

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÜKSEK LİSANS BÖLÜMÜ



İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNDE GÜVENİLİRLİK MÜHENDİSLİĞİ
UYGULAMALARI
BİTİRME TEZİ

EFARİ BAHÇEVAN

tarafından

YÜKSEK LİSANS

derecesi şartını sağlamak için hazırlanmıştır.

Nisan 2015

Program: İş Sağlığı Ve Güvenliği

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNDE GÜVENİLİRLİK MÜHENDİSLİĞİ
UYGULAMALARI

BİTİRME TEZİ

EFARİ BAHÇEVAN

OKAN ÜNİVERSİTESİ

İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümüne

Yüksek Lisans

derecesi şartını sağlamak için sunulmuştur.

Onaylayan: Yrd.Doc.Dr. Rüştü Uçan

Tez Danışman:

Yrd.Doc.Dr. Rüştü Uçan

Üye

Üye

Üye

Üye

Nisan 2015

Program: İş Sağlığı ve Güvenliği

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	6
ŞEKİL LİSTESİ.....	7
TABLolar.....	8
KISALTMALAR.....	9
BÖLÜM 1.....	10
1.1. GİRİŞ.....	10
1.2. AMAÇ.....	11
1.3. KAPSAM.....	11
2.1. GİRİŞ.....	12
2.2. TANIMLAR.....	13
2.3. LİTERATÜR TARAMASI.....	16
3. GÜVENİLEBİLİRLİK YÖNETİM SİSTEMİ.....	17
3.1. YÖNETİM SORUMLULUĞU.....	21
3.1.1. GÜVENİLİRLİĞE İLİŞKİN YÖNETİM FONKSİYONU.....	21
3.1.2. ÇALIŞANIN GÜVENİLEBİLİRLİK İHTİYAÇLARININ KARŞILANMASI.....	22
3.1.3. GÜVENİLEBİLİRLİK POLİTİKASI VE MEVZUAT AÇISINDAN ANLAMI.....	23
3.1.4. GÜVENİLEBİLİRLİK PROGRAMLARI.....	24
3.1.5. YÖNETİM TEMSİLCİSİ.....	24
3.1.6. YÖNETİMİN GÖZDEN GEÇİRMESİ.....	24
3.2. KAYNAK YÖNETİMİ.....	25
3.2.1. KAYNAKLARIN SAĞLANMASI.....	25
3.2.2. KAYNAK PLANLAMASI, GELİŞTİRİLMESİ VE İDAMESİ.....	26
3.2.2.1. İNSAN KAYNAKLARI.....	26
3.2.2.2. MALİ KAYNAKLAR.....	26
3.2.2.3. ENFORMASYON KAYNAKLARI.....	26
3.2.2.4. DIŞ KAYNAK KULLANIMI.....	27
3.3. HİZMET GERÇEKLEŞTİRMESİ.....	28
3.3.1. HİZMET GERÇEKLEŞTİRİLMESİ İÇİN PLANLAMA.....	28
3.3.2. GÜVENİLEBİLİRLİK PROGRAMLARININ UYARLANMASI.....	29
3.3.3. GÜVENİLEBİLİRLİK PROGRAMININ UYGULANMASI.....	30
3.4. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	31
3.5. ÖLÇME, ANALİZ VE İYİLEŞTİRME.....	32
3.5.1. GÜVENİLEBİLİRLİĞİN ÖLÇÜLMESİ.....	32
3.5.2. GÜVENİLEBİLİRLİĞİN İZLENMESİ VE SAĞLANMASI.....	33

3.5.3.	GÜVENİLEBİLİRLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ANALİZİ	33
3.5.4.	GÜVENİLEBİLİRLİK BİLGİSİNİN KULLANIMI	34
3.5.5.	SONUÇLARIN BELİRLENMESİ	35
3.5.6.	GÜVENİLEBİLİRLİK İYİLEŞTİRMESİ	36
3.6.	SİSTEMLER, YAZILIM VE DONANIM UYGULAMALARI İÇİN GÜVENİLEBİLİRLİK PROGRAM ELEMANLARI VE GÖREVLERİ	38
3.6.1	YÖNETİM	38
3.6.2	GÜVENİLEBİLİRLİK PLAN	38
3.6.3	GÜVENİLEBİLİRLİK ŞARTNAMESİ	39
3.6.4	PROSESLERİN KONTROLÜ	39
3.6.5	TASARIM KONTROLÜ	40
3.6.6	İZLEME VE GÖZDEN GEÇİRME	40
3.6.7	TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİM	41
3.6.8	HİZMETÜN PAZARA ARZI	41
3.6.9	GÜVENİLEBİLİRLİK DİSİPLİNLERİ	42
3.6.10	GÜVENİLİRLİK MÜHENDİSLİĞİ	42
3.6.11	BAKIMI YAPILABİLİRLİK MÜHENDİSLİĞİ	42
3.6.12	BAKIM DESTEK MÜHENDİSLİĞİ	43
3.6.13	STANDARDİZASYON	44
3.6.14	İNSAN FAKTÖRLERİ	44
3.6.15	ANALİZ, DEĞERLENDİRME VE DERECELENDİRME	45
3.6.16	UYGULAMA ORTAMININ ANALİZİ	45
3.6.17	GÜVENİLİRLİK MODELLEMESİ VE SİMÜLASYON	45
3.6.18	PARÇALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KONTROLÜ	46
3.6.19	TASARIMIN ANALİZİ VE HİZMET DEĞERLENDİRMESİ	47
3.6.20	NEDEN-SONUÇ ETKİSİ VE RİSK ANALİZİ	48
3.6.21	TAHMİN	48
3.6.22	DENGELEME ANALİZİ	49
3.6.23	ÖMÜR DÖNGÜSÜ MALİYETLEMESİ	50
3.6.24	GÜVENİLİRLİĞİ GELİŞTİRME	50
3.6.25	DOĞRULAMA VE GEÇERLİ KILMA	51
3.6.26	DOĞRULAMA VE GEÇERLİ KILMA STRATEJİSİ	51
3.6.27	GÜVENİLEBİLİRLİĞİN GÖSTERİLMESİ	52
3.6.28	GÜVENİLİRLİK GERİLME ELEMESİ	52
3.6.29	BİLGİ TABANI	53

3.6.30	BİLGİ TABANININ OLUŞTURULMASI	53
3.6.31	VERİ ANALİZİ.....	54
3.6.32	VERİ TOPLAMA VE DAĞITIMI.....	54
3.6.33	GÜVENİLEBİLİRLİK KAYITLARI.....	55
3.6.34	İYİLEŞTİRME.....	56
3.6.35	ÖNLEYİCİ VE DÜZELTİCİ FAALİYETLER.....	56
3.6.36	YÜKSELTME VE MODİFİKASYON	56
3.6.37	YETERLİK GELİŞTİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ	57
3.6.38	YÖNETİM SİSTEMİ İYİLEŞTİRME	58
3.6.39	VERİ TOPLAMA KAYNAKLARI.....	58
3.7.	HİZMET ÖMÜR DÖNGÜSÜ AŞAMALARI.....	59
3.7.1.	KAVRAM VE TANIMLAMA AŞAMASI	59
3.7.2.	TASARIM VE GELİŞTİRME AŞAMASI	60
3.7.3.	İMALAT AŞAMASI.....	60
3.7.4.	MONTAJ AŞAMASI	61
3.7.5.	İŞLETME VE BAKIM AŞAMASI.....	61
3.7.6.	ELDEN ÇIKARMA AŞAMASI.....	61
3.8.	GÜVENİLEBİLİRLİK YÖNETİMİNİN GÖZDEN GEÇİRİLMESİ İÇİN SORULAR.....	61
3.8.1	KAVRAMSAL TASARIM VE TANIMLAMA AŞAMASINA UYGULANABİLİR SORULAR	62
3.8.2	TASARIM VE GELİŞTİRME AŞAMASINA UYGULANABİLİR SORULAR	62
3.8.3	İMALAT AŞAMASINA UYGULANABİLİR SORULAR	63
3.8.4	MONTAJ AŞAMASINA UYGULANABİLİR SORULAR	63
3.8.5	İŞLETME VE BAKIM AŞAMASINA UYGULANABİLİR SORULAR.....	63
3.8.6	ELDEN ÇIKARMA AŞAMASINA UYGULANABİLİR SORULAR.....	64
3.9.1	UYARLAMA PROSESİ İÇİN KILAVUZLUK BİLGİLERİ	64
3.9.1.1	KURULUŞUN POLİTİKASINI VE ALT YAPISINI YANSITAN PROJE ORTAMININ TANITIMI	64
3.9.1.2	SÖZLEŞME ANLAŞMALARININ, TESLİMATLARIN KRİTİKLİĞİNİN VE ETKİSİNİN VE PROJE UYGULAMASI İÇİN MEVCUT YETENEKLERİN VE KAYNAKLARIN ANALİZİ	65
3.9.1.3	PROJEYE UYGULANABİLİR BELİRLİ ÖMÜR DÖNGÜSÜ AŞAMASI VEYA AŞAMALARININ TAYİNİ.....	65
3.9.1.4	HİZMET ÖZELLİKLERİ VE FONKSİYONLARI, BENZER HİZMETLERİN PERFORMANSINA İLİŞKİN GEÇMİŞ BİLGİLER, HİZMETÜN AMAÇLANAN NİHAİ KULLANIMI VE BEKLENEN UYGULAMA ORTAMLARI GİBİ HİZMETE İLİŞKİN KARAKTERİSTİKLERİN TAYİNİ.....	65

3.9.1.5	TANIMLANAN BELİRLİ ÖMÜR DÖNGÜSÜ AŞAMALARINA İLİŞKİN UYGULANABİLİR GÜVENİLEBİLİRLİK PROGRAM ELEMANLARI VE GÖREVLERİNİN SEÇİMİ	66
3.9.1.6	KAYNAK TAHSİSİ İÇİN FAALİYET UYGULAMALARI VE GÜVENİLEBİLİRLİK PROGRAM ELEMANLARININ ZAMANLAMASI VE SÜRESİ İLE İLİŞKİLENDİRİLECEK İLGİLİ SİSTEM ÖMÜR DÖNGÜSÜ PROSESLERİNİN BELİRLENMESİ	66
3.9.1.7	PROJE PLANININ BİR PARÇASI OLARAK UYARLAMA KARARLARININ BİÇİMLENDİRİLMESİNDE GEREKÇENİN DOKÜMANTE EDİLMESİ	66
5.	GÜVENİLEBİLİRLİK İÇİN ANALİZ TEKNİKLERİ ve UYGULAMALARI	75
5.1.	GİRİŞ	75
5.2.	TEMEL GÜVENİLEBİLİRLİK ANALİZİ PROSEDÜRÜ	76
5.2.1.	GENEL PROSEDÜR	76
5.2.2.	GÜVENİLEBİLİRLİK ANALİZ METOTLARI	79
5.2.3.	GÜVENİLEBİLİRLİK TAHSİSLERİ	80
5.2.4.	GÜVENİLEBİLİRLİK ANALİZİ	83
5.2.4.1.	METOT KATEGORİLERİ	83
5.2.4.2.	BAKIM VE ONARIM ANALİZİ İLE İLGİLİ HUSUSLAR	84
5.2.5.	UYGUN ANALİZ METODUNUN SEÇİLMESİ	85
5.3.1.	TEMEL GÜVENİLEBİLİRLİK ANALİZİ TEKNİKLERİ	88
5.3.1.1.	ARIZA ORANI TAHMİNİ	88
5.3.2.	ARIZA AĞACI ANALİZİ (FTA)	91
5.3.5.	ARIZA ÇEŞİTLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)	102
5.3.6.	TEHLİKE VE İŞLETİLEBİLİRLİK ÇALIŞMASI (HAZOP)	104
5.3.6.1.	TARİF VE AMAÇ	104
5.3.6.2.	UYGULAMA	105
5.3.6.3.	KİLİT ELEMANLAR	105
5.3.6.4.	FAYDALAR	107
5.3.6.5.	KISITLAMALAR	107
6.	UYGULAMA 1	108
6.1.	BALIK KILÇIĞI METODU İLE ANALİZ	108
6.1.1.	İNSAN GÜVENİLİRLİK ANALİZİ (HRA)	115
6.1.1.1.	TARİF VE AMAÇ	115
6.1.1.2.	UYGULAMA	116
6.1.1.3.	KİLİT ELEMANLAR	116
6.1.1.4.	FAYDALAR	117
6.1.1.5.	KISITLAMALAR	117
6.2.	UYGULAMA 2	117

6.3. UYGULAMA 3:	120
6.3.1. BÖLGELERİN BELİRLENMESİNDE KULLANILACAK OLAN FORMÜLLER VE AÇIKLAMALARI	120
6.3.2. HAVALANDIRMA DERESESİNİN TAHMİN EDİLMESİ İLE HACİM KARŞILAŞTIRMASI	121
6.3.3. HAVALANDIRMANIN GÜVENİLİRLİĞİ VE KULLANILABİLİRLİLİĞİ	125
6.3.4. SONUÇ	126
6.4. YANGIN VE TAHLİYE TATBİKATI	127
KAYNAKLAR	129

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezi olarak yaptığım bu çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen değerli Hocalarım başta Prof. Dr. Savaş Ayberk, Yrd. Doç. Dr. Rüştü Uçana teşekkür ediyorum.

Çalışmaların boyunca bana destek sağlayan eşim ve oğluma da ayrıca teşekkür ediyorum.

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 - Güvenilebilirlik yönetimi için proses adımları.....	17
Şekil 2 - Genel güvenilebilirlik analizi prosedürü.....	74
Şekil 3 - Bir ses yükselteci için arıza ağacı.....	92
Şekil 4 - Şekil 3'deki FTA'dan alınan dal.....	93
Şekil 5 - Olay ağacı.....	96
Şekil 6 - Temel modeller.....	99
Şekil 7 - HAZOP çalışması prosedürü.....	104
Şekil 8 - Balık Kılıcı Modelinin Örnek Uygulaması.....	107
Şekil 9 - Olay ağacı nicellenmesi.....	117

TABLULAR

Tablo 1 - Literatür Tarama.....	15
Tablo 2 - Genel güvenilebilirlik analizi görevleri için metotların kullanımı.....	77
Tablo 3 - Bazı güvenilebilirlik analiz metotlarının özellikleri.....	85
Tablo 4 - Arıza ağacının gösteriminde kullanılan semboller.....	94
Tablo 5 - FMEA örneği.....	101
Tablo 6 - Temel kılavuz kelimeler ve bunların anlamları.....	102
Tablo 7 - Saate göre ve sıralama ilgili ek kılavuz kelimeler ve bunların anlamları.....	103
Tablo 8 - Balık Kılıcı Sonuç Modellemesi.....	108
Tablo 9 - Beklenen insan hataları.....	116
Tablo 10 - İnsan hatalarının olay ağacı olarak gösterilmesi.....	117
Tablo 11 - Formüller ve Açıklamaları.....	119
Tablo 12 - Karşılaştırma Tablosu.....	119

KISALTMALAR

ILO	:	Uluslararası Çalışma Örgütü
ISG	:	İş Sağlığı ve Güvenliği
SGK	:	Sosyal Güvenlik Kurumu
EU-OSHA	:	Avrupa İş Sağlığı Ve Güvenliği Ajansı
AB	:	Avrupa Birliği
WHO	:	Dünya Sağlık Organizasyonu
ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
KOAH	:	Obstrüktif Akciğer Hastalığı

BÖLÜM 1

1.1. GİRİŞ

İş sağlığı ve güvenliği alanında Ülkemiz, geçmişten gelen 100 yılı aşkın bir mevzuat ve uygulamaya sahiptir. Çok sayıda kanun, tüzük, yönetmelik vb.'den oluşan bu karmaşık mevzuat; özellikle 4857 sayılı İş Kanunu hazırlık çalışmaları ve Avrupa Birliği'ne sunduğumuz Ulusal Program'da yer verilen mevzuat uyum taahhütleri çerçevesinde yeniden ele alınmış, hatta AB normlarına birebir uygun hale getirilerek pek çoğu yürürlüğe konulmuştur.

4857 sayılı İş Kanunumuzun Beşinci Bölümü; 1475 sayılı İş Kanunu'nun "İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği" kavramını daha geniş kapsamlı ve AB Mevzuatının da benimsediği evrensel bir kavram olan "İş Sağlığı ve Güvenliği" olarak değiştirmiş ve düzenlemiştir. Bu kapsamda, çıkartılan tüm yönetmeliklerde de aynı kavrama sadık kalınmıştır. 10 yıllık sürecin sonunda iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yeni bir düzenlemeye ihtiyaç duyulmuştur. Tüm kamu ve özel sektöre ait bütün işlere ve işyerlerine, bu işyerlerinin işverenleri ile işveren vekillerine, çırak ve stajyerler de dâhil olmak üzere tüm çalışanlarına faaliyet konularına bakılmaksızın kapsama alan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği kanununa ihtiyaç duyulmuştur.

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanun 30.06.2012 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Bu kanun ile İş Sağlığı ve Güvenliği konusunda ülkemiz mevzuatı bağlamında Avrupa Birliği müktesebatına büyük ölçüde uyum gerçekleştirilmiştir.

Kanun, işyerlerinde kapsamlı bir iş sağlığı ve güvenliği örgütlenmesinin oluşturulması, risk değerlendirmesinin yapılması, bu bağlamda önlemlerin saptanması, denetleme ve yine aynı çalışma alanında var olan işverenlerin iş sağlığı ve güvenliği açısından koordinasyonunun sağlanmasını öngörmüştür.

İşyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönünden yapılacak risk değerlendirmesinin usul ve esasları çok büyük önem kazanmaktadır. İşe başlanmadan önce yapılması gereken risk değerlendirmesi işin devamı süresince Risk Yönetimi olarak algılanıp devam ettirildiği takdirde etkin bir iş sağlığı ve güvenliği sistemi kurulabilir.

İş Sağlığı ve Güvenliğinde en önemli unsur tehlikelerin tespit edilmesi, risklerin değerlendirilmesi ve önlemlerin belirlenmesidir. Bu anlayışla, önlemler uygulandıktan sonra güvenilir bir yönetim sistemi ve güvenli çalışma ortamının tesis edilmesi işverenlerin sorumluluğundadır.

1.2. AMAÇ

Bu çalışmada temel amaç, işyerinde çalışma koşullarından kaynaklanan her türlü tehlike unsurunun incelenerek, risklerin sayısal veriler ve analizler sonrasında çalışanların güvenliğini ve sağlığını koruyacak seviyeye indirilmesi için güvenilirlik yöntemleriyle güvenli çalışma ortamları tesis etmek. Bu tehlikelerden kaynaklı iş kazaları olabileceği gibi her türlü meslek hastalığı ve diğer sağlık risklerini de katlanılabilir seviyeye indirmek için güvenilir yöntemler geliştirmektir. Risk değerlendirmesi sonucunda, işyerindeki tüm tehlikelerin ne olduğuna karar verilmiş kaza olma ihtimali ile olası kazaların boyutu/büyüklüğü değerlendirildikten sonra bir kazanın meydana gelme ihtimalinin mümkün olan en alt seviyeye indirildiğinin kanıtlanmasıdır.

1.3. KAPSAM

Bu tezde yaygın olarak kullanılan güvenilebilirlik analiz teknikleri hakkında genel bir açıklama yapılarak, iş sağlığı ve güvenliğinde Güvenlik Yönetim Sistemlerini uygularken en uygun tekniklerin kullanımıyla ilgili yaygın metodolojileri, bunların avantaj ve dezavantajlarını, veri girişi ve diğer şartlarını açıklayarak örneklenecektir.

Bu çalışma seçilen bir firmada, güvenilir yönetim sistemlerini irdelenerek, örnek bir güvenilir yönetim sistemi uygulaması, saha çalışmaları ile alınan veriler, sistem ve proses güvenilirliği çalışmalarını kapsamaktadır.

BÖLÜM 2 GENEL BİLGİLER

2.1. GİRİŞ

Güvenilebilirlik, insanın kendisini emin hissettiği yararlanılabilirlik performansı ile ilgili bir kavramdır. Yararlanılabilirliği etkileyen faktörler, sistem, güvenilirlik, bakımı yapılabilirlik ve bakım desteği performanslarıdır. Güvenilebilirlik, hedeflerin ve yararların gerçekleştirilmesi için yönetilmesi gereken bir teknik disiplindir. Güvenilebilirlik yönetimi, net bir sağlık ve güvenli bir ortam sağlamalıdır. Güvenilebilirlik faaliyetlerinden maliyet etkin sonuçlar elde edilecek şekilde koordine etmek için güvenilebilirlik yönetimi kuruluşun genel yönetim sistemi ile bütünleştirilmelidir. [13]

Bu çalışma güvenilebilirlik yönetimine ilişkin tanım, tarif ve uygulamalar için bir rehberlerden yararlanarak iş sağlığı ve güvenliği için örnek sağlamaktadır. Bu çalışma, geniş bir sağlık ve güvenlik grubu için ilgili prosesleri ve metotları belirleyerek ve onlara atıflarda bulunarak, üst düzey güvenilebilirlik yönetim sistemine destek sağlamaktadır. Bu çalışma aynı zamanda, sürekli iyileştirmeyi geliştirmek için uygulanabilir güvenilebilirlik standartları ile bağlantılar oluşturmaktadır.

Hizmet ömür döngüsü kavramı, güvenilebilirlik faaliyetlerinin önemini uygun ele alınması ve zamanlamasının etkinlikle uygulanabilmesi için ortaya konulmuştur. Belirli proje ihtiyaçlarının karşılanması için güvenilebilirlik programlarının uyarlanmasıyla kolaylaştırılması amacıyla Hizmet ömür döngüsü evrelerinin

uygulanabilir güvenilebilirlik programı elemanları ve görevleri ile ilişkisi ortaya konulmaktadır.

Bu çalışmada, sanayide başarılı olmuş güvenilebilirlik uygulamalarını temel alan bir genel proses ana hatları ile verilmektedir. Bu yaklaşım büyük kuruluşların yönetim sistemleri ile birleştirilebileceği gibi küçük ölçekli kuruluşlarda da uygulanabilir.

Bu çalışmada, Hizmetlerin zamana bağlı güvenilirlik, bakımı yapılabilirlik ve bakım desteği performans özellikleri ele alınmaktadır. Tanım ve tarifler aşağıdaki gibi açıklanmıştır.[13]

2.2. TANIMLAR

- 2.2.1. Güvenilebilirlik: Yapılan faaliyet veya işlemin performansı ve onu etkileyen güvenilirlik performansı, bakımı yapılabilirlik performansı ve bakım desteği performansı gibi onu etkileyen faktörleri tanımlayan terimi ifade eder.
- 2.2.2. Güvenlik Yönetim Sistemi: Kuruluşun güvenlik politikasını yaratarak, geliştirmek, uygulamak ve sürekli iyileştirerek, meydana gelebilecek her türlü kaza, zararı, proses kayıplı olayı veya zararların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için gerçekleştirilen teknik ve organizasyonel faaliyetlerin bütünüdür.
- 2.2.3. Güvenilebilirlik Yönetimi: Güvenilebilirlik hususunda bir kuruluşu yönetmeye ve kontrol etmeye yönelik koordineli faaliyetlerin tümünü ifade eder.
- 2.2.4. Güvenilebilirlik Planı: Belirli bir Hizmete, hizmete, sözleşmeye veya projeye ilişkin özel güvenilebilirlik uygulamalarını ve kaynakları ortaya koyan, hangi aşamada nelerin yapılacağına planlandığı dokümanı ifade eder
- 2.2.5. Güvenlik Raporu: Kuruluşta yürütülen faaliyetlerin ve proseslerin tanıtımının yapıldığı, yasal mevzuata belirtilen ilkeleri içerecek şekilde kuruluşta uygulanan Güvenilebilirlik Yönetim Sistemi ile ilgili bilgilerin ve

işletmecinin taahhütlerinin bulunduğu çalışmaların tamamını kapsayan dokümanı ifade eder.

- 2.2.6. Güvenilebilirlik Program Elemanı: Belirli bir konu alanına ilişkin güvenilebilirlik program görevleri kümesi.
- 2.2.7. Güvenilebilirlik Program Görevi: Bir Hizmetin belirli güvenilebilirlik yönlerini ele alan faaliyetler kümesi.
- 2.2.8. Sistem: Birbiriyle ilgili veya birbirini etkileyen elemanlar kümesidir. Temelde iki farklı tanımla da açıklanabilir.
- 2.2.9. Sistem 1: Belirli girdileri alan ve bunlara uygun olarak işleyerek, belirli çıktılar arasındaki ilişkiyi gösteren ve onları kapsamayı amaçlayan varlıklar veya öğeler topluluğudur.
- 2.2.10. Sistem 2: Fiziksel veya fiziksel olmayan, kendi aralarında ilişkili ve etkileşen bir veya daha çok amaca yöneltilmiş öğeler kümesidir.
- 2.2.11. Güvenilirlik: Bir ürün veya hizmetin, oluşturulan şartlar altında ve belirlenen bir zaman aralığında öngörülen fonksiyonu yerine getirme kabiliyetidir.
- 2.2.12. Bakımı Yapılabilirlik: Bir Hizmetin veya hizmetin, oluşturulan şartlar altında, belirtilen prosedürleri ve kaynakları kullanarak bakımı yapıldığında verilen kullanım şartları altında öngörülen fonksiyonunu sürdürebilme veya tekrar yapabilir duruma gelme kabiliyeti.
- 2.2.13. Bakım Destek Performansı: Bakım kuruluşunun, verilen şartlar altında talep üzerine verilen bakım politikasına uygun olarak Hizmetin bakımı için gerekli olan kaynakları sağlama kabiliyeti.
- 2.2.14. Bütünlük Seviyesi: Sistem risklerinin tolere edilebilir sınırlar içinde tutulması için gerekli olan Hizmet özelliği değer aralığının gösterimidir.
- 2.2.15. Hafifletici fonksiyonları yerine getiren Hizmetler için özellik Hizmetin hafifletici fonksiyonu yerine getirmesinin gerektiği güvenilirliktir. Bu Hizmetler için başarısızlık tehdide yol açabilir, özellik başarısızlığın sıklığı konusundaki sınırdır.
- 2.2.16. Öğe: sistem içindeki herhangi bir nesne, parça, bileşen, cihaz, kademe veya fonksiyonel birimi ifade eder.
- Not: Bir öğe donanım, yazılım veya her ikisinden oluşabilir ve bazı özel durumlarda, insanları da içerebilir.

- 2.2.17. Özellik: Ögenin niteliğidir.
- 2.2.18. Faaliyet: Sistemde değişim yaratan süreçler
- 2.2.19. Süreç: Ortak bir amaca yöneltilmiş ögeler topluluğudur.
Not 1: Belirli bir amaca ulaşmak için alınan önlemler veya adımların bir dizidir.
Not 2: Bir şeyi değiştirmek veya onu korumak için mekanik veya kimyasal işlemlerden bir dizi olarak gerçekleşir.
Not 3: Bu tanıma ayrıca Proses olarak da kullanılmaktadır.
- 2.2.20. Durum: Belli bir zaman noktasında sistemin öge, nitelik ve faaliyetinin tanımı.
- 2.2.21. Alt Yüklenici Yönetimi: Bir kuruluşun ortak hedefi gerçekleştirmeye yönelik olarak tedarikçilerin ve taşeronların faaliyetlerini ilişkilendiren koordineli yönetim süreçleri kümesidir.
- 2.2.22. Yüklenicilerin seçimi, yönetimi, koordinasyonu ve denetimi hakkında kuruluştaki uygulanan düzenlemeler hakkında bilgi verilir.
- 2.2.23. Yüklenici: Taşeron veya tedarikçi olabilir.
- 2.2.24. Yönetim: Bir kuruluşu yönetmeye ve kontrol etmeye yönelik koordineli faaliyetler.
Not - İngilizcede “yönetim” terimi, bazen insanlara da atıf yapmaktadır şöyle ki; bir kuruluşu idare etme ve kontrol etme yetki ve sorumluluğuna sahip bir kimse veya bir grup. “Yönetim” bu bağlamda kullanıldığında, yukarıda tanımlanan “yönetim” kavramı ile herhangi bir karışıklığa yol açılmasından kaçınmak için terim bir niteleyici ile birlikte kullanılır. Örneğin, “yönetim ... yapacaktır” ifadesi onaylanmaz buna karşın “üst yönetim..... yapmalıdır” ifadesi kabul edilir.
- 2.2.25. Üst Yönetim: Bir kuruluşu en üst düzeyde yöneten ve kontrol eden kimse veya grup olabilir.
- 2.2.26. Gözden Geçirme: Belirlenen hedefleri gerçekleştirmek için söz konusu olan çalışmaların uygunluğu, yeterliği ve etkinliğini tayin etmek için üstlenilen faaliyet.
Not - Gözden geçirme verimliliğin tayinini de içerebilir.

- 2.2.27. Örnek: Yönetimin gözden geçirilmesi, sistem ve faaliyetlerin gözden geçirilmesi, taşeron ve tedarikçi şartlarının gözden geçirilmesi ve uygunsuzlukların gözden geçirilmesi.
- 2.2.28. Ömür Döngüsü: Hizmetin kavramsal tasarımından arızalanarak kullanılmaz hale gelene kadar geçen süre.

Bu Tez'in metni içinde yer alan "Hizmet" terimi, aynı zamanda "hizmet" anlamına da gelebilir. [IEC 60300 serisi]

2.3. LİTERATÜR TARAMASI

Yazar	Yıl	Tez Adı (Orijinal/Çeviri)	Tez Türü	Konu
ÖZLEM ÜNLÜSOY	2010	Reliability analysis process and reliability improvement of an inertial measurement unit (IMU) Ataletsel ölçüm birimi (AOB) güvenilirlik hesaplaması ve güvenilirlik iyileştirilmesi	Yüksek Lisans	Havacılık Mühendisliği = Aeronautical Engineering
SEYİT ALP YILMAZ	2014	Reliability based evaluation of seismic design of Turkish bridges by using load and load and resistance factor method Yük ve dayanım katsayıları yöntemine göre köprü ortaayaklarının Türk deprem tasarımına göre güvenilirlik bazında değerlendirilmesi	Yüksek Lisans	Deprem Mühendisliği = Earthquake Engineering
ATALAY TAYFUN TÜREDİ	2013	Innovative reliability analysis of a heavy duty hydraulic driven machinery Ağır hizmet tipi hidrolik tahrikli bir makinenin yenilikçi güvenilirlik analizi	Yüksek Lisans	Makine Mühendisliği = Mechanical Engineering
ALİ DOĞAN	2013	Automated essay scoring system: A reliability study Bilgisayar üzerinden otomatik olarak makale ölçme ve değerlendirme: Bir güvenilirlik ölçme çalışması	Yüksek Lisans	Eğitim ve Öğretim = Education and Training
HASAN SAVAŞ	2013	A study on the evaluation and the development of computerized essay scoring rubrics in terms of reliability and validity Yazma becerisi puanlama rubriklerinin güvenilirlik ve geçerlilik açısından değerlendirilmesi ve geliştirilmesi üzerine bir çalışma	Yüksek Lisans	Eğitim ve Öğretim = Education and Training
GÜRKAN KAYA	2012	Reliability enhancement of ring oscillator based physically undonable functions Halka osilatör tabanlı fiziksel klonlanamayan fonksiyonların güvenilirliklerinin iyileştirilmesi	Yüksek Lisans	Elektrik ve Elektronik Mühendisliği = Electrical and Electronics Engineering
A. TARKAN TEKCAN	2012	The design of a test method to identify reliability problems of consumer electronic product during early phases of development Tüketici elektroniklerinde tasarım erken dönemlerinde güvenilirlik problemlerinin belirlenmesi amacıyla test metodlarının tasarlanması	Doktora	Elektrik ve Elektronik Mühendisliği = Electrical and Electronics Engineering

Tablo 1 - Literatür Tarama

Yapmış olduğum literatür taramasında ülkemizde daha önce İş Sağlığı ve Güvenliği alanında güvenilirlikle ilgili her hangi bir çalışma yapılmadığını gördüm.

Ancak, farklı konularda güvenilirlikle ilgili çalışmalar mevcuttur.

3. GÜVENİLEBİLİRLİK YÖNETİM SİSTEMİ

Güvenilebilirlik yönetim sistemi, kuruluşun genel yönetim sisteminin bir parçasıdır. Bu sistem, güvenilebilirlik politikasının stratejik yönü, güvenilebilirlik fonksiyonlarının kontrolü ve güvenilirlik faaliyetlerinin koordinasyonu için bir kurumsal çerçeve sağlamaktadır. Arzu edilen güvenilebilirlik hedeflerinin gerçekleştirme çabalarının bunu sağlayacak şekilde uyarlanabilmesi için güvenilirlik planlarının erken ele alınmasına ve uygun kaynakların tahsisine ihtiyaç bulunmaktadır. Bir Hizmetin güvenilebilirliğinin sağlanması için güvenilirliğin ve bakımı yapılabilirliğin Hizmetin tasarımında ele alınması ve muhtelif Hizmet gerçekleştirilme prosesi aşamalarında bunların kabul için doğrulanması önemlidir. Mevcut teknolojinin arızasız ömür döngüsüne imkân vermediği alanlarda, Hizmet uygulamalarında güvenilebilirliğin sürdürülebilmesi için uygun bakım desteği çabası çok önemlidir.[8]

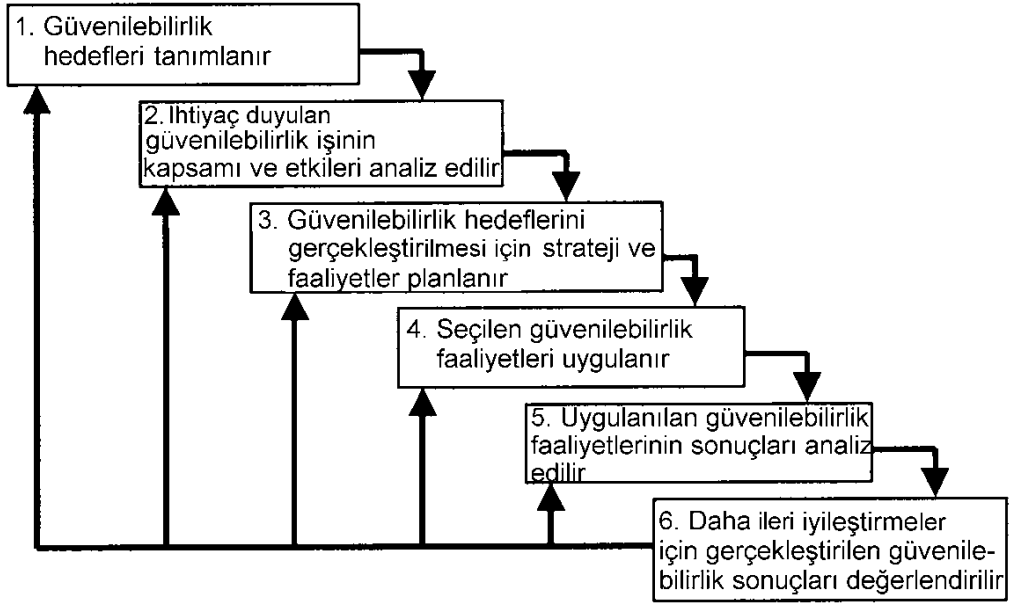
Güvenilebilirlik yönetim sistemi, müşteri memnuniyeti de dâhil kuruluşun iş hedeflerinin karşılanabilmesini mümkün kılacak uygun güvenilebilirlik programlarının uygulanması için bir Hizmet ömür döngüsü çerçevesi sağlamalıdır. Hizmet ömür döngüsü, Hizmetin kavramsal tasarımından başlayarak, geliştirilmesi, işletimi ve elden çıkarılmasına kadar olan sürede arka arkaya gelen prosesleri

yansıtır. Ömür döngüsü prosesi, ilgili güvenilebilirlik program elemanları ve görevlerini gruplandırmak için yararlı bir çerçeve sağlar.

Güvenilebilirlik prosesi yönetim adımları ve üst düzey güvenilebilirlik yönetimi adımları aşağıdakileri içerir:

- Güvenilebilirlik hedeflerinin tanımlanması,
- İhtiyaç duyulan güvenilebilirlik işi kapsamının analizi ve anlamı,
- Güvenilebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesi için planlama stratejisi ve faaliyetleri,
- Seçilmiş güvenilebilirlik görevlerinin uygulanması,
- Uygulanmış güvenilebilirlik görevlerinin sonuçlarının analizi,
- Daha ileri iyileştirme için gerçekleştirilen güvenilebilirlik sonuçlarının analizi.

Tipik bir proses akış diyagramı Şekil 1’de verilmiştir. Her proses adımına ilişkin uygulanabilir güvenilebilirlik standartları Ek D’de verilmiştir.



Şekil 1 – Güvenilirlik yönetimi için proses adımları

Hizmet ömür döngüsü aşamalarının karşılıklı ilişkileri ve proje planlamasına uygulandığı şekli ile ilgili sistemin ömür döngüsü prosesleri iyi kavranılmış olmalıdır. Bu ilişkiler, proje ömür döngüsü aşamalarını zaman skalasında bölümlendirerek ve sistem ömür döngüsü proseslerini de fonksiyonlara bölümlendirerek oluşturulur. Hizmet ömür döngüsü aşamaları, kavram, geliştirme, imalat, işletme ve bakım ile elden çıkarma gibi her bir ömür döngüsü aşamasındaki güvenilebilirlik program görevlerinin ilgisi ile ilişkili yönetim konularının programlı olarak ele alınmasına yardımcı olur. [8]

Sistem ömür döngüsü prosesleri edinim, tedarik, planlama ve kontrol, tasarım, tesis, değerlendirme ve kıymetlendirme ile ilgili teknik fonksiyonların ve belirli yönetim faaliyetlerinin belirlenmesine yardımcı olur.

Güvenilebilirlik yönetim sistemi, değişen iş ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde uyarlanabilir olmalıdır. Esnek yönetim altyapısının hedefi, mevcut kaynakların etkinliğini en üst seviyeye çıkarmak ve proje taahhütlerinin zamanında gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Güvenilebilirliği içeren uzun vadeli projeler, ana kaynaklardan yararlanarak yönetilebilir. Kurulusta mevcut kritik yeteneğin korunabilmesi için ana güvenilebilirlik grupları sürdürülebilir.

Özel proje ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli olan ilave yetenek sözleşmeler aracılığıyla sağlanabilir. Ortak girişimler, araştırma konsorsiyumlarına katılım ve güvenilebilirlik görevlerinin taşeronlar aracılığıyla yapılması rekabetçi iş ortamı taleplerini karşılamakta dinamik kuruluşlarca yaygın olarak kullanılmaktadır. [8]

3.1. YÖNETİM SORUMLULUĞU

3.1.1. GÜVENİLEBİLİRLİĞE İLİŞKİN YÖNETİM FONKSİYONU

Güvenilebilirlik konusuna ilişkin yönetim fonksiyonu, kalite ve proje veya kuruluş tarafından ihtiyaç duyulan diğer teknik disiplinlerde belirli roller ve hedeflerle belirlenmelidir. Kuruluşun üst yönetimi bütün güvenilebilirlik sonuçlarının hesabını vermelidir.

Günlük rutin güvenilebilirlik faaliyetleri, normal olarak belirli ihtiyaçları karşılamak üzere proje teknik personeli görevlendirilerek koordine edilir.

a) Üst Yönetim:

- Kuruluşun işi ile tutarlı olarak güvenilebilirlik konusunda vizyon ve strateji oluşturur,
- Güvenilebilirlik politikasını belirler ve yönünü, değerler sistemini ve taahhütlerini kuruluşa, tedarikçilere ve müşterilerine iletir,
- Güvenilebilirliğin teşviki, anlaşılması güvenilebilirlik sisteminin ve proseslerinin maliyet etkin bir biçimde uygulanması için altyapı oluşturur ve ortam yaratır,
- Güvenilebilirlik programlarının desteklenmesi, geliştirilmesi ve bilgi tabanının sürdürülmesi için yeterli kaynakları sağlar,
- Güvenilebilirliğin gerçekleştirilme düzeyi performans ölçmesi kriterleri belirler,
- Müşteri memnuniyeti konusuna odaklanır ve sürekli gelişme için bilgi geri bildirimini teşvik eder.

b) Güvenilebilirlik programlarını yöneten personel:

- Ele alınan güvenilebilirlik sorunlarının çözümlenmesi konusunda ehliyetli ve bilgili olmalıdır,
- Kuruluşun güvenilebilirlik politikası, prosesleri ve metotlarına aşina olmalıdır,
- Güvenilebilirlik programının hedeflerini anlamalıdır,

- Müşteriler ve tedarikçilerle olan ara yüzlerin önemini kavramalıdır,
- Taahhütlerin yerine getirilmesini ve teslim programlarının gerçekleştirilmesini sağlayacak yeterli kaynaklar sağlamalıdır,
- Güvenilebilirlik hedeflerinin gerçekleşmesi için iş programlarını planlamalı ve uygulamalıdır,
- Özel güvenilebilirlik programlarını müşteri ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde uyarlamalıdır,
- Güvenilebilirlik faaliyetlerinde çalışacak ehliyetli personeli tayin etmelidir,
- Uygulamanın etkinliğini doğrulamak için proses girdileri ve çıktılarını kontrol etmelidir,
- İş performansını ve gelişmeyi değerlendirmeli ve yönetimin gözden geçirmesi için sonuçları rapor etmelidir,
- Yönetimin gözden geçirmesi ve çözümlemesi için güvenilebilirlikle ilgili riskleri ve problem alanlarını belirlemelidir,
- Sürekli iyileştirme için önleyici ve düzeltici faaliyetleri uygulamalıdır,
- Proses iyileştirmesi ve bilgi tabanının güçlendirilmesi için veri analizleri yapmalıdır. [8]

3.1.2. ÇALIŞANIN GÜVENİLEBİLİRLİK İHTİYAÇLARININ KARŞILANMASI

Çalışanın güvenilebilirlik konularındaki ihtiyaçları ve beklentileri, belirli güvenilebilirlik programlarının formüle edilmesi için hedeflere dönüştürülmelidir. Çalışanın güvenilebilirlik konusundaki ihtiyaçları ve beklentileri tam olarak anlaşılmalı ve bir uyarılma prosesi aracılığı ile uygulanabilir güvenilebilirlik program görevlerine dönüştürülmelidir. Uygulanabilir olduğunda, Çalışanın işin planlanması aşamasında katılımının sağlanması Çalışanın güveninin sağlanması açısından gerekli olabilir. Güvenilebilirlik konularının kayıtları tutulmalı, güvenilebilirlik sonuçlarını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilecek sorunların zamanında çözümlenmesini sağlamak için bu kayıtlar düzenli olarak gözden geçirilmelidir. İşlem maddelerinin gereği yapıldıktan sonra bir gözden geçirme prosesi uygulanmalıdır. Amaç, düzeltici

faaliyetleri derhal başlatarak ve problemlerin tekrar oluşmasından kaçınmak için etkili önleyici tedbirleri başlatarak sürekli iyileştirme yollarını aramaktır.

Güvenli çalışma ortamı sağlamak için personelin ihtiyaçlarını ve beklentilerini karşılayarak kaynakların uygun şekilde kullanılmasını adanmış teknik sorumlulukların tayini de gerekmektedir. [8]

3.1.3. GÜVENİLEBİLİRLİK POLİTİKASI VE MEVZUAT AÇISINDAN ANLAMI

Bazı güvenilebilirlikle ilgili faaliyetler mevzuat şartlarından tayin edilebilir. Bu yükümlülükler genellikle güvenilebilirlik ve ilgili konuların ele alınmasına ilişkin kurumsal politikaya yansıtılır. Güvenilebilirlik görevlerine atanan personel bu durumların bilincinde olmalı ve buna uygun olarak hareket etmelidir. Güvenilebilirlikle ilgili tipik mevzuat konuları bunlarla sınırlı olmamakla birlikte aşağıda belirtilenleri içerir:

- Uygun olmamadan kaynaklanan muhtemel sorumluluk konuları,
- İş Ekipmanların arızalanmasından kaynaklanan muhtemel sorumluluk konuları (yani, işin kaybedilmesi, telafi edilen güvenlik veya güvenliğin ihlali),
- İş Ekipmanların elden çıkarılması ile ilgili tanımlanabilir riskler,
- Çevreye olumsuz etkisi olabilecek atıkların ve yan faaliyetlerin kontrolü,
- Daha tedarik edilen malzemenin bakım sözleşmelerindeki “geri alma” ve “parasını iade etme” şartları.

Not - “geri alma” durumu örneğin müşteri yenisini satın almadan önce kuruluşun eski teçhizatı kaldırmayı veya geri almayı kabul ettiğinde oluşur. “Parasını iade etme” durumu örneğin, bakımı desteleme sözleşmesi sona erdiğinde kuruluşun kullanılmamış olan yedek parçaları geri satın almayı veya parasını iade etmeyi kabul ettiğinde oluşur.

3.1.4. GÜVENİLEBİLİRLİK PROGRAMLARI

Bütün ömür döngüsü aşamalarını uygulanması sırasında uygun ilgili güvenilebilirlik program görevlerinin seçimini ve zamanında uygulanmasını sağlamak için bir uyarılma prosesi kullanılmalıdır. Bunun yapılması etkin güvenilirlik programının, toplam sistemin yararlanılabilirlik performansını güçlendirmek ve güvenilebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi için gereklidir. Genel hedef, stratejik planlama ve birbiri ile ilgili kalite proseslerinin kullanılması ile müşteri ihtiyaçlarını ve memnuniyetini karşılayacak güvenilebilirlik program görevleri aracılığıyla müşteriye değer sunmaktır. Güvenilebilirlik programları için fon sağlanmasının, uygun kaynaklar ve olanaklarla desteklenmesi gerekir.

3.1.5. YÖNETİM TEMSİLCİSİ

Yönetim tarafından güvenilebilirlik yönetim sistemini yönetmek, izlemek, değerlendirmek ve koordine etmek üzere bir yönetim temsilcisi tayin edilebilir ve yetkilendirilir. Bu tayin, güvenilebilirlik yönetim sisteminin etkin ve verimli olarak işletilmesinin ve iyileştirilmesinin güçlendirilmesi içindir. Temsilci üst yönetime karşı sorumlu olmalı ve güvenilebilirlik yönetim sistemine ilişkin konularda müşterilerle ve diğer ilgili taraflarla iletişim kurabilmelidir.

3.1.6. YÖNETİMİN GÖZDEN GEÇİRMESİ

Üst yönetim, kuruluşun güvenilebilirlik politikasına, hedeflerine ve sisteme sürekli uygunluğunu tayin etmek için güvenilebilirlik yönetim sistemini düzenli aralıklarla gözden geçirmelidir.

Bu gözden geçirmelerin sıklığı kuruluşun ihtiyaçlarına göre tayin edilmelidir. Gözden geçirmelerin çıktıları kuruluşun performans iyileştirmesinin planlanmasında kullanılacak verileri sağlamalıdır. Güvenilebilirlik yönetim sistemi gözden geçirme kayıtları iyileştirme prosesinin bir parçası olarak muhafaza edilmelidir.

3.2. KAYNAK YÖNETİMİ

3.2.1. KAYNAKLARIN SAĞLANMASI

Kuruluş, iş hedeflerini karşılayacak etkin bir güvenilebilirlik yönetim sisteminin sürdüreceği uygun kaynakları sağlamalıdır. Güvenilebilirliği desteklemek için gerekli olan ana kaynaklar insan kaynaklarını, finansal kaynakları ve enformasyon kaynaklarını içerir.

İnsan kaynakları, kuruluşun personelini vs. güvenilebilirlikle ilgili uzmanları içerir. Finansal kaynaklar kuruluşun varlıklarını ve güvenilebilirlik projelerinin ihtiyacı olan sermaye imkânlarını içerir. Enformasyon kaynakları güvenilebilirlik bilgi tabanını ve kuruluşun sahibi olduğu patentleri içerir. Bu üç ana kaynakla, kuruluşun başarıyla iş girişimlerinde bulunmasını ve rekabete girmesini mümkün kılacak temel güvenilebilirlik yeteneğine sahip olması sağlanır. Güvenilebilirlik kaynak yönetimi kuruluşun iş planı ve stratejisinin vizyon, misyon ve hedeflerini yansıtmalıdır. Bu ana kaynaklara ilaveten şüphesiz uzmanlık incelemeleri, stres deneyleri, yazılım doğrulanması ve geçerli kılınması vb. gibi güvenilebilirliğe özgü görevlerin yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan laboratuvarlar, imalat ve deney gibi olanaklar da gerekebilir.

3.2.2. KAYNAK PLANLAMASI, GELİŞTİRİLMESİ VE İDAMESİ

3.2.2.1. İNSAN KAYNAKLARI

Kaynak planlaması, kuruluşun iş planının ve stratejisinin bir parçası olmalıdır. Güvenilebilirlik konusundaki yeterlilik, kuruluşun iş ve pazardaki değişimlere uyum sağlayabilmesi için güncel tutulmalıdır. Bilginin güncel tutulması ve teknolojik gelişmelerin üstesinden gelinebilmesi için personelin eğitilmesi ve yetiştirilmesi gereklidir.

3.2.2.2. MALİ KAYNAKLAR

Güvenilebilirlik için finansal kaynakların geliştirilmesi, temel olarak bütçe planlamasına ve uygulanmasına yoğunlaşmalıdır. Güvenilebilirlik program görevleri için yeterli finansal kaynaklar ayrılmalıdır.

3.2.2.3. ENFORMASYON KAYNAKLARI

Enformasyon kaynağı geliştirilmesi, güncel güvenilebilirlik bilgi tabanının sürdürülebilmesi açısından çok önemlidir. Fikri mülkiyet ve patent tescilleri teşvik edilmeli, tanınmalı ve uygun şekilde ödüllendirilmelidir. Ortak projelerde dış kuruluşlarla birlikte çalışılırken gizlilik anlaşması yapılması hususu dikkate alınmalıdır. Bu tür anlaşmalar, patent konusu bilgilerin paylaşılmasını ve aktarılmasını içerebildiğinden, patentin sahibi olan taraf sözleşme anlaşmasında açık olarak belirtilmelidir.

Enformasyon kaynağı yönetimi, yenileştirme ihtiyacı olanlara gerekli bilgileri ileterek işin yararlığını ve verimliliğini iyileştirecek etkin bilgi akışının oluşturulmasını ve yararlanılmasını içerir. Güvenilebilirlik program görevleri, bazen iş sonuçlarını etkileyebilecek ve pazarda rekabet edebilirliği olumsuz etkileyecek hassas bilgilerin geliştirilmesini veya edinilmesini gerektirebilir. Muhafaza edilen hassas verilerin

korunması, yedeklenmesi, aktarımı, dağıtımı ve bunlara yetkili olmayanların erişimin önlenmesi için bir bilgi güvenliği kontrol prosesi geliştirilmeli ve sürdürülmelidir.

Güvenilebilirliği ve ömürlerin ömür döngülerini etkileyebilecek kontrollü dokümanların, patentlerin, metotların ve proseslerin yönetimi prosesi düzenli aralıklarla gözden geçirilmelidir.

Proje dokümanlarının mevzuat ve düzenlemeler gereği olarak ne kadar bir süre için muhafaza edileceği, bunların tasnifi ve imhası işlemlerini kolaylaştırmak için açıklıkla dokümante edilmelidir.

3.2.2.4. DIŞ KAYNAK KULLANIMI

Rutin, kısa vadeli güvenilebilirlik programı görevleri dış kaynak kullanılarak veya görevler taşeron aracılığı ile yaptırılabilir. Tipik örnekler, uygunluk deneylerini, tasarım ve deneme araçlarını veri toplama ve analiz görevlerini içerebilir. Bu gibi durumlarda tedarikçi ve yüklenici ara yüzü toplam proje taahhütlerinin ve Hizmet teslim takviminin tutturulması yönünden kuruluş için önem kazanır.

3.3. HİZMET GERÇEKLEŞTİRMESİ

3.3.1. HİZMET GERÇEKLEŞTİRİLMESİ İÇİN PLANLAMA

Güvenilebilirlik konusunda Hizmet gerçekleştirmesinin planlanmasında Güvenilebilirlik yönetim prosesinde oluşturulan Hizmet ömür döngüsü çerçevesinden yararlanılır. Hizmet ömür döngüsü, Hizmet ömrünün çeşitli aşamalarının sürelerini belirlemektedir. Bu bilgiler, hedeflerin, çıktılarının, proseslerin, Hizmet ömür döngüsünün her bir aşamasındaki Hizmet güvenilebilirliği açısından önemli diğer zamana bağlı karakteristiklerin belirlenmesinde kullanılabilir. Tanımlanabilir Hizmet ömür döngüsü aşamalarının ayrılması Hizmetin gerçekleştirilme aşamaları terimleri ile proje yönetimini kolaylaştırır. Kritik aşamaların her birinde, yatırım kararları ve kaynak tahsisleri yönetimi prosesine uygun olarak yapılabilir. Her ömür döngüsü aşamasında değerlendirilen güvenilebilirlik verileri projenin sürdürülmesinin gerekçesi ve iyileştirme ihtiyaçlarının belirlenmesine yönelik yönetim kararlarına temel oluşturacak hayati verileri temsil eder. Hizmet ömür döngüsü Hizmetin her aşamasındaki (kavram, geliştirme, imal, kurulum, işletme ve bakım ve elden çıkarma gibi) zamana bağlı güvenilebilirlik konularının ele alınması yardımcı olur.

Güvenilebilirlik program hedeflerinin oluşturulması yönetimin sorumluluğudur.

Güvenilebilirlik planı, Hizmet gerçekleştirme planına ve belirli Hizmet ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uyarlanmasına ilişkin güvenilebilirlik faaliyetlerinin ele alınma sırasını ana hatları ile belirler. Bir güvenilebilirlik planı uygulaması bu çalışmada tanımlanarak verilmiştir.

Bir güvenilebilirlik planının oluşturulmasında aşağıda belirtilen hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Pazarın veya müşterilerin belirli güvenilebilirlik ihtiyaçlarının ve beklentilerinin tayini,
- Hizmetin nasıl ve ne tür bir ortamda kullanılacağını belirlenmesi,
- Pazarın veya belirli müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak güvenilebilirlik programı görevlerinin takvime bağlanmış önceliklerinin ve temel proseslerinin tayini,

- Doğrulama ve geçerli kılma prosesleri aracılığı ile pazar hedeflerinin veya müşteri ihtiyaçlarının karşılandığının güvencesinin sağlanması,
- Sürekli iyileştirmeyi kolaylaştıracak kalite kayıtları için ilgili güvenilebilirlik verilerinin elde edilmesi.

3.3.2. GÜVENİLEBİLİRLİK PROGRAMLARININ UYARLANMASI

Uyarlama, belirli proje hedeflerini karşılamak için uygun görevler kümesinden en uygun görevleri seçme prosesidir. Belirli bir uygulamanın ihtiyaçlarını karşılayacak etkinlikle uygulanabilmesi için güvenilebilirlik programının uyarlanması gerekir. Uyarlamanın hedefi, güvenilebilirlik kaynaklarının tahsisini optimize etmektir. Belirli güvenilebilirlik, Hizmet ömür döngüsü aşamaları ile veya proje ihtiyaçları ile ilgili program görevleri uyarlama prosesi ile seçilmelidir.

Genel uyarlama prosesi faaliyetleri aşağıda belirtilenleri içerir:

- Kurumsal politikayı ve altyapıyı yansıtan proje ortamının belirlenmesi,
- Gerçekleştirilmesi ve teslimi güç olabilecek sözleşme şartlarının, karakteristiklerinin ve hedeflerinin analizi,
- Proje uygulanması için ihtiyaç duyulan ve fiilen mevcut yetenek ve kaynaklar,
- Projeye uygulanabilir ömür döngüsü aşaması veya aşamalarının belirlenmesi,
- Hizmet özellikleri ve fonksiyonları, benzer Hizmetlere ait geçmiş kullanım bilgileri, Hizmetin amaçlanan nihai kullanımı ve tahmin edilen uygulama ortamları gibi Hizmete özgü karakteristiklerin belirlenmesi,
- Belirlenen belirli ömür döngüsü aşamalarına ilişkin güvenilebilirlik program elemanları ve görevlerinin seçimi,
- kaynak tahsisi için güvenilebilirlik program elemanlarının süresi ve zamanlaması ve faaliyet uygulamalarına ilişkin projenin ilgili ömür döngüsü proseslerinin belirlenmesi,
- Uyarlama kararlarının formüle edilmesinin gerekçesi ve dokümantasyonu proje planının bir parçasıdır.

Belirli proje hedeflerini karşılayacak bir güvenilebilirlik programının uyarlanması durumunda bunun yol açacağı maliyet dikkate alınmalıdır. Program uygulaması için güvenilebilirlik konusunda sarf edilecek emeğinin seçilen faaliyetlerin değer katmasını garanti etmek için gerekçelendirilmesi gerekir.

3.3.3. GÜVENİLEBİLİRLİK PROGRAMININ UYGULANMASI

Güvenilebilirlik planının bir hizmete uygulanmasında, güvenilebilirlik konularını bir sistem görüşü açısından ele almak önemlidir. Sistem özelliklerinde beklenen işletme şartlarının tanımlanmasına ihtiyaç bulunmaktadır ve güvenilebilirlik yönünden gerektiği kadar ile alt sistemlerin ve sistem bileşenlerinin etkileşimi açıklanmalıdır. Sistemin yararlanılabilirlik performansı ölçülmeli veya güvenilirlik, bakım yapılabilirlik ve bakım desteği cinsinden beyan edilen güvenilebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesi geçerli kılmak için değerlendirilmelidir.

Güvenilebilirliğin yazılım yönü sistem işletimindeki bileşenlerin bütünlüğü ile ilgilidir. Bütünlük bir yapısal tasarım özelliğidir. Bir sistemin kabiliyeti ve onun güvenilebilirlik hedefini gerçekleştirecek yazılım bileşeni sistem mimarisine, arıza tolere edebilirlik tasarımına, etkiyi azaltma prosesine ve ilgili kalite güvence uygulamasının titizlik seviyesine veya formel yazılım geliştirme metoduna ve bakım prosesine bağlıdır. Güvenilebilirlik ve bütünlük arasındaki ilişki, sistem performansını etkileyen yazılımın oluşturulmasında atanan bütünlüğe ilişkin yazılım uygulamasının kritikliği ile yakından ilgilidir. Standartlarda, sistem ve yazılım bütünlük seviyeleri açıklanmaktadır.

Güvenilebilirlik bakışı açısından, insan makina ara yüzleri tasarımını yapanların, işletim ve bakım kolaylığı sağlayanların ve bunları çalıştıran bakımını yapan, sistemi kullanan veya elden çıkaran kimselerin güvenliği göz önünde tutulmalıdır.

Güvenilebilirlik program elemanları, diğer hizmet geliştirilmesi, imalat prosesleri elemanlarına ve sonuçları en iyi ve maliyetleri en düşük kılacak kuruluşun işletim faaliyetlerine entegre olmalıdır. [11]

3.4. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Satın alma prosesi, Hizmet gerçekleştirilmesi güvenilebilirliği açısından kritik öge olan tedarik zincirini içerir.

Hedeflenen Hizmet güvenilebilirliğini gerçekleştirmek için, kuruluş belirlenen ihtiyaçlara uygun bileşenlerin ve hizmetlerin sağlanması, Hizmetin tasarımı ve imali uygulamaları konularında tedarikçilere güvenir. Örnekler, genel parça envanterini, özel cihazları, sistem entegrasyonunu kolaylaştıracak ticari deney araçlarını, Hizmetin çevreye etkisinin değerlendirilmesi ve güvenlik belgelendirmesi gibi destek hizmetlerini içerir. Bütün bu durumlarda, sözleşme şartları belirlenmeli ve proje hedeflerinin gerçekleştirilmesi için tedarikçilerle müzakere edilmelidir. Sözleşme görüşmeleri başlamadan önce kaynak seçimi için, tutarlı güvenilebilirlik geçmişine sahip tercih edilen tedarikçiler arasından sınırlı sayıda tedarikçi belirlenmelidir. Sözleşmeye göre teslimatlarının ve bakımın zamanında yapılmasını güvence altına almak için tercih listesinde yer alan tedarikçilerin izlenmesi ve gözden geçirilmesi sürekli proses haline getirilmelidir. Tedarik zinciri yönetimi kuruluşun tedarikçilerle ortaklığı savunur. Tedarik zinciri yönetim prosesi hem raflarda bulunan ticari Hizmetlere hem de orijinal donanımla imal edilmiş Hizmetlere de uygulanır. Hizmetleri güvenilebilirlik yönü ile ilgili teknik lider, güvenilebilirlik hedeflerini karşılayan güvenilir Hizmet uygulamalı ve zamanında teslimini sağlamak için tedarik zinciri yönetiminde aktif rol almalıdır. Kuruluş ve tedarikçi arasındaki ortaklaşa yürütülen faaliyetler, müşterek kalite güvence faaliyetlerini içerebilir. Ortak hedef, teslim süresini kısaltmak ve maliyeti düşürmektir. Kuruluş, son kullanıcılar için Hizmetin sağlanacak nihai sisteme entegre eden müşteri ile de ortaklık oluşturmalıdır.

Kuruluş, sorunların çözümlenmesinde, alan verilerinin toplanmasında ve sistem yararlanılabilirlik eğilimlerinin ve Hizmet iade oranlarının oluşturulmasında müşteri ile birlikte çalışmalıdır. Kuruluş, sınırlı raf ömrü olan malzemelerle ve yakında üretimine son verilmesi planlanan satın alınmış Hizmetlerinin yedek parçaları ile ilgili olarak düzenli aralıklarla müşteriye tavsiyelerde bulunmalıdır.

3.5. ÖLÇME, ANALİZ VE İYİLEŞTİRME

3.5.1. GÜVENİLEBİLİRLİĞİN ÖLÇÜLMESİ

Müşteriler güvenilebilirliği Hizmet kalitesine ve değer ile bağlantılıdır. Kullanıcı güvenilebilirlik öncelikle uygun tasarım, değerlendirme ve imalat prosesleri kullanılarak, geliştirme aşamasında kazanılır. Bu kullanıcı güveni, daha sonra işletme sırasında sergilenen başarılı Hizmet performansında yeterli bakım desteği ile tekrar teyit edilir. Hizmet güvenilebilirliği, yeni Hizmet konfigürasyonunu, prototipin deney sonuçları ve gerçekleştirilebilir son Hizmet güvenilebilirliğinin göstergesi olarak görev yapacak bakımı yapılabilirliğin doğrulanması güvenilirlik tahmini ve benzer Hizmetlere ait geçmiş performans bilgilerine dayanarak tahmin edilebilir. Bu metot genel olarak Hizmet geliştirilmesinin başlangıç aşamalarında kullanılır.

Güvenilebilirlik genellikle, yararlanılabilirlik performansı cinsinden ölçülür. Bunu yapmak için, Hizmet güvenilirlik performansı, bakımı yapılabilirlik performansı ve ilgili bakım desteği performansı gerektiği gibi ölçülmeli ve Hizmet performansının kabul edilebilir olup olmadığını göstermelidir. Ölçme çabalarındaki en önemli eleman problemlerin rapor edilmesi, problemlerin ana nedenlerinin belirlenmesi ve bu problemlerin derhal çözümlenmesi prosesi olmalıdır. Bu proses, hem tedarikçinin hem de Çalışanın yararına olacak iyileştirilmiş bir Hizmet sonucunu verir.

3.5.2. GÜVENİLEBİLİRLİĞİN İZLENMESİ VE SAĞLANMASI

Hizmetde güvenilebilirlik sağlanması, güvenilebilirlik proseslerinin uygulanmasındaki verimlilik ve etkinliğe bağlıdır.

Güvenilebilirliği etkileyen prosesler kusur izleme sistemi, güvenilebilirlik tahmin prosedürleri, sahada istatistiksel veri toplanması gibi Hizmete yönelik veya kuruluşun yönetim bilgi sistemleri ve bilgisayar destek hizmetleri gibi altyapıya yönelik olabilir. Proseslerin izlenmesinin amacı proseslerin tutarlılığını ve proseslerden elde edilen verilerin doğruluğunu sağlamaktır. Uygulanabilir güvenilebilirlik proseslerinin sonucu değer eklemeli kullanıcının Hizmete olan güvenini güçlendirmelidir. Proses değişiklikleri ve tadilleri gerekçeli olarak dokümente edilmelidir. Proses izlenmesi genel olarak rutin gözden geçirme prosesi, düzenli olarak yapılan iç tetkikler ve uygulama değerlendirmeleri aracılığıyla gerçekleştirilir.

3.5.3. GÜVENİLEBİLİRLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ANALİZİ

Güvenilebilirlik değerlendirmesi, temel değerlendirme prosesi ve yönetim kararlarına destek olacak analizi sağlar. Güvenilebilirlik değerlendirmesi çoğunlukla sistem mimarisinin bir değerlendirmesini, Hizmet tasarımı veya söz konusu proje için bakım destek stratejisini içerir. Değerlendirme, geçmiş performans bilgilerine, deney kayıtlarına veya inceleme bilgilerine dayanan deneysel veya analitik yaklaşımla olabilir. İstatistiksel teknikler olayların oluşma olasılığının tayininde ve değerlendirilen değerlerin güven aralığının belirlenmesinde kullanılmalıdır. Güvenilirlik ve bakımı yapılabilirlik modellemesi, birbiriyle ilgili karakteristikler kümesinin çıktısını değerlendirmekte kullanılan bir değerlendirme biçimidir. Hizmet arıza oranlarının fonksiyonel karakteristiklere dayanarak tayin edildiğinde; uygulanan ortama, güvenilirlik ve bakımı yapılabilirlik performansı belirlenebilir ve bunun ardından da güvenilebilirlik değerlendirilir. Ağ güvenilebilirlik modelleri, ağ mimarisini optimize edecek ağ parametrelerinin nitelenmesinde ve ağın fonksiyonel performansının optimize edilmesinde kullanılmalıdır. Yedek parça sağlama modelleri alternatif lojistik destek stratejilerinin değerlendirilmesinde kullanılmalıdır.

Güvenilebilirlik analizi, belirli güvenilebilirlik metotlarının veya pratiklerinin uygulanmasını gerektiren özel problem alanlarına odaklanır. Güvenilebilirlik değerlendirmesi için bu analizlerin uygulanması; zaman bağı, uygun Hizmetde belirli ihtiyaçlara veya proje ömür döngüsü aşamalarına tabidir. Güvenilebilirlik analizleri, projenin ortaya çıkardığı sorunlara anlamlı teknik çözümler sağlamalıdır.

3.5.4. GÜVENİLEBİLİRLİK BİLGİSİNİN KULLANIMI

Güvenilebilirlik bilgileri, kuruluşun işinin sürdürülebilmesi veya güçlendirilmesi için ihtiyaç duyulan çoğunlukla patentleri içeren değerli varlıklardır. İlgili güvenilebilirlik bilgisinin kullanımı, kuruluşun içinde ve dışında iş işlemlerine ve teknik iletişime göre ele alınmalıdır. Güvenilebilirlik bilgileri genellikle iş bilgileri ve teknik bilgiler olarak sınıflandırılabilir. İşe ilişkin güvenilebilirlik bilgileri, garanti edilen performans yeteneği, ömür süresi garantisi ve çevre dostu elden çıkarma beyanları gibi bağlayıcı sözleşme bilgilerini içerebilir. Bu bilgilerin, yasal açıdan bağlayıcı yükümlülük yönü olabilir. Teknik konulara ilişkin güvenilebilirlik bilgileri, tasarım seçeneklerini ve Hizmet iade oranları, yararlanılabilirlik performansı fonksiyonel durum süreleri, yedek parça stokunun tamamlanması süresi gibi mülkiyet maliyetlerini etkileyebilir.

Güvenilebilirlik bilgilerinin kullanımı, Hizmetin kavram ve tanımlama aşmaları sırasında çok önemli olabilir. Ömür döngüsü maliyetinin yaklaşık olarak % 70'i Hizmetin fonksiyonel şartlarının tamamlanması ile birlikte sabitlenir. Kavram ve tanımlama aşamalarında kullanılan kritik bilgiler, Hizmetin kullanım ortamlarına, sistem konfigürasyonuna ve ağ arayüzlerine, Hizmet güvenilirlik hedeflerine, rekabet ortamına Hizmetin Hizmetin geçmiş performansına ilişkin bilgileri içerir. Tasarım ve geliştirme aşamaları sırasında Hizmetin nasıl yapılacağına, imal edileceğine, uygulama veya kullanım için pazara sunulacağına ilişkin ayrıntıları içeren tasarım özelliklerinin belirlenmesi işleminin tamamlanmasıyla birlikte Hizmet ömür döngüsü maliyetlerinin % 95'i sabitlenir. Tasarım ve geliştirme aşamaları sırasında kullanılan kritik bilgiler tasarım kuralları, parça uygulama kılavuzları, arıza/bozulma modları ve

etkileri, fonksiyonel bölümlendirme için analiz sonuçları saha performans verileri toplanmalı ve işletme ve bakım aşamalarında Hizmet yararlanılabilirlik performansını tayinde ve garanti maliyet hedeflerini yeniden belirlemede ve uygun lojistik destek stratejilerinin uygulanmasında kullanılmalıdır. Elden çıkarma aşamasına girmeden önce, bakım ve onarım kayıtları Hizmet kullanımının sonlandırılması veya geri çekilmesi kararının verilmesi için ömür sonu durumunun tayininde kullanılmalıdır.

Yapılan değişikliklerin etkinliğini izlemek ve eğilimlerini belirlemek üzere uygulanabilir olduğunda, tasarım değişiklikleri, Hizmette sahada yapılan tadiller gözden geçirilmeli ve değiştirme verileri analiz edilmelidir.

Güvenilebilirlik bilgilerinin kullanımı Hizmet performansına ilişkin geçmiş bilgileri yakalamak ve ileride referans olarak kullanılmak üzere ilgili güvenilebilirlik bilgilerinin dokümanite edileceği bir bilgi tabanı oluşturma ihtiyacını savunur.

3.5.5. SONUÇLARIN BELİRLENMESİ

Ölçme sonuçları, işteki başarının gerçekleştirme derecesinin geçerli kılınmasıdır. Faaliyet göstergeleri veya metrikler çoğunlukla hedeflerin karşılanmasının gerçekleştirildiğinin beyanında kullanılır. Güvenilebilirlik programının uygulanmasında, proje hedeflerine karşı ortak önlemler bunlarla sınırlı olmamakla birlikte aşağıdakileri içerir:

- a) Kavram ve tanımlama aşaması sırasında
 - Kavram, güvenilebilirlik ve bakımı yapılabilirlik hedeflerinin karşılanmasının mümkün ve doğrulanabilir olduğu
 - Hizmet güvenilirlik ve bakımı yapılabilirlik karakteristikleri tanımlanabilir ve sayısal değerleri belirlenebilir.
- b) Tasarım ve geliştirme aşaması sırasında
 - Hizmet performans fonksiyonları güvenilirlik veya yararlanılabilirlik tahminleri ile doğrulanabilir.
 - Prototip çalışır ve fonksiyonelliğini tayin etmek için deneyden geçirilebilir.
 - Deney ve analiz (örneğin simülasyon) tasarımın geçerli kılınması, zafiyetlerin belirlenmesi ve tasarımın iyileştirilmesi için yapılabilir.

- c) İmalat aşaması sırasında
 - Üretim sonucu verileri Hizmet güvenilirliğinin uygunluğu yönünden proses uygunluğunu gösterir.
 - Hizmetin takdimi güvenilirlik gelişme çalışmalarının başlatılmasına imkân sağlar.
 - Erken arıza oranları Hizmet sevk edilmeden önce belirlenebilir
- d) Kurulum aşaması sırasında
 - Sistem entegrasyonu yararlanılabilirlik performansını ve kabul deneylerini kolaylaştırır.
 - Veri toplama sistemi erken oluşan arızaların belirlenmesi ve kontrolünde etkilidir.
- e) İşletme ve bakım aşaması sırasında
 - Sistemin devre dışı kaldığı süre yararlanılabilirlik performans hedefi ile tutarlı.
 - Gerçek saha istatistikleri, “arızalı bulunmayan” Hizmetler açıklayabilmeli.
- f) Elden çıkarma aşaması sırasında
 - Yıpranma karakteristikleri ömür dönemi sonunu gösterir.

3.5.6. GÜVENİLEBİLİRLİK İYİLEŞTİRMESİ

Stratejik planlama ile etkinliği ve verimliliğini güçlendirerek güvenilebilirlik yönetim sisteminin iyileştirilmesi ve evrimi, üst yönetimin liderliğinde gerçekleştirilir. İyileştirme hedefleri, iş hedeflerine ve müşteri memnuniyeti temel alınarak belirlenmelidir. İş alanlarının çeşitliliği ve teknolojideki değişimler, proje için ihtiyaç duyulan güvenilebilirlik program elemanlarının ve ilgili proseslerin etkinlikle uygulanması için bunların gözden geçirilmesini ve ilgisini gerektirir. Yeni proses hedeflerini karşılamak için proses değişiklikleri ve sapmaları uyarlamak için ayarlamalar gerekli olabilir.

Hizmet iyileştirmesi, sistematik proje yönetimi, tasarım kontrolü, önleyici ve düzeltici faaliyetlerin etkin ve zamanında uygulamaya konulması ile gerçekleştirilir.

Güvenilebilirlik prosesleri, teknolojik yenilikleri ve sürekli iyileştirmenin teşviki ile uzlaştıracak kıvraklığa ve çevikliğe sahip olmalıdır.

Bir temel güvenilebilirlik bilgi tabanı bilgi geliştirilmesini ve ilgili bilgilerin yakalanmasını teşvik etmek üzere oluşturulmalıdır.

Aşağıda belirtilen güvenilebilirlik iyileştirme prosesleri göz önünde bulundurulmalıdır.

- Tasarım döngü süresinin kısaltılmak ve Hizmet kabulünün hızlandırmak üzere için gecikmeden tasarım doğrulamasının yapılması ve Hizmet uygunluğunun geçerli kılınması için ilgili metotlar ve araçlar kullanılmalıdır.
- Potansiyel kritik tasarım sorunlarına, maliyet artışına yol açmayacak ve önleyici tedbirler gerektirmeyecek süratle eksiksiz çözümler sağlanması için temel neden analizi kullanılmalıdır.
- Proje karar noktalarında veya yönetimin gözden geçirmelerinde riske maruz kalma durumları ve potansiyel etkilerini, tavsiye edilecek maliyet etkin önleyici ve düzeltici faaliyetleri tayin etmek için bunların risk değerlendirme ile ilgileri kullanılmalıdır
- Proje karar yönetimini kolaylaştırmak için, bilginin doğruluğunu ve bütünlüğünü sürdürecekt uygun veri kontrolü geliştirilmelidir.
- Hem teknik hem de yönetimin gözden geçirmeleri güvenilebilirlik prosesinin güçlerine ve onu güçlendirecek fırsatların belirlenmesine odaklanmalıdır.
- Yakın müşteri arayüzleri sürdürülmeli ve tedarikçilerin bilgileri katma değerli iyileştirme proseslerinin zamanında harekete geçmeyi mümkün kılacak değerli geri bildirim bilgileri kazanmak için elde edilmelidir.

3.6. SİSTEMLER, YAZILIM VE DONANIM UYGULAMALARI İÇİN GÜVENİLEBİLİRLİK PROGRAM ELEMANLARI VE GÖREVLERİ

3.6.1 YÖNETİM

Yönetim, bir güvenilebilirlik programında kilit elemandır. Planlama, projenin kapsamını ve hedeflerini tanımlar, proje faaliyetlerini belirler ve proje dönüm noktası ve teslimat tarifesini oluşturur. Yönetim uygun iş ve teknik stratejileri kullanır, proje hedeflerini karşılayacak etkin görev uygulanması için gerekli olan kaynakları tahsis eder. Görev 1 ila Görev 7 yönetim elemanındaki temel görevleri açıklamaktadır.

Güvenilebilirlik projelerini yönetecek teknik liderlerin atanması ile bu görevler gerçekleştirilir. Güvenilebilirlikten sorumlu teknik liderin yönetim rolü, takım oluşturmayı, takım üyelerine liderlik yapma sorumluluğunu, güvenilebilirliğe ilişkin konularda müşteriler ve tedarikçilerle iletişimi ve güvenilebilirlik konularında tedarik zinciri yönetim prosesinde kilit teknik bağlantıyı sürdürmeyi içerir. Müşterilerle kurulan satış sonrası iletişim, müşteri sadakatının oluşturulmasına katkı sağlar.

3.6.2 GÜVENİLEBİLİRLİK PLAN

Güvenilebilirlik programı yeterli planlamayı ve üst yönetimin katılımını gerektirir. Güvenilebilirlik planı güvenilebilirlik programının uygulanmasını düzenleyen temel yönetim, planlama ve doküman kontrolü vazifesini görür. Hizmet için bir güvenilebilirlik planı, yönetim tarafından gözden geçirmeye ve onay prosesine tabi olan genel proje planına entegre olmalıdır. Güvenilebilirlik planı bir Hizmet ömür döngüsünün bir tek aşamasını veya birkaç ya da bütün aşamalarını kapsayabilir. Güvenilebilirlik planı, Hizmete uygulanabilir ilgili güvenilebilirlik program görevlerini ve Hizmetü oluşturan donanım ve yazılım bileşenlerinin kontrolünü içerir. Güvenilebilirlik planı, güvenilebilirlik programının uygulanmasından sorumlu olan teknik liderini ve atanmışsa yönetim temsilcisini belirlemelidir. Güvenilebilirlik programı görevleri proje dönüm noktaları ve teslimat tarihleri ile birlikte listelenmelidir.

3.6.3 GÜVENİLEBİLİRLİK ŞARTNAMESİ

Güvenilebilirlik şartnamesi, projenin teslimi için ihtiyaçların belirlenmesi ve Hizmetin durumunun tanımlanması prosesini içerir. Şartname müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde oluşturulur veya tercih edilen tedarikçilerin seçimi için kriterlerin tanımlanmasını içerir. Şartnamenin sonucu, ilgili tarafların anlaştığı bir resmî sözleşme olur. Müşteri ve tedarikçinin işbirliği, şartname hazırlanması işlemini büyük ölçüde hızlandırır ve anlaşmaya ilişkin kısıtlamaların ve güvenilebilirlik hedeflerinin taraflarca anlaşılmasını kolaylaştırır.

Güvenilebilirlik şartnamesi, yararlanılabilirlik performansı, Hizmet için beklenen ömür, izin verilebilir devre dışı kalma veya bozulma süreleri gibi nicel ölçüler de içerebilir. Bu nicel ölçüler için şartlar tanımlanmalı ve Hizmetin gösterisi ve kabulü için dokümanite edilmelidir. Güvenilebilirlik şartnamesi, Hizmetin genel performansını doğrudan etkileyen ve donanım ve yazılım bileşenlerinin amaçlanan kullanımı veya uygulanmasına ilişkin olan şartların ayırımı yapmalıdır.

Güvenilebilirlik şartnamesi prosesi bazen ayırım tekniklerini kullanır. Güvenilebilirliğin ayırımı, istenilen güvenilebilirlik ihtiyaçlarını bölümlendirerek ve bunları sistem mimarisine haritalayarak gerçekleştirilebilir. Bu yaklaşım, sistemin toplam güvenilebilirlik hedeflerinin karşılayacak sistem fonksiyonlarının kritikliği ile ilgili uygun kaynakların tahsisi için bir olanak sağlamaktadır. Ayırım teknikleri, fonksiyonel tasarım dengeleme değerlendirmelerini kolaylaştırır, yap/satınal kararlarının gerekçelendirilmesini ve uygun çaba veya geliştirme de gereken mühendislik özeninin seviyesinin, kritik uygulamaların çeşitli seviyeleri için donanım veya yazılım bileşenlerinin edinim veya destek seviyesinin planlanmasını ve uygulamasını mümkün kılar.

3.6.4 PROSESLERİN KONTROLÜ

Güvenilebilirlik yönetim sistemi, güvenilebilirliği etkileyen bütün prosesleri kontrol etmelidir. Kontrol fonksiyonu, Hizmet güvenilebilirliğini ve sistem yararlanılabilirlik performansını etkileyen bütün proseslerde harekete geçirilmelidir. Güvenilebilirlik projeleri ile ilgili tipik prosesler parçaların seçimi; güvenilirlik değerlendirme metotları, Hizmet kabul kriterleri, arıza olaylarının rapor edilmesi, temel neden analizi, önleyici ve düzeltici faaliyetlerdir. Proseslerin sorumluları belirlenmelidir. Proses girdileri ve çıktıları doğruluk ve hedeflenen amaçları ile tutarlılık yönünden

doğrulanmalıdır. Projenin güvenilirliğe ilişkin dönüm noktaları hedefleri, müşteri ve tedarikçi arayüzünde, proje kararlarını ve yönetimin gözden geçirmelerini kolaylaştıracak, koordine edilen bir proje teslimatları kümesini ve programını yansıtmalıdır.

3.6.5 TASARIM KONTROLÜ

Tasarım kontrolü, güvenilebilirlik hedeflerini karşılayacak bir Hizmet geliştirmesini sağlayacak bir temel yönetim prosesidir. Tasarım kontrol faaliyetleri, tasarım kurallarının oluşturulmasını ve güvenli işletme için tasarım kılavuzlarının belirlenmesini, sistemin montajını ve sökümünü kolaylaştırmak için modülerliği kolaylaştıracak fiziksel ve fonksiyonel olarak bölümlendirilmesini, Hizmetin mevzuata uygunluğunu sağlayacak kalite güvence prosesinin uygulanmasını içerir.

Tasarımdaki iyileştirmesinin sonucu olarak güvenilirliğin gelişmesi beklenilmektedir. Tasarım güvenilirliğinin statüsü uygun şekilde izlenmesi tasarım kontrol prosesine entegre edilmelidir. Tasarım girdileri ve çıktılarının doğruluğu ve tamlığı doğrulanmalıdır. Tasarımın gözden geçirmeleri, Hizmetin imal edilebilirliğini ve desteklenebilirliğini sağlamak için ilerici tasarım olgunluğuna odaklanmalıdır.

Tasarım değişiklikleri, tasarım tadillerinin ve güncelleştirmelerinin izlenebilirliğini kolaylaştırmak için konfigürasyon yönetim prosesini izlemelidir.

3.6.6 İZLEME VE GÖZDEN GEÇİRME

Gözden geçirme prosesi, sözleşmenin gözden geçirilmesi, yönetimin gözden geçirmesi ve teknik gözden geçirmeden oluşur. Sözleşmenin gözden geçirilmesi, toplam projenin gözden geçirilmesi prosesi ile birlikte yürütülmelidir. Güvenilebilirlik teslimatlarına ilişkin belirli sözleşme şartları, kabul için müşteri ile ve uygulanabilir olduğunda taşeronu verilen işlerin tedarikçileri ile birlikte gözden geçirilmelidir. Farklılıklar oluştuğunda belirli konular çözümlenmeli ve en son statüyü yansıtacak şekilde sözleşmeler düzeltilmelidir. Sözleşmenin gözden geçirilmesi kayıtları muhafaza edilmelidir. Yönetimin güvenilebilirlik konularını gözden geçirmesi, düzenli aralıklarla yapılmalıdır.

Teknik gözden geçirmeler normal olarak, proje süresince düzenli aralıklarla veya ihtiyaç belirlendiğinde proje seviyesinde yapılmalıdır. Belirli proje aşamalarında, teknik gözden geçirmeler sözleşmeye veya mevzuat şartlarına uygunluk için daha resmî bir proses içerebilir. Bütün gözden geçirme kayıtları muhafaza edilmelidir.

3.6.7 TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİM

Tedarik zinciri yönetimi prosesi, harekete geçirilmelidir. Güvenilebilirlik çıkarını temsil eden teknik lider zamanında teslim ve güvenilir Hizmet sağlanması için tedarik zinciri yönetimi prosesinde aktif rol almalıdır.

Müşteriler ve tedarikçiler arasındaki diyalog sürdürülmelidir. Hassasiyet ve güvenliğin sağlanması amacıyla Bilgi akışı kontrollü olmalıdır. Ortak gözden geçirme prosesi oluşturulmalıdır. Hizmetin gerçekleştirilmesi ile ilgili tedarik zinciri yönetimi konusunda ilave bilgi sağlanılmaktadır. Güvenilebilirlik yönetimi perspektifinden aşağıdaki faaliyetler dikkate alınmalıdır:

- Hizmet tasarım ve yapısına uygun tercih edilen parçalar listesi tavsiyesi,
- Tercih edilen tedarikçilerin seçimi için kriterlerin oluşturulması,
- Kritik parçalar ve geçmiş performans konusundaki güvenilebilirlik verilerinin paylaşılması,
- Hizmet değerlendirme prosesi ve çıktı verilerinin paylaşılması,
- Uygunsuzlukların ve anormal arızaların ortaklaşa gözden geçirilmesi,
- Sürekli iyileştirme için ortak problem çözümlenmesi,
- Teknoloji değişimi ve pazarda eskime yüzünden Hizmet ömrü sınırlama konusunun ortak gözden geçirilmesi,
- Tedarikçi izlenmesi [9]

3.6.8 HİZMETÜN PAZARA ARZI

Hizmetin pazara arzı, yeni Hizmetin işletme ve bakım aşamasını geçişini kolaylaştırmak için planlanmalı ve yönetilmelidir. Güvenilebilirlik, kullanıma uygunluğu, lojistik destek planlarının yeterliliğini, müşteri ilişkilerinin yürütülmesini, şikâyetler ve Hizmet geri çağırılmaları, beklenen rutin ve acil durumlara cevap verecek kaynakların tahsisi hususlarında Hizmet olgunluğunu sağlanmasını vurgular. Hizmetin pazara arzı prosesi, Hizmet performansının değerlendirilmesi ve Hizmet iyileştirilmesi için geri bildirim sağlanması konularında ÇALIŞANın katılımını içermelidir. Hizmetin pazara sunum zamanı, Hizmetin serbest bırakılması, yenilenmesi, ilerideki güçlendirmeler için tadili, risk/maliyet düşürülmesi ve iş karar prosesinin iyileştirilmesi konuları ile birlikte ele alınmalıdır. Uygun olduğunda, Hizmetin pazara

arzu işlemleri, toplam çözümü ve müşteriye değer teslimini gerçekleştirecek bütünleşmiş proje yönetimi prosesi içinde yapılmalıdır.

3.6.9 GÜVENİLEBİLİRLİK DİSİPLİNLERİ

Hizmette güvenilebilirlik, esas itibari ile sağlıklı mühendislik emeği ve sanayi pratiklerinin başarıyla uygulanması yoluyla gerçekleştirilir. Hizmetin güvenilebilirliği ve bakımı yapılabilirliği ile ilgili teknik çözümlerin sağlanabilmesi için özel mühendislik disiplinlerine ihtiyaç vardır. Görev 8 ile Görev 12, temel güvenilebilirlik disiplinlerini açıklamaktadır.

3.6.10 GÜVENİLİRLİK MÜHENDİSLİĞİ

Güvenilirlik mühendisliği, sistem işletim ortamını ve işletimsel gerilimlerini karakterize etmekte ve güvenilir Hizmetlerin imali ve tasarımı için uygulama kılavuzluk bilgileri ve tasarım kurallarının oluşturulmasında kullanılan teknik disiplindir. Güvenilirlik mühendisliği arızayı tolere edilebilir tasarımları, tasarım uygunluğunu ve sağlamlığını sağlayacak güvenilirlik analiz ve doğrulamasını ve Hizmet imali için hazırlığı içerir. Güvenilirlik mühendisliği çabası, ilgili metotların uygulanmasındaki mühendislik titizlik derecesine ilişkin yazılıma uygulanabilir.

Yazılım içeren bir Hizmete yazılım bileşeninin güvenilirlik katkısı, yazılımın tasarımına ve geliştirme prosesine son derece bağlıdır.

3.6.11 BAKIMI YAPILABİLİRLİK MÜHENDİSLİĞİ

Bakımı yapılabilirlik mühendisliği, Hizmetin bakım etkinliğini kolay ve ekonomik olarak tasarımılamada da kullanılan teknik disiplin olup denenebilirlik, erişilebilirlik, birbiriyle değiştirilebilirlik ve standardizasyonu içerir.

Ayrıntılı bakımı yapılabilirlik tasarım kriterlerinin türetilmesi ve periyodik olarak gözden geçirilmesi Hizmet için belirlenen şartları temel almalıdır. Bakımı yapılabilirlik mühendisliği, denenebilirliğin tasarımı ile ilgilidir.

Denenebilirlik, bir hedefin ne ölçüde karşılandığını tayin etmek için Hizmete uygulanmak üzere olurlu bir deneyin tasarımılamasıdır. Denenebilirlik ile ilgili olarak,

bir deneyin kapsanması belirlenmiş kriterlere uygunluk için sistemi veya bileşenlerini denemek için deney durumları geliştirilmiştir.

Denenebilirlikle ilgili olarak onun kapsamı ki onunla ilgili olarak sistemi veya bileşenlerinin önceden belirlenmiş olan uygunluk kriterlerine göre deneyden geçirmek üzere deney durumlarının ölçüsü geliştirilmiştir. Geliştirme aşaması sırasında deneylerin amacı, bileşenlerde bulunabilecek hatalar tespit etmektir. Bakım aşamasında teşhis amaçlı deneylerin hedefi, tanımlanabilir bir sistem arızasında veya yanlış çalışmada esas sebebin tespit edilmesidir.

3.6.12 BAKIM DESTEK MÜHENDİSLİĞİ

Bakım ve bakım desteği şartı, uygun tasarım, bakımı yapılabilirlik, imalat kalitesi ve sağlıklı işletme uygulamalarına ilişkin gerekli bakım ve bakım desteğini sağlayarak, ömür döngüleri süresince Hizmetlerin amaçlanan fonksiyonelliğine, yeteneğine ve güvenilebilirlik performansına güvenilebilirliğini sağlayacak temel bileşendir. Bakım ve bakım desteğinin tipi ve miktarı, Çalışanın ihtiyaçlarına, Hizmetin yapısına, belirlenen yararlanılabilirlik ve diğer faktörlere bağlıdır. Faktörler değiştikçe ve özellikle de işletme ve bakım aşamasında bunların yeniden düzenlenmesi gerekebilir. Bakım ve bakım desteğini sağlamak üzere kimlerin ömür döngüsünün hangi aşamalarında sorumluluk üstleneceğine bağlı olarak uygulanabilecek farklı senaryolar vardır.

Birçok Hizmet için, imalatçı teslim edilen Hizmetin bir entegre parçası olarak bakımı ve bakım destek hizmetlerini sağlamaktadır. Bu hizmetler, ya bir sözleşmeye dayanarak ya da ÇALIŞANIn veya kullanıcının ihtiyacı olduğunda kendilerine erişilerek sağlanmaktadır. Bakım ve bakım desteğinin planlanması ve sağlanması, tasarım ve geliştirme aşamalarında ele alınabilir ve imalatçının, satıcının veya diğer dış kaynak destek kuruluşunun temel sorumluluğu olarak belirlenir. Hizmetin kullanıcısı, işletme ve bakım aşaması sırasında tam bir bakım desteği sağlama konusunda esas itibari ile bu ağa güvenir.

Hizmetin kullanıcısı, işletme ve bakım aşamasında toplam destek hizmetlerinin sağlanması konusunda esas itibari ile bu ağa güvenir.

Diğer durumlarda, Hizmet satıcıları sadece temel bakım destek planlaması sağlar. Kullanıcılar ve müşteriler bu durumlarda, belirli uygulamalar için genellikle iç kaynakları kullanarak, gerekli bakım ve bakım desteğini sağlarlar. Bu durum özellikle

mevcut cihazlar bir başka satıcıdan alınan karmaşık sistemle birlikte kullanıldıklarında ortaya çıkmaktadır. Bu durumda kullanıcı ve satıcı arasında bakım ve bakım desteği geliştirme sorumluluğunun belirlenmesi gerekir.

3.6.13 STANDARDİZASYON

Standardizasyon, tasarımın Hizmet teknik özelliklerine uygun ve tasarım değişiklik prosedürlerine tamamen bağlı olma ile ilgili güvenilebilirlik disiplininin bir parçasıdır. Donanım parçalarının standardizasyonu, tedarikçilerinin nitelendirilmesini ve seçimini kolaylaştırır. Tasarım, üretim, işletme ve hizmet desteği standartları, uygunsuzluk problemlerini en aza indirmek için kullanılmalıdır.

Proje için bir konfigürasyon yönetim planı oluşturulmalı ve uygulanmalıdır. Bu plan, toplam proje ile ilgili yazılım ve dokümantasyonların tanımlanması, kontrolü, statüsünün muhasebesi, değerlendirilmesi, değişiklik yönetimi, serbest bırakma yönetimi, donanımın teslimi, için kullanılmalıdır.

3.6.14 İNSAN FAKTÖRLERİ

İnsan faktörünün, sistemin performansına çok önemli etkisi bulunmaktadır. Tasarım kılavuzluk bilgileri ve standartlar, işletim ve bakım işlemlerini kolaylaştıracak insan-makine ara yüzlerini güçlendirmek için kullanılmalıdır. Bu ara yüzler, kontrolleri, gösterimleri, alarmları ve göstergeleri içerir. Hizmetin tasarımı, insanların algılamalarını ve eylemlerini etkileyebilecek psikolojik faktörler, antropometrik öğeleri, insanların duyuşal sınırlılıklarını ve psikolojik etkileri hesaba katmalıdır.

Dokümante edilmiş deney örnekleri ve deney prosedürleri, genel güvenilebilirlik hedeflerinin karşılanmasını sağlamak için, genel sistemin işletim ortamına ilişkin insan faktörü öğelerini de içerecek şekilde genişletilmelidir. Gereken ergonomik çaba proje beklentileri ile tutarlı olmalıdır. Sistemin insandan kaynaklanan hatalar nedeni ile gerektiği gibi çalışmaması durumunda bunun en yakın çevreye olabilecek muhtemel etkileri ayrıntılı olarak değerlendirilmelidir.

3.6.15 ANALİZ, DEĞERLENDİRME VE DERECELENDİRME

Güvenilirlik ve bakımı yapılabilirlik mühendisliği, güvenilebilirlik problemlerinin çözümlenmesinde çeşitli teknikleri ve metotları kullanmaktadır. Metodoloji, nitel veya nicel olabilir ya da her ikisini de içerebilir, ancak çözüm, sağlıklı mühendislik kararını ve sanayide başarıyla uygulanan pratikleri de içerir.

3.6.16 UYGULAMA ORTAMININ ANALİZİ

Hizmet şartnameleri, oluşturulacak işletim senaryolarının açık tariflerini içermelidir. Hizmete uygulanabilir çevre şartlarının uygulanması, özel performans karakteristikleri ve oluşturulmuş olan standard sınırları cinsinden belirtilmelidir. Bu yaklaşım, beklenen işletme ortamı ve maruz kalma durumlarını karşılayacak Hizmet tasarımı kolaylaştıracak Hizmetin çevre uyum yönünden sınıflandırılmasını ve maruz kalınabilecek çevre şartlarının belirtilmesini içerir. Uygulanan çevre şartlarında Hizmetin tipik maruz kalma durumları, elektromanyetik girişim, iklim şartları ve mekanik gerilmelerdir. Hizmete uygulanan çevre şartlarının analizi, Hizmet tasarımının işletme şartlarını ve performans hedeflerini yeterlikle karşılayıp karşılamadığını belirleme yönünden önemlidir.

3.6.17 GÜVENİLİRLİK MODELLEMESİ VE SİMÜLASYON

Güvenilirlik modellemesi ve simülasyon, uygun olduğu yerlerde Hizmetin yararlanılabilirlik performansını değerlendirmekte kullanılmalıdır. Modelleme ve simülasyon teknikleri, normal ve olumsuz şartlar altında Hizmetin beklenen işletme şartları ve performans karakteristiklerinin değerlendirilmesinde kullanılacak bir analitik yaklaşım sağlamaktadır. Bu teknikler, kavram ve tanım aşamasının başında söz konusu olabilecek teknik problemlerin büyüklüğünün tayininde ve tasarım ve geliştirme aşamasında da riskin dengelenmesi ve riskin hafifletilmesi için performans karakteristiklerinin incelenmesinde yararlı olmaktadır.

Maliyetten kaçınmaya yönelik tedbirler için performans karakteristikleri konusunda edinilen bilgiler ve erken belirleme nedeni ile Hizmetin güvenilebilirliğini etkilediğinden ömür döngüsü maliyeti etkileri önemlidir. Güvenilirlik modellemesi ve simülasyon modeli formülasyonunda, sistem sınırlarının ve varsayımların

belirlenmesinde iş kararı oluşturma prosesini etkileyebilecek simülasyon sonuçlarının yorumlanması ve kullanılan verilerin ilgililiği Hizmet performans ortamlarının ve kısıtlarının nedenini ve etkisini tayin etmelidir.

3.6.18 PARÇALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KONTROLÜ

Tasarım uygulamaları ve Hizmet kademelerinde kullanılmaları yönünden parçaların değerlendirilmesi ve kontrolü, Hizmet güvenilebilirliğini gerçekleştirmek açısından çok önemlidir. Parçaların değerlendirilmesinin ve kontrolü yönünde sarf edilecek emeğin kapsamı, proje ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uyarlanmalıdır.

Böyle bir emeğin sarfı özellikle seçilen ticari raf Hizmetlerinin amaçlanan Hizmet uygulamalarına uygunluklarının değerlendirilmesi açısından çok önemlidir. Burada uygun olan durumlarda tedarik zinciri yönetim prosesi uygulanmalıdır. Aşağıdaki prosesler uygulanmalıdır:

- Parçaların seçimi işlemi ile kritik olan parametreler ve birkaç muhtemel tedarikçiden temin edilebilecek parçaların teknik özellikleri belirlenmelidir. Tek kaynak tedarikçi veya sınırlı sayıda tedarik kaynağı olma durumlar belirlenmelidir.
- Muhtemel tedarikçilerin parçaları teslim etmek kabiliyetleri gözden geçirilmelidir. Geçmişte bu tedarikçilerle olan iş ilişkileri dikkate alınmalıdır. Bu işlem özellikle, amaçlanan Hizmet uygulamaları için rafta hazır ticari yazılımlar veya uygulamaya özel olarak uygulanmış yazılımların edinilmesinde kritik önem taşımaktadır.
- Tedarikçinin imalat prosesleri ve güvence metotları incelenmelidir. Tedarikçinin tesislerinde, gerekiyorsa yapılacak yerinde gözden geçirmeler, iyi ilişkinin tesisinde güven kazanılmasını sağlayacaktır.
- Belirlenen parçanın, amaçlanan uygulama için fonksiyonel, fiziki, kalite şartlarını ve güvenilebilirlik karakteristiklerini karşıladığı doğrulanmalıdır. Bu işlem parçanın nitelendirilmesi, doğrulanması ve geçerli kılınması, değerlendirilmesi gerekiyorsa yeni parçaların denenmesi yoluyla gerçekleştirilmelidir. Bu prosesin çıktısı, kalifiye tedarikçiler ve tercih edilen parçalar listesinin oluşturulmasıdır. Kuruluşun ihtiyaç duyduğu kritik parçalar belirlenmelidir. Parçalar ve bunlarla ilgili bilgiler güncel tutulmalıdır.
- Kritik parçalar, örneğin sınırlı raf ömrüne sahip olanlar, tedarik süresi uzun olanlar, güvenlik veya proses açısından kritik parçalar, özel imal parçalardır.
- Parçaların kontrolü, parça arıza kayıtlarının tutulmasını, daha fazla analizi

gerektiren uygunsuzlukları ve çözüm yollarını içerir.

Tedarikçilerin nitelendirilmesi sürekli bir proses olmalıdır.

3.6.19 TASARIMIN ANALİZİ VE HİZMET DEĞERLENDİRMESİ

Tasarımın Hizmetde istenilen özellikleri karşılamaını sağlamak açısından tasarım analizi önemlidir. Güvenilebilirlik ile tasarımın analizi metotları, güvenilirlik modellemesi ve simülasyonu (örneğin yük dayanımı analizi), güvenilebilirlik tahmini, hata/arıza modları ve etkileri analizi, hata ağacı analizi, güvenlik performansı ve risk analizini içerir. Hizmet değerlendirme, simüle edilen işletim ortamlarında tasarımın doğrulanması ve gerçek saha işletme şartları altında Hizmetin geçerli kılma deneyini içerir. Yazılım analiz metodolojisi genel olarak belirli yazılım uygulamalarına ve ilgili işletme ortamlarına ilişkin deney verilerini ve pratik tecrübeyi temel almaktadır. Yazılım performans modelleri, yazılım Hizmetlerinin güvenilebilirlik performansını emüle edenler de dâhil, güvenilirlik tahmini ve güvenilirlik gelişimi değerlendirme amaçları için formüle edilir.

Bu modeller, mühendislik verilerini girdi olarak kullanarak nitel çıktı oluşturan özel yazılım performans parametrelerine ilişkin matematik fonksiyonları temsil etmektedir.

Davranışın zamana göre değişimini izleyen yazılım güvenilirlik modelleri tahmin yapmakta kullanılabilir. Bu modeller, deney ortamından sistemin işletim profiline açık bir eşleme yapılmasını gerektirir. Yazılım performans modelleri, uygulamaya özel modellerdir. Özel yazılım analizi için geliştirilen sanayi pratikleri aşağıdakileri içerir:

- Verilen bir yazılım modülleri kümesindeki hata içeriğini tahmin etmek için yazılımın karmaşıklığı analizi,
- Testin tamlığını tayin etmek için kodun kapsamının analizi,
- Hızlı temel neden analizi ve proses içi iyileştirme için yazılım kusur sınıflandırmasının korelasyonu.

Rafta hazır ticari Hizmet değerlendirmesi, kaliteyi ve sistem entegrasyonunda veya Hizmet kademelerinde kullanılan Hizmetlerin güvenilebilirliğini sağlayacak tedarik zinciri yönetim prosesi aracılığı ile belirlenmelidir. Hızla pazara sunma ve birbirinden bağımsız olarak yürütülen Hizmet değerlendirme faaliyetlerindeki dublikasyonun yol açacağı maliyet artışından kaçınmaya olan ihtiyacın karşılanmasını kolaylaştırmak için işbirliği içinde gerçekleştirilen bir faaliyet gösterilmelidir. [12]

3.6.20 NEDEN-SONUÇ ETKİSİ VE RİSK ANALİZİ

Muhtemel arıza nedenleri ve bunların etkileri Hizmet performansına etkilerinin analizi, tasarımın güvenlik yönlerinin doğrulanması ve işletme sırasında riske maruz kalma ihtimalini en alt düzeye çekmek için yürütülmelidir. Tipik analiz metotları aşağıdakileri içermelidir:

- Hata modu ve etkileri analizi (FMEA) , özellikle malzeme ve donanım arızalarının ve bir üst fonksiyonel sistem seviyesine etkilerinin incelenmesine uygun bir aşağıdan yukarı nitel güvenilebilirlik analiz metodudur.
- Hata ağacı analizi (FTA) ise, Hizmetin performansını, güvenliğini, ekonomisini veya diğer belirlenmiş karakteristiklerini etkileyebilen ve tanımlanmış istenilmeyen sonuçların oluşumuna yol açan veya katkıda bulunan veya oluşturan şartların ve faktörlerin belirlenmesi ve analizi ile ilgili Hizmet güvenilebilirliği ve güvenilirliğinin analizi için bir yukarıdan aşağıya yaklaşımdır.
- Markov analizi, arızalı bir durumdan işletme durumuna veya bunun tersi yöndeki geçiş durumu olasılığı ile yararlanılabilirlik performansını tayin eden bir yaklaşımdır.
- Teknolojik risk analizi, olay oluşma olasılığını ve maruz kalınan riskin boyutunu tayinde kullanılan bir yaklaşımdır. [12]

3.6.21 TAHMİN

Tahminler, tasarım ve geliştirme aşamalarının başlangıcı sırasında yapılmalı ve tasarım geliştirildikçe güncelleştirilmelidir. Tahmin sonuçları, Hizmet güvenilirlik performansının arızaya kadar olan ortalama süre (MTTF), arızalar arası ortalama süre (MTBF) ve arıza oranları cinsinden değerlendirilmesi imkânını sağlar. Sistemlerin yararlanılabilirlik performansı, sistemlerin faal oldukları sürenin oranı veya belirlenmiş olan faal süre içinde olabilecek gayri faal olma süresi cinsinden ifade edilir. Hizmetlerle ilgili tahminlerde, uygulama ortamını, işletme yükünü ve karmaşıklığını,

sistem konfigürasyonunun mimarisini ve Hizmetlerin güvenilirlik performansı tahminlerine temel alınan deneye dayalı veriler göz önünde bulundurulmalıdır. Yazılım konusunda tahminlere yönelik üç genel yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, yazılım geliştirme prosesi özelliklerini esas almaktadır. İkincisi, yazılım Hizmetü karakteristiklerini temel almaktadır. Üçüncüsü ise, yazılımın fiili işletimi ve doğrulama prosesi sırasında toplanan ampirik verilere dayandırılmaktadır.

Yazılım geliştirme prosesi özelliklerinden türetilen tahmin modelleri, proses parametrelerinden etkilenmektedir. Görüş, yazılımın geliştirilmesinde kullanılan yönetim ve mühendislik disiplinlerinin (yani, proses kontrolünün kapsamı, resmî metotların uygulanmasında gösterilen mühendislik titizliğinin derecesi vb.) yazılım için güvenilirlik projeksiyonu sağlayabileceği yönündedir. Bu bağlamda, proses parametreleri güvenilirlik iyileştirmeleri için karşılaştırmalı değerlendirme kriteri olarak kullanılır.

Yazılım Hizmetü karakteristiklerinden türetilen tahmin modelleri, yapı ve yazılımın karmaşıklığı gibi yazılım Hizmetü parametrelerinden etkilenirler. Bu tür modelleri temel alan güvenilirlik tahmini genellikle rafta hazır ticari yazılım Hizmetlerinin değerlendirilmesinde ve karşılaştırmalı analizlerinde kullanılır. Yazılım performans verilerinden türetilen tahmin modelleri, belirli uygulama ve yazılımın işletim ortamından etkilenir. İstatistiksel metotlar, gözlenen verileri temel alan güvenilirlik gelişme projeksiyonunun tahmininde kullanılır.[11]

3.6.22 DENGELEME ANALİZİ

Dengeleme analizi kavramsal tasarım ve tanımlama aşamalarında ve de tasarım ve geliştirme aşamalarının başlangıç dönemlerinde güvenilirlik için uygun değer sağlamak amacıyla yapılır. Dengeleme analizi, analizi yapılan soruna bağlı olan ömür döngüsünün herhangi bir aşamasında yapılabilir. Dengeleme analizi, Hizmet ömrünün sonu yaklaştığında, Hizmetü kullanmaya devam veya yenisi ile değiştirmenin ekonomik değerini tayin için yapılmalıdır. Ömür döngüsü maliyeti analizi dengeleme analizini tamamlamalıdır.

Dengeleme analizi, tasarım seçimlerinin yapılmasında, yap/satın al kararlarının alınmasında ve alternatif çözümlerin karşılaştırmalı analizinde etkili bir şekilde

kullanılabilir. Dengeleme analizi, proje hedeflerini maliyet etkin bir biçimde karşılayacak uygun teknolojik yaklaşımın seçimi, bir alternatif donanım veya yazılım yaklaşımı, tasarım mimarisinde bir kombine donanım yazılım çözümü konularında karar verilmesinde kullanılmalıdır.

3.6.23 ÖMÜR DÖNGÜSÜ MALİYETLEMESİ

Ömür döngüsü maliyetlemesi, kaynak tahsislerini ve muhtemel giderleri değerlendirmek üzere iş dağılım yapısına ilişkin ömür döngüsü prosesinin maliyet dağılımının nicel değerlendirmesini sağlar. Nicel sonuçlar genellikle artışlar veya değişiklikler için yapılan önerilerin nitel gerekçeleri ile desteklenir. Ömür döngüsü maliyetlemesi projelerin kontrolüne ilişkin yönetim kararlarını kolaylaştırır.

Duyarlık analizi olması durumunda ne olur sonucunu belirlemek için yapılır. Ömür döngüsü analizinin sonuçları:

- Güvenilebilirlik hedefleri arasında dengeleme ve tahsisler için kılavuzlukta,
- Kritik güvenilebilirlik faktörlerinin ve bunların maliyete olan etkilerinin belirlenmesinde,
- Tasarım seçeneğinin ve destek alternatiflerinin seçiminde
- Verilen ömür döngüsü maliyet kısıtlamaları altında yararlanılabilirlik performansı karakteristiklerinin optimize edilmesinde,
- Verilen maliyet sınırlaması altında riskin azaltılması ve çevreye olacak etkiyi en aza indirecek Hizmetin elden çıkarma metotlarının seçiminde kullanılabilir.

3.6.24 GÜVENİLİRLİĞİ GELİŞTİRME

Güvenilirliği geliştirme programları, Hizmetin güvenilirlik performansını iyileştirmek amacıyla yürütülmelidir. Güvenilirliği geliştirme prosesi arıza tanımlama, kök sebep analizi, düzeltici faaliyetler ve uygulanan düzeltici faaliyetlerin etkinliğinin doğrulanması konularında faaliyetleri içerir. Mümkün ve uygulanabilir olduğunda önleyici tedbirler sürekli iyileştirme için önerilmelidir.

Yazılıma uygulanabilir belirli güvenilirliği geliştirme modelleri aşağıda belirtilen elemanlardan oluşur:

- Arıza prosesinin bazı parametreleri içeren bir dizi matematik bağıntıları ile gösterilişi,
- Önceki arıza verilerinin analizi yolu ile parametrelerin tahmini metodu,
- Güvenilirlik tedbirlerinin sayısal tahminlerini elde etmek için formüllerle tahmin edilen parametrik değerleri birleştiren bir metot.

3.6.25 DOĞRULAMA VE GEÇERLİ KILMA

Hizmetin tasarımın güvenilirliği ve bakımı yapılabilirliği tasarım şartlarına uygunluk yönünden doğrulanmalıdır. Güvenilebilirlik hedefleri ile ilgili belirli performans karakteristiklerinin karşılanmış olduğunun gösterilmesi için güvenilebilirlik ile ilgili performans karakteristikleri, Hizmetin hizmete alınması sırasında veya işletme ve bakım aşamalarının başlangıç döneminde doğrulanmalıdır. Doğrulama ve geçerli kılma işlemleri, gözden geçirme prosesinin bir parçası olmalıdır.

3.6.26 DOĞRULAMA VE GEÇERLİ KILMA STRATEJİSİ

Doğrulama ve geçerli kılma faaliyetleri planlanmalıdır Doğrulama stratejisi, uygulanabilir olduğunda güvenilebilirlik tasarım fonksiyonlarının yeterliliğini tayin etmek, güvenilirlik performans sınırlarını ve çevre ve gerilme yükü şartlarına tabi olacak bakımı yapılabilirlik karakteristiklerini değerlendirmek için Hizmet simülasyonunu ve deneyleri içerlemelidir. Doğrulama stratejisinin amacı, değerlendirme, nitelendirme ve çevre deneyleri ile mühendislik modellerinin ve prototiplerin fonksiyonel ve fiziki performanslarının doğrulanması olmalıdır.

Geçerli kılma stratejisi, uygulanabilir ve yapılabilir olduğunda belirlenmiş işletme şartları altında nihai Hizmete uygulanmalıdır. Geçerli kılma prosesi, sistem Çalışanın tesislerinde normal çalıştırılabilir şekilde kurulduktan sonra, müşteri ile birlikte gerçekleştirilmelidir. Geçerli kılma sonuçları, sistemin kabul edildiğinin delili olarak dokümanite edilmelidir.

3.6.27 GÜVENİLEBİLİRLİĞİN GÖSTERİLMESİ

Güvenilebilirliğin gösterilmesi bir kabul deneyi şeklindedir. Büyük karmaşık sistemler için, müşteri kabulü için bu gösterim sistemin hizmete alınması sırasında veya hemen ondan önce yapılmalıdır. Fonksiyonel cihazlar ve parçalar için bu gösterim işlemi genel olarak ömür deneyi veya hızlandırılmış ömür deneyi gibi özel deney programları ile uygulanmalıdır.

Bu deneylerin amacı, performansın amaçlanan hedefleri karşılama yeterliğinin gösterilmesidir. Mümkün ve ekonomik olduğunda, bu gösterim denemesi, projeye uygulanması gereken diğer planlanmış deneylerle birlikte benzer şartlar altında yapılmalıdır.

Bu yaklaşım, kabul kriterlerine karşı deney sonuçlarının daha gerçekçi bir performans geçerli kılma denemesi sağlamaktadır. Deney prosedürleri, deney ölçümlerini ve deney şartlarını ayrıntılandırarak dokümanite edilmelidir. Deney verileri, Hizmetin kabulü için performans sonuçlarının tespiti analizi için uygun bilgileri sağlayacak ayrıntıda kaydedilmelidir. Yazılımın kabul deneyi, yazılımın doğrulanması ve geçerli kılınması ile ilgilidir. Yazılımın kabulü için üç seviye deneyi bulunmaktadır:

- Oluşturulmuş olan şartnamelere veya standartlara uygunluğu sağlamak için her yazılım kademesi ve modülünün denenmesi
- Genel olarak entegrasyon deneyi olarak bilinen deneyin, yazılım birimleri ve bileşenlerine bir bütün olarak uygulanması,
- Yazılım kurulumunun denenmesi.

Kullanıma alma ve yazılımın düzenlenmiş olduğu sistemde gerçek işletim ortamında ve sözleşme veya deney şartnamesinde belirtilen şartlar altında çalıştığını gösteren nihai kabul için yazılım kurulumunun denenmesi.

3.6.28 GÜVENİLİRLİK GERİLME ELEMESİ

Güvenilirlik gerilme elemesi, kusurları tayin aracı olarak çevre ve/veya işletim gerilimlerini kullanan bir prosestir. Bu kusurlar, kötü işçilik veya Hizmet tasarımındaki veya imalat proseslerindeki yetersizliklerden kaynaklanan gizli

kusurlardır. Güvenilirlik gerilme elemesi metodu, cihazlarda ve parçalardaki gömülü potansiyel veya gizli kusurların normal deney tespitinde şiddetli arızaya neden olabildiğini mümkün kılar.

Güvenilirlik gerilme elemesi, donanım Hizmetleri için bir güvenilirlik iyileştirme metodudur. Özel deney tesisleri ve cihazlar gerekli olabilir ve eleme genellikle hızlandırılmış deneylerle birlikte yürütülür.

3.6.29 BİLGİ TABANI

Güvenilebilirlik bilgi tabanı, kuruluşun etkili ve verimli olarak işletilebilmesi için son derece kritik bir ön şarttır. İlgili güvenilebilirlik verilerinin ele geçirilmesi ve teknolojik yeniliklerle, proseslerin geliştirilmesi ve Pazar araştırmaları ile edinilen enformasyon ve bilgiler rekabetçi iş avantajları sağlamaktadır. Kuruluşun sahip olduğu bilgi tabanı, pazarda lider konumunun edinilmesinde ve Hizmetlerin Pazar taleplerini karşılayacak stratejik cevabı verecek şekilde sunulması açısından son derece önemli bir role sahiptir. Yeterlik ve bilginin muhafaza edilmesinde odak noktası, stratejik enformasyon kaynağı olarak ele alınmalıdır.

3.6.30 BİLGİ TABANININ OLUŞTURULMASI

Kuruluşun faaliyet alanlarına ilişkin bir güvenilebilirlik bilgi tabanı oluşturulmalıdır. Bununla, hem pazardaki yeni gelişmeler hem de Hizmet portföyü ile ilgili yürütülmekte olan iş için uygun ve güncel bir güvenilebilirlik enformasyonu sağlanmaktadır. Güvenilebilirlik bilgi tabanı aşağıdaki elemanları içerir:

- Güvenilebilirliğe ilişkin Hizmet tasarım bilgileri,
- Saha hizmetleri uygulaması ile toplanan Hizmet performans verileri,
- Güvenilirlik ve parçaların kalitesi konusunda tedarikçi bilgileri.

Güvenilebilirliğe ilişkin Hizmet tasarım enformasyonu, Hizmet tasarım hedeflerini, güvenilebilirlik şartlarını, parça uygulamaları için kılavuzluk bilgilerini, güvenilirlik ve bakımı yapılabirlik tahmini verilerini ve güvenilirlik ve bakımı yapılabirlik

modeli kaynaklarını, deney sonucu bilgilerini ve Hizmetin geçmiş kabul verilerini içermelidir.

Hizmet performans verileri, güvenilirlik geliştirme eğilimlerini, bakım desteği bilgilerini, garanti kaynaklı iadeleri, olay raporlarını ve takip çözümlerini, müşteri şikâyetlerini ve geri bildirim bilgilerini içermelidir.

Tedarikçi bilgileri, parça güvenilirliğine ilişkin geçmiş bilgileri, cihaz güvenilirlik uygulama sınırlarını ve muayene verilerini, nitelendirme kriterlerini ve tercih edilen tedarikçi kaynaklarını içermelidir.

3.6.31 VERİ ANALİZİ

Veri analizi, güvenilebilirlik eğilimlerini sağlamak ve duruma göre önleyici ve düzeltici faaliyetleri başlatılması için anormallikleri belirlemek açısından çok önemlidir. Deney vakalarından türetilen verilerin analizi, deney sonuçları, sahadan veya diğer ilgili kaynaklardan edinilen performans verileri, değerli görüş sağlayabilir.

Deneylerden deney sonuçlarından, saha performans verilerinden veya diğer ilgili kaynaklardan elde edilen verilerin analizi, güvenilirlik geliştirmesinin izlenmesi, yazılımın serbest bırakılması için olgunluk göstergesi ve kök sebep analizi için sistemik problemler gibi değerli görüşler sağlayabilir. Analiz edilen bütün veriler gerekçeli olarak yorumlanmalı ve yönetim kararları ve sürekli iyileştirme proseslerini etkileyecek takip faaliyetleri için gözden geçirilmelidir.

3.6.32 VERİ TOPLAMA VE DAĞITIMI

Veri toplama ve dağıtım sistemi, ilgili kaynaklardan veri edinimi ve bu verilerin karar verme süreci için bunlara ihtiyaç duyan sorumlu personele süratle iletilmesi konusuna odaklanmalıdır. Gerçek tabanlı veriler, güvenilebilirliğin iyileştirilmesi ve iş kararlarının desteklenmesi yönünden önemlidir. Verilerin yorumlanması, iyileştirme yatırım önerileri yapmak, gerçeğe dayalı veriler geliştirmek ve iş kararlarına destek

sağlamak yönünden çok önemlidir. Veri yorumları, önerilen iyileştirme yatırımları için doyurucu gerekçeleri sağlamalıdır.

Sistem ile toplanan ve dağıtım yapılan tipik veriler, süregelen Hizmet performansına, saha hizmeti işletimine ve kullanıcılardan edinilen tecrübe geri bildirimine ait ilgili veriyi içerir. Hizmet değerlendirmelerinden, deney durumlarından ve Hizmet performansı doğrulamasından ve geçerli kılınmasından, gözden geçirmelerden ve tedarikçilerin gözlemleri sonuçları veri ediniminin bir parçası olarak içermelidir.

Veri toplama ve dağıtım sistemi, basit ve güvenilebilirliğin analizi ve karar verme sürecine destek için gerekli olan temel verileri sağlamaya uygun olmalıdır. İdeal durumda, donanım arızalarına, yazılım hatalarına ve işlemsel hatalara ilişkin ham veriler daha kapsamlı analizler için kolaylıkla ayırt edilebilmelidir. Bu nedenle veri edinim prosedürünün tasarımı ve veri toplama ve dağıtım sisteminin oluşturulması işlemlerde elverişlilik ve etkinlik yönlerinden dikkate alınmalıdır. Veri toplama ve dağıtım sistemi, dokümantasyonun tasnifi, arşivlenmesi ve erişilmesi, veri kontrolü, bilgi güvenliği ve korunması yönlerinden ele alınmalıdır.

3.6.33 GÜVENİLEBİLİRLİK KAYITLARI

Güvenilebilirlik kayıtları, akdedilen sözleşmelerle ve mevzuata uyum amaçları ile gerekli olan ilgili güvenilebilirlik verilerini içermelidir. Muhafaza edilmeye uygun tipik kayıtlar aşağıda belirtilenleri içermelidir:

- Tercih edilen tedarikçi kaynakları için Hizmet güvenilirlik geçmiş bilgileri,
- Güvenilirlik, bakımı yapılabilirlik ve yararlanılabilirlik raporları,
- Hizmet olgunluk eğilimlerini ve Hizmetin kullanıma uygunluğunun güvencesini destekleyecek doğrulama ve geçerli kılma verileri,
- Riskleri hafifletme ve maliyet artışından kaçınmaya yönelik çabaların başlatılması için bilgi edinilecek ana sebep analiz raporları,
- Hizmetin kabulü için güvenilebilirliğin gösterilmesi kayıtları,
- İyileştirme ve güçlendirme konusunda saha izleme ve garanti kayıtları.

İzlenebilirlik (örneğin, barkodla işaretleme ile) kademelerin ve parçaların izlenebilirliği, güvenilebilirlik kayıtlarının değerini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu kayıtların muhafaza edileceği süre, sözleşme ve mevzuat şartlarla belirlenmektedir.

3.6.34 İYİLEŞTİRME

İyileştirme, iş yaşamının sürdürülebilmesi ve iş proseslerinin ve Hizmetlerin iyileştirilmesi aracılığı ile gelişmeyi sağlamada bir kilit prosestir.

Sürekli iyileştirme, sürdürülebilir gelişme için ihtiyaç duyulan motivasyonu sağlamaktadır. Ara sıra ortaya çıkan teknolojik büyük buluşlar ve Hizmet yenilikleri pazarda rekabet avantajı sağlayabilir. Yatırımın getirisi yönünden iyileştirme girişiminden yararlanmada zamanlama kritiktir. Görev 29 ila Görev 32 iyileştirme elemanlarını açıklamaktadır.

3.6.35 ÖNLEYİCİ VE DÜZELTİCİ FAALİYETLER

Önleyici faaliyet bir potansiyel problemin nedenini veya istenilmeyen bir durumun oluşumunu bertaraf etmek için başlatılır. Düzeltici faaliyet, mevcut bir problemin çözümlenmesi veya oluşan bir istenilmeyen durumun giderilmesi için başlatılır. Düzeltici faaliyet, istenilmeyen durumun tekrar oluşmasını engellemek için oysa önleyici faaliyet böyle bir istenmeyen oluşumun olmaması için başlatılır.

Önleyici ve düzeltici faaliyetler, iyileştirme prosesinin bir parçasını oluşturur. Önleyici ve düzeltici faaliyetlerin başarısı veya etkinliği, uygulama yaklaşımına ve kullanılan metotlara bağlı olmaktadır. Önleyici ve düzeltici faaliyetlerin başlatılmasını kolaylaştırmak için bir enformasyon istemi kullanılmalıdır. Uygulama için sorumluluk verilmeli ve görevin başlatılması ve sonuçlandırılması için bir takvim belirlenmelidir. Problemin bertaraf edilmesindeki etkinliğin tayini için faaliyetin sonucu doğrulanmalıdır. Önleyici ve düzeltici faaliyetler dokümante edilmeli ve referans olarak izlenebilir olmalıdır.

3.6.36 YÜKSELTME VE MODİFİKASYON

Yükseltme, özelliklerin veya yeteneğin geliştirilmesine yönelik Hizmet iyileştirmesi için yapılmalıdır. Modifikasyon, Hizmetde değişiklik prosedürleri ile birlikte yürütülmelidir. Yükseltme ve modifikasyon, iyileştirme prosesinin başlatılması ve etkili uygulanmasından elde edilen sonuçları yansıtmalıdır. Bunlar, kayıtların izlenebilirliği ve iyileştirme eğilimlerini oluşturacak veri analizini kolaylaştırmak için konfigürasyon yönetim prosesine uygun olmalıdır.

Yazılım versiyonu yükseltmeyi normal olarak yazılımı bakımı sırasında yapılır. Örnekler, yazılımın özelliklerinin geliştirilmesini, bilgi kayıt ortamının genişletilmesini, maliyet etkin olarak işletimi gerçekleştirmek için yönetim proseslerinin kolaylaştırılmasını içerir. İyileştirme eğilimlerinin göstergelerini sağlamak için yazılım olay verileri muhafaza edilmelidir. Bakım proseslerinde, yazılımın iyileştirilmesi için düzeltici ve “kusursuz” bakım dikkate alınmalıdır. Yazılımın güçlendirilmesi için kusursuz bakım, sistem arızalarının oluşumuna tepki olmaktan ziyade, yazılım uygulamasındaki kusurların giderilmesine yöneliktir.

Donanım ve yazılım modifikasyonu kontrolü, uygun idari ve teknik prosedürlerin uygulandığı tespit edilmiş olan konfigürasyon yönetim prosesine uygun olmalıdır. Bunun yapılması, bakım ve hizmet kalitesi ve etkinliğin sürekliliği ile tamlığını, tutarlılığını ve doğruluğunu sağlamak için modifikasyonun statüsüne ilişkin kayıt ve raporları belirlemek içindir

3.6.37 YETERLİK GELİŞTİRİLMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Personel yeterliği geliştirilmesi, bilgi tabanı geliştirilmesi ve sürekli iyileştirme için kaynak yatırımı için dikkate alınmalıdır. Kuruluşun teknolojinin kalkındırıcı gücünü ve pazardaki rekabet edebilirliğini sürdürme kabiliyeti yönünden kritik yeterlik çok önemlidir. Güvenilebilirlik bilgisi ve yeterliği, resmî eğitimi ve gayri resmî görev başı eğitimi teşvik ederek, rehberlik, usta ve çıraklık programları uygulamalarını kurumlaştırarak ve ayrıca güvenilebilirlik yönetimi ve teknoloji iletme konularındaki sürekli eğitim kurslarında sanayi-akademi işbirliğine katılarak gerçekleştirilebilir.

Yeterlik güçlendirmesi, güvenilebilirlik ilgilerinin aşılmasına yönelik kısa vadeli teknoloji güncellemesi olarak ele alınmalıdır. Bu sonuç, ilgili güvenilebilirlik konularındaki teknoloji forumlarına ve seminerlere, çok sayıda personelin katılması, güvenilebilirlik problemlerinin çözülmesi odaklı gruplardaki ve ağlardaki tartışmalara, sanayi pratiğinde olan güvenilebilirlik uygulamaları deneyim kazanmak için karma fonksiyonel gruplara katılarak gerçekleştirilebilir. Ancak, bu tür açık tartışmalarda, patent haklarına ve kuruluşun sır saklama kurallarına riayet edilmesi gerekir. [9]

3.6.38 YÖNETİM SİSTEMİ İYİLEŞTİRME

Güvenilebilirlik yönetim sisteminin etkinliği düzenli aralıklarla değerlendirilmelidir. Bu, iyileştirme prosesinin başlatılabilmesine imkân sağlamak içindir. Güvenilebilirlik yönetim sistemi iyileştirilmesi için aşağıdaki faaliyetler göz önünde bulundurulmalıdır:

- Üst yönetim yaratıcılığı, verimliliği, yetkilendirmeyi, gerçekleştirilebilir iş sonuçlarını ve güvenilebilirlik iyileştirme prosesinin kolaylaştırılmasını teşvik edecek bir çalışma ortamını ve altyapıyı oluşturmalıdır.
- Güvenilebilirlik genellikle pazar talepleri ve yenilik getiren teknolojilerle gelişmektedir. Kuruluş ve çalışanları yaşam boyu sürekli öğrenim prosesi ile gelişmeli ve güvenilebilirlik yeterliğini ve bilgi tabanını güçlendirmelidir.
- Üst yönetim gerçekleştirilebilir hedefleri, karşılaştırma performans kriterlerini, rekabetçi ortamın gerektirdiği güvenilebilirlik geliştirme uygulamalarını belirlemelidir.
- Güvenilebilirliğin iyileştirilmesi ve maliyet artışından kaçınma konuları için yeni fikirler kuruluş içinde iletilmeli ve çalışanlarla paylaşılmalıdır.
- İyileştirme sonuçlarının gerçekleştirilmesini teşvik için bir takdir ve ödüllendirme programı oluşturulmalıdır.
- Sağlayacağı yarar uygulanmasını haklı kıldığında güvenilebilirlik iyileştirme girişiminin başlatılmasında kaynak olarak kullanılmak üzere ilgili performans kayıtları muhafaza edilmelidir. [9]

3.6.39 VERİ TOPLAMA KAYNAKLARI

- Sahadan veri toplanması, yaşam döngüsünün bütün safhalarında kaynak gerektirir. Gerekli olan veri kaynağı hangi alanda veri toplanacağına bağlıdır.

- Yeterlik aşağıdaki faaliyetler için garanti edilmelidir:
- Ham veri kaydı (kaydedilen bilginin doğruluğunu ve bütünlüğünü sağlamak için),
- Arıza değerlendirmesi ve analizi (daha ileride yalnız geçerli verinin kullanılmasını sağlamak için),
- Veri toplamının tasarımı ve analizi (değerli sonuçları sağlamak için doğru analiz yöntemlerinin ve araçlarının seçilmesi),
- Veri analizi (yöntemlerin doğru kullanımını sağlamak için).
- Güvenilebilirlik verisi toplanması için gerekli altyapı aşağdakileri içerebilir:
- Bakım için gerekli olduğunda teşhis ve hizmet olanaklarını
- Veri saklanması, toplanması, analizi ve raporlaması için bilgisayar yazılımlarını,
- Ham veri kaydı için olanakları (arıza kayıtları gibi),
- Bilgisayar donanımları (veri aktarımının elektronik ortamda yapıldığı durumlarda),
- Uzaktan durum izlenmesi ve veri toplanması
- Ekonomik ve finansal yönler aşağdaki gibi düşünülür:
- Düzenli veri toplanmasının uygulaması ve sürdürülmesi maliyeti,
- Saha verilerinden gelen geri besleme bilgisine dayalı ölçümlerin sebep olduğu proseslerin iyileştirilmesi ile kazanılan faydalar. [10]

3.7. HİZMET ÖMÜR DÖNGÜSÜ AŞAMALARI

3.7.1. KAVRAM VE TANIMLAMA AŞAMASI

Kavram ve tanımlama aşaması, Hizmete olan ihtiyacın olduğu ve hedeflerinin belirlendiği bir ömür döngüsü aşamasıdır. Bu aőama sırasında, Hizmetin güvenilebilirliği için temel oluşturulmakta ve ömür döngüsü maliyetinin etkileri belirlenmektedir. Bu aőama sırasında alınan kararlar, Hizmetin performans fonksiyonlarında ve mülkiyet maliyetlerinde en büyük etkiye sahiptir.

Daha sonraki aőamalara kılavuzluk edecek bir güvenilebilirlik planı oluşturulmalıdır. Kavram ve tanımlama aşaması sırasında uygulanan güvenilebilirlik programı görevleri, planlanan Hizmet hedeflerine ve güvenilir performans fonksiyonlarını

sürdürmek için gerekli olan temel destek ihtiyaçlarının belirlenmesi odaklanmalıdır. Alternatif yaklaşımların geliştirilmesi ve değerlendirilmesi, kavram ve tanım aşaması sırasında dikkate alınmalıdır.

3.7.2. TASARIM VE GELİŞTİRME AŞAMASI

Tasarım ve geliştirme aşaması, sistem mimarisinin belirlendiği, donanım ve/veya yazılımın oluşturulduğu bir ömür döngüsü aşamasıdır. İlgili Hizmet bilgileri elde edilir ve daha sonra gerçekleştirilecek donanım imalatı ve montajını, yazılım kodlarının oluşturulmasını, kopyalarının oluşturulmasını ve sistem entegrasyonu kolaylaştırmak için dokümanite edilir.

Tasarım ve geliştirme aşaması sırasında uygulanan güvenilebilirlik programı görevleri, güvenilebilirlik tasarım şartlarının, tasarım serbest bırakılmadan tasarımın doğrulanması ve geçerli kılınmasının tamlığının, Hizmetin işletimi için bakım desteği stratejisinin uygulanabilirliğinin, bakım desteği ve ömür sonunda elden çıkarılmasının uygunluğunu sağlamalıdır. Uygun olduğunda, tasarım değişikliklerinin, güvenilebilirliğe ve performansın düşürülmesine olabilecek muhtemel etkileri değerlendirilmelidir. Sistem entegrasyonu için Çalışanın sağlamış olduğu Hizmetler proje koordinasyonu için net olarak tanımlanmalıdır.

3.7.3. İMALAT AŞAMASI

İmalat aşaması, Hizmetin üretildiği, yazılımın kopyalarının oluşturulduğu ve sistem bileşenlerinin montajının yapıldığı ömür döngüsü evresidir. İmalat aşaması sırasında uygulanan güvenilebilirlik programı görevleri, tutarlı kalite çıktısı ve doğrulama ve geçerli kılma deney sonuçları aracılığı ile belirlenen performans hedeflerine uygunluk için oluşturulan proselere odaklanmalıdır. Gerekli ve uygun olduğunda Hizmet kabulü için gerekli deney sonuç verilerini ile erken saha iadeleri azaltmaya yönelik olarak kabul sonuçları ile iadeler arasındaki bağlantı eğilimini izlemek üzere bir kontrol prosesi başlatılmalıdır. Güvenilirlik gerilme elemesi ihtiyaç ve uygulanabilir olduğunda gizli kusurları gidermek için kullanılabilir. Uygunsuzluk konularına güvenilebilirlik odağı, Hizmet veya proses iyileştirme için kök sebep problemlerini ele almalıdır.

3.7.4. MONTAJ AŞAMASI

Montaj aşaması, Hizmetin uygulama ve işletme için çalıştırılacağı yer kurulunun yapıldığı ömür döngüsü evresidir. Faaliyetler, kurulumu, bakım desteği fonksiyonlarının entegrasyonunu ve kurulumu yapılan donanımın saha denemelerine alınmasını içerir. Kesin kabulden önce, entegre sistem veya son Hizmet, performansı başarı ile sergilemeye alınır.

3.7.5. İŞLETME VE BAKIM AŞAMASI

İşletme ve bakım aşaması, Hizmetin belirlenen amacı doğrultusunda çalıştırıldığı bir ömür döngüsü aşamasıdır. Uygulanabilir olduğu ölçüde, Hizmet sürekli işletim durumunda tutulur. Artan bakım maliyetleri veya teknolojik açıdan geride kalma veya kurtarılamayacak kadar hasar görmüş olma gibi başka nedenlerle Hizmetin artık işletilmesi ekonomik olmaktan çıktığında Hizmetin yararlı ömrü sona erer.

İşletme ve bakım aşamasında uygulanan güvenilebilirlik programı görevleri, Hizmet performansının izlenmesi olanağını sağlamalıdır; Hizmet performansı sonuçları sağlanan bakım desteğinde önleyici ve düzeltici faaliyetleri kolaylaştırmak için elde edilir. Uygulanabilir olduğunda, Hizmet performans hedeflerinin gerçekleştirilmesine yardımcı olmak üzere veri toplama, arıza raporlaması ve analizi, bakım desteği ve entegre lojistik destek prosesleri kullanılır.

3.7.6. ELDEN ÇIKARMA AŞAMASI

Elden çıkarma aşaması, Hizmetin kullanımına son verildiği, çalıştırıldığı alandan çıkarıldığı, söküldüğü, imha edildiği uygun olduğunda geri kazanıma tabi tutulduğu veya depoya konulduğu bir ömür döngüsü.

3.8. GÜVENİLEBİLİRLİK YÖNETİMİNİN GÖZDEN GEÇİRİLMESİ İÇİN SORULAR

3.8.1 KAVRAMSAL TASARIM VE TANIMLAMA AŞAMASINA UYGULANABİLİR SORULAR

Güvenilebilirlik yönetiminin gözden geçirilmesine yardımcı olmak için bir soru listesi verilmiştir. Bu sorular, projenin bir sonraki aşamaya geçiş için hazır olmasını sağlamak üzere belirli Hizmet aşaması sırasında güvenilebilirlik konularının yeterlikle ele alınıp alınmadığını belirleme için kullanılabilir. Bu proses, disiplinler arası faaliyetlerden ve toplam problem çözümü tecrübesinden yararlanmak için genel proje gözden geçirme faaliyeti ile birlikte yürütülmelidir. Bu sorular listesi bütün soruları kapsamaktadır. Listenin uygulanması, eldeki münferit projenin durumunu yansıtmalıdır.

- a) Oluşturulan güvenilebilirlik hedefleri, müşteri ihtiyaçlarına ve uygulamalara uygun mudur?
- b) Hedeflenen pazarın ihtiyaçları ve beklentileri, mevzuat ve çevre şartları tanımlanmış ve anlaşılabilir mi?
- c) Geliştirme kararlarını desteklemek üzere ön güvenilebilirlik analizi yapılmış mıdır?
- d) Güvenilebilirlik ve maruz kalabilecek muhtemel riskleri değerlendirmek üzere ömür döngüsü maliyeti etkisi belirlenmiş midir?
- e) Hizmet geliştirme planı gözden geçirmek için hazır mıdır?
- f) Eldeki güvenilebilirlik kaynakları Hizmet geliştirme programı ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli mi?
- g) İşletme ortamı biliniyor mudur?

3.8.2 TASARIM VE GELİŞTİRME AŞAMASINA UYGULANABİLİR SORULAR

- a) Hizmet tasarım spesifikasyonu gözden geçirmek için hazır mıdır?
- b) Hizmet performans parametreleri belirlenen güvenilebilirlik ile ilişkili midir?
- c) Hizmet performans ve destek hizmetlerinin gerçekleştirilmesine yönelik güvenilebilirlik programının uygulaması için güvenilebilirlik planı oluşturulmuş mudur?

- d) Yatırım ve mülkiyet maliyetlerinin tayini için ömür döngüsü maliyeti analizi yapılmış mıdır?
- e) Uygun tasarım ve analiz araçları belirlenmiş ve tasarım güvenilebilirliği için kullanılmakta mıdır?
- f) Temel kontrol prosesleri uygulanmakta mıdır?
- g) Hizmet değerlendirme ve kabulü için doğrulama ve geçerli kılma stratejisi ve deney planları yeterli midir?
- h) Uygulama için, tasarım imalat prosesine aktarıma hazır mıdır?

3.8.3 İMALAT AŞAMASINA UYGULANABİLİR SORULAR

- a) Hizmet imalat planı ve imalat spesifikasyonları, uygulamaya hazır mıdır?
- b) Hizmet deney sonuçları ve kabul eğilimleri, sonuç beklentileri ile tutarlı mıdır?
- c) Güvenilebilirlik problemlerine izlenebilir uygunsuzluklar tekrar oluşumlarını önlemek için derhal çözümlenmekte midir?
- d) Gizli kusurların giderilmesi için imalat proseslerinde güvenilirlik gerilme elemesi uygulaması gerekmekte midir?
- e) Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçilerin ve müşterilerin tamamen yararlanabileceği şekilde kullanılmakta mıdır?
- f) Hizmetin pazara sunum planı gözden geçirmeye hazır mıdır?

3.8.4 MONTAJ AŞAMASINA UYGULANABİLİR SORULAR

- a) Bütün işletme ve bakım prosedürleri uygulamaya hazır mıdır?
- b) Hizmetin piyasaya arz planı veya hizmete alınma prosesi müşteri uygulaması ve Hizmet kabulü için hazır mıdır?
- c) Hizmetin işletme ve bakım sorumluluklarının aktarımı için bakım destek planı başlatılmış mıdır?
- d) Hizmetin kullanımı ve işletimi için insan faktörleri dikkate alınmış mıdır?

3.8.5 İŞLETME VE BAKIM AŞAMASINA UYGULANABİLİR SORULAR

- a) Uygulanan bütün Hizmet destek talimatları ve eğitim prosedürleri ve bütün ilgili Hizmet dokümantasyonu kullanıcı için erişilebilir midir?

- b) Logistik destek prosesi, dönme süresi, yedek parçaların tamamlanması veya yazılım versiyonunun yükseltilmesi veya programlandığında tadili ihtiyaçlarını karşılamaya uygun mudur?
- c) Veri toplama, analizi ve bilgi dağıtımı için saha olayları raporlama sistemi, önleyici ve düzeltici faaliyetlerin başlatılması için yeterli midir?
- d) Hizmet güvenilirlik iyileştirmesi için güvenilirlik geliştirme izleme programı başlatılmış mıdır?
- e) Yönetim sisteminin iyileştirilmesi için müşteri şikâyetleri ve geri besleme bilgileri dikkate alınmakta mıdır?

3.8.6 ELDEN ÇIKARMA AŞAMASINA UYGULANABİLİR SORULAR

- a) Hizmetin saha arızalarının daha sık ve bakım işlemleri normal işleme oranla çok yüksek maliyetli olarak Hizmetin ömür sonu karakteristiklerini göstermekte midir?
- b) Uygun Hizmet onarım veya değiştirme kararlarına gerekçe oluşturacak ömür döngüsü maliyet analizi yapılmış mıdır?
- c) Sözleşme gereği ilgili “geri alma” durumlarını ve mevzuat ve çevre konularından kaynaklanan hususlara uygun olarak Hizmetin uygun şekilde elden çıkarılması dikkate alınmakta mıdır?
- d) Hizmetin elden çıkarma planı gözden geçirmeye hazır mıdır?

3.9.1 UYARLAMA PROSESİ İÇİN KILAVUZLUK BİLGİLERİ

3.9.1.1 KURULUŞUN POLİTİKASINI VE ALT YAPISINI YANSITAN PROJE ORTAMININ TANITIMI

- a) Gerçekleştirilebilir ve başarılı sonuçların elde edilebilmesi için kuruluşun yeteneğine ve kaynak yararlanabilirliğine göre beklenen güvenilebilirlik proje çabası tayin edilmelidir. Kuruluşun iş yapma konusundaki politikasının tanımlanması yararlıdır.

- b) Belirli güvenilirlik işlerinin sorumluluk konularında ihlale veya patentler, telif hakları, hukuki konuların ve imtiyaz hakkı yükümlülüklerinin ihlaline yol açıp açmayacağı belirlenmelidir.
- c) Hangi girişimlerin dış kaynakla gerçekleştirileceği tayin edilmelidir.
- d) Belirli görevler için özel personel atanmasını gerektiren kısıtlar varsa bunlar belirlenmelidir.

3.9.1.2 SÖZLEŞME ANLAŞMALARININ, TESLİMATLARIN KRİTİKLİĞİNİN VE ETKİSİNİN VE PROJE UYGULAMASI İÇİN MEVCUT YETENEKLERİN VE KAYNAKLARIN ANALİZİ

- a) Sözleşmeden kaynaklanan şartlar; mevcut kaynaklar, ihtiyaç duyulan yeterlik ve teslimat takvimi ile eşleştirilmelidir Bu eşleştirme analiz edilmeli ve sözleşmeyi uygulamaya koyma yetkisindeki üst yönetim tarafından onaylanmalıdır.
- b) Kaynak konusunda rekabet halinde olan taleplerin karşılanmasında öncelikler belirlenmelidir.
- c) Sözleşme uygulaması başlamadan önce gecikmeli veya gerçekleştirilemeyen teslimatın maliyeti ve cezası tayin edilmelidir.
- d) Tedarikçi girdileri veya teslimatının kritikliği dikkate alınmalı ve planlanmamış kurtarma girişiminin etkisi tanımlanmalıdır.

3.9.1.3 PROJEYE UYGULANABİLİR BELİRLİ ÖMÜR DÖNGÜSÜ AŞAMASI VEYA AŞAMALARININ TAYİNİ

- a) Bir aşamadan bir sonrakine ilerleme için kriterler belirlenmelidir.
- b) Her proje için girdiler ve çıktılar tayin edilmelidir.

3.9.1.4 HİZMET ÖZELLİKLERİ VE FONKSİYONLARI, BENZER HİZMETLERİN PERFORMANSINA İLİŞKİN GEÇMİŞ BİLGİLER, HİZMETÜN AMAÇLANAN NİHAİ KULLANIMI VE BEKLENEN UYGULAMA ORTAMLARI GİBİ HİZMETE İLİŞKİN KARAKTERİSTİKLERİN TAYİNİ

- a) Benzer Hizmetin geliştirilmesi, imali ve pazara sunulması için görüş sağlamak üzere geçmiş performans tarihçesi kullanılmalıdır.
- b) Son kullanım uygulama ortamlarının sıklıkla teknoloji seçimini, imalat metotlarını, bakım desteği stratejilerini ve lojistik ihtiyaçları dikte edeceği dikkate alınmalıdır.

3.9.1.5 TANIMLANAN BELİRLİ ÖMÜR DÖNGÜSÜ AŞAMALARINA İLİŞKİN UYGULANABİLİR GÜVENİLEBİLİRLİK PROGRAM ELEMANLARI VE GÖREVLERİNİN SEÇİMİ

- a) Belirli aşamaya ilişkin proje uygulamasına uygun özel güvenilebilirlik programı elemanları ve görevleri tanımlanmalıdır.
- b) Bazı güvenilebilirlik programı görevlerinin bir kaç proje aşamasını biniştireceği dikkate alınmalıdır. Belirli güvenilebilirlik girişiminin kapsamı o aşamadaki proje amacına ve ihtiyaçlarına karşılık gelmelidir. Bir örnek güvenilirlik tahminidir: Bu husus kapsam ve geliştirme aşamasında son derece yararlıdır, ancak Hizmet imal edildikten ve deneyden geçirildikten sonra, Hizmetin güvenilirlik performansını geçerli kılacak gerçek veriler elde edildikten sonra o kadar fazla yararlı değildir.
- c) Belirli proje hedeflerini karşılayacak bir güvenilebilirlik programının uyarlanmasında maliyet dikkate alınmalıdır.
- d) Güvenilebilirlikle ilişkili zamanlamalı performans karakteristiklerine dikkat edilmelidir.

3.9.1.6 KAYNAK TAHSİSİ İÇİN FAALİYET UYGULAMALARI VE GÜVENİLEBİLİRLİK PROGRAM ELEMANLARININ ZAMANLAMASI VE SÜRESİ İLE İLİŞKİLENDİRİLECEK İLGİLİ SİSTEM ÖMÜR DÖNGÜSÜ PROSESLERİNİN BELİRLENMESİ

- a) Belirli bir ömür döngüsü aşamasında başlatılan güvenilebilirlik elemanları kaynak taahhütlerini ve iş işlemlerinin teslim programlarını etkileyeceğine dikkat edilmelidir.
- b) Güvenilebilirlik girişiminin maliyetlemesinin belirli proje ihtiyaçlarının karşılanmasına karşılık gelmelidir.
- c) Seçilen faaliyetlerin değer katmasını sağlayacak program uygulaması için seçilen güvenilebilirlik girişimi rasyonelleştirilmelidir.

3.9.1.7 PROJE PLANININ BİR PARÇASI OLARAK UYARLAMA KARARLARININ BİÇİMLENDİRİLMESİNDE GEREKÇENİN DOKÜMANTE EDİLMESİ

- a) Proje hedeflerinin veya sözleşme taahhütlerinin karşılanması için gerekli olan güvenilebilirlik girişimlerinin seviyesinin tayininde optimum kılma prosesinin

bir parçası olarak uyarlama prosesi incelenmelidir.

b) İş kısıtlamalarına tabi kararların kritikliğini ve etkilerini tayinde ve teknik yaklaşımların gerekçelerinde, rasyonelleştirme dengeleme analizinin bir uygulaması olarak kullanılmalıdır.

c) Projenin gözden geçirilmesine ve sürekli iyileştirmeye yardımcı olmak için uyarlama kararlarının kayıtları muhafaza edilmelidir.

4. KURULUŞUN GÜVENLİK YÖNETİM SİSTEMİ HAKKINDA BİLGİ

4.1. GÜVENLİK YÖNETİM SİSTEMİ UYGULAMALARI

Üst seviyeli kuruluşlar, Güvenlik Raporunda, kuruluşta büyük kaza önleme politikası (BKÖP) oluşturulduğunu ve bu doğrultuda güvenlik yönetim sisteminin (GYS) uygulandığını gösterir.

4.2. BÜYÜK KAZA ÖNLEME POLİTİKASI (BKÖP)

BKÖP aşağıdaki hususları içerir;

– İşletmecinin, kuruluşta insan ve çevre için yüksek seviyede güvenlik önlemlerinin alındığını ve bu amaç için gerekli kaynakların sağlanacağını gösteren bir taahhüdünü,

– Kuruluşun büyük bir kazaya yol açabilecek faaliyetlerinin tanımı ile bu tür kazaların önlenmesine yönelik yükümlülüklerini yerine getirdiğine ilişkin taahhüdünü,

– Kuruluşun aşağıdaki hususları içeren bir yönetim sistemini kurmak ve sürekliliğini sağlamak için taahhüdünü;

➤ Kuruluşun organizasyonunda, tüm seviyelerde, büyük kaza risklerinin yönetimine ilişkin görev ve sorumluluklar,

➤ Olağan ve olağan dışı operasyonlardan kaynaklanan büyük kaza riskleri ile kaza olasılıklarının değerlendirilmesi,

➤ Bakım, onarım ve geçici durdurmaları da kapsayan düzenlemeler ve prosedürler,

- Değişikliklerin planlanması veya yeni tesis, proses veya depolama tesislerinin tasarımı için düzenlemeler,
- Öngörülen acil durumların sistematik analizle belirlenmesi ve acil durum planlarının hazırlanması, denetlenmesi ve gözden geçirilmesi için düzenlemeler,
- BKÖP ve GYS’de verilen hedeflerin karşılanmaması durumunda araştırma ve düzeltici faaliyet mekanizmalarını içeren düzenlemeler (bunlar büyük kazaları ve kazaya ramak kalma olaylarını raporlama ve bunları inceleme ve çıkarılan derslere göre takibini yapma sistemini içermelidir),
- BKÖP ve GYS’nin periyodik değerlendirilmesi ve gözden geçirilmesi için düzenlemeler,
- Kurulusta çalışan tüm personelin eğitim ihtiyaçlarının belirlenmesi ve karşılanması için gerekli analiz, plan ve programlar.

4.3. GÜVENLİK YÖNETİM SİSTEMİ (GYS)

Güvenlik Yönetim Sistemi (GYS), kurulusta meydana gelebilecek büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için gerçekleştirilen teknik ve organizasyonel faaliyetlerin bütünüdür.

Genel yönetim sisteminin parçaları olan, kalite yönetimi-TS ISO 9001, çevre yönetimi-TS ISO 14001 ve iş sağlığı ve güvenliği yönetimi-OHSAS 18001 gibi yetkili bağımsız kuruluşların belgelendirmeleri için kullanılan bilgi ve belgeler güvenlik yönetim sisteminde kullanılabilir.

GYS’nin içereceği konular Yönetmelik Ek-3’te belirlenmiş olup bunlar; organizasyon ve personel, büyük kazaların belirlenmesi ve değerlendirilmesi, işletim kontrolü, değişimin yönetimi, acil durumlar için planlama, performansın izlenmesi ve denetleme ve incelemedir. Bu konular güvenlik raporunda ele alınırken dikkat edilecek hususlar aşağıdaki bölümlerde anlatılmaktadır.

4.4. ORGANİZASYON VE PERSONEL

4.4.1. KURULUŞUN ORGANİZASYON YAPISI

Kuruluşun organizasyon şemasına yer verilir.

4.4.1.1. KURULUŞUN GÜVENLİK KÜLTÜRÜ

Çalışanlar arasında, güvenlik kültürü Hizmetin ne şekilde oluşturulduğu ve devamı için ne tür faaliyetler gerçekleştirildiğine ilişkin bilgilere yer verilir. Ayrıca büyük kaza risklerinin kontrolünde, çalışanlar ve alt yüklenicilerin katılımını sağlayacak yöntemler ve çalışanların sisteme katılımını güvenceye almak için yapısal düzenlemelerden bahsedilir. (Ör. Güvenlik toplantıları, ödül-ceza sistemi, kişisel güvenlik performans izleme sistemleri, vb.)

4.4.1.2. GÜVENLİKTEN SORUMLU BİRİM İLE O BİRİMDE ÇALIŞAN PERSONELİN GÖREV, YETKİ VE SORUMLULUKLARI

Genel proses güvenliği birimindeki personel ile birlikte tesis bazında görevli personeller hakkındaki bilgiye de yer verilir. Söz konusu personelin büyük kazaların önlenmesine yönelik aldığı eğitimlere ilişkin bilgi verilir. Mevcut olması halinde güvenlik konusunda hizmet alınan özel danışman firma vb. kurumlara ilişkin bilgilere yer verilir. Ayrıca bu personelin geçici eksikliğinin tespit edilmesi ve yerine getirdikleri görevlerin aksatılmaması için yeni görevlilerin tayin edilmesi için kuruluştaki uygulanan faaliyetler hakkında bilgi de bulunur. Bu bölümde, kuruluş içinde hazırlanmış belgelere atıf yapılır.

4.4.1.3. GÜVENLİK İLE İLGİLİ HUSUSLARIN RAPORLANMA PROSEDÜRÜ

Büyük kazaların önlenmesi amacıyla yapılan her türlü işlemin hangi usullere göre dokümanite edildiğine ilişkin açıklamalara yer verilir.

4.4.1.4. GÜVENLİK İÇİN AYRILAN KAYNAKLAR

Büyük kazaların önlenmesine yönelik kuruluştaki gerçekleştirilen her türlü faaliyetin desteklenmesi amacıyla kullanılan kaynaklar hakkında bilgiye yer verilir.(Ör. İnsan kaynakları, fiziksel ve teknolojik kaynaklar, ekonomik kaynaklar, vb.)

4.4.1.5. GÜVENLİK İLE İLGİLİ GELİŞMELERİN TAKIBI

Mevzuat, standartlar, teknolojik gelişmeler ve kuruluş içerisinde yaşanan deneyimler ile başka kuruluşlarda meydana gelen büyük kaza potansiyeli olan olaylar ile ilgili bilgilerin temin edilmesi ve kuruluş içerisinde değerlendirilmesi hakkında bilgiye yer verilir.

4.4.1.6. GÜVENLİK BİLGİ ALIŞ-VERİŞİ

Bölgedeki diğer kuruluşlar, acil servis hizmetleri, il afet ve acil durum müdürlükleri ile büyük bir kazadan etkilenebilecek yakın çevredeki insanlar ile işbirliği ve gerekli bilgi alış verişi için oluşturulan düzenlemeler hakkında bilgiye yer verilir.

4.4.1.7. EĞİTİM İHTİYAÇLARI

Çalışanların eğitimlerinin planlanmasından ve gerçekleştirilmesinden sorumlu birim belirtilir. Eğitim ihtiyaçlarının ve periyotlarının belirlenme yöntemleri ile çalışanlara verilen eğitimlerin ölçme ve değerlendirilme yöntemleri hakkında bilgiye yer verilir.

4.4.1.8. ALT YÜKLENİCİ YÖNETİMİ

Yüklenicilerin seçimi, yönetimi, koordinasyonu ve denetimi hakkında kuruluştaki uygulanan düzenlemeler hakkında bilgi verilir. Ayrıca, büyük endüstriyel kazaların önlenmesi amacıyla yükleniciler ile yapılan çalışmalar hakkında bilgilere yer verilir.

4.4.2. BÜYÜK KAZA TEHLİKELERİNİN BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

4.4.2.1. METODOLOJİ

Kuruluştaki büyük kaza tehlikelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi için hangi yöntemlerin kullanıldığı belirtilir. Bu kapsamda, her bir tesis için prosesin tüm aşamalarında kullanılan tehlike belirleme ve risk değerlendirme teknikleri açıklanır.

4.4.2.2. VERİ KAYNAKLARI

Tehlikelerin tanımlanması ve risklerin değerlendirilmesi aşamasında kullanılan olasılık verilerinin kaynaklarından bahsedilir. Bu bölümde, özellikle çalışanların davranışları ve hata yapma olasılığı da dâhil olmak üzere, insan faktörü ve ekipmanların güvenilirlik verilerinin nasıl değerlendirildiği açıklanır. Ayrıca güvenilirlik verisi ile büyük kaza senaryolarında kullandığı olasılık verilerini hangi veri bankalarından alındığı konusunda ayrıntılı bilgi verilir.

4.4.2.3. TEHLİKELERİN BELİRLENMESİ

Kuruluştaki risk değerlendirmesi yapılırken aşağıda sıralanan dâhili ve harici kaza nedenleri dikkate alınarak tehlikeler belirlenir ve her bir durum için belirlenen tehlikeler hakkında ayrı ayrı bilgi verilir.

4.4.2.4. KAZANIN DÂHİLİ NEDENLERİ

➤ Kuruluştaki bina ve eklentilerin plana uygun yerleştirilmemesi veya planda olmayan ilavelerin yapılmasından kaynaklanabilecek tehlikeler.

➤ İşyeri bina ve eklentilerinin yapı ve yapım tarzı ile seçilen yapı malzemelerinden kaynaklanabilecek tehlikeler.

➤ Bakım ve onarım işleri de dâhil kuruluştaki yürütülecek her türlü faaliyet esnasında çalışma usulleri, vardiya düzeni, ekip çalışması, organizasyon, nezaret sistemi, hiyerarşik düzen, ziyaretçi veya kuruluş çalışanı olmayan diğer kişiler gibi faktörlerden kaynaklanabilecek tehlikeler.

➤ İşin yürütümü, üretim teknikleri, proseslere ait fiziksel ve kimyasal parametreler, kullanılan tehlikeli maddeler, makineye, ekipmana ve enstrümanlara ait tehlikeler ile araç ve gereçlerin uygun tasarlanmaması veya kullanılmamasından kaynaklanabilecek tehlikeler.

➤ Kuvvetli akım, aydınlatma, paratoner, topraklama gibi elektrik tesisatının bileşenleri ile tutuşturucu kaynaklar, ısıtma, soğutma, havalandırma, drenaj, arıtma, yangın önleme ve mücadele ekipmanı ile benzeri tesisat ve donanımlardan kaynaklanabilecek tehlikeler.

➤ Kuruluştaki yanma, patlama veya yayılma ihtimali olan maddelerin işlenmesi, kullanılması, taşınması, depolanması ya da imha edilmesinden kaynaklanabilecek tehlikeler.

➤ Çalışanların yeterli eğitim almaması, bilgilendirilmemesi, çalışanlara uygun talimat verilmemesi veya çalışma izni prosedürü gereken durumlarda bu izin olmaksızın çalışılmasından kaynaklanabilecek tehlikeler.

➤ Kuruluştaki her türlü faaliyete etki edebilecek insan faktöründen kaynaklanabilecek tehlikeler.

4.4.2.5. KAZANIN HARİCİ NEDENLERİ

- Yakın kuruluşlarda meydana gelen kazalar (ör: Yangın, patlama, toksik yayılımlar), üçüncü taraf faaliyetleri ve bunların birbirleriyle olan etkileşimlerinden kaynaklanabilecek tehlikeler.
- Tehlikeli maddelerin kuruluş dışında taşınmasından kaynaklanabilecek tehlikeler. (Ör: Karayolu, demiryolu, boru hatları, denizyolu, petrol ve gaz limanları, havayolu, vb.)
- Yakın kuruluşlar ve üçüncü taraflar ile gerçekleştirilen ortak çalışma faaliyetlerinden kaynaklanabilecek tehlikeler.
- Taşıma ağları ve merkezleri (Ör: kuruluşa ve/veya tesise yakın umumi yollar, demiryolu hatları ağları veya kuruluşa ve/veya tesise yakın havalimanları),
- Doğal olaylardan (Ör: Aşırı yağış, rüzgar, fırtına, yıldırım, sel, toprak kayması, sismik faaliyetler, vb.) veya doğal olayların tetiklediği teknolojik afetlerden (NATECH) kaynaklanabilecek tehlikeler.
- Kötü niyetli hareketlerden kaynaklanabilecek tehlikeler.

4.5. RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Güvenlik raporu, işletmede bulunan her bir tesis için ilgili yasal mevzuatta belirtilen hususlar dikkate alınarak tehlikelerin tanımlandığı ve bu tehlikelerden kaynaklanabilecek muhtemel kazaları ve kazanın çevreye ve insanlara olabilecek tüm sonuçlarını kapsayan kantitatif bir risk değerlendirmesinin yapıldığını ve bu risk değerlendirmesi sonucunda gerekli görülen bütün önlemlerin alındığına ilişkin işletmecinin taahhüdünü içerir.

Kuruluşa bulunan her bir tesisteki proses veya faaliyetleri dikkate alarak belirlenen büyük kaza tehlikeleri hakkında ayrıntılı bilgi verilir.

4.6. İŞLETİM KONTROLÜ

4.6.1. İŞLETME PROSEDÜRLERİ

Kuruluşa bulunan tüm tesislerde, aşağıdaki işletim aşamalarının her biri için prosedürlerin var olduğu ve uygulandığı gösterilir.

- Fabrika, proses, ekipman ve tesislerin inşaatı ve deneme üretimi,(yeni kurulacak üniteler için)
- Tesis ve proseslerin işletilmesi;
- Sistemin ilk kez devreye alınması,

- Olağan koşullarda çalıştırma,
- Olağan koşullarda durdurma,
- Acil durdurma, geçici ve özel işlemler (Olağan çalışma koşullarından sapmalar ve bunlara müdahalelerin tespit edilmesi durumları da dahil).
- Fabrikanın, ekipmanların ve tesislerin denetimi, test edilmesi ve bakımı (fabrikanın, ekipmanların ve tesislerin işletilmesine son verilmesi de dahil).
- Yüklenici firmaların seçimi ve yönetimi.

4.6.2. İZLEME, KONTROL VE ALARM SİSTEMLERİ

Kuruluştaki depolama ve proses gibi tüm faaliyetlerin işletimi esnasında kullanılan izleme, kontrol ve alarm sistemleri (Ör. DCS-Dağıtılmış kontrol sistemleri, manuel/otomatik sistemler vb.) hakkında bilgi verilir.

4.6.3. BAKIM POLİTİKASI VE UYGULANMASI

İşletmede büyük kazaları önlemek ve sonuçlarını sınırlandırmak amacıyla uygun bir bakım sisteminin hazırlandığı gösterilir. Hata raporlama sistemleri, personel ve ekipmanın mevcudiyeti ve yerleştirilmesi ve düzenli bakım faaliyetlerinin önceliğe göre sıralanması ve zamanlanması gibi hususlar dikkate alınarak bakım faaliyetlerinin organizasyonu tanımlanır.

İşletmede uygulanan bakım faaliyetleri için oluşturulan prosedürlere ilişkin bilgiler (Ör. Bakım stratejisi(önleyici/düzeltici bakım), hedefleri, bakımdan sorumlu personel, bakım sıklığı, bakım kayıtlarının nasıl tutulduğu, vb.) belirtilir.

Bakım faaliyetlerinde esas alınan ve mevzuata aykırı olmayan metotlardan (Ör. Ulusal ve uluslararası standartlar, imalatçıdan sağlanan bakım kriterleri ve işletme içi kabul edilen güvenlik kriterleri, vb.) gerekçeleri ile birlikte bahsedilir.

4.7. DEĞİŞİMİN YÖNETİMİ

4.7.1. DEĞİŞİM YÖNETİM SİSTEMİ

İşletmede bulunan mevcut tesisler ve/veya prosesler’de yapılacak kalıcı, geçici ve acil değişikliklerin nasıl ele alındığı ve yeni tesislerin planlanması veya tasarlanması için işletmede bir değişim yönetim sisteminin uygulandığı gösterilir.

İşletmede uygulanan değişiklikler için oluşturulan prosedürlere ilişkin bilgiler (Ör. Kritik değişikliklerin ne olduğu ve bu değişikliklere neden ihtiyaç duyulduğu, önerilen değişikliklerin tanımlanması ve belgelendirilmesi, değişikliğe izin verilebilmesi

ve başlatılması için sorumlulukların belirlenmesi, uygulama sonrası ortaya çıkabilecek güvenlik risklerinin öngörülmesi ve düzeltici faaliyetlerin planlanması vb.) belirtilir.

Söz konusu prosedürlerde aşağıdaki hususların her biri ayrı ayrı dikkate alınması suretiyle hazırlanır;

- Organizasyonel değişiklikler,
- Personel değişiklikleri,
- Tesislerdeki değişiklikler,
- Tesisin süreli veya süresiz kapatılması,
- Proses değişiklikleri,
- Tehlikeli madde depolama kapasitesinde ve yöntemlerinde yapılacak değişiklikler,
- Ekipman değişiklikleri,
- Güvenlik ile ilgili belgelerdeki değişiklikler,
- Çevresel koşullara bağlı değişiklikler. [14]

4.8. ACIL DURUMLAR İÇİN PLANLAMA

İşletmeci, büyük kazaların etkilerini azaltmaya yönelik bir dâhili acil durum planının hazırlandığını ve planın kuruluştaki uygulandığı gösterir.

Güvenlik raporunda büyük kaza tehlikelerine karşı müdahale için acil durum önlemleri hakkındaki bilgiler de yer alır.

4.9. ACIL DURUM PROSEDÜRLERİ

İşletmede, acil durumlar için uygulanan prosedürlere ilişkin aşağıdaki bilgiler belirtilir.

- Sistemik analizle öngörülebilir acil durumların ve acil durum organizasyonlarının belirlenmesi,
- Acil durum planlarının hazırlanması,
- Bu planların tatbikatlarının yapılması ve gözden geçirilmesi,
- Acil durum müdahalesi için organizasyon ve sorumlulukların belirlenmesi,
- Çalışanlar, yüklenici firma çalışanlarının ve ziyaretçiler ile acil müdahale ekibi için bilgi ve eğitim,
- Kuruluştaki bulunan kişilerin, yetkili otoritelerin, komşu kuruluşların ve ilgili işe halkın alarma geçirilmesine yönelik düzenlemeler,
- Özel olarak koruma veya kurtarma müdahalesi gerektirebilecek tesis ve kişilere yönelik faaliyetler,

➤ Acil servis hizmetleri, kurtarma yolları, kaçış yolları, sığınak binaları ve kontrol merkezlerinin tanımlanması,

➤ Büyük kazaların sonuçlarını ağırlaştırma potansiyeli olan tesislerin ve proseslerin durdurulmasına yönelik faaliyetler.[14]

4.10. PERFORMANS İZLENMESİ

İşletmenin insan ve çevre güvenliği açısından performansının izlenmesini ve işletmenin güvenlik yönetim sistemi içerisinde belirlenen hedeflerle karşılaştırılmasını ve gerekli düzeltici faaliyetlerin gerçekleştirilmesini sağlamak için oluşturulan prosedürler hakkında bilgi verilir.

Performansın izlenmesi için belirlenen güvenlik ölçütleri hakkında bilgi verilir. Bu ölçütlerin somut, ölçülebilir, gerçekçi, kabul edilebilir ve belli bir zaman dilimini kapsamaması hususları dikkate alınır.

Büyük kazaların veya ramak kalma durumlarının izlenmesi, raporlanması ve bunlara ilişkin gerekli düzeltici faaliyetlerin belirlenmesi için uygulanan prosedürler hakkında bilgi verilir. [14]

4.11. DENETLEME VE İNCELEME

Güvenlik yönetim sisteminin sistematik ve periyodik bir şekilde denetlenip, gözden geçirilmesi için oluşturulan prosedürler belirtilir. Bu prosedürler, iç denetimi yapacak kişinin belirlenmesi, yetki ve sorumlulukları, iç denetim kriterleri, dokümantasyonu, düzeltici-önleyici faaliyetlerin belirlenmesi, üst yönetimin bilgilendirilmesi ve raporlanmasını gibi hususları içerir.[14]

5. GÜVENİLEBİLİRLİK İÇİN ANALİZ TEKNİKLERİ VE UYGULAMALARI

5.1. GİRİŞ

Bu tezde tarif edilen analiz teknikleri bir malzemenin güvenilirliğini, güvenli çalışabilme ve bakımı yapılabilirliğini tahmin etmek, gözden geçirmek ve iyileştirmek için kullanılmıştır.

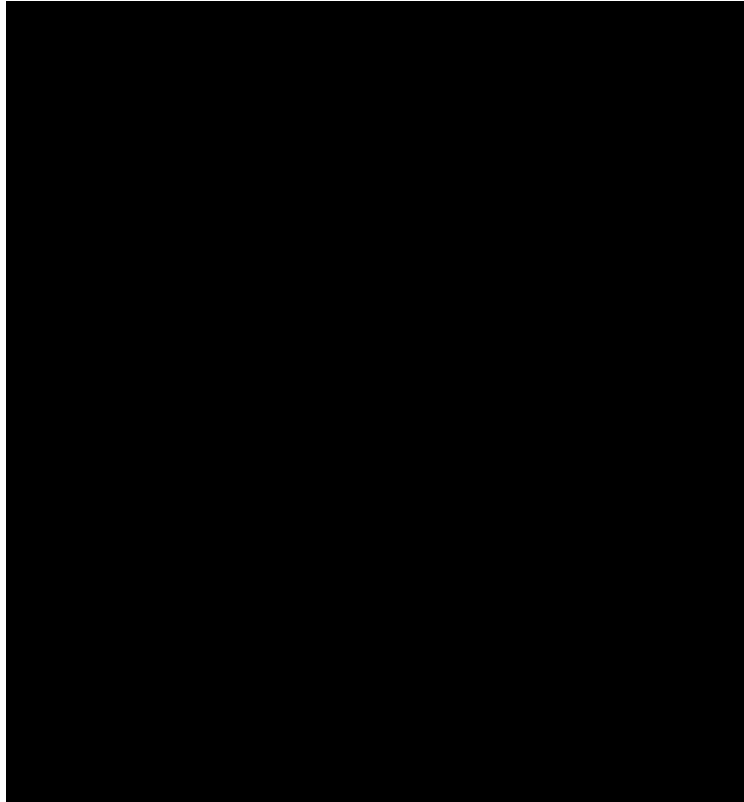
Bu analizler bir malzemenin güvenilirlik ölçülerini değerlendirmek, belirlemek ve iyileştirmek amacıyla kavram ve tarif etme safhasında, tasarım ve geliştirme safhasında, işletme ve bakım safhasında çeşitli sistem seviye ve detay derecelerinde örnekleri uygulanmıştır. Bunlar, analizin sonuçlarını belirlenen şartlarla karşılaştırmak amacıyla da kullanılmıştır.

Ayrıca, üretim, lojistik ve bakım planlamasında bakım ve parça değiştirme sıklığını tahmin etmek maksadıyla da bu analizler kullanılabilir. Bu tahminler genellikle ana ömür döngüsü maliyet elemanlarını belirler. Bunlar ömür döngüsü maliyet çalışmalarında ve karşılaştırmalı çalışmalarda dikkatle kullanılmalıdır.

Analizlerden anlamlı sonuçlar elde edebilmek için analizlerde bir sistemin güvenilirliğine etki eden bütün faktörler (donanım, yazılım, insan faktörleri ve kuruluşla ilgili hususlar) dikkate alınmalıdır.

5.2. TEMEL GÜVENİLEBİLİRLİK ANALİZİ PROSEDÜRÜ

5.2.1. GENEL PROSEDÜR



Şekil 2- Genel güvenilirlik analizi prosedürü

Genel güvenilirlik analizi prosedürü aşağıdaki görevlerden (uygulanabilme durumuna bağlı olarak) oluşur:

a) Sistem Tanımı

Analiz edilecek sistemin, çalışma şekillerinin, ara yüzler ve süreçler dahil olmak üzere çevresiyle fonksiyonel ilişkilerinin tanımlanması. Genellikle sistem tanımı sistem mühendislik sürecinden gelen bir girdidir.

b) Güvenilebilirlik Şartları/Hedefleri Tanımı

Bütün sistem güvenilirlik ve yararlanabilirlik şartlarının ve hedeflerinin, karakteristiklerinin ve özelliklerinin çevre, işletme ve bakım şartlarıyla birlikte listelenmesi. Sistemin fonksiyonel şartnamesine, beklenen işletme süresine ve işletme ortamına (görev profili ve görev zamanı) dayalı olarak sistem arızası, arıza kriteri ve şartlarının tarif edilmesi.

c) Güvenilebilirlik Şartlarının Tahsisi

Gerektiğinde erken tasarım safhasında sistem güvenilirlik şartlarının veya hedeflerinin çeşitli alt sistemlere tahsis edilmesi.

d) Güvenilebilirlik Analizi

Güvenilebilirlik tekniklerini ve ilgili performans verilerini esas alarak sistemin analiz edilmesi.

1) Nitel analiz

- Fonksiyonel sistem yapısının analiz edilmesi.
- Sistem ve bileşen arıza çeşitlerinin, arıza mekanizmalarının, sebeplerinin, etkilerinin ve sonuçlarının belirlenmesi.
- Arızalara sebep olabilecek bozulma mekanizmalarının belirlenmesi.
- Arıza/hata yollarının analiz edilmesi.
- Zamana, problem tesbit metoduna ve onarım metoduna göre bakımı yapılabilirliğin analiz edilmesi.
- Arızaları tesbit etmek için sağlanan arıza bulma kolaylıklarının yeterliliğinin belirlenmesi.
- Arızalardan kaçınma ihtimalinin analiz edilmesi.
- Kullanılabilecek bakım ve onarım stratejilerinin belirlenmesi, vb.

2) Nicel analiz

- Güvenilirlik ve/veya yararlanabilirlik modellerinin geliştirilmesi.
- Kullanılacak sayısal referans verilerinin tanımlanması.
- Sayısal güvenilebilirlik değerlendirmelerinin yapılması.
- Gereğine göre, bileşen kritiklik ve hassaslık analizlerinin yapılması.

e) Gözden geçirme ve tavsiyeler

Güvenilebilirlik şartlarının /hedeflerinin karşılanma durumunun analiz edilmesi ve alternatif tasarımların maliyet etkin olarak güvenilebilirliğini artırma ihtimalinin analiz edilmesi. Faaliyetler aşağıdaki görevleri (uygulanabilme durumuna bağlı olarak) içerebilir:

- Tasarım ve imalat iyileştirmelerinin (yedekleme, gerilim azaltma, bakım stratejileri, test sistemleri, teknolojik süreçler ve kalite kontrol sisteminde yapılan iyileştirmeler) sonucu olarak sistem güvenilebilirliğindeki iyileşmenin değerlendirilmesi.

Not 1 - Yapısal güvenilebilirlik performans ölçüsü sadece tasarımla artırılabilir. Kötü imalat sürecinden dolayı ölçülen değerlerin işletme açısından kötü çıkması söz konusu ise, gözlemlenen güvenilebilirlik performansı imalat sürecini iyileştirmek suretiyle geliştirilebilir.

- Sistem tasarımının gözden geçirilmesi; zayıflıkların ve kritik arıza çeşitleri ile bileşenlerinin tesbit edilmesi.
- Sistem ara yüz problemleri, arızadan etkilenmeme özellikleri ve mekanizmaları üzerinde değerlendirme yapılması.
- Güvenilebilirliğin artırılması için alternatif yolların geliştirilmesi; yedekleme, performans izleme, arıza tesbiti, sistem konfigürasyonunun yenilenmesi teknikleri, bakım prosedürleri, bileşenlerin değiştirilebilmesi, onarım prosedürleri.
- Alternatif tasarımların maliyet ve karmaşıklığını değerlendirmek suretiyle takas çalışmaları yapılması.
- İmalat proses kabiliyetinin etkisinin değerlendirilmesi.
- Sonuçların değerlendirilmesi ve şartlarla karşılaştırılması.

5.2.2. GÜVENİLEBİLİRLİK ANALİZ METOTLARI

Standarlarda sunulan metotlar iki ana kategoriye ayrılır:

- Esas itibariyle güvenilebilirlik analizi için kullanılan metotlar,
- Güvenilebilirlik analizini destekleyen veya güvenilebilirlik açısından tasarıma değer katan genel mühendislik metotları.

Tablo 2 - Genel güvenilebilirlik analizi görevleri için metotların kullanımı [1]

Analiz metodu	Güvenilebilirlik şartlarının / hedeflerinin tahsisi	Nitel analiz	Nicel analiz	Gözden geçirme ve tavsiyeler
Arıza oranı tahmini	Yedeklemesiz seri sistem için geçerli	Bakım stratejisi analizi için kullanılabilir	Elektronik bileşenler ve teçhizat için arıza oranlarının ve MTTF'in hesaplanması	Destekler
Arıza ağacı analizi	Sistem davranışı zamana ve sıralamaya çok bağımlı değilse geçerli	Arıza kombinasyonları	Sistem güvenilirliği, yararlanabilirliği ve alt sistemlerin sistem yararlanabilirliğine Olumsuz etkisinin hesaplanması	Geçerli
Olay ağacı analizi	Kullanılabilir	Arıza sıralaması	Sistem arıza oranlarının hesaplanması	Geçerli
Güvenilirlik blok şeması analizi	Bağımsız blokların varsayılacağı sistemler için geçerli	Başarı yolları	Sistem güvenilirliği ve yararlanabilirliğinin hesaplanması	Geçerli
Markov analizi	Geçerli	Arıza sıralaması	Sistem güvenilirliği ve yararlanabilirliğinin hesaplanması	Geçerli
Arıza çeşitleri ve etkileri (ve kritiklik) analizi; FME(C)A	Tek ve bağımsız arızaların baskın olduğu sistemler için geçerli	Arızaların etkileri	Sistem arıza oranlarının (ve kritikliğinin) hesaplanması	Geçerli
HAZOP çalışmaları	Destekler	Sapmaların sebepleri ve sonuçları	Geçersiz	Destekler
İnsan güvenilirlik analizi	Destekler	İnsan performansının sistem işletmesine etkileri	İnsan görevleri için hata ihtimallerinin hesaplanması	Destekler
Gerilme-güç analizi	Geçersiz	Hata önleme aracı olarak kullanılabilir	(Elektro) mekanik bileşenler için güvenilirlik hesaplaması	Destekler
Doğruluk Tablosu (yapı fonksiyon analizi)	Geçersiz	Kullanılabilir	Sistem güvenilirliği ve yararlanabilirliğinin hesaplanması	Destekler
İstatistiksel güvenilirlik metotları	Kullanılabilir	Arızaların etkileri	Güvenilirliğin belirsizliklerle nicel tahmini	Destekler

Not - Tablode kullanılan terimlerin anlamları aşağıda açıklandığı gibidir:	
'Geçerli'	: Metot genel olarak görev için (muhtemelen belirtilen sınırlamalarla) geçerlidir ve tavsiye edilir.
'Kullanılabilir'	: Metot bu görev için kullanılabilir, fakat diğer metotlara göre bazı eksiklikleri vardır.
'Destekler'	: Metot görevin belli bir bölümü için genel olarak kullanılabilir, fakat görevin tamamı için tek başına yeterli değildir.
'Geçersiz'	: Metot bu görev için kullanılamaz.

Destekleyici metotlar ve genel mühendislik metotları arasında aşağıdakiler sayılabilir.
(bu liste bütün metotları içermez):

- Bakımı yapılabilirlik çalışmaları,
- Saklı devre analizi,
- En kötü durum analizi,[7]
- Değişkenlik simülasyon modellemesi,
- Yazılım güvenilirlik mühendisliği,
- Sonlu eleman analiz,
- Parça yükünün azaltılması ve seçimi,
- Pareto analizi,
- Sebep ve etki şemaları, [4]
- Arıza bildirme ve düzeltici faaliyet sistemi,

Bazı metotlar ana metotlardan türetilmiş olduğu veya ana metotlarla yakından ilgili olduğu için ayrı metotlar olarak belirtilmemiştir:

- Sebep/etki analizi ETA ve FTA'nın kombinasyonudur,
- Dinamik FTA, belirli olayların Markov alt modelleriyle ifade edildiği, FTA'nın uzantısıdır,
- Fonksiyonel arıza analizi fonksiyonel FMEA'nın özel bir çeşididir,
- İkili karar şemaları esas olarak arıza ağaçlarını verimli şekilde temsil etmek için kullanılır.

5.2.3. GÜVENİLEBİLİRLİK TAHSİSLERİ

Alt sistemler için güvenilebilirlik şartlarının tanımlanması sistem tasarım işinin gerekli bir parçasıdır. Bu görevin amacı güvenilebilirlik şartlarını karşılayacak en etkin sistem mimarisini bulmak ve böylece fizibilite etüdüne katkıda bulunmaktır. Güvenilebilirlik terimi güvenilirlik, yararlanabilirlik ve bakımı yapılabilirlik için toplayıcı bir terim

olduğundan dolayı bu özelliklerin her biri için bir tahsisin yapılması gereklidir. Ancak, bu üç özelliğin tahsis teknikleri birbirine benzer olduğu için burada hepsini içine alan güvenilebilirlik terimi kullanılmıştır.

İlk adım, benzer alt sistemler üzerinde edinilen tecrübeye dayalı olarak bu alt sistemlerin karmaşıklığına göre, sistemin genel güvenilebilirlik şartlarının alt sistemlere tahsis edilmesidir. Şartlar ilk tasarımla karşılanamıyorsa tahsis ve/veya tasarım tekrarlanmalıdır. Tahsis ayrıca karmaşıklık, kritiklik, işletme profili ve çevre şartları gibi hususlar dikkate alınarak ta yapılabilir.

Güvenilebilirlik tahsisi normal olarak çok az bilginin bulunduğu veya hiçbir bilginin bulunmadığı erken safhalarda gerekli olduğu için tahsisin periyodik olarak güncelleştirilmesi gerekir.

Tahsise bazen paylaşırma adı da verilir. Sistem güvenilebilirlik tahsisinin alt sistemlere ve kademelere tahsisi Hizmet tanımlama safhasının başlangıcında yapılmalıdır. Bunun amacı aşağıdakilerin sağlanmasıdır:

- Sistemin güvenilebilirlik şartlarının fizibilitesinin kontrol edilmesi,
- Alt seviyelerde gerçekçi güvenilebilirlik tasarım şartlarının oluşturulması,
- Alt seviye tedarikçiler için açık ve doğrulanabilir güvenilebilirlik şartlarının belirlenmesi.

Güvenilebilirlik tahsisini yaparken aşağıdaki adımlara ihtiyaç duyulur:

- Sistemin analiz edilmesi ve tasarımın bilindiği, güvenilebilirlik özellikleriyle ilgili bilgilerin mevcut olduğu veya kolaylıkla erişilebileceği alanların belirlenmesi,
- Uygun ağırlıkların tahsis edilmesi ve üst seviye sistem güvenilebilirlik şartına olan katkılarının belirlenmesi. Fark, güvenilebilirlik şartının diğer alanlara tahsis edilebilecek bölümünü meydana getirir.

Güvenilebilirlik tahsisinin aşğıdaki faydaları vardır:

- Hizmet geliştirmesinin ilerlemesi ve sistemle sistemin malzemeleri (alt sistemleri, teçhizatı, bileşenleri gibi) arasındaki güvenilebilirlik hedefleri ilişkilerini anlaması için bir yol sağlar.
- Güvenilebilirlik özelliğini maliyet ve performans özellikleri gibi diğer tasarım parametreleriyle eşit şekilde dikkate alır.
- Tedarikçiler için teslim ettikleri Hizmet için karşılamak zorunda oldukları ve uygulandıklarında tasarım ve tedarik prosedürlerinde iyileştirme sağlayan belirli güvenilebilirlik hedeflerini verir.
- Karmaşıklık, kritiklik ve işletme ortamına etkiler gibi faktörleri dikkate aldığı için en iyi sistem güvenilebilirliğinin elde edilmesini sağlayabilir.

Diğer taraftan bazı kısıtlamaların not edilmesi gerekir:

- Çoğu zaman sistem bileşenlerinin bağımsız olduğu, bir malzemenin arızasının diğerlerini etkilemediği varsayımı yapılır. Bu varsayım çoğunlukla geçerli olmadığı için bu kısıtlama metodun faydalarını azaltır.
- Yedeklemeli sistemlerde tahsis yapmak daha karmaşık bir işlemdir. Böyle durumlarda, arıza ağacı metodu gibi tekrarlamalı bir metodu kullanarak sistem için güvenilebilirlik hedeflerine ulaşmanın mümkün olup olmadığını kontrol etmek uygun olur.

5.2.4. GÜVENİLEBİLİRLİK ANALİZİ

5.2.4.1. METOT KATEGORİLERİ

Güvenilebilirlik analizi metotları esas amaçlarına göre aşağıdaki ana sınıflara ayrılabilir:

- a) Arıza önlemeye yönelik metotlar, örneğin;
 - 1) Parça özelliklerini bozulması ve seçimi,
 - 2) Gerilme-güç analizi.
- b) Mimari analize ve güvenilebilirlik değerlendirmesine (tahsisine) yönelik metotlar,

Örneğin;

- 1) Aşağıdan yukarıya metotlar (esas olarak tekli hataların etkilerini ele alır),
 - Olay ağacı analizi (ETA),
 - Arıza çeşitleri ve etkileri analizi (FMEA),
 - Tehlike ve işletilebilirlik etüdü (HAZOP).
- 2) Yukarıdan aşağıya metotlar (hata kombinasyonlarından kaynaklanan etkileri çözümleyebilir)
 - Arıza ağacı analizi (FTA),
 - Markov analizi,
 - Doğruluk Tablosu (yapı fonksiyon analizi),[5]
 - Güvenilirlik blok şemaları (RBD), [2]
- c) Temel olayların ölçüsünü tahmin etmekte kullanılan metotlar, örneğin;
 - Arıza oranı tahmini,[1]
 - İnsan güvenilirlik analizi (HRA),[3]
 - İstatistiksel güvenilirlik metotları,[6]
 - Yazılım güvenilirlik mühendisliği (SRE).

Diğer bir ayırım, bu metotların olay dizileriyle veya zamana bağımlı özelliklerle çalışıp çalışmayacağıdır. Bu husus dikkate alındığında aşağıdaki kapsamlı sınıflandırma elde edilir:

<i>DİZİYE BAĞIMLI</i>	Olay ağacı analizi	Markov, Doğruluk Tablosu
<i>DİZİDEN BAĞIMSIZ</i>	FMEA, HAZOP	FTA, RBD

Aşağıdan yukarıya (tek hata) Yukarıdan aşağıya (çoklu hata)

Bu analiz metotları nitel özelliklerin değerlendirilmesini sağlarken nicel özelliklerin tahmin edilmesine imkan verir. Böylece uzun vadeli işletme davranışı tahmin edilebilir. Her hangi bir sonucun geçerliliğinin temel olayların girdi verilerinin kesinliğine ve doğruluğuna bağlı olduğu not edilmelidir.

Ancak, hiçbir güvenilebilirlik analizi metodu pratik sistemlerin (donanım ve yazılım, karmaşık fonksiyonel yapılar, çeşitli teknolojiler, onarılabılır ve bakımı yapılabilir yapılar, gibi) özelliklerini değerlendirmek için gerekli model karmaşıklığını sağlayacak kadar kapsamlı ve esnek değildir. Karmaşık veya çok fonksiyonlu sistemleri uygun şekilde değerlendirmek için birbirini tamamlayan birden fazla analiz metodunu kullanmak gerekebilir. [5]

5.2.4.2. BAKIM VE ONARIM ANALİZİ İLE İLGİLİ HUSUSLAR

Onarılabılır bir sistemin performansı büyük ölçüde sistemin bakımı yapılabilirlik özelliği ile uygulanan bakım ve onarım stratejilerinden etkilenir. Fonksiyonun uzun vadede temini kritik faktör olduğu zaman, yararlanabilirlik performans ölçüsü bakım ve onarımın sistem güvenilebilirliği üzerindeki etkisini değerlendirmek için uygun olan ölçüdür. Kritik faktör fonksiyonun sürekli temini olduğu zaman uygun olan performans ölçüsü güvenilirliktir.

Bir sistemin onarımının sistemin çalışması esnasında fonksiyonunda kesintiye sebep olmadan yapılması normal olarak sadece yedek bileşenlerine erişilebilen yedeklemeli sistemler için mümkündür. Bundan dolayı, onarım veya değiştirme sistem güvenilirlik performansını ve yararlanabilirlik performansını artırır.

Bir sistemin bakım ve onarım yönlerini değerlendirmek için genellikle ayrı bir analiz yapılması gerekir.

5.2.5. UYGUN ANALİZ METODUNUN SEÇİLMESİ

Güvenilebilirlik programına dahil edilecek metodun seçilmesi çok bireyselleştirilmiş bir süreçtir. Öyle ki bir veya daha fazla metodun seçilmesi hakkında genel bir tavsiyede bile bulunulamaz. Uygun metodun seçilmesi güvenilebilirlik ve sistem mühendisliği alanlarındaki uzmanlar tarafından ortaklaşa yapılmalıdır.

Seçim, program geliştirme sürecinin erken safhalarında yapılmalı ve uygulanabilirlik açısından incelenmelidir.

Ancak, aşağıdaki kriterlerin kullanılmasıyla metod seçimi kolaylaştırılabilir:

- a) Sistem karmaşıklığı: Karmaşık sistemler, örneğin yedekleme ve esneklik özelliklerine sahip olanlar, basit sistemlere göre daha derin bir analiz seviyesi gerektirir.
- b) Sistem yeniliği: Tamamen yeni bir sistem, ispatlanmış bir sisteme göre daha kapsamlı bir analiz seviyesi gerektirir.
- c) Nitel veya nicel analiz: Nitel analiz gerekli midir?
- d) Tek veya çoklu arıza: Hata kombinasyonlarından kaynaklanan etkiler önemli midir yoksa ihmal edilebilir mi?
- e) Zamana veya sıralamaya bağımlı davranış: Olayların sıralaması analizde her hangi bir rol oynar mı (örneğin, sadece olay A olay B'den önce meydana gelirse sistem arızası meydana gelir) yoksa sistem zamana bağımlı bir davranış (örneğin, arızadan sonra düşük performanslı çalışma, safhalı görev) gösterir mi?
- f) Bağımsız olaylar için kullanılabilir: Münferit bir malzemenin arıza ve onarım özellikleri sistemin durumuna bağımlı mıdır?
- g) Yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarıya analiz: Genellikle aşağıdan yukarıya metotlar daha kolay uygulanır. Yukarıdan aşağıya metotlar ise daha fazla düşünce ve yenilikçilik gerektirir, dolayısıyla hataya daha fazla eğilimlidir.
- h) Güvenilirlik şartlarının tahsisi: Metodun güvenilirlik şartlarının nicel olarak tahsisini yapabilmesi gerekir mi?
- i) Beceri gereği: Metodu anlamlı şekilde ve doğru olarak uygulayabilmek için gereken eğitim ve tecrübe seviyesi nedir?
- j) Kabul edilme ve yaygınlık: Metod yaygın olarak (örneğin, yetkili bir makam veya

müşteri tarafından) kabul görüyor mu?

k) Araç desteği ihtiyacı: Metot araç desteği (örneğin bilgisayar) gerektiriyor mu yoksa elle uygulanabilir mi?

l) Mantıklılık kontrolleri: Sonuçların mantıklılığı elle kontrol edilebilir mi? Edilemezse mevcut araçlarla doğrulanabilir mi?

m) Araçların varlığı: Araçlar kuruluştta mevcut mu veya ticari olarak temin edilebilir mi? Sonuçların yeniden kullanılabilmesi veya taşınabilmesi için, araçların ortak ara yüzleri var mı?

n) Standardizasyon: Metodun özelliklerini ve sonuçların sunulmasını (semboller gibi) açıklayan bir standard var mı?

Tablo 3'de çeşitli güvenilebilirlik analiz metotları ile bunlara ait özellikler verilmiştir. Bir sistemin tam analizi için birden fazla metoda ihtiyaç olabilir.

Tablo 3 - Bazı güvenilirlik analiz metotlarının özellikleri

Metot	Karmaşık sistemler için uygun	Yeni sistem tasarımları için uygun	Nitel analiz	Hata kombinasyonları için uygun	Sıralama-bağımlılık kontrolü için uygun	Bağımlı olaylar için kullanılabilir	Yukarıdan aşağıya- aşağıdan yukarıya	Güvenilirlik tahsisi için uygun	Beceri gereği (düşükten yükseğe)	Kabul görme ve yaygınlık	Araç desteği ihtiyacı	Mantıklık kontrolü	Araçların varlığı
Arıza oranı tahmini	H	E	E	H	H	H	AY	E	D	Y	O	E	Y
Arıza ağacı analizi (FTA)	E	E	E	E	H	H	YA	E	O	Y	O	E	H
Olay ağacı analizi (ETA)	TE	TE	E	TE	E	E	AY	TE	Y	O	O	E	O
Güvenilirlik blok şeması analizi (RBD)	TE	TE	E	E	H	H	YA	E	D	O	O	E	O
Markov analizi	E	E	E	E	E	E	YA	E	Y	O	Y	H	O
Arıza çeşitleri ve etkileri analizi (FMEA)	TE	TE	E	H	H	H	AY	TE	D	Y	D	E	Y
HAZOP çalışmaları	E	E	H	H	H	H	AY	H	D	O	D	E	O
İnsan güvenilirlik analizi	E	E	E	E	E	E	AY	H	Y	Y	O	E	O
Gerilme-güç analizi	GD	GD	E	GD	GD	H	GD	E	Y	O	Y	H	D
Doğruluk Tablosi	H	E	E	E	H	H	GD	E	Y	O	Y	H	D
İstatistiksel güvenilirlik metotları	E	E	E	E	E	E	GD	TE	Y	O	Y	O	D

H : Hayır
E : Evet
AY : Aşağıdan yukarıya
YA : Yukarıdan aşağıya
D : Düşük
Y : Yüksek
O : Orta
TE : Basit sistemler için kullanılabilir. Tek başına kullanılması tavsiye edilmez. Diğer metotlarla birlikte kullanılmalıdır.
GD : Kriter bu metot için geçerli değildir.

5.3. ANALİZ TEKNİKLERİNİN AÇIKLAMASI

5.3.1. TEMEL GÜVENİLEBİLİRLİK ANALİZİ TEKNİKLERİ

5.3.1.1. ARIZA ORANI TAHMİNİ

5.3.1.1.1.TARİF VE AMAÇ

Arıza oranı tahmini daha ziyade kavram safhasında ve tasarım safhasının başlarında teçhizat ve sistem arıza oranını tahmin etmek maksadıyla kullanılan bir metottur. İmalat safhasında Hizmet iyileştirme amacıyla da kullanılabilir.

Üç temel teknik uyarlanabilir:

- a) Referans şartlarda arıza oranı tahmini, parça sayımı analizi adı da verilir,
- b) İşletme şartlarında arıza oranı tahmini, parça gerilme analizi adı da verilir,
- c) Benzerlik analizi kullanılarak yapılan arıza oranı tahmini.

Hangi tekniğin kullanılacağı konusundaki seçim güvenilirlik tahmini yapıldığı anda mevcut olan sistem bilgisi seviyesine ve kabul edilebilir yaklaştırma derecesine bağlıdır.[1]

5.3.1.1.2.REFERANS ŞARTLARDA ARIZA ORANI TAHMİNİ VE İŞLETME ŞARTLARINDA ARIZA ORANI TAHMİNİ

İlk iki durumda, analizcinin sistemi meydana getiren bileşen sayısını ve tiplerini bilmesi gerekir. Analizcinin ayrıca arıza oranı yapılan işletme şartlarını da bilmesi gerekir. Eğer bileşenler için işletme şartları referans şartlarıyla aynı ise işletme şartlarının dikkate alınması gerekmez. Ancak, arıza tahmini yapılan işletme şartları referans şartlarından farklıysa o zaman bileşenler için özel uygulama şartlarının

(elektriksel, ısı, çevresel) bu amaçla geliştirilmiş modeller kullanılarak dikkate alınması gerekir. Doğru tahminler için güvenilirlik bir arıza oranı veri tabanına ihtiyaç vardır.

Arıza oranı tahmini aşağıdaki varsayımlara dayandırılır:

- Bileşenler mantıksal olarak seri bağlanmıştır (sistem için her biri gereklidir),
- Bileşen arıza oranları zaman içinde sabittir,
- Bileşen arıza oranları bağımsızdır.

Bu varsayımların incelenmekte olan sisteme göre tartışılması gerekir, zira daha üst kademelerde yedeklemeler olduğunda bunlar en kötü durum tahminine sebep olabilir.

Arıza oranlarının sabit olduğunun varsayılması hesaplama işleminde önemli bir azalma sağlar, çünkü toplam arıza oranı parçaların arıza oranlarının toplamıdır. Bu, toplam arıza oranının anlamlı bir güvenilirlik özelliği olmasını gerektirmez, çünkü bütün arızalar sistemi aynı şekilde etkilemez. Arıza teşhis bileşenlerinin arızalanması ve bazı arıza çeşitleri sistemi fonksiyonel olarak etkiler. Bu durumda, toplam arıza oranı sadece gereken düzeltici bakım işlemi sayısının ölçüsünü verir, bunların sistemin fonksiyonel arızalarıyla ilgisini göstermez.

Bir sistemin güvenilirlik analizi, mevcut bileşen arıza modellerine bağlı olarak kabul edilebilir bir kesinlik seviyesinde tahminler verir. Aynı durum işletme şartlarında arıza oranı tahminleri yapıldığı zaman da geçerlidir. [1]

5.3.1.1.3.BENZERLİK ANALİZİ KULLANILARAK YAPILAN ARIZA ORANI TAHMİNİ

Benzerlik analizi, bir malzemenin güvenilirliğini tahmin etmek üzere yeni tasarlanmış bir teçhizatı önceki teçhizatla karşılaştırmak için sahada (serviste) bulunan teçhizatın performans verilerinin kullanılmasını kapsar.

Benzer cihazların karşılaştırılması son malzeme, alt kademe veya bileşen seviyesinde aynı saha verilerini kullanarak, fakat çeşitli elemanlara farklı algoritmalar ve hesaplama faktörleri uygulayarak yapılabilir.

Karşılaştırılacak elemanlar içinde aşağıdakiler yer alabilir:

- İşletme ve çevre şartları (ölçülen ve belirtilen),
- Tasarım özellikleri,
- Tasarım prosesleri,
- Güvenilirlik sağlama prosesleri,
- Bakım prosesleri,
- Bileşenler ve maddeler.

Yukarıdaki elemanların her biri için çok sayıda alt elemanın karşılaştırılması gerekir. Örnek olarak; işletme ve çevre şartları kararlı durum sıcaklığını, nemi, sıcaklık değişikliklerini, elektrik gücünü, çalışma-durma oranını, mekanik titreşimi içerebilir. Tasarım özellikleri bileşen sayısını (ana bileşen grubuna göre sınıflandırılmış), devre kartı sayısını, büyüklüğü, ağırlığı, malzemeleri kapsayabilir.

Benzerlik analizi, değerlendirmesi yapılan teçhizat ile önceki teçhizat arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları nicelendirmek için gereken algoritmaları ve hesaplama metodlarını içermelidir.

Değerlendirmesi yapılan yeni tasarlanmış cihazla bire bir karşılaştırma yapmak için yeteri kadar benzerliğe sahip olan önceki tip cihazın olmaması halinde eleman benzerliği analizi yapılır. Eleman benzerliği analizi, yeni cihazın elemanları ile çeşitli sayıda farklı önceki cihazın benzer elemanları arasında yapılan yapısal karşılaştırmadır.

5.3.1.1.4.FAYDALAR

- Analizin zaman ve para maliyeti çok düşüktür, ancak bunun için referans veriler ve modeller mevcut olmalıdır.
- Gereken girdi bilgileri ve verileri azdır, bundan dolayı erken tasarım ve geliştirme safhasında duruma uyarlanabilir.
 - Bileşen yararlanabilirliği hakkındaki temel bilgiler erken tasarım ve geliştirme safhasında elde edilebilir.
 - Elle veya bilgisayarla yapılan hesaplamalara uyarlanabilir.
 - Çok az eğitim gerektirir.

5.3.1.1.5.KISITLAMALAR

- Bir sistemin fonksiyonel yapısı (daha alt seviye yedeklemeler) dikkate alınamaz, bundan dolayı sadece basit yapılar parça sayısı analizi için uygundur.
- Tahminlerin kesinlik seviyesi, özellikle küçük alt sistemler ve sınırlı sayıdaki üretimler için düşük olabilir.

Zira yayınlanan veya toplanan veriler sadece istatistiksel olarak geçerlidir, yani çok sayıda numune gerektirir.
- Arıza çeşitlerinin, mekanizmalarının ve etkilerinin değerlendirilmesi mümkün değildir.

5.3.2. ARIZA AĞACI ANALİZİ (FTA)

5.3.2.1. TARİF VE AMAÇ

Arıza ağacı analizi (FTA), Hizmet güvenilirliğini analiz etmek için kullanılan yukarıdan aşağıya bir metottur. Tarif edilmiş istenmeyen bir sonucun meydana gelmesine sebep olan veya katkıda bulunan ve Hizmet performansını, emniyetini, ekonomisini ve diğer belirlenmiş özelliklerini etkileyen şartların ve faktörlerin belirlenmesi ve analizi ile ilgilenir.

FTA sistem güvenilirlik tahmini modelini oluşturmak ve Hizmet tasarım safhasında takas çalışmaları yapmak amacıyla da kullanılabilir.

Hata sebeplerini tesbit etmek ve nicel olarak değerlendirmek için kullanılan FTA arıza çeşitleri ile bilinen veya şüphelenilen etkilerin sebeplerini belirlemek ve değerlendirmek için verimli bir metottur.

FTA, bilinen istenmeyen etkileri ve ilgili arıza çeşitleri ile sebeplerini bulma kabiliyetini dikkate alarak muhtemel arıza çeşitlerinin zamanında azaltılmasını ve Hizmet tasarım safhasında Hizmet güvenilirlik geliştirmesinin iyileştirilmesini sağlar.

FTA, donanım ve yazılım yapısını temsil etmek ve fonksiyonellikle ilgilenmek için oluşturulmuş, temel olayları ele almak üzere geliştirilmiş olup sistem parçalarının karmaşık etkileşimlerini fonksiyonel veya arıza bağımlılıklarının, arızalara yol açan olayların, ortak sebep olaylarının modellenmesi ve ağ gösterimlerinin sağlanması yoluyla dikkate alan sistematik bir güvenilirlik modelleme tekniği haline gelmiştir.

FTA tekniği ile sistem güvenilirlik ve yararlanabilirliğini tahmin etmek için Bool türü azaltma ve kesme kümeleri analizi gibi metotlar kullanılmıştır. Gereken temel veriler bileşen arıza oranları, onarım oranları ve arıza çeşitlerinin meydana gelme ihtimali gibi verilerdir.

5.3.2.2. UYGULAMA

Arıza ağacının uygulaması iki yönlüdür. Bilinen bir arızanın sebebini bulmak amacıyla veya arıza çeşidi analizi güvenilirlik modellemesi ve tahmini aracı olarak kullanılabilir.

FTA, Hizmet tasarımı sürecinde muhtemel arızaları, bunların çeşitlerini ve sebeplerini araştırmak ve bunların sistemin yararlanabilirliğine olumsuz katkılarını nicelleştirmek

için kullanılır. Arıza ağacı sistem fonksiyonlarının yanı sıra donanım ve yazılımını ve bunların etkileşimlerini temsil etmek için oluşturulur. İnsanlar sistemin bir parçası ise FTA'ya insan hataları da dahil edilebilir. Arıza çeşitlerinin sebeplerinin meydana gelme ihtimali mühendislik analizi ile belirlenir. Daha sonra bunlar toplanarak genel Hizmet güvenilmezliğine olan etkilerinin büyüklüğü bulunur ve böylece takas ve güvenilirlik gelişmesi sağlanır. Bu şekilde karışık elektronik ve mekanik donanımla yazılımın ve bunların etkileşimlerinin güvenilirlik modellemesi yapılabilir. Bu uygulamada FTA güçlü bir analiz aracı haline gelir.

5.3.2.3. KİLİT ELEMANLAR

Arıza ağacının kilit elemanları;

- Kapılar ve olaylar,
- Kesme kümeleridir.

Kapılar sonucu, olaylar ise kapıların girdilerini temsil eder. Bazı özel kapıların sembolik gösterilişi bir kitaptan veya analiz yazılımından diğerine farklılık gösterebilir. Ancak temel kapıların gösterilişi oldukça standardlaşmıştır.

Kesme kümeleri, meydana gelmesi halinde sistem arızasına yol açan olaylar grubudur. En küçük kesme kümeleri bir arıza için gereken en az sayıdaki olaydır. Bunlardan herhangi birinin çıkarılması halinde sistem arızası oluşmaz.

5.3.2.4. FAYDALAR

- Tasarımın erken safhalarında başlatılabilir ve tasarımın gelişmesine paralel olarak detayları geliştirilebilir.
- Belirli bir etkiden gelen mantıksal hata yollarını sistematik olarak belirleyip kaydedebilir.
- Mantıksal modellerin olasılık ölçülerine kolaylıkla çevrilmesine imkan verir.

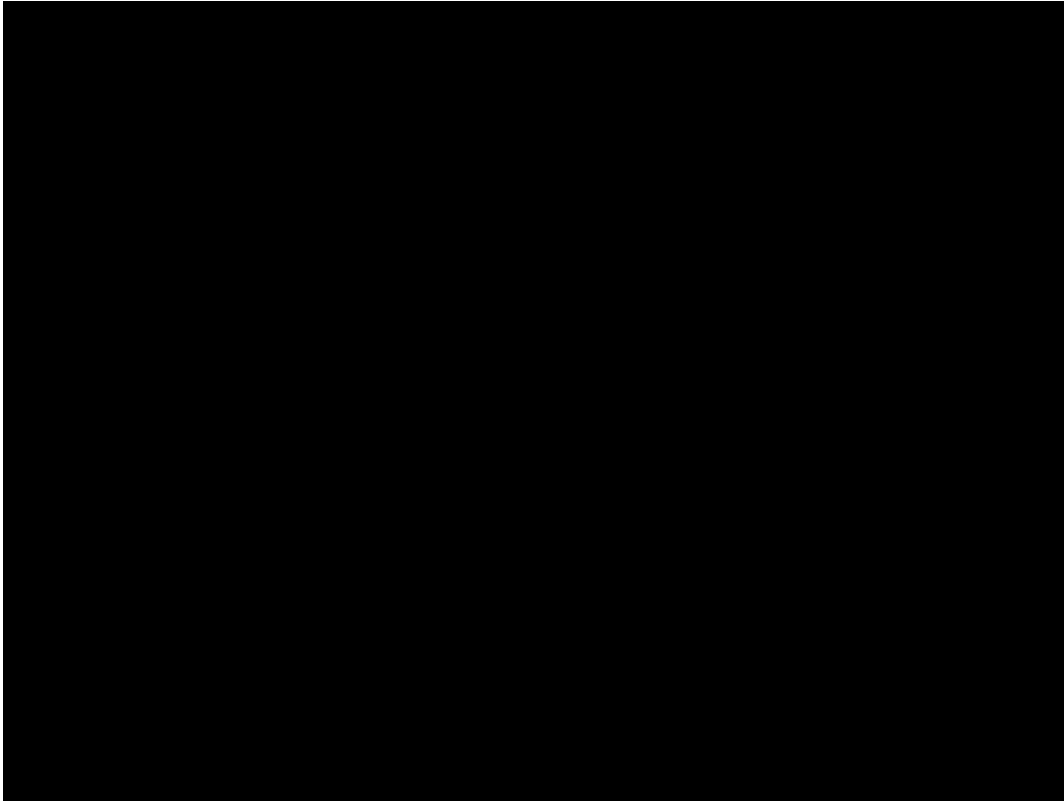
5.3.2.5. KISITLAMALAR

- FTA zamana veya sıralamaya bağımlı olayları doğru olarak temsil edemez.
- FTA'nın, sistemin konfigürasyonunun yeniden düzenlenmesi veya duruma bağılı davranışıyla ilgili kısıtlamaları vardır.

Bu kısıtlamalar FTA ile Markov modellerini birlikte kullanarak giderilebilir. Bu durumda Markov modelleri arıza ağacında temel olaylar olarak alınır.

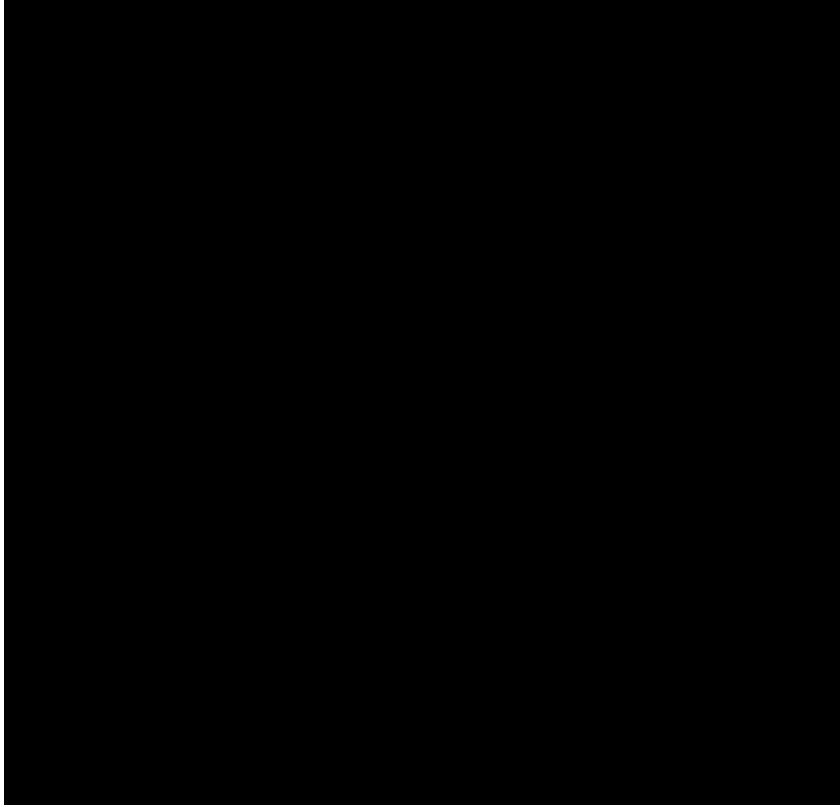
5.3.2.6. ÖRNEK

Bir ses yükseltecinin üst seviye sistem arıza gösterimi: Ana alt sistemler üst seviye kapının ve yükselteç sisteminin girdileridir.



Şekil 3 - Bir ses yükselteci için arıza ağacı






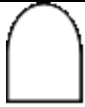
Genel arızaya en fazla katkıda bulunan dalın **Şekil 4**'te gösterilen dal olduğu görülmüştür.



Şekil 4 - Şekil 3'deki FTA'dan alınan dal

Arıza ağacının gösteriminde Tablo 4'de verilen semboller kullanılmıştır.

Tablo 4 - Arıza ağacının gösteriminde kullanılan semboller

FTA	Sembol adı	Tanım
	ÜST OLAY veya ARA OLAY	Sistem hatasını, alt sistem hatasını veya temel olay seviyesinden daha yüksek seviyeli hatayı tarif eden üst veya ara olay.
	TEMEL OLAY	Güvenilirlik bilgisi mevcut olan temel olay.
	GELİŞMEMİŞ OLAY	Sistemin geliştirilecek/tanımlanacak bir parçası.
	AKTARMA KAPISI	Sistemin bu parçasının şemanın başka bir bölümünde veya sayfasında geliştirildiğini gösteren kapı.
	VEYA KAPISI	Girdi olaylarından her hangi birisi meydana gelirse bu çıktı olayı meydana gelir.
	VE KAPISI	Girdi olaylarının hepsi meydana gelirse bu çıktı olayı meydana gelir.

Bu analiznin amacı yükselteç arızasının en muhtemel sebebini bulmaktır. Yükselteç arızasına en büyük katkıda bulunanın yükseltecin çıkışında hoparlöre bağlı elektrolitik kondansatör olduğu görülmüştür. Bu kondansatörün iç arıza oranından dolayı kısa devre olması mümkündür. Bunun sebebi tasarımda orijinal olarak seçilenden daha düşük gerilim seviyesine sahip bir kondansatörün fiziksel ebatlarının küçüklüğünden dolayı seçilmiş olmasıdır. Bunun için, sadece d.a. gerilim dikkate alındığında bu kondansatörün özellik bozulması %90 olmuştur. Dalgacık akımı kondansatörün arızalanmasına sadece katkıda bulunmuştur.

Her iki faktör kondansatörün orijinal arıza oranında merteye farkı kadar artışa yol açmıştır, zira yüksek özellik bozulması altında bile elektrolitik kondansatörün (1500 uF) ebadı küçük değildir. Bu kondansatör uygun beyan gerilimine sahip bir kondansatörle değiştirilmiştir. Tasarımda altı yerde bulunduğu için bu değiştirme sonucunda yükseltecin önceden belirlenmiş ömür beklentisi için arıza oranı ihtimali %20'den fazla oranda azalmıştır. Bu hata sebebi azaltma işlemi sistem güvenilirliğinde önemli bir iyileştirme değildir.

Burada, verilen işletme süresi için hesaplanan sistem yararlanılamazlığı, Q , aynı zamanda sistem arıza olasılığını, $F(t)$, temsil eder, çünkü onarım zamanları verilmemiştir.

Yukarıdaki örnekteki kapılar standard gösterim şekilleridir. Bunun tek istisnası alt sistemleri temsil eden kapılardır. Buradaki üçgen aktarma kapısını temsil etmekte olup kapıların daha sonra geliştirildiğini, etraflarındaki kare ise bunların her birinin ayrı bir sayfada gösterildiğini belirtir.

5.3.3. OLAY AĞACI ANALİZİ (ETA)

5.3.3.1. TARİF VE AMAÇ

Olay ağacı, bir olayın veya sistem arızasının başlatılmasıyla ilgili çeşitli muhtemel sonuçları ele alır. Bundan dolayı olay ağacı arıza ağacıyla verimli bir şekilde birleştirilebilir. Olay ağacının kökü arıza ağacının üst olayı olarak görülebilir. Bu kombinasyona bazen sebep sonuç analizi adı verilir. Burada FTA sebepleri, ETA ise başlatıcı olayın sonuçlarını analiz etmek için kullanılır. Başlatıcı olaydan sonra gelen bazı sonuçların ciddiyetini değerlendirmek için bütün muhtemel sonuç yolları belirlenmeli, araştırılmalı ve bunların meydana gelme olasılıkları tesbit edilmelidir.

5.3.3.2. UYGULAMA

Olay ağacı analizi; başlatıcı olayın sonucu olarak meydana gelen bütün muhtemel yolların, bunların sıralamasının ve meydana gelme ihtimali en yüksek olan sonucun araştırılması gerektiğinde kullanılır. Başlatıcı olaydan sonra, çeşitli sayıda ilk sonuç olayı meydana gelebilir. Belirli bir yolun (olaylar dizisinin) meydana gelme olasılığı o yoldaki bütün olayların şartlı olasılığının çarpımını temsil eder.

5.3.3.3. KİLİT ELEMANLAR

ETA uygulamasının kilit elemanları başlatıcı (başlatıcı olay), sonraki olaylar ve sonuçlardır.

5.3.3.4. FAYDALAR

Olay ağacının en önemli faydası bir olayın sonuçlarını değerlendirme imkanını vermesi, böylece meydana gelme ihtimali yüksek olan fakat istenmeyen bir olayın önlenmesini sağlamasıdır. Bundan dolayı, arıza ağacına ek olarak kullanıldığında olay ağacı analizi çok yararlı olur. Olay ağacı analizi arıza çeşidi analizinde bir araç olarak kullanılabilir. Analiz aşağıdan yukarıya doğru çalıştırıldığında, bir arızanın muhtemel sonuçlarını belirlemek için, bir olayın bütün oluşma yollarını (arıza çeşidini) takip eder.

5.3.3.5. KISITLAMALAR

Şartlı olasılıkların doğru şekilde kullanımı ve olay ağacındaki olayların bağımsızlığı konularında özel dikkat gösterilmelidir.

5.3.3.6. ÖRNEK

Basit bir olay ağacı örneği Şekil 5'te verilmiştir. Bu örnekte basit bir olayın, araba lastiği arızasının sonucu çeşitli muhtemel sonuçlara bakılarak değerlendirilmiştir.



Anahtar

A = Hasar ve yaralanma yok B = Hasar var, yaralanma yok

C = Sadece araba hasarı var, başka hasar yok

Şekil 5 - Olay ağacı

5.3.4. GÜVENİLİRLİK BLOK ŞEMASI ANALİZİ (RBD)

5.3.4.1. TARİF VE AMAÇ

Güvenilirlik blok şeması analizi (RBD) bir sistem analiz metodudur. RBD, sistemin mantıksal yapısının alt sistemler ve/veya bileşenler cinsinden grafik olarak gösterilmesidir. Böylece, blokların (alt sistemlerin ve/veya bileşenlerin) mantıksal olarak bağlı olduğu şekilde sistemin başarı yolları temsil edilebilir.

5.3.4.2. UYGULAMA

Blok şemalar Hizmet tanımlaması sürecinde ilk tamamlanan görevlerden biridir. Bunların ilk kavram geliştirmenin parçası olarak yapılması gerekir. Program tanımı oluşturulduğu zaman hemen bunlara başlanmalı, şartların analizinin bir parçası olarak tamamlanmalı, karar vermek ve takas yapmak için yeterli bilgiler geldikçe sürekli olarak daha detaylı seviyelere doğru genişletilmelidir.

5.3.4.3. KİLİT ELEMANLAR

RBD oluşturmak için çeşitli nitel analiz teknikleri kullanılabilir:

- Sistem başarısının tarifinin oluşturulması,
- Sistemin güvenilirlik analizinin amacına uygun olarak fonksiyonel bloklara ayrılması. Bazı bloklar sistem alt yapılarını temsil edebilir. Bunlar da başka RBD'ler tarafından temsil edilebilir (sistem küçültmesi).
- Nitel analizlerin yapılması. RBD'nin nitel olarak değerlendirilmesi için çeşitli metodlar kullanılabilir. Yapının cinsine bağlı olarak (küçültülebilir veya küçültülemez) basit Bool türü teknikler, doğruluk Tabloları ve/veya yol ve kesme

kümeleri analizi temel bileşen verilerinden hesaplanan sistem güvenilirlik ve yararlanabilirlik ölçülerinin tahmininde kullanılabilir.

5.3.4.4. FAYDALAR

- Çoğunlukla sistem fonksiyonel şemasından doğrudan çıkarıldığı için, yapısal yanlışlıkların ve/veya sistem güvenilirliğine ilişkin fonksiyonel yolların sistematik gösterimini azaltma avantajına sahiptir.
- Paralel, yedeklemeli, hazır yedekli ve alternatif fonksiyonel yollu konfigürasyonlar dahil olmak üzere çoğu sistem konfigürasyonu ile çalışmaya uygundur.
- Sistem performans parametrelerindeki değişiklikler açısından değişme ve takas analizlerini tam olarak yapabilir.
- En küçük mantıksal modelleri vermek üzere fonksiyonel olan (ve olmayan) yolların kolaylıkla (iki durumlu uygulamada) işlenmesine (örneğin Bool cebiri ile) imkan verir.
- Genel sistem güvenilirliğine baskın olarak katkıda bulunan malzemelerin hassas analizini yapabilir.
- Sistemin genel güvenilirlik ve yararlanabilirlik olasılık şartlarında değerlendirmesinin yapılması için model oluşturabilir.
- Sistemin tamamı için küçük ve kısa şemalar verir.

5.3.4.5. KISITLAMALAR

5.3.4.5.1. Belirli bir arıza analizini kendiliğinden vermez; yani sebep-etki yolları veya etki-sebep yolları özel olarak belirtilmez.

5.3.4.5.2. Şemadaki her eleman için olasılıklı performans modeli gerektirir.

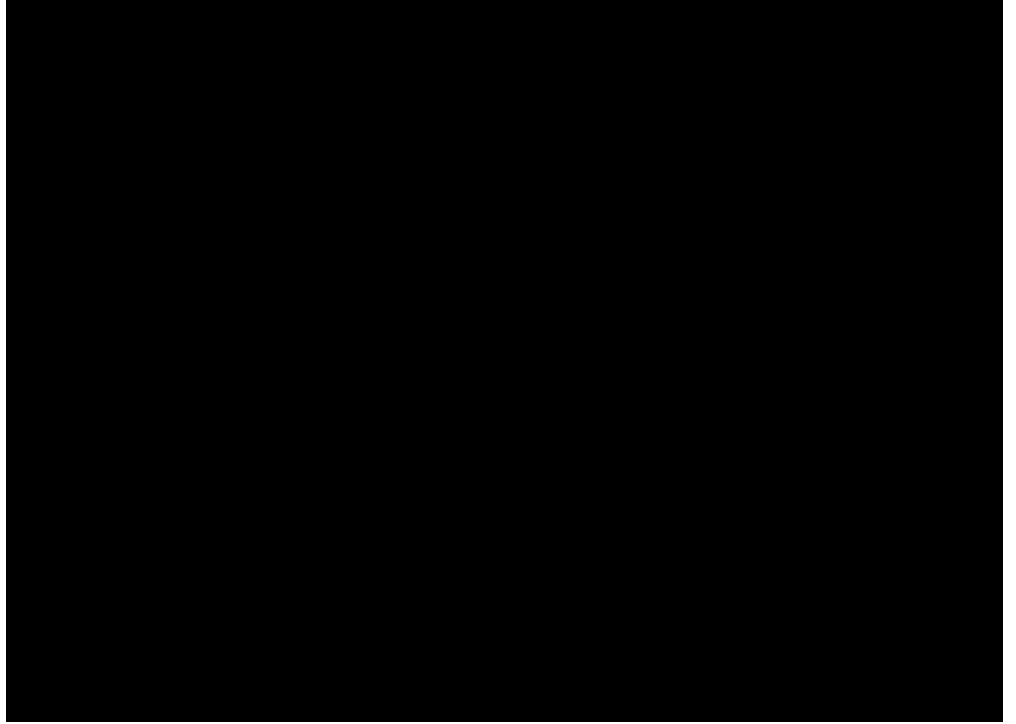
5.3.4.5.3. Analizcinin özel olarak tedbir almaması halinde, istenmeyen çıktıları göstermez.

5.3.4.5.4. Esas itibarıyla başarı analizine yöneliktir, karmaşık onarım ve bakım stratejileriyle veya genel yararlanabilirlik analiziyle verimli şekilde çalışmaz.

5.3.4.5.5. Genel olarak onarılması mümkün olmayan sistemlerle kısıtlıdır. [2]

5.3.4.6. ÖRNEK

Temel modeller (her blok diğerlerinden bağımsız olmalıdır) Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6 - Temel modeller

Şemada bir blokun birden fazla görüldüğü daha karmaşık modeller;

- Toplam olasılık teoremi,
- Bool türü doğruluk Tabloları kullanılarak değerlendirilebilir.

5.3.5. ARIZA ÇEŞİTLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)

5.3.5.1. TARİF VE AMAÇ

Arıza çeşitleri ve etkileri analizi (FMEA) özellikle malzeme, bileşen ve teçhizat arızalarıyla bunların bir üst seviyedeki fonksiyonel sistem üzerindeki etkilerini incelemek için uygun olan aşağıdan yukarıya bir nitel analiz metodudur. Bu adımın tekrarlamaları (tekli arıza çeşitlerinin belirlenmesi ve bunların bir üst seviyedeki sistem üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi) sonuçta bütün sistem tekli arıza çeşitlerinin belirlenmesini sağlar. FMEA farklı teknolojilere sahip basit yapıli sistemlerin (elektrik, mekanik, hidrolik, yazılım gibi) analizinde kullanılabilir. Arıza çeşitleri, etkileri ve kritiklik analizi (FMECA) arıza etkilerini meydana gelme olasılıklarını ve etkilerinin ciddiyetini nicelendirerek kritiklik analizini FMEA'ya dahil eder ve onu genişletir. Etkilerin ciddiyeti belirlenen bir ölçeğe referans yapılarak değerlendirilir.

5.3.5.2. UYGULAMA

FMEA veya FMECA genellikle bir programda Hizmet veya proses geliştirme faaliyetinin erken safhalarında bir risk seviyesi beklendiği zaman yapılır. Dikkate alınabilecek faktörler yeni teknolojiler, yeni prosesler, yeni tasarımlar veya çevrede, yüklerde ve yönetmeliklerde meydana gelebilecek değişikliklerdir. FMEA veya FMECA Hizmetleri, prosesleri veya imalat teçhizatını oluşturan bileşenlere veya sistemlere uygulanabilir. Yazılım sistemlerine uygulanması da mümkündür.

5.3.5.3. KİLİT ELEMANLAR

FMEA veya FMECA analizi genel olarak aşağıdaki adımları izler:

- Sistemin bileşeninin nasıl performans göstermesi gerektiğinin belirlenmesi,
- Muhtemel arıza çeşitlerinin, etkilerinin ve sebeplerinin belirlenmesi,
- Arıza çeşitleriyle ve etkileriyle ilişkili riskin belirlenmesi,
- Riskin ortadan kaldırılması veya azaltılması için tavsiye edilen işlemlerin belirlenmesi,
- Tavsiye edilen işlemlerin kapatılması için gereken takip işlemleri.

5.3.5.4. FAYDALAR

- Sebep ve etki ilişkilerini sistematik olarak belirler.
- Kritik olması ihtimali olan arıza çeşitleri, özellikle yayılması mümkün olan tekli arızalar ile ilgili ilk işaretleri verir.
- Belirli sebeplerden veya başlatıcı olaylardan kaynaklanan ve önemli olduğu düşünülen sonuçları belirler.
- Riski azaltmak için gerekli tedbirleri belirlemek için bir çerçeve sağlar.
- Yeni veya denenmemiş sistemler ve proseslerin ön analizi için kullanışlıdır.[4]

5.3.5.5. KISITLAMALAR

- Çıktı verileri oldukça basit sistemler için bile çok büyük olabilir.
- Sebep ile etki arasında oldukça doğrudan bir ilişki (veya “tek zincir”) yoksa çok karmaşık ve yönetilmesi imkansız hale gelebilir.
- Zaman dizileriyle, yenileme prosesleriyle, çevre şartlarıyla, bakım konularıyla kolaylıkla başa çıkamayabilir.
- Çeşit kritikliğine öncelik verilmesi ilgili faktörlerin rekabetinden dolayı karmaşıktır.

5.3.5.6. ÖRNEK

Arıza çeşidi ve etkileri analizinin bir örneği **Tablo 5**'te verilmiştir.

Tablo 5 - FMEA örneği

Girinti seviyesi: Sayfa no: Görev safhası					Tasarımı yapan: Malzeme: Revizyon:				Hazırlayan:Efari Bahçevan Onaylayan: Tarih:			
Malzeme ref	Malzeme tanımı /fonksiyonu	Arıza giriş kodu	Arıza çeşidi	Muhtemel arıza sebepleri	Belirti	Lokal etki	Birim çıkışına etki	Arızaya karşı telafi tedbirleri	Cidd sınıf	Arıza oranı	Veri kaynağı	Tavsiyeler ve yapılan işlem
1.1.1	Motor statoru	1111	Açık devre	Sarım çatlığı	Düşük hız sertliği	Düşük güç	Kesme	Tek fazlı koruma sıcaklık kesmesi	4			
		1112	Açık devre	Bağlantı çatlığı	Düşük hız sertliği	Düşük güç	Kesme	Tek fazlı koruma sıcaklık kesmesi	3			
		1113	Yalıtım bozulması	Kalıcı yüksek sıc. imalat hatası	Koruma sistemi	Aşırı yüklenme	Çıkış yok	Yıllık muayene sıcaklık kesmesi	4			
		1114	Termistör açık devre	Yaşlanma, bağlantı çatlığı	Koruma sistemi	Yok	Çıkış yok	Yedek takılması	3			Bir yedeğin dış muhafazaya bağlanması tavsiyesi
		1115	Termistör kesme	Koruma sistemi	Koruma sistemi	Kesme marjının azalması	Yük fazla ise çıkış yok	Yedek takılması sıcaklık kesmesi	3			Bir yedeğin dış muhafazaya bağlanması tavsiyesi
1.1.2	Motor soğutma sistemi	1121	Yetersiz soğutma	Tıkanma, fark basıncı azalması	Stator sıcaklığı yüksek, termistör	Aşırı sarım sıcaklığı	Aşırı motor sıcaklığı	Sıcaklık kesmesi stator	2			
		1122	Atmosfere kaçak	Boru bağlantısı	Motor sıcaklığı	Yetersiz motor soğutması	Aşırı motor sıcaklığı	Sıcaklık kesmesi 2 saatte bir kontrol	2			
		1122	Atmosferden kaçak	Boru bağlantısı	Düşük çıkış	Sistemde hava	Yok	2 saatte bir kontrol	2			
1.1.3	Motor yatağı	1131	Conta dış kaçağı	Yatak aşınması	Yağ seviyesi düşük	Yağ kaybı	Yok	Günlük kontrol	3			

5.3.6. TEHLİKE VE İŞLETİLEBİLİRLİK ÇALIŞMASI (HAZOP)

5.3.6.1. TARİF VE AMAÇ

HAZOP etüdü bir ekip tarafından yapılan detaylı bir tehlike ve işletilebilirlik problem tanımlama prosesidir. HAZOP, tasarımın amacından muhtemel sapmaların belirlenmesiyle bunların sebeplerinin araştırılmasıyla ve sonuçlarının değerlendirilmesiyle ilgilenir.

HAZOP'un temeli, tasarımın amacından sapma durumunu araştırmak için kullanılan “kılavuz kelime incelemesi”dir. Tasarımın amacı bir sistem, sistem elemanları ve karakteristikleri için tasarımcının istediği veya belirttiği davranıştır. İncelemeyi kolaylaştırmak için sistem, her bölümü için tasarım amacının yeterli şekilde tanımlanabileceği bölümlere ayrılır. Sistemin her bölümü için tasarım amacı bölümün gerekli özelliklerini veren ve doğal bölümlerini temsil eden elemanlar cinsinden ifade edilir. Elemanlar bir prosedür içindeki ayrı adımlar veya kademeler, bir kontrol sistemindeki münferit işaretler ve teçhizat malzemeleri, bir proses veya elektronik sistemdeki teçhizat veya bileşenler, vb olabilir.

Tasarımın amacından sapma önceden tesbit edilmiş olan “kılavuz kelimeleri” kullanarak yapılan bir sorgulama prosesiyle belirlenir. Kılavuz kelimelerin rolü yaratıcı düşünceyi harekete geçirmek, çalışmaya odaklanmak, fikirleri ve tartışmaları ortaya çıkarmak, böylece çalışmanın tamlığını sağlamaktır. Kılavuz kelimeler ile bunların anlamları Tablo 6 ve Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 6 - Temel kılavuz kelimeler ve bunların anlamları

Kılavuz kelime	Anlamı
Yok veya Değil	Tasarım amacının tamamen reddi
Daha fazla	Nicel artış
Daha az	Nicel azalış
Bununla beraber	Nitel değişiklik/artış
Parçası	Nitel değişiklik/azalış
Tersi	Tasarım amacının mantıksal tersi
Başka	Tam olarak yerine koyma

Tablo 7 - Saate göre ve sıralama ilgili ek kılavuz kelimeler ve bunların anlamları

Kılavuz kelime	Anlamı
Erken	Saate göre
Geç	Saate göre
Önce	Sıralama veya diziye göre
Sonra	Sıralama veya diziye göre

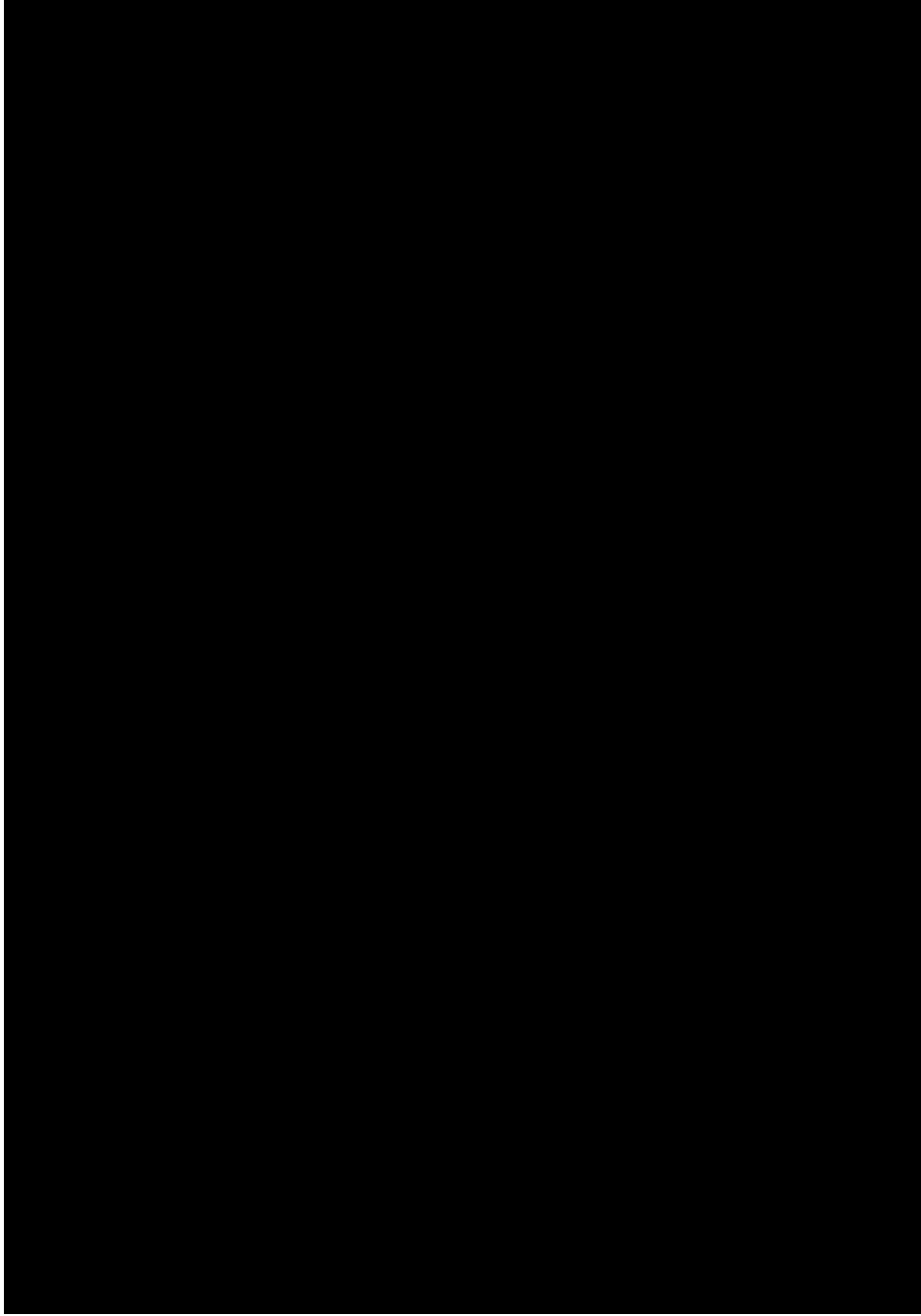
5.3.6.2. UYGULAMA

HAZOP, detaylı tasarımın sonraki safhalarında veya mevcut tesislere değişiklik yapıldığında işletme kolaylıklarını incelemek için çok uygundur. HAZOP etüdünü yapmak için en iyi zaman tasarımın dondurulmasından hemen öncedir.

5.3.6.3. KİLİT ELEMANLAR

- İnceleme yaratıcı bir prosestir.
- İnceleme, tasarımın amacından sapmayı belirlemek üzere önceden tesbit edilmiş olan kılavuz kelimeleri kullanarak yapılan bir sorgulama ile devam eder. Bu sapmalar ekip üyelerini sapmanın nasıl meydana gelebileceği ve sonuçlarının neler olabileceği konularında uyaracak tetiklemeler olarak kullanılır.
- İnceleme, eğitimli ve tecrübeli bir çalışması başkanının yönetiminde yapılır. Çalışma başkanı mantıksal ve analitik düşünce ile çalışması edilmekte olan sistemin kapsamlı olarak incelenmesini sağlamalıdır.
- İnceleme için çeşitli disiplinlerden gelen, uygun becerilere, tecrübeye, sezgi ve muhakemeye sahip uzmanların olması gerekir.
- İnceleme olumlu düşünce ve açık tartışma ortamı içinde yapılmalıdır. Bir problem tesbit edilince daha sonra değerlendirilmek ve çözümlenmek üzere kaydedilmelidir.
- Tesbit edilen problemlere çözüm bulunması HAZOP'un esas amaçlarından değildir. Fakat, bu işlem yapılırsa tasarımdan sorumlu olanların değerlendirmesi için kaydedilmelidir.

HAZOP çalışması **Şekil 7**'de gösterildiği gibi dört temel adımdan meydana gelir:



Şekil 7 - HAZOP çalışması prosedürü

5.3.6.4. FAYDALAR

- Her biri çalışması edilmekte olan sistemin farklı bir yönünü bilen bir grup uzmanın bilgi ve becerilerinden faydalanır.
- Sistemde çeşitli seviyelerdeki sapmaların hem sebeplerini hem de sonuçlarını bulmakta verimli olarak kullanılabilir.
- Akış şemasıyla gösterilebilen proseslerin gözden geçirilmesi için uygundur.
- Elde edilen bilgi uygun düzeltici işlemlerin belirlenmesinde çok yararlı olur.

5.3.6.5. KISITLAMALAR

HAZOP çalışması çeşitli sanayi dallarında çok yararlı bulunmuş olmakla beraber bu tekniğin de bazı kısıtlamaları vardır ve uygulamaya geçmeden önce bunların dikkate alınması gerekir:

- HAZOP, bir sistemin bölümlerini münferit olarak ele alan ve her bölüm üzerinde sapmaların etkilerini sistematik olarak inceleyen bir tehlike belirleme tekniğidir. Bazen ciddi bir tehlike sistemin çeşitli bölümlerinin etkileşimlerini içermeyebilir. Böyle durumlarda olay ağacı ve arıza ağacı analizleri gibi teknikler kullanılarak tehlikenin daha ayrıntılı olarak çalışmasının yapılması gerekebilir.
- Tehlike ve işletilebilirlik problemlerini inceleyen bütün tekniklerde olduğu gibi bir HAZOP etüdünde bütün muhtemel tehlikelerin ve işletilebilirlik problemlerinin belirleneceğine dair bir garanti yoktur. Bundan dolayı, karmaşık bir sistemin etüdü sadece HAZOP'la sınırlı kalmamalıdır. Bu teknik diğer uygun tekniklerle birlikte (arıza ağacı analizi gibi) kullanılmalıdır.
- Bir çok sistemde çok sayıda ara bağlantılar vardır. Bunlardan birinde sapma olması halinde diğerlerinin etkilenmesi mümkündür. Yeterli lokal azaltmalar gerçek sebebi ortadan kaldıramayabilir ve kazaların oluşmasına engel olamayabilir.
- Bir HAZOP etüdünün başarısı büyük ölçüde çalışması başkanının kabiliyet ve tecrübesi ile ekip üyelerinin bilgi, beceri ve etkileşimlerine bağlıdır.
- HAZOP sadece tasarım gösteriminde görünen bölümleri, bunların elemanlarını ve karakteristiklerini ele alır. Gösterimde görünmeyen faaliyetler ve işletmeler dikkate alınmaz.

6. UYGULAMA 1

6.1. BALIK KILÇIĞI METODU İLE ANALİZ

Nitel analizde en etkin kullanılan yöntemlerden biri olan Balık Kılçığı Yöntemi, 1981 Yılında meydana gelen Hilton Oteli'nde asma katın çökmesi nedeniyle çok sayıda insanın ölümüyle sonuçlanan kazanın incelenmesi neticesinde hatalı bağlantı kullanıldığı yerel makamların yazdığı rapor ile ortaya konmuştur. Aşağıda bu bağlantı hatası üzerinden yola çıkılarak Balık kılçığı metodu ile olayın analizi yapılacaktır.

1943 Yılında Japon bilim adamı ve akademisyen İshikawa Amerika'da Deming ve Juran ile tanıştıktan sonra Amerika'da kullanılmıştır. Girdiler ile çıktılar arasında uzman bir takımın fikirleri alınarak ilişki kurulmaya çalışılır.

Burada girdileri ortaya çıkarmak için;

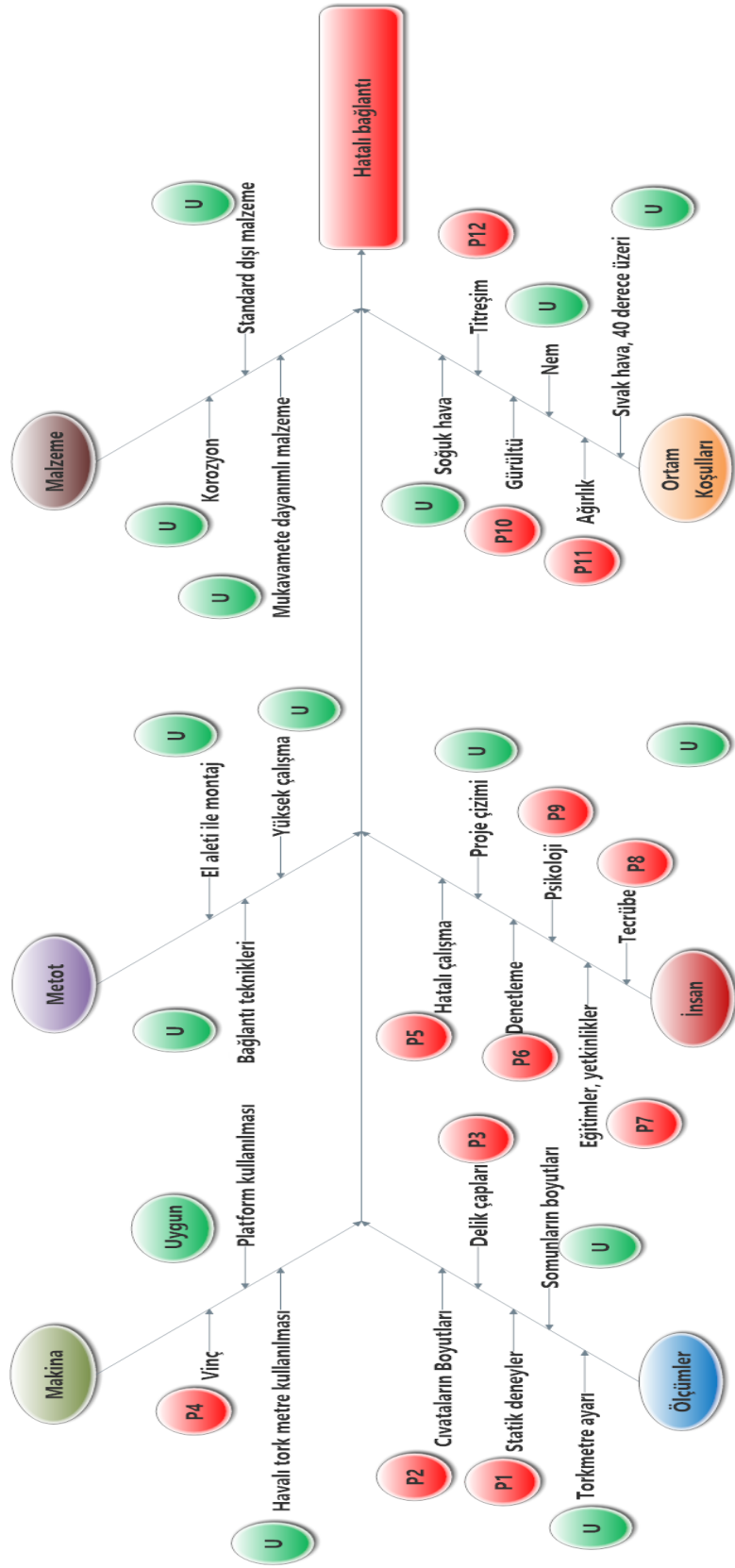
Beyin fırtınası,

Beş (5) neden analizi, ... yapılarak girdiler ortaya çıkartılır. Bu çalışma işi yapan ekiple birlikte gerçekleştirilir.

Asgari ekip üyeleri;

1. Sistem Yöneticisi,
2. Ekip lideri, (Şantiye şefi)
3. İnşaat Mühendisi,
4. Usta veya İlk amir,
5. Çalışan,

Yapılan çalışma sırasında beyin fırtınası devam ettiği süresince 5 neden analizi ile birlikte kullanılır. Alınan her türlü fikir tereddütsüz bir şekilde kayıta geçer. Daha sonra birbirlerine uyumlu yada uyumsuz fikirleri aynı anda irdeleyerek masadan tek bir karar kalkmayı amaçlar. Ekibin aldığı ortak karar uygulanır. Ortaya çıkan her türlü problemde uygulanabilir. Her bir kemik potansiyel girdiyi ifade eder. Süreçler temel olarak 6 girdiden oluştuğu düşünülür. Elde edilen girdileri grupla birlikte hataların sonuca etkileri Uygun(U-Hatasız) ve Problem (P-Hatasebebi) alındığında her bir olası hata sebebi ortaya konmuş olur.



Şekil 8 Balık Kılıçığı Modelinin Örnek Uygulaması

Birden- on ikiye kadar numaralandırılmıştır. Hataya neden olan sebepler tabloda değerlendirilmiştir.

Tablo 8 - Balık Kılıçığı Sonuç Modellemesi

NO	Tanımlar	Hatanın Nedenleri	Karşı Önlemler	Sorumlusu	Termin Tarihi	Takip Süreci
P1	Statik Deneyler	Binanın katlarının ve eklentilerinin proje aşamasında yeterli ve/veya doğru yük taşıma kapasitelerinin statik deneylerinin en yüksek yük taşıma kapasitesine göre statik deneylerinin yapılmaması.	Binanın projelendirilmesi aşamasında taşıyabileceği tüm yükler en üst sınırlar düşünülerek laboratuvar ortamında test edilmeli projenin uygulama aşamasında proje uygunluğu sürekli denetlenmeli.	Proje Müdürleri, Şantiye Şefleri, Denetçiler	Proje başlangıcından işin bitimine kadar.	Ölçümler, denetlemeler.
P2	Cıvataların Boyutları	Bina eklenti noktalarında kullanılacak cıvataların projede belirtilen yükü taşıyacak malzeme, sağlamlık ve boyutta olmaması.	Projelendirme aşamasında kullanılacak tüm cıvataların uygun malzeme, sağlamlık ve boyutta yapıldığının laboratuvar ortamında test edilmeleri, inşaa aşamasında üretici firmadan bütün cıvataların bilgisayar kodlama sistemiyle kodlanıp etiketlenerek ve/veya malzemelerin sınıflanıp tasniflenerek doğru yerde doğru şekilde kullanılması için bir çalışan görevlendirilmeli.	Proje Müdürleri, Şantiye Şefleri, Denetçiler, Malzemelerden Sorumlu Çalışanlar.	Proje başlangıcından işin bitimine kadar.	Ölçümler, denetlemeler.
P3	Delik Çapları	Bina eklenti noktalarında kullanılacak cıvataların gireceği ve her bir cıvata için tanımlanmış uygun çapta deliklerin olmaması.	Bina proje aşamasında kullanılacak cıvatalar için kullanılacak deliklerin boyutları belirlenmeli montajın fiziki olarak zor olabileceği yerler önceden belirlenip ilgili parçaların tedarikçilerinden doğru delik çapları belirtilmiş ve delikler açılmış şekilde temini sağlanmalı her bir parçanın kontrolü malzeme kabul aşamasında kontrolden sorumlu bir işçi tarafından kontrol edilip onaylandıktan ve teslim belgesi işlendikten sonra teslim alınmalı.	Proje Müdürleri, Şantiye Şefleri, Denetçiler, Malzemelerden Sorumlu Çalışanlar.	Proje başlangıcından işin bitimine kadar.	Ölçümler, denetlemeler.

P4	Vinç	Vinci başka operatörün kullanması	Vinci başka operatörün kullanmaması için Akıllı kart sistemi (ATM'lerde olduğu gibi pinli sistem)	Proje Müdürleri,	Projeye başlamadan	Ölçümler, denetlemeler.
P5	Hatalı Çalışma	Bina projelendirme ve/veya inşaa aşamalarında ilgili ülkenin iş kanunların emrettiği şekilde çalışanların;çalışma süreleri,teknik bilgi ve teknik yeterlilikleri,işe uygunluk,yapılan işe göre alınması gerekli olan iş güvenliği tedbirlerine uymamaktan kaynaklanabilecek hatalı çalışmalar.	İnşaat alanında işe başlamadan önce ve her yeni iş aşamasında yapılacak işlerle ilgili çalışanlar için bilgilendirme toplantıları,iş akış şeması,iş güvenliği eğitim toplantıları düzenlenmeli,konu ile ilgili ölçme ve değerlendirme sınavları yapıp belgelendirilmeli.	İ.K.,Denetçiler,İSG Uzmanı,İşyeri Hekimi,Ustabaşları,Formenler	Proje başlangıcından işin bitimine kadar.	Denetlemeler,eğitimler.
P6	Denetleme	Bina projelendirme ve/veya inşaa aşamalarında ilgili ülkenin kanunlarına uygun ve kanunun belirttiği şekilde proje müdürlerinin,şantiye şeflerinin,formenlerin,ustabaşlarının,ustaların,işçilerin ve varsa alt işverenlere bağlı tüm çalışanlarla kendi nam ve hesabına bağlı çalışanların hem sorumlu denetçiler tarafından hemde birbirlerini denetlemek suretiyle,işin	İşin proje aşamasında proje teknik,statik ve iş yapım süreçlerine uygunluğu bağımsız denetçilerce incelenmeli uygunluk raporu alınmalı.İnşaat süresince yapımda kullanılacak her türlü malzemenin işe uygunluk belgeleri,iş süreçlerinin iş güvenliği tedbirlerine uygunlukları,işin akış şemasına uygunlukları,çalışanların sağlık ve teknik uygunlukları belgelendirilip işverence atanacak denetçilerle,bağımsız denetçiler tarafından sürekli denetlenmeli hatalar kayıt altına alınıp gerekli uyarılar derhal yapılmalı.	Bağımsız Denetçiler,Proje Müdürleri,Şantiye Şefleri,İSG Uzmanı	Proje başlangıcından işin bitimine kadar.	Denetlemeler,eğitimler.

		yapımı,yapılan işin projeye uygunluğu,işin iş akış şemasına uygunluğu konularından biri veya birkaçında meydana gelmiş olabilecek eksikliklerin denetleme zaafiyetine bağlı olarak tesbit edilememesi.				
P7	Eğitimler, Yetkinlikler	Bina projelendirme ve inşaatı sırasında çalışacak ve denetleyecek olan tüm çalışanların yaptıkları işe uygun olduklarını belirtir belge ve sertifikaları ile iş deneyimlerinin yeterli olduğunu gösterir tüm evraklar ile,işlerin yapımı öncesi ve esnasında işe uygun teknik,iş güvenliği,iş akış şeması ile ilgili eğitimlerin,belgelerin,bilgilendirmenin eksik,yetersiz veya hiç verilmemiş olması.	İşe başlanmadan önce ve işin her yeni aşamasında yapılacak işlerle ilgili çalışanları bilgilendirme toplantıları,iş akış şeması,iş güvenliği eğitimleri,yapılacak işe göre kişilerin yetkinlikleri değerlendirilmeli ve buna göre eğitim toplantıları düzenlenmeli,konu ile ilgili ölçme ve değerlendirme sınavları yapıp belgelendirilmeli.	İ.K.,Denetçiler,İSG Uzmanı,İşyeri Hekimi,Ustabaşları,Formenler	Proje başlangıcından işin bitimine kadar.	Denetlemeler,eğitimler.
P8	Tecrübe	Bina projelendirme ve/veya inşaa aşamalarında çalışmış olan tüm çalışanların yaptıkları işe uygun tecrübelerinin eksikliği.	İnsan kaynakları departmanının işe uygunluk ve yeterlilik belgesi olan kişileri işe alması.Bunun için işe alım prosedürlerinin açık ve net yazılmış olması,şirket içi işe alım proseslerinin ve politikaların oluşturulmuş ve sürekli güncellenir biçimde olması gereklidir.	İnsan Kaynakları	Proje başlangıcından işin bitimine kadar.	Denetlemeler,eğitimler.

P9	Psikoloji	Binanın projelendirilmesi ve/veya yapımı sırasında bulunan tüm çalışanların işe veya sosyal hayatlarına bağlı olarak meydana gelmiş olabilecek psikolojik sorunlarının varlığı ve bunun tesbitinin yapılması ile ilgili zaafiyetler.	İşçilerin işe alınmadan önce insan kaynakları departmanı ile işbirliği içinde işyeri hekimi veya yetkili bir sağlık kuruluşu tarafından psikolojik testlerinin yapıp sağlık durumlarının belirlenmesi,işin yürütümü sırasında işçilerin işe bağımlılığını sürekli kılmak için ödül ve ceza sistemlerinin,motivasyon artırıcı etkinliği kanıtlanmış uygulamaların şirket politikaları içinde yer alması sağlanmalı ve bunlar açık ve net biçimde tüm çalışanlara anlatılmalıdır.İşin yürütümü sırasında işveren vekillerince işçiler sürekli gözlem altında olmalı uygunsu işyerinde psikolojik danışmanlık almaları için bir birim oluşturulmalıdır.	İşyeri Hekimi,İK,Proje Müdürleri,Şantiye Şefleri,Ustabaşlar,Formenler	Proje başlangıcından işin bitimine kadar.	Sağlık raporları,gözlemler,eğitimler.
P10	Gürültü	Hatalı bağlantının yapımı sırasında ortam gürültü seviyesinin işi yapan kişilerin birbirleri ile sözlü iletişimini olumsuz etkileyecek şekilde yüksek olması.	İşyerinde gürültü ölçümleri sürekli ve düzenli olarak yapılmalı,gürültü kaynakları ya ortamdan kaldırılmalı,kaldırılmıyorsa daha az gürültülü olan makine,yöntem veya süreçle değiştirilmeli ayrıca çalışanlara gerektiğinden kullanmaları için kulak koruyucu verilmeli,gürültülü ortamda iletişim kurulması gerekiyorsa bunun için ortak bir işaret dili geliştirilip tüm çalışanlara eğitimi verilmeli ya da teknolojik gelişmeler takip edilerek gürültülü ortamda kullanabilecekleri teknik ekipmanlar temin edilmeli veya gürültü ortamda çalışmalar için özel,ortam şartlarına uygun,kişilere yaptırımı olan kesin süreçler oluşturulmalıdır.	Proje müdürleri,İSG Uzmanı,İşyeri Hekimi	İnşaatın yapım süreci boyunca	Denetlemeler,eğitimler.

P11	Ağırlık	Binanın inşasından sonra kullanıma açılmasıyla hatalı bağlantının yapıldığı asma katın taşıyabileceği yükten daha fazlasının ortama konan malzeme ve taşıyabileceği toplam insan ağırlığının üstünde bir yüke maruz kalması sebebiyle çökmesi.	Bina inşaatı tamamlandıktan sonra, işi teslim alacak olan işletmecilere, asma katların ve diğer tüm kullanım alanlarının ne kadar yüke dayanabileceği yazılı olarak bildirilmelidir.	Binayı işleten işyeri sahipleri	Binanın kullanılıp işletileceği tüm süre boyunca	Bina teslim raporları.
P12	Titreşim	Binanın kullanıma açılması ile hatalı bağlantının bulunduğu asma katta yapılan eğlence sırasında çok sayıda insanın hareketlerine bağlı meydana gelmiş olabilecek titreşimin hatalı bağlantı elemanının gevşeyip yükü taşıyamaz hale gelmesine ve çökmesine sebep olması.	Bina inşaatı bittiğinde işi teslim alacak olan işletmecilere asma katın ne kadarlık bir titreşime dayanabileceği yazılı olarak bildirilmelidir.	Binayı işleten işyeri sahipleri	Binanın kullanılıp işletileceği tüm süre boyunca	Bina teslim raporları.

1981 yılında ABD'nin Kansas Eyaleti'nde yapımı biten Hilton Oteli'nin kullanımı sırasında meydana gelen ve inşaat sırasında hatalı bağlantı kullanımı nedeniyle meydana gelen çok ölümlü bu kaza iş güvenliğinin etkin uygulanmasının yanı sıra birçok bilim disiplininin doğru ve bir arada kullanılmasıyla engellenebilir, öngörülebilir ve çözümlenebilir bir kaza olması nedeni ile daha da acı verici bir olaydır.

Yukarıdaki tablolarda çözümlenmesi yapılmış olan bu kaza daha bina proje aşamasında iken öngörülebilir doğru projelendirme, teknik ve statik deneylerin yapılmasıyla engellenebilir olduğu görülmektedir. Projenin yapımı sırasında asma katın bağlantı noktalarının hatalı olduğu uygulayıcılar, projelendirenler veya denetçiler tarafından fark

edilebilecek bütün bu bileşenlerin işlerini dikkatli yapmaları halinde hata ya düzeltilecek, düzeltilemeyecek bir noktada ise işin sonuçları düşünülerek binanın yapımından vazgeçilerek insan hayatı kaybı engellenebilecektir. Burada elde edilen veriler nicel (sayısal) analiz yöntemlerine kaynak oluşturmakta ve parça ve insan hataları düşünülerek sistemin güvenilirlik derecesi tespit edilebilirdi.

Bütün bunlara rağmen iş bitirilip sahibine teslim edilse bile binanın teslimi sırasında kullanıcılara asma katın yük taşıma kapasitesi ve titreşim dayanım ölçümleri ile diğer kullanıma yönelik teknik bilgiler yapımcı firma tarafından rapor haline getirilip sunulmuş olsaydı, işletmeci asma katın kullanımı konusunda çok daha dikkatli davranıp bu kazaya sebep olmazdı.

Bu kazadan yola çıkarak her proje için daha proje çiziminden başlanıp işin bitip teslim edilme sürecine kadar insan, metot, makine, ortam, ölçüm ve malzemelerin kullanımı için bir toplam bir proses geliştirilip tüm bunların etkin bir biçimde uygulanabildiği yeni modellere ihtiyaç olduğu ortaya çıkmaktadır.

6.1.1. İNSAN GÜVENİLİRLİK ANALİZİ (HRA)

6.1.1.1. TARİF VE AMAÇ

İnsan güvenilirlik analizi, daha genel olan insan faktörleri analizinin bir alt görevidir. İnsan faktörleri analizi insanlarla makineler arasındaki fonksiyonlar, görevler ve kaynakların atanması ile insan güvenilirliği için kullanılan genel isimdir. İnsan faktörleri analizi kendi başına bir disiplin değildir. İnsanların ve makinelerin güvenilirlik performansı göstermeleri gereken problem sahalarına çeşitli disiplinlerin uygulanmasını sağlar. Psikoloji, fizyoloji, sosyoloji, tıp ve mühendislik disiplinlerini içine alır.

İnsan faktörleri analizinin özel bir amacı sistemin çalışmasında insan güvenilirliğini etkileyebilecek faktörleri değerlendirmektir. Buna çoğu zaman insan güvenilirlik analizi adı verilir. İnsan/makine sistemlerinin başarısı için güvenilir insan performansı gereklidir ve bu performansı birçok faktör etkiler. Bunlar stres, duygusal durum, eğitim, motivasyon ve tecrübe gibi iç faktörler veya çalışma saatleri, ortam, gözetmenlerin davranışları, prosedürler ve donanım ara yüzleri gibi dış faktörler olabilir.

6.1.1.2. UYGULAMA

İnsan faktörleri perspektifinin en etkin uygulaması tasarımdan eğitime, işletmeye ve elden çıkarmaya kadar sistem geliştirmenin bütün safhalarına aktif olarak dahil edilmesidir. Odaklanma, genel sistem hususlarından (işletme yönetimi dahil) en alt işletme seviyesindeki tek bir kişinin etkileşimine kadar değişiklik gösterir.

Prensip olarak, insanlar tarafından yapılan her görev insan hatası için bir fırsatı temsil eder. Bütün bu görevlerin güvenilir şekilde yapılması gerekir. Bu görevleri belirledikten sonra, bunların her biri operatörün başarısız olmasına sebep olabilecek, hata ihtimali yüksek durumları tesbit etmek üzere analiz edilmelidir. Bu işlem insan görevleri için bir çeşit FMEA'ya ve Balık Kılçığındaki sonuç modellemesine benzetilebilir.

Bu görevler çoğunlukla her biri için bir olay ağacı oluşturularak değerlendirilir. Olay ağacı, görev analiz bilgilerini verir ve arızaların kombinasyonunu nicel olarak değerlendirmek için gerekli planı belirler.

6.1.1.3. KİLİT ELEMANLAR

İnsan güvenilirlik analizinin tipik elemanları aşağıda listelenmiştir:

- Personelin, iş ortamının ve yapılan görevin tarifi,
- İnsan/makine ara yüzlerinin analizi,
- Amaçlanan operatör fonksiyonlarının görev analizinin yapılması,

- Amaçlanan operatör fonksiyonu için insan hatası analizinin yapılması,
- Sonuçların dokümante edilmesi.

6.1.1.4. FAYDALAR

Kazaların ve üzücü olayların analizi insan/makine sistemlerinin güvenilebilirliği için kilit faktörün insan performansı olduğunu göstermiştir. İnsan faktörleri ihmal edilirse, bir sistemin güvenilebilirlik tahminleri tamamen yanıltıcı olabilir. İnsan güvenilirlilik analizi hizmetin/işin/prosesin kullanılabilirliğine katkıda bulunur.

6.1.1.5. KISITLAMALAR

İnsan güvenilirlilik analizinin bir sisteme uygulanabilmesi için insan performans parametrelerinin ayrıntılı olarak bilinmesi gerekir.

Özellikle, konunun geçmişi hakkında veri mevcut değilse nicel analiz insan hataları ihtimallerinin sübjektif tahminine dayanması gerekebilir.

İnsan faktörleri analizi genellikle güvenilirlilik mühendisliğinin bir parçası olarak kabul edilmez. Bundan dolayı bazı proje yöneticilerini insan faktörleri analizini veya insan güvenilirlilik analizini başlatmaya ikna etmek bile çok zordur. [3]

6.2. UYGULAMA 2

Balık Kılıçığı metodu ile yapılan uygulamanın P4 olarak tanımlanan vinç önleminin güvenilirlilik derecesini tespit etmek için örnek bir uygulama olarak;

Bir sistemi, örneğin bir vinç, çalıştırmak için kullanılan anahtar bir akıllı kartla (her hangi bir sebeple) değiştirilecektir. Bu çözüm otomatik para çekme makinelerinin (ATM) çeşitli modellerinde kullanılmaktadır. Bu değişikliğin sistemin yararlanabilirliği (önceki çözüme göre) üzerindeki (göreceli) etkisi tahmin edilecektir.

Adım 1: İnşaat alanlarının özel bir ortam olduğundan vinç operatörü, bir vincin çalıştırılmasında sistemle etkileşim ele alınır.

Sürücünün görevleri, kendisini tanıtmak için akıllı kartını takmak ve PIN kodunu girmektir.

Adım 2: Bu ara yüz ATM'lerden dolayı iyi bilinmektedir. Ara yüz bir akıllı kart okuyucusu, bir ekran ve PIN kodunu girmek için kullanılan bir klavyeden ibarettir.

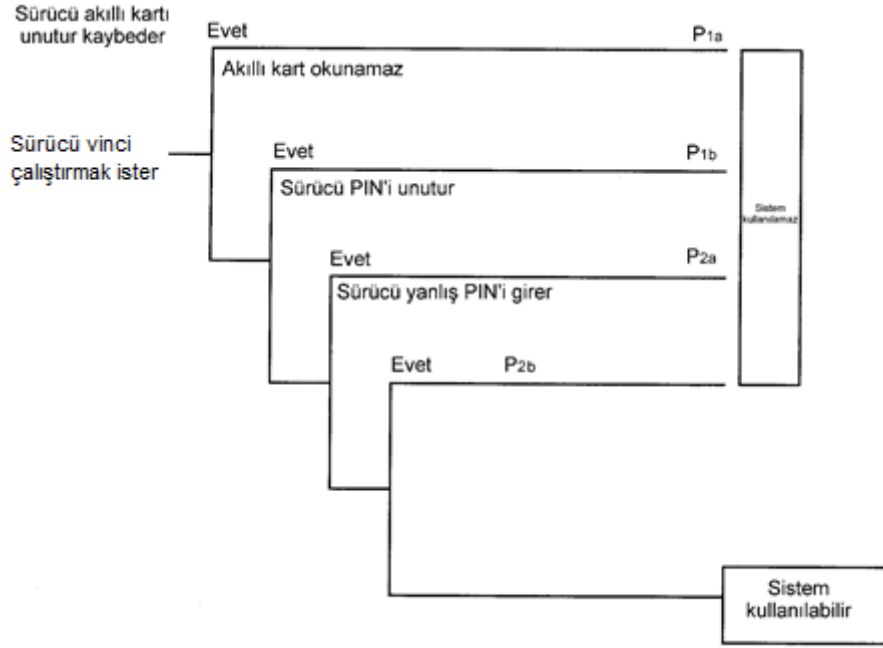
Adım 3: Görev 1 akıllı kartı takmak olarak tanımlanır. Görev 2 doğru PIN kodunu girmek olarak tarif edilir. Adım 4: Beklenen insan hataları Tablo 9'da verilenler olabilir (Hataların tamamını içermeyebilir).

Tablo 9 - Beklenen insan hataları

Görev	İnsan hatası	Sebebi	Tedbirler
a)	1) Sürücü akıllı kartı unutmuş veya kaybetmiştir	i) Kartı saklamak için uygun olmayan usullerin kullanılması	Uygun saklama usulünün sağlanması veya sürücünün kabul edeceği bir muhafazanın temin edilmesi.
		ii) Dikkatsizlik	Bunun işletmeye etkisinin olmamasını sağlamak için (örneğin iş gününün başlangıcında) kontrollerin uygulanması. Böyle durumlar için her yere uyan kartların temini.
	2) Akıllı kart, okuyucu tarafından okunamayacak durumda	i) Kartı saklamak için uygun olmayan usullerin kullanılması	Yukarıdaki gibi
		ii) Uygunsuz kullanım	Akıllı kartların kullanımı konusunda eğitim. Düzenli kontroller. Alternatif tasarım olarak kontaklı akıllı kart (maliyet etkinliği kontrol edilmeli)
b)	1) Sürücü PIN kodunu unutmuştur	Unutkanlık	Eğitim. Tasarım alternatifi olarak sistemin PIN kodu vermesi yerine sürücünün kendisinin seçmesi (kolay hatırlayacağı bir sayı)
	2) Sürücü yanlış PIN kodu girmiştir	Giriş hatası	En az bir tekrara izin verilmesi. Giriş hatalarını azaltacak şekilde klavyenin ergonomik olarak tasarlanması (tuşlar çok küçük olmamalı, kolay okunabilmeli, tuşa basıldığında teyit alınmalı (bip sesi))

Bu bilgi aynı zamanda bir olay ağacında da gösterilebilir. (Şekil 9)

Olay ağacı her dala olasılık değerleri verilerek nicelenebilir. Ancak, bu küçük örnekte bile doğru verilerin ve modellerin elde edilmesi çok kolay olmayabilir. Bazı veriler ATM uygulamalarından alınabilirse de buradaki iş ortamının tamamen farklı olduğu unutulmamalıdır. Bu örnekte yararlanabilirlik eksikliği olay ağacında belirtilen olasılıkların toplamından ibarettir. Bu örnek için sadece teorik değerler verilmiştir.



Şekil 9 – Olay ağacı nicellenmesi

Parametre	Değer	Not
P1a	10^{-4}	Sürücülerin dikkatli olduğu bilinmektedir. Akıllı kartları anahtar olarak kullanmak için eğitilmişlerdir. Uygun saklama sağlanmıştır. Kontroller uygulanmıştır.
P1b	10^{-4}	Akıllı kartlar için uygun muhafaza.
P2a	10^{-4}	Sürücülerin kendi PIN'lerini seçmesine izin verilmiştir, sonuçların (vincin çalıştırılmaması) bilincindedirler.
P2b	10^{-2}	Klavye ergonomik olarak tasarlanmıştır. Fakat giriş hataları her zaman olabilir.

Tablo 10 - İnsan hatalarının olay ağacı olarak gösterilmesi

Sonuçta, yararlanabilirlik eksikliği kabul edilemeyecek ölçüde düşüktür (vinci kullanım başına yaklaşık 0,01). Çözüm olarak sürücünün bir hatadan sonra PIN kodunu tekrar girmesine izin verilir. Bu örnekte iki kere hata 10^{-4} yapma ihtimali $P2b \times P2b = 10$ olup kullanım başına 0,0004 yararlanabilirlik eksikliği verir (10000 defa vinç kullanımında 4'ü zamanında çalıştırılmaz). Bu değer kabul edilebilir görünmektedir. Daha fazla denemeye izin verilmesi yararlanabilirlik eksikliğini 0,0003'e düşürebilir. Fakat bu durum güvenlik açısından kabul edilmeyebilir.

6.3. UYGULAMA 3:

Tartı Bölümüne, Alkid reçine bölümü, Vernik, Boya hazırlama, Vernik Pigment Pasta ve Boya Dolum kısımları alt kat üretim alanında yapıldığı sırada en fazla ve en riskli olan karışımlar dikkate alınacak olup, hesaplama yapılırken kullanılacak olan formül ve tabloların açıklamaları da ayrıca belirtilecektir. Bu uygulama örneğinde, yapılan hesaplama sonrasında, iyileştirme yapılmış ve havalandırmanın güvenilirliği ve kullanılabilirliği artırılarak bir alanın nasıl tehlikesiz hale getirildiği belirtilmiştir.

6.3.1. BÖLGELERİN BELİRLENMESİNDE KULLANILACAK OLAN FORMÜLLER VE AÇIKLAMALARI

No	Formül Açıklaması	Tanım	Formül
1	Pc, Kritik basınç	γ : Adyabatik genişleme için polytropic indeksi Po: Kabın dışındaki basınç	$P_c = P_o \times \left(\frac{\gamma + 1}{2}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$
2	Gazın boşalma hızı $P > P_c$ ise yayılan gazın hızı kısıtlanmıştır.	γ : Adyabatik genişleme için polytropic indeksi Po: Kabın dışındaki basınç	$\frac{dG}{dt} = S_x \sqrt{\gamma \frac{M}{RT} \times \left(\frac{2}{\gamma + 1}\right)^{\frac{\gamma + 1}{2(\gamma - 1)}}$
3	Gazın boşalma hızı $P < P_c$ ise yayılan gazın hızı kısıtlanmamıştır.	γ : Adyabatik genişleme için polytropic indeksi Po: Kabın dışındaki basınç	$\frac{dG}{dt} = S_x P_x \sqrt{\frac{M}{RT} \times \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{P_o}{P}\right)^{(\gamma - 1)/\gamma}\right] \left(\frac{P_o}{P}\right)^{1/\gamma}}$
4	Sıvıların boşalma hızı	dG/dT : Sıvının boşalma hızı (kg/sn) S: Sıvının boşaldığı yüzey alanı (m ²) ρ : Sıvının yoğunluğu (kg/m ³) Δp : Açıklıktaki basınç farkı (Pa)	$\frac{dG}{dt} \max = S \sqrt{2\rho\Delta p}$
5	Δp, Sızıntı yapan geçit boyunca görülen basınç farkı:	ρ : Sıvının yoğunluğu (kg/m ³)	$\Delta p = \rho g \Delta h$
6	γ, adyabatik genişlemeye ait politropik genişleme veya özgül ısı değerlerinin oranı	γ : Adyabatik genişleme için polytropic indeksi Cp: Sabit basınçtaki özgül ısı (J kg ⁻¹ K ⁻¹) M: Gazın moleküler kütlesi (kg/kmol)	$\gamma = \frac{M c_p}{M c_p - R}$

7	(dV/dt), Aşgari volumetrik temiz hava akış hızı	(dV/dt)min: Temiz hava akış hızı (dG/dt)max: Boşalma kaynağındaki mak. hız (kg/sn) LELm: Kütleli alt patlama sınırı (kg/m ³) k: LEL'e uygulanacak emniyet faktörü (Ana ve sürekli: 0,25 tali: 0,5)	$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{min} = \frac{(dG/dt)_{max}}{k \times LEL} \times \frac{T}{293}$
8	t, Ortamda kalıcılık süresi	Xo: %100 alınır (en kötü durum) C: Birim zamandaki hava değişim sayısı k: Emniyet faktörü f: 1,2,...,5	$t = \frac{-f}{C} \ln \frac{LEL \times k}{Xo}$
9	Vz, Kuramsal hacim	Vo: Patlayıcı ortam oluşacak bölge Hava hızı iyi ise: 0,5 kötü ise:0,05	$Vz = f \times V_k = \frac{f \times (dV/dt)_{min}}{C}$
10	VS, Bloklanan sonik gazlara ait boşalma hızı	γ : Adyabatik genişleme için polytropic indeksi	$V_s = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}}$
11	V0, Açıklıktan boşalan gazın hızı	dG/dT: Sıvının boşalma hızı (kg/sn)	$V_0 = \frac{dG/dt}{\rho_0 S}$
12	ρ_0, Genleşmiş gazın yoğunluğu	P: Kabın iç basıncı Po: Kabın dışındaki basınç ρ : Kabın içindeki gazın yoğunluğu ρ_0 : Genleşen gazın yoğunluğu	$\rho_0 = \rho \left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$
13	ρ, Kabın içindeki gazın yoğunluğu	P: Kabın iç basıncı	$\rho = \frac{pM}{RT}$

Tablo 11 - Formüller ve Açıklamaları

6.3.2. HAVALANDIRMA DERECESİNİN TAHMİN EDİLMESİ İLE HACİM KARŞILAŞTIRMASI

$Vz < 0,1$	Yüksek havalandırma (VH)	Havalandırma pratik olarak sürekli mevcuttur.
$0,1 < Vz < V_0$	Orta havalandırma (VM)	Havalandırmanın normal çalışmada sürekli mevcut olması beklenir. Ancak seyrek ve kısa süreli kesinti olabilir.
$Vz > V_0$	Düşük havalandırma (VL)	İyi veya orta standardını karşılamayan havalandırma, fakat yine de kesintilerin uzun sürelerle oluşması beklenmez

Tablo 12 - Karşılaştırma Tablosu



Kimyasal madde içeriği	% 75 - Ksilen - Parlayıcı, Patlayıcı % 5 - Toluen - Yanıcı - Parlayıcı, Patlayıcı % 5 - Butanon - Yanıcı - Parlayıcı, Patlayıcı
Sıvının buharlaşma hızı (kg/s)	$\frac{dG}{dT} max$
1294	$W_g = \frac{6,55 \times 10^{-3} u_w^{0,78} A_p p_v M^{0,667}}{R \times T}$
	$= \frac{6,55 \times 10^{-3} \times U_w^{0,78} \times A_p \times M^{0,667}}{R \times T}$
	Ref: 60079-10-1 satır no: 1294
Sıvının üzerindeki hava akım hızı (m/s), Uw	0,5 m ²
Kap yüzey alanı (m²)	2,52 m ²
Buharın molekül kütlesi (kg/kmol)	M=106,17
Gaz sabiti (m³/kmol K)	R= 8,314 m ³ /kmol K
T sıcaklığındaki sıvının buhar basıncı (kPa)	$lnP = C1 + \frac{C2}{T} + C3lnT + C4T^{C5}$
2559	$p_v = exp \left(C_1 + \frac{C_2}{T} + C_3 lnT + C_4 T^{C_5} \right)$
	Ref: 60079-10-1 satır no:2559

C1	C2	C3	C4	C5
85.099	-7,615.9	-9.3072	5.5643E-06	2
90.405	-7,955.2	-10.086	5.9594E-06	2
88.72	-7,741.2	-9.8693	6.0770E-06	2

$lnP = 90,405 + \frac{-7955,2}{313} + 10,086ln313 + 0,00000595x313^2 = 7,615 \quad Pv = e^{Lnp} = 1,983 \text{ kPa}$

C1	C2	C3	C4	C5	ln P
90,405	-7955,2	-10,086	0,00000595	2	7,61573

Ref: Peryy's Chemical Engineering Handbook Table 2-8

$$\frac{dG}{dT}^{max} = \frac{6,55 \times 10^{-3} \times U_w^{0,78} \times Ap \times Pv \times M^{0,667}}{R \times T}$$

$$\frac{dG}{dT}^{max} = \frac{6,55 \times 10^{-3} \times 0,5^{0,78} \times 2,52 \times 1,983 \times 106,17^{0,667}}{8,314 \times 313} = 0,000164 \text{ kg/sn}$$

Boşalma kaynağı:	Ağızı açık kaptan buharlaşma
Alt patlayıcılık sınırı (LEL_m): (Le Chatelier Prensibi)	$LEL_{karşım} = \frac{100}{\frac{C1}{LEL1} + \frac{C2}{LEL2}} = \frac{100}{\frac{5}{0,039} + \frac{75}{0,043}} = 0,053 \text{ kg/m}^3$
Alt patlayıcılık sınırı (LEL_v): (Le Chatelier Prensibi)	$LEL_{karşım} = \frac{100}{\frac{C1}{LEL1} + \frac{C2}{LEL2}} = \frac{100}{\frac{5}{1} + \frac{75}{1}} = \% 1$
Boşalma derecesi:	Ana boşalma kaynağı
Emniyet faktörü, k:	0,25
Hava değişim sayısı:	14,33 saat (0,00398 sn ⁻¹)

Bina içerisindeki açıklıkların toplam alanı;

2.10*0,90=1,89; 3.20*3.10=9,92; 2.80*3.00=8,4; 1.20*80=0,96; 1.80*1=1,80

Açıklıkların toplamı: **22,97 m²**

Mevcut açıklıktaki hava akımı:

1 m/sn x 22,97 m² = 22,97 m³/sn

10 m/s * 9 cm

Bir borunun alanı: $\pi r^2 = \pi \times 9^2 = 3,14 \times 81 = 255 \text{ cm}^2$

10 adet havalandırma emiş kolu olduğundan ortalama hava akım hızı 10 m/s hız olduğundan;

255 x 10 = 2550 cm² = 0,255 m²; 10 m/s x 0,255 m² = 2,55 m³/s

Toplam hava değişim sayısı bina içerisinde: 25,52

$$C = \frac{\text{Değişim Sayısı}}{\text{Binanın Hacmi}} = \frac{14 \text{ m}^3/\text{sn}}{6400 \text{ m}^3} = 0,00398 \text{ sn}^{-1}$$

$$C = 0,00398 \text{ sn}^{-1} \times 3600 = 14,33 \text{ Saat}$$

Kalite faktörü, f:	3
Hacim büyüklüğü: (Boya karışım alanı)	6400 m ³
Asgari volumetrik temiz hava akış hızı:	$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{min} = \frac{(dG/dt)_{max}}{k \times LEL} \times \frac{T}{293}$
$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{min} = \frac{(dG/dt)_{max}}{k \times LEL_m} \times \frac{T}{293} = \frac{0,000164}{0,25 \times 0,053} \times \frac{313}{293} = 0,132 \text{ m}^3/\text{sn}$	
Teorik Vz hacminin tahmin edilmesi:	$V_z = \frac{f \times \left(\frac{dV}{dt}\right)_{min}}{C} = V_z = \frac{f \times (dV/dt)_{min}}{C} = \frac{3 \times 0,132}{0,00398} = 99,65 \text{ m}^3$
Patlayıcı Zone büyüklüğü, r:	$V_z = 99,65 \text{ m}^3 = \frac{4\pi r^3}{3}, r = 2,87 \text{ m}$
Kalıcılık süresi:	$t = \frac{-f}{C} \ln \frac{LELv \times k}{X_o} = \frac{-3}{14,33} \ln \frac{1 \times 0,25}{100} = 1,25 \text{ Saat}$

Sonuç; Kimyasal kabın üzerinden buharlaşan tehlikeli kimyasal madde sonucu etrafa yayılması düşünüldüğünde Bölge 1 + Bölge 2 sonuç elde edilmektedir. Bu durum oldukça tehlikeli sonuçlar doğrulanabileceği görülmektedir. Havalandırma tekniği konusunda iyileştirmeler yapılmalı ve buharlaşan kimyasal maddeler ortama yayılmadan dışarı atılması sağlanmalıdır.

Vz < 0,1 Yüksek havalandırma (VH)	0,1 < Vz < V ₀ Orta havalandırma (VM)	Vz > V ₀ Düşük havalandırma (VL)
-----------------------------------	--	---

Havalandırma							
Boşalma Derecesi	Yüksek			Orta			Düşük
	İyi	Orta	Kötü	İyi	Orta	Kötü	İyi, Orta veya Kötü
Sürekli	Bölge 0 NE Tehlikesiz ^a	Bölge 0 NE Bölge 2 ^a	Bölge 0 NE Bölge 1 ^a	Bölge 0	Bölge 0 + Bölge 1	Bölge 0 + Bölge 1	Bölge 0
Ana	Bölge 1 NE Tehlikesiz ^a	Bölge 1 NE Bölge 2 ^a	Bölge 1 NE Bölge 2 ^a	Bölge 1	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 Veya Bölge 0 ^c
Tali b	Bölge 2 NE Tehlikesiz ^a	Bölge 2 NE Tehlikesiz ^a	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 1 Veya Bölge 0 ^c

6.3.3. HAVALANDIRMANIN GÜVENİLİRLİĞİ VE KULLANILABİLİRLİLİĞİ



Resim 1 - Revizyon çalışması öncesi



Resim 2 - Revizyon çalışması sonrası

Tartı Bölümünde Alkid reçine bölümü, Vernik, Boya hazırlama, Vernik Pigment Pasta ve Boya Dolum kısımları alt kat üretim alanında yapıldığı sırada ortama açık kaptan buharlaşma meydana gelmekteydi. Yapılan revizyon çalışması sonrasında havalandırma kolu bu alana çekilerek dolum sırasındaki buharlaşmanın önüne geçilmiştir.



Resim 3 – Havalandırma Ölçüm Anı

$V_z < 0,1$ Yüksek havalandırma (VH)	$0,1 < V_z < V_0$ Orta havalandırma (VM)	$V_z > V_0$ Düşük havalandırma (VL)
--------------------------------------	--	-------------------------------------

Havalandırma							
Boşalma Derecesi	Yüksek			Orta			Düşük
	Kullanılabilirlik Derecesi						
	İyi	Orta	Kötü	İyi	Orta	Kötü	İyi, Orta veya Kötü
Sürekli	Bölge 0 NE Tehlikesiz ^a	Bölge 0 NE Bölge 2 ^a	Bölge 0 NE Bölge 1 ^a	Bölge 0	Bölge 0 + Bölge 1	Bölge 0 + Bölge 1	Bölge 0
Ana	Bölge 1 NE Tehlikesiz ^a	Bölge 1 NE Bölge 2 ^a	Bölge 1 NE Bölge 2 ^a	Bölge 1	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 Veya Bölge 0 ^c
Tali b	Bölge 2 NE Tehlikesiz ^a	Bölge 2 NE Tehlikesiz ^a	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 1 Veya Bölge 0 ^c

6.3.4. SONUÇ

Gerçekleştiği varsayılmayan Vz hacmi, ihmal edilebilir. V0 aşma ihtimali yoktur. Havalandırma ölçümü yapıldığında, 0,52 m/s hızla hava emişinin dışarıdan içeriye doğru olduğu yapılan bu ölçümle kanıtlanmıştır. Buharlaştan tehlikeli madde ppm seviyelerinde iken yüksek bir hava akımıyla emilerek dış ortama atılması sağlanmıştır. Ayrıca havalandırma kolu içerisine çalışmadığı zaman uyarı veren damper konulmuştur. Damperden sinyal alınmadığı zaman alarm çalıyor ve havalandırma motorunun hiç çalışmadığı anlaşılıyor. Bu kriterlere göre bu alan havalandırma kullanıldığı süreçte **YÜKSEK HAVALANDIRMA** olarak değerlendirilmiştir.

6.4. YANGIN VE TAHLİYE TATBİKATI

Mevcut durumda işletme içerisinde olası bir acil durumda ekiplerin sürekli hazır ve eğitilmiş olması beklenmektedir. Bu beklentilerin hangi seviyede karşılanabildiğinin ölçülmesi ile acil durum sisteminin yeterliliği, personelin etkinliği ile kullanılabilirliği, sistemin tamamının işleyişinin incelenmesiyle güvenilirliği değerlendirilmiş olacaktır.

Senaryo Konusu: Yangın ve Tahliye Tatbikati		Tarih: 09.07.2015
<p>Kurulan senaryoya göre saat : 08.00 ile 12:00 arasında herhangi bir zamanda alarm çalacak. Tatbikata göre Acil toplanma bölgesi yakınında yangın başlamış ve büyüme tehlikesi arz etmekte. Alarm çaldığı anda tüm çalışanlar almış oldukları Acil Durum eğitimleri doğrultusunda hareket ederek Acil Durum Toplanma Bölgesine gidecek. Acil Durum eğitimi almamış personelimiz Acil Durum ekibinde görevli personelin yönlendirmesi ile dış alana çıkacak. Acil Durum koordinatörleri, yangın söndürme ekibi, koruma ekibi ve kurtarma ekibi bu tatbikatta görev alacak. Acil durum toplanma bölgesine yakın yerde alarm çaldığı anda ateş yakılmış olacak. Yangın söndürme ekibindekiler yakılan ateşe direk müdahale edecekler. Tüm personel acil durum toplanma bölgesinde toplanacak ve sayım yapılacak. Sayım esnasında her acil durum ekip lideri kendi personelinin orada olup olmadığını kontrol edecek. İSG Uzmanı tarafından sayım işlemi bittikten sonra kısaca hatırlatmalar yapılacak.</p> <p>Tatbikat için ayrılan süre toplam 10 dk'dır.</p> <p>Tahliye esnasında 1 kişi fotoğraf makinesi ile görüntü alacak, 1 kişi de kronometreyle zaman tespiti yapacaktır.</p> <p>Kullanılacak cihazlar : Fotoğraf makinesi, kronometre</p>		
Kontrol Listesi		Sonuç
Tahliye tatbikatına tüm personel katıldı mı?		Evet, Ofis Personeli Hariç
Çalışanların işletmeden tahliye olmaları kaç dak. sürdü, süre uygun mudur?		20 sn sürdü. Uygundur.
Tahliye sırasında kapılarda sıkışıklık yaşandı mı?		Hayır
Koruma Ekibi görevini eksiksiz yaptı mı?		Evet
Kurtarma Ekibi görevini eksiksiz yaptı mı?		Görev verilmedi
İlk Yardım Ekibi görevini eksiksiz yaptı mı?		Görev verilmedi
Söndürme Ekibi görevini eksiksiz yaptı mı?		Evet
<u>Değerlendirme ve Öneriler</u>		
<ul style="list-style-type: none">• Başarılı bir şekilde gerçekleştirilen tatbikat sırasında Koruma ekibi etrafa dubalar koyarak çevre güvenliğini sağladı.• Söndürme ekibi ve diğer çalışanlar tüp kullanımı konusundaki yetkinlikleri geliştirildi.		



Kapı elektrik kesildiği düşünülerek, manuel olarak yetkili tarafından elle açıldı.



Çalışanların kısa sürede tahliyesi



Koruma ekibi etrafa dubalar yerleştirmiştir. Yangın hortumu serilmesi ve lans takılarak yakılan ateşe müdahale edilmiştir.



Yakılan ateşe ekiplerin müdahalesi



Grup halinde müdahale yapılması

SONUC: Başarılı bir şekilde gerçekleştirilen bu tatbikatın tekrarı 6 ay sonra tekrar edilmesi ve sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] BAJENESCU, T.I., BAZU, M.I., Reliability of Electronic Components, 1999
- [2] RBD SAE JA1000-1 Reliability Program Standard Implementation Guide, 1999
- [3] Dhillon, B.S., Human Reliability with Human Factors, Pergamon Press, 1988
- [4] KUNE, H. Statistical methods for Quality Improvement, AOTS, 1985
- [5] VILLEMEUR, A. Reliability, Availability, Maintainability and Safety Assessment, 1992
- [6] MEEKER, W.Q, ESCOBAR,L.A., Statistical methods for reliability data John Wiley, 1998
- [7] IRESON W.G. COOMBS, R.Y., Handbook of Reliability Engineering and Management, 1996
- [8] IEC 60300-1 Güvenilebilirlik Yönetimi – Bölüm 1: Güvenilebilirlik Yönetim Sistemleri, Mart 2005
- [9] IEC 60300-2 Güvenilebilirlik Yönetimi – Bölüm 2: Güvenilebilirlik Yönetimi İçin Kılavuzluk Bilgileri, Haziran 2007
- [10] IEC 60300-3-2 Güvenilebilirlik Yönetimi - Bölüm 3-2: Uygulama Kılavuzu - Güvenilebilirlik Verilerinin Sahadan Toplanması, Haziran 2007
- [11] IEC 60300-3-6 Güvenilebilirlik Yönetimi – Bölüm 3-6: Uygulama Kılavuzu – Güvenilebilirliğin Yazılıma İlişkin Yönleri, Nisan 2004
- [12] IEC 60300-3-9 Güvenilebilirlik Yönetimi - Bölüm 3: Uygulama Kılavuzu – Kısım 9: Teknolojik Sistemlerin Risk Analizi, Nisan 2003
- [13] IEC 60300-3-10 Güvenilebilirlik Yönetimi – Bölüm 3-10: Uygulama Kılavuzu – Bakımı Yapılabilirlik, Nisan 2004
- [14] Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi Ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik, Aralık 2013