

T.C.
KARA HARP OKULU
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEDARİK VE LOJİSTİK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI



ENTEĞRE LOJİSTİK DESTEK SÜRECİNDE LOJİSTİK DESTEK
ANALİZİ İÇİN MODEL ÖNERİSİ VE UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan

Mustafa GÜNEŞ

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr.İs.Alb. Hakan Soner APLAK

ANKARA – 2016

TEZ TANITIM FORMU

TEZİN TARİHİ: 07 Haziran 2016

TEZİN TİPİ: Yüksek Lisans Tezi

TEZİN BAŞLIĞI: Entegre Lojistik Destek Sürecinde Lojistik Destek Analizi İçin Model Önerisi Ve Uygulaması

TEZİN YAPILDIĞI BİRİM: Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Tedarik ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı

SPONSOR KURULUŞ: -

DAĞITIM LİSTESİ: Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Tez Hazırlama, Onay, Dağıtım ve Muhafaza Esasları Kılavuzunda Belirtilen Yerlere

TEZİN ÖZETİ: Günümüzde lojistik destek maliyetlerinin sistemlerin tedarik maliyetlerinden yüksek olduğu kabul edilmektedir. Firmalar veya kurumlar artan lojistik destek maliyetlerini kontrol altına alabilmek için farklı yaklaşımlar kullanmaktadır. Bu kapsamda literatürde uzun yıllardır yer alan ve olgunluğa ulaşmış yaklaşımlardan biri entegre lojistik destek yaklaşımıdır. Bu çalışma ile Entegre Lojistik Destek (ELD) sürecinin nasıl işletilebileceği ve bu süreçte etkili olan Lojistik Destek Analizinin (LDA) nasıl uygulanabileceği anlatılmaktadır. Geçmişten bugüne sisteminin nasıl bir gelişim geçirdiği incelenmekte ve mevcut uygulanan standartların kuvvetli ve zayıf yönlerinden yola çıkılarak Entegre Lojistik Destek Süreci modeli sunulmaktadır. Bu sürecin en önemli yapı taşı olan Lojistik Destek Analizinin uygulamasının nasıl yapılabileceği çalışmanın diğer temel dayanak noktasıdır. Söz konusu süreçlerin bütüncül olarak uygulanabilirliği savunma sektörüne yönelik bir senaryo üzerinde gösterilmektedir. Son

bölümde ise senaryodaki ürüne yönelik, bakım planı, ikmal gereksinimleri ve diğer lojistik elemanlar hesaplanarak önerilen model ve analizlerin çıktıları değerlendirilmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Entegre Lojistik Destek, Lojistik Destek Analizi, Ram Analizi, Hata Modları Kritiklik Analizi, Bakım Seviyeleri ve Görevleri Analizi

SAYFA SAYISI: 125

GİZLİLİK DERECEESİ: Tasnif Dışı

Bu tezde belirtilen görüş ve yorumlar yazana aittir. Türk Silahlı Kuvvetlerinin ya da diğer kamu kuruluşlarının görüşlerini yansıtmaz.

T.C.
KARA HARP OKULU
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEDARİK VE LOJİSTİK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI



ENTEĞRE LOJİSTİK DESTEK SÜRECİNDE LOJİSTİK DESTEK
ANALİZİ İÇİN MODEL ÖNERİSİ VE UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan

Mustafa GÜNEŞ

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr.İs.Alb. Hakan Soner APLAK

ANKARA – 2016

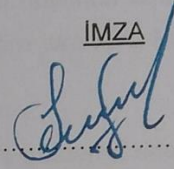
BU SAYFA BOŞ BIRAKILMIŞTIR

SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

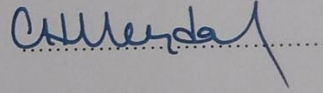
Mustafa GÜNEŞ'in "Entegre Lojistik Destek Sürecinde Lojistik Destek Analizi için Model Önerisi ve Uygulaması" konulu tez çalışması, jürimiz tarafından Tedarik ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği / çokluğu ile kabul edilmiştir.

İMZA

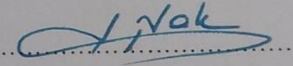
Başkan : Prof. Dr. Serpil EROL



Üye : Doç.Dr. Cem Harun MEYDAN



Danışman : Yrd.Doç.Dr. Hakan Soner APLAK



ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

07 / 06 / 2016


Önder Haluk TEKBAS
Prof.Dr.Müh. Alb
Enstitü Müdürü



BU SAYFA BOŞ BIRAKILMIŞTIR

TEŞEKKÜR

Öncelikle mensubu olduğum ve bana yüksek lisans yapma imkânını sunan Türk Silahlı Kuvvetleri'ne ve O'nun ayrılmaz bir parçası olan Kara Kuvvetleri Komutanlığı'na Őukranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Çalışmalarım esnasında değerli zamanlarını bana ayıran ve bu tezin ortaya çıkmasında desteğini esirgemeyen, tecrübeleri ile bana yol gösteren tez danışmanım Yrd.Doç.Dr.İs.Alb. Hakan Soner APLAK'a, gerek ders gerekse tez aşamasında bana rehberlik eden Doç.Dr.Müh.Yb. Özkan BALI'ye ve tez aşaması boyunca tarafıma her türlü desteği gösteren başta Bkm.Yzb. Erdem ANAÇ olmak üzere tüm K.K. ELD Őube personeline teőekkürlerimi sunarım.

Son olarak, eğitimim süresince bana hep destek veren, anlayış gösteren sevgili eşim Sinem GÜNEŞ'e, çok teşekkür ederim.

BU SAYFA BOŞ BIRAKILMIŞTIR

ETİK BEYANI

Akademik ahlak ve etik kuralları çerçevesinde Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na bağlı kalarak hazırladığım özgün bir çalışma olan tezimi sunar, bu kurallar uyarınca verileri elde ettiğimi, yararlanılan kaynaklara atıfta bulunduğumu, atıflarımı kaynaklarda gösterdiğimi ve sonuçları belirtilen kurallardan ayrılmadan sunduğumu onurumla beyan eder bu çalışmanın yalnızca bireysel görüşlerimi yansıtmakta olduğunu, Türk Silahlı Kuvvetleri, Kara Harp Okulu ve Savunma Bilimleri Enstitüsü'nün görüş, konum ve strateji ya da fikirlerini yansıtmadığını bildiririm.

Mustafa GÜNEŞ



BU SAYFA BOŞ BIRAKILMIŞTIR

T.C.
KARA HARP OKULU
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEDARİK VE LOJİSTİK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
ANKARA 2016

ENTEĞRE LOJİSTİK DESTEK SÜRECİNDE LOJİSTİK DESTEK ANALİZİ İÇİN
MODEL ÖNERİSİ VE UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa GÜNEŞ

ÖZET

Günümüzde lojistik destek maliyetlerinin sistemlerin tedarik maliyetlerinden yüksek olduğu kabul edilmektedir. Firmalar veya kurumlar artan lojistik destek maliyetlerini kontrol altına alabilmek için farklı yaklaşımlar kullanmaktadır. Bu kapsamda literatürde uzun yıllardır yer alan ve olgunluğa ulaşmış yaklaşımlardan biri entegre lojistik destek yaklaşımıdır. Bu çalışma ile Entegre Lojistik Destek (ELD) sürecinin nasıl işletilebileceği ve bu süreçte etkili olan Lojistik Destek Analizinin (LDA) nasıl uygulanabileceği anlatılmaktadır. Geçmişten bugüne sisteminin nasıl bir gelişim geçirdiği incelenmekte ve mevcut uygulanan standartların kuvvetli ve zayıf yönlerinden yola çıkılarak Entegre Lojistik Destek Süreci modeli sunulmaktadır. Bu sürecin en önemli yapı taşı olan Lojistik Destek Analizinin uygulamasının nasıl yapılabileceği çalışmanın diğer temel dayanak noktasıdır.

Bu çalışmada ELD'nin tanımlanması ve tarihsel gelişimi açıklandıktan sonra, literatür çalışması ile ELD'nin gelişimi incelenmiştir. Halen kullanılmakta olan ELD standartları tanımlanıp karşılaştırılmıştır. ELD'nin elemanları açıklanmış müteakiben LDA analizi adımları açıklanmıştır. LDA süreçlerinin uygulanmasına yönelik yekpare bir örnek ortaya konulmuştur. Yapılan çalışma neticesinde ELD sürecinde uygulanan analizlerin standartlara göre farklılıklar içermekte olduğu görülmüştür. Son olarak

yapılan uygulama ile ELD bir senaryo dahilinde anlatılmıştır. Literatürde genellikle LDA sürecinin belirli kısımları alınarak örnekler ve problemlerin ortaya konulduğu uygulamalara rastlanmaktadır. Bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran önemli özelliklerden biri de bu tümevarım yaklaşımıdır.

Çalışmanın uygulama kısmına satın alınacak ürünün seçilmesi ile başlamıştır. Bu kısımda ELD elemanları hesaplamalara dahil edilerek, beş firma arasında ömür devri maliyeti en uygun olan ürün seçilmiştir. Uygulamanın ikinci bölümü itibariyle seçilen firmanın ELD ekibine dahil olunarak, isterler dahilinde ürün tasarlanmaya başlanmış ve LDA süreci uygulanmıştır. Bu kısımda öncelikle ürünün tasarlanmış RAM (güvenilirlik, hazır bulunuşluluk ve idame edilebilirlik) değeri hesaplanmıştır. Konfigürasyon yönetiminin ardından ürüne FMECA (Arıza modları etkileri ve kritiklik analizi) uygulanarak muhtemel arızaları ve bu arızaların değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu analizle birlikte LORA (bakım seviyeleri analizi) uygulanmış, bu arızalar sonucunda arızalı parça için, tamir veya elden çıkarma kararlarından hangisinin daha uygun olduğuna ve bu işlemlerin hangi bakım seviyesinde yapılması gerektiğine karar verilmiştir. Sonuç olarak sistemin tüm arızalarına karşı tüm gereksinimler bir tablo haline getirilmiş ve önleyici bakım için, yedek parça, personel, zaman hesaplamaları yapılmıştır.

Bu kapsamda araştırmanın birinci bölümünde: Entegre Lojistik Destek kavramı açıklanarak, Entegre Lojistik Destek elemanları, tarihçesi, hedefleri ve süreci hakkında bilgi verilmiş olup, dünyada ve Türkiye’de ELD uygulamalarına değinilmiş; araştırmanın ikinci bölümünde: konuyla ilgili literatür araştırmasına yer verilmiş; araştırmanın üçüncü bölümünde, ELD standartları karşılaştırılmış ve ELD modeli ortaya konulmuş; araştırmanın dördüncü bölümünde: LDA süreci, ilgili analizleri açıklanmış, ve örnek bir senaryo üzerinde ELD modeli uygulanmış, süreç ve planlama açıklanarak, tartışılmış; araştırmanın son bölümünde ise elde edilen veriler ışığında sistemin fayda ve zararları değerlendirilmiş, ileriki çalışmalara yön verebilecek hususlara değinilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Entegre Lojistik Destek, Lojistik Destek Analizi, Ram Analizi, Hata Modları Kritiklik Analizi, Bakım Seviyeleri ve Görevleri Analizi

Tez Danışmanı :Yrd.Doç.Dr.İs.Alb. Hakan Soner ALPAK

Sayfa Sayısı :125

T.C.
TURKISH MILITARY ACADEMY
DEFENSE SCIENCE INSTITUTE
DEPARTMENT OF SUPPLY AND LOGISTICS MANAGEMENT

ANKARA 2016

**A PROPOSAL AND APPLICATION FOR LOGISTIC SUPPORT ANALYSIS IN
INTEGRATED LOGISTIC SUPPORT PROCESS**

MASTER'S THESIS

Mustafa GÜNEŞ

ABSTRACT

Recently it is accepted that costs of logistics support is higher than supply costs of the systems. Companies or institutions have been using different approaches to take increasing costs of logistic support under control. In this regard, one of the approaches which have taken place in the literature and become conventional is integrated logistics approach. With this study, it is described that how the Integrated Logistic Support (ILS) process can be performed and how Logistic Support Analysis (LSA) which have been very effective in this process can be applied. The system is reviewed with regard to its development from the past to present and Integrated Logistic Support Process model is presented by looking at strengths and weaknesses of the existing standards applied. How to perform the most significant building block of this process, Logistic Support Analysis is another fundamental basis of the study.

After defining ILS and describing its historical development in this article, development of ILS is analyzed with literature study. Current ILS standards are defined and compared. Elements of are defined and then steps of LSA analysis are defined. Then a integral example towards application of LSA processes is put forward. In consequence of the study performed, it is seen that analyses performed in ILS process have differences. Last performed application and ILS are explained with a scenario. In

the literature applications in which examples and problems are set forth by taking certain parts of the LSA process are come across in general. Another important aspect that distinguishes this study from the other studies is this complete approach.

Application part of the study has been started with the selection of the product to be purchased. In this part, by including ILS elements in calculations, the product with the most appropriate life cycle cost has been selected among five companies. As of the second part of the Application, ILS team of the selected company has been joined to and the product has been started to be designed within requests and LSA process has been performed. Firstly, designed RAM value of the product has been calculated in this part. failures determined and these failures are evaluated by performing a FMECA analysis on the product after the configuration management. LORA has been applied with this analysis and in consequence of these failures, it is decided that whether repair or disposition is more appropriate for the defective component and on which level the maintenance is to be performed. As a result, all requirements against all failures of the system have been tabulated and spare parts, personnel; timing calculations are done for the preventive maintenance.

Within this scope in the first section of the research: Integrated Logistic Support concept and Integrated Logistic Support elements are defined and information about the process is given and the applications are mentioned; in the second section, related literature; in the third section: related ILS standarts explained and compared; in the fourth section; LSA process are defined, and ILS system is applied via a scenario and results are obtained, in the last section, in the light of the obtained data, benefits and disadvantages are discussed, and matters that can guide the further studies are emphasized.

Keywords :Integrated Logistic Support, Logistic Support Analysis, Ram Analysis, Fault Mode Criticality Analysis, Maintenance Level and Task Analysis

Advisor : Asst. Prof. Dr. Eng.Col Hakan Soner APLAK

Number of Pages : 125

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ETİK BEYANI.....	iii
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELER.....	xi
ŞEKİLLER.....	xiii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK.....	5
2.1. ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK KAVRAMI.....	5
2.2. ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK ELEMANLARI.....	8
2.2.1. Tasarıma Etki (Tasarım Ara Yüzü).....	9
2.2.2. Bakım.....	9
2.2.3. İnsan Gücü ve Personel.....	14
2.2.4. Paketleme, Taşıma, Depolama ve Ulaştırma.....	14
2.2.5. İkmal Desteği.....	16
2.2.6. Destek teçhizatı.....	16
2.2.7. Teknik Veri ve Dokümantasyon.....	17
2.2.8. Eğitim ve Eğitim Desteği.....	18
2.2.9. Tesis ve Altyapılar.....	18
2.2.10. Bilgisayar Kaynakları.....	19
2.2.11. Sürdürülebilirlik Mühendisliği.....	19
2.2.12. Ürün Destek Yönetimi.....	19
2.3. ELD YÖNETİMİ.....	20
2.4. ENTEGRE LOJİSTİK DESTEĞİN TARİHÇESİ.....	20
2.4.1. Dünyada Entegre Lojistik Destek Uygulamaları.....	21
2.4.2. Türkiye'de Entegre Lojistik Destek Uygulamaları.....	22
3. LİTERATÜR TARAMASI.....	25
4. ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK STANDARTLARI VE ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK MODELİ.....	31
4.1. İLGİLİ STANDARLAR.....	31
4.1.1. 1388-1A/2B Serisi (Military Standard Logistic Support Analysis).....	31
4.1.2. DEF STAN 00-60 (Integrated Logistic Support Requirements For Mod Projects).....	35

4.1.3. SX000i Serisi (International Guide For The Use Of The S-Series Of Integrated logistics Support (ILS) Specifications).....	35
4.1.4. PLCS, (Product Life Cycle Support) Ürün Yaşam Döngüsü Destek Standardı (ISO-10303-239):.....	38
4.1.5. ATA Spec 2000 Chapter 11	39
4.2. STANDARTLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	39
4.2.1. Standartların Genel Olarak Karşılaştırılması.....	39
4.2.2. SWOT Analizi.....	41
4.2.3. Değerlendirme.....	47
5. LOJİSTİK DESTEK ANALİZİ (LDA) ve UYGULAMASI	49
5.1. LOJİSTİK DESTEK ANALİZLERİNİN AÇIKLANMASI.....	49
5.1.1. Tasarıma Etki	49
5.1.1.1. RAM Analizleri	52
5.1.2. Arıza Modu Etkileri Ve Kritiklik Analizi (FMEA/FMECA)	59
5.1.3. Tamir Seviyeleri Analizi (LORA)	67
5.1.4. Önleyici Bakımın Geliştirilmesi	74
5.1.5. Bakım Görev Analizi (MTA)	80
5.1.6. Ömür Devri Maliyet Analizi (ÖDM).....	88
5.2.1. Jenerik Senaryo	91
5.2.2. Uygulama.....	93
5.2.2.1. Ömür Devri Analizi:	93
5.2.2.2. LDA süreci.....	100
5.2.3. Tartışma	113
6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	117
KAYNAKÇA	119
EKLER LİSTESİ	125

ÇİZELGELER

Çizelge-1 Dünyada Uygulanan Lojistik Destek Projeleri.....	22
Çizelge-2 Türkiye’de Savunma Sanayine Yönelik Entegre Lojistik Destek Projeleri ..	24
Çizelge-3 Mil-Std-1388 ELD Programı	32
Çizelge-4 Mil-Std-1388/2A	33
Çizelge-5 Standartların Genel Karşılaştırma Tablosu.....	40
Çizelge-6 SWOT Analizi Karşılaştırma Tablosu	44
Çizelge-7 Mil. Std. 1388 1A/2B Standardı SWOT Analizi	45
Çizelge-8 Standartların SWOT Analizi İle Genel Olarak Karşılaştırılması.....	46
Çizelge-9 LDA Adaylarının belirlenmesi	59
Çizelge-10 FMECA Örnek Tablo.....	61
Çizelge-11 FMECA’nın Tasarım ve Bakım Etkilerinin Belirlenmesi	62
Çizelge-12 Arıza Tespit Olasılığı.....	64
Çizelge-13 Arıza Olma Olasılığı.....	64
Çizelge-14 Arıza Sonuçları	66
Çizelge-15 Risk Matrisi	66
Çizelge-16 Risk Öncelik Numarasının (RPN) Düzeltilmesi	67
Çizelge-17 Hesaplanabilecek Maliyet Elemanları.....	72
Çizelge-18 Bakım Görevlerinin Uyumlanması	80
Çizelge-19 Olası Bakım Senaryoları	82
Çizelge-20 Bakım Görev Modülü	84
Çizelge-21 Görev Gereksinimlerinin Hesaplanması Örneği.....	86
Çizelge-22 Kriterler Açıklamalar ve Firma Değerleri.....	93
Çizelge-23 Güvenilirliğin 2 Yıllık Garanti Süresince Azalması	96
Çizelge-24 Bakımlar Arası Ortalama Süreye Göre (MTBF) Her Yıl Yapılması Gereken Bakım Adedi	96
Çizelge-25 A Firması Ömür Devri Maliyet Hesaplaması.....	97
Çizelge-26 Firmaların Karşılaştırılma Sonuçları	98
Çizelge-27 Güvenilirlik Hesaplaması.....	103
Çizelge-28 Güvenilirliğin Tekrar Hesaplanması	104
Çizelge-29 Ürünün Analizlere Dahil Edilip Edilmeyeceğine Karar Verilmesi (LDA Adayı Seçilmesi).....	105
Çizelge-30 FMECA-1	106
Çizelge-31 FMECA -2	106
Çizelge-32 Ürün Arızalarının Risk Matrisi.....	108
Çizelge-33 Ürüne LORA Uygulaması.....	109
Çizelge-34 234 Numaralı Bakım Görevinin Alt Görevleri	112
Çizelge-35 234 Numaralı Bakım Görevinin Gereksinimleri.....	112
Çizelge-36 Ürünün Tüm Önleyici Bakım Görev Gereksinimlerinin Hesaplanması	114

BU SAYFA BOŞ BIRAKILMIŞTIR

ŞEKİLLER

Şekil-1 Ömür Devri Maliyeti	5
Şekil-2 Maliyet Dengesi	6
Şekil-3 Entegre Lojistik Destek Elemanları	8
Şekil-4 ELD Tarihsel Gelişimi	21
Şekil-5 Türkiye'de Savunma Sanayinin Tarihsel Gelişimi	23
Şekil-6 Entegre Lojistik Desteğin Amaçları	23
Şekil-7 Def 00.600 LDA Süreci	35
Şekil-8 SX000i LDA Genel Süreci.....	36
Şekil-9 SWOT Analizi Faktörleri	43
Şekil-10 Entegre Lojistik Destek Modeli.....	48
Şekil-11 Fonksiyonel Kırılım	50
Şekil-12 Fiziksel Kırılım	51
Şekil-13 Bakım ve Hazır Bulunuşluluk Durumu	53
Şekil-14- Hazır Olmama Durumları.....	53
Şekil-15 Güvenilirlik	56
Şekil-16 LDA Süreci Başlangıcı	58
Şekil-17 FMECA Aşamaları	61
Şekil-18 FMECA Akış Diyagramı	63
Şekil-19 LORA Uygulama Diyagramı	70
Şekil-20 Bir kere oluşan eşik değer	75
Şekil-21 Periyodik Aralıklar	75
Şekil-22 Kombine Yaklaşım	76
Şekil-23 Kombine Yaklaşım-2	76
Şekil-24 Önleyici Bakım Görevlerinin Gelişimi.....	77
Şekil-25 Bakım Görevlerinin Yerleştirilmesi	78
Şekil-26 Bakım Görevlerinin Gruplandırılması.....	79
Şekil-27 Bakım Görevlerinin Gruplandırılması-2	79
Şekil-28 Bakım Görevlerinin Kaynakları	81
Şekil-29 Bakım Süreci Gösterimi	88
Şekil-30 Ömür Devri Maliyetleri.....	89
Şekil-31 LDA Analizinin ÖDM ile Birlikte Gösterimi.....	90
Şekil-32 Mayın Detektörü Kullanımı	91
Şekil-33 Ürün Maliyet Karşılaştırması	99
Şekil-34 Detektör Parça ve Elemanları	100
Şekil-35 Ürün Kırılımı.....	101
Şekil-36 Güvenilirlik Dağılımı.....	102
Şekil-37 Güvenilirliğin Geliştirilmesi.....	104
Şekil-38 Önleyici Bakım Görevlerinin Planlanması	111
Şekil-39 234 Numaralı Bakım Görevi Süreci.....	113

BU SAYFA BOŞ BIRAKILMIŞTIR

KISALTMALAR LİSTESİ

A:	Hazır Bulunuşluluk
ALDT:	İdari ve lojistik gecikme süresi
A.G.:	Alt Görev
AOR:	Yıllık görev gereksinimi
ATA:	Air Transport Association of America
CRD:	Müşteri gereksinim dokümanı
DEF-STD.:	Savunma Standardı
DTE:	Destek ve Test Ekipmanı
e:	Üssel Dağılım
ELD:	Entegre Lojistik Destek
EYP:	EI Yapımı Patlayıcı
FMECA:	Hata Modları ve Kritiklik Analizi
FMR:	Hata Modu Oranı
IETM:	İnteraktif Elektronik Teknik El Kitapları
L:	Çalışma Maliyeti
LDA:	Lojistik Destek Analizi
LORA:	Tamir Seviyeleri Analizi
M:	İdame Edilebilirlik
MIL-STD.:	Askeri Standart
MTA:	Bakım Görevleri Analizi
MTBF:	Arızalar Arası Ortalama Süre
MTTR:	Ortalama Tamir Süresi
N:	Önceden değerlendirilmiş kabul seviyesi
OT:	Yıllık İşletim Süresi
ÖDM:	Ömür Devir Maliyeti
ORD:	Görev gereksinim dokümanı
P:	Yeni yedek parça maliyeti
PMTR:	Önleyici Bakım Görevi Gereksinimleri
R:	Güvenilirlik
RAM+T+S:	Güvenilirlik, Hazır Bulunuşluluk, İdame Edilebilirlik, Test edilebilirlik, Güvenlik
ST:	Yıllık hazırda bekleme süresi
t:	Süre
T:	Test Edilebilirlik
TCM:	Toplam düzeltici bakım süresi

TF:	Görev sıklığı
TPM:	Toplam önleyici bakım süresi
TSK:	Türk Silahlı Kuvvetleri
TSKGV:	Türk Silahlı Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı
TSM:	Toplam Sahiplik Maliyeti
TYM:	Tüm Yaşam Maliyeti
λ :	Hata Oranı



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Devletler güvenliklerini garanti altına almak maksadıyla silahlı kuvvetlere ihtiyaç duyarlar. Bu ihtiyaçlar ülkenin jeopolitik durumu, komşu ülkeleriyle ilişkileri, milli gelirleri ve iç ve dış tehditlerine göre şekillenir. Dünyada yaşanmakta olan teknolojik gelişmeler ve ekonomik sıkıntılar neticesinde; savunma sistemlerinin maliyetleri artmakta ve devlet bütçeleri kısıtlanmak zorunda kalmaktadır. Bu yüzden devletler varlıklarını sürdürebilmek için olmazsa olmazları olan savunma harcamalarını buna paralel olarak çok daha etkin kullanmaya gayret göstermektedirler.

Bu kapsamda sistemlerin ihtiyacın tespitinden itibaren, tasarlanması, tedariki, işletme idame ve elden çıkarılması da dahil olmak üzere tüm ömür devrinin taraflarla birlikte ve isteklerine yönelik olarak yönetilmesine ihtiyaç vardır. Ayrıca bu yöntemin açık, takip edilebilen, bilişim alt yapısının olması gerekir. Dünya literatüründe bu amaca yönelik yaklaşık son 50-60 yıldır gelişim içerisinde olan Entegre Lojistik Destek (ELD) sistemleri mevcuttur.

ELD, bir sistemin, önceden belirlenmiş standartlar ve hedeflere ulaşabilmesi için, daha ihtiyacın oluşması veya tasarımının yapılmaya başlanmasından itibaren, elden çıkarma aşaması da dahil olmak üzere tüm ömür devri boyunca, ihtiyaç sahibi ile, üreticiyi ve destekleyiciyi bir araya getiren, tarafların ortak dili konuşmalarını ve mümkün olduğunca birbirlerine yakınlaşmalarını sağlayan ve bu sayede optimal şekilde performans, maliyet vb. hedeflere ulaşmayı mümkün kılan tümleşik ve sürekli kendini güncelleyen ve denetleyen bir lojistik yaklaşımıdır.

ELD'nin hemen hemen tüm analizlerinin yapıldığı, ömür devri ve maliyetinin irdelendiği ve tasarımın ortaya konulduğu en önemli kısmı Lojistik Destek Analizi (LDA) bölümüdür. Tüm LDA yaklaşımının sistemlere tamamen veya bölüm bölüm uygulanma ihtimali vardır. Bu sistem sayesinde henüz tasarım aşamasında ürüne müdahalede bulunulabilir, tüm sistemin ömrü boyunca izlenebilir, kontrol edilebilir, gerekirse geri dönüşlerle düzeltilebilir olması amaçlanmaktadır.

Problemin Tanımı: Sistemlerin ömür devri boyunca maliyetlerine bakıldığında, sistemin tedarikinden çok, işletme ve idame faaliyetlerinin daha maliyetli olduğu görülmektedir. Savunma sanayi alanında geliştirilen projelerin ilk alım maliyetlerinin

yanında, görevlerini yerine getirebilmeleri, ömür devri boyunca desteklenebilir ve kullanılabilir olmaları ve işletme ve idame maliyetlerinin de etkin olması oldukça önemli konudur ve çalışmanın sorunsalını oluşturmaktadır. Ayrıca hizmet/ürün alan ve hizmet/ürün üreten tarafların birbirleriyle ortak dili konuşuyor, ortak amaç için çabalyor olmaları entegre lojistik destek sisteminin hedeflerine ulaşmaları için zaruridir. Bu kapsamda gereksinimleri karşılayan bir Entegre Lojistik Destek modelinin oluşturulup, uygulamasının gösterimine ihtiyaç vardır

Çalışmanın amacı: ELD'yi güncel olarak uygulayan tarafların, uygulamakta olduğu standartları karşılaştırmak ve bu standartlardan genel tarafından kabul görmüş uygulama alanlarını değerlendirerek ortak bir model ortaya koymaktır. Bu çalışma halen güncel olarak uygulanmakta olan ELD sürecinin, ömür devrine katkılarını değerlendirmek ve Türk Silahlı Kuvvetlerine (TSK) uygulanabilirliğini, uygulama ve örnekler göstermek maksadıyla yapılmaktadır.

Araştırmanın Tasarımı: Çalışmada ilgili standartlardan bahsedilerek, karşılaştırmalar yapılmakta, güncel ve faydalı bir ELD modeli ortaya konulmaktadır. Bu çalışma ile Entegre Lojistik Destek (ELD) sürecinin nasıl işletilebileceği ve bu süreçte etkili olan Lojistik Destek Analizinin (LDA) nasıl uygulanabileceği anlatılmaktadır. Çalışmanın tasarımı içerisinde LDA analizi içerisinde yer alan önemli analizler ile ömür devri maliyet karşılaştırması yapılmaktadır.

Araştırmanın Önemi: Araştırma geçmişten bugüne sistemin nasıl bir gelişim geçirdiği incelenmekte ve mevcut uygulanan standartların kuvvetli ve zayıf yönlerinden yola çıkılarak Entegre Lojistik Destek Süreci açıklanmaktadır. Bu araştırmanın temel dayanak noktalarından biridir. Bu sürecin en önemli yapı taşı olan Lojistik Destek Analizinin nasıl yapılabileceği çalışmanın diğer temel dayanak noktasıdır. Her iki konu da ELD için önemli olmakla beraber, bu konuların birlikte anlatılması ve bütüncül olarak uygulanması son derece önemlidir.

Araştırmanın Kapsamı: Halen birçok ülke ve şirket tarafından kullanılmakta olan farklı ELD uygulamaları ve standartları olmakla beraber, bu standartların geneli benzer uygulamaları içermektedir. Araştırmanın tüm ELD standartlarını ve uygulamalarını anlatması, yazımda fazla yer tutacağından kapsam bakımından pek mümkün olmamıştır. Bu yüzden ELD standartlarından önemli olduğunu değerlendirilen örnekler

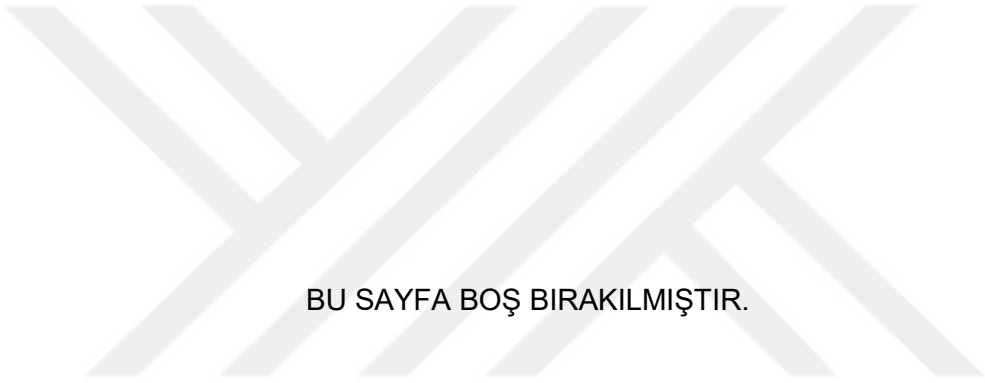
alınmış, aynı zamanda LDA içerisinde sürece en çok etki eden analizler kapsama dahil edilmiştir.

Çalışmanın Literatüre Katkısı ve Orijinalitesi: Araştırma tüm ELD sistemin bütüncül olarak göstermekte olup bu yönüyle hem diğer çalışmalarda ayrılmakta, hem de literatüre katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Diğer yandan da güncel standartların uygulamalarını içermesiyle de diğer çalışmalardan farklıdır.

TSK'ya Katkısı: Araştırma literatürde halen güncelliğini koruyan ELD standartları ile genel kabul gören ELD uygulamalarını içermektedir. Gerek standartların bilinmesi, gerekse bu standartların artı ve eksilerinin karşılaştırılarak ortaya örnek bir uygulama konulması, TSK için oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca bu çalışmanın KKK açısından profesyonel anlamda yeni kullanım alanı bulan ELD sistemini, tanıtması ve uygulamasını göstermesi bakımından, uygulayıcı personel için faydalı bir çalışma olduğu değerlendirilmektedir.

Çalışmanın Diğer Bölümleri:

- Bu kapsamda araştırmanın birinci bölümünde: Entegre Lojistik Destek kavramı açıklanarak, Entegre Lojistik Destek elemanları, tarihçesi, hedefleri ve süreci hakkında bilgi verilmiş olup, dünyada ve Türkiye'de ELD uygulamalarına değinilmiştir.
 - Araştırmanın ikinci bölümünde: konuyla ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir.
 - Araştırmanın üçüncü bölümünde, ELD standartları karşılaştırılmış ve ELD modeli ortaya konulmuştur,
 - Araştırmanın dördüncü bölümünde: LDA süreci, ilgili analizleri açıklanmış, ve örnek bir senaryo üzerinde ELD sistemi uygulanmış, süreç ve planlama açıklanarak, tartışılmıştır,
 - Araştırmanın son bölümünde ise elde edilen veriler ışığında sistemin fayda ve zararları değerlendirilmiş, ileriki çalışmalara yön verebilecek hususlara değinilmiştir.



BU SAYFA BOŞ BIRAKILMIŞTIR.

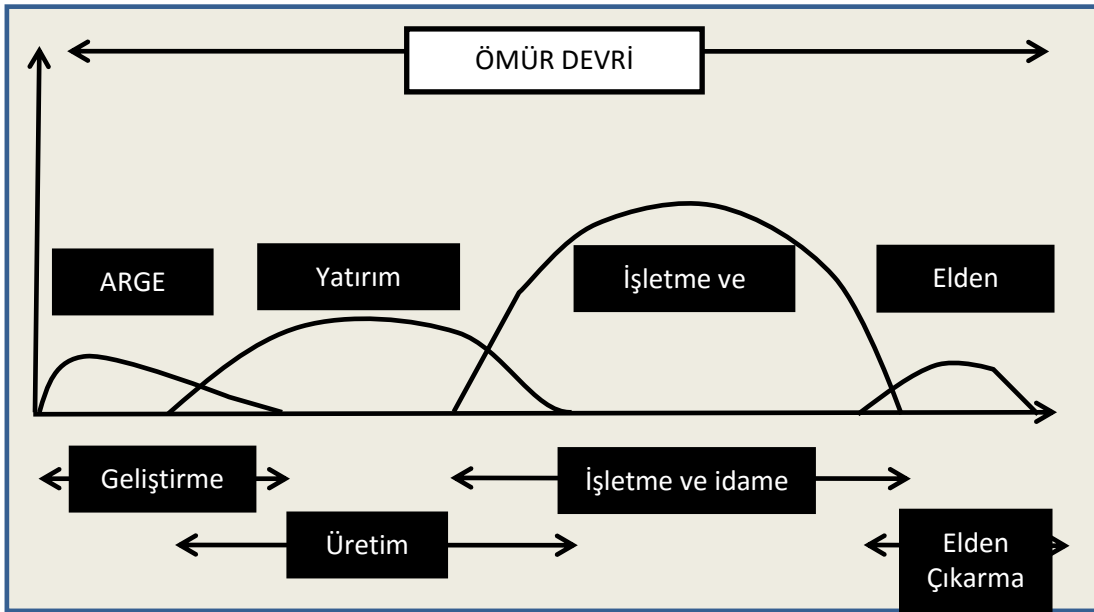
İKİNCİ BÖLÜM

ENTEĞRE LOJİSTİK DESTEK

2.1. ENTEĞRE LOJİSTİK DESTEK KAVRAMI

Savunma sanayinde ürünler genellikle sistem olarak düşünülür, tasarlanır ve hayata geçirilirler. Çünkü sistemi oluşturan her bir öge, ortaklaşa oluşturulan hedefe ulaşabilmek için etkileşim halindedirler ve birbirlerini tamamlarlar. Sistemleri oluşturan öğeler içerisinde yazılım, donanım, parça, kullanıcı, süreç, bilgi, teknik yöntemler, tesis ve hizmetler ile diğer destek unsurları bulunabilir. Sistem kapsamına hem görevi yerine getiren ürün hem de bu görevin yerine getirilmesinde kullanılan diğer yardımcı, destek vb. tüm ürün ve ekipmanlar da dahil edilerek, bir bütün halinde ele alınır (Baktır, 2009).

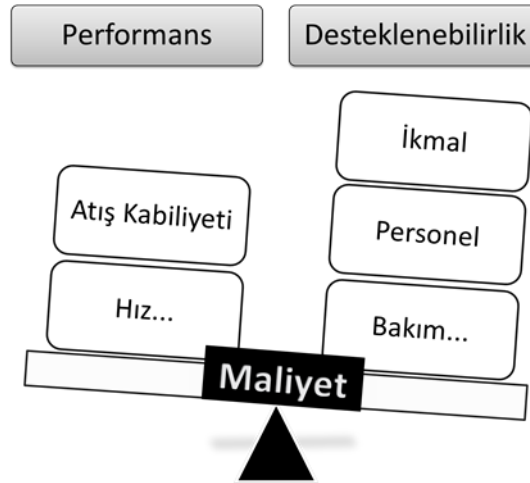
Sistemlerin ömür devri dağılımı incelendiğinde, yaklaşık %85'lik bölümünün işletim ve idame (destek) faaliyetlerinin oluşturduğu ve buradaki maliyetlerin büyük bir bölümünün desteklenebilirlik için gereken harcamalardan oluştuğu görülmektedir. Dolayısı ile günümüzdeki savunma sanayi projelerinde, sistemlerin 30-40 yıl süresince kullanılmasından doğacak olan maliyetlerin (Şekil-1) ELD çalışmaları ile düşürülmesi amaçlanmaktadır (Keşli, 2009).



Şekil-1 Ömür Devri Maliyeti

Ürünlerin veya sistemlerin ömür devri ihtiyaçların tespiti, kavramsal tasarımın yapılması, tasarım ve geliştirme safhası, üretim, kurulum, işletme idame ve bakım ile elden çıkarma gibi safhalardan oluştuğu görülmektedir. Bu safhaların farklı adlarda anıldığı veya birleştirilerek ARGE ve üretim, hizmet safhası gibi adlandırılarak tek safha olarak kullanıldığı çalışmalar literatürde mevcuttur. Özellikle birçok kaynakta işletme idame maliyetlerinin en az yatırım/ tedarik maliyeti kadar önemli olduğu ve birçok projede tedarik maliyetini geçtiği görülmektedir. Genel olarak ürünün Ömür Devri Maliyetinin (ÖDM) gösterimi, oranları değişse de Şekil-1'deki gibi gösterilmektedir.

Sistemin etkinliğini, ürünün çok iyi seviyede üretilmesinin yanında, bakım, işletme, destekleme gibi hususlar da belirler. Bu anlamda çok büyük çapta verinin analizini ve yönetimini gerektirmektedir. Bu verilerin doğru şekilde elde edilebilmesi için iyi alt yüklenicilerin ve kullanıcıların bulunması, tüm tarafların dahil olduğu tasarım, planlama, üretim, satın alma, kalite gibi faaliyetlerin eş güdümlü yerine getirilmesi gerekmektedir. Sistemlerin 30-40 yıl süresince (bazı sistemler için bu süre 100 yılı bulabilir) kullanılacağı değerlendirildiğinde, sistemin performans isteklerinin yanında desteklenebilirlik, lojistik destek konularına da yeterince ağırlık verilmeli ve istekler doğru şekilde belirlenerek projeye aktarılmalıdır. Bu kapsamda ELD, günümüzde hemen hemen tüm büyük askeri tedarik projelerinde uygulanan, uluslararası kabul görmüş bir analiz metodolojisi ve yönetim sürecidir (Bakıryol, 2009). Bu metodoloji; maliyet, performans ve desteklenebilirlik arasındaki optimum dengeyi (Şekil-2) sağlamayı amaçlamaktadır.



Şekil-2 Maliyet Dengesi

Lojistik destek, sistemin ömür devri boyunca, sisteme ilişkin desteğin tanımlanması, tasarlanması, geliştirilmesi, üretilmesi, temin edilmesi, konuşlandırılması, işletilmesi, idamesi, kullanımdan kaldırılması faaliyetlerini planlayan

ve bu faaliyetlerin uygulanmasını sağlayan tüm faaliyetleri belirli bir metot içinde uygulayan bir süreçtir. Benzer şekilde de ELD, bir materyalin veya sistemin, ömür devri boyunca gerekli lojistik destek ihtiyaçlarını ve bu ihtiyaçların maliyet etkinliklerini, henüz sistem tasarlanmadan veya tedarik edilmeden önce planlandığı ve bunların tasarıma yansıtıldığı, sistemin alternatifleri arasında karşılaştırıldığı, destek faaliyetlerinin kullanıma girmeden efektif şekilde planlandığı ve tüm bu faaliyetleri belirli bir sistem dahilinde ortaya koyan, uygulayan, kontrol eden yönetim fonksiyonudur (Demir, 2012).

Askeri anlamda bakıldığında DoD 5000.39'a göre ELD teknik aktivite ve yönetim için bütünleştirilmiş bir yaklaşım olup içeriğinde tasarımı etkilemek ve destek hedeflerini oluşturmak bulunmaktadır (Ovacıklı, 2009). TSK açısında da performans, destek ve maliyet parametrelerinin arasında optimal dengeyi sağlayacak, envanterde bulunan veya tedarik edilen "Ana muharebe silah ve araçlarını" barış ve savaş dönemlerinde maliyet etkin şekilde destekleyen topyekûn lojistik yaklaşımıdır (Demir, 2012).

ELD istekleri, ihtiyacın tespitinden itibaren dikkate alınmalı ve projenin özelliğine uygun istekler, ihtiyaç sahibi tarafından ve ilgili analizler sonucu belirlenmelidir. Kullanıcının aktif olarak katılmadığı ELD süreçleri eksik kalacağı değerlendirilmektedir. Gereksiz olarak istenen ya da net olarak tanımlanmayan isteklerin ciddi maliyetler doğurabileceği unutulmamalıdır. Bir sistemin kullanılabilmesi için desteklenmesi gerektiği akıldan çıkartılmamalıdır. Bu desteğin kalite ve maliyeti, konsept aşamasından itibaren başlayan ELD yaklaşımına bağlıdır (Bakıryol, 2009).

Savunma sanayindeki projelerinde, ELD uygulamaları açısından aşağıdaki hususlar önem arz etmektedir:

- Kullanıcı ihtiyaçlarının iyi analiz edilmesi: İhtiyaçların iyi tanımlanmamasından dolayı net olarak tanımlanmayan ihtiyaçlar, belirsizlikler doğurmaktadır. Bu da risk ve dolayısıyla ilave maliyet meydana getirmektedir.
- Kullanıcı, kullanım ve bakım konseptini net bir şekilde belirlenmesi: Kullanım ve bakım konsepti, ELD destek analizlerinin temelini oluşturur. Ürünün görev süresi, sistem çalışma süreleri, çevre ve depolama şartları, bakım seviyesi ve süreleri yetenekleri gibi veriler desteklenebilirlik açısından çok önemlidir.
- Alt yüklenici ve tedarikçi verilerinin yeterlilik düzeyi: Destek analizlerine yönelik, üreticilerden çok miktarda teknik ve lojistik veri alınması gerekir. Birçok firma, ELD konusuna yabancı olup, küçük ölçekli projelerde işbirliğine pek yanaşmamaktadır.

▪ Projeye uygun ELD isteri belirlenmesi: ELD isteri mutlaka projeye özgü olmalıdır. Örnek olarak, entegrasyon/ hazır alım projelerinin ELD isteri ile tasarım ve geliştirme projesinin ELD isteri aynı olmamalıdır.

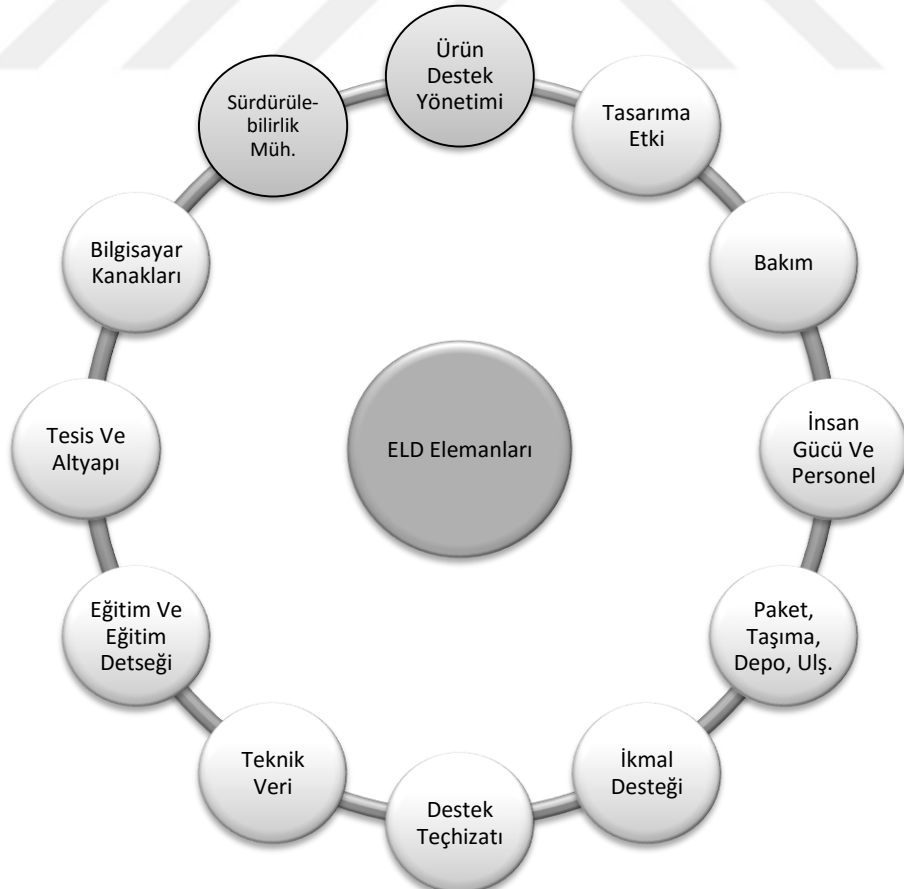
▪ Analizlerin projeye özgü olması: Sistem üzerindeki tüm sistem/cihazlar için aynı analizlerin uygulanması istenmesi, uygulama imkânı ve maliyet açısından ciddi olumsuzluk yaratmaktadır.

▪ Kullanıcı ve tedarikçilerin destek vermesi: Kullanıcının elindeki veriler, standartlar, personel tecrübesi, bakım kabiliyetleri, veri altyapısı gibi bilgiler, etkin şekilde destek altyapısı oluşturmak için oldukça önemlidir.

▪ İsterlerinin maliyet ve etkinliğinin dikkate alınması: Sözleşmelerde bazen tek bir cümle veya kelime ile geçilen ister, yüksek maliyeti veya idame edilebilirlik sorunları meydana getirebilir. Örneğin, tüm dokümanların Türkçe olmasının istenmesi, 50.000 sayfalık gemi doküman hacmi için 1 milyon TL maliyet oluşturabilmekte ve etkin ve idame edilebilir olmamaktadır (Bakıryol, 2009).

2.2. ENTEGRE LOJİSTİK DESTEK ELEMANLARI

ELD'nin genel olarak ilgilendiği ve tek tek ve koordineli şekilde her birinin yönetildiği elemanları Şekil-3'te gösterilmiştir (SX000i ve Def 00.600):



Şekil-3 Entegre Lojistik Destek Elemanları

ELD elemanlarının yukarıdaki gösterilen açık renkli elemanları, genel olarak kabul edilen elemanlardır. Bu elemanlar birçok çalışmada ortak olarak alınmış ve açıklanmıştır. Yukarıda ayrıca koyu renkle gösterilen elemanlar bazı standartlarda yer almazken, bazı standartlarda proje yönetimi, planlama, sistem mühendisliği gibi farklı isimlerle yer alabilmektedir ((Mil-Std-13881A/2B, 1983), (SX000i, 2015), (Alp-10, 2011),(Manual, 2002)). Bazı standartlarda ise bu elementlerin bölündüğüne rastlanılabilir (Def-00.600, 2011). Örneğin tasarıma etki elemanının içeriği, konfigürasyon, ömür devri, elden çıkarma, RAM analizi vb. şeklinde ayrı elemanlar olarak gösterildiği çalışmalar bulunmaktadır. Çalışmanın müteakip bölümünde ELD elemanlarına yönelik açıklamalar yapılmaktadır.

2.2.1. Tasarıma Etki (Tasarım Ara Yüzü)

Tasarım ara yüzü sistem mühendisliği ile lojistik arasında etkileşim sağlamaktadır. Böylelikle tasarım parametrelerinin lojistik üzerine ve lojistik ihtiyaçlarının tasarım üzerine etkisi ortaya çıkmaktadır. Tasarım ara yüzünün parametreleri aşağıdadır. Kaynaklarda bu elementin çalışmanın aşamasına göre RAM, RAMS veya RAM+T+S olarak göre kısaltıldığı ve farklı adlandırılabilirdiği görülmektedir. (Def-00.600, 2011). Tasarımın temel taşlarını oluşturan bu analizler, diğer ELD elemanları ile etkileşim halindedir ve ihtiyaç duyuldukça sürekli olarak tekrarlanmaktadır (Veske, 2016).

- Güvenilirlik (R)
- Hazır bulunurluk (A)
- İdame edilebilirlik (M)
- Desteklenebilirlik (S)
- Konfigürasyon yönetimi
- Sistem güvenliği (S)
- Test edilebilirlik (T)

2.2.2. Bakım

Bakım, bir sistemin belirlenen seviyede çalışmasını devam ettirmek veya sistemi tekrar bu seviyeye geri getirmek için gerekli her türlü işlemi kapsayan lojistik bir faaliyettir. Sistemin asgari ömür devri maliyeti ile ihtiyaç duyulduğunda kullanıma hazır olması ve hedeflenen kullanılabilirlik seviyelerini yakalaması için yapılması gerekenleri ve destek ihtiyaçlarını tanımlamak olarak da adlandırılabilir. (Demir, 2012)

Bakım planı LDA sonucunda sistem ve ekipman seviyesinde hazırlanır ve tedarik safhasında destek elemanlarının tedariki, seçilmesi ve geliştirilmesi için temel oluşturur. Ömür devri yönetimi için temel olacak şekilde ürün ömrü boyunca bakım programını güncellemek için kullanılır. ELD programındaki birçok analitik veya mühendislik çalışmaları bakım planına ulaşmak amacı ile gerçekleştirilir. Bu kapsamda ELD içerisinde: bakım seviyeleri tanımlanmakta, bu seviyelerde yapılacak işlevler belirlenmekte, hangi durumda tamir edilen veya değiştirilme kararının verileceği ve bu kararın hangi seviyede yetkilendirileceği gibi hususlar tanımlanmakta ve her bakım faaliyetinin standardı oluşturularak, bu faaliyetlere bağlı olarak gerekli olan ihtiyaçlar belirtilmektedir

Bakım planı lojistik destek gereksinimlerinin ve tüm bakım faaliyetlerinin birleştirilmiş ve detaylı tanımlanmış şeklindedir. Bakımı yapabilmek için lojistik destek elemanlarına ihtiyaç vardır. Bakım kavramının içerisinde ELD ile ilgili şu konulara değinilmelidir (Demir, 2012).

- Bakım seviyeleri belirtilmeli ve tanımlanmalıdır.
- Her bir bakım seviyesinde tamamlanacak işlevler belirtilmeli ve yeri belirlenmelidir.
- Sistemde bulunan tamir edilebilir modüllerin onarımı, sökülmesi ve yenisi ile değiştirilmesi veya elden çıkartılması kararının verilmesi ile ilgili onarım prensipleri ve tasarım kriterleri, uygulanacak olan her bir bakım seviyesi için tanımlanmalıdır.
- Uygulanacak her bir bakım seviyesinin toplam süre parametreleri belirtilmelidir.
- Depolama noktaları ve her bir bakım seviyesi yerleri arasındaki gerçek sipariş süreleri ve sevkiyat sürelerine dayalı olarak tedarik süresi maddeler halinde belirtilmelidir.
- Her bir bakım seviyesi için destek ve test donanımı gereksinimi değerlendirilmeli ve tanımlanmalıdır.

Bakım konusundan askeri anlamda önemli tanımlamaların başında bakım felsefesi ve bakım konsepti gelmektedir. Bakım felsefesi askeri anlamda silahlı kuvvetler adına kuvvetlerinin ve kurumlarının kabiliyetlerine göre kendi unsurları için belirledikleri bakım hedeflerinin belirlenmesidir. Örneğin Deniz Kuvvetleri için tüm tersanelerinde bakım hizmeti verilebilir olması, ya da kuvvet içerisinde farklı kullanıcılar tarafından kullanılan aynı sistemlerin bakım faaliyetlerinin ortak yürütülmesi gibi hususlar olabilmektedir. Bakım konsepti içinde bakım seviyeleri, bakım politikaları,

organizasyon sorumlulukları, bakım destek elemanları, gereksinim etkinlikleri ve çevresel koşullar yer almaktadır. Örnek bir bakım konsepti :“Organizasyon seviyesinde bakım görevleri; hatlı parça ve bileşenlerin plansız sökme ve değiştirmelerini ve bu parçaların planlı bakımlarının destek ekipmanları olmadan basit bir şekilde yapılmasını içerebilir. Ara seviye bakımda elektronik, elektromekanik vb. parçaların onarımını ve hatalı bileşenlerinin değiştirilmelerini içerebilir. Depo seviyesi bakımda ise genel bakım ve parçaların üretimini kapsayabilir. Bu işlemler destek ekipmanlarının maksimum kullanılması ile yerine getirilmelidir” (Veske, 2016) şeklinde tanımlanabilmektedir. Bakım kavramı ile bileşenleri ve seviyelerini farklı tanımlayan birçok çalışma ile karşılaşılmaktadır. Her kullanıcı ya da firma ürününe ve diğer etkenlere göre uygun bakım faaliyetlerini seçmekte ve bu kapsamda bakım seviyelerini oluşturmaktadır.

Günümüzde maliyetlerin etkin bir şekilde desteklenmesi, yeni bakım yönetimi yaklaşımlarının kullanımını zorunlu kılmış, bu kapsamda arızaların oluşmasından sonra düzeltici işlemi öneren “Reaktif Bakım” yerine “Proaktif Bakım” yaklaşımı modern bakım uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır. Bu konseptin türev yaklaşımları da kısa zamanda kendisini göstermiş ve “Prognostic Health Management” (Kestirimci Bakım Yönetimi), “On-Condition Maintenance” (Koşula Dayalı Bakım), “Condition Monitoring” (Koşul İzleme), “Predictive Maintenance” (Öngörüsül/kestirimci Bakım), “Preventive Maintenance” (Önleyici Bakım), “Reliability- Centered Maintenance” (Güvenilirlik Odaklı Bakım) gibi tekniklerle değişen dünyanın bakım alanındaki beklentilerine çözümler bulunmaya çalışılmıştır. (Özmert, 2013).

2.2.2.1. Bakım Seviyeleri

Bakım işlemi, coğrafi yer, personel, tesis ve teçhizatların türleri, gerçekleştirilen bakım türleri gibi nedenlerden dolayı seviyelere ayrılmıştır. Bu kapsamda ülkeler, firma veya kurumlar farklı bakım seviyelerini uygularken, bazen aynı anda senaryolara bağlı olarak farklı bakım seviyelerini de uygulayabilmektedirler. Genelde literatürde 2-3-5 seviyeli bakım seviyeleri ile karşılaşılmaktadır. Türk Silahlı Kuvvetler bünyesinde üç seviyeli hiyerarşik bir altyapıyı kullanır. Bakım işleminin üç seviyesi; organizasyon (Kullanıcı) seviyesi, ara seviye (Birlik seviyesi) ve depo seviyesi (Fabrika-firma seviyesi) olarak adlandırılır.

Organizasyon seviyesi bakımı sistem operatörleri ile günlük bakım personelini kapsar. Bu seviyede ürün ve parçalarının onarımı için sınırlı bir kapasite bulunmaktadır. Bu nedenle arızalı parçalarının mümkünse arıza tespitleri yapılarak üst seviyeye gönderilirler. Gerekirse bu aşamada arızalı parçanın tespitinin yanında, sökülmesi,

basit düzeltme gibi işlemler yapılabilir. Periyodik bakımlar ile sınırlı şekilde onarım yapılması da bu seviyede tanımlanabilir.

Ara seviye bakım, bakım merkezleri, servis merkezleri, dağıtım merkezleri veya mobil bakım ekipleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu seviyede düzeltici bakım içerisinde genellikle önemli bileşen ve montaj parçalarının sökülmesi ve yenisiyle değiştirilmesini veya bu parçaların onarılmasını kapsar. İlgili sistemin planlı bakım için ayrıştırılması ve yeniden kurulmasını da bu seviyede tamamlanabilir.

Depo seviyesi bakım, en üst seviyedeki bakım seviyesidir ve üretim noktasında veya yetkili bir onarım tesisinde gerçekleştirilir. Depo seviyesinde uzman personel, gerekli teçhizat ile tesis imkânları organizasyon ve ara bakım seviyeleri göre daha fazladır. Bakımın depo seviyesinde komple sistemin onarımı, sistemin yeniden tesisi gibi oldukça karmaşık bakım görevlerini gerçekleştirilebilir.

2.2.2.2. Bakım Çeşitleri:

Bakım genel olarak kendi içerisinde uygulama nedenlerine göre düzeltici ve önleyici bakım olarak ayrılabilir.

Düzeltilici bakım, bir onarım işlemidir. Bakım işleminin bu unsuru, sistemin tesadüfi olarak arızalı çalışması sonucu yerine getirilmesi gereken ve önceden programlanmamış bakım faaliyetlerinin hepsini kapsamaktadır. Düzeltilici bakım döneminde yapılan faaliyetlerin sırası, arızanın tespit edilmesi ve belgelenmesini, arızanın yerinin belirlenmesini ve diğerlerinden ayrılmasını, arızalı parçaların demonte edilmesi ve sökülmesini, yeniden monte edilmesi ve kontrol edilmesini kapsamaktadır. Onarım işlemi içerisinde, şüphelenilen bir bileşenin test ve değerlendirmesinde herhangi bir arızanın gerçekte hiçbir zaman meydana gelmediği; arıza sinyalinin hatalı tanı, veya operatörün gösterge veya sinyalleri yanlış yorumlaması sonucu yanlışlıkla verilmiş olduğu ihtimalleri de göz önüne alınmalıdır.

Önleyici bakım, bir sistemin belirtilen bir başarı seviyesinde çalışmaya devam etmesini sağlamak için gerçekleştirilen programlanmış her türlü bakım faaliyetlerini kapsamaktadır. Önleyici veya programlanmış bakım düzenli aralıklarla yapılan tetkikler, sistem veya şartların incelenmesi, önemli bileşenlerin düzenli aralıklarla sökülmesi ve yenisi ile değiştirilmesi, kalibrasyon işlemleri, dışarıda rutin bakımının yaptırılması, yağlanması ve temizlenmesi gibi işlemleri kapsamaktadır.

2.2.2.3. Bakımın Tasarıma Etkileri

Bir sistemin tasarım özellikleri, bileşenlerinin tamir edilebilir olup olamaması ile yakından alakalıdır ve bu kapsamda parçaların üç şekilde ifade edilmesi mümkündür:

- Tamir edilemez parça: genellikle modüler birleştirme veya yenisi ile değiştirme masrafı nispeten düşük olan ve arıza meydana geldiğinde elden çıkarılacak olan parçadır

- Kısmen tamir edilebilir parça: bu parçalar bütünün bazı bileşenleri sökmek, yenisi ile değiştirmek veya elden çıkarmak üzere kullanılır ve yaygın olarak tamir edilebilir parça yönetim işlemleri kapsamında işleme alınır.

- Tamamıyla tamir edilebilir parça: Bir veya birden fazla bakım seviyesinde tamamıyla tamir edilebilen parçalardır. Bu maksatla özel amaçlı tesisat, destek ve test donanımı, uzmanlık alanları, teknik verilere yatırım yapılmasını ve ayrıca yedek parça ve tamir parçalarının envanterde desteklenmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu kapsamda ürünün arızalanması durumunda bu parçaların tamir mi edileceğine, ya da elden mi çıkarılacağına karar verilmesi gerekir.

➤ Tamir Etme ve Elden Çıkarmayı Destekleyen Faktörler

Bir sistemin modüler bir bileşeninin tamir edilmesi veya atılması kararının alınması ekonomik ve ekonomik olmayan değerlendirmelere göre yapılır. Genellikle nihai karar her iki tür kriterin de elden çıkarma analizi yapılarak alınmaktadır. Bu konu LDA' da LORA analizi içerisinde uygulamalı olarak gösterilmekte olup ilerleyen bölümde uygulamalı olarak anlatılmaktadır.

➤ Tamir edilmesini destekleyen faktörler:

- Ekonomik kriterler,
- Envanter,
- Nakil,
- Ekonomik olmayan kriterler,
- Güvenilirlik veri tabanı,
- Piyasa uyumluluğu,
- Ağırlık,
- Hacim.

➤ Elden çıkarılmasını destekleyen faktörler:

- Ekonomik kriterler,
- Tasarım,
- Mühendislik,
- Birim üretim fiyatı,

- Ekonomik olmayan kriterler,
- Modifikasyon.
- Uzmanlık,
- Tesisler.

Tamamıyla veya kısmen tamir edilebilir bileşenler için üç tane bakım seçeneği bulunmaktadır. Bunlar;

- Tamir,
- Bir sonraki yüksek bakım seviyesine gönderme,
- Kullanılamaz durumdaki parça için ilgili kriterlere göre kullanılamaz kararının

verilmesi ve elden çıkarılmasıdır (Demir, 2012).

2.2.3. İnsan Gücü ve Personel

İnsanların fizyolojisinin gereği, bazı konularda sınırlı yeteneklere sahiptir. Tasarım aşamasında bu yüzden kullanıcı personeli özellikleri kesinlikle hesaba katılmalıdır. Bu hesaplama içerisinde kullanıcı personeli antropolojik özellikleri, ergonomi gibi birçok bilimsel alan hesaplamalara dahil edilmektedir (bu konu bazı çalışmalarda tasarıma etki içerisinde de gösterilebilir). Örneğin bakım yapan bir personelin, bir parçayı sökmesi esnasında araç içinde uzanacağı bölgelerin hesaplanması ya da bakım personelinin daha ne kadar süreyle ağır bir parçayı havada tutacağı gibi hesaplamaların yapılarak, analize dahil edilmesi gerekmektedir.

Bunun yanında bu eleman içerisinde personel ihtiyacı, personelde hangi özelliklerin görev için gerekli olduğu, bu personelin ne zaman temin edileceği gibi hususlara da değinilmektedir. Ayrıca diğer bir önemli faktör de emniyettir. Faaliyetlerin emniyetli şekilde sürdürülebilmesi için personele yönelik alınacak tedbirleri bu eleman ile anlatılmaktadır. Bu kapsamda eğitim, insan gücü ve personel kavramları kullanılır. İnsan gücü: Bir insan grubunun sayı ölçüsüdür. Personel ise, belirli aktiviteleri gerçekleştirmek için eğitilmiş, kalifiye insanları kapsar. Eğitim, bilgi, uzmanlık, kabiliyet artırıcı bilgi sağlama işidir denilebilir.

Bu elemanın amacı sistem performansını en yüksek düzeyde tutarken, diğer insan performansı ve güvenilirliği konularındaki düzeyi mümkün olan en üst düzeyde tutmaktır.

2.2.4. Paketleme, Taşıma, Depolama ve Ulaştırma

Paketleme, taşıma, depolama ve taşıma işlevleri, askeri ve ticari piyasa sektörlerinde kritik roller oynamaktadır. Askeri eşyalar; en kötü iklim şartlarına ve

malzeme muamele özelliklerinin etki ve şok seviyelerine dayanacak şekilde ve bölgelere taşınmalarda beklenmedik durum ve işlemlere maruz kalabileceği göz önünde bulundurularak paketlenmeli, taşınmalı, depolanmalı ve ulaştırılmalıdır.

• **Paketleme:** Ticari ambalajlama (paketleme) için belirleyici faktörler, maliyetin en aza indirilmesi ve ürün karlılığıdır. Ancak konu askeri ambalajlama olduğunda ürünün korunması diğer faktörlerden çok daha önce gelmektedir. Ürün ambalajlama işleminin amaçları aşağıdaki şekilde sayılabilir:

- Koruma
- Etiketleme ve Tanıtma
- Satış Tanıtımı
- Tüketici Güvenliği
- Depolanabilirlik
- Taşınabilirlik
- Çevre Faktörleri
- Tüketici ile İletişim

• **Taşıma:** Malzemelerin yüklenmesi, boşaltılması ve etkin biçimde akışını sağlayarak lojistik sürecin verimliliğini arttırmayı amaçlamaktadır. Lojistik planlamacısı olan personel, malzeme yükleme ve boşaltma teknolojisine bağlı olarak genelde aşağıdaki hususları göz önünde bulundurmaktadır:

- Yükleme ve boşaltma faaliyeti en aza indirilmelidir.
- Yükleme ve boşaltma mesafesi mümkün olduğunca kısa olmalıdır.
- Malzemelerin yönleri, yerleşim planı izin verdiği imkânda aynı seviyede olmalıdır.
- Malzemeler bir kere hareket neticesinde, mümkün olduğunca uzağa taşınmalıdır.
- Mümkün olduğu sürece malzemelerin yüklenmesi ve boşaltılması için uygun olan mekanik ve otomatik araçlar kullanılmalıdır.
- Yükleme ve boşaltma ekipmanı, standart olmalıdır.

• **Depolama:** Üretim faaliyetlerini desteklemek, bitmiş ürünler ve değiştirme için kullanılan bileşenleri hazırda bulundurmak, stokların ikmalini sağlamak üzere kullanılmaktadır. Depolama işlemi için, yer seçimi, depo tasarımı, depolama teçhizatı seçimi vb. konular tüm ikmal sistemi üzerinde oldukça önemlidir ve analiz edilmesi gereken konulardır. Depo bulundurup bulundurmamak dahi bu anlamda bir karar olabilir. Diğer firmaların imkânlarını kullanmak, yeteneklerin birleştirilmesi ile çapraz sevkiyat gibi kararlar da bu alanda kullanılabilir.

• **Ulaştırma:** Bir üretim tesisi açısından, malzemenin kaynaklardan üretim yerlerine ve bu yerlerden piyasa merkezlerine, ya da tersine yapılan iletilim işidir. Bu alanda çeşitli ulaştırma modları (kara, deniz, hava, demiryolu, boru hattı) tek başlarına ya da kombine şekilde kullanılabilir. Bu çalışmaların da ayrıca hesaplanarak analiz edilmesi önemli bir husustur.

2.2.5. İkmal Desteği

Sistemin yedek parça stoklarını, depolama, kataloglama, dağıtım, tahsis, başlangıç yedekleri ve müteakip yedekler ile ilgili ihtiyaçlarının tespit ve temin edilmesidir. Ayrıca sistemin desteklemesi için gerekli malzemeyi tanımlayan, doküman eden, tedarik eden, yöneten ve kontrol eden lojistik teknik disiplindir. İkmal desteği gereksinimleri, lojistik destek analizi sürecinde belirlenir. Bu kapsamda oluşturulacak plan, gereksinimleri açıklar ve sistem ömür devri boyunca sistemin hem ilk ara destek ve hem de uzun dönem desteği için yedek/onarım parçalarının, envanterin ve tüketilir malzemenin konuşlandırılması (parça tanımlanması, kataloglama, kaynak kodlaması (NATO Kodlandırması birçok projede kullanılan bir kodlama yöntemidir), temini ve satın alımının metot/prosedürlerini içermektedir. Ana hatları ile plan aşağıdaki maddeleri içermektedir:

- Her bakım seviyesi için yedek/onarım parçaları ve tüketilir malzeme listesi,
- Görev merkezli malzemeler, test ve destek malzemelerini ve tüketilebilir malzemenin tedariki plan,
- Tedarikçi gereksinimleri,
- Sistemin bakım ve desteğine yönelik, depo, ilk kataloglama ve stoklama, envanter kontrolü, tesis gereksinimleri.

2.2.6. Destek teçhizatı

Sistemlerin işletilmesinde, bakımında ve ömür devri içerisindeki diğer faaliyetlerinde gerek duyulan ekipmanların temini olarak ifade edilebilir. Diğer bir deyişle, Destek ve Test Ekipmanı (DTE): sistem tasarım mimarisinin entegre bir parçası olamayan, sistemleri işletmek veya desteklemek için gerekli herhangi bir ekipmandır. İçerisinde kontrol ve ölçüm araçları, araç teçhizatı, araç setleri, yer destek ekipmanları, hava yer ekipmanı, bakım destek ekipmanı, genel amaçlı elektronik test ekipmanı, özel amaçlı elektronik test ekipmanı, otomatik test ekipmanı, fabrika test ekipmanı, malzeme taşıma ekipmanı, seyyar ve yerleşik destek ve test ekipmanları sayılabilmektedir.

Destek ve test donanımlarının amacı sistemin tasarlanan idame edilebilirlik parametrelerinin uygun maliyetli bir şekilde desteklenmesidir. Bu teçhizat sistemin bazen olmazsa olmazdır, bazen de birkaç personelin yapabileceği bir işi tek başına hızlı bir şekilde yapabilmektedir. Bu sebeple personeli ile destek teçhizatı karşılaştırılmalı ve benzer durumlarda hangi hangisinin seçmenin daha etkin olduğu değerlendirilmelidir. Destek ve test donanımları bakımın her üç bakım seviyesinde değerlendirilmelidir. Bu kapsamda önemli hususlardan bazıları aşağıda verilmiştir (Demir, 2012).

- Standart donanım varsa yeni tasarım donanım dikkate alınmamalıdır.
- Destek ve test donanımları, ana sistemle uyumlu olmalıdır.
- Seçilen destek ve test donanımlarının güvenilirlik ve idame edilebilirlik özellikleri esas donanımın güvenilirlik ve idame edilebilirlik özelliklerine denk olmalıdır.
- Bakım görevleri, yedek parça, personel, eğitim ihtiyacı, teknik veriler ile tesisler göz önüne alınarak destek ve test donanımlarının lojistik destek gereksinimleri tanımlanmalıdır.
- Test ve bakım için yazılım gereksinimleri net bir şekilde tanımlanmalıdır.
- Sistemin test noktaları kolay erişilebilir olmalıdır.
- Test noktaları uygun şekilde tanımlanmalı, etiketlenmelidir
- Bakım yazılımı, doğru verileri sağlayacak şekilde hazırlanmalıdır.

2.2.7. Teknik Veri ve Dokümantasyon

Sistemlerin tasarlanmasından elden çıkartılmasına kadar her an, kontrol altındadır ve kayıt altına alınırlar. Buradan elde edilen teknik veriler ile daha tasarımın ilk aşamasından itibaren ilgili tüm teknik dokümantasyon, olgunluk seviyesine göre kullanılmaya başlanmaktadır. Bu hususlar kullanıcı personele yönelik bir dokümanın hazırlanmasından, en üst seviye bakımın nasıl yapılacağına kadar olan tüm ihtiyaçları içerir. Bu verilerin doğru, açık, anlaşılır ve güncellenebilir olması oldukça önemlidir bu genelde gözden kaçan bir unsurdur. İçerisinde

- Yedek parça listeleri,
- Ulaştırma prosedürleri,
- Bakım, kalibrasyon kılavuzları,
- Teknik çizimler,
- Ayrıntılı parça listesi,
- Her seviye bakım prosedürleri,

- Ürün destekleme verileri,
- Yazılım dokümanları,
- Bu dokümanlara yönelik dijital çözümler bulunabilmektedir.

Teknik dokümantasyonun içeriği sağlanması gereken minimum bilgiyi sağlamalı, teknik olarak doğru, dilinin açık, anlaşılır ve okunaklı olmalıdır. Ayrıca formatı sunulabilir, organizasyona yönelik, kullanılabilir ve standart olmalıdır. Teknik dokümantasyon kâğıt ortamındaki kitaplar olabileceği gibi elektronik ortamdaki bilgileri, elektronik teknik el kitaplarını veya interaktif elektronik teknik el kitapları (IETM) da olabilir. Günümüz şartlarında içeriğin herkese anında ulaştırılması, güncelleme imkânı ve bazı gösterimlerin dijital olarak daha rahat gösterilmesi kullanıcıları bu şekilde dokümantasyona doğru yönlendirmektedir.

2.2.8. Eğitim ve Eğitim Desteği

Amaç, eğitim destek, uygulama ve stratejisinin tanımlanması ve kullanıcı, bakım ve destek personelinin eğitilmesini ömür devri boyunca optimal şekilde hazırlamaktır. Bu kapsamda LDA sonucunda eğitim ihtiyaç analizinin oluşturulmasıdır. Eğitim planı içerisinde süreçler, prosedürler, teknikler, eğitim malzemeleri, teçhizat, tesis, personel vb. hususları içermektedir.

Eğitim başlangıç ve idame eğitimi olarak iki basamağa ayrılabilir. Bir başka açıdan da: kullanıcı, bakım, lider ve eğitici eğitimi olarak sınıflandırılabilirler. Eğitim planı içerisinde eğitim metodu, materyali, eğitim desteği, tesis ve alt yapı ile teçhizat bulunmalıdır. Bakım planına yönelik bakım görevleri, gerekli beceri seviyeleri, ekipman eğitimleri, önceden alınması gereken eğitimle bilgisayar destekli eğitimler vb. hususlar ortaya konur ve eğitim planı hazırlanır. İçerisinde genellikle aşağıdaki eğitim içerikleri bulunmaktadır.

- Sistem kullanıcısının eğitimi
- Bakım personeli eğitimi
- Eğitim alanı, teçhizatı ve malzeme ihtiyacı,

2.2.9. Tesis ve Altyapılar

Bu elemanın içerisinde, sistemin ömür devri içerisinde sürekliliği ile desteklenebilirliğinin sağlanabilmesi için gerekli olan, depolama, bakım, işletme, idame, eğitim, test, görev, hizmet vb. tüm alanlara yönelik gerekli olan sabit veya mobil tesisler ile bu tesislerin işletilebilmesi için gerekli olan alt yapıdır. Bu ihtiyaçların tespit, elde

bulunmuyorsa temini uzun süreceğinden, tasarımın ilk aşamasından itibaren değerlendirmeye alınmalıdır. Tesisler farklı şekillerde sınıflandırılabilirler:

- Fonksiyon veya kullanım amacına göre tesisler: işletim, bakım, destek, eğitim, depo tesisleri
- Tipine göre tesisler: sürekli, seyyar, genel amaçlı, özel, ortak tesisler
- Özellik veya yapıya göre tesisler: Bina, seyyar barınak, rıhtım, çadır, iskele, alan, hazırlanmış zemin evi, gemi kompartımanı, uçak kompartımanı (temel, özel kabiliyetli, özel kurulu ekipmanlı tesisler)

Lojistik analizi alanına giren tesis türleri, üretim tesisleri, dağıtım merkezleri, hizmet merkezleri, stok depolama noktaları olarak sayılabilirler. Bu sayılanlara bakım tesislerini eklemek gerekmektedir.

2.2.10. Bilgisayar Kaynakları

Bu element, ilgili altyapı, tesis, donanımsal teçhizat, yazılım, doküman ve personeli tanımlamakta kullanılmaktadır. Günümüzde birçok faaliyetin bilgisayar kaynaklı olarak kullanıldığı değerlendirildiğinde, özellikle kullanılacak yazılımların doğruluğu, kontrolü gibi konular büyük önem arz etmektedir (Integrated Product Support Analysis and Software Tools, 2014). Bu kapsamda sistem desteğine yönelik yazılımları, bilgisayar dili, mevcut programlarla uyumluluk, yazılım konfigürasyon ve işletim prosedürleri, yazılım gereksinimlerini karşılayacak donanım ve özellikleri önem arz etmektedir.

2.2.11. Sürdürülebilirlik Mühendisliği

Ürünün veya sistemin kullanıldığı alanda mühendislik ve lojistik anlamda uygun olup olmadığını bu eleman kapsamında değerlendirir. Aynı zamanda ömür devrinin kontrolü ve yeniden değerlendirilmesin de olanak sağlamaktadır. Bu anlamda bu element ürünün kullanıldığı bölgede geri beslemeler sayesinde geliştirilmesi ile teknik durumunun takip ve kontrolünü kapsamaktadır.

2.2.12. Ürün Destek Yönetimi

Yapılan sözleşmeler neticesinde tarafların vardığı hazır bulunuşluluk ve maliyet değerlendirilerek ürünün demodelik planlaması yapılmaktadır. Bu kapsamda ELD sürecinin başından itibaren ürün destek aktiviteleri plana dahil edilirler. Böylelikle demodeliğin tanımlanması, planlanması ve uygulanması ve bu faaliyetlerin raporlanması amaçlanmaktadır.

2.3. ELD YÖNETİMİ

ELD'nin elemanları kadar ELD sürecinin nasıl yürütüleceği ile bu görevin nasıl paylaşılacağı da önemli birer husustur. Günümüz standartları kullanıcıyı nispeten standardı uygulamakta özgür bırakabilmektedir (SX000i, 2015)(Department of defense handbook, 1997) . Bu konu farklı standartlarda (SX000i, 2015)(Def-00.600, 2011) belirli bir kadro içerisinde oturtulmakla beraber, ilgili yönetim firmalara, ürüne ve senaryolara göre değişiklik gösterebilir. Ancak genellikle ELD için oluşturulan proje yönetimi takımı içerisinde yer alan ELD yöneticisinin görevleri şu şekilde sıralanabilir (Veske, 2016):

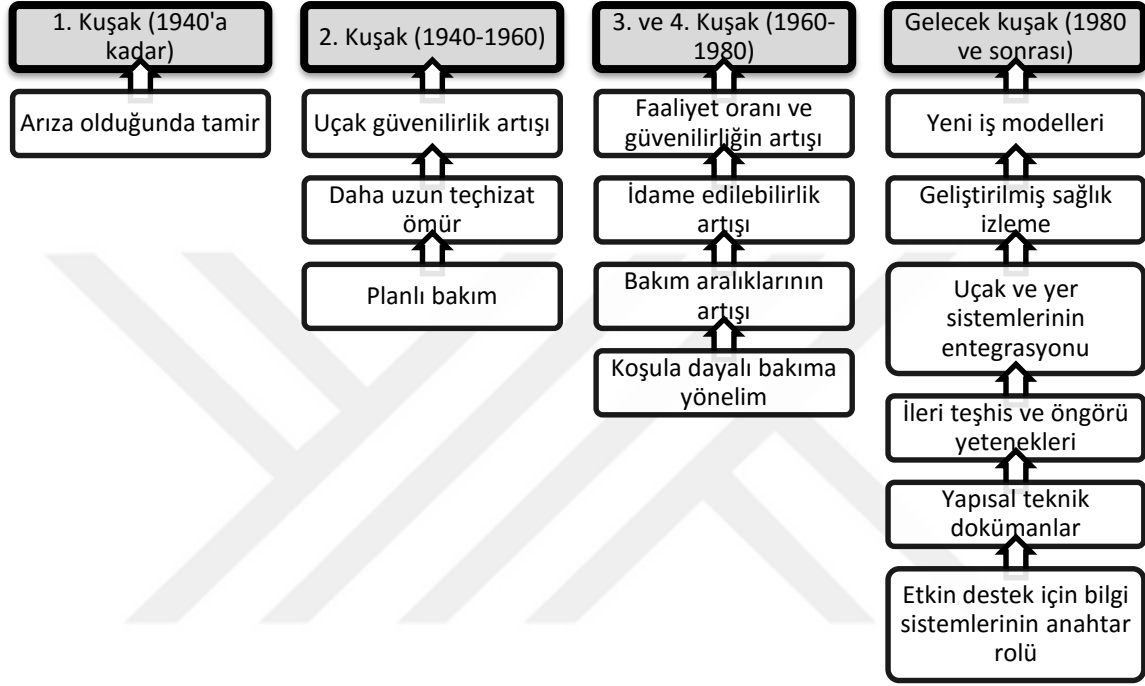
- ELD programının planlama ve yönetimi,
- Misyonuna göre sistemin destek gereksinimlerini belirleme,
- Kullanım çalışmasını hazırlama ve idame ettirme,
- ELD planını hazırlama ve idame ettirme,
- ELD planını uygulama,
- Lojistik kollar arası koordine sağlama,
- Lojistik eleman yöneticilerini yönlendirme,
- Alt yükleniciler ile görüşme,
- Problemleri çözme,
- Bütçeyi takip etme,
- İlerlemeyi takip etme,
- Üst yönetimi bilgilendirme.

2.4. ENTEGRE LOJİSTİK DESTEĞİN TARİHÇESİ

Lojistik desteğin öneminin kavranması 2. Dünya Savaşı ile fark edilmiştir. Özellikle sistemlerin performansı kadar lojistik desteklenebilirliğin de önemli olduğunun kavranması ile 1960'larda çalışmalar başlamış, 1960-1980 yılları arasında güvenilirlik ve idame edilebilirlik oranlarının artırılması yönünde faaliyetlere başlanmıştır (Özmert, 2013). 1980'lerde geliştirilen ELD yaklaşımı ve Lojistik Destek Analizi (LDA) ile uygulamalar ve metodoloji oluşturulmuş, uluslararası alanda da kabul gören analizler ve yöntemler ortaya konulmuştur. Bu yaklaşımların önde gelen standardı Mil-Std-1388-1A/2B denilebilir.

1980-2000'li yıllarda bakım sıklığının azaltılması, bakım maliyetlerinin azaltılması, koşullara dayalı bakımın yapılması gibi hususlar değerlendirilirken, 2000'den sonra yeni iş modelleri, emniyet ve kalitenin artırılması, çevreye ve kanunlara uyum, güvenilirlik takibi, sistemlerin entegrasyonu, gelişmiş arıza tespiti, filo

yönetimi gibi birçok faaliyeti kapsayan alanlarda gelişmeler olmuştur. Son yıllarda bilişim teknolojilerinde meydana gelen hızlı gelişim sayesinde, tüm sistemlerin entegrasyonu, anlık analizler ve kararlar, izlenebilirlik, ortak dili konuşabilme gibi konularda büyük adımlar atılmış ve gelişmeler hızla devam etmektedirler. Tarihsel bu gelişimin gösterimi Şekil-4'te (Özmert, 2013) gösterilmiştir.



Şekil-4 ELD Tarihsel Gelişimi (Özmert, 2013)

2.4.1. Dünyada Entegre Lojistik Destek Uygulamaları

Dünyadaki uygulamalara bakıldığında silahlı kuvvetlerin bakım faaliyetlerini endüstriye devrettiği sıklıkla görülmektedir. Bu sayede ekipmanların göreve hazır olma, güvenilirlik ve idame edilebilirlik değerlerinin artırılması ile düşük lojistik yanıtlanma sürelerine sahip olunabilmesi, envanter yönetiminin yüklenici tarafından yürütülerek envanter maliyetlerinin düşürülmesi, üretim için kurulan altyapının bakım maksadıyla kullanılması sağlanarak proje maliyetlerinin düşürülmesi amaçlanmaktadır. Konuyla ilgili dünyada savunma sanayinde yer alan örnek lojistik destek uygulamaları Çizelge-1'de (Karaağaç, 2013) gösterilmiştir.

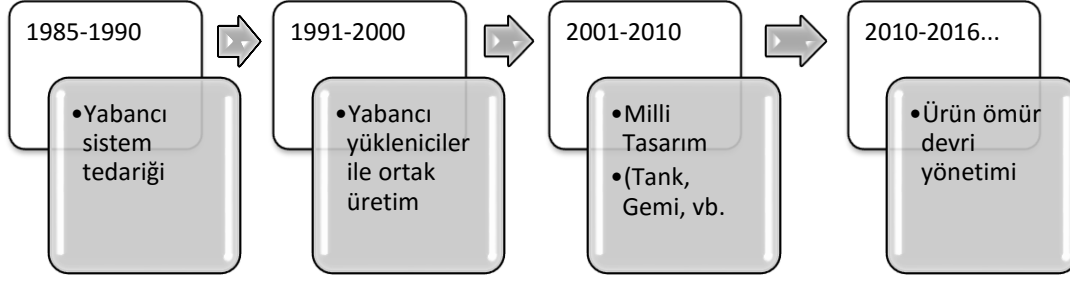
Çizelge-1 Dünyada Uygulanan Lojistik Destek Projeleri (Karağaç, 2013)

Hizmet Alan	Hizmet Veren	Sistem	Hizmet Süresi	Hizmet Yeri	Açıklama
ABD Kara K.	AAI Corps. ABD	Shadow	2003-	Irak Afganistan	PDL
ABD Deniz K.	Insitu ABD	Scan Eagle	2008-	Irak Afganistan	Leasing
Kanada Ordusu	MDA Kanada	Heron	2009-2011	Afganistan	Leasing
Almanya Hv. K.	Rheinmetall Almanya	Heron	2010-	Afganistan	Leasing
Avustralya Ordusu	MDA Kanada	Heron	2010-	Afganistan	Leasing
ABD Hv. K.	MRI ABD	Predator/ Reaper	2010-	Cibuti, Etiyopya	PDL
ABD Hv. K.	Battlespace F.S. ABD	Predator/ Reaper	2007-	Afganistan, ABD	Loj. Destek
Türk Hv. K.	TUSAŞ Türkiye	Heron	2011-	Türkiye	Loj. Destek
ABD Deniz P.	AAI Corps. ABD	Aerosonde	2012-	Afganistan	Leasing
İtalya Kara K.	SELEX İtalya	Falco	?-	İtalya, Afganistan	Loj. Destek

2.4.2. Türkiye’de Entegre Lojistik Destek Uygulamaları

Türkiye’nin ELD geçmişi 1980’lerin ortalarına denk gelmektedir. Şekil-4’te de gösterildiği gibi sistemlerin yabancı firmalardan alınması ile başlayan bu süreç, 1990-2000’li yıllarda ortak üretimin zemini oluşturmuş ve bu esnada yerli firmalar, kendi kabiliyetlerini arttırarak bu faaliyetleri kendi başlarına yapabilecek seviyeye gelmişlerdir. Aynı şekilde bu tecrübe ile 2000’li yıllardan itibaren yerli üretim ürün ve sistemlere geçilmiş ve bu alanda güzel örnekler verilmiş ve verilmeye devam edilmektedir. Halen bu süreçle birlikte ömür devri maliyeti ve performansa dayalı lojistik konularında çalışmalar yoğun şekilde yürütülmektedir.

Türkiye’de savunma sanayinde dışa bağımlı olmanın yol açtığı sıkıntılar neticesinde, bu alanda millileşme politikasının cumhuriyetin ilk yıllarından itibaren özel bir yeri olmuştur. Askeri fabrika, tersanelerin, uçak fabrikalarının devlet eliyle kurulması önemli gelişmelerdir. Ancak ikinci dünya savaşını müteakip yaşanan politik gelişmeler neticesi Türkiye bu kabiliyetini büyük ölçüde kaybetmiş, dışa bağımlılığı artmıştır. Buna karşın milli kaynağın oluşturulması amacıyla Türk Donanma Cemiyeti 1965 yılında, Türk Hava Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı 1970 yılında ve Türk Kara Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı 1974 yılında kurulmuştur. Kara, hava ve Deniz Kuvvetlerini Güçlendirme Vakıflarının birleşerek, 1987 yılında Türk Silahlı Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı (TSKGV) kurulmuştur. Türkiye’deki tarihsel gelişim Şekil-5’te gösterilmiştir. TSKGV tarafından ASELSAN (1975), ASPİLSAN (1981), HAVELSAN (1982), TAI (1984) ve ROKETSAN (1988) kurularak, gereksinimler yurt dışı kaynaklı hazır alım yerine, yurtiçi üretime dönük milli şirketlerce karşılanması, yönünde önemli adımlar atılmıştır.



Şekil-5 Türkiye'de Savunma Sanayinin Tarihsel Gelişimi

Milli savunma sanayi alt yapısının oluşturulması, politikaların üretilmesi, sorumluluk geliştirilmesine yönelik, 1985 yılında ve 3238 sayılı kanun ile Savunma Sanayi Müsteşarlığı (SSM) kurulmuştur. 2000'li yılların başı itibariyle ortak üretim projelerine geçilmiş, alt yapının tesisi ile ihtiyaçların yurt içinden karşılanması oranlarında büyük artışlar sağlanmış, bu oran 2010'lu yıllar itibariyle %52 seviyelerine çıkmıştır. Bu kapsamda SSM'nin ELD'ye yönelik amaçları Şekil-6'da gösterilmektedir (Erel, 2011).



Şekil-6 Entegre Lojistik Desteğin Amaçları (Erel, 2011)

Ülkemizde savunma sistemlerinin tedariki ve lojistik desteği sağlanması hususunda ulusal bir tedarik lojistiği yaklaşımı geliştirilmesi ve savunma programlarının planlanmasında bu yaklaşıma göre hareket edilmesi ihtiyacı vardır. Öncelikle, savunma sistemlerinin bütçelenebilir görevsel etkinliğinin artırılabilmesi için savunma sistemi etkinliğinin en üst düzeye çıkarılması amacı ile ömür devri maliyetinin en az seviyeye indirilmesi amacı arasında, optimizasyon sağlayacak bir bilimsel çalışma ortamının oluşturulması gerekmektedir. Buna ek olarak, savunma sanayinde sürdürülebilirliği ve rekabetçiliği sağlayacak olan yurt içi firmalarımızın tasarım, üretim ve lojistik destek sağlama kabiliyetlerinin geliştirilmesi, araştırma kurumları ile yerli sanayi alt yapısının güçlendirilmesi, savunma sistemi etkinliğinin teknoloji ve lojistik destek unsurlarına

dayandırılması, yurt içi teknolojik imkân ve kabiliyetlerin artırılması ve yeni teknolojilerin üretilmesi hususlarının da tedarik safhasının ilk aşamalarından itibaren savunma programlarına/projelerine dahil edilmesi gerekmektedir (Erel, 2013). Bu kapsamda hale ülkemizin savunma sanayinde uygulanan bazı ELD projeleri Çizelge-2'de gösterilmiştir. Bu projeler içerisinde uygulanmakta olan ELD içerikleri, firmalara, projelere, isterlere, standartlara göre değişim gösterebilmektedir.

**Çizelge-2 Türkiye’de Savunma Sanayine Yönelik Entegre Lojistik Destek
Projeleri (Erel, 2013)**

1.	Taarruz Taktik Keşif Helikopteri (ATAK),
2.	Türk Başlangıç ve Temel Eğitim Uçağı (HÜRKUŞ),
3.	Muharebe Tankı (ALTAY),
4.	Seyyar Yüzücü Hücum Köprüsü,
5.	Denizaltı Savunma Harbi ve Keşif Karakol Gemisi (MİLGEM),
6.	Sahil Güvenlik Arama Kurtarma Gemisi,
7.	Mayına Karşı Korunmalı Araç (KİRPİ),
8.	Deniz Karakol ve Sahil Güvenlik Keşif Karakol Uçakları Platformu (MELTEM-1)
9.	Deniz Karakol ve Sahil Güvenlik Uçakları Görev Ekipmanları.(MELTEM-2),
10.	Deniz Gözetleme Kabiliyetli Deniz Karakol Uçağı (MELTEM-3),
11.	Barış Kartalı (HİK uçakları),
12.	Özgün Türk İnsansız Hava Aracı (ANKA),
13.	Taktik İnsansız Hava Araçları (İHA),
14.	Kaideye Monteli Stinger (KMS),
15.	Kundağı Motorlu Namlulu Alçak İrtifa Hava Savunma Silah Sistemi,
16.	Uzun Ufuk Yer Sistemleri,
17.	Sahil Gözetleme Radar Sistemi (SGRS),
18.	Stabilize Makineli Tüfek Platformu (STAMP),
19.	Müşterek Elektronik Harp Simülasyon Sistemi (MEHSİM),
20.	T-38 Tekâmül Eğitim Uçağı Simülatörü (ARISİM),
21.	Temel Eğitim Uçağı Simülatörü (TESİM),
22.	Helikopter Simülatörleri (HELSİM),
23.	Dikey Rüzgâr Tüneli, ELKAR Sistemleri,
24.	V/UHF Karıştırma Sistemi.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

Entegre Lojistik ve türevleri hakkında literatürde birçoğu uygulamaya yönelik yerli ve yabancı kaynaklı çalışmalar bulunmaktadır.

Göksu ve Ovacıklı (2009) çalışmalarında hava platformlarında teknik dokümanların hazırlanması ve bu konula ilgili standartlardan, Keşli ve Tuna (2009) savunma sanayi projelerinde ELD uygulamalarından, Işın (2009) ömür devri boyunca olan maliyetlerin minimizasyonu için veri tabanı ihtiyacı, Bakıryol (2009) gemi projelerinde ELD uygulamasından bahsetmektedir.

Tekim (2009) tarafından yayınlanan “Sistem Gerçekleştirme ve Lojistik” adlı makalede: sistemlerin entegre hale gelmeleri için gerekenler ve adımlardan bahsedilmiştir. Öztürk (2011) çalışmasında havacılık sektöründe sürdürülebilirlik için gereken hususlar açıklanmıştır.

Erel (2011) çalışmasında ömür devri yönetimi ile ELD birlikte ele alınarak, silahlı kuvvetler ile savunma sanayinin ortak yaklaşımının nasıl olması gerektiği konusuna değinmektedir. Baysak (2013) örneklerle savunma sanayisindeki lojistik desteğin tanımlanmasını yapmakta, Karaağaç ve Önge (2013) İHA projelerindeki lojistik destek anlayışına değinmekte, Keşli ve Tuna (2013) ALTAY tankının lojistik destek açıdan değerlendirilmesini yapmaktadır. Arısoy ve Gökhan (2013) ise çalışmasında, ilgili firmanın ELD yaklaşımını incelemektedir.

Kıyıcı (2013) tarafından yayınlanan makalede, BMC'nin yapmış olduğu ELD uygulamaları anlatılmış; Özmert (2013) tarafından çalışmada: uygulamada olan mevcut ELD standartları açıklanmıştır. Erel (2013) tarafından yayınlanan Savunma Sanayi Müsteşarlığı'nda Ömür Devri Yönetimi Yaklaşımı adlı makalede: ömür devri yönetimi yaklaşımı açıklanmıştır.

Ayrıca, Karadeniz (2008) tarafından yayınlanan makalede: Türk Silahlı Kuvvetleri'ndeki CALS uygulama alanları ve NATO CALS faaliyetlerinin genel içeriğini incelemiştir. Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi'nde Güler (2012) tarafından yayınlanan çalışmada Hava Kuvvetlerinin bugüne kadar ihtiyaç hesaplaması için

kullandığı ihtiyaçlar ve dağıtım sisteminin geçmişe yönelik performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Yabancı kaynaklı çalışmalardan özellikle Naval Postgraduate School (NPS)'da, Radesky (1973) tarafından yapılan çalışmada, ELD dahilinde iki basamaklı analiz ile on altı adet deniz silah sisteminin alınması örneği ve organizasyonel düzenlemeler üzerinde durulmaktadır. Bratzler ve David Karl (1974), tarafından yayınlanan tezde, tasarımcılar için maliyet, performans, planlama kadar ürün desteğinin de önemli olduğunun anlaşılmasını sağlamıştır. Hunter (1977) tezinde F-4 uçaklarındaki bakım ve mühendislik harcamalarının düzenlenmesine yönelik yeni değişikliklerin lojistik yönetimi ile düzenlenmesine değinmektedir. Yaney (1979) tarafından yayınlanan, çalışmada ise F/A-18 uçakları için uzun süreli sürdürülebilir yüksek hazır bulunuşluluk için özel safha destek planı uygulaması yapılmıştır.

Literatür içinde LDA konusunda bütüncül çalışmalar az sayıda bulunmaktadır. Bunun yerine LDA içerisinde yer alan her bir başlık veya ELD elemanı için yapılmış, benzer ya da farklı senaryolara yönelik çalışmalar, (bakım konseptleri, tasarıma etki, kritik hataların tespiti, özel olay analizleri, ömür devri maliyeti, yedek parça gibi alanlarda) oldukça fazladır.

Bu kapsamda bakım konseptleri, önleyici ve düzeltici bakım gibi alanlarda; yılında Marvin (1998) tarafından yazılan "Reliability centered maintenance", adlı makalede, güvenilirlik merkezli bakımın (RCM) safhaları uygulanması, teori ve pratikteki farklılıklar ile RCM'nin genel bir çerçevesi çizilmiş; Crockera ve Kumarb (2000) tarafından yazılan çalışmada ise lojistik destek analizinin önemli parçalarından olan güvenilirlik merkezli bakımın arızaların tespitinde kullanılan üstsel dağılımın yerine, kullanım koşullarına göre değişiklik gösteren farklı modelin oluşturulmasına yönelik örnek bir durum çalışması yapılmıştır.

Benzer şekilde 2000 yılında, Eisingera ve Rakowskyb, tarafından yapılan, çalışmada güvenilirlik merkezli bakım için belirsizliklerin karar vermede yer alması konusunun optimal sonuca götürmediğini göstermiş ve bu konuda yangın detektörleri üzerinde örnek oluşturmuştur. Ayrıca Chenga ve diğerleri (2008) tarafından yazılan makalede, akıllı güvenilir merkezli bakım (IRCMAS) tanımlama, tanıtma, safhalandırma ve son olarak durum çalışması yapılması sağlanmıştır.

Önleyici bakım konsepti için Eti ve diğerleri (2006) tarafından yazılan, makalede reaktif bakım konseptinin yerine, enerji ve maliyet harcamalarını kısacak uzun süreli proaktif güvenilirliğe odaklanmanın bu amaçlara ulaşmayı sağlayabileceğini açıklamıştır. Waeyenberghvd (2003), önleyici ve düzeltici bakımlar ile hata, tasarımsal ve durum tabanlı yaklaşımlarından uygun olanının seçilerek bakım konsepti için çerçeve oluşturulmasını amaçlamıştır. Son olarak Waeyenbergh ve Pintelon (2009) tarafından yapılan çalışmada CIBOCOF modeli ile literatürde bulunan bakım konseptlerinin belirli alana olan bölünmüşlüğü ve yetersiz oluşunu gidermeye yönelik uygulamada bulunmuştur.

Yedek parça kapsamında, Janne Huiskonen (2001) tarafından yazılan, makalede kritik, özel, talepsel ve değere göre yedek parçaların tedarik zinciri içerisinde nasıl kontrol edileceğinin prensiplerine yer vermiştir. W.J. Kennedy, ve diğ. (2002) tarafından makalede, yedek parçaların ara veya son ürün gibi müşteriye satılamayabileceklerinden literatürde yer alan yaşlanma tabanlı, demodelik, tamir edilebilirlik vb alanlarda olan uygulamaların genel bir değerlendirilmesi yapılmıştır.

İkmal kapsamında, Legg, Robert Paul (1980) tarafından yayınlanan tezde, denizcilikte kullanılan tıbbi malzemenin yönetim, bakım destek ve maliyetlerin tanımlanması ve geliştirilmesi hedeflenmiştir. 1987 yılında, Latif, Shahid tarafından yayınlanan, "An integrated logistic support model for major weapon systems of the Pakistan Navy" adlı tezde (Latif, 1987), silah sistemlerin ilk tedarik maliyetlerinin düşük olmasına rağmen ileriki aşamalarda artan maliyetlerin de değerlendirilerek ELD sisteminin uygulanması incelenmiştir.

Tasarıma etki ve RAM analizleri kapsamında da oldukça fazla sayıda çalışma vardır. Örneğin, Sharma ve Kumar (2008) tarafından yazılan, makalede, güvenilirlik, hazır bulunurluk ve tamir edilebilirlik değerleri kullanılarak tasarımın nasıl daha etkin hale getirilebileceği gösterimi ve farklı görev süreleri için bu değerlerin tahmini açıklanmıştır. Meng (1994) makalesinde, dört farklı parçanın MTBF değerlerini paralel konumda aktif fazlalık olması durumunda karşılaştırmış; Burns (1997) karmaşık sistemlerin güvenilirliklerinin sayısal entegrasyon vasıtasıyla hesaplanmasını sağlamıştır. Ayrıca James F. Russella, David M. Klaus, (2007) tarafından yazılan, makalede uzay görevleri için hazırlanan bakım prosedürlerinin gerçek durum da, uzayda yetersiz olduğu, gerçeklerle çeliştiği ortaya konulmuş ve belirtilen süreçlerin güvenilirlik, tamir edilebilirlik ve politika anlamında geliştirilmesi gereken yerleri vurgulamıştır. Rajpal ve diğerleri (2006) tarafından yazılan makalede ise, karmaşık ve

tamir edilebilen parçalar için yapay sinir ağları ile sistem performansını ölçmeye yönelik olarak RAM değerlerinin modellenmesi amaçlanmıştır.

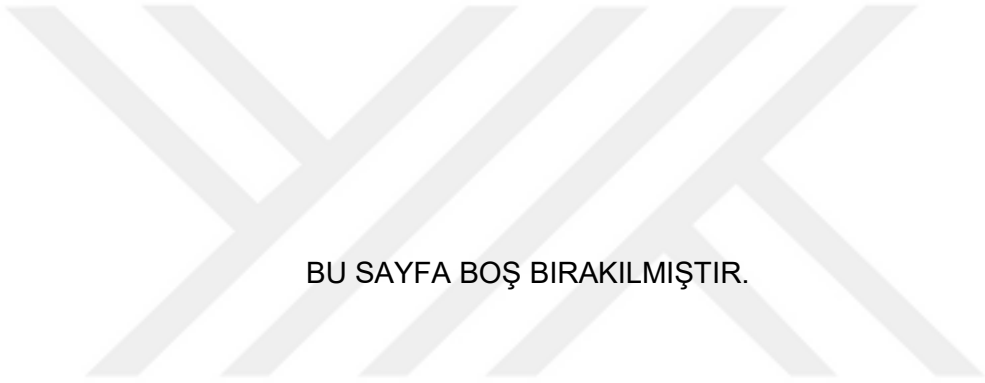
Benzer şekilde Liling (2008) çalışmasında, güvenilirlik analizine dayanarak bir makine sisteminin optimal konfigürasyonunun bulunmasını ve ömür devri maliyetinin hesaplanmasını amaçlamaktadır. Zhu vd. (2009) belirli eşik değerlerine ulaşıldığında bakım yapılarak ani hasarların önüne geçilmesini ve maliyet minimizasyonunu; Houssin (2014), standart hazır bulunuşluluk hesaplamalarının yanı sıra, kaza meydana gelmesi, müteakiben bakımının güvenliği değerlendirmeye katarak yapılması da hazır bulunuşluluğu nasıl etkilediğini incelemiştir. Ayrıca Zhang Yingjie ve Ge Liling (2014), tarafından yazılan makalede, güvenilirlik analizine dayanarak makine sisteminin optimal konfigürasyonunun bulunmasını ve ömür devri maliyetinin hesaplanmasını amaçlamıştır. Ira (2007) çalışmasında devrimsel tedarik yönteminin lojistik desteğe ve görevsel hazır bulunuşluluğa nasıl etki ettiğini incelemektedir. Bowser vd. (2012) ise SOCR için operasyonel hazır bulunuşluluk değerinin artırılması ve ömür devri maliyetinin azaltılabilmesi için model önerisi sunmaktadır. Ayrıca, Williams, Douglas (2012) tarafından yayınlanan tezde, gemi tasarımı için insan sistem entegrasyon modelinin geliştirilmesi ve ömür devri maliyetinin azaltılması amaçlanmıştır

Elde edilen kullanım verileri ve geri beslemeler hakkında Hameed ve diğ. (2011) tarafından yazılan makalede, rüzgar tribünlerinden elde edilen veri tabanının RAM değerleri için kullanarak, tribünün gerçek davranışları ile, tasarım ve görevsel özelliklerinin farkını ortaya koymayı amaçlanmıştır. Aynı şekilde, Jeasu Jeon ve SoYoungSohn (2015) tarafından yazılan makalede ağır dizel motorların garanti kapsamında elde edilen verileri ile kalite geliştirmesine katkı bulunacak verileri ortaya çıkarmış ve örnek bir durum çalışması yapılmıştır.

Özel olay etkilerine yönelik olarak, Khaleghei ve Makis (2015), tarafından yapılan çalışmada, doğal afet sonucunda oluşan arızaları ve bozulmalardan kaynaklanan hataların tahminine yönelik gizli markov modeli ve beklenti maksimizasyonu üzerine güvenilirlik tahmini yapılmıştır. Arızaların tespiti ve kritikliği konusunda Rajiv Kumar ve diğ, (2008) tarafından yazılan, makalede kağıt fabrikasındaki karmaşık sistemlerin olası arızalarının belirlenmesi için bulanık set teorisi kullanılmış ve gerekli yerlerde geleneksel FMEA'dan (arıza modları etkileri analizi) tüm arızaların tespiti amacıyla faydalanılmıştır.

Ömür devri maliyet ve safhalarına yönelik olarak da David ve diğ. (2013) tarafında yazılan, “Modeling and Analysis of Safety in Early Design”, adlı makalede siberfiziksel sistemler için model tabanlı tasarım metodunun güvenlik açısından uygulanışı ve kritik parça davranışlarının incelemesi yapılmıştır. Ayrıca Giorgio Barone, ve Dan M. Frangopo (2014), tarafından yazılan makalede bozulan yapılar için ömür devri, risk, hazır bulunuşluluk, tehlike ve maliyet amaçlarını optimize eden çok amaçlı optimizasyon yapılmıştır.

Bu çalışmanın literatür kapsamındaki diğer bir araştırma kapsamı ELD ile ilgili standartların ve alt standartlarının, entegre lojistik desteğin tanımlanması, karşılaştırılması ve uygulanmasında çalışmanın ilerleyen safhalarında kullanılmış olmasıdır. Böylelikle çalışmanın uygulama ve karşılaştırma bölümlerinde yaklaşık altmış adet standart kullanılmış, listesi Karşılaştırmada Kullanılan Standartlar 'de gösterilmiştir.



BU SAYFA BOŞ BIRAKILMIŞTIR.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ENTEĞRE LOJİSTİK DESTEK STANDARTLARI VE ENTEĞRE LOJİSTİK DESTEK MODELİ

Günümüzde ELD alanında birçok ülkenin kendine ait bir standart uygulaması mevcut olmakla birlikte bazı ülkeler farklı kurumlarda benzer yaklaşımlarla farklı standartlar uygulayabilmektedir. Ayrıca bazı ülkeler de bu kapsamda benzer standartları ortak olarak kullanmaktadırlar. ELD yaklaşımının tarihsel geçmişi İkinci Dünya Savaşına kadar dayansa da, esas olarak 1980'lerde ABD'nin kullandığı ve diğer standartların da çıkış kaynağı olan 1388-1A/2B standardı ile başlamış sayılır. Bu standardı, İngiltere'nin 2000'li yıllarda kullandığı JSP 886 standardı geliştirmiş ve 2010'lu yıllarda ise Avrupa Havacılık ve Savunma Sanayisinin kullandığı SX000i standardı ile şu anki halini almıştır.

4.1. İLGİLİ STANDARLAR

Farklı ve benzer ülkelerin halen, birçok ELD standardı bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında farklı standartlardan bahsedilmekle beraber; esas olarak temel teşkil etmeleri, geneli yansıtmaları ve uygulamada geniş yer tutmaları nedeniyle yukarıda belirtilen üç standart karşılaştırılacaktır.

4.1.1. 1388-1A/2B Serisi (Military Standard Logistic Support Analysis)

MIL-STD-1388-2B, Lojistik Destek Analizi Kayıtları standardı da bu analizlerin sonucunda ortaya çıkan tüm destek verilerinin hiyerarşik ürün kırılımı bazında, 500'ü aşan ayrı verinin 104 ilişkisel çizelgede tutulduğu tek bir veri tabanını tanımlamaktadır. Tüm destek verisinin tek bir veri tabanında tutulması çok önemlidir. Bu sayede, çok büyük sistemlerin değişiklikleri ile birlikte etkileşimli olarak yönetilmesi sağlanmaktadır.

MIL-STD-1388-1A ve 2B, öncelikle kullanıcıdan alınacak bilgiler ile ELD faaliyetlerinin başlatılması esasına dayanmıştır. Burada amaç basittir, önce kullanıcının ELD'den beklediği hedefler belirlenmekte, daha sonra ölçülebilir desteklenebilirlik hedefleri tasarıma yansıtılmaktadır. Kullanıcının ölçülemeyen ELD hedefleri de olabilir. Mesela var olan mevcut alt yapının kullanılabilmesi, mevcut personel yeteneğinden daha üst seviye bir personel ihtiyacının gerekmeyecek olması, mevcut teknik manuel esaslarına uyum gibi. Bu hedeflerin uygulanabilir ve takip edilebilir olması için nicel hale getirilmesi gerekebilmektedir.

ELD'nin gerçekleştirilmesinde kullanılan ana metodolojinin LDA olduğundan daha önce bahsedilmiştir. LDA, ABD'nin MIL-STD-1388-1A dokümanı ile oluşturulmuş, yukarıda belirtilen analizleri de içeren, birbirleri ile ilişkili 5 ana bölümdeki 15 görev ve 81 alt görevden oluşan bir analiz sistemidir (Çizelge-3). Bu analizlerin bir kısmı, yükleniciden beklense de bir kısmının da ihtiyaç sahibi makamca yapılması gerekir. İhtiyaç sahibi makamın yapacağı analiz sonuçları, yükleniciden istenecek analizlerin tabanını oluşturmaktadır (Bakıryol, 2009).

Çizelge-3 Mil-Std-1388 ELD Programı

Görev Bölümü	Görev Bölümleri	Açıklaması Görevler
Görev Bölümü 100	Program Planlama ve Kontrolü Biçimsel Program Planlama ve İnceleme bilgilerini sağlamaktadır.	101. Erken Lojistik Destek Analiz Stratejisinin Geliştirilmesi 102. Lojistik Destek Analiz Planı 103. Program ve Tasarım İncelemeleri
Görev Bölümü 200	Görev ve Destek Sistemlerinin Tanımı: Lojistik gereksinimlerin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.	201. Kullanım Çalışması 202. Görev Donanım, Yazılım ve Destek Sistemi Standardizasyonu 203. Karşılaştırmalı Analizler 204. Teknolojik Olanaklar 205. Desteklenebilirlik ve Desteklenebilirlikle ilgili Tasarım Faktörleri
Görev Bölümü 300	Alternatiflerin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi: Gerçekleştirilecek İşletim ve Bakım Görevlerinin, İlgili Güvenlik Risklerinin ve Optimum Bakım Seviyesinin belirlenmesi için kullanılmaktadır.	301. Fonksiyon Gereksinimlerinin Belirlenmesi 302. Destek Sistemi Alternatifleri 303. Karşılıklı Yararlar Analizi ve Alternatiflerin Değerlendirilmesi
Görev Bölümü 400	Lojistik Destek Kaynak Gereksinimlerinin Belirlenmesi: Yeni Sistem için Bütün Destek Kaynaklarının ve Mevcut Kaynaklar Üzerindeki Etkisinin Saptanması ve Üretim Sonrası Destek için Planlar Geliştirilmesi Amacıyla Kullanılmaktadır.	401. Görev Analizi 402. Erken Hizmete Alma Analizi 403. Üretim Sonrası Destek Analizi
Görev Bölümü 500	Desteklenebilirlik Değerlendirmesi: Belirtilen Gereksinimlerin Karşılandığından ve Eksiklerin Giderildiğinden Emin Olunması için Kullanılmaktadır.	501. Desteklenebilirlik Testi, Değerlendirmesi ve Doğrulaması

Her ne kadar bu standart dondurulmuş olsa da halen dünyada birçok projede kullanım alanı bulmaktadır. Gerek diğer standartların çıkış kaynağı olması, gerekse ortaya koyduğu LDA süreci ile ilgili analizleri içermesi nedeniyle oldukça önemli bir standarttır. Ülkemizde de ELD uygulaması halen birçok firma ve kurumda bu standart dahilinde uygulanmaktadır. Sistemin, planlamanın ve ilgili süreçlerin birbiri ile etkileşimini aşağıda yer alan basamak ve çizelgeler ile yerine getirilmektedir.

Diğer yandan bu standardın güncellenmesi durdurulmuş olup, halen bazı projelerde kullanılmaktadır. Özellikle geçmişi 1980'li yıllara kadar uzanan bu standardın yazılı metni de şu an itibariyle kolaylıkla anlaşılabilir açıklıkta değildir. Bu standardı ve uygulamaları içeren birçok yayın piyasada ve internet ortamında açık erişimde bulunabilmekte olup, bunların da birbirleri ile ilişkilendirilmesi ve bütüncül olarak değerlendirilmesi oldukça güçtür.

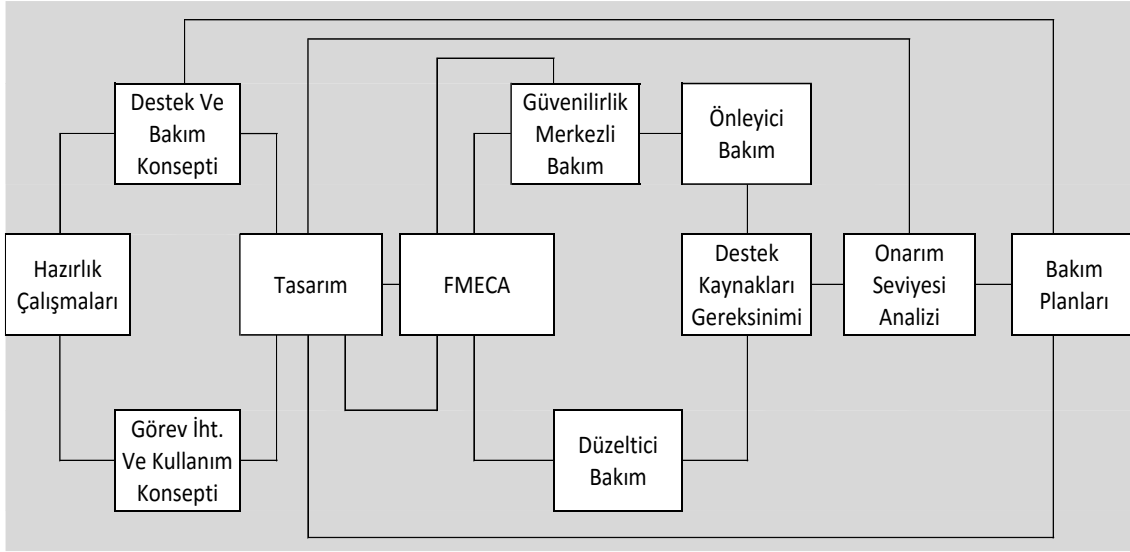
Çizelge-4 Mil-Std-1388/2A

Tablo	Fonksiyonel Alan	İçeriği	Alt Listeler
X	Çapraz Fonksiyonel Gereksinimler	Bu tablolar, birden fazla fonksiyonel alanı kesiştiren veya bağlayan verilere yer vermektedir	
A	İşletim ve Bakım Gereksinimleri	Bu tablolar beklenen işletim, işletim/bakım ortamı ve bakım gereksinimleri ile ilgili bilgileri içermektedir	LDA-036 (Tedarik Gereksinimleri), LDA-009 (Destek Elemanları Listesi),
B	Güvenilirlik, Hazır Olma Durumu ve İdame Edilebilirlik; Hata Modları, Etkileri ve Kritiklik Analizi ve İdame Edilebilirlik Analizi	Bu tablolar, LDA adaylarının güvenilirlik, hazır olma durumu ve idame edilebilirlik karakteristiklerinin çoğunu içermektedir.	
C	Görev Envanteri, Görev Analizi, Personel ve Destek Gereksinimleri	Bu tablolar, işletim ve bakım görevleri için görev açıklamalarını içermektedir.	

	Tablo	Fonksiyonel Alan	İçeriği
E	Destek Ekipmanı ve Eğitim Malzemesi Gereksinimleri	Bu tablolar mevcut veya yeni destek/test/egitim ekipmanı ile ilişkili verileri içermektedir.	LDA- 005 (Destek Elemanı Kullanım Özeti) LDA-009 (Destek Elemanı Listesi), LDA-070 (Destek Ekipmanı Gereksinim Verisi) ve LDA-02 (Test, Ölçüm ve Tanımlama Ekipmanı Teknik Açıklaması) LDA- 011 (Özel Eğitim Araçları için Gereksinimler),
U	Test Altındaki Birim Gereksinimleri ve Açıklama	Test altındaki birim karakteristikleri bu tablolarda yer almaktadır.	LDA-019 (Görev Analizi Özeti), teknik el kitaplarında kullanılan bakım ve işletim görevlerinin kırılım noktasıdır. LDA-030 (Onarım Parçaları ve Özel Araçlar Listesi), LDA-040 (Yetki Listesi Elemanları Özet Listesi), LDA-080 (Parça Listesi), LDA-126 (Donanım Üretimi Kırılım Ağacı)
F	Tesislerle İlgili Konular	Bu tablolardaki veri, teklif edilen özel ve/veya ilave tesisleri açıklamakta ve doğrulanmasını göstermektedir.	LDA-012 (Tesis Gereksinimleri) ve LDA- 077 (Depo Bakım Servis Arası Veri Özeti),
G	Personel Becerisi ile İlgili Konular	Bu tablolar, sistemin desteklenmesi için temel beceri bilgilerini ve yeni ya da değiştirilmiş beceri gereksinimlerini belgeleme olanağını sunmaktadır.	LDA-001 (Beceri Uzmanlık ve Bakım Seviyesine Göre Adam Saatler) ve LDA- 003 (Bakım Özeti), insan gücü ve beceri seviyesi gereksinimlerinin sistem kısıtlarına göre takip edilmesinde kullanılabilir. Ayrıca, LDA-006 (Kritik Görev Özeti), görev başına saat sayısı ve yıllık saat sayısı gereksinimlerini aşan görevleri belirleyecektir. LDA-075 (LDAK İnsan Gücü Personel Entegrasyonu)
H	Paketleme ve Tedarik Gereksinimleri	Bu tablolar, MIL-STD-1388- 2A'da Parça Ana Dosyası olarak adlandırılan veri elemanlarından oluşmaktadır.	LDA-025 (Paketleme Gereksinimleri Verisi) ve LDA-026 (Paketleme Geliştirme Verisi)
J	Ulaştırılabilirlik Mühendislik Analizi	Bu tablolar ulaştırılabilirlik ve sevkiyat modu bilgilerini belgelemektedir.	LDA-085 (Ulaştırılabilirlik Özeti),

4.1.2. DEF STAN 00-60 (Integrated Logistic Support Requirements For Mod Projects)

MIL-STD-1388 serisi standartlar yürürlükten kaldırılmış olsa da halen yürürlükte olan İngiltere'nin Def.Std.00-600 dokümanı ile birlikte Lojistik Destek Analizi ve Kayıtları için en geçerli dokümandır. 2000'li yılların başı itibariyle uygulamaya konan bu standart, 1388 standardını geliştirmiş ve detaylandırmıştır. Bilişim sistemlerin etkisinin artmasıyla nispeten etkisini kaybetse de temel olarak tüm ELD standartlarını kapsar ve detaylı ve örnek uygulamaları ortaya koyar JSP 886 Volume 7 ile kapsamlı açıklamalara sahiptir. Konuyla ilgili LDA akış gösterimi Şekil-7'te olduğu gibidir (Bakıryol, 2009).



Şekil-7 Def 00.600 LDA Süreci (Bakıryol, 2009)

4.1.3. SX000i Serisi (International Guide For The Use Of The S-Series Of Integrated logistics Support (ILS) Specifications)

Günümüze AIA, ASD başta olmak üzere Boeing, Airbus gibi sivil firmaların yanında Lockheed Martin, OCCAR gibi askeri firmalarında yoğunluk kullanmaya başladığı 2010'lu yıllardan itibaren kullanılan ancak halen bazı kısımlarını geliştirilmekte ve güncellenmekte olan spesifikasyonun adıdır. Altı adet temel spesifikasyon ve yardımcı yayınlardan oluşmaktadır ve yazımın ilerleyen safhasında anlatılmıştır. Yürürlükte olan tüm standartların kullanıcılarının neredeyse tamamının ortak çalışması ile oluşturulmakta olup, en güncel olan yayındır. Genel işleyişi Şekil-8'de gösterilmiştir.

Genel olarak kendi ve kendinden önceki standartlar ile bağlantı kurar. ILS süreci ilgili etkileşimlerine yönelik genel çerçeve oluşumunu oluşturarak, alt süreçlerin

1. Yeniden kullanılabilirlik, bu sayede herhangi bir formata bağılı kalmaksızın istenilen veri, sürecin herhangi bir basamağında tekrar tekrar kullanılabilir ve basılabilir.

2. Aynı zaman da bu standart artık uluslararası alanda kabul görmüş bir standarttır, herhangi bir kurum veya firmanın tekelinde değildir, kullanım ağı her geçen gün gelişmektedir.

3. Güncelleme ve bakım konularında oldukça hızlı ve ekonomiktir,

4. Hali hazırda kullanılan diğer veri tabanları ile örtüşmektedir, değişim ve geçişler kolaydır ve birbirleri ile örtüşmektedir.

- S3000L:

S3000L, SX000i spesifikasyonun LDA uygulamasının açıklandığı bölümdür denilebilir. Tasarım ve üretim aşamalarında uygulanacak olan tüm aşamaları, analizleri uygulamalı olarak açıklamaktadır. Bu kapsamda oldukça detaylı, anlatımı akıcı ve örnekler ile geliştirilmiş bir yazımı vardır. İçeriğinde kabaca, tasarıma etki, kırılım, LDA adaylarının seçilmesi, FMECA, LORA, MTA, PMTR gibi analizler ile ürün ömür devri, elden çıkarma ve yasal konular gibi hususlara da değinilmiştir. Ayrıca eklerinde diğer standartlar için uyumluluk ve yardımcı tablolar bulunmaktadır. Kendi içerisinde katı bir sıraya sahip değildir. Kullanıcıyı diğer standartlara nazaran daha özgür bırakır ve uygulama örnekleri ve tabloları ile anlaşılması daha kolaydır.

- S4000M:

S4000P standardı isminin sonundaki M harfi Önleyici bakımdan kaynaklanan P harfi ile değiştirilmiştir. İçerisinde, bakım süreci anlatılmakla beraber özellik ISMO adıyla hizmet safhasında elde edilen veriler ile mevcut LDA analizinin nasıl etkileneceği ve güncelleneceği konusuna ağırlık vermiştir. Diğer standartlarda pek görülmeyen bu özellikle SX000i standardı ve alt standartları diğerlerinden ayrılmaktadır. Aynı zamanda emniyet, güvenilirlik, çevre ve yasal konular ile ilgili hassasiyetleri de metodolojisine taşır ve bakım prosedürü içerisinde yer verilmektedir.

- S5000F:

S5000F adının sonundaki harfi geri beslemenin (Feedback) F harfinden alır, süreç içerisinde elde edilen tüm verilerin sisteme nasıl dahil edileceğini ve kullanacağını anlatmaktadır. (S6000T henüz yayınlanmadığından yer verilmemiştir.)

- ASDSTE-100:

SX000i standardı içerisinde yer alan bu alt standart ile hem okumada, hem de kullanımda tarafların aynı anlamı çıkarmalarını amaçlamaktadır. İngilizcenin

basitleştirilmiş, kolay anlaşılır ve yanlış anlaşılmaya müsaade etmeyen yazılım kurallarından oluşmaktadır. Bu kapsamda örneğin, devrik, pasif cümle kullanmama, bazı terimlerim belli kelimeler ile kullanılmasına müsaade etme, kolay dilbilgisi yapısı vb. diğer alanlarda yardımcı olmaktadır. Basitleştirilmiş İngilizce ile herkese doğru şekilde ulaşmayı amaçlamaktadır.

- Spec 2000 & Spec2000M:

S2000M ve Spec2000 standardı benzer standartlardır denilebilir. Air Transport Association of America (ATA) tarafından yönetilen Spec2000 standardı malzeme yönetimi, konusunda oldukça geniş bir alt yapıya sahiptir. Elektronik ticaret ve Havacılık ile ilgili olmakla birlikte, kullanıcı, üretici ve bakım yapan tarafların aynı dili konuşması, ilgili süreçlerde veri aktarımı sağlayan, gerekli tüm planlama sürecine dahil edilmiş bir sistemdir. Bu sistemin de askeri kanadı S2000M'dir denilebilir. Bu gayretlerin askeri alanda çalışan firmalarca da kullanılması bu standart ile sağlanmıştır. Ürün takibi, fatura, kod, parça numarası, ürün bilgisi, veri iletimi, veri tabanı gibi birçok alanda iletişimi sağlamaktadır.

4.1.4. PLCS, (Product Life Cycle Support) Ürün Yaşam Döngüsü Destek Standardı (ISO-10303-239):

Bu standart ile ilgili olduğu endüstriye yönelik ürünün tasarım aşamasından yaşam döngüsünün sonuna kadar tüm safhaların kontrol ve yönetilmesi amaçlanmaktadır ve topyekûn bir entegre yaşam döngüsü standardıdır. Diğer standartlara karşı jenerik ve belli bir alana yönelik kalmaktadır. Veri modülü ve kütüphanesi ve bu verilerin değişimi ile modeller ve süreçleri işletmektedir, bu kapsamda özetle:

- DEX001 ürün kırılımı,
- DEX002 ürün yapısı ve arıza bilgileri,
- DEX003 görev ve iş planı,
- DEX004 İş Paket Tanımları,
- DEX005 Bakım Planı,
- DEX007 Görevsel Geri Bildirim,
- DEX008 Ürün üzerindeki parçalar,
- DEX009 İş Paket Raporu,
- DEX010 Sistem Gereksinimleri,
- DEX011 Kompleks ürüne yönelik yapılan tamir ve bakım işlemlerinin raporlanmasını sağlamayı amaçlamaktadır.

4.1.5. ATA Spec 2000 Chapter 11

ATA Spec. 2000 bölüm 11 de havacılık sektörü içerisinde yer alan firmaların yer aldığı, veri paylaşımı yaptığı, bulguların ortaklaşa kullanıldığı maliyet etkin bir sistemdir. Parça değişim süreçleri, bakım programları, güvenilirlik değerlerinin artırılması, özel olay ve arızaların değerlendirilmesi, modifikasyon gibi alanlarda bilgi paylaşımı sağlar ve bilgi kazanımı amaçlamaktadır.

4.2. STANDARTLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde standartlar ilk önce genel olarak ve içeriklerine göre analiz ve elementler ile karşılaştırılmış, belirlenen standartlar için SWOT analizi uygulanmıştır. Bu analiz esnasında bu konuda çalışan tecrübeli personelden destek alınmıştır. Buna göre analizlerin ortaya koyduğu alanlarda standartların olumlu ve olumsuz alanları karşılaştırılmış ve müteakiben bu değerlendirmeye binaen örnek ELD uygulama modeli ve uygulaması ortaya konulmuştur.

4.2.1. Standartların Genel Olarak Karşılaştırılması

Bu bölümde ele alınan SX000i, 1388 ve Def 00-60 ELD standartları ele alınmıştır. Burada karşılaştırılan standartlar seçilirken, tarihsel gelişim, uygulama alanı, genel kullanım ve katılımcılar dikkate alınmış ve neticesinde bu üç standardın karşılaştırılmasına karar verilmiştir. Bu standartların alt ve ilgili standartları değerlendirilmiş bunlara yönelik her standardın LDA analizinin hangi bölümlerini ne oranda karşıladıkları tablo haline getirilmiştir. Her bir standardın hangi analizi ne oranda içerdiği ile ilgili detaylı çalışma EK A-1 'de yer almaktadır. Son olarak da bu üç standart tek tablo halinde aşağıda olduğu gibi gösterilmiştir.

Çizelge-5 LDA 'nın alt element ve basamaklarını içerir. Bu element ve analizler her standartta eşik oranlarda olmasa da genel olarak tüm standartlar değerlendirilerek hazırlanmış ve tüm alanları kapsaması amaçlanmıştır. Bu karşılaştırma esnasında her standardın esas dokümanı ile ilgili ve ulaşılabilen alt dokümanları kullanılmış ve çalışmaya dahil edilmiştir. Standart karşılaştırma tablosu içerikleri şu şekildedir:

T: Tamamen Kapsama, B: Bilgi Verme, D: Destekleme, K: Kısmi Kapsama, Ü: Üst Seviyede Açıklama.

Çizelge-5 Standartların Genel Karşılaştırma Tablosu

Aktiviteler	Standart Kapsamaları											
	1388-1A/2B				Def 00.600				SX000i			
Bilgisayar kaynak analizi	K				Ü		D		Ü	T		
Bilgisayar kaynağının sağlanması	K				Ü		D		Ü		K	
Alternatiflerin değerlendirilmesi	Ü	K			Ü	K			Ü	T		
Konfigürasyon yönetimi	Ü	K			Ü	K			Ü	T		
İnsan faktörleri analizi	K	T			Ü	K			Ü		K	
Hasar özel olay analizi	K	K			Ü	K			Ü	T		
Yazılım destek analizi	K				Ü		D		Ü		K	
RAM analizinin uygulanması	Ü	T			Ü	K			Ü		K	
LDA uygulaması	Ü	K			Ü	T			Ü	T		
Ömür devri maliyeti uygulaması	Ü	K			Ü		D		Ü		K	
Tesis altyapı analizi uygulaması	Ü		D		Ü		D		Ü		D	
Tesis altyapısının sağlanması	Ü		D		Ü		D		Ü		D	
Bakım konseptinin geliştirilmesi	Ü	K			Ü	K			Ü	T		
FMECA uygulaması	K	K			Ü	K			Ü	T		
LORA uygulaması	K	T			Ü	K			Ü	T		
Bakım planının geliştirilmesi	Ü	K			Ü	K			Ü	T		
Bakım görevlerinin uygulanması	Ü	K			Ü	K			Ü	T		
Desteklenebilirlik güvenlik analizi	Ü				Ü				Ü			
Önleyici bakımının geliştirilmesi	Ü	K			Ü	K			Ü	T		
Planlı bakım analizinin uygulanması	K		D		Ü		D		Ü		K	
Tanımlama, teşhis yönetimi analizi	K	K			Ü	K			Ü	T		
Yazılım bakımının uygulanması					Ü		D		Ü		K	
İnsan Gücü ve Personel analizi	Ü	T			Ü	K			Ü		K	
Paket. Depolama, Ulaştırma analizi	Ü	K			Ü	K			Ü		K	
Kontrat yönetimi	Ü		D		Ü		D		Ü		K	
Ürün destek gereksinimleri	Ü	K			Ü	K			Ü	T		
ELD planının geliştirilmesi	Ü	K			Ü	T			K	K		
Demodelik Uygulaması	Ü		D		Ü		D		Ü		K	
Ön alım verilerinin sağlanması	Ü		D		Ü	K			Ü		K	
Materyal desteğinin sağlanması	Ü		D		Ü	K			Ü		K	
Destek teçhizatı analizi	Ü	T			Ü	K			Ü		K	
Destek ekipmanının sağlanması	Ü	K			Ü	K			Ü		K	
Sürdürülebilirlik mühendislik analizi	Ü		D		Ü		D		Ü		K	
Tasarım değişiklikleri tavsiyesi	Ü		D		Ü		D		Ü		K	
Teknik veri paketinin geliştirilmesi	K	K			Ü	K			Ü	T		
Teknik yayın üretimi	Ü		D		Ü	K			Ü	T		
Eğitim ihtiyaç analizi	Ü	K			Ü	K			Ü		K	
Eğitim planının geliştirilmesi	Ü	K			Ü	K			Ü		K	
Eğitim gelişiminin uygulanması	Ü		D		Ü		D		Ü		D	
Eğitimin yerleştirilmesi	Ü		D		Ü		D		Ü		D	

Aktiviteler	1388-1A/2B	Def 00.600	SX000i
Başlangıç-Konsept safhası faal.	Ü T	Ü T	Ü T
Geliştirme ve üretim safhası faal.	K T	Ü T	Ü T
Hizmette ELD aktiviteleri	Ü T	Ü T	Ü T
Hizmette bakım optimizasyonunun	K K	K K	Ü T
Görevsel sürdürülebilirlik	Ü D	K D	Ü T
Filo yönetimi	D	D D	Ü K
Depo ve stok yönetimi	K K	K B	Ü B
Garanti ve Kalite yönetimi	D	D B	Ü K
Elden çıkarma	Ü	K K	Ü K

4.2.2. SWOT Analizi

1960'lı yıllar itibariyle firmalar, yeni pazarlara açıldıkça daha sert rekabet koşulları ile karşılaşmaya başlamışlardır. Özellikle artan maliyetleri bir yandan azaltmaya çalışırken diğer yandan da mevcut kaynakları uygun kullanmaya çalışmışlar ve bu durum da firmaları kendi durumlarını analiz etmeleri gereğini ortaya çıkarmıştır. Bu dönemde hem iş hem akademik dünyada birçok strateji geliştirilmiş, bu stratejilerin bir kısmı zamanla güncelliğini yitirirken, bazıları da günümüze kadar ulaşmayı başarmıştır. Günümüze kadar gelmiş ve halen kullanılmakta olan stratejilerden birisi de SWOT analizidir. 1960 ve 1970'li yıllar arasında Albert Humprey tarafından Stanford Üniversitesinde yapılmakta olan bir projede ilk defa kullanıldığından bu analiz Albert Humprey olarak da anılabilmektedir, ancak ilk olarak bir makalede kullanılması, Prof. Heinz Wehrich tarafından San Francisco Üniversitesi'nde "Long Range Planning"de olmuştur. O yıllarda oldukça ilgi gören günümüze kadar güncelliğini kaybetmeden gelmiştir. Literatürde SWOT analizi ile ilgili yapılmış çok sayıda tanım vardır:

- Dinçer (2004)'e göre SWOT analizi, işletme başarısı üzerinde kilit role sahip faktörlerin tespit edilerek, stratejik kararlara esas teşkil edecek şekilde yorumlanması sürecidir. Bu süreçte işletme ve çevresi ile ilgili kilit faktörler belirlenerek rekabet üstünlüğü için izlenebilecek stratejik alternatifler ortaya konulmaktadır.

- Demirdöğen, (1997) SWOT Analizini bir işletmenin güçlü (Strength) ve zayıf (Weakness) yönlerini ve kendisiyle ilgili fırsat (Opportunity) ve tehditleri (Threat) belirleyerek stratejik konumunun değerlendirilmesine yarayan yapısal bir yaklaşım tekniği olarak tanımlamaktadır.

- Gürlek (2002)'e göre ise SWOT Analizi, incelenen kuruluşun; tekniğin, sürecin veya durumun güçlü ve zayıf yönlerini belirlemekte ve dış çevreden kaynaklanan fırsat ve tehditleri saptamakta kullanılan bir tekniktir.

Organizasyonun kendi iç ve dış çevresini değerlenmesini sağlayan bir analizdir ve örgütsel ve çevresel faktörleri olumlu ve olumsuz yönleri ile incelemesini yapmaktadır. SWOT ismi aşağıdaki İngilizce kelimelerin karşılığı olan ve baş harflerinin birleşmesinden meydana gelmiş bir kelimedir:

- S** : Strength (Güçlü/üstün yönler)
- W** : Weaknesses (Güçsüz/zayıf olan yönler)
- O** : Opportunities (Sahip olunan fırsatlar)
- T** : Threats (Tehdit ve tehlikeler)

Temel olarak niteliksel ve niceliksel özelliklere ait analizler yaparak, mevcut programa ilişkin stratejik görüşler ortaya koyabilmektedir. Böylelikle anlamayı ve algılamayı kolaylaştırmasının yanında, karar almayı da kolay hale getirir. Genel olarak planlamada yer alacak temel bilgilerin elde edilmesi, genel durumun ortaya konulması ve geleceğe dair öngörülerde bulunmak amacıyla kullanılmaktadır.

SWOT analizinin genel uygulamaları nitel verilere dayansa da literatürde nicel olarak uygulanan SWOT analiz yöntemleri ile de karşılaşmaktadır. Niteliksel SWOT analizinin temel amacı, organizasyona ve konuya ilişkin güçlü ve zayıf yönleri ortaya koymak ve bu durumu destekleyen tehdit ve imkânları ortaya koymaktır. Temel olarak basit bir firma dahi kendi durumunu değerlendirmek için bu analizi yapabilirken, diğer yandan Akdeniz kıyılarının yönetimi gibi çok büyük ölçekli projelerde de kullanılabilir. Analizin sınırlarını genişletmek maksadıyla verilerin nicel olarak girilmesi ve karşılaştırmanın nicel olarak yapılmasını sağlayan sayısallaştırılmış SWOT analiz yöntemleri de literatürde bulunmaktadır. Özellikle analitik ağ süreci, SMAA-O, SMART gibi yöntemlerle SWOT analizi bütünleşik kullanılarak bu analizin üstünlüklerinin artırılması ve zayıflıklarının azaltılması amaçlanmıştır. Literatürdeki nicel ve nitel SWOT analizi örnekleri şu şekildedir:

- Kurttila ve diğ. (2000); SWOT analizi ile analitik hiyerarşi sistemini birlikte kullanarak gerçekleştirdiği orman alanlarını belgelendirme çalışmasında Finlandiya örnek olayını ele almıştır.
- Kangas ve diğ. (2003); orman alanlarını kullanma stratejilerinin yönetimi ile ilgili yaptığı çalışmada, olasılıklı çok kriterli sıralama yöntemi olan SMAA-O ile SWOT analizini bütünleştirmiştir

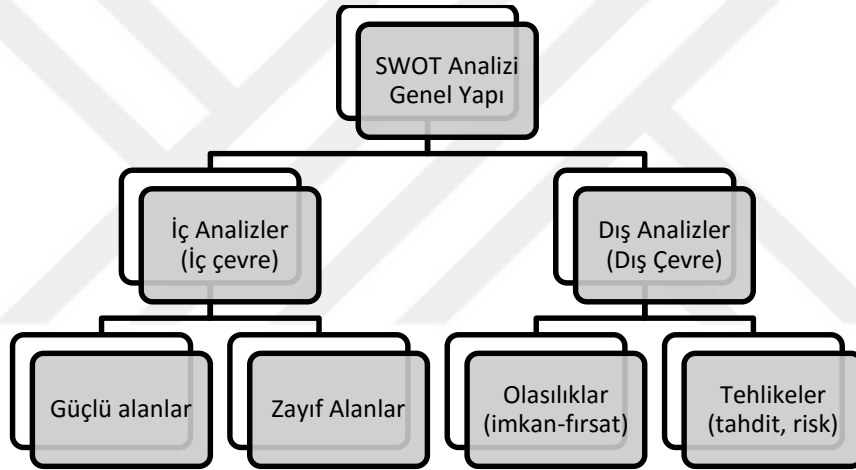
• Masozera ve diğ. (2006); Afrika'da yer alan Raunda şehrinde ormanları koruma ile ilgili hükümet temelli yaklaşımın sürdürülebilirliğini ölçmek için yaptıkları çalışmada, AHS yöntemi ile birleştirilmiş SWOT tekniğini kullanmıştır

• Shrestha ve diğ. (2004); AHS ile birleştirilmiş SWOT analizi kullanarak Florida'nın güneyinde ormancılık alanında yeni bir teknoloji uygulamasının üstünlüklerini, zayıflıklarını, fırsatlarını ve tehditlerini ortaya koymuştur.

Bu kapsamda SWOT analizini etkileyen faktörler şu şekildedir:

➤ SWOT Analizi İç ve Dış Çevre Faktörleri:

Organizasyonlar kendi bünyelerinde ve çevrelerinde olan gelişmelerden haber olmalı ve bu çevrede izleme yapmalıdır. SWOT analizi sonucunda kendi bünyemiz ve çevremiz hakkında, üstün ve zayıf tarafları ile fırsat ve tehditler hakkında bilgi sahibi olunmaktadır (Şekil-9).



Şekil-9 SWOT Analizi Faktörleri (Stratejikyonetim, 2016)

➤ İç Çevre Faktörleri: Organizasyonun amaçlarına ulaşabilmesi amacıyla, kaynak ve kapasitelerini belirlemesi, güçlü ve zayıf yönlerini orta çıkarması gerekir. Böylelikle uygun stratejini seçilmesi kolaylaşmaktadır. SWOT analizini iç çevre faktörleri güçlü ve zayıf alanlar adlandırılabilir.

○Güçlü Alanlar: organizasyonun herhangi bir alanda rakiplerine göre daha etkili ve üstün olduğu varlık ve yetenekleridir.

○Zayıf Alanlar: organizasyonun zayıf alanları, rakiplerine göre daha az etkili veya verimli olduğu faaliyetler veya yönlerdir.

Bir işletmenin hem üstün hem de zayıf taraflarını bilinmesi oldukça önemlidir. Özellikle uzun dönemli planlamaların içerisine dahil edilecek bu tanımlamalar ile problemlerin çözülmesine önemli katkılarda bulunulabilir.

➤ Dış Çevre faktörleri: organizasyonun çevresinde zaman ve farklı sebeplerden dolayı fırsatlar ve tehditler ortaya çıkabilir. Bu olumlu veya olumsuz durumlar organizasyonun durumunu ve geleceğini doğrudan veya dolaylı şekilde etkileyebilirler.

○Fırsatlar: Dış çevrenin analizi ile organizasyon için olumlu sonuçlar oluşturan unsurlardır.

○Tehlikeler: fırsatlar tanımının aksine, organizasyon için tehlike oluşturan, amaçları ile ters düşen veya arzu edilmeyen sonuçlar doğuran unsurlar olabilir.Sonuç olarak belirtilen bu alanlar ile aşağıdaki gibi bir matris oluşturularak tüm alanların görülmesi ve buna göre karar verilmesi amaçlanmaktadır (Çizelge-6).

Çizelge-6 SWOT Analizi Karşılaştırma Tablosu (Stratejikyonetim, 2016)

	OLUMLU / POSİTİVE	OLUMSUZ / NEGATİVE
	Güçlü Yanları / Strengths	Zayıf Yanları / Weaknesses
Iç Çevre	<ul style="list-style-type: none"> ■ Üstünlükler nelerdir ? ■ Neleri iyi yapar? ■ Diğerleri için, güçlü yanlarınız neleridir? 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Neleri kötü yapar ? ■ Nelerin iyileştirmeye ihtiyacı var ? ■ Diğerleri hangi konularda daha iyidir ?
	Fırsatlar / Opportunities	Tehlikeler / Threats
Dış Çevre	<ul style="list-style-type: none"> ■ Önünüzdeki fırsatlar nelerdir ? ■ Çevrede ne gibi gelişmeler yaşanmakta ? ■ Değişen teknoloji konumunuzu iyileştiriyor mu ? 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ne gibi engellerle karşılaşmakta? ■ Rakipler ne yapmaktalar ? ■ Beklenen iş, ürün veya hizmet standartları değişmekte mi ?

Çalışmanın bu bölümünde oluşturulan SWOT analizi tablolarının hazırlanmasında, KKK. ELD kısmında çalışan, karşılaştırma yetkinliğine sahip, üç uzman personelin görüşleri alınmıştır. Ayrıca bu çalışmanın genel içeriğine yönelik, savunma sanayi ve sivil sektörde önde yer alan bazı firmalar ile görüşmelerde bulunulmuştur. Böylelikle standartların kullanım ve uygulama alanları ile avantaj ve dezavantajlarının karşılaştırılmasına ve kullanıcı seviyesinde değerlendirilmesine imkan bulunmuştur. Bu kapsamda Mil. Std.-1388 standardını içeren SWOT analizi Çizelge-7’de, standartların SWOT analizi ile genel olarak karşılaştırılması Çizelge-8’de, diğer standartların SWOT analizi ile gösterimi EK B’de gösterilmiştir.

Çizelge-7 Mil. Std. 1388 1A/2B Standardı SWOT Analizi

Kriterler	OLUMLU / POSİTİVE		OLUMLU / POSİTİVE	
	Güçlü Yanları / Strengths	Zayıf Yanları / Weaknesses	Fırsatlar / Opportunities	Tehlikeler / Threats
Bilgisayar Kaynağı	Geçen zamana rağmen kendini CALS ile güncellemiştir ve temmeleri bu standart ile atılmıştır	Diğer standartların bilişim sistemlerine olan entegrasyonuna göre geridedir.	Halen bir çok ürün için bu standart kullanıldığından belirtilen formatta faaliyetlerini sürdürebilir	Bilgisayar kaynağı elementi genel olarak diğer elementlerin içerisinde değerlendirilmiştir.
Tasarıma Etki	RAM in ve kırımların temelleri bu standart ile atılmıştır	Standartın kendi içerisinde benzer örnekler yer verilmiştir.	Detaylı uygulama ve örnek ilgili yayınlarında mevcuttur	Güncel mevzuat ve sistemlerle uygulanması için güncellemeye ihtiyacı vardır.
Tesis ve Altyapılar	Tesis ve alt yapıya yönelik ilk değerlendirmeler bu standartta yer almıştır	İhtiyacın nasıl tespi edileceğine dair analiz ortaya koymamaktadır	Bir çok firma tarafından bu standart ve tabloları kullanılmaktadır.	Diğer standartlara göre nispeten yetersizdir
Bakım	GMB ile süreç uygulanır	Çağdaş bakım konseptlerini karşılamaz	Tüm bakım süreçlerini (FMECA LORA vb.) detaylı ve örnekli açıklar	Sistemin otomasyonla çalışmasına ve güncellenmesine ihtiyaç vardır
İnsan Gücü ve Personel	Bu element diğer elementler göre detaylandırılmıştır. Bu konun ilk örneklerini bu standart vermiş olup, temel tanımlamalar ve örnekler içerir	Tasarıma etki ve bakım anlamında örnekler olsa da, sürecin tamamını ilgilendiren uygulamalar bulunmamaktadır.	Literatürdeki bir çok uygulama bu standardı temel almaktadır.	Bu planlamanın hangi seviyede hangi uygunlukta yapılması gerektiği husus yer almamaktadır.
Paketleme, Elleçleme, Depolama, Ulaştırma	Bu elementin ilk tanımlamaları ve tablo ve kodlandırılması yapılmıştır.	Konuya yönelik uygulamalı analiz içermemektedir.	Tablolar ile süreci nasıl etkileyeceği açıklanmıştır. Genel hitap eden kodlandırma mevcuttur.	Literatürde yer alan ilerlemelerin gerisinde kalmıştır.
Ürün Desteği	Ürün desteği ile ilgili çıkarma gibi hususlarla beraber açıklanmış ayrıca açıklanmamıştır.	Net olarak yer almamaktadır	Kısaca yer almıştır.	Diğer standartların gerisindedir.
İkmal Desteği	İkmal desteği genel olarak açıklanmış tablolar ile detaylandırılmıştır	Örnek veya analizlere yer verilmiştir	Tabloların ilişkileri ve verilerin karşılıklı nasıl gösterileceği ilgili tablolarla açıklanmıştır	Detay seviyesi mevcut ihtiyaçları karşılamakta uzaktır.
Destek Teçhizatı	Kendi içerisinde detaylı bir anlatıma ve tablolar desteklenmiş sunuma sahiptir.	Bir çok faaliyetin manuel ve dikkatlice takip edilmesi gerekir.	Halen bir çok üründe kullanıldığında güncelliği mevcuttur.	uygulamalı analiz ve örneklere ihtiyaç duymaktadır
Sürdürülebilirlik Mühendisliği	Yer almamaktadır	Yer almamaktadır	Yer almamaktadır	Yer almamaktadır
Teknik Veri	Genel tanımlamalar ve süreç açıklanmıştır	Çağın gereksinimlerini karşılayacak durumda olduğu söylenemez	Halen bir çok projede kullanıldığında güncel olduğu düşünülebilir.	Taraflara ortak dili konuşurmalı ve güncel olmalıdır
Eğitim ve Eğitim Desteği	Eğitim ve ilgili ihtiyaçlar temel olarak açıklanmıştır	Detaylandırılıp örnekendirilmesi uygun olacaktır	Bir çok proje için temel teşkil eder	Güncel eğitim konsept ve uygulamalarına ters düşebilir
Ömür Devri Maliyeti ve Diğer Aktiviteler	Kabaca yer verilmiş olup ilgili yayınlarda bazı teoremlere yer	Özel olarak bir bölümde yer almamaktadır	Sistemin kontrol değerlendirilmesini basitçe yapmaktadır	Literatürdeki çalışmaların gerisinde kalmıştır.

Çizelge-8 Standartların SWOT Analizi İle Genel Olarak Karşılaştırılması

Kriterler	Genel Olarak üstün olan Standart	Açıklama	Geliştirilmesi gerekli olan hususlar
Bilgisayar Kaynağı	SX000i	Genel olarak bu standartta kısıtlı olarak yer almaktadır	Genel ihtiyacın tespiti ve kullanıcı tesis personele yönelik uygulamaya ihtiyaç vardır
Tasarıma Etki	1388 1A/2B	Tasarıma etkinin temelleri 1388 ile atılmış, SX000i daha açık anlatmıştır	Uygulamayı baştan sona gösterecek yekpare bir örneğe ve güncel plan içeriğine ihtiyaç vardır
Tesis ve Altyapılar	Def 00.60 ve SX000i	Tanım ve planlamaya yer verilmiştir.	Tesis ve alt yapı planlamasını içeren örnek gösterilmedi
Bakım	SX000i ve 1388 1A/2B	SX000i ile oldukça detaylı bir içeriğe sahip olmuştur.	Bakım için tüm bakım konseptlerini de karşılayacak uygulamalara ve iş kurallarına ihtiyaç vardır
İnsan Gücü ve Personel	Def 00.60 ve SX000i	Tanım ve planlamaya yer verilmiştir.	Personeli hesaplanması ve süreci içeren örnek uygulamalara ihtiyaç vardır
Paketleme, Elleçleme, Depolama, Ulaştırma	Def 00.60 ve SX000i	Tanım ve planlamaya yer verilmiştir.	Her biri için literatürde fazlaca uygulama olduğu halde, birleştirici bir akışın gösterilmesi gerekmektedir
Ürün Desteği	SX000i	Genel olarak bu standartta kısıtlı olarak yer almaktadır	Ürün desteği demodelik detaylandırılmalıdır
İkmal Desteği	Def 00.60 ve SX000i	Genel olarak bu standartta kısıtlı olarak yer almaktadır	Literatürdeki ikmal desteği ile ilgili örneklerden konulabilir
Destek Teçhizatı	Def 00.60 ve SX000i	Genel olarak bu standartta kısıtlı olarak yer almaktadır	Destek teçhizatının nasıl belirleneceğine dair örnek uygulama konulmalıdır
Sürdürülebilirlik Mühendisliği	SX000i	Faydalı olacak miktarda yer almıştır	Güncel mevzuata atıflar yer almalıdır
Teknik Veri	SX000i	Bu standartta tam olarak mevcuttur	Kullanıcının kolay anlayıp kullanmasını sağlayacak, az karmaşık gösterimler gerekmektedir
Eğitim ve Eğitim Desteği	Def 00.60 ve SX000i	Tanım ve planlamaya yer verilmiştir.	İlgili yayınların bir an önce uygulamaya geçmesi beklenmektedir
Ömür Devri Maliyeti ve Diğer Aktiviteler	SX000i	Tanım, planlama ve karşılaştırmaya yer verilmiştir, yer verilmiştir.	Tüm ömür devrinin ölçülüp, değerlendirilebileceği, olgunluk seviyesi ile performans karşılaştırılması yapılabilecek sisteme

4.2.3. Değerlendirme

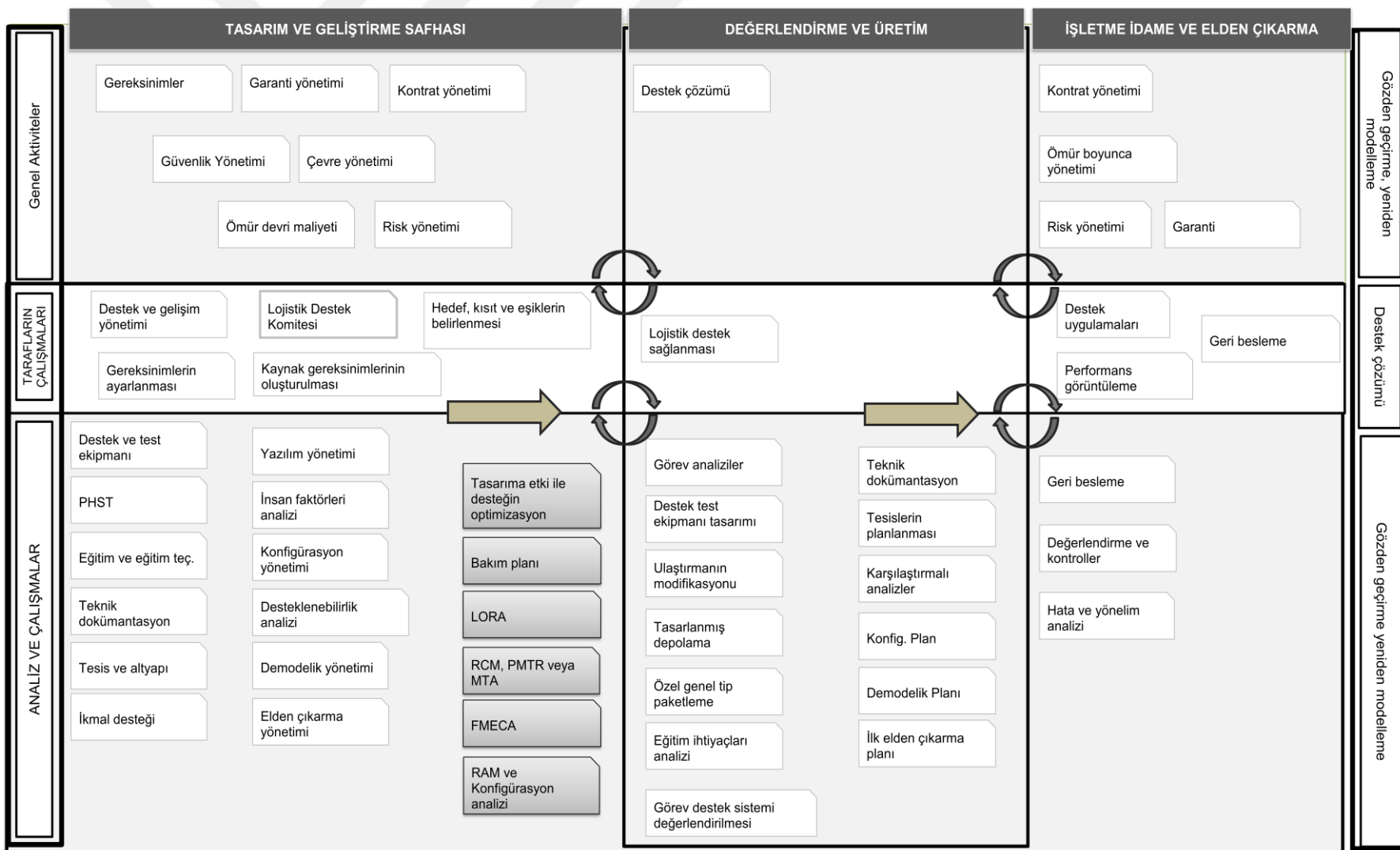
Hem genel içerik değerlendirmesi, hem de SWOT analizi ile belirtilen üç standart karşılaştırılmıştır. İçerik bakımından incelendiğinde Mil-Std-1388 standardının neredeyse tüm standartların temelini oluşturduğu görülmekle beraber, artık kullanım alanı oldukça azaldığı değerlendirilmiştir. İçerisinde yer alan analizlerin her biri ayrı uzmanlık alanları olan LDA süreci içerisinde artık durdurulmuştur ve güncellenmemektedir. Def 00.600 standardı ise son on yıllık süre içerisinde kullanılmış ve birçok ihtiyacı karşılayacak seviyede olduğu görülmüştür. Ancak bu standardın genel olarak kullanım alanı, diğer standartlar göre daha lokaldir. Ayrıca uygulamanın teorik kısmı ve planlama kısmı detaylıca anlatılmış olmasına rağmen uygulama anlamında kullanıcılara çok yardımcı olmamaktadır. SX000i spesifikasyonu ise gerek örnek kullanım, gerekse uygulayıcıların çok olması açısından oldukça önemli bir standarttır.

Bu standartları SWOT analizi gözü ile incelediğimizde; Mil-Std-1388 standardının, diğer standartlar için temel olsa da, güncel olmadığı ve uygulama alanının kısıtlı olduğunu görülmektedir. Def 00.600 standardının az kullanım alanı olduğu ve güncel uygulamalar uzak olduğunu, SX000i spesifikasyonunu ise uygulamak dil, güncelleme ve bu işlemlerin tamamının elektronik ortamda yapıldığını tespit edilmiştir.

Yapılan değerlednrimde sonucunda SX000i standardının hem konu bütünlüğü, kapsama alanı ve anlatım dili ile hem de SWOT analizinde de yer alan kuvvetli tarafları ve avantajları ile önde olduğu söylenebilir. Ayrıca dili, kullanıcıyı özgür bırakması, sıkı kurallardan oluşmaması da önemli artılarından. Özellikle kullanıcı tarafların gün geçtikçe artması ve bu anlamda tarafların önde gelen ülke ve firmalar olması bu standardın önümüzdeki yıllarda daha yoğun kullanılacağını göstermektedir.

Bu kapsamda LDA'nın kolay anlaşılmasını sağlamak amacıyla Şekil-10'da örnek bir ELD modeli oluşturulmuştur. Bu kapsamda özellikle standartlarda yer alan gösterimler arasından, Def 00.600'ün tam gösterimi oldukça karmaşık iken, SX000i'nin gösterimi daha sade ve detaydan uzaktır. 1388-1A'nın gösterimi de artık güncelliğini yitirmiştir. Oluşturulan bu model ile LDA sürecinin safhaları, bu safhalarda uygulanan analizler, tarafların görevleri belirli bir sıraya bağlı kalınmaksızın gösterilmeye çalışılmıştır. Bu analizlerin dijital ortamda ortak dili kullanarak gerçekleştirecekleri iletişim her yöne olabilir. Aşağıda belirtilen analizler temel düzeyde olup kullanıcılar tarafından özelleştirilebilir.

Şekil-10 Entegre Lojistik Destek Modeli



BEŞİNCİ BÖLÜM

LOJİSTİK DESTEK ANALİZİ ve UYGULAMASI

Sistem veya ürün tedarikinde karar verilirken genellikle yapılan hata, alıcı tarafın ürün seçiminde en çok satın alma maliyetine önem vermesidir. Ömür devri ve ELD'nin içerisinde bulunan diğer kalemler bu analize dahil edilmeyerek kötü bir tedarik kararı alınmış olur. Bu kapsamda ELD elemanları ve ömür devri maliyeti sürekli kontrol altında tutularak karar verilmelidir ve bu kararın verilmesinde LDA çok önemlidir. ELD'nin merkezi olarak sayılabilecek LDA, sistemi kullanılabilir tutmaya çalışan, tasarım etkileyerek sistemi ve desteği etkin maliyet ile sürdürmeye çalışan planlı serilerden oluşan bir süreçtir ve içerisinde ELD için süreç boyunca kullanılacak olan analiz ve metotların birbirleri ile olan ilişkilerini incelemektedir.

5.1. LOJİSTİK DESTEK ANALİZLERİNİN AÇIKLANMASI

Bu çalışmada LDA analizi içerisinde önemli yer tutan ve veri ile diğer analizleri etkileyen ve üç standartta da yer alan, temel analizler üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda öncelikle tasarıma etki (RAM) analizleri, müteakiben hasar modları ve kritiklik analizi (FMECA), bakım görevleri analizi (MTA) ve bakım seviyeleri analizi (LORA) açıklanmıştır. Önceki bölümde yapılan karşılaştırma sonucunda SX000i standardının diğer standartlara nazaran daha önde olduğu ve bu standartların genel olarak geliştirilmesinin uygun olarak değerlendirileceği tarafları açıklanmıştır. Bu bölümde bu uygulamaların açıklamalarının yanı sıra, örnek senaryo dahilinde bir uygulama yapılmıştır. Bu analizlerin uygulanması kadar bu analizlere yönelik kayıtların tutulması, kaynakların belirlenmesi, fazla üretimin önüne geçilmesi, farklı verilerin kullanılmasının önüne geçilmesi ve uygun analizlerle geri dönüşümün alınabilmesi için oldukça önemlidir. Bu analizlerin ilki tasarıma etki içerisinde yer alan analizlerdir.

5.1.1. Tasarıma Etki

Konfigürasyon Yönetimi: Ürünün ve bileşenlerinin daha iyi şekilde anlaşılması için tasarım aşamasında oluşturulan önemli bir süreçtir. Çünkü bu basamaktan itibaren tüm faaliyetler ve hesaplamalar genel olarak ürünün kırılım yapısı üzerinden hesaplanmaktadır. Bu yüzden kırılımın doğru seçilmesi ve doğru uygulanması önem arz eder. Literatürde farklı kırılım modelleri mevcuttur (Rajiv, 2006). Özellikle RAM değerlerinin tespit, tüm sistem değerlerinin hesaplanması, buna göre arıza etkilerinin

ve bakım görevlerinin ortaya konulması ve hatta eğitim, destek malzemesi, yedek parça ve ikmal desteğinin hesaplanması gibi konuların doğru bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolü için basamak oldukça önemli bir adımdır. Konfigürasyon yönetiminin uygulanmasındaki amaçlar, çok detaylı ve farklı alanlarda yer alsa da, genel olarak şu şekilde sıralanabilir:

- Ürünün yapısının doğru şekilde anlaşılması
- Ürünün donanımsal parçaları ile dağıtılmış-üretilmiş parçalarının ilişkilerinin açık olması
- İstenen yazılım ile ortaya çıkan yazılımın ilişkilerinin doğru olması
- Uygun seviyede detay
- Ürün varyans ve konfigürasyonun tanımlanması
- Ürün kırılım Türleri (fonksiyonel ve fiziksel, bunların versiyonları)

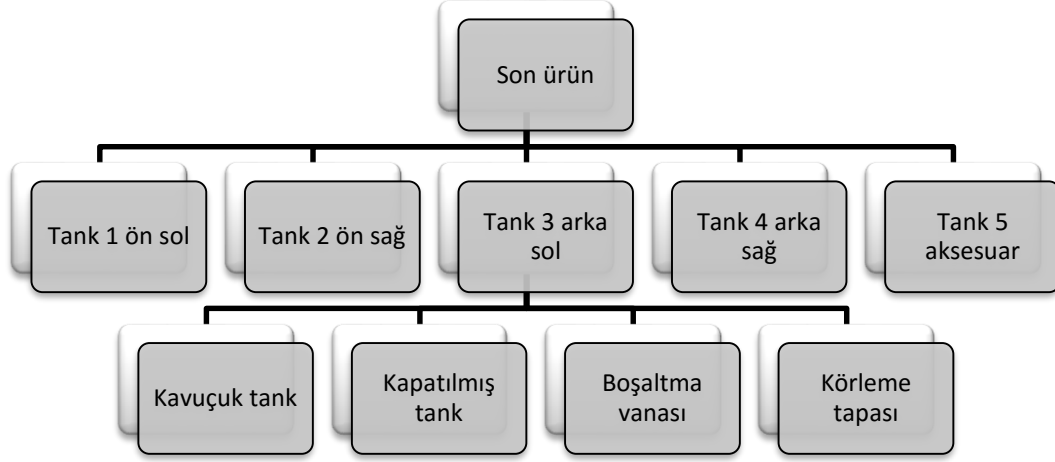
Fonksiyonel Kırılım: Daha çok ürünün fonksiyonel özellikleri dikkate alınarak uygulanmaktadır, örneğin:



Şekil-11 Fonksiyonel Kırılım (S3000L)

Benzer örnek olarak bir uçağın, iniş-kalkış sistemleri, taşıma, emniyet, yönetim, yakıt, uçuş, haberleşme sistemleri gibi alt sistemlerine ayrılması fonksiyonel kırılıma örnektir. Böylece her bir parçanın tüm ürün içerisinde hangi göreve yönelik kullanıldığına karar verebiliriz. Ancak bu durum her zaman tüp elemanların doğru olarak tanımlanmasına olanak vermeyebilmektedir.

Fiziksel Kırılım: Genellikle ürünün fiziksel özellikleri dikkate alınarak uygulanan kırılımdır, örneğin:



Şekil-12 Fiziksel Kırılım (S3000L)

Fiziksel kırılımla da parça, alt parça ve diğer sistemler örnekte olduğu gibi tanıtmaya çalışılmaktadır. Sistemin fiziki yapısına göre bir tanımlama yapılmaktadır. Hem fonksiyonel hem de fiziksel kırılım her zaman istenildiği gibi parçaların tanımlanmasını karşılamayabilirler. Örneğin bir tankın cer dışlisinin, güç grubuna mı, palet grubuna mı dahil edileceğine karar vermek oldukça önemlidir. Çünkü her iki durumda da kırılıma göre RAM hesaplamaları, ilgili gereksinimler ve sistem tasarımı farklı şekilde değerlendirilebilmektedir. Bazı durumlarda, her iki kırılımı da karşılayacak kombine yaklaşımlar kullanılabilir (S3000L , 2014).

LDA'nın tasarıma etki etmesindeki temel amaç lojistik destek kaynak gereksinimlerinin tanımlanması ve en maliyet etkin destek konseptinin sağlanmasıdır. Maliyet etkin şekilde bunun erken aşamada yapılması lojistik desteğin de düşünülmesini sağlar. Tasarımı etkileyecek şekilde birçok değerlendirme yapmak mümkündür, bunlar:

- i. Hazır bulunuşluluk,
- ii. Güvenilirlik,
- iii. İdame edilebilirlik,
- iv. Test edilebilirlik,
- v. Göstergeler, belirtiler,
- vi. Standardizasyon,
- vii. Birbirleri arası değiştirilebilirlik,
- viii. Çevre değerlendirmeleri,

- ix. İnsan faktörü ve ergonomi,
- x. Demodelik,
- xi. Desteklenebilirlik,
- xii. Maliyet etkinliği.

Tasarıma etki elementi içerisinde yer alan analizlerin başında RAM analizleri gelmektedir. Bu kapsamda yukarıda sayılan maddeler sırasıyla açıklanmaktadır

5.1.1.1. RAM Analizleri

Bir sistemin ne kadar zamanda bir arıza vereceği, bu arızaların ne kadar zaman tamir edileceği, ihtiyaç duyulan personel, yedek parça, işçilik süresi tasarım aşamasından itibaren hesaplanmalıdır. Bu sürelerin tüm sistemin ömür devri boyunca sistemin genel işleyişini ve ömür devri maliyetini nasıl etkileyeceği gibi hususların ürün ömür devri boyunca tekrar tekrar hesaplanmaları gerekebilir. Bu konuyla ilgili hesaplamalar RAM (R: Güvenilirlik, A: Hazır bulunuşluluk, M: İdame edilebilirlik) analizleri ile yapılmaktadır. Böylelikle hızlı, kolay ve minimum maliyetli onarımlar hedeflenmektedir. Bu kapsamda iki önemli kavram bulunmaktadır:

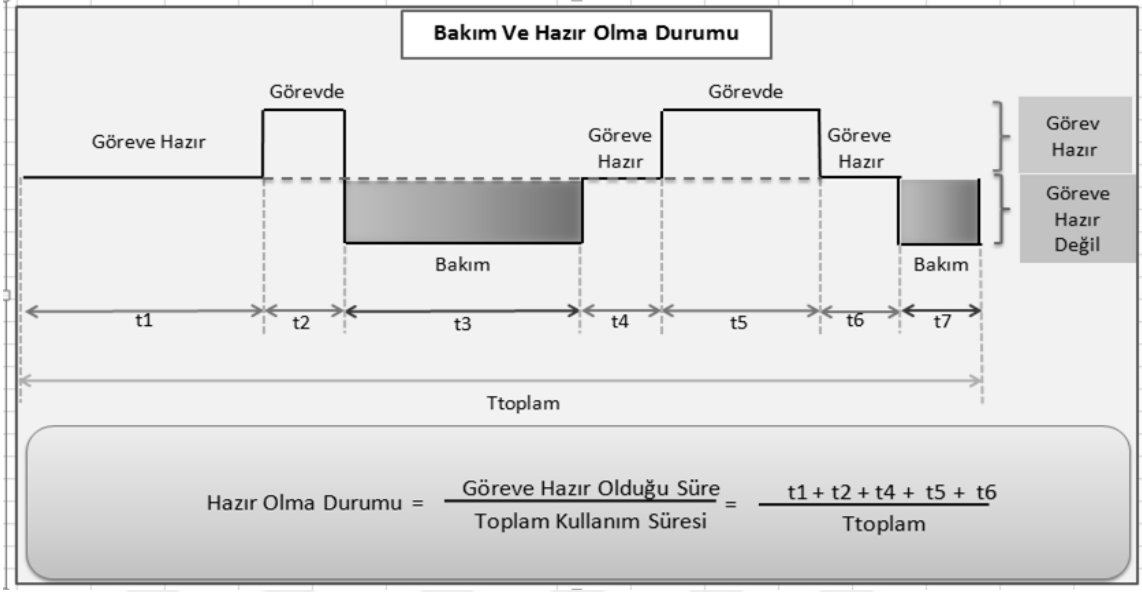
- Arıza oranı (λ): birim zamanda gözlenen arıza sayısıdır
- MTBF: Bir parçanın çalışmaya başladığı andan itibaren ortalama ne kadar zaman sonra arızalanacağıdır. Arız oranı ile MTBF (arızalanıncaya kadar geçen ortalama süre) arasında ters orantı vardır.

5.1.1.1.1. Hazır bulunuşluluk (A)

Hazır olma kavramı genel olarak tamir edilebilen ve sürekli çalışır durumda bulunması gereken sistemler için kullanılır. Sistemlerin, genel olarak çalışır veya bozuk olma durumlarını rastgele bir zamanda oranlayarak, hangi yüzde ile hazır bulunduğunu gösterir. Diğer bir deyişle belirlenmiş koşullarda, sistemin herhangi bir zamanda düzgün çalışma olasılığıdır ve “Acaba bu sistem herhangi bir zamanda hangi yüzde ile görevini yerine getirmektedir?” sorusuna cevap verir. Hazır olma genel olarak güvenilirlik ve idame edilebilirlik değerlerinin ortak bir şekilde değerlendirildiği bir kriterdir. Genellikle bu kriterden yola çıkılarak sistemin güvenilirlik ve idame edilebilirlik değerlerine veya hedeflerine ulaşılabilir. Bakım hazır olma ve göreve hazır olmama durumları Şekil-13’de gösterilmiştir (Bakıryol, 2009).

Sistemler ömür döngüsü içerisinde hazır, görevde, bakımda veya arızalı olma durumlarına göre kendi görevlerini icra edebilirler veya edemeyebilirler. Zaten hazır olmanın amacı sistemlerin yukarıda gösterildiği gibi çalışır veya çalışmaz durumlarını

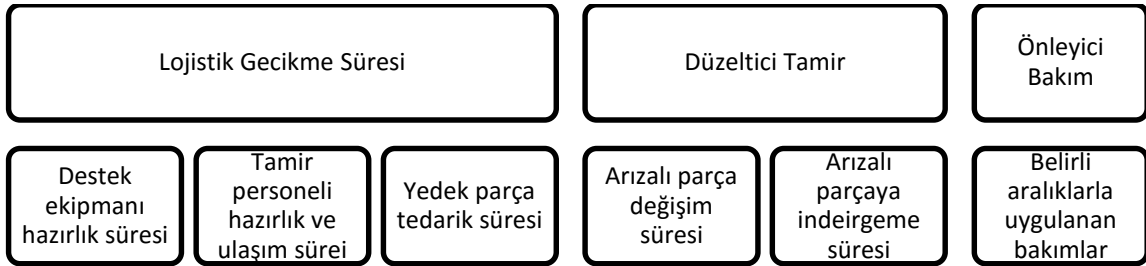
hesaplayarak o esnada ne oranla görevlerini yerine getirip getiremeyeceğini göstermektedir.



Şekil-13 Bakım ve Hazır Bulunuşluluk Durumu

Hazır olma durumuna farklı süreler dahil edilerek hesaplanabilir. Burada sistemin, parçanın veya organizasyonun kendi durumuna göre hangi zamanları görevde, hangi zamanları görev dışı olarak değerlendireceği veya bu sürelerin hangilerinin hesaplamalara dahil edileceğine karar verilmesi önemli bir husustur. Bu kapsamda hazır olma durumlarını kazanılmış hazır olma, görevsel hazır olma ve mevcut hazır olma durumu olarak üçe ayrılır ve aşağıdaki gibi gösterilebilir (Jones, 1994).

$$\text{Hazır Olma (A)} = \frac{\text{GÖREVE HAZIR}}{\text{GÖREVE HAZIR} + \text{GÖREVE HAZIR DEĞİL}} \dots\dots\dots(1)$$



Şekil-14- Hazır Olmama Durumları

- Doğal Hazır Olma Durumu (A_i):
 - İlgili parametre tahmini MTBF (arızalar arası ortalama süre) ve MTTR (ortalama tamir süresi) değerleri ile hesaplanır

- Bakım yapıldığı süre olarak sadece tahmin edilen düzeltici bakım zamanını katmaktadır.
- İdeal değeri gösterir.
- Kullanımdaki hazır olma durumunun hızlı ve kaba tahmini için kullanışlıdır.

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots \dots \dots (2)$$

Örneğin bir detektörün arızalar arası ortalama süresi 1000sa. ve ortalama tamir süresi de 1 saat ise: (MTBF= 1000 saat, MTTR= 1 saat)

$$A_i = \frac{1000}{1000 + 1} = 0.999 \text{ olarak hesaplanır}$$

o Başarılmış Hazır Olma Durumu (A_a)

- Sadece bakımın yapıldığı süreleri (düzeltici ve önleyici bakım) kapsar
- Tedarik ve bakım ile ilgili diğer süreleri parametrelerini hesaba katmamaktadır
- Sistem donanım hazır olma açısından A_o'ya göre daha iyi bir değer verir.

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + MTTR^*} \dots \dots \dots (3)$$

Örneğin bir detektörün ortalama bakımlar arası süresi 850 sa. ve ortalama tamir süresi de 1,5 saat ise:

MTBM= 850 saat, MTTR= 1,5 saat ve MTTR*: Düzeltici ve programlı bakım;

$$A_a = \frac{850}{850 + 1,5} = 0.9982 \text{ olarak hesaplanır}$$

o Görevsel Hazır Olma Durumu (A_o)

- Tüm bakımla ilgili zamanları ve aktiviteleri kapsamaktadır
- Gerçek hayatta yer alan lojistik ve idari gecikmeleri hesaba katmaktadır.
- İşletim bakım ve desteği kapsayan en iyi ölçüttür ve hazır olma durumunun en anlamlı ölçüsüdür.

$$A_o = \frac{OT + ST}{OT + ST + TCM + TPM + ALDT} \dots \dots \dots (4)$$

Ör:

OT:	Yıllık İşletim Süresi	600
ST:	Yıllık hazırda bekleme süresi	1800
TCM:	Toplam düzeltici bakım süresi	200
TPM:	Toplam önleyici bakım süresi	52

$$A_o = \frac{600+1800}{600+1800+200+52+260} = 0,824$$

5.1.1.1.2. Güvenilirlik (R)

Güvenilirlik, Bir malzemenin belirli şartlar altında önceden belirlenmiş bir süre için kendi fonksiyonunu yerine getirme olasılığıdır. "Bu sistem arıza yapmadan daha ne kadar süre çalışır?" sorusunun cevabıdır. Belirli koşullar altında ürünün hatasız (failure-free) olma süresi ya da olasılığı. Ya da ürünün belirli koşullar altında kendinden istenen performansı ortaya koyabilme olasılığı da denilebilir.

Örneğin, termal bir detektörün MTBF'inin 2000 saat olduğunu düşünülürken, senede 10 saat kullanılan bir detektör için yıllık yedek parça tutma ihtiyacı ve düzeltici bakım ihtiyacı kısıtlıdır, ama yılda 4000 saat kullanılması gerekiyorsa 2 adet yedek parça tutulması ve 2 kez düzeltici bakım yapılması gerekmektedir.

Sistemlerin ömürleri içerisinde arızaların yoğunlukta olduğu dönemlerin gösterimi kuvvet eğrisine benzetilmektedir. Hemen hemen tüm sistemler erken dönemler ile yaşlanmaya yakın sürelerde olduğundan daha fazla hata verirler (Baylakoğlu, 2012). Bu konuda genel olarak hata kuvvet eğrisi tabirine rastlanılmaktadır ve Şekil-15' teki gibi gösterilmektedir. Güvenilirliğin hesaplanması da belirtilen formülle yapılır. Her ne kadar birçok kaynakta arıza dağılımı logaritmik olarak gösterse de her ürünün kendi arıza dağılımı incelenerek, kendi ömrüne ve geri beslemelerden elde edilen verilere göre bu hesaplamaları gerekir. Ayrıca güvenilirlik hesaplamalarında ürün ömür devrinin hangi aşamasında olduğu da önemli bir konudur ve bu açıdan da farklı dağılımlar göstermektedir (Örnek, (Jeasu Jeon, 2015)(Handbook, 1998)).

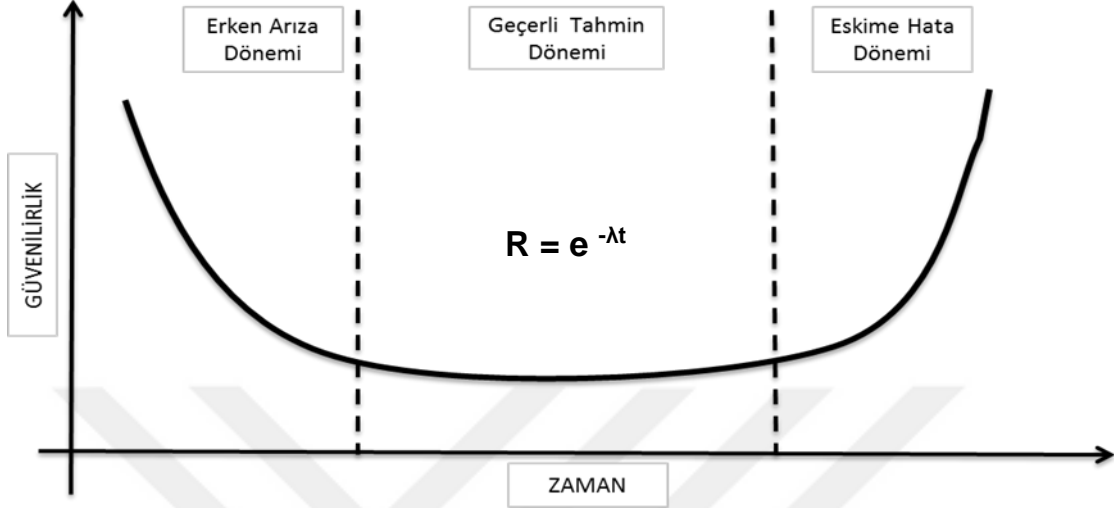
Güvenilirliğin sağlanması tasarım aşamasında genelde tecrübi olarak uygulanmakta olup bu hususa güvenilirlik dağıtımı denilmektedir (Jones, 1994). Güvenilirlik sistemin işleyişinde önemli olmakla beraber, bazı durumlarda güvenilirliğin geliştirilmesi gerekebilmektedir. Piyasa koşullarında her zaman istenilen düzeyde parça bulunamayabilir. Bu durumda sistemlerin güvenilirlikleri özellikle elektronik ürünler için, farklı bağlama yöntemleri, sistemleri uygun kutulanması, sıcaklık ve kalite gibi faktörler ile artırılabilir (Handbook for reliability test methods, 1986). Bu kapsamda seri bağlı olan sistemlerin güvenilirlikleri çarpılarak (Frohne, 2007);

$$(R_1 * R_2 * \dots * R_n) \dots \dots \dots (5)$$

şeklinde hesaplanırken, paralel bağlı devreler genelde

$$(1 - (1/R_1) * (1/R_2) * \dots * (1/R_n)) \dots \dots \dots (6)$$

şeklinde hesaplanabilmektedir.



Şekil-15 Güvenilirlik (Baylakoğlu, 2012)

5.1.1.1.3. İdame Edilebilirlik (M)

Güvenilirlik sistemin hatasız olmasını sağlamak için tasarıma girdi sağlarken, idame edilebilirlik hatanın oluşması durumunda, bu hatanın minimum süre zarfında giderilmesi için belirlenen esasların tasarıma yansıtılması için yürütülmektedir. Sistemin hazır olma hedeflerinden ve var olan benzer sistemlerden yola çıkarak üst seviyede yıl içinde ne kadar toplam bakım gerektiği hedef olarak belirlenebilir. Bu hedef alt sistemlere güvenilirlik analizlerinde olduğu gibi yansıtılabilmektedir. (Keşli, 2009)

İdame, belirlenmiş seviyede bakım yapılırken yetenekli personel tarafından belirlenen teçhizat, kaynak ve prosedür ile bakım yapılırken, sistemin tekrar belirlenen koşullara getirilmesi kabiliyetidir. Bu kabiliyet çevre koşullarına göre de hassasiyet gösterir. Bir ürünün değiştirilmesi veya tamir edilmesi gibi hususlar, farklı süreler oluşacağından farklı karakteristikler meydana gelmektedir. Bu kapsamda MTTR (Ortalama Bakım süresi) kavramı sıklıkla kullanılır. MTTR sistemdeki tüm alt sistemlerin belirlenen görev süresi içerisinde ihtiyaç duyacağı düzeltici bakım süreleri toplamının, tüm alt sistemlerin arıza oranları toplamına bölümü ile hesaplanmaktadır.

Örneğin MTTR hesabı için bir tankın düzeltici bakım süresi = 4 (motor) + 7,2 (atış kontrol) + (Kule 5,6) + .. = 100 saat. Kullanımda 20 tank olduğunu farz ederek 100*20 = 2000 saat düzeltici bakım gerekeceği hesaplanabilir. Günde bir personelin 8

saat bakım yapabildiğini ve yılda 200 gün çalışabildiğini farz ederek 20 tank için yılda yaklaşık 2 personelin sadece düzeltici bakım için gerekeceği hesaplanabilmektedir. Benzer hesap yöntemleri ile ne kadar yedek parça gerekeceği, ne kadar destek ekipmanı, teçhizat gerekeceği gibi ELD elemanlarına girdi olacak verilere ulaşılmaktadır.

5.1.1.1.4. Diğer Tasarıma Etki Faktörleri

Test edilebilirlik, zamana bağlı olarak, hataların yerini kesin şekilde belirleyen ve buna göre sistemin durumunu gösteren bir tasarım karakteristiğidir. Dikkatlice hazırlanmış bir test sistemi hataların tespitinde harcanan eforu azaltırken, sistem fonksiyonelliğini doğrulama da fayda sağlamaktadır.

Teşhis parametreler bakım veya tamir ihtiyaçlarının belirlenmesinde kullanılabilir. Fonksiyonu sistemin sağlık durumunun sürekli bilinmesini sağlamaktır. Böylelikle kritik hatalardan kaçınılabilmektedir.

Genellikle özel teçhizat kullanmak, standart teçhizat kullanmaktan daha maliyetlidir. Standardizasyon var olan parçaları kullanmak sistemde tasarım ve geliştirme maliyet ve sürelerinde azalma yaratır. Ayrıca sistemin olgunluk, bilinirlik, mobilitesini artırır, lojistik ayak izi, geliştirme zamanı gibi değerlerin azalmasını sağlamaktadır.

Ürünlerin arasında parçaların değiştirilebilir olması tavsiye edilen bir durumdur. Kullanım esnekliği böylelikle artarken, yedek parça miktarı da azalmış olmaktadır. İstek ve gereksinimleri karşılayacak şekilde ilk safhadan itibaren kurulmalıdır.

Teçhizatın seçimi ve tasarımını, nem sıcaklık, rutubet, tuzluluk gibi etmenler etki etmek olup bu operasyon ve bakım çevrelerinin değerlendirilmesi gerektiğini gösterir. Çevresel değerlendirmeler açısından ürünün depolanması, parçalanması veya birleştirilmesi ve nakliyesi gibi hususlar değerlendirilmelidir. Ayrıca kimyasal materyalin çevreye olan etkisinin değerlendirilmesi de önemli bir konudur.

İnsan faktörü ve ergonomi hususları da tanımlanmalıdır. Teknisyen ve operatör için cihaz ulaşılabilir olmalıdır. Analizinde sanal gereçler de kullanılabilir. Özellikle kimyasal teçhizat da aynı zamanda insan sağlığına ve çevreye zarar verebileceğinden durumunun değerlendirilmesi gerekmektedir.

Tasarım aşamasında bu demodelik değerlendirilmelidir. Tekrar tasarım, modernizasyon, yada yerine başka ürüne bırakması gibi seçenekler önceden değerlendirilmez.

Desteklenebilirlik, ürünün kullanımı ve sürdürülebilir olması için yeterli miktarda kaynağın sağlandığı gösteren ölçüdür.

Tüm analizler bir şekilde sistemi ve dolayısı ile maliyetleri optimize etmeyi amaçlamaktadır. Yazının bu kısmına kadar tasarıma etki faaliyetleri anlatılmıştır, tasarlanan ürünün muhtemel arızalarının tespit edilip değerlendirilmesi gerekmektedir. Bir yandan sistem etkinliği içerisinde ürün performansına yönelik tasarımlar oluşturulurken, bu tasarımların idame edilebilir olması, isterleri lojistik anlamda karşılayabilmesi amaçlanmaktadır. Diğer yandan da bu tasarım çalışmalarının aynı zamanda maliyetlerini kontrol altında tutmayı hedeflemektedir. Bu alanların optimize edilmesi, eş zamanlı ve ver ortak amaçla kullanılmasını amaçlar. Bu amaca yönelik olarak ardı ardına veya eş zamanlı bazı uygulamaları ve analizleri içerir. Bu analizlerin ilk hata modları kritiklik analizi (FMECA)'dır denilebilir. Ancak bu analizlere başlamadan önce aşağıda gösterilen basamakların uygulanarak analizlere uygun adayların seçilmesi gerekir. Kısaca öncelikle LDA gerektiren adaylar belirlenir, müteakiben bu adaylara FMECA adımları uygulanır. Süreç Şekil-16'da gösterilmiştir.



Şekil-16 LDA Süreci Başlangıcı

Adayları seçmek yerine elbette tüm analizlerin sistemlerin el küçük parçasına kadar uygulanmasında fayda vardır ancak bu analizlerin de uygulanmasının mali anlamda bir karşılığı vardır ve efor harcamayı gerektirir. Özellikle 10000'lerce parçaya sahip sistemlerde bu analizlerin parçaların tamamına uygulanması LDA'nın amacı ile ters düşebilmektedir. Bu yüzden yukarıdaki şekilde belirtilen adımlar elde edilen veriler bir tablo ile aşağıdaki gibi (Çizelge-9) birleştirilerek sonuca varılması mümkündür. Bu kapsamda parçanın tanımlanması, bu konuyla ilgili sorular ve kullanıcıyı analiz gerektiren gerektirmeyeceğini içeren tablo verilmiştir. Uygulanan ürüne ve diğer koşullara göre bu sorular değiştirilebilir veya detaylandırılabilir.

Çizelge-9 LDA Adaylarının belirlenmesi (S3000L)

Tasarım tanımlama numarası	Parça İsmi	Karar verici sorular				Analiz gerektiren aday mı?	Açıklama
		Hata ürünün güvenliğini etkiler mi?	Hatanın çevre ciddi bir etkisi var mı yada yönetmeliklere aykırı mı?	Hata görev kapasitesini etkiliyor mu?	Hata ciddi bir ekonomik etki yaratıyor mu?		
TBO	Ürün parça A	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	
TBO	Alt sistem 1	Hayır	Evet	Hayır	Hayır	Evet	
TBO	Alt sistem 2	Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Değerlendirir	Sözleşmeye bağlı karar
TBO	Alt sistem 3	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Değerlendirir	Sözleşmeye bağlı karar
TBO	Alt sistem 4	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Aday değildir

5.1.2. Arıza Modu Etkileri Ve Kritiklik Analizi (FMEA/FMECA)

Bir sistemin tüm potansiyel arızalarını ve arıza mekanizmalarını belirlemek, her potansiyel arızanın sistem güvenliği ve performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmek ve her arızayı kritikliğe göre sınıflandırmak için yapılan bir analizdir.

- FMECA parça arıza modu analizi,
- Görevin başarılması için her fonksiyonel ve donanım arızasının potansiyel etkilerini,
- Personel ve sistem güvenliğini,
- Sistem performansını,
- İdame edilebilirliği ve bakım gereksinimlerini içermektedir.

FMECA'nın birincil amacı: tüm ölümcül ve kritik arıza olanaklarının erken belirlenmesi böylece bunların tasarım düzeltmeleri boyunca elenmelerini sağlamak,

ikinci amacı ise tasarım etkinliğini onaylamak ve düzeltici bakım gereksinimlerini tanımlamaktır.

FMECA Kavramları

- Arıza modları: nasıl bozulur?
- Arıza nedenleri: ne bozar?
- Arıza etkileri: sisteme ne yapar?
- Arıza sıklığı: arıza ne sıklıkla gerçekleşir?
- Arıza kritikliği: işlemlere ve güvenliğe etkisi nedir?

Bu analizlerin tarihi İkinci Dünya Savaşı sonrası ABD ordusuna, askeri prosedürlere kadar uzanmaktadır. Daha sonraki atılımlarla kimya, uzay ve otomobil sektörlerinde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Kullanımın kolaylığı ve geniş teorik bilgiye ihtiyaç duymamasından dolayı oldukça popüler olmuştur. Genellikle parça ve ekipmanın analizi ile ilgilenir. FMEA analizi literatürde farklı alanlarda incelenir (Def00.60), bunlar:

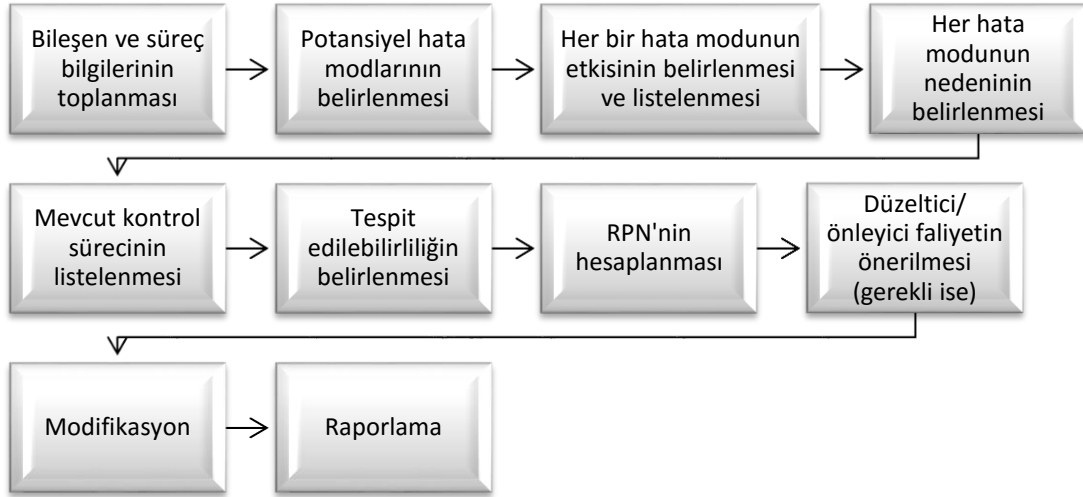
- Sistem FMEA: sistemin güvenilirlik, tamir edilebilirlik ve kalitesini arttırmayı amaçlar. Sistem ve alt sistemi analiz eder ve eksiklerden kaynaklanan potansiyel hata türlerini bulmaya çalışır.

- Tasarım FMEA: üretime başlamadan önce, tasarımdan kaynaklanabilecek hata türlerini analiz etmeye çalışır. Tasarım kalitesi, güvenilirlik ve tamir edilebilirliği arttırmayı hedefler. Sonucunda test kontrol yöntemleri ile potansiyel hatalar ile kritik ve önemli hususlara yönelik tedbirler alınır.

- Üretim (süreç) FMEA: Üretim ve montaj aşamasında doğabilecek hataları analiz etmek, düzeltici faaliyetleri belirlemek amaçlanmaktadır.

- Servis (kullanım) FMEA: Organizasyondaki aksaklıkların analiz edilmesinde yardımcı olmaktadır.

FMECA uygulanmasında genelde iki türlü yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar yukarıdan aşağı ve aşağıdan yukarı yaklaşımlarıdır. Yukarıdan aşağıya olan yaklaşımda genelde sistem tasarımı safhasının erken dönemlerine uygulanır. Tüm sistemin yapısına henüz karar verilmeden, ana sistem hatalarının bulunması ve bu alanlara yoğunlaşmak amacı ile gerçekleştirilir. Aşağıdan yukarıya olan yaklaşım ise genelde sistemin konseptine karar verildikten sonra uygulanır ve her bir alt sistem ve parçalar için teker teker analiz yapılmaktadır. FMECA'nın aşamaları farklı kaynaklarda farklı basamakları içerse de genel olarak adımlar şu şekilde gösterilmektedir (Şekil-17):



Şekil-17 FMECA Aşamaları (S3000L)

5.1.2.1. FMECA Tablosunun Hazırlanması

Sistemin sınırlarının belirlenmesi, ana sistem fonksiyonları ile görevsel ve çevre durumlarının değerlendirilmesi bu aşamada yapılır. Bu kısım konfigürasyon yönetimi başlığı altında açıklanmıştır. Bu bölümde mümkün olduğunca sistem hakkında verilerin toplanması ve varsa benzer sistemler ile karşılaştırılması yapılmaktadır. Burada yapılacak analizin seviyesinin belirlenmesi önemlidir. En son seviyede en küçük parçaya kadar analizlerde bulunmak elbette ki önemlidir, ancak bu durum ürünün farklı safhaların zaman veya efor israfına neden olabilir. Farklı FMECA tabloları bulunsa da genel olarak bu tablolar aşağıdaki içeriklere sahiptirler (Çizelge-10).

Çizelge-10 FMECA Örnek Tablo

Sistem:
Seviye:
Ref. Çizim:
Miyon:

Tarih:
Levha:
Derleyen:
Onaylayan

Parçanın tanımlanması			Arızanın tanımlanması			Arıza etkileri			Arıza oranı	Arızanın ciddiyeti	Risk azaltıcı ölçümler	Notlar
Ref. Nu.	Fonksiyon	Görevsel Mod	Arıza Modu	Arıza nedenleri	Arızanın tespiti	Lokal	Bir üst seviye	Son etkiler				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Çizelge-10'te yer alan kolonları şu şekilde açıklanabilir:

1. Ref.Nu.: Bu kolonda o parçaya has bir tanımlama numarası yer alır. Bu özel çizimler, etiketleme veya parçanın kendi adı olabilir.
2. Fonk.: Bu kolona sisteme ait tüm fonksiyonlar yazılır.

3. Görevsel Mod.: Kullanılan operasyonel modlar yazılır. Bunlar: boşta, hazır, çalışır gibi hususlar olabilir ve, örneğin bir uçak için, iniş, kalkış, taksi, yaklaşma, uçuş gibi modlar sayılabilir.

4. Arıza Modu: Operasyonel modlara göre potansiyel arıza modları listelenir.

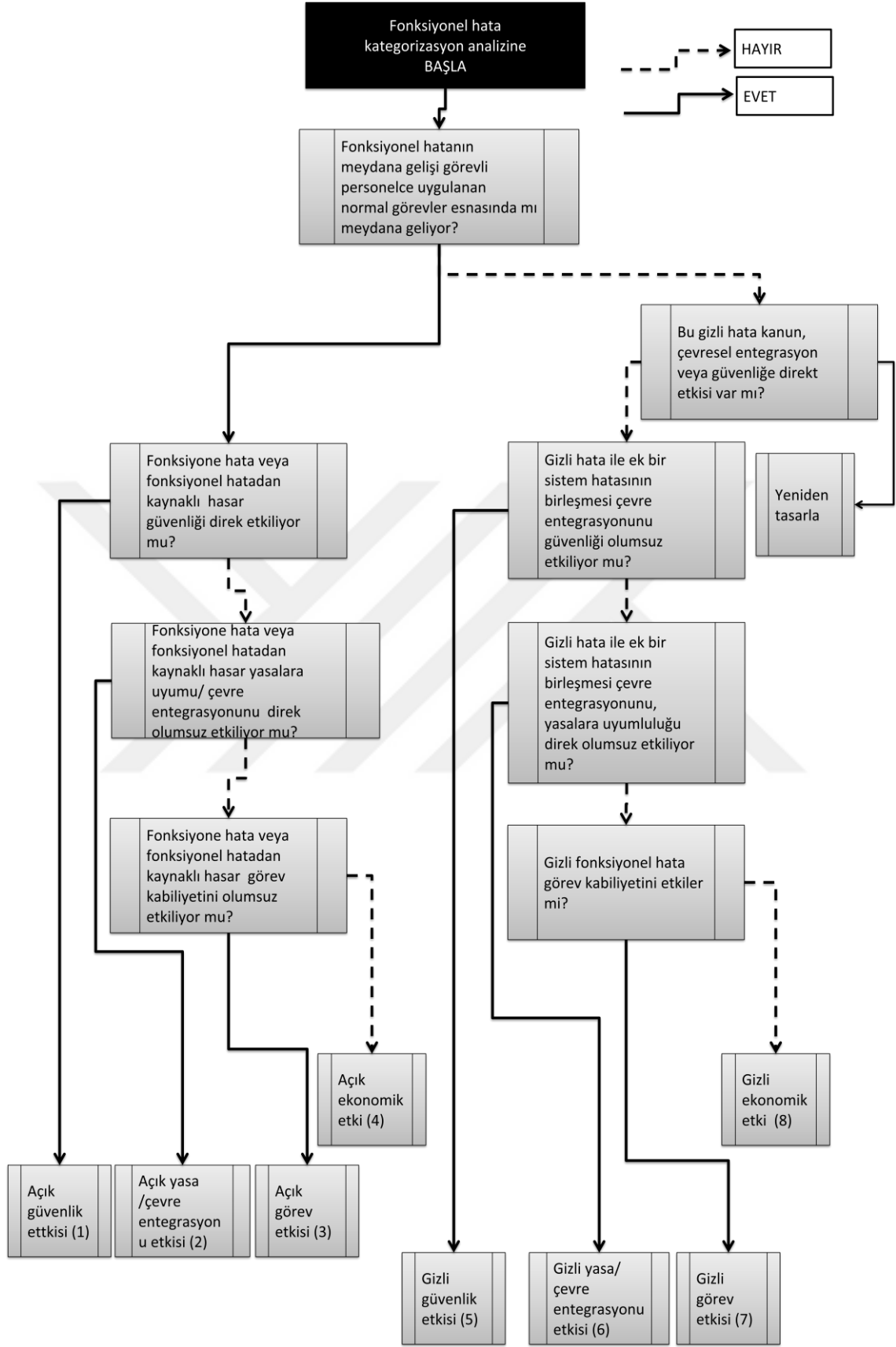
5. Arıza Nedenleri: Arızaya neden olabilecek sebepler bu kolona listelenir. Bu bazen mekanizmanın kendiliğinden kaynaklanabileceği pas, bozulma gibi hususlar olabileceği gibi, bazen de hatalı kullanım vb. sebeplerden kaynaklanabilir.

6. Arızanın Tespiti: Tanımlı olan arızanın tespitinin farklı olasılıkları olabilir. Bazı hatalar açık bir şekilde tespit edilebilirken bazı arızalar gizli olarak kalabilir. Bu durum tespiti için Şekil-18'deki gibi bir akış kullanılabilir. (S3000L , 2014).

Bu aşamada hataların öncelikle gizli mi yoksa açık hatlar olup olmadığı belirlenir. Müteakiben hataların güvenliği riske sokup sokmadığı, yasal mevzuat ve çevresel entegrasyonla uyumlu olup olmadığı, görev kabiliyetini etkileyip etkilemediği ve son olarak ekonomik olarak etkisinin varlığı gibi hususlar değerlendirilir. Akış şemasında belirtilen hususların karşılığı olan hususlara Çizelge-11'den (S3000L, 2014) bakılarak gereken tedbirler alınmalıdır.

		Fonk. Hata Nu:	Fonk. Hata Tespiti	Bakım görevi tipi seçimi veya yeniden tasarım gereksinimi	Açıklamalar
Güvenlik	Bakım görevi tipi seçimi	1-5	Açık	Uygun ve etkili bakım görev tipini veya kombinasyonunu seç	Her bir bakım görevi için bakım aralıkları belirlenmeli
	Yeniden tasarım	1-5	Gizli	Yeniden tasarım zorunlu	Hata fonsiyonu önleyici bakımla engellenemiyor
Yasa/ çevre entegrasyonu	Bakım görevi tipi seçimi	2-6	Açık	En etkili bakım görev tipini veya kombinasyonunu seç	Tavsiye edilen bakım aralıklarını harmonize et
	Yeniden tasarım	2-6	Gizli	Yeniden tasarım değerlendirilmeli	Yasa ve protokoller değerlendirilmeli
Görev	Bakım görevi tipi seçimi	3-7	Açık	En fazla iki adet uygulanabilir bakım görev tipini seç	Her bir bakım görevi için bakım aralıkları belirlenmeli Tavsiye edilen bakım aralıklarını harmonize et
	Yeniden tasarım	3-7	Gizli	Yeniden tasarım değerlendirilmeli	Müşteri talepleri ve kontrat hesaba katılmalı
Ekonomik	Bakım görevi tipi seçimi	4-8	Açık	En etkili ve uygulanabilir bakım görev tipini seç	Yok
	Yeniden tasarım	4-8	Gizli	Yeniden tasarım gerekli değil	Maliyet avantajlı analizler uygun olabilir

Çizelge-11 FMECA'nın Tasarım ve Bakım Etkilerinin Belirlenmesi



Şekil-18 FMECA Akış Diyagramı (ASD, 2014)

Bu safhadaki diğ er bir önemli husus da arızanın tespit edilip, edilememe ihtimalidir. Hataların açık veya gizli olması ile bu arızaları tespit edilebilmesi ihtimalinin değerlendirilmesi gerekir. Bazı arızalar tehlikeli olmadığı halde kolay tespit edilebilir olurken bazı arızalar da tehlikeli sonuçlar doğurmaları yanında çok zor tespit edilebilir olabilirler. Bunu da şu şekilde göstermek mümkündür:

Çizelge-12 Arıza Tespit Olasılığı

Sıralama	Tanımlama	Olasılık
1	Çok büyük olasılıklar arıza tespit edilecektir.	%80'den yüksek
2	Yüksek olasılıklar arıza tespit edilecektir.	%60-%80
3	Ortalama bir olasılıklar arıza tespit edilecektir.	%40-%60
4	Düşük bir olasılıkla arıza tespit edilecektir.	%20-%40
5	Arızanın tespit edilme ihtimali nerdeyse sıfırdır.	%20'den düşük

7-8-9. numaralı maddelerde hata modunun parçaya, üst parça/sisteme ve tüm sisteme olan etkisi incelenir:

7. Lokal etki: elemanın işletim yeteneklerine etkisi
8. Bir üst seviye etki: elemanın ara elemana bir üst seviyedeki etkisi
9. Son seviye etki: istenilen fonksiyonları gerçekleştirmek için tüm sistem yeteneklerine olan etkisini belirtmekte kullanılır.

10. Arıza Oranı: Arıza oranı tespit aşağıda (Çizelge 13) verilmiştir. Farklı parça, sistem ve safhalar için farklı arızalanma oranı çizelgesi uygulanabilir. Genel olarak literatürde logaritmik olarak hesaplamalar yapılmakla beraber farklı dağılımların uygulandığı arıza oranı tespitleri de sıklıkla görülmektedir. Burada kullanılan değerler projeye veya ürüne göre değişebilir.

Çizelge-13 Arıza Olma Olasılığı

Sıralama	Tanımlama	Olasılık
1	Arıza olma olasılığı çok düşük	0,0001 den küçük
2	Arıza olma olasılığı oldukça düşük	0,0001-0,0003 arası
3	Arıza olma olasılığı düşük	0,0003-0,001 arası
4	Arıza olma olasılığı ortalama	0,001-0,002 arası
5	Arıza olma olasılığı ortalama üstü	0,002 den büyük

- Seviye 1 (Olasılığı Çok Az): Parçanın meydana gelme ihtimali esas itibarıyla sifıra yakın olan bir hatadır. Olasılığı toplam hata olasılığının 0.0001'den az olan meydana gelme olasılığı olarak tanımlanabilir.

- Seviye 2 (Uzak): Parçanın meydana gelmesi uzak bir ihtimaldir. Uzak olasılık toplam hata olasılığının 0.0001- 0.0003 değerleri arasında meydana gelme olasılığı olarak tanımlanabilir.

- Seviye 3 (Ara Sıra): Parçanın çalışması sırasında ara sıra meydana gelme ihtimali bulunmaktadır. Ara sıra olasılığı, toplam hata olasılığının 0.0003-0.001 değerleri arasında meydana gelme olasılığı olarak tanımlanabilir.

- Seviye 4 (Oldukça Olası): Parçanın çalışması sırasında oldukça olası derecede meydana gelme ihtimali bulunmaktadır. Olası ifadesi, toplam hata olasılığının 0.001-0.002 değerleri arasında tek hata modu meydana gelme olasılığı olarak tanımlanabilir.

- Seviye 5 (Sık): Parçanın çalışması sırasında arızanın yüksek bir meydana gelme olasılığı vardır. Tüm hata olasılığının 0.002' den daha büyük tek hata modunun meydana gelme olasılığıdır.

11. Arızanın Ciddiyeti: Her arıza modu yapmış olduğu etkilerin ciddiyetine göre tasnif edilir. Etkinin ciddiyeti arızanın olası en kötü sonuçlarını dikkate alır. Bu sonuçlar arızanın insanlarda ve parçada yapmış olduğu hasarı ve bu hasarın sonucu olarak sistemde ortaya çıkabilecek durumu değerlendirmektedir. Düzeltici işlem önceliklerinin belirlenmesine bir temel sağlamak üzere her bir arıza moduna arıza ciddiyetini gösterir sınıflandırmalar tahsis edilir. Arızanın ciddiyeti arıza sonucunda olabilecek en kötü senaryoyu içerir. Farklı sınıflandırmalar yapılabilmekle beraber, örneğin önemlilik kategorisi şu şekilde gruplandırılabilir:

a. Ölümcül: ölüme veya sistem kaybına sebep olabilecek bir arıza, personelin can kaybı, sistemin kaybı,

b. Kritik: ciddi bir sakatlığa, malda büyük hasara, sistemde görevin kaybedilmesiyle sonuçlanacak büyük hasara yol açabilecek bir arıza, personelin ağır yaralanması, sistemin misyon yeteneğini tamamen kaydetmesi,

c. Majör (3-4): küçük bir sakatlığa, malda küçük bir hasara, veya görevde gecikmeye, veya kullanım hazırlığının kaybına sebep olabilecek küçük dereceli bir arıza, yaralanma, sistemin misyon yeteneğinin azalması,

d. Önemsiz(4-5): bir sakatlığa, malda hasara, sistemsel hasara yol açacak kadar ciddi olmayan, ancak önceden programlanmamış bakıma ihtiyaç duyan bir arıza, önemsiz yaralanma, misyonu minimum bozma gibi hususlardır.

Çizelge-14 Arıza Sonuçları

Sıralama	Tanımlama	Farklı kaynaklarda
5	Arıza büyük istenmedik olay, sistemin çalışmaması, veya yasalara uyumsuzlukla sonuçlanır	Ölümcül
4	Arıza istenmedik olay, fonksiyonun çalışmaması ile sonuçlanır	Kritik
3	Arıza müşteri memnuniyetsizliği veya bozulmalar ile sonuçlanır	Majör
2	Arıza hafif müşteri memnuniyetsizliği veya hafif bozulmalar ile sonuçlanır	Majör/ önemsiz
1	Arızanın müşterinin kolaylıkla fark edemeyeceği kadar küçük olması	Önemsiz

12. Risk azaltıcı önlemler: sistemi eski haline getirmek ya da ciddi durumları engellemek için muhtemel hareketleri içerir. Önlenemeyen arızaların azaltılması veya tasarım değişikliğine gidilmesi gibi durumlar da değerlendirilir ve kayda geçirilir.

13. Notlar: Bu kolon diğer kolonlarda yer almayan varsa diğer önemli hususları içermektedir.

5.1.2.2. Riskin Değerlendirilmesi

Risk matrisi: arıza modu ile alakalı fonksiyonun sıklığı ve potansiyel etkilerin karşılaştırıldığı ve görsel olarak ortaya konulduğu matristir (Çizelge-15).

Çizelge-15 Risk Matrisi

Sıklık/Ciddiyet	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

	Kabul edilebilir
	Değerlendirilmeli
	Kabul Edilemez

• RPN (Risk Priority Number) Metodu: Risk derecesine alternatif olarak kullanılan bu metodun olumlu ve olumsuz yaklaşımı ile ağırlıklandırılmış versiyonları mevcuttur.

$$RPN = P \times S \times D$$

P: Her bir zarar modu için olma ihtimali

S: Arızanın sonucun ciddiyet derecesi

D: Arızanın keşfedilme ihtimali

RPN formülü verilen tablolar ile uygulandığında bir değer elde edilir. Düşük RPN derecesi büyüğüne göre daha iyi bir değerdir ve bazı çalışmalar ile RPN değerinde düzeltmeler yapılabilir (Çizelge-16).

Çizelge-16 Risk Öncelik Numarasının (RPN) Düzeltilmesi

	P	S	D	PRN
Başlangıç	3	5	3	45
Değerlendirilmiş	2	5	3	30
RPN'de Düzeltme oranı:				33%

Tasarımı yapacak veya FMECA'yı uygulayacak ekibin yapılan bu değerlendirmeler sonucunda tasarımı değiştirmek, mühendislik güvenlik düzeltmeleri, güvenlik veya uyarı cihazları ile eğitim ve farklı süreçler ile tasarımsal gelişim gösterebilirler. Ayrıca bu konulara bakım görevlerin atanması da bu arıza hataların önlenmesi ya da azaltılması konusunda uygulanabilecek tedbirlerdir.

5.1.3. Tamir Seviyeleri Analizi (LORA)

LORA, maliyet tabanlı bakım optimizasyonunun temel enstrümanıdır. Tek başına uygulanabildiği gibi genelde LDA süreci ile birlikte uygulanmaktadır. Genellikle iki basamaklı olarak değerlendirilir, bunlar bakım yapılıp yapılmayacağına karar vermek ve hangi seviye de yapılacağına karar vermektir. Ekonomik ve ekonomik olmayan LORA olarak genelde kullanılır ve yönetilir. Ekonomik olan LORA'ya ELORA denir. ELORA ile ekonomik olmayan LORA'nın birbiri ardına kullanılması LORA aday sayısını da azaltmaktadır. ELORA'nın doğru şekilde uygulandığında, ve önemli tüm maliyetler hesaba katıldığında (insan gücü, destek malzemesi, eğitim, ulaşım vb.) uygun seviyede optimum bakım maliyeti hesaplanabilmektedir.

LORA genel olarak hangi seviyede ürün tamir edilecek, bakım yapılacak ve elden çıkarılacak kararlarının verilmesini içerir. Bu karar ekonomik olan veya olmayan kararlar içerebilmektedir. Kullanıcıya etkili ve dengeli bakım sonucu vermeye çalışır. Sonucunda bakım görevleri ve dolayısıyla eğitim, personel, tesis vb. elementlerin planlanması gibi hususlar planlanabilmektedir. Genel olarak teknik değerlendirme ve finansal dengeye bağlı olarak iki yaklaşımı vardır ve iki basamaktan oluşur:

- i. Analiz altındaki parçanın tamir edilip edilmeyeceği ya da elden çıkarma kararı,
- ii. Optimum bakım seviyesinin kararının verilmesi genel olarak sürekli devam eden bir süreç olup sistemin her daim optimal kalıp kalmadığı kontrol edilir.

Öncelikli olarak LDA adaylarından LORA uygulanacakların seçilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda:

- i. Matematiksel değerlendirmeler,
- ii. Tecrübi değerlendirme,
- iii. Basitleştirilmiş LORA,
- iv. İstatiksel değerlendirme,
- v. Simülasyon gibi yöntemlerle bu durum değerlendirilebilir.

Ayrıca bakımın tehlikeli olması, LORA'yla alakalı girdi sistemi, değerlerin iptal edilmesi, müşteri gereksinimleri, var olan bakım altyapısı, kontrat gereksinimleri gibi hususlar da değerlendirmeye katılmalıdır. Adayların belirlenmesinde şu hususlara dikkat edilmelidir:

- i. Genel olarak tasarım tamire müsait mi (evetse potansiyel ELORA adayı) ?
- ii. Parçanın bakımı belirli bir bakım seviyesi ile sınırlı mı (evetse uygun seviye ile sınırlandırılmalı) ?
- iii. Tasarım tamire izin vermiyorsa listeden çıkarılmalı.

LORA adayları belirlenirken tamir edilemeyen parçalar, tüketilen parçalar listeye dahil edilmez. Ayrıca bu parçalar maliyet, kod, bakım seviyesi gibi bazı etiketler altına gruplandırılabilir. LORA tarafından optimum bakım seviyesinin tanımlanmasında ekonomik faktörler maliyet, parça, destek ekipmanı, tamirin uygulanması, eğitim, tesis, personel gibi hususlar varken, diğer yandan ekonomik olmayan RAM değerlerinin değişimi söz konusudur. LORA'nın uygulanmasından önce analizlerde kullanılacak yedek parça, tesis, gerekli teşhis ekipmanı, personel ve eğitim gibi gerekli verilerin toplanması gerekmektedir. Parça hiyerarşisine arızanın fark edilmesi tespit, yerinin belirlenmesinde ürün kırılımı kullanılmaktadır.

Birim fiyatların belirlenmesi de önemli bir husustur. Bazı parçaların yedek parça fiyatı yüksek olduğundan tasarımda olduğunda farklı sonuçlara neden olabilir. Ayrıca bakımla alakalı maliyet verilerinin de toparlanması gerekmektedir. İlk ve yinelenen bakım maliyetleri bu verilere eklenmelidir. LORA'nın hesaplanmasında ayrıca aşağıdaki verilerinde değerlendirilmeye katılması gerekir (S3000L).

- Zaman ve süreç ile ilgili veriler,
- Güvenilirlik bilgileri,
- Düzeltici bakımın sıklığı,
- Planlı bakım aralıkları,
- Görev süresi,
- Hazır bulunurluk ile ilgili veriler,
- Stokla ilgili veriler,
- Genel bilgiler.

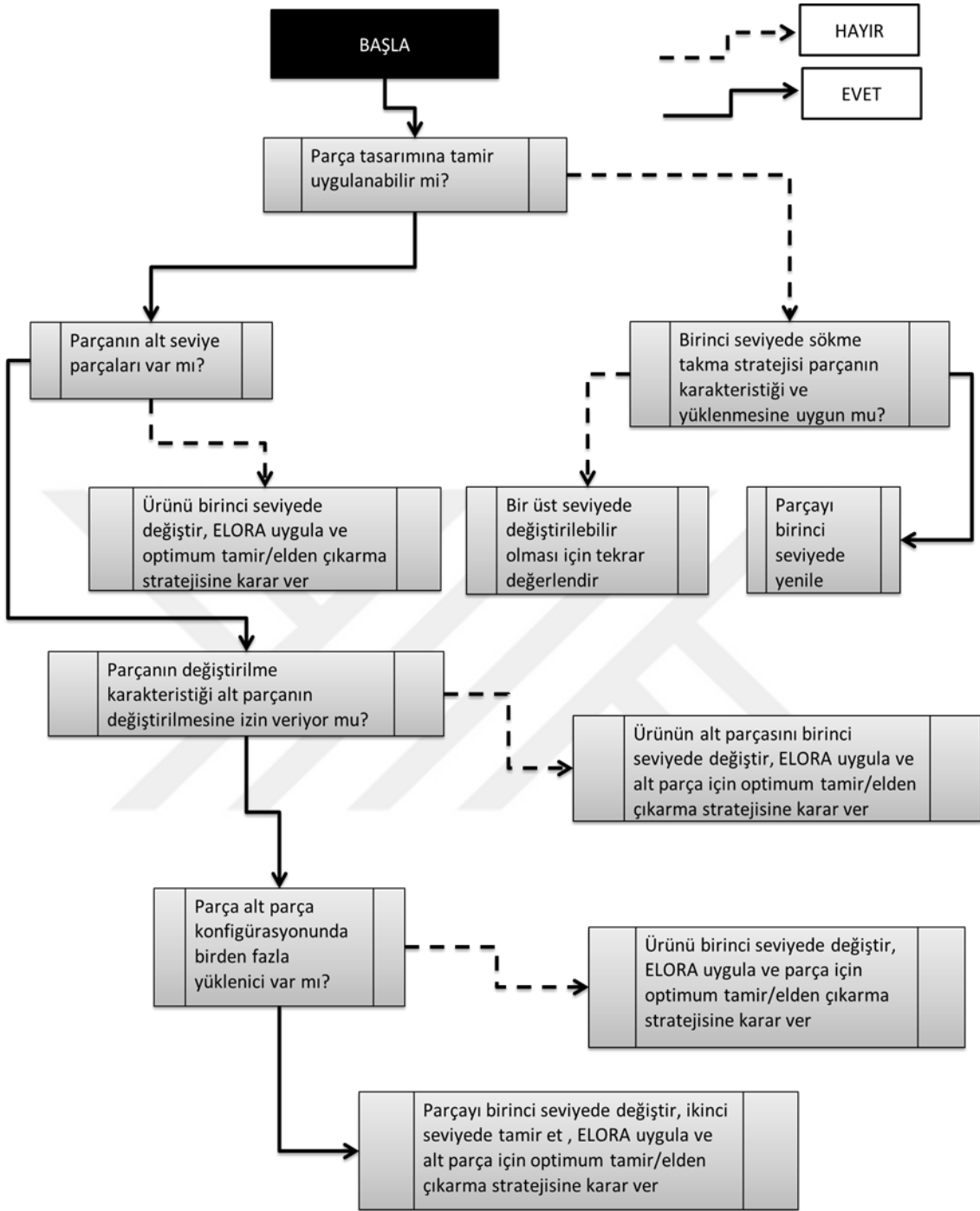
Genel olarak maliyetle ilgili ürünün ilk safhalarında yeterli veriye sahip olmadan karar verilir ve ekonomik olmayan verilerin kullanılması ile analize başlanır. İlerleyen safhalarda verilerin elde edilmesi ile bu analiz tekrar tekrar uygulanarak optimal sonuca ulaşılmaya çalışılmaktadır.

5.1.3.1. Ekonomik Olmayan LORA

Bu tip LORA sırasıyla sorulan soruların cevaplanması ile yönetilmektedir. Şekil-19'da verilen akış şeması bunun örneği olmakla beraber, soruların belirtilen sorularla sınırlanmış olması gerekmez. Bu sorular bakım kısıtları, müşteri talepleri, çevresel kısıtlar gibi hususlar neticesinde değiştirilebilir. Şekil-19'da belirtilen akış sonucunda bakım seviyesi stratejisi ve her bir düzeltici bakım için tamir seviyesi kurulmasını sağlamaktadır. Ayrıca değiştirilen ürünün minimum efor ile uzaklaştırılması amaçlanmaktadır. Bir parçanın birinci seviyede değiştirilmesine ya da tamir edilmesine karar verildiğinde, bu karar alınırken tüm açılardan (hata tespiti, ulaşılabilirlik gereksinimleri, görev doğrulama, geçen görev zamanı, engellemeler vb.) bakılmış olmalıdır.

5.1.3.2. ELORA (Ekonomik LORA)

Bu LORA yaklaşımı ekonomik oransal dağılım kaynaklı tavsiye edilen tamir stratejisine sahiptir. Ayrıca bu yaklaşımla fiziksel karakteristik ve tamir edilebilirlik



Şekil-19 LORA Uygulama Diyagramı (3000L)

değerlendirilmiş olur. ELORA için literatürde oldukça fazla model örneği vardır ve bu modellerin çoğu aşağıdaki konuları içermektedir:

- Envanter maliyeti: yönetimsel, yıpran, ulaşım vb.
- Destek maliyeti: standart ve özel gereçler,

- Tesis maliyeti: bakım vb. işlemler için gerekli olan tesis maliyetini içerir.
- Lojistik maliyetleri,
- Çalışan maliyeti: her bir tamir görevi için ilgili personel maliyeti,
- Eğitim maliyeti: bakım ve alım faaliyetlerine yönelik eğitim sağlama ve güncelleme maliyetleri,
- Dokümantasyon: gerekli dokümantasyonun maliyetidir.

ELORA'nın uygulamasına yönelik birçok farklı uygulama ve çalışma literatürde bulunmaktadır. Bu çalışmada temel olarak kullanılan formül üzerinden örnek verilmiştir (Frohne, 2007).

$$\text{ELORA} = \text{EĞER } (\text{MTBF}_2 / \text{MTBF}_1) * N > (L+M)/P \text{ ise;} \\ \text{tamir, diğer durumda elden çıkar.....(7)}$$

MTBF ₂ :	Tamir edilmiş parçanın MTBF değeri
MTBF ₁ :	Yeni parçanın MTBF değeri
N:	Önceden değerlendirilmiş kabul seviyesi
L:	Çalışma maliyeti
M:	Tamir için gerekli parça maliyeti
P:	Yeni yedek parça maliyeti

LORA'nın uygulanması ile elde edilen ilk veriler değerlendirilir ve hassasiyet analizine tabi tutulurlar. Hassasiyet analizi ile şu sorulara cevap verilmektedir.

- Parametreleri etkileyen ana maliyet nedir?
- Lojistik gereksinimin maliyet yoğunluğunu etkileyen parametre var mı?
- Değerlendirme ya da tahmin kullanan parametreler var mı?

Elde edilecek veriler ödünl işlemlerinde kullanılabileceği ve duyarlılık analizinin nasıl uygulanacağı önemli bir konudur. Elde edilen veriler zamanla değişebilir ve tarafların talepleri bu kapsamda dikkate alınmalıdır. Ayrıca bakımın küçük parçalara ayrılıp farklı seviyelerde yapılmasına müsaade edilmemelidir. Bu kapsamda LORA'yı etkileyen maliyet elemanları Çizelge-17'de yer verilmiştir.

Çizelge-17 Hesaplanabilecek Maliyet Elemanları

Maliyet Elemanı	Başlangıç	İşletme- İdame
Personel	x	x
İşçilik zaman maliyeti		x
Eğitim maliyeti	x	x
Eğitim teçhizatı maliyeti	x	x
Direk ve dolaylı işçilik, yönetim, denetleme, hazırlık vb. maliyetler	x	x
Yedek parça ve tüketim malzemesi	x	x
Yedek parça ve tüketim malzemesi ön alımı	x	x
Yedek parça ve tüketim malzemesi depolaması		x
Elden çıkarma maliyeti		x
Teşhis ve tamir için destek teçhizatı		x
Destek teçhizatı tedariki ve yerleşimi	x	
Destek teçhizatı bakım		x
Destek teçhizatı güncellemesi	x	
Yazılım geliştirme ve test maliyeti	x	
Yazılım ayar gelişimi		x
Elden çıkarma maliyeti		x
Tesis ve Altyapı	x	x
Tesis ve Altyapı inşası	x	
Tesis ve Altyapı bakımı		x
Tesis ve Altyapı için görev maliyeti		x
Tesis ve Altyapı için modifikasyon maliyeti	x	x
Teknik Dokümantasyon	x	x
Dokümantasyon maliyeti	x	x
Dokümantasyon güncelleme maliyeti		x
Lojistikle alakalı maliyetler		x
Paketleme	x	x
Stok tutma		x
Depolama esnasında bakım		x
Yönetimsel stok		x
Ulaştırma maliyeti (ileri ve geri yönlü)		x
Taşıma ve kaldırma maliyeti vb.		x

Elde edilen veriler neticesinde LORA raporu hazırlanır ve taraflar arasında ulaşılan anlaşma içerisinde aşağıdaki hususlar bulunmalıdır (S3000L).

- Analiz altındaki sistemin kısa tanımı,
- Varsayımların listesi,
- Veri kaynağı,
- LORA data elementlerin listesi,
- Girdi değerleri (kırılım, maliyet vb.),
- ELORA da kullanılan matematiksel metot,
- Hassasiyet analizinin anlatımı ve sonuçları,
- Karşılıklı ödün çalışmaları,
- Teknik ve mali görüşlerin birleşimi,
- Elden çıkarmayla tavsiyenin sonuçlanması.

LDA veri tabanına bakım sonucunun dokümente edilmesi şunları içermelidir:

- Planlı bakım mı, plansız bakım mı?
- Eşik mi, aralıklı mı?
- Hangi seviyede görev icra edilecek?
- Nerede icra edilecek?
- Özel işaret ve uyarılar,
- Standart bakım görevi için referanslar,
- Takip için veri kaynağı bilgisi.

Elde edilen verilen neticesinde bakımın hangi seviyede yapılacağına karar verilir. Bakım seviyelerinin tanımlanmasında personel, tesis, hazır bulunuşluluk, zaman ve çevre gibi unsurlar değerlendirilmelidir. Bu kapsamda şu şekilde bakım seviyesi ve görevleri örnek olarak verilebilir.

- Seviye 1: hazır bulunuşluluk sabit, organizasyondaki personel tarafından
 - Servis aktiviteleri,
 - Kullanım hazırlığı ve rol değişimi,
 - Ön ve art denetleme,
 - Fonksiyonel test,
 - Hata giderme,
 - Önleyici bakım,
 - Düzeltici bakım,
 - Yazılım yükleme.

➤ Seviye 2: en üst seviye hazır bulunuşluluk, gerekli testler

- Modül indirme alt bileşene ayırma,
- Yapısal tamir,
- Ana planlı denetleme,
- Gelişmiş modifikasyon teknik değerlendirme,
- Mühendislik verisi ile ilgili yazılım servisi,
- Tüm ürün koruması.

Burada yetenekli personel tarafından planlı ve plansız bakımlar da uygulanır ancak bu aşamada aracın hazır bulunuşluluk değeri düşmektedir

➤ Seviye 3: operasyonel açıdan mühendislik ve en iyi hazır bulunuşluk amaçlanmaktadır.

- Tüm parçaların tamiri,
- Özel kabiliyet ve yetenek gerekli tamirler,
- Ana yapısal tamir,
- Ana planlı denetleme,
- Gelişmiş modifikasyon ve güncelleme programı,
- Seviye 1-2 ye teknik yardım,
- Yazılım düzenlemesi,
- Tüm ürün koruması.

5.1.4. Önleyici Bakımın Geliştirilmesi

Önleyici bakım işletme idame safhası boyunca maliyet etkinliği, hazır bulunuşluk, çevresel entegrasyon ile yasal sorumlulukları değerlendirerek, planlı bakım görevlerini oluşturur. BIT (Built in Test) ve monitörleme teknolojileri ile bu safhadaki faaliyetler oldukça hafiflemiştir. LDA ile önleyici bakım görevi gereksinimleri, etkili görev paketlerine ayrılır ve her birine kesin aralıklı ve numaralandırılmış değerler atanarak bakım gayretlerinin karışmasını önler ve bu gayretleri minimize etmeyi amaçlar. Daha çok kullanıcı bakım planının oluşmasını hedefler ve bu planın gelişim sürecini açıklar. Önleyici bakımın gelişimi SX000i, ATA, MSG, Mil-Std-1843/2173 vb. standartların içerisinde birbirine yakın şekilde üç adet metodoloji ile açıklanmıştır.

5.1.4.1. Önleyici Bakım Yaklaşımları

i. Sistem analizi: Sistem kırılımına göre yaklaşılır ve FMECA ile uyumlu yapısal bir yaklaşımdır.

ii. Yapı analizi: Daha çok mekanik parçalar için kullanılır, yaklaşım metodolojisi yapısal önemli parçalar, bakımla ilgili parçalar ve kritiklik içermeyen parçaları içerir. Yapı analizi şu hususları hesaba katmaktadır.

- Yapısal yorgunluk analiz sonuçları
- Kazasal hasar etkileri
- Çevresel bozulma parametreleri

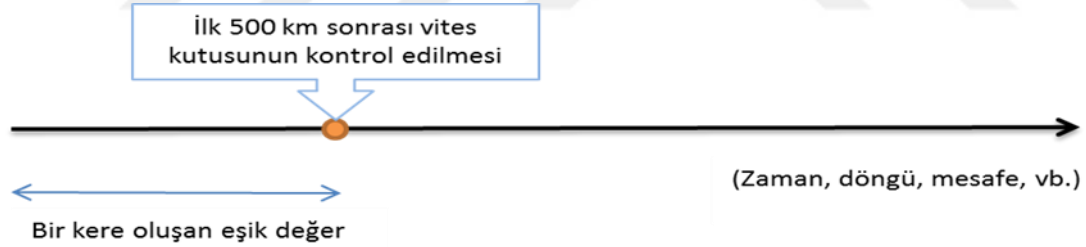
iii. Bölgesel analiz: bu analiz de

- Standart bölgesel analiz
- Geliştirilmiş bölgesel analiz
- Aydınlatılmış yüksek yoğunluklu radyasyon alan analizi
- Kişisel ürünlere bağlı ek analizlerinden oluşmaktadır.

5.1.4.2.Önleyici Bakım Aralıkları

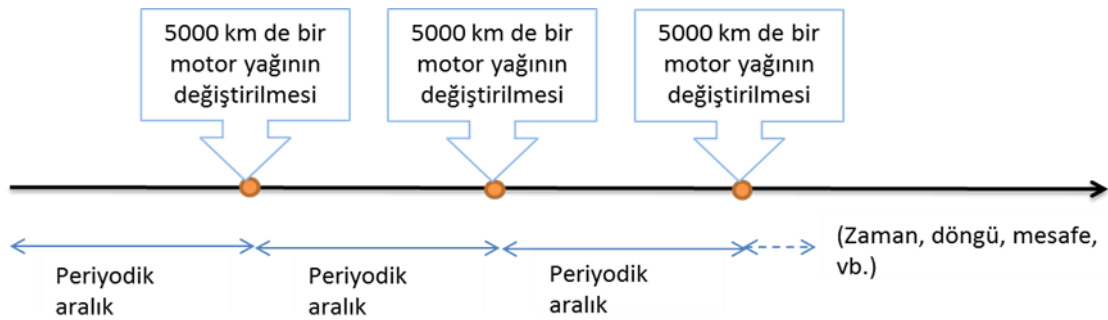
Önleyici bakım faaliyetlerinin gereksinimleri belirlenirken, bakım yapılmayı gerektiren, aralıklar, eşik değerleri veya tetikleyici olaylar önemli yer tutar (S3000L). Örnek olarak:

- Bir kere oluşan eşik değer: örneğin 500 km sonra vites kutusunun kontrol edilmesi



Şekil-20 Bir kere oluşan eşik değer

- Periyodik aralıklar: her 5000 km de bir motor yağının değiştirilmesi



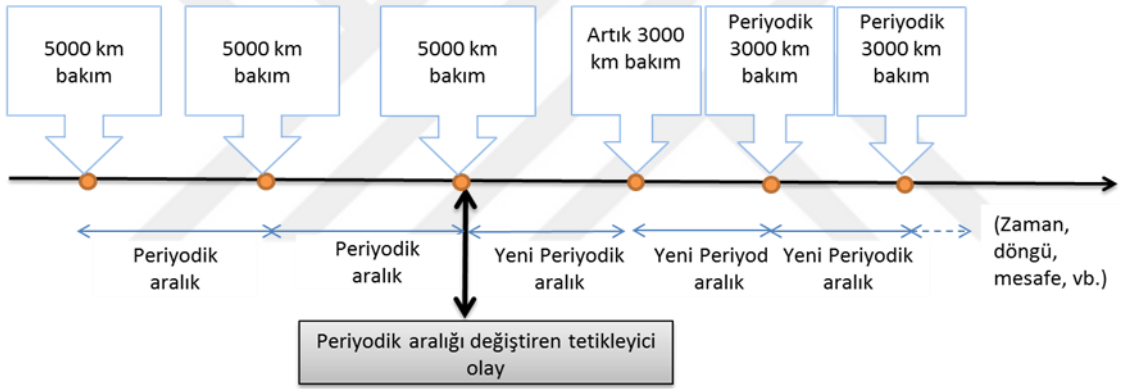
Şekil-21 Periyodik Aralıklar

- Kombine yaklaşım (bir eşik ve periyodik aralık): 500'üncü km bakım müteakiben her 2000 km de bir bakım yapılmayı gerektiren hususlar



Şekil-22 Kombine Yaklaşım

- Kombine yaklaşım (periyodik aralık ve tetikleyici olay): bakımı 5000km de bir yaparken bozulma, yaşlanma vb. sebeplerden ötürü bakımın her 3000km de bire düşürülmesi örnek olabilir.



Şekil-23 Kombine Yaklaşım-2

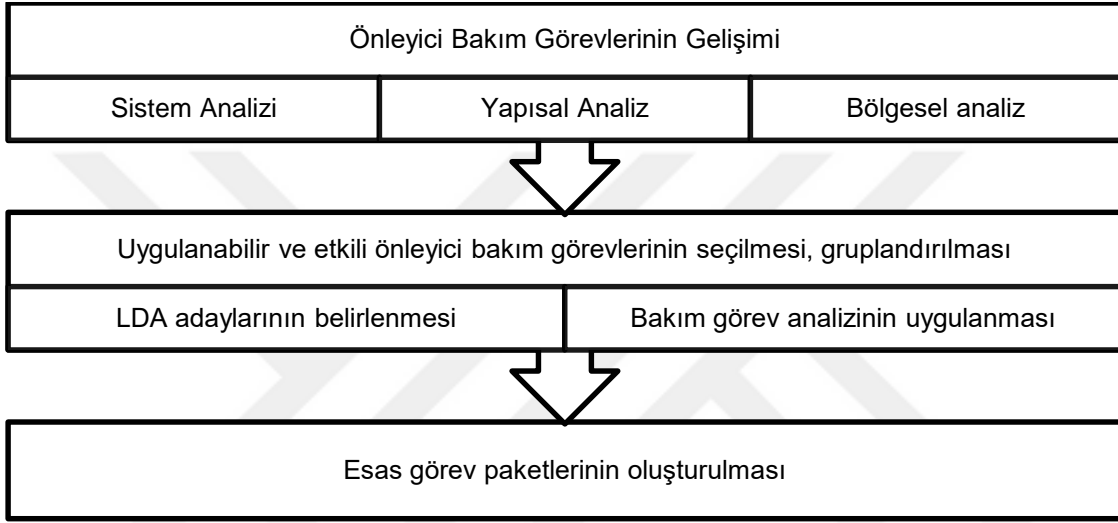
Yukarıda gösterilen örneklere ek olarak, ürüne farklı zamanlarda yapılması planlanan benzer önleyici bakım faaliyetleri de eklenebilir. Örneğin aracın her yıl motor yağının değiştirilmesi ile her 10000 km de bir motor yağının değiştirilmesi bir birine paralel olarak yürütülmesi gereken faaliyetler olabilmektedir. Önleyici bakımın planlanması ve düzenlenmesinde farklı etkenler de mevcuttur. Bunlar:

- Bakım gereksinimlerinin gereksinimi
- Hata ağacı ya da ürün güvenlik analizi gereksinimleri
- Yapısal denetlemelerle alakalı yorulma
- Orijinal ürün üreticisinin tavsiyeleri
- Mühendislik değerlendirmeler
- Diğer projelerden tecrübeler

- Kişisel kullanıcıyı seçimleri
- Depo seviyesinde tavsiye edilen planlı aktiviteleri olarak sayılabilirler.

5.1.4.3. Bakım Görevlerinin Aktarılması

• **Bakım görevlerinin LDA'ya transferi:** yapılan bölgesel, yapısal ve sistem (fonksiyonel) analizlerin direk veya dolaylı olarak LDA analizine eklenmektedir. Bu analizlerin sonucunda elde edilen veriler ile bakım yapılması planlanan hususlar topluca değerlendirilerek bakım planı ve bakım görevlerini oluştururlar (S3000L , 2014).



Şekil-24 Önleyici Bakım Görevlerinin Gelişimi (SX000i)

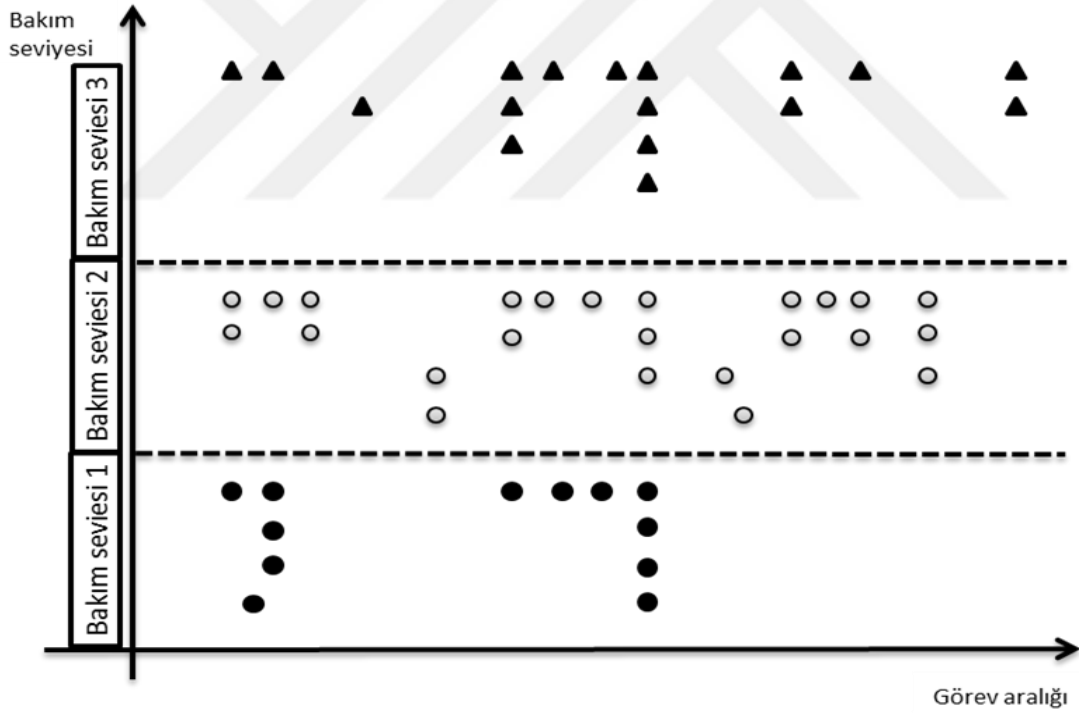
• **Önleyici bakım görev gereksinim paketleri:** bakım paketlerinin ayarlanmasında, ürün kullanım parametreleri, takvim tabanlı parametreler ile bu iki parametrenin kombinasyonları şeklinde genel aralıklar hesaplanmaktadır.

• **Kullanıcı bakım planını geliştirilmesi:** bakım planlamasının tespitinde ürün için farklı zaman, km vb. durumlarda belirli aralıklarla veya eşik ve başlatıcı olaylar ile bakım icra edilebilmektedir. Bu bakımların birbirine paralel şekilde devam etmesi gerekmektedir. Ayrıca bu hususların belirlenmesi gruplanması varsa fazlalık elenmesi icap edebilir. Kullanıcı taleplerine yönelik de faaliyetlerde bulunulabilir. Buna göre: kullanım senaryoları, aralıkların belirlenmesine yönelik kararlar, ilgili hesaplamalar, ayırma kuralları ve sorumluluklar etkili olabilir.

• **Önleyici bakım görev gereksinim paketleme süreci:** planlamaya tüm bakım görevlerinin dahil edildiğinden emin olunması gerekir. Bunun için kullanım senaryoları, kararlar ve varsayımlar, aralık hesaplama yöntemleri, görev ayırma kuralları ve sorumluluklar mutlaka dokümente edilmiş olmalıdır.

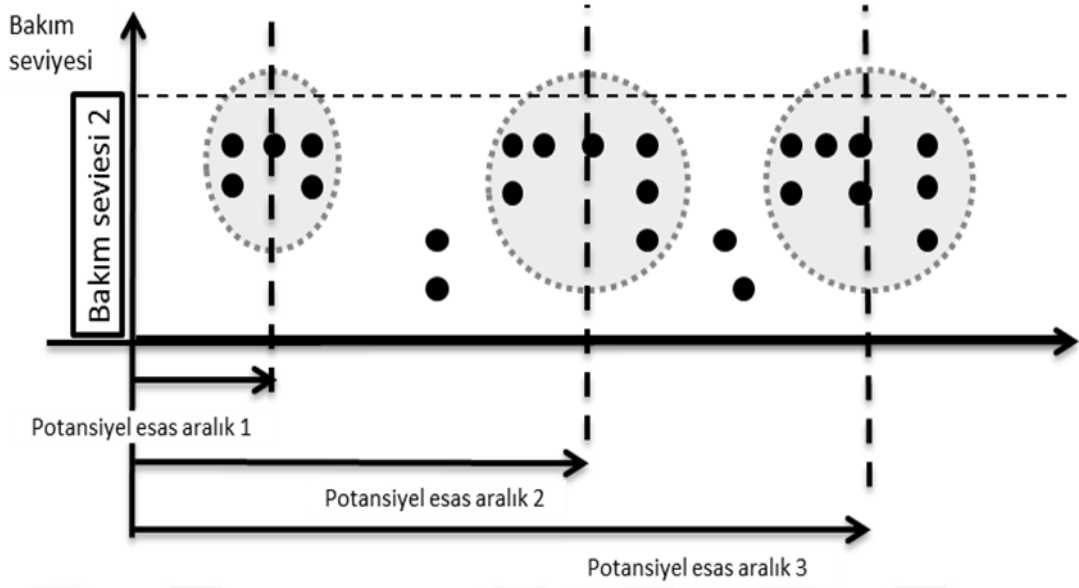
- a. Bir önleyici bakım görevi birden fazla görev paketine ya da aralığa ait olabilir.
- b. Her bir bakım görevi kendisinin sonucu olan en kötü etkiyi açıkladığından bu şekilde de bir gruplamaya yardımcı olabilir
- c. Bir bakım görevi birden fazla farklı hatayı veya durumu düzeltebilir.
- d. Özel eğitilmiş personel teçhizat, yedek parça, ikmal malzemesine ihtiyaç duyabilir.

Paketleme bitikten sonra bakım paketlerinin diğerlerini kısıtlayıp kısıtlamadığı, tasarruf edilebilecek alanlar olup olmadığı ve paralel şekilde uygulanacak görevler ile daha gerçekçi yapılıp yapılamayacağı araştırılmalıdır. Ayrıca önleyici bakım görevi belirlenmesinden sonra bunlar zaman ya da kullanıma göre değişkenlik göstereceğinden, bu durumda bakım seviyelerini etkilenebilmektedir. Örneğin bakım görevlerinin uygulanış sıklığı ile bakım seviyeleri arasındaki dağılım gösteren tablo görünümü Şekil-25'teki gibi olduğu değerlendirilmiştir (farklı geometrik şekiller farklı bakım seviyelerini göstermektedir).



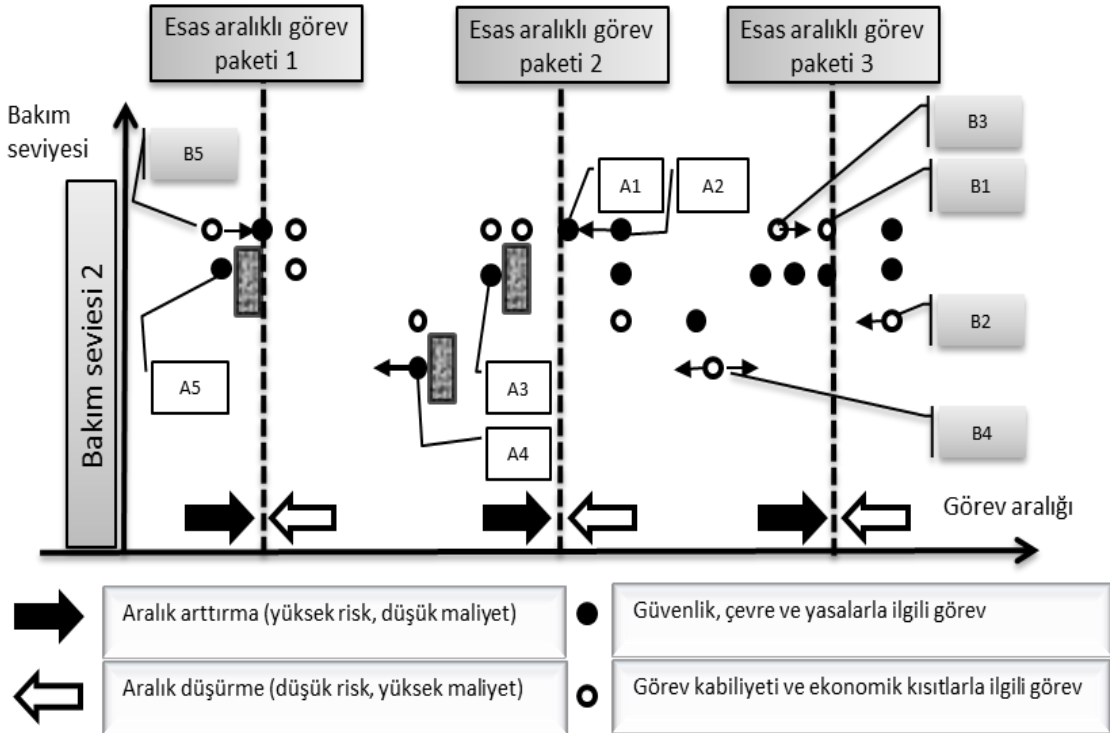
Şekil-25 Bakım Görevlerinin Yerleştirilmesi

Yukarıdaki şekillerde yer alan noktaların her biri özel aralıklı, önleyici bakım görev gereksinimidir. Farklı birimlerde olan aralıkların birbirleri ile uyumlu hale getirilmiş olmalıdır. Bu uyulmama farklı bakım seviyelerinde de yerine getirilmelidir. İkinci seviye bakıma odaklanıldığında bazı bakım gereksinimlerinin Şekil-26'daki gibi gruplandırılabilceği değerlendirilmiştir.



Şekil-26 Bakım Görevlerinin Gruplandırılması (S3000L)

Bu değerlendirmeye genel olarak, göreve başlamadan, görevin arasında ya da görevin sonunda da varılabilir. Örneğin depo seviyesinde yapılacak bakımlara ürünün kullanılmaya başlamasından 10 yıl sonra karar verilebilir. Bakım seviyesine karar verilmeyi müteakip, hangi bakım gereksiniminin hangi aralıkla paketleneyeceğine açık, düzenli ve takip edilebilen kurallar neticesinde varılmalıdır. Genel olarak yakındaki aralığa görevin gruplandırılması, ya risk artırarak maliyeti düşürür, ya da riski düşürerek maliyeti artırır.



Şekil-27 Bakım Görevlerinin Gruplandırılması-2 (S3000L)

Paketlemelerdeki bazı ayarlamalar görev sıklığını düşürürken riski arttırabilirler. Örnek olarak açıklanırsa; A1-A5 arasındaki koyu renkli noktaların yasa, güvenlik ve çevre entegrasyonu ile ilişkili olduğunu ve B1-B5 arasındaki açık nokta ile gösterilen bakım gereksinimlerinin ise görev kabiliyeti ve ekonomik etkiler ile alakalı olduğunu varsayıldığında, buna bağlı olarak oluşturulacak kurallar şu şekilde sıralanabilmektedir (Çizelge-18).

Çizelge-18 Bakım Görevlerinin Uyumlanması

Örnek	Uyumlama Kuralı
A1	Adaptasyona gerek yoktur
A2	Yakın olan esas aralık değerinden küçük oranda büyüktür. Maliyet artışı kabul edilebilir seviyededir.
A3	Esas yakın aralığa uzaklığı az olsa da uyum kritikliği yüzünden bu paketlemeye izin verilmez
A4	İki esas aralığın ortasında gözükmese de kritikliği vb. durumdan ötürü 1 numaralı görev paketi ile eşleştirilir
A5	1 numaralı görev paketine yakın gözükmese de bu eşleşmeye izin verilmez, düzeltici tedbirler alınmazsa yeniden tasarlanması gerekebilir.
B1	Adaptasyona gerek yoktur
B2	Yakın olan esas aralık değerinden küçük oranda büyüktür. Maliyet artışı kabul edilebilir seviyededir
B3	Yakın olduğu aralık ile karşılaştırıldığında aralık büyük olmakla beraber, riski de arttırmaktadır. Bu durum kullanıcı ile anlaşarak kabul edilebilir.
B4	Her iki taraftaki esas aralığa uzaklığı eşit denilebilir. Bakım aralığını az seçmek, maliyeti azaltırken riski arttırmaktadır. Yüksek seçme durumunda aksi olmaktadır. Kullanıcı ile anlaşarak karar verilmelidir.
B5	En alt esas aralığa yakındır. Ancak bakım görev sıklığının azlığından risk artmaktadır. Kullanıcı ile anlaşarak karar verilmelidir.

Sonuç olarak önleyici bakım görevlerini içeren bakım paketleri hazırlanmıştır. Bu aşamadan sonra bakım ile ilgili yapılan hesaplamalarda bu paketler kullanılmaktadır. Bu aşama işletme idame safhasında elde edilen veriler ile tekrar güncellenmelidir.

5.1.5. Bakım Görev Analizi (MTA)

Bakım görevleri farklı bakış açılarını dikkate alarak analiz edilmelidir. İlk adım tüm görevlerin uygun adım ve alt görevlere bölünmesi ile başlar ve genelde tamir veya değiştirme görevleri yüzlerce alt görevden oluşmazlar. Bazı durumlarda kırılım sayısı

az miktarda olabilirken bazı gerekli durumlarda kaynak ve veri durumuna göre bu sayı nispeten yüksek rakamlara ulaşabilir. Bu analiz ile yedek parça, tüketilenler, destek ekipmanı, personel, tesis ve göreve süreleri gibi değerlendirilirken gerekirse kritiklik, eğitim ihtiyacı, ilk ve son durum, güvenlik gereksinimleri vb. hususlar eklenebilir. Bu analiz doğrudan LDA'nın düzeltici ve önleyici bakım sürecine yöneliktir. İdeal olarak RAM değerleri ile personel vb. elemanları birlikte analiz etmeye çalışır. Genel olarak bu analizin ilgilendiği kısımlar Şekil-28'de gösterilmiştir.



Şekil-28 Bakım Görevlerinin Kaynakları

Yapılan faaliyetin ne maksatla yapıldığının kararının verilmesi her zaman o kadar kolay olmayabilmektedir. Örneğin bir uçağın hangara çekilmesi faaliyeti, bakım, onarım, yakıt takviyesi veya uçuş hazırlığı gibi sebeplerden kaynaklanabilir. Bu yüzden bu faaliyetlerin numaralandırılması fayda sağlamakta olup, literatürdeki standartlarda farklı kodlama örneklerine rastlanabilir. Parçaların tanımlanmasında kırılım kullanılabileceği gibi ayrıca farklı gösterim şekilleri de kullanılabilir. Parçaların kendi içerisinde de tamir edilebilir parçalar bulundurulması halinde durum karmaşıklaşabilir. Bu zor kararın değerlendirilmesinde bazı arızaların parçanın tamamının elden çıkartılmasına bazılarının ise tamir veya değiştirmeye neden olduğu değerlendirilerek karar verilmelidir. Ancak bazı durumlar da bunlara karar vermek dahi o kadar mümkün olmayabilir. Ayrıca hangi seviyede bu bakım/değiştirmenin yapılacağı da ayrı bir zorlayıcı karardır. Bu kapsamda aşağıda bazı tanımlamalar verilmiştir.

- Tamir edilemez parça: Hiçbir seviyede tamir edilemez parça, değişimler için stok tutucular ve süreç açıklanmalıdır.

- Endüstri seviyesinde tamir edilebilen parça: Endüstri seviyesinde sade tamir edilebilir, detaylı bir tamir prosedürü gerekmez,
- Depo seviyesinde tamir edilebilen parça: Parça müşterinin özelleştirilmiş tamir seviyesinde tamir edilebilir bu ürünler için tamir ve değiştirme süreçleri LDA içerisinde detaylandırılabilir.
- Görev bölgesi seviyesinde tamir edilebilen parça: Parça müşterinin görev bölgesinde tamir edilebilir. bu ürünler için tamir ve değiştirme süreçleri LDA içerisinde detaylandırılmalıdır.

Bazı durumlarda ürün tamir edilebilir olsa da LORA ya göre elden çıkartılması, ya da ikinci seviye de bakımı yapılabilirken, ürünün endüstri seviyesinde bakımının yapılmasına karar verilmesi (kapasite kısıtı yüzünden) gibi durumlar meydana gelebilmektedir. Bazı hasarlar ürünün komple elden çıkarılması şeklinde sonuçlanabilir ya da ürün tamir edilebilir olduğu halde ekonomik sebeplerden dolayı elden çıkarılma kararı ile sonuçlanabilmektedir. Ama genel olarak bakıldığında ya ilgili parça komple değiştirilir ya da arızalanan bölüm değiştirilerek tamir edilme yoluna gidilir. Ayrıca bu bakım görevlerinin tamamı kullanıcı seviyesinde gerçekleştirilemeyeceğinden, bunların ilgili yerlere ulaştırılması gerekebilmektedir. Sıklıklar, yedek parça oranları, bekleme zamanlar vb. gibi hususlar bu kararın verilmesinde ve dengenin kurulmasında kullanılabilirler. Benzer senaryolara yönelik olarak Çizelge-19 kullanılabilen olup farklı senaryolarda bu durumlar değişikli gösterebilmektedir.

Çizelge-19 Olası Bakım Senaryoları

Olay	Bakım görevi	Muhtemel sonraki görev	Açıklamalar
Tamir edilemez parçanın arızalanması	Görev bölgesinde arızalı parçanın değiştirilmesi	Arızalı parçanın elden çıkarılması	Yedek parça olarak parçanın elde tutulması gerekli
Tamir edilebilen parçanın arızalanması	Arızalı parçanın görev bölgesinde değiştirilerek tamiri	Arızalı parçanın görev bölgesinde tamir edilmesi	Son ürün parçanın tamir edilmesini bekleyemeyeceğinden, yedek parça ihtiyacı vardır
Tamir edilebilen parçanın arızalanması	Arızalı parçanın görev bölgesinde direk tamiri	Yok	Son ürün parçanın tamir edilmesini bekleyebilir, yedek parça ihtiyacı yoktur

Olay	Bakım görevi	Muhtemel sonraki görev	Açıklamalar
Tamir edilebilen parçanın arızalanması, müşteri depo seviyesinde tamir edilebilir.	Arızalı parçanın görev bölgesinde değiştirilerek tamiri	Arızalı parçanın depo seviyesine gönderilerek tamiri	Tamir edilebilen parçaya yedek parça olarak ihtiyaç vardır.
Tamir edilebilen parçanın arızalanması, endüstri seviyesinde tamir edilebilir	Arızalı parçanın görev bölgesinde değiştirilerek tamiri	Arızalı parçanın endüstri seviyesine gönderilmesi	Tamir edilebilen parçaya yedek parça olarak ihtiyaç vardır, dokümantasyona gerek yoktur
Tamir edilebilen parçanın arızalanması, müşteri depo veya endüstri seviyesinde tamir edilebilir	Arızalı parçayı görev bölgesinde değiştir.	Arızalı parçanın endüstri seviyesine gönderilmesi ve Depo veya endüstri seviyesinde tamiri	Tamir edilebilen parçaya yedek parça olarak ihtiyaç vardır,
Parçanın ciddi şekilde arızalanması, tamiri mümkün değil	Ürünü görev bölgesinde değiştir.	Arızalı parçanın elden çıkarılması	Parçaya yedek parça olarak ihtiyaç vardır.

Yukarıdaki durumlar farklı senaryolar, kabul ve sınırlamalar için değişiklik göstermektedir. Yukarıdaki verilen örnekler tipik örneklerdir. Bu durumlar çoğaltılsa da genellikle ya tüm parçanın değiştirilmesi ya da arızalı parçanın değiştirmek suretiyle tamiri söz konusudur.

Görev yapısı gereği bakımı gerektiren farklı olaylar olabilir. Bunlar, arızalar, hasar, özel olay veya eşik değerleri olabilir. Bu olaylara karşı da düzeltici veya destekleyici bazı bakım görevleri yerine getirilir. Ancak destekleme görevleri bu olayları çözmeyebilirler ve daha tek başlarına genelde kullanılmayan görevlerdir. Örneğin test süreçleri, bağlantı iletişim kurma, sökme takma prosedürleri, kriko kullanma gibi.

Destekleme görevlerinin yapısı gereği görev modülü kütüphanesi oluşturacak şekilde toparlanır. Örnekte olduğu gibi, görevlerin yapılmasından önce zaten

uygulanması zorunlu olduklarından görevlerin yazılmasına gerek yoktur. Bazı görevlerin yazılmasından önce aynı görev modülünde yazılmış, öncesinde açıklanmış olabilir. Örnek bir bakım görev modülünün görünümü Çizelge-20Çizelge-20'de gösterilmektedir:

Çizelge-20 Bakım Görev Modülü

BAKIM SÜRECİ
Alt görev 1: Hata Tespit prosedürü
Alt görev 2: Dört adet mandalın açılması sökülmesi
Alt görev 3: Kabın çıkarılması
<ul style="list-style-type: none">•İş adımı 1: 24 tane vidayı sök•İş adımı 2: Güvenlik mandalını aç•İş adımı 3: Mühürü çıkar
Alt Görev 4: 401 numaralı parçanın çıkarılması
<ul style="list-style-type: none">•İş adımı 1: elektrik konnektörünü çıkar•İş adımı 2: 001-002 numaralı vidaları çıkar•İş adımı 3: A01 parçasını çıkar•İş adımı 4: 401 numaralı parçayı çıkar
Alt görev 5: 401 numaralı parçanın sökülmesi
Alt görev 6: Arızalı 5 numaralı bileşeni sök
Alt görev 7: Yeni parçanın takılması
Alt görev 8: Test fonksiyonu
Alt görev 9: Kabın takılması
Alt görev 10: Vidaların yerine takılması

Yukarıda olduğu gibi bazı görevlerin öncesinde ve sonrasında yapılması gereken faaliyetler ile alınması gereken tedbirler olabilir. Bu konular genel, güvenlik veya personele yönelik ön hazırlıkları içerebilmektedir. Tüm bu faaliyetlerin icra edilmesinde önemli olan husus efor konusunda tasarrufta bulunmak ve tekrarlamalardan kaçınmaktır.

Görev sıklığı (S3000L , 2014)

▪ İçsel arızalardan kaynaklı görev sıklığı: görev sıklığı düzeltme görevleri için kullanılan önemli bir husustur. Lojistik kaynakların planlanmasında da önemli yer tutar. Tetikleyici olaylarla doğrudan bağlantılıdır. Doğal teçhizat arızasından kaynaklanan bakım aktiviteleri genel olarak MTBF'in tek bir parçanın yüklenmesinde geçen süre ile orantılanması ile aşağıda olduğu gibi hesaplanabilir. Değişirme görevlerinin sıklığı:

$$TF_{rec} = \sum_{i=1}^k \left(FMR_i * \frac{AOR}{MTBF} * \lambda_{corr} * \lambda_{mb} \right) \dots\dots\dots(1)$$

- TF_{rec} : Görev sıklığı (yıllık)
- AOR: Yıllık görev gereksinimi (görev saat/Yıl)
- FMR: Hata modu Oranı
- λ_{corr} : MTBF için düzeltme faktörü
- λ_{mb} : Farklı ölçülerin dönüşümü için korelasyon faktörü

▪ Destek görevlerinin görev sıklığı: içsel arızalarda olduğu gibi olaylara direk bağlı değildir. İsteklerin toplanması yolu ile elde edilir, hesaplanması aşağıda gösterilmiştir:

$$TF_{supp} = \sum_{i=1}^n (\lambda_q * TF_{rec, i}) \dots\dots\dots(2)$$

- TF_{supp} : Görev sıklığı (yıllık)
- $TF_{rec, i}$: Değişirme görevlerinin sıklığı (görev saat/Yıl)
- λ_q : Destek görevi için yapılmış istek sayısı

▪ Planlı bakım aktiviteleri görev sıklığı: hesaplanmasında aralıkların belirli olması nedeniyle özel olarak hesaplamak yerine şu şekilde hesaplanabilmektedir:

$$TF_{sched} = \frac{AOR}{Int} * \lambda_{corr} * \lambda_{mb} \dots\dots\dots(3)$$

- TF_{sched} : Planlı görevlerin sıklığı (yıllık)
- AOR: Yıllık görev gereksinimi (görev saat/Yıl)
- Int: Eş ölçü tabanlı aralık
- λ_{corr} : MTBF için düzeltme faktörü
- λ_{mb} : Farklı ölçülerin dönüşümü için korelasyon faktörü

Görev kaynağı ve görev süresi:

Öncelikle görev süresinin ve sürecinin doğru olarak hesaplanabilmesi için, kaynakların net bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda yedek parça, tüketim malzemeleri, destek teçhizatı, personel (eğitim), tesis, teknik dokümantasyon gibi unsurlar mutlaka değerlendirilmelidir. Bu kapsamda oluşturulacak görevler yönelik Çizelge-21'deki gibi bir tablo ortaya çıkarılmaktadır.

Çizelge-21 Görev Gereksinimlerinin Hesaplanması Örneği

401 Numaralı Parçanın Takılma Süreci						
Alt Görev	Yedek Parça	Tüketim mlz.	Destek Mlz.	Personel	Özel Tesis	Çalışma Süresi
401 Numaralı Parçanın yerine yerleştirilmesi	Mühür (1x)	Yapıştırıcı C	yok	Elektrikçi 1 Elektrikçi 2	yok	1 Dk. 1 Dk.
A01 ile A27 numaralı vidaların takılması	Temizleyici (7x)	yok	Matkap	Elektrikçi 1	yok	3 Dk.
S01 ve S02 numaralı güvenlik vidalarının takılması	yok	yok	Matkap	Elektrikçi 1	yok	2 Dk.
Elektrik Konnektörünün takılması	yok	yok	yok	Elektrikçi 1	yok	0.5 Dk

Bu tablonun hazırlanmasında ayrıca önemli olan diğer hususlar da şu şekildedir.

a. Referans dışı kaynaklar: bu hesaplamaların yapılmasında eğitimli personelin ve destek teçhizatının kullanılması oldukça önemlidir. (genelde bu kısımda nispeten düşük kalitedeki personelin kullanılmaktadır)

b. Yedek parça ve destek ekipmanı uyumluluğu: fazla efor ve gereksiz maliyetlerden kaçınmak için bu verilerin karşılaştırılıp birbirine uygun (farklı üretici ve markalar vb.) olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir.

c. Görev yeri görüşü: üç çeşit yer bilgisi önemli, bunlar:

- Ürünün kendisi ile bağlantılı olduğu yer: on-off (araç üstünde ya da haricinde) görevleri denilebilir. Direk aracın üstünde veya ayrılmış parçanın üzerinde işlemin yapılmasıdır.

- Tesis veya alt yapıyla bağlantılı olan yer: on-off görevlere ek olarak bakım hangarında, arazi dışında, hareket alanında, ilgili tamirhanede vb. yapılabilir.

- Ürünün kendi alanıyla bağlantılı olan yer: fonksiyonel kırılımla da alakalı olarak alan ilgili fonksiyon alanında yer gösterilebilir

d. Bakımın uygulanması esnasında ürün ve sistemin hazır bulunuşluluğu: önemli bir konu olup, detaylı bir şekilde dokümante edilmelidir. (Etkiler, kısmen etkiler, etkilemez gibi karar alınmalı ve hesaplanmalıdır. Çünkü bir parça değişimi ile komple kullanılamaz hale gelebileceği gibi, bazı durumlarda göreve göre kısmi şekilde kullanılmaz veya kullanılabilir durumda olabilir.

e. Destek çözümleri: bakım aktivitelerinin nasıl uygulanacağı detaylandırılrsa da, bazı faaliyetlerde bakımı bu gereksinimlerini değişmesine neden olabilecek aşağıdaki koşullar olabilir:

- Farklı çevre koşulları
- Farklı yerlerde bakım uygulamaları
- Bakımın farklı personel, alan, teçhizat ön koşullarına sahip tarafça uygulanması

- Geçici veya kalıcı bakım
- Barış ve savaş zamanı senaryolarındaki farklılıklar

f. Görev süresi: bu sürelerin tanımlanması gerekir, ortalama geçen süre ile işçi süresi farklı kavramlardır. Örneğin üç kişi tarafından 20 dk. da gerçekleştirilen bakım görevi için ortalama geçen tamir süresi: 20dk. iken, çalışma süre: 60 dk. dır.

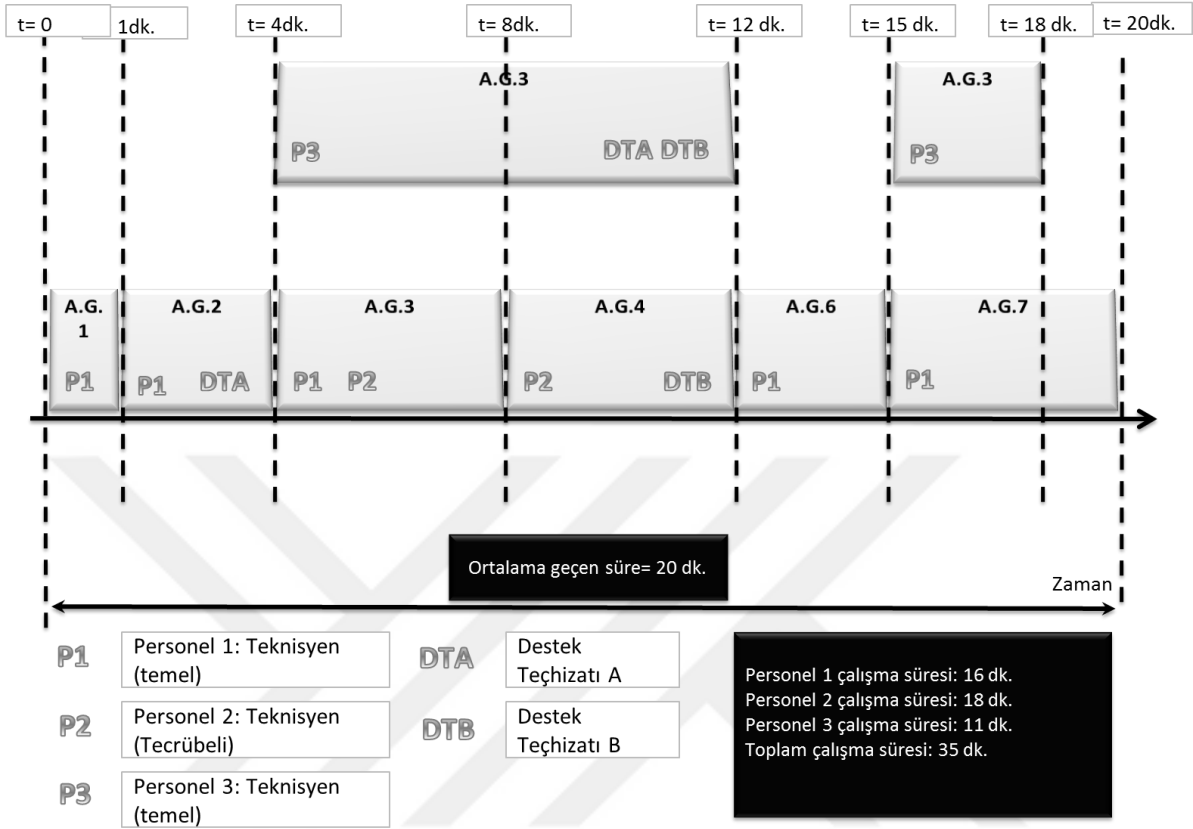
Ayrıca bu hesaplamalar yönetsel faaliyetler, evrak işleri vb. dahil değildir. Bu süreler lojistik erteleme sürelerinin de dahil edilmesi oldukça önemlidir. Bekleme süreleri (boyanın kuruması gibi) ve kontrol süreleri de değerlendirmeye katılabilir.

g. Bakım görevleri ile paralel aktiviteler: daha karmaşık görevlerde farklı alt görevler farklı personel tarafından eş zamanlı olarak uygulanmakta olduğu değerlendirilmelidir. Örneğin Şekil-29'da gösterildiği gibi bazı alt görevler (A.G.) tek kişi ile bazı alt görevler birden fazla kişi ile, bazı görevler için destek teçhizatı gerekirken bazı görevlerin eş zamanlı ve paralel olarak gerçekleştirildiği değerlendirilmelidir.

h. Eğitim gereksinimleri: bakım aktivitelerinin tanımlanması ile alakalıdır. Burada özel ve genel eğitim ihtiyaçlarının da tanımlanması gerekmekte olup, özellikle genel ihtiyaçların tespiti nispeten zordur. Burada aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir (S3000L):

- i.
- Bakım görevleri ile sorumlu bölüm veya departman,
 - Alt görevi yapmak görevli personelin seçilmiş yetenek seviyesi,
 - Görevin karmaşıklığına bağlı olarak ekip eğitimi ihtiyacı,
 - Eğitim gerektiren özel destek ekipmanının kullanılması,
 - Görevin uygulanması için gerekli özel eğitim ihtiyacı,
 - Gerekli eğitim metodu,

- Görev için tecrübe gereksinimi,
- Tüm olarak görevin karmaşıklığı.

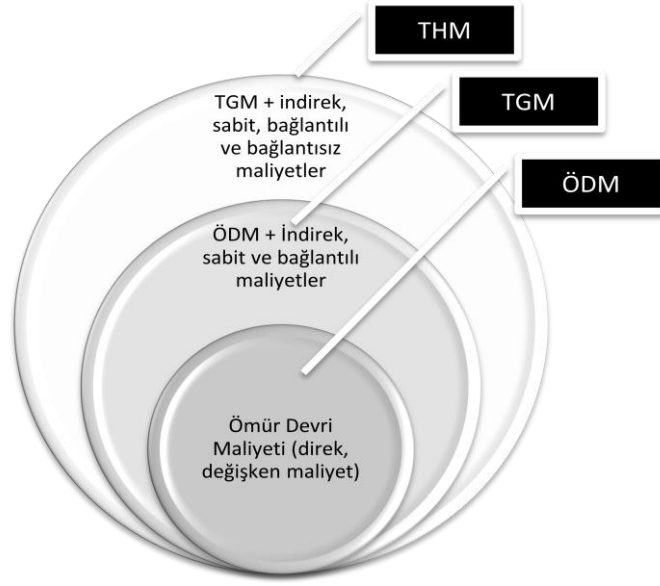


Şekil-29 Bakım Süreci Gösterimi (SX000i)

5.1.6. Ömür Devri Maliyet Analizi (ÖDM)

İşletme idame maliyeti çoğu zaman alım maliyetlerini aşmaktadır. Burada ürünün bakım, bakım seviyeleri, tesisler, kabiliyetler vb. birçok değer dikkate alınmaktadır. Bunlar LDA için karar kriteri olabilmektedir. Ürün ömür devrinde maliyetlere farklı bakış açıları bulunmaktadır. Bunlar (Şekil-30) :

- **Ömür Devri Maliyeti:** tüm direk maliyetler ile tedarik, görev, destek, elden çıkarma ile ilgili direk olmayan maliyetleri kapsar. Kavramsal ayırma maliyetlerini içermez.
- **Toplam Sahiplik Maliyeti (TSM):** tüm elementler, sabit ve dolaylı maliyetleri, genel destek ekipmanları, tesisler, personel, yönetim, rehberlik, operasyon planlama, kontrol, yakıt, cephane, elleçleme vb.hususları kapsar ve bütçeleme amaçlı, finansal analiz ve optimizasyonda kullanılır
- **Tüm Yaşam Maliyeti (TYM):** TSM, direk, sabit, ilişkili olmayan maliyetleri içerir (organizasyon sahibi olmaya benzetilebilir). Tüm yatırımları görmeyi sağlamaktadır.



Şekil-30 Ömür Devri Maliyetleri

ÖDM analiz süreci (S3000L);

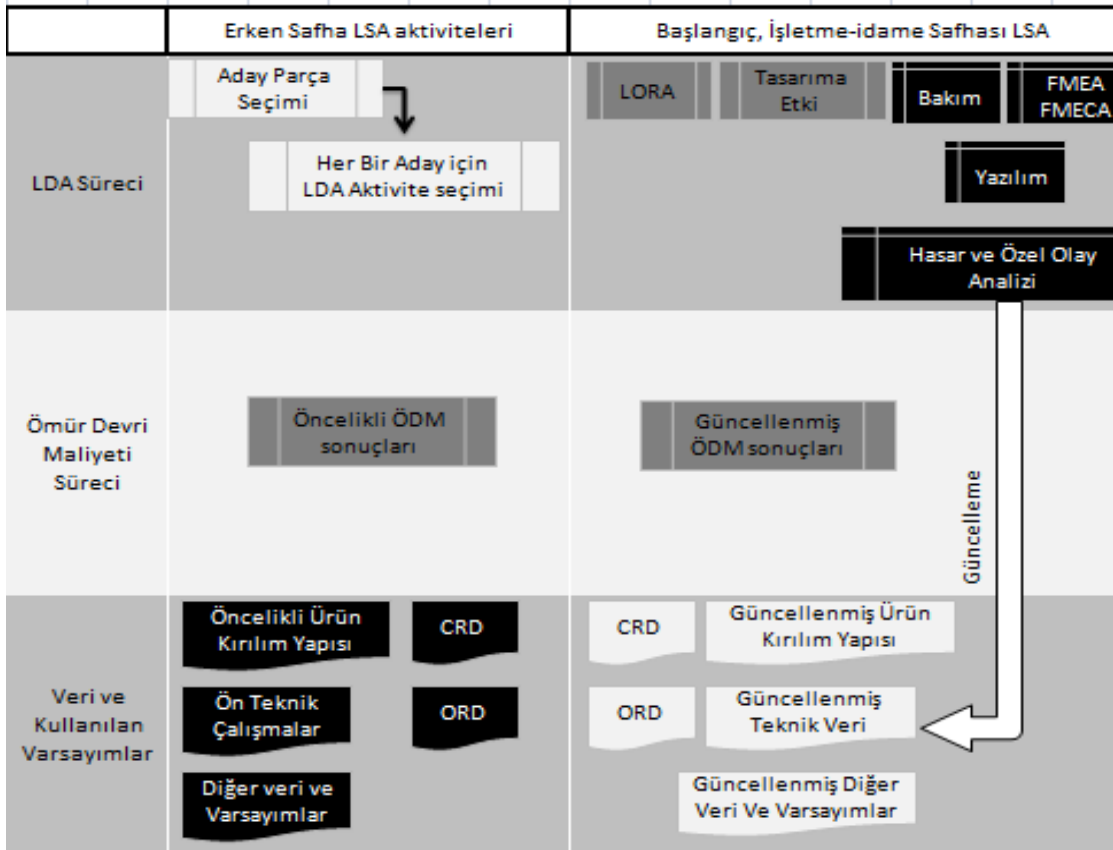
Genel yaklaşım, gereksinime göre her bir basamak ve detay birbiriyle uyumlu olmalıdır. ÖDM genel hat çalışmasının gelişimi şu şekildedir.

- ÖDM kırılımına göre program içeriği hazırlanır,
- Metot ve yöntemleri açıklanır,
- ÖDM deki varsayım, tanımlama ve dokümantasyon verileri belirlenir,
- Belirsizlik ve risk analizi değerlendirilir,
- Sonuçların sunumu ve raporlanması sağlanır.

ÖDM kırılım yapısı karmaşıklığa neden olmadan maliyetlerin belirlenmesi gerekir. Genel olarak beş boyuta ayrılmıştır.

- Kaynaklar,
- Aktiviteler,
- Ürün,
- Zaman,
- Lokasyon.

ÖDM analizi çıktı ve raporu: açık ve anlaşılır olmalı, içeriğinde kapsam, özet, genel hatlar, sonuç, hassasiyet analizi, ödümler, sonuç ve tavsiyeleri yer almalıdır. ÖDM LDA' dan önce başlayan faaliyettir ve süreç boyunca FMECA, LORA, MTA vb. analizleri karşılıklı olarak beslerler, ÖDM ve LDA birlikte görünümü Şekil-31'de (ASD, 2014) gösterilmiştir. Erken safhada ve LDA boyunca ÖDM uygulanır.



Şekil-31 LDA Analizinin ÖDM ile Birlikte Gösterimi

a. Erken LDA aktivitelerinde ÖDM görüşü:

- Uygulanabilirlik analizi uygulanır
- İş durumu, alternatiflerin değerlendirmesinde ÖDM kullanıldığından LDA dan önce başlar ve aşağıdaki veri ve varsayımlar yapılmış olur
 - ORD (görev gereksinim dokümanı), CRD (müşteri gereksinim dokümanı)
 - Teknik data kırılım, bakım, destek karakteristiği, vb.
 - Ekonomik veriler (ilk başlarda parametrik olan veriler zamanla yapılan tekrar yapılan analizler sonucunda belirgin hale gelirler.)

b. LDA süreci boyunca ÖDM analizi

- Tasarıma etki,
- ÖDM ile kırılımın belirlenmesi,
- LDA da destek maliyetini düşürme,
- Tasarım değişimine gerek olup olmadığının değerlendirilmesi,
- Yeni tasarımla ÖDM'yi güncellenmesi,
- Baştaki veriler ile ÖDM'yi karşılaştırılması konularını içermektedir.

5.2. LOJİSTİK DESTEK ANALİZİ ÖRNEK UYGULAMASI

Bu kısımda, önceden anlatılmış LDA analizleri jenerik bir senaryoda bütüncül olarak uygulanmaktadır. Senaryonun ilk kısmında ELD elementlerinin de dahil olduğu ömür devri analizi yapılmış ve maliyeti en etkin ürünün seçilmesi sağlanmıştır, ilerleyen bölümde LDA analizi adımları mantıksal bir sıra dahilinde uygulanmıştır.

5.2.1. Jenerik Senaryo

Silahlı Kuvvetler, **2017 yılından itibaren** görevine yönelik olarak mayın detektörü almak ve bu detektörü **20 yıl boyunca** (hali hazırda bulunan detektörlerin ekonomik ömürlerinin 20 yıl olduğu gözlemlenmiştir) kullanmak istemektedir. Alınacak ürünlerin en az 2 yıl garanti süresi olmalıdır. **20 yıl boyunca enflasyon oranı yıllık 10%** olacağı kabul edilmiştir. Toplam alınacak olan detektör sayısı **1000 adettir**. Fiyat araştırmasına **Alfa, Burhan, Ceyhan, Delta, Engin** firmaları dahil edilmiştir.) Bu kapsamda firmaların teklife çağrı dokümanında ortaya koyduğu durum, değer ve isterler aşağıda verilmiştir:



Şekil-32 Mayın Detektörü Kullanımı

➤ Durum:

a. Silahlı kuvvetlerde üçlü bakım seviyesi (kullanıcı, birlik, fabrika-firma) uygulanmaktadır. Ancak bu proje için fabrika firma seviyesindeki personel yetersizliği nedeniyle, **ikili bakım seviyesi** uygulanması istenmektedir. Bakım personelinin **günde sekiz saat** ve **haftada beş gün çalıştığı**, ayrıca bakım teknisyenlerin eğitim seviyelerinin bu görevlerini yerine getirmeye yeterli olduğu varsayılmıştır.

b. Silahlı kuvvetlerin elinde halen 1000 adet kullanılmakta olan detektör bulunmakta olup, bu detektörlerin yıllara bağlı olarak elden çıkarılma planı şu şekildedir. **2017 yılı: 250 adet, 2018 yılı: 250 adet, 2019 yılı 250 adet ve 2020 yılı için 250 adettir.**

➤ **Kullanım koşulları ve isterler:** Detektörün üç farklı senaryo altında ve **yılda 200 gün çalıştırılacağı değerlendirilmektedir.**

a. **Senaryo 1 (İntikal, yol araması):** Ortalama hız saatte 4 km, ortalama görev süresi günde 4 saat, maksimum görev süresi günde 10 saat.

b. **Senaryo 2 (Üs bölgesi ve sığınak araması):** Ortalama hız saatte 1 km, ortalama görev süresi 8 saat, maksimum görev süresi günde 10 saat,

c. **Senaryo 3 (Mayın tarlası ve patlamamış mühimmat araması):** Ortalama arama hızı saatte 250 m, ortalama çalışma süresi 4 saat, maksimum çalışma süresi 8 saat olarak hesaplamalar yapılmaktadır.

➤ Toplam alınacak olan detektör sayısı: **1000**

➤ Detektörlerin **güvenilirlik değerinin minimum %90 olması** istenmektedir.

➤ MTBF, ELD elemanları maliyetleri üzerinden her bir detektör için ömür devri maliyetleri hesaplanmakta ve isterleri karşılayan maliyeti en uygun ürün seçilmektedir. İlgili ürünün FMECA, LORA, MTA analizleri firma tarafından SX000i spesifikasyonuna göre uygulanacak, tedarigi müteakip ayrıca LDA analizi süreci ARGE süresi içerisinde telsim edilecektir. Hazır bulunuşluluk ve tamir edilebilirlik değerleri tedarik sonrası ELD planı ile firmadan istenmektedir.

➤ Ayrıca detektörle ilgili diğer hususlar şu şekildedir:

a. Topraktaki her katmanda arama yapabilmelidir,
b. Yüzey, yamaç, hava ve su ortamlarında arama yapabilmelidir,
c. Derinlik ve boşluğu 180 cm ye kadar tespit edebilmelidir,
d. Her türlü patlayıcı madde, metal parça iğne, EYP, sığınak, silah vb. maddeleri tespit edebilmelidir,

e. Detektörün ortalama arama hızı: 1 km/sa. yavaş ve hızlı aramalar için hızları 250 m/sa. ve 4km/sa. olmalıdır,

f. En yakın detektörden 1 m mesafeye kadar etkilenmemelidir,

g. Nokta tespit edebilme özelliğine sahip olmalıdır

h. Sesli ve ışıklı ikaz sistemine sahip olmalıdır. Bu sistemler kulaklıklılı ve kulaklıksız çalışabilmeli, aydınlatma sistemi istenildiğinde kapatılabilmelidir,

i. Ergonomik, kullanıcıya göre ayarlanabilir olmalı, taşıma kılıfı ile ve tek elle rahat taşınabilmeli ve kullanılabilirdir.

j. Maksimum ağırlığı 2,5 kg (piller dahil) olmalıdır.

k. Sistem güncellenebilir olmalıdır,

- l. Ürünün ömür devri boyunca ikmal desteği planı hazırlanmalıdır,
- m. **Bakım 2 seviyeli olarak hesaplanmalı**, buna göre bakım planı ve ilgili analizler yapılmalıdır,
- n. Lojistik faktörler değerlendirilerek tasarım yapılmalıdır,
- o. Teknik veri paketi elektronik ortamda interaktif şekilde istenmektedir
- p. Kullanıcı ve eğitici personel eğitilecektir buna göre eğitim planı hazırlanacaktır,
- q. Gerekli insan gücü ve personel hesaplanacaktır,
- r. İhtiyaç varsa tesis planlaması yapılacaktır,
- s. Bilgisayar kaynak ve ihtiyacı hesaplanacaktır.

5.2.2. Uygulama

Uygulama kapsamı iki basamaklıdır. ELD'nin uygulanışının gösterilmesi için öncelikle alıcı tarafın ELD eleman, bilgi ve değerlerini de içeren tedarik işlemi için bir ömür devri maliyeti hesabını elindeki bilgiler seviyesinde hesaplamasını ve müteakiben maliyeti etkin olan ürünü seçmesi amaçlanmaktadır. Senaryonun ikinci aşamasında ise seçilen ürünün ELD takımı olarak bu ürünün ilgili LDA basamaklarını uygulaması gösterilmektedir.

5.2.2.1. Ömür Devri Analizi:

Ürünün ömür devri maliyet planlaması yapılırken bazı varsayımlardan yararlanılmıştır. Bu kapsamda dikkat edilen hususlar ve firmaların ürün değerleri Çizelge-22'de olduğu gösterilmiştir. Ayrıca ürünlerin içerisindeki güvenilirlik değerleri ile MTBF'e bağlı planlı bakım adedi ise Çizelge 23-24'de; A firması ÖDM örnek gösterimi Çizelge 25'te diğer firmaların ise EK C'de gösterilmiştir.

Çizelge-22 Kriterler Açıklamalar ve Firma Değerleri

Değerlendirme	Açıklama	Firma Ürün Adı				
		Alfa	Burhan	Ceyhan	Delta	Engin
		A	B	C	D	E
Ürün teslim tarihi	Firmaların ürünü ne zaman sonra teslim edeceğini açıklar	1 yıl	1 yıl	1 yıl	0 yıl	2 yıl
Ürün Fiyatı (adet)	Bir ürünün TL karşılığı fiyatıdır	12500 TL	11800 TL	11000 TL	16000 TL	10000
İhtiyaç duyulan Bakım Adedi	MTBF değeri ve üssel dağılımlı arıza oranı ile yıllara göre hesaplanmış bakım adedidir.	1000	1100	850	1250	1025
Bilgisayar Kaynağı	Kullanılacak bilgisayar sistemi, yazılım, personel, tesis vb. maliyetidir.	Mevcut kaynaklardan faydalanılmış ve maliyete dahil edilmemiştir.				

Değerlendirme	Açıklama	A	B	C	D	E
Tasarıma Etki (ARGE ve LDA süreci)	ARGE ve LDA süreci için firmaların talep ettiği ücrettir	1000 TL	1200 TL	800 TL	0	750
Tesis ve Altyapılar	İhtiyaç duyulan tesis ve alt yapı maliyetidir.	Mevcut bakım, depo ve eğitim tesisleri kullanılmış, maliyete dahil edilmemiştir.				
Bakım (3'ncü yıldan itibaren ürün başına yıllık bakım ücreti)	Önleyici bakım faaliyetlerinin bir tanesinin personel ve parça fiyatı hariç maliyetidir. (bakım süresi 1 saat kabul edilmiştir)	20	25	22	30	30
İnsan Gücü ve Personel (3'ncü yıldan itibaren ürün başına yıllık teknisyen ücreti)	Alıcı tarafında çalışan teknisyenlerin bakım yaptığı ürün başına aldığı adam/saat ücrettir.	30	30	30	30	30
Paketleme, Elleçleme, Depolama, Ulaştırma	Her ürün için değerlendirilen paketleme, elleçleme, depolama ve taşıma maliyetidir.	Her ürün için standart olarak alınmış, ebatları değerlendirilerek maliyete dahil edilmemiştir.				
Ürün Desteği	Ürünün güncelliği, takibi vb. faaliyetlerin kontrolü için alınan ürün başı ücrettir	5	6	5	5	6
İkmal Desteği	Ortalama her bakım faaliyeti için katlanılan parça maliyetidir	50	40	40	100	100
Destek Teçhizatı (Tezgâh ihtiyacı, ürün başına garanti süresini müteakip, bir kez)	Ürünlerin bakımının yapılabilmesi için o ürüne has tezgâh vb. fiyatıdır. Bazı ürünleri mevcut tezgâh ile bakımı yapılabilir.	Mevcut kaynaklardan faydalanılmıştır.		200	150	150
Sürdürülebilirlik Mühendisliği	Ürünlerin yasalara ve çevre uyumunun takip edilmesini içeren çalışmaların maliyeti.	Her ürün için standart olarak alınmış, maliyete dahil edilmemiştir.				
Teknik Veri	Dokümantasyon maliyetidir. (ilk yıl bir kez, müteakiben 5,10,15'nci yılda 20% oranında)	20	20	30	10	20
Eğitim ve Eğitim Desteği	1.2.3.5.10.15'nci yıllarda planlı eğitim maliyetidir.	10	10	20	20	50
Ömür Devri Maliyeti ve Diğer Aktiviteler (yıllık)	Demodelik, güncelleme vb. alan ve safhalar için talep edilen ürün başı maliyetidir.	3	5	5	10	5
Elden Çıkarma Maliyeti (her ürün için, son yıl)	Elden çıkarma süreci için talep edilen maliyettir	10	10	10	20	20

Tablolarda yer alan verilerle, firma değerleri ve maliyet etkinliği değerlendirilmiştir. Burada ürünün tedarik fiyatı kadar, ömür devri süresince ELD elemanlarının maliyetleri de oldukça önemlidir. Bu maliyetin hesaplanması esnasında güvenilirlik $R=e^{-\lambda t}$ ile (Çizelge-23) hesaplanmıştır (Jones, 2006). Örneğin A firmasının ürünü için

$$MTBF= 1000 \text{ ise; } \lambda=1/1000' \text{dir.}$$

$$t= 1600/12 =133,3 \text{ (birinci ay)}$$

$$R=e^{-\lambda t} =e^{-0,001*133,3} = 0,8752 \text{ olarak bulunur}$$

Bakım adedi ve maliyetleri MTBF değerleri üzerinden hesaplanmıştır bu sayede yıllık önleyici bakım miktarı hesaplanmıştır. Örneğin:

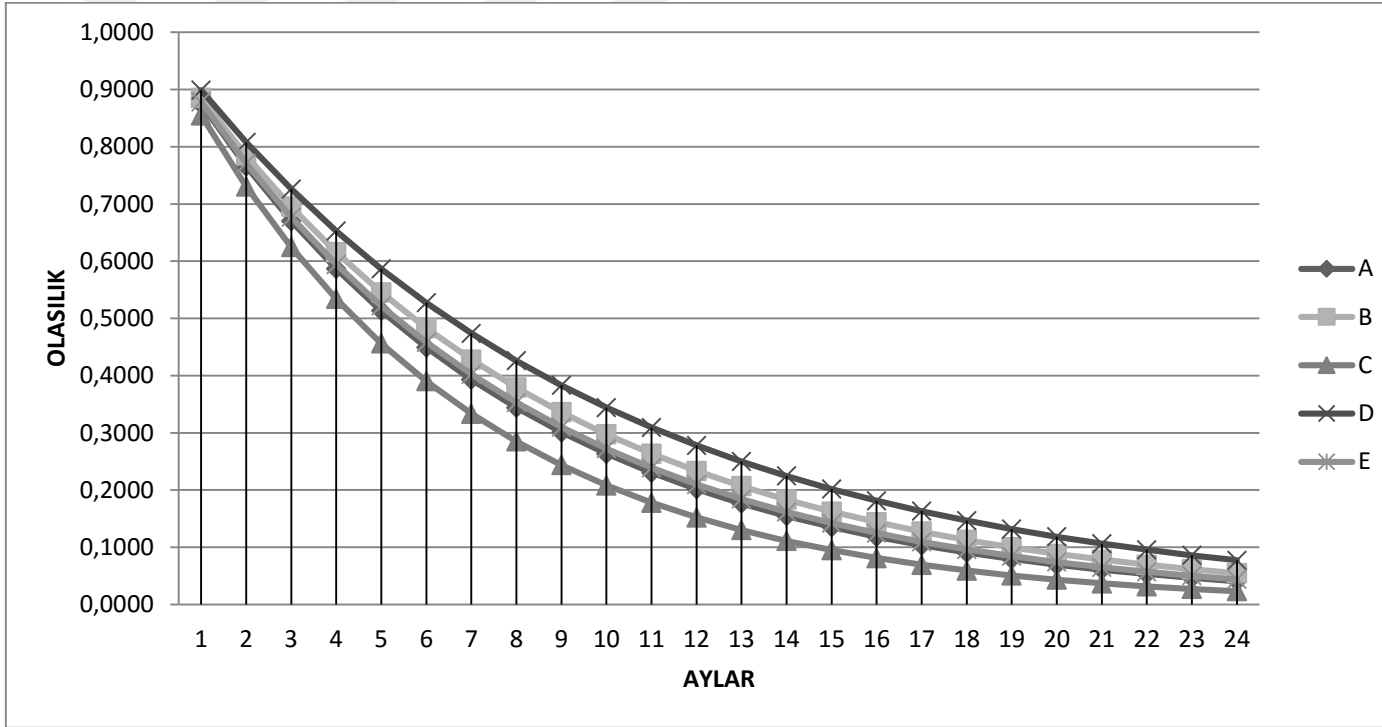
A firması 20 yıl *1600 saatten= 32000 saat görev yaparken;

ihtiyaç duyduğu bakım adedi ise; $32000/1000$ (A firmasının MTBF değeri)= 32 olarak alınmıştır (Çizelge-24).

Bu kapsamda tüm firmaların ilgili hesaplamaları yapıldığında sonuç aşağıda Çizelge-26'te yer almış olup, en ucuz maliyetli ürün seçilmiştir. E Firması en ucuz ürünü sunmuş olsa da, iki yıllık hazırlık sürecine ihtiyaç duyduğu için, seçilmemiştir. Ayrıca B ve C firmalarının maliyetleri birbirine çok yakındır. Özellikle B firmasının MTBF değeri C'ye göre yüksek olması önemli bir husustur. Farklı kriterler veya detaylar probleme eklenmiş olsaydı, B ürünü maliyeti en etkin ürün olarak seçilebilirdi.

Uygulamada yapılan ömür devri maliyeti hesaplaması belirli varsayımlar ile yapılmıştır ve, senaryo gereği içerisine ELD elemanları dahil edilmiştir. Analizler bitmiş ürün ya da yeniden tasarım yapıp yapılmamasına göre değişiklik gösterirler. Ayrıca ürünün herhangi bir safhasından itibaren uygulanabileceği gibi, safhalar içerisinde elde edilen veriler ile tekrar tekrar uygulanması gerekmektedir. Böylelikle kullanılan veriler her defasında doğru değere yaklaşmakta ve yapılan değerlendirmenin doğruluğunu arttırmaktadır. Ayrıca bu maliyetlerin kesin olarak tespiti her zaman mümkün olmamaktadır. Ürünün ilgili değerlerin bulanık ortamlarda, belirsizlikler içinde alındığı gerçektir. Bir de bu durumlara firmaların ELD konusunda tecrübesizliği, yönetmeliklerin uzun süreli ortaklıklar için elverişsizliği ve ekonomik anlamda belirsizliklerin eklenmesi bu hesaplamaları doğru olarak yapmayı güçleştirmektedir. Tüm bu varsayımlar sonucunda A firmasının ÖDM Çizelge-25'te, firmaların karşılaştırılması Çizelge-26'da gösterilmiştir.

Çizelge-23 Güvenilirliğin 2 Yıllık Garanti Süresince Azalması



Çizelge-24 Bakımlar Arası Ortalama Süreye Göre (MTBF) Her Yıl Yapılması Gereken Bakım Adedi

Ürün/Yıl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOPLAM
A	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	32
B	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	29
C	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	38
D	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	26
E	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	31

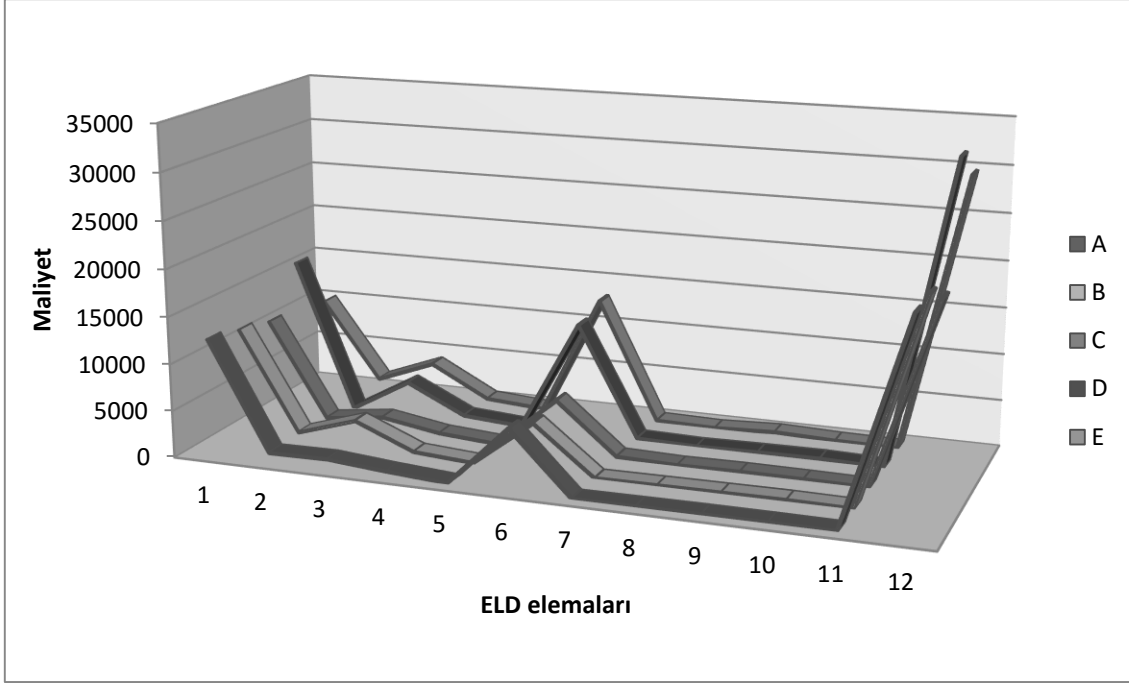
Çizelge-25 A Firması Ömür Devri Maliyet Hesaplaması

Değerlendirme	A	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	TOPLAM		
Ürün teslim tarihi	1 yıllık tasarımı																									
İhtiyaç duyulan Bakım Adedi	Adet/yıl		2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2			32	
Ürün Fiyatı (adet)	12.500	12.500																							12.500	
Bilgisayar Kaynağı	0																								0	
Tasarıma Etki	1000	1000																							1.000	
Tesis ve Altyapılar	0																								0	
Bakım	200				400	200	400	400	200	400	200	400	400	200	400	200	400	400	200	400	200	400	200	400		5.800
İnsan Gücü ve Personel	300				600	300	600	600	300	600	300	600	600	300	600	300	600	600	300	600	300	600	300	600		8.700
Paketleme, Depolama Ulaştırma vb.	0																								0	
Ürün Desteği	5				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		90	
İkmal Desteği	500				1000	500	1000	1000	500	1000	500	1000	1000	500	1000	500	1000	1000	500	1000	500	1000	500	1000		14.500
Destek Teçhizatı	0				0																				0	
Sürdürülebilirlik Mühendisliği	0																								0	
Teknik Veri	20		20					4					4					4							32	
Eğitim ve Eğitim Desteği	50		50	50	50			50					50					50							300	
ÖDM ve Diğer Aktiviteler	5				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		90	
Elden Çıkarma Maliyeti	100																						100		100	
TOPLAM (aritmetik)		13.500	70	50	2.060	1.010	2.010	2.064	1.010	2.010	1.010	2.010	2.064	1.010	2.010	1.010	2.010	2.064	1.010	2.010	1.010	2.010	100		43.112	
Kuvveti (10% enflasyon)		1,00	1,10	1,21	1,33	1,46	1,61	1,77	1,95	2,14	2,36	2,59	2,85	3,14	3,45	3,80	4,18	4,59	5,05	5,56	6,12	6,73	7,40			
Bugünkü değeri		13.500	64	41	1.548	690	1.248	1.165	518	938	428	775	723	322	582	266	481	449	200	362	165	299	14		24.777,45	

Çizelge-26 Firmaların Karşılaştırılma Sonuçları

	A	B	C	D	E
1. Ürün Fiyatı (adet)	12500	11800	11000	16000	10000
2. Tasarıma Etki (ARGE ve LDA süreci)	1000	1200	800	0	1500
3. Bakım (üçüncü yıldan itibaren, ortalama bir bakım maliyeti, bir ürün, düzeltici, önleyici vb.)	5800	6500	7480	6900	8400
4. İnsan Gücü ve Personel (3'ncü yıldan itibaren ürün başına yıllık teknisyen ücreti, sabit)	8700	7800	10200	6900	8400
6. Ürün Desteği (Her yıl için ürün başına ort. mal.)	90	108	90	90	108
7. İkmal Desteği (her bakım için ürün başına ort. mal)	14500	10400	10200	4600	7000
8. Destek Teçhizatı (Tezgâh ihtiyacı, ürün başına garanti süresini müteakip, bir kez)	0	0	200	150	150
9. Teknik Veri (ilk yıl bir kez, müteakiben 5,10,15nci yılda 20% - oranında)	32	32	48	16	32
10. Eğitim ve Eğitim Desteği (1.2.3.5.10.15 nci yıllarda)	300	900	600	600	900
11. Ömür Devri Maliyeti ve Diğer Aktiviteler (yıllık)	90	90	90	180	90
12. Elden Çıkarma Maliyeti (her ürün için, son yıl)	100	100	100	200	200
TOPLAM	43112	38930	40808	35636	36780
Bugünkü değeri	24777,447	<u>22933,276</u>	22796,853	23336,895	<u>20360,471</u>

Ürünlerin bakım adetleri ve çalışma sürelerinin hesaplanması, senaryolar arasında en zorlayıcı olan süreler alınmak suretiyle yapılmıştır (200 gün*8 saat). Bu senaryoların her biri için tüm sürecin işletilmesi daha doğru sonuçlar vereceği değerlendirilmektedir. Ancak uygulamanın yazımda çok yer kaplamaması için bu kabul yapılmıştır. Elde edilen verilerin grafiksel gösterimi ve maliyetlerin ürünlere göre dağılımı, şu şekilde gösterilmiştir (yatayda yer alan numaralar Çizelge-26'daki elemanlara denk gelmektedir).



Şekil-33 Ürün Maliyet Karşılaştırması

Veriler neticesi ürünün toplam değerleri ile bugünkü değerleri karşılaştırıldığında en uygun ürünün toplam maliyetinin en düşük olmadığı görülmektedir. Fiyatların günümüze çekilmiş olması ile bu değerler güncellenmiş ve seçimin sonucunu etkilemiştir. Verilerin gerçeğe yakın bir şekilde jenerik olarak alınması neticesinde Şekil-33' de görüldüğü gibi, ömür devri maliyeti içerisinde yer alan kalemlerin maliyet toplamını en az ürünün tedarik maliyeti kadar etkilediği görülmektedir. Farklı projelerde bu kalemlerden, eğitim, dokümantasyon veya diğerlerinin değerlerinin daha da arttığını görülebilmektedir. Ayrıca firmaların ömür devri maliyetleri incelenerek, alıcı tarafın yıllara bağlı olarak yapması istenen ödeme miktarları da görülmektedir. Örneğin C firmasına alıcı taraf 2016 yılında detektör başına 11800 TL, 2017 yılında 118 TL, 2019 yılında ise 82 TL ödeme yapması planlanmıştır (EK'te Çizelge-45) . Böylece taraflar kendi ödeme ve nakit akış planlamalarını yapabileceklerdir.

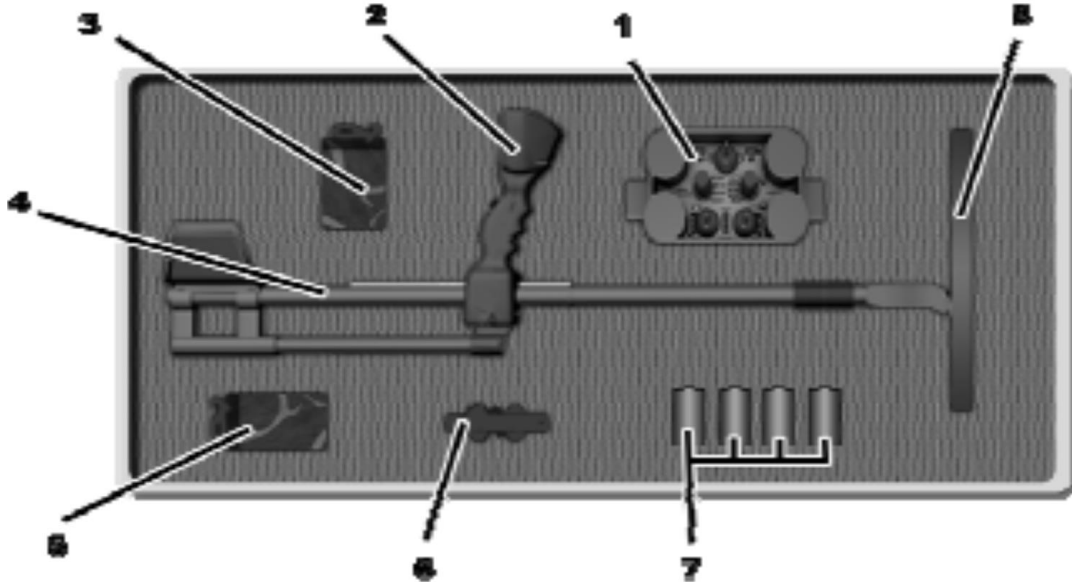
Bu aşamadan sonra alıcı firma, alacağı ürünü C firmasının ürünü olarak seçmiştir. Firmanın ilgili birimleri, belirtilen değerlere ulaşmayı hedefleyen ELD faaliyetleri içerisinde LDA uygulamaya başlamıştır. Firma henüz ürünün tasarım aşamasındadır ve çalışmalarına tasarıma etki elementi ile başlanmaktadır (zorunlu değildir).

5.2.2.2. LDA süreci

Bu bölümde seçilen ürünün ilgili MTBF değerini sağlaması için yapılması gereken LDA süreçleri incelenmiştir. Firma içerisinde ELD takımının çalışmaları gösterilmektedir.

5.2.2.2.1. Tasarıma Etki (Konfigürasyon ve RAM analizi)

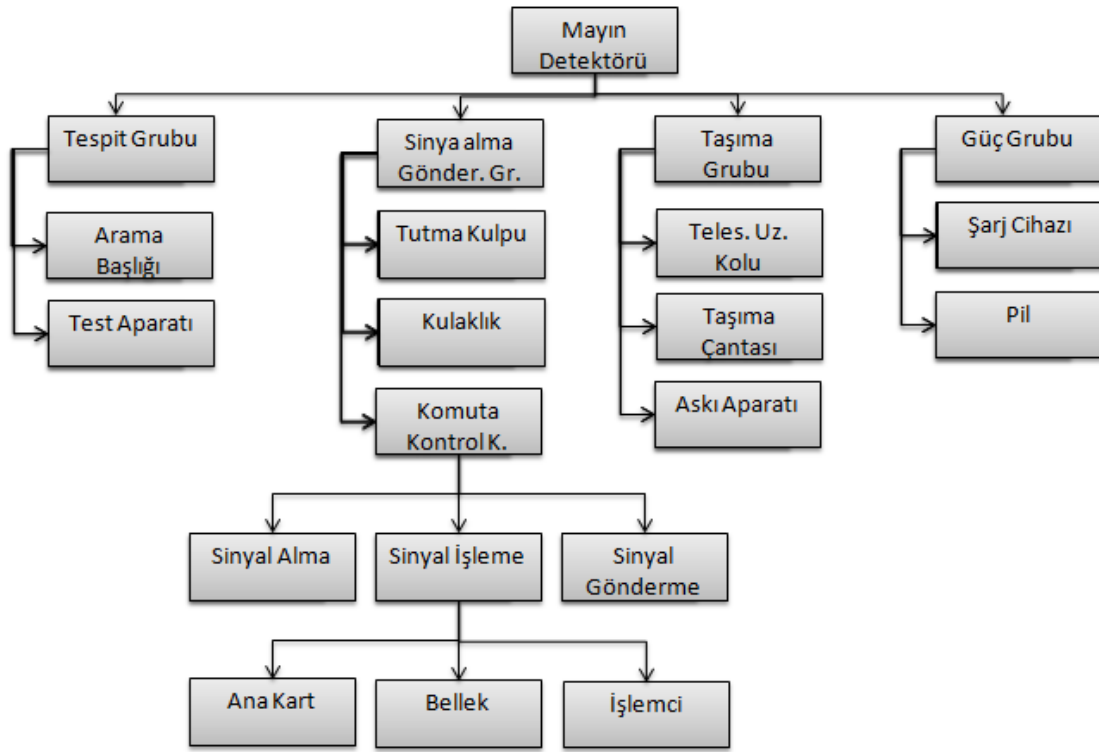
Yukarıdaki hesaplamalar neticesinde C firmasının ürünü isterler dahilinde en uygun ürünü sunduğu görülmektedir. Bu kapsamda ilgili firma kendi ELD planını ortaya koymaktadır. Buna göre çalışmalarına konfigürasyon yönetimi, FMECA ve ELD adaylarının belirlenmesi ile başlar. Bu çalışmada firmanın uygulayacağı ELD faaliyetler üç kırılım seviyesini geçmeden yapılması istenmekte ve aşağıdaki ürünün parçalarını içerecek şekilde uygulanması amaçlanmaktadır. Sistemin parçaları ve elemanları aşağıda verilmiştir.



Şekil-34 Detektör Parça ve Elemanları

- Komuta kontrol kutusu
 - a. Sinyal alma ünitesi
 - b. Sinyal işleme ünitesi
 - i. Ana kart
 - ii. İşlemci
 - iii. Bellek
 - c. Sinyal gönderme ünitesi
- Tutma kulpu
- Şarj cihazı
- Teleskopik uzatma kolu
- Askı aparatı
- Kulaklık
- Pil
- Arama başlığı

Bu kapsamda firmanın ELD için uygulamada kullanacağı kırılımı fonksiyonel kırılım olarak belirlemiş ve Şekil-35'te uygulanmıştır.



Şekil-35 Ürün Kırılımı

RAM Analizi:

Konuyla ilgili tedarik anlatım ve hesaplamaların nasıl yapılacağı bir önceki bölümde izah edilmiştir. Firmanın tasarım aşamasının başında tecrübi değerler ile ulaştığı hazır bulunuşluluk, güvenilirlik ve tamir edilebilirlik ile ilgili hesaplamaları aşağıdaki gibidir.

$$A_i = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) = 850 / (850+1) = 0,9988$$

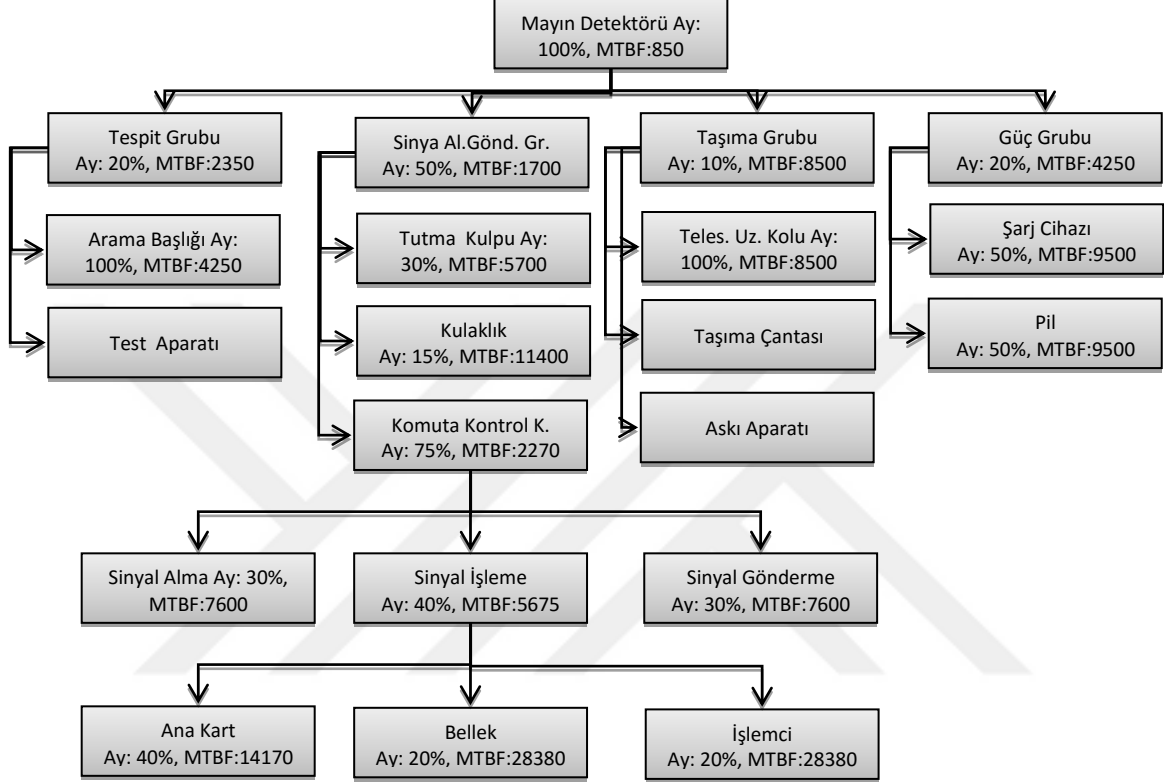
$$\text{MTBM} = 750 \text{ ise; } A_a = \text{MTBM} / (\text{MTBM} + \text{MTTR}^*) = 750 / (750+1) = 09986$$

OT:	Yıllık İşletim Süresi	: 600
ST:	Yıllık hazırda bekleme süresi	: 1800
TCM:	Toplam düzeltici bakım süresi	: 200
TPM:	Toplam önleyici bakım süresi	: 52
ALDT:	İdari ve lojistik gecikme süresi	: 260 ise;

$$A_o = (\text{OT} + \text{ST}) / (\text{OT} + \text{ST} + \text{TCM} + \text{TPM} + \text{ALDT})$$

$$= (600+1800) / (600+1800+200+52+260) = 0.824 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Güvenilirlik: Firma isterlerde belirtilen MTBF değerini sağlayabilmek için, tasarım aşamasında güvenilirlik değeri dağıtımı yapmalıdır. Bu da daha çok tecrübi hususlara dayanır. Ürünün fonksiyonel kırılımı ve güvenilirlik ayrımı Şekil-36' daki gibi tasarlanmıştır. Tasarımın ilk aşamasında güvenilirlik dağılımı aşağıdaki gibi olması amaçlanmıştır. Bu esnada bazı parçaların güvenilirlik ayrımına (AY) dahil edilmediği gözlenmektedir. Bu aşama LDA adaylarının belirlenmesinde gösterilmiştir.



Şekil-36 Güvenilirlik Dağılımı (RA)

850 MTBF'e sahip bir detektöre sahip olabilmek için firma alt parçaların hangi güvenilirlik değerlerine sahip olması gerektiğini tasarım aşamasında hesaplamıştır. Güvenilirlik ayırım yüzdeleri bu safhada genellikle tecrübi olarak verilir (Handbook for reliability test methods, 1986). Örneğin Sinyal alma gönderme grubunun oranı 50% olarak alındığında $\text{Min. MTBF}'i = 850 \cdot 1/50\% = 850 \cdot 100/50 = 1700$ 'dür. Aynı şekilde bu grupta bulunan kulaklığın $\text{Min. MTBF}'i = 1700 \cdot 1/15\% = 1700 \cdot 100/15 = 11333$ (yaklaşık 11400 saat alınmıştır).

Özellikle yedek parça fiyatlarının komuta kontrol kutusu için yüksek maliyetlerde olduğu ve buradaki arızaların ciddi sonuçlara neden olduğu değerlendirildiğinde komuta kontrol kutusunun güvenilirlik değerlendirmesi önem arz etmektedir. Ancak belirtilen MTBF değerlerine ulaşmak her zaman mümkün olmayabilir. Örneğin yapılan piyasa araştırması sonucunda ürünün parçalarının ancak Çizelge-27'de belirtilen

seviyelerde firmalarda bulunduğu ve bu değerlerin hesaplanması sonucunda istenilen 90% güvenilirlik seviyesine ulaşamadığı değerlendirilmektedir. Bu kapsamda yapılan sistem tasarımında sistem elemanları Şekil-37deki gibi yapılmıştır. Sistemin paralel-seri şekilde bağlı olduğu durumlarda güvenilirlik hesabı şu şekildedir.

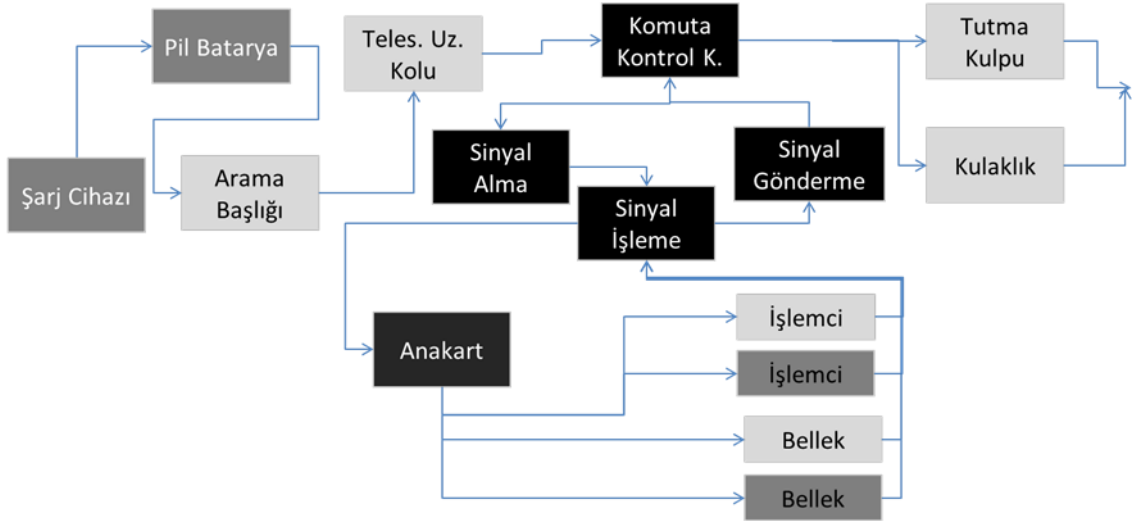
$$\text{Sistem Güvenilirliği} = (R_{\text{pil.}} * R_{\text{şarj}}) * (R_{\text{ara.b.}} * R_{\text{tel.u.k}}) * [R_{\text{sinal.}} * (R_{\text{anakart}} * \{1 - (1 - R_{\text{işlemci}}) * (1 - R_{\text{bellek}})\} * R_{\text{sin.gön}})] * (1 - (1 - R_{\text{tut.k.}})(1 - R_{\text{kul.}}))$$

Çizelge-27 Güvenilirlik Hesaplaması

	MTBF	$\lambda=1/\text{MTBF}$	R (t=50)	Adım 1	Adım 2	Adım 3	Adım 4
Dedektör							0,867085
Komuta kontrol kutusu							
Sinyal alma ünitesi	2200	0,000455	0,977529	0,971486	0,930851		
Sinyal işleme ünitesi							
Anakart	1800	0,000556	0,972604				
İşlemci	1500	0,000667	0,967216				
Bellek	1400	0,000714	0,964916				
Sinyal gönderme ünitesi	2500	0,000400	0,980199				
Tutma kulpu	1500	0,000667	0,967216	0,999351			
Kulaklık	2500	0,000400	0,980199				
Şarj cihazı	2000	0,000500	0,975310				
Pil	2000	0,000500	0,975310		0,932102		
Arama başlığı	4000	0,000250	0,987578				
Teleskopik uzatma kolu	6400	0,000156	0,992218				

Bu durumda yeni tasarımlara ihtiyaç duyulabilir ve yüksek maliyetlerle karşılaşılabılır. Ancak tasarımın el verdiği ölçüde, sisteme paralel, seri, stand-by, karışık bağlı elemanlar eklenerek R değeri yükseltilebilir. Sistemlerin MTBF hesaplamalarında kutulama, sıcaklık hesaplamaları, kalite vb. birçok etmen etkili olmaktadır. Bu durumun farklı senaryolarda ve çalışma koşullarında tekrarlanması uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Örneğin bir kullanım senaryosunda bir ürünün bir parçası daha aktifken, bir başka senaryoda pasif konumda olabilir. Bu durum da arıza ve güvenilirlik değerlerini etkilemektedir. Bu değerlendirmeler yapılarak senaryo içerisinde piyasadan temin edilen parçaların güvenilirlik değerleri ile farklı tasarımlara gidilmiştir (Aşağıda MTBF değerleri verilen parçalar ile istenilen tüm sistem MTBF değerlerini sağlayabildiğini, yeni eklenen parçaların firmanın teklif ettiği fiyata dahil olduğu değerlendirilmiş ve LDA'nın diğer analizleri bu kabul üzerine uygulanmıştır. Burada amaç düşük MTBF değerleri ile LDA analizinin bakım planlamasının daha etkin göstermektir). Uygulamanın şematik görüntüsü ve güvenilirlik hesabı Şekil-37'de gösterilmiştir.



Şekil-37 Güvenilirliğin Geliştirilmesi

Bu kapsamda ürüne yönelik parçaların güvenilirlik değerlerinin düşük olduğu fakat firma yaptığı tasarım çalışmaları sonucunda işlemci ve belleklerin paralel şekilde yerleştirebileceğini değerlendirmiş, ayrıca farklı pil ve şarj cihazı kullanmış ve bu kapsamda güvenilirlik değerini arttırmayı başarmıştır.

$$\text{Sistem Güvenilirliği} = (R_{\text{pil.Y.}} * R_{\text{şarj.Y.}}) * (R_{\text{ara.b.}} * R_{\text{tel.u.k.}}) * [R_{\text{sinal.}} * (R_{\text{anakart}} * \{1 - (1 - R_{\text{işlemci}}) * (1 - R_{\text{işlemci}}) * (1 - R_{\text{bellek}}) * (1 - R_{\text{bellek}})\}) * R_{\text{sin.gön}}] * (1 - (1 - R_{\text{tut.k.}})(1 - R_{\text{kul.}}))$$

Tasarımcının hedefinin başta belirtildiği gibi sistemin güvenilirliğini 90% üzerinde tutmaktır. Yapılan tasarımsal değişiklik sonucunda güvenilirlik değerinin tekrar hesaplanması ile aşağıdaki sonuç ortaya çıkmıştır.

Çizelge-28 Güvenilirliğin Tekrar Hesaplanması

	MTBF	$\lambda=1/\text{MTBF}$	R (t=50)	Adım 1	Adım 2	Adım 3	Adım 4
Dedektör							0,907031
Komuta kontrol kutusu							
Sinyal alma ünitesi	2200	0,000455	0,977529	0,986207	0,944957		
Sinyal işleme ünitesi							
Anakart	3600	0,000278	0,986207				
İşlemci (2)	3000	0,000333	0,983471				
Bellek (2)	2800	0,000357	0,982301				
Sinyal gönderme ünitesi	2500	0,000400	0,980199				
Tutma kulpu	1500	0,000667	0,967216	0,999351			
Kulaklık	2500	0,000400	0,980199				
Şarj cihazı	4000	0,000200	0,990050			0,960489	
Pil	4000	0,000200	0,990050				
Arama başlığı	4000	0,000250	0,987578				
Teleskopik uzatma kolu	6400	0,000156	0,992218				

Tasarımcı özellikle komuta kontrol kutusunda yer alan bileşenlerin seri, paralel bağılı olması sistemin güvenilirliğini olumlu yönde etkilemiştir. Bu durumun farklı senaryo ve çalışma koşulları için de değerlendirilebilir. Yapılan sözleşme süresi, yedek parça değerlendirmesi ve maliyetleri, bakım planı vb. birçok ELD elemanı için buradaki değerlendirmeler geliştirilerek yorumlanabilmektedir.

Çizelge-29 Ürünün Analizlere Dahil Edilip Edilmeyeceğine Karar Verilmesi (LDA Adayı Seçilmesi)

Tasarım tanımlama numarası	Parça İsmi	Karar verici sorular				Analiz gerektiren aday mı?	Açıklama
		Hata ürünün güvenliğini etkiler mi?	Hatanın çevre ciddi bir etkisi var mı yada yönetmeliklere aykırı mı?	Hata görev kapasitesini etkiliyor mu?	ta ciddi, ekonomik etki yaratıyor mu?		
C.1.1.	Arama başlığı	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Evet	
C.1.2.	Test aparatı	Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Evet	Değerlendir
C.2.1.	Tutma kulpu	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Evet	
C.2.2.	Kulaklık	Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Evet	
C.2.3.	Komuta K. K.	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Evet	
C.2.3.1.	Sinyal alma	Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Evet	
C.2.3.2.	Sinyal işleme	Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Evet	
C.2.3.2.1.	Ana kart	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Evet	
C.2.3.2.2.	Bellek	Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Evet	
C.2.3.2.3	İşlemci	Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Evet	
C.2.3.3.	Sinyal Gön.	Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Evet	
C.3.1.	Teles.Uz.K.	Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Evet	
C.3.2.	Taşıma Ç.	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	
C.3.3.	Askı aparatı	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	
C.4.1.	Şarj cihazı	Evet	Hayır	Hayır	Evet	Evet	
C.4.2.	Pil	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Dış tedarik

5.2.2.2.2. Hata Modları Ve Kritiklik Analizi (FMECA)

Sistemin LDA adaylarının belirlenmesi Çizelge-29'da gösterilmiştir. LDA süreci de ayrıca bir maliyettir ve bu analizlere hangi parçaların katılacağına karar vermek tasarruf sağlayabilir. Tablo neticesinde ilgili analizlere hangi parçaların gireceğine karar verilmiştir. Ürünün FMECA uygulaması aşağıda gösterilmiştir (Çizelge-30).

Çizelge-30 FMECA-1

Parçanın tanımlanması			Arızanın tanımlanması			Arıza etkileri		
Ref. Nu.	Fonksiyon	Görevsel Mod	Arıza Modu	Arıza nedenleri	Arızanın tespiti	Lokal	Bir üst seviye	Son etkiler
C.1.1.	Arama başlığı	Tespit	Kırılma	Düşük malzeme dayanıklılığı	Kullanıcı (açık)	Başlık çalışmıyor	Sistem çalışmıyor	
			Takılma	Kötü bağlantı elemanı	Kullanıcı (açık)	Başlık takılı kalıyor	Sabit modda zorunlu çalışıyor	
C.1.2.	Test aparatı	Tespit	Tutarsız ölçüm	Yanlış parça seçimi	Tasarımcı (gizli)	Hatalı ölçüm	Hatalı yanlış arama	
				Kötü koruyucu kaplama	Tasarımcı (gizli)	Hatalı ölçüm	Hatalı yanlış arama	
C.2.1.	Tutma kulbu	Sinyal Alma gönderme	Kırılma	Düşük malzeme dayanıklılığı	Kullanıcı (açık)	Kulp çalışmıyor	Taşınamama	
			Hatalı sinyal	Hatalı kablolama	Tasarımcı (gizli)	Hatalı sinyal	Hatalı yanlış arama	
				Düşük kaliteli parça seçimi	Tasarımcı (gizli)	Hatalı sinyal	Hatalı yanlış arama	
			Sinyal vermeme	Bağlantı noktalarının uygun montajlanmaması	Kullanıcı (açık)	Sinyal yok	Sistem çalışmıyor	
Bağlantı noktalarının düşük aklitede olması	Tasarımcı (gizli)	Sinyal yok		Sistem çalışmıyor				
C.2.2.	Kulaklık	Sinyal Alma gönderme	Hatalı sinyal	Hatalı kablolama	Tasarımcı (gizli)	Hatalı sinyal	Hatalı yanlış arama	
				Düşük kaliteli parça seçimi	Tasarımcı (gizli)	Hatalı sinyal	Hatalı yanlış arama	
			Sinyal vermeme	Bağlantı noktalarının uygun montajlanmaması	Kullanıcı (açık)	Sinyal yok	Sistem çalışmıyor	
				Bağlantı noktalarının düşük aklitede olması	Tasarımcı (gizli)	Sinyal yok	Sistem çalışmıyor	
C.2.3.	Sinyal alma ünitesi	Sinyal Alma gönderme	Modlar arası geçiş sağlamıyor	Uygun olmayan anahtar seçimi	Tasarımcı (açık)	Modlar arası geçiş sağlamıyor	Zorunlu sabit modda çalışma	
				Bağlantı elemanlarının yetersizliği	Tasarımcı (açık)	Modlar arası geçiş sağlamıyor	Zorunlu sabit modda çalışma	
	Düğmeler çalışmıyor		Uygun olmayan düğme seçimi	Kullanıcı (açık)	Düğmeler çalışmıyor	Hatalı yanlış arama		
	Göstergeler çalışmıyor		Güç gelmiyor	Kullanıcı (açık)	Düğmeler çalışmıyor	Hatalı yanlış arama		
	Hatalı sinyal		Hatalı kablolama	Tasarımcı (gizli)	Hatalı sinyal	Hatalı yanlış arama		
			Sinyal vermeme	Düşük kaliteli parça seçimi	Tasarımcı (gizli)	Hatalı sinyal	Hatalı yanlış arama	
	Hatalı sinyal		Bağlantı noktalarının uygun montajlanmaması	Kullanıcı (açık)	Sinyal yok	Sistem çalışmıyor		
			Sinyal vermeme	Bağlantı noktalarının düşük aklitede olması	Tasarımcı (gizli)	Sinyal yok	Sistem çalışmıyor	
C.3.1.	Teleskobik uzatma kolu	Taşıma	Kırılma	Düşük malzeme dayanıklılığı	Kullanıcı (açık)	Kol çalışmıyor	Sistem çalışmıyor	
			Takılma	Kötü bağlantı elemanı	Kullanıcı (açık)	Kol takılı kalıyor	Sabit modda zorunlu çalışıyor	
C.4.1.	Şarj cihazı	Güç	Şarj etmeme	Uygunsuz kablolama	Kullanıcı (açık)	Şarj etmiyor	Pil ömür kadar çalışıyor müteakiben sistem çalışmıyor	
				Düşük kaliteli soket	Tasarımcı (gizli)	Şarj etmiyor	Pil ömür kadar çalışıyor müteakiben sistem çalışmıyor	
			Yetersiz şarj	Uygunsuz kablolama	Kullanıcı (açık)	Yetersiz şarj ediyor	Pil ömür kadar çalışıyor	
				Kötü bağlantı elemanı	Tasarımcı (gizli)	Yetersiz şarj ediyor	Pil ömür kadar çalışıyor	

Çizelge-31 FMECA -2

Parçanın tanımlanması			MTBF					Arıza oranı (sıklık)	Arızanın ciddiyeti	Arızanın keşfedilme ihtimali	Risk azaltıcı ölçümler	Notlar (RPN değeri)	Bakım Türü	Önleyici bakım numarası
Ref. Nu.	Fonksiyon	Görevsel Mod	MTBF	Lamda	Arıza Lamda	MTBF=8000 (5 year)	Yaklaşık							
C.1.1.	Arama başlığı	Tespit	4000	0,000250	0,00008	12500	12000	1	3	1	3 nolu etki	3	Önleyici Bakım Planlaması	111
					0,00017	5882	5500	2	2	1	3 nolu etki	4	Önleyici Bakım Planlaması	112
C.1.2.	Test aparatı	Tespit	Ayrıca Değerlendirilecektir.											
C.2.1.	Tutma kulbu	Sinyal Alma gönderme	1500	0,000667	0,00005	20000	20000	1	2	1	3 nolu etki	2	Önleyici Bakım Planlaması	211
					0,00005	20000	20000	1	5	5	7 nolu etki	25	Önleyici Bakım Planlaması	212
					0,00025	4000	4000	2	5	5	7 nolu etki	50	Önleyici Bakım Planlaması	213
					0,00025	4000	4000	2	3	1	3 nolu etki	6	Önleyici Bakım Planlaması	214
					0,00005	20000	20000	1	3	1	7 nolu etki	3	Önleyici Bakım Planlaması	215
C.2.2.	Kulaklık	Sinyal Alma gönderme	2500	0,000400	0,00015	6667	6500	2	5	5	7 nolu etki	50	Önleyici Bakım Planlaması	221
					0,00005	20000	20000	1	5	5	7 nolu etki	25	Önleyici Bakım Planlaması	222
					0,00015	6667	6500	2	2	1	3 nolu etki	4	Önleyici Bakım Planlaması	223
					0,00005	20000	20000	2	2	1	7 nolu etki	4	Önleyici Bakım Planlaması	224
C.2.3.	Sinyal alma ünitesi	Sinyal Alma gönderme	2200	0,000455	0,00005	20000	20000	1	3	2	7 nolu etki	6	Önleyici Bakım Planlaması	231
					0,00035	2857	2500	3	3	2	7 nolu etki	18	Önleyici Bakım Planlaması	232
					0,00005	20000	20000	1	3	1	3 nolu etki	3	Önleyici Bakım Planlaması	233
	Anakart		3600	0,000278	0,00028	3600	3600	2	3	1	3 nolu etki	6	Önleyici Bakım Planlaması	234
	İşlemci		3000	0,000333	0,00033	3000	3000	3	5	5	7 nolu etki	75	Yeniden Tasarla	235
	Bellek		2800	0,000357	0,00036	2800	2800	3	5	5	7 nolu etki	75	Yeniden Tasarla	236
	Sinyal gönderme ünitesi		2500	0,000400	0,00026	3846	3800	3	3	1	3 nolu etki	9	Önleyici Bakım Planlaması	237
C.3.1.	Teleskobik uzatma kolu	Taşıma	6400	0,000156	0,00008	12500	12500	2	3	1	3 nolu etki	6	Önleyici Bakım Planlaması	311
					0,00008	12500	12500	2	2	1	3 nolu etki	4	Önleyici Bakım Planlaması	312
C.4.1.	Şarj cihazı	Güç	4000	0,000250	0,00006	16667	16500	2	2	2	3 nolu etki	8	Önleyici Bakım Planlaması	411
					0,00006	16667	16500	2	2	2	7 nolu etki	8	Önleyici Bakım Planlaması	412
					0,00006	16667	16500	2	2	3	3 nolu etki	12	Önleyici Bakım Planlaması	413
					0,00006	16667	16500	2	2	3	7 nolu etki	12	Önleyici Bakım Planlaması	414

Bu tablolar ile ürünün her bir parçasının muhtemel arızaları, bu arızaların oluşma olasılığı, bu arızalara karşı alınan önleyici bakım görevleri gösterilmiştir. Her bir bakım görevinin bir arızayı giderdiği varsayılmıştır. Bu çalışmanın daha net bir şekilde gösterimi matris yöntemidir. Oluşturulan bu tablo neticesinde ister matris yöntemi isterse de RPN yolu ile bir değerlendirme yapılabilir. Matriste yer alan kodların karşılıklarına ekte yer alan tablodan bakılabilir. Bu kapsamda matris gösterimi Çizelge-32'de olduğu gibidir. Bu kapsamda daha koyu renk ile belirtilen arızaların, sıklık ve ciddiyet değeri oldukça yüksek olduğundan, yeniden tasarlanması icap ettiği değerlendirilmiştir. Örneğin C11 arama başlığının iki adet arızası (takılma, kırılma), tespit şekli, etkileri Çizelge-30'in, bu arızaların sıklığı, RPN değeri, atanan önleyici bakım görevi Çizelge-31'in ilk satırında gösterilmiştir.

Çizelge-32 Ürün Arızalarının Risk Matrisi

Sıklık/Ciddiyet	1	2	3	4	5
5					
4					
3			c23-7		c23-5, c23-6
2		c11-2, c22-3, c22-4, c31-2, c41-1, c41-2, c41-3, c41-4	c21-4, c23-2, c23-4, c23-8, c31-1		c21-3 c22-1
1		c21-1 c21-5	c11-1, c12-1, c12-2, c21-4, c23-1, c23-3		c21-2 c22-2

Değerlendirilmesi gereken arızalara karşı ekonomik çözümler getirilebilirken, kabul edilemez denilen arızalara yönelik tasarım yeniden ele alınması gerekebilir. Bu aşamada elde edilen veriler ve alınan kararlara yönelik olarak, bakım planlaması yapılmaktadır.

5.2.2.2.3. LORA (Tamir Seviyeleri Analizi) Uygulaması

LORA uygulamasının iki aşaması vardır. Öncelikli parçanın değiştirilip değiştirilmemesi ve hangi seviyede bakımının yapılacağına karar verilmesidir. Bu çalışmada birçok çalışmada temel olarak kullanılan formül üzerinden örnek verilmektedir. Uygulama sonucu Çizelge-33'te gösterilmiştir. Hangi parçalara tamir veya elden çıkarma kararlarının verileceği ve hangi seviyede müdahale edileceği belirlenmiştir.

Çizelge-33 Ürüne LORA Uygulaması

LORA						ELORA									
Parça	Tamir uygulanabilir mi?	Alt seviye parça var mı?	Alt parçalar değiştirilebilir mi?	Parçalar birden fazla yükleniciden alınabilir mi?	Birinci seviyede sökme uygulanabilir mi?	Açıklamalar	MTBF-1	MTBF-2	Önceden değerlendirilmiş kabul seviyesi	Çalışma maliyeti	Tamir için gerekli parça maliyeti	Yeni yedek parça maliyeti	MTBF oranı	Tamir oranı	Karar
Dedektör												11000			
Komuta kontrol kutusu	E	E	E	H		Birinci seviyede değiştir, ELORA uygula ve parça için optimum tamir/elden çıkarma stratejisine karar ver						7500			
Sinyal alma ünitesi	E	H				Ürünü birinci seviyede değiştir, ELORA uygula ve optimum tamir/elden çıkarma stratejisine karar ver	2200	1800	0,6	500	1000	2000	0,4909	0,75	Elden Çıkar
Sinyal işleme ünitesi	E	E	E	H		Birinci seviyede değiştir, ELORA uygula ve parça için optimum tamir/elden çıkarma stratejisine karar ver						5000			
Anakart	E	H				Ürünü birinci seviyede değiştir, ELORA uygula ve optimum tamir/elden çıkarma stratejisine karar ver	3600	2000	0,5	500	2500	3500	0,278	0,857	Elden Çıkar
İşlemci	H				H	Bir üst seviyede değiştirilebilir olması için tekrar değerlendir	3000								
Bellek	H				H	Bir üst seviyede değiştirilebilir olması için tekrar değerlendir	2800								
Sinyal gönderme ünitesi	E	H				Ürünü birinci seviyede değiştir, ELORA uygula ve optimum tamir/elden çıkarma stratejisine karar ver	2500	1500	0,6	200	400	2000	0,36	0,3	Tamir
Tutma kulpu	E	H				Ürünü birinci seviyede değiştir, ELORA uygula ve optimum tamir/elden çıkarma stratejisine karar ver	1500	1000	0,6	100	350	400	0,4	1,125	Elden Çıkar
Şarj cihazı	E	H				Ürünü birinci seviyede değiştir, ELORA uygula ve optimum tamir/elden çıkarma stratejisine karar ver	4000	1500	0,6	100	450	600	0,225	0,917	Elden Çıkar
Teleskopik uzatma kolu	E	H				Ürünü birinci seviyede değiştir, ELORA uygula ve optimum tamir/elden çıkarma stratejisine karar ver	6400	3000	0,6	80	500	1800	0,281	0,322	Elden Çıkar
Askı aparatı	H				E	Parçayı birinci seviyede yenile									
Kulaklık	E	H				Ürünü birinci seviyede değiştir, ELORA uygula ve optimum tamir/elden çıkarma stratejisine karar ver	2500	2400	0,6	80	150	300	0,576	0,767	Elden Çıkar
Pil															
Arama başlığı	E	H				Ürünü birinci seviyede değiştir, ELORA uygula ve optimum tamir/elden çıkarma stratejisine karar ver	4000	1900	0,6	150	1800	2200	0,285	0,886	Elden Çıkar

EĞER (MTBF₂/MTBF₁)*N > (L+M)/P ise, tamir; diğer durumda elden çıkar

MTBF₂: Tamir edilmiş parçanın MTBF değeri

M :Tamir için gerekli parça maliyeti

MTBF₁: Yeni parçanın MTBF değeri

L :Çalışma maliyeti

N :Önceden değerlendirilmiş kabul seviyesi

P :Yeni yedek parça maliyeti

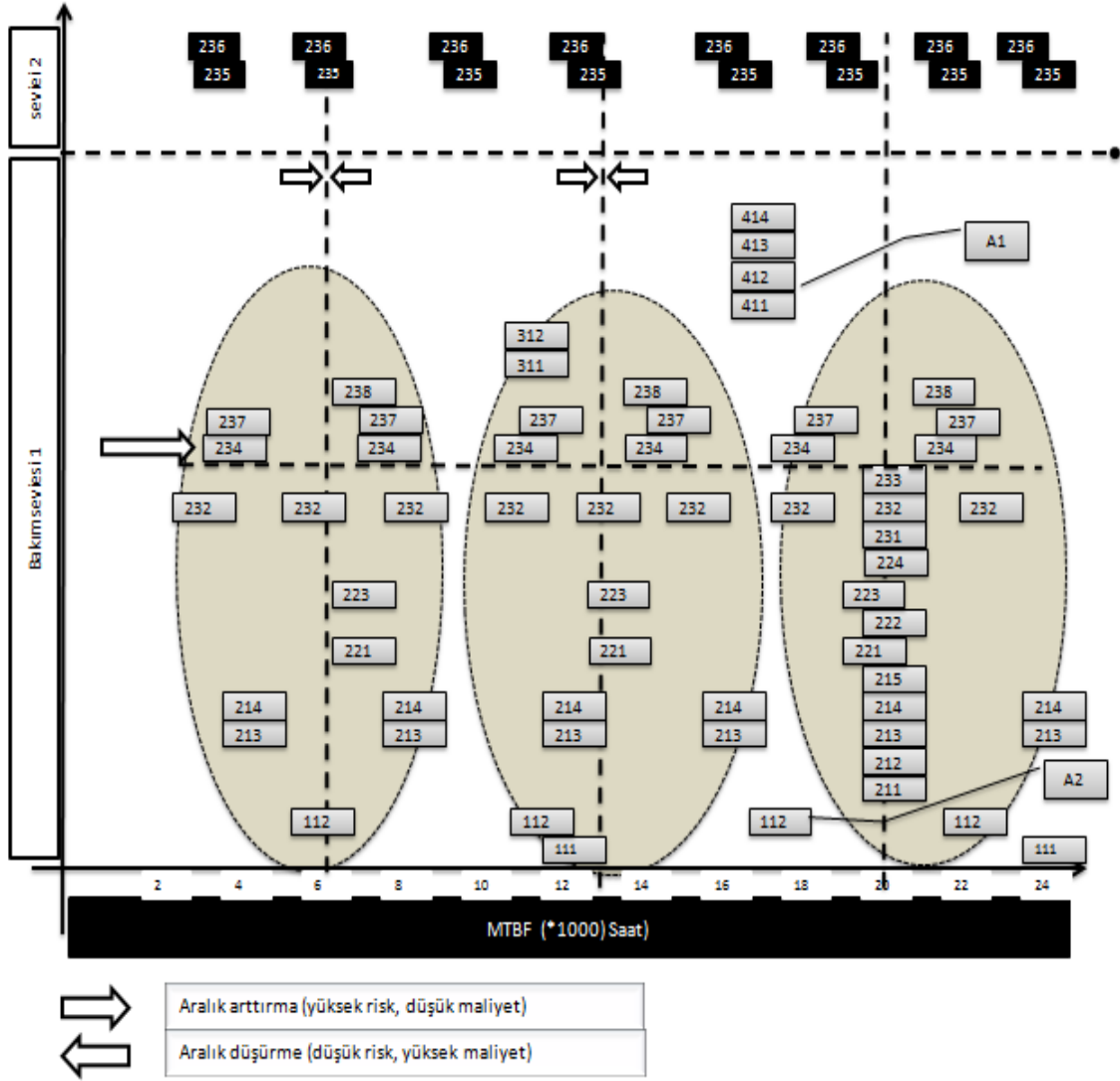
Sinyal alma ünitesi için

$$\frac{MTBF_2}{MTBF_1} N \geq \frac{(L+M)}{P} \rightarrow, \frac{1800}{2200} 0,6 \leq \frac{(500+1000)}{2000} \rightarrow 0,491 \leq 0,75 ; \text{Elden Çıkar}$$

Şeklinde hesaplanarak ürünün arızalandığında elden çıkartılması gösterilmiştir.

5.2.2.2.4. Önleyici Bakım Planlaması

Bakım planlamasının süreci kısaca önceden açıklanmıştır. LORA sonucunda oluşturulan tamir edilme ve seviye tespit edilmesi kararı sonucunda, bakımlar her bir parçanın kendi MTBF değerine göre takvimde Şekil-38'deki gibi yerleştirilmiştir. Her bir arızanın bir bakım görevi ile düzeltildiği ve her bir bakımın bir arızayı giderdiği kabul edilerek bakım görevleri Şekil-38 yerleştirilmiş ve gruplandırılmıştır. Bu kısımda önemli olan bir husus da grupların dışarısında kalan A1 ve A2 bakım görevleri gibi görevlerin hangi gruba dahil edileceğine karar verilmesidir. Bu bakım görevlerini bir alt ve gruba dahil etmek daha sık bakım yapmayı gerektirdiğinden maliyet açısından zararlı, ancak güvenlik vb. anlamda yararlı olabilir. Bir üst gruba yerleştirmek içinde aksi durum söylenebilir. Bu kararlara tarafların karşılıklı değerlendirmeleri ile karar verilerek ürünün bakım planlaması yapılır. LDA ve FMECA'dan elden edilen veriler bu aşamada görsel ve kullanılabilir bir şekle dönüşmüştür. Örneğin FMECA tablosunda 234 numaralı görevin yaklaşık 3600 saatte bir uygulanacağı görülmektedir. Bu arıza olması durumunda LORA tablosunda bu parçanın elden çıkarılıp yenisinin takılacağı öğrenilmiştir. Bu kapsamda da bakım planlaması yaklaşık 2 ayda bir olacak şekilde planlanmasına Şekil-38'de yer verilmiştir. Bu çalışma ile amaç ele alınan süre içerisinde hangi bakımların ne zaman yapılacağını görmektir.



Şekil-38 Önleyici Bakım Görevlerinin Planlanması

5.2.2.2.5. Bakım Görevleri Analizi

Çizelge-34’de gösterildiği gibi bir bakım görevi birden fazla alt görev ile hazırlık sürecini içerebilir. Bu kapsamda her bir bakım görevi için, ilgili hazırlık süreçleri ile bakımın her bir aşaması baştan son ana kadar yazılır. Bu prosedürü Çizelge-34’de olduğu gibi gösterilebilir. Teknik yayınlarda bu faaliyetlerin detaylandırılması, anlaşılır ve hatasız olması çok önemlidir. Müteakiben her bir bakım görevi için Çizelge-35’te gösterildiği gibi gereksinimleri içeren tabloların hazırlanması faydalı olmaktadır. Bu süreçlerin tümünün en sonunda kolay şekilde hesaplanması için Çizelge-36’de yer alan şekilde tablo hazırlanması uygundur. Böylelikle ürünün bakım planlaması ve bu planlamaya yönelik ihtiyaçlar ortaya konulmuş olmaktadır.

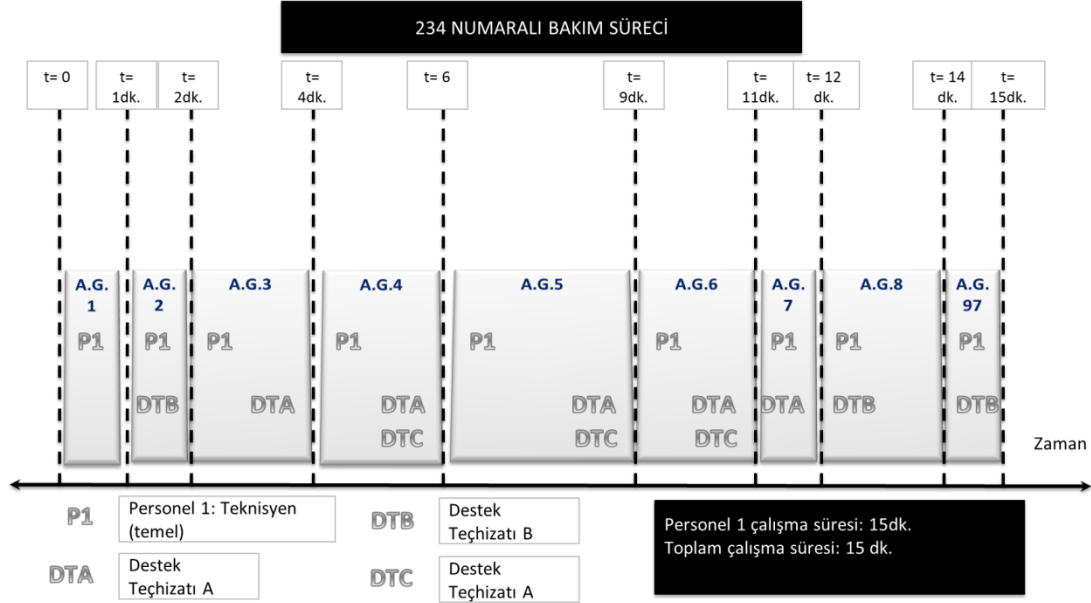
Çizelge-34 234 Numaralı Bakım Görevinin Alt Görevleri

234 NUMARALI BAKIM SÜRECİ
Alt görev 1: Hata Tespit prosedürü
Alt görev 2: 8 adet mandalın açılması sökümü
Alt görev 3: Kapağın çıkarılması • İş adımı 1: 4 tane vidayı sök • İş adımı 2: Güvenlik mandalını aç
Alt Görev 4: A01 numaralı parçanın çıkarılması • İş adımı 1: elektrik konnektörünü çıkar • İş adımı 2: A01 parçasını çıkar
Alt görev 5: Arızalı 1 numaralı gösterge bileşeni sök
Alt görev 6: Yeni parçanın takılması
Alt görev 7: Test fonksiyonu
Alt görev 8: Kabin takılması
Alt görev 9: Vidaların yerine takılması

Çizelge-35 234 Numaralı Bakım Görevinin Gereksinimleri

234 NUMARALI BAKIM SÜRECİ						
Alt Görev	Yedek Parça	Tüketim mlz.	Destek Mlz.	Personel	Özel Tesis	Çalışma Süresi
Alt görev 1: Hata Tespit prosedürü	yok	yok	yok	Teknisyen 1	yok	1 Dk.
Alt görev 2: 8 adet mandalın açılması sökümü	yok	Temizleyici (7x)	B Numaralı matkap	Teknisyen 1	yok	1 Dk.
Alt görev 3: Kapağın çıkarılması	yok	yok	A Numaralı tornavida	Teknisyen 1	yok	2 Dk.
Alt Görev 4: A01 numaralı parçanın çıkarılması	yok	yok	A Numaralı tornavida	Teknisyen 1	C Tezaghı	2 Dk.
Alt görev 5: Arızalı 1 numaralı göstergenin sökümü	yok	yok	A Numaralı tornavida	Teknisyen 1	C Tezaghı	3 Dk.
Alt görev 6: Yeni parçanın takılması	Yeni A01 numaralı gösterge	yok	A Numaralı tornavida	Teknisyen 1	C Tezaghı	2 Dk.
Alt görev 7: Test fonksiyonu	yok	yok	A Numaralı tornavida	Teknisyen 1	yok	1 Dk.
Alt görev 8: Kabin takılması	yok	Yapıştırıcı C	B Numaralı matkap	Teknisyen 1	yok	2 Dk.
Alt görev 9: Vidaların yerine takılması	yok	Mühür (1x)	B Numaralı matkap	Teknisyen 1	yok	1 Dk.

234 numaralı bakım faaliyetinin detayında hangi sürede kim hangi faaliyeti, hangi parça veya teçhizatla yapacağını gösteren akış şeması bakım görev analiz ile hazırlanmakta olup örnek Şekil-39'dadır. Ayrıca ürünün tümüne yönelik jenerik hesaplama Çizelge-36'da gösterilmiştir.



Şekil-39 234 Numaralı Bakım Görevi Süreci

5.2.3. Tartışma

Çalışmanın uygulama kısmına satın alınacak ürünün seçilmesi ile başlamıştır. Bu kısımda ELD elemanları hesaplamalara dahil edilerek, beş firma arasında ömür devri maliyeti en uygun olan ürün seçilmiştir. Özellikle burada MTBF değeri ile bakım, yedek parça, personel maliyetlerinin ürünün toplam maliyetini nasıl etkilediği gösterilmeye çalışılmıştır. Ayrıca eğitim, dokümantasyon ve diğer elemanların göz ardı edilmemesi gerektiği gösterilmiştir.

Uygulamanın birinci bölümüne ELD elemanları ve maliyetleri ömür devri içerisinde değerlendirilerek enflasyon ortamında bir maliyet değerlendirilmesi yapılmış ve buna göre fiyatı en uygun ürün seçilmiştir. Ayrıca bu kısımda ürünün maliyetine etki eden unsurlar gösterilmiş, bu kapsamda yıllara göre nakit akış şeması oluşturulmuştur.

Uygulamanın ikinci bölümü itibariyle seçilen firmanın ELD ekibine dahil olunarak, isterler dahilinde ürün tasarlanmaya başlanmış ve LDA süreci uygulanmıştır. Bu kısımda öncelikle ürünün tasarlanmış RAM değeri hesaplanmıştır. Önemli olan bir diğer konu ürünün hangi seviyede değerlendirileceğine ve hangi parçaları için LDA süreci uygulanacağına karar vermektir. Çünkü bu sürecin uygulanmasının da bir maliyeti vardır. Konfigürasyon yönetiminin ardından ürüne FMECA analizi uygulanarak muhtemel arızaları ve bu arızaların değerlendirilmesi yapılmıştır. Burada amaç ürünün tüm arızalarını tespit ederek, bu arızalara yönelik önleyici bakım görevlerinin atanmasını sağlamaktır. Bu analizle birlikte LORA uygulanmış, bu arızalar

sonucunda arızalı parça için, tamir veya elden çıkarma kararlarından hangisinin daha uygun olduğuna ve bu işlemlerin hangi bakım seviyesinde yapılması gerektiğine karar verilmiştir.

Çizelge-36 Ürünün Tüm Önleyici Bakım Görev Gereksinimlerinin Hesaplanması

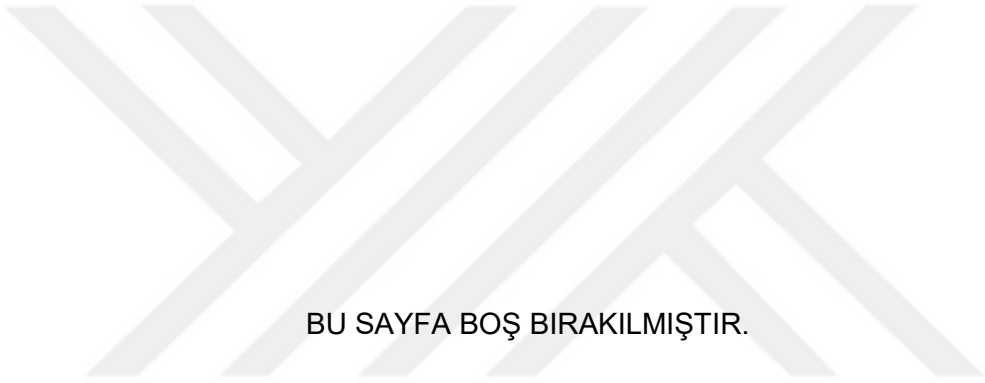
Arıza / Görev			Yedek Parça Miktar/ Kod	Tüketim mlz.	Destek Mlz.	Personel	Özel Tesis/ Teçhizat	Çalışma Süresi			
Arama başlığı	Kırılma	Düşük malzeme dayanıklılığı	111	1-A1	Temizleyici	A Numaralı tornavida	Teknisyen 1	Yok	8	Yılda bir	8
	.....	.....	112	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Sinyal alma ünitesi	.....	.....	232	6-D2	Yapıştırıcı C Temizleyici (7x) Mühür (1x)	A Numaralı tornavida B Numaralı matkap	Teknisyen 1	C Tezgahı	10	2 ayda Bir	60
	Düğmeler çalışmıyor	Uygun olmayan düğme seçimi	233	1-D3	Yapıştırıcı C Temizleyici (7x) Mühür (1x)	A Numaralı tornavida B Numaralı matkap	Teknisyen 1	C Tezgahı	13	Yılda bir	13
Anakart	Göstergeler çalışmıyor	Güç gelmiyor	234	6-A01	Yapıştırıcı C Temizleyici (7x) Mühür (1x)	A Numaralı tornavida B Numaralı matkap	Teknisyen 1	C Tezgahı	15	2 ayda Bir	90
İşlemci	Hatalı sinyal	Hatalı kablolama	235	6-D5	Yapıştırıcı C Temizleyici (7x) Mühür (1x)	A Numaralı tornavida B Numaralı matkap	Teknisyen 1	C Tezgahı	13	2 ayda Bir	78
Şarj cihazı	.....	.....	413	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	Yetersiz şarj	Kötü bağlantı elemanı	414	1-F4	Yapıştırıcı C Temizleyici (7x) Mühür (1x)	B Numaralı tornavida	Teknisyen 1	C Tezgahı	8	On ayda Bir	8
Sonuç:			Yukarıdaki miktarda Yedek parça ve tüketim malzemesi	25 Adet Temizleyici, 20 Adet yapıştırıcı	A,B Numaralı tornavida B Numaralı matkap	Teknisyen 1	C Tezgahı	1 Dedektör için, Yıllık Önleyici Bakım Süresi	257		
									1000 Dedektör için, 791000 Yıllık Önleyici Bakım Süresi	13183	
									1 Teknisyen*200 gün* 8 saat	8,24 adet Teknisyen ihtiyacı	

Uygulamanın son aşamasında tespit edilen bakım görevleri bakım görevleri analizi ile yıllık olarak planlanmış ve 234 numaralı bakım görevi detaylandırılarak, bakım süreci ve gereksinimlerinin hesaplanması sağlanmıştır. Sonuç olarak sistemin tüm arızalarına karşı tüm gereksinimler bir tablo haline getirilmiş ve önleyici bakım için, yedek parça, personel, zaman hesaplamaları yapılmıştır (Çizelge-36).

Bu değerlendirmeler sonucunda, ürünün, RAM, konfigürasyon, bakım ihtiyacı, planlaması, gerekli elementlerin hesaplanması sağlanmıştır. Böylelikle ilgili firma ELD takımı, tasarım aşamasındaki faaliyetlerini tamamlamıştır. Elbette bu analizlerin tekrar edilmesi, ele geçen veriler ile bu analizlerin daha hassas yapılması sağlanmalıdır. Bu çalışmada LDA sürecinin esası olarak kabul ettiğimiz analizleri bütüncül olarak uygulamaya konulduğu değerlendirilmektedir.

Konuyla ilgili örnek uygulama olabildiğince basit tutulmaya çalışılmıştır. Özellikle senaryolarda en zorlu görevin sadece uygulama için seçilmiş olması, maliyetlere bakım alanında sadece önleyici bakımın dahil edilmesi, özel olay, kaza durumlarının dahil edilmemesi, elden çıkarma, yazılım analizi gibi bazı analizlerin uygulamaya dahil edilmemesi, her bir bakım görevinin maliyet sürelerinin sabit kabul edilmesi, her bir arızaya karşı bir bakım görevinin atanması yada her bir bakım görevinin bir arızayı gidereceğinin değerlendirilmesi, arızaların sınırlı ve tespit edilebilir sebeplerden kaynaklandığı, kırımın üç seviyede tamamlanması gerektiği, bu hesaplamaların sadece tasarım aşaması için yapılması gibi birçok kabul yapılmıştır. Ürünün detektör yerine 30000 parçalı bir tank olduğu, birçok taraf, alt yüklenici, kurumun dahil olduğu, herkesin ELD'ye yeterince hakim olmadığı, belirsizliğin, bürokrasinin var olduğunu düşünürsek, bu uygulamanın el ile yapılmasının çok zor olacağı açıktır. Bu kapsamda bu süreçlerin profesyonel ekipler ve donanımlarla takip edilmesi oldukça önemli bir konudur.





BU SAYFA BOŞ BIRAKILMIŞTIR.

ALTINCI BÖLÜM

DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Bulguların Tartışılması ve Değerlendirme: Bu çalışmada öncelikle ELD kavramı, tarihçesi ile dünyada ve Türkiye’de yer alan ELD uygulamalarından bahsedilmiştir. Müteakiben ELD elemanları açıklanmış ve ELD sürecine yönelik literatürde yer alan standartlardan örnekler verilmiştir. Bu örneklerden özellikle önemli olduğu değerlendirilen standartlar SWOT analizi ile değerlendirilmiş ve bu standartların farkları ve üstünlükleri ortaya konulmuştur. Müteakiben ELD uygulamasına geçilmiş ve LDA’da yer alan analizlere ve bu analizlerin içeriklerine farklı kaynaklar baz alınarak değinilmiştir. Son olarak da bu analizlerin bütüncül olarak uygulamasının nasıl olacağını gösteren bir uygulama yapılmıştır.

Yazına Katkısı: Çalışma ELD süreci bütün olarak açıklanmış, karşılaştırılmış ve uygulanmış olması nedeniyle diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Analizlerin tek bir senaryo dahilinde birbirini takip etmesi ve uygulamanın ELD’nin tasarım sürecinin hemen hemen tamamını göstermesi ile yazına katkı sağladığı değerlendirilmektedir.

Uygulamacılara Katkısı Ve Yöneticilere Öneriler: Uygulamanın sonunda tüm süreç işletilerek LDA’nın tasarım aşamasında ürünü etkileyebileceği, maliyetlerin tespiti ve azaltılmasına fayda sağlayacağı ve ELD elemanlarını hesaplanmasında faydalı olacağı görülmüştür. Ayrıca tüm bu süreçlere tarafların ortak şekilde disiplinli, donanımlı ve tüm sistem performansını arttırmayı hedefleyerek yaklaşmaları gerektiği uygulamacılar için önemli bir konudur.

Araştırmanın Kısıtları: Ömür devri içerisinde tüm safhalardaki ELD uygulamasını açıklamamış, sadece tasarım safhasına odaklanılmıştır. Ayrıca LDA içerisinde kritik analizlerin uygulanmasına öncelik verilmiş ve bazı analizler (özel olay analizi, yazılım analizi gibi) uygulamanın dışında bırakılmış olduğundan, çalışmanın geliştirilebilecek yönleri bulunmaktadır.

Gelecek Araştırmacılara Öneriler: İleriki araştırmalarda S1000D standardında veri modeli konusunda uygulamaların yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir. Bu çalışma içerisinde LDA analizi içerisinde değinilmemiş analizlerin de detaylı şekilde açıklanması ve örneklendirilmesine ihtiyaç vardır. Ayrıca LDA sadece tasarım safhasında uygulanmış olup, bu süreçlerin ilerleyen safhalarda

nasıl uygulanacağını gösteren yeterince çalışma bulunmamaktadır. Tüm uygulama ve analizlerin dijital ortama aktarıldığı günümüzde LDA ve ELD'nin tüm uygulamalarının artık, dijital ortamda ve saniyeler içerisinde gerçekleşeceği açıktır ve tüm tarafların bu duruma hazırlıklı olmaları gerekmektedir. Bu analizlere yönelik oluşturulacak modellerin mevcut süreci kısaltacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca tüm bu analizlerin tek bir uygulama ile çalıştırabilecek, kullanıcı ve planlayıcı seviyesinde çalışmalara ihtiyaç vardır.

Sonuç: Bu kapsamda elde edilen verilerin karşılaştırılabilmesi ve ilgili değerlendirmelerin yapılabilmesi için TSK kendi bünyesinde icra edilen faaliyetlerin maliyetlerini de belirlemeli ve buna göre karşılaştırmalar yapabilmelidir. Bu anlamda tüm lojistik ve bakım birliklerinin etkinliği de tekrar değerlendirilebilir. Ayrıca bazı yeteneklerin TSK bünyesinden firma bünyesine alınmasının faydalı olacağı sonucu ortaya çıkabilir. Maliyet muhasebesi işlemlerinin tüm sınıflar için yapılması da önem arz etmektedir. Çünkü halen yapılan birçok hizmetin TSK'ya olan maliyeti net olarak hesaplanamamaktadır. Bu maliyet analizleri yapılırken, bu analizlerin de bir maliyetinin olduğu unutulmamalı ve tüm ürünler için bu analizlerin yapılmasına gerek olup olmadığı değerlendirilmelidir.

KAYNAKÇA

- ASD, A. (2014). S3000L. *International specification for Logistic Support Analysis LSA*. 15 Mayıs 2016. <http://s3000l.org/>
- Bakıryol, T. (2009). Gemi inşa projelerinde entegre lojistik destek. *Savunma Sanayii Gündemi*, 35-38.
- Baktır, E. (2009). Sistem gerçekleştirme ve lojistik. *Savunma Sanayii Gündemi*, 44-48.
- Baylakoğlu, İ. (2012). *Güvenilirlik mühendisliği ve ürün tasarımındaki yeri*. 15 Mayıs 2016, http://kurumsal.data.atilim.edu.tr/pdfs/120420_s.pdf. 15.
- Baysak, H. (2013). Savunma sanayiinin önündeki gelecek "Lojistik Destek". *Savunma Sanayii Gündemi*, 11-13.
- Bowser, T. S. (2012). Total life cycle management for the special operations craft *Riverine*. *Naval Postgraduate School*.
- Bratzler, D. K. (1974). The results from a study on the importance of weapon system support to design managers and engineers. *Calhoun: The NPS Institutional Archive*.
- Burns, R. J. (1997). A simple technique for obtaining the MTBF of complex systems through numerical integration of the reliability function. *Microelectron. Reliab* 37(3), 397-401.
- Chana,F.T.S. H. L. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *Int. J. Production Economics* 91(5), 71-94.
- Chenga,Z. X. J. (2008). A framework for intelligent reliability centered maintenance analysis. *Reliability Engineering and System Safety* 93(6), 784-792.
- Crockera,J. U. K. (2000). Age-related maintenance versus reliability centred maintenance: a case study on aero-engines. *Reliability Engineering and System Safety* 93(6), 113-118.
- David C. Jensen, I. Y. (2013). Modeling and analysis of safety in early design. *procedia Computer Science*, 824-833.
- Def-00.600. (2011). *Integrated logistic support. requirements for mod projects*.15 Mayıs 2016. https://www.acuitas.com/sites/default/files/standards/DStan00_6001
- Dekker,R. (2011). Challenges in the reliability and maintainability data collection for offshore wind turbines. *Renewable Energy*, 36(8), 2154-2165.
- Demir, H. (2012). Entegre lojistik destek. *Yüksek Lisans Tezi*.
- Demirdöğen, O. (1997). SWOT Analizi ile Üretim Stratejilerinin Geliştirilmesi. *Verimlilik Dergisi*
- Department of defense handbook. (1997). Product Support Analysis. 15 Mayıs 2016. www.navair.navy.mil/nawctsd/Resources/Library/Acqguide/mil-hdbk
- Diñçer, Ö. (2004). *Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası*. İstanbul:9: Alfa Yayınları.
- Eisingera,S. (2001). Modeling of uncertainties in reliability centered maintenance a probabilistic approach. *Reliability Engineering and System Safety*, 71(2). 177-193.

- Erdik, A. (2008). Tasarım sürecindeki zırhlı taşıtlarda bilgisayar destekli mühendisliğin önemi. *Savunma Sanayii Gündemi*, 20-27.
- Erel, İ. S. (2011). Sürdürülebilirlikte ve Rekabetçilikte Ömür Devri Yönetimi Yaklaşımı. *Savunma Sanayii Gündemi*, 22-26.
- Erel, İ. S. (2013). Savunma Sanayii Müsteşarlığında Ömür Devri Yönetimi Yaklaşımı. *Savunma Sanayii Gündemi*, 49-54.
- Eti, M.C., S. O. (2006). Reducing the cost of preventive maintenance through adopting a proactive reliability-focused culture. *Applied Energy* 83(11), 1235-1248.
- Frohne, P. T. (2007). *Quantitative Measurements for Logistics*. DOI:10.1036/0071494154
- Giorgio Barone, D. M. (2014). Life-cycle maintenance of deteriorating structures by multi-objective optimization involving reliability, risk, availability, hazard and cost. *Structural Safety* 48, 40-50.
- Güler, Ç. U. (2012). Türk hava kuvvetlerinde malzeme ihtiyaç planlaması. *Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi* 5(3), 35-45.
- Gürlek, B. (2002). SWOT Analizi. *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. Öngörü Panelleri Birinci Bilgilendirme ve İletişim Toplantısı*, 17-18.
- Hameed, Z. J. V. (2011). Challenges in the reliability and maintainability data collection for offshore wind turbines. *Renewable Energy* 36(8), 2154-2165.
- Handbook For Reliability Test Methods. (1986). Handbook For Reliability Test Methods Plans, And Environments For Engineering, Development Qualification, And Production. (pp. 1-375). MIL-HDBK-781.
- Handbook, M. (1998). *Electronic Reliability Design Handbook*. MIL-HDBK-338, DoD.
- Houssin, R. (2014). Safety-based availability assessment at design stage. *Computers & Industrial Engineering* 70 (2014): 107-115 .
- Huiskonen, J. (2001). Maintenance spare parts logistics: special characteristics and strategic choices. *Int. J. Production Economics* 71(1), 125-133.
- Hunter, C. (1977). An analysis of aircraft modifications and integrated logistic support in the f-4 aircraft. *Calhoun: The NPS Institutional Archive*.
- Işın, Z. (2009). Ömür devri maliyet Analizi yaklaşımı ve savunma projelerine uygulamaları. *Savunma Sanayii Gündemi*, 39-43.
- James F. Russella, D. M. (2007). Maintenance, reliability and policies for orbital space station life support systems. *Reliability Engineering and System Safety* 92(6), 8008-820.
- Jeasu, J. S. Y. (2015). Product failure pattern analysis from warranty data using association rule and weibull regression analysis: a case study. *Reliability Engineering and System Safety* 133, 176-183.
- Jones, J. V. (1994). *Integrated Logistics Support Handbook*. McGraw-Hill, 1995
- Jones, J. V. (2006). *Supportability Engineering* . McGraw-Hill Education
- Kangas J., K. M. (2003). Evaluating the management strategies of a forestland estate - tThe S-O-S approach", *Journal of Environmental Management* 69(4), 349-358.

- Karaağaç, C. (2013). İnsansız hava aracı sistemlerinde lojistik destek. *Savunma Sanayii Gündemi*, 14-21.
- Karadeniz, M. (2008). Bir lojistik ve pazarlama yönetimi olarak CALS (sürekli tedarik, ömür boyu destek) stratejisi. *Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 4-1.
- Kennedy, J. W. (2002). An overview of recent literature on spare parts inventories. *Int. J. Production Economics* 76(2), 201-215.
- Keşli, B. (2009). Savunma projelerinde entegre lojistik destek uygulamaları. *Savunma Sanayii Gündemi*, 22-28.
- Kıyıcı, A. (2013). BMC-Kirpi ELD faaliyetleri. *Savunma Sanayii Gündemi*, 30-32.
- Kurttila, M. M. (2000). Utilizing the analytic hierarchy process ahp in swot analysis – a hybrid method and its application to a forest-certification case. *Forest Policy and Economics*1(1), 41-52.
- Latif, S. (1987). An integrated logistic support model for major weapon systems of the Pakistan Navy. *Calhoun: The NPS Institutional Archive*.
- Legg, R. P. (1980). An overview of integrated logistic support in medical material programs. *Calhoun: The NPS Institutional Archive*.
- Lewis, I. (2007). The Logistics Impact of Evolutionary Acquisition. *Naval Postgraduate School*.
- Yingjie, Z., & Liling, G. (2015). Reliability analysis of machining systems by considering system cost. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 28 (8), 836-843.
- Makis, A. K. (2015). Reliability estimation of a production system subject to condition monitoring with two modes of failures. *IFAC-PapersOnLine* 48(3), 472-477.
- Manual, P. (2002). System Integrated Logistics Support (SILS). 15 Mayıs 2016. http://www.uscg.mil/directives/cim/4000-4999/CIM_4105_8.pdf
- Masozera, M. J. (2006). Assessing the suitability of community-based management for the nyungwe forest reserve, Rwanda. *Forest Policy and Economics* 8(2), 206-216.
- Meng, F. C. (1994). Comparing the MTBF of four systems with standby components. *Microelectron. Reliab* 35(7), 1031-1035.
- Mil-Std-13881A/2B. (1983). Military Standard Logistic Support Analysis 1388 1A/2B. 15 Mayıs 2016. [everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1300-1399/MIL_STD_1388_1A_552](http://www.everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1300-1399/MIL_STD_1388_1A_552)
- NATO Guidance On Integrated Logistics Support For Multinational Armament Programmes. (2011). Alp-10. 15 Mayıs 2016. standards.globalspec.com/std/1325536/nato-alp-10
- Onur ARISOY, T. G. (2013). Entegre lojistik destek faaliyetleri - FNSS yaklaşımı. *Savunma Sanayii Gündemi*, 26-29.
- Ovacılı, R. (2009). Dokümantasyon Süreci ve Teknik Yayınlar. *Ankara: TAI*.
- ÖNGE, A. C. K. (2013). İnsansız hava aracı sistemlerinde lojistik destek. *Savunma Sanayii Gündemi*, 15-21.

Özmert, M. (2013). Değişen bakım konseptleri ve uçak bakım destek yazılımlarının uluslararası standartlarla uyumu ile elde edilen kazanımlar. *Savunma Sanayii Gündemi*, 33-39.

Öztürk, H. İ. (2011). Dünya havacılık sanayiindeki gelişmeler ışığında sürdürülebilirlik önerisi. *Savunma Sanayii Gündemi*, 22-26.

Radesky, C. W. (1973). Attributes of integrated logistic support organization within selected Navy Weapons Systems acquisition projects. *Calhoun: The NPS Institutional Archiv*.

Rajpal, P. S. K. S. (2006). An artificial neural network for modeling reliability, availability and maintainability of a repairable system. *Reliability Engineering and System Safety*, 91(7), 809-819.

Rausand, M. (1998). Reliability centered maintenance. *Reliability Engineering and System Safety* 71, 121-132.

Roder, A. B. T. (2006). A methodology for modeling inter-company supply chains and for evaluating a method of integrated product and process documentation. *European Journal of Operational Research* 169 (3), 1010-1029.

Rustenbug, W.D. (2001). Spare parts management at complex technology-based organizations: An agenda for research. *Int. J. Production Economics* 71(1), 177-193.

Sharma, S. K. (2008). Performance modeling in critical engineering systems using RAM analysis. *Reliability Engineering and System Safety* 93(6), 891-897.

Sharma, S. K. D. K. (2006). Predicting uncertain behavior of industrial system using FM-A practical case. *Applied Soft Computing* 8(1), 96-109.

Shrestha, R. J. (2004). Exploring the potential for silvopasture adoption in south-central florida: an application of SWOT-AHP method. *Agricultural Systems* 81 (3), 185-199.

SWOT-analizi (2016, 06 06). <http://stratejikyonetim.org/>

SX000i. (2015). International guide for the use of the s-series of integrated. 15 Mayıs 2016. sx000i.org

Tekim, E. B. (2009). Sistem Gerçekleştirme ve Lojistik. *Savunma Sanayii Gündemi*, 29-34.

Tuna, B. K. (2013). Savunma sanayi projelerinde Altay ELD uygulamaları. *Savunma Sanayii Gündemi*, 22-26.

Veske, S. T. (2016). *Entegre Lojistik Destek (SATEM)*. Ankara.

Waeyenbergh, G. L. (2009). A framework for industrial maintenance concept development. *Int. J. Production Economics* 77, 40-50.

Waeyenbergh, G. L. P. (2002). A framework for maintenance concept development. *Int. J. Production Economics* 77(3), 299-313.

Waeyenbergh, G. L. P. (2003). Maintenance concept development: A case study. *Int. J. Production Economics* 89(3), 395-405.

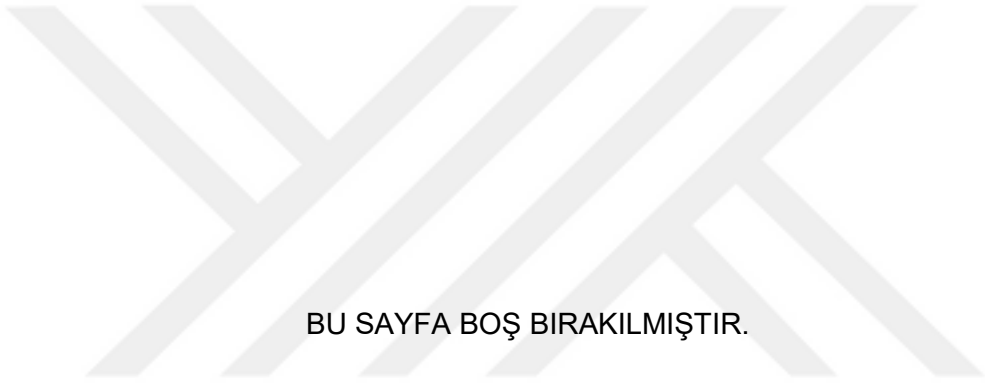
Williams, D. (2012). Human systems integration synthesis model for ship design. *Calhoun: The NPS Institutional Archive*.

Yaney, D. L. (1979). Introduction of F/A-18 phased support for the USMC at MCAS El Toro. *Calhoun: The NPS Institutional Archive*.

Yingjie,Z. G. L. (2008). Reliability analysis of machining systems by considering system cost. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 28(8), 836-843.

Zhu,Y. E. E. (2009). Availability optimization of systems subject to competing risk. *European Journal of Operational Research*. 202(3), 781-788.





BU SAYFA BOŞ BIRAKILMIŞTIR.

EKLER LİSTESİ

EK-A	Karşılaştırmada Kullanılan Standartlar	A-1
EK-A	Mil. Std. 1388-1A/2B Standardı İçerik ve Kapsamları	A-3
EK-A	Def 00.600 Standardı İçerik ve Kapsamları	A-5
EK-A	Def 00.600 Standardı İçerik ve Kapsamları-2	A-7
EK-A	SX000i Spesifikasyonu Kapsamı ve İçeriği	A-9
EK-B	Def 00.600 Standardı SWOT Analizi	B-1
EK-B	SX000i Spesifikasyonu SWOT Analizi	B-2
EK-C	B Firması Ömür Devri Maliyet Hesaplaması	C-1
EK-C	C Firması Ömür Devri Maliyet Hesaplaması	C-2
EK-C	D Firması Ömür Devri Maliyet Hesaplaması	C-3
EK-C	E Firması Ömür Devri Maliyet Hesaplaması	C-4

Karşılaştırmada Kullanılan Standartlar

Nu.	Kod.	Adı	Stand.
1	S1000d	International specification for technical publications using a common source database	SX
2	S2000m	International specification for material management - integrated data processing	
3	S3000l	International specification for logistics support analysis - lsa	
4	S4000p	International specification for developing and continuously improving preventive maintenance	
5	S5000f	International specification for in-service data feedback	
6	S6000g	International specification for training analysis and design	
7	Sx000i	International guide for the use of the s-series of integrated logistics support (ils) specifications	
8	Sx001g	Glossary for the s-series of ils specifications	
9	Sx002d	Common data model for the s-series of ils specifications	
10	Sx003x	Interoperability matrix for the s-series of ils specifications	
11	S1000x, ...	S1000x, s2000x, s3000x, s4000x, s6000x input data specifications	
12	Ste-100	International specification for the preparation of maintenance documentation in a controlled language (simplified technical english)	
14	1388-1a/2b	Military standard logistic support analysis	1388
15	1629	Procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis	
16	1561 b	Provisioning procedures	
17	470 b	Maintainability program for systems and equipment	
18	59 b	Continuous acquisition and life-cycle support (cals) implementation guide	
19	482 a	Configuration status accounting data - elements and related features	
20	1478	Task performance analysis	
21	785 b	Reliability program for system and equipment development and production	
22	882 e	Standard practice system safety	
23	217 f	Reliability prediction of electronic equipment	
24	2173	Rcm req. For naval weapons and support equip.	
25	1390 c	Lora	
26	1843	RCM for aircraft, engines ve equipm.	

Nu.	Kod.	Adı	Stand
29	Def 00.600	Integrated logistic support. Requirements for mod projects	Def 00.60
30	V7p1	Volume 7 integrated logistic support part 1 integrated logistic support policy	
31	V7p2	Defence logistics support chain manual volume 7 supportability engineering part 2 integrated logistic support management	
32	V7p3	Volume 7 integrated logistic support part 3 supportability analysis	
33	V7p4	Integrated logistics support part 4 software support	
34	V7p5.01	Volume 7 supportability engineering part 05.01 management and exploitation of automatically generated logistic information	
35	V7p6	Supportability engineering part 6 ils tailoring	
36	V7p7	Volume 7supportability engineering part 7 support delivery management, monitoring and review	
37	V7p9	Manual volume 7 integrated logistic support part 9 supportability case	
38	V7p10	Supportability engineering part 10 manage design through life (managing design intent)	
39	V7p8.01	Volume 7 supportability engineering part 8.01 training & training equipment	
40	V7p8.02	Supportability engineering part 8.02 packaging, handling, storage and transportation	
41	V7p8.03 a-b-c-d-e	Volume 7 integrated logistic support part 8.03a maintenance planninga-b-c-d-e	
42	V7p8.04	Integrated logistics support part 8.04 reliability and maintainability version record	
43	V7p8.05	Integrated logistics support part 8.05 technical documentation	
44	V7p8.06	Supportability engineering part 8.06 test equipment	
45	V7p8.07	Volume 7supportability engineering part 8.07 support equipment	
46	V7p8.08	Volume 7 supportability engineering part 8.08 facilities and infrastructure	
47	V7p8.09	Supportability engineering part 8.09 human factors integration	
48	V7p8.10	Integrated logistic support part 8.10 supply support	
49	V7p8.11	Volume 7 integrated logistics support part 8.11 quality management	
50	V7p8.12	Integrated logistics support part 8.12 configuration management	
51	V7p8.13	Manual volume 7 integrated logistics support part 8.13	
52	V7p8.14	Supportability engineering part 8.14 management of items requiring special identification (si)	
53	V7p8.15	Part 8.15 gatekeeper role in utilisation of common defence materiel (ils standardisation process)	

Mil. Std. 1388-1A/2B Standardı İçerik ve Kapsamları

Aktiviteler	1388-1A/2B	1629	1561 B	470 B	59 B	482 A	1478	785 B	882 E	217 F	2173	1390 C	1843
Bilgisayar kaynak analizi	K				D								
Bilgisayar kaynağı	K				D								
Alternatiflerin değerlendirilmesi	Ü	D	D	D				D					
Konfigürasyon yönetimi	Ü	K	D	D			D	D					D
İnsan faktörleri analizi	K	K					D		K				
Hasar özel olay analizi	K	K							D				D
Yazılım destek analizi	K				K				D				
RAM analizinin uygulanması	Ü	K	D	K			D	B		K	K	D	K
LDA uygulaması	Ü	K	D	K			D	K		D	D	D	K
Ömür devri maliyeti uygulaması	Ü	D	D										
Tesis altyapı analizi uygulaması	Ü		D										
Tesis altyapısının sağlanması	Ü												
Bakım konseptinin geliştirilmesi	Ü		D										
FMECA uygulaması	K	T		K						D	D	D	D
LORA uygulaması	K	K								D	D	T	D
Bakım planının geliştirilmesi	Ü	K	D	K			D						
Bakım görevlerinin uygulanması	Ü	K					D						D
Desteklenebilirlik analizi	Ü	K		K				D					D
Önleyici bakımının geliştirilmesi	Ü	D						D		D	D		K
Planlı bakım analizi	K	D		K									K
Tanımlama, teşhis analizi	K						D		D				D
Yazılım bakımının uygulanması					D				K				
İnsan Gücü ve Personel analizi	Ü						D		K				
Paketleme, Depolama, Ulaştırma.	Ü												
Kontrat yönetimi	Ü		D	D									
Ürün destek gereksinimlerinin	Ü			D					D				D
ELD planının geliştirilmesi	Ü							D	D	D	D		

Aktiviteler	1388-1A/2B	1629	1561 B	470 B	59 B	482 A	1478	785 B	882 E	217 F	2173	1390 C	1843
Demodelik Uygulaması	Ü												
Ön alım verilerinin sağlanması	Ü				D								
Materyal desteğinin sağlanması	Ü												
Destek teçhizatı analizinin gereksinimleri	Ü	K											
Destek ekipmanının sağlanması	Ü												
Sürdürülebilirlik mühendislik analizinin uygulanması	Ü	K	D				D	D		D	D		
Mühendislik eğilimini sağlanması ve tasarım değişiklikleri tavsiye edilmesi v e geliştirilmesi	Ü	K											D
Lojistik Bilginin yönetilmesi	K	D	D		K	B							
Teknik yayın üretimi	Ü				K								
Eğitim ihtiyaç analizinin uygulanması	Ü	K	D										
Eğitim planının geliştirilmesi	Ü	K											
Eğitim gelişiminin uygulanması	Ü												
Eğitimin yerleştirilmesi	Ü												
Başlangıç-Konsept safhası faaliyetleri	Ü	K	T	D	D	B	D	D	D	D	D	D	D
Geliştirme ve üretim safhası faaliyetleri	K	K	D	D	D	B	D	D	D	D	D	D	D
Hizmette ELD aktivitelerinin yönetilmesi	Ü	K		D	D	B	D	D	D	D	D	D	D
Hizmette bakım optimizasyonu	K	K											
Görevsel sürdürülebilirlik	Ü			D					D				D
Filo yönetimi	D												
Depo ve stok yönetimi	D												
Garanti ve Kalite yönetimi		K											
Elden çıkarma	Ü				D								

Def 00.600 Standardı İçerik ve Kapsamları

Aktiviteler	00.600	V7P1	V7P2	V7P3	V7P4	V7P5.01	V7P6	V7P7	V7P9	V7P10	V7P8.01	V7P8.02	V7P8.03 A-B-C-D
Bilgisayar kaynak analizi	Ü	K	K										
Bilgisayar kaynağının sağlanması	Ü		K										
Alternatiflerin değerlendirilmesi	Ü	K	K	D			D	D		D			
Konfigürasyon yönetimi	Ü	K	K	D			D	D		D			
İnsan faktörleri analizi	Ü	K	K	D			D			D			
Hasar özel olay analizi	Ü		K	D			D			D			
Yazılım destek analizi	Ü	K	K	D			D			D			
RAM analizinin uygulanması	Ü	K	K	D						D			D
LDA uygulaması	Ü		K	D			D	D		D	D		D
Ömür devri maliyeti uygulaması	Ü		K	D						D			D
Tesis altyapı analizi uygulaması	Ü	K	K	D			D						
Tesis altyapının sağlanması	Ü		K										
Bakım konseptinin geliştirilmesi	Ü	K	K	D			D	D		D			K
FMECA uygulaması	Ü		K	D									
LORA uygulaması	Ü		K	D									
Bakım planının geliştirilmesi	Ü		K	D							D		K
Bakım görevlerinin uygulanması	Ü		K										K
Desteklenebilirlik güvenlik analizinin uygulanması	Ü		K						D				K
Önleyici bakımının geliştirilmesi	Ü		K										K
Planlı bakım analizinin uygulanması	Ü		K										K
Tanımlama, teşhis analizi	Ü		K										
Yazılım bakımının uygulanması	Ü		K		K								
İnsan Gücü ve Personel analizi	Ü	K	K	D			D				D		
Paketleme, Depolama, Ulaştırma.	Ü	K	K	D			D					K	
Kontrat yönetimi	Ü	K	K	D			D	D					

Aktiviteler	00.600	V7P1	V7P2	V7P3	V7P4	V7P5.01	V7P6	V7P7	V7P9	V7P10	V7P8.01	V7P8.02	V7P8.03 A-B-C-D-E
Ürün destek gereksinimlerinin	Ü		K										
ELD planının geliştirilmesi	Ü		K	D	D		D	D				D	
Demodelik Uygulaması	Ü		K				D	D					
Ön alım verilerinin sağlanması	Ü	K	K	D			D						
Materyal desteğinin sağlanması	Ü		K										
Destek teçhizatı analizi	Ü	K	K	D			D	D					
Destek ekipmanının sağlanması	Ü		K										
Sürdürülebilirlik mühendislik analizi	Ü	K	K				D	D					
Tasarım değişiklikleri tavsiye edilmesi v e geliştirilmesi	Ü		K	D									
Lojistik Bilginin yönetilmesi	Ü	K	K	D	D	K	D	D		D	D		
Teknik yayın üretimi	Ü		K										
Eğitim ihtiyaç analizinin uygulanması	Ü	K	K	D			D	D			K		
Eğitim planının geliştirilmesi	Ü		K								K		
Eğitim gelişiminin uygulanması	Ü		K								K		
Eğitimin yerleştirilmesi	Ü		K								K		
Başlangıç-Konsept safhası faaliyetleri	Ü	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Geliştirme ve üretim safhası faaliyetleri	Ü	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Hizmette ELD aktivitelerinin yönetilmesi	Ü	D	D	D	D	D	D	D		D	D	D	D
Hizmette bakım optimizasyonu								D					
Görevsel sürdürülebilirlik								D					
Filo yönetimi													
Depo ve stok yönetimi							D						D
Garanti ve Kalite yönetimi							D						
Elden çıkarma	D		D				D	D					

Def 00.600 Standardı İçerik ve Kapsamları-2

Aktiviteler	V7P8.04	V7P8.05	V7P8.06	V7P8.07	V7P8.08	V7P8.09	V7P8.10	V7P8.11	V7P8.12	V7P8.13	V7P8.14	V7P8.15
Bilgisayar kaynak analizi												
Bilgisayar kaynağı												
Alternatiflerin değerlendirilmesi									D		D	
Konfigürasyon yönetimi						D	D		T			
İnsan faktörleri analizi						K						
Hasar özel olay analizi												
Yazılım destek analizi												
RAM analizinin uygulanması	D											
LDA uygulaması	D					D	D		D	D		D
Ömür devri maliyeti uygulaması												
Tesis altyapı analizi uygulaması					D							
Tesis altyapısının sağlanması					D							
Bakım konseptinin geliştirilmesi							D		D			D
FMECA uygulaması												
LORA uygulaması												
Bakım planının geliştirilmesi							D					
Bakım görevlerinin uygulanması												
Desteklenebilirlik analizi	D			D			D	D				
Önleyici bakımının geliştirilmesi												
Planlı bakım analizinin												
Tanılama, teşhis analizi												
Yazılım bakımının uygulanması							D					
İnsan Gücü ve Personel analizi												
Paketleme, Depolama, Ulaştırma.												
Kontrat yönetimi							D		D			D
Ürün destek gereksinimlerinin							D					

Aktiviteler	V7P8.04	V7P8.05	V7P8.06	V7P8.07	V7P8.08	V7P8.09	V7P8.10	V7P8.11	V7P8.12	V7P8.13	V7P8.14	V7P8.15
ELD planının geliştirilmesi				D		D	D	D	D		D	D
Demodelik Uygulaması										K		
Ön alım verilerinin sağlanması							K		D			
Materyal desteğinin sağlanması							K					
Destek teçhizatı analizinin gereksinimleri			D	K			D					
Destek ekipmanının sağlanması			D	K								
Sürdürülebilirlik mühendislik analizinin uygulanması							D		D			
Mühendislik eğilimini sağlanması ve tasarım değişiklikleri tavsiye edilmesi v e geliştirilmesi												
Lojistik Bilginin yönetilmesi		K					D				D	D
Teknik yayın üretimi		K										
Eğitim ihtiyaç analizinin uygulanması												D
Eğitim planının geliştirilmesi												
Eğitim gelişiminin uygulanması												
Eğitimin yerleştirilmesi												
Başlangıç-Konsept safhası faaliyetleri	D	D	D	D		D	D	D	D	D	D	D
Geliştirme ve üretim safhası faaliyetleri	D	D	D	D		D	D	D	D	D	D	D
Hizmette ELD aktivitelerinin yönetilmesi	D					D	D	D	D	D		D
Hizmette bakım optimizasyonu								D				
Görevsel sürdürülebilirlik												
Filo yönetimi												
Depo ve stok yönetimi							D					
Garanti ve Kalite yönetimi								K				
Elden çıkarma										D		

SX000i Spesifikasyonu Kapsamı ve İçeriği

Aktiviteler	S1000D	S2000M	S3000L	S4000P	S5000F	S6000G	SX000i	SX001G	SX002D	SX003X	X Serisi	STE-100
Bilgisayar kaynak analizi			K				Ü					
Bilgisayar kaynağının sağlanması							Ü					
Alternatiflerin değerlendirilmesi			K		B		Ü				D	
Konfigürasyon yönetimi			K	K	B		Ü					
İnsan faktörleri analizi			B	K	B		Ü					
Hasar özel olay analizi			T	K	B		Ü					
Yazılım destek analizi			T		B		Ü					
RAM analizinin uygulanması			B		B		Ü					
LDA uygulaması		D	T		B		Ü		D			B
Ömür devri maliyeti uygulaması			K		B		Ü					
Tesis altyapı analizi uygulaması			K				Ü					
Tesis altyapısının sağlanması							Ü					
Bakım konseptinin geliştirilmesi			T				Ü				D	
FMECA uygulaması			K	K			Ü					
LORA uygulaması			T		B		Ü					
Bakım planının geliştirilmesi		D		K	B		Ü					
Bakım görevlerinin uygulanması	D	D			B		Ü					
Desteklenebilirlik güvenlik analizinin uygulanması					B		Ü					
Önleyici bakımının geliştirilmesi			T		B		Ü					
Planlı bakım analizinin uygulanması				K	B		Ü					
Tanılama, teşhis analizi					B		Ü	B				B
Yazılım bakımının uygulanması			T				Ü					
İnsan Gücü ve Personel analizi			K		B		Ü					
Paketleme, Depolama, Ulaştırma.		D	B		B		Ü					
Kontrat yönetimi					B		Ü					
Ürün destek gereksinimlerinin		D	K				Ü					

Aktiviteler	S1000D	S2000M	S3000L	S4000P	S5000F	S6000G	SX000i	SX001G	SX002D	SX003X	X Serisi	STE-100
ELD planının geliştirilmesi		D					K	B				B
Demodelik Uygulaması		D	T		B		Ü					
Ön alım verilerinin sağlanması		T			B		Ü		D	D	D	
Materyal desteğinin sağlanması		T			B		Ü					
Destek teçhizatı analizinin gereksinimleri			K				Ü					
Destek ekipmanının sağlanması		B					Ü					
Sürdürülebilirlik mühendislik analizinin uygulanması			K		B		Ü		D	D		
Mühendislik eğilimini sağlanması ve tasarım değişiklikleri tavsiye edilmesi v e geliştirilmesi	D	D	K	K	B		Ü					
Lojistik Bilginin yönetilmesi		B			B		Ü		D	D	D	
Teknik yayın üretimi	T	B			B		Ü					D
Eğitim ihtiyaç analizinin uygulanması						T	Ü					
Eğitim planının geliştirilmesi						K	Ü					
Eğitim gelişiminin uygulanması							Ü					
Eğitimin yerleştirilmesi	D						Ü					
Başlangıç-Konsept safhası faaliyetleri			K				Ü		D	D	D	
Geliştirme ve üretim safhası faaliyetleri			K				Ü		D	D	D	
Hizmette ELD aktivitelerinin yönetilmesi		D			B		Ü		D	D	D	
Hizmette bakım optimizasyonu				T	B				D	D		
Görevsel sürdürülebilirlik					B							
Filo yönetimi					B							
Depo ve stok yönetimi		B			B							
Garanti ve Kalite yönetimi		B	K		B							
Elden çıkarma		D	K				Ü					

Def 00.600 Standardı SWOT Analizi

Kriterler	İç Çevre	OLUMLU / POSİTİVE	OLUMSUZ / NEGATİVE	OLUMLU / POSİTİVE	OLUMSUZ / NEGATİVE
		Güçlü Yanları / Strengths	Zayıf Yanları / Weaknesses	Fırsatlar / Opportunities	Tehlikeler / Threats
Bilgisayar Kaynağı		1388 standardına göre tüm işlemlerin dijital ortamda yürütülmesi konusunda daha öndedir.	Konuyla ilgili detaylı bilgi verildiği söylenemez	standardın olgunluğu ve diğer elementler ile ilişkisi irdelendiğinde günümüz ihtiyaçlarını iyi seviyede karşılar	Sadece belirli tarafların kullandığı bir standart olarak kalabilir.
Tasarıma Etki		Genel husular ile açıklamıştır	Geneli karşılayacak örnekler mevcut değildir	Planlama içeriği detaylıdır.	SX standardının genel olarak gerisindedir
Tesis ve Altyapılar		Tesis ve alt yapının planlanmasında günümüz ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Tesis planlamasına ve içeriğine yer	Tesis ve alt yapı planlamasına dair uyulmalı bir analiz mevcut değildir.	Bir çok firma için yeterli seviyede süreç bilgisi ve plan içermektedir.	Bu standardı daha önce kullanmayanlar için bu planları yönetmek ve ilişkilendirmek zorluk içerir.
Bakım		GMB ile süreç uygulanır	tüm bakım konseptlerini karşılamaz ve detaylı uygulamalar içermez	Genel olarak ihtiyacı karşılayabilir	Sistemin otomasyona ihtiyacı vardır
İnsan Gücü ve Personel		Bu analizin planlaması, tablolar haline getirilmesi gibi hususlara değinmiş, süreç içinde nerelerde uygulanacağı	Uygulamalı analiz bulunmamaktadır	Tablo haline getirme, planın içerisine dahil etme konularında öndedir.	Yeni kullanıcılar için uygulamaların olmaması, başka kaynakların araştırılmasına sebep olabilir.
Paketleme, Elleçleme, Depolama, Ulaştırma		Diğer standartlara göre daha detaylı açıklamalar içermektedir. Genel olarak plan içeriğini açıklar	Uygulamalı olarak örnek yer almamaktadır	Genel ihtiyacı karşılamaktadır.	Detay anlamında literatürün gerisinde kaldığı söylenebilir
Ürün Desteği		Diğer elementlerle vekendi bünyesindeki demodelik ve elden çıkarma elementi ile açıklanmıştır. Planlama süreci mevcuttur	Uygulamalı analiz veya örnek mevcut değildir.	Örnek plan ve içeriği sahiptir	Literatürden uzaktır.
İkmal Desteği		Genel olarak açıklanmış ve planlamalarda yerini almıştır.	Yeterli uygulama örneği mevcut değildir	Planlama detaylı şekilde verilmiştir, içeriği yeterlidir.	Verilerin otomasyonla işlenmesi daha yönelik çalışmalar yapılmalıdır.
Destek Teçhizatı		Kendi içerisinde oldukça detaylıdır. Planlama, karşılaştırma alanları detaylı açıklanmıştır.	Uygulama ve analiz için örnek yoktur.	Olgunluk seviyesinin belirlenmesine yönelik açıklamaları mevcuttur, genel ihtiyacı karşılar	Sistemlerin entegre şekilde sonuca ulaşmasını sağlayacak uygulamalara ihtiyacı vardır
Sürdürülebilirlik Mühendisliği		Kısa bir şekilde bahsedilmiştir.	Yeterince bulunmamaktadır.	İlgili atıflarla güncelliğini koruyabilir.	SX000i nin gerisindedir
Teknik Veri		Nispeten detaylı süreç ve planlama verilmiştir.	Çağdaş uygulamaların gerisinde kalma ihtimali vardır.	Veri paketi genel ihtiyacı karşılayabilir	Tüm tarafları ve ihtiyaçları karşılayabilecek ortak kullanıma ihtiyaç vardır.
Eğitim ve Eğitim Desteği		Eğitim planlaması, ölçülmesi ve süreç üzerinde detaylıca durulmuştur. Plan içeriği mevcuttur.	Yeterli uygulama veya örnek yoktur	Detaylı karşılaştırma ve izah yapılmıştır	Sürecin temel işleyişini gösterecek uygulamaya ihtiyaç vardır
Ömür Devri Maliyeti ve Diğer Aktiviteler		Elden çıkarma olarak bir bölümde yer alır.	Genel maliyeti hesaplama veya karşılaştırma yapmaz	1388 standardına göre öndedir	Tüm süreci gösterecek değerlendirecek ve karşılaştıracak uygulamaya ihtiyacı vardır

SX000i Spesifikasyonu SWOT Analizi)

Kriterler	İç Çevre	OLUMLU / POSİTİVE	OLUMSUZ / NEGATİVE	OLUMLU / POSİTİVE	OLUMSUZ / NEGATİVE
		Güçlü Yanları / Strengths	Zayıf Yanları / Weaknesses	Fırsatlar / Opportunities	Tehlikeler / Threats
Bilgisayar Kaynağı		Bu elementi en detaylı anlatan spesifikasyondur. Girdi, süreç ve çıktı olarak takip edilemsi kolaydır.	Uygulamalı analiz içermez	Diğer elementler ve süreçlere olan etkilerini de şematik olarak gösterir.	Bir iok firma için bir hedef olarak gözüktüğünden uygulama alanı az olabilir
Tasarıma Etki		RAM vb husular formül ile kısaca açıklanmıştır.	RAM vb analizlerin detaylandırılması ve örneklenmesine ihtiyaç vardır	Örnek kırılımlara detaylıca yer verilmiştir	İlgili analizleri komple içeren örnekler ihtiyacı vardır.
Tesis ve Altyapılar		Tesis ve alt yapının nasıl değerlendirileceğini en detaylı anlatan içeriktir. Etkileşimler, gerekliliklerin	Uygulama seviyesi için nispeten detaylı olsa da tam bir analiz örneği içermez	Kullanıcı yönlendiren ve süreci kolaylaştıran tablo , şekil ve açıklamalar mevcuttur.	Tüm süreci öğrenmek ve uygulamakta zorlanılabilir.
Bakım		Bu bölümle ilgili (S4000P) olarak özel bir bölüme sahiptir. Önleyici bakıma yoğunlaşır	Diğer bakım konseptlerinde nasıl uygulanacağı konusu net değildir	Detaylı örnek uygulamalar vardır	Firmalar kendi bakım konseptlerinden çıkamk istemeyebilirler
İnsan Gücü ve Personel		Genel olarak ilişkili alanlar, etkilediği elementler gösterilmiştir.	Diğer standartlara nazaran bu element daha özet tutulmuş, plan muhteviyatı ve analize yer verilmemiştir.	Tüm standardın birlikte kullanılması ile bu element otomatik olarak dahil olmaktadır.	Diğer standartlar daha açıklayıcıdır ve süreç bilgisini daha fazla vermektir.
Paketleme, Elleçleme, Depolama, Ulaştırma		Tanımlamalar, diğer alanlar ve elementler ile olan ilişkilere yer verilmiştir.	Detaylı bir anlatım ce örneğe yer vermemiştir.	Standardın birlikte kullanılması ile sistemin takibi, denetlenmesi ve kontrolü daha kolaydır.	Genel olarak literatürde yer alan PEDU uygulamaları bulunmamaktadır.
Ürün Desteği		Demodelik açısından planlama, süreç, değerlendirme bilgileri verilmiştir. Detaylı olduğu soylenebilir	Ayrıntılı bir analize veya uygulamaya yer vermemektedir	Kolay uygulanıp takip edilebilen süreç ortaya konmuştur.	Detaylandırılması gerekir.
İkmal Desteği		Tanımlama, ilgili alan, içerik ve sonuç açıklamaları mevcuttur.	Uygulamalı örnekler yer verilmemiştir	Geliştirilmekte olan uygulamalar ile bir sistemin çalışması ve takibi kolaylaşacaktır.	İlgili sisteme geçiş ve öğrenme süreci uzun ve maliyetli olabilir.
Destek Teçhizatı		Alanlar etkileşim ve açıklamalar mevcuttur.	Uygulamalı örnek mevcut değildir.	Süreç ve diğer elementler ile etkileşim açıklanmıştır.	Detaylandırılması gereklidir.
Sürdürülebilirlik Mühendisliği		Tanımlama, etki ve ilgi alanları ile etkileşimler gösterilmiştir.	Yeterli seviye örnek yoktur	Diğer standartlara göre öndedir	Mevzuat ve uygulama ile geliştirilmelidir.
Teknik Veri		En üstün olduğu alandır. Alt yapısı çok gelişmiştir.	Alt yapının kullanılması ve öğrenilmesi için özel imkanlara ihtiyaç duyulanılır.	Çağdaş uygulamalara açık ve hazırdır.	Firmalar bu sürece kullanmaktan imtina edebilirler
Eğitim ve Eğitim Desteği		Başlı başına standartta bir bölümdür, açıklama, ilişki vb mevcuttur.	Bu bölüm (S5000T) henüz basılmamıştır	Geri beslemenin, yöntemlerin nasıl olacağı detaylıca açıklanacaktır.	Halen mevcut uygulama genel hatları ile açıklamada bulunmuştur.
Ömür Devri Maliyeti ve Diğer Aktiviteler		Süreçsn detaylıca anlatıldığı ve karşılaştırıldı bölüm mevcuttur	ÖDM gösteren toplam bir formül yoktur	Akış diyagramı ile ÖMD ve elden çıkarma safhaları gösterilmiştir.	Sürecin safhalarının uygunluk ve yeterlilik seviyelerini ölçen değerlendirmelere ihtiyacı vardır

B Firması Ömür Devri Maliyet Hesaplaması

Değerlendirme	B	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037		
Ürün teslim tarihi	1 yıllık tasarımı																								
İhtiyaç duyulan Bakım Adedi	Adet/yıl		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1			
Ürün Fiyatı (adet)	11.800	11.800																						11.800	
Bilgisayar Kaynağı	0																							0	
Tasarıma Etki	1200	1200																						1.200	
Tesis ve Altyapılar	0																							0	
Bakım	250				250	500	250	500	250	500	250	500	250	250	500	250	500	250	500	250	500	250	250		6.500
İnsan Gücü ve Personel	300				300	600	300	600	300	600	300	600	300	300	600	300	600	300	600	300	600	300	300		7.800
Paketleme, Depolama Ulaştırma vb.	0																							0	
Ürün Desteği	6				6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		108
İkmal Desteği	400				400	800	400	800	400	800	400	800	400	400	800	400	800	400	800	400	800	400	400		10.400
Destek Teçhizatı	0				0																			0	
Sürdürülebilirlik Mühendisliği	0																							0	
Teknik Veri	20		20					4					4					4						32	
Eğitim ve Eğitim Desteği	150		150	150	150			150					150					150						900	
ÖDM ve Diğer Aktiviteler	5				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		90	
Elden Çıkarma Maliyeti	100																						100	100	
TOPLAM (aritmetik)		13.000	170	150	1.111	1.911	961	2.065	961	1.911	961	1.911	1.115	961	1.911	961	1.911	1.115	1.911	961	1.911	961	100	38.930	
Kuvveti (10% enflasyon)		1,00	1,10	1,21	1,33	1,46	1,61	1,77	1,95	2,14	2,36	2,59	2,85	3,14	3,45	3,80	4,18	4,59	5,05	5,56	6,12	6,73	7,40		
Bugünkü değeri		13.000	155	124	835	1.305	597	1.166	493	891	408	737	391	306	554	253	457	243	378	173	312	143	14	22.933,28	

C Firması Ömür Devri Maliyet Hesaplaması

Değerlendirme	C	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037		
Ürün teslim tarihi	1 yıllık tasarımı																								
İhtiyaç duyulan Bakım Adedi	Adet/yıl		2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2		
Ürün Fiyatı (adet)	11.000	11.000																						11.000	
Bilgisayar Kaynağı	0																							0	
Tasarıma Etki	800	800																						800	
Tesis ve Altyapılar	0																							0	
Bakım	220				440	440	220	440	440	440	440	440	440	440	220	440	440	440	440	440	440	440	440		7.480
İnsan Gücü ve Personel	300				600	600	300	600	600	600	600	600	600	600	300	600	600	600	600	600	600	600	600		10.200
Paketleme, Depolama Ulaştırma vb.	0																							0	
Ürün Desteği	5				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		90
İkmal Desteği	300				600	600	300	600	600	600	600	600	600	600	300	600	600	600	600	600	600	600	600		10.200
Destek Teçhizatı	200				200																			200	
Sürdürülebilirlik Mühendisliği	0																							0	
Teknik Veri	30		30					6					6					6						48	
Eğitim ve Eğitim Desteği	100		100	100	100			100					100					100						600	
ÖDM ve Diğer Aktiviteler	5				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	90	
Elden Çıkarma Maliyeti	100																						100	100	
TOPLAM (aritmetik)		11.800	130	100	1.950	1.650	830	1.756	1.650	1.650	1.650	1.650	1.756	1.650	830	1.650	1.650	1.756	1.650	1.650	1.650	1.650	100	40.808	
Kuvveti (10% enflasyon)		1,00	1,10	1,21	1,33	1,46	1,61	1,77	1,95	2,14	2,36	2,59	2,85	3,14	3,45	3,80	4,18	4,59	5,05	5,56	6,12	6,73	7,40		
Bugünkü değeri		11.800	118	83	1.465	1.127	515	991	847	770	700	636	615	526	240	434	395	382	326	297	270	245	14	22.796,85	

D Firması Ömür Devri Maliyet Hesaplaması

Değerlendirme	D	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	
Ürün teslim tarihi	Derhal (hazır ürün)																							
İhtiyaç duyulan Bakım Adedi	Adet/yıl		1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2		
Ürün Fiyatı (adet)	16.000	16.000																						16.000
Bilgisayar Kaynağı	0																							0
Tasarıma Etki	0	0																						0
Tesis ve Altyapılar	0																							0
Bakım	300				300	300	300	600	300	300	600	300	300	300	600	300	300	300	600	300	300	600		6.900
İnsan Gücü ve Personel	300				300	300	300	600	300	300	600	300	300	300	600	300	300	300	600	300	300	600		6.900
Paketleme, Depolama Ulaştırma vb.	0																							0
Ürün Desteği	5				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		90
İkmal Desteği	200				200	200	200	400	200	200	400	200	200	200	400	200	200	200	400	200	200	400		4.600
Destek Teçhizatı	150				150																			150
Sürdürülebilirlik Mühendisliği	0																							0
Teknik Veri	10		10					2					2					2						16
Eğitim ve Eğitim Desteği	100		100	100	100			100					100					100						600
ÖDM ve Diğer Aktiviteler	10				10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		180
Elden Çıkarma Maliyeti	200																						200	200
TOPLAM (aritmetik)		16.000	110	100	1.065	815	815	1.717	815	815	1.615	815	917	815	1.615	815	815	917	1.615	815	815	1.615	200	35.636
Kuvveti (10% enflasyon)		1,00	1,10	1,21	1,33	1,46	1,61	1,77	1,95	2,14	2,36	2,59	2,85	3,14	3,45	3,80	4,18	4,59	5,05	5,56	6,12	6,73	7,40	
Bugünkü değeri		16.000	100	83	800	557	506	969	418	380	685	314	321	260	468	215	195	200	320	147	133	240	27	23.336,90

E Firması Ömür Devri Maliyet Hesaplaması

Değerlendirme	E	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	
Ürün teslim tarihi	2 yıllık tasarımı																							
İhtiyaç duyulan Bakım Adedi	Adet/yıl			2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	
Ürün Fiyatı (adet)	10.000	10.000																						10.000
Bilgisayar Kaynağı	0																							0
Tasarıma Etki	750	750	750																					1.500
Tesis ve Altyapılar	0																							0
Bakım	300					600	300	600	300	600	300	600	600	300	600	300	600	300	600	600	300	600	300	8.400
İnsan Gücü ve Personel	300					600	300	600	300	600	300	600	600	300	600	300	600	300	600	600	300	600	300	8.400
Paketleme, Depolama Ulaştırma vb.	0																							0
Ürün Desteği	6					6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	108
İkmal Desteği	250					500	250	500	250	500	250	500	500	250	500	250	500	250	500	500	250	500	250	7.000
Destek Teçhizatı	150					150																		150
Sürdürülebilirlik Mühendisliği	0																							0
Teknik Veri	20			20					4					4					4					32
Eğitim ve Eğitim Desteği	150			150	150	150			150					150					150					900
ÖDM ve Diğer Aktiviteler	5					5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	90
Elden Çıkarma Maliyeti	200																						200	200
TOPLAM (aritmetik)		10.750	750	170	150	2.011	861	1.711	1.015	1.711	861	1.711	1.711	1.015	1.711	861	1.711	861	1.865	1.711	861	1.711	1.061	36.780
Kuvveti (10% enflasyon)		1,00	1,10	1,21	1,33	1,46	1,61	1,77	1,95	2,14	2,36	2,59	2,85	3,14	3,45	3,80	4,18	4,59	5,05	5,56	6,12	6,73	7,40	
Bugünkü değeri		10.750	682	140	113	1.374	535	966	521	798	365	660	600	323	496	227	410	187	369	308	141	254	143	20.360,47



