

T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**TÜRKİYEDEKİ İŞ KAZALARININ SOSYO - EKONOMİK
YAPIYA ETKİLERİNİN ANALİZİNDE GÜVENLİK KÜLTÜRÜ
POLİTİKALARI İÇİN YENİ BİR MODELÖNERİSİ: SİSTEM
DİNAMİKLERİ**

DOKTORA TEZİ

İbrahim KÜÇÜK

**İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı
İş Sağlığı ve Güvenliği Doktora Programı**

**EYLÜL 2024
İSTANBUL**

T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**TÜRKİYEDEKİ İŞ KAZALARININ SOSYO - EKONOMİK
YAPIYA ETKİLERİNİN ANALİZİNDE GÜVENLİK KÜLTÜRÜ
POLİTİKALARI İÇİN YENİ BİR MODELÖNERİSİ: SİSTEM
DİNAMİKLERİ**

DOKTORA TEZİ

İbrahim KÜÇÜK
(200015002)
(0000-0001-5657-3236)

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı
İş Sağlığı ve Güvenliği Doktora Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAĞIMLI

İstanbul 2024



T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Jüri Tez Onay Formu

13.09.2024

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Bu çalışma 13.09.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İş Sağlığı ve Güvenliği (Doktora Programı) Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAĞIMLI

Danışman

İstanbul Gedik Üniversitesi

Prof. Dr. Hakan TOZAN

Üye (İmza)

Medipol Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Aytaç Uğur YERDEN

Üye (İmza)

İstanbul Gedik Üniversitesi

Doç. Dr. Redvan GHASEMLOUNIA

Üye (İmza)

İstanbul Gedik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Hilal ARSLAN

Üye (İmza)

Sağlık Bilimleri Üniversitesi

YEMİN METNİ

Doktora tezi olarak sunduğum ‘‘Türkiye’deki İş Kazalarının Sosyo-Ekonomik Yapıya Etkilerinin Analizinde Güvenlik Kültürü Politikaları İçin Yeni Bir Model Önerisi: Sistem Dinamikleri’’ adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim (13/09/2024).

İbrahim KÜÇÜK

ÖNSÖZ

İş sağlığı ve güvenliği, doğrudan veya dolaylı olarak sağladığı katkılar ile endüstriler ve kuruluşlar için en önemli konulardan biri olmasına karşın sanayileşme ile birlikte artan makineleşme ve teknolojik gelişmeler çalışanların maruz kaldıkları riskleri arttırmış ve çalışma hayatını daha karmaşık hale getirmiştir. Yaşanan iş kazaları gerek dünyada gerekse de Türkiye’de Sosyo ekonomik etkileri bakımından önemli sorunlara sebep olmaktadır. Her yıl binlerce insan iş kazaları nedeniyle yaşamını kaybetmektedir. İş kazalarını önleme yönünde geçmişten günümüze alınan pek çok yasal ve kurumsal düzenlemenin başarıya ulaştığını söylemek pek mümkün görünmemektedir. İş kazalarının önlenmesi yönünde üzerinde son yıllarda sıklıkla durulan kavramların başında ise güvenlik kültürü gelmektedir. Yapılan birçok çalışma ve araştırmalarda iş kazalarının azaltılması ve güvenlik kültürünün geliştirilmesi ve gelişmelerin yansımalarını ortaya koymak için istatistiksel analizler, farklı metod ve metodolojiler kullanılmakta fakat geleneksel istatistik yaklaşımının, gelecek tahminlerini ve her sektörde iş kazalarına neden olan başlıca faktörleri öğrenmede sınırlamalarının ve kısıtlarının olmasına rağmen, çoklu ve karmaşık geri bildirim sistemini analiz etme gibi benzersiz bir avantaja sahip olan Sistem Dinamiği ise, geleneksel yaklaşımlarla elde edilemeyen yapısal ve dinamik sistem özelliklerindeki değişikliklerin olası etkisi de dâhil olmak üzere karmaşık sistemlerin özelliklerini bütüncül bir bakış açısı ile inceleme potansiyeline sahiptir. Yapılan çalışmada, iş kazalarını azaltmaya, güvenlik kültürünün geliştirilmesini, güvenlik kültürü performansını ve bunun iş kazaları üzerindeki etkilerini incelemek için bir sistem dinamiği modeli önermektedir. Başarılı bir güvenlik yönetiminin kilit faktörü ise, kuruluşların içinde güçlü bir güvenlik kültürü oluşturmaktır. Bir güvenlik kültürünün modellenmesi, çalışanların güvenlik kültürü kavramını ve bunun kazaların meydana gelmesi üzerindeki etkisini anlamalarına yardımcı olacaktır. Kuruluşu ise, bir güvenlik kültürü yaratmaya ve sürdürmeye yönlendirecektir. Böyle bir model, kuruluşların potansiyellerini değerlendirmek ve sonuçları ortaya çıkarmak için farklı iyileştirme senaryoları yürütmesine izin verecektir. Çalışmanın bu anlamda literatüre katkıda bulunmasını ve tüm ilgililere faydalı olmasını dilerim.

Sistem dinamikleri yaklaşımları ile güvenlik kültürünün iş kazalarını önlemedeki rolüne vurgu yapmak amacındaki bu doktora tez çalışmamda, konunun seçilmesinden, literatür araştırmasının yapılmasına ve çalışmanın nihai aşamaya gelmesine kadar destek veren, tecrübe ve bilgilerini benimle paylaşan, ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, ayrıca her konuda anlayış ve hoşgörüsü ile daima yanımda olan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAĞIMLI'ya, saygı ve şükranlarımı sunuyorum. Tez sürecinin yürütülmesi esnasında görüş ve önerileri ile bana ışık tutan tez izleme komitesinde yer alan çok değerli hocalarım Prof. Dr. Hakan TOZAN ve Dr. Öğr. Üyesi Hilal ARSLAN'a, tezin uygulama kısmına yapmış olduğu katkı ve önerileri dolayısıyla sayın Dr. Öğr. Üyesi Muhammed ÇELİK, Dr. Gökhan ÖZKAN ve Dr. İsmail IŞIKTAŞ'a en içten dileklerim ile teşekkürü bir borç bilirim. Sadece doktora tezimi oluşturan bu bilimsel çalışmam sırasında değil, tüm akademik ve iş hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve sıkıntılarımı paylaşan değerli eşim Sakine YILMAZER KÜÇÜK ve oğlum Yağız KÜÇÜK'e ayrıca teşekkürü bir borç bilirim. Öğrenim hayatımın tüm aşamaları boyunca koşulsuz desteklerini ve dualarını her zaman yanımda hissettiğim değerli annem Arife KÜÇÜK, rahmetli babam Cemal KÜÇÜK ve kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla,

Eylül 2024

İbrahim KÜÇÜK

Bilgisayar Mühendisi
A Sınıfı İş Güvenliği Uzm.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
ABSTRACT	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Konusu	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Araştırmanın Önemi	2
1.4 Araştırmanın Varsayımları	3
1.5 Araştırmanın Sınırlılıkları	3
1.6 Araştırmanın Dinamik Hipotezi	4
2. İŞ KAZASI VE GÜVENLİK KÜLTÜRÜ İLE İLGİLİ KAVRAMLAR	5
2.1 Kaza Kavramı.....	5
2.2 İş Kazasının Tanımı ve Kapsamı	5
2.3 Kaza Oluşum Teorileri	6
2.3.1 Tek faktör teorisi	7
2.3.2 Domino teorisi	7
2.3.3 İnsan faktörleri teorisi.....	9
2.3.4 Sistem teorisi	11
2.3.5 Epidemiyoloji teorisi	11
2.3.6 Kombinasyon teorisi.....	12
2.3.7 Kaza/olay teorisi	12
2.3.8 Yönetim temelli teori.....	14
2.4 İş Kazalarının Sebepleri	14
2.4.1 Güvensiz durumlar	15

2.4.2 Güvensiz davranışlar	15
2.5 İş Kazası Karşılaştırma Ölçütleri	16
2.5.1 Kaza olabilirlik oranı (Accident incidence rate).....	16
2.5.2 İş kazası tekrarlanma oranı (Accident frequency rate).....	17
2.5.3 İş kazası ağırlık oranı (Accident severity rate).....	17
2.6 İş Kazalarının Sosyo-ekonomik Sonuçları	17
2.6.1 Çalışanlar açısından	18
2.6.2 İşverenler açısından	19
2.6.3 Toplumlar açısından	20
2.7 Dünya’da ve Türkiye’de İş Kazaları	20
2.7.1 Dünya’da iş kazaları	20
2.7.2 Türkiye’de iş kazaları	21
2.8 İş Kazalarının Türkiye Ekonomisine Maliyeti	22
2.9 Güvenlik Kültürünün Tanımı ve Özellikleri	23
2.9.1 Güvenlik kültürünün özellikleri.....	26
2.10 Güvenlik Kültürünün Yapısı ve Boyutları	28
2.11 Güvenlik Kültürü Modelleri.....	31
2.11.1 Güvenlik kültürü olgunlaşma modeli	31
2.11.2 Karşılıklı güvenlik kültürü modeli	32
2.11.3 Güvenliğe yönelik tutumların tasarım modeli.....	33
2.11.4 Toplam güvenlik kültürü modeli	34
2.11.5 Güvenlik kültürü modeli.....	35
2.12 Güvenlik Kültürü İle İlişkili Kavramlar	35
2.12.1 Güvenlik kültürü ve örgüt kültürü ilişkisi	36
2.12.2 Güvenlik kültürü ve güvenlik iklimi ilişkisi.....	38
2.12.3 Güvenlik kültürü ve güvenli davranış ilişkisi.....	40
2.13 Güvenlik Kültürünün Ölçümü.....	41
2.14 Güvenlik Kültürü Belirleyicileri	43
2.15 Pozitif ve Negatif Güvenlik Kültürü	45
3. SİSTEM DİNAMİKLERİ	47
3.1 Sistem Düşüncesi ve Sistem Dinamiği.....	47
3.2 Sistem Dinamiği Modelinin Yapısı.....	51
3.2.1 Stoklar (seviyeler) ve akışlar (oranlar)	52
3.2.2 Stok ve akışların sınıflandırılması	56

3.2.3 Karar fonksiyonları ve bilgi akışı	57
3.2.4 Bağlayıcılar.....	57
3.3 Sistem Dinamiğinde Modelleme Aşamaları ve Modelleme Süreci	57
3.3.1 Problemin tanımlanması	58
3.3.2 Sistemin tanımlanması.....	59
3.3.3 Nitel analizlerin ve yeni stratejilerin geliştirilmesi.....	59
3.3.4 Benzetim modelinin geliştirilmesi.....	60
3.3.5 Modelin doğrulanması.....	60
3.3.6 Senaryoların denenmesi ve politika önerileri	61
3.4 Sistem Dinamiği Modelleme Araçları.....	61
3.4.1 Neden-sonuç diyagramları.....	62
3.4.2 Stok ve akış diyagramları	65
3.5 Sistem Dinamiğinde Gecikmeler.....	67
3.5.1 Malzeme gecikmeleri	69
3.5.2 Bilgi gecikmeleri	69
3.6 Dinamik Sistemlerin Yapı ve Davranışları	71
3.6.1 Üstel büyüme (Exponential growth)	71
3.6.2 Hedef arama (Goal seeking).....	72
3.6.3 Salınım (Oscillation).....	73
3.6.4 S-Şeklindeki sınırlı büyüme	74
3.6.5 Aşmalı S-şeklindeki büyüme.....	75
3.6.6 Hedefi aşma ve çöküş (Overshoot and collapse).....	76
3.6.7 Diğer davranış şekilleri.....	76
3.7 Sistem Dinamiğinde Zaman İşleme	77
3.8 Denklemlerin Sınıflandırılması	79
3.8.1 Seviye denklemleri	79
3.8.2 Oran denklemleri	80
3.8.3 Yardımcı değişken denklemleri.....	80
3.9 Sistem Dinamiğinde Hesaplama Yöntemleri	80
3.9.1 Euler yöntemi	81
3.9.2 İkinci mertebeden runge-kutta yöntemi.....	81
3.9.3 Dördüncü derece runge-kutte yöntemi	82
3.10 Sistem Dinamiğinde Model Geçerlilik Testleri	83
3.11 Sistem Dinamiğinde Kullanılan Simülasyon Yazılımları	85

3.11.1 Powersim	86
3.11.2 Vensim.....	86
3.11.3 Dynamo plus.....	86
3.11.4 Extend.....	87
3.11.5 Stella/ithink.....	87
3.12 SD Etkili Kullanmak İçin Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	87
4. GÜVENLİK KÜLTÜRÜNÜN İŞ KAZALARINA ETKİLERİNİN SİSTEM DİNAMİKLERİ YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ VE SİMÜLASYON UYGULAMASI.....	90
4.1 Literatür Taraması	90
4.2 Veri Seti ve Yöntem.....	94
4.2.1 Veri seti	95
4.2.2 Sistem dinamikleri simülasyon yöntemi: stella.....	96
4.2.2.1 Stella'nın özellikleri.....	96
4.2.2.2 Stella' nın avantajları	97
4.3 Metodoloji	97
4.4 Güvenlik Kültürünün İş Kazaları Üzenindeki Etki Modeli	98
4.4.1 Dinamik hipotez	101
4.4.2 Akış diyagramı	102
4.4.3 Modeldeki değişkenlerin başlangıç değerleri ile denklem sistemleri.....	105
4.4.4 Model doğrulama ve duyarlılık analizi.....	109
4.5 Modelde Politika Denemeleri.....	112
4.5.1 Birinci senaryo: mevcut durumu sürdürme senaryosu	113
4.5.1.1 Birinci senaryonun nedeni	113
4.5.1.2 Birinci senaryonun sonuçları	113
4.5.2 İkinci senaryo: insan kaynakları yönetimi senaryosu.....	114
4.5.2.1 İkinci senaryonun nedeni	114
4.5.2.2 İkinci Senaryonun sonuçları	115
4.5.3 Üçüncü senaryo: güvenlik yönetimi senaryosu.....	115
4.5.3.1 Üçüncü senaryonun nedeni	116
4.5.3.2 Üçüncü senaryonun sonuçları	116
4.5.4 Dördüncü senaryo: işyeri standardizasyonu senaryosu	117
4.5.4.1 Dördüncü senaryonun nedeni	117
4.5.4.2 Dördüncü senaryonun sonuçları	117

4.6 Senaryo Karşılaştırmaları	117
4.6.1 Senaryo karşılaştırmaları: güvensiz durumlar	118
4.6.2 Senaryo karşılaştırmaları: güvensiz davranışlar	119
4.6.3 Senaryo karşılaştırmaları: olaylar	120
4.6.4 Senaryo karşılaştırmaları: risk	121
4.6.5 Senaryo karşılaştırmaları: kaza.....	122
4.6.6 Senaryo karşılaştırmaları: toplam kaza maliyetleri	122
4.6.7 Senaryo karşılaştırmaları: güvenliğe odaklanmak.....	123
4.6.8 Senaryo karşılaştırmaları: insan kaynağı	124
4.6.9 Senaryo karşılaştırmaları: verimlilik	125
4.7 Bulgular ve Değerlendirme	126
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	137
KAYNAKLAR	150
ÖZGEÇMİŞ.....	162

KISALTMALAR

EUROSTAT	: Avrupa İstatistik Ofisi,
IAEA	: Uluslararası Atom Enerji Ajansı
ILO	: Uluslararası Çalışma Örgütü
INSAG	: Uluslararası Nükleer Güvenlik Danışma Grubu
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
SD	: Sistem Dinamikleri
SGK	: Sosyal Güvenlik Kurumu
TDK	: Türk Dil Kurumu
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
vb.	: ve benzeri
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa No:
Çizelge 2.1: 2012-2020 Arası İş Kazaları İstatistikleri.....	21
Çizelge 2.2: Güvenlik Kültürü Tanımları	24
Çizelge 4.1: İçsel ve Dışsal Değişkeler.....	99
Çizelge 4.2: Model Skorlama Tablosu.....	105
Çizelge 4.3: Değişkenlerin Nicellendirilmesi	105

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil 2.1: Kaza Oluşum Teorileri.....	7
Şekil 2.2: Domino Teorisi.....	9
Şekil 2.3: İnsan Faktörleri Teorisi.....	10
Şekil 2.4: Sistemler Teorisi.....	11
Şekil 2.5: Epidemiyoloji Teorisi.....	12
Şekil 2.6: Kaza/Olay Teorisi.....	13
Şekil 2.7: Çok Etken Teorisi.....	14
Şekil 2.8: Güvenlik Kültürü Piramidi.....	28
Şekil 2.9: Genel Güvenlik Kültürü.....	31
Şekil 2.10: Güvenlik Kültürü Olgunlaşma Modeli.....	32
Şekil 2.11: Karşılıklı Güvenlik Kültürü Modeli.....	33
Şekil 2.12: Güvenliğe Yönelik Tutumların Tasarım Modeli.....	33
Şekil 2.13: Toplam Güvenlik Kültürü Modeli.....	34
Şekil 2.14: Berends'in Güvenlik Kültürü Modeli.....	35
Şekil 3.1: Sistem Dinamiği Dili.....	52
Şekil 3.2: Stok ve Akış.....	53
Şekil 3.3: Farklı Disiplinlerde Stok ve Akışlar İçin Kullanılan Terminoloji.....	54
Şekil 3.4: Sistem Dinamiği Modelleme Süreci.....	58
Şekil 3.5: Bardağa Suyun Dolması Döngüsü.....	62
Şekil 3.6: Bardağa Suyun Dolum Döngüsü Diyagramı.....	63
Şekil 3.7: Değişkenlerin Bir Birini Etkileme Yönünü.....	63
Şekil 3.8: Stok ve Akış Diyagramları.....	66
Şekil 3.9: Stok ve Akış Diyagramlarının Temel Elemanları.....	67
Şekil 3.10: Gecikmelerin Yapısı.....	68
Şekil 3.11: Gecikme Örneği: Duş Sıcaklığının Ayarlanması.....	68
Şekil 3.12: Birinci Dereceden Malzeme Gecikmesi.....	69
Şekil 3.13: Birinci Seviyeden Bilgi Gecikmesi.....	70
Şekil 3.14: İkinci Seviyeden Bilgi Gecikmesi.....	70

Şekil 3.15: Genel Dinamik Sistem Davranış Şekilleri	71
Şekil 3.16: Üstel Büyüme Davranışı	72
Şekil 3.17: Hedef Arama Davranışı	73
Şekil 3.18: Salınım Davranışı	73
Şekil 3.19: S-Şekli Büyüme	75
Şekil 3.20: Aşmalı S-Şeklindeki Büyüme.....	75
Şekil 3.21: Hedefi Aşma ve Çöküş	76
Şekil 3.22: Zaman Dilimi	78
Şekil 3.23: Sistem Dinamiğinde Zaman Dilimleme	78
Şekil 3.24: Sistem Dinamiğinde Zaman İşleme	79
Şekil 4.1: Modelin Dinamik Hipotezi	102
Şekil 4.2: Güvenlik Kültürünün İş Kazalarına Etki Modeli Stella Diyagramı	104
Şekil 4.3: Mevcut Durumu Sürdürme Senaryosu Değişken Grafikleri.....	114
Şekil 4.4: İnsan Kaynakları Yönetimi Senaryosu Değişken Grafikleri	115
Şekil 4.5: Güvenlik Yönetimi Senaryosu Değişken Grafikleri	116
Şekil 4.6: İş Yeri Standardizasyonu Senaryosu Değişken Grafikleri	117
Şekil 4.7: Farklı Senaryolar ile Güvensiz Durumların Değişim Grafiği.....	119
Şekil 4.8: Farklı Senaryolar ile Güvensiz Davranışlar Değişim Grafiği.....	120
Şekil 4.9: Farklı Senaryolar ile Olay Sayılarının Değişim Grafiği	121
Şekil 4.10: Farklı Senaryolar ile Risklerin Değişim Grafiği.....	121
Şekil 4.11: Farklı Senaryolar ile Kaza Sayılarının Değişim Grafiği.....	122
Şekil 4.12: Farklı Senaryolar ile Toplam Kaza Maliyetlerinin Değişim Grafiği.....	123
Şekil 4.13: Farklı Senaryolar ile Güvenlik Odağındaki Değişim Grafiği	124
Şekil 4.14: Farklı Senaryolar ile İnsan Kaynakların Değişim Grafiği	125
Şekil 4.15: Farklı Senaryolar ile Verimlilik Değişim Grafiği.....	125

TÜRKİYEDEKİ İŞ KAZALARININ SOSYO - EKONOMİK YAPIYA ETKİLERİNİN ANALİZİNDE GÜVENLİK KÜLTÜRÜ POLİTİKALARI İÇİN YENİ BİR MODEL ÖNERİSİ: SİSTEM DİNAMİKLERİ

ÖZET

Bu araştırmanın temel amacı, belirli bir zaman diliminde iş kazalarının sıklık değerlerini, maliyetlerini, sistemin güvenlik seviyesini ve kazalarla ilişkili riskleri, insan kaynağı ve verimlilik performansını gösterebilen bir Sistem Dinamiği (SD) modelinin sunulması, makro düzeyde de güvenlik problemlerini araştırmak için teorik bir çerçeve olarak kullanılacak genel bir sistem dinamiği modeli önermeyi amaçlamaktır. Böyle bir model, kuruluşların potansiyellerini değerlendirmek ve sonuçlar çıkarmak için farklı iyileştirme senaryoları yürütmesine izin verecektir.

Sistem dinamiği yöntemi geri besleme döngüleri içeren dinamik problemlerin modellenmesine ve analiz edilmesine olanak sağlayan bir yaklaşımdır. Dinamik karmaşıklıkla başa çıkmak için bir çerçeve sağlar. Güvenlik kültürü gibi karmaşık güvenlik konularını analiz etmek ve anlamak için giderek daha fazla benimsenmektedir. Böyle bir yaklaşımı kullanarak ve nedensel geri besleme döngüleri analizi ve stok ve akış yapısının yardımıyla, bu sistemler içindeki karmaşık etkileşimleri tanımlayabilir ve kavramsallaştırabiliriz.

Bu çalışmada sunulan modelde güvenlik kültürünün standart öncü göstergeleri ilk olarak literatürden tanımlanmıştır. Daha sonra, kaza oluşumunu etkileyen faktörleri ve güvenlik kültürü bileşenlerini simüle etmek için bir sistem dinamiği modeli geliştirilmiştir. Temel değişkenlerin tanıtılması ve belirlenmesi, nedensel ve akış diyagramlarının çizilmesi ve sistem dinamikleri yaklaşımı ile oluşturulan model farklı parametre değerleri ve gelecek senaryoları altında Stella Arctect 3.3 yazılımı ile test edilerek sonuçları analiz edilmiştir.

Sonuçlar, güvenlik kültürü politikaların uygulanmasının ve işyerinde güvenlik kültürü ve standardizasyonun teşvik edilmesinin, kaza yönetimi üzerinde olumlu bir etkisi olabilecek başlıca uygun ve etkili çözümler olduğunu göstermektedir. Önleyici eylemlerin güvenlik performansının artırılmasında reaktif eylemlerden daha etkili olduğunu işletmelerde kuruluşun iş sağlığı ve güvenliği tehlikelerini belirleyerek iş sağlığı ve güvenliği performansını nasıl iyileştirebileceğini kuruluşun güvenlik kültürünün geliştirilmesine yardımcı olabileceğini göstermektedir. Böyle bir model, kuruluşlarının potansiyellerini değerlendirmek ve sonuçlar çıkarmak için farklı iyileştirme senaryoları yürütmesine izin verecektir. Ayrıca bu politikalardan hem güvenlik kültürü hem de insan kaynağı uygulamaları kaza sayısını azaltmada önemli etkileri olmakla birlikte, uzun vadeli bir bakış açısıyla güvenlik kültürü politikası en etkili olanıdır.

Anahtar Kelimeler: İş Kazaları, Güvenlik Kültürü, Sistem Dinamikleri, İş Sağlığı ve Güvenliği, Simülasyon ve Modelleme

IN THE ANALYSIS OF THE EFFECTS OF WORK ACCIDENTS ON THE SOCIO-ECONOMIC STRUCTURE IN TURKEY A NEW MODEL PROPOSAL FOR SAFETY CULTURE POLICIES: SYSTEM DYNAMICS

ABSTRACT

The main purpose of this research is to present a System Dynamics (SD) model that can show the frequency values of occupational accidents, their costs, the safety level of the system and the risks associated with accidents, human resources and productivity performance in a certain time period, and to propose a general system dynamics model that can be used as a theoretical framework to investigate safety problems at the macro level. Such a model will allow organizations to run different improvement scenarios to evaluate their potential and draw conclusions.

The system dynamics method is an approach that allows modeling and analysis of dynamic problems involving feedback loops. It provides a framework for dealing with dynamic complexity. It is increasingly being adopted to analyze and understand complex security issues such as security culture. Using such an approach, and with the help of causal feedback loops analysis and stock and flow structure, we can identify and conceptualize complex interactions within these systems.

In the model presented in this study, standard leading indicators of safety culture were first identified from the literature. Then, a system dynamics model was developed to simulate the factors affecting accident occurrence and safety culture components. The model created by introducing and determining basic variables, drawing causal and flow diagrams, and system dynamics approach was tested with Stella Architect 3.3 software under different parameter values and future scenarios, and the results were analyzed.

The results show that implementing safety culture policies and promoting safety culture and standardization in the workplace are the main appropriate and effective solutions that can have a positive impact on accident management. It shows that preventive actions are more effective than reactive actions in increasing safety performance and how the organization can improve its occupational health and safety performance by identifying occupational health and safety hazards in businesses and help develop the safety culture of the organization. Such a model will allow organizations to run different improvement scenarios to evaluate their potential and draw conclusions. In addition, among these policies, although both safety culture and human resources practices have significant effects on reducing the number of accidents, the safety culture policy is the most effective from a long-term perspective.

Keywords: *Occupational Accidents, Safety Culture, System Dynamics, Occupational Health and Safety, Simulation and Modeling*

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Konusu

Ülkelerin nüfuslarının artışı, sanayileşmeyle birlikte makina ve teknolojik gelişmelerin etkisi de dikkate alındığında ülke ekonomilerinin üretim ihtiyacı ve işgücü talebinde de ciddi bir artışa sebep olmaktadır. Üretim ve iş gücü talebi ile beraber, iş güvenliği, üretim kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı verimlilik ve güvenlik kültürü büyük önem arz etmektedir.

Güvenlik kültürü eksikliğinden kaynaklı işletmelerde yaşanan iş kazaların Sosyo-ekonomik yapı üzerindeki oluşturduğu olumsuz etkileri düşünüldüğünde önümüzdeki yüzyıl içerisinde de Sosyo-ekonomik yapı üzerinde oluşturacağı ağır maddi ve manevi yük tahminleri nedeniyle ülkeler sürekli olarak iş kazalarının önlenmesine yönelik alternatif güvenlik kültürü politika arayışları içerisinde girmektedir. Bu arayışlar tüm dünyada olduğu gibi iş kazalarının ciddi bir sorun oluşturduğu ülkemizde de iş kazalarının önlenmesi anlamında iş güvenliği ve güvenlik kültürüne olan ilgiyi artırmıştır.

Genel anlamda, yaralanmalar ve iş kazaları, bir dizi emniyetsizliğin (güvensiz davranış ve güvensiz durumlar) sonucudur. Güvenlik kültürü ve performansının geliştirilmesinin sağlayacağı etki ise iş kazalarının yaratacağı talihsiz sonuçlara karşı işgücünün ve üretimin korunması ve sürdürülebilirliğin iyileştirilerek devamının sağlanabilmesi açısından bu emniyetsizliğin tespiti, önlenmesi ve ortadan kaldırılması yaşanan iş kazalarını azaltabilir.

Bu çalışmanın problemi; güvensiz durum ve davranışlar sonucu oluşacak risklerden ötürü yaşanacak iş kazaları ve oluşturacağı olumsuz sonuçlara karşın güvenlik kültürü ve performansının ve bunun iş kazaları üzerindeki etkilerini (işgünü kayıpları, verimlilik ve insan kaynağı vb.) incelemek için bir güvenlik kültürü sistem dinamiği modeli önermeyi hedeflemektedir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, sistem dinamiği yaklaşımı ile güvenlik kültürü ve performansın iş kazaları üzerindeki etkilerini incelemek. Ayrıca iş kazalarını azaltmak için güvenlik yönetimi üzerindeki etkili faktörlerin davranışını analiz etmeyi, güvenlik performansını ve kültürünü etkileyen nedensel faktörlerin karmaşıklığını anlamak için sistem dinamiklerinin etkili bir araç olarak nasıl kullanılabileceğini ve etkili güvenlik kültürü politikaların nasıl tasarlanabileceğini makro düzeyde de güvenlik problemlerini araştırmak için teorik bir çerçeve olarak kullanılabilecek genel bir sistem dinamiği modeli önermeyi amaçlamaktır.

1.3 Araştırmanın Önemi

İş kazalarının olumsuz maddi ve manevi etkileri üzerine İSG yönetim sistemi ve güvenlik kültürünün belirgin şekilde etkin ve etkili rolünün anlaşılmasına rağmen işyerinde hala bu kadar sık ve ciddi kazaların meydana gelmesi güvensiz durumlar ve güvensiz davranışlardan kaynaklanmaktadır.

Oluşturulacak model işletmelerde güvenlik kültürünü geliştirerek yaşanabilecek kazaların önüne geçmek ve güvenlik yönetim sistemlerine yönelik çalışan güvenliği, işletme-üretim güvenliği, çevre güvenliği ve sosyal güvenlik sistemine olan etkilerinin Sistem Dinamikleri modeli ile analiz edilerek ortaya konulması, yeni politikalar oluşturulması ve sosyo-ekonomik yapıya olan etkilerinin azaltılmasında rehber olabilir. Bunun yanında Sosyo-ekonomik sorunları gündeme getirerek iş kazası istatistiklerini ve iş kazalarını önleme işini analiz etmiş ve güvenlik kültürü politikalarını değerlendirmek için bir model geliştirmeye yardımcı olabilir. Farklı sektör dinamiklerinin de modele eklenmesi ve geçmiş yıllara ait SGK kaza verileri ile geleceğe yönelik projeksiyon tutularak genel ve sektörel olarak yeni politikaların oluşturulması için öneriler sunulmasına katkı sağlayabilir.

Bu sayede iş kazası sayıları, bununla bağlantılı olarak ölüm, sürekli iş göremezlik sayıları ile geçici iş göremezlik sürelerinin azalmasına ve kayıp işgünü sayılarının minimize edilmesine katkı sağlanarak sosyal yapı içerisindeki ekonomik yükün azaltılmasının kaynak israfının önlenmesinin yanı sıra, iş kazalarının azaltılmasına yönelik ulusal hedeflere ve iş güvenliği hedeflerine ulaşılması yönünde

atılacak adımlar ile çalışma barışına, üretimde artışa ve verimliliğe de olumlu katkı sağlayabilir.

Yapılacak politika analizlerinin uygulanması iyileştirmenin, başta metal, maden ve inşaat sektöründeki yansımalarının çalışma hayatında domino etkisi ile diğer sektörlerle de olumlu katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma, güvenlik kültürü politikalarının gelecekteki etkilerinin teorik ve ampirik olarak ortaya çıkarılması ile elde edilecek sonuçlar ışığında politika oluşturulmasında, sürdürülebilirlik ve verimlilik açısından kullanılan model ve ileride modele eklenecek diğer dinamikler ile literatüre katkısı sağlayacaktır.

1.4 Araştırmanın Varsayımları

Araştırma esnasında modelin oluşturulması ve uygulanmasıyla ilgili olarak, güvenlik kültürü ve sistem dinamikleri alanında literatürde sunulan içsel ve dışsal veriler ve alanında uzman kişileri ile yapılan görüşmeler sonucunda doğru değerlendirmelerde bulunduğu varsayılmıştır. Araştırma modeli, araştırma konusu ve amaçlarına uygun bir şekilde seçildi. Bu çalışmanın izlediği araştırma metodolojisi, sistem dinamiği metodolojisinin genel aşamalarına dayanmaktadır. Bu yöntem, karmaşık sistemleri simüle etmek için uygun yöntemlerden biridir ve çeşitli senaryoları test etmek için bir ortam sağlayarak sistemin uygun öğrenmeyi sağlamasını sağlayan nedensel ilişkilere dayanır. Bu yöntem aynı zamanda nitel yaklaşımla (nedensel analiz) ve nicel yaklaşımla (stok ve akış) sorunları analiz etmek için de kullanılabilir.

1.5 Araştırmanın Sınırlılıkları

Güvenlik politikaları uygulamaları, güvenlik riskini en aza indirmek ve kazaları önlemek için uygulanan programlar, politikalar, stratejiler, faaliyetler ve süreçlerden oluşan bir sistemdir. Model sınırı, Güvenlik kültürü konusunda SD literatüründe alışlageldiği üzere içsel, dışsal değişkenler listelenerek özetlenir. Dinamik modeli oluşturmak için öncelikle kaza, güvenlik kültürü ve performansı ile ilgili değişkenleri ve bileşenleri tanımlamamız gerekiyordu. Bu nedenle, önemli parametreleri doğru bir şekilde belirlemek için, bu çalışmada literatür tarafından sağlanan değişkenler kullanılmıştır. Modelin amacına uygunluk açısından bazı değişkenlerin eklenmesi ve çıkarılmasından sonra, çalışmanın ana değişkenleri

tanımlanmıştır. Güvenlik Kültürü ve kaza nedenselliğine ait veriler literatür verilerin ortalamaları alınarak modelde kullanılacaktır.

Bu çalışmada kullanılan temel değişkenler, güvenlik kültürünün ve güvenlik performansının geliştirilmesi, iş kazalarının nedenselliği ve oluşan kayıplar ve bunun çalışma hayatı ve mali performansa etkileri alanında toplanmıştır. Güvenlik performansını etkileyen güvenlik kültürü değişkenlerinin olası nedensel bağlantılarını risk seviyesi, güvensiz durumlar, güvensiz davranışlar, olaylar, kazalar, kaza maliyetleri, insan kaynağı, verimlilik ve güvenlik odağı oluşturmaktadır. Bütün bu veri kaynakları, veri kısıtları ve veri aralığı göz önünde bulundurularak dinamik sistem yaklaşımı simülasyon yöntemiyle güvenlik kültürünün ve güvenlik performansının geliştirilmesi, iş kazalarının nedenselliği ve oluşan kayıplar ve bunun çalışma hayatı ve mali performansa etkilerini ortaya koymak için oluşturulan simülasyon modeli 60 aylık zaman periyodunu kapsayacak şekilde gerçekleşecek değişimi ortaya koyacak bir projeksiyon modeli oluşturulmuştur.

Bu çalışmada dinamik sistem simülasyon modeli oluştururken, bilgisayar tabanlı bir yazılım olan dinamik sistem modelleme paketi olarak Stella Architect 3.3 kullanılmıştır.

1.6 Araştırmanın Dinamik Hipotezi

Bu modelin dinamik hipotezi, güvensiz davranışlar ve güvensiz durumlar riskleri arttırırken kaza oluşumuna sebep olur. Kaza ise iş günlerinin kaybolmasına, verimlilik ve insan kaynağı üzerinde olumsuz etki yapar ve masrafların artmasına neden olur. Risk ve kaza değişkenleri arasındaki ise bir zorlama döngüsü oluşur. Bunun sonucunda ise güvenlik uygulamaları başlar. İş kazaları sonucunda yaşanan bu olumsuz etkilere karşı güvenlik kültürünün iş kazaları ve güvenlik performansı üzerindeki güçlü bir etkisinin olduğu ayrıca organizasyonun güvenlik performansını güçlendirmede üst yönetimin (stratejik seviye), orta yönetimin (taktik seviye) ve çalışanların (operasyonel seviye) kişisel, davranışsal ve durumsal faktörlerinin etkileri de düşünüldüğünde güvenlik politikaların kazaların tekrarlarını, ciddiyetini ve maliyetlerini önemli ölçüde azaltır. Güvenliğe odaklanmakta ki seviye yükselir ve bunun etkisi ise risk seviyesinin azalmasını sağlarken güvenlikte artış elde edilmesiyle daha az kaza ve kayıp sağlar.

2. İŞ KAZASI VE GÜVENLİK KÜLTÜRÜ İLE İLGİLİ KAVRAMLAR

2.1 Kaza Kavramı

İş kazası kavramını açıklamadan önce kısaca kaza kavramına değinmek faydalı olacaktır. TDK sözlüğünde tanımlandığı şekli ile kaza; “istem dışı veya umulmayan bir olay dolayısıyla bir kimsenin, bir nesnenin veya bir aracın zarara uğraması” olarak ifade edilmektedir (TDK, 2021). Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere kazanın kişinin iradesi dışında gerçekleşmesi, ayrıca sonucunda kişi tarafından istenmemesi önemli bir noktadır. Bu faktörler ile değerlendirildiğinde kaza kavramını; istem dışı, kişi tarafından istenmeyen bir durum ile neticelenen, aniden ortaya çıkan umulmadık bir olay, kayıp veya yaralanmaya sebep olan öngörülme planlanmadan gerçekleşen bir olay” olarak ifade edebiliriz. Gerçekleşen olayın kaza şeklinde değerlendirilebilmesi için sel, fırtına, deprem vb. gibi doğa olayları değil, insanın doğrudan veya dolaylı olarak içinde bulunduğu faaliyetlerinin bir sonucu olarak gerçekleştiği şeklinde düşünülmelidir (Kanten, 2018).

Sonuç olarak kısaca kaza kavramını özetleyecek olursak, insanların bile isteye değil, bilmeden ve istemeden sebebiyet verdiği, ansızın ortaya çıkan, sonucunda, ölüm, fizikken yaralanma veya mal ve ürün kaybına sebep olan olaylardır şeklinde ifade etmek mümkündür.

2.2 İş Kazasının Tanımı ve Kapsamı

İş kazasını tanımlamada yapılacak tek bir kaza tanımı yeterli olmayacaktır. Bu bağlamda iş kazalarının birçok farklı tanımı bu alanda uzman kurum ve kuruluşlar tarafından yapılmıştır. 1983 yılında Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO, 1983) tarafından yayınlanan İş Sağlığı ve Güvenliği Ansiklopedisi’nde iş kazasının tanımına şu şekilde yer verilmiştir. “Belirli bir zarara ve yaralanmaya neden olan beklenmeyen ve önceden planlanmamış olay.” olarak ifade edilmiştir (Turan, 1994: 117). Dünya Sağlık Örgütü ise (WHO, 2019) iş kazası tanımını genel olarak yaralanmaya ve makinelerin zarara uğramasına yol açan önceden planlanmamış olaylar olarak tanımlamıştır. Avrupa İstatistik Ofisi (Eurostat, 2019) ise iş kazasını,

“İş sürecindeki fiziksel ve ruhsal yönden zarara sebep olan olaylardır.” şeklinde tanımlanmaktadır.

İş kazası 6331 sayılı İSG kanununda, “iş yerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen engelli hale getiren olay” olarak tanımlanmaktadır (Resmi Gazete, 2012).

5510 Sayılı SGK Kanununun 13. maddesine göre iş kazası sigortalının;

- a) İşyerinde bulunduğu sırada,
- b) İşveren tarafından yürütülmekte olan iş nedeniyle sigortalı kendi adına ve hesabına bağımsız çalışıyorsa yürütmekte olduğu iş nedeniyle,
- c) Görevli olarak işyeri dışında başka bir yere gönderilmesi nedeniyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda,
- d) Emziren kadın sigortalının, iş mevzuatı gereğince çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda,
- e) İşverence sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere gidiş geliş sırasında, meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan bedenen ya da ruhen özre uğratan olay olarak tanımlanmaktadır (Yıldız, 2013).

Yapılan tanımlara bakıldığında ise ulusal mevzuatımız ve uluslararası kuruluşlarca yapılan iş kazası tanımlarında iki ana unsurun ön plana çıktığı görülmektedir. Bu unsurlardan biri kazanın aniden gerçekleşmesi, ikinci unsurun ise beklenmeyen bir olay olarak nitelendirilmesidir.

2.3 Kaza Oluşum Teorileri

İş kazalarına sebep olan olaylar araştırılıp incelenirken her olaya özgü farklı bakış açılarının geliştirilmesi iler ki süreçlerde yaşanması olası kazaların oluşumunun engellenmesi adına son derece önemlidir. Bu nedenle iş kazalarına sebep olan nedenlerin ortaya çıkarılması ve tespiti adına literatürde yer alan kaza teorilerin incelenmesi yerinde olacaktır. Literatürde kaza teorileri, kazaların nasıl meydana geldiğini, sebeplerini, kaza oluşumunda hangi faktörlerin etkin ve etkili olduğunu ve koruyucu önlemlerin hangilerinin alınması gerekliliğini açıklayan teorilerdir.

Kazalarının sebeplerini ve nasıl meydana geldiklerini anlamak için kaza teorilerini anlamak önemli ölçüde fayda sağlayacaktır. Şekil 2.1, kaza oluşum

nedenlerini ortaya koymak için geliştirilen teorilerden kullanım bakımından en çok tercih edilen kuramları göstermektedir.

Bunlar Sistem Teorisi, Kombinasyon Teorisi, Domino Teorisi, Kaza/Olay Teorisi, İnsan Faktörleri Teorisi ve Epidemiyoloji Teorisidir (Semerci, 2012:35; Dizdar, 2001:28; Colling, 1990).



Şekil 2.1: Kaza Oluşum Teorileri

Kaynak: (Dizdar, 2001: 28)

2.3.1 Tek faktör teorisi

Tek Faktör teorisi, kazaların bir tek faktör sebebiyle meydana geldiğini ve kazanın oluşumuna sebep olan etkenin ortadan kaldırılması ile sonraki süreçlerde kazanın önleyeceğini savunur (Benner, 1979). Kazaların sebebini tek bir etkene indirgenmesini ilkel bulan ve gerçeklikten uzak olduğunu düşünen kaza teorisyenleri tarafından eleştirilen bu teori, kaza araştırma ve incelemelerinde sorumluların tespit edilmesinde kolaylık sağlamasından ötürü yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Benner, 1979).

2.3.2 Domino teorisi

İlk kaza teorilerinden birisi Domino teorisidir. Heinrich tarafından 1929 yılında yapılan çalışma sonucunda geliştirilmiştir (Jovanovic ve diğerleri, 2004: 329). Bu kuram güvenlik teorisyenlerinin farklı kuramların geliştirilmesinde de sıklıkla başvurdukları bir kuramdır. Heinrich, 1920'li yılların ortasında geliştirdiği teorisinin dayandığı noktaları 1950 yılında yayınlanan "Industrial Accident

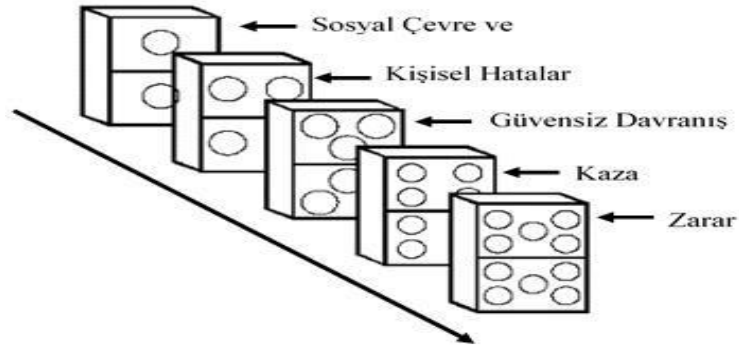
Prevention” adlı yayınında, aşağıdaki unsurlarla açıklamaktadır (Manuele, 2003:187):

Bu kurama göre kazalar, beş domino taşının ardışık olarak dizilişinde düşen her bir taşın bir sonrakini devirmesine benzetilerek açıklanmıştır. Teoriye göre kazalar beş temel faktörün bir zincir oluşturacak şekilde bir araya gelmesinin sonucunda oluşmaktadır (Heinrich, 1941: 13; Sabed, Aadal, Jamshidi ve Rad, 2013: 73). Modelde ortaya konulan beş faktör aşağıda belirtilmiştir

- a) Çevre: İnsanın içinde bulunduğu sosyal çevre veya insanın kişisel özelliklerinden kaynaklı kalıtsal çevre insanı kazaya neden olacak davranışlarda bulunmaya zorlayabilir.
- b) İnsan hatası: Kişinin insani özellikleri sebebiyle oluşan faktörlerdir. Beşeri bu özelliklere örnek verecek olursak dikkatsizlik, uyumsuzluk, önemsememe, beceri eksikliği gibi özellikleri sayabiliriz. Bu ve benzeri faktörler kazanın oluşmasına ortam hazırlayabilir.
- c) Güvensiz davranış ve güvensiz durumlar: İnsanın içinde bulunduğu duruma bağlı olarak yaptığı güvensiz hareket ve tehlikeli durumlara bağlı olarak kaza meydana gelebilir.
- d) Beklenmeyen olay: Yukarıda ifade edilen bu üç özelliğin bir arada meydana gelmesi de kesinlikle kazanın meydana geleceği anlamı taşımaz. Bu özelliklere ek olarak planlanmamış ve beklenmeyen aniden ortaya çıkan bir olayın oluşması gerekir.
- e) Zarar: Teorinin ve kaza oluşumunun son halkasıdır. Bütün bu değişkenlerin bir arada arka arkaya meydana gelmesi sonucunda insan veya çevre zarar görür.

Heinrich’e göre her kaza, yaralanma ve zarar görme olayı gibi, yukarıda ifade edilen beş temel faktörün art arda birbirini izlemesi neticesinde oluşur. Bu faktörlerden birine herhangi bir şey olmadıkça takip eden bir sonraki olay meydana gelmez ve zincir tamamlanmadan da kaza ve yaralanma gerçekleşmez (Karaboğa, 2014).

Araştırmacılara göre, domino teorisinde kazaların bu beş ana faktörün, art arda oluşan "kaza zincirinden meydana geldiği kabul edilmektedir. Kaza zincirini oluşturan bu faktörler domino taşları örneği ile Şekil 2.2’de de açıklanmıştır (Oğuzalp ve Dalyan, 2005).



Şekil 2.2: Domino Teorisi

Kaynak: (Sabet ve diğerleri, 2013: 74)

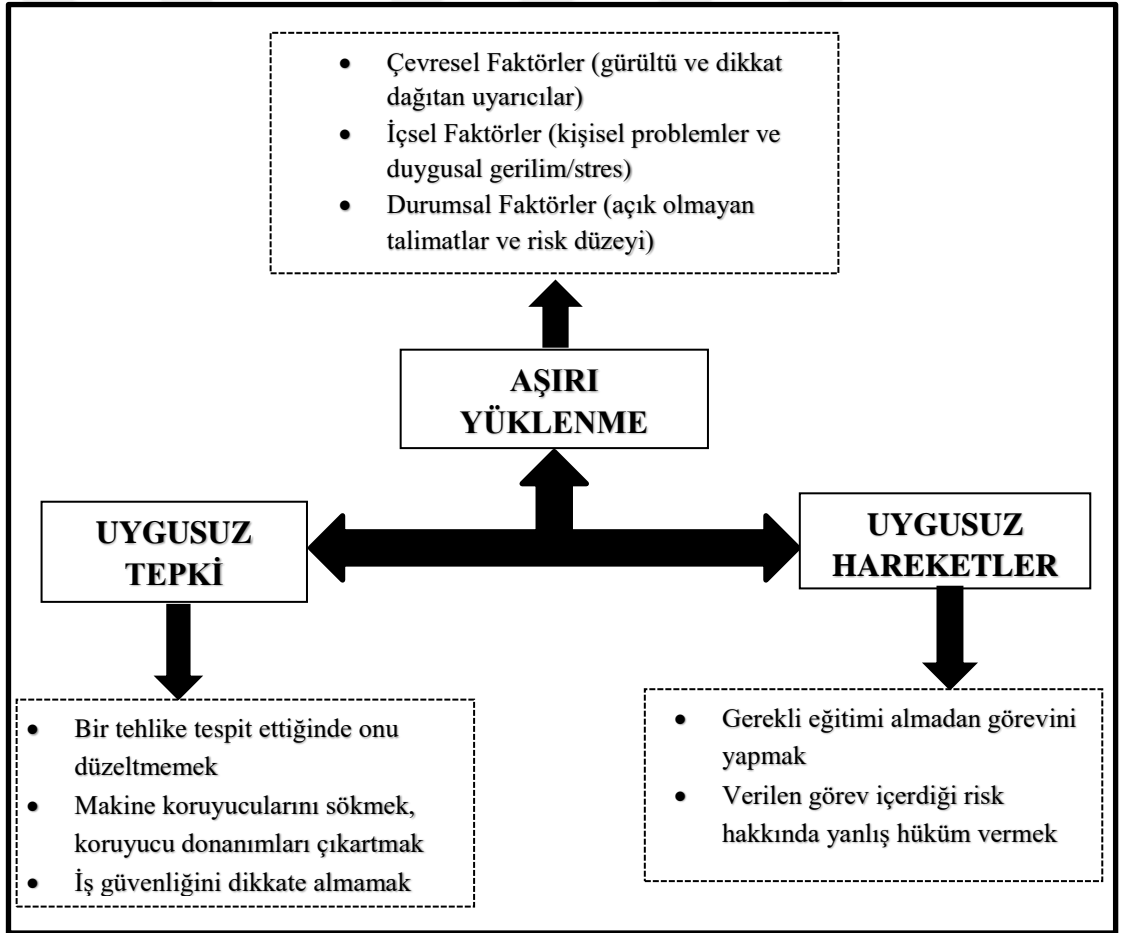
Heinrich teorisinde beş adımdan ilk dördü üzerinde herhangi birinin oluşumunun engellenmesi ile kaza oluşumu önlenebileceğini savunur. Teoriye göre kaza zincirinde, ilk iki durumun engellenmesi için yapılacak çok fazla şey olmadığı fikri hâkimken, üçüncü sıradaki güvensiz davranış ve durumları ortadan kaldırmanın kazanın oluşumunu engellenebileceğini savunur.

Bu kuramın ana fikri iki odak noktası üzerine kuruludur: İlki tehlikeli durumlar ile tehlikeli davranışları ortadan kaldırmak veya oluşumlarını engellemek, sonrasında sosyal çevre ile kişisel hatalar meydana gelse dahi, kaza ve zarar gerçekleşmez. Kısacası güvensiz davranış ve güvensiz koşullar ortadan kaldırılır ise kuram içerisindeki önceki faktörlerin hareketinin hiçbir etkisi olmaz ve sonuç olarak kaza ve yaralanmalar engellenir (Karaboğa, 2014). Güvensiz davranış ve güvensiz koşullar, kuramdaki faktörler içerisinde en önemli olanıdır. Bu faktörün oluşturacağı etkinin ortadan kaldırılması ile diğer faktörlerin etkisi de ortadan kalkacaktır. Bu sayede kazalar oluşmaz ve meydana gelebilecek hasarlarda önlenir. Domino teorisi kaza süreçlerini tanımlayan en anlaşılır kuramlardan biridir. Teorinin eksik kaldığı nokta ise, kazaların meydana gelişinde kaza geçirenin hatasını ön plana çıkarması ve kazaların meydana geldiği işletmelerde yönetim ve organizasyon hatalarını dikkate almaması sebebiyle eleştirilmektedir (Manuele, 2011: 54).

2.3.3 İnsan faktörleri teorisi

Teorinin amacı çeşitli koşullar ve durumlar altında, insanların hata yapma eğilimini araştırmaktır. Yaşanan kazanın, insan hatalarının sebep olduğu olaylar zincirine bağlı olduğu görüşünü savunur. Teorinin sahibi Dr. Russel Ferrell teorisinde insan hatasının üç önemli faktörden oluştuğunu ileri sürmektedir. Bu

faktörlerin ilkinin aşırı yüklenme olduğuna vurgu yapan Ferrell, aşırı yüklenmeyi ise kişinin maruz kaldığı yük ile kabiliyeti arasındaki uyumsuzluk olarak tarif etmiştir (Petersen, 2003: 26). Bu teorinin ikinci önemli faktörünü aşırı yüklenmenin sonucunda kişilerin içinde buldukları olaylar karşındaki uygun olmayan tepkiler verme potansiyeli olarak ifade edilmiştir. Kaza zincirini tamamlayan teorinin son faktörü ise kişilerin uygun olmayan davranışlar sergilemesidir. Kazalar yukarıda sayılan bu üç faktörün bir araya gelmesiyle gerçekleşmektedir (Petersen, 2003: 27). Kazanın oluşum sebebi olarak insan faktörü görülse dahi bu teoride, çalışanlar suçlanmaz, kazanın olası nedenleri arasında işyerinin tasarımı ve çalışan sınırlaması olarak görülmeyen işler gibi diğer faktörler de yer alır. İnsan sınırlamasına daha uygun olarak iyi tasarlanmış işyeri, görevler ve araçların oluşturulması temel amaçtır (Hamid ve diğerleri, 2008). Bu durum Şekil 2.3’de açıklanmaktadır.



Şekil 2.3: İnsan Faktörleri Teorisi

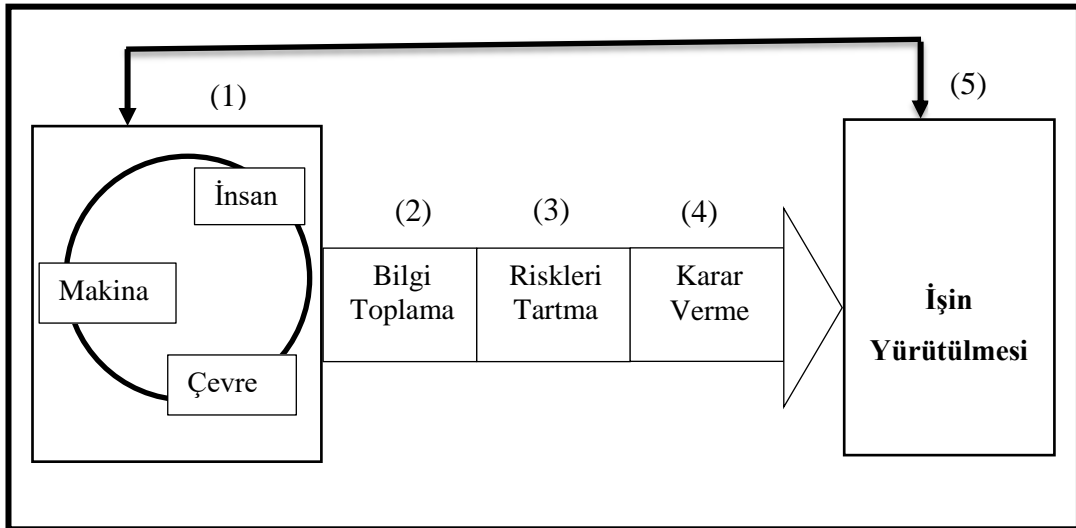
Kaynak: (Goetsch, 2011: 36)

2.3.4 Sistem teorisi

Bir araya gelerek birlikte bir bütün oluşturan, düzenli olarak karşılıklı etkileşim halinde olan ve birbirini etkileyen ve birbirlerinden etkilenen bileşenler topluluğuna sistem denilmektedir. Kaza sebep teorilerinden “Sistem Teorisi bu tanım üzerine inşa edilmiştir. Sistem teorisi; insan, makina ve çevreden kaynaklı farklı etkenlerin bir araya gelerek birbirlerini etkileyen bir sistem oluşturduğunu ileri sürmektedir. Bu kuram, kazaların temel sebeplerini insan hatalarına bağlayan savların aksine, uygunsuz işyeri organizasyonları ile makinelerin sebep olduğu hataların insan hatalarıyla birleşerek kazaları meydana getirdiğini savını öne sürmektedir (Perrow, 2000: 35).

Bu teoriye göre oluşacak kazaları tamamen ortadan kaldırmak imkânsızdır. Bu sebepten dolayı kazaları sistemin bir parçası olarak görmek ve kaza oluşumunu ve olasılığını en aza indirmek için sisteme özgü yeni politikalar geliştirmenin gerekliliği üzerine yoğunlaşılması gerekliliği fikri üzerine odaklanılmalıdır (Perrow, 2000: 55).

Teorinin ana bileşenleri kişi/makine/çevre etkileşimi ile bilgi, karar, riskler ve işin yürütümüdür. Bu bileşenlerin her biri, kazaların oluşma ihtimalini etkilemektedir. Şekil 2.4’te sistem teorisi bileşenleri görülmektedir:



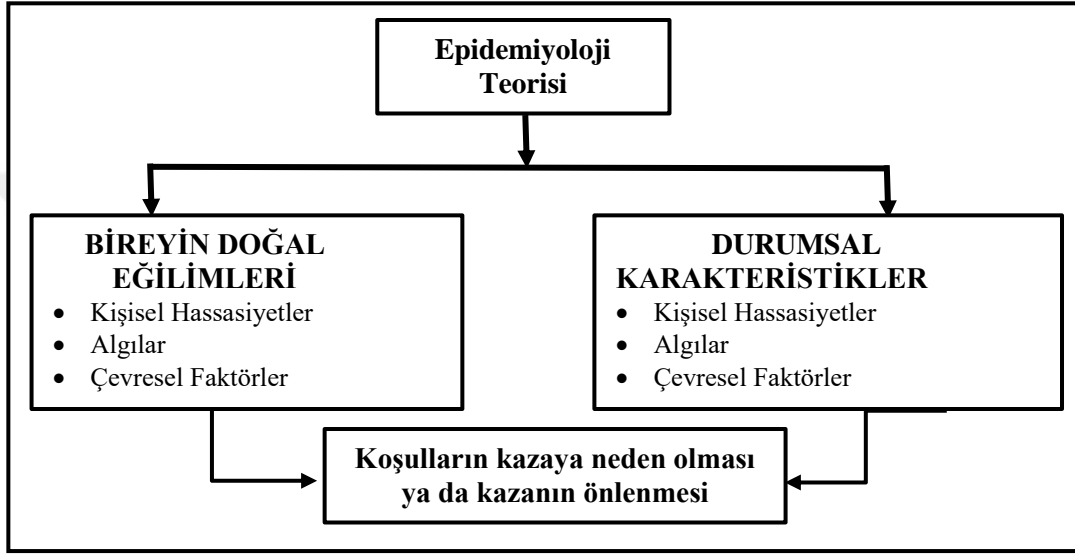
Şekil 2.4: Sistemler Teorisi

Kaynak: (Goetsch, 2011: 40)

2.3.5 Epidemiyoloji teorisi

Genel olarak güvenlik üzerine yapılan çalışmalarda ortaya konan teori ve programlar kaza ve yaralanmalar neticesinde oluşan sonuçlara yöneliktir. Fakat

gününüz yaklaşımında ise, endüstriyel hijyen kapsamındaki konuları da çalışma alanı içinde daha detaylı ve kapsamlı şekilde ele almaktadır. Hastalıklara sebep olabilecek çevresel faktörler endüstriyel hijyen kapsamındadır (Goetsch, 2011:38). Bu yaklaşım tarzı ise dolaylıda olsa kaza sebeplerine ilişkin kuramların gelişimine katkı sağlamıştır. Teori, çevre faktörlerinin hastalıklar ile arasındaki ilişkinin belirlenmesinde, ayrıca çalışma için kullanılan modellerin, çevre faktörlerinin kazalarla arasındaki nedensellik ilişkinin ifade edilmesinde de kullanılabileceğini savunur (Dizdar, 2001). Şekil 5’de modelin genel yapısı görülmektedir.



Şekil 2.5: Epidemiyoloji Teorisi

Kaynak: (Goetsch, 2011: 38)

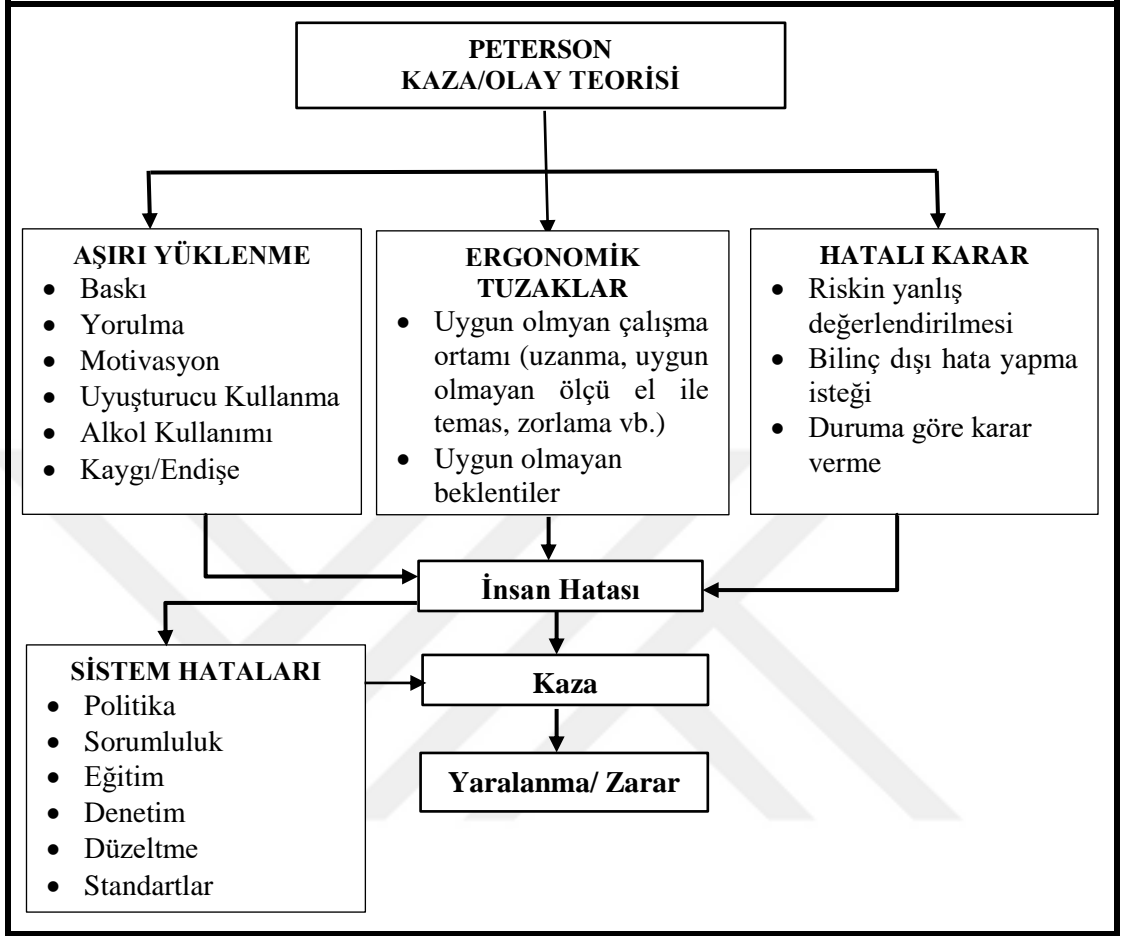
2.3.6 Kombinasyon teorisi

Tek başına tek bir kuramın bütün olayları açıklayamayacağı görüşü hâkimdir. Bu teori kazaların oluşum nedeni, iki veya daha da fazla kaza teori modelinin bir araya gelerek oluşturacağı kombinasyon ile daha sağlıklı sonuçlar alınabileceğini savunur (Dizdar, 2001: 28; Goetsch, 2011: 43). Geliştirilen model ile birkaç kuramın bir arada kullanılması, iş kazalarının oluşum nedenlerine yönelik çok daha etkili sonuçların alınmasını mümkün kılacaktır. Zira bu modele göre kaza nedenlerini açıklamada hiç bir model tek başına yeterli değildir.

2.3.7 Kaza/olay teorisi

Teori, “İnsan Faktörleri Teorisinin” devamı niteliğinde ilk kez Dan Petersen tarafından açıklanmış ve ortaya çıkmıştır. Peterson, bu teori ile insan faktörleri kuramını desteklerken aynı zamanda iş kazalarının sebeplerine ergonomik

eksiklikler, yanlış kararlar ve sistemsel hatalar gibi yeni kavramları da geliştirmiş olduğu teorisine ilave ederek teorisini genişletmiştir. Şekil 2.6’de Peterson’un bu teorisi modellenmiştir (Goetsch, 2011: 37).



Şekil 2.6: Kaza/Olay Teorisi

Kaynak: (Goetsch, 2011: 37)

Modele göre aşırı yüklenme, ergonomik problemler ve iş ve işleyiş üzerine verilen hatalı kararların insan hatasına sebep olduğudur. İşle ilgili bilinçli veya bilinçsizce alınan hatalı kararlar olabileceği gibi mantıksal bir çerçevede de olabilir. Çalışanlar üzerindeki baskının türü olarak üretim baskısı, yönetim baskısı ve bütçe konusu da tehlikeli hareketlere sebep olabilir. Verilen karara etki eden başka bir faktör ise “Bana bir şey olmaz” yaklaşımıdır. Aksorn ve Hadikusumo (2007: 6-10)’ya göre hatalı kararlar; kişisel, işten kaynaklı, yönetsel nedenler ve grup normlarından kaynaklı nedenlerden oluşmaktadır.

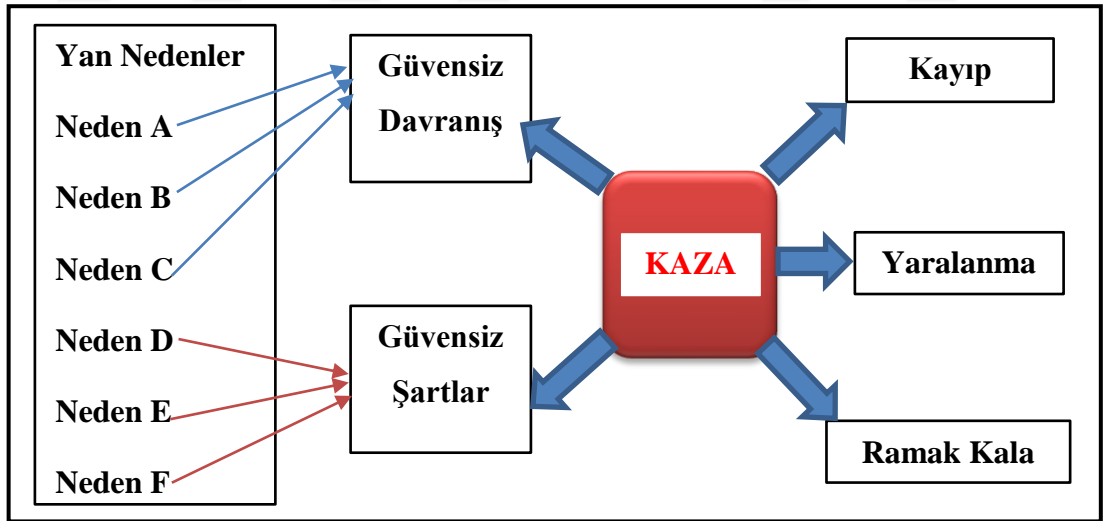
Teori, çalışma koşullarından kaynaklanabilecek sorunları dikkate alırken, hem uygun çalışma ortamına, hem de çalışan psikolojisine odaklanıyor ve sistemsel

unsurlarla modeli de desteklemekte. Önceki modellerdeki eksikliklerin, bu faktörler ile tamamlandığı görülmektedir (Arpat ve diğerleri, 2014).

2.3.8 Yönetim temelli teori

Yıllarca yapılan kaza nedenleri ve sebep teorileri çalışmaları sonucunda, kazaların oluşum sebepleri ele alındığında çalışan unsuruna ilave yönetim faktörüne de büyük bir vurgu yapılarak Heinrich'in kaza teorisi revize edilerek güncellenip, değiştirilmiştir. Yönetim ve yönetsel faktörler kaza nedenlerinin başlıca sorumlusu olarak ileri sürülmüş ve yönetsel hataların oluşumunun engellenmesi gerekliliği konusuna vurgu yapılmaktadır (Hosseinian ve Torghabeh, 2012: 53). “Çok Etken Teorisi” yönetim temelli teoriye örnek olarak aşağıda anlatılacaktır.

Çok Etken Teorisi (Multiple Causation Model), Domino teorisine göre, Heinrich kazaların genelini tek bir nedene dayandırmaktaydı. Petersen tarafından 1971’de ortaya atılan teoriye göre ise, kazaların nedenlerinin kişisel olmadığı aksine yönetim kaynaklı olduğudur. Petersen’a göre kazanın iki ana unsur vardır, bunlar güvensiz durumlar ve güvensiz davranışlardır. Şekil 2.7’de çok etken teorisi ayrıntılı şekilde gösterilmektedir (Hosseinian ve Torghabeh, 2012: 55).



Şekil 2.7: Çok Etken Teorisi

Kaynak: (Hosseinian ve Torghabeh, 2012: 55)

2.4 İş Kazalarının Sebepleri

İş kazalarının birçok ve farklı nedeni bulunmaktadır. Ayrıca, iş kazalarının sebeplerini ortaya koymak ve genelleme yapmak da oldukça çok zordur. Kazaların

önlenmesi amacı ile bu sebeplerin sistematik olarak, ayrıntılı ve gerçeklere uygun bir şekilde tespit edilmesi kazaların tekrar etmemesi ve önlenmesi bakımından önem arz etmektedir.

Kazaların oluşum sebepleri incelendiğinde kaza nedenlerinin sektörel, çalışılan işletmenin büyüklüğü, yöneticilerin konuya bakışına ve tutumlarına, çevresel faktörlere ve hatta ülkelerin gelişmişlik düzeylerine, vb. birçok faktöre bağlı olduğu görülmektedir.

İş kazaları genel olarak birbiriyle ilişkili birçok faktörün bir arada olmasından kaynaklı ortaya çıkmaktadır. İşle ilgili kazalarının meydana gelmesinde kullanılan üretim teknolojisi, kullanılan üretim araçları, çevresel koşullar ve bunun yanında psikolojik, sosyolojik, fizyolojik vb. birçok farklı nedenden kaynaklanmaktadır. Kaza oluşum sebeplerini, güvensiz durumlara sebebiyet veren “fiziksel nedenler” ve güvensiz davranışların kaynağını da “kişisel nedenler” olarak değerlendirebiliriz.

2.4.1 Güvensiz durumlar

Güvensiz durumlar iş kazalarının oluşumunda ana faktörlerden birisidir. Çalışma ortamında tehlike sebepleri çoğunlukla çevre, makine ve malzemenin kaynaklanmaktadır. Kullanılan teknoloji ve araçlarının yetersizliği, çalışana ve yapılan işe uygun olmayan alet ve makinelerin kullanılması, bakım ve kontrollerin düzenli yapılmaması, çevre şartlarının sağlıksız olması, çalışma ortamındaki sağlık koşulları, işyerinin düzensizliği, yetersiz aydınlatma, sıcaklık, gürültü, basınç gibi birçok farklı eksiklikler çalışma ortamını güvensiz ve tehlikeli bir hale getirmektedir.

2.4.2 Güvensiz davranışlar

Çalışma hayatında ve üretimin tüm aşamalarında çok önemli görevler üstlenen, farklı ve değişik birçok makine ve alet kullanan insan, çalışma ortamında ve çalışmanın devamı sırasında sürekli algılama ve tepki vermek zorundadır. Bu yüzden ki çalışma devam ettiği süre boyunca iş görenin, duyu organlarının, merkezi sinir sisteminin sağlam ve sağlıklı olması ve aynı zamanda da yapılan faaliyetleri yürütebilecek kapasitede olması gerekir. Çalışanların fiziksel, ruhsal ve zihinsel durumları dikkate alınmadan yapılacak iş yükünün ve çalışma hızını planlanması güvensiz davranışları ortaya çıkartmaktadır.

Eğer yapılacak işlerde çalışanın, fiziksel güç ve zihinsel kapasitesi göz önüne alınmadan, yapılan planlamalar veya yapılacak işler tekdüze özelliklere sahipse çalışanın dalgınlık ve dikkatsizliğine sebep olacaktır.

Ayrıca yapılan iş için çalışanın ihtiyaç duyduğu besin enerjisi sağlanamadığında, güvensiz davranışların artması ve iş kazalarının meydana gelmesi kaçınılmaz olacaktır (Bayraktar, 2020).

İş görenler, yapacakları iş konusunda ihtiyaç duyulan gerekli eğitimler sağlanmadan veya iş görenlerin yapılacak iş konusunda mesleki beceri ve deneyimleri arttırılmadan çalışmaya başlatılması, çalışanların kişilik özelliklerinin dikkate alınmaması çalışanların tehlikeli davranışlarda bulunmasına sebep olabilir. Bu durum da kazalara sebep olmaktadır. Diğer faktörler ise, aile yapıları, aldıkları ücret, iş güvencesinin olmaması, çalışma yöntemi, insanları etkileyebilecek olumlu ya da olumsuz faktörler olarak görülmektedir. Yine çalışma ortamına bağlı olarak çalışma ortamındaki kirli hava, yetersiz aydınlatma, nem, sıcaklık, gürültü, hava akımları, gibi fiziksel ve kimyasal etmenler de çalışanda odaklanamama, konsantrasyon eksikliğine ve yorgunluğa neden olmakta bu ve benzeri faktörler sonucunda ise güvensiz davranışlar meydana gelmektedir.

2.5 İş Kazası Karşılaştırma Ölçütleri

İş kazalarının değerlendirilmesinde istatistiki olarak bazı kriterler kazalarının analizi ve karşılaştırması esnasında tercih edilmektedir. Avrupa Topluluğu İstatistik Ofisi (EUROSTAT) tarafından iş kazaları ile ilgili yapılan bu çalışmalar için İş Kazası Sıklık Hızı ve İş Kazası Ağırlık Oranı kullanılması istenmiştir (ILO, 1998; EUROSTAT, 2009).

2.5.1 Kaza olabilirlik oranı (Accident incidence rate)

EUROSTAT tarafından geliştirilen dokümanda iş kazası istatistiklerin oluşturulmasında kullanılmak için, “kaza olabilirlik oranı”, “incidence rate” olarak ifade edilmiştir. Bu kavram, her 100 bin çalışan başına düşen iş kazası sayısını ifade etmektedir. Kazaya uğrayan kişi sayısının tek başına bir anlamı yoktur. Kazaya uğrayan kişi sayısının incelenen çalışan grubu içindeki oranı önemli olan noktadır. Bundan dolayıdır ki iş kazası ile ilgili konularda yapılan karşılaştırmalarda, çalışan sayısı ve kaza sayısı net olarak bilindiğinde, genellikle kaza olabilirlik oranı tercih

edilen bir karşılaştırma ölçütü olarak karşımıza çıkmaktadır. Eşitlik 2.1'e göre iş kazası olabilirlik oranı (İKOO) hesaplanmaktadır.

$$\text{İKOO} = \frac{\text{Kaza Sayısı} \times 100.000}{\text{Çalışan Sayısı}} \quad (2.1)$$

2.5.2 İş kazası tekrarlanma oranı (Accident frequency rate)

Belirli bir çalışma süresi dilimi içinde çalışılan bir milyon iş saati başına düşen kaza sayısını iş kazası tekrarlanma oranı vermektedir (Müngen, 2013). Çalışılan toplam saatin hesaplanmasındaki güçlükler ve mevcut verilerin güvenilir olmamasından kaynaklı olarak kaza tekrarlama oranı, kaza sıklığı ölçütüne göre daha nadir tercih edilen bir ölçüttür (Güranlı, 2006). Bu durumda, Eşitlik 2.2'ye iş kazası tekrarlama oranı (İKTO) göre hesaplanır:

$$\text{İKTO} = \frac{\text{Kaza Sayısı} \times 1000.000}{\text{Toplam Çalışma Saati}} \quad (2.2)$$

2.5.3 İş kazası ağırlık oranı (Accident severity rate)

Belirli bir dönemde meydana gelen iş kazalarının sayısal durumunu değil, sebep olduğu iş günü kaybı açısından önemini saptamak için kullanılmakta. Bu ölçüt aynı zamanda "Kaza Şiddet Oranı" olarak da ifade edilir. Kazalar sebebiyle, çalışılan bin saat başına ne kadar iş günü kaybedildiğini ifade etmektedir (Müngen, 2013). Kayıp iş günü sayısının doğru bir şekilde tespit edilmesi çok önemlidir. İş kazası ağırlık oranı (İKAO) Eşitlik 2.3'te bir takvim yılında çalışılan 1.000.000 saatte kaç iş gününün iş kazasından ötürü kaybedildiğini göstermektedir.

$$\text{İKAO} = \frac{\text{Toplam Gün Kaybı} \times 1.000.000}{\text{Toplam Çalışma Saati}} \quad (2.3)$$

2.6 İş Kazalarının Sosyo-ekonomik Sonuçları

İş kazaları hem toplumun hem de kazaya uğrayanların huzur refah ve güvenini olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Yaşanan iş kazaları sadece kazaya uğrayanın yaşam hakkı ve sağlığını değil, bununla birlikte kazazede ve ailesinin sosyoekonomik geleceği üzerinde de ciddi şekilde olumsuz etkiye sebep olur. Kazanın sonuçlarına işletmeler ve işverenler açısından bakacak olursak, işletmeler açısından da ağır ekonomik kayıplara sebep olurken işverenler ve idarecilerin ise hukuki anlamda ağır cezai yaptırımlarla karşı karşıya kalmalarına sebep olmaktadır.

Ayrıca iş kazaları ülke ekonomileri için de çok ciddi sorunlara sebep olarak ülkelerin ve toplumun refah seviyelerini etkilemektedir.

İş kazaları sonuçları bakımından çok büyük ekonomik kayıpların yanında maddi olarak hesaplanması pek de mümkün olmayan yetişmiş insan gücünün kaybına neden olur. İş kazalarının çok sık yaşandığı toplumlarda özellikle de toplu ölümler yaşanması durumunda halkta kitlesel tepkilere sebep olabilmekte ve toplumun devlete olan güven duygusunun zedelenmesine sebep olmaktadır. Bu kısım altında iş kazalarının sosyoekonomik sonuçlarına çalışanlar, işverenler ve toplumlar bağlamında değinilecektir.

2.6.1 Çalışanlar açısından

İş kazaları sonucunda kaybedilen can kaybının değerinin maddi olarak ölçülmesi mümkün değildir (Ofloğlu ve Uysal, 2000: 1). İş kazalarının meydana getirdiği ağır sonuçların etkisi en çok çalışanlar üzerinde ortaya çıkmaktadır.

İş kazaları sonucunda ise kazazedeler çalışma gücünü kısmen veya tamamen kaybedebilir, ciddi sağlık sorunları ile karşı karşıya kalabilir yaşanan kaza ekonomik ve sosyolojik sorunları da beraberinde getirebilir. Ağır yaralanmalı veya vücut bütünlüğünü bozan uzuv kayıplı kazalarda çalışanların birçoğunun eski sağlığına kavuşması da pek mümkün olmaz. Belki de çalışanın sağlığına tekrar kavuşabilmek adına uzun süre tedavi görmesi gerekir. Yaşanan kaza çalışma gücünü kaybeden kazazede ve ailesi açısından öncelikli olarak acı ve ıstıraba neden olurken, ayrıca aile için birtakım ekonomik sorunların yaşanmasına da neden olmaktadır.

Kazazedenin kaza sonrasında engelli olması durumunda ise, engelli çalışanlar yeni bir iş bulmakta zorlanmakta ve uzun süreli işsizlikle karşı karşıya kalmaktadır. Çalışma fırsatı bulanların ise gelecekteki ekonomik kazanımları iş kazası öncesine göre ciddi bir şekilde etkilenmekte ve azalmaktadır. İş kazası nedeniyle gelir kaybına uğrayan, kazazedenin ve ailesinin yaşam kalitesi maddi olarak olumsuz etkilenirken kazazedenin eş ve çocuklarını yaşanan ekonomik kaybı telafi etmek için iş gücü piyasasına girmeye zorlanmaktadır. Böyle bir durumda çalışmak zorunda kalan çocukların eğitim hayatları da olumsuz etkilenmektedir,

Ağır Engelli hale gelen çalışanlar yaşamlarını çoğu kez başkalarına muhtaç ve hatta onların desteği ile sürdürmek zorunda kalmaktadırlar. Yaşamını, başkalarına

bağımlı olarak sürdüren kişiler fizyolojik zorlukların yanı sıra psikolojik olarak da olumsuz yönde etkilenirler (Tereci, Turan, Kasa, Öncel ve Arslansoylu, 2016: 86).

Psikolojisi bozulan kazazedenin ailesi ve çevresi ile olan bağları zayıflayarak birtakım ruhsal sorunlar da yaşayabilir. Çalışma ortamında ölümle veya yaralanma ile sonuçlanan iş kazaları diğer çalışanlar üzerinde de psikolojik olumsuzluklara sebep olur. Bu durumda kendilerini güvende hissetmeyen çalışan da iş ve sosyal hayatlarındaki motivasyonlarını kaybederler.

2.6.2 İşverenler açısından

İşverenler açısından iş kazaların sonuçları düşünüldüğünde ekonomik ve hukuki boyutta ağır yaptırımlar söz konusudur. İşverenler idari ve cezai yaptırımlarla karşı karşıya kalmaktadır (Süzek, 2018: 430). İşletmelerde, ölümlü veya ağır yaralanmalı kazalar, toplumda işletmeye duyulan güven duygusunu olumsuz etkiler bu da işletmenin prestijine zarar vermektedir. Aynı zamanda firmaya karşı toplumsal tepkilere de sebep olabilir. Bu tepkiler ise sosyal yaptırımlara dönüştüğünde ekonomik ticari gelecekleri zarar görmektedir (Gunningham, 1999: 12).

İş kazaları, sonuçları bakımından da işverenlere çok ağır maliyetlere sebep olabilmektedir. Araştırmalar ve araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalarda iş kazalarının ortaya çıkardığı maliyetleri iki bölümde incelediği görülmektedir (Demir, 2009, 41). Birincisi hesaplanabilir ve parasal olarak net bir şekilde ortaya konabilen edilebilen doğrudan maliyetlerdir (Kalkış, 2014: 24). Diğer bir ifade ile doğrudan maliyetler; İş kazası sonucu çalışma ortamında oluşan hasarın giderilmesi için bakım, onarım ve yenileme çalışmalarına harcanan giderler, kazaya uğrayan kişiye yapılan tedavi masrafları, mahkeme giderleri, iş göremezlik ödemeleri ve istihdam maliyetleri gibi kesin olarak hesaplanan harcamalar doğrudan maliyetler şeklinde ifade edilmektedir (Panopoulos, 2003: 96). İş kazası maliyetlerin ikincisi ise doğrudan maliyetlerin dışında kalan dolaylı maliyetlerdir. Literatür incelendiğinde yapılan çalışmalarda dolaylı maliyetler konusunda ortak görüş olarak dolaylı maliyetlerin tahmin ve hesap edilmesinin pek mümkün olmadığıdır.

İşletmelerde ortaya çıkan dolaylı maliyetlerden bazıları iş günü kayıpları, üretim kayıpları, verim kayıpları, pazar kayıpları, itibar ve imaj kaybı ve fırsat maliyetleri olarak kategorize etmek mümkündür (Gülhan, 2008: 38).

2.6.3 Toplumlar açısından

İş kazalarından sadece çalışanlar, işveren veya işyeri değil toplumlar da ciddi anlamda olumsuz etkilenmektedir. İş kazalarının meydana geldiği ülkeler her yıl ciddi ekonomik kayıplara uğramalarının yanı sıra yetişmiş insan kaynağını da kaybetmektedir. Kazalarının toplumlar üzerinde oluşturduğu en önemli olumsuz etki olarak nitelikli insan gücünün geçici veya sürekli olarak kaybedilmesidir (Türkoğlu, 2006: 68).

Yaşanan kazalar sonucunda toplu ölümler meydana geldiğinde ise toplumlarda infiale yol açar ve ülke ekonomisinde de ciddi mali kayıplara sebep olmaktadır,

WHO'e (2019) göre ise dünya gayri safi hasılasının %4'ü her yıl iş kazaları nedeniyle kaybedilmektedir. Yine iş kazalarının toplumlara getirdiği ekonomik yükü vergi kayıpları, sosyal güvenlik, sağlık, maliyet artışları ve verim kayıpları olarak kategorize etmek mümkündür. İş kazası sonucunda oluşan maddi kayıplar sebebiyle fırsat maliyetinin ise ülkelerin gelişim düzeylerini negatif etkileyeceğini de ifade edebiliriz (Yılmaz, 2009: 14).

2.7 Dünya'da ve Türkiye'de İş Kazaları

2.7.1 Dünya'da iş kazaları

ILO'nun 2017 yılı (Creating Safe and Healthy Workplaces for All, Laborstat) verilerine göre (TMMOB 2020 Yılı Oda Raporu):

- a) Çalışma hayatında her 15 saniyede bir 178 kişi, iş kazasına maruz kalmaktadır.
- b) Dünyada her gün yaklaşık olarak 1.000 kişinin yaşanan iş kazaları sebebiyle hayatını kaybettiği tahmin ediliyor. Tahmini olarak ise toplamda yılda 350 bin çalışan iş kazası nedeniyle can vermektedir.
- c) Eldeki mevcut veriler incelendiğinde ise yaşanan ölüm miktarının yükseliş eğiliminde olduğu görülmektedir.
- d) Yılda 374 milyon iş kazası vakası gerçekleşmektedir. Bu veriler ışığında yapılan değerlendirmeler sonucunda, hergün bir milyondan fazla kişinin çalışırken iş kazası geçirdiğini göstermekte.

- e) Oluşan iş kazalarının analizleri yapıldığında her mesleğin kendisine özgü riskler barındırdığı görülmektedir. ILO'ya göre sektörel bazda yapılan araştırma sonuçları yapı ve sektöründe gayet yüksek oranda iş kazasının yaşandığıdır.
- f) Tüm dünyada inşaat sektöründe yaşanan işkazaları ILO verilerine göre değerlendirildiğinde her yıl yaklaşık 60 bin ölümlü iş kazasının olduğunu ortaya koymaktadır. Bu veriler ışığında her 10 dakikada birkişinin yaşamını yitirdiğidir.

2.7.2 Türkiye'de iş kazaları

Türkiye'de 2012 yılında 6331 sayılı İSG Kanunu yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Yasanın yayınlanmasının akabinde, yasa ile bağlantılı çeşitli yeni yönetmelikler hazırlanarak veya mevcuttaki yönetmelikler revize edilerek ayrıntılı uygulamalar ortaya konulmuştur.

Yapılan tüm bu yasal düzenlemelerin amacı ve hedefi, ülkemizde yaşanan ölümlü iş kazalarını ve kaza sonrasındaki sürekli iş göremezlik sayılarını azaltmak iken, aşağıdaki Çizelge 2.1'deki veriler incelendiğinde yasanın yürürlüğe girdiği bu tarihten sonra tüm İSG göstergelerinde iyileşmenin aksine bozulmalar artmıştır.

Çizelge 2.1: 2012-2020 Arası İş Kazaları İstatistikleri

Yıllar	İş Kazası Sayısı	Vaka Ölüm
2012	74.871	744
2013	191.389	1.360
2014	221.366	1.626
2015	241.547	1.252
2016	286.068	1.405
2017	359.653	1.633
2018	430.985	1.541
2019	422.463	1.147
2020	384.262	1.231

Kaynak: (Koçali, 2021)

Örneğin, 2012 yılında çalışma hayatında 74.871 iş kazası istatistiklere girerken, bu kazalarda 744 çalışan hayatını kaybetmiştir. 2020 yılı istatistiki verilerine göre ise 2019 yılında 384.262 iş kazası meydana gelirken 1.231 can kaybı gerçekleşmiştir (Ceylan, Kaplan ve Bekâr, 2022; Koçali, 2021).

Koçali (2021) tarafından iş kazaları göstergeleri ile yapılan çalışma da SGK'nın 2012-2020 yılları arası verilerinin değerlendirildiği araştırma verilerinin

sonucuna göre; Türkiye’de 2012-2020 yıllarını kapsayan periyotta oluşan iş kazası sayılarında düşme olmadığı hatta az da olsa artış olduğu görülmüştür. Türkiye de iş hayatına giren çalışanların iş kazası geçirme oranlarının arttığı ve çalışan kişi sayısı arttıkça iş kazası geçirme olasılığında da arttığı görülmüştür.

2.8 İş Kazalarının Türkiye Ekonomisine Maliyeti

Yıl içerisinde gerçekleşen iş kazaları ülkelerin ekonomilerinde mali olarak ağır kayıplara sebep olmaktadır. Sosyal devletin gereklilikleri ve sorumlulukları dâhilinde ülkemizde yaşanan iş kazaları nedeniyle kaza geçiren sigortalılara yapılan ödemeler ve iş günü kayıpları Türkiye ekonomisine önemli derecede ağır mali bir yük getirmektedir. İş kazalarının ülke ekonomileri üzerinde oluşturduğu maliyetleri makro ölçekte hesaplamak oldukça güçtür. Bu konu üzerinde çalışan araştırmacılar iş kazalarının ülke ekonomilerine getirdiği mali yükü hesaplarken doğrudan maliyetlerin yanında dolaylı maliyetleri de hesaplamaktadır. İş kazalarının yaklaşık ve tahmini mali yükü hesaplanırken iş kazalarının dolaylı maliyetlerinden toplam iş günü kaybının dikkate alınması, doğru tahminlerin yapılabilmesi için açısından oldukça önemlidir (Oruç ve Bekar, 2017: 481).

Toplam iş günü kaybı; iş kazaları sonucu çalışanların geçici ve sürekli iş göremez hale gelmesinden ötürü kaybedilen iş günlerinin belirli bir katsayı ile çarpımı sonucu elde edilen sürenin toplamına eşittir (Erdem, 2001: 3).

SGK’nın (2022) iş kazaları ve meslek hastalıkları istatistikleri meta veri bölümünde de belirtildiği üzere geçici iş göremezlik; iş kazaları sonucu sigortalı çalışanın ayakta veya yatarak tedavileri sırasında kaybedilen iş gününü ifade etmektedir. Yaşanan iş kazası nedeniyle en az %10 oranında meslekte kazanma gücünü kaybetmiş sigortalı çalışan sürekli iş göremez olarak tanımlanmıştır. Sürekli iş göremezlik sürelerinin tespiti için ise bazı hesaplamalar yapılması gerekmektedir.

Bu hesap yapılırken yıl içerisinde yaşanan kazaları nedeniyle sürekli iş göremez durumuna gelen sigortalı çalışanların toplamı, sürekli iş göremezlik derece toplamı olarak nitelenir ve 75 katsayısı ile çarpılarak sürekli iş göremezlik gün sayısı hesaplanır. İş kazalarında hayatını kaybeden her bir sigortalı çalışan için ise bu katsayıyı 7.500 gün olarak hesaplanmaktadır. Toplam gün kaybı hesabı için iş kazası sonucu toplam gün kaybı (İKTGS), geçici iş göremezlik süresi (GİGS), sürekli iş

göremezlik dereceleri toplamı (SİGDT) ve ölüm vakıa sayısı (ÖVS) verilerinin kullanıldığı aşağıdaki formül uygulanmaktadır.

$$İKTGS = (GİGS) + (SİGS \times 75) + (ÖVS \times 7.500) \quad (2.4)$$

İş kazaları nedeniyle oluşan toplam iş günü kayıplarının, ülke ekonomisine olan tahmini mali yükünün tespiti için yukarıda açıklandığı üzere yıllar itibari ile toplam iş günü kaybının hesaplanması gerekmektedir. Bu sayede iş kazalarından kaynaklanan toplam iş günü kayıplarının Türkiye ekonomisine getirdiği mali yükü yaklaşık olarak hesaplamamız mümkündür.

İş kazaları sonucunda oluşan toplam iş günü kayıplarının ülkemizin ekonomisine maliyeti ise her geçen yıl katlanarak artmaktadır. Ülkemizde yaşanan iş kazaları sayılarının eksik bildirilmesinin de etkisi ile istatistiklere tam olarak aktarılamaması ve kayıt dışı istihdamın fazlalığı da düşünüldüğünde bu kayıpların çok daha fazla olduğu söylenebilir. İş kazaları ve mesleki hastalıkları kaynaklı doğrudan ve dolaylı maliyetler ülkelerin gelişmişlik düzeyine bağlı olarak gayri safi yurt içi hasıllarının, %1 ile %5'i arasında gerçekleşmektedir (Yılmaz, 2009: 85). Bu oranın ortalamasından hareket edildiği takdirde bile ülkemizde her yıl yaklaşık 20 milyar dolar iş kazaları ve mesleki hastalıkları sebebiyle kaybedilmektedir.

2.9 Güvenlik Kültürünün Tanımı ve Özellikleri

Güvenlik kültürü kavramına değinilecek olursa kavram ilk olarak 1986 yılında Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) için INSAG'ın Çernobil kazası sonrası hazırlanmış olduğu raporda kullanılmıştır.

Hazırlanan bu rapor güvenlik kültürünün belirleyicilerini ortaya koymaya çalışmıştır. Güvenlik kültürü kavramı bu raporla birlikte ortaya çıkmasına rağmen, güvenlik kültürünün anlamı ve nasıl değerlendirilebileceği, güvenlik kültürünün kazaların önlemedeki rol ve önemi anlaşıldıktan sonra güvenlik kültürü kavramına ait birçok tanım yapılmıştır. 1991 yılında, INSAG başka bir raporunda güvenlik kültürünün anlamı üzerine odaklandı ve Çernobil kaza sonrası raporunda güvenlik kültürü terimi kullanılırken bu kavramı ile neyi kastettiğini açıkladı. Güvenlik kültürü kavramı gerek Çernobil kazası, gerekse de diğer büyük kazalarda, özellikle risk seviyesinin yüksek olduğu durumlarda insan güvenliğinin sağlanmasındaki fonksiyonel rolün açıklanmasında anahtar bir yaklaşım olmuştur.

Güvenlik kültürü kavramının ifadesi hakkında en fazla alıntı yapılan tanım HSE (Health & Safety Executive) (1993) tarafından ortaya konulan tanımlamadır. HSE (1993) yapmış olduğu tanıma göre güvenlik kültürü, bir organizasyonun İSG konusundaki yeterliliği ve yaklaşım tarzı ile organizasyondaki birey ve grup değerini, tutumları, algıları, yetkinlikleri ve bağlılığı belirleyen davranış biçimlerinin bir yansıması olarak ifade edilmektedir (Fleming, 2005: 3).

Turner ve diğerleri (1989) güvenlik kültürünü daha geniş bir bakış açısı ile değerlendirerek, “çalışan, yönetici, müşteri ve kamu üyelerinin karşılaştıkları tehlike veya zararların azaltılması, ortadan kaldırılması ve minimum hale getirilmesi ile ilgili inanç, norm, tutum ve roller, sosyal ve teknik uygulamalar kümesi” olarak tanımlanmıştır (Cox ve Flin, 1998: 191). İngiliz Endüstri Konfederasyonu (1991) güvenlik kültürünü, riskler, kazalar ve hastalıklar konusunda bir organizasyonun bütün taraflarınca ortak paylaşılan inanç ve fikirler olarak tanımlamıştır (Cooper, 2000: 114).

Özkan ve Lajunen (2003) literatürde güvenlik kültürü ve güvenlik iklimi üzerine yapılan çalışmalardan faydalanarak geliştirdikleri tanımda ise, “davranış veya uygulamalarla bunların yer aldığı ortak kullanım ya da etki alanında bulunan güvenliği veya emniyeti tehdit edebilecek canlıların veya nesnelere (örn, teçhizat, araç vb.) zararını en aza indirmeyi amaçlayan, güvenlik veya emniyete öncelik veren algı, inanç, tutum, kural, rol, sosyal, teknik ve politik uygulamalarla, yetkinlikler ve sorumluluk duygularının tamamıdır” (Özkan ve Lajunen, 2003: 3). Literatürde güvenlik kültürü üzerine yapılan tanımlamaların bazıları Çizelge 2.2’de yer almaktadır.

Çizelge 2.2: Güvenlik Kültürü Tanımları

Yazarlar	Tanımlar
Ciavarelli ve Figlock (1996)	Kuruluştaki her seviye ve gruptaki üyelerce benimsenen, çalışan ve kamu güvenliği üzerinde yüksek bir değeri (önceliği) ifade etmektedir.
Kennedy ve Kirwan (1998)	Organizasyon içerisinde işlerin yapılma tarzı ile ilgili, kişisel ve grup tarafından algılanan algılarının düşünce süreçleri, duygu ve davranışlar ile desteklenen, soyut bir kavramdır. Genel olarak örgüt kültürünün alt elemanıdır.

Çizelge 2.2: (Devamı) Güvenlik Kültürü Tanımları

Yazarlar	Tanımlar
Carrol (1998)	Güvenlik üzerine kişisel ve örgütsel tutum ile örgüt kararların etkileyen, ortak değer, inanç, varsayım ve normlardır. Ayrıca, güvenlik kültürü güvenliği sağlamak ve arttırmaya yönelik eylemler, güvenlik için kişisel sorumluluk alma ve tüm bu değerlerin kararlı bir şekilde ödüllendirilmesiyle ilgili beklentileri de ifade eder.
INSAG (1991)	Çalışanların güvenlikle ilgili ortak değerleri, algıları, inançları ve tutumlarının bir yansıması güvenlik kültürü olarak tanımlanmaktadır.
Cox ve Cox (1991)	Güvenlik kültürü çalışanlarca paylaşılan ortak değerler, algılar, inançlar ve tutumları yansıtır.
Mearns vd. (1998)	Belirli bir grup tarafından, güvenlikle ve risk ilgili konularda paylaşılan inanç, norm, değer ve tutumların bütünüdür.
ACSN (1993)	Güvenlik kültürü, bir kuruluşun İSG alanındaki yeterliliği ve yaklaşım tarzı ile kişisel ve grup değerleri, tutumları, algıları, ayrıca yetkinlikleri ve bağlılığı belirleyen davranış şekillerinin bir yansıması olarak ifade edilmektedir.
Ostrom vd. (1993)	Kurumun güvenlik performansına etki eden, eylem, politika ve prosedürlerde açığa çıkan ve kurumun inanç ve tutumlarıyla ilgili bir olgudur.
Berends (1995)	Örgütün üyelerince oluşturulan grubun, güvenlik konusunda zihinsel programlamasıdır.
Flin vd. (1998)	Güvenlikle ilgili belirli bir grup insan tarafından ortak fikirler ve tutumlardır.
Hale (2000)	Risk ve risk kontrol sistemleri ile ilgili çalışanların hareket ve tepkilerinin nasıl olması gerektiğini belirleyen norm ve değerleri ifade eden grup üyeleri tarafından paylaşılan ortak tutumlar, inançlar ve algılardır.
Richter ve Koch (2004)	Yol gösteren kılavuz insanların riskler, kazalar ve kazaların önlenmesine dair yapmış oldukları davranışlar gibi kısmen sembolik ifade edilen, ortak ve öğrenilen anlam, tecrübe ile iş ve güvenlik yorumlarının yansımasıdır.
Fang vd. (2006)	Kurumun güvenlik hakkında sahip olduğu inanç ve değer ve hâkim göstergelerin bir setidir.
Louvar (2013)	Güvenlik kültürü tüm grup üyelerinin güvenlik için hazırlanmış programlara bir yaşam biçimi olarak baktığı ve katkı sağladığı bir işyeri-çalışma ortamıdır.

Kaynak: (Dursun, 2012: 33-34; Wiegman vd., 2002: 7-8)'den faydalanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

2.9.1 Güvenlik kültürünün özellikleri

Farklı birçok araştırmacı tarafından güvenlik kültürüne ait özellikler değişik şekillerde ele alınarak değerlendirilmiştir. Güvenlik kültürünün özelliklerini aşağıda belirtilen hususlar ile değerlendirmiş ve ifade etmiştir (Ryan (2000: 2).

- a) Tüm çalışanlar güvenlik kural ve prosedürlerine daima riayet eder,
- b) Tehlikeleri sürekli araştırır ve tehlikeli bir durumda onu bertaraf etmek için çalışanlar inisiyatif kullanır,
- c) Çalışanların hepsi güvenlik aktivitelerine katılmak için isteklidir. Çalışanların güvenlik konularında yapılan aktivitelere katılımı teşvik edilir,
- d) Güvenliği ilgilendiren konularda azarlama veya disiplin cezası korkusu yoktur. Bu durumlarda açık bir iletişim mevcuttur,
- e) Güvenlik konusunda meydana gelen olaylar, sistem arızalarını belirlemek ve sistem üzerinde ihtiyaç duyulan düzeltmeleri gerçekleştirmek için bir imkân olarak değerlendirilir,
- f) Düzenlenecek eğitim programları, çalışanlara yaptıkları işlerde güvenliği sağlamaları konusunda ihtiyaç duyulan bilgi seviyesini, becerini ve yeteneklerini artırmaktadır,
- g) Bütün çalışanlar, işlerini ifa ederken oluşabilecek olası tehlikeleri anlarlar ve gerekli olan değerlendirmeyi yapabilirler,
- h) Çalışanlar riskli davranışta bulunmazlar. Yöneticiler çalışanlarının risk almalarına sebebiyet vermezler,
- i) Güvenliği ilgilendiren konularında, sürekli ve düzenli olarak davranış temelli yaklaşıma dayalı bir geribildirim, yaşam tarzı olarak algılanır. Geribildirim sistemi mevcuttur,
- j) Bütün iş süreçleri ve işin yönetimi tehlike ve risklerin ortadan kaldırılması yaralanma ve kazaların önlenmesine yöneliktir.
- k) Reason (1997) ise, etkin ve etkili bir güvenlik kültürünün taşınması gereken özelliklerini aşağıdaki şekilde ifade etmiştir:
- l) Sistem düzenleyici kontroller ile kazalar ve ramak kalılardan bilgi toplayan, bu bilgileri analiz eden ve bu elde edilen bu bilgileri yayan bir güvenlik bilgi sistemine sahip olmak,
- m) Hataların ve ihlallerin raporladığı bir olay raporlama kültürüne sahip olmak,

- n) Güvenlikle ilgili insanların teşvik edildiği, ihtiyaç duyulan bilgilerin elde edilmesine yönelik ödül sistemi, uygun ve uygun olmayan hareketlerin sınırının belirlendiği bir güvenlik kültürüne sahip olmak,
- o) Güvenlik sisteminden etkin ve etkili sonuçlar alınmasına yönelik ve ihtiyaç halinde değişiklik yapılmak istenildiğinde bunu gerçekleştirmeye yönelik gönüllülük ve yeterliliğe haiz olmaktır.

Yapılan çalışmalar sonucunda birçok farklı tanım yapılmasına rağmen güvenlik kültürünün içerisinde barındırdığı genel özellikleri aşağıda belirtildiği gibidir (Zhang vd. 2004).

- a) Organizasyonun tüm seviyelerinde görülebilen bir kavramdır,
- b) Organizasyondaki bütün üyelerin katılımı üzerine odaklanmaktadır,
- c) Bireylerin örgüt içindeki davranışını etkiler.

Sektörel anlamda bazı farklar olsa da Wiegmann ve diğerlerine (2002: 5) göre güvenlik kültürünün özellikleri aşağıda ifade edildiği şekildedir:

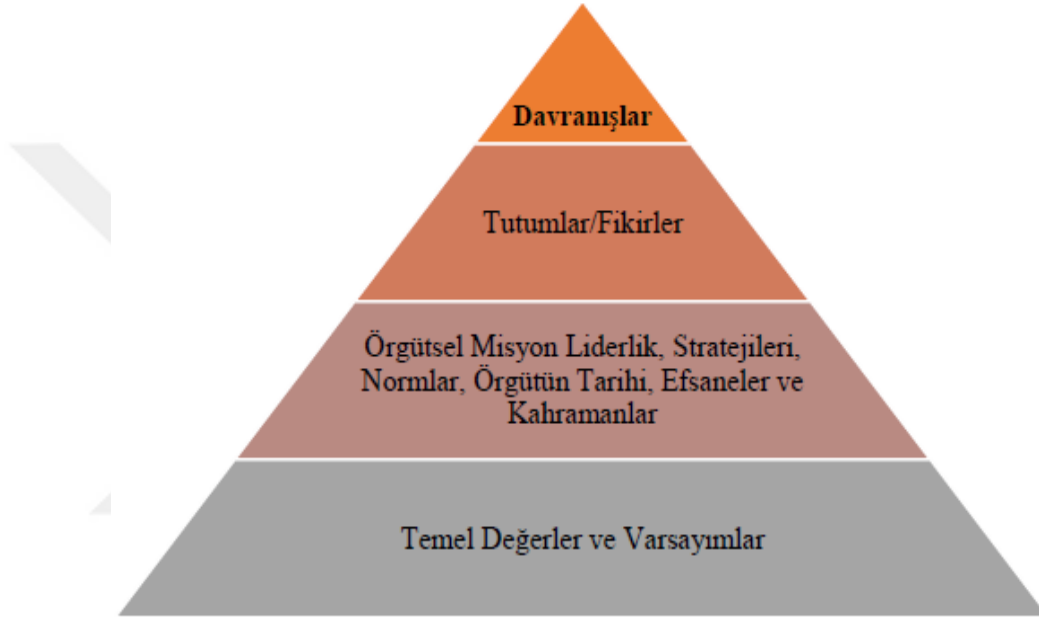
- a) Güvenlik kültürü, örgüt içerisindeki bütün üyeler ve bütün grupça paylaşılan ortak değerleri ifade eder,
- b) Kurum içerisindeki formel güvenlik sorunlarıyla da ilgilidir, yönetim ve denetim ile sınırlı değildir,
- c) Kurumdaki her seviyeden bütün çalışanların katılımına odaklanır,
- d) Kurum üyelerinin işteki davranış biçimlerini etkiler,
- e) Ödül ve güvenlik performansı arasındaki ilişkiyi gösterir,
- f) Organizasyon içerisinde vuku bulan olaylar, kazalar ve hatalardan öğrenme ve gelişmeyle ilgili gönüllülüğü esas alır,
- g) Değişime karşı dirençli, oldukça dayanıklı ve sabittir.

Güvenlik kültürü bu tanımlamalara göre, örgütteki tüm güvenlik konuları ile ilgili olan, tüm paydaşlarca paylaşılan değerler üzerine kurulu, bireylerin işte gerçekleştirmiş oldukları davranışlarını etkileyen, ödül sisteminden etkilenen, değişime karşı dirençli ve değişimi oldukça zor ve meşakkatli olan bir olgudur.

Güvenlik kültürü bireylerin işteki gerçekleştirdikleri davranışlarını etkileme özelliğinden ötürü bireylerin güvensiz hareketlerinin sebep olduğu kazaları önleme ve ortadan kaldırma hususunda önemli bir araçtır.

2.10 Güvenlik Kültürünün Yapısı ve Boyutları

Patankar ve Sabin (2010: 99-101) yaptıkları çalışma ile güvenlik kültürünün yapısını dört aşamadan meydana gelen bir piramit olarak ele almışlardır (Şekil 2.8). İlk basamağı piramidin temel güvenlik değerleri ile başlamakta, devamında örgütsel faktörler (güvenlik liderliği stratejileri) yer alırken, geliştirilen yapımın üçüncü basamağını tutumlar ve fikirler (güvenlik iklimi) oluşturmaktadır. Tasarlanan yapıda piramidin en üstünde dördüncü basamağında ise, güvenli davranışlar (güvenlik performansı) bulunmaktadır.



Şekil 2.8: Güvenlik Kültürü Piramidi

Kaynak: (Patankar ve Sabin, 2010: 100; Dursun, 2012: 38)

Örgütsel yapılar içinde güvenlik değerleri, güvenlik sistemi ile birlikte, çalışan güvenliğini de kapsamaktadır. Örgütteki güvenlik üzerine, yapılacak iş planları ve rutin günlük uygulamalar ile entegre edilerek uygulanmalıdır.

Örgütsel misyon, politikalar, prosedürler, çalışanın değerlendirmesi, ödül ve ceza sistemleri ve liderlik uygulamalarının bütünü güvenlik liderliği stratejilerini oluşturur.

Güvenlik tutumu, politika ve prosedürler, güvenliğe dair yapılan uygulamaları ve liderlik hususunda çalışanların algılarının, tepkilerinin ve fikirlerinin anlık fotoğrafı güvenlik ikliminin yansıması olarak değerlendirilir. Güvenlik üzerine yapılan ölçümler, örgüt içerisindeki güvenlik algısını birey ve grup düzeyinde değerlendirir.

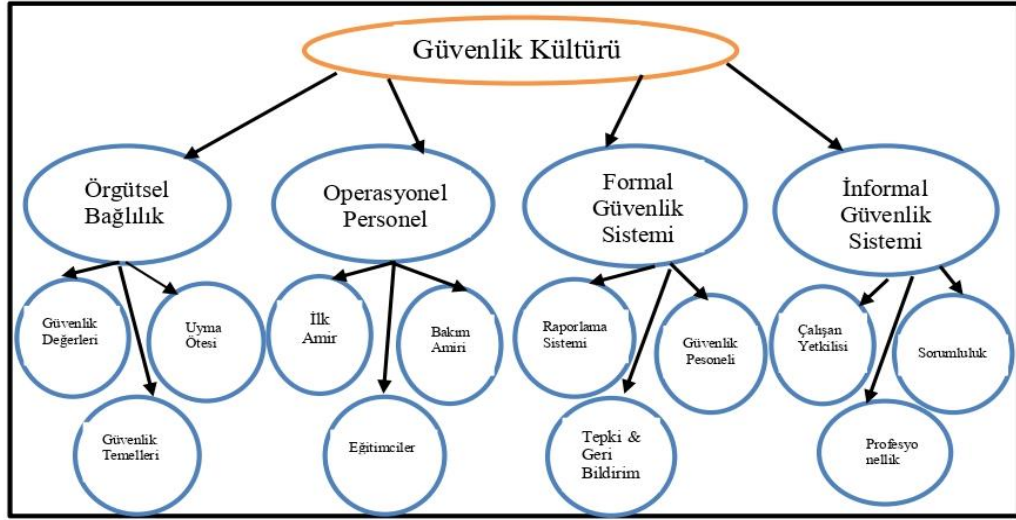
Güvenlik performansı, izlenebilir güvenli davranışın çıktı sonuçları olarak değerlendirilir. Güvenlik performansı, araştırmacılar veya devlet kurumları tarafından hazırlanan raporlar ile belirlenebileceği gibi örgüt içi gözlem şeklinde de günlük veya haftalık olarak da yapılabilir

Farklı sektörlerde güvenlik kültürü üzerine yapılan araştırmalar sırasında ele alınan güvenlik kültürü boyut sayıları farklılıklar gösterir (Dursun (2012:114). Wiegmann ve diğerlerinin (2002: 11–12) yapmış oldukları araştırmalara göre ise, kabul gören evrensel güvenlik kültürü boyutları aşağıda belirtilenlerden oluşmaktadır.

- a) Örgütsel Bağlılık: Üst yönetimin güvenlik konusunu merkezdeki odak bir değer veya kuruluşun temel bir prensibi olarak belirlemesi ve konuya bu bakış açısı ile yaklaşmasıdır. Güvenliğe bağlılık, kuruluşun mali açıdan yetersiz olduğu durumlarda dahi yaklaşımında devamlılığını sürdürmesi, güvenlik konusunda pozitif tutum ve yaklaşım sürdürerek örgütün içerisinde güvenliği teşvik etmesiyle oluşmaktadır. Bu tarz yaklaşım kuruluşun, teçhizat, kural ve prosedürler, gerekli eğitimler ve iş akışlarının belirli bir rutin olarak değerlendirilmesi ve gerek görüldüğü takdirde güvenliğin iyileştirilmesi hususunda değişikliklerin yapılması, kurumun güvenliğe olan örgütsel bağlılığını gösterir.
- b) Yönetimin Katılımı: Örgüt içerisindeki üst ve orta düzey yönetimin kuruluşun güvenlik faaliyetlerine bireysel olarak katılım sağlamaları anlamına gelmektedir. Kuruluş içerisindeki yöneticilerin eğitim ve toplu aktivitelere katılım sağlaması ve bu tarz çalışmalara katkı sunması, güvenlik çalışmalarında aktif ve etkin bir şekilde görev ve sorumluluk almaları, örgüt içinde üst yönetimden en alt gruptaki çalışanlara veya bunun tam tersi güvenlik konularında etkin bir iletişim kurulması yönetimin katılımını ifade eder.
- c) Çalışan Yetkilendirilmesi-Çalışan Katılımı: Üst düzey güvenlik kültürüne sahip kuruluşlar çalışan personellerine alınacak veya uygulanacak kararlar konusunda yetki verir ve kurumda güvenliğin artırılmasında etkin ve aktif rol alan çalışanları net bir şekilde bilgilendirir. Personellerin yetkilendirilmesi, çalışanların güvenlik üzerine alınacak karar veya uygulanacak faaliyetlerde söz sahibi olmalarını, kurum içinde güvenliğin iyileştirilmesi konusundaki

çalışmalarının başlatılması veya uygulanmasında çalışanların görev almasını, sorumluluk bilinci ile yaptıklarında kendilerinin ve diğer çalışanların sorumluluklarını alması ve kuruluştaki azalan kaza durumunda da gurur yaşanması olarak yansır.

- d) Ödül Sistemleri: Güvenlik kültürü uygulamalarının anahtar noktalarından birisi de kurumun tehlikeli durum ve tehlikeli davranışları değerlendirme şekli ve bu durumları değerlendirme sırasında yapılan uygulama ile iyi davranışların ödüllendirilmesi kötü davranışların ise cezalandırılmasıdır.
- e) Kurulusta yönetimin güvenli hareketlerin arttırılmasını sağlamak için ceza ve ödül sisteminin olması, kurum çalışanlarında risk almayı önleyici sisteme sahip olunması kurum ve çalışanlar için önemlidir. Sadece ödül sisteminin tek başına olması yeterli katkıyı sağlamaya yetmez. Bu sistem biçim olarak belgelenmeli, sürekli olarak uygulanabilen ve çalışanlara gerçek anlamda ifade edilmeli ve çalışanların da bu durumu tam anlamıyla anlaması önemlidir.
- f) Raporlama Sistemleri: Aktif bir biçimde çalışan bu sistem, kurum içinde oluşabilecek kazalar oluşmadan önce güvenlik ile ilgili eksik ve noksanlıklar bulunup bulunmadığının tespitinde çok önemli bir rol oynar. İşleyen ve aktif bir raporlama sistemine sahip olunması, işyerinde çalışanların güvenlikle ilgili problemlerini bildirmesine imkân sağlar ve çalışanları bu konuda özendirir, aynı zamanda çalışanlara tam zamanında ve etkin geribildirim imkânı verir. Wiegmann, von Thaden ve Gibbons (2007: 6–7) yapmış oldukları bir başka araştırma çalışmasında, dört boyuttan oluşan bir modelle açıklamışlardır. Bu çalışmada örgütün güvenliğe bağlılığı, güvenlikle ilgili faaliyetlere amirlerin katılımı, kuruluşun formel güvenlik ve informal güvenlik sistemi olarak dört boyut belirlemişlerdir.



Şekil 2.9: Genel Güvenlik Kültürü

Kaynak: (Wiegmann ve diğerleri, 2007: 6; Dursun, 2011)

2.11 Güvenlik Kültürü Modelleri

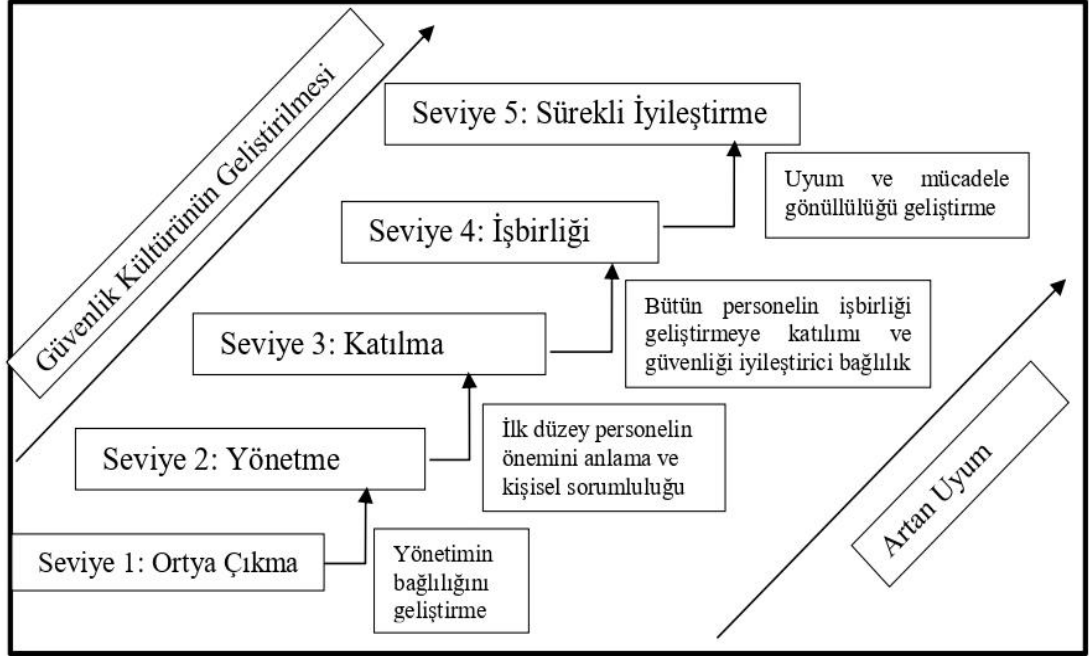
Araştırmacılar tarafından güvenlik kültürüne yönelik birçok model geliştirilmiştir. Güvenlik kültürü modelleri konusunda literatürde sıklıkla üzerinde durulan ve genel olarak kabul görmüş modeller incelenmiştir. İnsan faktörünü bu modeller ortak bileşeni olarak ele almakta ve insan faktörü ile kültür arasında karşılıklı bir etkileşim söz konusudur (Koçak, 2021; Erdoğan ve Genç, 2018).

Güvenlik kültürü üzerine yapılan çalışmalar sonucu oluşturulmuş modeller içerisinde Karşılıklı Güvenlik Kültürü Modeli, Güvenlik Kültürü Olgunlaşma Modeli, Toplam Güvenlik Kültürü Modeli, Güvenliğe Yönelik Tutumların Tasarımı Modeli ve Berend'in Güvenlik Kültürü Modeli sayılabilir.

2.11.1 Güvenlik kültürü olgunlaşma modeli

Fleming tarafından geliştirilen modeldir. Modelin; en alt basamağı olan “ortaya çıkma”, ve devamında diğer basamaklar sırası ile “yönetme”, “katılma”, “işbirliği” ve en üst basamağında da “sürekli iyileştirme” olarak 5 etaptan oluşan bir süreci kapsamaktadır. Model bir önceki önceki basamaktaki zayıflıklar, eksiklikler ve noksanlıkların ortadan kaldırılması ve yapının güçlendirilmesi mantığı üzerine inşaa edilmiştir. Kurumun uygulamada hiç bir adımı atlamaması ve her kademeyi sırası ile gerçekleştirmesi gerekmektedir. Mesela, ikinci kademedeki (yönetme) üçüncü kademeye (katılma) geçişinden önce, idarecilerin güvenliğe olan bağlılıklarını geliştirmesi ve ilk seviye çalışanları bu sürecin içerisine dâhil etmesi gerekliliğini

anlayıp kavraması örgüt için gerekli ve önemlidir. Bu sayede örgütün güvenlik performansı her aşamada artış gösterir. İşletmeler “ortaya çıkma” aşamasında, en düşük güvenlik performansına sahipken en yüksek performansa ise “sürekli iyileştirme” düzeyinde ulaşırlar (İşler, 2013).



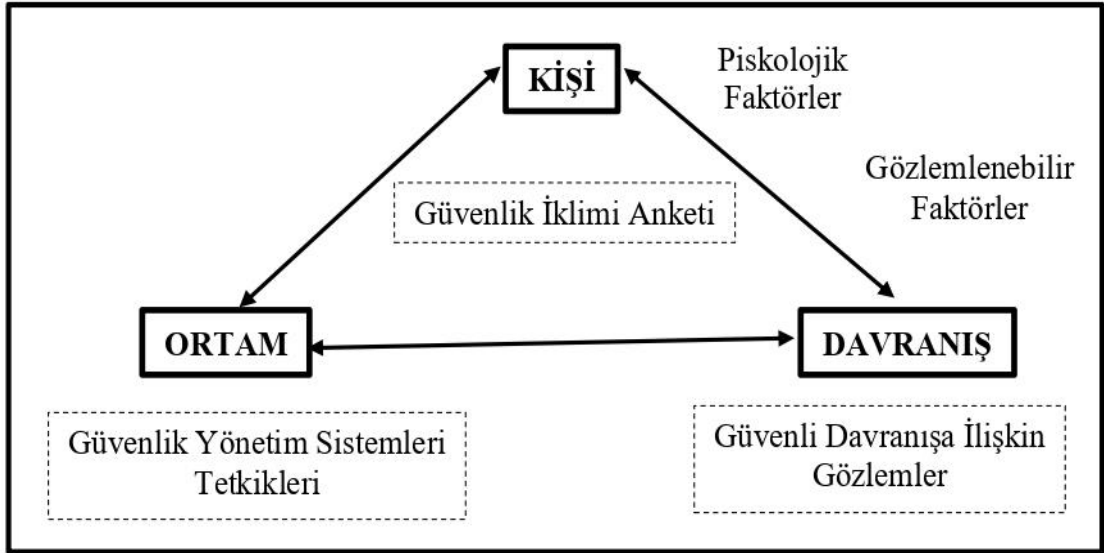
Şekil 2.10: Güvenlik Kültürü Olgunlaşma Modeli

Kaynak: (Fleming, 2000: 3)

2.11.2 Karşılıklı güvenlik kültürü modeli

Cooper tarafından 2000 yılında tasarlanarak geliştirilen karşılıklı güvenlik kültürü modeli üç bileşenden meydana gelmektedir: subjektif iç psikolojik faktörler, gözlemlenebilir güvenlikle ilgili davranışlar ve objektif durumsal özellikler olarak belirlenmiştir.

Modelin bileşenleri tutumlar ve algılar subjektif iç psikolojik faktörlere, kontrol listeleri, anket yardımı ile gözlem veya mülakat yoluyla güvenlikle ilgili davranışların belirlenmesi ve değerlendirilmesini gözlemlenebilir güvenlikle ilgili davranışlar ve güvenlik yönetim sistemi denetimi ile gerçekleştirilen özelliklerin gözlemlenmesini de objektif durumsal özellikler olarak ifade edebiliriz (Erdoğan ve Genç, 2018).



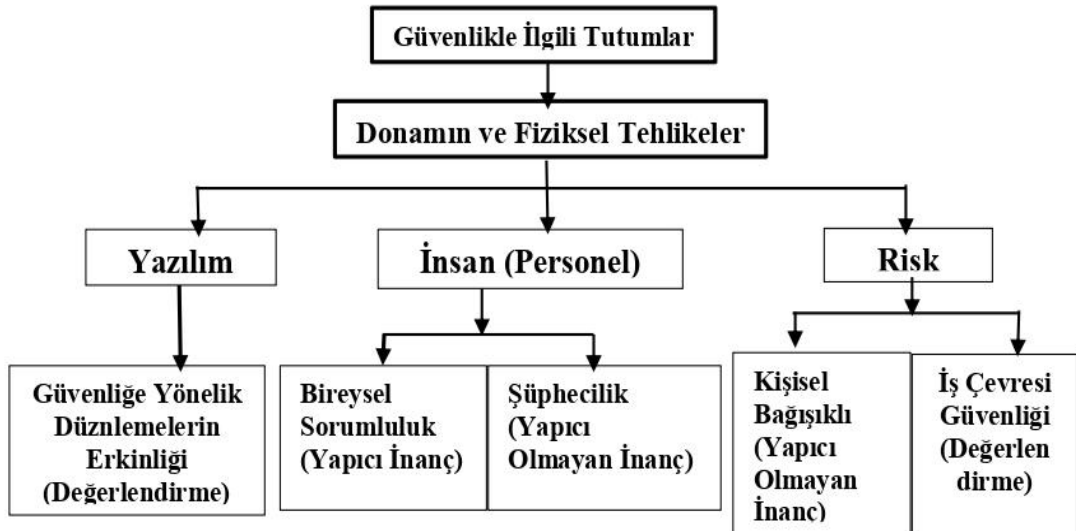
Şekil 2.11: Karşılıklı Güvenlik Kültürü Modeli

Kaynak: (Cooper, 2002: 33)

2.11.3 Güvenliğe yönelik tutumların tasarım modeli

Bu modeli 4 temel başlık altında kategorize edilerek incelenmektedir.

- Donanım: Fiziksel tehlikeler ile güvenlik donanımı,
- Yazılım: Kurallar, Güvenlik politikası, prosedürler ve yöntemler, mevzuat ve güvenlik yönetimi,
- İnsan/Personel: İdare, işçiler, uzmanlar, denetim yapanlar, güvenlik kurulları, otoriteler, sendika ve tüm diğer gruplar,
- Riskler: Güvensiz hareketler ve davranışlar ve bu riskli hareketlerin düzenlenmesi (Guldenmund, 2000; Dursun, 2012).



Şekil 2.12: Güvenliğe Yönelik Tutumların Tasarım Modeli

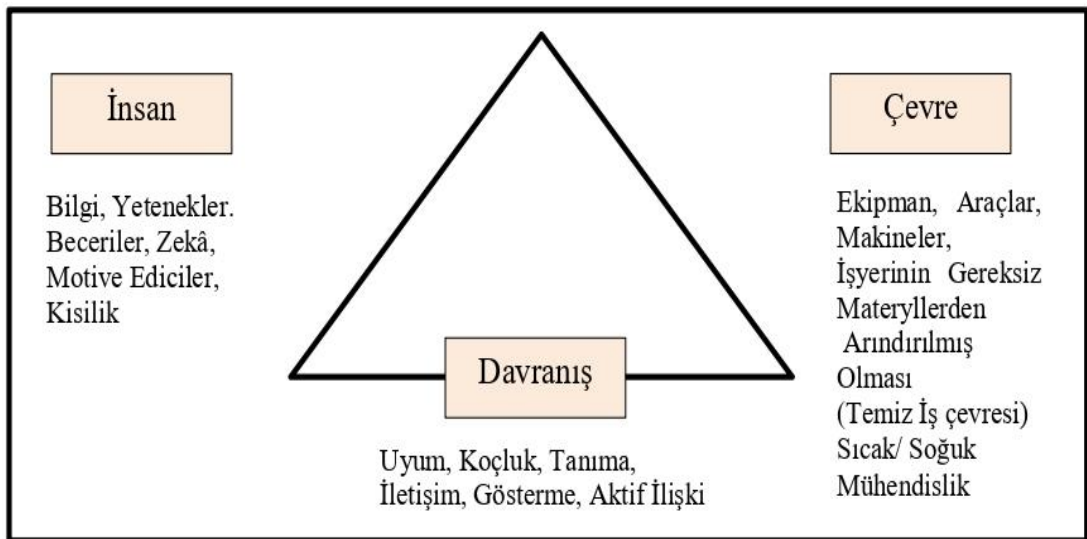
Kaynak: (Guldenmund, 2000: 239)

2.11.4 Toplam güvenlik kültürü modeli

Bu modelin yapısı, insan, çevre ve davranış arasındaki üçlü etkileşim ve dinamik güvenlik üçgeni şeklinde tasarlanmıştır. Modelin kapsamını; çevre faktörleri (örneğin; araçlar ve gereçler, teçhizat, fiziki düzen ve sıcaklık), bireysel faktörler (tutumlar, kişilikler ve inançlar) ve davranış faktörleri (güvenli ve güvensiz iş uygulamaları, diğer çalışanların güvenliğine ilgi göstermesi) oluşturmaktadır. Bir etkende meydana gelen değişimler, diğer faktörlerin de değişmesine sırayrt etmektedir (Erdoğan ve Genç; 2018).

Bunlara ilave olarak bu model, güvenlik kültürü ile ilgili 10 temel kuralı da ortaya koymuştur (Aktaran. Erdoğan ve Genç, 2018).

- Güvenlik sürecini kültür, bütünsel olarak yürütmelidir,
- Başarıda davranış faktörleri ile kişisel faktörler anahtardır,
- Sonuç odaklı değil, süreç temelinde yaklaşım sergilenmelidir,
- Sonuçlarda, ödül, teşvik ve aktif katılım etkilidir,
- Bireysel başarısızlıkların yerine, sürecin başarısına yönelinmelidir,
- Sürekli gözlem ve geribildirim yöntemleri kullanılarak güvenli hareketlerin artırılması sağlanmalıdır,
- İşlevsel ve etkili geribildirim gerçekleştirilmelidir,
- Sürece dair uygulamalarda gözlem ve koçluk kilit göreve sahiptir,
- Benlik duygusu, ait olma ve güvenlik konularında yetkilendirme mevcuttur,
- Öncelik olmak yerine çalışma güvenliği bir değer olarak tanımlanmaktadır.

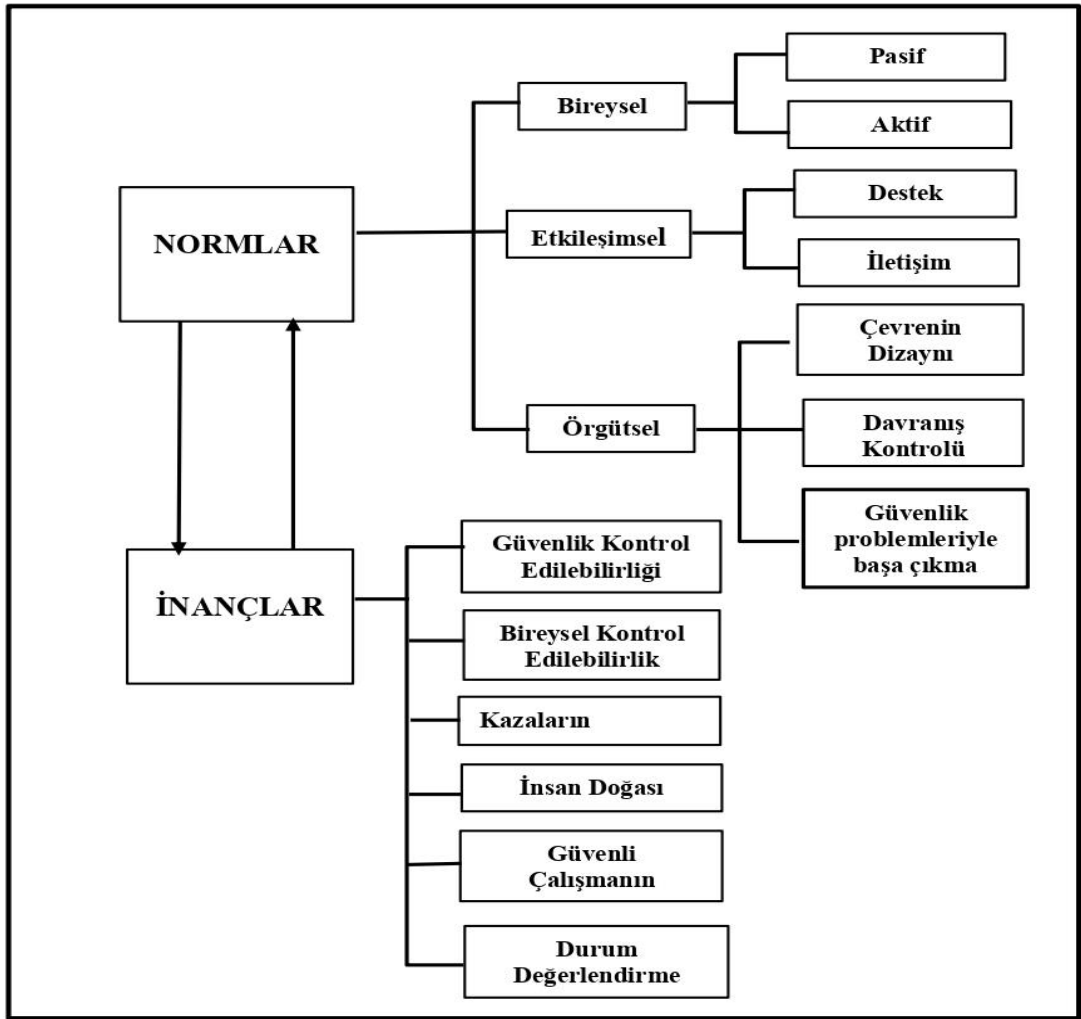


Şekil 2.13: Toplam Güvenlik Kültürü Modeli

Kaynak: (Geller, 1994: 19)

2.11.5 Güvenlik kültürü modeli

1995 yılında Berends tarafından geliştirilen modelde normlar ve inançlar olmak üzere güvenlik kültürüyle ilgili tüm kavramlar; temelde iki ana başlık olarak sınıflandırılmıştır. Örgütsel, bireysel ve etkileşimsel olarak normlar; üç alt kategoriye ayrılmakta ve kendi içinde de bunların her biri alt kategorilere ayrılır. İnançlar ise; durum değerlendirme, güvenliğin kontrol edilebilirliği, bireysel kontrol edilebilirlik, kaza sebepleri, insanın yapısı ve güvenli çalışmanın sonuçları gibi alt kategorilere ayrılmaktadır (Dursun, 2012).



Şekil 2.14: Berends'in Güvenlik Kültürü Modeli

Kaynak: (Dursun, 2011; Guldenmund, 2000)

2.12 Güvenlik Kültürü İle İlişkili Kavramlar

Bu kısımda güvenlik kültürünün örgüt kültürü, güvenlik iklimi ve güvenli davranış bağlamında aralarındaki ilişkiler ele alınacaktır.

2.12.1 Güvenlik kültürü ve örgüt kültürü ilişkisi

Zaman içerisinde kültür değişikliklere uğrayabilen, liderlik davranışı ve diğer paydaşlarla etkileşim içinde olan tekrar tekrar değişen ve şekillenen bir yapıya sahiptir. O'Donnell ve Boyle (2008:4) kurumsal manada kültürü, kuruma kimlik bilinci katan bir değer olarak ifade etmişlerdir. Bu değerler, efsaneler, ayinler, kural ve prosedürler, ortak inanç ve iletişim ve dil ile kazanılan değerdir.

Örgüt ise, bir yönetim organizasyonu hiyerarşisi içerisinde iş ve iş bölümü yapılarak, sorumluluk bilinci ile ortak ve belirli bir gaye veya hedefin gerçekleştirilmesi amacı ile bir grup insanın aktivitelerinin gerçek koordinasyonudur (Karcıoğlu, 2001: 266).

Örgüt kültürünü, bir organizasyonun kendine has kişilik ve davranışlarını ortaya koyan bünyesinde barındırdığı tüm inançları, değerler sistemini ve süreçlerini tarif etmek için kullanılan bir kavramdır. Örgüt kültürünün özünde işin yapılış şeklini belirleyen bir takım standartlar vardır. Bu standartlar işletmenin nasıl bir çalışma prensibine sahip olmasını açıklar ve aşağıda ki maddeler ile açıklanır (Mckinnon, 2014: 3):

- Politika,
- Prosedür,
- Kural,
- Hedef ve
- Yasal zorunluluklardır.

Örgüt kültürü, kurumun tüm üyelerinin birlikte oluşturdukları değerdir. Örgüt kültürü tavır, davranış, kural, değerler ve ayrıca kurum içinde risk artırıcı veya azaltıcı özelliği olan bir kavramdır. Bu yüzden örgüt kültürü, bir kuruluşun veya organizasyonun başarısı veya başarısızlığı içinde kritik öneme sahiptir. Bu sebepten ötürü de kültürün temel amacı ve hedefi kurumun başarısına katkı sağlamaktır (Glendon ve Stanton, 2000: 193).

Örgüt kültürü yapısı içerisinde bir alt bileşen olan güvenlik kültürü ise, genel olarak bireylerin güvenlik ve sağlıkla ilgili problemleri üzerine değer ve inançlarına odaklanırken kişisel ve kurumsal bilinç, düşünce, his ve işin yapılışına dair davranış kalıplarını ifade eden soyut özellikleri bireylerde toplar (Demirbilek, 2005: 81). Örgüt kültürü kuruluş içindeki tüm bireylerin tutum ve davranışı ile daha

da pekiştirilir. Farklı bir tanıma göre ise örgüt kültürü, belli bir gaye için bir araya gelen bireylerin kişilik özelliklerini ve güvenlik algıları üzerine etkisi olan önemli unsurdur (International Civil Aviation Organization, 2013: 2-10). Güvenlik ve örgüt kültürünün aralarında önemli bir ilişki söz konusudur, bunun tek sebebi ise güvenlik kültürünün, örgüt kültürünün tanımlarından sapma göstermediği ve kuruluşta, anlam bakımından güvenlik kültürünün nasıl görülüp algılandığı hususunda iyi bir fikir sağlar (McKinnom, 2014: 3).

Örgüt kültürünü, organizasyonda dışa intibah sağlamak ve içte ise birleşme entegrasyon problemlerini çözmek amacıyla oluşturulan ve geliştirilen belirli düzendeki genel kuramlar olarak tanımlanır (Köse ve diğerleri, 2001: 227).

Schein (1984: 3) ise örgüt kültürünü temel kuramlar modeli olarak tanımlar. Model çeşitli ve farklı sorunlar ile baş edebilmek için kurum çalışanlarına destek ve yardımcı olur. Aynı zamanda çalışmalara önemli ölçüde kalite ve değer katar, çalışmaya veya ekibe yeni dâhil olan bireylerle grup içerisindeki mevcut çalışanlar arasında bir bağ kurulmasını sağlar. Bu durumda grup içerisindeki bireylerin işe karşı duyduğu ilgi, algı, düşünce ve anlayış üzerinde daha fazla etkili oluşturur. Bu sebeple örgüt kültürü, çalışanların iç bütünleşmesi ve dış uyumuna olanak sağlayan bir modeldir.

Güvenlik kültürü konusundaki araştırmaların çoğunda, güvenlik kültürünü oluşturma ve yerleştirme esnasında örgüt kültüründen faydalanılmaktadır. Kültürün etkisi ile kuruluşlar çeşitlenir, değişim ve hareket kazanır. Güvenlik kültürünü kurmak ve kalıcı hale getirmek için örgüt kültürden yararlanmak çok daha hızlı ve iyi sonuçlar sağlayabilir. Güvenlik kültürünü kurumlarda tesis ederken kuruluşun temel kültüründen de uzaklaşmamak gerekir. Bunun sebebi ise, bireylerin tavır ve davranışlarının güvenlik kültürüne etkisinin olmasıdır. İşletmede ki var olan kültür yok edilirse bunun tekrar tesis edilmesi uzun zaman alır ve buda maliyet artışlarına sebep olur.

Demirbilek (2005: 84)' ise güvenlik yönetiminin, örgüt kültüründen önemli ölçüde etkilendiğini ifade etmektedir. Bu yüzden güvenlik yöneticilerin, kurumda hangi değerlerin var olduğunu, riskleri ortadan kaldırmada, neyin uygulanabilir olduğunu ve nasıl yapılması gerektiğini tespit etmede daha akılcı olmaları gerekmektedir. Olaya bu şekilde bakılıp düşünülürse güvenliği tesis etmek için örgüt kültürünü anlamak ve özümsemek, önemlidir.

2.12.2 Güvenlik kültürü ve güvenlik iklimi ilişkisi

Güvenlik iklimi üzerine yapılan araştırmalar, kurumsal kültür ve iklim çalışmalarını sırasında oluşmuştur. Organizasyonel güvenlik ikliminin yapısı, kurumun politika, kural ve uygulamaları ile alakalı kurumun bireyleri arasında paylaşılan ortak algıyı tanımlar. Güvenlik iklimi, çalışılan ortam hakkında çok çeşitli kişisel yorumu ve değerlendirmeyi içinde barındıran bir yapıya sahiptir (Zimolong ve Elke, 2006: 14).

Zohar güvenlik iklimi konusunda yapmış olduğu çalışmalarda ölçümünü beş seviye olarak değerlendirmiştir. Bunları yönetimin güvenlik taahhüdü, güvenilirliğe destek olan birim amiri, iş arkadaşlarının desteği, çalışan katılımı ve çalışanın yeterli olarak ifade etmiştir. Genel olarak kültür; değer, anlam ve inançları kapsarken, iklimi ise değeri, anlamı ve inançları bireyler tarafından algılanma şeklinde tanımlanır (Özdemir ve diğerleri, 2016: 60). Bu sebepten ötürü bu iki kavram ayrı ayrı düşünülemez. Kültürün alt kavramı nasıl iklim ise, güvenlik kültürünün alt kavramı da güvenlik iklimidir. İklim ve kültür kavramlarının arasında belirgin olarak göze çarpan iki ayrım söz konusudur, bunları da çevreyi yansıtan tutum ile algı ve inanç olarak ifade edebiliriz. Kültür güvenlik uygulamalarının ispatı olan değer ve kuralları yansıtır ve çok daha karmaşık bir olgudur. Güvenlik kültürü, öğrenilmiş davranışların bütün normları şeklinde ortaya çıkar ve bu normlar olumlu yönde gerçekleşir ise çalışanlar kendilerini güvende hisseder ve güven duygusu ile o kuruma karşı olan bağlılık artar (Harvey ve diğerleri, 2002: 19).

Ocaktan'ın (2009: 27) yapmış olduğu değerlendirmeye göre de güvenlik iklimi, güvenlik konusunda kurumun güvenlik politikası, örgüt içi algılar ve güvenliğe yönelik uygulamalar ile ilgili ve ilişkili bir kavramdır. Güvenlik iklimini güvenlik kültüründen ayıran farklardan bir diğeri de, güvenlik iklimin ölçülmesi güvenlik kültürünün ölçülmesine nazaran çok daha kolaydır, çünkü bireylerin algısını ölçmek daha kolay ve kâfidir.

Güvenlik kültürü, güvenlik iklimine göre çok daha karmaşık bir konudur, hatta kültürün tanımı üzerinde bir fikir birliği oluşmamasından kaynaklı net bir tanımı dahi yoktur. Yapılan araştırma çalışmalarında kabul gören bazı güvenlik kültürü ölçümleri literatürde mevcuttur, bu ölçüm çalışmalarında dahi güvenlik iklimi algılarını ölçmeye yönelik ölçümlerden faydalanılır, bununla beraber o grupta yer alan bireylerin gelenek inanç, vb. daha soyut duygu ve düşünceleri de ölçüme dâhil

edilebilir. Diğer farklı bir ayırmadan ise Mckinnon (2014:3) bahsetmektedir. Mckinnon güvenlik iklimini, bireylerin mevcut çevre hakkındaki algılarını veya bireylerin güvenliğine etki eden ve mevcut durumlara hâkim olan koşulların “anlık görüntüsü” olarak ifade etmektedir. Oysaki genelde güvenlik kültürü kalıcı bir özellik olarak benimsenir ve örgüt içerisindeki belirli bir grubunun risk ve güvenlik yönünden paylaştığı ortak tavırları, değer, kural ve inançlar olarak kabul görülür. Önemli olan kurum tarafından kültür ve iklim arasındaki farklılıkların bilinmesi iş kazalarının önemli ölçüde azalmasına katkı sağlayabilir.

Tehlikeli hareketlerin belirleyicisi olarak güvenlik iklimini oluşturan ögeler veya iş kazaları konusunda yapılan sayısız deneysel araştırma sonuçlarına göre pozitif güvenlik iklimini oluşturmak çalışanlar için güvenli işyeri ortamının tesisi için önemli bir başarı sayılır (Kanten, 2013: 181).

Güvenlik kültürü ile güvenlik ikliminin aralarında bariz bir ilişki olmasına rağmen bu kavramların aynı anlamı taşıdıkları anlamına gelmez, Örgüt kültürü iklimden farklı düşünülmediği gibi birbirlerinde de ayrı değerlendirilemez. Kültür kapsam olarak inanç, değer ve anlam ile alakalı iken iklim bunların oluşturduğu algıyı yansıtan bir kavramdır. Kültür kalıcı özellikler barındırırken iklim ise değişken özellikler göstermektedir (Özdemir ve diğerleri, 2016: 60).

Kurumsal iklim algıları, kişinin çalıştığı ortamdaki davranışlarını belirlerken işin de objektif özellikleri arasındaki ilişkilerin belirleyicileri olarak değerlendirilmektedir. Güvenlik iklimi, güvenlik kültürünün bir alt bileşeni olarak durum değerlendirmesi yapar (Kanten, 2013: 174).

Hall ve diğerleri (2013: 58) güvenlik kültürünü geçici veya o anki durum da birey davranışlarıyla ortaya çıkar şeklinde ifade etmektedirler. Hall ve diğerleri (2013: 60) Sosyal bilişsel teori adı verilen bir model yardımı ile insan davranışları açıklanmaya çalışılmaktadır).

Modelin odak noktası bireysel faktörler ve çevresel faktörler birbirlerini karşılıklı olarak etkiler fikrini savunur. Sosyal bilişsel teori yardımı ile var olan davranışı da arzulanana yöne çekme fırsatı olabilir.

Zaman zaman güvenlik iklimi ve kültürü iç içe geçmiş birbirlerinin yerine kullanılan, kavramlar olmasına rağmen, aralarındaki farklılıklar aşağıdaki sıralanabilir (Dursun, 2012: 66-67).

- a) Güvenlik iklimi, kavramı psikolojiktir. Güvenlik ile ilgili kurum çalışanlarının algısıdır.
- b) Genel olarak güvenlik iklimi, maddi olmayan konular ile ilgilenir (durumsal ve çevresel etkenler).
- c) Güvenlik kültürünün anlık yansıması güvenlik iklimi, aynı zamanda değişkenlik gösterir.

2.12.3 Güvenlik kültürü ve güvenli davranış ilişkisi

Kurum içinde güvenlik kültürünü ve güvenlik davranışını geliştirmek, devamlılığını sağlamak, kurum kültürü içerisine yerleştirmek ve kurumun bir parçası haline getirebilmek uzun bir süreç ve zaman alacaktır. Lakin güvenli davranış konusunda atılan adım ve yapılacak tüm uygulamalar davranışla senkronize olarak oluşacaktır. Örgüt seviyesinde davranıştaki gerçekleşen küçük bir değişim iklim aracılığı ile kültüre yansır. Literatür çalışmaları incelendiğinde güvenlik iklimi ve güvenli davranış konuları da birbirine yakın ve paralel konular olarak görülmektedir.

Patankar ve Sabin (2010) yapısal olarak güvenlik kültürünü dört bölüm olarak ele almaktadır. Güvenlik kültürünün en önemli belirleyicisi davranışlardır. Bahsedilen bu yapıyı güvenlik kültürü piramidi ile izah etmek daha doğru olacaktır. Piramidin en üstünde Şekil 2.8'de görüldüğü gibi davranışlar yer almaktadır. En alt başmağını ise bireylerce paylaşılan değerler ve varsayımlardan oluşmaktadır. Güvenlik kültürü piramidinin her basamağındaki güvenlik konuları, organizasyonun çalışma planları ve uygulamaları ile bir bütün oluşturmalıdır. Kültürün davranışa doğru bir şekilde yansıması ancak bu şekilde mümkün olacaktır.

Güvenlik kültürünün belirleyicisi ve anahtarı, güvenli davranış olarak nitelendirilebilir. Bu konu güvenlik kültürünün temelini de oluşturmaktadır. Güvenlik kültürü risklerin belirlenmesi ve bertaraf edilmesi, çalışma ortamı ve bireylerin güvenlik bilgilerini iyileştirmeye odaklanırken bunun yanında da gruptaki bireylerin inançlarını ve tutumlarını değiştirmeye yönelik bütüncül yaklaşım ile bir strateji oluşturmayı hedeflemektedir. Bu ve bu tarzdaki uygulamalar, güvenli davranışa ve sonucunda da etkin ve etkili bir güvenlik kültürünün oluşmasına katkı sağlayacaktır (Chan, 2012: 336).

Konu ile ilgili yapılan bazı çalışmalar ile konuyu desteklemek gerekirse, Lee'nin (1998) güvenlik kültürünün iş kazaları üzerinde etkileri üzerine yapmış

olduğu çalışmada düşük oranda iş kazasının gerçekleştiği işletmelerin güvenlik kültürünün belirleyicileri ile ilişkisi üzerine odaklandığını, organizasyonel öğrenme, güvenlik iletişimi ve güvenlik katılımı bunlardan bazılarıdır.

Von Thaden ve diğerlerinin (2003), daha sonra havacılık sektörü üzerine yaptığı çalışmada ise, güvenlik kültürünün çıktısı olan kurumsal bağlılık, yönetimin ilgisi, ödül sistemi, çalışanların katılımı ve yetkilendirmesi, raporlama ve geribildirim pozitif olarak güvenlik kültürünü etkilediği bulgusuna ulaşılmıştır, kurumsal risk algısının ise etki olarak olumsuz yönde etkilediği bulgusuna yer verilmiştir.

Diğer destekletici bir örnek ise Vredenburg (2002: 261- 264) tarafından yapılan çalışmada ise güvensiz davranışları yok etmek için kazaları azaltma konusunda etkili yöntemler kullanmak gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bunlar etkili iletişim, ödül, eğitim, çalışan katılımı, çalışanların maddi çıkarlarını gözetme, çalışan taahhüdü olarak sıralanabilir. Sayılan bu uygulamalar güvenlik kültürünün alt bileşenleridir.

Güvensiz durum ve koşulları değiştirebilmek ve güvenlik performansının gerçek değerlerine odaklanmak için insanların güvensiz davranışlarına odaklanmak gerekmektedir (Cooper ve Phillips, 2004: 510). Cooper ve Phillips bireylerin güvenlik konusundaki tutum, inanç ve algılarını değiştirmek yerine bireylere güvenli davranışın nasıl kazandırılacağı konusuna odaklanılması gerekliliği üzerine vurgu yapmaktadır. Böylece güvensiz koşullar ve durumlarda azalacaktır.

Yapılan araştırmalarda göstermektedir ki güvenlik performansını arttırmak adına bazı etkenlere dikkat edilerek bu konulara yoğunlaşılmalıdır. Güvenlik denetimi, kaza sebeplerinin araştırılması ve incelenmesi konuları gelmektedir.

2.13 Güvenlik Kültürünün Ölçümü

Güvenlik kültürünün çeşitli yönlerini ölçmek için geliştirilmiş ve uygulanmış bazı yöntemler vardır. Bu yöntemler güvenlik kültürünü ve anahtar göstergelerini tanımlar. Bu araçlar ve çerçeveler, güvenlik kültürünün belirleyicilerinin bir kuruluşta ne ölçüde bulunduğunu, örgüt üyelerinin davranışlarına ne ölçüde yansıtıldığını belirlemeye olanak tanır.

Dursun (2012)'un yapmış olduğu çalışma sonucuna göre; güvenlik kültürünün ölçülmesi ve tespit edilmesi konusunda literatürde ortak bir görüşün olmadığı ve güvenlik kültürü alanında yapılan araştırmalarda, çeşitli yöntem ve tekniklere başvurulduğu, bu farklı kullanımların ise her kuruluşun ve hatta kuruluş içerisindeki bölümlerde dahi, sektörün yapısı, işletmenin kendine özgü kültürel özellikler taşıması gibi kültür kavramının yapısına bağlı sebeplerin de önemli bir rol oynadığını vurgulamıştır. Niceliksel ve niteliksel olmak üzere iki farklı ölçüm tekniği güvenlik kültürünün ölçümünde kullanılmaktadır.

Niteliksel yöntemler, geçmişe yönelik tutulan kayıtları gözden geçirme, bireyleri gözleme, odak grup görüşmeleri, ve olay çalışmalarını kapsar. Bu yöntemler derinlemesine ve yoğun bir bilgi sağlar (Wiegmann ve diğerleri, 2002: 13).

Niceliksel yöntemler, anketler ve yapılandırılmış görüşmeler gibi standardize edilmiş prosedürler kullanılarak güvenlik kültürünün sayısal ölçümü için yapılan çalışmaları kapsar. Uygulamanın kolay oluşu, zaman ve maliyet düşüklüğü gibi etkenlerden ötürü niceliksel araştırmalar, çok daha fazla tercih edilmektedir (Wiegmann ve diğerleri, 2002: 13). Bu yöntem ile geniş bir katılımcı sayısına ulaşılmasına ve elde edilen verilerin hızlıca analiz edilmesine imkân tanır (von Thaden ve Gibbons, 2008: 8).

Güvenlik kültürünün durumsal yönü değerlendirilirken, örgütün yapısındaki prosedürler, politikalar, hedef, yönetim sistemi vb. ile ele alınırken, davranışsal yönünü de gözlem, kişisel raporlama ve çıktı ölçümleri ile değerlendirilir.

Eğitilmiş ve deneyimli gözlemcilerin güvenli davranışların tespiti için, düzenli bir şekilde gözlemler yapması ve gözleme dayalı kontrol listeleri kullanması ve bu gözlemlerin “güvenli skorların yüzdesi”ne dönüştürülmesi yöntemi ile yapılır. Genel olarakta bireylerin güvenlik algılarının ölçümü için hazırlanan güvenlik iklimi anketleri yardımı ile de psikolojik yönü değerlendirilir (Choudhry, Fang ve Mohamed, 2007: 1001).

Cox ve Flin (1998: 194–196) tarafından yapılan çalışma güvenlik kültürünün tespiti için ölçüm metodlarını, karşılaştırmalı çalışmalar, olay çalışmaları ve psikometrik anketler olmak üzere üç ana başlık altında incelemiştir.

Güvenlik kültürünün bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan olay çalışmaları, tercih edilen niteliksel yöntemlerdendir. Karşılaştırmalı çalışmalar da ise

kaza sayısı çok ve az olan kısım veya işyerlerinin özelliklerinin karşılaştırılması şeklinde yapılır. Güvenlik kültürünün niteliğinin belirlenmesini hedefleyen psikometrik uygulamalar ise, yapılandırılmış anketler aracılığıyla gerçekleştirilir.

2.14 Güvenlik Kültürü Belirleyicileri

Literatürde güvenlik kültürü konusunda yapılan çalışmaların ve araştırmaların ortak hedefi çalışanlarda güvenli davranış normlarını belirleyebilmektir. Bunun için çeşitli birçok metoda odaklanılmış ve belirleyici birçok faktör elde edilmiştir. Birçok araştırmacı güvenlik kültürünü kendi içinde farklı belirleyicilerle ele almıştır. Wiegmann ve diğerleri (2002) güvenlik kültürünün en temel belirleyicisi olan beş boyutun varlığından bahsetmektedirler.

Vredenburg (2002) ise yapmış olduğu araştırma çalışmasında konuyu altı boyutta ele almıştır, Cox ve Cheyne (2000) ise güvenlik kültürünün belirleyicilerini dokuz boyut olarak incelemiştir. Cox ve Cheyne çalışmalarında güvenlik kültürü belirleyicilerin etkilerinin iş kazalarını azaltma konusunda önemli bir role sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Lakin güvenlik kültürü bileşenlerinin hangisinin daha anlamlı olduğu hususunda henüz bir netlik yoktur. Aşağıda güvenlik kültürünün belirleyicilerin bazılarından kısaca bahsedilecektir.

- a) Yönetimin Güvenliğe Bağlılığı: Yönetimin işletmedeki sağlık ve güvenlik ortamını oluşturmak için yönetimin güvenlik üzerine geliştirilen politika ve uygulamalara sahip çıkmasıdır.
- b) Güvenlik kültürünü güvenlik uygulamalarıyla entegre etmek amacıyla oluşturulmuştur. Güvenliğe bağlılık yönetim taahhüdü ile çalışan katılımı arasındaki ilişkiyi ölçülmeye yöneliktir.
- c) Yönetimin Güvenlik Önceliği: Örgütün veya işletme yönetiminin güvenlik konusuna verdiği önceliğin, kurumdaki yansımaları veya çalışanların güvenlik algısını ölçmek için kullanılan bir boyuttur. Cox ve Cheyne (2000) tarafından yapılan çalışmada yönetimde bulunanların üretime verilen değer kadar güvenliğe önem verip vermediği konusu üzerine yoğunlaşır. Ölçek, örgüt açısından güvenliğin taşıdığı önemi ve çalışanlar tarafından nasıl algılandığını değerlendirmektedir. IAEA (2002: 12), İşletmelerde çalışanların maruz kaldıkları aşırı iş yükü kaynaklı stresin ve gecikmelerden dolayı zaman baskısının, güvenlik önceliğini tehdit eden unsurlardandır.

- d) Güvenlik İletişimi ve Geri Bildirim: Örgüt içerisinde yönetim ve çalışanların aralarındaki bilgi ve veri alış verişini ifade eder. Etkili bir kurum içi iletişimin gerçekleşebilmesi için yönetimin tutum ve davranışları, eğitim planları ve uygulamaları, ödüllendirme, teşvik ve performans sistemi, bilgilendirmeler ve değerlendirmeler gibi faaliyetler önemli derecede iletişim fırsatı sağlar.
- e) Güvenlik Eğitimi: Çalışanlara örgüt tarafından verilen güvenlik konularındaki eğitimleri ifade etmektedir. Amaç, güvenlik konusunda çalışana beceri kazandırılmasıdır (Demirbilek, 2005: 128).
- f) Bu eğitimler hem yaptıkları işlerde yetkinlik kazanması hem de çalışanların güvenli çalışması açısından önemli bir süreçtir.
- g) Güvenlik Farkındalığı ve Yetkinlik: Çalışanların güvenlik konularındaki farkındalık düzeyi ile güvenlik problemleriyle baş edebilme becerilerini ifade etmektedir
- h) Çalışan Katılımı: Çalışanların güvenlik konusundaki kural ve prosedürlere uyma davranışları ile çalışma koşullarının iyileştirilmesinde rol alma durumlarını belirtmektedir. Bu boyutta, örgüt içinde çalışanların her türlü güvenliğine yönelik talimat ve prosedürlerin hazırlanmasına katkıda bulunmasından başlayarak, güvenlik prosedürlerine uyma davranışları ile çalışanların güvenlikle ilgili çalışma koşullarının düzeltilmesi ve iyileştirilmesine katılımı değerlendirilir.
- i) Güvenlik Kuralları: Cox ve Cheyne (2000) Bu boyutun amacı organizasyon içerisindeki güvenlik düzenlemelerinin ele alınması, işin yapılışı esnasında bazı kuralların ve prosedürlerin varlığı ve bu kural ve prosedürlerden kesinlikle vazgeçilmemesi gerekliliğidir.
- j) Kadercilik: İş kazaları konusunda çalışanların kader ve şans bağlamında inanç varlığı ve düzeyini ifade etmektedir.
- k) Raporlama Kültürü: Organizasyon içinde meydana gelen ramak kala olayların, iş kazalarının ve tehlikeli hareketlerin rapor edilmesi ile ilgili durumların ölçülmesini ifade eder.
- l) Ödüllendirme Sistemi: İyi bir ödüllendirme ve değerlendirme sistemi güvenli davranışa teşvik vererek desteklerken aynı zamanda güvensiz davranışın da azalmasını sağlamaktadır. Davranış, bir organizasyondaki güvenlik kültürünün bileşenlerinden biridir. Güvenli davranışlar ödüllendirilirken

güvensiz davranışlara karşı ise, ceza ve uyarıları yöntemi kullanılarak caydırılmaya çalışılır.

2.15 Pozitif ve Negatif Güvenlik Kültürü

Güvenlik kültürü literatür incelendiğinde pozitif ve negatif şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Pozitif güvenlik kültürünü, örgüt içerisindeki tüm üyelerin güvenlik üzerine ortak paylaştıkları tutumlar, davranışlar, algılar ve değerler seti olarak tanımlanabilir. Başka bir şekilde ifade edecek olursak, çalışanların karşı karşıya kalabilecekleri iş kazası geçirme riski ve olasılıklarının azaltılması, kuruluşun tüm kademelerinde uygulanması ve kaza ve meslek hastalıklarının önlenmesi hususunda ortaya konan ve uygulanan politika, uygulama ve prosedürler olarak değerlendirilir. Pozitif güvenlik kültürü örgüt üyelerinin güvensiz davranışlardan kaçındığı bir çalışma ortamı oluşturur (Muniz, Peon ve Ordas, 2007: 627–628). Yönetim pozitif güvenlik kültürü oluşturmada kilit role sahiptir. Yöneticiler organizasyonun farklı kademelerinde farklı roller yerine getirirler.

Güvenlik politikaları ve stratejilerini yönetimin en üst kademesi, belirlerken, orta düzey yönetim ve yöneticiler ise, daha çok güvenlik prosedürleri ve güvenlik taktikleri konularıyla ilgilenir, alt düzey yöneticilerde ise, güvenlik uygulamaları ve süreçleriyle meşgul olurlar (Wu ve diğerleri, 2010: 423-424).

Pozitif güvenlik kültürünün bazı önemli bileşenleri aşağıda ifade edilenlerdir. (Hughes ve Ferrett, 2008: 52):

- a) Örgütün bütün kademelerinde sağlık ve güvenliğe yönelik bağlılık ve liderlik,
- b) Örgütün uzun vadedeki stratejilerinin başarılı bir şekilde uygulanması için örgütün bir parçası olarak sağlık ve güvenlik standartlarını, kabul etmek,
- c) Örgüt içindeki sağlık ve güvenlik açısından olası riskleri detaylı bir şekilde değerlendirmek, analiz etmek ve uygun kontrol ve gözetim sistemleri oluşturmak,
- d) Örgütün kısa ve uzun vadeli hedeflerini gerçekleştirmek amacı ile sağlık ve güvenlik politikası belirlemek,
- e) Çalışanlar için uygun iletişim ve danışma prosedürleri ve eğitim programları oluşturulması,
- f) Gözlem/denetim ve her hatayı anında düzeltmeye yönelik sistemler,

- g) Bütün olay ve kazaların araştırılması, incelenmesi ve sebeplerinin ortadan kaldırılmasına yönelik ayrıntılı biçimde raporlar hazırlamaktır.

Negatif güvenlik kültüründe ise, çalışanlar tarafında mevcut olan risklerin “risk” olarak görülmediği, görülse de önem vermediği ya da risk ve tehlike karşısında çalışanların kendilerine aşırı güven duygusu ile hareket ettiği bir kültüre karşılık gelir ve değişime karşı oldukça dirençli bir yapı sergiler.

Negatif güvenlik kültürüne ait özellikleri aşağıda belirtilmiştir (Hughes ve Ferrett, 2008: 52–53):

- a) Hastalık ve işe devamsızlık oranlarının çalışanlarda yüksek olması,
- b) Suçlama kavramının algı kültüründe bulunması,
- c) Yüksek personel değiştirme hızları güvenliğe ve sağlığa yapılacak iyileştirmelerde hız kaybına neden olmakta,
- d) Güvenlik yönetiminin için yeteri kadar kaynak oluşturulmaması,
- e) Örgütsel güvenlik kural ve prosedürlerine uyma noktasındaki eksiklikler,
- f) İletişim, kontrol ve iş birliği, düzeylerinde zayıflık,
- g) Sağlık ve güvenlik yapısının zayıf olmasıdır.

3. SİSTEM DİNAMİKLERİ

3.1 Sistem Düşüncesi ve Sistem Dinamiği

Sistem dinamikleri modellemesinin temelini sistem düşüncesi oluşturmaktadır. Sistem kavramsal olarak, birçok farklı alanda oldukça sıkça kullanılan bir terim haline gelmiştir. Sistem kavramının kullanım alanına ve gösterdiği özelliklere bağlı olarak farklı birçok tanımlamalar yapılmıştır. Farklı uygulama alanlarındaki ortak noktalar göz önüne alındığında ise, sistem belirli bir gayeyi gerçekleştirmek üzere bir araya gelen ve birbiriyle etkileşim içerisindeki bileşenlerden oluşan bir bütün olarak nitelendirilir.

Sistem; bir biri ile tutarlı bir etkileşim halindeki parçaların belli bir hedef doğrultusunda belirlenmiş bir çerçeve ve sınırlar içerisinde oluşturduğu özgün davranış organizasyonu olarak tanımlanabilir (Şenaras ve Sezen, 2017: 41). Sistem düşüncesi üç temel ilke üzerine inşa edilmiştir. Bu temel ilkeleri bütüncül yaklaşım, disiplinler arası yaklaşım ve bilimsel yaklaşım olarak ifade edilir. Bütüncül yaklaşım; Aristo'nun "Bütün; parçaların toplamından daha büyüktür" fikrinden yola çıkarak, sistemi birbirleri arasında etkileşim olan bütünlüklerden oluşmuş, çevresiyle de etkileşim halinde bir bütünlük olarak değerlendirir. Bütünü oluşturan tüm öğeler beraber değerlendirildiğinde fonksiyonel bir anlam oluştururlar. Sistem içerisindeki sorun ve problemler birbirinden ayrı düşünülemez ve sistem içerisindeki öğelerden birine getirilen çözüm önerisi diğer öğeleri de etkiler ya da sistem içerisinde yeni sorunlara sebep olabilir. Disiplinler arası yaklaşım; farklı bilim alanlarından uzman kişilerin bir araya gelerek sorunlara multidisipliner bir bakış açısı ile değerlendirip karar ve çözüm üretme gayretidir. Üçüncü temel ilke bilimsel yaklaşım; problemin veya sorunun çözümüne yönelik süreçte deney, gözlem ve mantıksal kanıtlamaya dayalı uygulanacak uygun bilimsel metodlardan gerekli ve yeterli düzeyde istifade edilmesi şeklinde izah edilebilir (Sezen, 2007: 6).

Sistem düşüncesi kavramsal bir çerçeve olarak, sistemi oluşturan tüm öğelerin tamamının net olarak görünmesini ve bu öğeleri etkin ve etkili olacak şekilde nasıl değiştirebileceğimiz konusunda da imkân sağlar (Senge, 1994: 10).

Sistem yaklaşımının disiplinler yaklaşım içinde uygulanabilir, anlaşılabilir ve çözüme yönelik araçlarla ifade edilmesi çabalarının, uygunluğa ulaşması sistem dinamiği çalışmalarının katkılarıyla gerçekleşmiştir.

Yeni bir bakış açısı ile disiplinler yaklaşım, “gerçek hayatın içindeki” karmaşık ve doğrusal olmayan problemlerin çözümüne olanak sağlamıştır.

Sistemlerin karmaşıklığı sistemlerin arasındaki etkileşimleri de artmıştır. Böyle bir durum karşısında ise, sistem içerisinde ortaya çıkan problemler ve sistem durumu karşılıklı olarak etkileşim halindedirler. Yeni kavramları bünyesinde barındıran ve sürekli değişim gösteren bu sistemlerin incelenmesi ve değerlendirilmesinde istifade edilecek modellerin;

- a) Sistemin tüm süreçlerini bir bütün şeklinde değerlendirecek,
- b) Sistemin zaman içerisindeki davranışının ve değişimlerinin izlenmesini mümkün kılacak,
- c) Sistemin içerisinde değişim gösteren olguları ve bu olguların değişimini tetikleyen durumları yansıtabilecek
- d) Sistemin farklı bir biçimde tasarlanmasına imkân sağlayacak şekilde oluşturulmalı (Erkut, 1995).

Geleneksel analitik yaklaşım bir sistemin davranışını tahmin veya altında yatan sorunu açıklamak için uygulandığında tüm dikkatimiz sistemin anlık durumlarına yoğunlaşmaktadır. Lakin gerçek dünyada işler bu şekilde gerçekleşmemektedir. Olaylar tarafından sistem davranışı belirlenmemekte, tam tersine sistemin davranışının sonucunda olaylar meydana gelmektedir. Böyle bir durumda davranışın nasıl gerçekleştiğini incelemek gerekirse, öncelikle sistemin elemanlarınca oluşturulan etkileşimlerin oluşturacağı sistemin yapısının belirlenmeli (Senge, 1994).

Peter Senge, bir sistemin özelliklerinin sadece onu oluşturan parçaların basit fonksiyonlarını inceleyerek tanımlanamayacağını ifade eder. Sistem davranışında önemli olan nokta her parçanın ne yaptığı ile değil, sistem içerisindeki her parçanın

diğerleri üzerindeki oluşturduğu etki ve diğer parçalar ile nasıl etkileşimde bulunduğuyla alakalıdır. (Ayanoğlu ve Gökçe, 2007).

Bu yaklaşımda temel prensip, sistem içerisindeki elemanların aralarındaki etkileşimler sonucu oluşan bütünlüğu görebilmek ve kavrayabilmektir. Kısaca; karşı karşıya kaldığımız sorunun daha iyi anlaşılması için doğrusal nedensellik yerine, karşılıklı bağımlılık olgusuna yaklaşımlarımızda yer vermeliyiz.

Sistem düşüncesi, sistemleri tanımlama ve anlama, davranışlarını tahmin etme ve istenen etkileri üretmek için değişiklikler tasarlama yeteneğini geliştirmek için kullanılan bir dizi sinerjik ve analitik becerilerdir (Arnold ve Wade, 2015).

MIT’de 1950’ li yıllarda ilk olarak Jay W. Forrester’in çalışmaları sonucunda geliştirilen sistem dinamikleri metodolojisi ilk olarak endüstriyel sistemlerin analizi için tasarlanmıştır (Forrester, 1961). Sistem dinamiğinin (SD), felsefesi esas itibari ile kontrol teorisi ve modern nonlineer dinamik teorisine dayanmaktadır. Sistemlerin karmaşık yapısı ve dinamiğini anlamamızda yardımcı olan araçlar bütünüdür. (Senge, 2002; Sterman, 2000). Kontrol sistemlerinin çeşitli sosyo-ekonomik sistemlerin tasarlanması ve planlanması gibi farklı alanlarda uygulanmaya başlanmasıyla yeni bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır (Coyle, 1996: 1).

SD metodolojisi, doğrusal olmayan karmaşık ve dinamik geri bildirim sistemlerinin incelenmesi ve analizi ve aynı zamanda sistemin performansını arttırmak amacı ile politikalar oluşturulmasında faydalanılan bir simülasyon yöntemidir (Radzicki, 2007: 727).

Sistem dinamiği yaklaşımı geribildirim bakış açısını kullanarak, sosyo-ekonomik ve yönetsel sistemleri tasarlamak, analiz etmek ve performansını arttırmak için geliştirilmiş bir yöntemdir. Dinamik yapıdaki yönetsel problemler matematiksel formüller, bilgisayar tabanlı yazılım ile modellenir. Modeli oluşturan değişkenlerinin dinamik yapıları bilgisayarda simülasyon yapılarak elde edilir (Forrester 1962; Ford 1999; Sterman 2000; Barlas 2008). Sistem dinamikleri yaklaşımı; bir etkileşim çerçevesinde bir sistem olarak sürekliliği devam ettiren bir olgunun birden fazla değişkeninin arasındaki iletişim veya etkileşimlerini tanımlamak ve tahmin etmek için kullanılmaktadır. Sistem içerisindeki bileşenlerin bir biri ile etkileşimin yönü ve derecesi ile ilgilenerak parça parça olarak bileşenlerin ve bir bütün olarak sistemin nasıl geliştiiğinin mekanizması üzerinde durmaktadır. SD yaklaşımı, sosyal bilimlerde sosyal sistemlerin yapısını aralarındaki etkileşimlerini

ve davranış biçimlerini gerçekçi bir bakış açısı ile analiz ederek, politikaların test edilebileceği, geri beslemeyi sağlamakta ve model içerisinde çeşitli senaryoların denenmesine imkân tanımaktadır.

Ekonomik, idari, finansal, ticari, çevresel, güvenlik, kalkınma, şehir planlamaları, doğal ve beşeri kaynak yönetimleri, eğitim, turizm gibi birçok alanda başarılı bir şekilde uygulama örnekleri mevcuttur. Sistem dinamiği uygulanmaya başladığından bu güne kadar; stratejik karmaşık problemlerle başa çıkmak ve stratejik süreçlere destek olmak üzere etkin ve başarılı bir şekilde uygulama alanı bulmuştur. (Warren, 2005; Herrera, 2014).

Literatürde yapılan tanımlamaların bazıları şu şekildedir:

- a) Forrester (1962), SD, idare edilen sistemlerdeki bilgi-geribildirim yapılarının incelenmesi, organizasyonel yapıların araştırılması ve geliştirilmesi için politika tasarlamakta kullanılan modelleme olarak tanımlanmaktadır.
- b) Bilgi geribildirim teorisine dayanan sistem dinamiği yaklaşımı, sistemin yönetilmesi için bazı semboller sunar. Bunlar ise, diyagramlar, denklemler ve bilgisayar simülasyonu için programlama dilidir (Morecoft ve Sterman, 1994: 15).
- c) Wolstenholme (1990) göre de, sistem dinamiği karmaşık sistemlerin süreç, bilgi akışı, sınır ve stratejilerini belirleyen, bunları inceleyen ve analizini yapan nitel bir metod olarak tanımlanmaktadır. Bu yaklaşım, model yapı ve davranışını tasarlamak için nicel simülasyon modellemesine ve analizine imkan verir.
- d) SD yöntemi, nicel ve nitel modellerle sistemin zaman içerisinde göstereceği davranışını belirlemek ve anlamak amacıyla sistemlerin zamana bağımlı olan davranışlarına odaklanır. Bilgi geribildirimlerinin sistemin davranışları üzerindeki etkileri ve geribildirim yapı ve kontrol politikalarını modelleme ve optimizasyon ile nasıl oluşturulabileceğini inceler (Coyle, 1996: 10)
- e) SD modelleme yöntemine göre, oluşturulan modeller sadece gelecek tahminler için değil aynı zamanda sistemlerin karmaşık yapı ve davranışına yönelik bakış açımızı artırmak için öğrenme aracı şeklinde faydalanılmaktadır. Bu sebeple model, belirlenmiş kararların gelecekte sebep olacağı değişimi tahmin edebilmemize olanak sağlayan yaklaşım olarak

önemini korurken, “modelleme” ise bir öğrenme aracı olarak değer kazanmakta (Morecroft ve Sterman 1994; Saysel ve Barlas 2001).

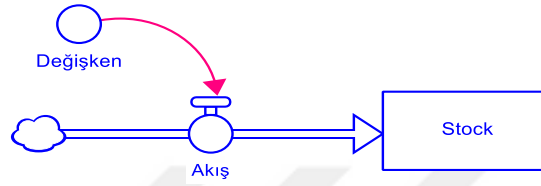
- f) Sistem dinamiği yaklaşımına göre; hiçbir zaman tek bir doğru yoktur. Çünkü SD mevcut sistem içerisinde gerçekleşen ilişkileri gösterirken tek bir doğru yanıt sunmak yerine uygulamaya konabilecek birden fazla olası alternatifini ortaya koyar. (Sterman, 2000: 127-133).
- g) SD yönteminin asıl amacı optimizasyon değil, belirli bir zaman aralığındaki değişimlerde sistemin sergileyeceği davranışlarını gözlemlemek ve farklı stratejilerin belirlenmesine katkı sağlamaktır. Makro düzeyde sistemin davranışını, uzun vadede izlemek ve incelemek. SD yaklaşımı sistemin bütünsel görünümüne bakmayı ve sistem içerisinde oluşan etkileşimleri bir bütün olarak ele alarak sistemin bu durumdan nasıl etkilendiğini belirlemeyi hedeflemektedir.

3.2 Sistem Dinamiği Modelinin Yapısı

Gerçek bir sisteme ait dinamiklerinin incelenmesi için sistemin yapısındaki modeller incelenir. Modeller, sistemin göstereceği davranışları izlemek ve incelemek amacıyla oluşturulmuş basit yapılardır (Karnopp vd., 1990: 4). Yeni bilgilere ulaşılmasında modeller önemli araçlardır. Oluşturulan model net bir amaca sahip olmalı ve bu amaç ise bir problemin çözümünü sağlamalıdır. Başarılı bir model oluşturmak için en önemli faktör net bir amaca sahip olmaktır. Amacı açık bir model yanlış, fazla geniş veya anlaşılması zor olabilir. Lakin açık bir amaç, modelleyicilerin üzerinde çalıştıkları problemi çözmenin faydalı olup olmadığını ortaya koyabilecek şekilde soru sorma imkânı sağlar (Sterman, 1991: 5). Sistemin dinamik davranışlarını modellemek için Forrester (1969)’a göre aşağıda belirtilen dört hiyerarşik yapı tanımlanmalıdır:

- a) Sistemin çevresindeki kapalı sınır,
- b) Kapalı sınırın içerisinde barındırdığı temel yapısal elemanlardan geribildirim döngüleri,
- c) Geribildirim döngülerinin içerisinde bulunan ve birikimleri gösteren seviye (durum) değişkenleri,
- d) Geribildirim döngülerindeki meydana gelen eylemlerin gösterilmesini sağlayan oran (akış) değişkenleri.

Sisteme ait karakteristik davranışları oluşturan etkileşimleri içerisine alan sınırlar oluşturularak sisteme ait olan bütün kavramlar geliştirilmelidir (Forrester, 1969: 12). Sistem davranışlarını tanımlayabilmek için Forrester, SD dilini geliştirmiştir. Forrester'ın oluşturduğu bu dil; stoklar, akışlar, karar fonksiyonları ve bilgi akışı bileşenlerinin bir araya gelmesiyle oluşur. Bu sayede, sistemin ne kadar zor veya karmaşık olduğunun pek bir önemi kalmıyor. Sistemi tanımlamak için ihtiyacımız bu blokları bir araya getirmektir. Şekil 3.1 'de sistem dinamiğinin dili gösteriliyor.



Şekil 3.1: Sistem Dinamiği Dili

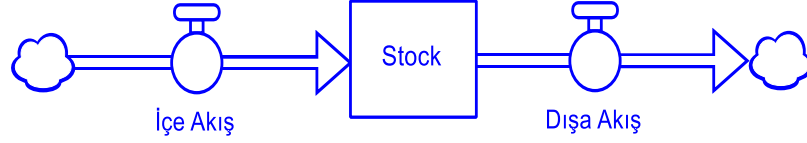
Kaynak: (Yamaguchi, 2013)

Dinamik analiz zaman akışıyla ilgilenir. Bu sebeple öncelikli olarak zaman kavramını tanımlamalıyız. Basitçe zamanı tanımlayacak olursak boyutsuz gerçek bir sayı, bir başlangıç noktası olan ve koordinat sistemin üzerinde de pozitif yönde hareket eder şeklinde ifade edebiliriz. Burada iki kavram ön plana çıkmaktadır. Birinci kavramı, zamanın bir anı olarak ifade edebilir (t ve $\tau = 1, 2, 3, \dots$ şeklinde gösterilir); ikincisi ise zaman periyodudur ($t=1., 2., 3., \dots$ şeklinde gösterilir). Zaman birimi sistem veya modelin yapısına göre saniye, dakika, saat, hafta, ay, yıl, şeklinde ifade edilebilir. SD yaklaşımı içerisinde iki zamanın ayrımı doğru bir şekilde ifade edilmelidir. Çünkü stoklar ve akışların τ ve t olarak net ifade edilmeleri gerekmektedir (Yamaguchi, 2013: 23). Sistem modelini meydana getiren yapılar stoklar (seviyeler) ve akışlar (oranlar); karar fonksiyonları ve bilgi akışı; bağlayıcılar olmak üzere üç başlık altında tanımlanmaktadır.

3.2.1 Stoklar (seviyeler) ve akışlar (oranlar)

Stok, birikimi ifade ederken, stokların seviyelerini değiştiren oran ise akış olarak ifade edilir. Stoklar, içe akış (inflow) ve dışa akış(outflow) arasındaki biriken farktan meydana gelen değişkenlerin mevcut değerlerini ifade eder (Sezen ve Günal, 2009: 306-307). Stoklar, SD yaklaşımının temel yapısını oluşturan dört bileşenin en önemlisidir. Stokların yardımı ile sistemi tanımlayabiliriz. Belirli bir τ zamanı içerisinde var olan nesnelere toplamı stoğu oluşturur. Belirli bir τ zaman için stoğu x

ile ifade edersek, τ 'nin gerçek bir sayı olması şartı ile stokları $x(\tau)$ ile tanımlayabiliriz (Yamaguchi, 2013: 23). Stok yapısı şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2: Stok ve Akış

Stoklardaki meydana gelen değişimi izah etmek amacıyla genel olarak tercih edilen yol, zaman içinde belli noktalarda, $\tau = 1, 2, 3, \dots$ Stoka ait değeri belirlemektir. Böylelikle bir sonraki noktada stokta gerçekleşen değişimi göz önüne almaktır. τ ile $\tau + 1$ arasında geçen süre birim zaman aralığı olarak ifade edilmektedir. Birimini ise saniye, dakika, saat, gün, hafta, ay, yıl... vb. şekilde ifade edebiliriz.

Zaman periyodu ise t şeklinde ifade edilmektedir. $\tau = 0$ (orijin noktasından) başlayarak t değerleri tanımlanır (1. zaman aralığı, 2. zaman aralığı,.....)

Birim zaman aralığındaki stoktaki artış veya azalış ise akış olarak ifade edilir ve $f(t)$ şeklinde ifade edilir. Akış, kesikli akış olarak da her bir kesikli zaman periyodunda tanımlaması yapılabilir.

Zamanın iki noktası arasındaki miktar akışı tanımlar iken, zamanın belirli noktasındaki miktarı ise stok olarak tanımlarız. Başka bir şekilde ifade edecek olursak τ stokları tanımlamada kullanılır. Bunun anlamı ise, zaman içindeki bir noktaya karşılık geldiğidir. Akışları, t ile tanımlarız ve t 'nci birim zaman aralığı, zaman içerisindeki τ noktasıyla bir sonraki $\tau + 1$ ' inci nokta arasında geçen zamanı ifade etmektedir. Herhangi bir dinamik davranış stok ve oran terimleriyle işlevsel olarak anlaşılabilir. Stoğun değişim oranı akıştır. Akışlar stokta meydana gelen değişimleri ifade eder. Akışa örnek verecek olursak doğumları ve ölümleri, gelirleri ve giderleri, vb.ni gösterilebiliriz. Verilen örneklerdeki doğum içeriye akışı temsil ederken, ölüm ise dışarıya akış anlamına gelmektedir (Yamaguchi, 2013, Martin, 1997a; Sterman, 2000; Barlas, 2005b).

Akış ve stoğun birimleri fiziksel veya niteliksel olarak örtüşmelidir. Stok ve akış arasındaki ilişki 3.1'de açıklanmıştır.

$$x(\tau + 1) = x(\tau) + f(t) \tau \text{ ve } t = 0, 1, 2, 3, \dots \dots \dots \quad (3.1)$$

Şekil: 3.3'de farklı disiplinlere ilişkin stok ve akış ayrımı görülmektedir.

Alan	Stoklar	Akışlar
Matematik, Fizik ve Mühendislik	İntegraller, Durumlar, Durum değişkenleri ve stoklar	Türevler, Değişim oranları, Akışlar
Kimya	Reaktifler ve Tepkime ürünleri	Reaksiyon hızları
İmalat	İç stoklar, Envanterler	Üretim hızı
Ekonomi	Seviyeler	Oranlar
Muhasebe	Stoklar, Bilanço kalemleri	Nakit akışları
Biyoloji, Psikoloji, Tıp, Epidemiyoloji	Rezervuarlar, Prevalans	Görülme sıklığı ve Ölüm Oranları

Şekil 3.3: Farklı Disiplinlerde Stok ve Akışlar İçin Kullanılan Terminoloji

Kaynak: (Serman, 2000: 198)

τ ve t' yi bir birinin cinsi şeklinde ifade ederek denklem sistemindeki karışıklığı önleyebiliriz. Bu amaç doğrultusunda; stoğun belli bir andaki ve bir sonraki andaki zaman aralığı t olarak ifade edildiği için ' t ' ninci zamandaki stok miktarı $x(t)$, zaman aralığının başlangıç zamanı ile bitiş zamanının stok miktarı olarak ifade edilebilir.

Bu tanıma göre:

$$x(t) = x(\tau): \text{Sürecin başlangıçtaki stok miktarı} \quad (3.2)$$

veya

$$x(t) = x(\tau + 1): \text{Sürecin bitişindeki stok miktarı} \quad (3.3)$$

Eğer ki sürecin başlangıcındaki stok kullanılır ise, stok akış denklemi (3.1) aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$x(\tau + 1) = x(\tau) + f(t) \tau \text{ ve } t = 0, 1, 2, 3, \dots \dots \dots \quad (3.4)$$

Bu denklemdeki stok $x(\tau + 1)$ değerinin $\tau + 1$ zaman aralığındaki başlangıç değerini ifade etmektedir ve $f(t)$ akış miktarını stok değerine ekleyerek elde edilir (Yamaguchi, 2013: 25-26).

Eğer ki sürecin bitiş anındaki stok denklemini (3.3) kullanırsak, stok akış denklemini (3.5) aşağıdaki ifade ile tanımlayabiliriz.

$$x(t) = x(t - 1) + f(t) \quad t = 1, 2, 3, \dots \dots \quad (3.5)$$

Bu yaklaşım sayesinde iki zaman (zamanın bir anı ile zaman aralığı) birleştirilmektedir. Eğer $f(t)$ $t=1,2,3,\dots$ gibi kesikli zaman olarak tanımlanırsa, (3.4) denklemi, fark denklemi olur ve (3.6)'daki gösterildiği gibi yazılabilir.

$$x(t) = x(0) + \sum_{i=0}^{t-1} f(i) \quad (3.6)$$

Akışın sürekli olduğu durumlarda ise, zaman birimlerini n tane alt zaman dilimine bölüp (3.4) denklemini aşağıdaki şekildeki gibi yazabiliriz (Yamaguchi, 2013: 25-26).

$$x(t) = x\left(t - \frac{1}{n}\right) + \frac{f\left(t - \frac{1}{n}\right)}{n} \quad (3.7)$$

$$= x(t - \Delta t) + f(t - \Delta t)\Delta t$$

$$\Delta t \rightarrow 0 \text{ için} \quad \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t) - x(t - \Delta t)}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} \quad (3.8)$$

$$\frac{dx}{dt} = f(t) \quad (3.9)$$

Yukarıdaki verilen formül diferansiyel denklem tanımıdır. t 'deki stok miktarı akış ve stokların sürekli olduğu zamanlarda bu diferansiyel denklemin çözümüyle bulunur.

$$dx = f(t)dt \quad (3.10)$$

$$x(t) = x(0) + \int_0^t f(u)du \quad (3.11)$$

Diferansiyel denklemin genel çözümü yukarıdaki verilen formül ile elde edilebilir. Sürekli akışta integral, kesikli akışta ise toplam işlevlerinin kullanımı arasındaki tek farktır (Yamaguchi, 2013: 27).

Jay Forrester (1962) küvette biriken ve küvetten boşalan su örneği ile stok ve akışları tarif etmiştir. Stok küvette biriken su miktarı iken küvetten boşalan su ise akıştır. Diğer bir tarif ile küvete giren ve küvetten boşalan su miktarlarının farklarının toplamı küvetin içindeki biriken su miktarı stoktur. Stoklar, akışların birikimi veya integralidir. Net akış, stok değişim hızını oluşturur (Serman, 2000:194).

İntegral Denklemi:

$$\text{Stok}(t) = \int_{t_0}^t [(\text{İçe Akış}(s) - \text{Dışa Akış}(s))] ds + \text{Stok}(t_0) \quad (3.12)$$

İçe Akış(s), içe akışın başlangıç zamandan şu anki zaman **t** arasındaki herhangi bir **s** zamanındaki değerini gösterir. Buradan türetilerek net stok değişim hızı ise İçe Akış tan Dışa Akışı çıkartılarak aşağıda gösterilen formül elde edilir.

Diferansiyel Denklem:

$$\frac{d(\text{Stok})}{dt} = \text{Stoktaki Net Değişim} = \text{İçe Akış}(t) - \text{Dışa Akış}(t) \quad (3.13)$$

Stoklar birikimlerdir. Sistemin durumunu ortaya koyar, karar vermeyi ve bu kararın uygulamaya geçmesini sağlayan bilgileri sunmaktadır (Söyler, 2006: 31). Genel olarak stoklar sistemi oluşturan temel birimlerdir. Sistem stoklar etrafında ve stoklar ile olan bağlantı ilişkisi düzlemimde gerçekleşmektedir.

3.2.2 Stok ve akışların sınıflandırılması

Sistemlerin çeşitliliği, sistemlerdeki davranış çeşitliliğini beraberinde getirmekte bu durum sistemin temel yapı taşlarından olan stok değişkenlerinde çeşitliliğini gerektirmektedir. Daha açık bir ifade ile stokların farklı birikim çeşitleri mevcuttur. Stokları aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz (Yamaguchi, 2013: 24):

- a) Doğal stoklar (Su miktarı, nüfus, biyolojik çeşitlilik miktarı...),
- b) Sermaye stokları (Üretim amaçlı kullanılan her türlü araç, makine ve cihazlar),
- c) Süreç ve kullanımdaki stoklar (Ara ürün miktarı),
- d) Enformasyon stokları (fiziksel olmayan stoklardır. Bilgi, tecrübe, kitap, arşiv gibi),
- e) Psikolojik tutku stokları (beş duyu organları ile hissedilemeyen insandaki aşk, sevgi, mutluluk, üzüntü gibi birikimli stoklar),
- f) Endekslenmiş rakam stokları (fiyat birikimleri, ısı birikimleri gibi).

Sistemin temel yapı taşlarından olan stokları anlamlandıran diğer bir yapı ise akışlardır. Bir akışın veya azalmanın söz konusu olması durumunda bir birikim (Stok) söz konusudur. Akışlar da stok çeşidine göre stoku besleyen ya da azaltan değişkenlerdir. SD'nin kurucusu kabul edilen Forrester (1961) akış değişkenlerini altı sınıfta incelemiştir: bilgi akışı, malzeme akışı, iş gücü akışı, sermaye akışı, sipariş

akışı, para akışı. Bir sistemde akış çeşidini belirleyen ana unsur akışın bağlı olduğu stok çeşididir. Akış çeşidi ile belirlenen stok çeşidi birbiriyle uyumlu olmalıdır.

3.2.3 Karar fonksiyonları ve bilgi akışı

Model de yardımcı öğeler görevini yerine getirmektedir. Matematiksel işlemler ve formüller ile modeldeki bağlantıyı sağlarlar. Oluşturulan model içerisindeki ilişkiler bu şekilde gerçekleştirilmekte, girdileri çıktılara dönüştürerek, modeldeki önemli işlemlerin dönüştürülmesini sağlarlar (Çelik, 2021: 59). Bunlar modelde işlem gören bilgilerin fiziksel mekânlarıdır. Bünyelerinde barındırdıkları bilgiler ve matematiksel işlemler ile kurmuş oldukları ilişki ağıyla adeta tasarlanan modelin ruhunu oluşturmaktadırlar.

3.2.4 Bağlayıcılar

Bir network ağı gibi modeldeki değişkenleri bir birine bağlayarak, bilgi ve malzeme akışını sağlamaktadır. Değişkenler arasındaki etkileşimi ve bu etkileşimin yönünü göstermektedirler. Modeldeki tüm bağlantıları sağlayan öğedir.

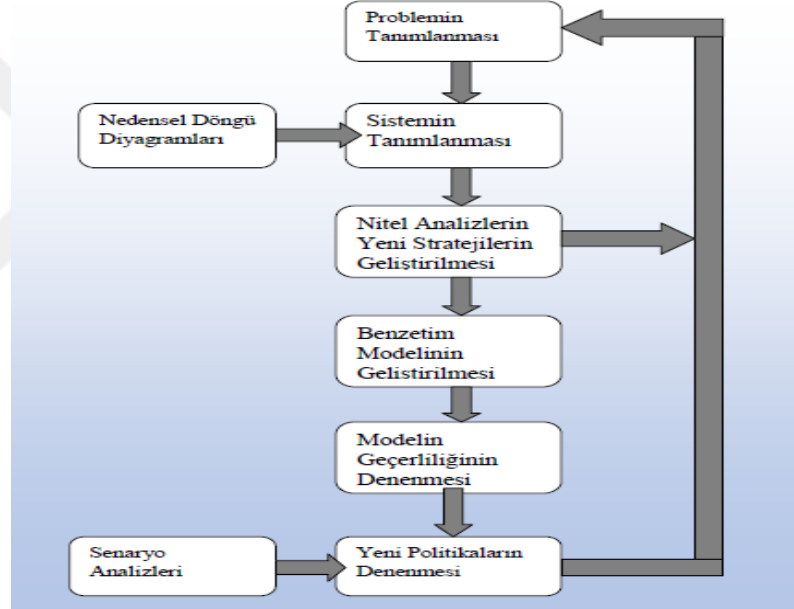
3.3 Sistem Dinamiğinde Modelleme Aşamaları ve Modelleme Süreci

Sistem düşüncesi modelleme yaklaşımı; problemin tanımlanması, nedensel döngülerin modellenmesi, dinamik modelleme, senaryo planlanması ile modellenmesi ve uygulama ve örgütsel öğrenme olmak üzere Cavana ve Maani tarafından beş ana başlık altında açıklanmıştır (Cavana and Maani, 2000:16). Modelleme aşamaları ve süreçleri;

- a) Problemin Tanımlanması,
- b) Nedensel Döngü Modelleme,
- c) Dinamik Modelleme,
- d) Senaryo planlaması ve modellemesi,
- e) Uygulama ve örgütsel öğrenme başlıkları altında tanımlanmaktadır.

Sistem dinamiği yaklaşımı ile başarılı bir modelin simüle edilebilmesi için belli bazı adımların takip edilmesi gerekir. Modelleme sürecinde gerçekleştirilmesi gereken adımlar şekil 3.3'de gösterilmektedir. Modelleme sürecine problemin belirlenmesiyle başlanılıyor. Modellemenin ikinci adımını ise sistemin tanımının yapılması için probleme neden olan sistem yapısının analizinden oluşmaktadır. Bu

aşamada sistem bileşenleri arasındaki ilişkilerin belirlendiği, sistemlerin kavramsal modellerini oluşturan nedensel döngü diyagramları önemli bir yere sahiptir. Üçüncü adımdaki süreç ile nedensel döngü diyagramlarında kullanılan sistem bileşenlerinin aralarındaki karşılıklı ilişkilerin nitel analizleri yapılarak ortaya konur. Modellemenin dördüncü adımda ise, yine oluşturulan nedensel döngü diyagramlarının yardımı ile stok ve akış diyagramları çizilir ve bu stok akış diyagramındaki kullanılan değişkenler için ihtiyaç duyulan denklemler modele eklenir. Powersim, stella, ithink, ve vensim gibi çeşitli bilgisayar tabanlı simülasyon yazılımları kullanılarak model geliştirilir. Modelleme sürecinin son adımında model çalıştırılarak modelin geçerlilik testleri yapılır. Daha sonrasında ise elde edilen sonuçlara göre modelin senaryo analizleriyle sistemlerin dinamik davranışları tahmin edilir.



Şekil 3.4: Sistem Dinamiği Modelleme Süreci

Kaynak: (Şenaraz, 2017: 683)

Bu kısımda SD yaklaşımı ile modelleme sürecinde belirtilen aşamaların açıklanması bu süreçlerde yapılan iş ve işlemlerin daha net bir şekilde anlaşılmasını ve kavranmasını sağlayacaktır.

3.3.1 Problemin tanımlanması

Problemin tanımı sistem dinamikleri yöntemi kullanılarak oluşturulacak modellerde modelin ilk adımıdır. Bu evrede problem açık ve net bir şekilde tanımlanmalıdır. Çünkü ilerleyen süreç içerisinde başarılı bir model ortaya koyma

problem tanımının göstereceği hedef doğrultusunda olacaktır. Sonucunda ortaya konan modelden problemi çözmesi beklenir. Problemin tanımı hem modelin hem de sistemin sınırlarını belirleyecektir. Devamında ise kullanılacak değişkenleri ve modelin yapısını belirleyecektir. Bu nedenle iyi bir problem tanımı aşağıdaki belirtilen özellikleri bünyesinde bulundurmalıdır (Bala ve diğerleri, 2014:17).

- a) Modelin sınırlarını belirlemeli.
- b) Senaryo analizi ve tasarımının amacını kapsamalıdır.
- c) Çalışma kapsamını net bir şekilde ifade etmelidir.
- d) Sistemin dinamik davranışını oluşturan önemli değişkenler belirlenmelidir.
- e) Farklı rapor, tarihsel ve istatistiksel kayıt ve önceki çalışmalara dayalı olarak problemin açık bir şekilde ifade edilmesini içermelidir.
- f) Problem tanımı, sistemin davranışının dinamiklerini gerçekler ve rakamlarla etkileyen ana faktörleri açıkça tanımlamalıdır.
- g) Problemin tanımı amacı ve hedefleri açıkça tanımlanmış olmalıdır.

Sistem dinamiğinin bir diğer özelliği de, modelleyicilerden biri problemi çözmeye çalışırken başka bir modelleyici ise, problemin tanımlanmasını yeniden değerlendirerek gözden geçirebilir (Coyle, 1996: 10).

3.3.2 Sistemin tanımlanması

Sistem dinamiğinde uygulama kısmının ilk adımınıdır. Sistemin alt sistemler ile beraber etki diyagramları ile anlatılmasıdır Bu adımda sistem dinamiğini oluşturacak olan değişkenlerin etki (nedensel döngü) diyagramları açıklanmaktadır. Böylece oluşturulacak modelinin etki (nedensel döngü) diyagramları ile sistemsel tanımlaması yapılmaktadır.

3.3.3 Nitel analizlerin ve yeni stratejilerin geliştirilmesi

Bir önceki adımda sistemin tanımlanmasıyla beraber oluşturulan etki (nedensel döngü) diyagramları ile sistemin ayrıntılı bir şekilde incelenmesidir. Bu bağlamda tanımlanan problemin çözümüne katkısı ve oluşturulan sistemin problemini iyi çözümlenip çözümlenmediğinin gözlemlenebildiği adım olarak görülmektedir.

Yeni stratejilerin ve nitel analizlerin geliştirildiği bu adım sayesinde bazen diğer adımlara ihtiyaç duyulmadan problem çözüme kavuşturulur, (Şenaraz,

2017:685) ya da bir önceki adımda nedensel döngü (etki) diyagramında farklı değişiklikler yapılarak sistem tanımlaması tekrar gözden geçirilerek, yeni stratejiler belirlenerek sistem tanımlaması yapılır.

3.3.4 Benzetim modelinin geliştirilmesi

Sistem dinamiği modellemesinde benzetim modelinin geliştirilmesi adımı esas itibariyle sistemin etki (nedensel döngü) diyagramı vasıtasıyla ikinci adımda yapılan sistem tanımlamasının farklı bir gösterimidir. Farklı bir ifade ile akış diyagramları ile nedensel döngü diyagramları aynı modelin iki farklı gösterimidir. Birinde oklar ve kelimelerle yardımcı ile model sunulurken, diğerinde ise denklemler ve bilgisayar kodları ile model gösterimi sağlanmaktadır. SD 'nin bu özelliği, bazı güçlü pratik çözümler sunar. Bu durum hız, gözlenebilme ve düzelmelerde sağladığı kolaylık ve problem üzerinde düşünme ve anlatım kolaylığı sağlamaktadır (Şenaraz, 2017:685).

3.3.5 Modelin doğrulanması

Modelin doğrulanması, modelin tarihsel davranışı tekrarlayıp tekrarlamadığını, tüm denklemlerin gerçek dünyada anlamlı bir kavrama uygun olup olmadığını, her denklemin boyutsal olarak tutarlı olup olmadığını ve modelin politika onaylarını araştırarak kadar duyarlı olup olmadığını doğrulamak için yapılır (Stermann, 2000). Sistem dinamikleri yöntemi gerçek sistemin belirlenmiş dinamiklerinin ve ilişki mekanizmasının bütünsel olarak oluşturduğu sistemin bir kopyasıdır. Bu sebeptendir ki kusursuz bir model yoktur. Ancak, bir modeli değerlendirirken gerçek sistemi ne derecede yansıtabildiği ve ilişkileri ne derece gerçeğe yakın olduğunu deneyimleyebilmek modelin doğrulanması açısından önem arz etmektedir. Çünkü tasarlanan model üzerinde güven oluşturmanın önemli bir parçası doğrulanmadır.

Birçok araştırmacının modelin doğruluğunu gerçek sistemi temsil edebilme kabiliyetine bağlamasına rağmen Stermann 1991 modellerin geçerliliğini ve fayda durumunu değerlendirmek bakımından bazı kriterler sunmuştur (Saysel ve Barlas, 2001:14). Buna göre modelin;

- a) Problemin açıklığı, netliği ve uygunluğu,
- b) Sınırlarının problemin ele alınması konusunda yeterlilik düzeyi,
- c) Problem açısından zaman boyutunun uygunluğu,

- d) Uç değerlerin ve varsayımların uygulanması ile model davranışının gerçekçi olması,
- e) Model varsayımları karşısında sonuçlarının mantıklı duyarlılıklar sergilemesi gerekmektedir.

Forrester (2007) SD modelinin geçerliliğini kontrol etmek için tek bir testin olmadığını ileri sürmüştür. Sistem dinamiği yaklaşımında modelin gerçekliliğinin sınanabilmesi açısından model geçerliliğinin felsefik yönüyle beraber modelin doğrulanmasını sağlayan, mantıksal sırayı açıklayan aşamaları vardır. Bu aşamaların her birinde kullanılmak üzere bazı geçerlilik testleri uygulanabilmektedir. Bunlar; yapısal testler, yapı yönelimli davranış testleri ve davranış model testleridir. (Barlas, 1996). Birinci adımda, gerçek sistemin yapısına ait bilgiler ile modeldeki bilgiler karşılaştırılarak modelin yapısal olarak gerçekliği (doğrulanması) sınanmaktadır. Yapının gerçek sistem ile uyumu ölçülmektedir. İkinci adımda ise modelin yapısal gerçekliği sağlandıktan sonra, modelin davranışının gerçek sistem ile davranış örüntüsü test edilmektedir. Burada modelin davranışsal olarak gerçek sistemi temsil edebilme yeteneği ölçülmektedir.

3.3.6 Senaryoların denenmesi ve politika önerileri

Bu aşamada oluşturulan benzetim modelinde; gerçek sistemin bir davranış kopyası oluşturulmuş olup, bu kopya üzerinden sistemi oluşturan öğeler ve davranışlarda değişiklikler yapılarak sistemin bütünsel davranışı ile parça davranışlarında yaşanabilecek değişiklikler simüle edilir. Böylece sistemi dinamiklerinin davranışını gözlemleyebilme fırsatı doğmaktadır. Bu aşamada sistem çerçevesini oluşturan mantıksal çerçevenin dışına çıkmadan farklı senaryolar oluşturulup, bu senaryolardan elde edilen sonuç ve gözlemler ile farklı politika önerilerinde bulunabilme imkânı sağlamaktadır.

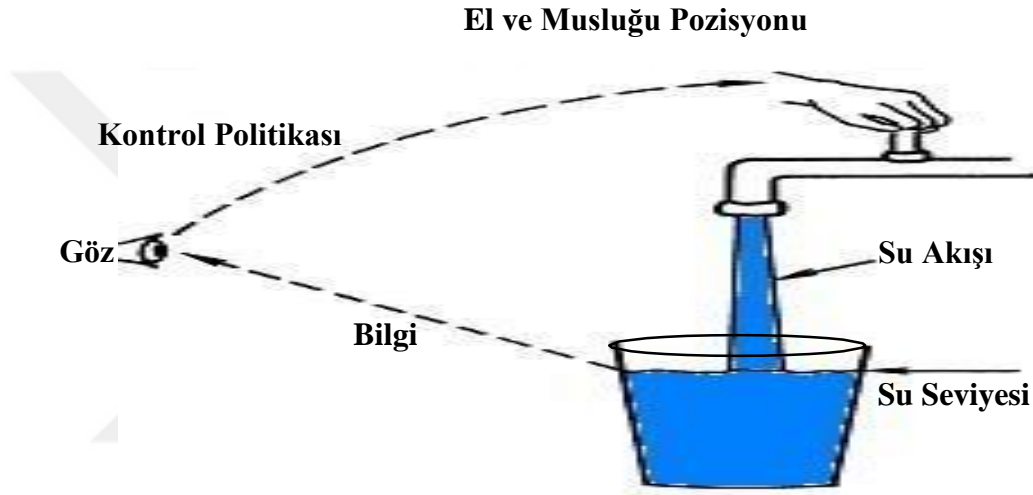
3.4 Sistem Dinamiği Modelleme Araçları

Bir sistemin modelini oluşturabilmek için farklı yollardan ve araçlardan faydalanılabilmektedir. Bu araçlar ölçebilme kabiliyetine göre; düz yazı ile ifade edilen neden sonuç diyagramı kullanılarak, stok-akış diyagramı ile denklemler ve sürekli simülasyon şeklinde sıralanmaktadır. Bu araçlar hem sistem dinamiği

modellemesinin temel ilkelerini hem de aynı zamanda simülasyon modelinin sembolik dilini temellendirmektedir.

3.4.1 Neden-sonuç diyagramları

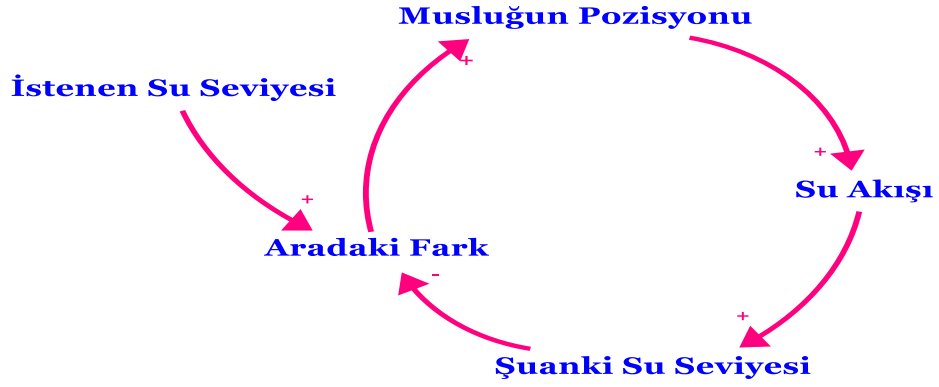
Sistemde var olan bütün ilişkilerin ve bütün döngülerin birlikte gösterilmesine neden- sonuç diyagramı denilmektedir. Sistemdeki neden sonuç ve bilgi geribildirim ilişkilerini kısacası sistemdeki bütün ilişkileri ve döngüleri resmedip, problemin anlaşılmasını kolaylaştıran basit bir diyagramdır. Problemin kavramlaştırılmasında model yapısı ile gerçek sistem ilişkilerinin nitel karşılaştırmaları oldukça önemlidir.



Şekil 3.5: Bardağa Suyun Dolması Döngüsü

Kaynak: (Çelik, 2021: 49)

Bardağın su ile dolması sistemi Şekil 3.5'te yer almaktadır. Buradaki tasvir edilen sistem sadece bardağın su ile dolması değildir. Bardaktaki su seviyesine ilişkin bilgi akışı önce göze gelmekte, göz de kendisine gelen bilgi değerlendirilip elin su akışını kontrol etmesi konusunda bildirimde bulunmaktadır. Görüldüğü üzere asıl mesele su miktarının seviyesinin kontrol edilmesidir. Bu kontrol musluktan su akması nedeniyle bardağın dolması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Geribildirim döngüsü, neden-sonuç diyagramında sürekliliği sağlar. Buradaki vakada başlangıç nedeni ve birbirini takip eden nedenlerin oluşturduğu ilişki sebebiyle sonuç durumu ortaya çıkmakta ve ortaya çıkan sonuç başlangıç nedeninin sebebi olmaktadır. Sonucunda da kendini etkileyen bir netice ortaya çıkmaktadır.

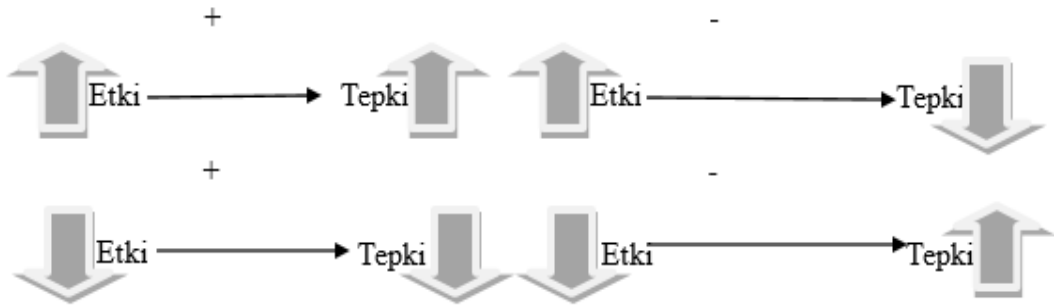


Şekil 3.6: Bardağa Suyun Dolum Döngüsü Diyagramı

Kaynak: Yazar tarafından düzenlenmiştir (Çelik, 2021: 50).

Neden-sonuç diyagramlarının temelini nedensellik ve döngü oluşturmaktadır. Sebep ve sonuç ilişkisi üzerinde düşünmeyi nedensellik esas alır. Sistem içerisinde tek bir faktördeki değişimi kabul eder, diğer faktörleri sabit kabul eder (ceteris paribus). Sebep ve sonuç ilişkisindeki devamlılığı, döngüsel hareketi ise, döngü ifade eder. Nedensellik; sistem dinamiği yaklaşımında sistem içerisindeki değişkenleri oklar ile bir birine bağlanan nedensel etkinin ifade edilmesini sağlayan şekilsel ifadelerdir.

Bu şekilsel ifadeler değişkenlerin bir birini etkileme yönünü de gösterir. Burada okun yönü ve aynı veya zıt yönlü etkileme durumuna göre şekilsel ifadeler sistemin anlaşılmasında önemli bir etkiye sahiptir.



Şekil 3.7: Değişkenlerin Bir Birini Etkileme Yönünü

Kaynak: (Çelik, 2021: 50)

Dinamik ilişkilerin modellenmesi ve dinamik süreçlerin açıklanmasında tek yönlü nedensellik yeterli olmamaktadır. Sistemin devamlılığının sağlanması ve değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisinin ise döngüsel bir şekilde olması esastır.



Nüfus nedensellik diyagramında görüldüğü üzere, nüfus parametresi doğum ile ölüm değişkenlerinden etkilemekte, nüfus aynı zamanda doğum ile ölüm değişkenlerinin bir fonksiyonudur. Nüfustaki değişimin yönü bu iki parametreden baskın olanın yönüne doğru bir değişim gerçekleşir. Şimdi ise modele geri bildirim ekleyelim;



Burada doğum ve ölüm miktarları arasındaki fark nüfus miktarını belirlediği gibi, nüfus miktarındaki artış doğum miktarını ve ölüm miktarını da arttıracaktır. Doğumlar nüfusu artırdığı gibi nüfustaki artış da doğumları arttıracaktır. Aynı mantık ile nüfus ve ölümler için de geçerlidir. Burada döngüsel olarak bir birini besleyen bir nedensellik vardır.

Bir değişken kendisinden önce gelen değişken ile aynı yönlü bir değişim gösteriyor ise, bu iki değişkeni birbirine bağlayan oka ait işaret nedensel döngü diyagramında (+) şeklinde gösterilir. Nedensel döngü diyagramında eğer iki değişken bir birine zıt yönlü bir değişim gösteriyorsa, yani biri artarken diğeri azalıyor yani tersi bir durumda bu iki değişkeni bir birine bağlayan okun işareti (-) olarak ifade edilir.

Döngü işareti döngüyü oluşturan negatiflerin (-) toplamı ile belirlenir.

- Şayet negatif nedensel bağlantı(ların) sayısı çift sayı ise, geribildirim döngüsü pozitif olarak isimlendirilir ve (+) sembolü ile belirtilir.
- Şayet negatif nedensel bağlantı(ların) sayısı tek sayı ise, geribildirim döngüsü negatif olarak isimlendirilir ve (-) sembolü ile belirtilir.

Barlas (2015), bir döngünün işaretinin belirlenmesini döngünün etrafındaki tüm işaretlerin çarpımı olarak ifade etmiştir. İki tür döngüden bahsedilir. İlki “pozitif” ya da “pekiştirici” döngüler. İkincisi ise “negatif” veya “dengeleyici” döngülerdir.

- Pekiştirici (Pozitif) geribildirim döngüleri: Pozitif geribildirim ile meydana gelen değişim, sürecin değişmesine sebep olan bileşenin değişimini güçlendirecek şekilde etki meydana getirir. Pekiştirici geribildirim büyüme etkisi yaratır. Bir değişkenin artışı diğer değişkeni de artıracak şekilde etki ediyor veya bir değişkendeki azalma diğer değişkende üzerinde de azalmaya

sebepler alacak şekilde etki yapıyor ise pozitif geri bildirim gerçekleşiyordur. Diğer bir ifadeyle, pozitif geri bildirim, değişkenlerin devamlı aynı yönde ve de artan bir şekilde değişimlerine sebep olur. Pekiştirici (pozitif) geribildirim döngüsü artan bir hızla büyümeye neden olur ve değişimleri güçlendirerek, daha büyük değişimlerin oluşmasını sağlar. Bu şekilde oluşan büyüme yapısına üstel büyüme denilir. Kendi kendini güçlendirici değişimleri oluşturan pozitif geribildirim döngüsü bir sebep sonuç ilişki yapısıdır. Döngü içerisindeki artış yeni artışlara neden olurken, meydana gelen azalmalar ise döngüde azalmalara neden olur. Pozitif geribildirim döngüsünde herhangi bir elemanda oluşacak bir değişim diyagramdaki diğer elemanları da etkiler ve en sonunda kendi üzerindeki değişim ile aynı yönde etki oluşturur (Meadows vd., 2006: 25).

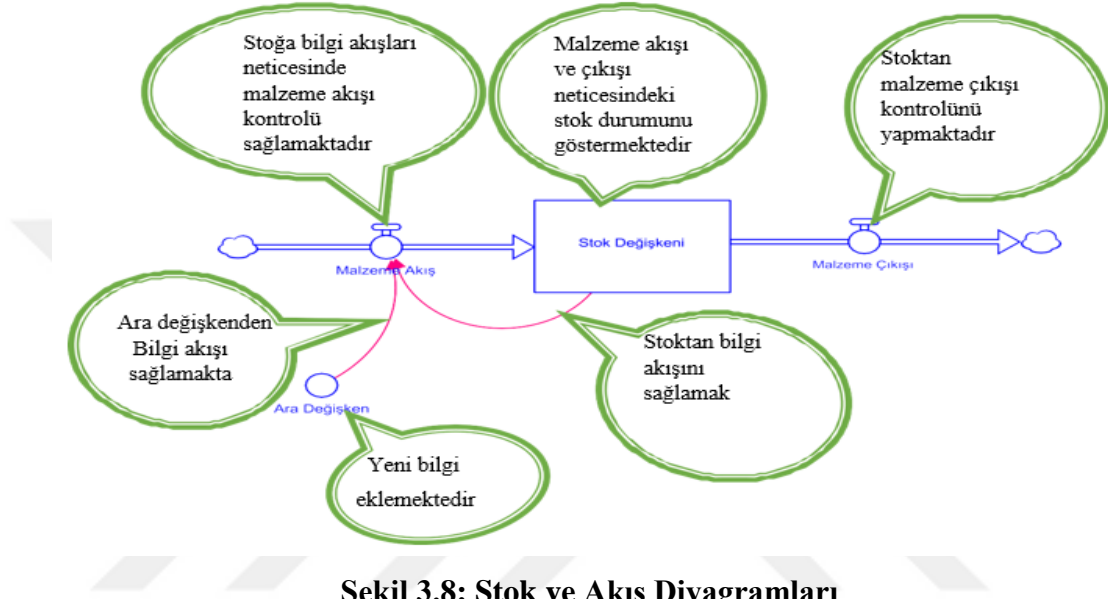
- b) Dengeleyici (Negatif) geribildirim döngüleri: Bir bileşendeki değişim başka bir bileşen üzerinde ters yönde etkiye sebep oluyor ise negatif geribildirim (dengeleyici) söz konusudur. Negatif geribildirim yapıları sistemdeki değişiklikleri, aynı yöne doğru ve kendinden daha az değişiklikler oluşturarak hedefe ulaşmaya kadar devam ederler.

Gerçekleşen ile hedeflenen arasındaki açıklık sistem tarafından fark edilir, sistem bunu düzeltmek ve dengelemek için çeşitli faaliyetlerde bulunur ve sistemi dengeye getirir. Kendini düzelten sistem olarak da ifade edilen dengeleyici geribildirim sistem içindeki bir değişkeni diğerini arttırsa dahi diğer değişken söz konusu değişkenin zıttı yönde hareket ederek değişkenin azalması yönünde bir davranış sergileyecektir (Sterman, 2000: 107-109). Dengeleyici geri bildirim, genelde bir hedef arama eğilimindedir. Eğer değişkenin mevcut değeri hedeflenen değerden büyükse, döngünün yapısı değişkenin değerini azaltma yoluna gider; eğer değişkenin mevcut değeri, hedef değerden küçük ise o zamanda döngü yapısı, değişken değerini artırma davranışı gösterecektir. İçerisinde ciddi gecikme barındıran negatif geribildirim döngüsü davranış olarak salınma neden olur.

3.4.2 Stok ve akış diyagramları

Hayatın içerisinde stok ve akışlar her zaman karşılaşılabileceğimiz kavramlardır. Yukarıda daha önce değindiğimiz musluk ve bardağa suyun dolması örneğinde musluk suyunun akışını ve bardakta birikimi göstermektedir.

Bu örnekte bardağın stok biriktirici ve musluğun suyun bardağa akışını sağlayıcı olduğunu söyleyebiliriz. Bu örnekte musluk, kontrolü sağlayan el, bilginin gözlemlenip değerlendirilmesini sağlayan göz, bardak ve suyun musluğa gelişini sağlayan tüm diğer öğelerin bir arada birlikte çalışmasıyla ortaya çıkmış bir sistem söz konusudur. Değişkenlerin birbiriyle olan ilişkisi stok-akış diyagramını meydana getirmektedir. Stok ve akış ilişkisini fonksiyonel olarak $f(\text{stok}, \text{akış}, \text{ara elemanlar})$ şeklinde tanımlayabiliriz.



Şekil 3.8: Stok ve Akış Diyagramları

Kaynak: (Çelik, 2021: 52)

Şekil 3.8’de gösterilen stok - akış diyagramında, stok birikimi malzeme akış ve çıkışı arasındaki farkın eklenmesiyle oluşmaktadır. Malzeme akışı ve çıkışı stoğa malzeme akışı ile çıkışını kontrol etmektedir. Bu akış ve çıkış hareketi stoğu değiştirmektedir.

Stok ve akış diyagramının temel elemanları; Genelde stok ve akış diyagramları ‘stoklar’, ‘akışlar’ ve bunların haricindeki ‘ara değişkenler’ den oluşmaktadır. Burada stok ve akışkanlar dışındaki diğer değişkenler genel olarak ara değişkenler olarak ifade edilmektedir. Stok ve akış diyagramları beş temel elemandan oluşmaktadır. Bu temel elemanlar aşağıdaki şekiller ile gösterilip, isimlendirilmiştir.



Şekil 3.9: Stok ve Akış Diyagramlarının Temel Elemanları

Kaynak: (Çelik, 2021: 52)

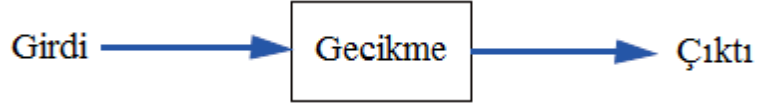
Bu temel elemanların bir biriyle ilişkileri sonucunda meydana gelen bütünsel sistem, stok ve akış diyagramlarını oluşturur. Aslında stok ve akış diyagramlarını meydana getiren asıl elemanlar stoklar ve akışlardır. Ara değişkenler ise sadece akışların detaylandırılmasıdır. Sadece akışlar ve stokların içeriği ile stoklar değiştirilebilir.

3.5 Sistem Dinamiğinde Gecikmeler

Dinamik sistemlerin en önemli özelliklerinden bir tanesi, sistemin kontrolünü sağlayan gecikmelerdir. Gecikmeler hem malzeme hem de bilgi akışını etkiler. Üstel ve boru hattı türü gecikmeler en yaygın olanıdır (Sezen ve Günal, 2009: 326).

Akış kanallarının tümünde prensip olarak gecikmeler söz konusudur. Her akış için modele bir zaman gecikmesi girmek oluşturulan modelde gereksiz detaya sebep olur. Çünkü bu tip gecikmelerin çoğu sistemin davranışı üzerinde çok az etkiye sahiptir. Gecikmeler sisteme tanımlanırken iki çeşit kısaltma ile gecikme sayısı azaltılır. Birincisi birçok sistem içerisindeki gecikme o kadar kısadır ki bu yüzden etkisi dikkate alınmaz. İkincisi, sistem içerisinde ayrı ayrı olan ve birbirini takip eden gecikmeler genellikle birlikte ele alınır ve tek bir gecikme olarak belirtilir (Forrester,1962: 86).

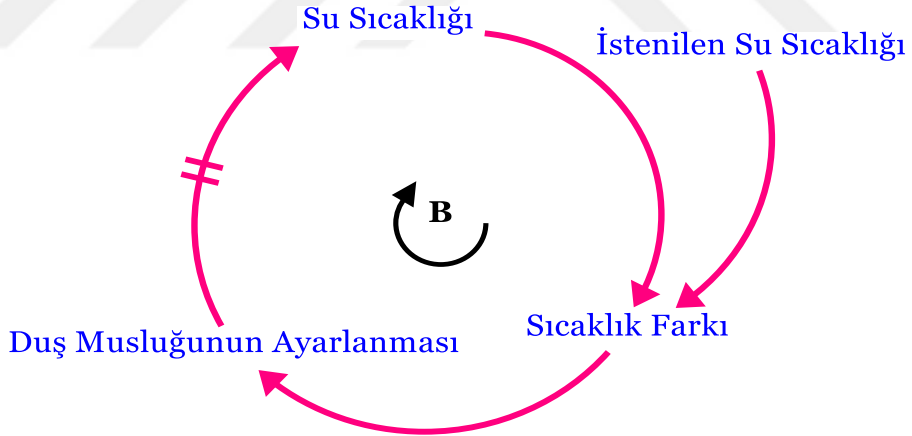
Gecikmeler düzey değişkenlerinin özel bir durumudur. Akış kanallarında zaman gecikmelerinin gösterimi paketler şeklindedir. İçe akıştaki zaman ilişkisini üzerinde değişiklik yaparak dışa akış zaman ilişkisini oluştururlar (Forrester: 1962: 87). Aşağıdaki Şekil 3.10'da gecikmelerin yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.10: Gecikmelerin Yapısı

Kaynak: (Yamaguchi, 2013: 47)

Bütün geribildirim süreçleri içerisinde gecikmeler meydana gelir fakat bu gecikmeler çoğunlukla belirlenemezler. Belirlenemeyen bu gecikmeler özellikle de uzun süre devam eder ise istikrarsızlığa veya çöküşe sebep olur. Örneğin, duş sıcaklığını ayarlanmadan önce 10 saniyelik gecikme olması bir iki saniyelik gecikme olmasından daha zordur (Senge, 1994: 75-76). Sıcak su musluğu açıldıktan sonraki devam eden on saniye içerisinde su hala soğuk kalır. Yapılan bu davranışın etkisiz kaldığı düşünülerek musluğu çevirmeye devam ederiz. En sonunda sıcak su musluktan aktığında 100 derece ulaşan kaynar su musluktan akarken musluğu bu sefer tersine çeviririz. Gecikme süresinin ardından su yine soğur. Hedeflenen su sıcaklığı istenen seviyeye ulaşıncaya kadar bu dengeleme döngüsü aynı şekilde tekrarlamaya devam eder. Şekil 3.11 bu durumu açıklamaktadır (Senge, 1994: 75-76).



Şekil 3.11: Gecikme Örneği: Duş Sıcaklığının Ayarlanması

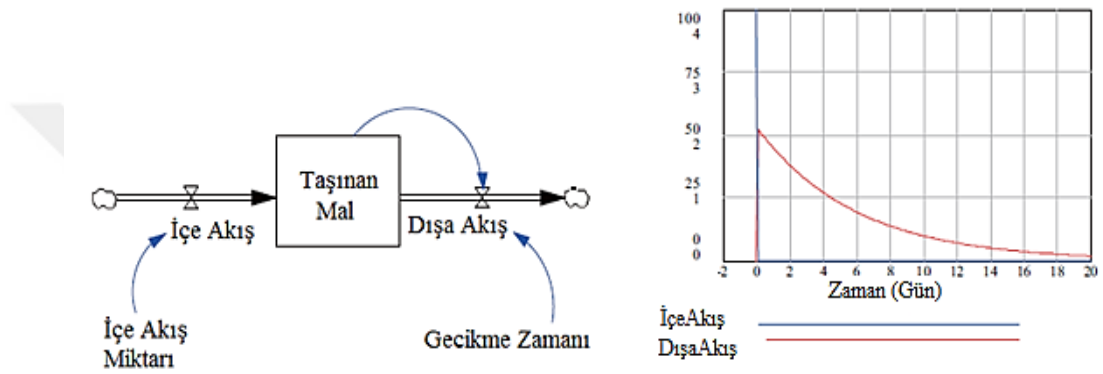
Kaynak: (Senge, 1994: 76)

Gecikmelerin karakteristik iki önemli özelliği vardır. İlk özellik ortalama gecikmeyi ifade eden zaman uzunluğudur. Bu özelliği, gecikmenin kararlı hal durumudur. Kararlı hal ile anlatılmak istenilen, içe akış ve dışa akış seviyeleri arasındaki hızlarının sabit olması durumudur. Kararlı hal durumunda akış hızı ve ortalama zamanın çarpımı beklemede transfer edilen miktara eşittir.

Geçici tepki ise gecikmenin ikinci özelliğidir. Geçici tepki, dışa akış zaman şeklinin içe akış zaman şekline göre nasıl değiştiğini belirler (Forrester: 1962: 87). Gecikmeler malzeme ve bilgi gecikmesi olarak ikiye ayrılır.

3.5.1 Malzeme gecikmeleri

Boru hattı (pipeline) gecikmesi en basit malzeme gecikmesidir. Bu tarz bir yapıda belirli bir zaman periyodu sonunda malzemeler aynı boru hattında ilerleyen su gibi borunun bir başından diğer ucuna kadar hiç değişmeden ilerlerler (Kirkwood, 1998:73). Şekil 3.12’ de birinci dereceden malzeme gecikmesini göstermektedir.



Şekil 3.12: Birinci Dereceden Malzeme Gecikmesi

Kaynak: (Yamaguchi, 2013: 48)

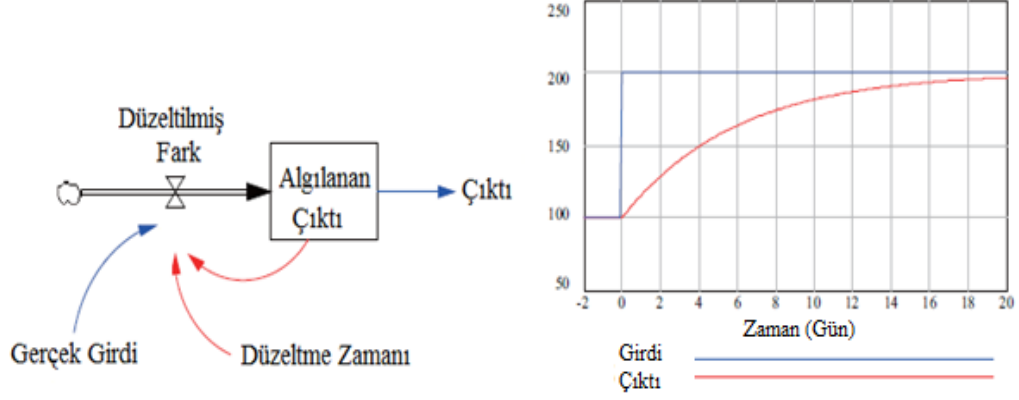
Eğer ki yapı tek bir stoktan oluşuyor ise gecikmeler üstel bozulma şeklinde gerçekleşir, buna puls (pulse) denir. Örnek verecek olursak; 100 birim mal satın alınacak, taşınacak ve depolanacaktır. 100 birim mal 6 gün içerisinde alınıp depolanıyor. Verilen bu örnekteki gecikme zamanı 6 gün dür. Başka bir ifade ile malların 1/6'sı günlük çıktı olarak sevk edilmekte (Yamaguchi, 2013: 47). Malzeme gecikmeleri 1. dereceden veya daha yüksek derecelerden de olabilir (Weber, 2010: 13).

3.5.2 Bilgi gecikmeleri

Bilgi gecikmeleri genellikle bilgi transfer edilmesinden ve ulaşmasından sonra eylemin gerçekleşme evresindeki gecikmeden dolayıdır. Örneğin mağazadaki satışın gerçekleştiğini öğrenen yöneticinin tükenen stoklar için sipariş geçmesi arasında bir gecikme söz konusudur (Roberts, 2001: 311).

Bilgi gecikmesinin sebebi, insan beyninde iletilen bilginin girdi olarak işlenerek eylem olarak uygulanmasını gerektirmektedir. Geçen bu süreç zarfında,

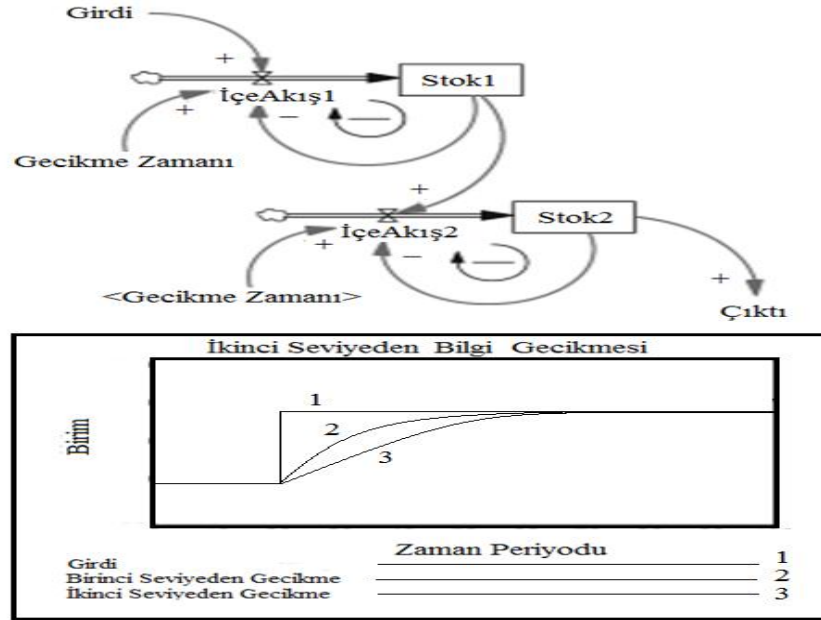
gerçek durumun beynimiz tarafından doğru algılanması gerekmektedir. Yapı olarak bu süreç negatif geribildirim ile benzerlik gösterir (Yamaguchi, 2013:47). Şekil 3.13’de birinci seviyeden bilgi gecikmesini gösterilmektedir.



Şekil 3.13: Birinci Seviyeden Bilgi Gecikmesi

(Kaynak: Yamaguchi, 2013:47)

Şekil 3.14’de ikinci dereceden bilgi gecikmesi gösterilmektedir. İkinci derece malzeme gecikmesinden tek farkı, Stok1’in bilgisinin Stok2’nin İçe Akışına bağlı olması durumudur.



Şekil 3.14: İkinci Seviyeden Bilgi Gecikmesi

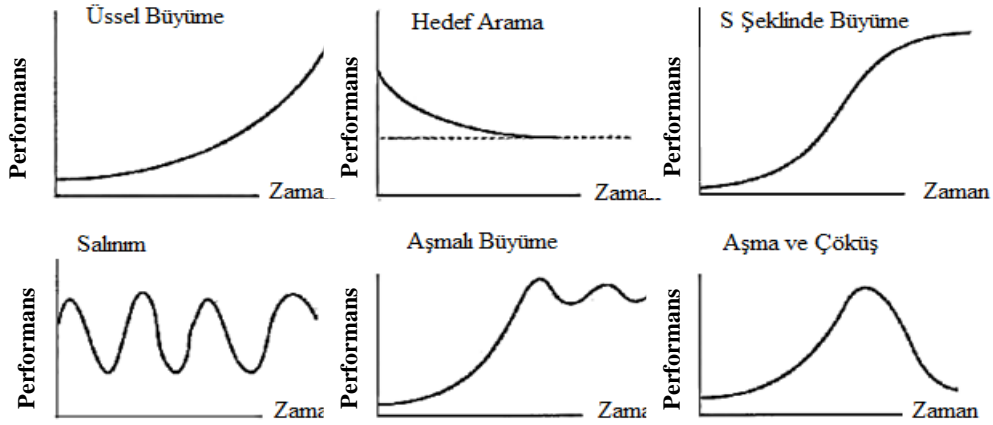
Kaynak: (Weber, 2010: 14)

SD yaklaşımı ile yapılan modellerde sıkça rastlanan gecikme türleri birinci ve üçüncü derece gecikmelerdir. Birinci derece gecikme grafiği üstel azalmaya, üçüncü derece gecikme grafiği ise normal dağılıma benzerdir.

3.6 Dinamik Sistemlerin Yapı ve Davranışları

Dinamik sistemlerin temel davranış şekilleri onları üreten geri bildirim yapılarıyla tanımlanır. Bir sistemin göstereceği davranış şekli, o sistemin yapısına bağlıdır. Bu yapı, birikimler, geri besleme döngüleri ve akışlar, sistemin fiziksel ve kurumsal yapıları arasındaki etkileşim sonucunda ortaya çıkan doğrusal olmayan davranışları kapsar (Sternan, 2000:107).

Sistemin temel davranış şekillerini üstel büyüme, hedef arama ve salınım olarak sıralayabiliriz. Her bir davranış şekli basit bir geribildirim yapısına bağlı olarak meydana gelir. Pozitif geri bildirim sonucunda üstel büyüme, negatif geri bildirim sonucunda hedef arama, zaman gecikmeli negatif döngüyle de dalgalanma oluşur. Temel yapıdaki karşılıklı, doğrusal olmayan ilişkilerden dolayı ise S-şekli büyüme, ani yükselme ve düşüş gibi daha karmaşık modeller oluşur (Sternan, 2000:107). Şekil 3.15. SD nin en temel (performans–zaman) davranış şekillerini göstermektedir.



Şekil 3.15: Genel Dinamik Sistem Davranış Şekilleri

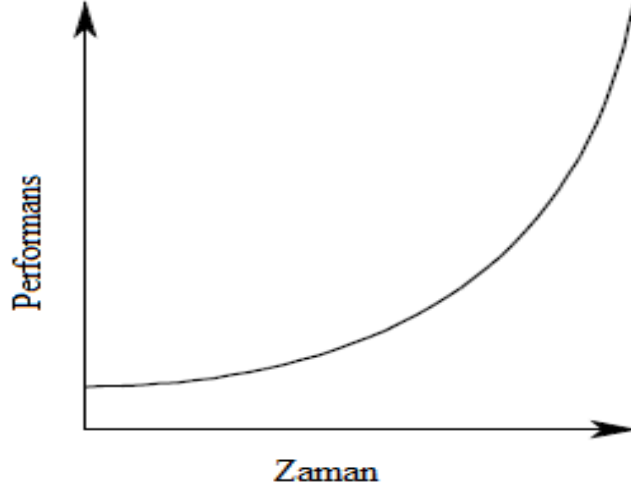
Kaynak: (Sternan, 2000: 107)

3.6.1 Üstel büyüme (Exponential growth)

Üstel büyüme pozitif geri bildirim yapısından kaynaklanmaktadır. Miktarda meydana gelecek artış net artışı daha da büyütür ve miktar artışı daha hızlı büyümeye sebep olur. Örnek olarak bileşik faiz ve nüfusun büyümesi gösterilebilir (Sternan, 2000:108).

Büyüme oluşması istendiği zamanlarda pozitif geribildirim yapısı güçlendirilmelidir. Tam tersi durumda ise yapılması gereken pozitif geribildirim yapısının zayıflatılarak büyümenin yavaşlatılması sağlanmalıdır.

Kullanılabilecek bir başka yöntem ise, sistemin yapısına bir negatif geribildirim çevrimini ilave ederek veya sistem içindeki var olan bir negatif geribildirim çevrimini güçlendirerek yapılabilir (Erkut, 1983: 62). Şekil 3.16 üstel büyüme davranışının yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.16: Üstel Büyüme Davranışı

Kaynak: (Erkut, 1983: 62)

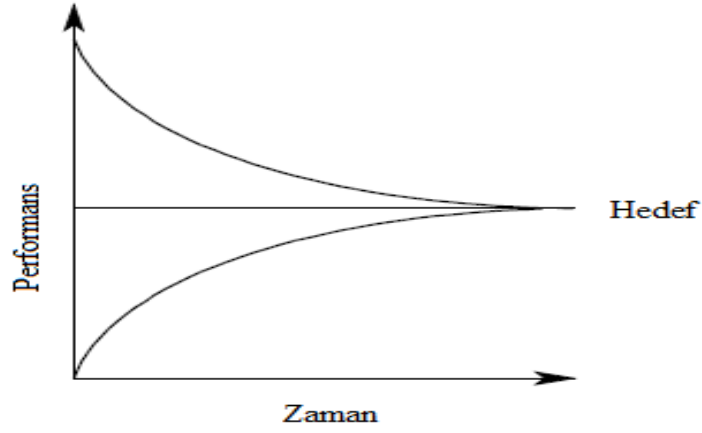
3.6.2 Hedef arama (Goal seeking)

Eğer oluşturulan model içerisinde sistem sadece üstel büyüme davranışı gösteriyor veya sadece pozitif geribildirim davranışlarından oluşuyor ise belli bir zaman sonra sistem çökebilir. Her sistem ortak bir amaç veya bir hedef taşımalıdır.

Sistem içerisindeki her negatif geri besleme, sistemden istenilen ve gerçek durumlarını karşılaştıran bir süreci içerisinde barındırır. Düzeltici faaliyet yardımı ile sistem, istenilen hedef durumuna gelebilir. İstenilen durum ve düzeltici faaliyet karar verenin kontrolünde olabilir de olmaya bilirde. Negatif beslemeden kaynaklı olarak sistem üstel büyüme davranışı göstermez; çünkü negatif geri besleme bu durumda dengeleyici bir görev üstlenmiştir. Bu yapıdaki sistemler hedef arayışı (goal seeking) olarak tabir edilen davranışı gösterirler. Hedef arama döngüsü denge noktası arayan döngüdür. Sistemi sabit bir amaca veya istenen seviyeye getirmeye çabasındadır. İstenen durum ve gerçek durum arasında fark varsa; düzeltici eylem, sistemi hedeflenen değere getirme çabası şeklinde ilerler.

Eğer düzeltici faaliyet ve sistemin durumunun büyüklüğü arasındaki ilişkinin doğrusal olmasında ise eksponansiyel azalma diye tabir edilen verilen davranış şekli gerçekleşir. Bu tarz yapıya sahip sistemlerde, sistem durumunun iki katına çıkması

için ihtiyaç duyulan süre yerine, sistem durumunun yarıya inmesi için geçen süre dikkate alınır ve bu yarı ömür olarak tanımlanır (Sterman, 2000). Hedef arama davranışına ait grafik Şekil 3.17’de gösterilmiştir.

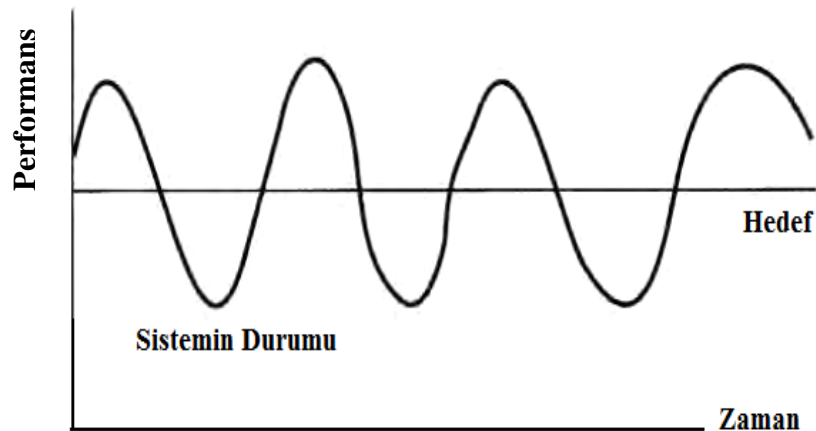


Şekil 3.17: Hedef Arama Davranışı

Kaynak: (Yamaguchi, 2013: 38)

3.6.3 Salınım (Oscillation)

Dinamik sistemler içerisinde karşılaşılan üçüncü temel davranış salınımdır. Sistem içerisindeki mevcut negatif geribildirim döngüleri hedef arama davranışındaki gibi, salınım davranışının sebebidir. Salınımın olabilmesi için süreçte en az iki adet stok olmalıdır. Sistemdeki negatif geri beslemeler bir döngü meydana getiriyor ve sistemde gecikmeler var ise; sistem durumu hedef durum etrafında salınım grafiği oluşturacaktır. Bundan dolayı gecikmeler, düzeltici faaliyetlerin devamlı bir şekilde olarak devreye girmesini sağlayacak ve sistemi gecikmeli olarak hedef etrafında dalgalandıracaktır. Gerçekleşen bu davranış şekli dalgalanma (oscillation) olarak ifade edilmektedir (Sterman, 2000: 114).



Şekil 3.18: Salınım Davranışı

Kaynak: (Sterman, 2000: 114)

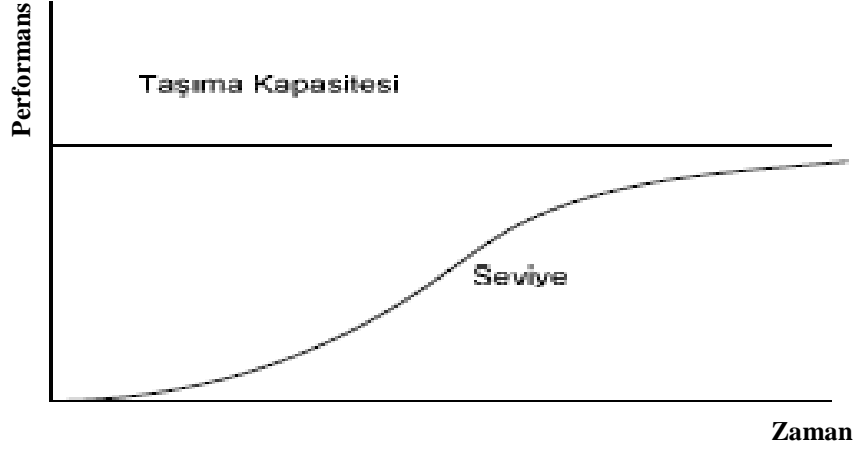
Salınım davranışının farklı çeşitleri vardır. Bunlardan bazılarını ifade edecek olursak, sönümlü (damped) salınımlar, sınırlı çevrimli (limit cycles) salınımlar ve kaos (chaos) salınımlar olarak belirtilebilir (Sterman, 2000: 114).

3.6.4 S-Şeklindeki sınırlı büyüme

Dinamik sistem davranışları arasında sıkça gözlenen bir diğer davranış biçimi de S Şeklinde Sınırlı Büyümedir. Büyüme davranışı başlangıçta üstel olarak hareket ederken, daha sonrasında kademeli olarak artış miktarındaki azalma sistemi denge seviyesine taşır. Bu durumda sistemin yapısına ait grafikte uzatılmış bir S görüntüsü oluşmaktadır (Sterman, 2000: 118).

Birinci dereceden doğrusal modellerde S-şeklindeki sınırlı büyümede, içe akış dışı akıştan fazla ise sistem büyümeye devam eder. Sistemi durağanlaştırmak amacıyla, üstel büyüme, başka bir dengeleyici geri besleme bildirim döngüsü yardımıyla yavaşlatılabilir. Hiçbir gerçek miktar sonsuza kadar büyüyemez (veya küçülemez): Çünkü sistemin, büyüme için kullandığı kaynaklar sınırlıdır ve bu sınır da sisteme dair bir taşıma kapasitesi belirleyecektir. Üstel büyümenin olduğu bir sistemde taşıma kapasitesi, sistem içerisinde negatif geri besleme döngüsünün oluşmasını sağlayacaktır. Başlangıç itibari ile negatif geri besleme, sistem üzerinde çok etki meydana getirmeyecektir. Sistemde kullanılan kaynaklar azalmış olmasına rağmen büyümeye ilişkin pozitif geri beslemeyi güçlü kılmaya çalışmaktadır. Fakat zamanla sistemde meydana gelen artış, negatif geri beslemeyi güçlü duruma getirecektir.

Meydana gelen kayma, pozitif ve geri beslemeler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerden dolayıdır (Sterman, 2000). Bu yapıya ait davranış biçimi Şekil 3.19'de gösterilmektedir.



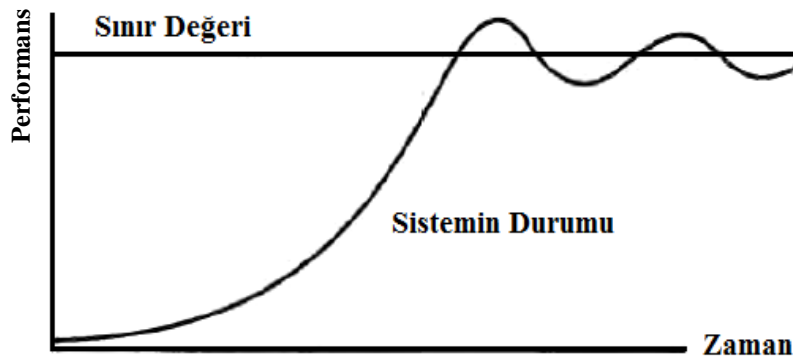
Şekil 3.19: S-Şekli Büyüme

Kaynak: (Sterman, 2000: 118)

3.6.5 Aşmalı S-şeklindeki büyüme

Bu davranış biçimi S şeklindeki büyümede negatif geri beslemelerin gecikme içermesi ile meydana gelmektedir, S-şekli büyüme davranışındaki gibi bu tarz yapılar taşıma kapasitesine yaklaşıırken, büyümeyi durduracak negatif döngü veya bu negatif döngülere gecikmeler ilave edilmesi sonucunda gerçekleşir.

Zaman gecikmeleri sebebiyle negatif döngülerde, sistemde taşıma kapasitesi etrafında ani yükseliş ve dalgalanmaya sebep olur. Zaman gecikmesi negatif geribildirimdeki, sistemin sınır değerini aşar ve sınır değeri etrafında salınım davranışına sebep olur. Dalgalanmayla S-şekli büyüme Şekil 3.20'deki davranışı üretir (Sterman, 2000:121).

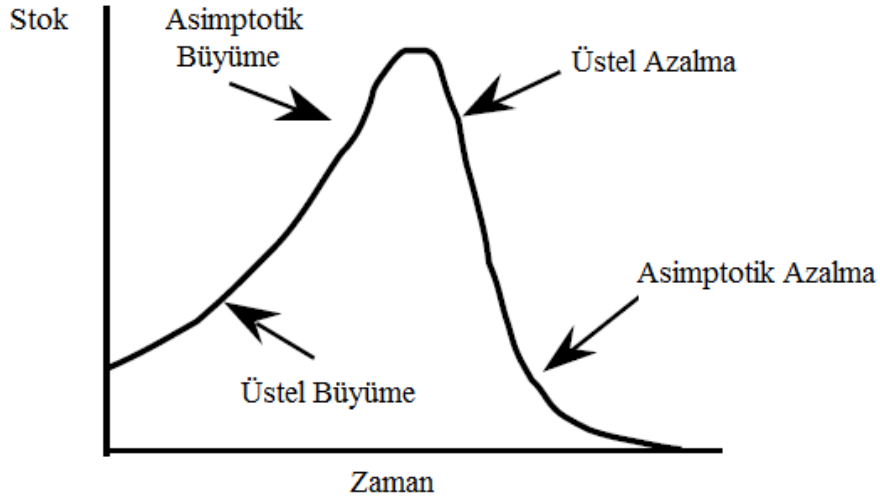


Şekil 3.20: Aşmalı S-Şeklindeki Büyüme

Kaynak: (Sterman, 2000: 121)

3.6.6 Hedefi aşma ve çöküş (Overshoot and collapse)

Dinamik sistem davranışı olarak hedefi aşma ve çöküş karmaşık sistemlerde karşılaşılan bir davranış biçimidir. Başlangıç itibari ile sistemin davranışı tatmin edicidir. Fakat kullanılan kaynakların zamanla değişmesi ve stokta meydana gelen artış sebebiyle, gerekli olan ve genellikle de yenilenemeyen kaynakların tükenmesi durumu söz konusu olur. Kaynak eksikliğinden dolayı stok büyümesi yavaşlar ve devamında ise stoklar azalarak çöküş davranışı gerçekleşir. Zaman içerisinde yetersiz kaynaklar nedeniyle büyüme tamamen durur. Taşıma kapasitesindeki değişim hem ilişkide bulunduğu düzeltici faaliyeti hem de sistem durumunu etkileyecektir. Taşma ve çökme (overshoot and collapse) davranışı sonucunda sistemin durumu tepe noktaya eriştiğinde, taşıma kapasitesindeki azalma oranı maksimum düzeye ulaşacaktır (Sterman, 2000). Bu yapı Şekil 3.21’de açıkça görülebilir.



Şekil 3.21: Hedefi Aşma ve Çöküş

Kaynak: (Sterman, 2000: 124)

3.6.7 Diğer davranış şekilleri

Yukarıda anlatılan davranış şekilleri ve bunların kombinasyonları dışında da başka davranış türleri de mevcuttur. Bunlar denge, rassal değişim ve kaostur.

- Denge: Sistem durumuna etki eden değişimler yavaşça gerçekleşiyor veya sistemdeki negatif geri beslemeler çok güçlü ise, istem durumunda çok fazla bir değişiklik meydana gelmeyecek ve bu durum denge olarak ifade edilecektir (Sterman, 2000).
- Dengenin oluşabilmesi için iki temel neden vardır: ilki, sisteme etki eden dinamiklerin sistemin durumunu yavaş yavaş değiştirmesi ve gerçekleşen

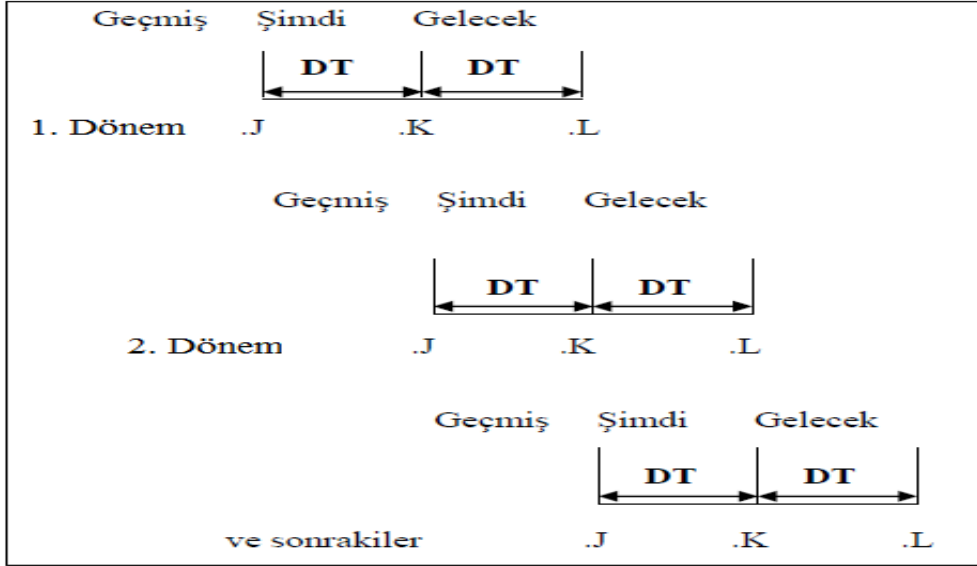
değişimlerin fark edilememesindedir, ikinci neden ise çok güçlü negatif geribildirimlerin sayesinde sistemin durumunun değişmesinin engellenmesidir.

- c) Rassallık: Etkileri daha çok sistemin karakterinden ziyade sistemi anlamak amacı ile kısıtlamalar getirir. Bu etkiler, davranış şekillerinin değişimini sağlayabilir veya lokal optimumda donmuş bir sistem durumunu, sistemi yeni bir çevreye götürerek çözüme kavuşturabilir (Sterman, 2000). Sistemin davranışının rassal olması veya içerisinde bazı değişkenlerin rassal bir şekilde değişmeleri aslında sistemin bilebildiğimiz dinamiklerinin özgün bir sonucunda değil, açıklayamadığımız veya sebebini tam olarak bilemediğimiz farklı dinamiklerin neticesidir. Diğer yönden sistemin karşı karşıya kaldığı rassal dış şoklar sistem üzerinde son derece etki bırakabilir.
- d) Kaos: Bir salınım hareketi olmasına karşın sistemin vereceği tepkiler tamamıyla belirsizdir. Kaotik bir sistemin göstereceği davranışlar tamamen deterministik olsa dahi birbirini tekrar etmeyen ve düzensiz salınımlardan meydana gelmektedir (Sterman, 2000: 127-132). Sistemde başlangıç durumunda gerçekleşen küçük bir değişiklik belirli bir zaman sonra tahmin edilemeyecek kadar büyük etkiler oluşturur (Sterman, 2000).

3.7 Sistem Dinamiğinde Zaman İşleme

Genel olarak SD yaklaşımı yöntem olarak zaman dilimlemeyi kullanır. Sistemi tasarlayan, önceden zaman diliminin uzunluğuna karar vermelidir. Burada zaman dilimi uzunluğunun doğru seçilmesi dikkat edilmesi gereken önemli bir konudur. Modelin davranışına göre zaman dilimi aşırı büyük seçilirse, modelleyici önemli değişimleri kaçırarak, bu yüzden de benzetim sonuçlar yanıltıcı olabilir.

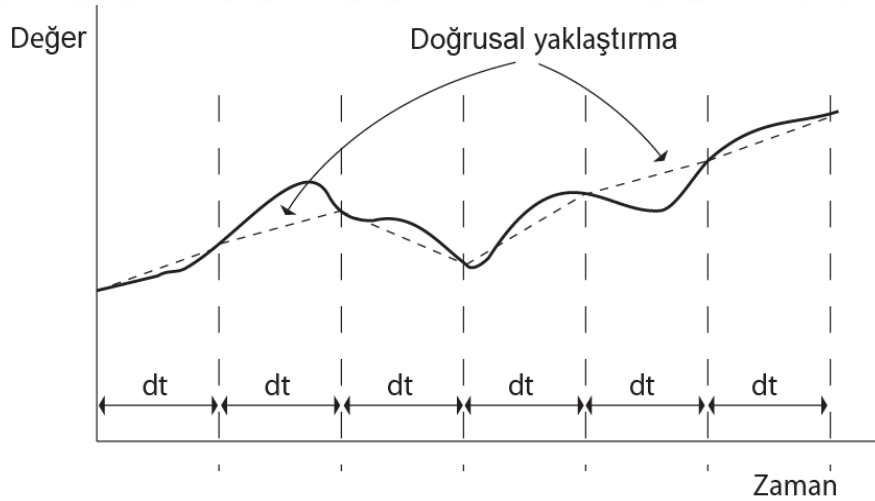
Tam bu durumun tersini düşünecek olursak eğer zaman dilimi model davranışına göre aşırı küçük olarak seçilirse, durumsal hiçbir değişmesinin mümkün olmadığı durumlarda da model gereksiz yere incelenmiş olur. Bu durumda aşırı miktarda veri toplamaya, aşırı derecede bilgisayar çalıştırılmasına neden olur. Genelde zaman dilim uzunluğu için yeterince küçük değerle çalışılması önerilir (Sezen, 2009: 320).



Şekil 3.22: Zaman Dilimi

Kaynak: Flood ve Jackson, 1991

Sistemin simülasyonu, Şekil 3.22 ve Şekil 3.23'de görüleceği üzere dt ile belirlenmiş zaman içindeki belirli noktadaki, sistemde meydana gelen değişimleri ve sistemde ne olduğunu hesaplar. Sistem dinamiğinde dt gibi sabit bir zaman dilimi kullanıldığından, bir önceki ($t-dt$) ve bir sonraki ($t+dt$) hesaplamaların ne zaman yapılacağını biliriz (Sezen ve Günal, 2009: 320).



Şekil 3.23: Sistem Dinamiğinde Zaman Dilimleme

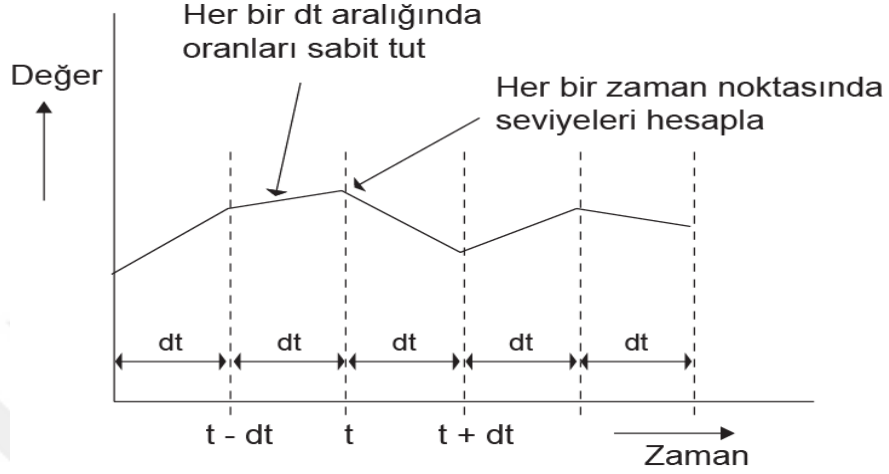
Kaynak: Sezen ve Günal, 2009: 320

Sistem dinamiğinde zaman yönetim metodu aşağıdaki anlatıldığı gibidir:

- Zaman t 'de seviye veya stokların yeni değerlerini, seviye ve stok denklemlerini kullanarak hesaplayın. Bunu işlemi yaparken $t-dt$ zamanındaki hesaplanmış olan oranlar veya akışların mevcut değerlerini kullanınız.

- b) Sonraki zaman aralığını hesaplamak için dt ' de tutulacak oranlar veya akışların değerleri hesaplanır. Bunlar düzetlerin o anki değerlerine bağlıdır.
- c) Diğer adımda ise zamanı bir dilim (dt) uzunluğunda ilerletip ve aynı işlemleri tekrarlayınız (Sezen ve Günal, 2009: 321).

Şekil 3.24'de sistem dinamiğinde zaman işleme adımları görülmektedir.



Şekil 3.24: Sistem Dinamiğinde Zaman İşleme

Kaynak: (Sezen ve Günal, 2009: 320)

Düzeyleyler, zamanın o anki noktası için hesaplanmaktadır. Oran değerleri ise bir sonraki bilinen aralıklar için hesaplanmaktadır. Oranlar, bir defa hesaplanır ve sonra aralıkta sabit olduğu şeklinde hareket edilir ve sadece düzeylerin bir sonraki hesabından sonra revize edilir (Sezen ve Günal, 2009: 321).

3.8 Denklemlerin Sınıflandırılması

Denklemler seviye denklemleri, oran denklemleri ve yardımcı değişken denklemleri olarak üç sınıfa incelenebilir.

3.8.1 Seviye denklemleri

Sistemin stok değişen içerikleri seviyelerdir. Hiçbir akış mevcut değilken dahi sistemde seviyeler vardır (Forrester, 1962: 76). Seviye denklemini aşağıdaki formülde tanımlandığı şekilde gösterebiliriz (Sezen ve Günal, 2009: 322).

$$Seviye(\text{Şimdi}) = Seviye(\text{Önceki}) + dt * (\text{İçeAkış} - \text{DışaAkış}) \quad (3.14)$$

Seviye denklem ile seviyede meydana gelen artış ve azalışlara sebep olan akış oranlarının birikimini gösterir. Seviyenin yeni değeri, bir önceki değerine eklenerek veya çıkartılarak bulunur (Forrester, 1971: 5-7).

3.8.2 Oran denklemleri

Sistemin seviyeleri arasındaki akış oranını oran denklemleri ile tanımlayabiliriz. Oran denklemi seviyenin var olan mevcut değerinden hesaplanır. Bunun neticesinde oranlar seviyelerde değişim yaratırlar (Forrester, 1962: 77).

Akışların sistem içerisindeki nasıl kontrol edildiğini oran denklemleri gösterir. Sistem seviyeleri ve sabitler oran denklemlerinin girdilerini, çıktılarını ise seviyeler arasındaki akışın kontrol edilmesiyle oluşur (Forrester, 1971: 5-9).

3.8.3 Yardımcı değişken denklemleri

SD yaklaşımında, yardımcı değişkenler stokların bir fonksiyonu şeklinde ifade edilir ve yardımcı değişkenler iç değişkenler ve sabitlerden etkilenirken akış değişkenlerini ise etkilerler (Sterman, 2000:107).

Oran denklemlerini yardımcı değişken denklemleri bileşen denklemlerine bölerek, modelin yapısını mevcut sisteme yakın tutmaya yardım eder (Forrester, 1962: 78).

3.9 Sistem Dinamiğinde Hesaplama Yöntemleri

Diferansiyel denklemlerin genel olarak analitik (integral) çözümü oldukça zor veya imkânsızdır. Sd yaklaşımında sayısal yaklaşımlarla probleme çözümler elde edilmeye çalışılır (Yamaguchi, 2013: 30).

Bu denklem çeşidini çözmek için farklı yöntemler bulunmaktadır. Fakat tezimizin bir sonraki bölümünde (4. Bölüm) sistem dinamikleri yaklaşımı ile simülasyon uygulamak için kullanılan STELLA bilgisayar tabanlı yazılım programı, diferansiyel denklemin çözümü için üç çözüm yöntemi sunmaktadır. Bunlar, Euler Yöntemi, İkinci Mertebeden Runge-Kutta Yöntemi ve Dördüncü Derece Runge-Kutta Yöntemidir.

3.9.1 Euler yöntemi

Stok denklemleri (3.13) te gösterildiği gibi sonlu fark denklemleriyle temsil edilmektedir. Buradaki denklem (3.13) sonlu fark denklemdir.

Birinci dereceden bir problem olarak 3.13'teki denklemi ele alalım.

$$\frac{d(Stok)}{dt} = Stoktaki Net Değişim = İçe Akış(t) - Dışa Akış(t) \quad (3.13)$$

bu denklem sisteminde, stoktaki net değişim

$$\frac{d(Stok)}{dt} = \frac{dy}{dt} = y' = f(t, y), \quad y(t_0) = y_0 \quad (3.14)$$

Burada y' nin i ' ye göre türevi alınarak $f(t, y) = f_i$ denklem (3.14)' te yerine yazılırsa; y_i bulunur. f_i bilindiğinde ise, integral denklemi şu şekilde olur;

$$\Delta y_i = y_{i+1} - y_i = + \int_{t_i}^{t_{i+1}} f(t, y) dt = (t_{i+1} - t_i) f_i \quad (3.15)$$

Bu denklemi y_{i+1} için çözdüğümüzde;

$$y_{i+1} = y_i + (t_{i+1} - t_i) f_i \quad (3.16)$$

Bu denklem (3.16) Euler denklemi olarak bilinmektedir.

3.9.2 İkinci mertebeden runge-kutta yöntemi

Burada denklem (3.14) kullanacağız. Runge-Kutta ileri entegral formülleri bir nokta belirlenerek türetilmektedir.

$$\bar{t} = t_i + ah, \quad \bar{y} = y_i + \beta h ah, \quad (t_{i+1} - t_i) \quad (3.17)$$

Buradan,

$$\bar{\Delta} y_i = y_{i+1} - y_i = f(\bar{t}, \bar{y}) h \quad (3.18)$$

Denklem (3.18)' deki artış; denklemdeki taylor serisindeki açılımın önceden belirlenmiş sayıda terimi aracılığıyla hesaplanan artışa eşittir.

$$\Delta y_i = y' i h + y_i^n \frac{h^2}{2} + y_i^m \frac{h^3}{2} + \dots \dots \quad (3.19)$$

3.19'daki denklemde artış ayarlanarak ikinci dereceden Runge-Kutte formülü elde edilir.

$$f(\bar{t}, \bar{y}) = (t_i + ah, y_i + \beta h) = y' i + y_i^n \frac{h}{2} \dots \dots \quad (3.20)$$

Buradan;

$$f(t_i + ah, y_i + \beta h) = f_i + ahf_{t,i} + \beta hf_{y,i} \quad (3.21)$$

Denklem (3.14) denklem (3.21) olur.

$$y'i + yi^n \frac{h}{2} = \left[f + \frac{h}{2} \frac{df}{dt} \right] t - t_i \quad (3.22)$$

Burada $f(t,y)$ ' de y ' yerine $y(t)$ ikame edilerek sadece t 'nin bir fonksiyonu olarak düşünülürse $f(t,y)$ fonksiyonunun t 'ye göre türevi;

$$\frac{df(t,y)}{dy} = \frac{\delta f}{\delta t} \frac{\delta f}{\delta y} \frac{dy}{dx} = ft + fyf \quad (3.23)$$

Burada denklem (3.22) denklem (3.21) olarak ifade edilebilir.

$$y'i + yi^n \frac{h}{2} = fi + \frac{h}{2} (ft, i + fy, ifi) \quad (3.24)$$

Denklem (3.21) ile (3.24) denklem (3.20)' yi verir.

$$fi + ahft, i \beta hf_{y, i} = fi + \frac{h}{2} (ft, i + fy, ifi) \quad (3.25)$$

Buradan;

$$\alpha = \frac{1}{2} \quad \beta = \frac{1}{2} \quad fi, \quad \bar{t} = \frac{h}{2} + t, \quad y = yi + \frac{h}{2} fi \quad (3.26)$$

y_{i+1} ' in İkinci dereceden Runge-Kutte denklemi olarak değerlendirilebilmesi için aşağıdaki adımların takip edilmesi gerekir;

$$\Delta yi = hfi = hf(ti, yi),$$

$$\bar{\Delta} yi = hf(\bar{t}, \bar{y}) = hf\left(ti + \frac{h}{2}, yi + \bar{\Delta} yi\right)$$

$$yi + 1 = yi + hf\left(ti + \frac{h}{2}, yi + \bar{\Delta} yi\right)$$

3.9.3 Dördüncü derece runge-kutte yöntemi

Aşağıdaki ardışık işlemler takip edilerek, Dördüncü Dereceden Runge-Kutte Denklemini elde edilir.

$$\Delta' yi = hf(ti, yi)$$

$$\Delta'' yi = hf\left(ti + \frac{h}{2}, yi + \frac{h}{2} \Delta' yi\right)$$

$$\Delta''' yi = hf\left(ti + h, yi + 2\Delta'' yi - \Delta' yi\right)$$

$$\bar{\Delta} yi = \frac{1}{6} (\Delta' yi + 4\Delta'' yi + \Delta''' yi)$$

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{6}(\Delta' y_i + 4\Delta'' y_i + \Delta''' y_i)$$

Bu denklem Dördüncü Dereceden Runge-Kutte Denklemi olarak tanımlanmakta olup, h5 derecesinde kesme hatasına sahiptir. Euler Denklemi h2 ve İkinci Dereceden Runge-Kutte h3 dereceden kesme hatasına sahip olduğu için tahminlerde daha çok Dördüncü Dereceden Runge Kutte yöntemi önerilmektedir (Bala ve diğerleri., 2014: 60-62).

3.10 Sistem Dinamiğinde Model Geçerlilik Testleri

Model geçerliliği, özellikle sistem dinamiğinde ve tüm diğer model tabanlı metotlarda önemli olduğu kadar bir o kadarda tartışmalı bir konudur. Model tabanlı bir çalışmada sonuçlarının geçerliliği tasarlanan modelin geçerliliğine bağlıdır. Buna rağmen modelin geçerliliği ve doğrulanması konusunda üzerinde görüş birliğine varılmış bir tanım mevcut değildir (Barlas, 1996: 183).

Modelin geçerliliğini ortaya koyabilmek için iki konun üzerinde durulmalıdır. İlki bir modelin tamamen geçerli olmasını beklenemez. Eğer model belirli bir amaca yönelik tasarlanmış ise modelin geçerlilik testleri bu amaç doğrultusunda yapılmalıdır. İkinci önemli nokta ise, modelin pozitif ispatın imkânsızlığının farkında olunmalıdır.

Model geçerliliğinin araştırılması için geçerlilik testlerinde asıl zorluk kriterlerin seçiminde başlar. Mutlak bir ispat yoktur ancak modelin gerçek sistem ve amaca uygunluğunun ölçülmesiyle alakalı güven aralığı mevcuttur. Ölçüm sonuçlarını daha iyi karşılayan bir modelin daha kullanışlı model olduğunu konusunda herhangi bir güvence mevcut değildir (Forrester, 1975: 162).

Kara kutu geçerliliği en basit model geçerliliği formudur. Bu yöntemin odak noktası tasarlanan model için seçilen koşullar gerçek sistem ile olabildiğince aynı koşullarda olmalıdır. Bir sonraki adımda simülasyon modeli gerçek sistemle uyumlu hale getirilerek gerçek sistem sonucuyla model sonucu aynı olmalıdır. Bu kara kutu geçerliliği olarak adlandırılır. Bu yöntemde sadece sistemin girdileri ve çıktılarıyla ilgilenilmiş fakat modelin içyapısı dikkate alınmamıştır. Yine de bu yöntemde gerçek sistemin işleyişini modelin tam olarak yansıttığından emin olmamız mümkün değildir. Bundan dolayı beyaz kutu geçerliliği yöntemi kullanabiliriz. Beyaz kutu geçerliliğinin ana fikri geliştirilen modelin çalışmasını çok daha detaylı bir biçimde

inceleyerek simülasyonu yapılan sistemin çalışmasına uygunluğu kontrol edilmektedir. Böylece, modelin sonucu ile ilgilenmek yerine modelin programlama mantığını ön plana çıkarır (Fishwick, 2007: 33-21).

SD yaklaşımında model geçerliliği ile amaçlanan modelin yapısının doğrulanması; modelden elde edilen sonuçların doğruluğu öncelikli olarak değerlendirilse de bu ancak model yapısının doğrulanmasıyla anlamlı hale gelir. Bundan dolayı doğrulama öncelikle model yapısının doğrulanması, sonrasında da model davranışının doğrulanması şeklinde olmalıdır (Barlas, 1994).

Model geçerlilik testlerini yapısal ve davranışsal testler olarak inceleyebiliriz. Yapısal geçerlilik, model içerisinde kullanılan ilişkilerin gerçek ilişkileri ne kadar iyi temsil ettiğine dair güven oluşturmak olarak ifade edilir. Barlas (1994)

Yapısal testleri iki başlık altında incelenebilir. Bunlar doğrudan yapı testleri ve yapısal davranış testleridir.

Doğrudan yapı testlerinde modelin geçerliliği, modelin denklemlerini mevcut bilgiyle karşılaştırarak yapılır. Bunun yanı sıra model üzerinde simülasyon yapılmadan tutarlılık karşılaştırmaları da doğrudan yapılabilir. Testler amprik veya teorik olabilir. Amprik test, gerçek sistem verilerinden oluşan bilgi ile tasarlanan model denklemlerinin karşılaştırılması yolu ile yapılır. Teorik testler ise, sistem üzerine literatürde var olan genelleştirilmiş bilgi ile model denklemlerinin karşılaştırılması yöntemi ile gerçekleştirilir. Her iki test de direk yapısal geçerlilik önemlidir.

Forrester ve Senge (1980) direk yapısal testlere; yapı ve parametre doğrulama testi, direk uç-değer testi ve birim tutarlılığı testini örnek göstermiştir.

Parametre doğrulama testinin kapsamı gerçek sistem bilgisinin sabit parametrelerin kavramsal ve sayısal olarak değerlendirilmesi ile gerçekleştirilir.

Direk uç değerler testi, modelin denklemlerinin uç değerlere maruz bırakılması yöntemi ile değerlendirmeyi kapsar ve gerçek hayattaki benzer durumlarda neler olacağı bilgi veya tahmini ile sonuç değerleri kıyaslanır.

Birim tutarlılık testi yardımı ile de model denklemlerinin birim tutarlılığı değerlendirilir (Barlas, 1994; Forrester ve Senge,1980).

Yapı testlerin ikincisi yapısal davranış testleridir. Modelde oluşturulan davranış örneklerinin belirli davranışlar test edilerek yapı dolaylı olarak değerlendirilir. Dolaylı yapı testleri, model yapısındaki olası hatalar hakkında dolaylı bilgi sunabilir. Bu testler, uç-değer, davranışsal duyarlılık, sınır uygunluğu, faz ilişkisi testleridir.

Yapıya yönelik davranış testinde, Modelleyici modeli test ederken eğer şöyle bir koşul ileri sürerse: "Eğer sistem K koşulunda çalışırsa, D davranışını göstermelidir." Model bu koşul altında çalıştırılır ve beklenen davranışa benzer sonuç üretirse model bu testten geçmiş olur.

Uç değer davranış testlerinde ise, seçilen değişkenlere uç değerler girilerek modelin oluşturduğu davranış ile bu uç değerlerdeki gerçek sistemin izlenen veya tahmin edilen davranışlarının karşılaştırılmasıdır.

Davranışsal duyarlılık testinin amacı ise, modelin duyarlı olduğu değişkenleri belirlenmek ve gerçek sisteminde bu değişkenlere karşı aynı düzeyde duyarlılık gösterip göstermediğinin sınanmasıdır.

Uyarlanan davranış tahmini testi, gerçek sistemin benzetilen versiyonunun davranışı ile ilgili veri bulmanın mümkün olduğu durumlarda uygulanması mümkündür. Model, benzer uyarlamalar ile simüle edildiğinde ve sonucunda, benzer davranışları gerçekleştirebiliyorsa oluşturulan model bu testten geçer. Testlerin sonucunda, model yapısı hakkında yeterli güven sağlanmış ise, gerçek sistemin davranışlarına ait gözlenen büyük davranış örneklerini yeniden üretebilen modelin ne kadar doğru olduğunu ölçmek için birçok testi uygulayabiliriz. Bu testlerden, Barlas (1989) tarafından çoklu test prosedürü, Serman (1984) tarafından genel istatistiksel özet, Forrester ve Senge (1980) tarafından tartışılan birçok testi davranış örnek testleri örnek olarak göstermek mümkündür (Forrester & Senge 1980; Barlas & Sarsel, 1996).

3.11 Sistem Dinamiğinde Kullanılan Simülasyon Yazılımları

Sistem dinamikleri benzetim yaklaşımı mühendislik, fen bilimleri ve sosyal bilimler gibi farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. SD yaklaşımının yaygın bir şekilde kullanıldığı uygulama alanlarını karmaşık doğrusal olmayan dinamikler, kurumsal planlama ve politika tasarımı, mikro ve makroekonomik dinamikler, kamu

yönetimi ve politika, eğitim sorunları, biyolojik ve tıbbi modelleme, sosyal bilimlerde teori geliştirme, enerji ve çevre, dinamik karar alma araştırmaları olarak özetleyebiliriz (Forrester, 1962; Senge, 1990; Sterman, 2000; Barlas, 2008). Gerçek bir benzetim oluşturmanın yüksek maliyeti ve zorluğu bu yaklaşımın popülaritesinin artmasına neden olmuştur. Bu popülarite ile beraber bilişim dünyasında yaşanan gelişmeler ile birlikte farklı disiplinlerde uygulanma örneklerini çoğaltmıştır.

Sistem dinamiğinin farklı disiplinlerde kullanımı bu alandaki talep artışı ile beraber bilimsel olarak sistem dinamiğinde farklı bilgisayar tabanlı yazılımların artmasına neden olmuştur.

3.11.1 Powersim

Yükseköğretimde kalitenin artırılması amacıyla Norveç hükümetinin desteğiyle yapılan çalışmaların neticesinde elde edilen bulgular ışığında Powesimin ilk versiyonu ortaya çıkmıştır. Yazılım sürekli geliştirilerek günümüzde akış temelinde dayanan birden fazla modeli birleştirebilen bir modelleme aracı olarak karşımıza çıkmıştır.

3.11.2 Vensim

İlk başlarda uzmanlık alanlarındaki projelerde kullanılmıştır Modelin daha sonra ticari versiyonu geliştirilmiştir. Vensim güçlü bir modelleme dili sunar. Vensim de modelleme, modellemenin temeli olan nedensel döngü diyagramlarının oluşturulmasıyla başlamaktadır. Çok özel istatistiksel ve grafiksel özelliklere sahiptir ayrıca menü sayesinde de girdi ve text ekranının oluşturulmasına imkân sağlar.

3.11.3 Dynamo plus

Sonlu fark denklemleriyle anlatılabilen sistemin çalıştırılması amacıyla MIT'de geliştirilmiştir. Dynamo' nun komutları Fortran dilindeki komutlara çok benzerdir. Sistem dinamikleri yöntemi ile yapılan çalışmalarının başladığı zamanlarda geliştirilen bir yazılımdır. Dynamo, ilk sistem dinamiği simülasyon dilidir. Dolayısıyla SD kullanılan simülasyon yazılımlarının öncüsüdür. Sistem içerisindeki süreçlerin ilişkilerini anlatan model değişkenlerinin yapısal düzeylerinden meydana gelmektedir. Dynamo, karmaşık programlama özellik ve çeşitlilikleri sayesinde büyük modeller oluşturulmasına ortam sağlar.

3.11.4 Extend

Extend, 1980 sonlarında ortaya çıkmıştır. Animasyonlarla zenginleştirilmiş grafiksel modellemeyi içeren kesikli ve devamlı simülasyon yapılabilen, güçlü ve esnek bir simülasyon modelidir.

3.11.5 Stella/ithink

Stella, İthink ile aynı firma tarafından geliştirilmiştir grafik bağlantılı bir yazılımdır. Ancak Stella eğitim sorunların çözümünde İthink ise iş çözümlerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Güçlü bir yazılım alt yapısı ve kullanım kolaylığı nedeniyle tercih edilmektedir. Modelleme yapılırken Stok ve akış diyagramlarının çizilmesine ve denklemlerin daha sonra oluşturulan modele girilmesine imkân sağlaması sebebiyle sistemin çalıştırılmadan önce taslağının oluşturulmasına izin vermektedir. Bu yanı ile problemlere zihnimizde oluşturduğumuz çözüm yollarını uygulamak için tasarladığımız modelin uygunluğunu kıyaslamamız, ön değerlendirmede bulunmamızı sağlayabilmektedir. Anlık olarak oluşturulan modele değişkenler ekenebilir veya çıkarılabilir.

Yine yazılım içerisinde oluşturulan model, optimize ve kalibre edilebilmektedir. Senaryo oluşturmada ve uygulamada kolaylık sağlaması ve görsellik açısından arayüz oluşturma olanağı sağlamaktadır. Son çıkan versiyonlarında video ekleme özellikleri de barındırmaktadır.

3.12 SD Etkili Kullanmak İçin Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

SD yaklaşımı ile oluşturulacak modellerinin etkili bir şekilde tasarlanması, geliştirilmesi ve uygulanması için dikkat edilmesi gereken prensipler aşağıda belirtilmiştir (Serman, 2000: 79-81).

- a) Geliştirilen model, sistemin modellenmesi için değil, belirlenmiş problemin çözümüne yönelik olarak tasarlanmalıdır. Modelin amacı net bir şekilde ortaya konulmalı ve bu amaç belirlenmiş problemin çözümüne yönelik olmalıdır. Modellemeyi tasarlayan kişi, uygulanabilir bir model olması ve sonuçlarına hızlı bir şekilde ulaşılabilmesi için konunun problemini ilgilendirmeyen tüm etkenleri modelden çıkarmalıdır. Hedef, modelle istenilen sistem performansını geliştirmektir.

- b) Çalışmanın en başından itibaren modelleme bir proje içerisinde ele alınmalıdır. Modellemedeki sürecin değeri, problemin tanımı ile başlamaktadır. Modelleme süreci, bu yapı üzerinde yönetimi veya karar verenleri suçlamak yerine, sistem yapısının analizine odaklanma için katkı sağlamalıdır.
- c) Modellemenin gerçekleştireceği etkisi üzerine daima şüpheli olunmalı ve projenin başından itibaren “Neden bu modele ihtiyaç duyarız? Sorusu sorulmalıdır. Üzerinde çalıştığınız konunun probleminin çözümü için SD yaklaşımının doğru bir yöntem olup olmadığından emin olunmalıdır.
- d) SD yaklaşımı tek başına kullanılan bir yöntem değildir. Uygun farklı araç ve metotlardan da faydalanılmalıdır. Birçok modelleme uygulama projesi, büyük bir gayret sonucu ortaya çıkarılan (istatistiksel çalışmalar, pazar araştırmaları vb. içeren) stratejik ve operasyonel analizlerinin birer parçasıdır.
- e) Projenin başlangıcından itibaren uygulamaya yoğunlaşılmalıdır. Projenin başından itibaren uygulamaya başlanılmalıdır. “Karar almada geliştirilen model nasıl yardımcı olacak?” sorusu sürekli olarak sorulmalı ve sorgulanmalı. Modeli, uygulamadaki politikaların sırasını ve öncelikler belirlemede kullanılmalı.
- f) Modeli tasarlayan ile istemcinin ortak araştırması, modellemenin en iyi şekilde gerçekleşmesine katkı sağlamalıdır. Modellemeyi bir keşif süreci olarak tanımlayabiliriz. Asıl gaye, probleme ait sebepler ilişkin yeni bir bakış anlayışa ulaşmak ve bu anlayışı ve yaklaşımı ise gelişim adına başarılı bir politikalar oluşturmakta kullanmak. Oluşturulan model gerçek hayatta test edebilir.
- g) Model tasarımında Kara kutu yaklaşımından kaçınılmalıdır. İstemcisi tarafından anlaşılamayan modeller hiçbir zaman ciddi bir değişim sağlamazlar ve buda modeli zihinsel olarak kısıtlar. İhtiyaç sahibinin olabildiğince erken ve derinlemesine modele iştirak etmesini sağlayın. Model için düşünce görüşlerini paylaşmaları konusunda teşvik edin. Eleştirilerinin çözümlerini birlikte değerlendirmek memnuniyetlerini sağlayacaktır.
- h) Modelin geçerlilik testleri sürekli devam eden bir süreçtir. Bir modelin geçerliliğinde, geçmiş verilere uyabilme yeteneği model için tek başına yeterlilik sağlamaz. Modelleme sürecinde uzman görüşleri katkılarıyla model değişecek ve derinleşecektir.

- i) Mümkün olan en kısa sürede çalışan bir n model elde edilmelidir. alışan bir n simülasyon modeli tasarlamadan kapsamlı bir kavramsal model oluşturmayı düşünmeyin. Kavramsal modeller hipotez oldukları için test edilmeleri gerekmektedir. Modelin formüle ve simüle edilmesi sonucunda modelin kusur ve eksiklikleri ortaya çıkar ve modelin daha iyi anlaşılmasına zemin hazırlar. Simülasyon sonuçları kavramsal anlayış konusunda bilgi verir ve sonuçlar üzerinde güven oluşumunu sağlar.
- j) Sınırları geniş olan bir model, çok fazla detay içeren bir modelden daha önemlidir. Bir sistemin dinamikleri, sistem içerindeki faktörlerin etkileşimlerinden ortaya çıkmaktadır. Bu geribildirimlerin fark edilmesi ise bileşenlerin kendilerini ifade eden birçok ayrıntının gösterilmesinden daha önemlidir.
- k) Modelleme yeni başlayan tecbesiz kişilerle değil, uzman modelleyiciler ile gerçekleştirilmelidir. Modelleme nitel bir diyagram oluşturup bilgisayar programcısına bununla bir kod yazdırmak değildir. Modelleme, disiplin gerektirir, bu beceriler ise çalışma ve deneyim sayesinde artar. İhtiyaç halinde uzmandan destek alınmalıdır.
- l) Uygulama tek bir proje ile sonlanmamalıdır. Model alışması, proje bittikten sonra da uzun bir süre etkisini devam ettirir. Uygulamayı uzun vadede kişisel, organizasyonel ve sosyal değişim süreci olarak tanımlayabiliriz.

4. GÜVENLİK KÜLTÜRÜNÜN İŞ KAZALARINA ETKİLERİNİN SİSTEM DİNAMİKLERİ YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ VE SİMÜLASYON UYGULAMASI

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle sistem dinamikleri yöntemi ile iş kazalarının sebep ve sonuçları, güvenlik kültürünün iş kazalarının önlenmesi ve güvenlik performansı üzerindeki etkileri ve iş kazalarına karşı güvenlik kültürü uygulamalarının konu edinildiği daha önce yapılmış olan çalışmalara yer verilecektir. Bu literatür taramasının ardından; uygulamada kullanılan veri seti ve üçüncü bölümde ayrıntılı bir şekilde ele alınan sistem dinamikleri simülasyon yöntemi için kullanılan Stella yazılım programından bahsedilecektir. Sonrasında güvenlik kültürünün iş kazalarına etkilerinin sistem dinamikleri yöntemi ile simülasyon modeli oluşturulacaktır. Son olarak oluşturulan simülasyon modeli üzerinden 60 aylık zaman periyodunu kapsayacak şekilde dört senaryo denemesi yapılacak ve bu senaryoların karşılaştırılması sonucunda elde edilen veriler ışığında iş kazalarının önlenmesi için en uygun senaryo belirlenerek politika önerilerinde bulunulacaktır.

4.1 Literatür Taraması

Çalışma öncesinde literatür çalışması yapıldığında sistem dinamikleri yaklaşımı ile iş kazası, güvenlik kültürü ve iş kazalarının önlenmesi ve güvenlik önlemlerinin iyileştirilmesine yönelik yapılan çalışmaların problemlerin çözümü ve politika geliştirilmesi yönünde örnek olayı inceleyen modeller ve SD genel model yapısını kullanan modellerin kullanıldığı görülmektedir. Çalışmanın bu bölümünde SD yaklaşımı ile kazalar ve güvenlik kültürü alanında yapılan bazı çalışmalara değinilecektir.

Zare Mehrjerdi & Hajimoradi (2021) arıza türü ve etki analizi (Failure mode and effect analysis-FMEA) ve sistem dinamiği yaklaşımını kullanarak paketleme endüstrisindeki olayları azaltmak için güvenlik yönetimi üzerindeki etkili faktörlerin davranışları analiz edilmiştir.

Nardo ve diğeri (2020) bhopal olayına uygulanan bir güvenlik yönetim modeli ile incelenen olayın meydana gelmesine katkıda bulunan ana nedenlerden arızalı güvenlik cihazları, yetersiz personel deneyimi, operatör kararları, yönetici üretim stratejisi, politika kararı gibi ilişkiler incelenmiştir.

Boukas & Kontogiannis (2019) organizasyonel dengeleri daha derinlemesine inceleyen bir sistem dinamiğinin güvenlik ve üretim modeli sunduğu vurgulanarak, güvenlik modelinde belirlenen riskin zaman içinde nasıl geliştiği incelenmiş, bu kapsamda güvenlik kültürünün çalışan motivasyonu ve insan güvenilirliği yönleri ile birleştirilerek güvenlik ve üretim arasındaki etkileşimleri izlenmiş, riski azaltabilecek alternatif iş tasarımları incelenerek, ek görev yönetimi ve insan kaynakları modelleri geliştirilmiştir.

Mohammadi & Tavakolan (2019) inşaat projesinde üretim baskısının, güvenlik performansını ve güvenlikle ilgili yönetsel bileşenlerinin etkileşimli olarak davranış değişikliğine dair geri bildirim mekanizmasının sonuçları değerlendirilmiştir

Qayoom & Hadikusumo (2019) güvenlik yönetim sisteminin dinamik yapısı ve karmaşıklığı göz önüne alındığında, modeli geliştirmek için çok düzeyli güvenlik kültürünün zaman içerisinde güvenlik performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Bastan & Azizi Baraftabi (2017) güvenlik yönetim sistemlerinin dinamiklerini, iş sağlığını ve kaza yönetimini analiz etmek için bir sistem dinamiği modeli önerilmiştir. Yapmış oldukları çalışma ile sistematik bir plana sahip olmak ve buna belirli bir bütçe ayırarak, güvenlik eksikliğinden kaynaklanan zaman kaybının ve fahiş maliyetlerin etkin bir planlama ve finansman ile önlenebileceğini göstermiştir. Ayrıca, güvenlik konularına aşina insan kaynaklarının yetiştirilmesi ve istihdam edilmesi ile önemli ölçüde hasar ve kazaların önlenebileceğini savunmaktadır.

Shin ve diğeri (2014) dengeli bir güvenlik yönetimi oluşturmak için insan temelli güvenlik yönetimini destekleyecek bir zihinsel süreç modeli oluşturmanın gerekliliğini savunmaktadır. Yapmış olduğu çalışmada, bir çalışanın güvenli davranışlar hakkında nasıl karar verdiğini açıklayan bir zihinsel süreç modeli sunmaktadır. Güvenlik yönetimini çevreye dayalı güvenlik yönetimi ve insan temelli güvenlik yönetimi olarak sınıflandırmaktadır. Subjektif faktörlerin (algılanan risk ve

kabul edilebilir risk) önemine işaret etmektedir. Hedeflenen güvenlik düzeyine ulaşmak için her ikisinin de iyileştirilmesi gerekliliği üzerinde durmaktadır.

Han (2010) başarılı güvenlik yönetiminin kilit noktalarından birinin güçlü bir güvenlik kültürü geliştirmek olduğunu ileri sürmektedir. Ayrıca çalışanların tutum ve davranışları diğer çalışanların, idareci ve üst düzey yöneticilerin tutum ve davranışlarının etkisi altında olduğundan, çalışma ortamında güvenlik kültürünü geliştirmek ve pekiştirmek için bu davranışlar arasındaki dinamikleri anlamının faydasına değinmektedir. Karar vericiler, modelleri kullanarak (çalışanlar, yöneticiler ve işletmeler arasındaki etkileşimin bir sonucu olan) güvenlik kültürünü kontrol edebilecek ve izleyebileceklerini ve işletmelerin hedefleri dâhilinde güvenliği iyileştirebileceklerini belirtmektedir.

Goh ve diğerleri (2010) yaptıkları araştırmada iş güvenliği veya mesleki tehlikelerin önlenmesi alanında, genel bir inceleme ve önemli katkıların bir seçimi ile birçok kazayı ayrıntılı olarak analiz eden bir araştırma sunmaktadırlar.

Nasirzadeh (2008) yapmış olduğu çalışma ile projelerin geliştirilmesi ve uygulanmasının doğasında var olan riskler ve belirsizliklerin, projenin performansının zayıflamasında önemli bir rolünün olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle, farklı tehlikelerin proje hedefleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilebileceği, riske yönelik etkin bir analitik yaklaşıma sahip olmak hayati önem taşımaktadır. Güçlü bir analitik risk yaklaşımında, proje yaşam döngüsündeki dinamik tehlikeleri dikkate almak ve riskin yansımalarını etkileyebilecek geri bildirim döngülerine dikkat etmek mümkündür.

Lyneis & Madnick (2008) yaptıkları çalışmada görev birikiminin etkisine ve kurallara ve prosedürlere bağlılığa odaklanan bir model geliştirdi ve üretim baskısını sınırlayarak güvenliği yüksek bir öncelik haline getirmenin kazaları önlemeye çalışan yöneticiler için açık ara en yüksek kaldıraç politikası olduğunu gösterdi.

Cooke & Rohleder (2006) uzman görüşlerine dayanarak genel bir risk ve iş kazaları vizyonu sunmaktadır.

Moizer'in (1999) doktora tezi, niceleme ve modelleme açısından ihtiyaçlarımızı karşılayan bir analizi açıklar. Güvenlik kültürünü, kazaların raporlanmasını ve hepsinden önemlisi tehlikelerin yönetimini vurgulayan bir SD modeli ile ilgilenir.

Sistem teorik yaklaşımı içerisinde sistem dinamiklerine dayalı yeni risk değerlendirme yöntemleri geliştiren çok sayıda çalışma ortaya çıkmıştır (Bouloiz, Garbolino, Tkiouat & Guarnieri, 2013; Cooke, 2003; Lyneis & Madnick, 2009). Bu çalışmalar, organizasyonel kontrol yapısının, güvenlik kültürünün, teknik ve organizasyonel faktörlerin etkileşimlerinin analizine ve ayrıca sistem dinamiklerinin modellenmesine odaklandıkları için risklerin yönetilmesinde bazı avantajlara sahiptir.

Bu yaklaşımda kazalar, bir faktörün veya bir olayın doğrudan sonucu olarak değil, etkileşim halindeki bir dizi faktörün kendi dinamikleriyle kümülatif etkisi olarak görülür.

Birçok çalışma, birçok alt sistem (örneğin, üretim, güvenlik, insan kaynakları) arasındaki etkileşimleri modellemek ve bunların etkileşimlerini incelemek için nitel bir yaklaşım benimsemiş ve sistem dinamiklerini kullanmıştır (Goh, Love, Brown & Spickett, 2012; Guo, Wing Yiu, & González, 2015; Wang ve diğerleri, 2016). Diğer çalışmalar, kendilerini tekrar etme ve üretimi ve güvenliği etkileme eğiliminde olan çeşitli organizasyonel olguları veya tipleri modellemek için sistem dinamiklerini kullanmıştır (Guo ve diğerleri, 2015; Kontogiannis, 2011; Marais, Saleh & Leveson, 2006).

Son olarak, nicel sistem modelleri geliştirmiş, örgütsel etkileşimleri incelemiş ve zaman içinde riskin evrimini incelemiştir (Bouloiz ve diğerleri, 2013; Cooke, 2003; Lyneis & Madnick, 2009; Wang ve diğerleri, 2016).

Zare Mehrjerdi & Hajimoradi (2021) ile Cooke'un maden güvenliğine ilişkin sistem dinamiği modellerinin geliştirilmesinde lider bir isim olmuştur ve bunu maden güvenliği konusunda son zamanlarda yapılan bir dizi çalışma izlemiştir (Gang, Guo-tong ve Tian-bo, 2012; Jiang, Fang ve Zhang, 2015; Shin, Lee, Park, Moon ve Han, 2014)

Bu arada, güvenlik kültürü ve performansının dinamikleri konusunu değerlendiren az sayıda makale, yalnızca bu konunun nedensel ilişkilerini ifade etmiş ve analiz etmiştir. Goh ve diğerleri (2012) bir organizasyonun güvenlik kültürünü ve performansını etkileyen iç ve dış unsurlar arasındaki etkileşimi analiz etmek için sistem dinamiği modelini kullanmıştır. "Güvenlik performansının ve kültürünün dinamikleri" başlıklı bir makale, riskli davranışlar, kazaların personel üzerindeki olumsuz etkileri, güvenlik yetkinliği, eğitim ve yeni güvenlik uygulamaları, çalışan

moralı gibi faktörleri ve üretim baskısı gibi dış faktörleri değerlendirmiş ve daha sonra bunların etkileşimlerini analiz etmiştir.

İşyerinde güvenlik konusu ve bunun ekonomik etkisi, özellikle, kazaların diğer sektörlerden daha ciddi bir düşüşe sahip olacağına dair güçlü bir duygunun olduğu bazı belirli ekonomik sektörlerde dikkate alınmaktadır. Bu bağlamda, emniyet eylemlerinin ve standartlaştırılmış prosedürlerin uygulanmasının işletme maliyetlerinin azalmasına yol açtığını kanıtlayan çalışmalar bulunmaktadır (ISF, 2015). Diğer çalışmalar, resmi olmayan yönlerin etkisinin altını çizmektedir: genel algı, sosyal ve kültürel süreçler (Cooke ve Rohleder, 2006). Ayrıca subjektif faktörlerin (algılanan risk ve kabul edilebilir risk) önemine dikkat çekilmektedir (Shin ve ark.) Ayrıca daha önceki çalışma modellerin birçoğunun tipleri tespit edilmiştir (Kontogiannis, 2012), bunlar karar vericilerin koordinasyonunu, izlemeyi, iletişim kurmayı, gerçek güvenlik durumunu ve algılanan güvenliği içerir.

Son yıllarda, organizasyonel kazaların birkaç sistem dinamiği analizi yapılmıştır. Ancak kullanılan yöntemler tutarlı değildir. Bazıları nitel sistem dinamiği araçlarına daha fazla vurgu yaptı (Goh, Brown ve Spickett 2010; Leveson 2010; Marais, Saleh ve Leveson 2006) ve diğerleri stok ve akış simülasyonuna odaklandı (Cooke 2003; Cooke ve Rohleder 2006; Salge ve Milling 2006).

4.2 Veri Seti ve Yöntem

Literatür incelendiğinde sistem dinamikleri yaklaşımı ile yapılan çalışmalarda problemlerin çözümü ve politika geliştirilmesi yönünde örnek olayı inceleyen modeller ve SD genel model yapısını kullanan modellerin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışma ampirik bir çalışma olmadığı için oluşturulan model verileri ve model sınırı, SD literatüründe alışlageldiği üzere içsel ve dışsal değişkenler listelenerek belirlenmiştir.

Kazaları azaltmak için, güvenlik uygulamalarının, baskıların ve güvenlik koşullarının rolünü ve aralarındaki ilişkileri tanımlar. Belirli bir zaman diliminde kazaların gidişatını, kaza maliyetlerini, sistem güvenlik seviyesini ve kazalarla ilişkili riskleri, insan kaynağı ve verimlilik performansını gösterebilen bir sistem dinamiği modelinin sunulmasıdır. Kullanılan temel değişkenler, güvenlik kültürünün iş kazaları ve güvenlik performansı üzerindeki etkisi ve iş kazalarının nedenselliği

sonucunda oluşan kayıpların çalışma hayatı performansı - mali performansa etkileri ile sınırlıdır.

İş kazalarının sebep sonuç ilişkisi göz önünde bulundurularak kaza sonucunda oluşan kayıpların çalışma hayatı ve mali performansa etkilerinin, güvenlik kültürünün ve güvenlik performansının geliştirilmesi ile hem yaşanan kaza sayılarını azaltmak hem de etkili bir güvenlik kültürü politikaların nasıl tasarlanabileceğini göstermek, amacı ile sistem dinamikleri modelleme yaklaşımı kullanılarak yeni bir güvenlik kültürü modeli oluşturmak ve oluşturulan model Stella Architect 3.3 simülasyon programı ile analiz edilmiştir.

Ardından oluşturulan sistem dinamikleri simülasyon modeli üzerinden 60 aylık zaman periyodunu kapsayacak şekilde çeşitli senaryo denemeleri yapılarak, bu senaryolar grafikler ile karşılaştırılmıştır.

Bu senaryoların karşılaştırılması sonucunda elde edilen veriler ışığında iş kazalarının önlenmesi için en uygun senaryo belirlenerek güvenlik kültürü politika önerileri sunulmuştur.

4.2.1 Veri seti

Bu çalışmada kullanılan ana değişkenler, dışsal ve içsel kategorilere göre Tablo 4.1’de sunulmuştur. Dışsal ve içsel değişkenler yerli ve yabancı dilde yazılmış literatürden belirlenmiştir. Ayrıca dijital ve basılı makale, tezler ve raporlardan istifade edilmiştir. Sistem dinamiği modeli Stella Architect 3.3 paket programında geliştirilmiştir.

Qayoom & Hadikusumo (2019), Zare Mehrjerdi & Hajimoradi (2021) ve Bastan ve Azizi Baraftabi'nin (2017) yapmış oldukları çalışmalar model geliştirilirken temel alınmıştır. Modelin güvenilirliğini ve geçerliliğini test etmek için yapısal ve davranışsal olarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yapısal geçerlilik, tasarlanan modelin ilişkilerin, gerçek sistemi oluşturan ilişkiler ile uyumlu olması anlamına gelmektedir. Bu tür geçerlilik, modelin başlangıç aşamalarından başlar ve model sonuçlarının elde edilmesine kadar süren uzun bir sürecin ardından yavaş yavaş gelişir. Modellenen kaza ve güvenlik kültürü ve performansı davranış modelinin yapısal geçerliliği de süreç içerisinde adım adım geliştirilerek sonuçları itibari ile doyurucu bir noktaya gelmiştir. Kaza ve güvenlik kültürü literatüre uyum çerçevesinde yapısal geçerlilik sağlanmıştır. Bunun yanısıra modelde kullanılan

denklemlere ait birim tutarlılığında test edilmiştir. Denklemlerde herhangi bir tutarsızlıkla karşılaşılmemiştir. Çalışmada uç nokta testi ile modelin çeşitli parametrelerine aşırı değerler verilerek modelin verdiği tepkiler gözlemlenmiştir. Örnek olarak; yönetimin taahhüdü, güvenlik denetimi, üretim baskısı, akran baskısı gibi değerlere uç değerler atanarak modelin tepkileri ölçülmüştür.

SD nokta tahmini yapılması yerine örneklem tahminini (periyot, frekans, trendi dalga büyüklüğü...) ön plana çıkarmak daha önem arz etmektedir. Bu sistem dinamiği modellerinin uzun vadeli politika üretme eğiliminde olmalarının mantıksal bir yansımasıdır (Barlas, 1996: 193).

4.2.2 Sistem dinamikleri simülasyon yöntemi: stella

Bu çalışmada üçüncü bölümde ayrıntılı olarak bahsedilen sistem dinamikleri yaklaşımı kullanılmıştır. Sistem dinamikleri modelleme yaklaşımı bilgisayar tabanlı bir simülasyon paket programı olan Stella Architect 3.3 kullanılarak uygulanmıştır. Bu program; farklı avantajlar sağlaması ve diğer programlardan ayrılan özellikleri nedeniyle seçilmiştir.

4.2.2.1 Stella'nın özellikleri

Stella paket programında bir sistemin modelini tasarlamak ve oluşturulan bu modeldeki sistemin analiz yapmak için yapı itibarıyla üst düzey haritalama, model kurma ve denklemler olmak üzere; üç ana katmanda işlemler yapılmaktadır (Kalkan, 2000: 40).

Üst düzey harita katmanı, ana sistemi ve alt sistemleri gösterir. Sistemin davranışını belirleyen değişkenler ile bu değişkenlere ait veriler bu katmanda girilir. Model kurma katmanında ise sisteme ait tüm değişkenlerin ve bu değişkenlere ait etkileşimler tanımlanır. Stok ve akışların, oluşturulduğu, geri beslemeli döngülerin tanımlandığı katmandır.

Diğer iki katmanda gerçekleştirilen işlemler sonucunda fiziksel yapısı oluşturulan modelin denklem katmanında ise modele ruh verilmektedir.

Denklem katmanı, diğer iki katmanda yapılan işlemler arasındaki bağlantıyı sağlayarak sistemim modeli son halini almaktadır. Denklem katmanında yapılan işlemlerden sonra sistem modelinin davranışı incelenebilir.

4.2.2.2 Stella' nın avantajları

Sistem dinamiklerinde model oluşturup, simülasyon yapmayı sağlayan farklı amaçlar için kullanılan bir çok paket programının olduğunu ve bu paket programların neler olduğu hakkında önceki bölümde değinilmiştir. Fakat bu programlar arasından çalışmamızda Stella paket programını kullanmamızın sebebi; aşağıdaki özellikleri nedeniyle çalışmamız için en uygun program olarak tercih edilmiştir. Bu özellikler (Kalkan, 2000: 39-46; Bilash Kanti Bala, 2014):

- a) Stok ve akış diyagramlarını ekranda direkt olarak çizme imkânı sunmasıdır.
- b) Aynı ortamda ana sistem, alt sistemler ve değişkenler arasındaki ilişkinin tanımlanması yapılabilmektedir.
- c) Model içerisindeki karmaşık sistemlerin bir birini nasıl etkiledikleri somut olarak temsil edilmektedir.
- d) Oluşturulan modelin optimizasyon ve kalibrasyonun yapılmasına imkan sağlar.
- e) Yazılım bilgisi olmadan da model kurma olanağı tanımaktadır.
- f) Yeni politikalar oluşturmak için senaryo denemelerine imkân sağlamaktadır.
- g) Daha kolay senaryo denemeleri için arayüz oluşturma imkânı verir.
- h) Grafik özelliği sayesinde oluşturulan modelin zaman içerisindeki davranışını gözleme imkânı sunar.
- i) Sistemin davranış hareketi her dönem için ayrı olarak incelenebileceği gibi bir bütün olarak da incelenebilir.
- j) Senaryoları aynı anda hem grafiksel hem de veriler ile karşılaştırma olanağı sağlar
- k) Programın öğrenilmesi ve uygulaması basittir.

4.3 Metodoloji

Araştırma problemine yönelik bir model geliştirmek için bu çalışmanın izlediği araştırma metodolojisi, sistem dinamiği metodolojisinin genel aşamalarına dayanmaktadır. Bu yöntem, karmaşık sistemleri simüle etmek için uygun yöntemlerden biridir ve çeşitli senaryoları test etmek için bir ortam sağlayarak sistemin uygun öğrenmeyi sağlamasını sağlayan nedensel ilişkilere dayanır. Bu

yöntem aynı zamanda nitel yaklaşımla (nedensel analiz) ve nicel yaklaşımla (stok ve akış) sorunları analiz etmek için de kullanılabilir.

SD model geliştirme süreci olarak bir problemi, sistem dinamiği ile çözmek için aşağıda belirtilen;

- a) Sorunu belirleme ve tanımlama,
- b) Sebep ve sonuç diyagramlarını haritalama,
- c) Matematiksel modelin geliştirilmesi (stok ve akış şeması),
- d) Model simülasyonu ve doğrulama,
- e) Senaryo oluşturma ve değerlendirme, ardından en uygun çözümü seçme ve uygulama adımlarını takip etmek gerekmektedir (Albin, 1997).

Sistem dinamikleri yöntemi Stella Architect 3.3 paket programı kullanılarak güvenlik kültürü ve performansının iş kazaları üzerindeki etkilerini incelemek ve bir model önerisi ortaya koymak için güvenlik kültürü projeksiyon modeli oluşturulmuştur. Bunun için öncelikle kaza, güvenlik kültürü ve bu konuları kapsayan sistem dinamikleri ile yapılmış çalışmalar ile ilgili teorik bilgiler elde edilmiştir.

Çalışmada kullanılan dışsal ve içsel değişkenler yerli ve yabancı dilde yazılmış literatürden belirlenmiştir. Ayrıca dijital ve basılı makale, tezler ve raporlardan istifade edilmiştir. Tablo 4.1’de model de kullanılan ana değişkenler, dışsal ve içsel kategorilere göre sunulmuştur. Bu sayede her bir alt sistemi oluşturan değişkenlerin birbiri arasındaki ilişkinin yönü, düzeyi ve durumunun modelde tasvir edilmesi kolaylaşmıştır.

Daha sonra bu alt sistemlerin birbiri ile olan ilişki durumu, yönü ve düzeyi modelde tanımlanarak güvenlik kültürü ve performansının iş kazaları üzerindeki etkilerini Güvenlik Kültürünün İş Kazalarına Etkisinin gelecek projeksiyon modeli Stella programı üzerinde sistemi akış diyagramı oluşturulmuştur. Akış Diyagramı üzerinde Güvenlik Kültürünün İş Kazalarına Etkisinin projeksiyon modelinin kaza ve güvenlik kültürü değişkenleri tanımlanmıştır.

4.4 Güvenlik Kültürünün İş Kazaları Üzerindeki Etki Modeli

Sistem dinamikleri yaklaşımı ile Stella Architect 3.3 paket programı kullanılarak güvenlik kültürü ve performansının iş kazaları üzerindeki etkilerini

incelemek ve etkili güvenlik kültürü politikaların nasıl tasarlanabileceğini göstermek ve bir model önerisi ortaya koymak için güvenlik kültürü projeksiyon modeli oluşturulmuştur. Modelin odak noktası, organizasyonun güvenlik performansını güçlendirmek davranışsal ve durumsal faktörlerinin dinamikleri ile güvenlik kültürünün iş kazaları ve güvenlik performansı üzerindeki etkisi ve iş kazalarının nedenselliği sonucunda oluşan kayıpların çalışma hayatı performansı - mali performansa etkilerini incelemektir.

Bu modelin başarılı bir şekilde oluşturulabilmesi için ana sistemin, alt sistemlerin ve modele eklenen diğer alt yardımcı sistemlerin iyi tanımlanması ve konumlandırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada kullanılan temel değişkenler, güvenlik kültürünün ve güvenlik performansının geliştirilmesi, iş kazalarının nedenselliği ve oluşan kayıplar bunun çalışma hayatı ve mali performansa etkileri alanında toplanmıştır. Bunun için öncelikle kaza, güvenlik kültürü ve bu konuları kapsayan sistem dinamikleri ile yapılmış yerli ve yabancı dilde yazılmış literatürdeki dijital ve basılı makale, tezler ve raporlardan faydalanılarak çalışmalar ile ilgili teorik bilgiler elde edilmiştir. Oluşturulacak modelin amacına uygun olarak bu çalışmada kullanılan ana değişkenler, dışsal ve içsel kategorilere göre Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1: İçsel ve Dışsal Değişkeler

Değişken Türü	Değişken Adı
Durum Değişkenleri (Stoklar) (İçsel Değişken)	1.Güvenliğe Odaklanmak; 2.Güvensiz Davranışlar; 3.Güvensiz Durumlar; 4.İnsan Kaynağı; 5.Kaza; 6.Olaylar; 7.Risk; 8.Toplam Kaza Maliyeti; 9.Veriilik.
Oran Değişkenleri (İçsel Değişken)	1.Güvenli Davranış; 2.Güvensiz Davranış; 3.Güvenli Durum; 4.Güvensiz Durum; 5.Güvenlik Odağında Artış; 6.Güvenlik Odağında Azalma; 7.Kaza Oluşumu; 8.Maliyet Artış Oranı; 9.Olay Artış; 10.Risk Olasılığı; 11.Verimlilik İyileştirme; 12.Verimlilik Kayıplar; 13.İşe Alım; 14.İşten Çıkış.

Çizelge 4.1: (Devamı) İçsel ve Dışsal Değişkeler

Değişken Türü	Değişken Adı
Yardımcı Değişkenler (İçsel Değişken)	1.4E_Uygulamaları; 2.Akran Baskısı; 3.Anormallik; 4.Bakım/Onarım; 5.Beceri Eksikliği; 6.Bildirilen Önemli Tehlikeler; 7.Bilgi Eksikliği; 8.Bir İş Gününün Ortalama Maliyeti; 9.Çalışan Taahhüdü; 10.Çalışan Yetkinliği; 11.Çalışanın Güvenlik Algısı; 12.Çalışma Ortamı; 13.Çalışanın Hata Yapma Eğilimi; 14.Deneyim; 15.Eğitim Düzeyi; 16.Güvenlik Baskısı; 17.Güvenlik Bütçesi; 18.Güvenlik Denetimleri; 19.Güvenlik Eğitimleri; 20.Güvenlik Farkındalığı; 21.Güvenlik İletişimi; 22.Güvenlik Katılımı; 23.Güvenlik Kural ve Prosedürleri; 24.Güvenlik Liderliği; 25.Güvenlik Önceliği; 26.Güvenlik Önlemi Maliyeti; 27.Güvenlik Teşvikleri; 28.Güvenlik Uygulamaları;29.Güvenlik Yönetimi; 30.Hedef İnsan Kaynağı; 31.İnsan Faktörleri Mühendisliği; 32.İnsan Kaynağı Eksiği; 33.İnsan Kaynakları Uygulamaları; 34.İş Gücü Kaybı; 35.İş Yeri Standardizasyonu; 36.İşe Alma Süresi; 37.İşten Çıkış Oranı; 38.İşten Çıkış Süresi; 39.Kayıp İş Günleri; 40.Kaza Oranı; 41.Memnuniyetsizlik; 42.Mevcut Güvenlik Kaynağı; 43.Minimum Kayıp Süresi; 44.Ortalama Kayıp İş günü; 45.Program Gecikmesi; 46.Raporlama; 47.Risk Değerlendirmesi; 48.Standart Olmayan İşyeri; 49.Tecrübe; 50.Tehlike; 51.Tehlike Sayısı; 52.Tehlike Tanımlama; 53.Temizlik; 54.Tertip/Düzen; 55.Üretim Baskısı; 56.Üretim Kayıpları; 57.Üretim Talebi; 58.Verimlilik Baskısı; 59.Verimlilik Değerlendirme Süresi; 60.Verimlilik Hedefi; 61.Verimlilik İyileştirme Süresi; 62.Yasal Zorunluluk; 63.Yaş; 64.Yetersiz Bakım, Onarım, Temizlik; 65.Yönetimin Güvenlik Taahhüdü.
Sabitler (Dışsal Değişken)	1.4E_Uygulamaları; 2.Anormallik; 3.Bakım Onarım; 4.Beceri Eksikliği; 5.Bildirilen Önemli Tehlikeler; 6.Bilgi Eksikliği; 7.Bir İş Gününün Ortalama Maliyeti; 8.Deneyim; 9.Eğitim Düzeyi; 10.Güvenlik Baskısı; 11.Güvenlik Denetimleri; 12.Güvenlik Eğitimleri; 13.Güvenlik İletişimi; 15.Güvenlik Katılımı; 16.Güvenlik Kural ve Prosedürleri; 17.Güvenlik Önceliği; 18.Güvenlik Teşvikleri; 19.Hedef İnsan Kaynağı; 20.İşe Alma Süresi; 21.İşten Çıkış Oranı; 22.İşten Çıkış Süresi; 23.Kaza Oranı; 24.Memnuniyetsizlik; 25.Mevcut Güvenlik Kaynağı; 26.Minimum Kayıp Süresi; 27. Aylık Ortalama Kayıp İş günü; 28.Program Gecikmesi; 29.Standart Olmayan İşyeri; 30.Tecrübe; 31.Temizlik; 32.Tertip Düzen; 33.Üretim Kayıpları; 34.Üretim Talebi; 35.Verimlilik Değerlendirme Süresi; 36.Verimlilik Hedefi; 37.Verimlilik İyileştirme Süresi; 38.Yasal Zorunluluk; 39.Yaş; 40.Yetersiz Bakım, Onarım, Temizlik; 41.Yönetimin Güvenlik Taahhüdü.

Bu sayede her bir alt sistemi oluşturan değişkenlerin birbiri arasındaki ilişkinin yönü, düzeyi ve durumunun modelde tasvir edilmesi kolaylaşmıştır. Alt sistemler ve yardımcı alt sistemleri oluşturan değişkenlerin bir biriyle olan ilişkisi ve bu ilişkilerin yönü ve durumu tanımlandıktan sonra, bu alt sistem ile yardımcı alt sistem modellerinin birbiriyle olan etkileşimi tanımlanarak Güvenlik Kültürünün İş

Kazaları Üzerindeki Etkisi sistem dinamikleri simülasyon modeli oluşturulmuştur. Bunun için Güvenlik kültürü ve performansının iş kazaları üzerindeki etkileri sistem dinamikleri simülasyon modeli oluşturmak için 88 değişken ve bu değişkenlerin bir biri ile olan ilişkisini tanımlayan 38 fonksiyonel denklem ile 41 başlangıç değer tanımlanmıştır. Modelimiz 9 stok değişken, 14 akış değişkeni ve 65 ara değişkenden (Dönüştürücü) oluşmaktadır. Bu değişkenler arasındaki etkileşimin yönünü gösteren ve bilgi akışını sağlayan 34 bağlantı kullanılarak sistem dinamikleri simülasyon modeli oluşturulmuştur.

Sunulan bu model, kazaları azaltmak için, güvenlik uygulamalarının, baskıların ve güvenlik koşullarının rolünü ve aralarındaki ilişkileri tanımlar. Belirli bir zaman diliminde kazaların gidişatını, kaza maliyetlerini, sistem güvenlik seviyesini ve kazalarla ilişkili riskleri, insan kaynağı ve verimlilik performansını gösterebilen bir sistem dinamiği modelinin sunulmasıdır. Oluşturulan sistemsel model bir bütün olarak düşünülmüştür. Güvenlik politikaları uygulamaları, güvenlik riskini en aza indirmek ve kazaları önlemek için uygulanan programlar, politikalar, stratejiler, faaliyetler ve süreçlerden oluşan bir sistemdir.

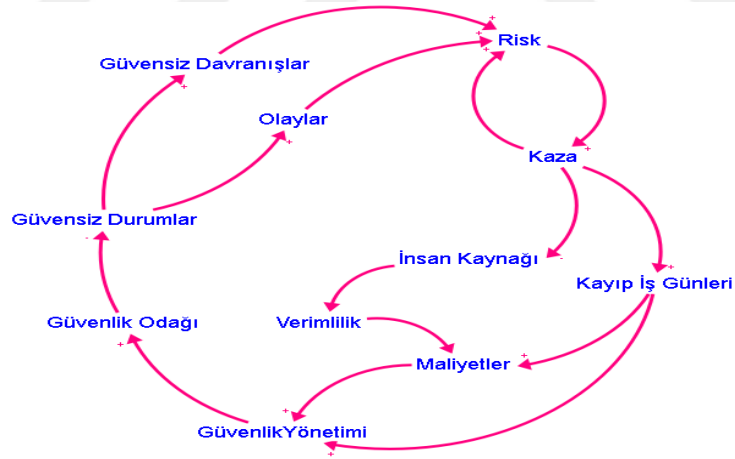
Çalışma modeli dört aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir: Birinci aşamada, çalışmanın amacına yönelik değişkenler belirlenmiş, ikinci aşamada nedensel ve akış diyagramları çizilmiş, üçüncü aşamada dört farklı senaryo belirlenmiş, dördüncü ve son aşamada ise modelin simülasyonu yapılarak elde edilen veriler duyarlılık analizi ile çevresel ve davranışsal olarak uygulanan parametrelerin problem çözme sürecinin kolaylaşmasına ilişkin etkileri ortaya konularak, sonuçları vurgulanmıştır. Model, iş kazalarını önlemek ve güvenlik performansını ve kültürünü etkileyen nedensel faktörleri düzeltmek ve en iyi çözümü keşfetmek için farklı senaryolarının simülasyonu için bir temel olarak da kullanılabilir ve nedensel yapıyı yeniden tasarlayarak, kaldıraç noktaları ve kritik yönetim stratejileri belirlenebilir. Gelecekteki araştırmalar, diğer güvenlik modellerini oluşturmak için modele yeni modüller eklenerek modelin büyütülmesi ve geliştirilmesine imkân tanınması önemli bir yöndür.

4.4.1 Dinamik hipotez

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması, sanayileşme ile birlikte makina ve ekonomilerin üretim ihtiyacı ile birlikte işgücü talebinde ciddi bir artış yaşanmaktadır.

Yaşanan bu üretim ve iş gücü talebi ile beraber, iş güvenliği, üretim kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı verimlilik ve güvenlik kültürü büyük önem arz etmektedir.

Güvenlik kültürü eksikliğinden kaynaklı işletmelerde yaşanan iş kazaların sosyo-ekonomik yapı üzerindeki olumsuz etkileri düşünüldüğünde, oluşturacağı ağır maddi ve manevi yük tahminleri nedeniyle ülkeler sürekli olarak iş kazalarının önlenmesine yönelik alternatif teknolojik gelişmelerin etkisi sonucunda gelişmiş, gelişmekte olan ülkelerin güvenlik kültürü politika arayışları içerisine girmektedir. Geri besleme döngülerini kullanarak temel değişkenler arasındaki ilişkileri gösteren bir neden-sonuç diyagramının tasviri, dinamik hipotez olarak bilinir. Bu modelin dinamik hipotezi, güvensiz durumlar, güvensiz davranışlar ve olay artışı kaza ve riskleri artırır. Risk ve kaza değişkenleri arasında ise bir zorlama döngüsü oluşur. Kaza, iş günlerinin kaybolmasına, insan kaynağının azalmasına sebep olurken bu durumu verimlilik üzerinde olumsuz etkiye ve maliyetlerinin birikmesine neden olur. Verimlilik kayıpları ve kaza maliyetlerinin artması sonucunda ise güvenlik yönetimi başlar ve güvenlik odağı yükselir. Bunun sonucunda risk ve kaza seviyesi azalır. Şekil 4.1’de problemin dinamik hipotezinin bir temsiline yer verilmiştir.



Şekil 4.1: Modelin Dinamik Hipotezi

4.4.2 Akış diyagramı

Stella paket programı yardımı ile harita katmanı ve model kurma katmanında modelin fiziksel yapısı oluşturulduktan sonra denklem katmanında ise modele canlılık kazandırılmıştır. Harita katmanı ve model kurma katmanında hangi değişkenin hangi değişkene ne yönde etki edeceği belirlenmiştir. Denklem katmanında bu etkilerin ölçüsü ve düzeyini belirleyen matematiksel denklemler

kullanıldı. Bu matematiksel denklemler akışlardan stoklara veya ara değişkenlerden akışlara bilgi akışının ölçütünü ve fonksiyonunu belirlemektedirler.

Sistem dinamikleri yaklaşımında nedensel döngünün başlayabilmesi için oluşturulan modele Stella paket programı yardımı ile bazı ara değişkenler ile stokların başlangıç değerlerinin tanımlanması ve denklem katmanında girilmesi gerekir. Sistemin çalışma prensibinin temelini oluşturan her bir değer kendinden önceki değer tarafından tayin edilmekte ve bu şekilde nedensel döngünün başlaması sağlanmaktadır. Aşağıda modelimizdeki stok değişkenler, akış değişkenleri ve ara değişkenler (dönüştürücüler) ait başlangıç değeri ile denklem sistemleri tanımlanmıştır. Nicel bir model oluşturmak ve sonuçları simüle etmek için aşağıdaki şekil 4.2'deki stok ve akış modeli ortaya konmuştur.



4.4.3 Modeldeki değişkenlerin başlangıç değerleri ile denklem sistemleri

Modeldeki değişkenlere ilişkin skorlama tablosuna Çizelge 4.2’de, değişkenlerin nicellendirilmesine ilişkin bilgilere ise Çizelge 4.3’te yer verilmiştir.

Çizelge 4.2: Model Skorlama Tablosu

Değişken Parametrelerinin Skorlanması		Stok Değişkenlerinin Skorlanması	
Zayıf	0,00-0,25	Zayıf	0-25
Düşük	0,26-0,50	Düşük	26-50
Orta	0,51-0,75	Orta	51-75
Yüksek	0,76-1,00	Yüksek	76-100

Çizelge 4.3: Değişkenlerin Nicellendirilmesi

Değişken	Ana Değişken	Formüller	Başlangıç Değeri	Birimi
Durum Değişkenleri (Stoklar) (İçsel Değişken)	Güvenliğe Odaklanmak(t)	Güvenliğe Odaklanmak(t - dt) + (Güvenlik Odağında Artış - Güvenlik Odağında Azalma) * dt	30	dmnl (Birimsiz)
	Güvensiz Davranışlar(t)	Güvensiz Davranışlar(t - dt) + (Güvensiz Davranış - Güvenli Davranış) * dt	50	dmnl (Birimsiz)
	Güvensiz Durumlar(t)	Güvensiz Durumlar(t - dt) + (Güvensiz Durum - Güvenli Durum) * dt	50	dmnl (Birimsiz)
	İnsan Kaynağı(t)	İnsan Kaynağı(t - dt) + (İşe Alım - İşten Çıkış) * dt	200	Kişi
	Kaza(t)	Kaza(t - dt) + (Kaza Oluşumu) * dt	50	dmnl (Birimsiz)
	Olaylar(t)	Olaylar(t - dt) + (Olay Artış) * dt	1	dmnl (Birimsiz)
	Risk(t)	Risk(t - dt) + (Risk Olasılığı) * dt	100	dmnl (Birimsiz)
	Toplam Kaza Maliyeti(t)	Toplam Kaza Maliyeti(t - dt) + (Maliyet Artış Oranı) * dt	100	TL
	Verimlilik(t)	Verimlilik(t - dt) + (Verimlilik İyileştirme - Verimlilik Kayıplar) * dt	50	ton/hafta/kişi

Çizelge 4.3: (Devamı) Değişkenlerin Nicellendirilmesi

Değişken	Ana Değişken	Formüller	Başlangıç Değeri	Birimi
Oran Değişkenleri (İşsel Değişken)	Güvenli Davranış	Çalışan Taahhüdü * Çalışan Yetkinliği * Çalışan Taahhüdü * İnsan Faktörleri Mühendisliği		dmnl (Birimsiz)
	Güvenli Durum	Güvensiz Davranışlar / Güvenlik Denetimleri * İşyeri Standartizasyonu		dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Odağında Artış	Güvenlik Önceliği * Yasal Zorunluluk * (Güvenlik Uygulamaları * Güvenlik Liderliği)		dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Odağında Azalma	Üretim Baskısı / Güvenliğe Odaklanmak		dmnl (Birimsiz)
	Güvensiz Davranış	Beceri Eksikliğinin * Çalışanın Güvenlik Algısı * Akran Baskısı * Güvensiz Durumlar		dmnl (Birimsiz)
	Güvensiz Durum	(Çalışma Ortamı * Olaylar) / Güvenliğe Odaklanmak		dmnl (Birimsiz)
	İşe Alım	Mevcut Güvenlik Kaynağı * İnsan Kaynağı Eksiği / İşe Alma Süresi		Kişi/hafta
	İşten Çıkış	Kaza * İşten Çıkış Oranı / İşten Çıkış Süresi		hafta
	Kaza Oluşumu	(Risk / Risk Değerlendirmesi * İnsan Kaynağı) * Kaza Oranı		dmnl (Birimsiz)
	Maliyet Artış Oranı	Bir İş Gününün Ortalama Maliyeti * Kayıp İş Günleri		TL/gün
	Olay Artış	Güvensiz Davranışlar / Güvenlik Denetimleri		dmnl (Birimsiz)
	Risk Olasılığı	Tehlike / Güvenliğe Odaklanmak		dmnl (Birimsiz)
	Verimlilik İyileştirme	Verimlilik Baskısı / Verimlilik İyileştirme Süresi		ton/hafta/kişi
	Verimlilik Kayıplar	(Üretim Kayıpları * İş Gücü Kaybı) * Minimum Kayıp Süresi		ton/hafta/kişi
Yardımcı Değişkenler (İşsel Değişken)	4E Uygulamaları		0,5	dmnl (Birimsiz)
	Akran Baskısı		0,7	dmnl (Birimsiz)
	Anormallik		0,5	dmnl (Birimsiz)
	Bakım Onarım		0,3	dmnl (Birimsiz)
	Beceri Eksikliğinin		0,6	dmnl (Birimsiz)
	Bildirilen Önemli Tehlikeler		40	dmnl (Birimsiz)
	Bilgi Eksikliği		0,7	dmnl (Birimsiz)l
	Bir İş Gününün Ortalama Maliyeti		500	TL
	Çalışan Taahhüdü	4E Uygulamaları		dmnl (Birimsiz)
	Çalışan Yetkinliği	Güvenlik Eğitimleri * Deneyim		dmnl (Birimsiz)
	Çalışanın Güvenlik Algısı	Çalışanın Hata Yapma Eğilimi/Güvenlik İletişimi		dmnl (Birimsiz)
	Çalışanın Hata Yapma Eğilimi	Memnuniyetsizlik * Bilgi Eksikliği		dmnl (Birimsiz)
	Çalışma Ortamı	Yetersiz Bakım Onarım Temizlik * Standart Olmayan İşyeri		dmnl (Birimsiz)

Çizelge 4.3: (Devamı) Değişkenlerin Nicellendirilmesi

Değişken	Ana Değişken	Formüller	Başlangıç Değeri	Birimi
	Deneyim		0,7	dmnl (Birimsiz)
	Eğitim Düzeyi		0,3	dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Baskısı		7	dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Bütçesi	Mevcut Güvenlik Kaynağı		dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Denetimleri		3	dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Eğitimleri		0,5	dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Farkındalığı	Tecrübe * Eğitim Düzeyi / Yaş		dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik İletişimi		2	dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Katılımı		0,8	dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Kural ve Prosedürleri		0,7	dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Liderliği	Güvenlik Baskısı * Yönetimin Güvenlik Taahhüdü		dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Önceliği		0,5	dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Önlemi Maliyeti	Toplam Kaza Maliyeti + Güvenlik Bütçesi		dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Teşvikleri		0,5	dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Uygulamaları	Güvenlik Yönetimi * İnsan Kaynakları Uygulamaları * Güvenlik Katılımı * Güvenlik Teşvikleri * Güvenlik Kural ve Prosedürleri		dmnl (Birimsiz)
	Güvenlik Yönetimi	Güvenlik Önlemi Maliyeti / Kayıp İş Günleri		dmnl (Birimsiz)
	Hedef İnsan Kaynağı		500	kişi
	İnsan Faktörleri Mühendisliği	Çalışan Taahhüdü		dmnl (Birimsiz)
	İnsan Kaynağı Eksiği	Hedef İnsan Kaynağı - İnsan Kaynağı		kişi
	İnsan Kaynakları Uygulamaları	Güvenlik Farkındalığı		dmnl (Birimsiz)
	İş Gücü Kaybı	İşten Çıkış Oranı		kişi/hafta
	İş Yeri Standartizasyonu	Bakım Onarım * Temizlik * Tertip Düzen		dmnl (Birimsiz)
	İşe Alma Süresi		4	hafta
	İşten Çıkış Oranı		0,2	dmnl (Birimsiz)
	İşten Çıkış Süresi		8	hafta
	Kayıp İş Günleri	Aylık Ortalama Kayıp İş günü * Kaza		gün/ay
	Kaza Oranı		0,5	dmnl (Birimsiz)
	Memnuniyetsizlik		3	dmnl (Birimsiz)
	Mevcut Güvenlik Kaynağı		0,6	dmnl (Birimsiz)
	Minumum Kayıp Süresi		8	hafta

Çizelge 4.3: (Devamı) Değişkenlerin Nicellendirilmesi

Değişken	Ana Değişken	Formüller	Başlangıç Değeri	Birimi
	Aylık Ortalama Kayıp İş günü		2	gün/ay
	Program Gecikmesi		2	gün/ay
	Raporlama	Kaza / Anormallik * Güvenlik Denetimleri		dmnl (Birimsiz)
	Risk Değerlendirmesi	Tehlike Tanımlama		dmnl (Birimsiz)
	Standart Olmayan İşyeri		6	dmnl (Birimsiz)
	Tecrübe		0,4	dmnl (Birimsiz)
	Tehlike	Olaylar * Anormallik * Tehlike Sayısı		dmnl (Birimsiz)
	Tehlike Sayısı	Bildirilen Önemli Tehlikeler / Mevcut Güvenlik Kaynağı		dmnl (Birimsiz)
	Tehlike Tanımlama	Raporlama		dmnl (Birimsiz)
	Temizlik		0,4	dmnl (Birimsiz)
	Tertip Düzen		0,5	dmnl (Birimsiz)
	Üretim Baskısı	Üretim Talebi * Program Gecikmesi		ton/hafta
	Üretim Kayıpları		5	ton/hafta
	Üretim Talebi		20	ton/hafta
	Verimlilik Baskısı	Verimlilik Hedefi * Verimlilik Değerlendirme Süresi		dmnl (Birimsiz)
	Verimlilik Değerlendirme Süresi		1	hafta
	Verimlilik Hedefi		100	ton/hafta
	Verimlilik İyileştirme Süresi		2	hafta
	Yasal Zorunluluk		0,6	dmnl (Birimsiz)
	Yaş		30	yıl
	Yetersiz Bakım Onarım Temizlik		0,5	dmnl (Birimsiz)
	Yönetimin Güvenlik Taahhüdü		0,8	dmnl (Birimsiz)

Tablo 4.3.'te kaza maliyeti, bir işgününün maliyeti, güvenlik bütçesi, toplam personel parametrelerine ilişkin ortalama değerler tanımlanmıştır.

4.4.4 Model doğrulama ve duyarlılık analizi

Modelin doğrulanması, modelin tarihsel davranışı tekrarlayıp tekrarlamadığını, tüm denklemlerin gerçek dünyada anlamlı bir kavrama uygun olup olmadığını, her denklemin boyutsal olarak tutarlı olup olmadığını ve modelin politika onaylarını araştırarak kadar duyarlı olup olmadığını doğrulamak için yapılır (Stermann, 2000).

İncelenen sistemin neden-sonuç diyagramına dayalı akış diyagramını oluşturduktan sonra senaryolar oluşturup sonuçları analiz etmeden önce önerilen simülasyon modelini ilişkisel formülasyonu ile doğrulamanın zamanı gelmiştir. Modelin geçerli olduğundan emin olmamız gerekir.

Forrester (2007) SD modelinin geçerliliğini kontrol etmek için tek bir testin olmadığını ileri sürmüştür. Sushil (2012) tarafından yazılan sistem dinamiği kitabında tartışılan birçok doğrulama testi olduğunu belirtmiştir. Bir modeli doğrulamak için tarihsel davranış yeniden üretim testi, aşırı koşul testi, yapı testi için sınır yeterliliği, model denklemleri mantık testi ve boyut tutarlılığı testi dâhil olmak üzere çeşitli testler ve metodolojiler vardır. Bu testler ile modelin doğrulanması sağlanır. Bunlardan bazılarını aşağıda değinilmiştir.

- a) Sınır Yeterlilik Testi: Model davranışının, sınır varsayımlarının kaldırılmasından sonra önemli ölçüde değişip değişmediği sorusuna yanıt olarak, modelin bazı kısımları çıkarıldıktan ve sınırı değiştirildikten sonra önerilen modelin sonuçları analiz edilir.
- b) Yapısal Değerlendirme Testi: Testin amacı, modelin yapısının sistemle ilişkili betimleyici bilgilerle eşleştiğini belirlemektir. Buna ek olarak, değişkenlerin davranışlarının şekillenmesinde karar kurallarının mantığının ve model denklemlerinin yapısının doğruluğunun incelenmesi şarttır. Model denklemleri yazılım ortamında yazıldığı için model denklemlerinin yapısının doğruluğu yazılım tarafından doğrulanmıştır.
- c) Yeniden Davranış Testi: Model doğrulama için analistlerin kullanabileceği en önemli testlerden biri, hedef değişkenlerin davranışının yeniden üretilmesidir. Bu tür sonuçlar genellikle ilgili hedef değişkenlerin tarihsel verileriyle karşılaştırılır. Bu test ile hangi model değişkenlerinin geçmiş veri miktarlarını

yeniden oluşturabileceği belirlenir. Geçmişten elde edilen gerçek verilerle karşılaştırmaktadır.

- d) Böyle bir eşleşme gerçekleştiğinde, modelleme sonuçları gelecekteki tahminler için geçerliliğin garanti edilmesini sağlayabilir.
- e) Sınır Koşulları Testi: Bu test, girdileri sıfır veya sonsuz gibi aşırı koşullarda olduğunda modelin uygun davranıp davranmadığını inceler. Yani bu testte modelin kararlılığı ekstrem koşullarda ölçülmektedir.

Bununla birlikte, teori yönelimli çalışmaların, mevcut literatür veya mantıksal önermeler tarafından gerekçelendirildikleri sürece, tüm ilişkileri ampirik olarak test etmek zorunda olmadığını öne sürmüştür. Cooke (2003) ve Sterman'ın (2000) belirttiği gibi, tüm modeller gerçek dünyanın sınırlı, basitleştirilmiş temsilleri olarak tanımlanmıştır. Aslında Yaman Barlasın, Sterman'ın ve diğer bir kısım SD üzerinde çalışma yapan araştırmacının belirttiği şekilde sistem dinamikleri modellerinin doğrulanması, oluşturulan gerçek sistemi yansıttığı kadardır. Yani gerçek sistem ile ne kadar uyumlu sonuçlar veriyor ise o kadar doğrudur. Sterman (1991) modellerin geçerliliğini ve fayda durumunu değerlendirmek için bazı kriterler sunmuştur:

- a) Modelin probleminin net anlaşılır ve uygunluğu,
- b) Modelin sınırlarının üzerinde çalışılan problemi değerlendirmedeki yeterlilik düzeyi,
- c) Modelin zaman boyutunun üzerinde çalışılan problem açısından uygunluğu,
- d) Model davranışının uç değerler ve varsayımlar mevzu bahis olduğunda gerçekçi olması,
- e) Model sonuçlarının model varsayımları karşısında, makul duyarlılıklar sergilemesi

Duyarlılık analizinin amacı, parametrelerdeki, sınırlardaki ve zaman aralıklarındaki değişikliklerin sayısal değerlerde, davranışlarda ve gözlemlenen politikalarda önemli değişikliklere yol açıp açmadığını araştırmaktır. Modelin tüm bileşenlerinin istenilen zaman aralığındaki davranışlarını simüle edip gözlemledikten sonra, modelin değişkenlerindeki değişimler ve bunların ana değişkenler üzerindeki etki analizleri araştırılır. Modelde belirlenen bazı değişkenlerin değerlerinde yapılacak değişikliklerle diğer değişkenlerin üzerindeki oluşturacağı etkinin incelenmesi için duyarlılık (hassasiyet) analizi yapılmaktadır. Duyarlılık analizi oluşturulan modelde belirlenen değişkenlerin değerlerinde bir değişiklik olması

durumunda nasıl bir tutum alınması gerektiği hakkında karar verme açısından önem teşkil etmektedir.

Gerçek hayattaki sorunlar genel olarak karmaşık modeller ile ifade edilebildiğinden model üzerindeki değişkenlerden bazılarında oluşacak değişiklik modelin yeniden çözülmesini gerektirir ancak duyarlılık analizi sayesinde modelin yeniden çözülmesine ihtiyaç kalmaz ve duyarlılık analizi modelde ne olması gerektiğine bir cevap üretilebilir (Mermer, 2018:64). Oluşturulan modeli test ediyoruz ve davranışını gözlemliyoruz ve eksikliklerini belirliyoruz ve bu şekilde daha derin bir bakış açısı elde ediyoruz.

Modelin İncelenmesi: Sistem dinamiği modeli Stella Architect 3.3 paket programında geliştirilmiştir. Qayoom & Hadikusumo (2019), Zare Mehrjerdi & Hajimoradi (2021) ve Bastan & Azizi Baraftabi'nin (2017) yapmış oldukları çalışmalar model geliştirilirken temel alınmıştır. Modelin güvenilirliğini ve geçerliliğini test etmek için yapısal ve davranışsal olarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yapısal geçerlilik, tasarlanan modelin ilişkilerin, gerçek sistemi oluşturan ilişkiler ile uyumlu olması anlamına gelmektedir. Bu tür geçerlilik, modelin başlangıç aşamalarından başlar ve model sonuçlarının elde edilmesine kadar süren uzun bir sürecin ardından yavaş yavaş gelişir. Modellenen kaza ve güvenlik kültürü ve performansı davranış modelinin yapısal geçerliliği de süreç içerisinde adım adım geliştirilerek sonuçları itibari ile doyurucu bir noktaya gelmiştir.

Kaza ve güvenlik kültürü literatüre uyum çerçevesinde yapısal geçerlilik sağlanmıştır. Bunun yanısıra modelde kullanılan denklemlere ait birim tutarlılığında test edilmiştir. Denklemlerde herhangi bir tutarsızlıklarlaşılmamıştır. Çalışmada uç nokta testi ile modelin çeşitli parametrelerine aşırı değerler verilerek modelin verdiği tepkiler gözlemlenmiştir. Örnek olarak; yönetimin taahhüdü, güvenlik denetimi, üretim baskısı, akran baskısı... gibi değerlere uç değerler atanarak modelin tepkileri ölçülmüştür. Bu nedenle oluşturulan modelin doğrulanması için çalışmamızda oluşturduğumuz sistem dinamikleri simülasyon modeli için duyarlılık analizini Stella paket programına eklenen duyarlılık analizi menüsünden yapılmıştır.

4.5 Modelde Politika Denemeleri

Çalışmanın bu bölümüne kadar sistem dinamiği simülasyon modeli oluşturulan güvenlik kültürü ve performansının iş kazaları üzerindeki etkileri sistem dinamikleri simülasyon modeli üzerinde çeşitli denemeler yapılarak elde edilen sonuçların literatür ile uyumu kontrol edildikten sonra modelin hassasiyet analizi yapılmıştır.

Sonuç itibariyle modelimiz temsil ettiği gerçek sistem ile oldukça iyi sayılabilecek düzeyde bir uyum ile çalışmaktadır. Yani temsil ettiği sistemi yansıtabilme kapasitesine sahiptir.

Çalışmanın bu bölümde, literatür taramasında ele alınan güvenlik kültürünün kilit faktörleri için bireysel politikalar tasarlandı. Oluşturulan sistem dinamiği simülasyon modeli üzerinden güvenlik kültürü politikalarının, iş kazaları, güvensiz davranış, güvensiz durum, kaza maliyeti, verimlilik ve insan kaynağı ana başlıkları ile bağlantılı diğer etkenler üzerindeki etkisini gözlemleyebilmek için çeşitli senaryo denemeleri yapılarak en uygun senaryo belirlenmeye çalışılmıştır.

Amaç, kazaları azaltmak için, güvenlik uygulamalarının, belirli bir zaman diliminde kazaların gidişatını, kaza maliyetlerini, sistem güvenlik seviyesini ve kazalarla ilişkili riskleri, insan kaynağı ve verimlilik performansına etkisini bulmak ve sistemin zaman içerisindeki davranış yapısını gözlemlemek ve kazaların ve olumsuz sonuçlarının azaltılması için en uygun senaryo belirlenmeye çalışılmıştır.

Başlangıçta, politika değişkenlerinin tümü ortalama değerlerde tutuldu ve geleneksel işlemlerde stok değerlerini elde etmek için tasarlanan model Stella Architect 3.3 programında simüle edildi. Daha sonra, çıktı değişkenlerinin uygun değer seviyesini elde etmek için farklı politika kombinasyonları tasarlandı. Literatür taramasında ele alınan güvenlik kültürü ve performansını önemli ölçüde etkileyen değişkenleri ve bunların kazaların ve etkilediği olumsuz sonuçların azaltılmasına etkisini belirlemek için dört farklı senaryo tanımladık. Değişkenlerin sonuçları ve bunların sorunun temel değişkenleri üzerindeki etkileri analiz edildikten sonra, kilit endekslerin güvenlik odağı ve kazalar üzerindeki etkinliği belirlendi. Güvensiz durum, güvensiz davranış, olay, risk, kaza, kaza maliyetleri verimlilik ve insan kaynağı aşağıdaki senaryolar altında incelenmiştir. Bu senaryolar belirlenirken senaryoların Türkiye için uygulanabilirlik durumu göz ardı edilmemiştir. Nitekim

senaryolar belirlenirken hangi sebeplerin ışında belirlendiği senaryonun nedeni kısmında açıklanmıştır.

4.5.1 Birinci senaryo: mevcut durumu sürdürme senaryosu

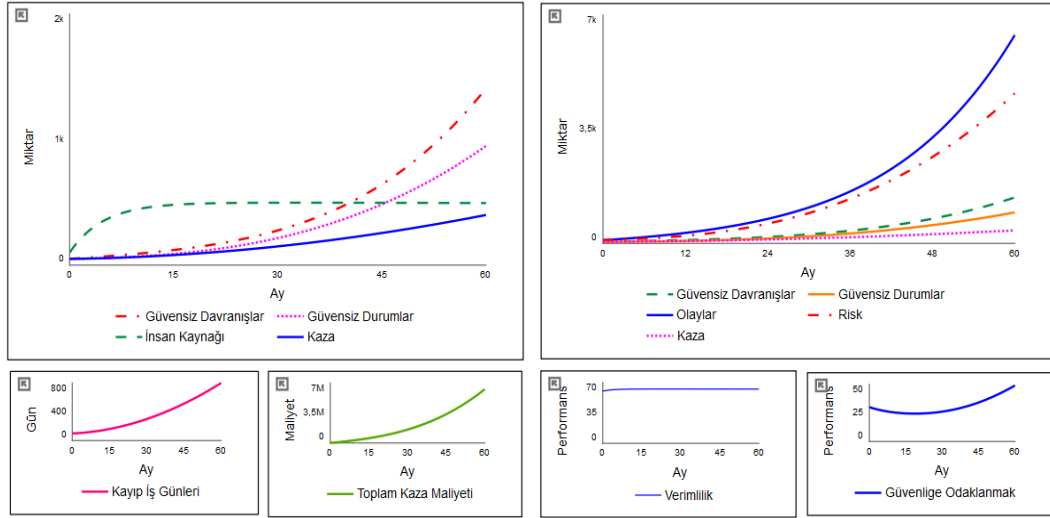
Bu senaryoyu ‘mevcut durumu sürdürme senaryosu’ olarak tasarlıyoruz. Bu senaryoda mevcut olan durumun devam edeceği varsayılmıştır. Mevcut durumun korunduğu, kazalar ile ilgili mevcut durumu değiştirebilecek herhangi bir adımın atılmadığı ve atılmayacağını varsayan senaryodur. Buradaki amaç, mevcut durumu ve sonuçlarını ve kazaların temel değişkenlerinin davranışlarını tanımlamaktır.

4.5.1.1 Birinci senaryonun nedeni

Bu senaryonun seçilme nedeni olarak; özellikle kazalar ile alakalı ilgili SGK veri tabanı incelendiğinde 2012-2020 yılları arasında Türkiye’de gerçekleşen iş kazalarının verilerinin incelenmesi sonrasında iş kazası sayılarında herhangi bir düşüşün olmadığı hatta az da olsa arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum Türkiye’de çalışma hayatına giren sigortalı çalışanların iş kazası ile gerçekleşme oranlarını arttırdığını ve çalışan sayısı arttıkça iş kazalarında artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Güvenlik ile ilgili yönlendirici faktörler artırılmadığı sürece bu durumun devam edeceği düşünülerek, mevcut durumu sürdürme senaryosu oluşturulmuştur.

4.5.1.2 Birinci senaryonun sonuçları

Mevcut durumu sürdürme senaryosu Şekil: 4.3 incelendiğinde, Türkiye’ de iş kazalarının önlenmesi politikalarına dönük olarak herhangi bir değişim yaşanmaması durumunda iş kazaları açısından olumlu bir sonuç ortaya çıkmamaktadır. Bunun en önemli nedeni olarak yine aynı şekil üzerinde görüldüğü üzere güvensiz davranışlar ve güvensiz durumlardaki üstel artışın insan kaynağını olumsuz etkilemesi ve aynı şekilde iş günü kayıplarını arttırmasına bağlı olarak verimlilik performansını ve kaza maliyetlerini olumsuz etkilediği görülmektedir. Toplam kaza sayılarının artışın kayıp işgünlerini, yani kaza maliyetlerini artıracığı verimliliği ve güvenlik odağını ise azaltacağı görülmektedir. 60 aylık zaman periyodu sonunda ise kaza sayılarının artışın devam etmesi durumunda İlk senaryoda mevcut durum devam etmekte ve modelin anahtar davranışı trendini korumaktadır. Yani güvensiz davranış ve güvensiz durum nedeniyle artan kaza oranını koruyacaktır.



Şekil 4.3: Mevcut Durumu Sürdürme Senaryosu Değişken Grafikleri

4.5.2 İkinci senaryo: insan kaynakları yönetimi senaryosu

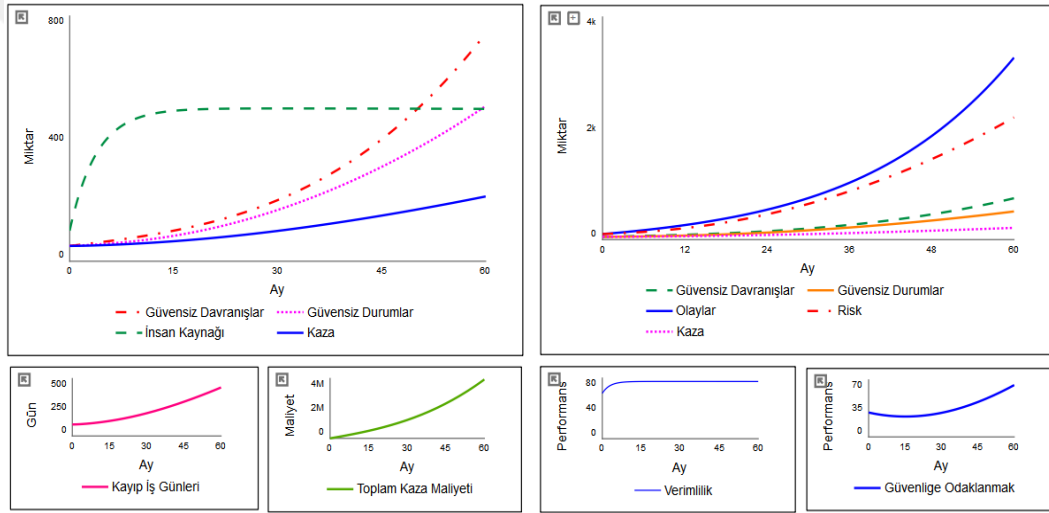
İnsan kaynağı, iş güvenliğini tam olarak karşılayacak potansiyele sahip değildir. Bu senaryoda iş kazalarının en önemli odak noktası insan olduğundan kazaların artışında önemli bir etkiye sahip olması nedeniyle “İnsan Kaynakları Yönetimi Senaryosu” olarak adlandırılmıştır. Bu senaryoda insan kaynağının artışının sonucunda iş kazalarının da artacağı düşünülmektedir. İnsan kaynaklarını iş sağlığı ve güvenliği sistemi içinde geliştirerek insan hatasından kaynaklanan güvensiz davranışları azaltabiliriz. İnsan kaynağını oluşturan çalışanlar üzerinde deneyim, eğitim, yetkinlik gibi faktörler üzerinde yapılacak değişiklikler ile güvensiz davranışlar azaltılabilir. Sonuç olarak, güvensiz davranışlar kazaların oluşumunu etkiler.

4.5.2.1 İkinci senaryonun nedeni

İnsan kaynağının güvenliğini artırmak, böylece insan kaynağının gelişmesiyle birlikte kaza sayısının artmamasıdır. İnsan kaynakları yönetimi senaryosunda iş kazalarını etkileyebilecek güvensiz davranışlar engellendiği takdirde kaza sayılarında düşüş sağlanırken can kayıpları azalır. Bu senaryoda hem verimlilik artışı sağlanacağı hem de kayıp iş günleri kayıplarının azaltılacağı varsayılarak, kaza maliyetlerinde düşüş sağlanacaktır. Güvensiz davranışlardaki düşüşlerin de güvensiz durumları dolaylı yoldan düşürdüğü varsayılarak, güvenlik odağı ve diğer değişkenler üzerindeki etkisinin ne olacağı incelenecektir.

4.5.2.2 İkinci Senaryonun sonuçları

İnsan faktörü mühendisliğini geliştirerek, (yazılım, çevre, donanım ve personel) ve 4E uygulamaları (mühendislik, eğitim, uygulama ve teşvik) çalışmaları ile güvenlik iletişimi ve çalışanın yetkinliği artırılarak çalışanın memnuniyetsizliği ve bilgi eksikliği giderilerek çalışanı hata yapma eğiliminden uzaklaştırarak güvenlik bilincinin artırılması ve çalışan üzerindeki akran baskısının azaltılması ile güvenli olmayan eylemleri etkileyebilir ve güvensiz davranışları kontrol edebiliriz. Bu değişkenin kontrol edilmesi ile güvenlik odağındaki artış sayesinde sistemde daha az kaza sayısı ile sonuçlanacaktır. Bu da daha az insan kaynağı (işgücü) ve kayıp işgünü olarak sisteme yansıtacak ve kaza maliyetlerinin azalması ve daha fazla verimlilik anlamına gelecektir.



Şekil 4.4: İnsan Kaynakları Yönetimi Senaryosu Değişken Grafikleri

4.5.3 Üçüncü senaryo: güvenlik yönetimi senaryosu

Güvenlik yönetimi senaryoları kavramsal olarak geniş ve çeşitlidir. Ancak, bu senaryonun geliştirilmesi, kazaları azaltmaya ve güvenliği artırmaya odaklanmaktadır.

Çalışmanın üçüncü senaryosu iş kazalarını önlemede güvensiz durum ve davranışları azaltma konusunda en etkili olacağı düşünülen güvenlik yönetimi senaryosu olarak tasarlanmıştır. Güvenlik kültürünün geliştirilmesi, kazaların ana kaynağı olan güvensiz eylem ve koşullarda, azalma ve sağlık ve güvenlik yönetim sisteminin performansını ise olumlu etkileyecektir. Bu senaryoda güvenli davranışı ve güvenli durumu artırarak iş kazalarının düşürülmesi insan kaynağının güçlendirilmesi, verimliliğin artırılması ve kayıp iş günlerinin azaltılarak kaza

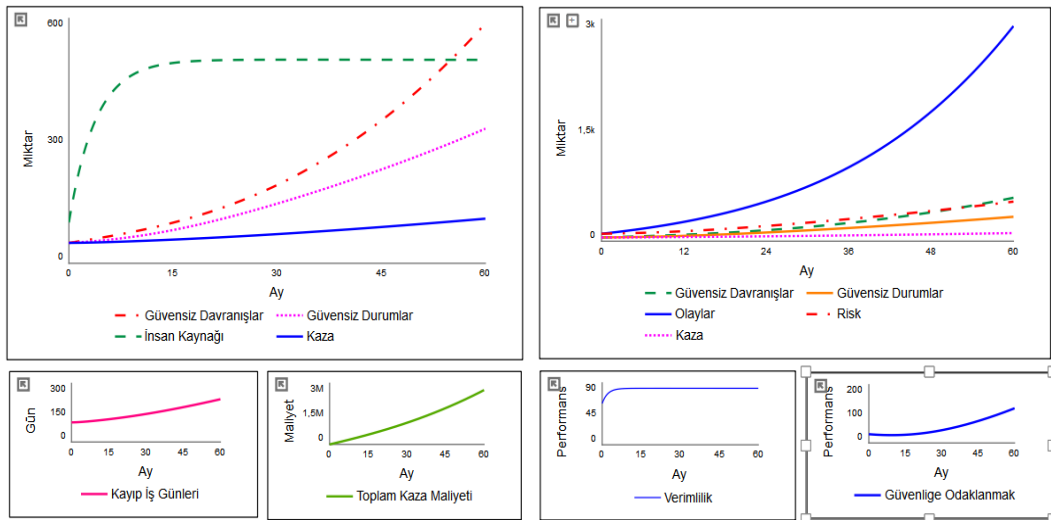
maliyetlerinin azaltılması sağlamıştır. Bu durum da güvensiz durum ve güvensiz davranışların azaltılmasına ve güvenlik odağındaki yükselişe bağlı olarak sağlanmıştır.

4.5.3.1 Üçüncü senaryonun nedeni

Güvenlik kültürünün geliştirilmesi sorumluluk duygusuna, tehlikelerin ve çevresel risklerin anlaşılmasına ve ekipler arası işbirliğine olumlu etki yapar. Sonuç olarak, bu faktörlerin kazaları azaltmada önemli bir etkisi vardır. Güvenlik yönetimi senaryosunda güvenli durum ve güvenli davranışın artırılması ile diğer etkilenen faktörlerin durumlarının tespiti amaçlanmıştır. 60 aylık zaman periyodunda insan kaynağı, iş kazaları, verimlilik ve kaza maliyetlerinin nasıl bir etkiye maruz kaldıkları gözlemlenecektir.

4.5.3.2 Üçüncü senaryonun sonuçları

Üçüncü senaryoda ise güvenlik kültürünün öncü göstergelerinde uygulanacak değişiklikler ile güvenlik odağındaki artışın etkisi ile güvensiz durum ve davranışlar düşüş trendi göstermekte bunun yansımada ise daha az olay ve risk ile kaza değişkeninin azaldığını görüyoruz. İnsan kaynağı ve verimlilik sistemde hedefe ulaşma şeklinde tasarlandığı için bu uygun ortamda hedefe en yakın sonuçlara ulaşmakta ve toplam kaza maliyeti ve kayıp iş günleri azalmaktadır. Bu senaryo en iyi uygulanan senaryodur ve kazalardaki azalma oranı diğer senaryoların uygulanmasından daha fazladır.



Şekil 4.5: Güvenlik Yönetimi Senaryosu Değişken Grafikleri

4.5.4 Dördüncü senaryo: işyeri standardizasyonu senaryosu

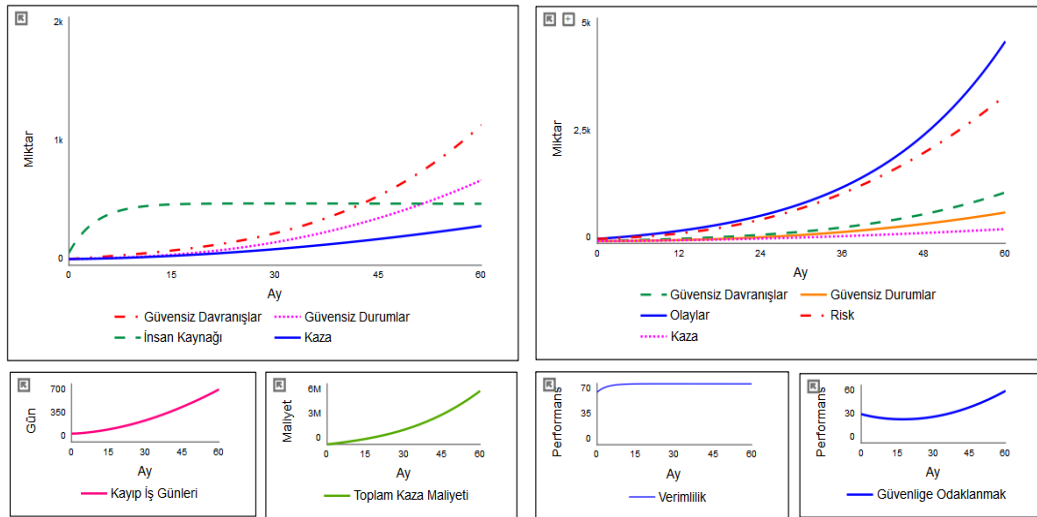
Çalışmanın dördüncü senaryosu işyeri standardizasyonunun güvensiz durumlar üzerinde etkisi vardır ve güvensiz durumlar sayısını azaltabilir ve güvensiz durumların azalması ile daha az kaza ile gerçekleşir. Bahsi geçen senaryoların eğilimlerini karşılaştırarak, bu değişkenin (işyeri standardizasyonu) pozitif ve dışsal olduğunu ve güvensiz durumların azalmasına yol açtığını görebiliriz.

4.5.4.1 Dördüncü senaryonun nedeni

İşyeri standardizasyonunun senaryosunda güvensiz durumlar üzerinde yapılacak değişiklikler ile 60 aylık zaman periyodu içerisinde sistem değişkenleri üzerindeki etkisinin nasıl olacağı görülmeye çalışılacaktır.

4.5.4.2 Dördüncü senaryonun sonuçları

İşyerinin standardizasyonu ile güvensiz durumlara etki edebilir ve azaltabiliriz. Güvenli olmayan koşulların azaltılması kazaların azalmasına neden olur. Bu durumda sistem içerisindeki diğer dinamikleri etkileyerek onlar üzerinde de olumlu etki sağlar.



Şekil 4.6: İş Yeri Standardizasyonu Senaryosu Değişken Grafikleri

4.6 Senaryo Karşılaştırmaları

Sistem dinamikleri simülasyon modelimizi oluşturduğumuz Stella paket programının olarak tanıdığı en önemli özelliklerden bir tanesi de şüphesiz sonsuz sayıda senaryo oluşturma olanağıdır. Bunun yanında bu senaryoların

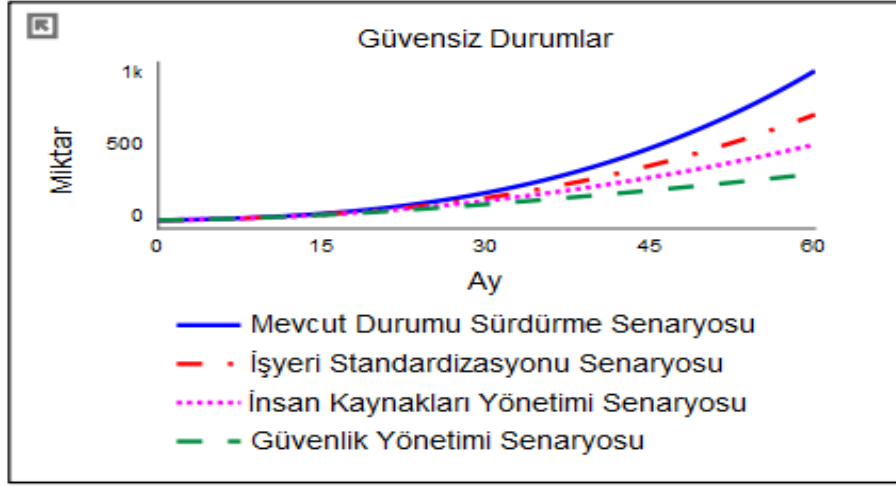
karşılaştırılabilmesi için ortak bir grafik platformu oluşturabilme imkânı sağlamaktadır. Çalışmanın bu başlığında Stella paket programının bu özelliği kullanılarak, çalışmanın ana unsurlarından olan ve modelin temelini oluşturan güvensiz durumlar, güvensiz davranışlar, olaylar, risk, kaza, kaza maliyetleri, güvenlik odağı, insan kaynağı ve verimlilik değişkenleri ele alınacaktır. Burada önceki başlıkta uygulanan dört senaryonun belirlenen bu ana unsurlar ayrı ayrı olarak her bir senaryonun bu unsurlar üzerindeki etkisinin karşılaştırmaları yapılmıştır.

Bu karşılaştırmanın yapılma amacı; her bir senaryonun güvensiz durumlar ve güvensiz davranışlar, olaylar, risk, kaza, kaza maliyetleri, güvenlik odağı, insan kaynağı ve verimliliğin nasıl etkilediğinin başlık özelinde görülmesidir. Böylece bu bölümün önemli bir çıktısı olarak görülen en uygun politikanın belirlenmesinde yol gösterici olacaktır. Burada karşılaştırma yapılırken ele alınan başlık özelinde bir karşılaştırma yapılmıştır. Diğer başlıklar üzerindeki etkisi ve diğer başlıkların etkisi göz önünde bulundurulmadan konu özelinde senaryo karşılaştırmaları yapılmıştır.

4.6.1 Senaryo karşılaştırmaları: güvensiz durumlar

Şekil 4.7 incelendiğinde ilk senaryoda mevcut durum devam etmekte ve modelin anahtar davranışı artış eğilimini korumaktadır. Yani güvensiz durum stokunu etkileyen parametreler de bir değişiklik olmaması nedeniyle güvensiz durumlar stoku artış oranını koruyacaktır. İşyeri standardizasyonu senaryosunda çalışma ortamında alınacak önlemler ile işyeri standardizasyonunu geliştirerek güvensiz durumları etkileyebilir ve kontrol edebiliriz.

Çalışma ortamının geliştirilmesine yönelik yapılan bu değişiklikler daha az güvensiz durumun oluşması anlamına gelmektedir. Bu da sistem içerisindeki döngüde kaza sayılarının artışını etkileyecektir fakat grafik incelendiğinde etki bakımından en zayıf senaryo olarak karşımıza çıkmaktadır. Güvenlik kültürünün geliştirildiği üçüncü senaryoda ise, güvensiz durumlarda gerçekleşen ciddi düşüş sebebi ile kaza değişkeninin de azaldığını görüyoruz. Bu senaryo en iyi uygulanan senaryodur ve güvensiz durumlarda ki azalma oranı diğer senaryoların uygulanmasından daha fazladır. Modelde uygulanan bir diğer senaryo, insan kaynakları yönetimi senaryosudur. Bu senaryo ile ve güvensiz durumlara etki edebilir ve azaltabiliriz. Bu senaryo modelde güvenlik yönetim senaryosundan sonra en etkili senaryodur.



Şekil 4.7: Farklı Senaryolar ile Güvensiz Durumların Değişim Grafiği

4.6.2 Senaryo karşılaştırmaları: güvensiz davranışlar

Şekil 4.8 incelendiğinde mevcut durumu sürdürme eğilimi devam ettiği sürece modeldeki güvensiz davranışlar stoğunda da aynen güvensiz durumlar grafiğine benzer bir davranış sergilemektedir.

Birinci senaryo olan mevcut durumu sürdürme senaryosu dışında kalan diğer tüm senaryolarda da güvensiz davranışların artış oranı mevcut durumu sürdürme senaryosundan daha aşağıda bir değer ve azalma yönündedir.

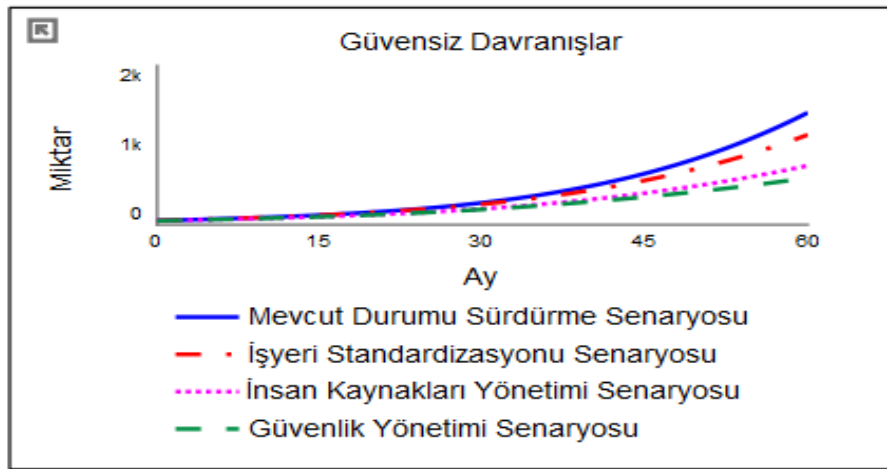
İkinci senaryo olarak uygulanan insan kaynakları yönetimi senaryosu tamamen güvensiz davranışları azaltıcı bir politika sunmaktadır. Bu senaryoda güvenli durumlarda iyileşme sağlanması ve 4E uygulamaları (Mühendislik- Eğitim - Uygulama - Teşvik) ve İnsan faktörleri mühendisliğinin (Yazılım- Donanım-Çevre- Personel) devreye sokulması güvensiz davranışlar stoğunu diğer senaryolara nazaran ciddi manada azaltmıştır.

Üçüncü güvenlik yönetimi senaryosu ile model de kullanılan güvenlik kültürünün öncü göstergeleri (güvenlik katılımı, güvenlik eğitim, güvenlik farkındalığı, güvenlik önceliği, güvenlik baskısı, yönetimin güvenlik taahhüdü vb.) üzerinde yapılacak iyileştirmeler ile güvenlik odağının artırılması ile güvensiz davranışlar azaltılabilir.

Dördüncü İşyeri standardizasyonu senaryosunda da iş yeri çalışma ortamına uygulanacak iyileştirmeler güvensiz durumların azalmasına ve bunun etkisinin yansımada ise güvensiz davranışlarda azalma görülecektir. Fakat sadece işyeri

ortamında alınacak önlemler güvensiz durumların ortadan kaldırılması ve kazaların önlenmesinde yeterli değildir. Bu senaryo diğer senaryolar ile desteklenmelidir.

Bütün bu senaryolar ve sonuçları göz önüne alındığında uygun senaryonun seçilmesi güvensiz davranışların düzeltilmesinin öncelik durumuna bağlıdır. Eğer güvensiz davranışların düzeltilmesi veya azaltılması tercih sebebi olarak görülmüş ise, en uygun senaryonun güvensiz davranışları en düşük düzeye taşıyan güvenlik yönetim senaryonun tercih edilmesi gerekirdi. Çünkü güvensiz davranış özelinde düşünüldüğünde güvensiz davranışlar stoğu için en yüksek verimin sağlandığı senaryo güvenlik yönetim senaryosu olarak karşımıza çıkmaktadır.

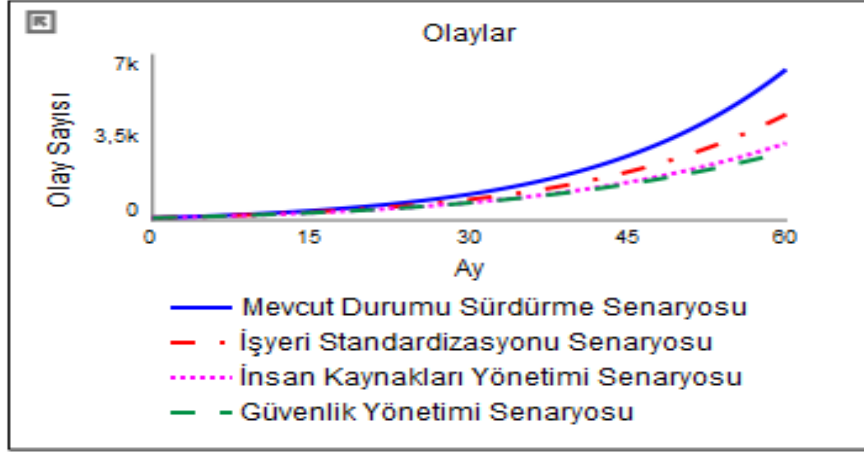


Şekil 4.8: Farklı Senaryolar ile Güvensiz Davranışlar Değişim Grafiği

4.6.3 Senaryo karşılaştırmaları: olaylar

Şekil 4.9'da farklı senaryolar ile olay sayılarının değişim grafiği incelendiğinde ise güvensiz durum ve güvensiz davranışlar stoğuna bağlı olarak gelişim gösteren olaylar stoğu da daha önce 4.7 ve 4.8 de incelediğimiz grafiklerle benzer bir davranış sergilemektedir. Yine bu grafikte mevcut durumu sürdürme senaryosu incelenen zaman aralığında artış eğilimi gösterirken en iyi sonucun yine güvenlik yönetimi senaryosu ile elde edildiğini görüyoruz.

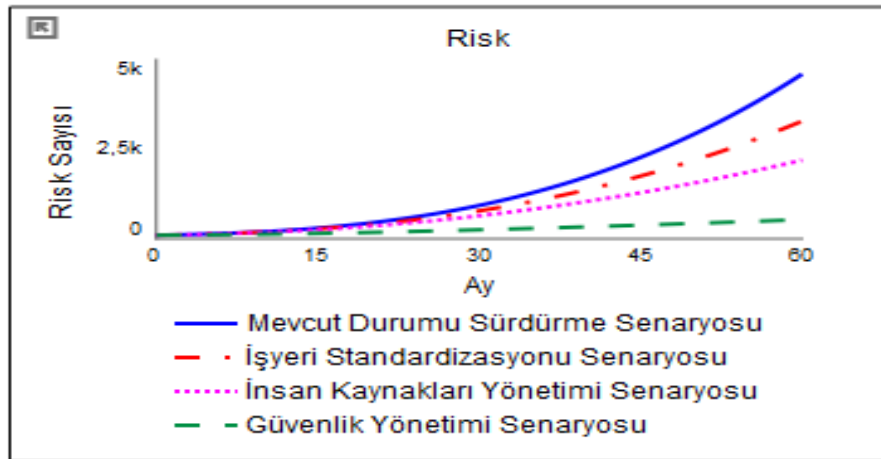
İkinci en iyi sonuç ise insan kaynakları yönetimi senaryosu ile en zayıf politika sonucuna ise iş yeri standardizasyonu ile ulaşıyoruz.



Şekil 4.9: Farklı Senaryolar ile Olay Sayılarının Değişim Grafiği

4.6.4 Senaryo karşılaştırmaları: risk

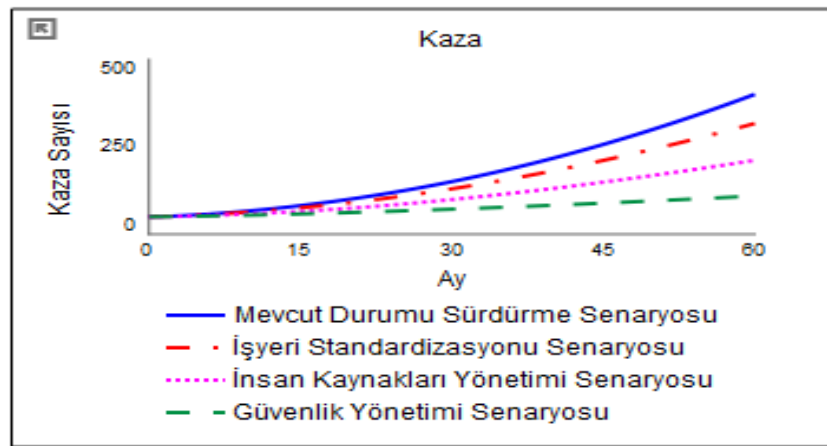
Şekil 4.10 daki uygulanan senaryolar karşısındaki risk değişim grafiği incelendiğinde ise sistemdeki kaza oluşum yapısı göz önüne alındığında güvensiz durumlar ve güvensiz davranışlar ortamdaki olayları artırmakta ve olay artışları ise daha fazla tehlikeye ve artan tehlikelerde risk olasılığını arttırmaktadır. Yine sistem içerisinde güvenlik odağındaki azalış da risk olasılığındaki artışı tetiklemektedir. İncelenen zaman aralığında ise diğer incelenen sistemin düzey değişkenlerine paralellik arz eden bir davranış grafiği oluşmaktadır. Yine uygulanan senaryolar içerisindeki en zayıf senaryo olarak işyeri standardizasyonu senaryosu öne çıkarken en iyi sonucu güvenlik yönetimi senaryosu ile elde edilmektedir. Bunu sonuçları bakımından insan kaynakları senaryosu takip etmek ve mevcut durumu sürdürme senaryosu ise sistem parametrelerinde herhangi bir değişim söz konusu olmadığı için zaman boyutu içerisinde artış eğilimine devam etmektedir.



Şekil 4.10: Farklı Senaryolar ile Risklerin Değişim Grafiği

4.6.5 Senaryo karşılaştırmaları: kaza

Şekil 4.11 deki farklı senaryolar ile kaza sayılarının değişim grafiği incelendiğinde ise ilk senaryoda mevcut durumu sürdürme senaryosu devam etmekte ve modelin anahtar davranışı yükseliş eğilimini korumaktadır. Yani güvensiz durumlar ve güvensiz davranışlar nedeniyle artan olay sayıları sistem içerisindeki tehlike ve riskleri arttırarak kaza sayılarının artmasını sağlamaya devam etmektedir. İkinci senaryoda insan kaynakları yönetim senaryosu ile insan faktörü mühendisliğinin geliştirilmesi güvensiz davranışları etkileyebilir ve bu sayede güvensiz davranışları kontrol edebiliriz. Bu değişkeni kontrol etmek ise, daha az kazanın oluşmasını sağlayacaktır. Güvenlik kültürünün geliştirildiği üçüncü senaryoda ise kazaların raporlanması tehlikelerin tanımlanması ve risk değerlendirmesinin yapılması durumunda kaza değişkeninin bu parametrelere bağlı olarak hızlı bir şekilde azaldığını görüyoruz. Bu senaryo en iyi uygulanan senaryodur ve kazalardaki azalma oranı diğer senaryoların uygulanmasından daha fazladır. Dördüncü senaryo, işyerinin standardizasyonudur ve güvenli olmayan duruma etki edebilir ve azaltabiliriz. Güvenli olmayan koşulların azaltılması kazaların azalmasına neden olur. Hatta insan kaynakları yönetim senaryosu kısa vadeli politikalarda daha etkili bir senaryo olarak karşımıza çıkmakta bu senaryo güvenlik yönetimi ile birlikte kullanıldığında daha etkili sonuçlar almayı etkin kılmaktadır.

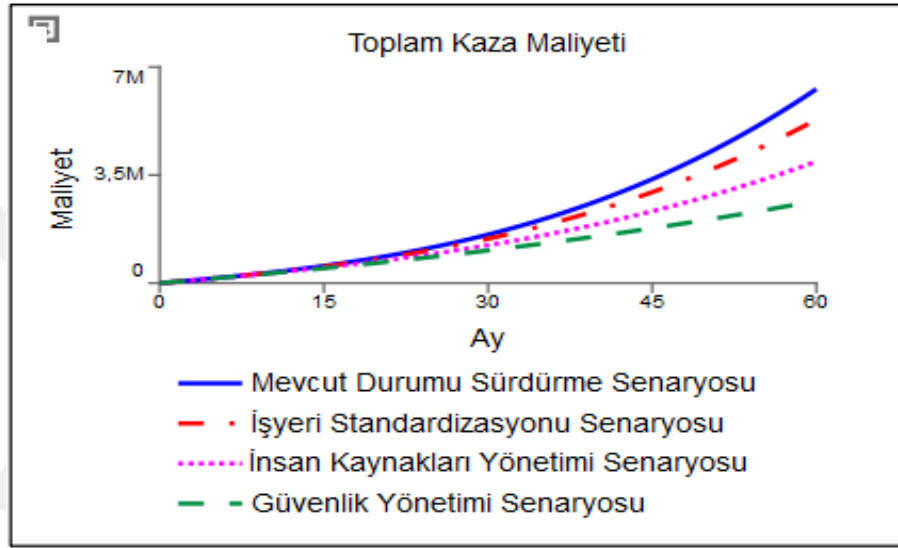


Şekil 4.11: Farklı Senaryolar ile Kaza Sayılarının Değişim Grafiği

4.6.6 Senaryo karşılaştırmaları: toplam kaza maliyetleri

Şekil 4.12 seki toplam kaza maliyeti grafiği farklı senaryolar uygulanılarak elde edilen sonuçlar ışığında değerlendirildiğinde ise oluşturulan model de kaza iş günlerinin kaybolmasına, verimliliğin azalmasına, gider maliyetlerin artmasına ve

ayrılan bütçe üzerinde de negatif sonuca neden olurken risk ve kaza değişkenlerinin bir zorlama döngüsü oluşturduğunu görülmektedir. Bunun sonucunda güvenlik yönetimi başlar ve güvenlik seviyesi yükselir. Buda kazaya sebep olan diğer düzey değişkenlerinin seviyesinin azalmasını sağlar. Uygulanan senaryolar diğer sistemin parçaları ile uyumlu sonuçlar vermekte sistemdeki uygulanan politikalar yine toplam kaza maliyetini mevcut durumu sürdürme senaryosunun altında bir değere yaklaştırmaya yöneliktir ve içlerinde en etkili olan sırasıyla güvenlik yönetimi, insan kaynakları yönetimi ve işyeri standardizasyonu olarak sıralanmaktadır.

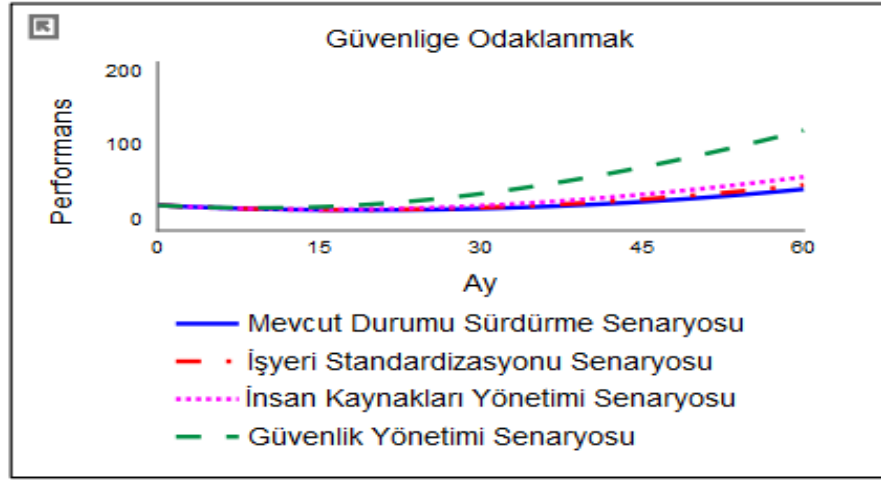


Şekil 4.12: Farklı Senaryolar ile Toplam Kaza Maliyetlerinin Değişim Grafiği

4.6.7 Senaryo karşılaştırmaları: güvenliğe odaklanmak

Kaza oluşumu ve toplam kaza maliyetlerindeki artışlar güvenlik yönetimini harekete geçirmekte bu durumda sistemin güvenliğe odaklanmasına sebep olmaktadır. Model içerisinde güvenlik uygulamalarında uygulanacak politikalar ve insan kaynakları uygulamaları ve güvenlik liderliği, yönetimin güvenlik taahhüdü, güvenlik önceliği, güvenlik baskısı gibi parametrelerdeki pozitif değişiklikler ile üretim talepleri ve program gecikmesi ile oluşan üretim baskısını azaltarak güvenlik odağını güçlendirecektir. Şekil 4.12 'de grafikte, yine model üzerine uygulanan senaryolar incelendiğinde ise güvenlik uygulamaları ile güvenlik yönetimi senaryosu en başarılı sonuçları verirken insan kaynakları uygulamaları ile ise güvenlik odağındaki artış konusunda ikinci en iyi senaryo olarak karşımıza çıkmaktadır. En zayıf etki ise işyeri standardizasyonu senaryosu ile elde edilmektedir. Yine sistemde

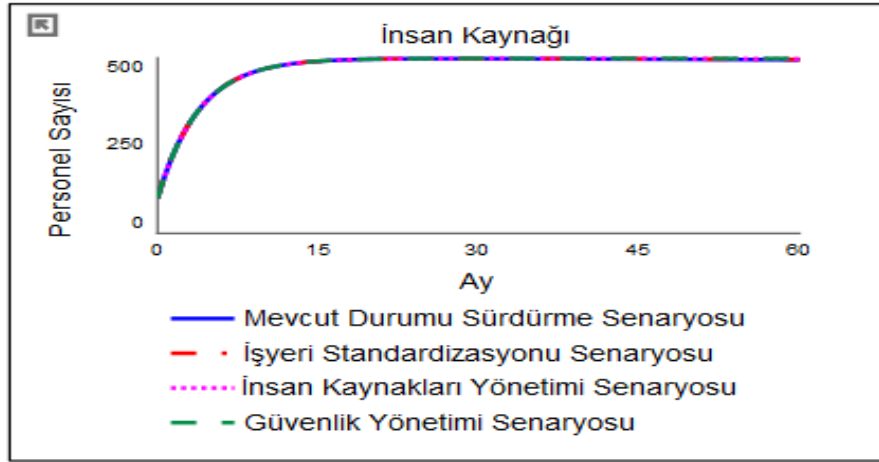
karma bir uygulama örneğın insan kaynağı yönetimi ve güvenlik yönetiminin birlikte kullanımını çok daha hızlı ve başarılı sonuçlar verebilmektedir.



Şekil 4.13: Farklı Senaryolar ile Güvenlik Odağındaki Değişim Grafiği

4.6.8 Senaryo karşılaştırmaları: insan kaynağı

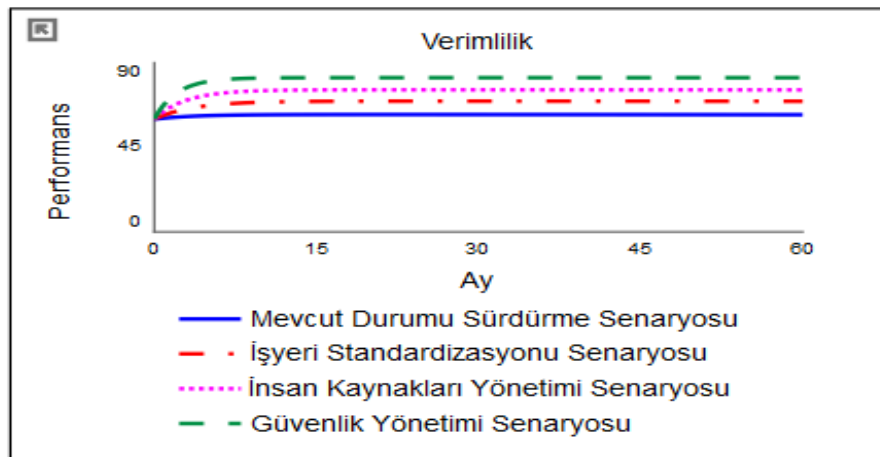
Şekil 4.14 'de model üzerinde oluşan kazalara bağlı olarak işten çıkışlar istifalar ve maliyetler ile insan kaynağı negatif olarak etkilenerek insan kaynağında bir azalma söz konusu olmakta fakat oluşturulan insan kaynağı stoğunda gerçek durum göz önüne alındığına eksilen personel yüzünden insan kaynağı açığı meydana gelecektir. Bu açığın kapatılması ve insan kaynağını dengelemek için bir hedef personel sayısı belirlenmiş ve işe alım süreleri ve işten çıkış süreleri ile hedef arayışı desteklenmiştir. Bu sebeple uygulanan tüm senaryolarda insan kaynağı stoğu gözlemlenen zaman süresince belirlene hedef insan kaynağı sayısına ulaşmaya çalışarak hedef arayış grafiğinin oluşumunu gerçekleştirmektedir. Çünkü gerçek hayatta da boşalan kadroların yeri belli bir zaman aralığında (işe alım süresinde) tamamlanarak insan kaynağı açığı kapatılmaya çalışılmaktadır. Bu sebeple modelde insan kaynağı stoğu bu düşünceye uygun olarak tasarlanmıştır.



Şekil 4.14: Farklı Senaryolar ile İnsan Kaynaklarının Değişim Grafiği

4.6.9 Senaryo karşılaştırmaları: verimlilik

Şekil 4.15'te farklı senaryolar ile verimlilik değişim grafiği incelendiğinde aynı insan kaynakları stoğunda olduğu gibi verimlilik stoğunda hedefe ulaşma çabası içerisinde olan bir yapıda tasarlanmıştır. Mevcut durumu sürdürme senaryosu tasarlanırken model değişkenleri ortalama bir değer ile başlamasına rağmen verimlilik stoğu bu senaryoda bile hedef arayış davranışı sergilemektedir. Fakat model davranışına belli bir zaman aralığına baktığımız için bu senaryoda hedefe ulaşamamıştır. Fakat diğer senaryolarda bu grafik yükseliş eğilimindedir ve yine tüm bu tasarlana politikalar içerisinde en başarılı senaryo olarak güvenlik yönetim senaryosu göze çıpmaktadır. Verimliliğin artırılması konusunda insan kaynakları yönetimi ve işyeri standardizasyonu da pozitif şekilde katkı sağlamaktadır.



Şekil 4.15: Farklı Senaryolar ile Verimlilik Değişim Grafiği

4.7 Bulgular ve Değerlendirme

Birçok araştırmacı, istatistiklere ve deneysel analizlere dayalı analitik yöntemler kullanarak güvenlik yönetim sistemlerini incelemiş, güvenlik önlemlerinin alınmasının önemine odaklanmıştır. Güvenlikle ilgili yapılan çalışmaların çoğunda, değişkenler arasındaki nedensel etkileşimler bulunmamaktadır. Bu nedenle, araştırmacıların büyük bir bölümü güvenlik üzerinde doğrudan faktörlere yönelmeleri nedeniyle faktörlerin nedensel etkileşimi ile ilgilenmemiştir. Bu konuda çalışan araştırmacılar, güvenlik yönetimi programlarının başarı faktörleri olarak çok sayıda emniyet kültürü değişkenini belirlemiştir. Örneğin, Loushine et al (2006), emniyeti artırmak için en önemli faktörler olarak güvenlik iletişimi ve yönetim taahhüdünün olduğunu ortaya koymuştur (Aksorn ve Hadikusumo, 2008; Kim ve diğerleri, 2017; Loushine ve diğerleri, 2006; Wiegmann ve diğerleri, 2004). Ayrıca çalışanların katılımı, güvenlik ortamının değerlendirilmesi ve güvenli olmayan eylemlerin/davranışların ve güvenli olmayan koşulların/tehlikelerin belirlenmesinin güvenlik performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Jiang ve diğerleri, 2014).

Aksorn ve Hadikusumo (2008), Tayland'daki güvenlik programlarının ilk 16 başarı faktörünü yönetim taahhüdü, güvenlik düzenlemesi, işçi katılımı ve güvenlik önleme ve kontrol sistemi olmak üzere dört kategoride sınıflandırmıştır.

Ayrıca farklı araştırmacılar güvenlik yönetimi programlarının başarı faktörleri olarak iş yeri güvenliği algısı, güvenlik uygulaması, güvenlik komitesinin durumu, işin hesap verebilirliği, çalışan katılımı, çalışanın güvenlik algısı, güvenlik önceliği, güvenlik soruşturması, güvenlik politikası, kurallar ve prosedürler, risk değerlendirmesi, çalışanın güvenliğe karşı tutumu, güvenlik iletişimi, güvenlik eğitimleri, güvenlik uyumluluğu ve yönetim taahhüdünü, belirlemiştir.

Yapılan çalışmada güvenlik kültürünün iş kazaları ve güvenlik performansı üzerindeki etkisi ve iş kazalarının nedenselliği sonucunda oluşan kayıpların çalışma hayatı performansı - mali performans etkilerinin araştırıldığı ve oluşturulan senaryolarda güvenlik kültürünü etkileyen değişkenlerin güvensiz durumlar, güvensiz davranışlar, olay sayıları, risk, kaza, kaza maliyetleri, verimlilik, insan kaynağı ve bunlarla bağlantılı değişkenler üzerindeki etkisi de gözlemlenmiştir.

Başlangıçta, politika değişkeninin tümü ortalama değerlerde tutuldu ve geleneksel işlemlerde stok değerlerini elde etmek için model simüle edildi. Daha sonra, organizasyonun güvenlik performansını optimize etmek için farklı politika kombinasyonları analiz edildi.

Başlangıç koşulları, üst yönetimin güvenliğe yüksek düzeyde odaklanarak, düşük risk seviyesi ve çalışanların çok memnun güvenlik davranışlarıyla sonuçlanmasıyla ele alındı; bu durum çok düşük sayıda güvensiz davranışlara ve güvensiz durumlara, sonuçta çok daha az sayıda olaylara ve kazaya sebep oldu. Bu sayede iş kazalarının nedenselliği sonucunda oluşan kayıpların çalışma hayatı performansı - mali performansa etkilerinin de orta seviyeli olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre güvensiz durumlar, güvensiz davranışlar, olaylar, riskler, kaza, kaza maliyetleri, verimlilik, insan kaynağı ve kazaların azaltılması amacıyla kullanılan güvenlik odağı seviyesi gibi değişkenlerin kaza ve bu değişkenlerle bağlantılı diğer değişkenler ile diğer faktörler üzerinde farklı oranlarda ve yönlerde etkilerinin olduğu uygulanan senaryolarda ve bu senaryoların karşılaştırılmasında görülmüştür.

Uygulanan bütün senaryolar tek tek incelendiğinde her bir değişkenin diğer değişkenler ve faktörler üzerindeki etkilerine ilişkin bulgular ve bu bulgular ışında yapılan değerlendirmeleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- a) İlk senaryoda üretim baskısı altında mevcut durum devam etmekte ve oluşturulan model davranış trendini korumaktadır. Güvensiz durumlar ve güvensiz davranışlar nedeniyle artan olaylar ve riskler kaza oranını artırmaya devam edecektir. Artan kazalar sonucu yaşanacak iş günü kayıpları ve kaza maliyetleri yükseliş eğilimi gösterecektir. Bu durum ise güvenlik bütçesi de dâhil birçok durumu olumsuz etkileyecek ve daha fazla kaza maliyetine ve düşük verimliliğe sebep olurken güvenlik odağında da ise negatif etki yapacaktır. Bu senaryoda belirtilen modelde insan kaynağı yaşanacak kayıplara rağmen iş gücünün korunması amacı ile bir hedef arayışı şeklinde tasarlandığı için insan kaynağı başlangıç değerini koruma çabasıdadır.
- b) İkinci senaryo, işyerinin standardizasyonudur. Burada Kaizen (5S) yöntemi iş yeri standardizasyonu geliştirmede etkili olabilir. 5S; iş yerinde tertip, düzen, temizlik ve disiplin sağlamak için kullanılan basit ve uygulanabilen bir yöntemdir. Bu yöntem ile ve güvensiz duruma etki edebilir ve azaltabiliriz. Modelde işyerini standardizasyonunu geliştirmeye yönelik bakım/onarım,

tertip düzen ve temizlik gibi parametrelerle güvenli olmayan koşullarda iyileşme sağladığı görülmektedir. Güvensiz durumlarda yaşanacak bir azalmanın etkisi kazaların ve oluşturacağı negatif etkilerin azalmasına neden olurken olumlu etkileri güvenlik odağı verimlilik ve kaza maliyetleri üzerine olacaktır.

- c) Üçüncü senaryoda insan kaynakları yönetimini geliştirerek; çalışanın eğitim düzeyi, yaşı ve daha fazla iş tecrübesi güvenli olmayan eylemleri etkileyebilir ve kontrol edebiliriz. Bu değişkeni kontrol etmek daha az kaza ile sonuçlanacaktır. Senaryonun geliştirilmesi ile güvenlik odağı ve verimlilik artışına sebep olurken kaza maliyetlerinde düşüş yaşanacaktır. Bunlara ilave olarak çalışan katılımı, güvenlik iletişimi, güvenlik eğitimleri ve çalışanın güvenlik taahhüdü ve güvenlik algısı sisteme olumlu etkili sağlayacak öncü göstergelerdir.
- d) Son olarak güvenlik kültürünün geliştirildiği dördüncü senaryo, yönetimin güvenlik taahhüdü ve güvenlik baskısı altında gerçekleştirilmiştir. Bu durumda kazaya sebep olan güvensiz durumlar, güvensiz davranışlar olay sayıları, riskler ve kaza ve kaza maliyetleri değişkenlerinin azaldığını görüyoruz. Bu senaryo sonuçları itibari ile en iyi uygulanan senaryodur ve kazalardaki azalma oranı diğer senaryoların uygulanmasından daha fazladır. Bu senaryonun uygulanması ile sistem içerişimdeki güvenlik odağı, verimlilik ve insan kaynakları üzerine pozitif etkileri olmaktadır. Hem insan kaynakları yönetimi hem de güvenlik yönetimi senaryoları, etkili modeller olarak tavsiye edilmektedir.

Kazalar meydana geldiğinde, üst yönetimin önemi, kaza maliyetindeki ve yaptırım eylemlerindeki artış nedeniyle meydana gelen olayları önlemek için genellikle güvenlik üzerine kuruludur. Ayrıca, olaylar doğrudan veya dolaylı olarak üretim baskısına neden olabilir. Üretim baskısı arttıkça, yönetimin odak noktası güvenlikten uzaklaşır ve bu nedenle kalite ve zamanlama gibi diğer kilit performans göstergeleriyle hedef çatışması ortaya çıkar. Bu güvenliğin en önemli öncelik olduğu anlamına gelmektedir.

Model, emniyet performansının hem öncü göstergelerini risk seviyesi, güvensiz davranışlar, güvensiz durumlar ve güvenli durum/davranışı hem de

gecikmeli göstergelerini kullanır. Ayrıca Güvenlik kültürünün öncü göstergeleri ve model parametrelerimde yapılacak değişiklikler değerlendirildiğinde ise;

- a) Kaza incelemesi perspektifinden bakıldığında, çalışanların güvensiz davranışları ve güvensiz durumlar genellikle işyerindeki kazaların doğrudan nedenleridir.
- b) Üst yönetimin güvenlik taahhüdü ve güvenlik baskısı güvenlik liderliğini etkileyerek, modelin dinamiklerini harekete geçirir ve organizasyonun güvenlik performansını etkiler. Bunun yanı sıra güvenlik performansı düşük kaza oranı ile yaygın olarak ilişkilidir.

Güvenlik üzerine yapılan çalışmalarda, yönetim güvenlik taahhüdünün, nihayetinde organizasyonun güvenlik performansını etkileyen çalışan katılımını etkilediği keşfedilmiştir (Gao ve diğerleri, 2016; Jitwasinkul & Hadikusumo, 2011)

Kuruluşun güvenlik kültüründeki ana argümanı, üretimin yanı sıra güvenlikle ilgili üst yönetimin davranış ve tutumunun algılanmasındaki uyuma bağlıdır. Bu nedenle, herhangi bir organizasyonun güvenlik kültürünün durumsal özelliklerinin, organizasyonun politikalarında, yapısında, yönetim tarzında, işletim prosedürlerinde, yönetim sistemlerinde, kontrol sistemlerinde, iletişim akışlarında ve iş akışı sistemlerinde yansıtılma eğiliminde olduğunu varsaymak mantıklı görünmektedir.

Yönetim davranışları, çalışanların güvenlik katılımı için çok önemlidir. Yönetimin güvenliğe bağlılığını ve yönetimin genellikle çalışanlar için rol model olarak kabul edilen kendi davranışlarını ifade eder

Yönetim üyeleri, kendi kişisel taahhütleri aracılığıyla güvenliği temel bir değer olarak yansıtabilir ve böylece çalışanların güvenliğe olan inancının artmasına ve gelişmesine katkı sunar. Çalışanlar arasında yönetimin güvenlik kurallarına uymaması ve güvenliği önemsemediğine dair bir algı oluşursa, çalışanlar yönetimi rol model alır ve aynı şekilde davranarak olumsuz etkilenirler. Bu durumda da çalışanın güvenliği önemli görme olasılığı azalır.

Güvenlik koşulları, güvenliği sağlama kabiliyeti açısından sistemin durumunu temsil eder. Güvenlik uygulamaları, güvenlik riskini en aza indirmek ve kazaları önlemek için uygulanan programlar, politikalar, stratejiler, faaliyetler ve süreçlerden oluşan bir sistemdir.

Bu riskleri ele almak ve arızalara karşı sağlam bir savunma oluşturmak için güvenlik uygulamaları uygulanmaktadır. Bu bakımdan, oluşturulan model, güvenlik uygulamalarını, güvenlik koşullarını sağlayabilen, sürdürebilen ve iyileştirebilen araç olarak tanımlar.

Güvenlik uygulamaları, güvenlik dinamiklerinin ana kaynağıdır. Çalışma koşullarını ve çalışanların güvenlikle ilgili bilgi, beceri, motivasyon ve tutumlarını etkiler. Örneğin, güvenlik eğitimi güvenlik bilgisini geliştirmeyi amaçlar.

Güvenlik koşullarının bir diğer ana dinamik kaynağı ise baskılardır. Baskılar, güvenlik koşullarının durumunu değiştirme eğiliminde olan pozitif veya negatif kuvvetler olarak tanımlanır. Örneğin, üretim baskısı ve program gecikmesi güvenlik koşullarını zayıflatma eğiliminde olan negatif bir gücü temsil ederken güvenlik baskısı pozitif etkiye sahiptir.

Yönetim koşulları, bireysel koşulları ve çevresel koşulları etkileyerek çalışanların davranışlarını etkiler. Örnekler arasında güvenlik kural ve prosedürleri, güvenlik teşvikleri, insan kaynakları uygulamaları vb. sayılabilir, ancak bunlarla sınırlı değildir. Organizasyonel, grup ve bireysel düzeyde kusurlar ve zayıflıklar vardır.

Güvenlik bilgisi, güvenlik konularındaki kişisel deneyimi ve güvenlikle ilgili düzenlemeleri, koruma becerilerini vb. anlama, bunlara hakim olma ve uygulama becerisini temsil eder. Düşük düzeyde güvenlik bilgisi ile deneyimsiz bir çalışan, çevresindeki tehlikeyi tespit etme yeteneğine sahip olmayabilir, riski fark etmeyebilir, tehlikeden kurtulmanın yolunu bilemeyebilir veya doğru olanı uygulamak için doğru beceriye sahip olmayabilir.

Güvenlik iletişimi, çalışanlar ve yönetim arasındaki güvenlik konularındaki ilişkide bilgi alışverişinin kapsamı, sıklığı ve etkinliğini kapsar. Çalışma ortamındaki uygulama değişiklikleri söz konusu olduğunda çalışanların katılımı sağlanıp görüşlerine başvurulursa, çalışanların güvenlik farkındalıkları geliştirilecektir. Bu konu üzerine yapılan araştırma bulgularında ustabaşılarda güvenlik iletişimi yoluyla, deneyimsiz çalışanların güvensiz davranışlarının önemli ölçüde azaldığı bulgusuna varılmıştır. Bu nedenle, güvenlik iletişimi, güvenlik bilgisi ile önemli ölçüde ilişkilidir (Neal ve diğerleri 2000). Güvenlik iletişiminin çalışanların güvenli davranışını iyileştirmede önemli bir etkiye sahiptir.

Güvenlik denetimi, çalışanların güvensiz davranışları ve sahadaki tehlikelere ilişkin yönetim denetiminin sıklığı ve ne kadar etkili denetlediğini ifade eder. Denetim, çalışanların güvensiz davranışları üzerinde baskı hissetmelerine neden olacak kadar sıklıkta yapılırsa, rehavete kapılmaları engellenecek ve karşılığında güvenlik motivasyonu yükselecek ve böylece güvenlik taahhütleri artacak bu durum çalışanların tutumunu ve davranışını etkileyecektir (Neal ve ark. 2000).

Bu durum güvenlik denetiminin, güvenlik performansı üzerindeki etkisini göstermektedir. Bu ilişki, izleme ve denetimlerle risklerin kontrol edebileceğini ve güvensiz durum ve güvensiz davranışların iyileştirebileceğini göstermektedir. Bu ilişkinin kazalar ve risk oranı üzerinde etkisi vardır.

Aynı zamanda olay raporlama, tehlike tanımlama ve risk değerlendirme değişkeni üzerinde de etkidir. Bu etki, güvenliği iyileştirme ve güvenliği performansının artmasını sağlayacaktır.

Olay öğrenme, yönetimin olay araştırma ve öğrenme konusundaki yaklaşımını ifade eder. Olayları araştırmak için ortaya konulan kararlılık, geçmişteki yanlış davranışlardan sistematik bir öğrenmeye yol açabilir. Yapılan düzenli uyarılar, duyuru, ilan ve diğer yollarla çalışanların güvenlik bilinci geliştirilebilir. Geçmiş deneyimlerin gözden geçirilmesi ile ayrıca dersler çıkarabilir ve çalışanların güvenlik için motivasyonu artırabilir, böylece çalışanların güvenlik bilgisi ve tutumları olumlu şekilde etkilenir.

Davranış geri bildirim, yönetim tarafından ödüller, cezalar, sözlü övgü veya eleştiri gibi çalışanların davranışlarına yönelik geri bildirim ifade eder. Olaylardan öğrenmenin önemini kavrayan bir yönetim, çalışanlarını cezalandırmak yerine ödüllendirme yoluyla olayları bildirmeleri hususunda destekleyecek ve cesaretlendirecektir. Bunun sonucunda ise çalışanların güvenlik bilincini artıracaktır. Çalışanlar, güvenli davranışları nedeniyle yönetimden ödül alırlarsa ve güvenli olmayan davranışlar nedeniyle ceza alırlarsa, güvenlik motivasyonu yükselecek ve rahatlık motivasyonu kontrol altına alınarak sınırlandırılacaktır.

Güvenlik teşvikinin artırılmasının, çalışanları güvenlikle ilgili faaliyetlere katılmaya teşvik edeceğini ve daha arzu edilen saha koşullarına yol açacak geri bildirim sağlamaya teşvik edeceğini göstermektedir. Güvenlik teşvikleri/ödülleri çalışanları motive etmek için önemli bir etki yaratmaktadır.

Güvenlik eğitimi, işçilere verilen eğitimin sıklığı, uygunluğu ve yeterliliği anlamına gelir. Güvenlik eğitimi, çalışanların güvenlik bilincini ve güvenlik bilgilerini geliştirmeyi amaçlar. Çalışanların güvenlik motivasyonu, eğitim sırasında güvenliğe verilen önemle de artırılabilir. Güvenlik eğitimleri güvenliği artırmak için ve güvenli çalışma sistemini geliştirme gibi düzeltici eylemlerde bulunulabileceğini göstermektedir. Güvenlik eğitiminin, çalışanların güvenli davranışlarını doğrudan veya dolaylı olarak etkilediği ve kaza oranı üzerinde, önemli bir etkisi vardır.

Örneğin, güvenlik eğitimi, farkındalığı, güvenlik katılımını, güvenli davranışı, bilgiyi ve motivasyonu pozitif yönde geliştirir (Zhang ve diğerleri, 2015). Güvenlik eğitimlerinin sayısı ve kalitesi arttıkça güvenlik bilgisinin kalitesi de artmakta ve çalışan yetkinliğini olumlu yönde etkilemektedir (Neal ve diğerleri, 2000).

Güvenli çalışma sistemi, insan hatasından kaçınmak çalışma izni sistemleri, güvenlik kuralları ve prosedürleri ve güvenlik ekipmanı dahil olmak üzere birçok farklı bileşenini içermektedir. Güvenli çalışma sistemini iyileştirmek, insan hatası olasılığını azaltır, böylece daha az olay ve kaza ya yol açar.

Üretime vurgu, yönetimin üretim üzerindeki çabalarını temsil eder. Üretim baskısı çalışanlar tarafından algılandığında, artan risk ve engelleri algılarlar ve bu da güvensiz davranışları tercih etme olasılıklarının artmasına neden olur (Han ve ark. 2014). Yöneticilerin program baskısı ile güvenlik baskısı arasındaki gerilimi nasıl algıladıkları ve yönettikleri sistem durumunu değiştirmek için önemlidir.

Tüm organizasyonlar dış değişkenlerden etkilenir. Kuruluşun güvenlik yönetimi ve güvenliğe odaklanması üzerinde üretim talepleri de önemli bir etkiye sahiptir. Üretime ilişkin yönetim taahhüdündeki değişiklik üretim baskısını artırır ve dolayısıyla güvenliğe ilişkin yönetim taahhüdündeki değişim ise, güvenlik baskısına negatif etki yoluyla güvenlik sistemi olumsuz etkiler. Zaman geçtikçe, artan program gecikmesi ve üretim baskısı nedeniyle yönetimin güvenliğe olan bağlılığı kademeli olarak azalır. Yönetimin odak noktası, program gecikmeleri ve üretim taleplerinin etkisiyle üretim baskısında artışa sebep olmaktadır. Bu durum nedeniyle sistem davranışı güvenlikten üretkenliğe kayar ve olay oranını artıran döngüler etkinleştirir.

Bu durumda Olay sayılarının artışına bağlı olarak kaza sayılarındaki artışlar maliyetlerin birikmesine insan kaynaklarında azalmaya sebep olur. Olay oranındaki bir artış, zaman kaybı nedeniyle program gecikmesindeki artışı tetikler ve çalışanlar, yöneticiler tarafından görevi planlanan sürede bitirmeye zorlanır. Ardından gelen üretim baskısı, yani daha hızlı çalışmaya zorlanmak, güvenlik performansını olumsuz yönde etkiler. Güvensiz durum ve davranışlardaki artış olay sayıları ve kaza oluşumunu artırırken yaşanan kayıplar ise maliyetlerin artmasına neden olur.

Sonucunda ise güvenlik uygulamaları devreye girerek güvenlik odağındaki artışı yükseltir. Bir diğer gelişme ise, fazla olayın meydana gelmesi nedeniyle oluşan kaza ve kayıpların önlenmesi açısından güvenlik baskısı seviyesinin artışıdır.

Yönetimin güvenliğe odaklanmasındaki artış kaza sayılarının ve kaza sonucu oluşan kayıpların azaltılarak verimliliği artırma insan kaynağını ise, hedefe ulaşma eğilimindedir. Sonuç olarak, kaza risk seviyesi önemli ölçüde düşer ve daha az olay meydana gelir. Yönetimin güvenliğe olan bağlılığının, program gecikmesi, üretim talepleri ve üretim baskısı sebebiyle azalacağı, güvenlik baskısı nedeniyle artacağı iyi bilinmektedir.

Bu durum ancak yönetimin güvenlik odağına yönelmesi güvenlik uygulamalarının iyileştirilmesine yönlenebilir. Yönetim, güvenlik sorunlarını çözmek için bir olay raporlama sistemine güvenir. Olay raporlama, olay öğrenme sisteminin önemli ve gerekli bir parçasıdır. Kurgulanan modelde olaylar, güvensiz durumlar ile sistemdeki çalışanların güvensiz davranışları arasındaki etkileşimden kaynaklanmaktadır.

Bu olayların sistemi iyileştiren düzeltici eylemlere yol açıp açmaması (güvenli olmayan koşulların sayısını azaltarak), güvenli davranışların (insan faktörleri mühendisliği, yazılım, donanım, çevre, personel ve 4E uygulamaları, mühendislik, eğitim, uygulama, teşvik) etkinliğine bağlı olacaktır.

Mevcut durumu sürdürme senaryosu altında herhangi bir politika uygulanmazsa, yönetimin tekrar güvenliğe odaklanmasını sağlayacak güvenlik yönetimi devreye girmez bunun sonucunda ise, kaza veya kaza sonucu oluşan kayıp işgünü artışı kaza maliyetini çok yüksek bir seviyeye çıkar. Herhangi bir güvenlik yönetimi politikası uygulanmazsa, kuruluşun güvenlik performansında belirli bir süre içinde kötüleştiğini görülür. Güvenliği sağlamak sürekli çaba gerektirir. Çalışan

açısından bakıldığında, güvenlik motivasyonu ve bilgisi zamanla azalma eğilimindedir. Örneğin. Üretim baskısı hedef çatışmasına neden olabilir ve bu nedenle çalışanların güvenlik motivasyonu zayıflayabilir. Bu riski yönetmek için etkili güvenlik uygulamalarına ihtiyaç vardır.

Kazalar işten çıkışları arttıracak, insan kaynağı seviyesini etkileyecek ve bu durum iş gücü kaybı ile birlikte verimlilik kayıplarına sebep olacaktır. Verimlilik kayıpları, verimlilik seviyesini etkileyecek ve sonunda verimlilik baskısını arttıracaktır.

Model tasarımında verimlilik ve insan kaynağı yaşanabilecek kayıplardan ötürü hedefe ulaşma yaklaşımı şeklinde tasarlandığı için oluşan insan kaynağı açığı ve verimlilik kayıplarını ortadan kaldırma ve belirlenen hedefe ulaşma çabası gösterir.

Hedefe ulaşma çabası, kuruluşun güvenlik performansını yönetmek için kullandığı temel kaldıraçlardandır.

Gerçek ve hedef veya diğer göstergeler arasındaki fark büyük olduğunda, yani gerçek verimlilik veya hedef verimlilik, insan kaynağı veya hedef insan kaynağından önemli ölçüde yüksek olduğunda, yönetimin güvenlik odağında artırma eğilimi vardır. Böyle durumlarda daha fazla güvenlik kaynağı tahsis edilmektedir. Güvenlik kaynakları, kalifiye güvenlik personelinin yanı sıra güvenlik ekipmanı ve malzemelerinin mevcudiyetini ifade eder.

Güvensiz durumlar değişkeni, risk sisteminin ürettiği olumsuzlukları biriktiren bir stoktur. Güvensiz koşulların sayısı arttıkça, kayıplar artar ve yönetimin güvenlik taahhüdü üzerinde daha fazla baskıya neden olur. Artan (çalışan ve yönetim) güvenlik taahhüdü, sonunda güvensiz durumlar ve güvensiz davranışları azaltacak ve güvenlik performansını geri kazandıracak güvenlik iyileştirmeleri anlamına gelir.

Akran baskısı, daha yüksek güvensiz davranış olasılığına yol açar. İş arkadaşlarının davranışları, çalışanların öznel normlarını etkileme eğilimindedir. Kazaları analiz ederek kazaların önüne geçilebilir tehlike tanımlaması, raporlama, risk değerlendirmesi, güvenli olmayan koşulların sayısı vb. gibi bileşik sonuç ölçütlerinin de güvenlik performansını iyileştiren kaza oluşumunu etkilediği görülmektedir.

Olay raporlama, tehlike tanımlama ve risk değerlendirme değişkeni kaza oluşumu üzerinde etkilidir.

Çalışan yeterliliği, yani nitelikleri, bilgileri, yetenekleri, becerileri, eğitimleri ve deneyimlerini ifade etmektedir. Artan çalışan yetkinliği, daha az olaya neden olan güvenli çalışma davranışına yol açar. Daha az olay oranına sahip kuruluşlar, daha fazla çalışan memnuniyeti gösterme eğilimindedir ve bu da sonuçta güvenlik faaliyetlerine daha yüksek düzeyde çalışan katılımına yol açar.

Kazaların yaklaşık %80-90'ı, çalışan yetkinliği, çalışanın güvenlik algısı ve güvenlik uyumu gibi güvenlikle ilgili faktörlerden etkilenen çalışanın güvenli olmayan davranışlarıyla sıkı bir şekilde ilişkilidir (Han ve diğerleri, 2014).

Kazaları ve güvensiz durum ve güvensiz davranışları analiz ederek güvenlik kültürünün pekiştirici bir döngüsü değişkenlere uygulanabilir. Çalışmadaki güvenlik kültürü modeli göz önüne alındığında, üst yönetimin güvenlik taahhüdü, güvenlik iletişimi, çalışan yetkinliği, güvenlik teşviki ve olay raporlama sisteminin geliştirilmesinin çalışanların güvenli davranışlarında olumlu etki yaptığı görülmektedir.

Çünkü çalışanlar güvenlik yöneticilerinin güvenli davranışlarını rol model olarak benimsiyorlar. Benzer şekilde, güvenlik yöneticisinin yetkinliği, çalışanın güvenlik taahhüdü, çalışan bilgisi, deneyimi ve tertip düzenin iyileştirilmesi, çalışma ortamı güvenlik koşullarının iyileştirilmesinde ve güvensiz durumların azaltılmasına katkı sağlar. Güvenlik kültürü değişkenlerini karşılıklı güvenlik kültürü modeline göre birleştiren analiz, üst yönetim güvenliğe bağlılığı, çalışanın güvenliğe bağlılığı, güvenlik yöneticisinin yetkinliği ve çalışan bilgi ve deneyim optimum risk seviyesi, güvensiz davranış oranı ve olay oranı iyileştirilmesinde katkı sağladığını göstermektedir. Bu sonuç nicel olarak, Chen ve Jin (2012) dahil olmak üzere birçok araştırmacı tarafından geniş çapta tartışıldığı gibi, “taahhüdün” organizasyonun güvenlik performansını iyileştirmede canlı bir rol oynadığını doğrulamaktadır; Aksorn ve Hadikusumo (2008) ve Loushine ve ark. (2006).

Sonuçlar, Chen ve Jin (2012), Aksorn ve Hadikusumo (2008) tarafından yürütülen güvenlik programlarının ve güvenlik performansının iyileştirilmesine ilişkin önceki araştırma çalışmaları ile paralellik göstermektedir.

Kaza nedenselliği üzerine yapılan araştırma (domino teorisinden davranışsal yaklaşıma kadar), güvenlik performansını iyileştirmek için proaktif yaklaşımların yararlılığını her açıdan kanıtlamıştır. Bu çalışma ayrıca, kaza analizinin yanı sıra sistem dinamiklerinin, özellikle güvenlik modeli oluşturma yaklaşımının, güvenlik performansı ve güvenlik kültürünün nedensel etkilerini anlamada önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu konuyla ilgili gelecekteki araştırmalar, bu çalışmada tanıtılan modelin geliştirilmesi, iş kazalarını önlemek, güvenlik performansını ve kültürünü etkileyen nedensel faktörleri düzeltmek ve en iyi çözümü keşfetmek için farklı senaryolarının simülasyonu için bir temel olarak da kullanılabilir ve nedensel yapı yeniden tasarlanarak, kaldıraç noktaları ve kritik yönetim stratejileri belirlenebilir. Gelecekteki araştırmalar, diğer güvenlik modellerini oluşturmak için modeli uzatılabilir. Kuruluşlar kendi güvenlik yönetimi modellerini oluşturabilir ve bunları daha fazla iyileştirme için araçlar olarak kullanabilir.

Gelecekteki araştırmalar için, Ayrıca farklı güvenlik modellerini oluşturmak için modele yeni modüller eklenerek modelin büyütülmesi ve geliştirilmesine imkân tanınması önemli bir yöndür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde insanlar hala üretim faaliyetinin bir sonucu olarak iş kazaları, meslek hastalıkları ve işle ilgili rahatsızlıklara maruz kalmaktadırlar. Kaza araştırmalarındaki geleneksel araştırma yöntemleri, doğrusal bir kök-neden analizi sürecini takip eder ve bir sistemin çeşitli faktörleri arasındaki etkileşimlerin etkisini göz ardı eder (Cooke 2003; Goh ve diğerleri 2010; Qureshi 2007).

Kaza nedenselliği üzerine yapılan araştırma (domino teorisinden davranışsal yaklaşıma kadar), güvenlik performansını iyileştirmek için proaktif yaklaşımların yararlılığını her açıdan kanıtlamıştır. İşyerinde sağlık ve güvenlikle ilgili programların ve politikaların hem kazaların sıklığının ve şiddetinin azaltılmasında hem de iş kazalarıyla ilgili maliyetlerin azaltılması açısından iyi bir İSG (iş sağlığı ve güvenliği) yönetiminin ve güvenlik kültürünün önemli ve olumlu bir etkileri olduğu kanıtlanmıştır. Araştırmacıların, kurumun güvenlik kültürü ve iş sağlığı ve güvenliğinin iyi bir şekilde yönetilmesinin, özellikle çalışma ortamındaki kazalarla ilişkili maliyetlerin azaltılmasındaki yararlarını ortaya koyan çalışmaları güvenlik eylemlerinin ve standartlaştırılmış prosedürlerin uygulanmasının işletme maliyetlerinin azalmasına yol açtığını ve ayrıca meydana gelen kazalar ne kadar az olursa, şirketlerin yüzleşmesi gereken maliyetler o kadar az olacağını kanıtlayan çalışmalar bulunmaktadır. Kaza model ve teorileri, kaza önleme ve güvenliği geliştirmenin iş sağlığı ve güvenliği yönetimi için gerekli olduğu öne sürülmüştür. Güvenlik kültürü ve güvenlik performansın davranış eğilimi için SD metodoloji yöntemi ile araştırmalar literatürde kısıtlı sayıdadır. SD, doğrusal olmayan etkileşimlerin dikkate alınmasında ve nedensel etkileşimlerin uygulanmasında sistem dinamik modelleme yeteneklerinin kullanılması, güvenlik sisteminin davranış tanımlamasını mümkün kılmaktadır. Bu çalışmada, sistem dinamiğine dayalı simülasyon ile güvenlik kültürünün iş kazalarına etkileri modellenmiştir. Bu araştırma kazaları azaltmak için, güvenlik uygulamalarının, baskıların ve güvenlik koşullarının rolünü ve aralarındaki ilişkileri tanımlamaktadır. Belirli bir zaman diliminde kazaların gidişatını, kaza maliyetlerini, sistem güvenlik seviyesini ve

kazalarla ilişkili riskleri, insan kaynağı ve verimlilik performansını gösterebilen bir SD modeli sunmaktadır.

Değişkenlerin etkileşimini değerlendirmek için, parametreler arasındaki nedensel ilişkileri belirlemek için önce uzman görüşleri ile birlikte mevcut literatür kullanılmış daha sonra bu parametreler ve ilişkileri nicelendirilmiştir.

İş sağlığı ve güvenliğini ve geliştirmek kazaların sosyal ve ekonomik etkilerini azaltmak, kaza sonucu oluşan kayıpları önlemek için güvenlik kültürünün sistem yapısı yardımı ile modelin davranışını tasarladı ve kazaların artmasını veya azalmasını etkileyen faktörler analiz edildi. Oluşturulan model bilgisayar tabanlı bir yazılım olan Stella Architect 3.3 ile simüle edilmesi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Sistemin yapısını ve davranışını belirlemek, performansını analiz etmek için stok akışı modeli önerilmiştir.

Çalışmamada, sorunların çözümü ve sonuçlarına ilişkin verileri elde etmek için önerilen politika ve metodolojileri içeren dört senaryo kullanılmıştır. Kullanılan modelde uygulanan senaryolar incelendiğinde;

- a) Mevcut durumu sürdürme senaryosunda, kazalar artıyor, kaza sonucunda sistemin diğer bileşenleri de olumsuz etkileniyor ve kayıp gün sayısındaki artış kaza maliyetlerini artırırken verimlilik ve güvenlik odağında azalmaya sebep olmuştur.
- b) İşyerinin standardizasyonu senaryosu, güvensiz durumların azaltılmasını hedefler ve kazaları azaltmakla birlikte, diğer iki senaryoya ile kıyaslandığında sonuçları bakımından en zayıf etkiye sahip senaryo olarak karşımıza çıkmaktadır. Güvenlik performansını iyileştirmek için güvenlik kültürünün temel değişkenleri arasında yer alan bakım/onarım ve temizlik tertip düzen kavramları işletmeler ve üretim için faydaları ortada iken bu senaryo göz ardı edilmemeli ve güvenlik kültürünün geliştirilmesi için sistem içerisinde geliştirilmelidir.
- c) İnsan kaynakları yönetimi senaryosunun uygulandığı modelde, bu politika uygulandığı anda sonuçları hızlı bir şekilde görülebilir ve güvenlik odağının artması güvensiz davranışların azalmasını sağlar. Kurum kültürüne bağlı olarakta uzun vadede bu etki daha da güçlenecektir. Güvenlik sistemleri içinde insan kaynakları yönetimi dikkate almak, sistemi potansiyel olarak güvensiz durumlardan koruyabilecek, bu durumun sonucu olarak iş kazalarını

azaltacak ve kaza maliyetlerini düşürecek, verimlilik performansına da olumlu yansımaları söz konusu olacaktır.

- d) Güvenlik kültürü senaryosunda ise güvenlik eğitimleri, güvenlik denetimleri, kural ve prosedürler, güvenlik iletişimi çalışan katılımı, güvenlik teşvikleri ve üst yönetimin güvenlik taahhüdü kazaların ve kaza maliyetlerinin azalmasına neden olabilir. Bu senaryo, uygulanan senaryolar arasında en iyi senaryo olarak tespit edilmiştir. Çünkü önlenen kaza sayısı, diğer senaryolara göre daha fazla olması nedeniyle kaza sayılarında azalan bir eğilim söz konusudur. Bu senaryo ile verimlilik artarken, kaza maliyetleri de düşüş eğilimindedir.

Temel senaryodan elde edilen simülasyon sonucuna dayalı olarak, birçok organizasyon çeşitli sağlık ve güvenlik sistemleri kullanmaktadır. Gelişmiş bir güvenlik sistemi uygulamanın en iyi yolu, sistem içerisinde insan faktörünü dikkate alarak insan performansının doğru olarak göz önünde bulundurulmasıyla, insan ve diğer sistem elemanları arasında güvenli bir uyumu sağlayan insan faktörü mühendisliğinin gerekliliklerini mevcut iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri ile bütünleştirmesiyle mümkündür.

Birçok kuruluşta (farklı endüstrilerde) çeşitli sağlık ve güvenlik kültür sistemleri kullanılmasına rağmen, erken gelişmiş bir yaklaşımı seçmenin ve uygulamanın en iyi yolu, insan faktörü mühendisliğinin gerekliliklerini mevcut iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemlerine entegre etmektir. İnsan faktörü mühendisliği ile ilgili politikaların uygulanmasının ve işyerinde güvenlik kültürü ve standardizasyonun teşvik edilmesinin, kaza yönetimi üzerinde olumlu bir etkisi olabilecek başlıca uygun ve etkili çözümler olduğunu, sağlık ve güvenlik yönetim sisteminin geliştirilmesine yardımcı olabileceğini göstermektedir. Bu alana yapılacak yatırımlar kazaları azaltabilir ancak plan yapılmadan toplam kaza sayısı azaltılamaz.

İşyerinin standardizasyonu senaryosu emniyetsiz durumu hedefler ve bu değişken azaltılarak kazalar azaltılır. Fakat bu senaryoyu diğer iki senaryoya eklemek, gözle görülür değişiklikler yapmaz.

İnsan kaynakları yönetimi senaryosunun uygulandığı anda sonuçları algılanabilir ve bu ön sonuçlar güvensiz davranışların sayısını etkileyebilir. Uzun vadede bu etki daha da güçlenecektir. Güvenlik sistemleri içinde insan faktörü mühendisliğini dikkate almak, sistemi potansiyel olarak zararlı koşullardan koruyabilir ve bu da nihayetinde kazaları azaltacaktır.

İnsan kaynakları uygulamaları güvenlik odağını artırmak ve güvenli davranışı teşvik etmek için güvenlik liderliğini vurgular. Güvenlik kültürünün uygulanmasında yönetsel faktörler, kurum kültürü ve güvenliğin organizasyon yapısı içindeki yeri ve çalışanlar tarafından nasıl algılandığı önemli bir role sahiptir. Yasal zorunluluklara rağmen pasif bir güvenlik yaklaşımına sahip olmak, organizasyonlarda devam etmekte ve herhangi bir kaza olmadıkça, bunu düzeltmek için gerçekleştirilen faaliyetler yetersiz kalmakta veya herhangi bir işlem yapılmamaktadır.

Güvenlik performansını iyileştirmek için güvenlik kültürünün temel değişkenleri arasında, yönetimin taahhüdü, çalışan taahhüdü, güvenlik eğitimi, güvenlik farkındalığı ve çalışan yetkinliği, çalışanın eğitim düzeyi ve deneyimi, çalışan katılımı, güvenlik iletişimi, güvenlik teşvik programı, güvenlik kuralları, güvenlik önceliği, güvenlik denetimleri, olay raporlama sistemi ve bakım/onarım tertip düzen ve temizlik kavramlar önemli bir etkiye sahiptir.

Güvenlik kültürünü dikkate almak söz konusu sorunu çözmemize yardımcı olacaktır. Güçlü bir güvenlik kültürü, herhangi bir organizasyonda kazaları azaltmada belirleyici bir faktördür. Güvenlik kültürüne yapılacak yatırımlar kazaları azaltabilir, ancak plan yapılmadan ve aktif bir güvenlik kültürü seviyesine ulaşılmadan, toplam kaza sayıları ve kazanın sosyo-ekonomik olarak oluşturacağı negatif etkiler azaltılması mümkün değildir.

Güvenlik kültürü senaryosunda ise uzun vadede en iyi senaryodur çünkü önlenen kaza sayısı diğer senaryolara göre daha fazladır. Ayrıca kazalarda azalan bir eğilim vardır. Organizasyondaki güçlü güvenlik kültürü, herhangi bir kuruluştaki insan faktörü için kazaları azaltmada belirleyici bir faktör olabilir. Güvenlik kültürünün uygulanmasında yönetsel faktörler ve güvenlik departmanının organizasyon yapısı içindeki konumu önemli bir role sahiptir. Bu durum personel için daha az sayıda kazaya neden olabilir. Ancak, temelde pasifliğe dayanan geleneksel bir güvenlik yaklaşımına sahip olmak, organizasyonlarda hala hüküm sürmekte ve herhangi bir kaza olmadıkça, bunu düzeltmek için herhangi bir işlem yapılmamaktadır. Güvenlik kültürünü dikkate almak, söz konusu sorunu çözmemize yardımcı olabilir. Olası işle ilgili kazaları ve sistemin yürüttüğü güvenlik düzeyini daha iyi belirlemek için yönetimin ele alması gereken birçok durum vardır.

Örneğin, kuruluş isterse:

- a) Çalışanların deneyimli ve üretken hale gelmesi için her zaman yüksek düzeyde eğitim verilmesini sağlar.
- b) Risk seviyesini azaltmak için, yeni işçileri işe alırken güvenlik yöneticisinin yetkinliği ve çalışanın bilgi ve deneyimi ile birlikte tüm seviyelerde güvenlik taahhüdüne odaklanılmalıdır.
- c) Güvensiz durumları azaltmak için, sahada uygun temizlik, bakım /onarım işlerini geliştirmelidir. Çalışma ortamı uygun olduğunda, motivasyon artar ve stres azalır, bu da çalışan davranışlarını olumlu yönde etkiler.
- d) Güvenli davranışı iyileştirmek için, güvenlik yöneticisi taahhüdü, güvenlik iletişimi ve olay raporlama sistemi geliştirilmeli ve çalışanların yetkilendirilmesiyle birlikte çalışan katılımını arttırmak için çalışanlara güvenlik teşvikleri verilmelidir.
- e) Güvensiz davranışları azaltmak, güvenlik denetimi sıklığını artırmak ve güvenlik eğitimi politika düzeyinde veya için etkili mekanizmalar olabilir.
- f) Olay oranını azaltmak, bilgili ve deneyimli çalışanları ve yetkin güvenlik denetçilerini işe almak ve ayrıca organizasyonun tüm seviyelerinde güvenlik taahhüdünü artırmak gerekmektedir.
- g) İş sağlığı ve güvenliği politikasına bağlılık ile yasal sorumlulukların yerine getirilmesi (kural ve standartların uygulanması) arasındaki ilişki iş sağlığı ve güvenliğini iyileştirme programlarının göstergesidir.
- h) Yönetimin güvenliğe taahhüdü, çalışanlar için iyi bir örnektir. Çalışanlar, yönetimin güvenlikle ilgilendiğine inanırlarsa, aynı zamanda güvenli bir şekilde hareket etmeleri de olasıdır. Yönetimin çalışanlarla güvenlik konularındaki iletişimi, çalışanların güvenlik bilincini ve bilgilerini geliştirmek için esastır. Ayrıca, yönetimin güvenliğe olan bağlılığındaki küçük bir değişikliğin, kişisel güvenliğe olan bağlılığında daha büyük dalgalanmalara yol açabileceği anlamına gelir. Bu nedenle, yönetimin taahhüdü ve önlemleri, daha iyi bir güvenlik durumuna ulaşmak için kalıcı olmalıdır. Yönetimin güvenliğe olan bağlılığını geliştirmek için uygulamada farklı yöntemler vardır. Eğitimlerle insanları bilgilendirme, motivasyon ve danışmanlık ile farkındalıklarını ve bilgi birikimlerini yükseltebiliriz. Bunun yanı sıra güvenlik iletişimi ve çalışanın yetkilendirilmesi ve bireylerin

katılımı da olumlu bir etkiye sahiptir. Ancak işyerinde güvenlik eğitimi ve güvenlik faaliyetleri tasarlanırken çalışanların özelliklerinin de dikkate alınması gerekmektedir.

- i) Yönetimin, çalışanların uygun güvenlik eğitimi ve yeterli deneyime ulaşmalarını sağlamaya yönelik eylemlerinin yanı sıra yönetimin kendi davranışlarının tümü, çalışanlar tarafından rol model olarak algılanır ve çalışanların davranışsal tercihleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.
- j) Çalışanlar, yöneticilerinin güvenlik konuları ile ilgilendiklerini ve güvenlik konularını onlarla tartışmaya istekli oldukları, çevredeki tehlikeleri sık sık hatırlattıkları ve güvenli davranışlarına olumlu geri bildirimde buldukları bir ortama sahip olduklarında, güvenlik farkındalıkları önemli ölçüde gelişebilir. Güvenlik düzenlemelerinin uygulanması, işyerinin izlenmesi ve ciddi kazaların meydana gelmesinden sonra yapılan müdahaleler, kendi kendini analiz ederek veya daha yapılandırılmış durumlarda örgütsel bir öğrenme sürecidir (Cooke ve Rohleder, 2006).
- k) Denetim düzeyindeki yönetim koşulları, çalışanların güvenlik bilincinin geliştirilmesinde etkilidir. Örneğin denetçilerin ve çalışanların risk değerlendirmesini birlikte gerçekleştirmesi, çalışan katılımının sağlanması, teşvikler vb. tüm bu önlemler, denetçiler ve çalışanlar arasındaki etkileşimleri ve güvenlik iletişimini artırmayı amaçlamaktadır.
- l) Güvenlik denetimleri, olay raporlanması ve kaza incelemesi sayısı ne kadar fazlaysa, daha fazla düzeltici faaliyetin gerçekleştirilmesi beklenmektedir. Düzeltici faaliyetler kazaların ciddiyetini etkiler. Gerçekten de, daha fazla düzeltici eylem, kazaların ciddiyetini azaltabilir. Ayrıca, kazaların ciddiyetini, güvensiz durumlar ve çalışanların güvensiz davranışları belirlemektedir. Ne kadar güvensiz koşullar ve riskli davranış olursa, daha ciddi kaza olasılığı da o kadar artar. Daha ciddi kazaların daha fazla kaybı olacaktır. Önleyici faaliyetler, güvenlik performansının artırılmasına yönelik reaktif faaliyetlerden daha etkilidir.
- m) Güvenlik uygulamaları, güvenlik taahhüdünün önemli bir belirleyicisi olarak, çalışan tutum ve davranışlarıdır. Güvenlik uygulamaları, çalışan katılımının, olay raporlamanın ve geri bildirim, risk ve kaza seviyesini azaltmakta önemli bir faktör olduğunu göstermektedir.

- n) Program gecikmeleri, yasal zorunluluklar ve gider maliyeti güvenlik söz konusu olduğunda güvenlik ve üretim baskısı arasındaki dengeyi korumak için üst yönetim dinamik davranış sergiler. Program gecikmeleri nedeniyle, özellikle üretim baskısı yüksek olduğunda, bazen güvenlik ve üretim işleri çatışır. Güvenliğe odaklanma, üretim baskısından da etkilenecektir.
- o) Çok yoğun bir üretim programında güvenlik konularına odaklanmak için çok az zaman olacaktır. Bir kuruluşun birinci önceliği olarak baskıya yanıt vermesi doğal olsa da, güvenliği birinci öncelik haline getirmek başta yönetimin rolü olmalıdır (Cooke 2003). Üretim hedefi, yönetim çabalarıyla geçici olarak yakalanabilse de, üretim baskısının varlığında güvensiz davranışların talere edilebileceğine dair düşünce sebebiyle verimlilik adına daha güvensiz davranışların gerçekleşmesi ise kaçınılmazdır. Artan olaylarla birlikte, üretim deki program gecikmesi ve zaman kaybı nedeniyle üretim baskısı yükselir ve bu da çalışanların güvenliğini ve sağlığını daha da tehdit eden bir kısır döngüyü tetikleyecektir. Cooke (2003).
- p) Özellikle, üretime yapılan vurgu, yönetimin güvenliğe olan bağlılığının azalması ya da iş yükünün artması (üretimin – iş yükü etkisi) yoluyla üretimin talebinin daha da artması ile sonuçlanabilir. Sonuç olarak, üretim taleplerindeki artışlar, olayların ve tehlikelerin katlanarak büyümesine neden olabilir. Üretim baskısını sınırlayarak güvenliği yüksek bir öncelik haline getirmenin kazaları önlemeye ve kaza sonucunda oluşacak olumsuz etkinin azaltılmasına yönelik açık ara en yüksek kaldıraç noktası olduğudur.
- q) Güvenlik eksikliğinden kaynaklanan program gecikmesi sonucundaki zaman kaybının ve fahiş maliyet giderlerinin etkin bir planlama ve finansman ile önlenebileceğini göstermiştir. Ayrıca, güvenlik konularına aşina insan kaynaklarının yetiştirilmesi ve istihdam edilmesi ile önemli miktarda hasar ve kaza önenebilir.
- r) Güvenlik ve üretim arasındaki ilişki söz konusu olduğunda, genel varsayım her zaman yüksek verimliliğin güvenlik pahasına olduğudur. Ancak, politika uygulama testi yoluyla elde edilen sonuç, güvenlik ve üretimin aslında birbirini destekleyebileceğini göstermektedir ki bu, araştırmacılar tarafından da vurgulanmaktadır (Reid ve diğerleri 2008; Salminen ve Saari 1995).
- s) Program gecikmesi ve üretim talebi değişkeninin güvenlik üzerindeki üretim baskısı, kaza oranı değişkeni ve verimlilik kayıpları nedeniyle yönetimin

güvenlik taahhüdü değişir. Yönetimin güvenlik taahhüdünün azalması, doğrudan ve dolaylı olarak kaza oranının artmasına neden olur. Yönetim taahhüdü azalır, projede güvensiz koşullar ortaya çıkar. Öte yandan, yönetimin güvenliğe olan bağlılığının azalmasıyla birlikte, bireysel güvenliğe olan bağlılığı da düşer ve bu da daha güvenli olmayan davranışlarla sonuçlanır. Her ikisi de kaza oranının artmasına neden olur.

- t) Bununla birlikte, kaza oranının artması ve buna bağlı olarak kayıpların artması, yönetimin kazaları kontrol etmesi için daha fazla baskı yapmasına neden olmakta ve bu da yönetimin güvenliğe bağlılığının artmasına neden olmaktadır. Güvenliğin birinci öncelik olmasıyla olaylar azaltılacak, üretim de program gecikmesi olmayacak ve nihayetinde üretim performansı iyileştirilecektir.
- u) Bununla birlikte, güvenlik performansı, yönetimin güvenliğe olan bağlılığına bağlıdır. Başka bir deyişle, yönetimin güvenliğe taahhüdü düşükse, düzeltici faaliyetler şüphesiz gerçekleştirilmeyecektir ve güvenlik performansı düşecektir. Yönetim taahhüdü artarsa, güvenlik denetimleri daha fazla sayıda gerçekleşir. Sonuç olarak, bireysel güvenliğe bağlılık artar ve çalışanlar daha az güvensiz davranış sergiler. Sonuç olarak, kaza oranı düşer. Kaza oranının azaltılması, yönetim üzerindeki baskının azalmasına yol açar.
- v) Yönetim, çalışanları herhangi bir olayı etkin bir şekilde yerinde bildirmeye, çalışanların tehlike tanımlamasına katılımını teşvik etmeye ve bu arada çalışanların beceri ve yeteneklerini geliştirmeye teşvik eden bir güvenlik ortamı oluşturmalıdır. Yönetim ayrıca organizasyonun emniyet yetkinliğini artırmak için bir dizi girişim başlatmalıdır. Güvenlik eğitimi, çalışanların güvenlik bilincini ve bilgilerini geliştirmek için gereklidir; güvenlik kaynaklarının yeterliliği, yerinde yeterli ve uygun ekipman ve tesislerin temini için esastır; ve faaliyetlerin düzgün çalışması ve kaynakların normal çalışması için sağlam bir güvenlik yönetim sistemi şarttır.
- w) Düşük seviyede çalışan katılımı, kurumsal organizasyon seviyelerini (en azından güvenlikle ilgili olanları) etkiler ve daha kötü bir bilgi toplamaya ve dolayısıyla önleme politikasının azalmasına yol açar. Sonuç, ciddi kazaların artmasına ve dolayısıyla refah kaybına yol açar. Artan güvenlik kültürünün dayandığı temel, çalışanların (ve özellikle temsilcilerinin) İSG ile ilgili konularda aktif katılımı ile sağlanabileceğidir.

- x) Eğitim, öğrenme, kültür ve güvenli davranış yoluyla birçok yönden güçlü bir araçtır: örneğin, daha fazla eğitilmiş personel daha iyi bir işleme, daha fazla güvenlik kazanımı, daha fazla refah ve daha az (ve daha az ciddi) kazaya yol açar. Çalışan katılımı ne kadar çok olursa eğitimin etkisi o kadar fazla olacaktır.
- y) Daha fazla kaynağın tahsisi, daha fazla eğitimin yanı sıra yeni güvenlik önlemlerinin geliştirilmesi için zemin sağlar. Yeni güvenlik önlemlerinin geliştirilmesinin de teknolojinin mevcudiyetine bağlı olduğu unutulmamalıdır.
- z) Yeni güvenlik önlemlerinin eğitimi ve geliştirilmesi, güvenlik yetkinliğini artırmakta ve bu da güvenlik kültürünü artırmakta sonucunda kaza sayısı azalmaktadır. Güvenlik yetkinliğini artırmak zaman alan bir hedeftir.
- aa) Bu arada, yönetimin güvenlik üzerine yoğun bir şekilde odaklanması, güvenlik kültürünü iyileştirebilir odaklanmak mevcut durum ile hedef durum arasındaki boşluğu kapatabilir.
- bb) Bir kazanın meydana gelmesi, mevcut güvenlik önlemlerine olan güveni azaltır. Bu koşullar, mevcut güvenlik önlemlerini kullanma motivasyonunun azalmasına ve dolayısıyla tehlike tanımlama ve risk değerlendirmesinin azalmasına yol açar. Tehlike tanımlama ve risk değerlendirmesinin ve olay raporlamanın yetersizliği güvenlik konularının ele alınmamasına yol açar ve sonuç olarak tüm bunlar daha yüksek risk seviyesinin oluşumuna sebep olur. Önemli olan nokta, iletişim kanallarının raporlamanın ana araçları olmasıdır, bu nedenle bu kanalların iyileştirilmesi tehlike raporlamanın durumunu iyileştirebilir. Ayrıca, bildirilen tehlikelerin ortadan kaldırılması, mevcut emniyet kaynaklarının durumuna bağlıdır. Şüphesiz artan kaza riski, artan kaza oranı ile doğrudan ilişkilidir.
- cc) Kazaların ve kayıpların artması, yönetimin kazaları kontrol etmesi için daha fazla güvenlik baskı yapmasına neden olur. Bu nedenle, yönetimin güvenliğe olan bağlılığı artar ve bu da daha az güvensiz durum ve davranışın meydana gelmesine neden olur. Bu sayede daha az olay ve risk gerçekleşir. Riskleri ortadan kaldırmak ve güvenliği artırmak için daha fazla güvenlik uygulaması gerçekleşir, bu da sonuç olarak, kaza sayıları ve maliyetlerinde azalmaya yol açar. Kazalar ve kayıplar arttıkça, yönetimin güvenliğe olan bağlılığı artar. Bu nedenle, güvenlik denetimleri daha iyi ve daha ciddi hale gelir. Böylece,

daha güvenli davranış ve daha düşük kaza oranıyla sonuçlanan güvenliğe bireysel bağlılık artar. Öte yandan, güvenlik denetimlerinin artmasıyla, daha fazla risk tanımlanır ve riskleri ortadan kaldırmak için daha fazla düzeltici faaliyet yapılır ve sonuçta kaza oranında bir azalmaya yol açar.

dd) Kişisel güvenlik taahhüdü ise, aşağıdaki değişkenlerin baskısı nedeniyle zaman içinde değişir: yönetimin güvenliğe taahhüdü, deneyim, kaza oranı, güvenlik denetimleri, verimlilik kayıpları ve gider maliyetlerindeki artış. Yönetim hatası veya aşırı gecikme, olay oranını artırabilir ve hatta ciddi kazalara neden olabilir. Yönetim taahhüdünde biraz gevşeklik, çalışanların güvenlik konusundaki kişisel taahhütlerini azaltmaları için kötü bir sinyal olabilir.

ee) Bireysel güvenliğe bağlılık düşerse, kaza oranı yükselir ve kaza oranı normalden fazla olursa, çalışanlar kendilerini tehdit altında hissedecektir. Bireysel güvenliğe olan bağlılığın azalması durumunda kayıplar artacaktır.

ff) Kayıp miktarı, kabul edilebilir miktarı aşarsa, güvenlik uygulamaları ve insan kaynağı uygulamaları artarak güvenlik odağı artırılarak risk seviyesi düşürülecektir.

gg) Bir üretim organizasyonunda artan bir bağlılığı göstermenin bir yöntemi, yönetimin organizasyonun üretim süreçlerini bilmesi ve anlaması olabilir. Üretim sürecini bilmek, eldeki sorun için düzeltici önlemler almak için güvenli olmayan çalışma koşullarını, güvenli olmayan ekipmanı/makineyi ve güvenli olmayan eylemleri/davranışları belirlemede yönetime yardımcı olmalıdır. Yönetim tarafından yapılan bu tür eylemler, kişisel bağlılığı ve katılımı yansıtmakta ve bu da çalışan düzeyindeki sonuçları etkiliyor gibi görünmektedir. Bu çalışmada sunulan model uygulandığında, diğer faktörlere kıyasla yönetimin güvenliğe olan bağlılığının güvenlik operasyonu üzerinde oldukça etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, bir kuruluşun güvenlik konusunda üst düzey bir yönetim taahhüdüne öncülük etmesi önemlidir. Üzerinde sorun varsa, kuruluş da bu konuda yetkin olduğunu kanıtlamalıdır.

Sonuç olarak, organizasyonun emniyet performansını iyileştirmek için, emniyet kültürünün temel değişkenleri arasında üst yönetimin taahhüdü, emniyet yöneticisi taahhüdü, işçi taahhüdü, güvenlik yöneticisinin yetkinliği, işçi bilgisi ve

deneyimi, işçi yetkilendirmesi, güvenlik iletişimi, güvenlik teşvik programı, olay raporlama sistemi ve bakım onarım tertip ve düzendir. Kuruluşların yüksek düzeyde çalışan eğitimini sürdürmesi ve çalışma ortamının kalitesiyle ilgili olarak sürekli bir iyileştirme süreci uygulaması gerektiğini göstermektedir.

Güvenlik ve sağlığın istenilen seviyeye ulaşması için sağlık ve güvenlik sistemi geliştirilmelidir. Ayrıca sahadaki düzeltici faaliyetlerin performansının, kazaların sayı ve şiddetinin ve bunların göreceli kayıplarının azaltılmasında oldukça etkilileri sunulmuştur. Yöneticileri, düzeltici eylemleri gerçekleştirmek için güvenlik incelemesi ve kaza incelemelerinden öğrendiklerini uygularlarsa, kuruluşun güvenliğini önemli ölçüde artırabilirler. Düzeltici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi, sadece yüksek kayıplı kazaları önlemekle kalmaz, aynı zamanda işin bir parçası olduğu varsayılan kazaları da önler. Güvenlik uygulama kararlarında zaman gecikmesi ve geri besleme etkisinin dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır. Yönetim taahhüdü ve liderlik, yaralanma/hastalığın önlenmesinde sürdürülebilir sonuçlara ulaşmada fark yaratabilir Kaza neden zincirindeki bileşenlere ve ilk olaylara odaklanan geleneksel yönetim dışında, yönetici, iş kazalarını önlemek için karar verirken zaman gecikmesi ve geri bildirim etkisinin dikkate alınması gereken sistem kazalarına daha fazla dikkat etmelidir.

Yönetim, çalışanlar için bir güvenlik liderliği rol modeli olarak hareket eder. Yönetim, sözleri ve eylemleriyle güvenliğe bir bağlılık gösterirse, bu, sonunda, çalışanlar adına daha yüksek bir Emniyet Kişisel Taahhüdüne dönüşecektir.

Yönetimin güvenlik taahhüdü arttığında kişisel güvenlik taahhüdü de artar. Yönetimin Emniyet Taahhüdünü güçlendirmek için daha yüksek Emniyet Baskısına yol açar. Bu, iç geri bildirim döngüsü aracılığıyla daha az Riskli Davranışa yol açarak daha düşük Kayıplara ve daha az Verimlilik Basıncına neden olur. Daha az üretkenlik baskısı, yönetimin güvenliğe odaklanmasını sağlar. Ancak araştırmalar, olayların tipik olarak rapor edilmediğini Olayları bildirmeme nedenleri arasında ceza korkusu, bürokratik veya kafa karıştırıcı raporlama gereksinimleri veya oldukça basit bir şekilde iş akışını kesintiye uğratmama isteği sayılabilir. Kişisel Güvenlik Taahhüdü için dinamik yapı, Yönetimin Güvenlik Taahhüdü ile aynıdır ve Verimlilik Baskısı her ikisini de etkiler. Ayrıca bu politikalardan hem güvenlik kültürü hem de insan kaynakları yönetiminin kaza sayısını azaltmada önemli etkileri olmakla birlikte, uzun vadeli bir bakış açısıyla güvenlik kültürü en etkili olanıdır. Kuruluşlar,

tek bir "kök neden" bulmak yerine, genel iş sistemi bağlamında bir olayın nedensel yapısını belirlemeye odaklanmalıdır. Kuruluşlar, olayların raporlanmasını ve düzeltici faaliyetlerin uygulanmasını teşvik eden bir ödül sistemi uygulamalıdır. Kuruluşlar, riskini azaltmak için olay öğrenme sistemine çalışan katılımını en üst düzeye çıkarmalıdır. Olay öğrenme sürecine çalışanların katılımı, yalnızca olay öğrenme sisteminin etkinliğini artırmakla kalmayacak, aynı zamanda mevcut zihinsel güvenlik modellerine meydan okuyarak katılımcının işyeri riskleri algısını da iyileştirecektir. Yönetim, yönetimin ve kişisel güvenlik ve olay öğrenme taahhüdünü ölçmek için geri bildirim araçlarını kullanmalıdır. Anket ve geri bildirim bilgileri, olay raporlamasına proaktif bir öğrenme yanıtını teşvik etmek için politika ve prosedürlerin tasarlanması ve uygulanmasında faydalı olabilir.

Önerilen model ve yaklaşımın başlıca avantajları;

- a) Önerilen model, mevcut araştırmalara, ek olarak endüstrilerindeki güvenlik kültürünün kazalar ve kaza sonucunda oluşan olumsuz etkilerin insan kaynağı, kaza maliyeti ve verimlilik üzerindeki etkileri konusunda benzer araştırmalar ve davranışsal deneyler yapılmasına yardımcı olabilecektir.
- b) Gelecek çalışmalarda kuruluşlar kendi emniyet yönetimi modellerini oluşturabilir ve bunları daha fazla iyileştirme için araçlar olarak kullanabilir. Organizasyon yapısındaki nedensel ilişkiler için daha fazla veri üretilene kadar, önerilen sistem dinamiği modellerinin ampirik doğrulamalarını denemek o kadar kolay olacaktır. Modelin performansını en üst düzeye çıkarmak için güvenli olmayan davranışları önlemek ve düzeltmek için en iyi çözümü keşfetmek için çeşitli senaryolarının simülasyonu için bir temel olarak kullanılabilir
- c) SD'nin bir araç olarak kullanılması, karar vericiler açısından görevle ilgili kazaların ve bunların görülme oranlarının farkında olmalarına yardımcı olur ve yöneticilerin problemi daha iyi anlamalarını teşvik edecektir.
- d) İşletmelerin sistemin uzun vadede göstereceği davranışa bütünsel bakmalarına ve politika geliştirmelerine yardımcı olacaktır.
- e) Aynı zamanda önerilen modele farklı modüller eklenerek, yeni model genişletilmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede SD yaklaşımı, yönetimin sistem için maliyetli olan değişkenlerin davranışlarını izlemesine olanak tanıyacaktır.

Bu çalışma ile ortaya konulan modelin geliştirilmesi yönüyle iş kazalarını önlemek, güvenlik performansını ve güvenlik kültürünü etkileyen nedensel faktörleri düzeltmek ve en iyi çözümü keşfetmek için farklı senaryolarının hazırlanması durumunda çalışmamız bir temel olarak da kullanılabilir. Nedensel yapı yeniden tasarlanarak, yeni kaldıraç noktaları ve kritik yönetim stratejileri belirlenebilir. Gelecekteki araştırmalar, diğer güvenlik modellerini oluşturmak için modeli farklı stok ve akış modelleri kullanarak geliştirebilirler.

Çalışmamızdan elde edilecek verilerin kullanılması ve kendi organizasyon yapısına uyumlaştırılması halinde kuruluşlar kendi güvenlik yönetimi modellerini oluşturabilir ve bunları daha fazla iyileştirme için araç olarak kullanabilir.



KAYNAKLAR

- Abdelbari, H., Elsayah, S. & Shafi, K.** (2015). Model Learning Using Genetic Programming Under Full And Partial System Information Conditions, 33rd International Conference of the System Dynamics Society, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Aksorn, T. & Hadikusumo, B.H.W.** (2007). The Unsafe Acts and the Desicionto-Err Factors of Thai Construction Workers, Journal of Construction in Developing Countries, Vol.12, No:1.
- Aksorn, T. & Hadikusumo, B.H.W.** (2008). Critical success factors influencing safety program performance in Thai construction projects, Safety Science, Vol. 46 No. 4, pp. 709-727, available at: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2007.06.006>
- Albin, S.** (1997, June 30). <https://ocw.mit.edu>: <https://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-dynamics-self-study-fall-1998-spring-1999/readings/building.pdf> 20.04.2024 Ankara).
- Arnold, R.D. & Wade, J.P.** (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. Procedia Computer Science, 44, 669–678.
- Arpat, B.** (2015). İş güvenliği kültürünün iş kazalarına etkileri: Metal sektörü-Denizli İli Örneği. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Anabilim Dalı, Sakarya.
- Arpat, B., Yeşil, Y. & Öter, N.S.** (2014). Tekstil Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimleri Hakkında Çalışan Algıları ve Farkındalığı: Denizli İli Örneği, The Journal of Academic Social Science, Yıl:2, Sayı:8, Aralık-2014, ss:281-318.
- Ayanoğlu, M. & Gökçe, M.** (2007). Sistem Düşüncesinden Sistem Dinamiklerine, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, (3) 29-41.
- Azizi, B.L., Bastan, M. & Ahamdvand, A.M.** (2017). Occupational Health and Safety Management System Development: A Qualitative System Dynamics Approach. in The 13th International Conference on Industrial Engineering (IIEC 2017). Babolsar, Iran: Mazandaran University of Science and Technology.
- Bala, B.K., Arshad, F.M & Noh, M.K.** (2014). System Dinamics Modeling And Simulation. (S. Nature, Dü.) Springer Texts in Business and Economics. ISBN 978-981-10-2043-8 ISBN 978-981-10-2045-2 (eBook). ISSN 2192-4333 ISSN 2192-4341 (electronic) Gateway East, Singapore. DOI 10.1007/978-981-10-2045-2.
- Barlas, Y. & Yaşarcan, H.** (2008). A Comprehensive Model of Goal Dynamics in Organizations: Setting, Evaluation and Revision, Complex Decision

Making: Theory and Practice, ed. Hassan Quadrat-Ullah, J. Michael Spector and Pal I. Davidsen, Springer-Verlag.

- Barlas, Y.** (1989). Multiple Tests for Validation of System Dynamics Type of Simulation Models, *European Journal of Operational Research*, 42(1): 59-87.
- Barlas, Y.** (1994). Model Validation in System Dynamics, The 12th International Conference of the System Dynamics Society Stirling, Scotland.
- Barlas, Y.** (1996). Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics. *System Dynamic Review*. 12(3), 183-2010.
- Barlas, Y.** (2015). Sistem Kuramı, Sistem Dinamiği Yöntemi ve Sürdürülebilirlik, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği (YAEM) 35. Ulusal Kongresi, Ankara.
- Bayrakta, B.** (2020). Maden İş Kazalarının Sağlık Analizi Yöntemiyle Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Bekar, İ., Oruç, D. & Bekar, E.** (2017). İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Maliyeti (2005-2014), *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 3(3), 479-489.
- Benner, L.** (1979). Crash Theories and the Implications for Research, <http://www.ludwigbenner.org/papers/AAAM.html> 25.02.2024.
- Boukas, D. & Kontogiannis, T.** (2019). A system dynamics approach in modeling organizational tradeoffs in safety management., *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, cilt 29 (5), pp. 389-404.
- Bouloiz, H., Garbolino, E., Tkiouat, M., & Guarnieri, F.** (2013). A system dynamics model for behavioral analysis of safety conditions in a chemical storage unit. *Safety Science*, 5, 32–40.
- Campuzano, F. & Mula, J.** (2011). *Supply Chain Simulation*, London: Springer-Verlag.
- Ceylan, H., Kaplan, A. & Bekar, M.** (2022). High-Risky Sectors in Terms of Work Accidents in Turkey. *International Journal of Engineering Research and Development*, 14 (1), 45-57.
- Chan, E.** (2012). A Safety Culture In Construction Business. *Journal of Research in International Business and Management*. 2.13, 335-340.
- Choudhry, R.M., Fang, D. & Mohamed, S.** (2007). The nature of safety culture: A survey of the state-of-the-art, *Safety Science*, 45, 993–1012.
- Colling, D. A.** (1990). *Industrial Safety: Management & Technology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Cooke, D.L. & Rohleder, T.R.** (2006). Learning from incidents: from normal accidents to high reliability. *System Dynamics Review*, 22(3): p. 213-239.
- Cooke, D.L.** (2003). A system dynamics analysis of the Westray mine disaster. *System Dynamics Review*, 19(2), 139–166.

- Cooper, D.M.** (2000). Towards A Model of Safety Culture, *Safety Science*, 36, 111–136.
- Cooper, M.D. & R.A. Phillips** (2004). Exploratory Analysis of the Safety Climate and Safety Behavior Relationship. *Journal of Safety Research*. 35, 497-512.
- Cooper, M.D.** (2002). Safety Culture – A Model of Understanding & Quantifying a Difficult Concept, *Professional Safety*, June-2002, ss: 30-36.
- Cox, S. J. & A.J. Cheyne** (2000). Assesing Safety Culture in Offshore Environments. *Safety Science*. 34.111-129.
- Coyle, R.G.** (1996). *System Dynamics Modelling: A Practical Approach*. Chapman & Hall.London. United Kingdom.
- Coyle, R.G.** (1996). *Systems Dynamics Modeling*, Chapman & Hall, London.
- Çelik, M.** (2021). Sistem Dinamikleri Yaklaşımı İle Biyoenerji Kaynak Kullanımındaki Artışların Gıda Güvenliği, Enerji Güvenliği ve Çevre Üzerine Etkileri Türkiye Örneği Yayınlanmamış Doktora Tezi. Hasan Kalyoncu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı İktisat Doktora Programı
- Demir, Ş.** (2009). TTK Tasarısı'nın Sigorta Sözleşmesinin Hükümlerine İlişkin Maddeleri ile Getirilen Düzenlemelerin Değerlendirmesi, *Türkiye Barolar Birliği Dergisi*, 0(84), 319-346.
- Demirbilek, T.** (2005). *İş Güvenliği Kültürü*. İzmir: Legal Yayıncılık.
- Dizdar, E.** (2001). Kaza Sebeplendirme Yaklaşımları. *Türk Tabipler Birliği, Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, 2 (7), 26-31.
- Dursun, S.** (2011). Güvenlik Kültürünün Güvenlik Performansı Üzerine Etkisine Yönelik Bir Uygulama, *Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Anabilim Dalı Yönetim ve Çalışma Psikolojisi Bilim Dalı (Yayınlanmamış Doktora Tezi)*, Bursa.
- Dursun, S.** (2012). *İş Güvenliği Kültürü – Kavram, Modeller, Uygulama*, Beta Yayınevi, Yayın No: 2668, İstanbul.
- Erdem, Ü.** (2001). İş Kazası İstatistikleri, *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 1(3), 2-6.
- Erdoğan, E. & Genç, K.G.** (2018). İş sağlığı ve güvenliği kültürünün önemi. In 5 th International Congress on Political, Economic and Social Studies (ICPESS) (No. s.310), Niğde, Türkiye, 26-29 October.
- Erkut, H.** (1995). *Sistem Yönetimi Yönetim Bilimleri Dizisi: 4*, İrfan Yayınları, İstanbul.
- EUROSTAT** (2009). European statistics on accidents at work (ESAW). 01 Ekim 2021, <http://europa.eu.int/comm/eurostat>.
- Fishwick, P.A.** (2007). *Handbook of Dynamic System Modelling*, Chapman & Hall / CRC, Boca Raton.
- Fleming, M.** (2001). *Safety Culture Maturity Model*, Offshore Technology Report 2000/049, Health and Safety Executive.

- Flood R.L. & Jackson M.C.** (1991). *Creative Problem Solving: Total Systems Intervention*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Ford A.** (1999). *Modeling the Environment: An Introduction to System Dynamics Modeling of Environmental Systems*, Island Press: Washington, DC.
- Forrester, J. W.** (1961). *Industrial Dynamics*. MIT Press, Cambridge MA, USA.
- Forrester, J.W. & Senge P.M.** (1980). Tests For Building Confidence In System Dynamic Models, *TIMS Studies in the Management Sciences* 14, 209-228, North-Holland Publishing Company
- Forrester, J.W.** (1962). *Industrial Dynamics*, Waltham, MA: Pegasus Communications.
- Forrester, J.W.** (1971). *Principles Of Systems*, Second Edition, Wright Allen Press, Cambridge.
- Forrester, J.W.** (1975). *Collected Papers Of Jay W. Forrester*, Wright Allen Press, Cambridge.
- Forrester, J.W.** (1977). Growth Cycles, *De Economist*, 125, Number: 4.
- Forrester, J.W.** (2007). System dynamics – a personal view of the first fifty years, *System Dynamics Review*, Vol. 23 Nos 2-3, pp. 345-358, available at: <https://doi.org/10.1002/sdr>
- Gang, H., Guo-tong, Q. & Tian-bo, L.** (2012). Systematic analysis of impact factors and level of coal miners' safety behavior. *Journal of Business Management and Economics*, 3(4), 142–146.
- Gao, R., Chan, A.P.C., Utama, W.P. & Zahoor, H.** (2016). Multilevel safety climate and safety performance in the construction industry: development and validation of a top-down mechanism, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 13 No. 11, p. 1100, available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph13111100>
- Geller, E.S.** (1994). Ten Principles for Achieving a Total Safety Culture, *Professional Safety*, 39(9), 18–24.
- Glendon, A.I. & Stanton, N.A.** (2000). Perspectives On Safety Culture, *Safety Science*. 34, 93-214.
- Goetsch, D.L.** (2011). *Occupational Safety and Health for Technologists, Engineers and Managers*, Seventh Edition.
- Goh, Y., Love, P.E., Stagbouer, G., & Annesley, C.J.** (2012). Dynamics of safety performance and culture: a group model building approach. *Accident; analysis and prevention*, 48, 118-25.
- Goh, Y.M., Brown, H. & Spickett, J.** (2010a). Applying systems thinking concepts in the analysis of major incidents and safety culture. *Safety Science* 48, 302–309.
- Goh, Y.M., Love, P.E. & Lo, D.** (2010). System Dynamics Analysis of Organizational Accidents: A Review of Current Approaches. in *The 28th International Conference of The System Dynamics Society*

- Goh, Y.M., Love, P.E.D., Brown, H. & Spickett, J.** (2012). Organizational accidents: A systemic model of production versus protection. *Journal of Management Studies*, 49(1), 52–76.
- Guldenmund F.W.** (2000). The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research, *Safety Science*, 34, 215–257
- Gunningham, N.** (1999). *Ceo and Supervisor Drivers: Review of Literature and Current Practice*, Canberra: National Occupational Health on Safety Commision Publications.
- Guo, B., Wing Yiu, T. & González, V.A.** (2015). Identifying behavior patterns of construction safety using system archetypes. *Accident Analysis & Prevention*, 80, 125–141.
- Gülhan, B.** (2008). Bir Ağır Metal Üretim Fabrikasında Çalışanların İş Kazası Geçirme Sıklığı ve İlişkili Etmenler, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Gürcanlı, G. E.** (2006). İnşaat şantiyelerinde bulanık kümeler yardımıyla iş güvenliği risk analizi yöntemi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 322s.
- Hall, E.M., Blair, E.H., Smith S.M. & Gorski, J.D.** (2013). Development of a Theory-Based Safety Climate Instrument. *Journal of Safety, Health & Environment Research*. 9.1, 58-69.
- Hamid, R.A., Majid, M.Z.A. & Singh, B.** (2008). Causes Of Accidents At Construction Sites. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 20.2, 242 - 259.
- Han, S., Lee, S. & Peña-Mora, F.** (2010). System dynamics modeling of a safety culture based on resilience engineering. In *Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice*.
- Han, S., Saba, F., Lee, S., Mohamed, Y. & Peña-Mora, F.** (2014). Toward an understanding of the impact of production pressure on safety performance in construction operations, *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 68, July, pp. 106-116, available at: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.10.007>
- Harvey, J., Erdos, G., Bolam, H., Cox, M.A., Kennedy, J. N. & Gregory D.T.** (2002). An Analysis of Safety Culture Attitudes in a Highly Regulated Environment, *International Journal of Work, Health & Organisations*. 16.1, 18-36.
- Heinrich, H.W.** (1941) *Industrial Accident Prevantion A Scientific Approach*, London: Mc Graw Hill Book Co.
- Herrera, H.** (2014). Integrating System Dynamics With Traditional Management Tools: A Case Study In The Apparel Industry, 32nd International Conference of the System Dynamics Society, Delft, Netherlands.
- Hosseinian, S.S. & Torghabeh, Z.J.** (2012). Major Theories of Construction Accident Causation Models: A Literature Review. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*. 4.2, 53-66.

- Hughes, P. & Ferrett, E.** (2008). Introduction to Health and Safety in Construction, Third Edition, Elsevier, UK.
- IAEA.** (2002). Safety Culture in Nuclear Installations: Guidance for Use in The Enhancement of Safety Culture, IAEA-TECDOC-1329, Vienna.
- ILO** (1998). Resolution concerning statistics of occupational injuries (resulting from occupational accidents), 16th International Conference of Labour Statisticians. 15 Ekim 2021, https://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/standards-and-guidelines/resolutions-adopted-by-international-conferences-of-labour-statisticians/WCMS_087528/lang--en/index.htm.
- International Civil Aviation Organization** (2013). Safety Management Manual (SMM), Third Edition: Approved by the Secretary General and Published Under His Authority.
- International Labour Organization.** (1983). Encyclopaedia of Occupational Safety and Health, Geneva,
- İşler, M.C.** (2013). İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimleri ile Güvenlik Kültürünün İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Önlenmesindeki Etkisi. İş Müfettişi Yardımcılığı Etüdü, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, Ankara.
- Jiang, Z., Fang, D. & Zhang, M.** (2014). Understanding the causation of construction workers' unsafe behaviors based on system dynamics modeling, Journal of Management in Engineering, Vol. 31 No. 6, p. 04014099, available at: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000350](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000350)
- Jiang, Z., Fang, D. & Zhang, M.** (2015). Understanding the causation of construction workers' unsafe behaviors based on system Dynamics modeling. Journal of Construction Engineering & Management, 14, 1–14.
- Jitwasinkul, B. & Hadikusumo, B.H.W.** (2011). Identification of important organisational factors influencing safety work behaviours in construction projects, Journal of Civil Engineering and Management, Vol. 17 No. 4, pp. 520-528, available at: <https://doi.org/10.3846/13923730.2011.604538>
- Jovanovic, J., Arandelovic, M. & Jovanovic, M.** (2004). Multidisciplinary Aspects of Occupational Accidents and Injuries. Working and Living Environmental Protection. 2.4, 325-333.
- Kalkan, D.** (2000). Yapılandırılmamış Modellere Yeni Bir Yaklaşım: Otogaz Pazarı Örneği, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kanten, S.** (2013). The Relationships Among Working Conditions, Safe Climate, Safe Behaviors and Occupational Accidents: An Empirical Research on the Marble Workers, The Macrotheme Review. 2.4, 173-182.
- Kanten, S.** (2018). İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Karaboğa, Ö.** (2014). Metal Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Fayda-Maliyet Açısından İncelenmesi. Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Karcioğlu, F.** (2001). Örgüt Kültürü ve Örgüt İklimi İlişkisi. Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi. 15.2, 265-283.
- Kılıç, İ.** (2014). İş Sağlığı ve Güvenliği, Bursa: Dora Basım Yayın Dağıtım.
- Kirkwood Craig, W.** (1998). System Dynamics Methods: A Quick Introduction, College Of Business Arizona State University.
- Kim, Y.G., Lee, S.M. & Seong, P.H.** (2017). A methodology for a quantitative assessment of Safety culture in NPPs based on Bayesian networks, Annals of Nuclear Energy, Vol. 102, April, pp. 23-36, available at: <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2016.08.023>
- Koçak, D.** (2021). Güvenlik Kültüründe Yeni Bir Yaklaşım: Güvenlik Koçluğu. OHS Academy, 4(1), 92-112.
- Koçali, K.** (2021). Sosyal Güvenlik Kurumu'nun 2012-2020 Yılları Arası İş Kazaları Göstergelerinin Standardizasyonu. Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 12(2), 302-327. <https://doi.org/10.54688/ayd.1012081>
- Kontogiannis, T.** (2011). A systems perspective of managing error recovery and tactical re-planning of operating teams in safety critical domains. Journal of Safety Research, 42, 73–85.
- Kontogiannis, T.** (2012). Modeling patterns of breakdown (or archetypes) of human and organizational processes in accidents using system dynamics. Safety Science, 50, 931–944.
- Köse, S., Tetik, S., & Ercan, C.** (2001). Örgüt Kültürünü Oluşturan Faktörler. Yönetim Ve Ekonomi Dergisi, 8(1), 219-242.
- Lee, T.** (1998). Assessment of Safety Culture at A Nuclear Reprocessing Plant, Work and Stress. 12, 217-237.
- Leveson, N.G.** (2010). Applying systems thinking to analyze and learn from events. Safety Science In Press, Corrected Proof
- Loushine, T.W., Hoonakker, P.L.T., Carayon, P. & Smith, M.J.** (2006). Quality and Safety management in construction, Total Quality Management and Business Excellence, Vol. 17 No. 9, pp. 1171-1212, available at: <https://doi.org/10.1080/14783360600750469>
- Lyneis, J. & Madnick, S.** (2008). Preventing accidents and building a culture of safety: insights from a simulation model
- Lyneis, J. & Madnick, S.** (2009). Preventing accidents and building a culture of safety: Insights from a simulation model (Working Paper WSD-WP-2009 -2); Engineering Systems Division. Massachusetts Institute of Technology.
- Maani, K.E. & Cavana, R.Y.** (2007). Systems Thinking And Modelling Understanding Change and Complexity, Pearson Education, New Zealand.
- Manuele, F.A.** (2003). On the Practice of Safety, Third Edition, A John Wiley & Sons, Inc., Publication. 7.1, 119-242.
- Marais, K., Saleh, J.H. & Leveson, N.G.** (2006). Archetypes for organizational safety. Safety Science, 44, 565–582.

- Mckinnon, R.C.** (2014). *Changing the Workplace Safety Culture*. New York: CRC Press
- Meadows, D., Randers, J. & Meadows, D.** (2006). *Limits To Growth*, Bath Press, London, UK.
- Mohammadi, A. & Tavakolan, M.** (2019). Modeling the effects of production pressure on safety performance in construction projects using system dynamics, *Journal of Safety Research*, pp. 273-284.
- Moizer, J.D.** (1999). System dynamics modelling of occupational safety: a case study approach.
- Morecroft, J.D.W. & Sterman, J.D.** (1994). *Modelling For Learning Organizations*, Productivity Press, Portland, OR.
- Muniz, B.F., Peon, J.M.M. & Ordas, C.J.V.** (2007). Safety Culture: Analysis of The Causal Relationships Between Its Key Dimensions, *Journal of Safety Research*, 38, 627–641.
- Müngen, U.** (2013). İş Güvenliği Ders Notları, İTÜ Sürekli Eğitim Merkezi, İstanbul.
- Nardo, D., Madonna, M., Murino, M. & Castagna, F.** (2020). Modelling a safety management system using system dynamics at the bhopal incident. <https://doi:10.3390/app10030903>, *Applied Sciences*, 10(3), pp. 1-13.
- Nasirzadeh, F., Afshar, A. & Khanzadi, M.** (2008). System dynamics approach for construction risk analysis. *international journal of civil engineering*, 2008. 6(2): p. 120-131.
- Neal, A., Griffin, M. & Hart, P.** (2000). The impact of organizational climate on safety climate and individual behavior, *Safety Science*, Vol. 34 Nos 1-3, pp. 99-109, available at: [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00008-4](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00008-4)
- O'Donnell, O. & Boyle, R.** (2008). *Understanding and Managing Organisational Culture*. CPMR Discussion Paper. Dublin: Institute of Public Administration
- Ocaktan, M.E.** (2009). Bir Otomotiv Fabrikasında Güvenlik Kültürünün Değerlendirilmesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Ofluoğlu, G. & Uysal, F.** (2000). İş Kazaları ve Meslek Hastalıklarından Kaynaklanan Psiko-Sosyal Sorunların Dışsal Maliyeti, *Kamu İş Dergisi*, 5(4), 1-8.
- Oğuzalp, E.H. & Dalıyan, F.** (2005). Türkiye’de İnşaat Sektöründeki İş Kazaları ve İş Güvenliği Sorunu. *Verimlilik Dergisi*, (1), 91-112.,
- Özdemir, L., H. Erdem & G. Kalkın** (2016). Kamu Çalışanlarının Güvenlik İklimi Algılarının İş Tatmini ve İş Performansı Üzerine Etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 7.15, 59-69.
- Özkan, T. & Lajunen, T.** (2003). *Güvenlik Kültürü ve İklimi*, Pivolka, 2.10, 3-4.
- Panopoulos, D.G.** (2003). *Economic Aspect of Safety in the Greek Construction Industry*, Birmingham: Aston University Printing House.

- Parker, D., Lawrie, M. & Hudson, P.** (2006). A Framework for Understanding The Development of Organisational Safety Culture, *Safety Science*, 44, 551–562.
- Patankar, M.S & Sabin, E.J.** (2010). *The Safety Culture Perspective*. 2. Baskı. Chennai: Elsevier.
- Perrow, C.** (2000). *Normal Accidents Living with High-Risk Technologies*, New Jersey: Princeton University Press.
- Petersen, D.** (2003). Human Error A Closer Look at Safety's Next Frontier, American Society of Safety Professionals:
<https://aeasseincludes.assp.org/professionalsafety/pastissues/048/12/021203as.pdf> 26.02.2024.
- Qayoom, A. & Hadikusumo, B.** (2019). Multilevel safety culture affecting organization safety performance: a system dynamic approach, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26 (10), p. 2326–2346.
- Qureshi, Z.H.** (2007). A review of accident modeling approaches for complex socio-technical systems. 12th Australian Conf. On Safety-Related Programmable Systems, Australian Computer Society, Sydney, Australia.
- Radzicki, M.J.** (2007). System Dynamics And Its Contribution To Economics And Economic Modeling”, Forthcoming In: *Encyclopedia Of Complexity And System Science.*, Springer-Verlag,
- Reason, J.** (1997). *Managing the Risk of Organizational Accidents*. Ashgate Publishing Company, USA.
- Reid, H., Flin, R. & Mearns, K.** (2008). Influence from the top: senior managers and safety leadership. SPE Int. Conf. on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Society of Petroleum Engineers, Richardson, TX.
- Resmi Gazete.** (2012). 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu.
- Roberts, N.** (2001). *Introduction to Computer Simulation A System Dynamics Modeling Approach*, System Dynamics Group Road Map Series.
- Ryan, A.** (2000). Shaping a safety culture, Queensland Mining Industry Health&Safety Conference.
- Sabet, P.G., Aadal, H., Hadi, M., & Rad, K.G.** (2013). Application of Domino Theory to Justify and Prevent Accident Occurance in Construction Sites. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 6, 72-76.
- Salge, M. & Milling, M.P.** (2006). Who is to blame, the operator or the designer? Two stages of human failure in the Chernobyl accident. *System Dynamics Review* 22 (2), 89–112.
- Salminen, S. & Saari, J.** (1995). Measures to improve safety and productivity simultaneously. *Int. J. Ind. Ergon.*, 15(4), 261–269.
- Saysel, A.K. & Barlas Y.** (2001). Güneydoğu Anadolu Projesi ve Sürdürülebilir Kalkınma: Dinamik Sistem Modellemesi Yaklaşımı.

- Schein, E.H.** (1984). Coming to a New Awareness of Organizational Culture. Sloan Management Review, 25.2, 3-16.
- Semerci, O.** (2012). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Değerlendirmesi: Metal Sektöründe Bir Uygulama, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Senge, P., Kleiner, A., Roberts, C., Ross, R. & Smith, B.** (1994). The Fifth Discipline Fieldbook, Century, London.
- Senge, P.M.** (2002). Beşinci Disiplin, Çeviren: Ayşegül İldeniz ve Ahmet Doğukan, Yapı Kredi Yayınları, 16.Baskı, İstanbul.
- Sezen, A.E.** (2017). Sistem Düşüncesi. Journal Of Life Economics. 4(1), 39-58.
- Sezen, H.K. & Günal, M.** (2009). Yöneyem Araştırmasında Benzetim, Ekin Yayınevi, Bursa.
- Sezen, H.K.** (2007). Yöneyem Araştırması, Ekin Yayınevi, Bursa.
- Shin, M., Lee, H. S., Park, M., Moon, M. & Han, S.** (2014). A system dynamics approach for modeling construction workers' Safety attitudes and behaviors. Accident Analysis & Prevention, 68, 95–105.
- Söyler, H.** (2006). Sistem Dinamiği Yaklaşımı İle Malatya İlinin Sosyo-Ekonomik Gelişim Projeksiyonu. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı.
- Sözer, A.N.** (1997). 506 Sayılı Yasada İş Kazası ve Meslek Hastalıkları Sigortası, Prof.Dr. Kenan Tunçomağ'a Armağan, içinde, (407-426.Ss). İstanbul: Beta Yayınevi
- Sterman J.D.** (1984). Appropriate Summary Statistics for Evaluating the Historical Fit of System Dynamics Models. Dynamica. 10(2): 51-66.
- Sterman, J.D.** (2000). Business Dynamics Systems Thinking And Modelling In A Complex World, Mcgraw-Hill, New York.
- Süzek, S.** (2018). İş Hukuku, İstanbul: Beta Yayınevi.
- Şenaraz, A. E.** (2017). Su Kaynakları Yönetimi İçin Bir Öneri: Sistem Dinamiği. İşletme Araştırmaları Dergisi. 9(3), 668-692.
- Şenaraz, A.E.** (2017). Su Kaynakları Yönetimi İçin Bir Öneri: Sistem Dinamiği. İşletme Araştırmaları Dergisi. 9(3), 668-692.
- Tereci, D., Turan, G., Kasa, N., Öncel, T. & Arslansoyu, N.** (2016) Yaşlılık Kavramına Bir Bakış, Ufku Ötesi Bilim Dergisi, 16(1), 84-116.
- TMMOB.** (2020) 2020 Yılı Oda Raporu, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Yayını,
- Turan, G.** (1994). Bağ-Kur Kanunu Açısından İş Kazası Kavramı ve Hukukî Sorunlar, Kamu İş Dergisi, 3(4), 113-129.
- Türk Dil Kurumu** (2021). Güncel Türkçe Sözlük. <https://sozluk.gov.tr/> 25.02.2024.
- Türkoğlu, F.** (2006). İş Kazaları ve Meslek Hastalıklarının Türkiye Ekonomisine Maliyeti ve Konuyla İlgili Eğitimin Önemi (1960-2000 dönemi). (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü İşletme Eğitimi Bilim Dalı, Ankara.

- Von Thaden, T.L., Wiegmann, D.A., Mitchell, A.A., Sharma, G. & Zhang, H.** (2003). Safety Culture in a Regional Airline: Results from a Commercial Aviation Safety Survey. Presented at the 12th International Symposium on Aviation Psychology, Dayton, OH.
- Von Thaden, Terry L. & Gibbons, A.M.** (2008) “The Safety Culture Indicator Scale Measurement System (SCISMS)”, Human Factors Division Institute of Aviation University of Illinois at Urbana-Champaign 1 Airport Road Savoy, Illinois 61874,
- Vredenburg, A. G.** (2002). Organizational Safety: Which Management Practices Are Most Effective in Reducing Employee Injury Rates?. *Journal of Safety Research*. 33.2, 259-276.
- Wang, L., Nie, B., Zhang, J., Su, X., & Hu, S.** (2016). Study on coal mine macro, meso and micro safety management system. *Perspectives in Science*, 7, 266–271.
- Warren K.** (2005). “Improving Strategic Management With The Fundamental Principles Of System Dynamics”, *System Dynamics Review*, 21(4), 329–350.
- Weber L.** (2010). *Demographic Change and Economic Growth Simulations on Growth Models*, Springer Verlag Berlin.
- Wiegman, D.A., H. Zhang, T. V. Thaden, G. Sharma, & A. Mitchell** (2002). “A Synthesis of Safety Culture and Safety Climate Research”, Technical Report,
- Wiegmann, D., Zhang, H., Thaden, T., Sharma, G. & Gibbons, A.** (2004). “Safety culture: an integrative review”, *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol. 14 No. 2, pp. 117-134, available at: <https://doi.org/10.1207/s15327108ijap1402>
- Wiegmann, D.A., Thaden, T.L., & Gibbons, A.M.** (2007). A review of safety culture theory and its potential application to traffic safety.
- Wolstenholme, E.F.** (1990). *Systems Enquiry: A System Dynamics Approach* John Wiley & Sons, Chichester, England.
- Wu, T.C., Lin C.H. & Shiau, S.Y.** (2010). Predicting Safety Culture: The Roles of Employer, Operations Manager And Safety Professional. *Journal of Safety Research*. 41.5, 423-431.
- Yamaguchi, K.** (2013). *Money and Macroeconomic Dynamics- Accounting System Dynamics Approach*, Awaji Island, Japan: Japan Future Research Center.
- Yıldız, A.N.** (2013). İş Sağlığı ve Güvenliği, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, s.351-352.
- Yılmaz, F.** (2009). Avrupa Birliği ve Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliği: Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliği Kurullarının Etkinlik Düzeyinin Ölçülmesi, (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Anabilim Dalı, İstanbul.
- Zare Mehrjerdi, Y. & Hajimoradi, A.** (2021). A hybrid FMEA-SD approach for behavioral analysis of factors affecting safety management and incidents

in the pelletizing industry. *Journal of Quality Engineering and Production Optimization*, 6 (1), pp. 85-104.

Zhang, D.A., Wiegmann, H., Von Thaden T,L., Sharma G et al. (2004). Safety culture: an integrative review. *International Journal of Aviation Psychology* 14: 117-123.

Zhang, R., Lingard, H. & Nevin, S. (2015). "Development and validation of a multilevel safety climate measurement tool in the construction industry", *Construction Management and Economics*, Vol. 33 No. 10, pp. 818-839, available at: <https://doi.org/10.1080/01446193.2015.1108451>

Zimolong, B.M. & Elke, G. (2006). *Occupational Health And Safety Management*. NJ: John Wiley & Sons.

Zohar, D. (1980). Safety Climate in Industrial Organizations: Theoretical and Applied Implications. *Journal of Applied Psychology*. 65.1, 96-102.



ÖZGEÇMİŞ

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 1999, Moskova Devlet Fizik ve Mühendislik Enstitüsü (Ulusal Nükleer Araştırmalar Üniversitesi), Kibernetik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü.
- **Yüksek Lisans:** 2019, İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü.

MESLEKİ DENEYİM ve İDARİ GÖREVLER:

- İştekazan OSGB, Proje Koordinatörü, A Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı 2020 – Halen
- Affa Grup İç Anadolu Bölge Koordinatörü, İş Güvenliği Uzmanlığı, 2016 – 2020,
- Çeşitli OSGB'lerde İş Güvenliği Uzmanlığı, 2014-2016

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR

Küçük İ., Yağımlı M. & Işıқтаş İ, (2024). Modeling the Effects of Safety Culture Affecting Safety Performance on Occupational Accidents with System Dynamics. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering (IJCESEN)*, <https://dx.doi.org/10.22399/ijcesen>. Kabul Tarihi: 28 Ağustos 2024.