



T.C.

SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR ELEKTRİK DAĞITIM İŞLETMESİNDE RİSK
DEĞERLENDİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kübra YURTTAŞ

(201592201467)

İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kazım GÖRGÜLÜ

SIVAS

AĞUSTOS 2019

Kübra YURTTAŞ'ın hazırladığı ve “**Bir Elektrik Dağıtım İşletmesinde Risk Değerlendirmesi**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Kazım GÖRGÜLÜ**
Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyeleri :



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Özlem Pelin CAN
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Kübra YURTTAŞ, 2019

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,

Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

07.08.2019

Kübra YURTTAŞ

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca tecrübesi ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, babacan tavırlarıyla her zaman destek olan, çok değerli tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Kazım Görgülü'ye,

Tez çalışmam boyunca yardımlarını ve güler yüzünü eksik etmeyen değerli Sayın Fatih Ergüt'e ve desteğini esirgemeyen tüm ÇEDAŞ çalışanlarına,

Yüksek lisans eğitimine başladığım günden itibaren yanımda olan çok değerli arkadaşlarım Esra Arslan'a ve Tuğba Doğan'a,

Her zaman yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen çok kıymetli annem Sevgi Yurttaş ve babam İsmail Bayram Yurttaş'a ve biricik kardeşim Hatice Ayşenur Yurttaş'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

BİR ELEKTRİK DAĞITIM İŞLETMESİNDE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Kübra Yurttaş

Yüksek Lisans Tezi

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kazım Görgülü

2019, 155 sayfa

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nu ve müteakip çıkarılan ilgili yönetmelikler, risk analizi gibi bir takım uygulamaları zorunlu hale getirmiş, çok sayıda uygulama yönetmeliği güncellenerek yasal uygulamalar yürürlüğe konulmuştur. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nu ve bu kanuna dayanılarak çıkarılan iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesi yönetmeliği gereğince işyerlerinde risk değerlendirmesi zorunlu hale gelmiştir. Risk değerlendirmesine yönelik olarak uygulanan çeşitli yöntemler mevcut olup, bu yöntemlerin hangisi ve/veya hangilerinin hangi sektörlere dönük olarak uygulanacağı hususunda genel bir uzlaşma yoktur. Bu çalışmada, elektrik işlerinde risklerin doğru ve çabuk olarak tespiti konusunda uygulanabilir risk değerlendirme yöntemlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla hata ağacı, olay ağacı ve Bow-Tie risk değerlendirme yöntemleri ayrıntılı olarak ele alınmış ve saha çalışması ile elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Risk analizi, iş sağlığı ve güvenliği, elektrik

ABSTRACT

RISK ASSESSMENT IN AN ELECTRICITY DISTRIBUTION COMPANY

Kübra Yurttaş

Master of Science Thesis

Department of Occupational Health and Safety

Supervisor: Professor Doctor Kazım Görgülü

2019, 155 Pages

Occupational Health and Safety Law no 6331 and the related regulations enacted made it necessary to implement a number of practices, such as risk analysis, and several application regulations were updated and legal practices were put into force. In accordance with the Occupational Health and Safety Law no 6331 and the occupational health and safety risk assessment regulation issued on the basis of this law, risk assessment in the workplaces has become compulsory. There are several methods for risk assessment, and there is no general consensus as to which of these methods will be applied to which sectors. In this study, it is aimed to examine the applicable risk assessment methods for the accurate and rapid detection of risks in electrical works. For this purpose, fault tree, event tree and Bow-Tie risk assessment methods were discussed in detail and the results obtained from the field study were evaluated.

Key Words: Risk analysis, occupational health and safety, electricity

İÇİNDEKİLER

ETİK	v
KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR DEĞERLENDİRME	3
2.1 Risk Analizi ve Değerlendirme.....	3
2.1.1 Tehlike.....	3
2.1.2 Sonuç.....	4
2.1.3 Olasılık.....	4
2.1.4 Risk.....	5
2.1.4.1 Risk Kontrol Hiyerarşisi.....	5
2.1.4.2 Risk Yönetimi.....	6
2.1.4.3 Risk Değerlendirmesi.....	7
i. Risk Tanımlama.....	7
ii. Risk Analizi.....	7
iii. Risk Değerlendirme.....	8
2.2. Önceki Çalışmalar.....	9
3. MATERYAL VE METHOD	19
3.1 Hata Ağacı Analizi.....	19
3.1.1 Hata Ağacı Geliştirme Aşamaları.....	20
3.1.2 Hata Ağacının Güçlü ve Zayıf Yönleri.....	21
3.1.3 Hata Ağacı Analizi Uygulaması (TS EN 61025, 2011).....	22
3.1.3.1 Hata Ağacı Açıklaması ve Yapısı.....	22
3.1.3.2 Hata Ağacı Uygulama Alanları.....	23
3.1.3.3 Diğer Güvenilirlik Analiz Teknikleri İle Kombinasyonlar.....	24
i. FTA ve Olay Ağacı Analizi (ETA) Kombinasyonu.....	24
ii. FTA ve Markov Analizinin Kombinasyonu.....	24
iii. FTA ve İkili Karar Şeması (BDD) Tekniklerinin Kombinasyonu.....	25

iv. Olayların ve Durumların Kavramları ve Kombinasyonları	25
3.1.4 Hata ağacı Grafikselle Açıklaması ve Yapısı	26
3.1.4.1 Kapılar	26
3.1.4.2 Olaylar	26
3.1.5 Güvenilirlik Geliştirmek İçin Sistem veya Ürün Geliştirmede Nicel FTA Kullanımı	26
3.1.5.1 Seri Sistem Yapılandırması	27
3.1.5.2 Paralel Sistem Konfigürasyonu, Yedek sistemler	28
i. Aktif Fazlalık	28
ii. Pasif (Bekleme) Artıklık	30
3.1.5.3 Koşullu Olasılığın Tekrarlanması (Ortak Neden) Olaylarının Temsil Edilmesi ve Olayların Aktarılması	31
3.1.5.4 Hata Ağaçlarının Görsel Temsili	31
3.1.6 İnşaat Prosedürü	34
3.1.7 Hata Ağacı Değerlendirmesi	35
3.1.7.1 Soruşturma ve Analiz	35
3.1.7.2 Mantıksal Analiz	36
i. Boolean Azaltması	36
ii. Minimal Kesim Takımlarının Belirlenmesi	36
3.1.7.3 Nümerik Analiz	36
3.1.8 Boolean Cebirini Kullanarak Basit Bir Donanım Değerlendirmesinin Örnekleri Ve Bir Hata Ağacı Tarafından Gösterimi	37
3.1.8.1 Köprü Devresi Örneği	37
3.1.8.2 Esary-Proschan Yöntemi	39
3.1.8.3 Nadir Olay Hesaplaması	40
3.2 Olay Ağacı Analizi (TS EN 31010, 2010)	41
3.2.1 ETA'nın Kullanımı	41
3.2.2 Olay Ağacı Geliştirme Aşamaları	42
3.2.3 Olay Ağacının Güçlü ve Zayıf Yönleri	43
3.2.4 Olay Ağacı Analizi Uygulaması (TS EN 62502, 2010)	43
3.2.4.1 ETA'daki Adımlar	44
3.2.4.2 Değerlendirme	46
i. Nitel analiz - Bağımlılıkları yönetme	47
a. İşlevsel Bağımlılıklar	47
b. Yapısal veya fiziksel bağımlılıklar	49

ii. Kantitatif analiz.....	50
a. Bağımsız olaylar dizisi	50
b. Hata ağacı bağlantısı ve boole azaltma	52
3.3. Bow-Tie Ağacı Analizi (TS EN 31010, 2010)	54
3.3.1.Papyon Çizimi Aşamaları	54
3.3.2. Bow Tie’ın Güçlü ve Zayıf yönleri.....	56
3.4. Elektrik.....	57
3.4.1 Elektrik Kaynaklı Tehlikeler.....	57
3.4.1.1 Elektrik Akımları	57
i. Alternatif akım	57
ii. Doğru Akım	58
3.4.2 Elektrikten kaynaklanan tehlikeler.....	58
3.4.2.1 Elektrik çarpması	58
3.4.2.2 Yanıklar.....	59
3.4.2.3 Yangınlar.....	59
3.4.3 Koruyucu araçlar	60
3.4.3.1 Topraklama	60
3.4.3.2 İş önlemleri.....	60
3.4.3.3 İzolasyon	61
3.4.3.4 Sigortalar	61
3.4.3.5 Devre kesiciler	61
3.4.3.6 Kaçak akım cihazları.....	62
3.4.3.7 Bakım	62
4. ÇALIŞMA ALANINDA RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI	64
4.1 Çalışma Alanında Yapılan Hata Ağacı Analizi	65
4.2 Çalışma Alanında Yapılan Olay Ağacı Analizi	79
4.3 Çalışma Alanında Yapılan Bow Tie Analizi.....	102
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	105
6. KAYNAKÇA	107
EKLER.....	110
ÖZGEÇMİŞ.....	155

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Seri yapının hata ağacı temsili.....	28
Şekil 3.2 Paralel, aktif fazlalıkların hata ağacı gösterimi	29
Şekil 3.3 Farklı kapı tiplerini gösteren hata ağacı örneği	31
Şekil 3.4 Dikdörtgen geçit ve olay gösterimi.....	32
Şekil 3.5 Tekrarlanan ve aktarma olayını içeren örnek hata ağacı	33
Şekil 3.6 Dikdörtgen geçit sunumunda genel nedenleri gösteren örnek.....	33
Şekil 3.7 Bir arıza ağacı tarafından analiz edilecek köprü devresi örneği.....	37
Şekil 3.8 Köprü devresinin hata ağacı temsili	38
Şekil 3.9 Köprü sistemi FTA - Esary-Proschan.....	40
Şekil 3.10 Köprü sistemi, nadir olay yaklaşımı ile hesaplanan başarısızlık olasılığı	41
Şekil 3.11 Bir olay ağacının basit grafik gösterimi.....	47
Şekil 3.12 Etkinlik ağaçlarındaki fonksiyonel bağımlılıklar	48
Şekil 3.13 Yapısal veya fiziksel bağımlılıkların modellenmesi.....	50
Şekil 3.14 Olayların dizisi	51
Şekil 3.15 Hata ağacı bağlantısı.....	53
Şekil 3.16 Bow Tie Diyagramı Örneği (Özkılıç, 2014).....	56
Şekil 4.1 Ağaç direkli hatlarda çalışmalar	65
Şekil 4.2 Yüksekte arıza bakım onarım çalışmaları.....	66
Şekil 4.3 Araç kullanma.....	67
Şekil 4.4 Kaynak ve atölye çalışmaları.....	68
Şekil 4.5 Dağıtım merkezinde çalışmalar	69
Şekil 4.6 Kesme açma çalışmaları	700
Şekil 4.7 Enerji nakil hatlarında çalışmalar	71
Şekil 4.8 Enerji nakil hatlarında ağaç direkte çalışma.....	73
Şekil 4.9 İş makinası ile çalışma.....	74
Şekil 4.10 Manevra çalışmaları.....	75
Şekil 4.11 Yüksek gerilimde çalışma	76
Şekil 4.12 Ofis çalışmaları.....	78
Şekil 4.13 Ağaç direğin yan yatması (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)	79
Şekil 4.14 Ağaç direğin yan yatması (olay ağacı analizi).....	800
Şekil 4.15 Demir direklerdeki ÖTL'nin düşmesi (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı).....	81
Şekil 4.16 Demir direklerdeki ÖTL'nin düşmesi (olay ağacı analizi).....	82
Şekil 4.17 Araç kontrolünü kaybetme (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)	83
Şekil 4.18 Araç kontrolünü kaybetme (olay ağacı analizi).....	84
Şekil 4.19 Kaynak gazlarının solunması sonucu zehirlenme (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)	85
Şekil 4.20 Kaynak gazlarının solunması sonucu zehirlenme (olay ağacı analizi).....	86
Şekil 4.21 Dağıtım merkezlerinde hırsızlık olması(olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı).....	87
Şekil 4.22 Dağıtım merkezlerinde hırsızlık olması (olay ağacı analizi).....	88
Şekil 4.23 Sayaç değişimi sırasında iletkenlerin kısa devre oluşturması (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı).....	89

Şekil 4.24 Sayaç değişimi sırasında iletkenlerin kısa devre oluşturması (olay ağacı analizi).....	90
Şekil 4.25 Enerji nakil hatlarında iletkenlerin kopması (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı).....	91
Şekil 4.26 Enerji nakil hatlarında iletkenlerin kopması (olay ağacı analizi).....	92
Şekil 4.27 Enerji nakil hatlarında ağaç direktten düşme (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı).....	93
Şekil 4.28 Enerji nakil hatlarında ağaç direktten düşme (olay ağacı analizi).....	94
Şekil 4.29 Direk taşıyan kamyonun iş kazası geçirmesi (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı).....	95
Şekil 4.30 Direk taşıyan kamyonun iş kazası geçirmesi (olay ağacı analizi).....	96
Şekil 4.31 Manevra çalışmaları sırasında elektrik çarpması (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı).....	97
Şekil 4.32 Manevra çalışmaları sırasında elektrik çarpması (olay ağacı analizi).....	98
Şekil 4.33 Yüksek gerilim enerji nakil hatlarında elektrik çarpması (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı).....	99
Şekil 4.34 Yüksek gerilim enerji nakil hatlarında elektrik çarpması (olay ağacı analizi) .	100
Şekil 4.35 Ofiste kaygan zeminde kayarak düşme (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı).....	101
Şekil 4.36 Ofiste kaygan zeminde kayarak düşme (olay ağacı analizi).....	102
Şekil D.1 Ağaç direkli hatlarda çalışmalar	118
Şekil D.2 Arıza bakım onarım çalışmaları.....	121
Şekil D.3 Araç kullanma.....	124
Şekil D.4 Kaynak ve atölye çalışmaları.....	127
Şekil D.5 Dağıtım merkezinde çalışmalar	130
Şekil D.6 Kesme açma çalışmaları	133
Şekil D.7 Enerji nakil hatlarında çalışmalar	136
Şekil D.8 Enerji nakil hatlarında ağaç direkte çalışma.....	139
Şekil D.9 İş makinası ile çalışma.....	142
Şekil D.10 Manevra çalışmaları.....	145
Şekil D.11 Yüksek gerilimde çalışma.....	148
Şekil D.12 Ofis çalışmaları.....	151

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge C.1 Hata ağacı analizinde kullanılan mantık kapısı sembolleri ve görevleri	115
Çizelge C.2 Hata ağacı analizinde kullanılan olay sembolleri ve görevleri	116
Çizelge D.1 Ağaç direkli hatlarda çalışmalar	119
Çizelge D.2 Arıza bakım onarım çalışmaları.....	122
Çizelge D.3 Araç kullanma.....	125
Çizelge D.4 Kaynak ve atölye çalışmaları.....	128
Çizelge D.5 Dağıtım merkezinde çalışmalar	131
Çizelge D.6 Kesme açma çalışmaları	134
Çizelge D.7 Enerji nakil hatlarında çalışmalar	137
Çizelge D.8 Enerji nakil hatlarında ağaç direkte çalışma.....	140
Çizelge D.9 İş makinası ile çalışma.....	143
Çizelge D.10 Manevra çalışmaları.....	146
Çizelge D.11 Yüksek gerilimde çalışma.....	149
Çizelge D.12 Ofis çalışmaları	152

KISALTMALAR DİZİNİ

BDD	: İkili Karar Şeması (Binary Decision Diagram)
ÇEDAŞ	: Çamlıbel Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
ETA	: Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analyse)
FMEA- HTEA	: Hata Türleri ve Etkileri Enalizi (Failure Mode and Effects)
FTA	: Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analyse)
HAA	: Hata Ağacı Analizi
HAZOP	: Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (Hazard and Operability)
IEC	: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
KHK	: Kanun Hükmünde Kararname
OHSAS	: İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi (Occupational Health and Safety Management System)
PHA	: Ön Tehlike Analizi (Primary Hazard Analyse)
RÖD	: Risk Öncelik Skoru Değeri veya Risk Önem Derecesi
RÖS	: Risk Öncelik Skoru
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEK	: Türkiye Elektrik Kurumu
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TTK	: Türkiye Taşkömürü Kurumu
SGK	: Sosyal Güvenlik Kurumu

1. GİRİŞ

Son yıllarda ülkemizde meydana gelen iş kazalarındaki dramatik artışlar nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili uygulamalar ve önlemler önem kazanmıştır. 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanununu ve müteakip çıkarılan ilgili yönetmelikler, risk analizi gibi bir takım uygulamaları zorunlu hale getirmiş, çok sayıda uygulama yönetmeliği güncellenerek yasal uygulamalar yürürlüğe konulmuştur. 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanununu ve bu kanuna dayanılarak çıkarılan iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesi yönetmeliği gereğince işyerlerinde risk değerlendirmesi zorunlu hale gelmiştir.

İş sağlığı ve güvenliğinin olmazsa olmazlarından biri, risk analizi yapılarak gerekli güvenlik önlemlerinin alınmasıdır. Literatürde verilmiş çok sayıda nitel ve nicel risk değerlendirme yöntemi mevcuttur. Bunların yaygın olarak kullanılanları; başlangıç tehlike analizi, iş güvenlik analizi, yapılandırılmış “What-if” tekniği, çeklist kullanılarak birincil risk analizi, birincil risk analizi, risk değerlendirme karar matris metodolojisi, tehlike ve işletebilme çalışması metodolojisi, hata ağacı analizi, olası hata türleri ve etki analizi, güvenlik denetimi, olay ağacı analizi, neden sonuç analizi, Fine Kinney yöntemi, Ridley yöntemi, Markov analizi, iş etki analizi, Monte Carlo simülasyonu, koruma katmanı analizi, papyon (Bow Tie) analizi, beyin fırtınası, yapılandırılmış veya yarı yapılandırılmış görüşmeler, Delphi tekniği, kontrol listeleri, HAZOP, tehlike analizi ve kritik kontrol noktaları, toksisite değerlendirmesi, senaryo analizi, kök neden analizi, karar ağacı analizi, insan güvenilirliği değerlendirmesi, Sneak analizi ve Sneak devre analizi, Bayes istatistikleri ve Bayes ağları, risk endeksleri, sonuç olasılık matrisi, maliyet/fayda analizi, çok kriterli karar analizi olarak sıralanabilir (Özkılıç, 2005; Flayeh, 2009; Kahraman, 2009; Kaya, 2010; TS EN 31010, 2010; TS EN 62502, 2010; TS EN 61025, 2011; TS ISO 31000, 2011; Semerci, 2012; Şenol, 2014; Çakmak, 2015; Güven, 2017)

Risk analizlerinde genel itibarıyla en basit ve çabuk uygulanabilecek yöntemler seçilmekte, risk analizleri ya çok yüzeysel kalmakta, ya da riskleri gerektiği kadar değerlendirememektedir. Bu karmaşa elektrik-elektronik sektöründe de yaşanmaktadır.

Bu çalışmada elektrik sektöründe yaygın olarak kullanım alanı bulmuş risk değerlendirme metodolojilerinin incelenmesi ve en uygun risk değerlendirme metodolojisinin seçimine yönelik yaklaşımları oluşturmak amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak geniş literatür araştırması ve mevcut ulusal ve uluslararası standartlar ışığında çalışmanın amacına uygun risk değerlendirme yöntem/yöntemlerin seçimi yapılacak ve uygulanacaktır. Bu alışma amlıbel Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi'nde yapılacak ve sonuçları değerlendirilecektir.



2. LİTERATÜR DEĞERLENDİRME

İş sağlığı ve güvenliğinde risk yönetimi önemli bir yere sahiptir. Risk yönetimi çeşitli yöntemlerle sağlanabilir. Bu yöntemler, risk tanımlaması, analizi, değerlendirilmesi, muamelesi, izlenmesi, iletişimi ve çerçevesinin tesisi; yönetim politikalarının, prosedürlerinin ve tatbikatlarının uygulanmasından oluşmaktadır.

2.1 Risk Analizi ve Değerlendirme

Risk analizi ve değerlendirmesine konu olan temel kavramlar ve yaklaşımlar aşağıda özetlenmiştir.

2.1.1 Tehlike

Tehlike 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanununu (2012)'a göre işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyeli; TS 18001 (2008)'e göre insanların yaralanması veya sağlığının bozulması veya bunların birlikte gerçekleşmesine sebep olabilecek kaynak, durum veya işlem olarak tanımlanmaktadır.

Ridley and Channing (2003) e göre tehlike tanımı iki unsura sahiptir. Bunlardan birincisi, içinde bir kişiye zarar verebilecek bir tehlikenin olması şeklinde ifade edilmektedir. İkincisi ise, bir tehlikenin varlığının, zararın ortaya çıkacağı anlamına gelmediği, yalnızca zarar verme potansiyeline sahip olmasıdır. Tehlikeleri belirlemek devam eden bir süreçtir. Yaşamla ilgili günlük, karşılaşıldıklarında derhal zarar verebilecek (akut), etkisini hemen göstermeyen (kronik), hem akut hem de kronik, iş yeri kaynaklı ve iş yeri maruziyeti ile kişisel yaşam biçiminin birleşiminden kaynaklanan tehlikeler mevcuttur.

Tehlikeleri tanımak her zaman açık ve kolay değildir. Tehlikelerin bir kontrol listesi kullanılıyorsa, bir gözlemcinin neyi kaçırdığını tespit edeceği bir şansı olduğundan düzenli olarak, tercihen farklı kişiler tarafından periyodik olarak gözden geçirilmelidir (Ridley and Channing, 2003).

2.1.2 Sonuç

Tehlikeden doğan zararlar sonuçtur. Tehlike kontrol stratejisine başlamadan önce muhtemel sonuçların belirlenmesi önemlidir. Sonuç ne kadar ciddi olursa, tehlikeyi kontrol etme ihtiyacı da o kadar yüksek olur. Bir tehlike ciddi yaralanma ya da ölümlerle sonuçlanırsa, kontrol edilmesi acil olur. Sonucu küçük bir yaralanma ihtimali olan durumlarda bir uyarı bildirim yeterli olabilir. Ancak bazen bu yeterli olamamakta ve sonuçları kesin olarak tahmin edilememektedir. Maruz kalma limitleri resmi listelerindeki değerlere göre uygulanmaktadır, yani zararın, yalnızca belirtilen seviyenin üstünde maruz kalındığında ortaya çıktığı kabul edilmektedir. Yasalar, listelenen maruz kalma düzeylerinin altında, amorf bir çalışan grubunun korunması gerekmez de, belirli kişisel duyarlılıkların bulunduğu durumlarda çalışanların korunması gerektiğini kabul eder. Dolayısıyla, sonuçların neler olacağına ve tehlikelerin kimlerin etkileneceğine karar vermek, görülebileceği kadar açık değildir. Yanal düşünmeyi gerektirir (Ridley and Channing, 2003).

2.1.3 Olasılık

Önemli bir risk unsuru olan tehlikenin yaralanmaya neden olma olasılığıdır. En basit biçimde olasılık, yüksek, orta veya düşük olarak değerlendirilebilir. Olasılığın değerlendirilmesi, risk değerlendiricisinin, bir riskin yüksek, orta veya düşük olarak derecelendirilip değerlendirilmeyeceğini kararlaştırmak için bilgi ve tecrübesine dayanması öznel bir görüştür. Bu derecelendirmelere, olası en kötü yaralanmaya verilen benzer sayısal değerlerle birleştirildiğinde, gösterge niteliğinde bir sıralama veya risk derecelendirmesi verebilen sayısal bir değer verilebilir. Her elemana karşı ortaya çıkma ihtimali, bir zarara neden olan bir tehlike veya arıza ihtimalinin çok ayrıntılı ve doğru bir şekilde değerlendirilmesiyle yapılabilir.

Yaralanma veya hasara neden olabilecek bir olasılığa karar vermek zordur. Seçilen sistem ne olursa olsun insanların hatalar yaptığı hatırlanmalıdır; ister risk tahmincisi olsun ister risk altındakiler olsun, bu nedenle herhangi bir olasılık değerlendirmesi bir ölçüde belirsizlik taşır (Ridley and Channing, 2003).

2.1.4 Risk

Risk 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanununu (2012)'a göre tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimali; TS 18001 (2008)'e göre tehlikeli bir olayın veya maruz kalma durumunun meydana gelme olasılığı ile olay veya maruz kalma durumunun yol açabileceği yaralanma veya sağlık bozulmasının ciddiyet derecesinin birleşimi olarak ifade edilmektedir.

Her türde ve büyüklükte kuruluşlar, kendi hedeflerini gerçekleştirip gerçekleştirmeyeceklerini veya ne zaman gerçekleştireceklerini belirsiz kılan iç ve dış faktörler ve etkilerle karşılaşır. Bir kuruluşun hedefleri üzerindeki bu belirsizlik etkisi "risk" olarak ifade edilmiştir. Bir kuruluşun bütün faaliyetleri risk içermektedir.

Kuruluşlar, riski belirleyerek, analiz ederek ve daha sonra risk kriterlerini sağlamak için risk iyileştirmesi yoluyla riski değiştirip değiştirmeyeceğini değerlendirerek yönetir. Bu süreç boyunca, paydaşlarıyla iletişim kurarak ve onlara danışarak ve daha fazla risk iyileştirmesi gerekmeyeceğinden emin olmak için riski değiştiren kontrolleri ve riski izleyerek gözden geçirmelidir (TS ISO 31000, 2011).

Tehlike, bir şeyin zarara neden olma potansiyelidir. Risk, belirli bir tehlikeden kaynaklanan zararlı olma olasılığını ifade eder. Riskin kapsamı, bir riskin etkilenebileceği nüfusu ifade eder. Bu nedenle, risk, zarar gelme ihtimalini ve şiddetini yansıtır (Ridley and Channing, 2003).

2.1.4.1 Risk Kontrol Hiyerarşisi

Bir risk kontrol hiyerarşisi, her bir tehlike için bir dizi eylem opsiyonu düşünülmüş, yapılandırılmış bir yaklaşımdır. Kabul edilmesi gereken eylem yalnızca operatöre değil, aynı zamanda tehlikeye maruz kalabilecek diğer kişilere karşı en fazla koruma derecesini veren eylemdir. Etkinliğin azaltılması için seçenekler şunlardır (Ridley and Channing, 2003);

i. Eliminasyon: yaralanma veya hasar meydana gelmemesi için hasarın kendisinin giderilmesini sağlar. Çalışma yöntemini değiştirerek işleminden kaynaklanan tehlikeler elimine edilir.

ii. Yerine koyma: daha tehlikeli olanlar yerine daha az tehlikeli bir materyal kullanılarak tehlike azaltılmaya çalışılır. Bu seçenek, yeni materyalin tehlikeli özelliklerinin iyi bir şekilde anlaşılmasını ve yenilenen materyalin işyerine, yeni veya ilave tehlikelerin sunulmamasını gerektirir.

iii. Karşılaşılan riskin azaltılması: işyerinde tutulan malzemelerin miktarını azaltarak sağlanabilir.

iv. Kişisel koruma: risk kontrol hiyerarşisinde son seçenektir. Bu, sadece maruz kalan ekipman çalışanını korumak için gerekir ve bir yüz maskesi, göz koruma, güvenlik ayakkabıları, kötü hava kıyafetleri vs. içerebilir. Tüm diğer seçeneklerin araştırılıp mümkün olmadığı kanıtlandıktan sonra son seçenek olarak görülmelidir. Çalışanın karşılaşacağı tehlikelerden haberdar edilmesi, kontrol önleminde yerinde ve uygun ekipman kullanımında eğitim almış olması gerekir. Koruyucu teçhizatın kullanımıyla ilgili kurallara uyulduğundan emin olmak için kontroller periyodik olarak yapılmalıdır. Koruyucu teçhizatın kullanımıyla ilgili kurallara uyulduğundan emin olmak için kontroller periyodik olarak yapılmalıdır.

Risk kontrolü hiyerarşisi tanımlanan her tehlikeye uygulanmalıdır. Seçilen risk kontrol yöntemi, seçeneklerden sadece bir tanesi olmak zorunda değildir, ancak iki veya daha fazla kombinasyon olabilir. Seçilen kontrol yönteminin kullanım kolaylığına dikkat edilmelidir. Risk kontrol hiyerarşisinin yararlılığı, kapsamlı bir risk yönetim sürecinin parçası olduğunda, diğer bir deyişle, kurulu bir yönetim sürecinin bir parçasını oluşturduğunda artırıldığı ifade edilmiştir.

2.1.4.2 Risk Yönetimi

Risk yönetimi, çalışanların, işverenlerin ve diğerlerinin maruz kaldığı tehlikeleri kontrol etmek için örgütlerin, sağlık ve güvenlik için benimsemesi gereken stratejik bir yaklaşımdır. Risk yönetimi başka bir ifadeyle, bir organizasyonun maruz kaldığı saf risklerin olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesi olarak tanımlanabilir. Tehlikenin kendisi üzerinde odaklanmaktan daha fazlasını gerektirir. Tehlikelerin kontrolü, etkili olabilmek için organizasyonel ve yönetsel süreçleri gerektirir. Bu süreçlerin, yöneticilerin, denetçilerin ve çalışanların davranışlarını etkilemek için mevcut olması gerekir, bunun sonucunda zarar meydana gelmez. Aynı

zamanda ölçüm, inceleme ve denetimle oluşturulmuş etkinlikleri olmalıdır (Ridley and Channing, 2003).

2.1.4.3 Risk Değerlendirmesi

Risk değerlendirme risk tanımlama, risk analizi ve risk değerlendirmesinin toplam sürecidir (TS ISO 31000, 2011).

i. Risk Tanımlama

Risk tanımlama, risk bulma, tanıma ve kaydetme işlemidir. Kuruluş risk kaynaklarını, etki alanlarını, olayları (durumlardaki değişiklikler dahil) ve bunların sebepleri ve muhtemel sonuçlarını tanımlamalıdır. Bu adımın amacı, hedeflerin gerçekleştirilmesini yaratabilen, genişleten, önleyen, bozan, hızlandıran veya geciktiren olaylara dayanan kapsamlı bir biçimde riskler listesini üretmektir. Bir fırsatı takip etmeyen riskleri tanımlamak önemlidir. Kapsamlı belirleme kritiktir, çünkü bu aşamada tanımlanmayan bir risk yapılacak daha ileri analizlerde dikkate alınmayabilecektir.

Risk tanımlama, risk kaynağı veya sebebi açık olmamasına rağmen, kaynakları kuruluşun kontrolü altında olan veya olmayan riskleri içermelidir. Risk tanımlama ardışık ve toplamsal etkiler dâhil, özel sonuçlara ait zincirleme etkilerin incelenmesini içermelidir. Risk kaynağı veya sebebi açık olsa ya da olmasa dahi, geniş bir sonuçlar aralığını da dikkate almalıdır. Ne olabileceğini belirlemenin yanı sıra, ne tür sonuçların oluşabileceğini gösteren muhtemel sebepler ve senaryoları dikkate almak gereklidir. Bütün önemli sebepler ve sonuçlar dikkate alınmalıdır.

Kuruluş, hedeflerine ve yeteneklerine ve karşılaştığı risklere uyan risk belirleme aletleri ve tekniklerini uygulamalıdır. Riskleri tanımlamada ilgili ve güncel bilgi önemlidir. Bu, mümkün olduğu yerlerde uygun altyapı bilgisi içermelidir. Riskleri, uygun bilgi birikimine sahip kişiler tanımlamalıdır.

ii. Risk Analizi

Risk analizi, risklerin geliştirilmesi ve anlaşılmasını gerektirir. Risk analizi, risk değerlendirmesine ve risklerin azaltılma ihtiyacı olup olmadığına dair kararlara ve en uygun risk iyileştirme stratejileri ve yöntemlerine bir girdi sağlar. Risk analizi ayrıca, seçimlerin yapılacağı kararların alınmasına ve farklı türlerde ve seviyelerde risk

gerektiren seçeneklere de bir girdi sağlar. Risk analizi, riskin sebepleri ve kaynaklarının, onların olumlu ve olumsuz sonuçlarının ve bu sonuçların oluşabilme ihtimalinin dikkate alınmasını gerektirir. Sonuçları ve ihtimali etkileyen faktörler belirlenmelidir.

Risk, sonuçların ve ihtimalinin belirlenmesiyle ve diğer risk özellikleriyle analiz edilir. Bir olay çoklu sonuçlara sahip olabilir ve çoklu hedefleri etkileyebilir. Mevcut kontroller ve onların etkinlikleri ve verimlilikleri de dikkate alınmalıdır.

Sonuçların ve ihtimalin ifade biçimi ve bir risk seviyesi belirlemek için birleşim biçimi riskin türünü, mevcut bilgiyi ve risk değerlendirme çıktısının kullanılma amacını yansıtmalıdır. Bunlar ayrıca risk kriterleri ile de tutarlı olmalıdır. Ayrıca, farklı risklerin ve bunların kaynaklarının karşılıklı bağımlılıklarını dikkate almak da önemlidir.

Sonuçlar ve bunların ihtimali bir olayın veya olaylar kümesinin çıktılarının veya deneysel çalışmaların ekstrapolasyonunun veya mevcut verinin modellenmesiyle belirlenebilir. Sonuçlar somut veya soyut etkiler cinsinden ifade edilebilir. Bazı durumlarda, farklı zamanlar, yerler, gruplar veya durumlar için sonuçları ve bunların ihtimalini belirlemek için birden fazla sayısal değer veya açıklayıcı gerekir.

iii. Risk Değerlendirme

Risk değerlemenin amacı, risk analizinin sonuçlarına bağlı olarak, hakkında risklerin azaltılmasına ve iyileştirmenin gerçekleştirilmesi önceliğine gerek olduğuna karar vermede yardımcı olmaktır.

Risk değerlendirme, kapsam dikkate alındığında oluşturulan risk kriterleri ile analiz süreci sırasında bulunan risk seviyesini kıyaslamayı gerektirir. Bu kıyaslamaya bağlı olarak, iyileştirme gereği dikkate alınabilir.

Kararlar daha geniş risk kapsamını dikkate alınmalıdır ve kuruluştan başka riskten çıkar sağlayan taraflar tarafından ortaya çıkarılan risklerin toleransının dikkate alınmasını içerir. Kararlar yasal, mevzuat ve diğer şartlara göre alınmalıdır.

Bazı durumlarda, risk değerlendirme daha fazla analiz yapma kararına yol açabilir. Risk değerlendirme ayrıca varolan kontrolleri idame ettirmekten başka herhangi bir biçimde riski iyileştirmeme kararına da yol açabilir. Bu karar kuruluşun risk alışkanlığı ve oluşturulan risk kriterleri tarafından etkilenecektir.

Bir şirket içindeki risklerin listesi bir kez derlendiğinde, her bir riskin kuruluş üzerindeki etkisi (kontrol eylemi yapılmadığı varsayılarak) değerlendirme gerektirir, kontrol eyleminin fiilen gerekli olduğu durumlarda risklerin öncelik sırasına konabilmesi için, dolayısı ile de; kısa dönem; orta vadeli; uzun vadede, kuruluş üzerindeki görece etkileriyle ilgili risklerin sıralanması temeline dayanır (Ridley and Channing, 2003).

2.2. Önceki Çalışmalar

Risk analizi ve yönetimini kapsayan çeşitli çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE), binalarda elektrik tesisatında dış etkilere bağlı yangına karşı korunmayı kapsayan TS HD 384.4.482.S1 (2000) nolu standardı yayımlamıştır.

TSE (2003), sahadan güvenilebilirlikle ilgili olarak güvenilirlik, bakımı yapılabilirlik, yararlanılabilirlik ile sahada kullanılan cihazların bakım desteği konularında veri toplanmasında ana esasları kapsayan TS IEC 60300-3-9 nolu standardı yayımlamıştır. Standardın konusu olan risk analizi, programlı bir süreç olup risk oluşma ihtimali ve verilen bir faaliyet, tesis veya sistemde yol açacağı olumsuz etkilerin ne düzeyde olabileceğini de belirler. Bu standardın kapsamında dikkate alınan riskin yol açacağı olumsuz sonuçlar, kişilere, mallara veya çevreye olacak fizikî zararlardır. Öncelikli olarak teknolojik sistemlerin risk değerlendirmesi olmak üzere, risk analiz tekniklerinin seçilmesi ve uygulanmasına ilişkin yol gösterici esasları ve daha geniş olarak ele alınan risk değerlendirme ve risk yönetme faaliyetlerinin sadece risk analiz kısmını kapsamaktadır. Bu standardın amacı, risk analizinin plânlaması ve uygulamasında kalitenin ve tutarlılığın sağlanmasını ve sonuçların ve kararların sunumunu güven altına almak olduğu anlatılmıştır.

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) (2006), elektroteknik alanlarda hata ağacı analizi ile ilgili IEC 61025 nolu standardı yayımlamıştır. TSE (2011) yılında hata ağacı analizi (FTA) ve uygulaması ile ilgili TS EN 61025 (2011) nolu standardı yayımlamıştır.

Flayeh (2009), bir doğalgaz dağıtım şirketinde tehlike ve riskleri belirleyerek OHSAS standardına göre L tipi matris yöntemi ile risk değerlendirmesi yapmış, tehlikelerin 52 adedinin (%11,4) tahammül edilemez risk seviyesine sahip olduklarını belirtmiştir.

Çalışmada, doğal gaz dağıtım sistemlerinin ve temel süreçlerinin yapısını aşamalar halinde anlatılmıştır. Bir bütün olan doğal gaz dağıtım sistemi, tehlike tanımlamalarının yapılacağı uygulama alanlarına bölünmüştür. Tehlikelerin tanımlanmasında, bu uygulama alanı ile ilgili dokümanlar, kayıtlar ve bilgiler (uygulama alanına ilişkin iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı, kuruluşun prosedürleri, operasyon talimatları, olay ve kaza kayıtları, çalışanlardan gelen öneriler vs.) kullanılmıştır. Tehlike tanımları, risk değerlendirmeleri ve risk kontrol tedbirleri oluşturulmuş ve tanımlanan her bir tehlikenin risk seviyesi, tehlikenin meydana gelme olasılığı ve meydana gelmesi durumunda doğuracağı sonuçların durumuna bağlı olarak belirlenmiştir. Sistem toplam 57 adet uygulama alanına bölünmüş ve toplam 455 adet tehlike tanımlanmıştır. Bu sonuçlara göre iyileştirmeler yapılmıştır.

Kahraman (2009), işletmede yapılan FMEA çalışması kapsamında 197 risk unsuru ortaya çıkarılmış ve bunların önemli ve öncelikli olan 166 tanesine iyileştirme önerileri getirmiştir ve 112,07 olan rös ortalaması iyileştirme önerileri sonrası % 54 oranında düşürülerek 51,72 değeri elde etmiştir. Çalışma esnasında FMEA'nın kullanılmasının nedeni klasik risk analizinden farklı olarak 3 çarpanlı olması ve sistem üzerinde en fazla katkıyı sağlayacak hatalarla ilgilenilmiştir.

Ağca (2010), bir mermer fabrikasında L tipi matris ve neden sonuç analizi yöntemi uygulayarak risk değerlendirmesi yapmıştır. Çalışmada, 2006 – 2009 yılları arasında söz konusu fabrika sahası içerisinde 12 adet iş kazası kaydına rastlanıldığı, gerçekleşen bu iş kazaları içerisinde ölümcül bir kazaya ve meslek hastalığına rastlanılmadığı, kazaların 7'sinin ayak ve ele taş düşmesi olarak gerçekleştiği belirtilmiştir. Risk değerlendirilmesi sonucunda işletmedeki risk skorlarının kabul edilebilir seviyelere çekildiği ifade edilmiştir.

Kaya (2010), inşaat sektöründe risk analizi ve yönetimi konusunda çalışma yapmış ve bu konuda elde edilen veriler doğrultusunda inşaat firmalarının riski algılayışlarını, geliştirdikleri tepkileri ve bunların sonuçlarını irdeleyerek, bu alandaki eksiklik ve gerekliliklerin anlaşılması ve tedbirlerin alınması için sonuçlar çıkarmış ve önerilerde bulunmuştur. Çalışmada, anket çalışması yapılarak risk değerlendirme ile ilgili farkındalık çalışması yürütülmüştür. Anket soru formu, inşaat şirketlerinin sağlıklı bir

değerlendirilmesini yapabilmek için genel olarak riski algılayışlarını, risk analiz yöntemlerini, bu risklere karşı verdikleri tepkileri, risklerin projeye olan etkilerini kapsayan bilgileri içeren soruların olduğu bölümlere ayrılarak hazırlanmıştır. Anket, Türkiye Müteahhitler Birliği'ne üye ve İstanbul merkezli 49 firmada araştırma uygulamaları esas olarak araştırmacı tarafından yüz yüze gerçekleştirilmiştir. Sorular açık, net ve mümkün olan en çok bilgiyi sağlayacak biçimde seçilmesine özen gösterilmiştir.

Kılıçoğlu (2010), talaşlı imalat yapan bir işletmede L tipi matris yöntemi kullanarak örnek risk analizi yapmış ve sonuçlarını değerlendirmiştir. Çalışmada, risk değerlendirmesi sonucunda, işletmedeki imalat atölyesinde tehlikelerin ne olduğu, kaza olma olasılığı ile olası kazaların boyutu/büyüklüğü, mevcut önlemler ve riskleri önleme faaliyetleri belirtilmiştir. Dokuz faaliyette, 51 tehlikeli durum belirlenmiştir. Bu tehlikelerden oluşabilecek kaza olasılığı ile kazanın meydana getireceği şiddeti risk analizi ile tespit edilmiştir. Buna göre; 10 adet önemli risk, 41 adet orta düzey risk ve 33 adet de kabul edilebilir risk belirlenmiştir.

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) (2010), her türlü sanayi için geçerli olan temel bir işlevsel güvenlik ölçütü olarak IEC 61508 nolu standardı yayımlamıştır.

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) (2010), Olay Ağacı Analizi'nin (ETA) konsolide (birleştirilmiş) temel prensiplerini belirtir ve bir başlatıcı olayın sonuçlarının modellenmesi ve bu sonuçların nitel ve nicel olarak bağımlılık ve riske ilişkin tedbirler bağlamında analiz edilmesine ilişkin Güvenirlilik için analiz teknikleri-Olay ağacı analizleri (ETA) IEC 62502 nolu standardı yayımlamıştır. Aynı standart güvenilirlik için olay ağacı analizleri (ETA) adı ile TS EN 62502 (2010) no ile TSE tarafından kabul edilerek yayımlanmıştır. Bu standartta, olay ağacı analizi (ETA) olarak bilinen güvenilirlik tekniğinin temel ilkelerini ve prosedürlerini tanımları yer almaktadır. ETA'nın konsolide temel ilkelerini ve tekniğin mevcut kullanımını, bir sistemin güvenilirliğini ve riskle ilgili ölçümlerini değerlendirmek için bir araç olarak tanımlamayı amaçlamaktadır. Etkinlik Ağacı Analizi'nin (ETA) konsolide edilmiş temel ilkelerini belirler ve başlatıcı bir olayın sonuçlarının modellenmesine ve bu sonuçların güvenilirlik ve nicel olarak güvenilirlik ve riskle ilgili önlemler bağlamında analiz

edilmesine dair rehberlik eder. Daha spesifik olarak, bu standart etkinlik ağaçları ile ilgili olarak aşağıdaki konuları ele almaktadır:

- i. temel terimlerin tanımlanması ve sembollerin kullanımını ve grafiksel sunum yollarını açıklamak;
- ii. etkinlik ağacının yapımında yer alan prosedürel adımların belirtilmesi;
- iii. analizi gerçekleştirilmenin varsayımları, sınırlamaları ve yararları üzerinde detaylandırılması;
- iv. diğer güvenilirlik ve riskle ilgili teknikler ile ilişkilerin belirlenmesi ve uygun uygulama alanlarının aydınlatılması;
- v. değerlendirmenin niteliksel ve niceliksel yönleri için kurallar vermek;
- vi. pratik örnekler sağlamak.

TSE, ISO 31000 standardını destekleyici ve risk değerlendirmelerinde kullanılmak üzere sistematik tekniklerin seçimi ve uygulanması için kılavuzluk bilgilerini kapsayan TS EN 31010 (2010) nolu standardı yayımlamıştır. Bu standart genel olarak doğası gereği, birçok endüstride ve sistem türlerinde rehberlik etmeyi amaçlamıştır. Belirli endüstriler için tercih edilen metodolojileri ve değerlendirme seviyelerini belirleyen bu sektörlerde daha spesifik standartlar olabilir. Bu standarda uygun olarak yürütülen risk değerlendirmesi diğer risk yönetimi faaliyetlerine katkıda bulunmuştur. Tekniklerin kavramı ve uygulamalarının daha ayrıntılı olarak açıklandığı diğer uluslararası standartlara özel referanslar ile bir dizi tekniğin uygulanması tanıtılmaktadır. Standartta, risk değerlendirmesinin amacı, belirli risklerin nasıl ele alınacağına ve seçenekler arasında nasıl seçim yapılacağına dair bilinçli kararlar vermek için kanıta dayalı bilgi ve analiz sağlamak olarak ifade edilmiştir.

TSE, risk yönetimi ile ilgili olarak risk yönetimi hakkındaki prensipleri ve genel esasları kapsayan TS ISO 31000 (2011) Risk Yönetimi standardını yayımlamıştır. Bu standart, risk yönetimi hakkında ilkeleri ve genel ana hatları kapsamaktadır. Risk yönetimi plan ve çerçevelerinin tasarımı ve gerçekleşmesi özel bir kuruluşun değişen ihtiyaçlarını, onun özel hedeflerini, kapsamı, yapıyı, operasyonları, süreçleri, işlevleri, projeleri,

ürünleri, hizmetleri, veya tesisleri ve kullanılan özel uygulamalar belirtilmiştir. Bu standardın mevcut ve gelecekteki standartlardaki risk yönetim süreçlerini harmonize etmek için kullanılması amaçlanmıştır. Özel riskler ve/veya sektörlerle ilgilenen standartların desteğinde genel bir yaklaşım sağlamıştır.

Semerci (2012), metal sektöründe faaliyet gösteren bir iş yerinde ön tehlike analizi (PHA), Kinney risk analizi ve olası hata türleri ve etkileri analizi (FMEA) yöntemlerini kullanarak risk değerlendirmesi yapmış ve iş yerindeki çalışanların iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili farkındalıklarını araştırarak çalışmasını tablo ve anketlerle desteklemiştir. Çalışmada, işyerinde yapılan risk değerlendirmesinde ilk aşama olarak işyerinin ne ürettiği, nasıl ürettiği ve iş akış şeması ortaya konulmuştur. İşyerinde en fazla el kesilmesi, sıyrık ve ezilme şeklinde yaralanmalara rastlanmıştır. Kazaların çoğunluğu makine kaynaklı olduğu belirlenmiş olup, iş kazaları mesai başlangıç ve bitiş saatlerinde yoğun olarak meydana geldiği ve iş kazasına en çok işinde az tecrübeli ve genç işçilerin uğradığı ifade edilmiştir.

TSE (2012), risk yönetimi ile ilgili genel terimlerin tariflerini ve risk yönetimi ile ilgili faaliyetlerin uygun şekilde karşılıklı olarak anlaşılması, uygun şekilde yaklaşılmasını ve risk yönetimi işlem ve çerçevesini ele alan ortak risk yönetimi terimlerinin kullanımının desteklenmesini amaçlayan ISO Guide 73 nolu standardı yayımlamıştır. Bu kılavuzda, risk yönetimi kavramları hakkında ortak bir anlayışı geliştirmek için temel sözlüğü ve kuruluşlar ile işlevleri arasındaki ve farklı uygulamalar ile tipler karşısındaki terimleri verilmiştir. Risk yönetimine ilişkin jenerik terimlerin tariflerini kapsamaktadır. Risk yönetimine ilişkin faaliyetlerin açıklamasının karşılıklı ve tutarlı bir şekilde anlaşılması ve bunlara ahenkli bir şekilde yaklaşılmasını teşvik etmeyi ve risk yönetimine ilişkin süreçler ve çerçeve çalışmalarındaki risk yönetim terminolojisinin düzgün olarak kullanılması amaçlanmıştır.

Demir (2013), Türkiye’de enerji sektöründe iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemlerinin uygulanmasını (OHSAS 18001) ve L tipi matris yöntemi ile risk analizi uygulamalarının mevcut durumunu incelemiştir. Çalışmada, genelde kullanılmakta olan klasik L tipi 5x5 risk analiz matrisi kullanıldığında risk değerlendirmesinde hassas olunamayacağından L tipi 9x9 risk analiz matrisi gibi daha detaylı ve hassas matrisin kullanılması tercih

edilmiştir. 5x5 matrisinde olma olasılığı 1 olan fakat şiddeti 5 olan bir tehlikenin değerlendirilmesi sonucunda kabul edilebilir risk çıkarken 9x9 matrisinin kullanılması halinde dayanılabilir risk çıktığı görülmüştür. 5x5 matrisine göre herhangi bir işlem yapılmasına gerek yok iken 9x9 matrisine göre makul derecede uygulanabilir kontrolleri ve faaliyetleri başlatılarak uygulanmıştır.

Çakmak (2014), atölye tipi üretim yapan sanayi işletmelerinde 3T, Fine Kinney, L tipi matris ve hata türü etki analizi yöntemleriyle risk değerlendirmesi yapmış risk öncelik skoru değerlerini ve risk önem derecelerini tespit ederek alınması gereken önlemleri belirlemiştir. Alınan önlemlerden sonra risk öncelik skoru değerlerinin ve risk önem derecelerinin düştüğünü gözlemlemiştir. Çalışmada, 5x5 Matris Risk Değerlendirmesi RÖD ortalaması 3,45'den 2,25'e indirilerek %24 düşüş, 3T Risk Değerlendirmesi RÖD ortalaması 3,65'den 1,29'a indirilerek %47,2 düşüş, Fine-Kinney Risk Değerlendirmesi RÖD ortalaması 3,5'den 1,55'e indirilerek %39 düşüş, HTEA Risk Değerlendirmesi RÖD ortalaması 3,65'den 2'ye indirilerek %33 düşüş sağlandığı tespit edilmiştir. Uygulamada kullanılan dört yöntemin ortalama RÖD değeri ortalaması 3,56 olarak, artık RÖD değeri 1,8 olarak bulunmuştur. Bu düzenleyici önleyici faaliyetler sonucunda risk önem dereceleri ortalamasının %35 oranında düştüğü gösterilmiştir. Fine-Kinney Risk Değerlendirme Yöntemi ve HTEA Risk Değerlendirme Yöntemi risklerin büyüklüklerinin tanımlamada ve derecelendirmede daha subjektif olduğu, 5x5 L Tipi Matris Risk Değerlendirme Yöntemi ve 3T Risk Değerlendirme Yönteminde risk değerlendirme aralığının dar olduğu tespit edilmiştir. Yöntemlerin değişken dereceleri net olarak tanımlanmamıştır.

Şenol (2014), kimyasal yük bozulmalarının bulanık mantık ile hata ağacı analizi yöntemini kullanarak kimyasal yük taşımacılık sektöründe gemi kaynaklı yük bozulması olaylarının kök sebeplerini ortaya koyan ve önlenmesine yönelik çalışmada tavsiyelerde bulunmuştur. Çalışmada, kimyasal yük taşımacılık sektörünün bu yöndeki ivedi ihtiyacı, yük bozulması olayının kök sebeplerini belirtilmiştir. Hata ağacı analizi (FTA) metodunun tercih edilme sebebi kök sebepleri ortaya koymak ve ana olay olan yük bozulması olayının ihtimalinin hesaplanmasıdır. Bu hesaplama için kök sebep olaylarının ihtimallerinin bilinmesi gerekmektedir. Hata ağacı analizi yeterli bilgi ve raporlamanın olmadığı bu durumlarda uzman tahminlerinin sözel olarak alındığı ve

metodolojik dönüşümle sayısal ihtimallerin elde edildiği fuzzy yöntemiyle desteklenmiştir. Fay ağacı analizi için bulanık yaklaşım, herhangi bir bilgi eksikliği durumunda yetersiz olan geleneksel FTA'nın zayıf noktaları ile başa çıkmak için iyi bir alternatif çözüm olabileceği vurgulanmıştır.

Calay (2015), bir orman ürünleri sanayi işletmesinde risk yönetim prosesinde L tipi matris yöntemi ile Fine Kinney yöntemini uygulamış tehlikeli durumları tespit ederek alınacak önlemleri belirlemiştir. Çalışmada, tomruk depolama, kurutma ve pres gibi 16 farklı çalışma koşulu için toplam 129 adet tehlikeli durum belirlenmiştir. İş sağlığı ve güvenliği açısından risk oluşturan bu faktörler için ayrıntılı çözüm önerileri tablolar halinde sunulmuştur. Fine Kinney metoduna göre belirlenen 32 adet “tolerans gösterilemez risk” ile 25 adet “esaslı risk” uygulanacak düzeltici/önleyici faaliyetler ile tamamen ortadan kaldırılmış ve 31 adet olan “önemli risk” sayısı ise 3’e düşürülmüştür. Yine, L Tipi Matris metoduna göre 53 adet “yüksek risk” uygulanacak düzeltici/önleyici faaliyetler ile tamamen ortadan kaldırılmış, 70 adet olan “orta risk” sayısı ise 22’ye düşürülmüştür. Bu araştırmanın bir sonucu olarak, özellikle yüksek risk oluşturan faktörlerin belirlenmesi, derecelendirilmesi ve alınacak olan önlemlerle risk skorun kabul edilebilir seviyeye getirilmesi amacıyla daha detaylı ve gerçekçi sonuçlar verebilen Fine Kinney metodunun kullanılması uygun görülmüştür. Risk skorunun yüksek olmadığı, detaylı araştırma gerektirmeyen, eldeki verilerle kısa sürede pratik şekilde analiz yapabilmek için L tipi Matris Metodu’nun kullanılması uygun olacağı tespit edilmiştir.

Çakmak (2015), demir çelik sektöründe bulanık hata türleri ve etkileri analizi (Fuzzy FMEA) yöntemini kullanarak risk değerlendirmesi yapmış ve potansiyel risklere karşı önlemler almayı hedeflemiştir. Çalışma, bulanık mantık işlemleri, problemin analiz edilmesi ve tanımlanması, kümelerin ve mantıksal ilişkilerin oluşturulması, mevcut bilgilerin bulanık kümelere dönüştürülmesi ve modelin yorumlanması aşamalarından oluşmaktadır. Risk Değerlendirme Yöntemlerinden FMEA yöntemiyle elde edilen girişler, klasik FMEA yöntemindeki kesin değerlerden farklı olarak, Bulanık Mantık yöntemiyle işlenip mevcut ve potansiyel risklerin tespiti kararlı bir şekilde ortaya çıkartılmıştır. Ayrıca iki yöntem birbiri ile karşılaştırılarak Fuzzy FMEA yönteminin kazanımları ortaya konulmuştur. Haddehanedeki mevcut risk durumlarının risk öncelik

sayılarının elde edilmesinden sonra Klasik FMEA'daki giriş değerleri ile Fuzzy FMEA ile işlenen olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik girişlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda RÖS sıralamalarındaki bir değişimin olduğu gözlenmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda Fuzzy FMEA ile elde edilen RÖS değerlerin gerçek hayattaki durumlarla daha fazla örtüştüğü tespit edilmiştir.

Dirik (2015), iki endüstriyel kaza üzerinde hata türü ve etki analizi (FMEA) yöntemi ile risk analizi yaparak RÖS değerlerini düşürmüş ve laboratuvar ortamında deney seti yardımıyla teorik bilgileri uygulayarak risk skorlarını tolere edilebilir seviyelere indirdiğini ifade etmiştir.

Çalışmada, teorik bilgiler ile yaşanmış iki endüstriyel kaza ilişkilendirilmiş, elde edilen bilgiler ve bilimsel ipuçları ışığında yorumlanması sağlanmış ve gerçek anlamda problemler tanımlanmış, statik elektriğin anlaşılabilirlik durumu açığa kavuşturulmuştur. Bu çalışma sonucunda, belirgin bir sonuç (risklerin 50 den düşük RÖS değerine indirilmesi) elde edilmiştir. Çalışmanın temel amacı mantık devreleri kullanarak tanımlayıcı metotlar yardımıyla tepe olayın kök sebebinin tespit edilmesidir. FMEA uygulamasının toplam RÖS değerini %86'nın üzerinde düşürebileceği saptanmıştır.

Yanturalı (2015), tarım makineleri imal eden bir iş yerinde L tipi matris yöntemi ile risk analizi yaparak alınacak önlemlerle iş kazalarının oranının azaltılabileceğini savunmuştur. Çalışmada, genel olarak toplam 8 adet riskten 3 tanesi kabul edilebilir risk, 5 tanesi orta seviyeli risk grubunda olduğu gözlenmiştir. Acilen müdahale edilmesi gereken risk grubu bulunmamakla birlikte ilk fırsatta orta seviyeli risk gruplarında düzeltmeye gidilmiştir. yapılan risk analizi sonucuna göre 8 adet risk tekrar değerlendirilmiştir. Yeni gözlemimizde 6 adet kabul edilebilir risk, 2 adet orta seviyeli risk gözlenmiştir. Risk değerlendirmesi yapılırken fabrikadaki beş bölüm ele alınmıştır. Bu bölümlerde toplam 48 adet risk tespit edilmiştir. Tespit edilen risklerin bazıları kabul edilebilir seviyede, bazıları orta ölçekli riskler olarak sınıflandırılırken, bazıları ise yüksek ölçekli riskler olarak belirlenmiştir.

Direk (2015), bir yeraltı taş kömürü madeninde taş ve kavlak düşmelerinden kaynaklanan kazaların hata ağacı analizi yöntemiyle risk değerlendirmesi çalışmasında,

taş ve kavlak düşmelerinin kök nedenlerinin bulunmasını amaçlamıştır. Çalışmada, ilk olarak elde edilen veriler işlenerek, Amasra yeraltı kömür madeninde gerçekleşen taş ve kavlak düşmelerinin ana nedenleri ve bunların sonuçları belirlenmiştir. Daha sonra ara ve esas olaylar tespit edilerek, taş ve kavlak düşmelerinden kaynaklanan yaralanmaların hata ağacı analizi oluşturulmuştur. Her ana olaydan kaynaklanan riskler ve hata ağacını oluşturan minimal cut setler ReliaSoft BlockSim 7 programı kullanılarak bulunmuştur. Son olarak taş ve kavlak düşmelerinden kaynaklanan yaralanmaların nedenleri hesaplanan risklere göre tespit edilmiştir.

Demirel (2016), çalışmasında iş sağlığı ve güvenliği açısından “Tehlikeli” olarak sınıflandırılan demir yolu makas ve parçalarının üretimi faaliyetinde karşılaşılan tehlike ve riskleri belirlemek, konu ile ilgili detaylı bilgi sunmayı amaçlamıştır. İlgili sektör ve sektörün riskleri, risk değerlendirme adımları ve metotları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği işyeri ve risk değerlendirmesi metotları tanıtılarak uygulama aşamaları anlatılmıştır. Çalışmada, sektörün çoğunlukla kullandığı mevcut risk değerlendirmesine farklı bir bakış geliştirebilmek için Fine-Kinney metodu uygulanmıştır. Sektörde, kullanılan planya tezgahı, torna tezgahı, bilgisayar sayım yönetimli tezgahı, freze tezgahları, kaynak, alın kaynağı, tozaltı kaynağı, vinçler, kaldırma araçları, taşlama makinesi, şerit testere, radyal matkap tezgahı, vidalama, travers titreşim tezgahı ve diğer makine ve aletlerden kaynaklanan önemli risklerle karşılaşılmıştır. Bu makine ve aletlerin kullanıldığı üretim alanı, forklift, tavan vinci ve portal vincin kullanıldığı yükleme-boşaltma alanının en yüksek risk değerlerine sahip olduğunu savunulmuştur. Fine Kinney risk değerlendirmesi sonucu tespit edilen riskler ve risklerin işletme bölümlerindeki istatistiki dağılımları belirtilmiştir. Tespit edilen eksiklikler anlatılmış ve çözüm önerileri sunulmuştur.

Mevsim (2016), Türkiye Taşkömürü Kurumu yeraltı madenlerinde yaptığı hata ağacı analizi yöntemiyle risk değerlendirmesi çalışmasında metan patlamalarının tehlike ve risklerini tespit ederek sonuçlarını değerlendirmiştir. Çalışmada, kantitatif bir risk değerlendirmesi ile yeraltı taşkömürü madenlerindeki grizu patlamalarının kök nedenlerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, ülkenin birincil taşkömürü üreticisi konumundaki Türkiye Taşkömürü Kurumunda (TTK) 1875-2014 yılları arasında meydana gelen ve toplamda 815 can kaybı ile sonuçlanan 67 grizu

patlaması incelenmiştir. Patlamaların kök nedenlerini belirlerken bir tündengelim risk analizi tekniği olan hata ağacı analizinden (HAA) faydalanılmıştır. Kalitatif ağaçta 27 orta dereceli ve 65 basit olay (kök neden) tespit edilmiştir ve diğer grizu patlamaları çalışmaları ile karşılaştırıldığında kapsamlı bir HAA sunulmaktadır. Ülkede uygulanmakta olan tek tip risk analizi yöntemi (5 x 5 matrix metodu) sürekli gelişmekte olan iş sağlığı ve güvenliği göz önünde bulundurularak daha üst seviyeye çıkarılabilir ve HAA'nın tündengelim yaklaşımı ile kapsamlı yapısı sektörün dikkatini çekebilir. Kök nedenler göz önüne alınarak grizu patlamalarına karşı genel bir önleme stratejisi geliştirilip uygulamaya alınarak madenlerde iş sağlığı ve güvenliği yasal mevzuatına da katkı sağlanabileceği ifade edilmiştir. Çalışmada, grizu patlamalarından kaynaklı ölüm ve yaralanmaların önlenmesine bir şekilde katkı sağlayabilmek amaçlanmıştır.

Güven (2017), tersanelerdeki iş kazalarını önlemek amacıyla Bow-Tie yöntemi ile risk değerlendirmesi yaparak sonuçlarını değerlendirmiştir. Ayrıca bu çalışma ile risk yönetimine farklı bir bakış açısı getirmeyi hedeflemiştir. Bu çalışmada, Tersanelerde en çok meydana gelen ölümlü ilk dört kaza cinsinin Bow-Tie Metoduyla risk analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda yüksekten düşme, elektrik çarpması, malzeme çarpması/düşmesi, patlama kazalarının tehlike, kritik olay, tehditler, sonuçlar, önleyici ve düzeltici bariyerler ile eskalasyon faktörü ve bariyerlerinden oluşan Bow-Tie diyagramlarla incelemesi yapılmıştır. Bow-Tie yönteminde önemli tesis veya işlemlerdeki tehlikelerin sahip olduğu potansiyel risk seviyeleri belirlemeye çalışırken aynı anda bu tehlikelerin kontrol altında tutulması için gerekli olan bariyerlerin (emniyet tedbirleri) etkinliği sınanmış olur. Bow Tie metodu, iş güvenliği uzmanlarının bir fabrika veya tesiste uygulamaları gereken etkili kaza öncesi (proaktif) ve kaza sonrası (reaktif) bariyerleri başarı ile belirlemelerini sağlayan bir yöntem olduğu savunulmuştur. Özellikle meydana gelen olayların bu metotla detaylı bir şekilde analizinin gerçekleştirilmesi bu kazaların sebep sonuç ilişkilerini görsel olarak ortaya koyması sonucunda önlem olarak alınacak tedbirlerin etkinliği de ortaya konulmuştur.

3. MATERYAL VE METHOD

Çalışma Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş.'nin Sivas tesislerinde sürdürülmüştür.

1970 yılında 1312 sayılı yasa ile Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) kurulmuş ve 1974 yılında ise Sivas'ta ilk faaliyet resmi olarak başlamıştır. Bu tarihte elektrik hizmetlerini veren TEK 9. Bölge Müdürlüğüne bağlı Köy Elektrifikasyonu, Sivas Başmühendisliği ismini almıştır. 1984 yılına kadar çok fazla değişim yaşamamış olan kurum, 1982'de 2705 sayılı yasa ile 1983 TEK Kızılırmak Elektrik Dağıtım Müessesesi adını almış ve Sivas ile Tokat ilinde elektrik dağıtım hizmetini sunmak amacıyla teşkilatlanmıştır. 1989 yılında TEK Yönetim Kurulu Kararı ile her ilin kendi bölgesinde faaliyet göstermesine karar verilmiş ve Tokat'tan ayrılarak TEK Sivas Elektrik Dağıtım Müessesesi haline getirilmiştir. 1994 yılında Kanun Hükmünde Kararname (KHK) ile Devlet Teşekkülü haline getirilen kurum Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi'ne (TEDAŞ) bağlı çalışmalarını sürdürmüştür. TEDAŞ'ın 2004 yılında Özelleştirme İdaresi'nin 22 sayılı kararı doğrultusunda özelleştirme kapsamına alınması ile kurumun özelleştirme süreci başlamıştır. Bu sürecin en iyi şekilde ilerlemesinin İl Müessese Müdürlüklerinin tüzel kişilik kazanarak Bölge Müdürlüklerine dönüştürülmesi ile sağlanacağı düşünülmüş ve 01.03.2005 yılında şirketimiz Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş. kurulmuştur. Sivas, Tokat ve Yozgat illeri ÇEDAŞ'a bağlanmıştır. 2010 yılının Şubat ayında Özelleştirme İdaresi ihaleyi gerçekleştirmiş ve 31.08.2010 tarihinde hisse satış sözleşmesi imzalanarak özelleştirilmiştir.

Bu bölümde risk değerlendirmesine yönelik olarak hata ağacı, olay ağacı ve Bow-Tie (Papyon) teknikleri ayrıntılı değerlendirilmiştir.

3.1 Hata Ağacı Analizi

Hata ağacı analizi, üst olay olarak adlandırılan istenmeyen bir olaya katkıda bulunabilecek faktörleri tanımlamak ve analiz etmek için kullanılan bir teknik olarak ifade edilmektedir. Nedensel faktörler, düşünsel olarak tanımlanmakta, mantıksal olarak düzenlenmekte ve nedensel faktörleri ve üst olayla olan mantıksal ilişkilerini A'dan Z'ye gösteren bir ağaç şemasında resimsel olarak temsil edilmektedir. Ağaçta tanımlanan

faktörler, bileşen donanım arızaları, insan hataları veya istenmeyen olaya yol açan diğer ilgili olaylar ile ilişkili olaylar olabilir (TS EN 31010, 2010).

Bir hata ağacı, üst olayın olası nedenlerini ve yollarını tanımlamak için niteliksel olarak kullanılabilir gibi nedensel olayların olasılıkları hakkında bilgi verildiğinde, üst olayın olasılığını hesaplamak için niceliksel olarak da kullanılabilir. Niteliksel analiz için, sistemin nasıl anlaşılacağı ve başarısızlığın nedenlerinin yanı sıra sistemin nasıl başarısız olacağına dair teknik bir anlayış gerekmektedir. Nicel analiz için, hata oranlarına ilişkin veriler veya hata ağacındaki tüm temel olaylar için başarısız durumda olma olasılığı gerekmektedir (TS EN 31010, 2010).

3.1.1 Hata Ağacı Geliştirme Aşamaları

Bir hata ağacı geliştirme adımları şu şekildedir (TS EN 31010, 2010):

- i. Analiz edilecek en üst olay tanımlanmıştır. Bu bir başarısızlık ya da bu başarısızlığın daha geniş bir sonucu olabilir. Sonuç analiz edildiğinde, ağaç gerçek başarısızlığın azaltılmasıyla ilgili bir bölüm içerebilir.
- ii. En üst olaydan başlayarak, üst olaya yol açan olası acil durumlar veya başarısızlık modları tanımlanır.
- iii. Bu nedenlerin / arıza modlarının her biri, başarısızlıklarının nasıl ortaya çıkabileceğini belirlemek için analiz edilir.
- iv. İstenmeyen sistem çalışmasının aşamalı olarak tanımlanması, daha sonraki analizler verimsiz hale gelene kadar ardışık olarak daha düşük sistem seviyeleri için izlenir. Bir donanım sisteminde bu, bileşen arızası olabilir. Analiz edilen en düşük sistem seviyesinde olaylar ve nedensel faktörler temel olaylar olarak bilinir.
- v. Temel olaylara olasılıkların atanabildiği durumlarda, üst olayın olasılığı hesaplanabilir. Nicelleştirmenin geçerli olması için, her bir kapı için, tüm girişlerin çıkış olayını üretmek için hem gerekli hem de yeterli olduğunu gösterebilmelidir. Durum böyle değilse, hata ağacı olasılık analizi için geçerli değildir, ancak nedensel ilişkilerin görüntülenmesi için yararlı bir araç olabilir.

Hata ağacı analizinden elde edilen çıktılar şöyle ifade edilmiştir:

- i. İki veya daha fazla eşzamanlı olayın gerçekleşmesi gereken etkileşimli yolları gösteren üst olayın nasıl görünebileceğine dair resimsel bir temsil;
- ii. Her birinin meydana gelme olasılığı ile birlikte, minimum kesim setlerinin (arızaya giden bireysel yollar) bir listesi (verilerin mevcut olduğu yerlerde);
- iii. Üst olayın olasılığı.

3.1.2 Hata Ağacının Güçlü ve Zayıf Yönleri

FTA'nın güçlü yönleri (TS EN 31010, 2010):

- i. Çok sistemli, ancak aynı zamanda insan etkileşimleri ve fiziksel fenomenler de dahil olmak üzere çeşitli faktörlerin analizine izin vermek için yeterince esnek olan disiplinli bir yaklaşım sunması,
- ii. Teknikte üstü kapalı olan "yukarıdan aşağıya" yaklaşımının uygulanması, doğrudan olayla doğrudan ilişkili olan başarısızlığın etkilerine dikkat çekmesi,
- iii. FTA, birçok arayüz ve etkileşime sahip sistemleri analiz etmek için özellikle yararlı olması,
- iv. Resimsel temsil, sistem davranışının ve içerdiği faktörlerin kolay anlaşılmasına yol açar, ancak ağaçlar genellikle büyük olduğundan, ağaçların işlenmesi bilgisayar sistemleri gerektirebilir. Bu özellik, daha karmaşık mantıksal ilişkilerin dahil edilmesini sağlar (örneğin, NAND ve NOR), fakat aynı zamanda hata ağacının doğrulanmasını zorlaştırması,
- v. Arıza ağaçlarının mantık analizi ve kesim kümelerinin belirlenmesi, üst olaya yol açan olayların belirli kombinasyonlarının göz ardı edilebileceği çok karmaşık bir sistemdeki basit başarısızlık yollarının belirlenmesinde faydalı olduğu ifade edilmektedir.

FTA'nın zayıf yönleri (TS EN 31010, 2010):

- i. Bazı olayların olasılıklarındaki belirsizlikler, üst olayın olasılığının hesaplanmasında yer almaktadır. Bu, temel olay hatası olasılıklarının doğru olarak bilinmediği yüksek belirsizlik seviyelerine yol açabilir; bununla birlikte, iyi anlaşılmiş bir sistemde yüksek derecede bir güvenle mümkündür.
- ii. Bazı durumlarda, nedensel olaylar birbirine bağlı değildir ve üst olaya yönelik tüm önemli yolların dahil edilip edilmediğini tespit etmek zor olabilir. Örneğin, bir ateşin analizinde tüm ateşleme kaynakları dahil olmak üzere bir üst olay. Bu durumda olasılık analizi mümkün değildir.
- iii. Hata ağacı statik bir modeldir; zaman bağımlılıkları ele alınmaz.
- iv. Arıza ağaçları sadece ikili durumlarla (sadece başarılı / başarısız) ilgilenebilir.
- v. İnsan hata modları, kalitatif bir hata ağacına dahil edilebilirken, genellikle insan hatasını karakterize eden derece veya nitelikteki hatalar kolayca eklenemez;
- vi. Bir hata ağacı domino efektlerini veya koşullu arızaların kolayca eklenmesini sağlamaz.

3.1.3 Hata Ağacı Analizi Uygulaması (TS EN 61025, 2011)

3.1.3.1 Hata Ağacı Açıklaması ve Yapısı

Bir hata ağacı, "üst olay" olarak adlandırılan, tanımlanmış bir sonucun ortaya çıkmasına neden olan veya katkıda bulunan koşulların veya diğer faktörlerin düzenlenmiş bir grafik gösterimi olarak ifade edilmiştir. Sonuç bir başarı olduğunda, o zaman hata ağacı bir başarı ağacı haline gelir ve buradaki giriş olayları en iyi başarı etkinliğine katkıda bulunanlardır. Bir hata ağacının temsili, açıkça anlaşılabilen, analiz edilebilen ve gerektiğinde aşağıdakilerin tanımlanmasını kolaylaştıracak şekilde düzenlenmiş bir formdadır:

- i. Geleneksel fay ağacı analizlerinin çoğunda gerçekleştirildiği üzere, araştırılan üst olayı etkileyen faktörler;
- ii. FTA tekniği güvenilirlik analizi için kullanıldığında sistemin güvenilirliğini ve performans özelliklerini etkileyen faktörler, örneğin tasarım eksiklikleri, çevresel veya operasyonel stresler, bileşen arıza modları, operatör hataları, yazılım hataları;

- iii. Birden fazla işlevsel bileşeni etkileyen, belirli işten çıkarmaların faydalarını iptal edebilen veya bir ürünün iki veya daha fazla parçasını, işlevsel olarak alakasız veya bağımsız (ortak neden olan olaylar) gibi görünen davranışları etkileyebilecek olaylar.

Hata ağacı analizi, tanımlanan üst olaya yol açabilecek sebeplerin nedenlerini veya kombinasyonlarını saptamaya yönelik bir tündengelimli (yukarıdan aşağıya doğru) bir analiz yöntemidir. Analiz, analizlerin kapsamına bağlı olarak niteliksel veya niceliksel olabilir.

Birincil olayların meydana gelme olasılığının tahmin edilemediği durumlarda, olası bir FTA, olası olumsuz sonuçların nedenlerini açıklayıcı bir olasılıkla işaretlenmiş bireysel birincil olaylarla araştırmak için kullanılabilir: “oldukça muhtemel”, “çok muhtemel” “orta olasılık”, “uzaktan olasılık” vb. niteliksel FTA'nın temel amacı, temel veya birincil olayların üst olayı etkileme yollarını belirlemek için minimal kesim kümesini tanımlamaktır.

Birincil olayların olasılıkları bilindiğinde nicel bir FTA kullanılabilir. Tüm ara olayların meydana gelme olasılıkları ve üst olay (sonuç) modele göre hesaplanabilir. Ayrıca, nicel FTA, bir ürünün veya sistemin geliştirilmesinde güvenilirlik analizinde çok yararlı olduğu belirtilmiştir.

3.1.3.2 Hata Ağacı Uygulama Alanları

FTA özellikle işlevsel olarak bağlantılı veya bağımlı birçok alt sistemi içeren sistemlerin analizine uygundur. Bir sistem tasarımı, birkaç bağımsız uzman teknik tasarım grubunun ürünü olduğunda ve ayrı arıza ağaçları birbirine bağlı olduğunda, FTA'nın faydaları açıktır. Nükleer enerji üreten istasyonlar, ulaşım sistemleri, iletişim sistemleri, kimyasal ve diğer endüstriyel süreçler, demiryolu sistemleri, ev eğlence sistemleri, medikal sistemler, bilgisayar sistemleri vb. Hata ağacı analizi, çeşitli bileşen tiplerini ve diğer tekniklerle kolayca modellenemeyen etkileşimlerini (mekanik, elektronik ve yazılım bileşenleri) içeren sistemlere uygulandığında özel bir değerdir. Bunun bir örneği, kırılma çatlaklarına neden olan titreşim yorgunluğunun varlığı ve bileşenlerin arızaları gibi, görünüm sırasının önemli olduğu olayların bir kombinasyonu olabilir.

FTA'nın bir araç olarak çok sayıda kullanımı vardır:

- i. Üst olaya giden olayların uygun mantık kombinasyonunu belirlemek ve potansiyel olarak önceliklendirme;
- ii. Gelişmekte olan bir sistemi araştırmak, öngörmek, önlemek ya da azaltmak, istenmeyen üst olayın potansiyel sebep ya da sebepleri; Bir sistemi analiz etmek, güvenilirliğini belirlemek, güvenilmezliğine ana katkıda bulunanları belirlemek ve tasarım değişikliklerini değerlendirmek;
- iii. Olasılıksal risk değerlendirme çabalarına yardımcı olmak.

3.1.3.3 Diğer Güvenilirlik Analiz Teknikleri İle Kombinasyonlar

i. FTA ve Olay Ağacı Analizi (ETA) Kombinasyonu

Herhangi bir olay, FTA tarafından analiz edilebilir. Ancak, bazı durumlarda birkaç nedenden dolayı uygun olmayabilir:

- i. Nedensel ilişkiler yerine olay dizileri geliştirmek bazen daha kolaydır;
- ii. Oluşan ağaç çok büyük olabilir;
- iii. Analizin farklı bölümleriyle uğraşan genellikle ayrı ekipler vardır.

Pratik bir prosedür bulmak için, genellikle tanımlanmış olan en üstteki istenmeyen olay değildir, fakat işlevsel ve teknik alan arasındaki arayüzde potansiyel olarak istenmeyen olaylar meydana gelir.

Bir örnek vermek gerekirse, bir uzay aracı görevi için en üstteki olayı “mürettebatın veya aracın kaybı” olarak düşünün. “Mürettebatın veya aracın kaybı” na dayanan büyük bir hata ağacı kurmak yerine “ateşleme başarısızlığı” veya “bindirme hatası” gibi istenmeyen olaylar en önemli olaylar olarak tanımlanabilir ve ayrı hata ağaçları olarak analiz edilebilir. Bu azaltılmış üst olaylar, sonuç olarak, operasyonel sonuçları analiz etmek için bir olay ağacına girdi olarak kullanılabilir.

ii. FTA ve Markov Analizinin Kombinasyonu

Sadece statik olayların bir kombinasyonuna sahip olan FTA (olay kombinasyonunun zamanlama - dizilimi dikkate alınmaz veya modellenmez - statik kapılar) genellikle

olayların diziye bağımlılığı olmayan sistemleri değerlendirir. Bununla birlikte, Markov modellerini temsil eden ek kapıları tanımlayarak FTA'yı genişletmek mümkündür. Bu kapılar “dinamik” kapıların adını taşır ve öncelik ve kapıları, sıralı kapıları ve yedek kapıları içerir. Bu tip kapılar için, uygun Markov modelini veya simülasyonunu kullanarak bir zamandaki başarısızlık olasılığını değerlendirmek gerekir. Bir kez değerlendirildiğinde, dinamik geçit ve onun girdileri, Markov analizi ile hesaplanma olasılığı olan tek bir birincil olay ile değiştirilebilir. Bazı ticari yazılımlar, dinamik kapıların modellenmesine ve temsil ettikleri olayın meydana gelme olasılığının hesaplanmasına imkan verir.

iii. FTA ve İkili Karar Şeması (BDD) Tekniklerinin Kombinasyonu

Bir fay ağacı üst olayının meydana gelme olasılığının çok sayıda kesim kümesi ile hesaplanması, tüm kesme takımı kombinasyonları için olasılık hesaplanmasını gerektirir. Yüksek karmaşıklığı nedeniyle, bu hesaplamanın genellikle kesilmesi gerekir. Bir BDD, bir hata ağacından tekrarlı olarak oluşturulabilir ve verimli, kesin bir hesaplama yöntemi sağlar. BDD yaklaşımı, kesim set olasılık hesaplarının kesilmesinin, ya kabul edilemez bir doğruluk kaybı ya da bir FTA çözümünün, özellikle modelde birçok yüksek olasılıklı olay ortaya çıktığında, aşırı zaman almasıyla sonuçlandığı durumlarda kullanışlıdır. BDD yaklaşımında oluşturulan minimal yollar ayrıldığından önem ve hassasiyetlerin hesaplanması da verimli ve tam olarak gerçekleştirilebilir.

iv. Olayların ve Durumların Kavramları ve Kombinasyonları

Bir hata ağacının (üst olay) nihai sonucu, kendi başına bir hata veya bir olay olabilir. Burada, hata ağacı, katkıda bulunan olaylar veya diğer hatalardan kaynaklanan bir hatayı veya bir olayı tanımlar. Hata ağacı analizinde, olayların belirli bir kombinasyonu, durumlar veya olaylar olabilirken, diğerleri sonuçla eşleşmelidir. Örneğin, sonucun bir durum veya olay olduğu bir ‘veya’ geçidindeki girdiler, durumlar veya olaylar olabilir. Bir sonuç olarak bir olay olan bir ‘ve’ geçidindeki tüm girdiler, olaylar olsa da, sonuç bir durumu temsil ediyorsa, tüm girdilerin durumları olması gerekir.

Durum, durumun t zamanında var olma olasılığı ile karakterize edilebilirken, olay, ya başarısızlık oranı ya da başarısızlık sıklığı ile ya da t zamanında olayın ortaya çıkma olasılığı ile karakterize edilebilir.

3.1.4 Hata ağacı Grafiksel Açıklaması ve Yapısı

Bir hata ağacının bileşenleri şu şekildedir:

3.1.4.1 Kapılar

- a) Giriş olayları ve çıkış olayı arasındaki mantıksal ilişkiyi gösteren semboller
- b) Statik geçit - çıktılarının ortaya çıkış sırasına bağlı olmayan sonuç,
- c) Dinamik kapılar - girdilerin ortaya çıkış sırasına bağlı olarak sonuç.

Dinamik kapıları ve kullanımları hakkındaki yorumları açıklayan bir tablo Ek C, Çizelge C.1'de gösterilmiştir.

3.1.4.2 Olaylar

Arıza ağacındaki en düşük giriş seviyesidir. Yaygın olarak kullanılan olay sembolleri ve tanımları Ek C, Çizelge C.2'de gösterilmiştir.

Bir hata ağacının grafik bileşenleri şunlardır:

- a) hata ağacı mantığı sembolü (kapılar);
- b) kapı giriş bağlantı hatları;
- c) ara etkinlik açıklamaları;
- d) sembolleri içeri veya dışarı aktarmak;
- e) birincil olay sembolleri.

3.1.5 Güvenilirlik Geliştirmek İçin Sistem veya Ürün Geliştirmede Nicel FTA Kullanımı

FTA'nın olay dizisini doğru olarak modelleme yeteneği (Markov analizi yardımıyla) birincil veya ara, başka bir ara etkinliğe girdi olarak, bir ürünün güvenilmezliğine büyük katkıda bulunan birincil olayları / işlevleri veya ara etkinlikleri tanımlamak için aracı bir araç haline getirir. Bu, tasarım kusurlarını hafifletecek tasarım iyileştirmelerine ve iyileştirmenin doğrulanması için FTA'nın revize edilmesine imkan sağlar.

3.1.5.1 Seri Sistem Yapılandırması

Güvenilirlik modellemede, montajlar (güvenilirlik blok şemasındaki bloklar veya bileşenler), sistem hatasını teşkil edemediklerinde, bir sistemde seri konfigürasyondadır.

Hata ağacındaki ilgili model, bu “blokların” (kapılar veya olaylar) tümünün bir ‘veya’ geçidine akmasıdır.

“n” tane bağımsız bloklardan oluşan en üstteki “sistemin” güvenilirliği için:

$$R_s(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot R_3(t) \cdot \dots \cdot R_i(t) \cdot R_n(t) \quad [3.1]$$

Güvenilirlik açısından yukarıdaki ifade, blok 1 ve blok 2'dir ve blokların geri kalanı sistemin çalışması için operasyonel olmalıdır.

FTA'da, tam tersi kullanılır. Hata sonucu, bileşen 1 hatası ‘veya’ bileşen 2 hatası, vb. tarafından üretilir. ‘veya’ kapısının bir seri sistemi veya montaj konfigürasyonunu temsil etmesinin nedeni budur.

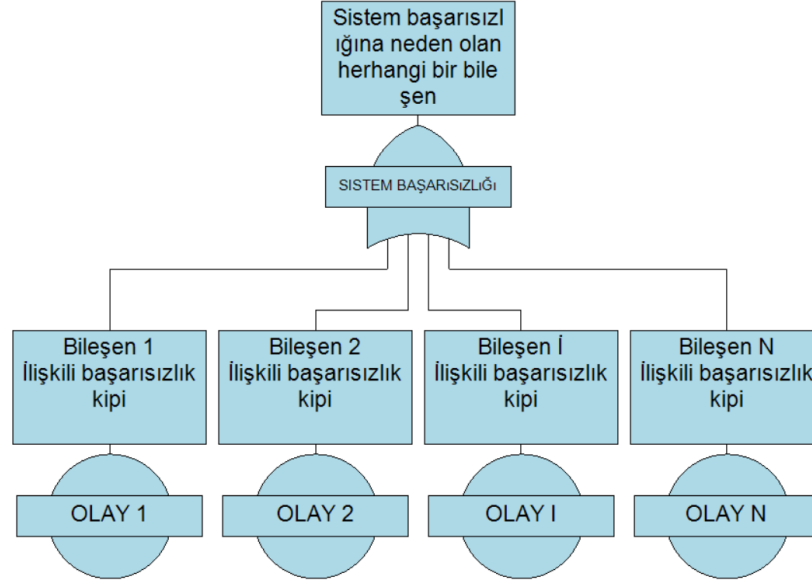
Bir ‘veya’ kapısının ifade edildiği formül, bir güvenilirlik için olasılıksal bir tamamlayıcı olan $F(t)$ hatası olasılığı olarak ifade edilenler dışında, bir dizi sistem için gösterilenle aynıdır.

$$F(t) = 1 - R(t) \quad [3.2]$$

N tane bağımsız giriş kapıları veya olaylarından oluşan bir ‘veya’ kapısının (“sistem”) olumsuz sonuç olasılığı:

$$FS(t) = 1 - (1 - F_1(t)) \cdot (1 - F_2(t)) \cdot \dots \cdot (1 - F_i(t)) \cdot \dots \cdot (1 - F_n(t)) \quad [3.3]$$

Herhangi bir bileşen (blok) başarısız olduğunda sistem başarısız olur. Bir ‘veya’ kapısı örneği Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Şekil 3.1'deki tüm şekiller, bir bileşenin ilgili arıza modu, bir girdi olayı olarak, çıkış olayının meydana gelmesine neden olan hata modudur.



Şekil 3.1 Seri yapının hata ağacı temsili

3.1.5.2 Paralel Sistem Konfigürasyonu, Yedek sistemler

i. Aktif Fazlalık

Bu alt bölüm, aktif fazlalık için her bir girdi için arıza özelliklerinin (modellerin) kaç tane başka girişin çalıştığından bağımsız olarak aynı kaldığını varsayar. Ayrıca aktif fazlalık bloğuna her girişin bağımsız olduğunu varsayar. Eğer bir çıkış olayı sadece tüm katkıda bulunan bağımsız olaylar meydana gelirse, o zaman bir 've' geçidi ile bağlanmalıdır. Fiziksel konfigürasyon farklı olabirse de, güvenilirlik analizi için paralel bir sistem olarak da adlandırılır.

Diğer girdilerin durumuna bakılmaksızın, giriş olaylarının olasılığı değişmediğinde, bağımsızlık şartı yerine getirilir.

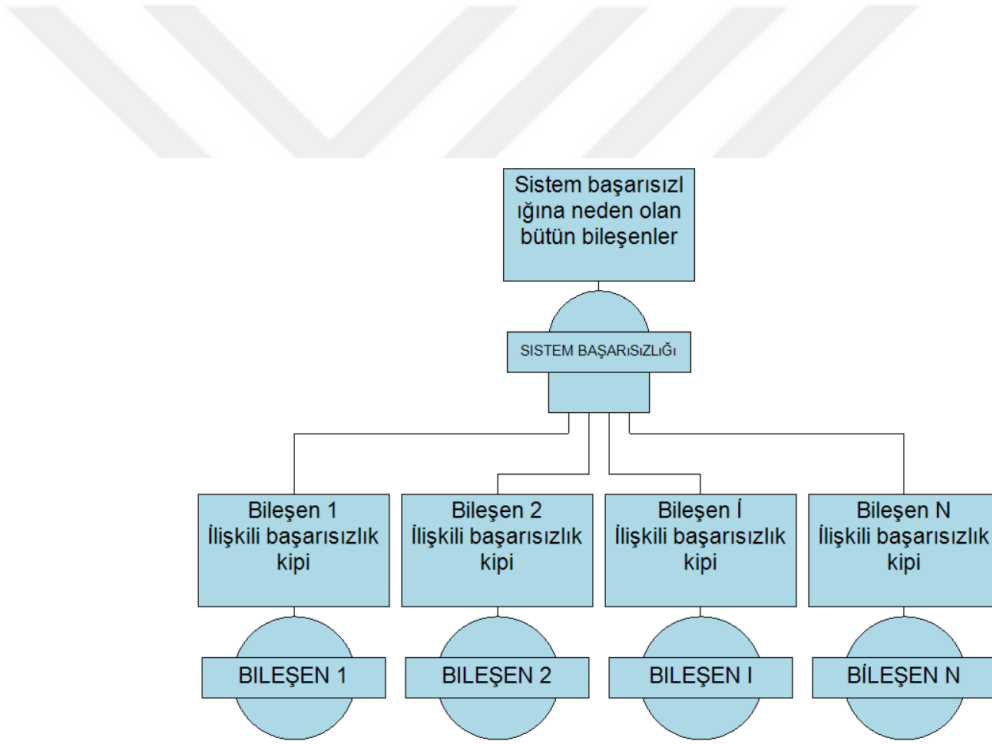
Güvenilirlikteki ilişkili matematiksel ifade, sistemin, eğer bileşen 1 'veya' bileşen 2, 'veya' bileşenlerden herhangi biri dışında, en az birinin çalışır durumda kalması, yani tüm bileşenlerin arızalanması durumunda sistemin başarısız olması durumunda çalışmasıdır.

$$RS(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Ri(t)) \quad [3.4]$$

FTA, bu “n” giriş kaplarına veya olaylarına sahip olan bir ‘ve’ geçidi tarafından temsil edilir; bu, bileşen 1 VE bileşen 2, ‘ve’ bileşenlerin geri kalanı başarısız olursa, benzer matematik ile sistemin başarısız olduğu anlamına gelir. Hata olasılığı o zaman:

$$FS(t) = \prod_{i=1}^n (1 - Fi(t)) \quad [3.5]$$

Başarılı bir sistem çalışması için sadece bir bileşenin hayatta kaldığı veya sistem bütün bileşenlerin arızalanması durumunda başarısız olduğu paralel bir fazlalık temsildir ve Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Paralel, aktif fazlalıkların hata ağacı gösterimi

Yedek bileşenler, yük paylaşım modunda (örneğin, bir güç ağına jeneratörler) çalışabilir, hayatta kalan bileşenlerin arıza olayı olasılığı, her biri başarısız olduğunda artabilir. Olay olasılığındaki bu tür değişiklikler, basit bir ‘ve’ geçit kullanımının bağımsızlık şartını bozacaktır.

Bir çıktı sadece tüm katkıda bulunan olaylar meydana gelirse ortaya çıktıysa, ancak giriş olayları birbirine bağımlıysa, bir 've' geçidi kullanılamaz. Bu durumda dinamik bir kapı kullanılır.

Fazlalık, sistem başarısının koşulu, özdeş bloklardan k'nin işlevsel kaldığı şekildeyse, FTA'da kullanılan güvenilirlik için matematiksel ifade aşağıdaki gibidir:

$$R_s(t) = 1 - \sum_{i=1}^{k-1} \left(\frac{n!}{i!(n-i)!} \cdot [R_0(t)]^i \cdot [1 - R_0(t)]^{n-i} \right)$$

veya

$$F_s(t) = 1 - \sum_{i=1}^{k-1} \left(\frac{n!}{i!(n-i)!} \cdot [F_0(t)]^i \cdot [1 - F_0(t)]^{n-i} \right) \quad [3.6]$$

FTA'da, bu olayların bir araya gelmesi, oy sayısının $m = n - k + 1$ ve ilgili kapıdaki sembolün olduğu çoğunluk oyu ile temsil edilir, m, etkinliğin ağaçta daha fazla yayılması için kaç etkinliğin gerçekleşeceğini belirtir. Örnek olarak, eğer gerekli fazlalık 6'dan 3'üye, çoğunluk oyu 4'dür, çünkü dört giriş olayının ortaya çıkması sadece iki kalan bileşenin operasyonel kalmasına neden olacaktır. Bu, sistemin 6 bileşenden faal olması için üç bileşen için şart olduğu için, sistemin başarısız olduğu anlamına gelir.

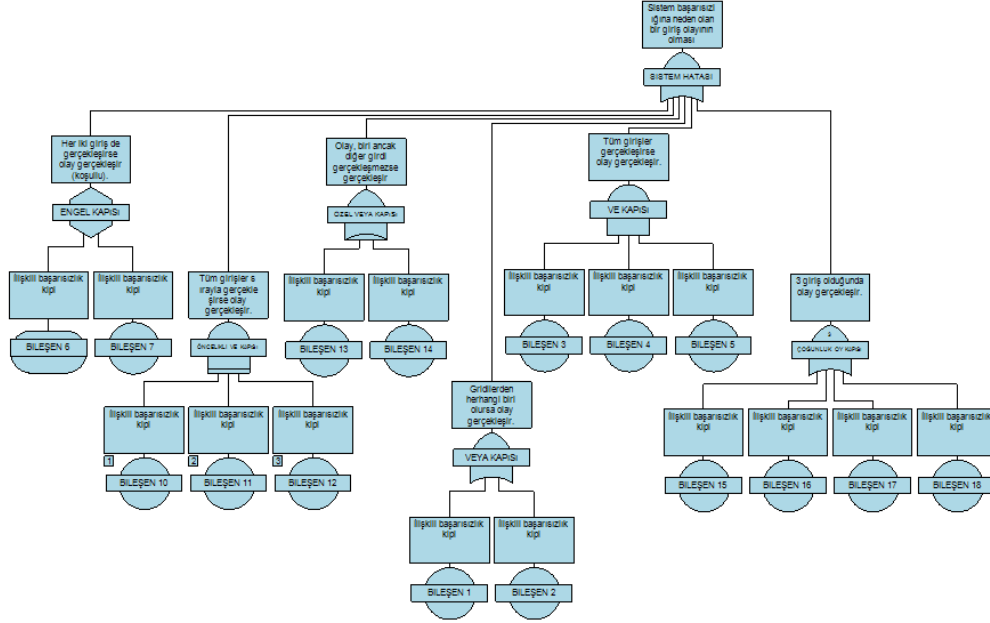
Güvenilirlik modellemede kullanılan diğer kapı örnekleri ile birlikte çoğunluk oylama kapısı Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

ii. Pasif (Bekleme) Artıklık

Bekleme yedekliliği, yalnızca işlem için gerekli bileşenlerin sayısı aktif olduğunda ve bu bileşenlerden bir veya daha fazlasının arızalanması durumunda, başarısız bileşenlerin işlevini almak için bir veya daha fazla yedek parça etkinleştirilir. Sistem arızası, toplam fonksiyonel bileşen sayısının sistem çalışması için gereken sayıdan daha az olduğu durumda tanımlanır. Yedek parçaların (yedek parçaların) analizde, arızaya (soğuk yedek parçalara) veya aktif çalışmaya getirilene kadar bir miktar ara hata olasılığına (ılık yedekler) maruz kaldığı düşünülebilir veya işlem sırasında olduğu gibi arızaya eşit ölçüde maruz kalabilir. (En iyi yedek)

3.1.5.3 Koşullu Olasılığın Tekrarlanması (Ortak Neden) Olaylarının Temsil Edilmesi ve Olayların Aktarılması

Koşullu olasılık, bir olayın meydana gelme olasılığının diğerinin meydana gelmesine bağlı olduğu, ikinci olayın yalnızca ilk olay gerçekleştiğinde gerçekleştiği durumdur. Koşullu olasılıkların bir örneği, Şekil 3.3'ün bir parçası olarak gösterilmiştir.

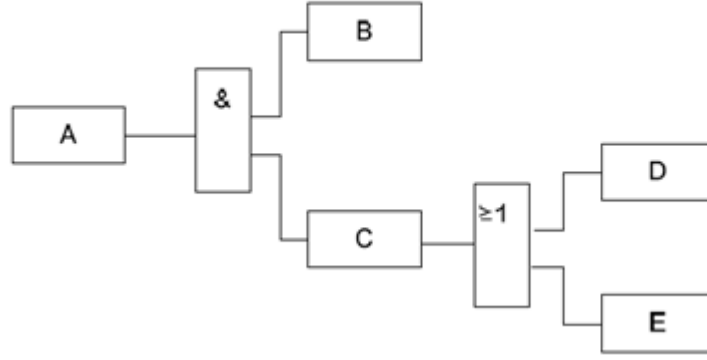


Şekil 3.3 Farklı kapı tiplerini gösteren hata ağacı örneği

3.1.5.4 Hata Ağaçlarının Görsel Temsili

Bazı sunumlar, içlerinde 've' geçidi için ve 'veya' kapısı için \geq gibi sembollerle dikdörtgen şekiller kullanır. Bu durumda, boş kapı, bir 'veya' geçiti olarak da sınıflandırılır, bunun dışında bir 'veya' kapısı sadece bir giriş olayına sahiptir, çünkü boş kapılar yalnızca bir giriş olayına sahip olan bir sonuç olayını temsil eder. Dikdörtgen kapılar ve olaylar gösterimi Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

Şekil 3.4'te, olay A, sadece B ve C olaylarının meydana gelmesi durumunda gerçekleşecektir. Olay C veya E oluşursa Olay C oluşur.



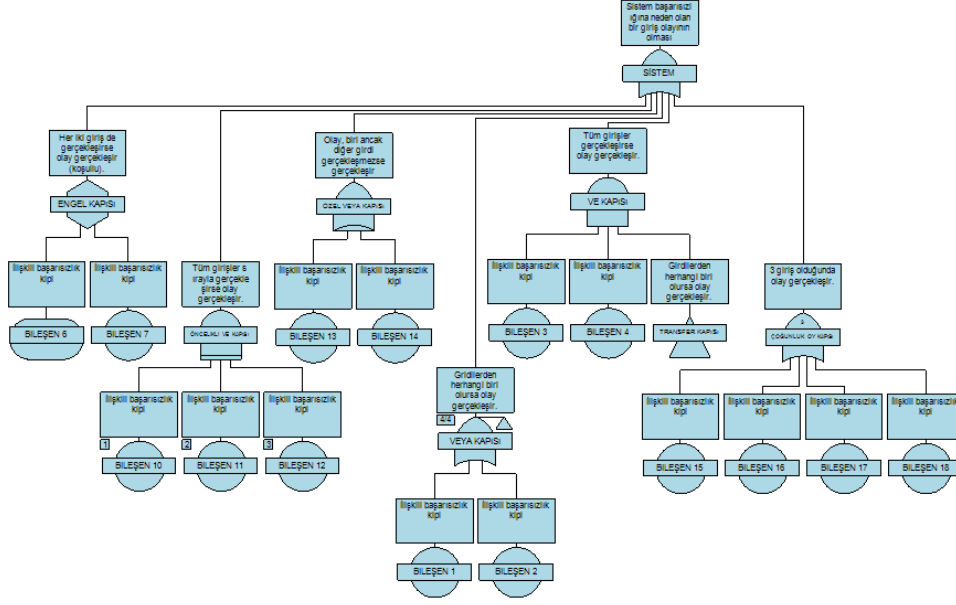
Şekil 3.4 Dikdörtgen geçit ve olay gösterimi

***NOT** Her olay için, A, B vb. önce olayın ismini veya açıklamasını listelemek, ardından olay kodu ve meydana gelme olasılığını seçmek tercih edilir.*

Bir olay tekrarlanan bir olayı veya ortak bir sebep olayını temsil ederse, hata ağacında art arda gösterilir, ancak bir bayrak ile de hata ağacındaki diğer olaylara giriş olayı olarak gösterilir. Setteki tüm tekrarlanan veya ortak neden olan olaylar, aynı olay koduna sahip olacak ve normalde bir arıza ağacında olduğu gibi kullanılan bir transfer sembolü veya bir sembolle işaretlenecektir. Bu kural, bir aktarım sembolü ile işaretlenen, kümedeki en düşük düzeydeki olay haricindeki tüm tekrarlanan veya ortak neden olayları için geçerlidir. Bazı hata ağacı grafiklerinde, tekrarlanan birincil olaylar veya daha yüksek seviyeler için semboller aynıdır.

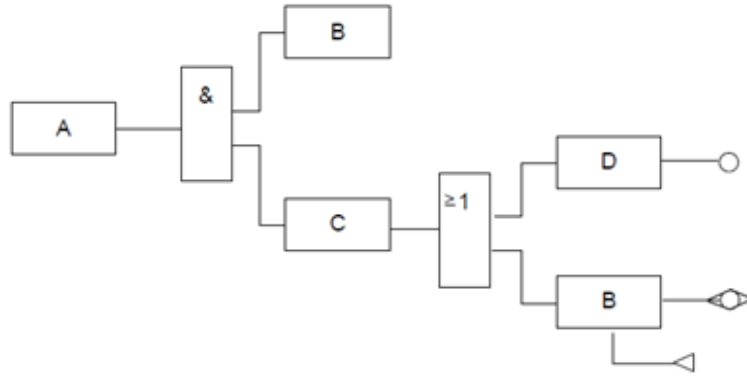
Şekil 3.4, bir 'veya' geçiti olarak temsil edilen ve sayfa numarasıyla işaretlenen tekrarlanan olayın, farklı, daha yüksek seviyeli bir olay için bir giriş olayı olduğu hata ağacının başka bir yerinde bulunduğu bir örnek veya grafik temsilini göstermektedir. Bu olay, bir hata ağacının ikiden fazla yerinde görünebilir. Böyle bir olayın bir örneği, bir sistemde iki farklı olayın meydana gelmesine neden olan yüksek sıcaklık veya nem olabilir. Sökme işlemi(parçalama) bu durumda uygulanır. Ayrıca, Şekil 3.5'de, bu olayın bir hata ağacının başka bir yerinde veya sayfasında geliştirildiğini gösteren bir transfer kapısı gösterilmektedir. Bu genellikle, daha karmaşık bir olayın daha yüksek seviyeli bir olay için bir giriş olayı olduğu durumdur, dolayısıyla ayrı bir sayfada daha da

geliştirilmelidir. Çıkış olayı, giriş olaylarının sıralamasına bağlı olduğunda, Şekil 3.6'da gösterilen bir 'öncelik ve' kapısı kullanılır.



Şekil 3.5 Tekrarlanan ve aktarma olayını içeren örnek hata ağacı

Tekrarlanan veya ortak neden olayını gösteren bir dikdörtgen hata ağacının bir örneği Şekil 3.6'da gösterilmektedir. Etkinlik B, başka bir hata ağacında daha ayrıntılı analiz edilen bir olaydır. Olay D temel bir olaydır.



Şekil 3.6 Dikdörtgen geçit sunumunda genel nedenleri gösteren örnek

3.1.6 İnşaat Prosedürü

Bir hata ağacının yapımındaki ilk adımların, fay ağacının üst olayını, kapsamını ve amacını, sistemin sınırlarını veya analiz nesnesini ve analizin çözümünü açıkça tanımladığı ifade edilir. Bu hedef, en üst olayın tanımı açısından tanımlanmalıdır.

Üst olay, katkıda bulunan nedenleri belirlemek için analiz edilmesi gereken bir problemi tanımlamalıdır. Gelişmekte olan bir sistemin güvenilirliğini iyileştirmek için FTA uygulamasında, en üstteki olay bir sistem hatasıdır ve analiz amacı, bu etkinliğe katkıda bulunanları belirlemek ve tasarım zayıflığı veya güvenilmez bileşenleri tanımlamaktır. Kantitatif analizde, üst olayın meydana gelme olasılığı ve tüm girdiler belirlenecektir. Kalitatif analizde olayın nedenlerini (diğer olaylar veya hatalar) tanımlamak için üst olayın girdileri incelenecektir. Kantitatif analizde, en üstteki etkinliğe önemli katkıları belirlemek ve bu zayıflıkların sistematik olarak ortadan kaldırılması veya katkıda bulunan başarısızlık modlarının azaltılması yoluyla tasarımın iyileştirilmesi için en üstteki girdiler analiz edilir.

Bir hata ağacı, üst olayın meydana gelmesine neden olan olayların akışını açıkça temsil edecek şekilde yapılmalıdır. Üst olay, sistem sınırları veya analiz kapsamı kadar açık bir şekilde tanımlandıktan sonra, hata ağacı yapısı yukarıdan aşağı doğru akar. Üst olayın girdileri vardır ve bunların kombinasyonları modellenir ve uygun geçit tarafından temsil edilir. Üst olaya girilen girdiler daha sonra kendi giriş olaylarının sonucu olarak sistematik olarak geliştirilir. Hata ağacından aşağı inen girişlerin her biri ayrı ayrı geliştirilir ve bu gelişmeler birincil olaylara ulaşıldığında tamamlanır.

Birim veya olayın "birincil" olarak kabul edilmesi için, aşağıdaki şartların yerine getirilmesi gerekli ve yeterlidir:

Hem fonksiyonel hem de fiziksel sınırlar açıkça tanımlanmalıdır.

- i. ünitenin çalışması herhangi bir destekleme fonksiyonuna bağlı değildir veya ünite ile ilgili tüm olaylar, üniteden bir hatayı temsil eden girişlerden birine sahip olan tek bir 'veya' kapısı tarafından ifade edilir, geri kalan girişler karşılık gelen destek fonksiyonlarını yerine getirememektedir.

- ii. olayın gerçekleşmesi için anlık bir sebep belirlenemez. Bir hata ağacında kullanılan isimlendirme, karışıklığı en aza indirecek ve olayların örgütlü bir şekilde neler olduğunu açıkça etiketleyip açıklayacak şekilde standartlaştırılmalıdır. Bir fay ağacının gerçek yapısı, olayların akışının analitik mantığını izler.

Üst olayın acil, gerekli ve yeterli nedenleri şimdi ara olaylar olarak kabul edilir ve analiz, onların gerekli ve yeterli nedenlerini belirlemek için onların acil ve yeterli nedenlerini (girdi olayları) belirlemeye devam eder.

3.1.7 Hata Ağacı Değerlendirmesi

3.1.7.1 Soruşturma ve Analiz

İnceleme, şematik, çizimler, fonksiyonel diyagramlar, yazılım komutları, ortak olayların belirlenmesi ve bağımsız dalların araştırılması gibi mevcut bilgilerle karşılaştırılarak hata ağacı yapısının gözden geçirilmesini içermektedir. Soruşturma, ortak neden olaylarını tanımlamalıdır. Bu tür sonuçlar, sadece tam kapsamlı bir analizden sonra, durağan diziler mevcut olduğunda minimum kesme setlerinin Boole azaltımını veya belirlenmesini kullanarak, kesilmiş kümelerin, sıralamayı göz ardı etmek için yaklaşma uygulanmadığı sürece, dinamik kapılarda mevcut olmadığından çekilebilir. Arıza ağacının büyüklüğü ile analizin zorluğu hızla arttığından, fay ağacının muayenesi, analistin, fay ağacının hangi branşlarının bağımsız olduğunu ve gerektiğinde ayrı ayrı analiz edilebilmesini sağlar.

Sistemin hata toleransının değerlendirilmesi, sistemdeki fazlalık derecesinin belirlenmesini ve ortak olaylarla fazlalığın bozulmadığını doğrulamayı içerir. Hata tolerans değerlendirmesinin büyük kısmı sayısal verilerin kullanılmasını gerektirmemekle birlikte, bu tür sayısal veriler, sistem arızasına neden olan olayların hangi kombinasyonlarının meydana geleceğini en iyi şekilde değerlendirmek için gereklidir.

3.1.7.2 Mantıksal Analiz

Mantıksal analiz için üç temel teknik kullanılır: araştırma, Boole azaltma ve minimal kesim kümelerinin belirlenmesi. Mantıksal analizin temeli, bir yapının hata ağacı temsilini sağlayan, işlevsel, mimari veya ikisinin karışımı olan modellemedir. Doğru modelleme, bir sistemin işlevlerini veya bileşenlerini, etkileşimlerini, bağımlılıklarını, olumsuz sonuçların acil nedenlerini, vb. oluşturacak şekilde temsil eder.

i. Boolean Azaltması

En büyük olayın meydana gelmesinin olayların zamanlaması veya dizilişine bağlı olmadığı hata ağaçlarında, ortak olayların (farklı dallarda meydana gelen benzer olaylar) etkilerinin değerlendirilmesi için Boole azaltma kullanılabilir. Boole azaltma, hata ağacı için Boole denklemleri çözülerek yapılabilir. Boole azaltma, minimal kesim kümelerini tanımlamak için de kullanılabilir.

ii. Minimal Kesim Takımlarının Belirlenmesi

Minimal kesim kümelerini belirlemek için birkaç yöntem vardır, ancak daha büyük ağaçlarda uygulanması zor ve eksik olabilir. Bu nedenle analiste yardımcı olmak için çeşitli bilgisayar programları mevcuttur.

Kesik bir set, birlikte ortaya çıktığında, üst olayın gerçekleşmesine neden olan bir olaylar grubudur. Minimal kesim kümesi, üst olayın gerçekleşmesi için tüm olayların meydana gelmesi gereken en küçük gruptur. Minimum kesim setindeki olaylardan herhangi biri meydana gelmezse, üst olay gerçekleşmeyecektir. Tanım, olayların dizilişine bağlı fay ağaçları ile genişletilebilir.

Bu gibi durumlarda, minimum kesim kümesi, üst olaya neden olma potansiyeli olan olay grubunu belirler. Üst olayın meydana gelmesi, giriş olaylarının sırasına bağlı olduğunda, bu olay Markov teknikleri kullanılarak analiz edilir.

3.1.7.3 Nümerik Analiz

Sayısal analizin amacı, üst olayın veya seçilmiş bir olay grubunun meydana gelme olasılığının niceliksel bir değerlendirmesini sağlamaktır. Mantıksal analizi desteklemek ve tamamlamak için sayısal analiz de kullanılabilir. Bir hata ağacının sayısal

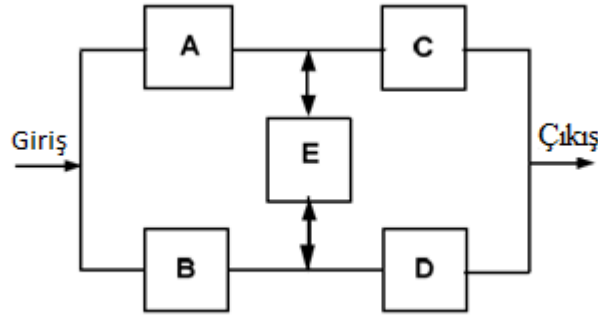
değerlendirmesini yapmak için, bileşen seviyesinde olasılıksal veriler gereklidir. Niceliksel değerleri oluşturmak için güvenilirlik ve kullanılabilirlik tahmin teknikleri, gerçek test veya alan kullanım verileri kullanılabilir.

3.1.8 Boolean Cebirini Kullanarak Basit Bir Donanım Değerlendirmesinin Örnekleri Ve Bir Hata Ağacı Tarafından Gösterimi

3.1.8.1 Köprü Devresi Örneği

Bu örnekte gösterildiği gibi, analiz güvenilirlik blok diyagramı kullanılarak yapıldığında yazılması gereken çok karmaşık matematiksel ifadeler, daha kolay Boole cebri ile ikame edilir. Anlaşılır bir şekilde, FTA kullanımı, özellikle yazılım ve donanımın birbirine bağımlı olduğu daha karmaşık devreler için uygundur ve analiz, mevcut birçok yazılım paketinden biri kullanılarak yapılır.

Bir köprü devresinin temsili için hata ağacı analizinin bir örneği Şekil 3.7'de gösterilmektedir.



Şekil 3.7 Bir arıza ağacı tarafından analiz edilecek köprü devresi örneği

Yukarıdaki köprü devresinde, sinyal giriş'ten çıkışa akmalıdır. Her iki yönde de blok E boyunca akabilir. Analizin gerçekleştirilmesinin bir yolu, sistemi iki olası koşul altında modellemek olacaktır, ilk olarak E bloğunun iyi olduğunu ve ikinci olarak E bloğunun kötü olduğunu varsayarsak. İlk durumda, sinyal sırasıyla paralel bloklarmış gibi A veya B ve C veya D bloklarından geçecektir. E bloğunun başarısız olduğu durum), A ve C blokları seri olarak B ve D bloklarına paralel olarak seri haldedir. Bu aşağıdaki denklemle temsil edilir:

$$RS = (RA + RB - RA \cdot RB) (RC + RD - RC \cdot RD) \cdot RE + (RA \cdot RC + RB \cdot RD - RA \cdot RB \cdot RC \cdot RD) \cdot (1 - RE) \quad [3.7]$$

Eğer;

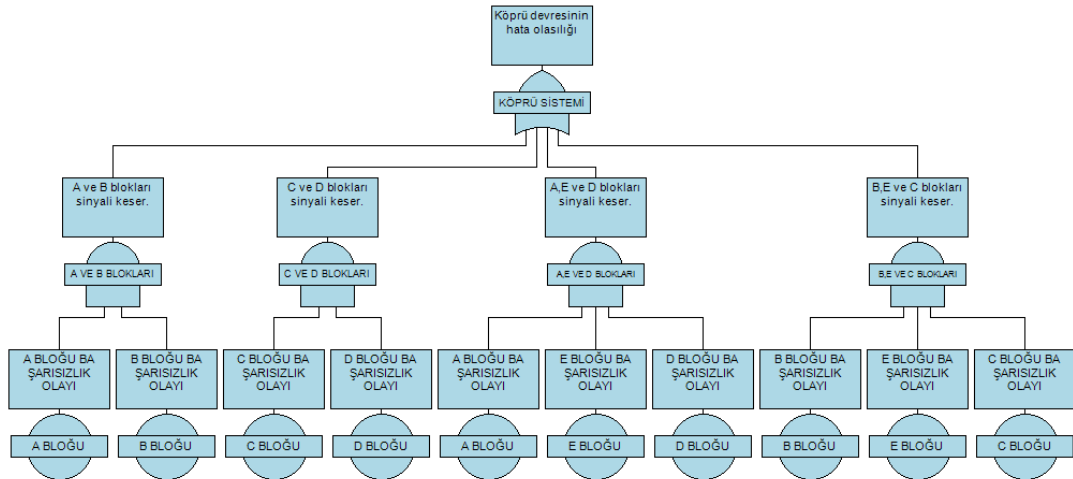
$$RA = 0,78; RB = 0,30; RC = 0,15; RD = 0,50; RE = 0,40$$

$$RS = 0,344$$

Hata olasılığı o zaman;

$$FS = 0,656$$

Köprü devresi (sistem) hata ağacı temsili Şekil 3.8'da gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Köprü devresinin hata ağacı temsili

Boolean cebiri ve minimum kesim setleri (sistem çalışmasını engelleyecek yollar) kullanılarak, Şekil 3.8'deki sistem aşağıdaki gibi olur: Bu sistemdeki setler, aşağıdakiler aracılığıyla sinyal engellenen aşağıdaki olay kombinasyonlarından yapılır:

- A ve B blokları ($c1 = Fa.Fb = ab$);
- C ve D blokları ($c2 = cd$);

- A, E ve D blokları (c3 = aed);
- B, E ve C blokları (c4 = bec).

Yukarıdaki kombinasyonlardan herhangi biri meydana gelirse, 'Giriş' ile 'Çıkış' arasındaki sinyal akışı kesintiye uğrayacaktır. Boole cebri ile, sistem arızası olasılığı şöyledir:

$$FS = \Pr(c1 \cup c2 \cup c3 \cup c4) \quad [3.8]$$

Kesim setlerinin olasılıkları:

$$\begin{aligned} \Pr(c1) &= FA \cdot FB = (1-RA) \cdot (1-RB) \\ \Pr(c2) &= FC \cdot FD = (1-RC) \cdot (1-RD) \\ \Pr(c3) &= FA \cdot FE \cdot FD = (1-RA) \cdot (1-RE) \cdot (1-RD) \\ \Pr(c4) &= FB \cdot FE \cdot FC = (1-RB) \cdot (1-RE) \cdot (1-RC) \end{aligned} \quad [3.9]$$

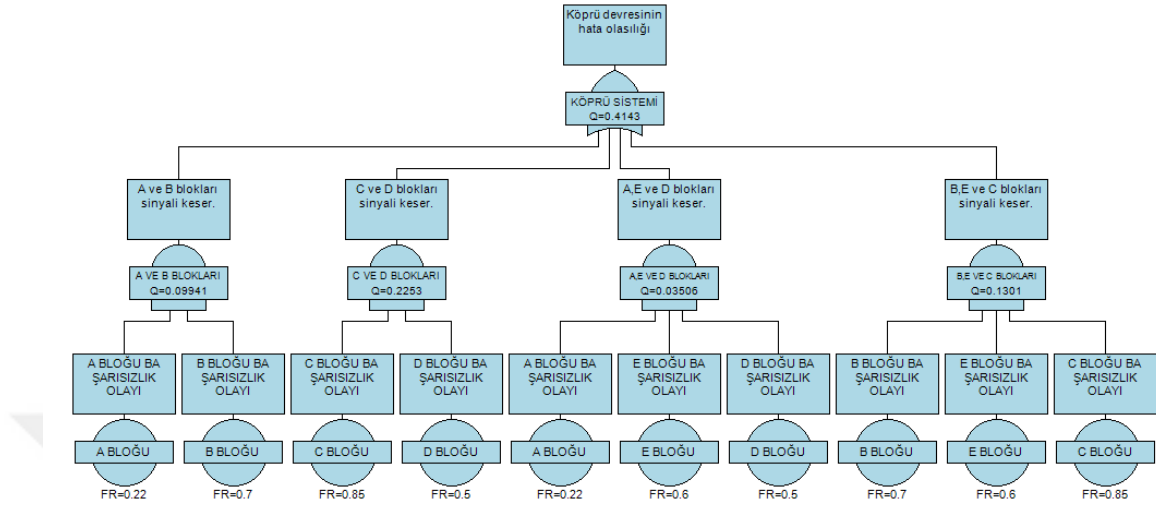
Yukarıdaki basit örnek, bazı fay ağacı ve Boole cebri hesaplama yöntemlerinin doğruluğunu göstermek ve diğer hesaplama yöntemleri ile getirilebilecek hataları ortaya koymak için kasten büyük hata sayılarının atanmış olasılığına sahiptir. Bu hatalar, birincil veya temel olayların meydana gelme olasılığı çok küçük olsa da, sistemler için hazırlanmış büyük fay ağaçlarında meydana gelebilir. Böylesi büyük fay ağaçları olaylarının meydana gelme olasılığı daha yüksek seviyelere yuvarlanır, böylece üst olaydaki giriş olayları yüksek bir başarısızlık olasılığına sahip olabilir, bu da üst olayda meydana gelme olasılığının tahmininde yanlış sonuçlara neden olabilir.

3.1.8.2 Esary-Proschan Yöntemi

Hesaplamalarda birden fazla yer almaması gereken ortak dal dikkate alınmaksızın Esary-Proschan denklemlerine göre başarısızlık olasılığı aşağıdaki gibi olacaktır:

$$\begin{aligned} F(S-EP) &= \Pr(c1 \cup c2 \cup c3 \cup c4) \\ &= 1 - [1 - \Pr(c1)] \cdot [1 - \Pr(c2)] \cdot [1 - \Pr(c3)] \cdot [1 - \Pr(c4)] \end{aligned} \quad [3.10]$$

Bu hesaplama, Şekil 3.9'da gösterilen hata ağacı ile temsil edilir.



Şekil 3.9 Köprü sistemi FTA - Esary-Proschan

3.1.8.3 Nadir Olay Hesaplaması

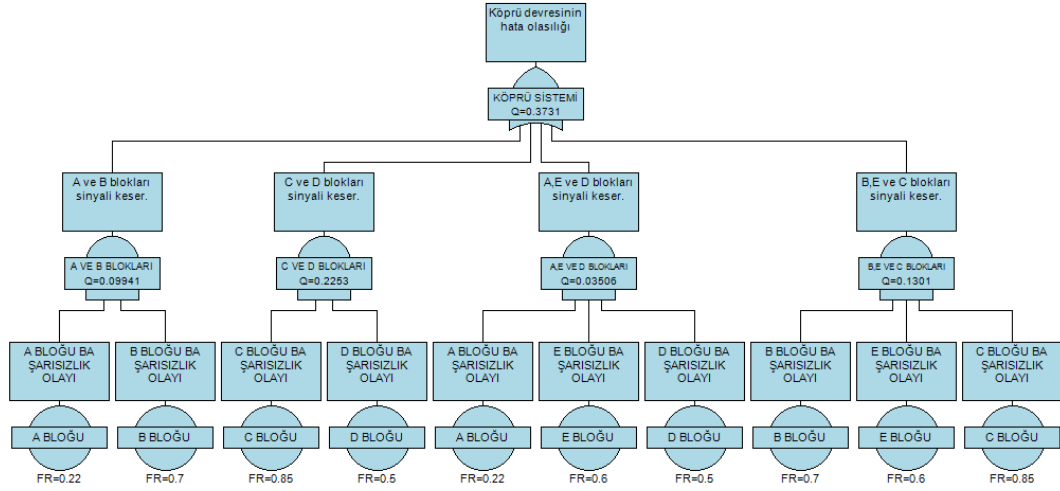
Nadir olay yaklaşımı, olaylar kümesinin meydana gelme olasılığının eş zamanlı olma olasılığını göz ardı eder. Nadir olay yaklaşımı ile, bu hesaplama (tekrar ayrılmayı göz ardı ederek), aynı sistemin başarısızlık ve güvenilirlik olasılığına, basit bir olasılık eklenmesi olacaktır:

$$F(S-RA) = Pr(c1) + P(c2) + Pr(c3) + Pr(c4)$$

$$F(S-RA) = FA \cdot FB + FC \cdot FD + FA \cdot FE + FB \cdot FE \cdot FC$$

[3.11]

Uygulanması kolay olmakla birlikte, nadir olasılık yaklaşımı, yukarıdaki örnekte görüldüğü gibi başarısızlık olasılıkları daha büyük sayılar olduğunda (hesaplamanın birlikten daha yüksek bir hata olasılığına sahip olması) hesaplamalara büyük hatalar verebilir. FTA ile temsil edilen ve hesaplanan nadir yaklaşım Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Köprü sistemi, nadir olay yaklaşımı ile hesaplanan başarısızlık olasılığı

Şekil 3.10'de görüldüğü gibi, giriş olaylarının başarısız olma ihtimalleri, büyük bir sistemin üst olayına giriş olaylarında sıklıkla görülen büyük miktarlarda olduğunda, hesaplamada ciddi bir hata ortaya çıkabilir.

3.2 Olay Ağacı Analizi (TS EN 31010, 2010)

ETA, sonuçlarını hafifletmek için tasarlanan çeşitli sistemlerin işleyişine veya çalışmamasına bağlı olarak bir başlatıcı olayı takiben, birbirini izleyen özel olay dizilerini temsil eden bir grafik tekniği olarak ifade edilmektedir. Hem niteliksel hem de niceliksel olarak uygulanabilir (TS EN 31010, 2010).

ETA, bir ağaç gibi görünerek, ek sistemler, işlevler veya engeller göz önünde bulundurularak, başlatıcı etkinliğe yanıt olarak ağırlaştırıcı veya hafifletici olayları temsil edebilir (TS EN 31010, 2010).

3.2.1 ETA'nın Kullanımı

ETA'nın kullanım alanları aşağıdaki gibi ifade edilebilir (TS EN 31010, 2010):

- Başlatıcı olayı takiben farklı kaza senaryolarının modellenmesi, hesaplanması ve derecelendirilmesi (risk açısından) için kullanılabilir.

- ii. Bir ürünün veya sürecin yaşam döngüsünün herhangi bir aşamasında kullanılabilir.
- iii. Bir başlangıç olayından sonra beyin fırtınası potansiyel senaryoları ve olayların dizilişine ve sonuçların istenmeyen sonuçların azaltılmasına yönelik çeşitli tedaviler, engeller veya kontrollerden nasıl etkilendiğine yardımcı olmak için niteliksel olarak kullanılabilir.
- iv. ETA, kaybı veya kazancı getirebilecek olayları başlatmak için kullanılabilir. Bununla birlikte, kazancı optimize etmenin yolları aranan durumlar genellikle bir karar ağacı kullanılarak modellenir.

3.2.2 Olay Ağacı Geliştirme Aşamaları

Olay ağacının geliştirme aşamaları şunlardır (TS EN 31010, 2010):

- i. Uygun başlangıç olaylarının bir listesi;
- ii. Tedaviler, engeller ve kontroller ve başarısızlık olasılıkları hakkında bilgi (nicel analizler);
- iii. Bir ilk başarısızlığın arttığı süreçlerin anlaşılması.

Bir etkinlik ağacı, bir başlatıcı etkinlik seçerek başlar. Bu bir toz patlaması veya elektrik kesintisi gibi nedensel bir olay olabilir. Sonuçları hafifletmek için mevcut olan işlevler veya sistemler sırayla listelenir. Her bir işlev veya sistem için, başarılarını veya başarısızlıklarını göstermek için bir çizgi çizilir. Her bir arızaya özel bir olasılık atanabilir.

ETA'dan gelen çıktılar şunları içerir (TS EN 31010, 2010):

- i. Potansiyel sorunların, başlangıç olaylarından çeşitli türlerde problemler (sonuçların çeşitliliği) üreten olayların kombinasyonları olarak nitel açıklamaları;
- ii. Olay sıklıklarının veya olasılıklarının kantitatif tahminleri ve çeşitli başarısızlık dizilerinin göreceli önemi ve katkıda bulunan olaylar;
- iii. riskleri azaltmak için öneriler listesi;
- iv. Tavsiye etkinliğinin niceliksel değerlendirmeleri olarak belirtilmektedir.

3.2.3 Olay Ağacının Güçlü ve Zayıf Yönleri

ETA'nın güçlü yönleri şunlardan oluşur (TS EN 31010, 2010):

- i. ETA, bir başlatıcı olayı takiben olası senaryoları gösterir, analiz edilir ve sistemlerin veya fonksiyonların azaltılmasının başarı veya başarısızlığın net bir şekilde şematik olarak gösterilir;
- ii. Fay ağaçlarında modelleme yapmak için zamanlama, bağımlılık ve domino etkileri hesaba katar;
- iii. Arıza ağaçları kullanıldığında temsil edilemeyen olayların sıralarını grafiksel olarak temsil eder.

Zayıf yönleri (sınırlamalar) şunları içerir (TS EN 31010, 2010):

- i. ETA'yı kapsamlı bir değerlendirmenin parçası olarak kullanabilmek için, tüm potansiyel başlatıcı etkinliklerin tanımlanması gerekmektedir;
- ii. Olay ağaçları ile, yalnızca bir sistemin başarı ve başarısızlık durumları ele alınır ve gecikmiş başarı ya da kurtarma olaylarını dahil etmek zordur;
- iii. Herhangi bir yol, yol boyunca önceki dal noktalarında meydana gelen olaylara koşulludur. Olası yollar boyunca birçok bağımlılık bu yüzden ele alınmaktadır. Bununla birlikte, ortak bileşenler, yardımcı sistemler ve operatörler gibi bazı bağımlılıklar, dikkatle ele alınmadığı takdirde gözden kaçabilir, iyimser risk tahminlerine yol açabilir.

3.2.4 Olay Ağacı Analizi Uygulaması (TS EN 62502, 2010)

Bir başlatıcı etkinlikten başlayarak, ETA "Ne olursa ..." sorusuyla ilgilenir. Bu soruya dayanarak, analist çeşitli olası sonuçların bir ağacını oluşturur. Bu nedenle, etkinlik ağaçlarının, göz önünde bulundurulmuş sistem için tüm önemli olay dizilerini doğru bir şekilde tasvir etmesini sağlamak için kapsamlı bir başlangıç olayları listesi derlenmelidir. Bu mantığı kullanarak, ETA, uygulanabilir azaltıcı faktörleri dikkate alarak, başlatıcı etkinliğe yanıt olarak azaltıcı faktörleri temsil etme yöntemi olarak tanımlanabilir.

3.2.4.1 ETA'daki Adımlar

ETA işlemini gerçekleştirme prosedürü altı adımdan oluşur:

1. Adım: Sistemin tanımı veya faaliyeti

Bir ETA'nın, bir başlatıcı etkinliğin çeşitli azaltıcı faktörlerin başarısızlıklarıyla kazalara nasıl dönüşebileceği üzerine odaklandığı ifade edilir. Bu nedenle, hafifletici faktörlerin dikkatli bir şekilde tanımlanması ve araştırılması, hafifletici bir faktörün etkinliğinin değerlendirilmesinde önemli bir ilk adımdır.

2. Adım: Çıkarılan olayların tanımlanması

Bu adım, genellikle, çalışma kapsamındaki tüm aktiviteleri sistematik olarak değerlendirmek için, örneğin, ön değerlendirme veya ön tehlike analizi gibi geniş bir tehlike tanımlama tekniğinin kullanılmasını içerir. Tehlikeleri ve bu tehlikelerden kaynaklanan olası başlangıç olaylarını tanımlamaya yardımcı olur. Bu tanımlama yöntemleri, çalışma kapsamındaki tüm operasyonları genel olarak ele alır ve potansiyel başlangıç olaylarını ve bu tür olaylarla ilişkili sonuçların aralığını belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu tanımlama süreçlerinin sonucu genellikle potansiyel olayların kapsamlı bir listesi ve bunların beklenen sonuçlarıdır.

3. Adım: Azaltıcı faktörlerin ve fiziksel olayların tanımlanması

Bir başlatıcı etkinlik tanımlandığında, sonuçları veya kaza senaryolarını hafifletmek için gerekli olan tüm hafifletici faktörler, müdahale zamanlarına göre tanımlanacak ve düzenlenecektir. Alarmlar, kilitler ve otomatik vanalar gibi mühendislik bileşenleri ve itfaiye, acil durum müdahalesi ve görme, dokunma hissi, ses veya koku gibi insani algılama gibi idari veya personel sistemlerinden oluşur.

Yukarıda belirtilen bileşenlerin gerçekleştirdiği işlevler veya hafifletici faktörler şunlardır: fonksiyonel olay ağacında başlıklar şeklinde yapılandırılmıştır. Her bir işlev için olası başarı ve başarısızlık kümesi tanımlanmalı ve numaralandırılmalıdır. Bir azaltıcı faktör ile ilişkili olarak sırasıyla, her bir başarı veya başarısızlık kümesi, iki dallı bir düğümle sınırlı olmayan, olay ağacının dallanmasına yol açar.

Bazen fenomenolojik olaylar olarak adlandırılan fiziksel fenomenler, aynı zamanda bir başlatıcı olayın sonucunu da etkileyebilir. Örneğin, yanıcı bir sıvı serbest bırakılırsa, sızıntıyı izole etmek için tasarlanmış güvenlik özellikleri bulunabilir; Bununla birlikte, sızıntı izole edilmezse, salımın nihai sonucu, ani ateşleme, gecikmeli ateşleme veya dağılma özellikleri gibi farklı fiziksel tepkilerden etkilenecektir. Bu fiziksel cevaplar ayrıca ağaçlarda düğüm olarak modellenir.

Birden çok etkinlik gerektiren olaylar için çoklu olay ağaçları gerektiren bir sistem analizinde, bu olay ağaçlarını çizme çabası, bunları azaltıcı etkenlere göre kategorize ederek basitleştirilebilir. Bu, aynı olay ağacı mantığına (yani aynı başarısızlığa veya başarıya sahip olan azaltıcı faktörlere), ilgilenen farklı olaylar için tekrarlanmasına izin verecektir. Azaltıcı faktörler, çeşitli olaylara özdeş bir şekilde karşılık verirse, o zaman bireysel olayların frekansları, genellikle o sınıfın tüm olayları için temsili bir frekansa ulaşacak şekilde toplanabilir.

4. Adım: Dizilerin ve sonuçların tanımı ve bunların nicelleştirilmesi

Daha önce belirtildiği gibi, ETA tekniğinin güçlü yönlerinden biri, başlatıcı olaya cevap veren çeşitli sistemlerin müdahale sırasını ve etkileşimini modelleme yeteneğidir. Böylece çeşitli sistemlerin müdahalesi “birbiri ardına bir” olarak modellenebilir.

Önerilen etkinlik ağacı yapım süreci aşağıdaki adımlardan oluşur:

- a) Başlangıç olayını ilk olarak ağacın sol tarafına yerleştirilir;
- b) Etki azaltıcı faktörleri ve fiziksel olayları, ağacın tepesinde, örneğin, kaza ilerlemesini etkileyecekleri kronolojik sıraya yerleştirilir;
- c) Her bir düğümdeki her bir azaltıcı faktörün başarısını (genellikle yukarı kolunda gösterilir) ve başarısızlığı (aşağı doğru dalı) aşağıdakileri göz önünde bulundurarak tanımlanır.

5. Adım: Sonuçların analizi

ETA'nın sonuçları, her olay ağacı dalının bitiş noktası ile belirlenir. Her sonuç, niteliksel veya niceliksel olarak değerlendirilebilir. Önceki durumda, sonuç, araştırılan başlangıç olayının ortaya çıkması nedeniyle çeşitli olay dizilerini tanımlar. Niceliksel değerlendirme, azaltıcı faktörlerin nispi önemine dair daha iyi bilgiler sağlar, çünkü bu

vakadaki sonuç bir frekansla temsil edilir. ETA'nın ölçülmesi için yeterli ve yeterli güvenilir olay ortaya çıkma verilerine ihtiyaç vardır.

Bazen olası sonuçları çeşitli kategorilere ayırmak yararlı olur. Etkinlik ağacının sonuçlarının sayısı, hangi tür sonuçların analiz edileceğinin tanımlanmasıyla belirlenir.

- a) Sistemin arıza veya hasar durumları;
- b) sistemin imha edilmesi;
- c) çevresel etkinin ciddiyeti;
- d) insan yaşamı kaybı.

Değerlendirilecek çoklu sonuçların pratik değerlendirmesi için, sonuçları basitleştirmek amacıyla karşılaştırılabilir sonuçları sınıflandırmanın ve gruplandırmanın yararlı olacağı belirtilmiştir.

6. Adım: ETA sonuçlarının kullanımı

ETA'nın sonuçları, güvenilirliği geliştirmek ve riski teknik ve organizasyonel bir temelde azaltmak için emniyetli optimum çözümlerin seçimine katkıda bulunabilecek bir karar verme esasını oluşturmak için kullanılabilir. Düzeltici eylemler sistem mimarisinde, işletim ve bakım prosedürlerinde vb. değişiklikler içerebilir.

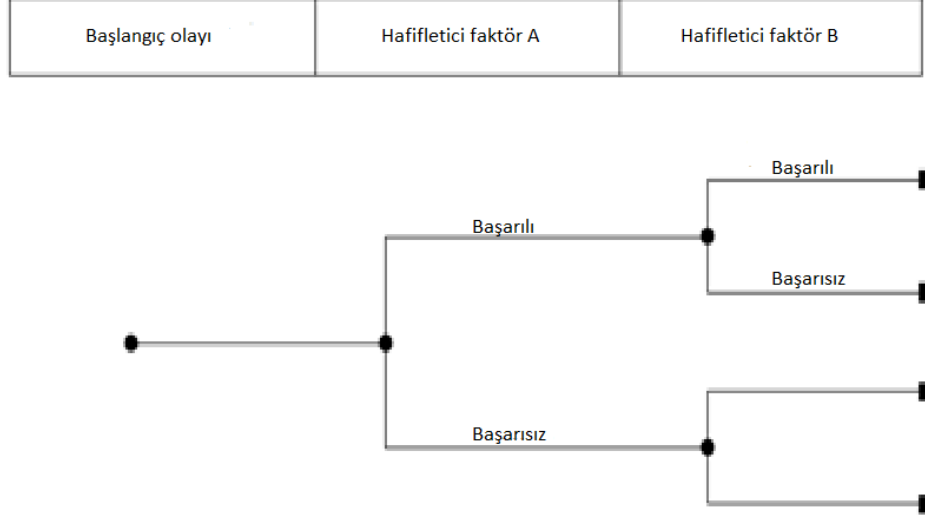
Özellikle, gerçekleştirilen analize dayanan kararlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- i. Risk toleransı veya kabul edilebilirliğini değerlendirme yeteneği: ilgili risk kabul edilebilirlik kriterleri nedeniyle ilişkili hasarı dikkate alan sonuçlar tolere edilebilir ya da değildir;
- ii. Potansiyel iyileştirmeler: kabul edilebilirlik kriterlerini karşılamak için risk azaltma faktörlerini ve sistem mimarisinde ilgili değişikliklerin tanımlamak;
- iii. İyileştirme önerileri: geliştirmek için özel öneriler geliştirmek.

3.2.4.2 Değerlendirme

Frekansın nicel analizine veya farklı olay dizilerinin sonuçlarının olasılığına başlamadan önce, olay ağacı modelinin niteliksel yönlerinin dikkatli bir şekilde analiz edilmesi gerekir. Bunlar, başlatıcı olay ve üst olayların yanı sıra bağlantılı hata ağaçlarının orta veya temel olayları da dahil olmak üzere olayların bağımlılığını içerir.

Değerlendirmenin temel ilkelerinin tasvirini kolaylaştırmak amacıyla, Şekil 3.11'de gösterilen bir olay ağacının temel grafiksel gösterimi aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Bir olay ağacının basit grafik gösterimi

i. Nitel analiz - Bağımlılıkları yönetme

Nitel analizin amaçları işlevler arasında veya sistemin bileşenleri arasında bağımlılığı belirleyebilecek faktörleri anlamak, önemli potansiyel bağımlı başarısızlık olaylarını tanımlamak ve etkinlik ağacının doğru kantitatif analizini kolaylaştırmak ve hata ağaçları ile uygun bağlantı kurmaktır.

Bağımlılıkların iki ana yönü vardır:

- fonksiyonel bağımlılıklar
- yapısal veya fiziksel bağımlılıklar

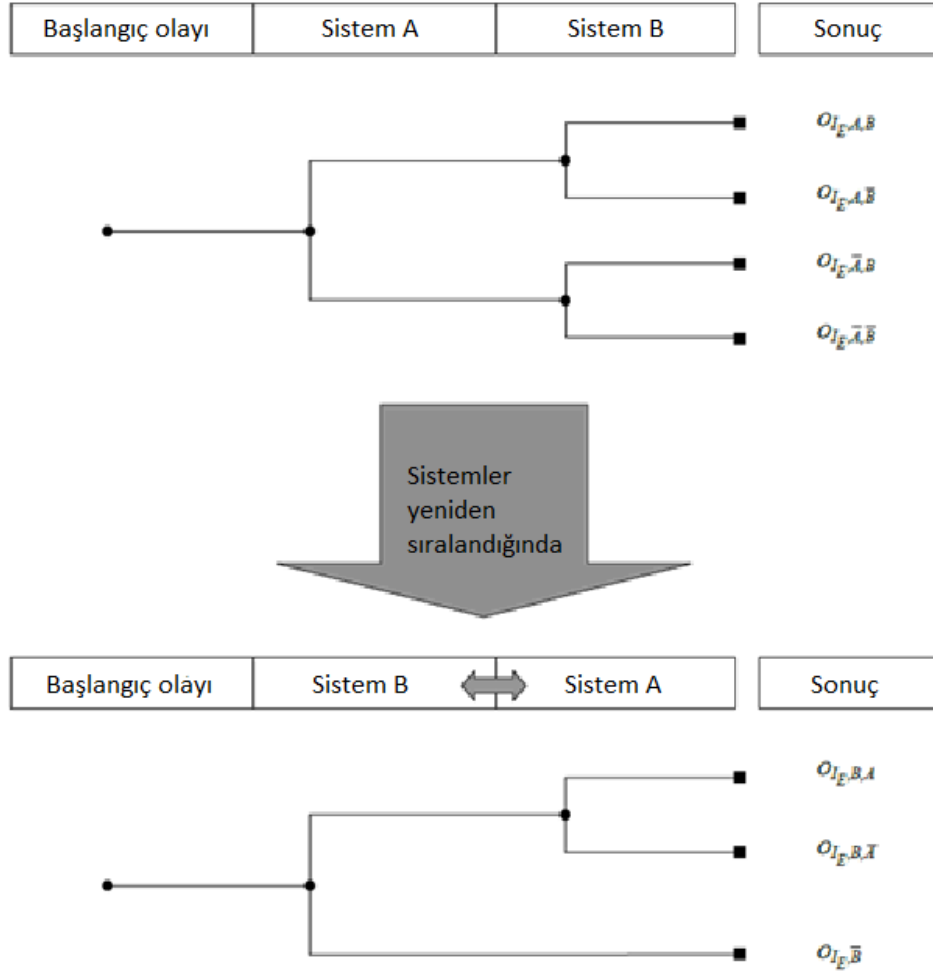
a. İşlevsel Bağımlılıklar

Etkinlik ağacı dizisindeki çeşitli hafifletici faktörlerin sıralaması, yalnızca olası azaltıcı faktörler olarak müdahale zamanları ile değil, aynı zamanda mantıksal düzenleriyle de

yönetilir. Bir azaltıcı faktörün başarılı bir müdahalesinin bir diğerinin başarılı müdahalesine bağlı olup olmadığı dikkate alınmalıdır.

Şekil 3.12'de gösterilen olay ağacında A ve B sistemlerinde (azaltıcı faktörler) arızalar gösterilen sonuçlara yol açar. Bu örnekte, sistem A, B sistemi tarafından desteklenmektedir.

Olay ağacındaki A ve B sistemlerinin yeniden düzenlenmesi sonrasında (Şekil 3.12'ye bakın), sistem B'nin başarısızlığını takip eden dal, sistem A için iki dalda daha fazla ayrılmaya ihtiyaç duymaz, çünkü B sistemi arızası sistem A'yı da ifade eder. Bu, olay ağacının budanmasını sağlar.



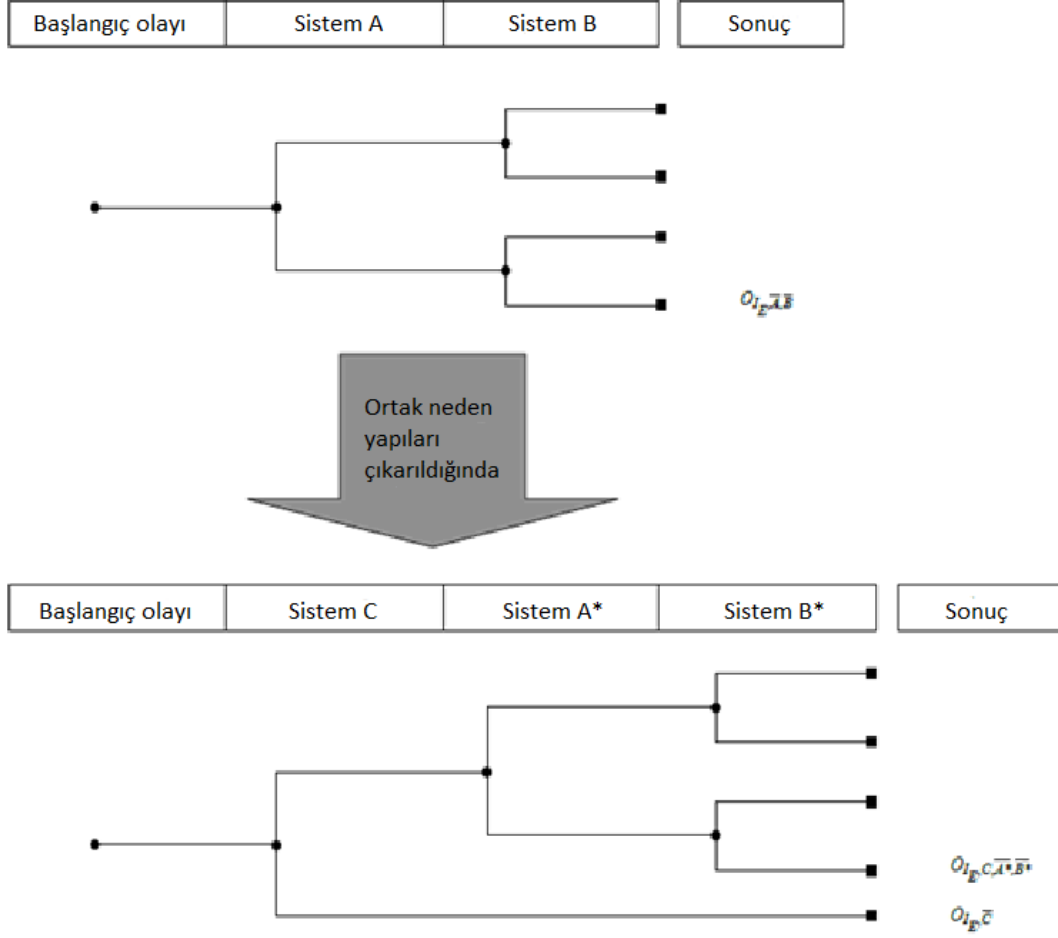
Şekil 3.12 Etkinlik ağaçlarındaki fonksiyonel bağımlılıklar

b. Yapısal veya fiziksel bağımlılıklar

Yapısal veya fiziksel bağımlılıklar genellikle ortak nedenli başarısızlıklara neden olur ve bu türden başarısızlıklar birden fazla olay ile sonuçlanır. Ortak nedenli arızalara örnek olarak yangınlar, depremler, kasırgalar, mühendislik sistemlerinin arızaları (örneğin, dahili veya harici olarak başlatılan büyük elektriksel güç kesintileri veya patlamalar) veya insan hataları gibi insan eylemleri verilebilir.

Bu nedenle, çeşitli azaltıcı faktörlerin dış veya iç koşullardan, sistemlerden veya fonksiyonlardan kaynaklanan başarısızlığa karşı duyarlılığını belirlemek için ortak bir neden analizi yapılır. Açıklığa kavuşturulacak bir özellik, başlangıç olayının ortaya çıkıp çıkmadığıdır.

Kalitatif analizin bir diğer adımı, çeşitli azaltıcı faktörleri etkileyen ortak sistemleri veya ortak fonksiyonları tanımlamaktır. Aşağıda gösterilen örnek olay ağacında sistem A'nın arızasının ardından B sisteminin başarısız olmasının istenmeyen sonuca yol açtığı varsayılmıştır. Eğer sistem A, B fonksiyonunun başarılı bir şekilde çalışabilmesi için B bölümünün parçalarına dayanırsa, "ortak parça" çıkarılabilir ve üç sistemi göz önünde bulundurur: sistem A * ve sistem B *, ortak bölümler olmaksızın A ve B sistemleridir. A ve B sistemleri tarafından kullanılan ortak parçaları temsil eden C sistemidir.



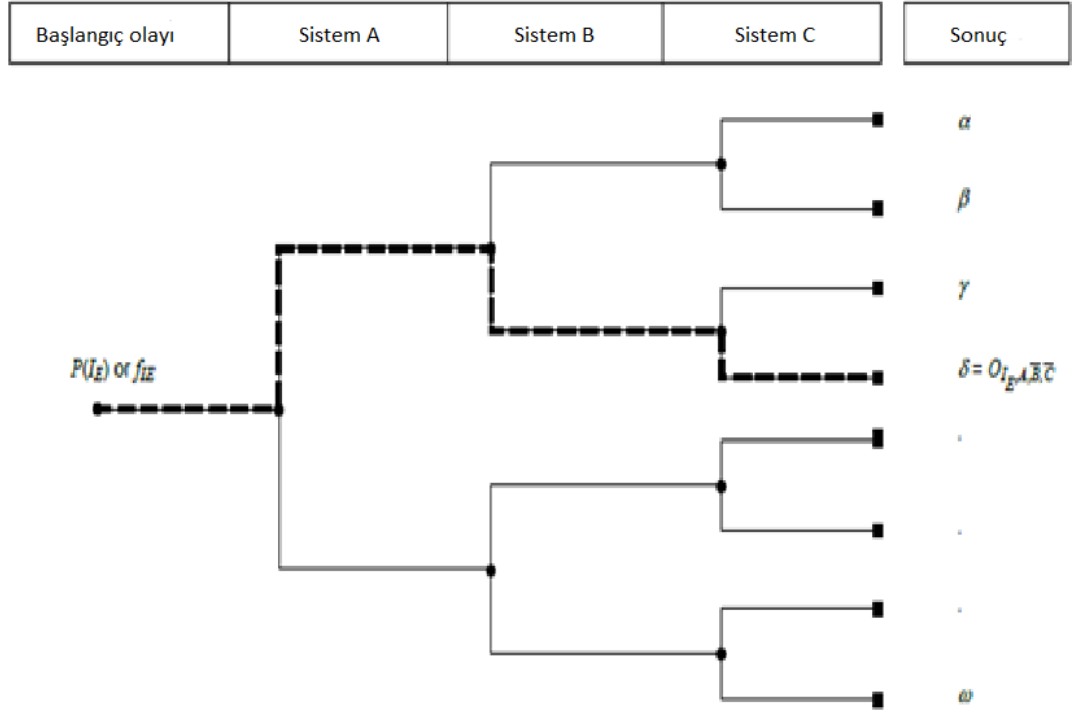
Şekil 3.13 Yapısal veya fiziksel bağımlılıkların modellenmesi

ii. Kantitatif analiz

a. Bağımsız olaylar dizisi

Tüm koşullu olasılıklar ya da hafifletici faktörlerin başarısız olma olasılıkları birbirinden bağımsız olduğunda, niceliksel analiz çok basit hale gelir.

Üç etki azaltıcı faktör olan bir olay ağacı ele alalım (A, B ve C sistemleri.) Şekil 3.14, sistem olayının işleyişinde B ve C sistemlerinin başarısız olduğu, sonuç olay ağacında (noktalı çizgi ile gösterilmiştir) belirli bir diziyi göstermektedir.



Şekil 3.14 Olayların dizisi

δ etkinlik ağaçlarının pratik örnekleri aşağıda verilmiştir.

Koşullu olasılık teoremi, bu özel dizinin (P) olasılığının P (δ) Denklemine [3.12] yazmak için kullanılabilir:

$$\begin{aligned}
 P(\delta) &= P(IE \cdot A \cdot B' \cdot C') \\
 &= P(IE) \cdot P(A/IE) \cdot P(B' / IE \cdot A) \cdot P(C' / IE \cdot A \cdot B')
 \end{aligned}
 \tag{3.12}$$

P (IE), IE başlangıç olayının ortaya çıkma olasılığına eşittir.

P(A\ IE), IE'nin ortaya çıktığı olayı (şartlı olasılık) olduğu düşünüldüğünde, A sisteminin başarısı olasılığına eşittir.

Bir sistemin başarıları ve başarısızlıkları diğer sistemlerden bağımsız ise, yalnızca olay IE durumunda ortaya çıkan olasılıklara başvurabilir. Bu nedenle Denklem [3.12],

başlatıcı olayın meydana gelme olasılığı olarak $P(IE)$ ile aşağıdaki gibi basitleştirilebilir:

$$P(\delta) = P(IE) \cdot P(A/IE) \cdot P(B' / IE) \cdot P(C' / IE) \quad [3.13]$$

Başlangıç olayı, boyutsuz $P(IE)$ olasılığıyla veya f_{IE} frekansı (1 / zaman) tanımlanabilir. Odak frekans kavramı üzerinde ise, bu matematiksel model aynı zamanda, başlatma olayının frekansı ile birlikte Denklem [4.14]'te dizinin δ frekansının hesaplanması için de kullanılabilir:

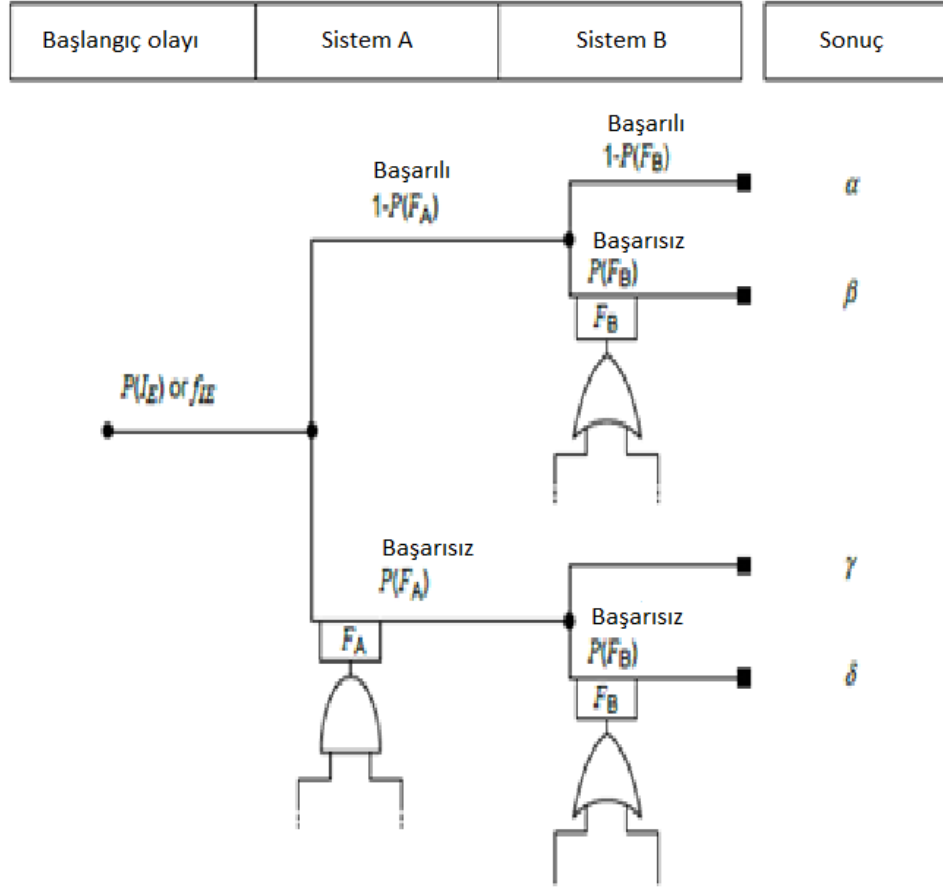
$$f(\delta) = f_{IE} \cdot P(A / IE) \cdot P(B' / IE) \cdot P(C' / IE) \quad [3.14]$$

Bu değerlendirmeyi tüm olası diziler $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \dots, \omega$ için yürütmek, başlangıç olayının sonuçlarının tam bir miktarını verir.

Eğer başlatıcı olayların ortaya çıkması için veri zayıfsa, en kritik dizileri oluşturmak için niceliğe tamamen güvenmemek yerine hassasiyet analizine başvurmak gerekebilir.

b. Hata ağacı bağlantısı ve boole azaltma

Şekil 4.15, iki etki azaltıcı faktör, sistem A ve sistem B içeren bir olay ağacını gösterir. A ve B sistemlerinin başarısızlık olasılıkları sırasıyla $P(FA)$ ve $P(FB)$ ile gösterilir.



Şekil 3.15 Hata ağacı bağlantısı

Karşılık gelen F_A ve F_B olaylarının olasılıkları, sırasıyla sistem A ve sistem B'nin arızalanması için $P(F_A)$ ve $P(F_B)$ koşullu olasılıkları olarak kullanılır. Sistemlerin başarıları için koşullu olasılıklar daha sonra $1 - P(F_A)$ ve $1 - P(F_B)$ ile verilmektedir.

Azaltıcı etkenler ortak neden olaylarından etkilendiğinde, olay ağacını azaltmak ve bu olayları tanımlamak için Boole cebiri kullanılabilir.

Orjinal formunda, çeşitli azaltıcı faktörlere bağlı olan hata ağacının üst olayı, hafifletici faktörün belirli bir durumunun (örneğin başarı, başarısızlık) bir olasılığını ortaya çıkarır. FTA tarafından hesaplanan bu olasılıklar, başlangıç olayının meydana gelme olasılığı veya sıklığı ile birleştirilebilir. Üst olayın meydana gelmesi, hata oranları veya frekansları açısından ifade edilirse, bu durumda, üst olayın ortaya çıkması için bu

önlemler, başlatıcı olayın meydana gelme sıklığı ile kolaylıkla birleştirilemez. Dolayısıyla, Markov modelleme gibi diğer analiz tekniklerine başvurmak gerekebilir. Çeşitli hafifletici faktörler için önemsiz olmayan iyileşme veya onarım stratejileri söz konusu ise, Markov modellemesi daha gerçekçi bir model sağlayabilir.

3.3 Bow-Tie Ağacı Analizi (TS EN 31010, 2010)

Bow tie analizi, bir riskin yollarının nedenleri ile sonuçlarının açıklanmasının ve analizinin basit bir diyagramatik yolu olarak ifade edilir. Bir olayın nedenini (bir papyonun düğümüyle temsil edilir) analiz eden bir hata ağacı düşüncesinin ve sonuçların analiz edildiği bir olay ağacının bir kombinasyonu olarak düşünülebilir. Ancak papyonun odak noktası, nedenler ve risk ile risk ve sonuç arasındaki engellerin üzerindedir. Papyon diyagramları, hata ve olay ağaçlarından başlayarak oluşturulabilir, ancak daha sıklıkla doğrudan beyin fırtınası oturumundan alınır.

Bow tie analizi, bir dizi olası sebep ve sonucu gösteren bir riski göstermek için kullanılır. Durum, bir tam hata ağacı analizinin karmaşıklığını garanti etmediğinde ya da her bir hata yolu için bir bariyer veya kontrol sağlandığından emin olunca daha fazla odaklandığında kullanılabilir. Başarısızlığa yol açan net bağımsız yollar olduğunda faydalıdır.

Papyon (Bow Tie analizi) analizi, hata ve olay ağaçlarından daha kolay anlaşılır ve bu nedenle analizin daha karmaşık teknikler kullanılarak gerçekleştirildiği kullanışlı bir iletişim aracı olabilir.

3.3.1 Papyon Çizimi Aşamaları

Bir riskin nedenleri ve sonuçları ile bunları önleyebilecek, hafifletecek veya uyarıcı engeller ve kontroller hakkında bilgi sahibi olmak gereklidir.

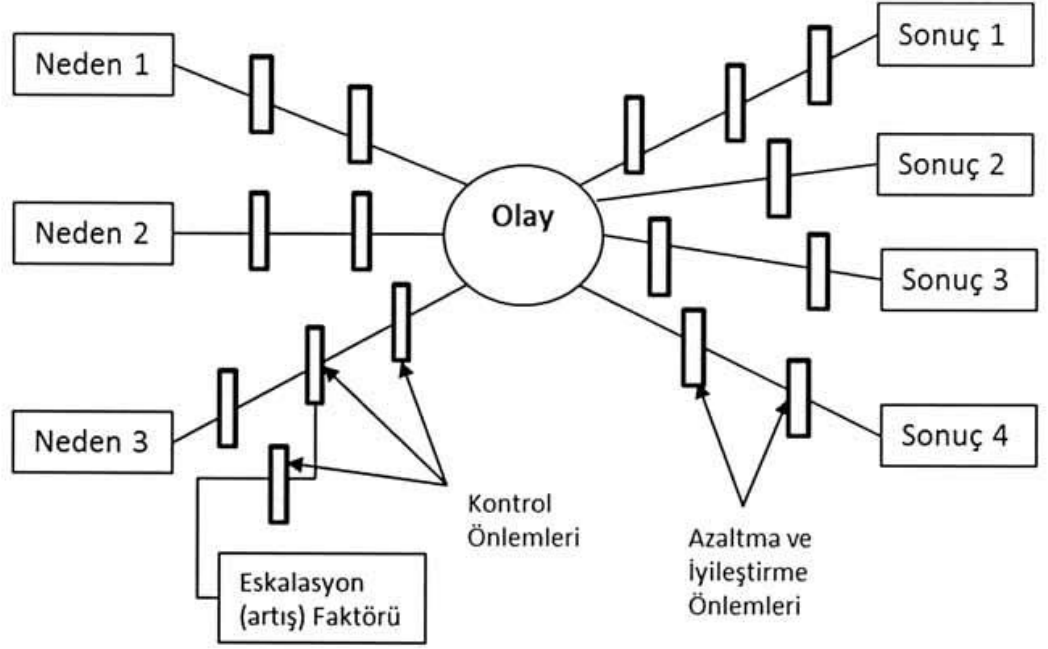
Papyon aşağıdaki gibi çizilir:

- i. Analiz için belirli bir risk tanımlanır ve bir papyonun merkezi düğümü olarak gösterilir.
- ii. Etkinliğin nedenleri, risk kaynakları (veya güvenlik bağlamındaki tehlikeler) dikkate alınarak listelenmiştir.
- i. Risk kaynağının kritik olaya yol açtığı mekanizma tanımlanır.

- ii. Her bir sebeple papyonun sol tarafını oluşturan olay arasında çizgiler çizilir. Eskalasyona neden olabilecek faktörler tanımlanabilir ve şemaya dahil edilebilir.
- iii. Her bir nedenin istenmeyen sonuçlara yol açmasını engelleyen engeller, hat boyunca dikey çubuklar olarak gösterilebilir. Eskalasyona neden olabilecek faktörler olduğunda, tırmanma engelleri de temsil edilebilir. Yaklaşım, barların olayın oluşumunu teşvik eden "kontrolleri" yansıttığı durumlarda olumlu sonuçlar için kullanılabilir.
- iv. Papyonun sağ tarafında riskin farklı potansiyel sonuçları belirlenir ve risk olayından her potansiyel sonuca doğru yayılmak üzere çizgiler çizilir.
- v. Sonuçtaki engeller radyal çizgiler boyunca çubuklar olarak tasvir edilir. Yaklaşım, barların sonuçların oluşumunu destekleyen "kontrolleri" yansıttığı durumlarda olumlu sonuçlar için kullanılabilir.
- vi. Kontrolleri destekleyen yönetim fonksiyonları (eğitim ve muayene gibi) papyonun altında gösterilebilir ve ilgili kontrole bağlanabilir.

Bir papyon diyagramının bir miktar kantifikasyonu, yolların bağımsız olduğu, belirli bir sonucun veya sonucun olasılığının bilindiği ve bir kontrolün etkinliği için bir rakamın tahmin edilebileceği durumlarda mümkün olabilir. Ancak, birçok durumda, yollar ve engeller bağımsız değildir ve kontroller prosedürel olabilir ve bu nedenle etkinlik belirsizdir. Niceleme genellikle FTA ve ETA kullanılarak daha uygun bir şekilde gerçekleştirilir.

İstenmeyen sonuçları önlemek veya hafifletmek veya istenen sonuçları teşvik etmek ve teşvik etmek için ana risk yollarını ve bariyerleri gösteren basit bir diyagramdır. (Şekil 3.16)



Şekil 3.16 Bow Tie Diyagramı Örneği (Özkılıç, 2014)

3.3.2 Bow Tie'in Güçlü ve Zayıf yönleri

Papyon analizi güçlü yönleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- Anlamak basit ve problemin net bir resimli temsilini verir;
- Önleme ve hafifletme ve bunların etkililiği için yerinde olması gereken kontrollere dikkat çeker;
- İstenilen sonuçlar için kullanılabilir;
- Kullanılacak yüksek düzeyde uzmanlığa ihtiyaç duymaz.

Sınırlamalar şunları içerir:

- Sonuçlara neden olmak için birden fazla nedenin aynı anda nerede ortaya çıkacağını gösteremez (yani, diyagramın sol tarafını tasvir eden bir arıza ağacında 've' kapılarının olduğu yerler);
- Özellikle niceliğin denenmesi durumunda karmaşık durumları aşırı basitleştirebilir.

3.4. Elektrik

3.4.1 Elektrik Kaynaklı Tehlikeler

Elektrik güvenli ve verimli bir enerji şeklidir ve aydınlatma, ısıtma ve güç kaynağı olarak insanlığa sağladığı faydalar açıktır. Ancak, elektrik yanlış kullanılırsa, tehlikeli olabilir.

Voltaj, tehlikenin varlığını ve dolayısıyla yaralanma riskini belirleyen bir faktördür. Elektrik riskini değerlendirirken dikkate alınması gereken diğer hususlar ise; ekipman tipi, yapım standardı ve çalışma ortamının niteliğidir. Ayrıca riskler belirlenirken voltaj seviyesinden bağımsız olarak tüm sistem ve ekipmanlara eşit olarak uygulanmalıdır. Bununla birlikte, elektrik güvenliği bilgisi önemlidir, çünkü tüm nedenlerden kaynaklanan kazalardaki ciddi yaralanma oranı ile karşılaştırıldığında, elektrik kaynaklı bir kazanın ciddi yaralanmalara neden olma olasılığı daha yüksektir.

3.4.1.1 Elektrik Akımları

i. Alternatif akım

Alternatif akım (ac), manyetik alanda dönen bir iletkende indüklenir. Akımın değeri ve iletken içindeki akış yönü, iletkenin manyetik akıya olan göreceli konumuna bağlıdır. İletkenin bir devri tamamlaması sırasında, indüklenen akım sıfırdan maksimum değere (pozitif), sonra sıfıra, daha sonra ters yönde (negatif) maksimum değere ve son olarak da bir döngü tamamlandıktan sonra tekrar sıfıra artacaktır. Bu akımın zaman içindeki değişimini gösteren grafik, standart bir sinüs dalgasını izler. Her biri bir pozitif ve bir negatif yarı döngü içeren, saniyede tamamlanan döngü sayısı, hertz (Hz) cinsinden ölçülen değer frekans olarak adlandırılır. Şebeke elektriği AC olarak 50 Hz nominal frekansta (saniyede 50 devir) verilir (Hooper and Buck, 2003).

Alternatif akım elektrik kaynağı, termik santrallerde (kömür, gaz ve petrol yakıtlı), nükleer santrallerde ve doğal kaynakların (rüzgar türbinleri, güneş panelleri) kullanılmasıyla üretilir. Bu üretilen elektrik enerjisi 400 kV ve 154 kV seviyelerinde havai hatlar ile büyük fabrikalara dağıtılmak üzere 33 kV, 15 kV veya 10 kV'a dönüştürüldüğü dağıtım trafolarına iletilir. Ev ve ticari tesislerde ve daha küçük

tesislerde kullanılmak üzere 380 / 220 V'ye kadar dönüştürülür (Hooper and Buck, 2003).

ii. Doğru Akım

Doğru akım (DC), sıfırın üzerinde sabit bir pozitif değere sahiptir. Alternatif akımın aksine yalnızca bir yönde akar. Doğru akıma bir örnek olarak standart bir kuru pil tarafından üretilen durum verilebilir. Başka bir ifadeyle doğru akım, tek yönlü akışı sağlamak için düzeltilmiş pozitif veya negatif dalgalanmalara sahip bir alternatif akımdır. Bir DC jeneratöründe, üretilen doğal AC, komütatör tarafından DC'ye doğrultulur (Hooper and Buck, 2003).

3.4.2 Elektrikten kaynaklanan tehlikeler

Elektrikten kaynaklanan tehlike, AC veya DC olmasına bakılmaksızın ortaya çıkabilir. DC'nin AC beslemesinden türetildiği durumlarda, düzeltme işlemi orijinal AC dalga formundan üst üste binmiş bir dalgalanma ile sonuçlanacaktır. Bunun % 10'u geçtiği durumlarda, elektrik çarpması tehlikesinin, eşdeğer voltajın AC kaynağıyla aynı olduğu düşünülmelidir. Ek olarak, hem AC hem de DC, kısa devre alevlenmesinin bir sonucu olarak yaralanmaya neden olabilir (Hooper and Buck, 2003).

3.4.2.1 Elektrik çarpması

Herhangi bir nedenden ötürü, bir elektrik devresinin bir kısmında bir bozulma olduğu durumlarda, akım devreyi tamamlayabilmek için bir yol çizer ve akımın bu besleme devresinin dışına akması mümkün olabilir. Buna örnek olarak, elektrik beslemesi izole edilmeden önce kapağın çıkarıldığı bir şalter veya prizde çalışan birisi verilebilir. İlgili kişi canlı bir metale veya bir terminale dokunduğunda, kişinin vücudunun içinden toprağa bir elektrik akımının akmasına neden olur (doğrudan temas örneği). Toprak arıza yolunun toplam direnci yeterince düşük bir değere sahipse, bu akım kişiyi öldürebilir veya kişi sakatlanabilir (Hooper and Buck, 2003).

Portatif aletler şantiyelerde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır ve bunların ve bağlantı kablolarının iyi durumda tutulmasını sağlamak, güvenli kullanımlarının kritik bir faktördür. Elektrik çarpması, gövde bir güç hattı ile toprak arasındaki iletken olarak hareket ettiğinde meydana gelir, çünkü genellikle alet üzerindeki toprak bağlantısı kopar

veya daha az yaygın olarak farklı yüklü iletkenler arasında bir bağlantı şeklindedir (Hooper and Buck, 2003).

Elektrik çarpması, vücudun sınırları, kasları ve organları boyunca akım akışının olması durumudur. Bir akımın ısıtma etkisi nedeniyle vücut dokusunda yanıklar oluşabilir. Alternatif akımdan (AC) kaynaklanan elektrik çarpmasıyla ilgili özel bir tehlike, söz konusu kişinin canlı metal veya iletken (özellikle el tipi elektrikli aletler) üzerinde istemsiz bir kavrama devam etmesine neden olmasıdır ve bu da akım akışını uzatır. Doğru akım(DC) şokunun etkisi genellikle alternatif akım(AC) şokuunun etkisi kadar tehlikeli olmamasına rağmen (örneğin, tehlikeli bir istemsiz kavrama olgusu yoktur), şoka karşı benzer önlemlerin alınması tavsiye edilir. Her durumda, DC elektrik çarpması tehlikesinin, üst üste binen dalgalanma miktarının bir sonucu olarak eşdeğer bir AC voltajına benzer olabileceği unutulmamalıdır. Elektrik çarpma şiddeti, büyüklüğü ve şok akımının vücuttaki akış süresine bağlıdır. Elektrik çarpmasına karşı kişisel duyarlılık, yaş, cinsiyet, kalp rahatsızlığı vb. ile bağlı olarak değişebilir (Hooper and Buck, 2003).

3.4.2.2 Yanıklar

Yanık yaralanmaları gövde üzerindeki işaretlerin mevcut giriş ve çıkış noktalarında veya iç dokunun yanmasından meydana gelir. Bununla birlikte, kısa süreli alevlenme sonucu ciddi yanık yaralanmalarının ortaya çıkması daha olasıdır. Aslında, bu ikinci nedenden kaynaklanan ölümlerin sayısı, doğrudan elektrik çarpmasından kaynaklanan sonuçlarla aynıdır (Hooper and Buck, 2003).

Çalışma sırasında kişinin ortaya çıkan kısa devre flaşörlerinin, çalışanın yanlışlıkla kısa devre yapmış olan donanımına yakın ve muhtemelen doğrudan teması olması nedeniyle ciddi yaralanmalara neden olması muhtemeldir. Flaşın kapsamı, hataya akacak elektrik enerjisinin miktarına bağlı olacaktır. Bu sırada arıza akımının akışını kesmek için bir sigorta veya kesici devreye girer (Hooper and Buck, 2003).

3.4.2.3 Yangınlar

Yangınlar, özellikle kabloların veya ekipmanların aşırı ısınması, bir devrenin aşırı yüklenmesi, yanlış sigortalama, gevşek bağlantılardan kaynaklanan alevlenme veya

yanıcı bir ortamda uygun olmayan elektrikli ekipmanların kullanılması sonucu çeşitli nedenlerden oluşabilir. Bu tür sorunlar genellikle, elektrik tesisatının tasarımı, inşasında veya ekipman spesifikasyonundaki eksikliklerden kaynaklanır (Hooper and Buck, 2003).

3.4.3 Koruyucu araçlar

3.4.3.1 Topraklama

Bir iletkenin (bir devre iletkeni dışında) elektrikle yüklenmesinin “makul şekilde öngörülebilir” olduğu tehlikeyi önlemek için topraklama veya başka uygun önlemler alınmalıdır. Topraklama durumunda, elektrik tesisatının bir bölümünü oluşturan tüm metal işleri (metal boru ve kanal muhafaza kabloları) veya aparat (şalt sisteminin metal ekipman muhafazaları, transformatörler, motorlar vb.) uygun ve sağlam şekilde toprağa bağlanmalıdır. Bu topraklama, ayrı bir iletken içerebilecek ‘koruyucu iletkenler’ veya uygun olan yerlerde, kablo takviyesi, metal boru veya kanallar aracılığıyla sağlanır. Koruyucu iletkeni ve toprakla bağlantısını içeren toprak dönüş yolunun direncinin mümkün olduğunca düşük olmasını sağlamak önemlidir. Bu, bir toprak arızası durumunda, sigortayı açtırmak için veya söz konusu devreyi koruyan diğer herhangi bir cihaz biçimini çalıştırmak için yeterli akımın olmasını sağlamaktır (Hooper and Buck, 2003).

3.4.3.2 İş önlemleri

İş, bir devrenin bir parçası veya elektrikli ekipmanın bir parçası üzerinde gerçekleştirilecekse, ilgili işçiyi elektrik tehlikesinden korumak için bazı önlemler alınmalıdır. Elektrik beslemesi her şeyden önce kapatılmalı, kilitlenmeli ve uyarı bildirimleri gönderilmelidir. Bu, üzerinde çalışılan devrenin veya aparatın etkili bir şekilde elektriksiz olarak yalıtılmasını sağlar. Uygun bir gerilim ölçme cihazı kullanılarak, üzerinde çalışılacak olan devrenin bu kısmının, işin başlatılmasına izin verilmeden önce gerilimin olmadığından emin olmak için kontrol edilmesi gerekir. Bazı durumlarda, depolanan veya indüklenen elektrik yükünün etkilerini azaltmak için topraklama gibi önlemlerin de alınması gerekebilir (Hooper and Buck, 2003).

3.4.3.3 İzolasyon

Yalıtım malzemeleri, içinden akan elektrik akımını önlemek için son derece yüksek direnç değerlerine sahiptir. İzolasyon, işin zorunlu olarak yalıtılmamış canlı parçalarda veya yakınında gerçekleştirilmesi gerektiğinde de yapılmalıdır. Elektrik çarpmasını ve kısa devre flasörlerinden korunmak için kişisel koruyucu ekipman (yalıtılmış araçlar, eldiven, paspas ve eleme malzemeleri) yararlanılır (Hooper and Buck, 2003).

3.4.3.4 Sigortalar

Bir sigorta, önceden belirlenmiş bir akım akımı değerinde eriyecek ve bu nedenle bu devreye akımı kesecek boyutta bir devre içine yerleştirilmiş ince bir teldir. Devreden aşırı akım çekildiğinde, sigorta devreye girer ve devre veya aparatları daha fazla hasardan koruyacaktır. Bir sigortanın aşağıdaki anormal devre koşullarına cevap verebilmesi gerekir (Hooper and Buck, 2003):

- aşırı yükleme
- kısa devre (nötr veya fazdan faza)
- toprak arızası (fazdan toprağa).

Etkili ve güvenli bir şekilde çalışmak için, sigorta, faz iletkenine yerleştirilmeli ve asla nötr iletkenine yerleştirilmemelidir, aksi halde sigorta atmış veya çıkarılmış olsa bile, anahtarın veya terminallerin devresinin parçaları hala canlı olabilir. Sigortalar, farklı yapı özelliklerine ve koruma derecelerine sahip çeşitli boyutlarda gelir.

Aşırı sigortalama, yani koruma amaçlı olduğu devreden daha yüksek bir sigorta değeri kullanmak tehlikelidir, çünkü bir arıza durumunda bir akım sigortaları atmadan toprağa akabilir. Bu, kişileri ve ilgili devre veya cihazları tehlikeye atabilir ve aşırı akım taşıyan kablunun yangın riskiyle birlikte aşırı ısınmaya yol açmasına neden olabilir.

3.4.3.5 Devre kesiciler

Bir kesici, bir sigortadan daha pahalı olmasına rağmen, aşırı akım devre koruması için çeşitli avantajlara sahiptir. Çalışma prensibi, elektromanyetik olarak aşırı akım akışının tespit edilmesi ve kesicinin mekanizmasının, koruduğu devreye elektrik beslemesini otomatik olarak kesmesidir. Bir "atmış" sigortanın doğru akım derecesine sahip bir

sigortayla değiştirilmesi gerekirken, bununla birlikte bir arıza kesildikten sonra bir devre kesicinin sadece sıfırlanması yeterlidir. Minyatür devre kesiciler (mcbs) sigortalarn yerine dağıtım panolarına takılmak üzere tasarlanmıştır. Kaçak akımla çalışan devre kesiciler, toprak kaçak akımını tespit etmek için de kullanılabilir ve gerçekten de aşırı akım ve toprak kaçak akımlarını tespit eden ve böylece çok iyi bir devre koruması sağlayan üniteler mevcuttur. Elektrik çarpması yaralanmalarının çoğu, vücut hat ve toprak arasında iletken olarak hareket ettiğinde meydana gelir. Bu şoklara karşı genel bir koruma olarak, besleme hattında bir kaçak akım devre kesicisinin (rölesinin) dahil edilmesiyle sağlanır (Hooper and Buck, 2003).

3.4.3.6 Kaçak akım cihazları

Ek bir yedek koruma, bir toprak arızası durumunda ölümcül bir şok alınmadan önce akımın kesilmesini sağlayan artık akım cihazları tarafından sağlanabilir. Bu koruma şekli, portatif cihaza güç sağlamak için bir devreye giren akım ile besleme noktasına geri dönen akım arasındaki herhangi bir farkın izlenmesi prensibine dayanır. Normal güvenli çalışma için, bu akım farkı sıfırdır, ancak eğer toprakta kaçak arızası varsa, cihazın hızla algıladığı bir diferansiyel akım meydana gelir ve beslemeyi kesmek için devreye girer. Cihazın çalışmasına neden olacak akım seviyesi (açma akımı) 30mA (0.03 A)'dir ve cihaz 40 ms (0.04 sn) içinde aktif olur (Hooper and Buck, 2003).

3.4.3.7 Bakım

Tüm elektrikli cihazların ve iletkenlerin, diğer şeylerin yanı sıra, yeterli bir şekilde muhafaza edilmelidir. Bakım sadece genel bakım ve temizlik anlamına gelmez, ancak düzenli denetime ve gerektiğinde servis verilebilmesi için test yapılmasına yönelik bir sistem anlamına gelir. Bakımın uygun maliyetli olması için, kapsamı ve sıklığı, risklerin değerlendirilmesi temelinde belirlenmelidir, yani, ekipmanın yaşı ve tipi ve kullanımının niteliği ve çevresi gibi faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir. Bakım, hasar veya kusur belirtilerini kontrol etmek için inceleme kapsamlı olmalıdır. Görsel incelemenin yanında ekipmanın durumuyla ilgili hususları teyit etmek için elektrik testi de uygulanabilir.

Taşınabilir ekipman durumunda, testler genellikle tescilli bir portatif cihaz test cihazı kullanılarak gerçekleştirilir. Yararlı bir test, gereksiz sızıntıyı önlemek için yeterince

yüksek olduğunun doğrulanması için yalıtım direncinin ölçülmesidir. Ayrıca, topraklanması gereken ekipman için, toprak bağlantısının sağlam olduğunu, yani elektrik direncinin düşük olduğunu ve iletkenin hata altında meydana gelebilecek yüksek akım türünü taşıyabildiğini doğrulamak önemlidir (Hooper and Buck, 2003).



4. ÇALIŞMA ALANINDA RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

Dağıtım şirketi çalışma alanında Hata Ağacı Analizi, Olay Ağacı Analizi ve Bow-Tie (Papyon) Analizi yöntemleri kullanılarak ve 12 olay üzerinde senaryolar oluşturularak risk değerlendirme çalışmaları yapılmıştır.

Sahada karşılaşılan 12 olay aşağıda verilmiştir:

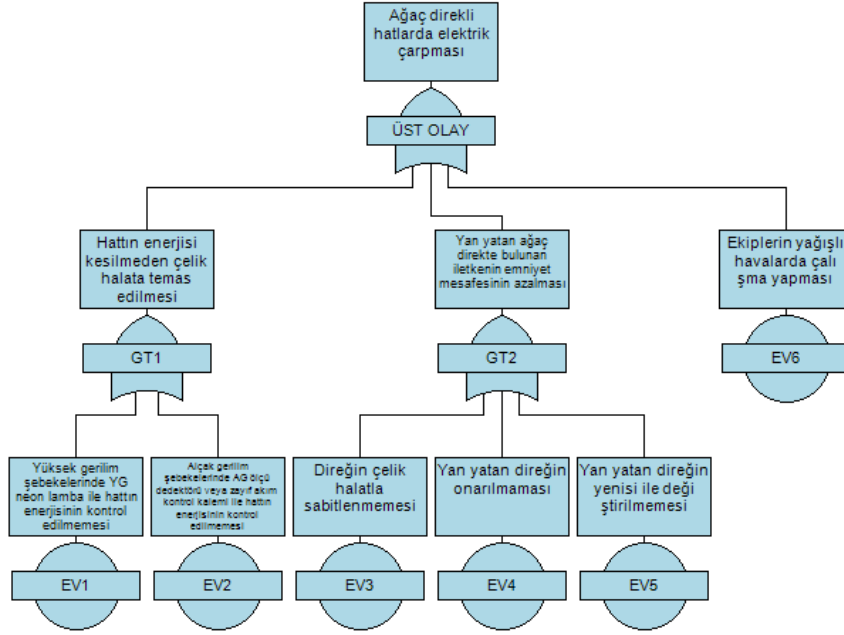
- i. Ağaç direkli hatlarda çalışmalar
- ii. Yüksekte arıza bakım onarım çalışmaları
- iii. Araç kullanma
- iv. Kaynak ve atölye çalışmaları
- v. Dağıtım merkezinde çalışmalar
- vi. Kesme açma çalışmaları
- vii. Enerji nakil hatlarında çalışmalar
- viii. Enerji nakil hatlarında ağaç direkte çalışma
- ix. İş makinası ile çalışma
- x. Manevra çalışmaları
- xi. Yüksek gerilimde çalışma
- xii. Ofis çalışmaları

Genel anlamda sahada karşılaşılan tehlikeler; yalıtkanlık hatası, gövde teması ,kısa devre hat teması, toprak teması, hata akımı, kaçak akım, makine veya elektrikle temas, itme/çarpma/kopma, yetkisiz müdahale ve dış etmenler (doğal afet) olarak sıralanabilir. (www.emo.org/Mehmet Ferit Pekeroğlu/ Elektrik Tesislerinde Risk Değerlendirme/)

Hata Ağacı Analizi'nde ve Olay Ağacı Analizi'nde Isograph Reliability Workbench yazılım programı kullanılarak nicel ve nitel analiz yapılmıştır. Bow Tie (Papyon) Yönteminde ise Bow Tie XP yazılım programı kullanılarak nitel analiz yapılmıştır.

4.1 Çalışma Alanında Yapılan Hata Ağacı Analizi

Isograph Reliability Workbench yazılım programı ile yapılmış hata ağacı analizi diyagramları aşağıda gösterilmiş ve açıklanmıştır.



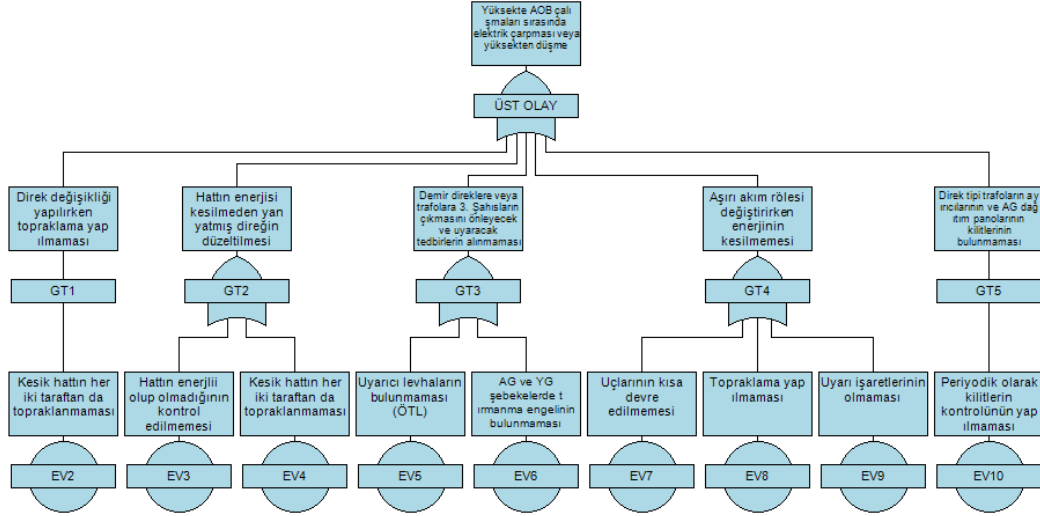
Şekil 4.1 Ağaç direkli hatlarda çalışmalar

Şekil 4.1’de ağaç direkli hatlarda elektrik çarpması hata ağacının üst olayıdır ve ‘veya’ mantık kapısı ile ifade edilmiştir. Buna sebep olan olaylar ise hata ağacındaki tehditleri ifade eder. Tehditlerin birinin ve/veya birkaçının meydana gelmesi de mantık kapıları ile ifade edilir. Bu tepe olayın olmasına neden olan üç durum vardır.

Hattın enerjisi kesilmeden çelik halata temas edilmesi (GT1) durumundan önce meydana gelen basit olaylar; YG şebekelerde neon lamba ile hattın enerjisinin kontrol edilmemesi (EV1) veya AG şebekelerde ölçü dedektörü ve zayıf akım kontrol kalemi ile hattın enerjisinin kontrol edilmemesidir (EV2).

Yan yatan ağaç direkte bulunan iletkenin emniyet mesafesinin azalmasına (GT2) neden olan olaylar; direğin çelik halatla sabitlenmemesi (EV3), yan yatan direğin onarılmaması (EV4) veya yan yatan direğin yenisi ile değiştirilmemesidir (EV6).

Son olarak ekiplerin yağışlı havada çalışma yapması durumu (GT3) da üst olaya neden olan durumlardan biridir.



Şekil 4.2 Yüksekte arıza bakım onarım çalışmaları

Şekil 4.2’de yüksekte arıza bakım onarım çalışmalarında iş kazaları hata ağacının üst olayıdır ve ‘veya’ mantık kapısı ile ifade edilmiştir. Bu üst olayın olmasına neden olan beş durum vardır.

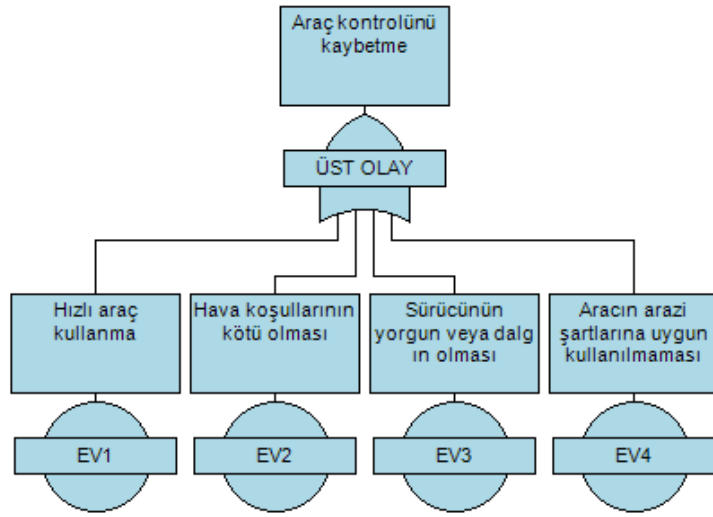
Direk değişikliği yapılırken topraklama yapılmaması (GT1) durumundan önce meydana gelen durum; kesik hattın her iki tarafından da topraklama yapılmaması (EV2) olayıdır.

Hatta enerji varken yan yatmış hasarsız direğin düzeltilmesi (GT2) olayı veya kapısı ile gösterilmiş ve durumu tetikleyen olaylar şöyle ifade edilmiştir; hatta enerji olup olmadığı kontrol edilmemesi (EV3) veya kesik hattın her iki tarafından da topraklama yapılmamasıdır (EV4).

Demir direklere ve direk tipi trafolarla 3. Şahısların çıkmasını önleyecek ve uyaracak tedbirlerin alınmaması durumu (GT3) veya kapısı ile gösterilmiş ve hata olayları; ÖTL’nin (Ölüm Tehlikesi Levhası) olmaması (EV5) veya AG ve YG şebekelerinde demir direklere zeminden en az 4m ve gerilimli bölüme en az 3 m yükseklikte bir tırmanma engeli tesis edilmemesidir (EV6).

Aşırı akım rölesi değiştirirken enerjinin kesilmemesi veya uçlarının kısa devre edilmemesi durumu (GT4) veya kapısı ile ifade edilmiştir. Uçlar kısa devre edilmemesi (EV7), topraklama yapılmaması (EV8) veya uyarı işaretlerinin konulmaması (EV9) olayları ise üst olayı tetikleyen hatalardır.

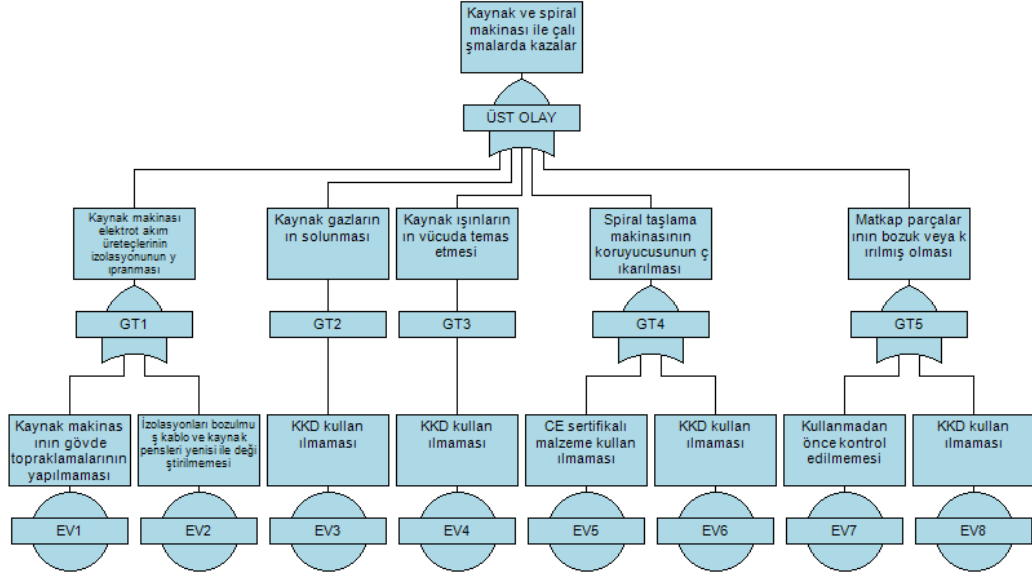
Direk tipi trafoların ayırıcılarının ve AG dağıtım panolarının kilitlerinin bulunmaması (GT5) durumuna neden olabilecek durum ise periyodik olarak kilitlerin kontrolünün yapılmamasıdır(EV10).



Şekil 4.3 Araç kullanma

Şekil 4.3'te 'veya' kapısı ile ifade edilen araç kontrolünü kaybetme durumu hata ağacının üst olayıdır. Bu üst olayın olmasına neden olan dört durum vardır.

Hızlı araç kullanma (EV1), hava koşullarının kötü olması (EV2), sürücünün dalgın veya yorgun olması (EV3) veya araçların arazi şartlarına uygun kullanılmaması (EV4) olayları üst olaya neden olan durumlardır.



Şekil 4.4 Kaynak ve atölye çalışmaları

Şekil 4.4'te kaynak ve spiral makinası ile çalışmalarda elektrik çarpması veya çapak sıçraması durumu hata ağacının tepe olayıdır ve 'veya' mantık kapısı ile ifade edilmiştir. Bu tepe olayın olmasına neden olan beş durum vardır.

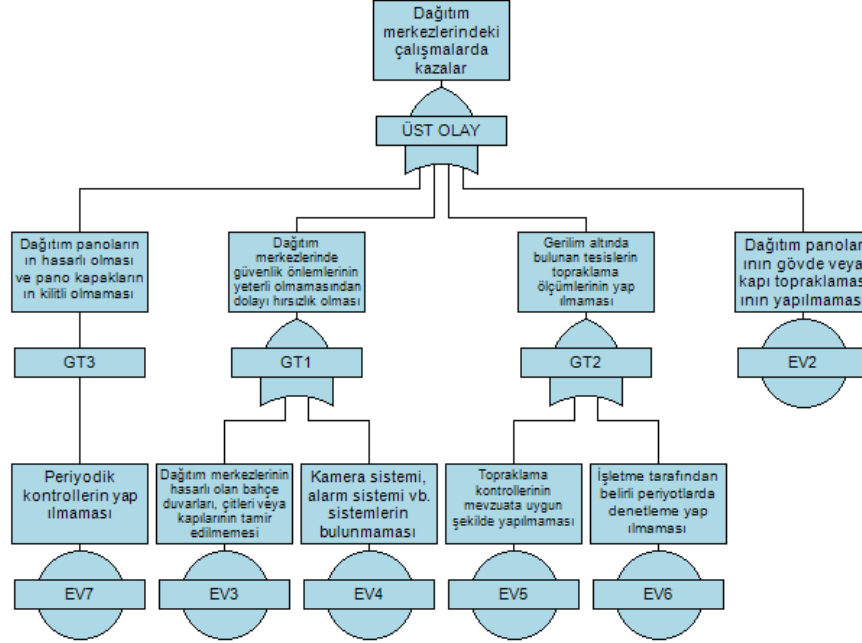
Kaynak makinası elektrot akım üreteçlerinin izolasyonunun yıpranması durumu (GT1) 'veya' kapısı ile ifade edilmiştir. Kaynak makinasının gövde topraklamalarının yapılmaması (EV1) veya yalıtımları bozulmuş kablo ve kaynak penslerinin yenisi ile değiştirilmemesi (EV2) durumları, (GT1) olayına neden olan temel olaylardır.

Kaynak gazlarının solunması olayı (GT2) ile ifade edilmiştir. KKD kullanılmaması (EV3) ise temel olaydır.

Kaynak ışınlarının vücuda temas etmesi durumu (GT3) ile ifade edilmiştir. Bu olaya sebep olan hata olayı KKD kullanılmamasıdır (EV4).

Spiral taşlama makinasının koruyucusunun çıkarılması (GT4) durumu 'veya' kapısı ile ifade edilmiştir. CE sertifikalı malzeme kullanılmaması (EV5) veya KKD kullanılmaması (EV6) olayları ise hatalardır.

Matkap parçalarının bozuk veya kırılmış olması (GT5) ‘veya’ kapısı ile ifade edilmiştir. Bunu tetikleyen durumlar ise kullanmadan önce gözle kontrol edilmemesi (EV7) veya KKD kullanılmaması (EV8) temel olaylardır.



Şekil 4.5 Dağıtım merkezinde çalışmalar

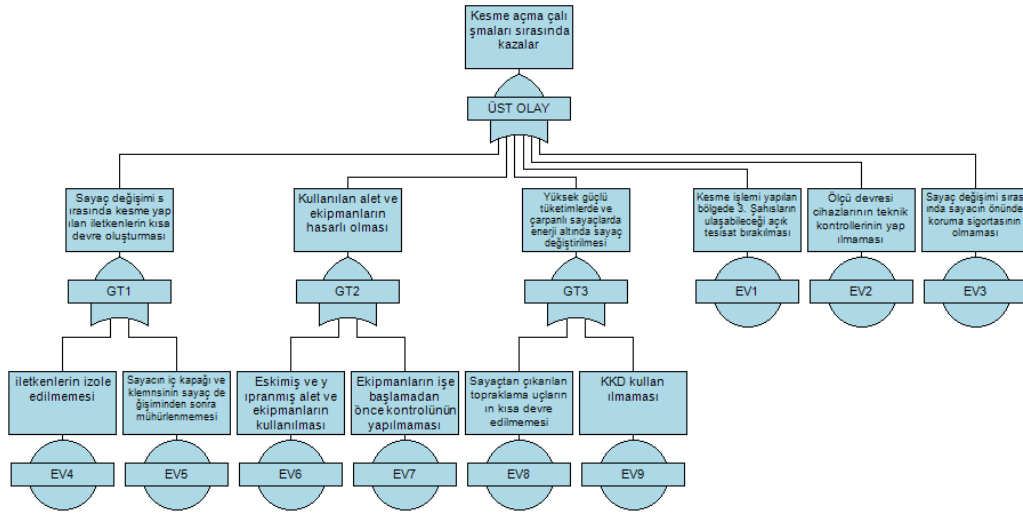
Şekil 4.5’te dağıtım merkezlerindeki çalışmalarda elektrik çarpması durumu hata ağacının kritik olayıdır ve ‘veya’ kapısı ile ifade edilmiştir. Bu üst olayı tetikleyen dört durum vardır.

Dağıtım panolarının hasarlı olması, pano kapaklarının kilitli olmaması olayına (GT3) neden olan temel olay periyodik kontrollerin yapılmaması (EV7) ile ifade edilmiştir.

Dağıtım merkezlerinin şehir dışında olması ve güvenlik önlemlerinin yeterli olmaması nedeniyle hırsızlık olması durumu (GT1) ‘veya’ kapısı ile belirtilmiş ve buna neden olan iki temel olay vardır. Bunlar dağıtım merkezlerinin bahçe duvarları, çitleri veya kapılarından hasarlı olanların tamir edilmemesi (EV3) veya kamera sistemi, alarm sistemi vb. gibi önlemler alınmaması (EV4) olaylarıdır.

Gerilim altında bulunan tesislerin topraklama ölçümlerinin yapılmaması durumu (GT2) ‘veya’ kapısı ile gösterilmiş ve buna sebep olan iki temel olay olmuştur. Bunlar (EV5) ile ifade edilen topraklama kontrolleri yapılmaması durumu veya (EV6) ile belirtilen işletme tarafından belirli periyotlarda denetleme ve yoklamanın yapılmaması durumudur.

Son olarak (EV2) ile gösterilen dağıtım panolarının gövde ve kapı topraklamaları mevzuata uygun şekilde topraklanmaması olayı, tepe olaya neden olan olaylardandır.



Şekil 4.6 Kesme açma çalışmaları

Şekil 4.6’da elektriği kesme açma çalışmaları sırasında elektrik çarpması olayı hata ağacının kritik olayıdır ve ‘veya’ kapısı ile ifade edilmiştir. Kritik olayın olmasını tetikleyen durumlar ise altı tanedir.

Sayaç değişimi sırasında kesme yapılan iletkenlerin kısa devre oluşturması (GT1) durumu ‘veya’ kapısı ile ifade edilmiştir. Buna neden olan iki durum vardır. Abone elektrik enerjisi kesme işleminden sonra kesme yapılan iletkenlerin yalıtımının yapılmaması (EV4) veya sayacın iç kapağı ve klemensinin sayaç değişiminden sonra mühürlenmemesi (EV5) olayları (GT1)’nin olmasına neden olmaktadır.

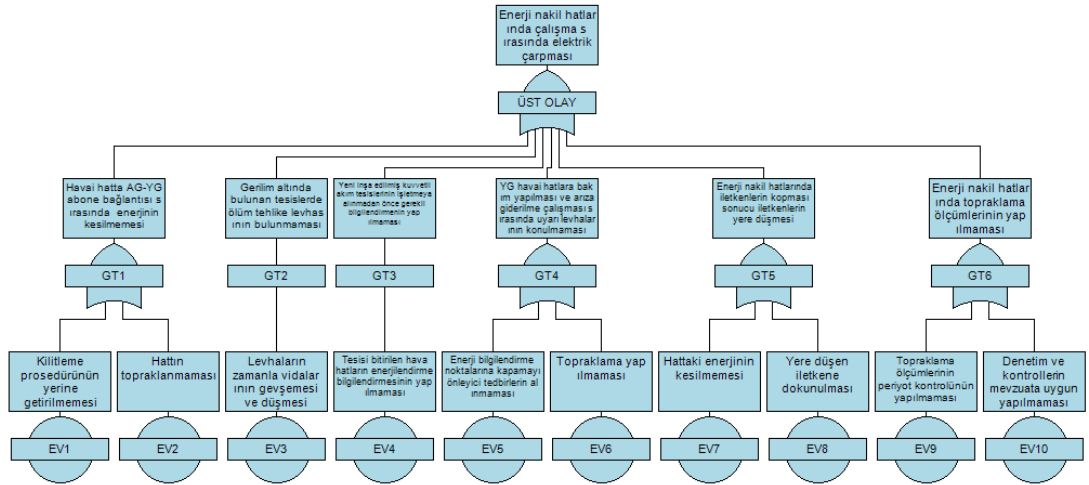
Kullanılan alet ve ekipmanların hasarlı olması veya yalıtkanlığının bozuk olması (GT2) durumu 'veya' kapısı ile ifade edilmiş ve bunu etkileyen iki durum vardır. Eskimiş ve yıpranmış alet ve ekipmanların kullanılması (EV6) veya bu alet ve ekipmanların kontrolleri her gün işe başlamadan önce yapılmaması (EV7) temel olayları (GT2) olayının olmasına sebep olan unsurlardır.

Kesme işlemi yapılan bölgede 3. Şahısların ulaşabileceği açık tesisat bırakılması üst olayı tetikleyen etmenlerden biri olarak (EV1) ile ifade edilmiştir.

Yüksek güçlü tüketimlerde (AG) ve çarpanlı sayaçlarda enerji altında sayaç değiştirilmesi durumu (GT3) 'veya' kapısı ifade edilmiştir. Bunu etkileyen iki unsur ise şöyledir: Sayaçtan çıkarılan topraklama uçları kısa devre edilmemesi (EV8) veya KKD kullanılmaması (EV9) olaylarından birisinin olması durumunda (GT3)'in olmasına zemin hazırlamaktadır.

Ölçü devresi cihazlarının teknik kontrollerinin yapılmaması (EV2) durumu ise üst olayın olmasına neden olan olasılıklardan biridir.

Sayaç değişimi sırasında sayacın önünde koruma sigortasının olmaması (EV3) temel olayı kesme açma sırasında elektrik çarpmasına neden olabilecek nedenlerdendir.



Şekil 4.7 Enerji nakil hatlarında çalışmalar

Şekil 4.7’de enerji nakil hatlarında çalışma sırasında elektrik çarpması hata ağacının üst olayı olarak ‘veya’ kapısı ile belirtilmiştir. Üst olaya neden olabilecek altı durum vardır.

Havai hatta AG-YG abone bağlantısı sırasında enerjinin kesilmemesi (GT1) olayı ‘veya’ kapısı ile ifade edilmiştir. Kilitleme prosedürünün yerine getirilmemesi (EV1) veya hattın topraklanmaması (EV2) olayları (GT1) olayının olmasına neden olan etmenlerdir.

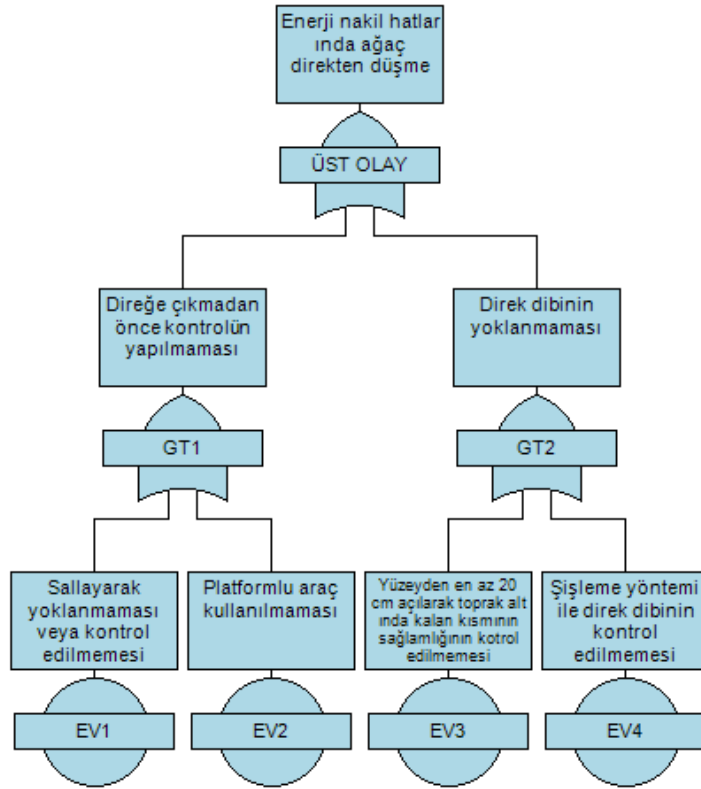
Gerilim altında bulunan tesislerde ölüm tehlike levhasının bulunmaması olayı (GT2) ile ifade edilmiştir. Her tip yüksek gerilim direğine zeminden en az 2,5 m yükseklikte bir ölüm tehlikesi levhasının olmaması (EV3) durumu da (GT2)’ye neden olan olaydır.

Yeni inşa edilmiş kuvvetli akım tesislerinin işletmeye alınmadan önce gerekli bilgilendirmenin yapılmaması olayı (GT3) ile belirtilmiştir. Bunu tetikleyen sebep ise (EV4) ile ifade edilen tesisi bitirilen hava hatlarına ilk gerilim uygulanmasından en az üç gün sonra bilgilendirme yapılmamasıdır.

YG havai hatlara bakım yapılması ve arıza giderilme çalışması sırasında uyarı levhalarının konulmaması (GT4) ‘veya’ kapısı ile gösterilmiş ve buna etki eden nedenler EV5 ile EV6’dır. Enerji bilgilendirme noktalarına kapamayı önleyici tedbirler alınmaması (EV5) veya topraklama yapılmaması (EV6) durumlarından birisi gerçekleştiğinde (GT4) üst olay meydana gelir.

Enerji nakil hatlarında iletkenlerin kopması sonucu iletkenlerin yere düşmesi (GT5) ‘veya’ kapısı ile belirtilmiştir. Buna neden olan iki unsur ise hattaki enerjinin kesilmemesi (EV7) veya yere düşen iletkene dokunulması (EV8) durumları olabilir.

Enerji nakil hatlarında topraklama ölçümlerinin yapılmaması (GT6) olayı ‘veya’ kapısı ile oluşturulmuştur. Topraklama ölçümleri belirli periyotlarla yapılmaması (EV9) veya denetim ve kontrollerin yapılmaması (EV10) durumları (GT6)’yı oluşturan ve üst olaya neden olan temel olaylardır.

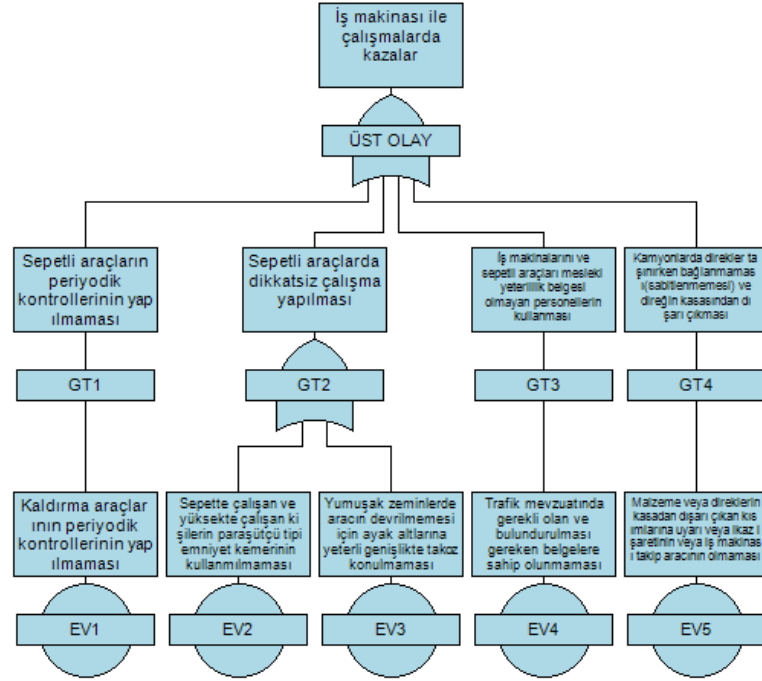


Şekil 4.8 Enerji nakil hatlarında ağaç direkte çalışma

Şekil 4.8’de enerji nakil hatlarında ağaç direktten düşme olayı, hata ağacının üst olayı olarak ‘veya’ kapısı ile belirtilmiştir.

Direğe çıkmadan önce kontrol etmeme (GT1) veya kapısı ile gösterilmiştir. Buna neden olan temel olaylar ise sallayarak yoklama yapılmaması (EV1) veya platformlu araç kullanmama (EV2) olaylarıdır.

Direk dibinin yoklanması (GT2) veya kapısı ile ifade edilmiştir. Yüzeyden en az 20 cm açılarak toprak altında kalan kısmının sağlamlığını kontrol edilmemesi (EV3) veya şişleme yönteminin kullanılmaması (EV4) temel olaylarının olması durumunda üst olayın olma olasılığı artar.



Şekil 4.9 İş makinası ile çalışma

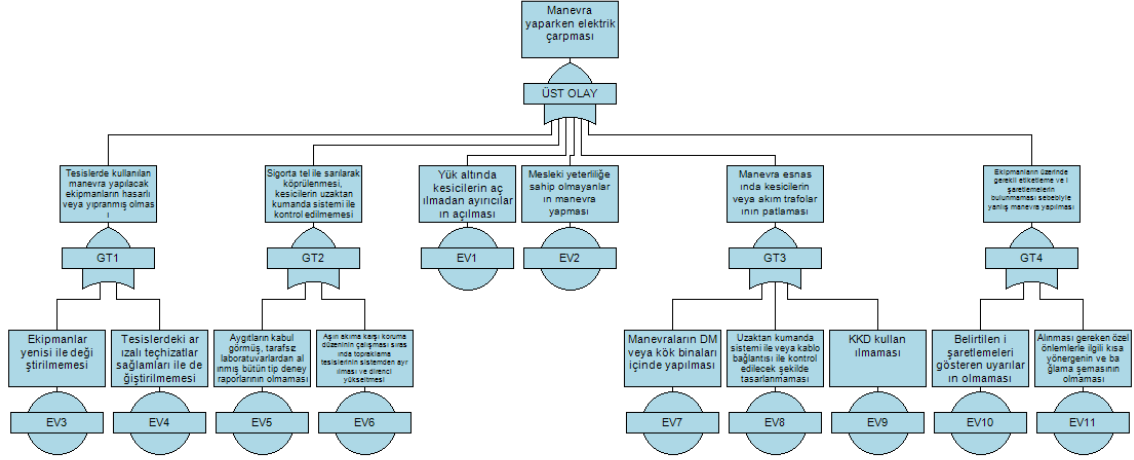
Şekil 4.9’da iş makinası ile çalışmalardaki kazalar hata ağacının kritik olayı olarak belirlenmiş ve ‘veya’ mantık kapısı gösterilmiştir.

Sepetli araçların periyodik kontrollerinin yapılmaması (GT1) ile ifade edilmiştir. Kaldırma araçları yılda 1 kez periyodik kontrollerden geçirilerek ilgili belgeler düzenlenmemesi (EV1) durumu (GT1)’in olmasına neden olan temel olaydır.

Sepetli araçlarda dikkatsiz çalışma yapılması olayı (GT2) ile gösterilmiş ve ‘veya’ kapısı ile tanımlanmıştır. Sepette çalışan kişilerde dahil olmak üzere yüksekte çalışan kişiler paraşütçü tipi emniyet kemeri kullanmaması (EV2) veya yumuşak zeminlerde aracın devrilmemesi için ayak altlarına yeterli genişlikte takozun konulmaması (EV3) durumlarından biri gerçekleştiğinde GT2’nin olmasına neden olacaktır.

İş makinelerini ve sepetli araçları mesleki yeterlilik belgesi olmayan personellerin kullanması durumu üst olaya neden olan diğer bir olaydır ve (GT3) ile tanımlanmıştır. Trafik mevzuatında gerekli olan ve bulundurulması gereken belgelere sahip olunmaması (EV4) ise hata unsurlarından biridir.

Kamyonlarda direkler taşınırken bağlanmaması(sabitlenmemesi) ve direğin kasasından dışarı çıkması olayı (GT4) ile gösterilmiştir. Malzeme veya direklerin kasadan dışarı çıkan kısımlarına ikaz işareti ve uyarı levhalarının konulmaması (EV5) olayı ise tepe olayın meydana gelmesine neden temel olaylardan bir tanesidir.



Şekil 4.10 Manevra çalışmaları

Şekil 4.10'da manevra yaparken elektrik çarpması olayı hata ağacının tepe olayıdır ve 'veya' mantık kapısı ile tanımlanmıştır. Hata ağacında üst olayın meydana gelmesine neden olan altı durum tespit edilmiştir.

Tesislerde kullanılan manevra yapılacak donanımların hasarlı veya yıpranmış olması (GT1) 'veya' kapısı ile gösterilmiştir. Aşırı derecede yıpranmış tehlike oluşturacak ve manevra zorluğu çıkaracak ekipmanların yenisi ile değiştirilmemesi (EV3) veya tesislerdeki arızalı teçhizatlar sağlamları ile değiştirilmemesi (EV4) olaylarının birinin olması halinde (GT1)'in meydana gelmesine neden olacaktır.

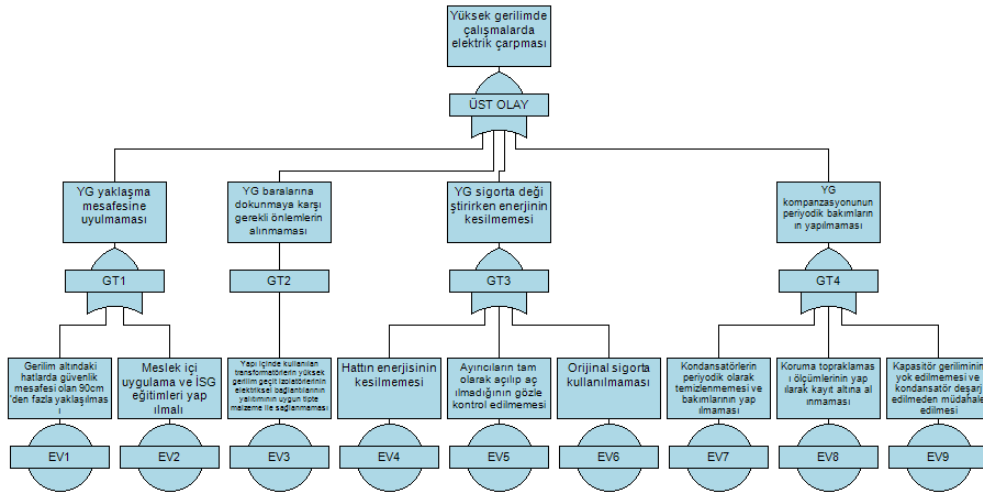
Sigorta tel ile sarılarak köprülenmesi, minyatür kesicilerin veya kesicilerin uzaktan kumanda sistemi ile kontrol edilmemesi (GT2) 'veya' kapısı ile tanımlanmıştır. Aygıtların kabul görmüş, tarafsız laboratuvarlardan alınmış bütün tip deney raporlarının olmaması (EV5) veya topraklanmış sistemlerde aşırı akıma karşı koruma düzeninin çalışması sırasında topraklama tesisleri sistemden ayrılması ve direnci yükseltilmesi (EV6) olayları olduğunda (GT2)'ye neden olacak hatalar meydana gelecektir.

Yük altında kesicilerin açılmadan ayırıcıların açılması (EV1) temel olayı da üst olaya neden olan olaylardır.

Mesleki yeterliliğe sahip olmayanların manevra yapması (EV2) ile ifade edilmiş bir temel olaydır.

Manevra esnasında kesicilerin veya akım trafolarının patlaması (GT3) ‘veya’ kapısı ile ifade edilmiş ve buna neden olabilecek üç olay saptanmıştır. Manevra DM veya kök binaları içinde yapılması (EV7), manevra sırasında tüm kesicilerin uzaktan kumanda sistemi ile veya kablo bağlantısı ile kontrol edilecek şekilde olmaması (EV8) veya KKD kullanılmaması (EV9) olayları (GT3)’e sebep olan temel olaylardır.

Elektrik kuvvetli akım tesislerinde kullanılan ekipmanların üzerinde gerekli etiketleme ve işaretlemelerin bulunmaması sebebiyle yanlış manevra yapılması (GT4) olayı ‘veya’ kapısı ile oluşturulmuş ve (GT6)’ya neden olabilecek iki durum belirlenmiştir. Bunlar belirtilen şartnameleri gösteren uyarıların olmaması (EV10) veya tesisin işletilmesi sırasında alınması gereken özel önlemlerle ilgili kısa yönergenin ve bağlama şemasının olmaması (EV11) olaylarıdır.



Şekil 4.11 Yüksek gerilimde çalışma

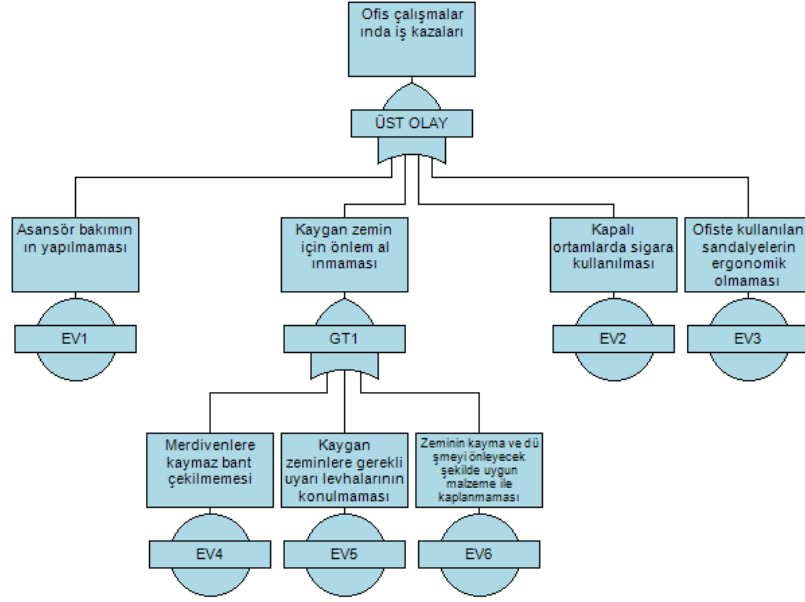
Şekil 4.11’de yüksek gerilimde çalışmalarda elektrik çarpması hata ağacının tepe olayıdır ve ‘veya’ mantık kapısı ile tanımlanmıştır. Hata ağacında üst olayın meydana gelmesine neden olan dört durum tespit edilmiştir.

YG yaklaşma mesafesine uyulmaması (GT1) olayı ‘veya’ kapısı ile gösterilmiş ve (GT1)’in olmasına sebep olan iki temel olay tanımlanmıştır. Bu olaylar gerilim altındaki hatlarda (10kV-50kV) arası gerilimlerde güvenlik mesafesi olan 90cm’den fazla yaklaşılması (EV1) veya meslek içi uygulama ve İSG eğitimlerinin yapılmaması (EV2) olarak ifade edilmiştir.

YG baralarına dokunmaya karşı gerekli önlemlerin alınmaması (GT2) olarak gösterilmiştir. Buna tehdit oluşturan durum ise yapı içinde kullanılan transformatörlerin yüksek gerilim geçit izolatörlerinin elektriksel bağlantılarının yalıtımı, uygulama gerilimine uygun bir malzeme veya geçmeli tip malzeme ile sağlanmaması (EV3) olayıdır.

YG sigorta değiştirirken enerjinin kesilmemesi (GT3) veya kapısı ile tanımlanmış ve buna tehdit oluşturan üç unsur tespit edilmiştir. Bunlar hattın enerjisi kesilmemesi (EV4), ayırıcıların tam olarak açılıp açılmadığının gözle kontrol edilmemesi (EV5), orijinal sigorta kullanılmaması (EV6) temel olaylardır.

YG kompanzasyonunun periyodik bakımlarının yapılmaması (GT4) olayı ‘veya’ kapısı ile belirtilmiş ve GT4’ün meydana gelmesine sebep olan üç olay tespit edilmiştir. Bu olaylar kondansatörlerin periyodik olarak temizlenmemesi ve bakımlarının yapılmaması (EV7), koruma topraklaması ölçümleri yapılarak kayıt altına alınmaması (EV8) veya kapasitör geriliminin yok edilmemesi ve kondansatör deşarj edilmeden müdahale edilmesi (EV9) temel olayları olarak saptanmıştır.



Şekil 4.12 Ofis çalışmaları

Şekil 4.12’de ofis çalışmalarında iş kazaları hata ağacının tepe olayıdır ve ‘veya’ mantık kapısı ile tanımlanmıştır. Hata ağacında üst olayın meydana gelmesine neden olan dört olay tespit edilmiştir.

Asansör bakımının yapılmaması (EV1) temel olayı ile ifade edilmiştir.

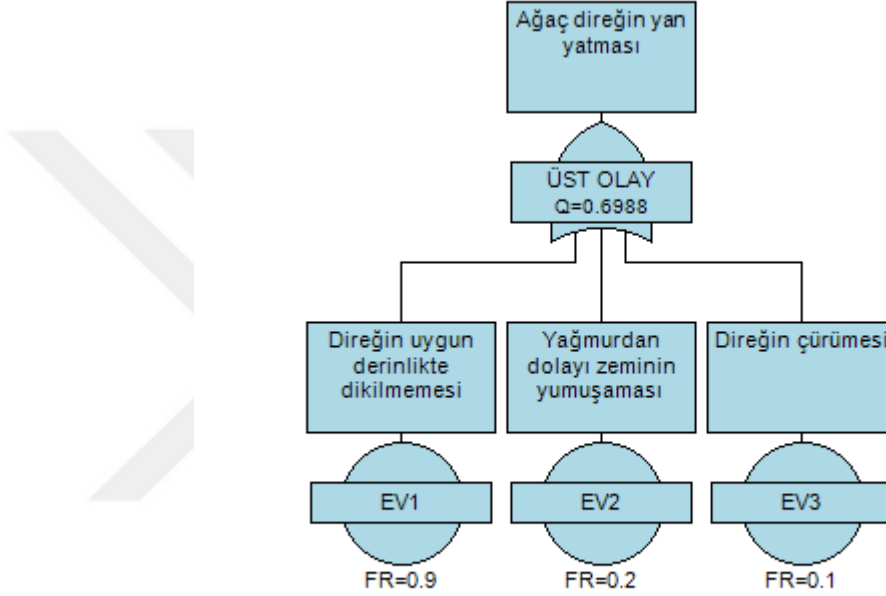
Kaygan zemin için önlem alınmaması (GT1) ‘veya’ kapısı ile tanımlanmıştır ve (GT1)’in meydana gelmesine neden olan üç olay saptanmıştır. Bunlar merdivenlere kaymaz bant çekilmemesi (EV4), kaygan zeminlere gerekli uyarı levhalarının konulmaması (EV5) veya zemin kayma ve düşmeyi önleyecek şekilde uygun malzeme ile kaplanmaması (EV6) olaylarıdır.

Kapalı ortamlarda sigara kullanılması (EV2) hata ağacında üst olayın meydana gelmesine neden olan başka bir olaydır.

Son olarak ofiste kullanılan sandalyelerin ergonomik olmaması durumu (EV3) ile ifade edilmiş ve hata ağacında tehdit oluşturan bir temel olaydır.

4.2 Çalışma Alanında Yapılan Olay Ağacı Analizi

Isograph Reliability Workbench yazılım programı ile yapılmış olay ağacı analizi diyagramları aşağıda gösterilmiş ve açıklanmıştır. Olay ağacı analizleri hata ağacı bağlantısı yapılarak modellenmiştir.



Şekil 4.13 Ağaç direğın yan yatması (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)

Şekil 4.13'te ağaç direğın yan yatması hata ağacının üst olayı, veya kapısı ile gösterilmiş ve buna bağlı üç olay tanımlanmıştır. Bunlar direğın uygun derinlikte dikilmemesi (EV1), yağmurdan dolayı zeminin yumuşaması (EV2) ve direğın çürümesidir (EV3). Burada gösterilen hata ağacı diyagramı, Şekil 4.14'teki olay ağacının hata ağacı bağlantısıdır. $Q(t)$ değeri 0.69 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.13'te gösterilen **FR** ifadesi başarısızlık oranını ifade etmektedir. Bu başarısızlık oranına olayların olma olasılıklarına göre 1'den küçük değerler verilerek, bunun sonucunda $Q(t)$ değeri yani t anında sistem hatası olasılığı Isograph Reliability Workbench yazılım programı yardımıyla hesaplanmıştır.

Ağaç direğın yan yatması	Direğın uygun derinlikte dikilmemesi	Yağmurdan dolayı zeminin yumuşaması	Direğın çürümesi	Consequence	Frequency
$w=0,3614$	$Q=0,5934$	$Q=0,1813$	$Q=0,09516$		0,2081
		Success: $Q=0,8187$	Success: $Q=0,9048$	Not set	0,1089
	Success: $Q=0,4066$	Failure: $Q=0,1813$	Success: $Q=0,9048$	Not set	0,0662
Failure			Failure: $Q=0,09516$	Not set	0,01162
	Failure: $Q=0,5934$	Failure: $Q=0,1813$	Failure: $Q=0,09516$	Not set	0,02137

Şekil 4.14 Ağaç direğın yan yatması (olay ağacı analizi)

Şekil 4.14' te ağaç direğın yan yatması olay ağacının başlangıç olayı olarak tanımlanmıştır. Direğın uygun derinlikte dikilmemesi, yağmurdan dolayı zeminin yumuşaması ve direğın çürümesi durumları ise olaylar dizisi ve hafifletici faktörlerdir. Hata ağacında verilen 1'den küçük **FR** değerlerine göre her olay için başarılı ve başarısız olasılık değerleri için kullanılamazlık oranı **Q(t)** değerleri, başlangıç olayı için arıza sıklığı **w(t)** değeri ve tüm olaylar için **F** frekans değerleri Isograph Reliability Workbench yazılım programı yardımıyla hesaplanmıştır.

Burada ağaç direğın yan yatması başlangıç olayının arıza sıklığı $w(t)$ 0.36 olarak bulunmuştur.

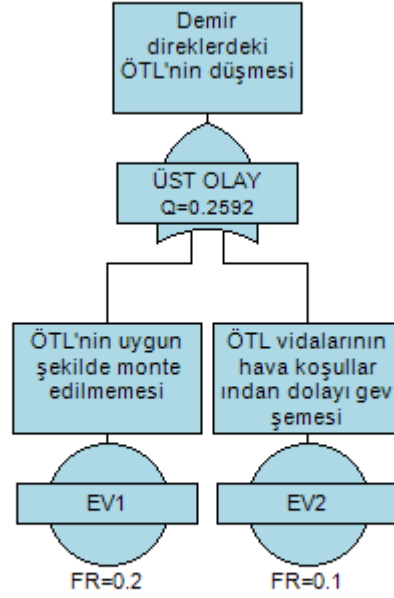
Olasılık sistemi parametreleri;

Kullanılamazlık $Q(t)$: t anında sistem hatası olasılığı

Arıza sıklığı $w(t)$: birim zamandaki olayın oluşum sayısı

FR : başarısızlık oranı

F: frekans(sıklık)



Şekil 4.15 Demir direklerdeki ÖTL'nin düşmesi (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)

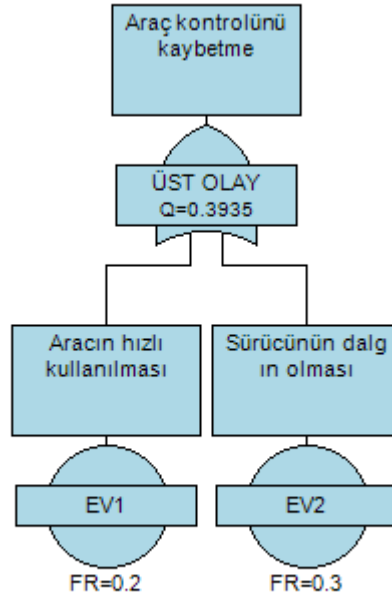
Şekil 4.15'te demir direklerdeki ÖTL'nin düşmesi hata ağacının üst olayı, veya kapısı ile gösterilmiş ve buna bağlı iki olay tanımlanmıştır. Bunlar ÖTL'nin uygun şekilde monte edilmemesi (EV1), ÖTL'nin vidalarının hava koşullarından dolayı gevşemesidir(EV2). Burada gösterilen hata ağacı diyagramı, Şekil 4.16'daki olay ağacının hata ağacı bağlantısıdır. Q(t) değeri 0.25 olarak hesaplanmıştır.

Demir direklerdeki ÖTL'nin düşmesi	ÖTL'nin uygun şekilde monte edilmemesi	ÖTL vidalarının hava koşullarından dolayı gevşemesi	Consequence	Frequency
w=0.2222	Q=0.1813	Q=0.09516		0.2881
		Success:Q=0.9048	Not set	0.1646
	Success:Q=0.8187	Failure:Q=0.09516	Not set	0.03652
Failure		Success:Q=0.9048	Not set	0.07485
	Failure:Q=0.1813	Failure:Q=0.09516	Not set	0.01212

Şekil 4.16 Demir direklerdeki ÖTL'nin düşmesi (olay ağacı analizi)

Şekil 4.16'da demir direklerdeki ÖTL'nin düşmesi olay ağacının başlangıç olayı olarak ifade edilmiştir. ÖTL'nin uygun şekilde monte edilmemesi, ÖTL'nin vidalarının hava koşullarından dolayı gevşemesi durumları ise olaylar dizisi ve azaltıcı faktörlerdir.

Burada direğin yan yatması başlangıç olayının arıza sıklığı $w(t)$ 0.22 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.17 Araç kontrolünü kaybetme (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)

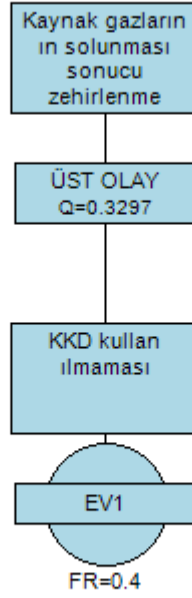
Şekil 4.17’de araç kontrolünü kaybetme hata ağacının üst olayı, veya kapısı ile gösterilmiş ve buna bağlı iki olay tanımlanmıştır. Bunlar aracın hızlı kullanılması (EV1), sürücünün dalgın olmasıdır(EV2). Burada gösterilen hata ağacı diyagramı, Şekil 4.18’deki olay ağacının hata ağacı bağlantısıdır. $Q(t)$ değeri 0.39 olarak hesaplanmıştır.

Araç kontrolünü kaybetme	Aracın hızlı kullanılması	Sürücünün dalgın olması	Consequence	Frequency
w=0,3033	Q=0,1813	Q=0,2592		0,4551
		Success:Q=0,7408	Not set	0,1839
	Success:Q=0,8187	Failure:Q=0,2592	Not set	0,1359
Failure		Success:Q=0,7408	Not set	0,08846
	Failure:Q=0,1813	Failure:Q=0,2592	Not set	0,0468

Şekil 4.18 Araç kontrolünü kaybetme (olay ağacı analizi)

Şekil 4.18’de araç kontrolünü kaybetme olay ağacının başlangıç olayı olarak tanımlanmıştır. Aracın hızlı kullanılması (EV1), sürücünün dalgın olması durumları ise olaylar dizisi ve azaltıcı faktörlerdir.

Burada araç kontrolünü kaybetme başlangıç olayının arıza sıklığı $w(t)$ 0.30 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.19 Kaynak gazlarının solunması sonucu zehirlenme (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)

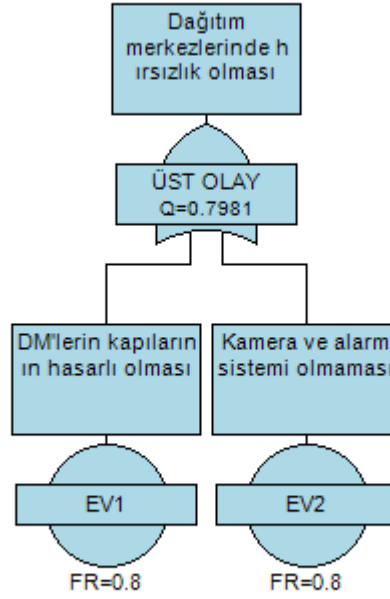
Şekil 4.19’da kaynak gazlarının solunması sonucu zehirlenme hata ağacının üst olayı olarak belirlenmiş ve buna bağlı bir olay tanımlanmıştır. Bu olay KKD kullanılmamasıdır(EV1). Burada gösterilen hata ağacı diyagramı, Şekil 4.20’deki olay ağacının hata ağacı bağlantısıdır. $Q(t)$ değeri 0.32 olarak hesaplanmıştır.

Kaynak gazlarının solunması sonucu zehirlenme	KKD kullanılmaması	Consequence	Frequency
w=0.2681	Q=0.3297		0.3665
	Success:Q=0.6703	Not set	0.1797
Failure	Failure:Q=0.3297	Not set	0.1768

Şekil 4.20 Kaynak gazlarının solunması sonucu zehirlenme (olay ağacı analizi)

Şekil 4.20’de kaynak gazlarının solunması sonucu zehirlenme olay ağacının başlangıç olayı olarak belirlenmiştir. KKD kullanılmaması (EV1) durumu ise olay dizisi ve hafifletici faktördür.

Burada kaynak gazlarının solunması sonucu zehirlenme başlangıç olayının arıza sıklığı $w(t)$ 0.26 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.21 Dağıtım merkezlerinde hırsızlık olması(olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)

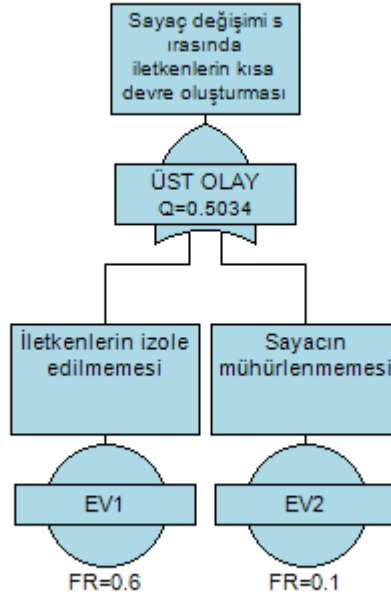
Şekil 4.21’de dağıtım merkezlerinde hırsızlık olması hata ağacının üst olayı, veya kapısı ile ifade edilmiş ve buna bağlı iki temel olay tanımlanmıştır. Bu olaylar DM’lerin kapılarının hasarlı olması(EV1) ve kamera ve alarm sistemi olmamasıdır(EV2). Burada gösterilen hata ağacı diyagramı, Şekil 4.22’deki olay ağacının hata ağacı bağlantısıdır. $Q(t)$ değeri 0.79 olarak hesaplanmıştır.

Dağıtım merkezlerinde hırsızlık olması	DM'lerin kapılarının hasarlı olması	Kamera ve alarm sistemi olmaması	Consequence	Frequency
w=0.323	Q=0.5507	Q=0.5507		0.688
		Success:Q=0.4493	Not set	0.06522
Failure	Success:Q=0.4493	Failure:Q=0.5507	Not set	0.2088
	Failure:Q=0.5507	Failure:Q=0.5507	Not set	0.4139

Şekil 4.22 Dağıtım merkezlerinde hırsızlık olması (olay ağacı analizi)

Şekil 4.22’de dağıtım merkezlerinde hırsızlık olması olay ağacının başlangıç olayı olarak belirlenmiştir. DM’lerin kapılarının hasarlı olması(EV1) ve kamera ve alarm sistemi olmaması durumları ise olaylar dizisi ve azaltıcı faktörlerdir.

Burada kaynak gazlarının solunması sonucu zehirlenme başlangıç olayının arıza sıklığı w(t) 0.32 olarak hesaplanmıştır.



şekil 4.23 Sayaç değişimi sırasında iletkenlerin kısa devre oluşturması (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)

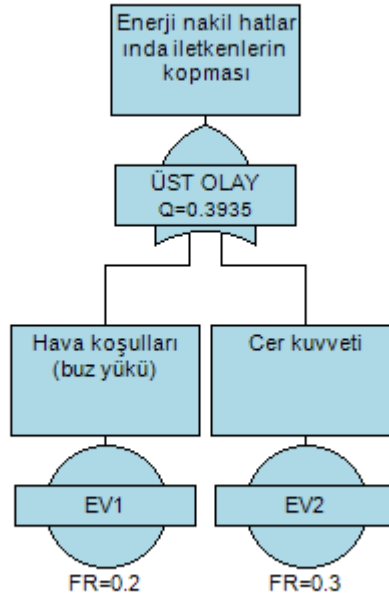
şekil 4.23'te sayaç değişimi sırasında iletkenlerin kısa devre oluşturması hata ağacının üst olayı, veya kapısı ile ifade edilmiş ve buna bağlı iki temel olay tanımlanmıştır. Bu olaylar iletkenlerin izole edilmemesi(EV1) ve sayacın mühürlenmemesidir(EV2). Burada gösterilen hata ağacı diyagramı, şekil 4.24'teki olay ağacının hata ağacı bağlantısıdır. $Q(t)$ değeri 0.50 olarak hesaplanmıştır.

Sayaç değişimi sırasında iletkenlerin kısa devre oluşturması	İletkenlerin izole edilmemesi	Sayacın mühürlenmemesi	Consequence	Frequency
w=0.3476	Q=0.4512	Q=0.09516		0.267
		Success:Q=0.9048	Not set	0.1726
Failure	Success:Q=0.5488	Failure:Q=0.09516	Not set	0.04315
	Failure:Q=0.4512	Failure:Q=0.09516	Not set	0.05125

Şekil 4.24 Sayaç değişimi sırasında iletkenlerin kısa devre oluşturması (olay ağacı analizi)

Şekil 4.24'te sayaç değişimi sırasında iletkenlerin kısa devre oluşturması olay ağacının başlangıç olayı olarak belirlenmiştir. İletkenlerin izole edilmemesi(EV1) ve sayacın mühürlenmemesi (EV2) durumları ise olaylar dizisi ve hafifletici faktörlerdir.

Burada kaynak gazlarının solunması sonucu zehirlenme başlangıç olayının arıza sıklığı w(t) 0.34 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.25 Enerji nakil hatlarında iletkenlerin kopması (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)

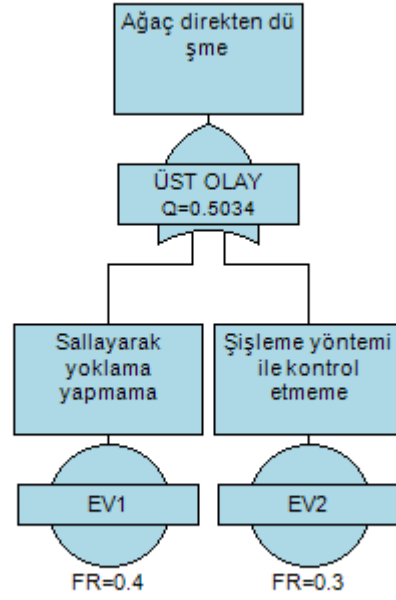
Şekil 4.25'te enerji nakil hatlarında iletkenlerin kopması hata ağacının üst olayı, veya kapağı ile ifade edilmiş ve buna bağlı iki temel olay tanımlanmıştır. Bu olaylar hava koşulları (buz yükü) (EV1) ve cer kuvvetidir(EV2). Burada gösterilen hata ağacı diyagramı, Şekil 4.26'daki olay ağacının hata ağacı bağlantısıdır. $Q(t)$ değeri 0.39 olarak hesaplanmıştır.

Enerji nakil hatlarında iletkenlerin kopması	Hava koşulları (buz yükü)	Cer kuvveti	Consequence	Frequency
w=0.3033	Q=0.1813	Q=0.2592		0.4551
		Success:Q=0.7408	Not set	0.1839
	Success:Q=0.8187	Failure:Q=0.2592	Not set	0.1359
Failure		Success:Q=0.7408	Not set	0.08846
	Failure:Q=0.1813	Failure:Q=0.2592	Not set	0.0468

Şekil 4.26 Enerji nakil hatlarında iletkenlerin kopması (olay ağacı analizi)

Şekil 4.26'da enerji nakil hatlarında iletkenlerin kopması olay ağacının başlangıç olayı olarak ifade edilmiştir. Hava koşulları (buz yükü) (EV1) ve cer kuvveti (EV2) durumları ise olaylar dizisi ve azaltıcı faktörlerdir.

Burada enerji nakil hatlarında iletkenlerin kopması başlangıç olayının arıza sıklığı $w(t)$ 0.30 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.27 Enerji nakil hatlarında ağaç direktten düşme (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)

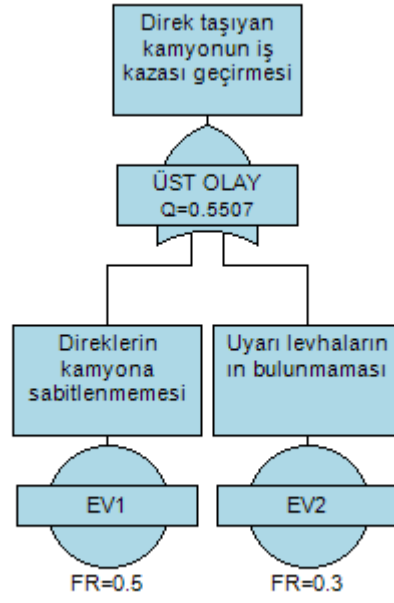
Şekil 4.27’de enerji nakil hatlarında ağaç direktten düşme hata ağacının üst olayı, veya kapısı ile ifade edilmiş ve buna bağlı iki temel olay tanımlanmıştır. Bu olaylar ağaç direği sallayarak yoklama yapmama (EV1) ve şişleme yöntemi ile kontrol edilmemesidir(EV2). Burada gösterilen hata ağacı diyagramı, Şekil 4.28’deki olay ağacının hata ağacı bağlantısıdır. $Q(t)$ değeri 0.50 olarak hesaplanmıştır.

Ağaç direktten düşme	Sallayarak yoklama yapmama	Şişleme yöntemi ile kontrol etmeme	Consequence	Frequency
w=0.3476	Q=0.3297	Q=0.2592		0.4096
		Success:Q=0.7408	Not set	0.1726
Failure	Success:Q=0.6703	Failure:Q=0.2592	Not set	0.1354
	Failure:Q=0.3297	Failure:Q=0.2592	Not set	0.1016

Şekil 4.28 Enerji nakil hatlarında ağaç direktten düşme (olay ağacı analizi)

Şekil 4.28’de enerji nakil hatlarında ağaç direktten düşme olay ağacının başlangıç olayı olarak ifade edilmiştir. Ağaç direği sallayarak yoklama yapmama (EV1) ve şişleme yöntemi ile kontrol edilmemesi (EV2) durumları ise olaylar dizisi ve hafifletici faktörlerdir.

Burada enerji nakil hatlarında ağaç direktten düşme başlangıç olayının arıza sıklığı $w(t)$ 0.34 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.29 Direk taşıyan kamyonun iş kazası geçirmesi (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)

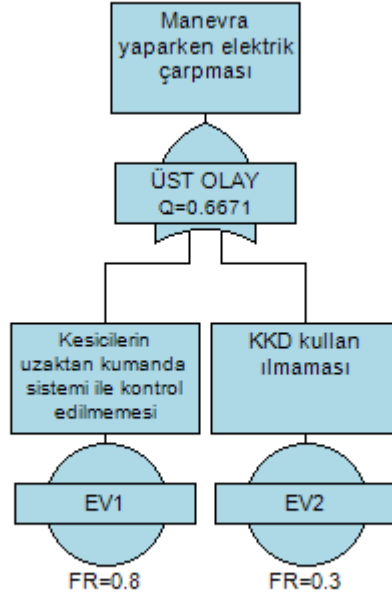
Şekil 4.29'da direk taşıyan kamyonun iş kazası geçirmesi hata ağacının üst olayı, veya kapısı ile ifade edilmiş ve buna bağlı iki temel olay tanımlanmıştır. Bu olaylar direklerin kamyonu sabitlememesi (EV1) ve uyarı levhalarının bulunmamasıdır(EV2). Burada gösterilen hata ağacı diyagramı, Şekil 4.30'daki olay ağacının hata ağacı bağlantısıdır. Q(t) değeri 0.55 olarak hesaplanmıştır.

Direk taşıyan kamyonun iş kazası geçirmesi	Direklerin kamyona sabitlenmemesi	Uyarı levhalarının bulunmaması	Consequence	Frequency
w=0.3595	Q=0.3935	Q=0.2592		0.6488
		Success:Q=0.7408	Not set	0.1615
	Success:Q=0.6065	Failure:Q=0.2592	Not set	0.1307
Failure		Success:Q=0.7408	Not set	0.2285
	Failure:Q=0.3935	Failure:Q=0.2592	Not set	0.1281

Şekil 4.30 Direk taşıyan kamyonun iş kazası geçirmesi (olay ağacı analizi)

Şekil 4.30’da direk taşıyan kamyonun iş kazası geçirmesi olay ağacının başlangıç olayı olarak ifade edilmiştir. Direklerin kamyona sabitlenmemesi (EV1) ve uyarı levhalarının bulunmaması (EV2) durumları ise olaylar dizisi ve azaltıcı faktörlerdir.

Burada direk taşıyan kamyonun iş kazası geçirmesi başlangıç olayının arıza sıklığı $w(t)$ 0.35 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.31 Manevra çalışmaları sırasında elektrik çarpması (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)

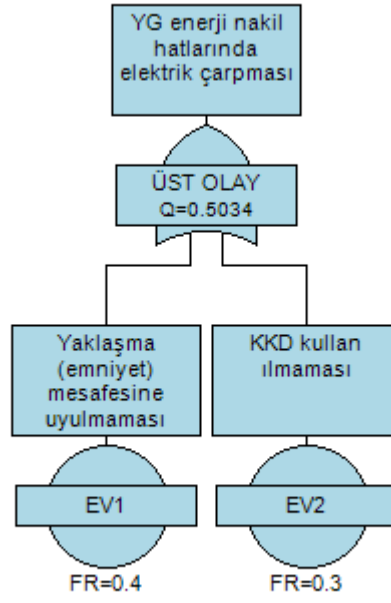
Şekil 4.31’de manevra çalışmaları sırasında elektrik çarpması hata ağacının üst olayı, veya kapısı ile ifade edilmiş ve buna bağlı iki temel olay tanımlanmıştır. Bu olaylar kesicilerin uzaktan kumanda sistemi ile kontrol edilmemesi (EV1) ve KKD kullanılmamasıdır(EV2). Burada gösterilen hata ağacı diyagramı, Şekil 4.32’deki olay ağacının hata ağacı bağlantısıdır. $Q(t)$ değeri 0.66 olarak hesaplanmıştır.

Manevra yaparken elektrik çarpması	Kesicilerin uzaktan kumanda sistemi ile kontrol edilmemesi	KKD kullanılmaması	Consequence	Frequency
w=0.3662	Q=0.2592	Q=0.2592		0.5144
		Success:Q=0.7408	Not set	0.2713
Failure	Success:Q=0.7408	Failure:Q=0.2592	Not set	0
	Failure:Q=0.2592	Failure:Q=0.2592	Not set	0.2432

Şekil 4.32 Manevra çalışmaları sırasında elektrik çarpması (olay ağacı analizi)

Şekil 4.32’de manevra çalışmaları sırasında elektrik çarpması olay ağacının başlangıç olayı olarak ifade edilmiştir. Kesicilerin uzaktan kumanda sistemi ile kontrol edilmemesi (EV1) ve KKD kullanılmaması (EV2) durumları ise olaylar dizisi ve azaltıcı faktörlerdir.

Burada manevra çalışmaları sırasında elektrik çarpması başlangıç olayının arıza sıklığı $w(t)$ 0.36 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.33 Yüksek gerilim enerji nakil hatlarında elektrik çarpması (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)

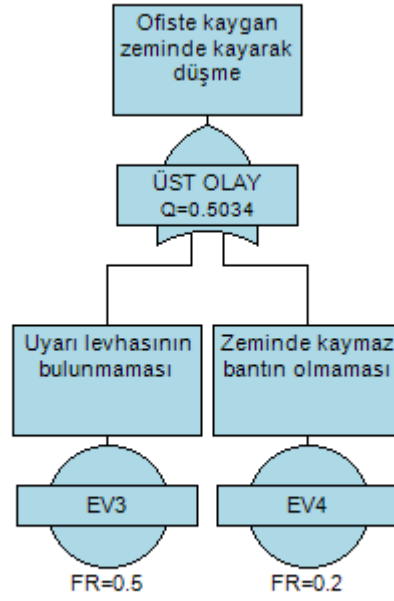
Şekil 4.33'te yüksek gerilim enerji nakil hatlarında elektrik çarpması hata ağacının üst olayı, veya kapısı ile ifade edilmiş ve buna bağlı iki temel olay tanımlanmıştır. Bunlar yaklaşma (emniyet) mesafesine uyulmaması (EV1) ve KKD kullanılmamasıdır(EV2). Burada gösterilen hata ağacı diyagramı, Şekil 4.34'deki olay ağacının hata ağacı bağlantısıdır. $Q(t)$ değeri 0.50 olarak hesaplanmıştır.

YG enerji nakil hatlarında elektrik çarpması	Yaklaşma (emniyet) mesafesine uyulmaması	KKD kullanılmaması	Consequence	Frequency
w=0.3476	Q=0.3297	Q=0.2592		0.4096
		Success:Q=0.7408	Not set	0.1726
Failure	Success:Q=0.6703	Failure:Q=0.2592	Not set	0.1354
	Failure:Q=0.3297	Failure:Q=0.2592	Not set	0.1016

Şekil 4.34 Yüksek gerilim enerji nakil hatlarında elektrik çarpması (olay ağacı analizi)

Şekil 4.34'de yüksek gerilim enerji nakil hatlarında elektrik çarpması olay ağacının başlangıç olayı olarak ifade edilmiştir. Yaklaşma (emniyet) mesafesine uyulmaması (EV1) ve KKD kullanılmaması (EV2) durumları ise olaylar dizisi ve hafifletici faktörlerdir.

Burada yüksek gerilim enerji nakil hatlarında elektrik çarpması başlangıç olayının arıza sıklığı $w(t)$ 0.34 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.35 Ofiste kaygan zeminde kayarak düşme (olay ağacı analizi, hata ağacı bağlantısı)

Şekil 4.35'te ofiste kaygan zeminde kayarak düşme hata ağacının üst olayı, veya kapısı ile ifade edilmiş ve buna bağlı iki temel olay tanımlanmıştır. Bunlar uyarı levhasının bulunmaması (EV1) ve zeminde kaymaz bantın bulunmamasıdır(EV2). Burada gösterilen hata ağacı diyagramı, Şekil 4.36'daki olay ağacının hata ağacı bağlantısıdır. $Q(t)$ değeri 0.50 olarak hesaplanmıştır.

Ofiste kaygan zeminde kayarak düşme	Uyarı levhasının bulunmaması	Zeminde kaymaz bantın olmaması	Consequence	Frequency
w=0.3476	Q=0.3935	Q=0.1813		0.3467
		Success:Q=0.8187	Not set	0.1726
Failure	Success:Q=0.6065	Failure:Q=0.1813	Not set	0.08822
	Failure:Q=0.3935	Failure:Q=0.1813	Not set	0.0849

Şekil 4.36 Ofiste kaygan zeminde kayarak düşme (olay ağacı analizi)

Şekil 4.36’da ofiste kaygan zeminde kayarak düşme olay ağacının başlangıç olayı olarak ifade edilmiştir. Uyarı levhasının bulunmaması (EV1) ve zeminde kaymaz bantın bulunmaması (EV2) durumları ise olaylar dizisi ve azaltıcı faktörlerdir.

Burada ofiste kaygan zeminde kayarak düşme başlangıç olayının arıza sıklığı $w(t)$ 0.34 olarak hesaplanmıştır.

4.3 Çalışma Alanında Yapılan Bow Tie Analizi

Çalışma alanında yapılan Bow Tie analizi, Bow Tie XP yazılım programı yardımı ile yapılmış ve Bow Tie diyagramları ve çizelgeleri Ek D’de verilmiştir.

Ek D’de verilmiş olan Bow Tie diyagramlarının sol tarafı hata ağacı analizi yardımı ile sağ tarafı ise olay ağacı analizi yardımı ile oluşturulmuştur. Şemaların orta kısmında verilen unsurlar ise tehlikeli durum ve üst olaydır. 12 farklı senaryo için üst olay gerçekleştiğinde, tepe olayın meydana gelmesine neden olan faktörler (tehditler) ve bunlara karşı alınabilecek önlemler (bariyerler), tepe olay meydana geldikten sonra karşılaşılabilecek sonuçlar ve bu sonuçlara karşı alınabilecek önlemler belirlenmiştir.

Ayrıca alınan önlemlere rağmen üst olay meydana geliyorsa, bunlara karşı da önlemler alınmıştır. Bunlar eskalasyon faktörleridir. Eskalasyon faktörü, alınan önlemin tekrar gözden geçirilmesini ve risk değerlendirmesindeki eksikliklerin tespit edilmesini sağlar. Bu eksikliklerin tespit edilmesinin ardından eskalasyon faktörleri bariyerleri modellenir. Böylece en az hata payı ile risk değerlendirme çalışması yapılmış olur.

Ek D'de oluşturulan çizelgelerde her olay için ayrı ayrı tehlike, üst olay, tehditler, sonuçlar, eskalasyon faktörleri, bariyerler(önlemler) ve eskalasyon faktörleri bariyerleri belirtilmiştir.

Ağaç direkli hatlarda çalışmaların Bow Tie diyagramı Şekil D.1'de, Bow Tie diyagramı tablosu Çizelge D.1'de;

Yüksekte arıza bakım onarım çalışmaları Bow Tie diyagramı Şekil D.2'de, Bow Tie diyagramı tablosu Çizelge D.2'de;

Araç kullanma Bow Tie diyagramı Şekil D.3'de, Bow Tie diyagramı tablosu Çizelge D.3'de;

Kaynak ve atölye çalışmaları Bow Tie diyagramı Şekil D.4'de, Bow Tie diyagramı tablosu Çizelge D.4'de;

Dağıtım merkezinde çalışmalar Bow Tie diyagramı Şekil D.5'de, Bow Tie diyagramı tablosu Çizelge D.5'de;

Kesme açma çalışmaları Bow Tie diyagramı Şekil D.6'de, Bow Tie diyagramı tablosu Çizelge D.6'de;

Enerji nakil hatlarında çalışmalar Bow Tie diyagramı Şekil D.7'de, Bow Tie diyagramı tablosu Çizelge D.7'de;

Enerji nakil hatlarında ağaç direkte çalışma Bow Tie diyagramı Şekil D.8'de, Bow Tie diyagramı tablosu Çizelge D.8'de;

İş makinası ile çalışma Bow Tie diyagramı Şekil D.9'de, Bow Tie diyagramı tablosu Çizelge D.9'de;

Manevra çalışmaları Bow Tie diyagramı Şekil D.10'de, Bow Tie diyagramı tablosu Çizelge D.10'de;

Yüksek gerilimde çalışma Bow Tie diyagramı Şekil D.11’de, Bow Tie diyagramı tablosu Çizelge D.11’de;

Ofis çalışmaları Bow Tie diyagramı Şekil D.12’de, Bow Tie diyagramı tablosu Çizelge D.12’de;
verilmiştir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

SGK'nın 1995-2017 yılları arasındaki Türkiye'de iş kazaları ve meslek hastalıklarına ilişkin verilerine göre, 1995 yılında iş kazası sebebiyle ölüm sayısı 798 iken 2017 yılında bu sayı iki katından daha fazlasına yükselerek 1633'e ulaşmıştır. Bu veriler sadece sigortalı çalışanlar üzerinden elde edilmiştir. Ülkemizde sigortasız çalışanların da çok sayıda olduğu düşünülürse bu sayı daha da artacaktır. (ÇSGB (2012), 2011 ve sonraki yıllar ilgili yılın SGK istatistikleri)

İş sağlığı ve güvenliği alanı rizikosu yüksek iş yerlerinde risk değerlendirme yöntemleri ile birlikte rizikonun yol açabileceği olası tehlikeleri ve kazaları en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Fakat hangi risk değerlendirme yönteminin hangi sektöre uygulanabilir olduğuna dair genel kabuller yoktur. Uygun yöntem veya yöntemlerin seçimi zaman kaybının oluşma ve iş kazalarının ortaya çıkma olasılığını önemli ölçüde azaltacaktır.

SGK'nın çalışma sektörleri bazında iş kazalarına rastlanma oranına ilişkin yayınladığı verilere göre, birinci sırada inşaat ikinci sırada enerji sektörü gelmektedir. Bu da enerji sektöründeki iş güvenliğinin önemini artırmaktadır. İş kazalarının azaltılması, nedenlerinin araştırılması ve ne gibi sonuçlar doğuracağı konusunda her türlü ihtimal düşünülerek gerekli değerlendirmelerin yapılması ve personel bilincinin ve farkındalığının artırılması amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

Çamlıbel Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi'nde yapılan Bow Tie yöntemi, Olay Ağacı Analizi ve Hata Ağacı Analizi ile risk değerlendirmesi sürecinde öncelikle sıklıkla karşılaşılan 12 çalışma kategorisinde iş kazaları (üst olaylar) belirlenerek çeşitli sonuçlar elde edilmiştir. Bu üç yöntemde birbirini destekleyici yöntemler olduğu sonucuna varılmış ve üç yöntem birlikte uygulandığında daha ayrıntılı ve geniş çapta risk değerlendirmesi yapılacağı saptanmıştır. Bu sayede elektrik sektöründe iş kazalarının olma olasılığının da azalacağı öngörülmüştür.

Bow-Tie yöntemi hata ağacı ve olay ağacı analizi yöntemlerine göre daha basit, anlaşılır ve görseli açık olduğundan kullanımı kolay ve etkilidir.

Olay ağacı ve hata ağacı analizleri yöntemlerinde ise nicel analiz açısından risk değerlendirmesinin matematiksel verilerle desteklenmesi ile daha etkin ve net sonuçlar elde edilmiştir.

Tüm bu analizler ışığında, elektrik iş yerlerindeki iş kazaları oranının söz konusu yöntemlerin kullanılarak alınacak önlemlerle azaltılabileceği gözlemlenmiştir.

Hali hazırda bu yöntemlerle gerçekleştirilen çalışmaların az sayıda olması nedeniyle bu çalışmanın belli bir standart oluşturması ve gelecekte yapılacak olan çalışmalara kılavuz olması beklenmektedir.



6. KAYNAKÇA

Ağca, E. (2010). Mermer fabrikalarında iş güvenliği risk analizi . *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), Adana.

Anonim, (2006-12). IEC 61025 : Hata ağacı analizi (FTA). *International Electrotechnical Commission (IEC)*, Switzerland.

Anonim, (2000). TS HD 384.4.482.S1 : Binalarda elektrik tesisatı- Bölüm 4: Güvenlik korunması- Grup 48: Dış etkilere bağlı koruyucu tedbirlerin seçilmesi- Kısım 482: Özel risklerin veya tehlikenin bulunduğu yerlerde yangına karşı korunma. *Türk Standartları Enstitüsü (TSE)*, Türkiye.

Anonim, (2003). TS IEC 60300-3-9 : Güvencibilirlik yönetimi-Bölüm 3: Uygulama kılavuzu-Kısım 9: Teknolojik sistemlerin risk analizi. *Türk Standartları Enstitüsü (TSE)*, Türkiye.

Anonim, (2010). IEC 61508 : Elektrik / Elektronik / Programlanabilir Elektronik Güvenlikle İlgili Sistemlerin İşlevsel Güvenliği. *International Electrotechnical Commission (IEC)*, Switzerland.

Anonim, (2010). TS EN 31010 : Risk Yönetimi – Risk değerlendirme teknikleri (IEC/ISO 31010:2009). *Türk Standartları Enstitüsü (TSE)*, Türkiye.

Anonim, (2011). TS ISO 31000 : Risk yönetimi - Prensipler ve kılavuzlar. *Türk Standartları Enstitüsü (TSE)*, Türkiye.

Anonim, (2011). TS EN 62502:2010 : Güvenirlik için analiz teknikleri - Olay ağacı analizleri (ETA). *Türk Standartları Enstitüsü (TSE)*, Türkiye.

Anonim, (2011). TS EN 61025 : Hata ağacı analizi (FTA). *Türk Standartları Enstitüsü (TSE)*, Türkiye.

Anonim, (2012). TS ISO Guide 73 : Risk yönetimi - Terimler ve tarifler. *Türk Standartları Enstitüsü (TSE)*, Türkiye.

Calay, E. (2015). Risk yönetim prosesinin bir orman ürünleri sanayi işletmesinde uygulanması (kontrplak fabrikası örneği). *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), Bartın.

Çakmak, E. (2014). Atölye tipi üretim yapan sanayi işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği. *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi* (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim Uzmanlığı Tezi), Ankara.

Çakmak, M. (2015). Demir çelik sektöründe bulanık hata türleri ve etkileri analiz (fuzzy FMEA) yöntemi ile risk değerlendirme uygulaması. *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 18s, Karabük.

ÇSGB, (2012). 1995-2010 yılları ve 2011 ve sonraki yıllar ilgili yılın SGK istatistikleri

Demir, C. (2013). Türkiye’de enerji sektöründe OHSAS 18001 yönetim sistemlerinin uygulanması ve kapalı çevrim doğalgaz santrallerinin risk değerlendirmesi. *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ.

Dirik, C. (2015). Statik elektrik kaynaklı toz patlamalarının FMEA risk analizi yöntemi ile incelenmesi ve deneysel analizi. *Gediz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), İzmir.

Flayeh, A. (2009). İş güvenliği tehlike risk analizleri ve bir işletmede uygulama. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), Konya.

Güven, M. (2017). Ülkemizdeki bazı ölümlü tersane kazalarının Bow-Tie risk analizi metodolojisi ile değerlendirilmesi. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli

Hopper E.G., Buck C. (2003) “Ch4.4 Electricity” Ridley, J. and Channing, J. Safety at Work, Sixth ed.; pp.1064

Kaya, Ö. (2010). Türk inşaat sektöründe risk analizi ve yönetiminin araştırılması. *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.

Kılıçoğlu, M. (2010). Talaşlı imalat yapan bir işletmede risklerin analizi ve değerlendirmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Üretim Mühendisliği Makine Eğitimi Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), Ankara.

Özkılıç, Ö. (2005). İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri, *TİSK Yayınları*, 67s, Ankara.

Özkılıç, Ö. (2014). Risk Değerlendirmesi (Atex Direktifleri-Patlayıcı Ortamlar-Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması-Kantitatif Risk Değerlendirme), *TİSK Yayınları*, 321s, Ankara.

Ridley, J. and Channing, J. (2003), Safety at Work, Sixth ed.; pp.1064

Semerci, O. (2012). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Değerlendirmesi: Metal Sektöründe Bir Uygulama. *Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yönetim Bilimi ve Organizasyon Bilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 118s, İzmir.

Yanturalı, A. (2015). İş sağlığı ve güvenliğinde risk değerlendirme ve bir uygulama çalışması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), Balıkesir.

Url-1 <<https://www.mevzuat.gov.tr>>6331 Kanun Numaralı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Haziran 2012.

Url-2 <www.emo.org.tr/ekler/b10c3882f51a9f9_ek.pdf > Elektrik Tesislerinde Risk Değerlendirme, Pekeroğlu, Mehmet Ferit

EKLER

EK A: HATA AĞACI ANALİZİ TERİMLER VE TANIMLAR

EK B: OLAY AĞACI ANALİZİ TERİMLER VE TANIMLAR

EK C: HATA AĞACI ANALİZİNDE KULLANILAN MANTIK KAPISI VE OLAY SEMBOLLERİ

EK D: BOW TIE DİYAGRAMLARI VE ÇİZELGELERİ

EK E: ÇAMLIBEL ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ İZİN YAZISI



EK A

HATA AĞACI ANALİZİ TERİMLER VE TANIMLAR

A.1.Sonuç

Bir sonuç bir olay veya durum olabilir. (eylem veya başka bir girdinin sonucu; bir nedenin sonucu) Bir hata ağacında, bir kapı tarafından temsil edilen karşılık gelen giriş olaylarının bir kombinasyonundan bir sonuç, bir ara etkinlik veya bir üst olay olabilir.

Bir hata ağacında, bir sonuç ayrıca bir ara etkinliğin bir girişi olabilir veya en üst olay olabilir.

A.2.Üst olay

Tüm giriş olaylarının kombinasyonlarının sonucudur. Bir hata ağacının geliştirildiği ilgi konusu olaydır. Üst olay genellikle final olayı olarak veya en üstteki sonuç olarak adlandırılır.

Ön tanımlıdır ve bir hata ağacının başlangıç noktasıdır. Olayların hiyerarşisinde en üst konuma sahiptir.

A.3.Son olay

Tüm girdilerin, ara ve temel olayların kombinasyonlarının nihai sonucudur. Bu, giriş olaylarının veya durumların bir sonucudur.

A.4.En iyi sonuç

Girdi, ara ve temel olayların tüm kombinasyonlarının nihai sonucu; giriş olaylarının veya durumların bir sonucudur.

A.5. Kapı

Çıkış olayı ve karşılık gelen girişler arasında sembolik bağlantı kurmak için kullanılan semboldür. Belirli bir kapı sembolü, meydana gelmesi gereken çıkış olayının giriş olayları arasında gerekli olan ilişki türünü yansıtır.

A.6.Kesim Yöntemi

Her şey ortaya çıkarsa, olayın meydana gelmesine neden olacak olaylar grubudur.

A.7. Minimal kesim seti

En iyi olaya neden olmak için en az veya en az olay kümesi oluşması gerekir. Setteki olaylardan herhangi birinin meydana gelmemesi, olayın ortaya çıkmasını engelleyecektir.

A.8.Olay

Bir durumun ya da eylemin meydana gelmesidir.

A.9.Temel olay

Daha fazla geliştirilemeyen olay veya durumdur.

A.10.Birincil olay

Hata ağacının altındaki olaydır.

Birincil olay, daha fazla geliştirilmeye ihtiyaç duyulmayan basit bir olay anlamına gelebilir veya bir olay ve kapı grubu ürününün başka yerlerde geliştirilebileceği veya hiç geliştirilemeyeceği bir olay olabilir.

A.11.Anlık olay

Ne bir üst olay ne de birincil olay olan olaydır. Genellikle bir veya daha fazla birincil ve / veya diğer ara olayların bir sonucudur.

A.12.Gelişmemiş olay

Herhangi bir giriş olayı olmayan olaydır. Analizde, daha detaylı bilgi eksikliği gibi çeşitli olası nedenler için geliştirilmemiş veya başka bir analizde geliştirilmiş ve mevcut analizde gelişmemiş olarak açıklanmıştır.

A.13.Tek nokta hatası (olay)

Başarısızlık olayı, eğer meydana gelirse, genel sistem hatasına neden olur ya da diğer olaylardan ya da bunların kombinasyonlarından bağımsız olarak, en olumsuz duruma neden olur.

A.14.Ortak nedenli olaylar

Bir sistemde veya olayları için aynı nedeni taşıyan bir hata ağacındaki farklı olaylardır.

Not: Böyle bir olayın bir örneği, baskılı devre kartının bükülmesinden dolayı seramik kondansatörlerin kısa devre yaptırması olacaktır; bu nedenle, bunlar tasarımlarında farklı işlevlere sahip olan farklı kapasitörler olsa bile, bunların kısa devre olması aynı nedenden kaynaklanır.

A.15. Yaygın neden

Birden fazla olayın meydana gelme sebebidir.

Yukarıdaki örnekte, ürün üretimi sırasında çevresel şok, titreşim veya manuel baskı devre kartı kopması gibi birden fazla olaydan kaynaklanan bir ara olay olabilmek için pano esnemesi olacaktır.

A.16.Çoğaltılmış veya tekrarlanan etkinlik

Birden fazla üst düzey olay için bir girdi olan olaydır. Bu olay, bir tasarımın birden fazla bölümü tarafından paylaşılan bir bileşenin ortak bir nedeni veya bir hata modu olabilir.

EK B

OLAY AĞACI ANALİZİ TERİMLER VE TANIMLAR

B.1 Dügüm

Azaltıcı faktör için iki veya daha fazla olası sonuçları gösteren olay ağacının grafiksel gösterimini işaret eder.

B.2 Yaygın Neden

Birden fazla olayın meydana gelme sebebidir.

B.3 Olay

Bir durumun ya da eylemin meydana gelmesidir.

B.4 Etkinlik Başlangıcı

Etkinlik ağacının başlangıç noktası ve farklı olası sonuçlara yol açabilecek olayların sırası olan olaydır.

B.5 Hafifletici etken

Başlatıcı olayın sonuçlarını hafifleten sistem, işlev veya diğer koşullu faktördür.

B.6 Sonuç

İlgili etki azaltma faktörlerinin tüm reaksiyonları sonrasında olaylar dizisinin olası sonucu göz önüne alınmıştır ve olay ağacının daha fazla geliştirilmesi gerekli değildir.

B.7 Sıra

Başlangıç olayından, sonraki olaylar aracılığıyla, belirli bir sonuca yol açan olaylar zinciridir.

B.8 Üst Olay


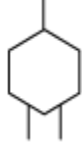
Hata ağacı analizinin başlangıç noktası olan önceden tanımlanmış istenmeyen olaydır. Hata ağacındaki olayların hiyerarşisinde en üst konuma sahiptir. Tüm giriş olaylarının kombinasyonlarının sonucudur.

EK C


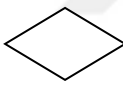
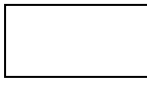
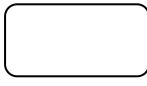
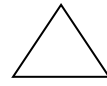
HATA AĞACI ANALİZİNDE KULLANILAN MANTIK KAPISI VE OLAY SEMBOLLERİ

Çizelge C.1 Hata ağacı analizinde kullanılan mantık kapısı sembolleri ve görevleri

Sembol	Sembol Adı	İşlevi
	Ve kapısı	C çıktı olayı eğer bütün girdi olayları (A ve B) aynı anda oluşuyorsa oluşur.
	Veya kapısı	C çıktı olayı eğer herhangi bir girdi olayı oluşursa meydana gelir.
	Çoğunluk oy kapısı	Çıkış olayı, toplam n girdiden m veya daha fazla giriş meydana gelirse gerçekleşir.
	Değil kapısı	Çıkış olayı yalnızca giriş olayı gerçekleşmezse gerçekleşir.
	Özel veya kapısı	Çıkış olayı ancak diğer girdilerin oluşmaması durumunda ortaya çıkar.
	Değil veya kapısı	Girdi olaylarından hiçbiri gerçekleşmezse, çıktı gerçekleşir.

	Değil veya kapısı	Çıkış, giriş olaylarından en az biri gerçekleşmezse gerçekleşir.
	Engel kapısı	Çıkış, yalnızca giriş olaylarının her ikisi de koşullu olduğunda gerçekleşir.

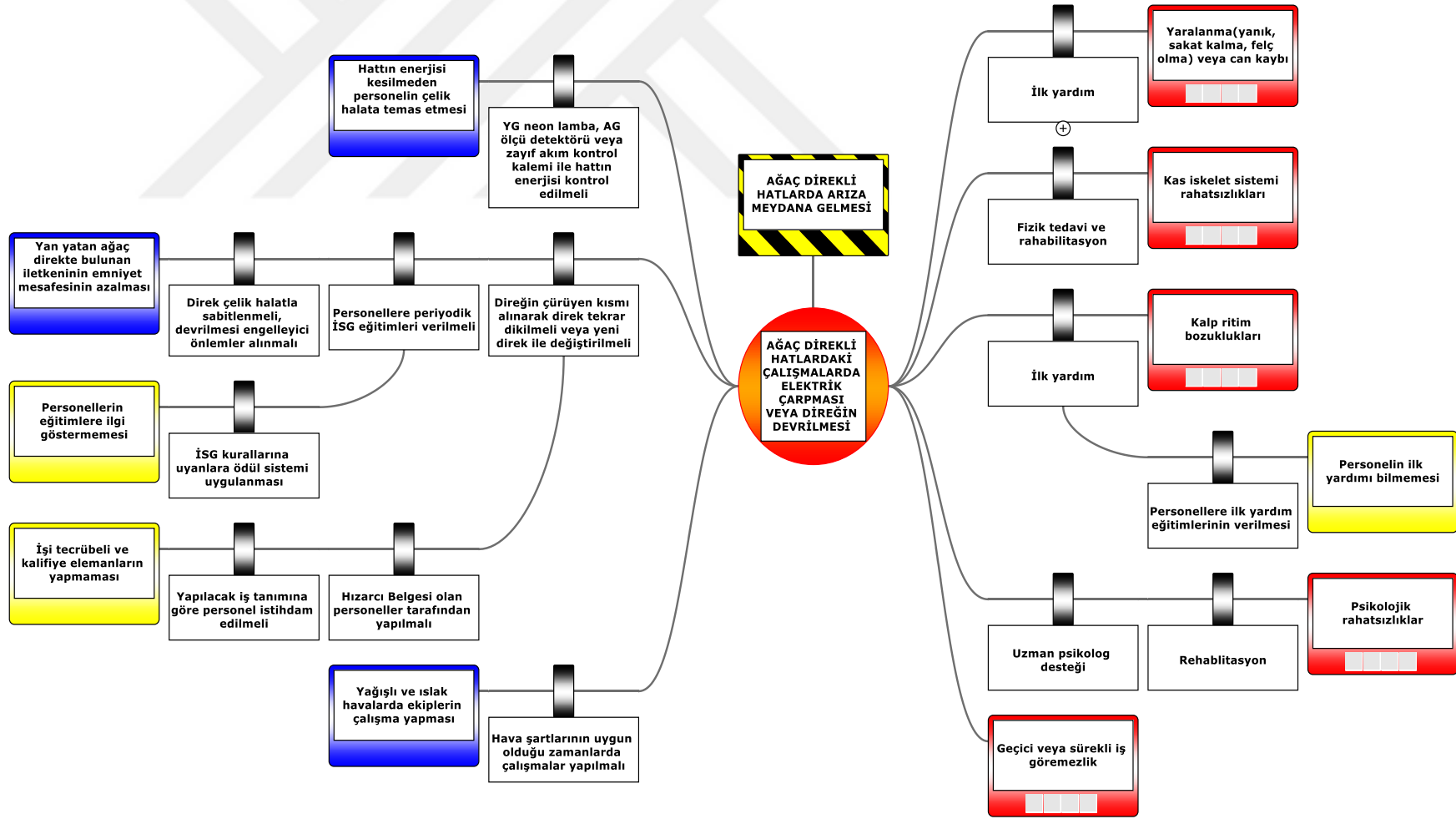
Çizelge C.2 Hata ağacı analizinde kullanılan olay sembolleri ve görevleri

Sembol	Sembol Adı	İşlevi
	Temel olay	Temel olay veya hata.
	Gelişmemiş olay	Gelişmemiş durum.
	Olay	Daha temel olaylardan oluşan olay
	Durumsal olay	Normal şekilde oluşabilecek olay
	Transfer sembolü	Ağacın başka bir yerde daha ileri bir noktaya geliştiğini gösterir.



EK D

BOW-TIE DİYAGRAMLARI VE ÇİZELGELERİ



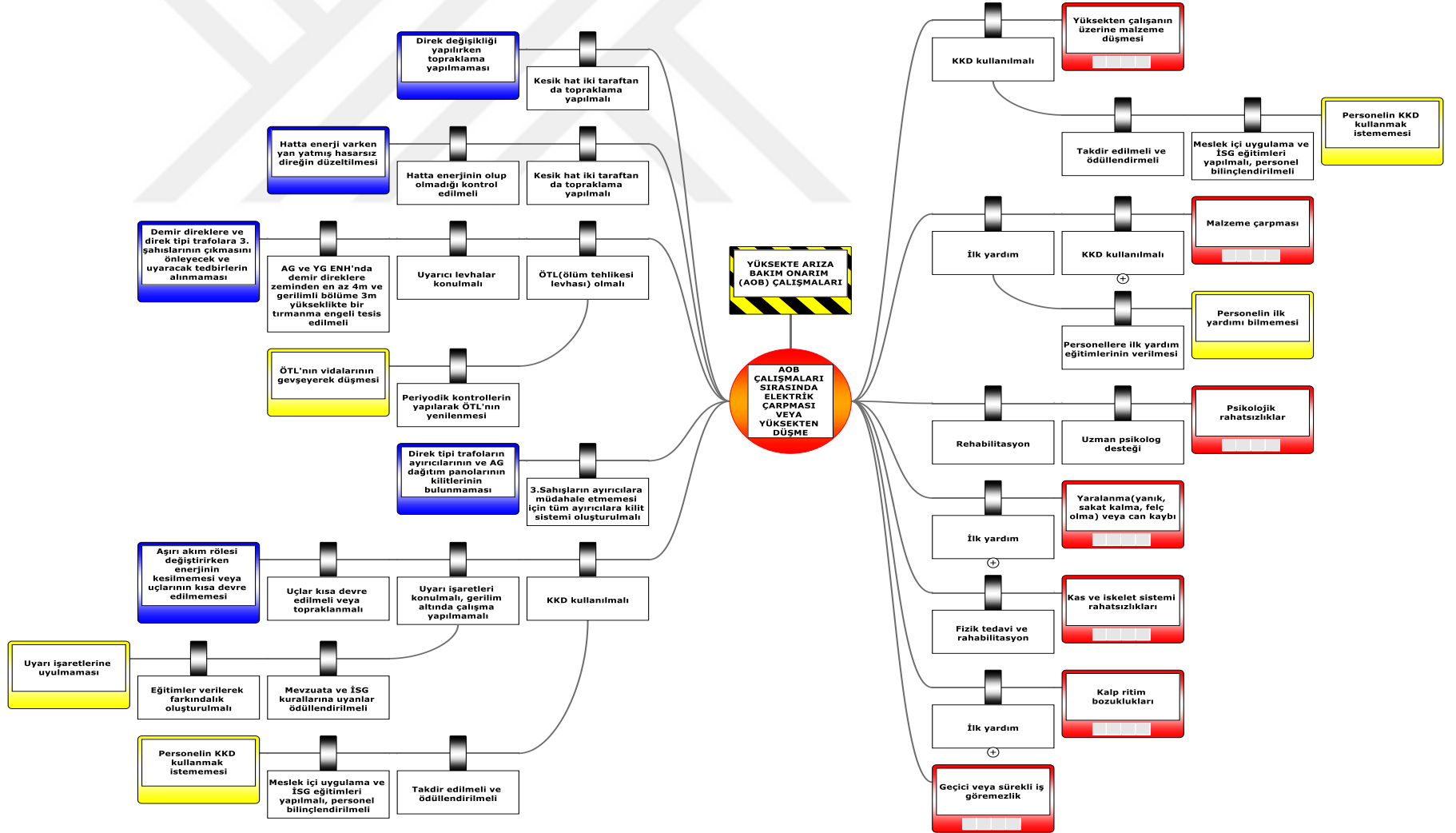
Şekil D.1 Ağaç direkli hatlarda çalışmalar

Çizelge D.1 Ağaç direkli hatlarda çalışmalar

DİYAGRAM ÖGESİ	AÇIKLAMASI
Tehlike	Ağaç direkli hatlarda arıza meydana gelmesi
Üst olay(Tepe olay)	Ağaç direkli hatlardaki çalışmalarda elektrik çarpması
Tehditler	-Hattın enerjisi kesilmeden personelin çelik halata temas etmesi -Yan yatan ağaç direkte bulunan iletkenin emniyet mesafesinin azalması -Yağışlı havalarda ekiplerin çalışma yapması
Sonuçlar	-Yaralanma veya can kaybı -Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları -Kalp ritim bozuklukları -Psikolojik rahatsızlıklar -Geçici veya sürekli iş göremezlik
Eskalasyon Faktörleri	-Personellerin eğitime ilgi göstermemesi/önemsememesi -İşi tecrübeli ve kalifiye elemanların yapmaması -Personelin ilk yardımı bilmemesi
Bariyerler(Önlemler)	-YG neon lamba, AG ölçü dedektörü veya zayıf akım kontrol kalemi ile hattın enerjisi kontrol edilmeli -Direk çelik halatla sabitlenmeli, devrilmesini engelleyici önlemler alınmalı -Personellere periyodik İSG eğitimleri verilmeli -Direğin çürüyen kısmı alınarak direk tekrar dikilmeli veya yeni direk ile değiştirilmeli -Hava şartlarının uygun olduğu zamanlarda çalışmalar yapılmalı -İlk yardım -Fizik tedavi ve rehabilitasyon -Uzman psikolog desteği -Rehabilitasyon
Eskalasyon Faktörü	-İSG kurallarına uyanlara ödül sistemi uygulanması

Bariyerleri	<ul style="list-style-type: none">-Yapılacak iş tanımına göre personel istihdam edilmeli-Hızarıcı belgesi olan personeller tarafından yapılmalı-Personellere ilk yardım eğitimlerinin verilmesi
--------------------	---



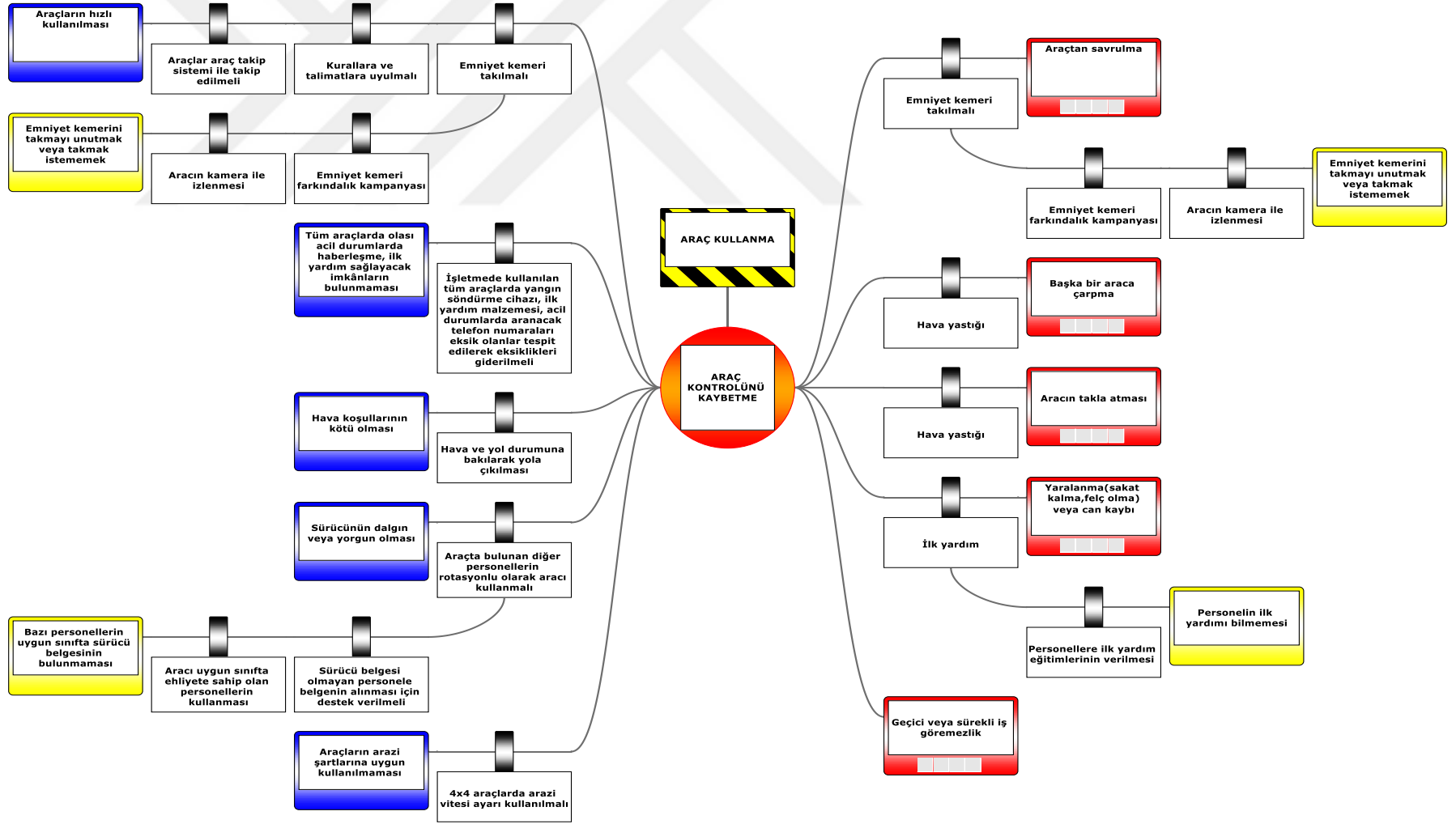


Şekil D.2 Arıza bakım onarım çalışmaları

Çizelge D.2 Arıza bakım onarım çalışmaları

DİYAGRAM ÖGESİ	AÇIKLAMASI
Tehlike	Yüksekte arıza bakım onarım (AOB) çalışmaları
Üst olay(Tepe olay)	Yüksekte AOB çalışmaları sırasında elektrik çarpması veya yüksekte düşme
Tehditler	<ul style="list-style-type: none">-Direk değişikliği yapılırken topraklama yapılmaması-Hatta enerji varken yan yatmış hasarsız direğin düzeltilmesi-Demir direklere ve direk tipi trafolarla 3. Şahısların çıkmasını önleyecek ve uyaracak tedbirlerin alınmaması-Direk tipi trafoların ayırıcılarının ve AG dağıtım panolarının kilitlerinin bulunmaması-Aşırı akım rölesi değiştirirken enerjinin kesilmemesi veya uçlarının kısa devre edilmemesi
Sonuçlar	<ul style="list-style-type: none">-Çalışanın üzerine yüksekte malzeme düşmesi-Yaralanma veya can kaybı-Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları-Kalp ritim bozuklukları-Psikolojik rahatsızlıklar-Geçici veya sürekli iş göremezlik-Malzeme çarpması
Eskalasyon Faktörleri	<ul style="list-style-type: none">-ÖTL'nin vidalarının gevşeyerek düşmesi-Uyarı işaretlerine uyulmaması-Personelin KKD kullanmak istememesi-Personelin ilk yardımını bilmemesi
Bariyerler(Önlemler)	<ul style="list-style-type: none">-Kesik hat her iki taraftan da topraklama yapılmalı-Hatta enerji olup olmadığı kontrol edilmeli-AG ve YG şebekelerinde demir direklere zeminden en az 4m ve gerilimli bölüme en az 3m yükseklikte bir tırmanma engeli tesis edilmeli

	<ul style="list-style-type: none">-Uyarıcı levhalar konulmalı-ÖTL(Ölüm Tehlikesi Levhası) olmalı-3.şahısların ayırıcılara müdahale etmemesi için tüm ayırıcılara kilit sistemi uygulanmalı-Uçlar kısa devre edilmeli veya topraklanmalı-Uyarı işaretleri konulmalı, gerilim altında çalışma yapılmamalı-KKD kullanılmalı-İlk yardım-Fizik tedavi ve rehabilitasyon-Uzman psikolog desteği-Rehabilitasyon
Eskalasyon Faktörü Bariyerleri	<ul style="list-style-type: none">-Periyodik kontrollerin yapılarak ÖTL'nin yenilenmesi-Eğitimler verilerek farkındalık oluşturulmalı-İSG kurallarına uyanlara ödül sistemi uygulanması-Personellere ilk yardım eğitimlerinin verilmesi-Takdir edilmeli ve ödüllendirilmeli-Meslek içi uygulama ve İSG eğitimleri yapılmalı, personel bilinçlendirilmeli

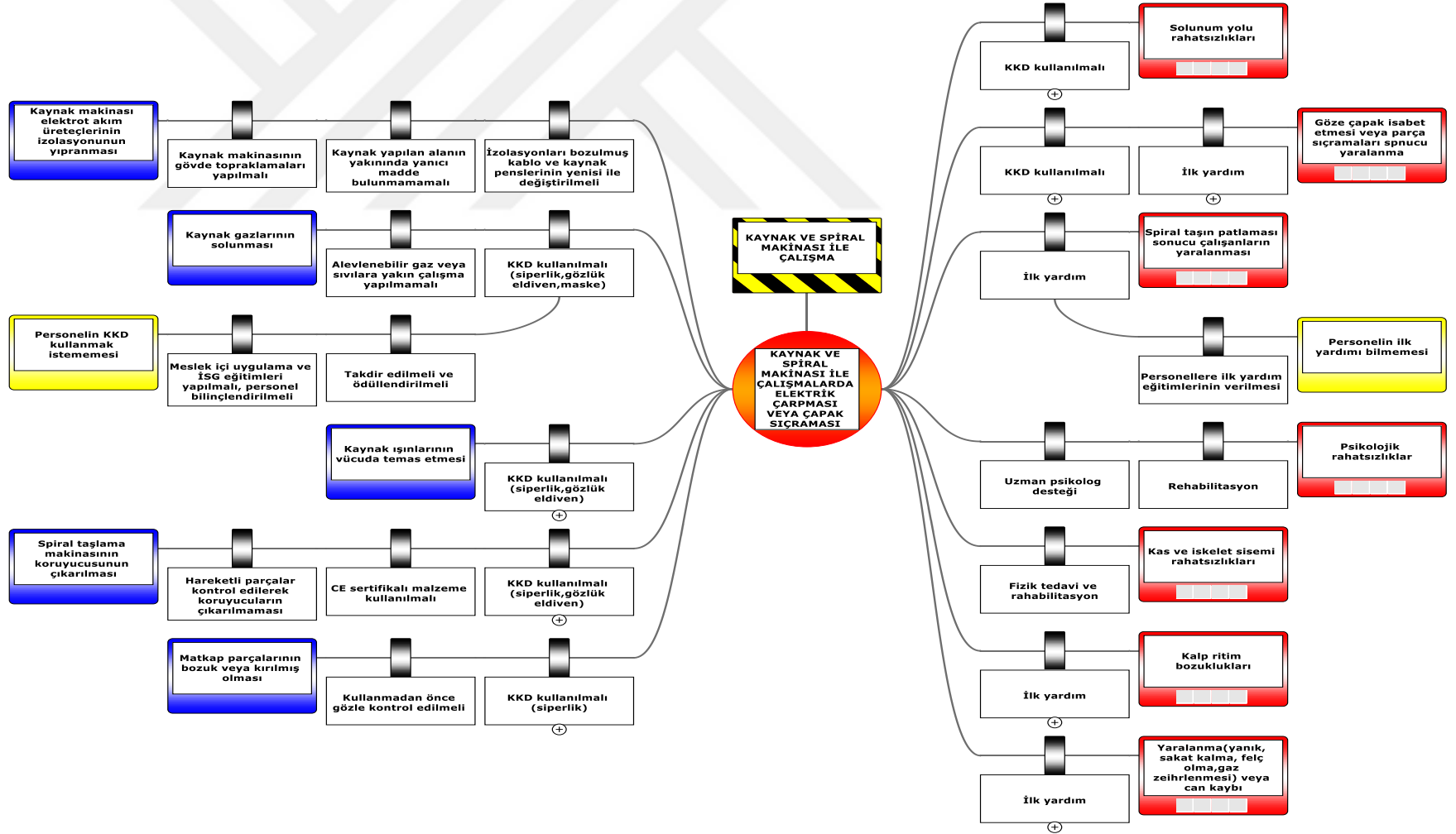


Şekil D.3 Araç kullanma

Çizelge D.3 Araç kullanma

DİYAGRAM ÖGESİ	AÇIKLAMASI
Tehlike	Araç kullanma
Üst olay(Tepe olay)	Araç kontrolünü kaybetme
Tehditler	<ul style="list-style-type: none">-Araçların hızlı kullanılması-Tüm araçlarda olası acil durumlarda haberleşme veya ilk yardım sağlayacak imkanların bulunmaması-Hava koşullarının köyü olması-Sürücünün dalgın veya yorgun olması-Araçların arazi şartlarına uygun kullanılmaması
Sonuçlar	<ul style="list-style-type: none">-Araçtan savrulma-Başka bir araca çarpma-Aracın takla atması-Yaralanma veya can kaybı-Geçici veya sürekli iş göremezlik
Eskalasyon Faktörleri	<ul style="list-style-type: none">-Emniyet kemerini unutmak veya takmak istememek-Bazı personellerin uygun sınıfta sürücü belgelerinin bulunmaması-Personelin ilk yardımı bilmemesi
Bariyerler(Önlemler)	<ul style="list-style-type: none">-Araçlar araç takip sistemi ile takip edilmeli-Kurallara ve talimatlara uyulmalı-Emniyet kemeri takılmalı-Uyarıcı levhalar konulmalı-İşletmede kullanılan tüm araçlarda yangın söndürme cihazı, ilk yardım malzemesi, acil durumlarda aranacak teleson numaraları eksik olanlar tespit edilerek eksiklik giderilmeli-Hava ve yol durumuna bakılarak yola çıkılması-Araçta bulunan diğer personeller rotasyonlu olarak aracı kullanmalı

	<ul style="list-style-type: none">-4x4 arazi vitesi ayarı kullanılmalı-İlk yardım-Hava yastığı-Rehabilitasyon
Eskalasyon Faktörü Bariyerleri	<ul style="list-style-type: none">-Emniyet kemeri farkındalık kampanyası-Aracın kamera ile izlenmesi-Personellere ilk yardım eğitimlerinin verilmesi-Aracı uygun sınıfta ehliyete sahip personellerin kullanması-Sürücü belgesi olmayan personele belgenin alınması için destek verilmesi

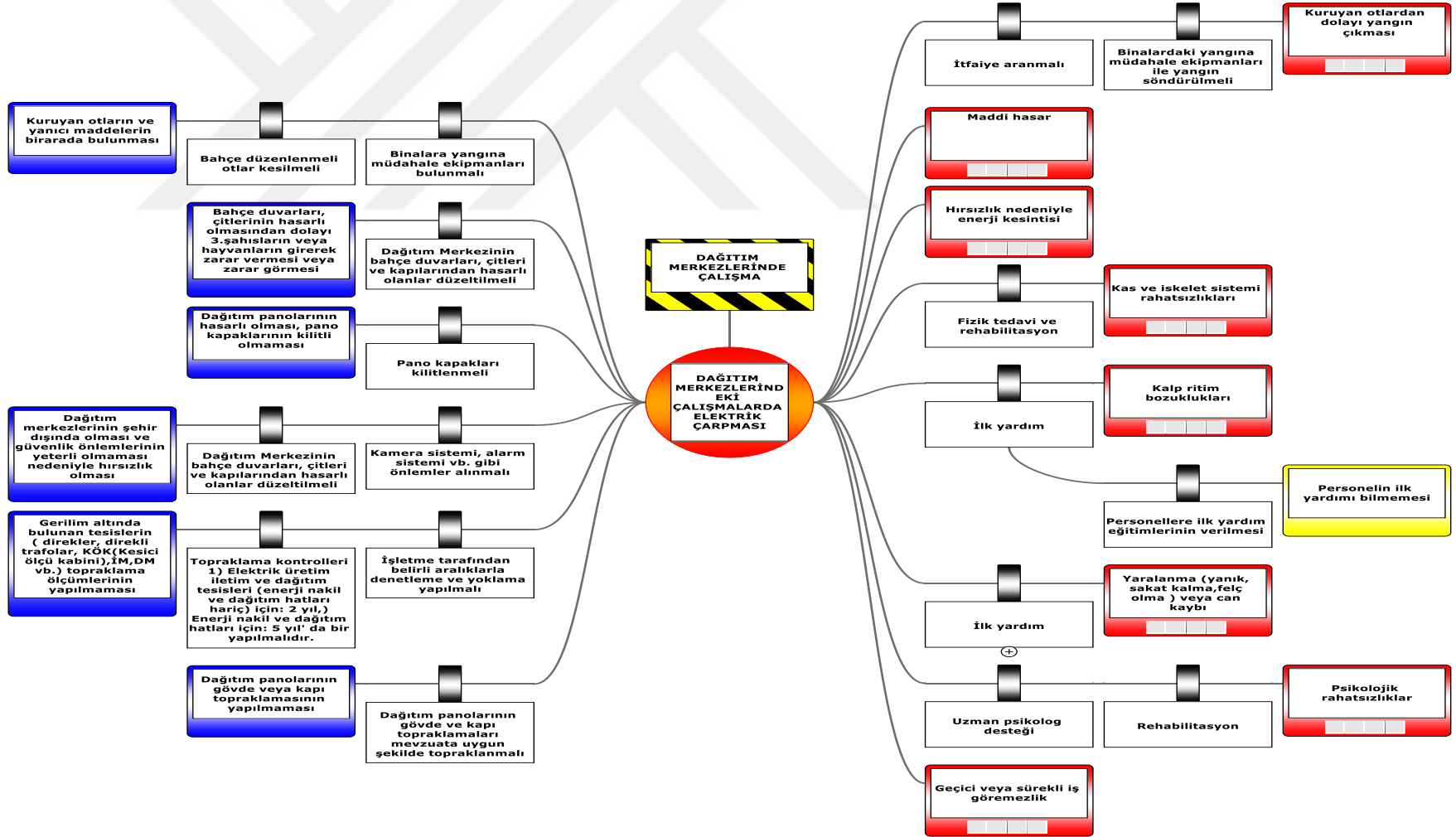


Şekil D.4 Kaynak ve atölye çalışmaları

Çizelge D.4 Kaynak ve atölye çalışmaları

DİYAGRAM ÖGESİ	AÇIKLAMASI
Tehlike	Kaynak ve spiral makinası ile çalışma
Üst olay(Tepe olay)	Kaynak ve spiral makinası ile çalışmalarda elektrik çarpması veya çapak sıçraması
Tehditler	<ul style="list-style-type: none">-Kaynak makinası elektrot akım üreteçlerinin izolasyonunun yıpranması-Kaynak gazlarının solunması-Kaynak ışınlarının vücuda temas etmesi-Spiral taşlama makinasının koruyucusunun çıkarılması-Matkap parçalarının bozuk veya kırılmış olması
Sonuçlar	<ul style="list-style-type: none">-Solunum yolu rahatsızlıkları-Göze çapak isabet etmesi veya parça sıçraması sonucu yaralanma-Spiral taşın patlaması sonucu yaralanma-Yaralanma veya can kaybı-Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları-Kalp ritim bozuklukları-Psikolojik rahatsızlıklar
Eskalasyon Faktörleri	<ul style="list-style-type: none">-Personelin KKD kullanmak istememesi-Personelin ilk yardımını bilmemesi
Bariyerler(Önlemler)	<ul style="list-style-type: none">-Kaynak makinasının gövde topraklamaları yapılmalı-Kaynak yapılan alanın yakınında yanıcı madde bulunmamalı-İzolasyonları bozulmuş kablo ve kaynak pensleri yenisi ile değiştirilmeli-Alevlenebilir gaz veya sıvılara yakın çalışma yapılmamalı-Hareketli parçalar kontrol edilerek koruyucuların çıkarılmaması-CE sertifikalı malzeme kullanılmalı-Kullanmadan önce gözle kontrol edilmeli

	<ul style="list-style-type: none">-KKD kullanılmalı-İlk yardım-Fizik tedavi ve rehabilitasyon-Uzman psikolog desteği-Rehabilitasyon
Eskalasyon Faktörü Bariyerleri	<ul style="list-style-type: none">-Personellere ilk yardım eğitimlerinin verilmesi-Takdir edilmeli ve ödüllendirilmeli-Meslek içi uygulama ve İSG eğitimleri yapılmalı, personel bilinçlendirilmeli

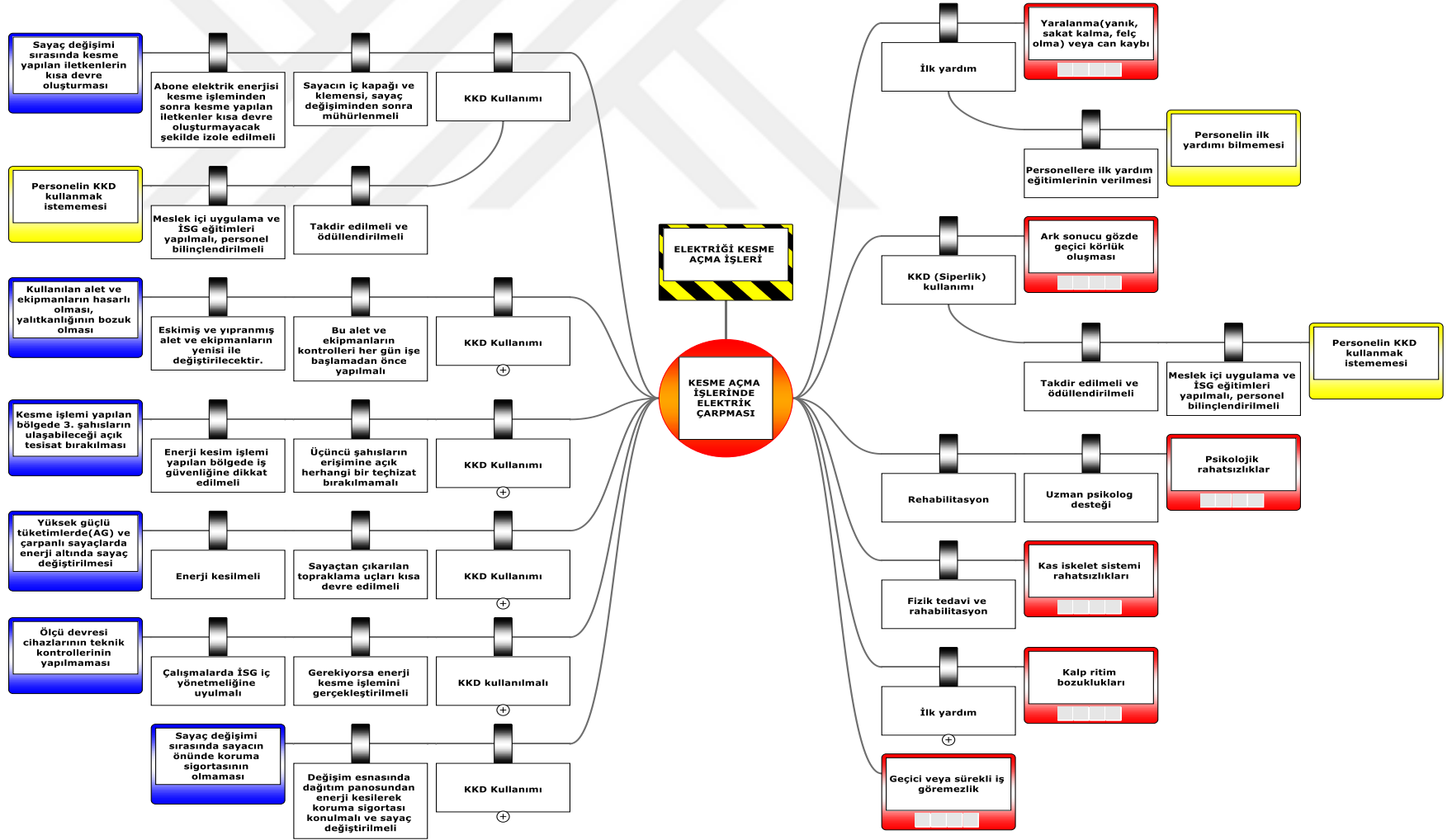


Şekil D.5 Dağıtım merkezinde çalışmalar

Çizelge D.5 Dağıtım merkezinde çalışmalar

DİYAGRAM ÖGESİ	AÇIKLAMASI
Tehlike	Dağıtım merkezlerinde çalışma
Üst olay(Tepe olay)	Dağıtım merkezlerindeki çalışmalarda elektrik çarpması
Tehditler	<ul style="list-style-type: none">-Kuruyan otların ve yanıcı maddelerin bir arada bulunması-Bahçe duvarları ve çitlerinin hasarlı olmasından dolayı 3. Şahısların veya hayvanların girerek zarar vermesi veya zarar görmesi-Dağıtım panolarının hasarlı olması, pano kapaklarının kilitli olmaması-Dağıtım merkezlerinin şehir dışında olması ve güvenlik önlemlerinin yeterli olmaması nedeniyle hırsızlık olması-Gerilim altında bulunan tesislerin topraklama ölçümlerinin yapılmaması-Dağıtım panolarının gövde veya kapı topraklamasının yapılmaması
Sonuçlar	<ul style="list-style-type: none">-Kuruyan otlardan dolayı yangın çıkması-Maddi hasar-Hırsızlık nedeniyle elektrik kesintisi-Yaralanma veya can kaybı-Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları-Kalp ritim bozuklukları-Psikolojik rahatsızlıklar-Geçici veya sürekli iş göremezlik
Eskalasyon Faktörleri	-Personelin ilk yardımı bilmemesi
Bariyerler(Önlemler)	<ul style="list-style-type: none">-Bahçe düzenlenmeli otlar kesilmeli-Binalarda yangına müdahale ekipmanı bulunmalı-Dağıtım merkezlerinin bahçe duvarları, çitleri veya kapılarından hasarlı olanlar düzeltilmeli-Pano kapakları kilitlenmeli

	<ul style="list-style-type: none">-Kamera sistemi, alarm sistemi vb. gibi önlemler alınmalı-Topraklama kontrolleri yapılmalı-İşletme tarafından belirli periyotlarda denetleme ve yoklama yapılmalı-Dağıtım panolarının gövde ve kapı topraklamaları mevzuata uygun şekilde topraklanmalı-İtfaiye aranmalı-Binalardaki yangına müdahale ekipmanları ile yangın söndürülmeli-İlk yardım-Fizik tedavi ve rehabilitasyon-Uzman psikolog desteği-Rehabilitasyon
Eskalasyon Faktörü Bariyerleri	<ul style="list-style-type: none">-Personellere ilk yardım eğitimlerinin verilmesi

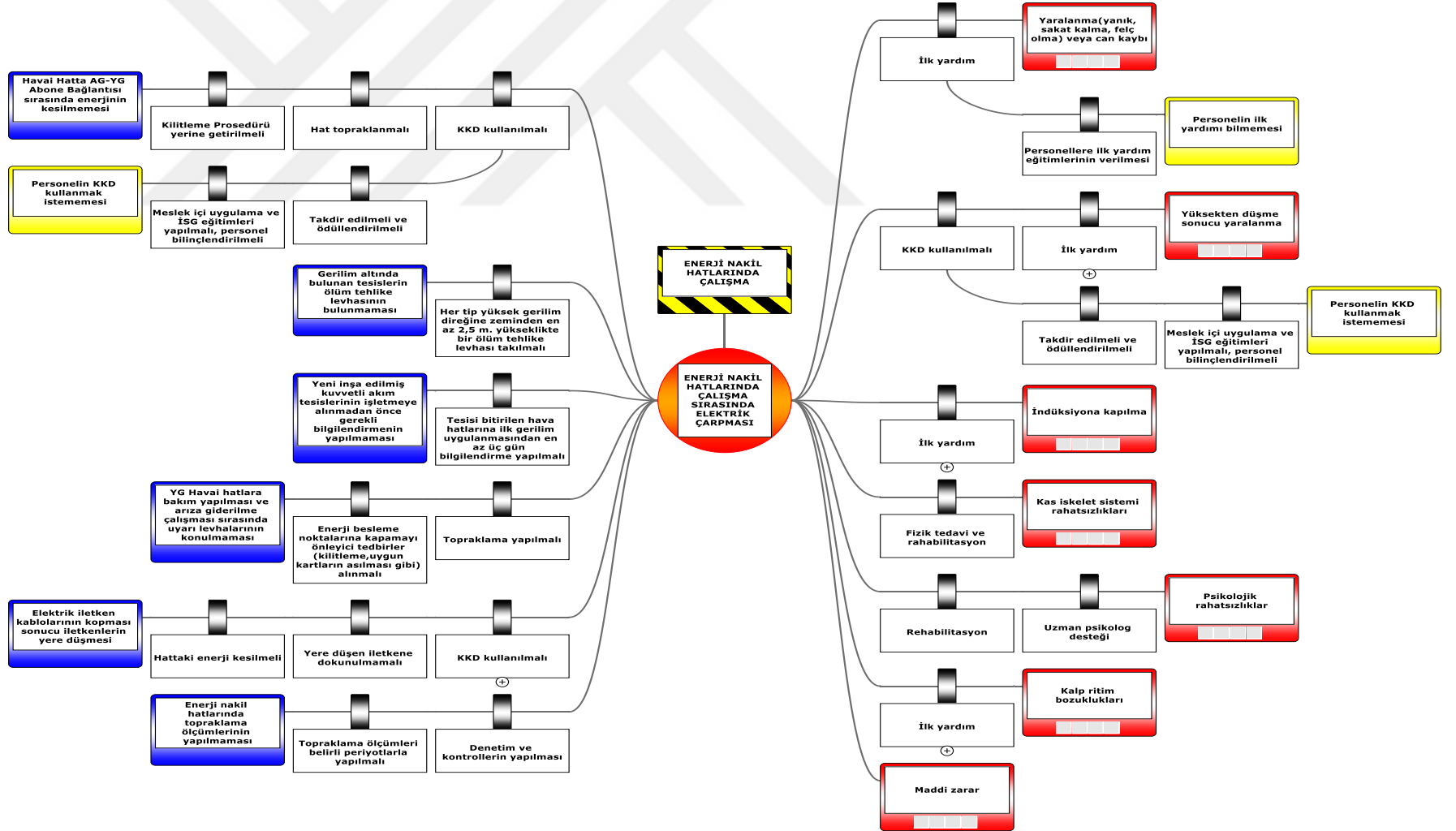


Şekil D.6 Kesme açma çalışmaları

Çizelge D.6 Kesme açma çalışmaları

DİYAGRAM ÖGESİ	AÇIKLAMASI
Tehlike	Elektriği kesme açma çalışmaları
Üst olay(Tepe olay)	Elektriği kesme açma çalışmaları sırasında elektrik çarpması
Tehditler	<ul style="list-style-type: none">-Sayaç değişimi sırasında kesme yapılan iletkenlerin kısa devre oluşturması-Kullanılan alet ve ekipmanların hasarlı olması veya yalıtkanlığının bozuk olması-Kesme işlemi yapılan bölgede 3. Şahısların ulaşabileceği açık tesisat bırakılması-Yüksek güçlü tüketimlerde (AG) ve çarpanlı sayaçlarda enerji altında sayaç değiştirilmesi-Ölçü devresi cihazlarının teknik kontrollerinin yapılmaması-Sayaç değişimi sırasında sayacın önünde koruma sigortasının olmaması
Sonuçlar	<ul style="list-style-type: none">-Ark sonucu gözde geçici körlük oluşması-Yaralanma veya can kaybı-Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları-Kalp ritim bozuklukları-Psikolojik rahatsızlıklar-Geçici veya sürekli iş göremezlik
Eskalasyon Faktörleri	<ul style="list-style-type: none">-Personelin KKD kullanmak istememesi-Personelin ilk yardımını bilmemesi
Bariyerler(Önlemler)	<ul style="list-style-type: none">-Abone elektrik enerjisi kesme işleminden sonra kesme yapılan iletkenler kısa devre oluşturmayacak şekilde izkole edilmeli-Syacın iç kapağı ve klemnsi, sayaç değişiminden sonra mühürlenmeli-Eskimiş ve yıpranmış alet ve ekipmanlar yenisi ile değiştirmeli-Bu alet ve ekipmanların kontrolleri her gün işe başlamadan önce yapılmalı

	<ul style="list-style-type: none">-Enerji kesim işlemi yapılan bölgede iş güvenliğine dikkat edilmeli-Üçüncü şahısların erişimine açık herhangi bir teçhizat bırakılmamalı-Enerji kesilmeli-Sayaçtan çıkarılan topraklama uçları kısa devre edilmeli-Çalışmalarda İSG iç yönetmeliğine uyulmalı-Gerekiyorsa enerji kesme işlemi gerçekleştirilmeli-Değişim esnasında dağıtım panosundan enerji kesilerek koruma sigortası konulmalı ve sayaç değiştirilmeli-KKD kullanılmalı-İlk yardım-Fizik tedavi ve rehabilitasyon-Uzman psikolog desteği-Rehabilitasyon
Eskalasyon Faktörü Bariyerleri	<ul style="list-style-type: none">-Personellere ilk yardım eğitimlerinin verilmesi-Takdir edilmeli ve ödüllendirilmeli-Meslek içi uygulama ve İSG eğitimleri yapılmalı, personel bilinçlendirilmeli

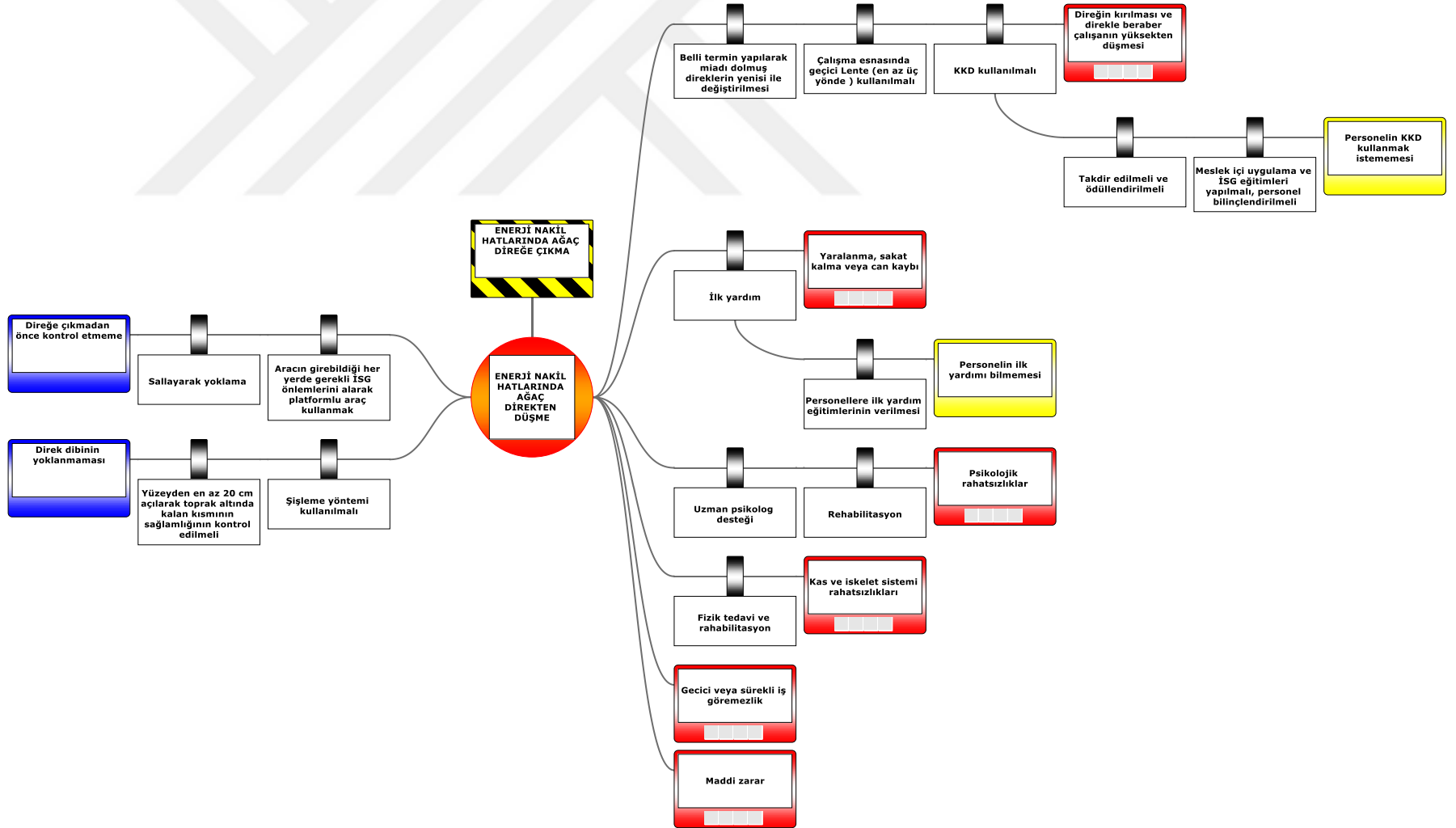


Şekil D.7 Enerji nakil hatlarında çalışmalar

Çizelge D.7 Enerji nakil hatlarında çalışmalar

DİYAGRAM ÖGESİ	AÇIKLAMASI
Tehlike	Enerji nakil hatlarında çalışmalar
Üst olay(Tepe olay)	Enerji nakil hatlarında çalışma sırasında elektrik çarpması
Tehditler	<ul style="list-style-type: none">-Havai hatta AG-YG abone bağlantısı sırasında enerjinin kesilmemesi-Gerilim altında bulunan tesislerde ölüm tehlike levhasının bulunmaması-Yeni inşa edilmiş kuvvetli akım tesislerinin işletmeye alınmadan önce gerekli bilgilendirmenin yapılmaması-YG havai hatlara bakım yapılması ve arıza giderilme çalışması sırasında uyarı levhalarının konulmaması-Enerji nakil hatlarında iletkenlerin kopması sonucu iletkenlerin yere düşmesi-Enerji nakil hatlarında topraklama ölçümlerinin yapılmaması
Sonuçlar	<ul style="list-style-type: none">-Yüksekten düşme sonucu yaralanma-İndüksiyona kapılma-Maddi zarar-Yaralanma veya can kaybı-Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları-Kalp ritim bozuklukları-Psikolojik rahatsızlıklar-Geçici veya sürekli iş göremezlik
Eskalasyon Faktörleri	<ul style="list-style-type: none">-Personelin KKD kullanmak istememesi-Personelin ilk yardımı bilmemesi
Bariyerler(Önlemler)	<ul style="list-style-type: none">-Kilitleme prosedürü yerine getirilmeli-Hat topraklanmalı-Her tip yüksek gerilim direğine zeminden en az 2,5 m yükseklikte bir ölüm tehlikesi levhası takılmalı

	<ul style="list-style-type: none">-Tesis bitirilen hava hatlarına ilk gerilim uygulanmasından en az üç gün sonra bilgilendirme yapılmalı-Enerji bilgilendirme noktalarına kapamayı önleyici tedbirler alınmalı-Topraklama yapılmalı-Hattaki enerji kesilmeli-Yere düşen iletkene dokunulmamalı-Topraklama ölçümleri belirli periyotlarla yapılmalı-Denetim ve kontrollerin yapılması-KKD kullanılmalı-İlk yardım-Fizik tedavi ve rehabilitasyon-Uzman psikolog desteği-Rehabilitasyon-Maddi zarar
Eskalasyon Faktörü Bariyerleri	<ul style="list-style-type: none">-Personellere ilk yardım eğitimlerinin verilmesi-Takdir edilmeli ve ödüllendirilmeli-Meslek içi uygulama ve İSG eğitimleri yapılmalı, personel bilinçlendirilmeli



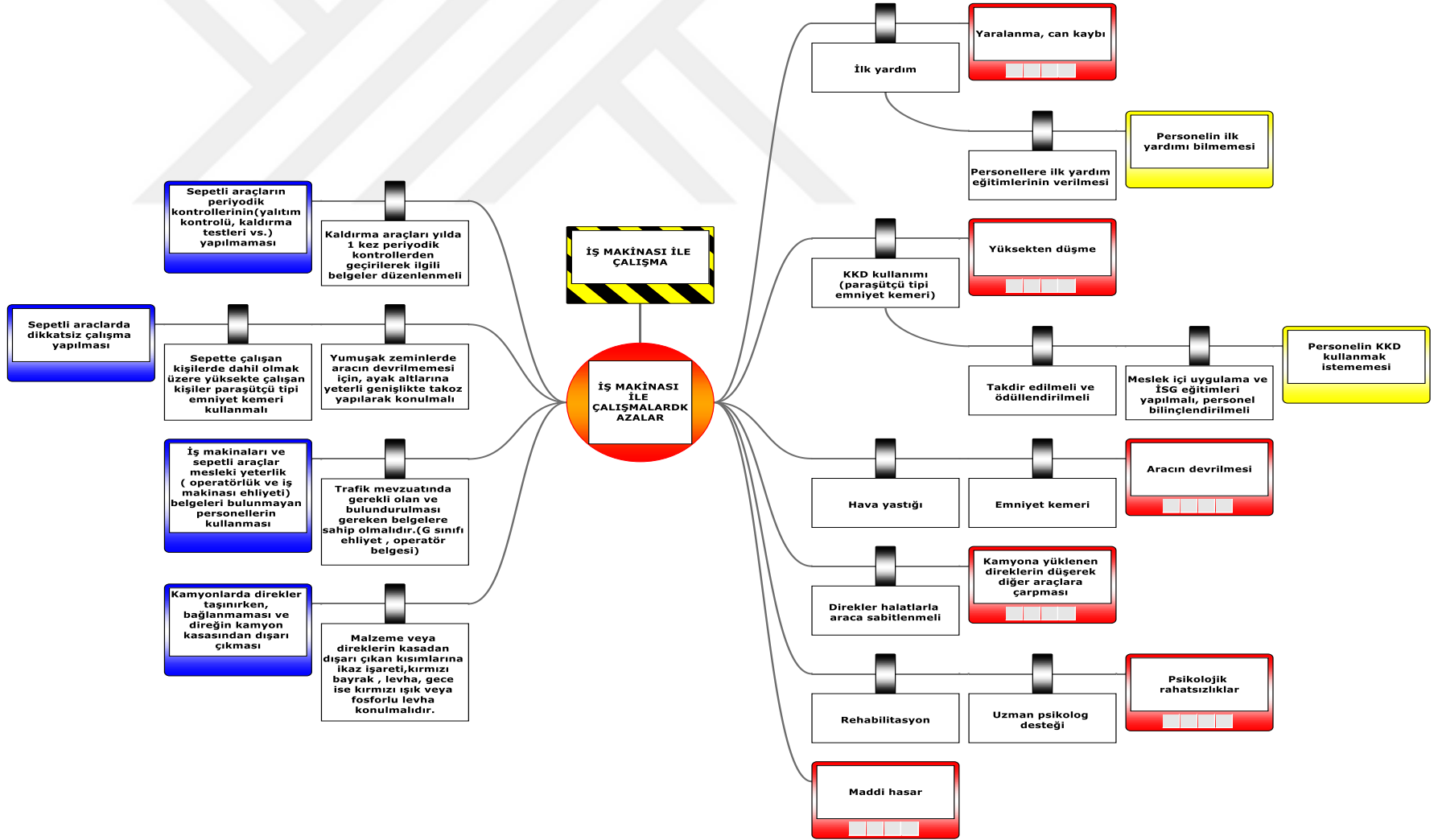
Şekil D.8 Enerji nakil hatlarında ağaç direkte çalışma

Çizelge D.8 Enerji nakil hatlarında ağaç direkte çalışma

DİYAGRAM ÖGESİ	AÇIKLAMASI
Tehlike	Enerji nakil hatlarında ağaç direğe çıkma
Üst olay(Tepe olay)	Enerji nakil hatlarında ağaç direktten düşme
Tehditler	-Direğe çıkmadan önce kontrol etmeme -Direk dibinin yoklanmaması
Sonuçlar	-Yaralanma veya can kaybı -Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları -Kalp ritim bozuklukları -Psikolojik rahatsızlıklar -Geçici veya sürekli iş göremezlik -Maddi zarar
Eskalasyon Faktörleri	-Personelin ilk yardımı bilmemesi
Bariyerler(Önlemler)	-Sallayarak yoklama -Aracın girebildiği her yerde gerekli İSG önlemlerini alarak platformlu araç kullanmak -Yüzeyden en az 20 cm açılarak toprak altında kalan kısmının sağlamlığını kontrol edilmeli -Şişleme yöntemi kullanılmalı -Belli termin yapılarak miadı dolmuş direklerin yenisi ile değiştirilmesi -Çalışma esnasında geçici lente kullanılmalı -KKD kullanılmalı -İlk yardım -Fizik tedavi ve rehabilitasyon -Uzman psikolog desteği -Rehabilitasyon
Eskalasyon Faktörü Bariyerleri	-Personellere ilk yardım eğitimlerinin verilmesi

	<ul style="list-style-type: none">-Takdir edilmeli ve ödüllendirilmeli-Meslek içi uygulama ve İSG eğitimleri yapılmalı, personel bilinçlendirilmeli
--	--



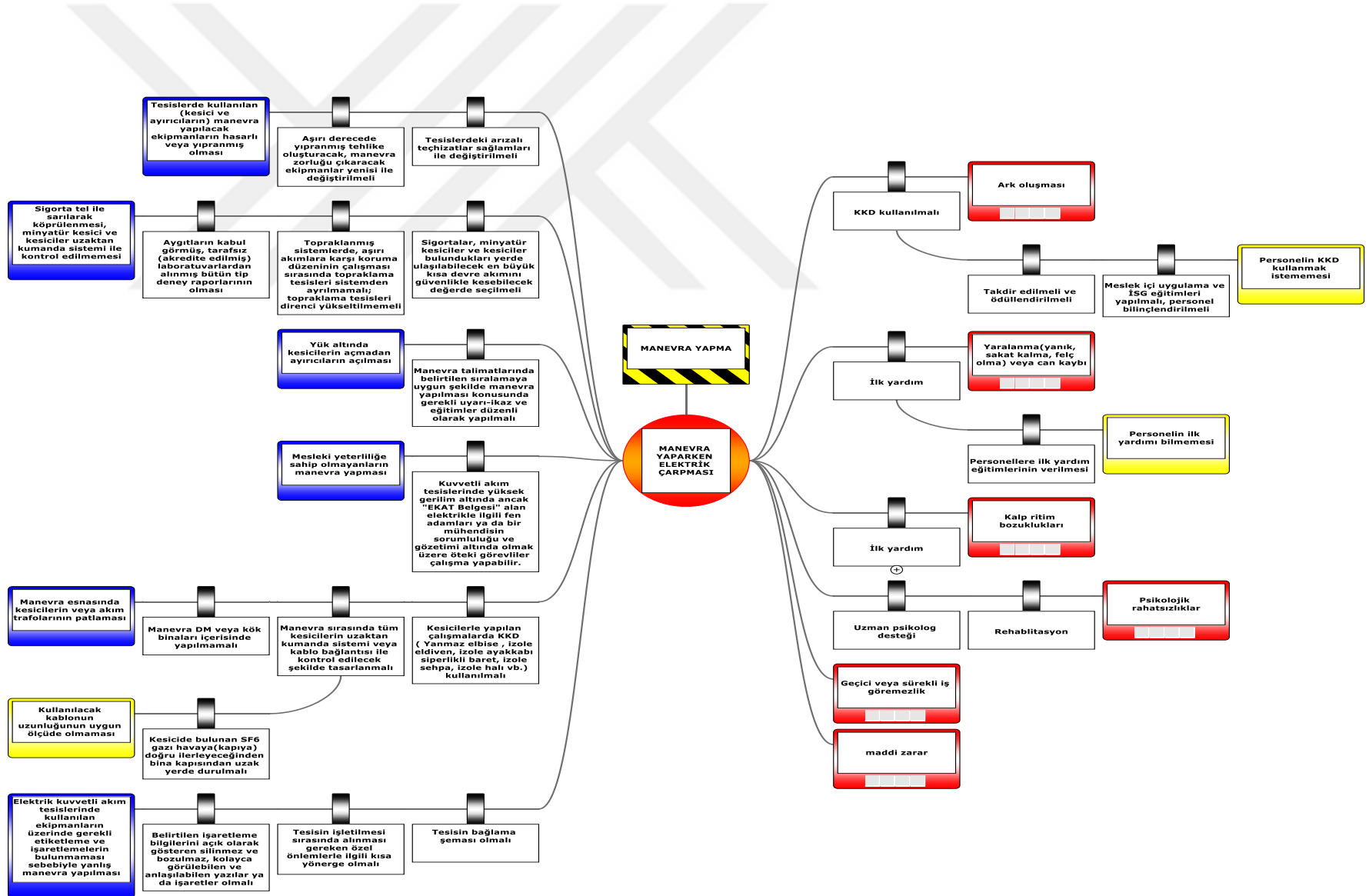


Şekil D.9 İş makinesi ile çalışma

Çizelge D.9 İş makinası ile çalışma

DİYAGRAM ÖGESİ	AÇIKLAMASI
Tehlike	İş makinası ile çalışma
Üst olay(Tepe olay)	İş makinası ile çalışmalar kazalar
Tehditler	<ul style="list-style-type: none">-Sepetli araçların periyodik kontrollerin yapılmaması-Sepetli araçlarda dikkatsiz çalışma yapılması-İş makinalarını ve sepetli araçları mesleki yeterlilik belgesi olmayan personellerin kullanması-Kamyonlarda direkler taşınırken bağlanmaması(sabitlenmemesi) ve direğin kasasından dışarı çıkması
Sonuçlar	<ul style="list-style-type: none">-Yaralanma veya can kaybı-Yüksekten düşme-Aracın devrilmesi-Kamyona yüklenen araçların düşerek diğer araçlara çarpması-Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları-Psikolojik rahatsızlıklar-Geçici veya sürekli iş göremezlik
Eskalasyon Faktörleri	<ul style="list-style-type: none">-Personelin KKD kullanmak istememesi-Personelin ilk yardımı bilmemesi
Bariyerler(Önlemler)	<ul style="list-style-type: none">-Kaldırma araçları yılda 1 kez periyodik kontrollerden geçirilerek ilgili belgeler düzenlenmeli-Sepette çalışan kişilerde dahil olmak üzere yüksekte çalışan kişiler paraşütcü tipi emniyet kemeri kullanmalı-Yumuşak zeminlerde aracın devrilmemesi için ayak altlarına yeterli genişlikte takoz yapılarak konulmalı-Trafik mevzuatında gerekli olan ve bulundurulması gereken belgelere sahip olmalı-Malzeme veya direklerin kasadan dışarı çıkan kısımlarına ikaz işareti, kırmızı bayrak, levha gece ise kırmızı ışık veya fosforlu levha konulmalıdır.

	<ul style="list-style-type: none">-Hava yastığı-Emniyet kemeri-Direkler halatlarla araca sabitlenmeli-KKD kullanılmalı-İlk yardım-Uzman psikolog desteği-Rehabilitasyon
Eskalasyon Faktörü Bariyerleri	<ul style="list-style-type: none">-Emniyet kemeri farkındalık kampanyası-Personellere ilk yardım eğitimlerinin verilmesi-Takdir edilmeli ve ödüllendirilmeli-Meslek içi uygulama ve İSG eğitimleri yapılmalı, personel bilinçlendirilmeli

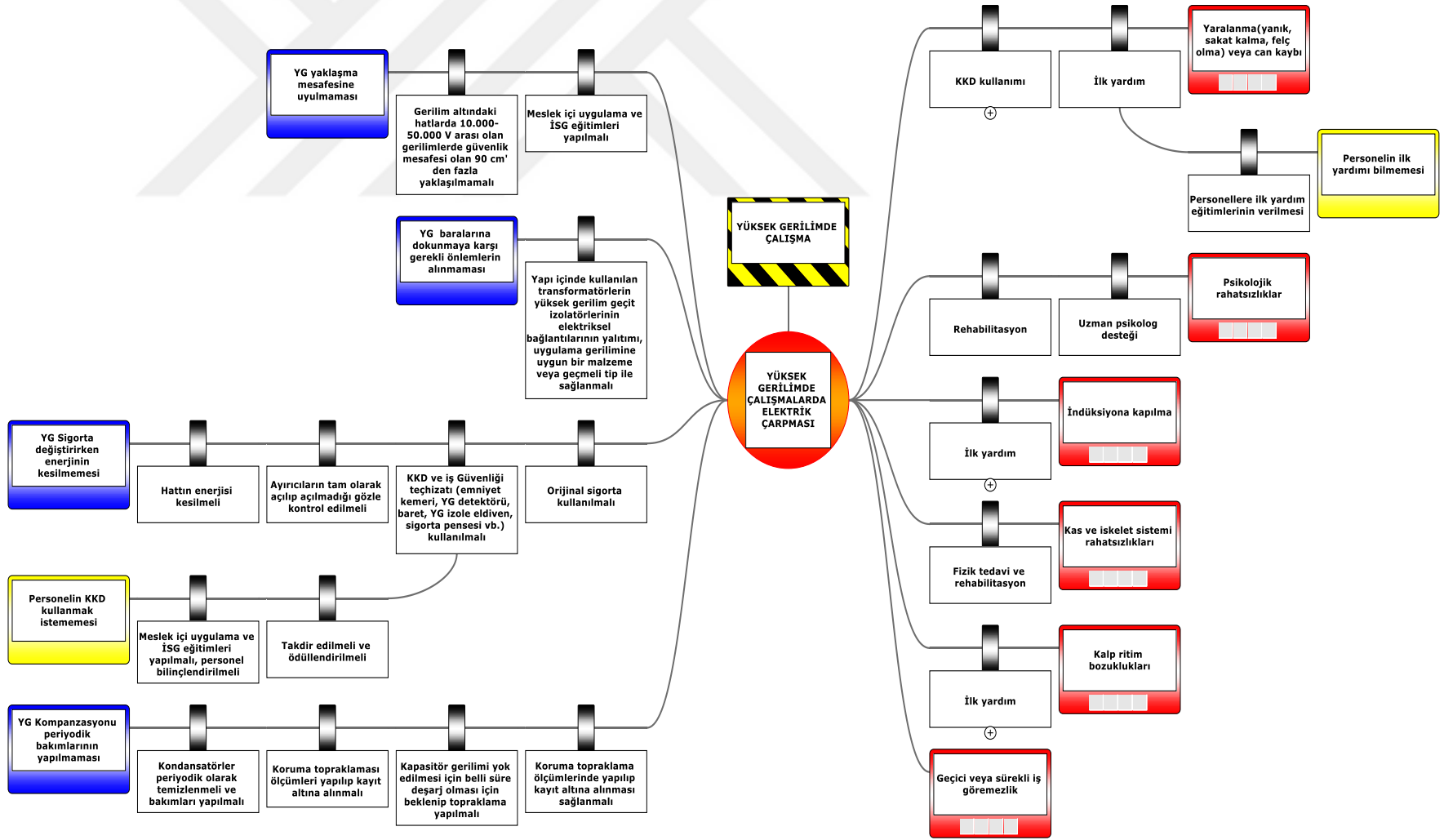


Şekil D.10 Manevra çalışmaları

Çizelge D.10 Manevra çalışmaları

DİYAGRAM ÖGESİ	AÇIKLAMASI
Tehlike	Manevra yapma
Üst olay(Tepe olay)	Manevra yaparken elektrik çarpması
Tehditler	<ul style="list-style-type: none">-Tesislerde kullanılan manevra yapılacak ekipmanların hasarlı veya yıpranmış olması-Sigorta tel ile sarılarak köprülenmesi, minyatür kesicilerin veya kesicilerin uzaktan kumanda sistemi ile kontrol edilmemesi-Yük altında kesicilerin açılmadan ayırıcıların açılması-Mesleki yeterliliğe sahip olmayanların manevra yapması-Manevra esnasında kesicilerin veya akım trafolarının patlaması-Elektrik kuvvetli akım tesislerinde kullanılan ekipmanların üzerinde gerekli etiketleme ve işaretlemelerin bulunmaması sebebiyle yanlış manevra yapılması
Sonuçlar	<ul style="list-style-type: none">-Ark oluşması-Yaralanma veya can kaybı-Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları-Kalp ritim bozuklukları-Psikolojik rahatsızlıklar-Geçici veya sürekli iş göremezlik-Maddi zarar
Eskalasyon Faktörleri	<ul style="list-style-type: none">-Kullanılacak kablonun uzunluğunun uygun ölçüde olmaması-Personellerin KKD kullanmak istememesi-Personelin ilk yardımını bilmemesi
Bariyerler(Önlemler)	<ul style="list-style-type: none">-Aşırı derecede yıpranmış tehlike oluşturacak ve manevra zorluğu çıkaracak ekipmanlar yenisi ile değiştirilmeli-Tesislerdeki arızalı teçhizatlar sağlamları ile değiştirilmeli-Aygıtların kabul görmüş, tarafsız laboratuvarlardan alınmış bütün tip deney raporlarının olması

	<ul style="list-style-type: none">-Topraklanmış sistemlerde aşırı akıma karşı koruma düzeninin çalışması sırasında topraklama tesisleri sistemden ayrılmamalı ve direnci yükseltilmemeli-Sigortalar ve kesicilerin buldukları yerde ulaşılacak en büyük kısa devre akımını güvenle kesebilecek değerde seçilmeli-Manevra talimatlarında belirtilen sıralamaya uygun şekilde manevra yapılması konusunda gerekli uyarı, ikaz ve eğitimler düzenli olarak yapılmalı-Kuvvetli akım tesislerinde yüksek gerilim altında EKAT belgesi alan personellerin çalışma yapması-Manevra DM veya kök binaları içinde yapılmamalı-Manevra sırasında tüm kesicilerin uzaktan kumanda sistemi ile veya kablo bağlantısı ile kontrol edilecek şekilde tasarlanmalı-Tesisin bağlama şeması olmalı-Belirtilen işaretleme bilgilerini açık olarak gösteren silinmez, bozulmaz, kolayca görülebilen ve anlaşılabilen uyarılar ya da işaretler olmalı-Tesisin işletilmesi sırasında alınması gereken özel önlemlerle ilgili kısa yönerge olmalı-KKD kullanılmalı-İlk yardım-Fizik tedavi ve rehabilitasyon-Uzman psikolog desteği-Rehabilitasyon
Eskalasyon Faktörü Bariyerleri	<ul style="list-style-type: none">-Kesicide bulunan SF6 gazı havaya (kapıya) doğru ilerleyeceğinden bina kapısından uzak yerde durulmalı-Personellere ilk yardım eğitimlerinin verilmesi-Takdir edilmeli ve ödüllendirilmeli-Meslek içi uygulama ve İSG eğitimleri yapılmalı, personel bilinçlendirilmeli

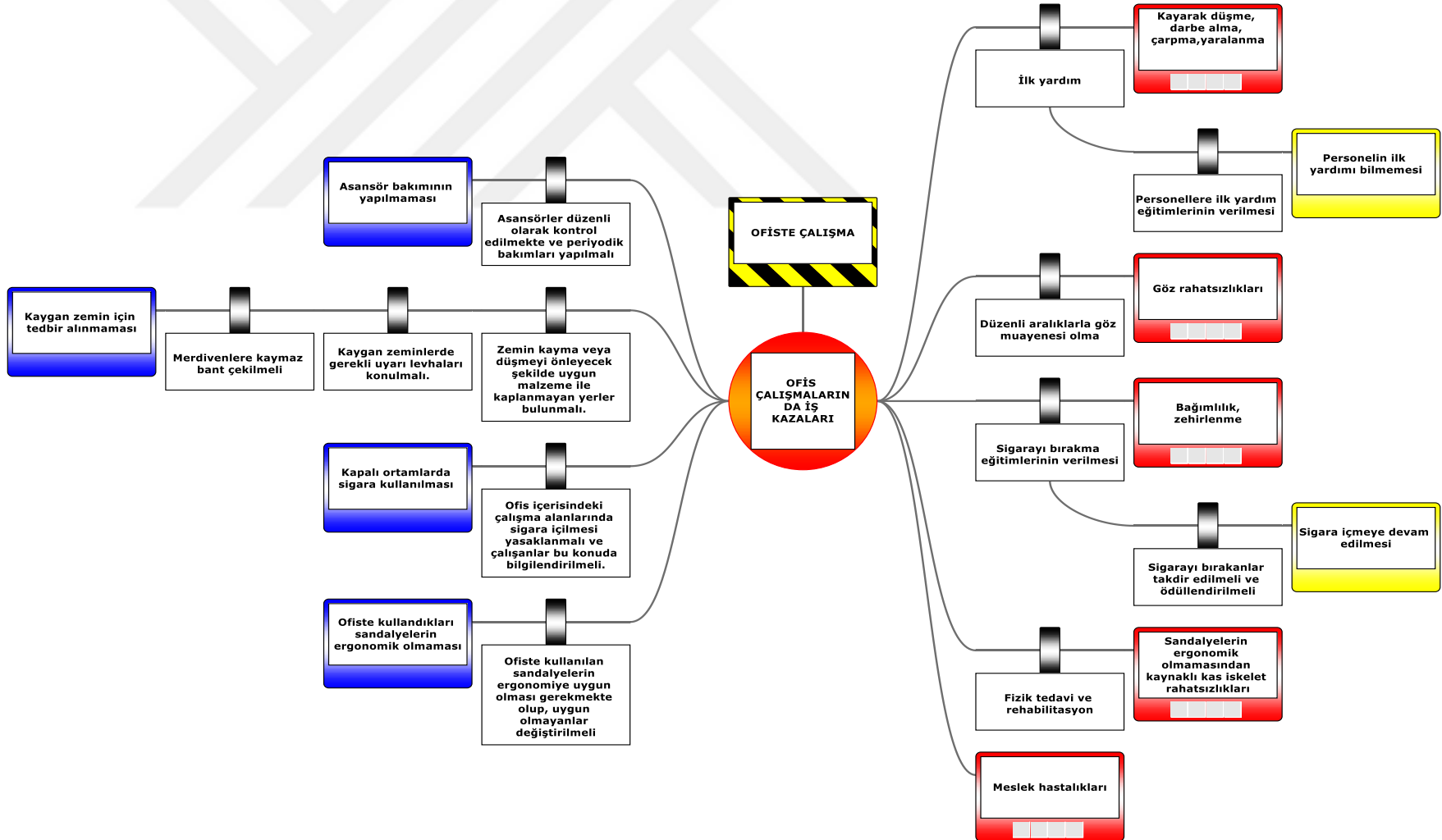


Şekil D.11 Yüksek gerilimde çalışma

Çizelge D.11 Yüksek gerilimde çalışma

DİYAGRAM ÖGESİ	AÇIKLAMASI
Tehlike	Yüksek gerilimde çalışma
Üst olay(Tepe olay)	Yüksek gerilimde çalışmalarda elektrik çarpması
Tehditler	<ul style="list-style-type: none">-YG yaklaşma mesafesine uyulmaması-YG baralarına dokunmaya karşı gerekli önlemlerin alınmaması-YG sigorta değiştirirken enerjinin kesilmemesi-YG kompanzasyonunun periyodik bakımlarının yapılmaması
Sonuçlar	<ul style="list-style-type: none">-İndüksiyona kapılma-Yaralanma veya can kaybı-Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları-Kalp ritim bozuklukları-Psikolojik rahatsızlıklar-Geçici veya sürekli iş göremezlik
Eskalasyon Faktörleri	<ul style="list-style-type: none">-Personelin KKD kullanmak istememesi-Personelin ilk yardımı bilmemesi
Bariyerler(Önlemler)	<ul style="list-style-type: none">- Gerilim altındaki hatlarda (10kV-50kV) arası gerilimlerde güvenlik mesafesi olan 90cm'den fazla yaklaşılmamalı-Meslek içi uygulama ve İSG eğitimleri yapılmalı-Yapı içinde kullanılan transformatörlerin yüksek gerilim geçit izolatörlerinin elektriksel bağlantılarının yalıtımı, uygulama gerilimine uygun bir malzeme veya geçmeli tip ile sağlanmalı-Hattın enerjisi kesilmeli-Ayırıcıların tam olarak açılıp açılmadığı gözle kontrol edilmeli-Orijinal sigorta kullanılmalı-Kondansatörler periyodik olarak temizlenmeli ve bakımları yapılmalı-Koruma topraklaması ölçümleri yapılarak kayıt altına alınmalı

	<ul style="list-style-type: none">-Kapasitör geriliminin yok edilmesi ve belli süre deşarj olması için belli süre beklenip topraklama yapılmalı-Koruma topraklaması ölçümleri yapıp kayıt altına alınmalı-KKD kullanılmalı-İlk yardım-Fizik tedavi ve rehabilitasyon-Uzman psikolog desteği-Rehabilitasyon
Eskalasyon Faktörü Bariyerleri	<ul style="list-style-type: none">-Personellere ilk yardım eğitimlerinin verilmesi-Takdir edilmeli ve ödüllendirilmeli-Meslek içi uygulama ve İSG eğitimleri yapılmalı, personel bilinçlendirilmeli



Şekil D.12 Ofis çalışmaları

Çizelge D.12 Ofis çalışmaları

DİYAGRAM ÖGESİ	AÇIKLAMASI
Tehlike	Ofiste çalışma
Üst olay(Tepe olay)	Ofis çalışmalarında iş kazaları
Tehditler	-Asansör bakımının yapılmaması -Kaygan zemin için önlem alınmaması -Kapalı ortamlarda sigara kullanılması -Ofiste kullanılan sandalyelerin ergonomik olmaması
Sonuçlar	-Kayarak düşme, darbe alma, çarpma, yaralanma -Göz rahatsızlıkları -Bağımlılık, zehirlenme -Meslek hastalıkları -Sandalyelerin ergonomik olmamasından dolayı kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları -Psikolojik rahatsızlıklar -Geçici veya sürekli iş göremezlik
Eskalasyon Faktörleri	-Sigara içmeye devam edilmesi -Personelin ilk yardımı bilmemesi
Bariyerler(Önlemler)	-Asansörler düzenli olarak kontrol edilmeli ve bakımları yapılmalı -Merdivenlere kaymaz bant çekilmeli -Kaygan zeminlere gerekli uyarı levhaları konulmalı -Zemin kayma ve düşmeyi önleyecek şekilde uygun malzeme ile kaplanmalı -Ofis içerisindeki çalışma alanlarında sigara içilmesi yasaklanmalı ve bu konuda çalışanlar bilgilendirilmeli -Ofisteki sandalye ve ofis mobilyaları ergonomiye uygun şekilde olmalı -İlk yardım -Düzenli aralıklarla göz muayenesi olma -Sigarayı bırakma eğitimlerinin verilmesi

	-Fizik tedavi ve rehabilitasyon
Eskalasyon Faktörü Bariyerleri	-Personellere ilk yardım eğitimlerinin verilmesi -Sigarayı bırakanlar takdir edilmeli ve ödüllendirilmeli



EK E

ÇAMLİBEL ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ İZİN YAZISI

**ÇAMLİBEL
ELEKTRİK
DAĞITIM**
"enerjimizle daha ileriye"

**ÇAMLİBEL ELEKTRİK DAĞITIM ANONİM ŞİRKETİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
İnsan Kaynakları Geliştirme Yöneticiliği**

Sayı : ÇEDAŞ 06.04-19797

Konu : Risk Değerlendirme Çalışması hk.

01/11/2017

SAYIN KÜBRA YURTTAŞ
Yeşilyurt Mah.Erzincan Karayolu 1.Km.
Merkez / Sivas

20.09.2017 tarihli dilekçeniz ile Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim dalında yüksek lisans öğrencisi olduğunuzu belirtmekte ve Şirketimizde bir yıl süreli Risk Değerlendirme çalışması yapmayı talep etmektedir.

İlgili dilekçeniz incelenmiş olup, Şirketimizde bir yıl süre ile Risk değerlendirme çalışması yapmanız uygun görülmüştür. Risk Değerlendirmesi ile ilgili yapacağınız çalışmalar Direktörlüğümüze bağlı Eğitim ve İSG uzmanlığınca koordine edilecektir.

Gereğini bilgilerinize rica ederiz.


Y.Emre KONAN
İnsan Kaynakları Geliştirme
Yöneticisi


Servet GÜNEY
İnsan Kaynakları ve Kalite
Direktörü

+90 346 858 58 58
+90 346 858 61 00
www.cedas.com.tr

Yeşilyurt Mah. Erzincan Karayolu
1.Km PK: 58000 Merkez / SIVAS
Kale V.D - 2280630121

Bilgi İçin : Kürşat SABUNCU
E-Mail : kursat.sabuncu@cedas.com.tr



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Kübra YURTTAŞ
Doğum Yeri ve Tarihi	Sivas, 21.09.1990
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce
Sürücü Belgesi	B Sınıfı
İletişim Adresi	Çamlıbel Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi Mehmet Akif Ersoy Mahallesi, Erzincan Yolu 1. Km, 58060 Merkez/Sivas
E-posta Adresi	yurttas.kubra@gmail.com



Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Sivas Lisesi, 2008
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2014, Elektrik Elektronik Mühendisliği
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015-2019

İş Tecrübeleri

Çamlıbel EDAŞ	Elektrik Elektronik Mühendisi, 2017- Halen
---------------	--

Sertifikalar

Robolab	2015
Entegre Yönetim Sistemleri Temel Eğitimi	2018
İç Tetkikçi Eğitimi	2018

Yetkinlikler

Microsoft Office, Autocad, C++, Matlab