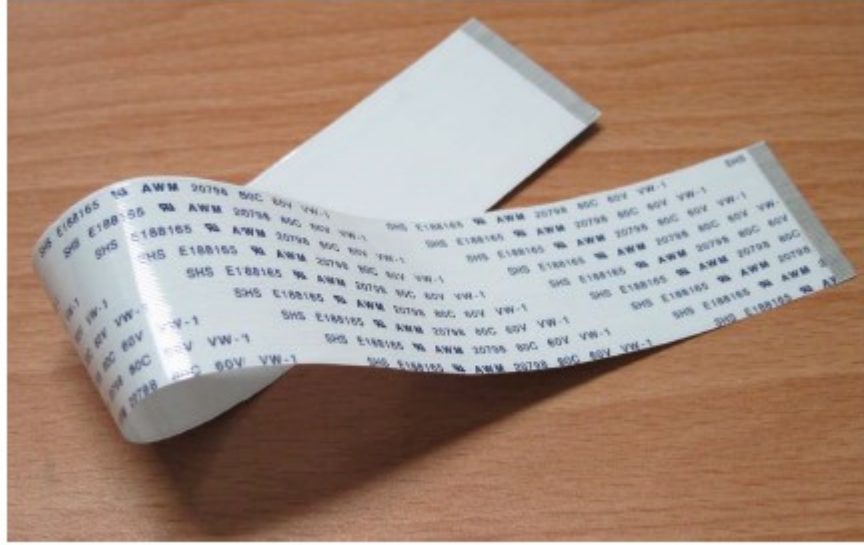
Bunun sonucu olarak sistem çalıştırıldığında, tüm elemanlar beklendiği şekilde fonksiyonunu yerine getirdi. Sistem içerisindeki elemanlara teker teker bakıldığında başlangıç pozisyonu için kullanılan manyetik alan etkili sensörlerin çevre elemanları doğru yapılandırıldığı için mıknatıs okuma konusunda herhangi bir problem oluşturmadı.

Adım motorlar için özellikle filtreleme devreleri çok önemli bir alan oluşturmaktadır. Bunun sebebi ise motorun iç yapısından kaynaklı elektromanyetik alan yoğunluğunun yüksek olmasıdır. Çevreden gelebilecek her türlü mikro dalga ya da manyetik alan etkisi motorun çalışmasını etkileyebileceği için filtreleme devreleri kullanılmıştır. Bu devreler arasında önemli bir yere sahip olan spiral resonator filtre devresi sayesinde çevre etkenleri ile oluşabilecek mikro dalga bandındaki gürültüler motor çalışmasına etki edemeyecektir [14]. Önlemler dikkate alınarak çalışma yapısı oluşturulduğu için farklı ortamlarda çalışma testleri yapılan adım motorlar herhangi bir koşul sebebi ile işlevlerini yerine getiremeyecek duruma gelmedi ve sağlıklı bir şekilde işlevini yerine getirdi. Ayrıca motorların hareket denetimi için mimari oluşturulurken kapalı döngü, açı kontrolü gibi birçok konuda araştırma yapıldı. En uygun yöntem olarak mikro adım yöntemi kullanıldı [15].

Çekmece sistemini kabin içerisinde tutacak kilit mekanizmasının temel ögesi olan solenoid motor ile ilgili olarak öncelikle çalışma ömrü hakkında araştırma yapıldı. Bu konuda araba sektöründe kullanılan marş motorları ile ilgili birçok çalışma olduğu tespit edildi ve bu çalışmalarda datalar analiz edildi. Yapılan analizlere göre solenoid motorların ömrüne etki eden iki temel faktör bulunuyor, birincisi motorun hareket için enerjide kalma süresi ve ikinci olarak hareketini gerçekleştirdiği esnada dayanım gösterdiği kuvvet miktarıdır [16]. Bu veriler dikkate alınarak çalıştırılacak solenoid motorunun güç ölçümleri yapıldı ve sabit ağırlık altında iki yönlü olarak çalıştırılmaya bırakıldı. Yapılan test ile solenoid motorun hesaplanan sürede çalışması sağlandı ve çalışma ömrü değerlendirildi.

Elektronik çekmece sistemi içerisinde kullanılan manyetik alan etkili sensör ve manyetik encoder sensör ayrı elektronik kartlara sahiptir. Ayrı olan bu kartların ana karta bağlantısı için kablo çözümleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada kablo performansı INA219 yükselteci ile test edilen FFC kablolar dikkat çekti. Uygulanan

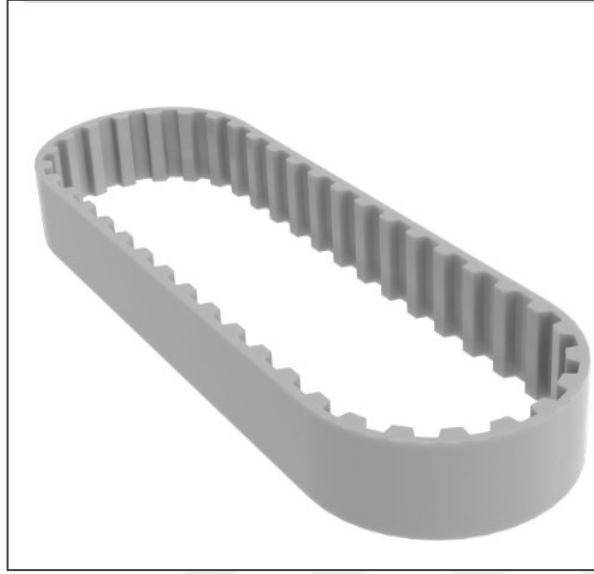
testlerde iki nokta arası gecikme oranının çok düşük olması ve gürültüden etkilenme hassasiyetinin yüksek olması sebebi ile FFC kablo grubu dış kartlardan ana karta bağlantı için seçildi [17]. Gerekli ürün kullanılarak yapılan ilk testlerde elektronik çekmece içerisindeki kartlar arasında çalışma esnasında herhangi bir gecikmeye bağlı sorun görülmedi. Ayrıca frekans bandının geniş olduğu bölgelerde testler yapılarak data haberleşmesi esnasında verilerin genliği ve periyotları incelendi, herhangi bir olumsuz sonuca rastlanmadı. Şekil 3.1’de FFC kablo örneği verilmiştir.



Şekil 3.1. FFC kablo örneği [18]

3.2. Mekanik İnceleme

Elektronik çekmece uygulamasının ilk gelişim safhasında donanımsal olarak her bir yüzü ayrı tasarlandı ve numune olarak alınan parçalar fabrika ortamında birleştirildi, ilk olarak motorlara paneller tel kayışlar ile bağlandı. Çalıştırılma sırasında bir saatlik bölümün ardından tel kayışlar çarklardan koparak panelleri serbest bırakıyordu ve müdahale olmadan eski haline gelemiyordu. Bunun üzerine tel kayışlara muadil olabilecek ürünler araştırıldı. Yapılan araştırma sonucunda içerisinde zincir sarmal bulunan plastik kayış çeşitleri bulundu. Kayışın içerisinde metal alaşımlı sarmal olduğu için dayanımı yüksek ve dış kaplama plastik olduğu için dişliler üzerinde esnek bir geçiş olması sağlandı. Şekil 3.2’de kayış tipi görülmektedir.



Şekil 3.2. Zincir sarmallı dişli kayış [19]

Çekmece içerisindeki paneller dişlilere kayış aracılığı ile tek noktadan bağlanarak hareket ettirilmesi düşünüldü. Yapılan testlerde tek noktadan bağlanan panellerin kayıştan çıkarak serbest kaldığı ve motorlar tarafından hareket ettirilemediği görüldü. Şekil 3.3’ de bağlantı yapısı görülmektedir.



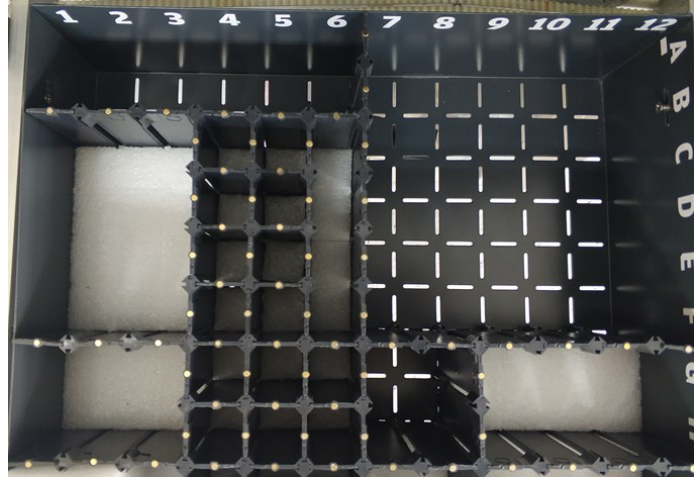
Şekil 3.3. Dişli kayış ile panel bağlantı noktası

Tespit edilen hata sonucunda bağlantı elemanları üzerine araştırma yapıldı. Endüstriyel olarak kullanılan tutucu çeşitlerinin boyutsal olarak projemiz için uygun olmadığı görüldü. Bu sebeple kayış ile panel arasında iki noktadan sabitlenebilen ve kayış dişleri arasına oturacak ayakları bulunan ince metal plakalar üretildi. Mevcut testler yeni parça ile gerçekleştirildiğinde herhangi bir problem gözlenmedi. Şekil 3.4’de bağlantı parçasının yapısı görülmektedir.



Şekil 3.4. Kayış ile panel arası bağlantı parçası

Çekmece içerisindeki ilaç havuzunun birim bölmeleri, ayraç tırnaklarının oturacağı şekilde kesitlere ayrıldı ve ilk üretim yapıldı fakat gelen ürünler üzerinde inceleme yapıldığında, ayraçların havuz içerisine tam oturmadığı görüldü. Bunun sebebi incelendiğinde ise boya kalınlığının tasarlanandan fazla olduğu ortaya çıktı. Bu sebep ile çizimler üzerinde tırnakların oturacağı yarık aralığının tolerans değerleri artırılarak yeniden numune siparişi verildi. Gelen ürünler test edildiğinde sorun olmadığı gözlemlendi. Ayrıca ilaçların yerleşimi esnasında cam şişelerin kırılmaması adına bölmelerin alt kısmına sünger tasarlanarak, her bölme boyutuna göre oluşturulacak şekilde üretildi. Sünger boyutları ilaç havuzu ile aynı ebatlara sahiptir ve üzerinde birim ilaç boyutlarında delikli tırtıklar bulunmaktadır. Bu sayede bölme boyutu kadar sünger yerinden koparılarak bölmenin tabanına yerleştirilmektedir. Şekil 3.5’ de ilaç havuzu görülmektedir.



Şekil 3.5. Elektronik çekmece uygulaması ilaç havuzu

3.3. Kabin İçerisindeki Haberleşme Yapısının İncelenmesi

Desentralize kabin içerisinde farklı türde donanımlar bulunmaktadır. Donanımların her biri master kart ile haberleşerek yapılan işlevlerin bilgisini vermekte ya da yapacakları işlevlerin bilgisini almaktadırlar. Bu sebeple tüm kartların hem master kart ile hem de kendi aralarında haberleşmesini sağlayacak hattın kurulması için geliştirmeler yapıldı. Hat üzerinde herhangi bir anda data basma avantajı sağlaması, seri protokol kullanma gereği, haberleşme esnasında data basımında paralelden seriye geçiş ve data alımı esnasında seri datadan paralel yapıya geçişe elverişliliği düşünülerek UART haberleşme seçilmiştir [20]. Belirtilen yapı çerçevesinde kurulan haberleşme ağı, kartlar arasında test edilerek değerlendirildi ve sorun ile karşılaşılmadı. Fakat çalışan bir hastanede, sistemlerin kurulması sonucu bazı dataların kaybolduğu görüldü. Yapılan incelemede iki veya daha fazla kart aynı anda hattı kullanmaya başladığında hat üzerindeki dataların karşıdaki alıcı tarafından sağlıklı alınmadığı görüldü. Bu sebeple sistem içerisinde herhangi bir kart data göndermeye başladığında diğer kartların bekleyerek hattın boşa çıktığı anda data göndermesini sağlayacağı şekilde yazılım geliştirmesi yapıldı. Hastane üzerinde yapılan geliştirme belirli periyotlar ile gözlemlendi ve aynı sorunun yaşanmadığı analiz edildi. Şekil 3.6'da haberleşme hattına data basılacağı zaman "TxReturn" değişkeni ile kontrol altına alındığı görülmektedir.

```
3238 RCSTAL.1 = 0 'Overrun Error Clear
3239 @ INT_RETURN
3240
3241
3242 SerTX: ' Eğer linein = 1 ise tx yapacağız; 0 ise hattı daha önce birisi almış demektir.
3243 RCSTAL.7 = 0 'Serial Port Disable
3244
3245 RCSTAL.4 = 0 'Another Receive Disable
3246 RCSTAL.2 = 0 'Frame Error Clear
3247 RCSTAL.1 = 0 'Overrun Error Clear
3248
3249 RCSTAL.7 = 1 'Serial Port Enable
3250
3251 TxReturn = 0
3252 pauseus 40
3253
3254 nserout [255,254,UsbKomut, IDNo, Type, GidenByte0, GidenByte1, GidenByte2, GidenByte3, GidenByte4]
3255
3256 while (TXSTAL.1 = 0)
3257 wend
3258 TxReturn = 1
3259
3260 RCSTAL.4 = 1 'Another Receive Enable
3261 return
3262
```

Şekil 3.6. Gömülü yazılım içerisinde haberleşme hattına data basılması

3.4. Fiziksel Kapasite

Elektronik çekmece uygulamasının dış ölçüleri, desentralize kabin içerisine sığabileceği maksimum ölçülere göre tasarlandı. Çekmece içinde kullanılması düşünülen donanımlar kenar ve köşe bazlı yerleşimi çalışılarak merkez alanın boşaltılması sağlandı. Bu sayede ilaç bölmesi için fazla alan bırakılabilecek ve bölme boyutları istenildiği gibi şekillendirilebilecekti. Üretim aşamalarından sonra elde edilen ürün kapasite olarak toplamda 168 adet birim ilacı muhafaza edebiliyordu. Bu sayıda yüksek riskli ilacı sadece bir adet donanım altında aktif bir şekilde kontrol edebilen bir sistem henüz geliştirilmemiş olup, ayrıca bir kabin içerisinde istenilen sayıda çekmece kullanılabilir. Canlı olarak çalışan bir hastanede yapılan testler sonucunda kullanıcıların çekmeceyi düzenli bir şekilde kullanabildiği ve ilaç bölmelerini istedikleri boyutlarda oluşturabildikleri için yeterince esnek bir uygulama olduğu kaydedildi.

3.5. Uygulama Aktivite Değerlendirme Çalışması

Desentralize kabinler kuruldukları hastanelerde öncelikli olarak ilaç yönetimini ele alır ve bu sayede hasta sağlığını güvence altında tutmayı amaçlar sonrasında ise ilaç kayıplarından kaynaklanan mali kayıpları en az düzeye indirmeyi hedefler. Giriş kısmında, meydana gelen mali kayıplar ve sağlık riskleri ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır. Uluslararası sağlık kuruluşları bu konular üzerinde hassasiyetle durmaktadır ve çeşitli araştırmalar gerçekleştirmiştir. Mevcut araştırmalar kullanılarak elektronik çekmece uygulaması ile birlikte ulusal çapta elde edilecek başarılı sonuçların hesaplaması yapıldı ve alt başlıklar halinde sunuldu.

3.5.1. Uluslararası verimlilik incelemesi

Desentralize ilaç ve medikal malzeme yönetim kabinleri ile amaçlanan, hasta sağlığını güvende tutmak ve mali kayıpları minimum düzeye indirmektir. Bu kapsamda çeşitli tasarruf çalışmaları yapılmıştır. Taranaki Health bu çalışmalardan biridir. Çalışma içerisinde yoğun bakım, acil servis gibi farklı servisler de yer almaktadır. Desentralize sistem kurulduktan sonra yedi aylık bir süre içerisinde gözlem yapılarak toplam maliyet kazancı ölçülmüştür. Sistem kurulmadan öncesi ve sonrası karşılıklı olarak bakılmıştır. Yapılan ölçümler ile sistemin bir yıl içerisinde kazandıracağı tasarruf da ayrı olarak verilmiştir. İncelemeler sistem kurulmadan önce başlanarak hastanenin ne kadar harcama yaptığını analiz edip, sistem kurulduktan sonra maliyetin ne kadarlık kısmı geri kazandırıldığı yüzde olarak gösterilmiştir. Tablo 3.1’de çalışmanın detayları görülmektedir.

Tablo 3.1. Taranaki Health tasarruf çalışması [21]

Servis	Servis /Alan Tanımı	Karşılaştırma Süresi	Sistem öncesi ve sonrası %sel değişim	12 ay için öngörülen tasarruf
Medical (Ward 5)	36 yatak normal servis	7 ay	-23.4%	Actual drug cost -\$62,550
ICU adjusted* (ICU)	16 yatak yoğun bakım/ koroner yoğun bakım	7 ay	-27.9%	Adjusted drug cost -\$89,599
TPW adjusted** (Mental Health)	37 yatak psikiyatri servisi	5 ay	-20.6%	Adjusted drug cost -\$18,583
Emergency Department (ED)	Acil Servis	6 ay	-29.5%	Actual drug cost -\$32,516
Emergency Drug Cupboard (EDC)	Acil ilaç tedarik alanı	7 ay	-59.6%	Actual drug cost -\$26,414
Medical (HW4/HDU)	28 yatak normal servis ve 4 yatak yoğun bakım (Hawera Hospital)	8 ay	-36.7%	Actual drug cost -\$98,364
Accident & Emergency (HAE)	Acil Servis (Hawera Hospital)	6 ay	-32.0%	Actual drug cost -\$16,622
TOPLAM				-\$344,648

Diğer bir örnek çalışma ise Munroe Regional Medikal Center’da yapılmıştır. Çalışma genel olarak ameliyathane bölümlerini göz önüne almıştır. İncelemenin yapıldığı bölümler kateter laboratuvarı, genel ameliyathane, kalp ve damar ameliyathanesi

olarak sınırlandırılmıştır. Çalışma içerisinde, belirtilen sistem kurulduktan sonra vaka sayısına bağlı olarak elde edilen kazanç miktarı verilmiştir. Tablo 3.2’de yapılan çalışma ile ilgili tüm detaylar görülmektedir.

Tablo 3.2. Munroe Regional Medical Center tasarruf çalışması [22]

KATETER LAB	11,953 Vaka
Malzeme envanterinde azalma	\$400,000
Prosedür başına düşen maliyet düşüşü	%32 azalma
9-aylık maliyet azalması	\$485,048
Maliyet/masraf yakalanmasında artış	yok
AMELİYATHANELER	7468 Vaka
Malzeme envanterinde azalma	Bulunması
Prosedür başına düşen maliyet düşüşü	\$123.24
9-aylık maliyet azalması	\$920,160
Maliyet/masraf yakalanmasında artış	\$9.75 M
AÇIK KALP AMELİYATHENE	966 Vaka
Malzeme envanterinde azalma	Yok
Prosedür başına düşen maliyet düşüşü	\$300.61
9-aylık maliyet azalması	\$291,786
Maliyet/masraf yakalanmasında artış	\$1.8M

3.5.2 Yurtiçi verimlilik öngörüsü

Desentralize sistem içerisine elektronik çekmece uygulaması entegre edilerek, mevcut çalışmalar incelendi ve sistemin verimliliği araştırıldı. Hastane üzerindeki kullanımlar dikkate alınarak Başkent Üniversite Hastanesi içerisinde tasarruf çalışması yapıldı. Hastane bilgi işlem daire başkan yardımcısı Mehmet Altun ile birlikte yapılan değerlendirmede hastane içerisine elektronik çekmece uygulaması olan desentralize sistem kurulduğunda elde edilecek verimlilik tüm hastane bazında ele alındı. Çalışma kapsamında hasta başına günlük olarak verilen ilaç sayısındaki değişim ve bu değişim sonucunda oluşan maliyet hesaplandı. Sonrasında bu çalışma yıllık olarak değerlendirilerek toplam bir yıl sonucunda rakamların nasıl şekilleneceği hesaplandı. Tablo 3.3 ve Tablo 3.4’ de yapılan çalışmaların detayları görülmektedir.

Tablo 3.3. Başkent Üniversite Hastanesi karşılaştırmalı tasarruf çalışması

Otomatik İlaç Dağıtım Kabini Öncesi	
HASTA BAŞI İLAÇ SAYISI/GÜN	HASTA BAŞI İLAÇ MALİYETİ/GÜN
16,60	86 TL

Otomatik İlaç Dağıtım Kabini Sonrası	
HASTA BAŞI İLAÇ SAYISI/GÜN	HASTA BAŞI İLAÇ MALİYETİ/GÜN
10,67	55,50 TL

Tablo 3.4. Başkent Üniversite Hastanesi yıllık tasarruf öngörüsü

Tasarruf Öngörüsü	
Yatak Sayısı	300
Çalışma Gün Sayısı	365 gün
Hasta Gün Sayısı	109.500
Hasta Başına Tasarruf	30 TL
Yıllık Tasarruf Öngörüsü:	3.285.000 TL

3.6. Genel Değerlendirme

İş sahasında bulunduğum ilaç ve malzeme yönetim sistemleri üzerine detaylı olarak literatür taraması yapıldı. Yapılan araştırmalar sonucunda ilaç ve malzeme yönetimi ile ilgili teorik kaynaklar bulundu fakat bulunan kaynaklar içerisinde herhangi bir donanım çalışması bulunamadı. Mevcut bilgiler her zaman sistemin nasıl olmasına

yönelik olup bu çalışmalarını pratiğe dökebilecek literatür bilgisi maalesef bulunamadı. Bunun üzerine araştırmalar derinleştirilerek mevcut yönetim sistemlerinin zafiyet noktaları tespit edilmeye çalışıldı. Yapılan çalışmalar sonucunda yüksek riskli ilaçların yönetimi üzerinde geliştirilmiş etkili bir sistemin bulunmadığı dikkat çekti. Dünya üzerinde farklı tipte, yüksek sayıda ilacı korumaya ve envanter edebilme yeteneğine sahip donanım ihtiyacı tespit edildi. Ayrıca mevcut sistemlerin yüksek riskli ilaçlara dışarıdan müdahale ile izinsiz erişime karşı herhangi bir koruyucu önlem bulunmadığı görüldü.

Elektronik çekmece uygulaması oluşturulurken dikkat edilmesi gereken hususlar literatür taraması sonucu belirlendi. Çekmece farklı tipte ilaçları yüksek sayılarda muhafaza edebilmeli, kullanıcılar alım yaparken sadece bir adet ilaç bölmesine erişebilmeli, dışarıdan müdahalelere karşı aktif uyarı sistemi ve koruyucu önlemi olmalıydı. Diğer bir önemli konu sistem hastanenin tüm yüksek riskli ilaç kullanan servislerine girebilmeliydi. Bu sebepten dolayı tüm hastane genelinde kullanılan desentralize sisteme entegre olabilecek bir yapı tasarlanmalıydı.

Araştırma ve geliştirme çalışmalarında yapılan tüm tespitlerden sonra projeye hızlı bir şekilde başlanarak ürünün ilk prototipi çıkarılmaya çalışıldı. Yaklaşık olarak bir yıllık bir çalışmanın ardından ürün elde edilerek alfa ürün kapsamında testlere başlandı. Testler sonucunda yapılan hatalar gözlemlenerek geliştirmeler yapıldı ve ürünün beta versiyonu yayınlandı. Beta versiyon artık canlı olarak çalışan bir hastane içerisinde test için aktif çalışabilecekti. Hastane testleri sonucunda ürün yeniden geliştirme safhasına alınarak son halini aldı. Yapılan tüm çalışmalarda üst bölümlerde belirtilen elektronik, mekanik, haberleşme bölümlerinde ayrı ayrı incelemeler gerçekleştirilip detaylı geliştirme süreçleri izlendi.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Elektronik çekmece uygulaması, ilaç ve medikal malzeme yönetim sistemleri alanında yapılan literatür taraması sonucunda mevcut eksiklikleri gidermek ve bu alanda insan sağlığı üzerindeki riskleri azaltmak ayrıca hastanelerin ilaç kayıplarından dolayı yaşadığı mali giderleri düzeltmek adına geliştirildi. Yapılan çalışmada ürün son halini aldıktan sonra çeşitli verimlilik değerlendirmeleri yapılarak, ürünün aktif olarak kullanılabilmesi gösterildi. Aktif kullanımı sayesinde hedeflenen alanlarda hedeflenen başarıların da elde edileceği yapılan çalışmalar ile gösterilmektedir.

Projenin hayata geçirilmesi ile literatürde mevcut, yüksek riskli ilaçlar için koruyucu ve envanter edebilme özelliklerinin yanında dış müdahalelere karşı aktif uyarı sistemi içeren elektro-mekanik bir donanım eksikliği giderilmiş oldu. Bu sayede ilaç ve medikal malzeme yönetimi üzerine geliştirme yapma isteğinde bulunan kişi ve kurumlar mevcut proje üzerinden yenilikçi fikirler ile sağlıklı ürünler ve buluşlar geliştirebilecektir.

Elektronik çekmece uygulaması ile hastane içerisinde ilaçların korunması garanti altına alınmış olacak fakat desentralize kabinlere ilaç yükleme aşamasına kadar eczane ilaçları insan vasıtası ile sistemin yanına getirmektedir. Burada ufak da olsa güvenlik zafiyeti bulunuyor, ayrıca ilaçların sistemden alınarak hastaya uygulanması aşamasında da insan faktörü bulunmaktadır. Yine burada da güvenlik zafiyeti bulunmaktadır. İleride yapılması beklenen ise hem ilaçların eczaneden kabin sistemine kadar hem de sistemden hastalara kadar takibini yapabilecek ara taşıyıcı araçların geliştirilmesidir. Bu araçlar yardımıyla, ilaç sistemden alınarak araca yine aynı koruma mantığında yüklenerek ilaç uygulama esnasında ilaç numarası ile hasta kimliği eşleştirmeli bir şekilde güvenlik sağlanabilir. Belirtilen çalışma üzerinden yenilikler yapılabilir ve yapılan her bir yenilik insan sağlığına ve mali kayıplara karşı koruyucu önlem olma kapasitesine sahiptir.

KAYNAKLAR

- [1] Ghasami F., Ghandehary M., An Investihation on The Effect of Electronic Management Information System on Inventory Control of Hospital Pharmaceutical, 8. *International Conference*, Mashhad, Iran, 24-25 April 2014.
- [2] Çavun S., Akılcı İlaç Kullanımında İlaç Uygulama Hataları, http://uludagpediatri.org/2017/ais_pediatri.pdf, (Ziyaret Tarihi: 2 Haziran 2019).
- [3] Triatech Tıbbi Sistemler San. ve Tic. A.Ş., Lojistik Hizmet Profesyonelleri, <https://www.stockart.com.tr/lojistik-hizmet-profesyonelleri/>, (Ziyaret Tarihi: 22 Temmuz 2019).
- [4] Her Q., Amato M., Seger D., Gilmore J., Fanikos J., Fiskio J., Bates D., Review of Nonformulary Medication Approvals in an Academic Center, *The Joint Commission on Quality and Patient Safety*, 2017, **43**, 89-96.
- [5] Cabilan C., James H., Shannon C., The Use of a Contextual, Model and Psychological Classification of Medication Errors in the Emergency Department: a Retrospective Descriptive Study, *Journal of Clinical Nursing*, 2017, **26**, 4335-4343.
- [6] Health Jobs in Fortescue WA6716, Health Care Properties for Lease, https://www.loopnet.com/new-jersey/fortescue_health-care-properties-for-lease/, (Ziyaret Tarihi: 8 Temmuz 2019).
- [7] Triatech Tıbbi Sistemler San. ve Tic. A.Ş., Lojistik Hizmet Profesyonelleri, <https://www.stockart.com.tr/lojistik-hizmet-profesyonelleri/>, (Ziyaret Tarihi: 22 Temmuz 2019).
- [8] Triatech Tıbbi Sistemler San. ve Tic. A.Ş., Eczacılık Hizmet Profesyonelleri, <https://www.stockart.com.tr/eczacilik-hizmet-profesyonelleri/>, (Ziyaret Tarihi: 18 Temmuz 2019).
- [9] Oxford Academic, Errors in the Medication Process, <https://academic.oup.com/intqhc/article/17/1/15/1815273>, (Ziyaret Tarihi: 29 Nisan 2019).
- [10] OMC Corporation Limited, Stepper Motor, <https://www.omc-stepperonline.com/nema-17-unipolar-1-8deg-65ncm-92oz-in-1-2a-7-2v-42x42x60mm-6-wires.html>, (Ziyaret Tarihi: 28 Nisan 2019).

- [11] Microchip, PIC18F6527/6622/6722/8527/8622/8722 Data Sheet, www.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39646b.pdf, (Ziyaret Tarihi: 30 Mart 2019).
- [12] Bourcier E., Madelaine S., Archer V., Kramp F., Paul M., Astier A., Implementation of Automated Dispensing Cabinets for Management of Medical Devices in a Intensive Care Unit: Organisational and Financial Impact, *Eur J Hosp Pharm*, 2016, **23**, 86-90.
- [13] Stollings J., Bloom S., Wang L., Ely E., Jackson J., Sevin C., Critical Care Pharmacist Medication Management in an ICU Recovery Center, *Annals Pharmacotherapy*, 52(8), 713-723, 2018.
- [14] Trofimova A., Mikhalev N., Korinchenko V., Tarasov A., Malygin I., Designing a Tunable Microwave Filter Using Stepper Motors, *2019 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology*, Yekaterinburg, Russia, 25-26 April 2019.
- [15] Mochiyama S., Takahashi R., Hikihara T., Close-Loop Angle Control of Stepper Motor Fed by Power Packets, *Kyoto University*, DOI:10.1587/transfun.E100.A.1571, 1571-1574, 2017.
- [16] Mayda M., Gültekin N., Deterministic and Probabilistic Life Assessment of a Traditional Car Starter Motor Based on Number of Stop/Start Cycles, *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 18-00015, 1-8, 2018.
- [17] Rohmanu A., Everhard Y., Quality Test of Flexible Flat Cable with Short Open Test Using Law Ohm Approach through Embedded Fuzzy Logic Based on Open Source Arduino Data Logger, *International Conference on Electronic Engineering, Computer Science and Informatics*, Yogyakarta, Indonesia, 19-21 September 2017.
- [18] Huang S., Huang T., Liu C., Wu R., Ringing Noise Suppression for Differential Signaling in Unshielded Flexible Flat Cable, *IEEE Transaction on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, 2015, **5**(8), 1152-1159.
- [19] Accu Limited, T2.5 Type Precision Timing Belts(DIN 7721), <https://www.accu.co.uk/en/t25-timing-belts/41041-B-T2-5-6-285>, (Ziyaret Tarihi: 21 Temmuz 2019).
- [20] Yogeesh V., Venkateshkumar H., Rohith S., Analysis of Universal Asynchronous Receiver and Transmitter for Reliable Data Transmission, *IOSR Journal of VLSI and Signal Processing*, 2016, **6**(6), 65-69.
- [21] Becton Dickinson (BD), Alteration in Drug Issue Costs to Areas Following the Introduction of Pyxis Automated Drug Distribution System at Taranaki Health-January 12., <https://www.bd.com/en-us/offerings/brands/pyxis>, (Ziyaret Tarihi: 5 Temmuz 2019).

- [22] Munroe Regional Medical Center, Emergency Room Investigation, https://neuvoo.com/jobs/?k=Regional+Medical+Center&l=&source=adwords&gclid=CjwKCAjw-4_mBRBuEiwA5xnFIIKU4nA2tegiFz_vTRxDz8mmvSWK15qykTVYrcPyVle0Gntsgr96hoCiS0QAvD_BwE, (Ziyaret Tarihi: 12 Temmuz 2019).



KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Aydın M.**, Küçük S., Electronic Drawer Application for High Risk Drugs in Hospital Inventory, *3. International Symposium on Multidisciplinary Academic Studies*, Izmir, 19-21 April 2019.
- [2] **Aydın M.**, Küçük S., High Risk Drug Management with Sliding Cover System, *3. International Symposium on Multidisciplinary Academic Studies*, Izmir, 19-21 April 2019.
- [3] **Aydın M.**, Kucuk S., Fılızoglu O., Electronic Drawer Application for High Risk Medications in Hospital Inventory, *Tıp Teknolojileri Kongresi*, Izmir, 3-5 October 2019.

ÖZGEÇMİŞ

1994 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2012 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü'nden 2016 yılında Fakülte Birincisi olarak mezun oldu. 2016 yılında ilaç ve tıbbi malzeme yönetim sistemleri alanında faaliyet gösteren Triatech Tıbbi Sistemler Tic. ve San. AŞ'de göreve başladı. 2016 yılında girdiği İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği yüksek lisans programından 2017 yılında gerekli sınavları geçerek B sınıfı İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı olarak mezun oldu.

