ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BULANIK RİSK DEĞERLENDİRMESİ UYGULAMASI

Raife CANLAR DURMAZ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Orhan ENGİN

2010, 130 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN
Doç. Dr. Orhan ENGİN
Yrd. Doç. Dr. Ahmet SARUCAN

Bu çalışmada; bir inşaat taahhüt firmasının, 12 katlı 10 bloklu apartman inşaatı şantiyelerinden birinde bulanık mantık yöntemi kullanılarak iş güvenliği risk değerlendirmesi yapılmıştır.

İSG Yönetim Sistemi kurma çalışmalarının en önemli basamağı olan risk analizinde; risk düzeyinin sayısal olarak hesaplanmasından ziyade, sözel ve anlamlı sözcüklerle ifade edilmesine imkan sağlayan bulanık mantık yöntemi kullanılmıştır.

Bulanık iş güvenliği risk değerlendirmesi yapılırken öncelikle bulanık bir model oluşturulmuş ve sonucunda Risk Öncelik Sayıları tespit edilmiştir. Bulanık risk değerlendirme giriş verilerinin bulanıklaştırılması, giriş ve çıkış değerlerine ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması, bulanık çıkarım ve durulaştırma işlemleri MATLAB 6.5 yazılım programı fuzzy logic araç kutusunda gerçekleştirilmiştir.

Son olarak, bulanık risk değerlendirme sonucu tespit edilen Risk Öncelik Sayılarının Hata Modu ve Etkileri Analizi (FMEA) yönteminde elde edilen veriler ile kıyaslaması yapılarak, bulanık mantığın daha doğru ve güvenilir sonuçlar verdiği ispatlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, İş güvenliği, Risk Analizi, İnşaat sektörü.

ABSTRACT
MASTER OF SCIENCE THESIS

AN APPLICATION OF FUZZY RISK ANALYSIS IN THE BUILDING SECTOR

Raife CANLAR DURMAZ

Selcuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Orhan ENGİN

2010, 130 Pages

Jury: Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN
Doç. Dr. Orhan ENGİN
Yrd. Doç. Dr. Ahmet SARUCAN

In this study, in one of the building sites which has 12 storey apartment house with 10 blocks of a construction firm, risk assessment has been made using the fuzzy logic method.

The fuzzy logic which is enable to identify with linguistic words of the risk level in risk analysis which is the most important step of building works of OHS Management System is used. While fuzzy risk assesment was performing, firstly a fuzzy model was made and lastly Risk Numbers were found. To fuzzing of input data of fuzzy risk assesment, creating of the member functions of input and output values and defuzzing operations was made by fuzzy logic toolbox of MATLAB 6.5 software programme.

Lastly, the comparation of the Risk Numbers that were found by fuzzy risk assesment with the data that were found by Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method was made and demonstrated that fuzzy logic gived more believable results.

Anahtar Kelimeler: Fuzzy Logic, Occupational Safety, Risk Analysis, Building sector.

ÖNSÖZ

Tezimin hazırlanması sürecinde benden yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Orhan ENGİN'e, proje uygulamasını gerçekleştirdiğim uygulama firması yetkilileri ve çalışanları ile eğitimim boyunca benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen eşime ve sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

Raife CANLAR DURMAZ,
Konya, 2010

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
TABLO LİSTESİ ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vi**

1. GİRİŞ **1**

1.1. İnşaat Sektörüne İş Sağlığı ve İş Güvenliğine Genel Bakış 5

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **14**

3. MATERYAL VE METOT **26**

3.1. Materyal 26
3.1.1. Uygulama Firmasının Tarihçesi ve Tanıtımı 26
3.2. Metot 27
3.2.1 İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi 27
3.2.2 Bulanık Mantık 44
3.2.2 Matlab 6.5 78

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI **81**

4.1 Planlama 81
4.2 İşyerinde Yürütülen Faaliyetlerin Sınıflandırılması/Tanımlanması 81
4.3 Tehlikelerin Belirlenmesi/ Tanımlanması 83
4.4. Risklerin Analizi/ Değerlendirilmesi 83
4.4.1 Bulanıklaştırma 85
4.4.2 Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması 87
4.4.3 Kural Tabanı 91
4.4.4. Bulanık Çıkarım/ Durulama 93
4.5 Kontrol Önlemlerinin Belirlenmesi 96

5. TARTIŞMA **97**

6. SONUÇ VE ÖNERİLER **98**

7. KAYNAKLAR **99**
8. EKLER **105**
EK A- Faaliyet Tanımlama Formu (Hafriyat) 105
EK B- Faaliyet Tanımlama Formu (Bina Aplikasyonu) 106
EK C- Şantiye Risk Değerlendirme Formu 107
ÖZGEÇMİŞ **123**

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1- Toplam ve İnşaat Sektöründe Çalışan Sigortalı Sayıları……. 6

Tablo 2- Türkiye Genelinde ve İnşaat Sektöründe 2001–2007 Döneminde Meydana Gelen İş Kazası Sayıları……. 7

Tablo 3- İş kazalarının Faaliyet Gruplarına Göre Dağılımı …….. 8

Tablo 4- Farklı Şantiye Tiplerinde Yaşanan Ölüm Ve Yaralanma Sonuçları ….. 10

Tablo 5- İncelenen iş Kazalarında Ortaya Çıkan Ana Kaza Tiplerine Göre Dağılım ……...……...……...……...…….. 11

Tablo 6- İncelenen İş Kazalarının Meydana Geldiği Sırada Yapılmakta Olan İşe Göre Dağılım…….……...……...…… 12

Tablo 7- Kaza Sırasında Yapılan İşe Göre Dağılım x Kaza Tipine Göre Dağılım.. …….……...……...…….. 13

Tablo 8- Yapı İşlerinin (İnşa ve Mühendislik Çalışmaları) Listesi……..... 33

Tablo 9- Mevcut tehlikeler……...……...……... 35

Tablo 10- Ortaya Çıkma Olasılığı/Frekans İçin Derecelendirme Basamakları….. 40

Tablo 11- Şiddet Derecesi İçin Derecelendirme Basamakları ……...……..... 41

Tablo 12- Tespit Edilebilirlik Derecesi İçin Derecelendirme Basamakları …… 41

Tablo 13- Kantitatif risk değerlendirmesi Tekniklerinde RÖS değerlerinin Sınıflandırılması……...……... 42

Tablo 14- Kontrol Önlemlerinin Seçim Sırası ……..…...…….…….. 43

Tablo 15- Uygulama Şantiyesinde yapılan tüm faaliyetler…….. 82

Tablo 16- Bulanık Risk Değerlendirme Olasılık Tablosu……..…..... 86

Tablo 17- Bulanık Risk Değerlendirme Şiddet Tablosu……..…...…… 86

Tablo 18- Bulanık Risk Değerlendirme Tespit edilebilirlik Tablosu……..…..... 86

Tablo 19- Bulanık Risk Değerlendirme RÖS Tablosu……..…...…….. 89

Tablo 20- Bulanık Risk Değerlendirme Kural Tabanı Tablosu…….. 92

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1- İnşaat Sektöründe 2001–2007 Döneminde Meydana Gelen İş Kazası İstatistiği…….. 7
Şekil 2- 2007 yılı İş kazalarının Faaliyet Gruplarına Göre Dağılımı……... 9
Şekil 3- 2007 yılı Ölümlü İş kazalarının Faaliyet Gruplarına Göre Dağılımı….. 10
Şekil 4- Risk Değerlendirme Prosesi…… 32
Şekil 5- Klasik ve bulanık mantığın şekilsel gösterimi.....…… 46
Şekil 6- Klasik ve Bulanık küme teorileri…… 52
Şekil 7- Bulanık küme teorisinde "yaş" kavramının sözel değişkenleri…….. 52
Şekil 8- Geleneksel ve bulanık kümede tanımlanan bir objenin üyelik fonksiyonu…….....…….....……..... 55
Şekil 9- Bulanık Kümelerde Üyelik Fonksiyonları ……. 56
Şekil 10 Şekil 13. Üçgen, yamuk ve çan eğrisi şeklindeki üyelik işlevleri 56
Şekil 11 N =(1.2/2/2.4) üçgensel bulanık sayısının grafiği ...……..... 57
Şekil 12 M=(1.2/2, 2.4/2.7) yamuk bulanık sayısının grafiği ...……..... 58
Şekil 13 Gaussian üyelik fonksiyonunun gösterimi ……. 59
Şekil 14 Çan şekilli üyelik fonksiyonunun gösterimi ……... 60
Şekil 15 Üyelik fonksiyonunun bileşenleri …….. 60
Şekil 16 Normal ve Normal Olmayan bulanık küme…… 61
Şekil 17 Olağan dışbükey ve Olağan dışbükey olmayan bulanık küme……... 62
Şekil 18 Bulanık Kümeler……. 62
Şekil 19 İçbükey bulanık kümeler……..... 63
Şekil 20 Klasik Kümeler İçin Özellikler……... 64
Şekil 21 Bulanık Kümeler İçin Özellikler……... 65
Şekil 22 Bulanık mantık modelleme aşamaları 66
Şekil 23 Bulanık Mantık Sisteminin Yapısı 66
Şekil 24 Kesme metodu ile kuralın uygulanması..... 70
Şekil 25 Ölçekleme metodu ile kuralın uygulanması..... 70
Şekil 26 Mamdani çıkarım yönteminin gösterimi..... 72
Şekil 27 Larsen çıkarım yönteminin gösterimi..... 73
Şekil 28 TSK çıkarım yönteminin gösterimi……. 74
Şekil 29 Maksimum üyelik yöntemi..... 75

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 30. Ağırlık merkezi yönteminin gösterimi..... 76
Şekil 31. Ağırlık ortalaması yönteminin gösterimi (Türk, 2006)……... 76
Şekil 32. Üyelik İşlevinin Max Noktalarının Ortalaması (Bilgin, 2006)……... 77
Şekil 33. Küme ağırlığı yöntemi ile durulaştırma……..…... 77
Şekil 34. MATLAB Bulanık Çıkarım Sistemi……... 79
Şekil 35. Bulanık Risk Modelleme Süreci..... 84
Şekil 36. Bulanık Risk Modelleme Sürecinde Kullanılan Yöntemler…… 85
Şekil 37. Olasılık giriş değişkeni üyelik fonksiyonu..... 87
Şekil 38. Şiddet giriş değişkeni üyelik fonksiyonu..... 88
Şekil 39. Tespit edilebilirlik giriş değişkeni üyelik fonksiyonu..... 89
Şekil 40. RÖS üyelik fonksiyonu..... 90
Şekil 41. Bulanık Risk Değerlendirme Kural Tabanı..... 91
Şekil 42. Bulanık Çıkarım Editörü 94
Şekil 43. "Hafriyat kamyonuna düzenli şekilde yükleme yapılmaması nedeniyle kamyonun devrilmesi" tehlikesi Kural gösterim penceresi..... 95
Şekil 44. Çıktı değerlerinin 3 boyutlu grafiği……. 96

1. GİRİŞ

İş sağlığı ve güvenliği; sektör gözetmeksizin bütün çalışanları ilgilendiren, iş yaşamının en temel unsurlarından biridir. İşyerinde sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamının sağlanması, çalışanların motivasyonu ve iş performansı ile işletmenin verimliliği açısından oldukça önemlidir. Avrupa Birliğine uyum yasaları çerçevesinde, çalışanlar için sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamının sağlanması ayrıca yasal bir zorunluluk haline getirilmiştir.

TMMOB Makina Mühendisleri Odasının 2008 yılı İş Sağlığı ve Güvenliği Raporunda; Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) rakamlarına göre her yıl yaklaşık 2 milyon 200 bin insanın iş kazaları ve meslek hastalıkları nedeniyle yaşamını yitirdiği belirtilmektedir. Dünyada her yıl 270 milyon iş kazası gerçekleşmekte ve 160 milyon insanda çalışmadan kaynaklı hastalık meydana gelmektedir.

ILO' nun rakamlarına göre ise; her gün yaklaşık 6 bin kişi iş kazası veya meslek hastalıkları nedeniyle yaşamını kaybetmektedir. Yıllık toplamda 350 bin kişi iş kazası, bir milyon 700 bin kişi ise meslek hastalıklarından dolayı yaşamını yitirmekte ve tüm dünyada inşaat sektöründe her yıl 60.000 ölümcül kaza yaşanmakta ve buna göre her 10 dakikada bir kişi bu şekilde iş kazası sonucu yaşamını yitirmektedir (TMMOB, 2008).

Bu veriler göstermektedir ki; işyerlerinde sağlam bir iş sağlığı ve güvenliği yönetim sisteminin kurulması ve uygulanması insanımız için önemli bir görevdir. Bu nedenle, bir takım tedbirleri önceden alarak iş yerlerini güvenli hale getirmek gerekmektedir. Bu tedbirlerin alınabilmesi için; İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemlerinin temelini oluşturan risk analizi çalışmaları işletmelerde titizlikle yapılmalı ve sonucunda tespit edilen kontrol önlemleri uygulanmalıdır.

İş güvenliğinin amacı; çalışanlara en yüksek sağlıklı ortamı sunmak, çalışma koşullarının olumsuz etkilerinden onları korumak, iş ve işçi arasında mümkün olan en iyi uyumu sağlamak ve işyerlerindeki riskleri tamamen ortadan kaldırmak ya da zararları en aza indirebilmektir (MEGEP, 2005).

Çalışanların fiziksel, ruhsal ve sosyal sağlıklarını korumak, iş kazalarına ve meslek hastalıklarına maruz kalmalarını önlemek, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturmak üzere yapılan çalışmalara iş sağlığı ve güvenliği denir (İri, 2007).

Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) iş kazasını "önceden planlanmamış, çoğu zaman yaralanmalara, makine ve teçhizatın zarara uğramasına veya üretimin bir süre durmasına yol açan olay" olarak tanımlamaktadır. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ise iş kazasını "belirli bir zarar veya yaralanmaya yol açan, önceden planlanmamış beklenmedik bir olay" şeklinde tanımlamıştır (Özkılıç, 2005a).

Bir olayın, iş kazası olarak kabul edilebilmesi içinse yukarıdaki tanıma şu özelliklerin de eklenmesi gerekmektedir:

- Olayın iş ile ilgili olması.
- Olayın iş yerinde meydana gelmesi.
- Olayın işçiyi hemen ya da sonradan bedensel veya ruhsal bir arızaya uğratması (Arık ve Akçın, 2002)

506 sayılı Sosyal Sigortalar Kanununun 11. maddesinde ise iş kazası ve meslek hastalığı şu şekilde tanımlanmıştır:

"A-) İş kazası, aşağıdaki hal ve durumlardan birinde meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan bedence veya ruhça arızaya uğratan olaydır:

a) Sigortalının işyerinde bulunduğu sırada,

b) İşveren tarafından yürütülmekte olan iş dolayısıyla,

c) Sigortalının, işveren tarafından görev ile başka bir yere gönderilmesi yüzünden asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda,

d) Emzikli kadın sigortalının çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda,

e) Sigortalıların, işverence sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere toplu olarak götürülüp getirilmeleri sırasında,

B-) Meslek hastalığı, sigortalının çalıştırıldığı için niteliğine göre tekrarlanan bir sebeple veya işin yürütüm şartları yüzünden uğradığı geçici veya sürekli hastalık, sakatlık veya ruhi arıza halleridir."

SSK istatistiklerinde kaza sayılarının yanı sıra kaza sonucuna ilişkin veriler de bulunmaktadır. Bu verilerden ikisi "sürekli iş göremezlik" ve "ölüm" olaylarıdır. Bunların kapsamı ve şekli İstatistik Yıllığında aşağıda belirtildiği gibi tanımlanmıştır:

Sürekli iş göremezlik: “Bir iş kazası veya meslek hastalığı sebebiyle yapılan tedavi sonunda sigortalının meslekte kazanma gücünün tamamının veya bir kısmının kaybedilmiş olması halidir. İş kazası veya meslek hastalığı sonucu meslekte kazanma gücünün en az %10’ unu kaybedenlere sürekli iş göremezlik geliri bağlanır. İş göremezlik hallerinin meslekte kazanma gücünü ne oranda azaltacağı tüzükle belirlenmiştir. Sürekli iş göremezlik olay sayıları çalışma gücünü %10’dan daha az kaybedenleri de kapsamaktadır.” (Manisalı ve ark., 2007).

İş kazası veya meslek hastalığı sonucu ölüm olayları “İş kazası veya meslek hastalığı sonucu ölümler ile tedavilerinin devamı esnasında veya meslekte kazanma gücünün %50 veya daha fazlasını kaybederek sürekli işgöremezlik geliri alırken ölenleri kapsamaktadır.” (Manisalı ve ark., 2007).

İş kazaları ve meslek hastalıkları uzun yıllardır bir çok işçinin hastalanmasına, yaralanmasına, sakat kalmasına, ve hatta hayatlarını kaybetmesine yol açmaktadır. Bu tip olaylar özellikle de inşaat sektöründe daha fazla yaşanmaktadır. Bunun en önemli sebebi inşaat sektörünün kendine özgü çalışma koşulları olmasındandır. İnşaat sektörünün diğer sektörlerden farklı olmasının başlıca nedeni her projenin birbirinden farklı olması ve bu yüzden her projede değişik çalışma koşullarıyla ve farklı risklerle karşı karşıya kalınmasıdır. İşçiler endüstriyel sektördeki gibi tek bir fabrikada çalışma imkanı bulamadıkları gibi sürekli bir projeden başka projeye hareket halindedirler. Bunların yanı sıra inşaat tehlikeli ve bir sürü risk içeren faaliyetlerden oluşmaktadır ve bu ortamda çalışmak için tecrübeli ve fiziksel zorluklara alışık olmak gerekir. Ayrıca bir inşaat projesinde aynı anda birden fazla işçi grubu da çalışabilir ki bu da tehlike ve riskleri daha da artırır. İşte bu nedenlerden dolayı inşaat sektörü diğer sektörlere göre daha fazla risk altındadır ve işçi sağlığı ve iş güvenliğini sağlamak hayli güç ve karmaşık olabilir (Baradan, 2006).

SSK istatistikleri ve daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, en fazla ölümlü iş kazalarının yaşandığı sektörün inşaat, inşaat alt gruplarından ise apartman şantiyeleri olduğu görülmektedir. Bu nedenle çalışmamızda, en riskli sektör olan apartman şantiyelerinden birinde gerçek şantiye şartlarında bulanık risk değerlendirmesi yapılmıştır.

İşçi sağlığı ve iş güvenliğini çalışmalarının en önemli basamağı risk değerlendirmesidir. Günümüzde risk değerlendirmesi için FMEA gibi sayısal teknikler kullanılmaktadır. Fakat bu sayısal risk analizi tekniklerinin verimli olarak uygulanması için, yüksek kalitede veri önkoşuldur. Oysaki inşaat sektöründe böyle yüksek kalitedeki verileri elde etmek oldukça zordur ve sayısal risk analizi teknikleri şantiyelerdeki faaliyetlerin aşamaları ile ilgili belirsizlikleri temsil etmede zorlanırlar. Bu nedenle, inşaat risk değerlendirmesinde bulanık mantık kullanılmasının verimliliği artırdığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada; İSG Yönetim Sistemi kurma çalışmalarının en önemli basamağı olan risk analizinde; risk düzeyinin sayısal olarak hesaplanmasından ziyade, sözel ve anlamlı sözcüklerle ifade edilmesine imkan sağlayan bulanık mantık kullanılmıştır. Bir inşaat taahhüt firmasının, 12 katlı 10 bloklu apartman inşaatı şantiyelerinden birinde bulanık mantık yöntemi kullanılarak iş güvenliği risk değerlendirmesi yapılmıştır.

Şantiyede bulanık risk değerlendirmesi yapılırken, inşaat taahhüt firmasının yöneticileri, şantiye şefleri, firmada çalışan tüm mimar ve mühendisler (inşaat mühendisleri, makine mühendisleri, endüstri mühendisleri, elektrik ve elektronik mühendisleri ve mimarlar), ustalar ve işçi temsilci gruplarından oluşturulan 20 kişilik bir risk değerlendirme ekibi oluşturulmuştur.

Risk değerlendirmesi yapılırken öncelikle şantiyede yapılan tüm faaliyetler tespit edilerek iş sırasına göre sıralanmıştır. Daha sonra risk değerlendirme ekibiyle beyin fırtınası yapılarak her bir faaliyetin gerçekleştirilmesi esnasında meydana gelebilecek tehlikeler, bu tehlikelerin oluşma mekanizmaları ve tehlikeye maruz kalan kişi/ kişilere etkisi belirlenmiştir. Daha sonra MATLAB 6.5 yazılım programında; bulanık risk değerlendirme giriş verilerinin (tehlikelerin ortaya çıkma olasılığı, tehlikeye maruz kalan kişi/ kişilere etkisi (şiddeti) ve tehlikenin tespit edilebilirliği) bulanıklaştırılması, giriş ve çıkış değerlerine ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması, bulanık çıkarım ve durulaştırma işlemleri sonucu Risk Öncelik Sayıları tespit edilmiştir. Bulanık Risk Değerlendirme ile tehlikelerin oluşturduğu riskin büyüklüğüne karar verilmiş ve buna göre alınması gereken önlemler belirlenmiştir.

1.1. İNŞAAT SEKTÖRÜNE İŞ SAĞLIĞI VE İŞ GÜVENLİĞİNE GENEL BAKIŞ

Yapı işlerinin kısa süreli ve dinamik bir yapıya sahip olması, çalışma koşullarının bir işyerinden diğerine geniş bir aralıkta değişiklik göstermesi, iş çeşitliliği ve her bir işin kendine özgü riskler içermesi, sahada birden fazla işveren ve/ veya alt işveren bulunması, işçi sirkülasyonunun fazla olması gibi nedenlerle inşaat sektörü çalışanları, iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli sorunlarla karşı karşıyadırlar (Manisalı ve ark., 2007).

İnşaat sektörü iş kazalarının sayısal durumu ve sonuçları bakımından diğer sektörlere kıyasla oldukça tehlikeli bir sektör olarak dikkati çekmektedir. Özellikle ölümle sonuçlanan kazalar açısından durum çok daha çarpıcı olup, geçmiş 20 yılın verilerine bakıldığında tüm sektörlerin ölümlü kaza sıklığı ortalaması 100 bin işçide 33 iken, inşaat sektöründe bu sayı 66,4'tür (Gürcanlı ve Müngen, 2007-a).

İş kazalarının inşaat sektöründe daha fazla olmasında, ülkemizin ekonomik ve sosyal yapısı yanında, İnşaat İşkolunun kendine özgü koşulları da önemli bir rol oynamaktadır. Bu özgün koşulları (Öcal, 2006);

• İnşaat işlerinin doğal iklim koşulları altında gerçekleştirilme zorunluluğu,
• İşyerlerinde işçi devir hızının fazla olması,
• Çalışma ortamının zemin seviyesinden yukarıda veya aşağıda olması,
• Çalışanların ve malzemelerin sürekli hareket halinde olması ve bu hareketliliğin sistematik olmaması,
• Çalışma sahasının geniş ve dağınık olması,
• İşlerin çoğunlukla farklı organizasyon ve iş disiplinine sahip çeşitli taşeronlar tarafından gerçekleştirilmesi,
• İnşaat işletmelerinin çoğunun küçük ve kurumsallaşmamış olması şeklinde özetlemek mümkündür.

Mevcut (SSK, 2001-2007) dönemi istatistik bilgiler ve veriler kullanılarak son 7 yıllık periyotta (2008'e kadar) Türkiye'de İnşaat Sektöründe ve Genel Sigortalı İşkolu ve İşyerleri ortalamasında (veya toplamında) çalışanların dağılımları göz önüne alınarak sayısal ve grafik değişimler, artış ve azalışlar; sonuçlarıyla ortaya konulmaya, belirtilmeye ve yorumlanmaya çalışılmıştır.

a) İnşaat iş kolunda istihdam

İnşaat, istihdam alanı en büyük olan sektörlerden birisidir. SSK (2009) kayıtlarına göre, ülkemizde inşaat işkolunda 1.247.970 kişi çalışmaktadır ve bu rakam Sosyal Sigortalar Kurumu'na (SSK) kayıtlı işçi sayısının (8.505.390) %14,6' sına karşılık gelmektedir. Çalışanların büyük bir kısmının sigortasız olduğu inşaat sektöründe, resmi kayıtlara girmeyen, kimi ancak mahkeme dosyalarından saptanan, kimisi ise hiç saptanamayan kazalar da düşünüldüğünde durum oldukça çarpıcı bir hal almaktadır. Tablo 1' de, SSK Kurumu'nun 2001 ile 2007 yılları arasındaki SSK yıllıkları incelenerek inşaat sektörünün istihdam açısından Türkiye geneliyle ve diğer işkollarıyla karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 1 - Toplam ve İnşaat Sektöründe Çalışan Sigortalı Sayıları

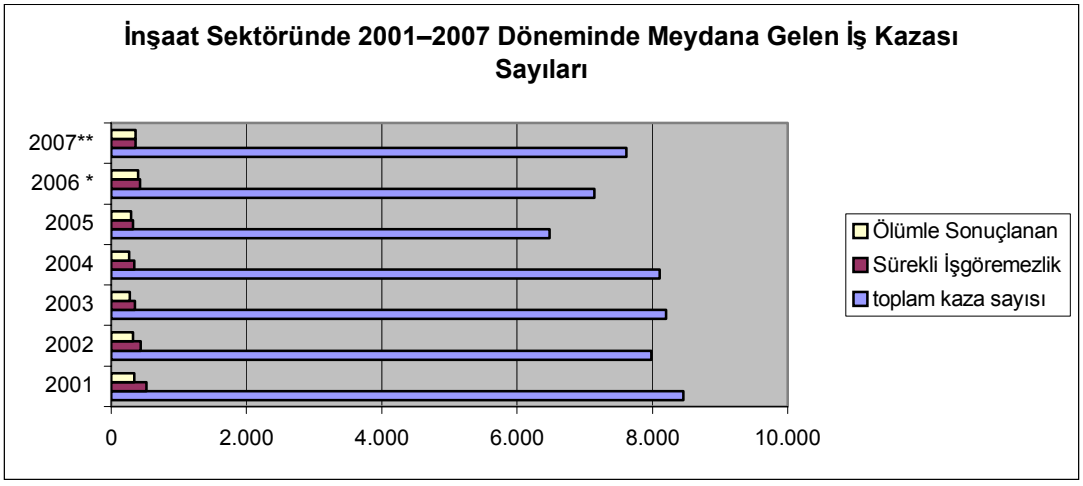
YIL	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Toplam Sigortalı İşçi Sayısına Oranı (%)
2001	4.886.881	681.882	13,9
2002	5.223.283	713.629	13,6
2003	5.615.238	685.912	12,2
2004	6.181.251	752.136	12,1
2005	6.918.605	933.498	13,4
2006*	7.818.642	1.185.723	15,1
2007**	8.505.390	1.247.970	14,6
Ortalama	6.449.899	885.821	14,0
*2006 yıllarına kadarki istatistiklerde Demircan (2008)' den faydalanılmıştır.			
* * (SSK, 2009)			

b) İnşaat Sektöründe Meydana gelen iş kazaları

Tablo 2 ve Şekil 1' de SSK Kurumu'nun 2001 ile 2007 yılları arasındaki SSK yıllıkları incelenerek inşaat sektöründe meydana gelen sürekli iş göremezlik ve ölümle sonuçlanan kazaların Türkiye geneliyle karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 2- Türkiye Genelinde ve İnşaat Sektöründe 2001–2007 Döneminde Meydana Gelen İş Kazası Sayıları

	Toplam İş Kazası Sayısı			Sürekli İşgöremezlik			Ölüm		
Yıllar	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Oran %	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Oran %	Türkiye Geneli	İnşaat Sektörü	Oran %
2001	72.367	8.459	11,69	2.183	517	23,68	1.008	341	33,83
2002	72.344	7.982	11,03	1.820	439	24,12	872	319	36,58
2003	76.668	8.198	10,69	1.451	354	24,40	810	274	33,83
2004	83.830	8.106	9,67	1.421	345	24,28	841	263	31,27
2005	73.923	6.480	8,77	1.374	322	23,44	1.072	290	27,05
2006 *	79.027	7.143	9,04	1.953	425	21,76	1.592	397	24,94
2007**	80.602	7.615	9,45	1.550	361	23,29	1.043	359	33,46
Ortalama	76.966	7.712	10,02	1.737	395	22,74	1.034	320	30,95
*2006 yıllarına kadarki istatistiklerde Demircan (2008)' den faydalanılmıştır.									
** (SSK, 2009)									



Şekil 1- İnşaat Sektöründe 2001–2007 Döneminde Meydana Gelen İş Kazası İstatistiği

c) İnşaat Sektöründeki Kazaların Diğer İş Kollarıyla Kıyaslanması

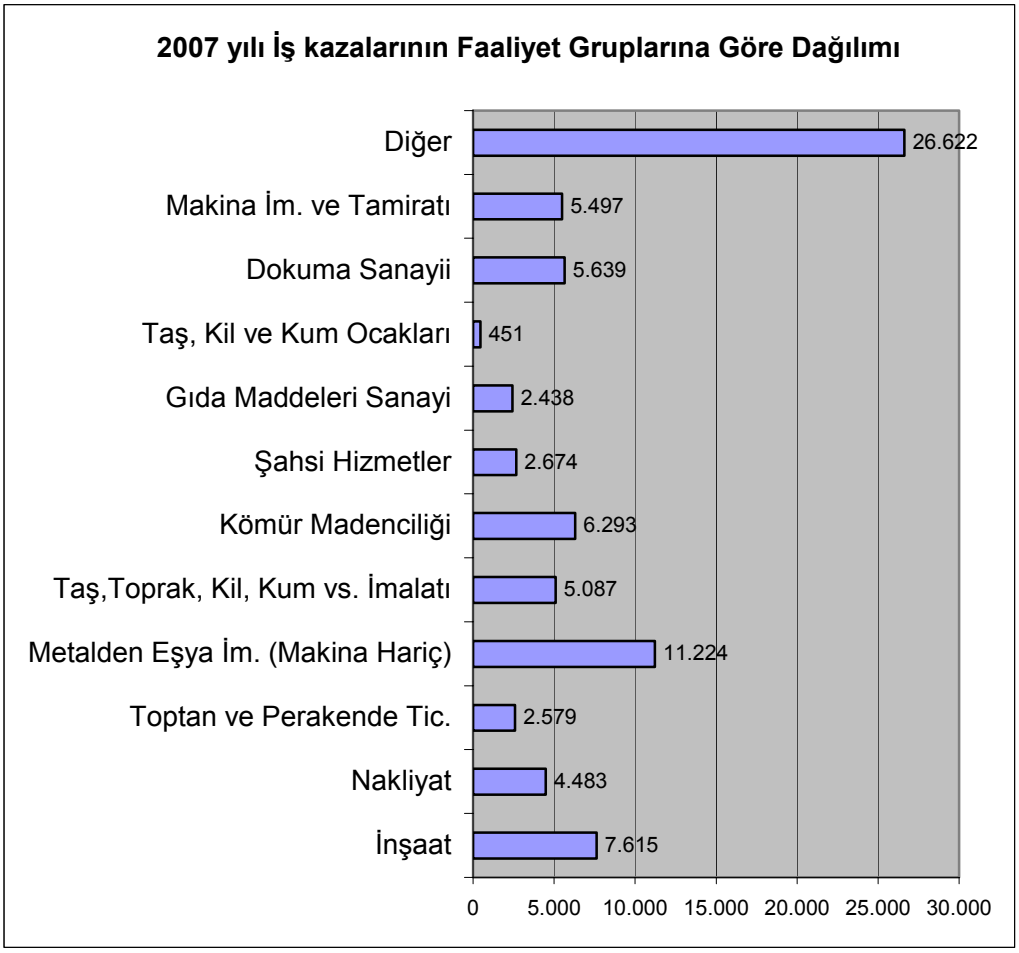
SSK (2009) kayıtlarına göre 2007 yılında toplam iş kazalarının %9'u ve ölümlü iş kazalarının da % 34'ü inşaat sektöründe ortaya çıkmaktadır. SSK (2009)

kayıtlarına göre 2007 yılında ölümlü iş kazaları bakımından, inşaat işkolu ülkemizdeki diğer işkolları ile karşılaştırıldığında ilk sırada yer almaktadır. Tablo 3' de İş kazalarının Faaliyet Gruplarına Göre Dağılımı görülmektedir.

Tablo 3- İş kazalarının Faaliyet Gruplarına Göre Dağılımı

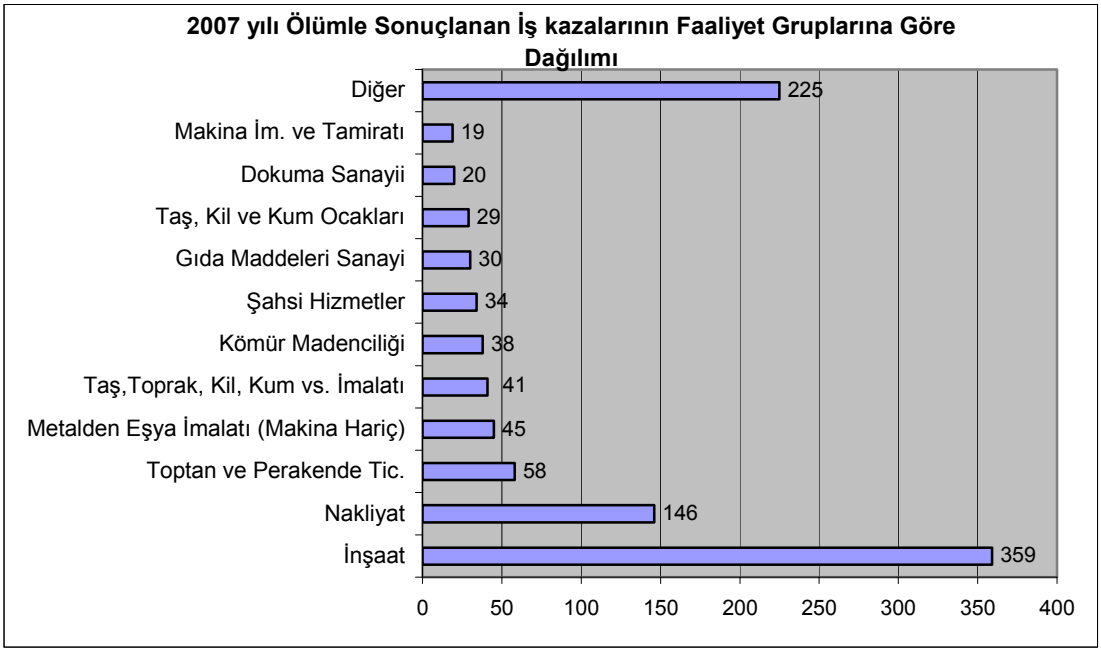
Faaliyet Grupları	**İş Kazası Sayısı**	**Meslek Hast. Sayısı**	**Sürekli İş Göremezlik Sayısı**			**Ölüm Sayısı**		
			İş Kazası	**Meslek Hast.**	**Toplam**	**İş Kazası**	**Meslek Hast.**	**Toplam**
İnşaat	7.615	16	361	3	364	359	0	359
Nakliyat	4.483	13	100	0	100	146	0	146
Toptan Ve Perakende Tic.	2.579	8	62	1	63	58	0	58
Metalden Eş. İm. (Makina Hariç)	11.224	48	134	2	136	45	0	45
Taş,Toprak, Kil, Kum Vs. İma.	5.087	11	62	9	71	41	0	41
Kömür Madenciliği	6.293	996	76	351	427	38	0	38
Şahsi Hizmetler	2.674	4	42	5	47	34	0	34
Gıda Maddeleri Sanayi	2.438	6	47	0	47	30	0	30
Taş, Kil Ve Kum Ocakları	451	1	30	0	30	29	0	29
Dokuma Sanayii	5.639	3	82	0	82	20	0	20
Makina İm. Ve Tamiratı	5.497	10	59	0	59	19	0	19
Diğer	26.622	92	495	35	530	224	1	225
TOPLAM	80.602	1.208	1.550	406	1.956	1.043	1	1.044
(SSK, 2009)								

İnşaat sektörü**, toplam iş kazası sayısı** bakımından incelendiğinde, metalden eşya imalatı sektöründen sonra ikinci sırada yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2- 2007 yılı İş kazalarının Faaliyet Gruplarına Göre Dağılımı

Ölümle sonuçlanan iş kazası sayılarına bakıldığında inşaat sektörü incelenen yıllarda ilk sırada yer almaktadır. Şekil 3' te görüldüğü gibi, yalnız başına tüm iş kazası sonucu ölümlerin ortalamada % 30' dan fazlasını oluşturan inşaat sektörü aynı zamanda ikinci sıradaki nakliyat sektöründe meydana gelen sayının yaklaşık 2- 3 katını oluşturmaktadır (Manisalı, 2007).



Şekil 3- 2007 yılı Ölümlü İş kazalarının Faaliyet Gruplarına Göre Dağılımı

d) Şantiyelerdeki İş Kazalarının Sınıflandırılması

- Şantiye tiplerine göre yapılan istatistikler sonucunda en çok ölümlü kazaların apartman inşaatlarında yaşandığı Tablo 4' ten görülmektedir.

Tablo 4: Farklı Şantiye Tiplerinde Yaşanan Ölüm ve Yaralanma Sonuçları (Demircan 2008)

Şantiye Türü	**Ölümler**	**%**	**Yaralanmalar**	**%**	**Toplam**	**%**
Apartman	301	46	146	44,9	447	45,7
Küçük binalar (bir-iki katlı müstakil ev, dükkan vb)	58	8,9	35	10,8	93	9,5
Okul, Hastane, İş Hanı vb	79	12,1	33	10,2	112	11,4
Fabrika	78	11,9	33	10,2	111	11,3
Yol	11	1,7	10	3,1	21	2,1
Kanal	32	4,9	11	3,4	43	4,4
Köprü, viyadük, menfez	7	1,1	10	3,1	17	1,7
Tünel	7	1,1	3	0,9	10	1
Liman, Rıhtım vb	3	0,5	3	0,9	6	0,6
Baraj	6	0,9	9	2,8	15	1,5

Tablo 4' ün devamı: Farklı Şantiye Tiplerinde Yaşanan Ölüm ve Yaralanma Sonuçları Devamı (Demircan 2008)

Şantiye Türü	**Ölümler**	**%**	**Yaralanmalar**	**%**	**Toplam**	**%**
Duvar (iksa-istinat duvarı, bahçe duvarı vb)	5	0,8	1	0,3	6	0,6
Kule	2	0,3	0	0	2	0,2
Kuyu	13	2	4	1,2	17	1,7
Enerji Nakil Hattı	1	0,2	2	0,6	3	0,3
Taşocağı	14	2,1	7	2,2	21	2,1
Diğerleri	30	4,6	15	4,6	45	4,6
Saptanamayan	7	1,1	2	0,6	9	0,9
Boş	0	0	1	0,3	1	0,1
Toplam	654	100	325	100	979	100

- Kaza tiplerine göre yapılan istatistikler sonucunda ölüm ve yaralanmaların en çok insan düşmelerinde yaşandığı Tablo 5' te görülmektedir.

Tablo 5- İncelenen iş Kazalarında Ortaya Çıkan Ana Kaza Tiplerine Göre Dağılım (Hafızoğlu, 2006)

KAZA TİPİ	**ÖLÜM**		**YARALANMA**		**TOPLAM**	
İnsan Düşmesi	39	%72.1	37	%47.4	76	%57.7
Malzeme Düşmesi	1	%1.9	8	%10.3	9	%6.8
Malzeme Sıçraması	0	%0.0	6	%7.6	6	%4.5
Toprak Kayması	2	%3.7	2	%2.6	4	%3.0
Yapının Kısmen veya Tamamen Göçmesi	2	%3.7	3	%3.8	5	%3.8
Elektrik Çarpması	4	%7.3	7	%9.0	11	%8.3
Patlayıcı Madde Kullanım Kazaları	1	%1.9	1	%1.3	2	%1.5
Yapı Makinesindeki Kazalar	1	%1.9	2	%2.6	3	%2.3
Makine veya Tezgaha Uzuv Kaptırma	0	%0.0	6	%7.7	6	%4.5
Malzeme Altında Uzuv Sıkıştırma	1	%1.9	1	%1.3	2	%1.5
El Aleti ile Ele Vurma	0	%0.0	1	%1.3	1	%0.8
Sivri Uçlu Keskin Kenarlı Cisimle Yaralanma	0	%0.0	2	%2.6	2	%1.5
Şantiye içi Trafik Kazası	2	%3.7	2	%2.6	4	%3.0
Diğer Tip Kazalar	1	%1.9	0	%0.0	1	%0.8
TOPLAM	54	%100.0	78	%100.0	132	%100.0

- Kaza sırasında yapılmakta olan işe göre yapılan istatistikler sonucunda ölüm ve yaralanmaların en çok kalıp işçiliği sırasında yaşandığı Tablo 6' da görülmektedir.

Tablo 6- İncelenen İş Kazalarının Meydana Geldiği Sırada Yapılmakta Olan İşe Göre Dağılımı (Hafızoğlu, 2006)

YAPILAN İŞ	**ÖLÜM**		**YARALANMA**		**TOPLAM**	
Kalıp İşçiliği	8	%14.7	16	%20.5	24	%18.1
Beton İşçiliği	5	%9.3	2	%2.6	7	%5.3
Demir İşçiliği	3	%5.6	5	%6.4	8	%6.1
Çelik Konstrüksiyon	1	%1.9	1	%1.3	2	%1.5
Sıva ve Boya	9	%16.6	12	%15.4	21	%15.9
Duvar Örülmesi	1	%1.9	7	%9.0	8	%6.1
Çatı İşleri	2	%3.7	1	%1.3	3	%2.3
Malzeme Tasıma	5	%9.3	8	%10.3	13	%9.8
Gırgır Vinç Kullanımı	8	%14.7	4	%5.1	12	%9.1
Tesisat Yapılması	0	%0.0	1	%1.3	1	%0.8
Yıkım ve Kırma İşleri	2	%3.7	3	%3.8	5	%3.8
Diğer	7	%13.0	14	%17.9	21	%15.9
Bilinmiyor	3	%5.6	4	%5.1	7	%5.3
TOPLAM	**54**	**%100.0**	**78**	**%100.0**	**132**	**%100.0**

- Kaza tipi ve yapılan iş aynı anda incelendiğinde yüksekten düşmelerin en çok kalıp işçiliği ile sıva ve boya işlerinde olduğu Tablo 7' de görülmektedir.

Tablo 7- Kaza Sırasında Yapılan İşe Göre Dağılım x Kaza Tipine Göre Dağılım (Hafızoğlu, 2006)

	İnsan Düşmesi	Malzeme Altında Uzuv Sıkıştırma	El Aleti ile Ele Vurma	Sivri Uçlu Keskin Kenarlı Cisimle Yaralanma	Trafik Kazası	Diğer	Malzeme Düşmesi	Malzeme Sıçraması	Toprak Kayması	Yapının Kısmen veya Tamamen Çökmesi	Elektrik Çarpması	Patlayıcı Madde Kullanımındaki Kazalar	Yapı Makinesindeki Kazalar	Makine veya Tezgaha Uzuv Kaptırma	TOPLAM
Gırgır Vinç Kullanımı	8						2				1			1	**12**
Tesisat Yapılması	1														**1**
Demir İşleri	1			1		1		2			2			1	**8**
Diğer	9			1	3		2	1	1		1		1	2	**21**
Bilinmiyor	4		1					1	1						**7**
Kalıp	19						1	1	1					2	**24**
Beton	3						1			1	1		1		**7**
Çelik Konstrüksiyon	1											1			**2**
Sıva ve Boya	16						1				3	1			**21**
Duvar Örülmesi	2							1	1	2	1		1		**8**
Çatı İşleri	3														**3**
Malzeme Taşıma	6	2			1		2				2				**13**
Yıkım ve Kırma İşleri	3														**5**
TOPLAM	**76**	**2**	**1**	**2**	**4**	**1**	**9**	**6**	**4**	**5**	**11**	**2**	**3**	**6**	**132**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Aşağıda iş güvenliği yönetim sistemleri ve risk analizi hakkında yapılmış literatür çalışmalardan bazıları verilmiştir:

Grassi ve ark. (2009) risk değerlendirmesinin, güvenlik yönetimi prosesinin kritik bir bölümünü oluşturduğunu belirtmişlerdir. Güvenlik yönetimi, temel olarak çalışma aktivitilerinin yürütülmesindeki risklerin değerlendirilmesini ve bu sayede yöneticilere müdahale önlemlerini almada uygun bilgi sağlamayı içerir. Risk değerlendirmesinde en önemli aktivite risk değerlendirme görevidir fakat, önemine rağmen, ulusal ve uluslar arası düzenlemeler bu konuda standart bir metodoloji formalize etmemiş ve işletmeleri uygun buldukları yaklaşımı uygulamada tamamen özgür bırakmışlardır. Bunun bir sonucu olarak, işletmeler genellikle çalışma alanındaki riski etkileyen tüm yönleri vurgulamaya çoğunlukla yeterli olmayan ve tehlikeli aktiviteler için doğru bir sıralama üretemeyen basit yöntemler üzerinde oturur. Yapılan çalışmada, risk değerlendirmesi için yeni bir yöntem ortaya konulmuş ve klasik yaklaşımlardaki kısıtlamaların üstesinden gelmede yardımcı olması düşünülmüştür. Özellikle, insan davranışı ve çevrenin risk düzeyi üzerindeki etkisini göz önüne almada klasik yaralanma büyüklüğü ve bir kazanın meydana gelme ihtimalinin dışında yeni faktörler verilmiştir. Öne sürülen yöntem aynı zamanda, bulanık mantık teorisine dayanan tahmini bir yaklaşımla uyumludur ki bu yaklaşım değerlendirme prosesinde tehlikeli aktivitelerin son değerlendirmesinde çok uygun bir sıralama sağlayarak daha fazla tutarlılığa imkân verir. Yeni risk değerlendirme modelinin kapasitesini göstermek için gerçek bir durum çalışması rapor edilmiştir.

Lyons (2009) çalışmasında, kök neden analizi gibi geçmişe yönelik güvenlik değerlendirme teknikleri sağlığın bilinirliliği artırırken; tahmini güvenlik değerlendirme tekniklerinin adaptasyonun yavaş ve nadir olduğunu, bunun da yayınlanmış literatürdeki pratik bilgi ve teknik seçim destek eksikliğinden kaynaklandığını belirtmiştir. Bu teknikler üzerine çok çalışma olmasına rağmen; çok azının birçok seçenek arasından bir teknik seçme konusunda acemi kullanıcıları desteklemeyi amaçladığını belirtmiştir. Teknik seçiminde, yukarıdan aşağıya (kaynaklar ve kısıtlar) ve aşağıdan yukarıya (gereklilikler) bir yaklaşıma karşın kanıt

toplama tabanlı bir yaklaşımı adres göstermeyi amaçlamıştır. Sonuçların, literatürde tanımlanmış pratik tecrübelerin eksikliğini gösterdiğini ifade etmiş; sağlık ve diğer acemi kullanıcılar için, bir seçim yapma tekniğine ihtiyaç olduğunu ve bunun geçerliliğini sağlamak için bu alanda bir araştırmaya ihtiyaç olduğunu belirtmiştir.

Swedlow ve ark. (2009) çalışmalarında, düzenleyici davranışın karşılaştırmalı bir çalışması kapsamında gelişen risk değerlendirme ve düzenleme hakkında bir genelleme oluşturmak ve teorize etmek için stratejiler önermiş ve bu çalışmalarının bir çerçeve sağladığını öne sürmüşlerdir. Yaklaşık 3000 risk çeşidinin yapısı ve bu risklerden rastgele 100 ünün örnek çalışması, 35 yılı aşkın periyottaki ABD ve Avrupanın yasal önlemlere ilişkin değerlendirmeye izin verdiğini belirtmiştir. Ekolojik, sağlık ve güvenlik çevrelerinden seçilen durumların karşılaştırmalı ve içiçe analizleri; veya diğer riskler veya bunların 18 kategorisi veya risk nedenleri veya kaynaklarının 92 alt kategorisi, teorinin test edilmesine, yapılandırılmasına ve daha açıklayıcı ve nedensel karşılaştırmalı genelleme yapılmasına olanak sağlamıştır.

China ve ark. (2009) çalışmalarında, hata modu ve etkileri analizinin (HMEA), ortaya çıkması mümkün olan hatalar (Problemler, hatalar, riskler ve meseleler) için bir sistem, tasarım, süreç veya hizmet değerlendirme metodolojisi olduğunu belirtmişlerdir. HMEA bir grup karar fonksiyonudur ve bireysel bir esasta yapılamaz. HMEA takımı çoğunlukla, bir takım üyesinden diğerine farklı bilgi ve düşünceler gösterir; pratik ve çok disiplinli yapısından dolayı tam ve eksik, kesin ve kesin olmayan, bilinen ve bilinmeyen gibi değerlendirme bilgisinin farklı tiplerini üretir. Farklı bilgi tiplerini; geleneksel risk öncelik sayısı (RPN) modeli ve bulanık kural tabanlı yaklaşık muhakeme metodolojileri ile HMEA ya birleştirmek çok zordur. Bu çalışmada, çok yönlü karar verme analizi için yeni geliştirilen bir metodoloji olan delile dayalı muhakeme (ER) yaklaşımını kullanan bir HMEA sunulmaktadır. Önerilen HMEA bir balıkçılık teknesine uygulama ile izah edilmiştir.

Allen ve ark. (2009) çalışmalarında; hata modu ve etkileri analizini (HMEA); Tayvan' daki bir OEM/ ODM elektronik üreticisinin durumuna istinaden, Giriş Kalite Kontrolde (IQC) Avrupa Birliği Tehlikeli Maddelerin Kısıtlandırılması (RoHS) Direktifine uyum içinde yeşil bileşenlerin risk analizinde kullanmışlardır. Bu çalışmada HMEA nın 3 göstergesi mevcuttur: Tecrübe raporundan öğrenilebilen ortaya çıkma (O); tespit etmenin zorluğunu belirten tespit edilme olasılığı (D); İhbar

edilen durumdan ve projede kullanılan yeşil bileşen sıklığından rakamlara dönüştürülen Şiddet (S). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (FAHP) 4 faktörün göreceli ağırlıklarını belirlemek için uygulamışlardır. Sonra türetilen riskleri tanımlamak ve yönetmek için tedarikçiler tarafından sağlanan her bir bileşen için, yeşil bileşen risk öncelik sayısı (GC-RPN) hesaplanmıştır. Sayısal sonuçlar, planlanan yaklaşımın kullanımı boyunca yararını göstermiştir. GC-RPN, 7 nin yukarısında iken yüksek riskli yeşil bileşenlerin tespit edilme oranı % 20 ye yükseltilebilir ve GC-RPN 9 ile 10 arasında iken en yüksek riskli yeşil bileşenler % 46,2 ye artırılabilir.

Gürcanlı ve Müngen (2009) çalışmalarında, inşaat işinin doğası gereği her koşulda belirsizlikler içerdiğini ve yapılan yerinde incelemelerde, bir inşaat alanındaki işçilerin risklerini değerlendirmek amacıyla genellikle sayısal değerlerin yerine dilbilimsel anlatımların kullanıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca yasal kayıtlar, istatistiksel veriler ve şirketler tarafından tutulan dokümantasyonların genellikle riski belirlemek için yetersiz kaldığını, bunun da iş alanı atmosferindeki belirsizlikleri artırdığını öne sürmüşlerdir. Bu çalışmalarında, şüpheli ve yetersiz bilgiye ilişkin bulanık kural tabanlı güvenlik analizini kullanarak inşaat alanında işçilerin maruz kaldığı riskleri değerlendirmek için bir metod önermişlerdir. Bu yaklaşım kullanılarak, geçmiş kaza verileri, uzmanların kişisel kararları ve bir inşaat alanının mevcut güvenlik seviyesi birleştirilmiştir. Çalışmanın kapsamında, tüm endüstriler içinde 40.000 sınıflandırılmamış mesleki kazadan inşaat endüstrisindeki ilk 5239 mesleki kazanın tanımlamışlardır. Daha sonra 5239 mesleki kazayı detaylandırarak sınıflandırmış ve incelemişlerdir. Bu verilerin ve uzmanların kişisel kararlarının birleştirilmesiyle; olasılık, mevcut güvenlik seviyesi ve kaza şiddeti olmak üzere 3 parametre üretmişler ve bunları bulanık kural tabanlı sistem için giriş parametreleri olarak kullanmışlardır. Bu metod daha sonra galeri (tünel) inşaat alanında uygulanmıştır ve tüm kaza tipleri için risk düzeyleri türetilmiştir. Endüstriye ilişkin: Bu çalışmanın endüstri ile ilişkisi; önerilen metodolojinin kullanımı boyunca inşaat alanları için güvenlik seviye skorlarının belirlenmesinin mümkün olması ve böylece iş geliştirme ve verimliliğin artmasıdır. Bu önerilen metodun uygulanması; işçi güvenliğinin geliştirilmesinde hangi güvenlik öğeleri ve faktörlerinin en önemli

olduğunu göstermiştir. Bunun için iş çevresinin güvenliğini geliştirmek amacıyla kaynakların nerede kullanılacağını belirlemişlerdir.

Wang ve ark. (2009) çalışmalarında, hata modu ve etkileri analizinin (HTEA) yaygın olarak ürünlerde, proseste, tasarım ve hizmetlerdeki potansiyel hataların incelenmesinde kullanıldığını, HTEA nın önemli bir görevinin de tanımlanmış olan hata modlarının risk önceliklerinin tespit edilmesi olduğunu belirtmişlerdir. Wang ve ark. (2009)' na göre geleneksel HTEA, her hata modunun ortaya çıkma (O), şiddet (S) ve tespit (D) gibi risk faktörlerinin kesin olarak değerlendirilmesi için güya risk öncelik sayılarını kullanarak hata modlarının risk önceliklerini belirler ve bu yaklaşım reel uygulamalarda gerçekçi değildir. Bu çalışmada bulanık değişkenler kullanarak O, S ve D risk faktörlerinden bahsedilmiş ve bulanık dilbilimsel terimleri ve bulanık dereceleri kullanarak bu değişkenler değerlendirilmiş; sonuç olarakta bulanık risk öncelik sayıları (BRÖS) hata modlarının önceliklendirilmesi için önerilmiştir. Bulanık risk öncelik sayıları (BRÖS); O, S ve D için bulanık derecelerin ağırlıklı geometrik araçları olarak tanımlanmış ve lineer programlama modelleri ve alfa-seviye setleri kullanarak hesaplanmıştır. Bu amaca ulaşmak için; bulanık risk öncelik sayıları (BRÖS), Alfa-seviye setlerine dayanan yeni türetilen bir merkez durulaştırma yöntemi kullanılarak durulaştırılmış ve önerilen bulanık HTEA' nın potansiyel uygulamalarını ve HTEA ayrıntılı hesaplama prosesini açıklamak için sayısal bir örnek gösterilmiştir.

Murè ve Demichela (2009) çalışmalarında, Bulanık Başvuru Prosedürü (BBP) olarak bilinen Bulanık Mantık yaklaşımına dayanarak mesleki kazaların risklerini değerlendirmek için bir prosedür tanıtmışlardır. Bu çalışmada BBP; bulanık mantığa dayalı bir metod geliştirildikten ve onaylandıktan sonra yardımcı bir araç olarak geliştirilmiştir. Bu metodoloji ve BBP destek aracı, farklı endüstri ve site faaliyetleri için mesleki kaza risklerini nicel olarak değerlendirilebilmek ve bu riskleri azaltmak için alınabilecek en etkin müdahale önlemleri belirlemek için oluşturulmuştur. Bu prosedürün geçerliliğinin doğrulanması için iki İtalyan sanayi tesisinde, BBP' nin uygulanmasına izin verilmiştir. Kaza sayılarının yeterli ve homojen bir şekilde kaydedilmesi şartıyla, bulanık metodolojinin referans parametrelerini doğru ayarlayabilmek amacıyla her türlü firma için BBP' nin kullanımının kolaylığı ileri sürülmüştür.

Ciarapica ve Giacchetta (2009) çalışmalarında, oluşabilecek yaralanmaların olasılığını ve sonuçlarını dikkate alarak mesleki yaralanma riskinin değerlendirilmesini ve yaralanmaların meydana gelmesini etkileyen tüm genel faktörlerin tanımlanmasını amaçlamışlardır. Bu çalışmada yer alan analizler 5 yıllık bir periyotta (2002-2006) İtalya bölgesinde meydana meslek yaralanmalarına istinaden yapılmıştır. Mesleki riskler ve yaralanmaları önlemek için tüm faaliyetlerin yeterli bir bilgi teknolojisi sistemini içermesi gerektiği; gelecekteki verilerin eğilimini tahmin etmek veya önemli verilerin kategorilerini tanımlayan modelleri elde etmek amacıyla; sınıflandırma ve tahminin bu tip veri analizlerinde mutlaka kullanıldığı belirtilmiştir. Özellikle madencilikle ilgili sorunlarda bulanık-sinir ağlarının güçlü bir araç olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmanın amacının, bir mesleki yaralanma çalışması için bulanık-sinir ağı (tipik bir yumuşak hesaplama aracı) kullanımının esnekliğini ve avantajlarını gerçek bir uygulama ile göstermektir. İtalya bölgesinden gelen yaralanma verileri analiz etmek için yenilikçi teknikleri kullanan bu çalışmanın amacı:

- Yaralanma eğilimleri üzerindeki önem ve/veya etkilerine göre bir giriş veri sınıflandırması elde etmek,
- Giriş verilerinin bir veya daha fazla bölümünün dönüşümünün mesleki yaralanmayı nasıl etkilediğini değerlendirmek, daha sonra yaralanmaların sıklığı ve sonuçları hakkında bir duyarlılık analizi yapmak,
- Geçmiş veriler ile düzenlenen bulanık-sinir ağları kullanarak yaralanmalarda geçmiş verilerle tahmini eğilimin karşılaştırmasının mümkünlüğünü doğrulamak olarak belirtilmiştir.

Zhao ve ark. (2008) çalışmalarında, havaalanı içindeki güvenliğin risk değerlendirmesini yapmışlardır. Bu çalışma, risk ve güvenlik genel kavramları ile ilgilidir ve havaalanındaki risklerin temel nedenlerini açıklar. Havaalanında iç güvenlik riskini değerlendirmek için bulanık simülasyon tekniği ve hiyerarşik yapı analizine dayalı bir model geliştirilmiştir. Dilsel terimlerin kullanımı ile nitel güvenlik riski indekslerinin öznel değerlendirmeleri bulanık değişken ile temsil edilmektedir. Güvenlik niteliklerinin göreceli ağırlıkları çift yönlü bir karşılaştırma prosesi kullanarak değerlendirmiş ve optimality kavramına dayanılarak bulanık

simülasyon yaklaşımı; beklenen değerleri hesaplamak ve değerlendirme modelini çözmek için çalıştırılmıştır. Daha sonra geleneksel Analitik Hiyerarşi Sürecinin (AHP) kusurları telafi edilmiş ve son olarakta, bu yaklaşımın etkinliğini göstermek için büyük bir iç hatlar havaalanı hakkında deneysel bir çalışma yapılmıştır.

Gürcanlı ve Müngen (2007 b) çalışmalarında, inşaat sektöründe iş kazalarında her yıl resmi rakamlara göre yaklaşık 500'e yakın işçinin şantiyelerde yaşamını yitirmesi olgusunun, konuyu insan hayatı açısından önemli kıldığını belirtmişler ve gerçek rakamların bunun çok ötesinde olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada, proje yönetiminin bir alt başlığı olarak düşünülmesi gereken İş Güvenliği ilkelerinin uygulanması açısından büyük eksikliklerin olduğu, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği konusunda tüm dünyada bir standardizasyona gitme gereksiniminin beraberinde, İş Sağlığı ve Yönetim Sistemleri uygulamalarını belirleyen OHSAS 18001 ve 18002 gibi standartları getirdiğini, her iki standardın da Türk Standartları Enstitüsü tarafından dilimize çevrildiğini belirtmişlerdir. Bu standartlarda tehlikeli bir olayın meydana gelme olasılığı ile sonuçlarının bileşimi ile tanımlanan risk kavramı ve riskin büyüklüğünü tahmin etmek ve riske tahammül edilip edilemeyeceğine karar vermek için kullanılan prosesin tamamı olarak tanımlanan risk değerlendirmesi konusunda inşaat sektöründe uygulamaya ilişkin kimi sorunların yaşandığını belirtmişlerdir. Literatürde tanımlanan risk değerlendirme yöntemlerinin kimi eksiklikleri bu çalışmada ele alınmış, inşaat üretiminin yapısına uygun kolay, uygulanabilir, şantiyelerin değişen ve birbirinden farklı yapısına uyum sağlayan, belirsizliklerden kaynaklanan dezavantajları bertaraf eden bir yöntem arayışı tartışılmış ve iki yeni risk analizi yöntemi önerilmiştir. Bu kapsamda Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılmak suretiyle yeni bir kontrol listesi hazırlanmış, inşaat sektöründe gerçekleşen 10 temel kazanın kaza şiddetleri, uzmanlar yardımıyla belirlenmiş ve incelenen şantiyenin iş güvenliği risk puanı bulunmuştur. Önerilen yöntemler bir tünel şantiyesinde uygulanmış, sonuçları karşılaştırılmış ve diğer yöntemlerden farklılıkları ortaya konmuştur. Önerilen yöntemlerin imalat sanayiinden pek çok açıdan ayrılan inşaat sektörünün özgünlüklerini hesaba kattığı ve uygulamacılar açısından kolay anlaşılır ve kullanılabilir olduğu ifade belirtilmiştir.

Gürcanlı ve Müngen (2006) çalışmalarında, bulanık kümeler yardımıyla inşaat şantiyelerine özgü bir risk analiz modeli geliştirilmiştir. Türkiye ve dünyada iş güvenliğine ilişkin istatistikler ve güncel durum gözönüne serilmiş, iş güvenliği yönetim sistemleri incelenmiş, bu sistemlerin ayrılmaz bir bileşeni haline gelen risk analizi ve tehlike değerlendirme teknikleri ayrıntılı bir şekilde ele alınmış ve inşaat sektörü için uygun bir risk analizi modeli için gerek literatür gerekse de saha araştırması yapılmıştır. Toplam 5239 iş kazası ayrıntılı bir şekilde incelenmiş, 58 şantiyedeki iş güvenliği uygulamaları sahada araştırılmış ve model bir tünel şantiyesinde uygulanmıştır. Kaza Olabilirliği parametresinin bulunmasında, iş kazası dosyaları incelenerek, her şantiyede her tipte kazanın hangi yüzde ile gerçekleştiğinden hareketle elde edilen sayısal veriler, bulanık kümeler yardımıyla sözel ifadelere çevrilmiştir. Güvenlik Düzeyi parametresi için ise her kaza tipi için alınması gereken önlemlerin ayrı ayrı sınıflandırıldığı ve uzmanlarca ikili karşılaştırmalar yoluyla farklı ağırlıklar verilen yeni bir kontrol listesi kullanılmıştır. Bu kontrol listesindeki her maddenin ağırlığını saptamak amacıyla Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılmış, kontrol listesi 1-10 arası bir ölçekte kontrol yapan uzmanların, her iş güvenliği önlemine evet/hayır veya 0/1 vermesi yerine bir puan vermesine dayanmıştır. Kaza Şiddeti parametresi için ise, 1-5 arası ölçekte şiddet tanımları yapılmış, deneyimli uzmanların görüşleri ile sayısal ifadeler oluşturulmuş, sonrasında sözel ifadelere çevrilmiştir. Yöntemin üç parametresi bulanık kural tabanlı sistemin girdileri olarak kullanılmış ve her kaza tipi için çıktı parametresi Risk Düzeyi bulanık çıkarım ve harmanlama yöntemi ile bulunmuştur.

Murè ve ark. (2006) çalışmalarında, mesleki kaza risklerinin değerlendirilmesi için bulanık mantığa dayalı bir metod geliştirmişlerdir. Bu çalışmanın amacını, farklı endüstriyel faaliyetler için mesleki kazaların risklerini kısmen nicel olarak değerlendirmek ve riskleri azaltmak için alınabilecek en etkin müdahale önlemleri belirlemek için metodolojik bir araç sağlamak olarak ifade etmişlerdir. Mesleki kazaların risklerini değerlendiren bu yeni yaklaşım; kalitatif, kesin olmayan ve bazı durumlarda bir mesleki kazayı tanımlayan genellikle çelişkili verilerin ayrıntılı olarak hazırlanmasına izin vermektedir. Bu nedenle, ileri sürülen analiz modeli bir iş sektörü ve/veya bir iş aşamasının risk seviyesinin değerlendirilmesine (1), önleyici ve koruyucu tedbirlerin uygulanmasından sonra risklerin azalmasının ölçümü ve

derlendirmesine (2) değerlendirilen risk seviyelerine dayanarak öncelikli müdahalelerin tespit edilmesine (3) izin vermektedir. Bu çalışmada endüstriyel araç lastikleri üreten bir bir firmaya uygulan bu metodun, kaza sayılarının yeterli ve homojen bir şekilde kaydedilmesi şartıyla her türlü firma için uygulanabilirliği görülmektedir.

Kang ve ark. (2006) çalışmalarında, deniz cankurtaran platformları için Bulanık Olasılık Etki Diyagramı (BOED) ve Hata Modu ve Etkileri Analizine (HTEA) dayanan bir risk değerlendirme metodu önermiştir. Verilerin yapısının ve ilişki matrisinin yapısının, modelin dinamik olarak tanımlanmasına imkan verdiğini belirtmiştir. Cankurtaran platformları için tanıtılan bu metodun uygulamasının tamamlandığı ve bu çalışmada yalnız cankurtaran platformları analiz edilse bile bu metodun geniş çapta uygulanabilir olduğu belirtilmiştir.

Vučković ve ark. (2005) çalışmalarında, çevre üzerindeki etkisi açısından bir elektrik güç iletimi sisteminin risk değerlendirmesi için ögelerin ve metotların analizini yapmışlardır. Sistemin sosyal, ekolojik ve teknik sistemler üzerinde tür ve etkileri gösterilmiştir. Bir elektrik güç iletim sisteminin çevre üzerindeki etkisinin değerlendirmesi için öğelerin analizine göre, tam bir risk değerlendirmesi için faaliyetler ile ilgili bir öneri sunulmuştur. Kaza ve kümülatif riskler incelenmiş, analitik, istatistiksel ve bulanık risk değerlendirme yöntemleri analiz edilmiştir.

Nawar (2000) çalışmasında, örgütsel sistemlerde insan etkileşimi ile ilgili riskleri işlemek için kavramsal bir yöntem önermiştir. Bu yöntem, örgütsel öğrenme için dinamik bir interaktif geribesleme ile bilgiye dayalı bir yaklaşım olarak sunulmuştur. Bu çalışmada, bilginin türsel bir biriminin geliştirilmesi için ikili bir algoritma kullanılmış ve tüm disiplinler için geçerli olan bir hata ağacı yapılandırılmıştır. Bulanık mantık, hata ağacı analizinde kaza olaylarının nedenlerini ve olasılığını tahmin etmek için kullanılmıştır. Bu çalışmada, örgütsel sistemlerde; kaza olaylarının ortaya çıkmasına yol açan türsel birimin kümülatif kombinasyonlarının düzeltme ve depolanması boyunca türsel birim öğrenilebilmiş ve bu uygulama bir iş sağlığı ve güvenliği yönetiminde detaylı olarak şemalandırılmıştır.

McCauley-Bell ve ark.(1999) çalışmalarında, tahmine dayalı modellerin günümüz işyerlerinde gelişen mesleki hastalık ve yaralanmaların risk tanımlaması

için gerekli olduğunu ileri sürmüşlerdir. McCauley ve ark.(1999)' a göre tahmini modeller, mesleki hastalık ve yaralanmaların önlenmesi ve kontrol altına alınmasına böylece bu problemlerin sıklığının ve şiddetinin de minimize edilmesine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadırlar. Çalışmalarında, mesleki hastalık ve yaralanmalar için tahmini modellerin oluşturulmasının insan antropometrisi ve performansı ile ilişkili değişkenlik tarafından sık sık engellendiği belirtilmiştir. Geleneksel modelleme teknikleri hastalık ve yaralanmaların (özellikle kümülatif travma bozukluklarında (KTB)) başlangıcını tanımlamaya çalışırken sık sık zorluklarla karşılaşıldığı, kümülatif travma bozukluklarının (KTB) (örneğin el bileği tünel sendromları, tendonlar, tenosivinitler, parmak titremesi vb.); müsküloskeletal sistemde sürekli tekrarlan stres ve gerilimin bir sonucu olarak aşama aşama gelişen meslek hastalıkları olduğu belrtilmiştir. Geleneksel mantığın ikili yapısının, "yaralanmama" koşulundan "yaralanma" koşuluna geçişte bireysel aşamaları temsil etmekte yetersiz kaldığı, bununla birlikte bulanık küme teorisinin (BKT) bu değişkenliği belirtmede bir araç olarak kullanıldığı belirtilmiştir. Bulanık modelleme kuralları ile uyumlu mesleki yaralanmaların, işle ilgili müsküloskeletal bozukluklarda veya uzun bir periyotta ortaya çıktığı, vücudun omları (örneğin el, bilek, kolun bilek ile dirsek arasındaki kısmı, bacak) üzerinde etkisi olan kümülatif travma bozuklukları, manuel yoğun endüstrilerin her bölümüne gerçekten zarar verdiği ve bunları tahlil etmek için, problemin çeşitli yardımcı faktörlerinin analiz edilmesi ve değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Kümülatif travma bozukluklarını (KTB) kavrama ile ilgili sorulardan birinin mesleki risk faktörlerine maruz kalmadan kaynaklanan müsküloskeletal sistemin tepkisinin tanımlanması olduğu ifade edilmiş ve bulanık modellemenin kullanımının müsküloskeletal sisteme nihai zararın analiz edilmesi için bu risk faktörlerinin temsil edilmesine izin verdiği belirtilmiştir.

Falconer ve Hoelf (1997), çalışmalarında; bir organizasyonda meydana gelebilecek potansiyel hastalık veya yaralanmalar ile ilgili olarak bir veri toplama yöntemini açıklamışlardır. Bu çalışmada "gri" terimi kullanılmış olup 'gri' teriminin kullanılma sebebi açıklanmakta ve bulanık düşünmenin temel felsefesi tartışılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan bu yöntem, hangi hatanın belirli tiplerinin bir organizasyonda temsil edildiğinin derecelerini ölçmek için denemedir. Bu denemede; tasarımda ve uygulamada bir ekip yaklaşımı kullanılmıştır ve yaralanma

veya hastalığın potansiyel sebeplerinine ilişkin bilgilerin toplaması için kullanışlı ve yararlı bulunmuştur.

McCauley-Bell ve Badiru (1996a) çalışmalarında; mesleki yaralanma (özellikle el (kolun ön kısmı) ve ayak kümülatif travma bozukluklarının) riskini tahmin etmek ve değerlendirmek için bulanık-sözel uzman bir sistem geliştirmek için iki aşamalı bir projenin birinci bölümünü tanıtmışlardır. Çalışmalarının bu bölümü, risk seviyelerinin tanımlanması için sözel değişkenlerin geliştirilmesine ve tanıtılmasına odaklanmıştır. Bu değişkenler daha sonra bulanık küme teorisi kullanılarak sayısallaştırılmış, böylece modelin sayısal ve sözel verilerinin değerlendirilmesine imkan sağlanmıştır. Bu sözel risk değişkenlerinin, diğer potansiyel olarak tehlikeli ortamlara da uygulanabilir olduğu belirtilmiştir.

McCauley-Bell ve Badiru (1996b) çalışmalarında; mesleki el (kolun ön kısmı) ve ayak yaralanmalarını tahmin etmek için bulanık kural tabanlı uzman bir sistem geliştirmek için iki aşamalı bir projenin ikinci bölümünü tanıtmışlardır. Çalışmalarında, Analitik Hiyerarşi Prosesinin (AHP) tanımlanan risk faktörlerine göreceli ağırlıklar atanmasında kullanıldığını belirtmişlerdir. Verilen faktörler için, bir bulanık kural temelinin potansiyel kombinasyonlarının tümüyle yapılandırıldığını ifade etmişlerdir. Araştırmanın birinci bölümünde elde edilen girdi parametrelerinin sözel değişkenler olduğunu ve bu girdilerin, yaralanmaların tahmini için sözel ve sayısal bir değer olmak üzere iki sonuç sağlamak için bulanıklaştırıldığını ve durulaştırıldığını belirtmişlerdir. Tüm yaralanma risklerinin atanmasında, bu sistemin sayısal riskler kadar sözel risk seviyelerini de belirlediği ve sistem değerlendirmesinin Tip 1 ve Tip 2 hataları için hesaplamaların sonuçlandırılması ile yapıldığı belirtilmiştir. Sistemin katkıları ve kısıtlamaları tartışılmıştır.

Bardossy ve ark. (1991); araştırmalarını tanıtmak için sağlık risk değerlendirmesini kullanan, belirsizlik altındaki risk analizi uygulaması için bulanık olmayan üç küme tekniğini (olasılıklı hata yayılması, Bayesian analizi ve Shannon entropi) göstermişlerdir. Her bir tekniğin uygulamasındaki avantajları ve zorluklara değinmişler, sonra da bulanık küme risk analizi adlı dördüncü bir teknik geliştirmişlerdir. Çalışmada, hipotezlerin farklı kümeleri altında değerlendirilen bir risk analiz problemi, daha sonra karşılaştırılabilen ve birleştirilebilen farklı bulanık numaralar sağlamıştır. İç analizlerin bir yayılması gibi addedilen metodolojinin

unsurları: bulanık numaralar ve onların sınıflandırmasını içeren operasyonlar, bir doz-yanıt ilişki modeli için bulanık regresyon, risk yönetimi için iki boyutlu bulanık numaraları ve sınıflandırılan ve birleştirilen bulanık risk hesaplarıdır.

Karwowski ve Mital (1986) çalışmalarında, sanayi güvenliği mühendisliği alanındaki risk analizleri için bulanık küme teorisinin potansiyel uygulamalarını tartışmaktadırlar. Çalışmalarında, riskin matematiksel ölçümlerdeki muğlak ve belirsizliklerini rastgele atamalar yerine bulanıklaştırılarak denkleştirmişlerdir. Bu çalışmada, tehlikeli bir olayın ortaya çıkma olasılığının, tespit edilmesinin ve olası sonuçlarının sözel temsilini kullanan bir risk değerlendirme önerilmiştir. Bulanık mantığa dayanan yaklaşık sonuçlandırma tekniğinin bulanık risk değerlerinin türetilmesinde kullanıldığını belirtmişlerdir.

Kangari (1988) çalışmasında, bulanık kümeleri kullanan inşaat risk yönetimi için bütünleşik bilgi tabanlı bir sistem sunmuştur. Ross ve Donald (1996) çalışmalarında, hata ve olay ağaçlarının, risk yaklaşımı problemlerinde kullanıldıkları şekle benzer bir biçimde matematiksel gösterimi için bulanık küme teorisini kullanmışlardır. Wirba ve ark. (1996), sözel değişkenleri kullanarak, bir risk olayı oluşum benzerliğinin, riskler ve bir risk olayının öneminin arasındaki bağımlılık seviyesini sözel değişkenler ve bulanık mantık kullanılarak sayısallaştırıldığı bir modeli geliştirmişlerdir.

Starr ve Whipple (1984), sağlık ve güvenlik risklerini finansal risklerle karşılaştırmış ve ilgili farklılıkları risk değerlendirmesi ve yönetimi için tanımlamışlardır. Bu tip farklılıklar; risk dağılımının, karar sürecinde işletmenin faaliyetlerinden etkilenenlerin, risk çeşitliliği için var olan fırsatların, risk seçenekleriyle ilgili sosyal değerlerin yorumu ve karar sürecindeki politik hedeflerin tarafsızlığından kaynaklanır. Sağlık ve güvenlik düzenleyicileri geniş bilimsel belirsizlikleri içeren karar verme problemi, belirsiz ve çakışan halk değerleri ile karşı karşıyadır. Bu tip düzenleyici kararlar üzerinde çok fazla reklamı yapılan risk tartışmaları tanımlanmıştır.

Demircan (2008), İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yapı İşletmesi Anabilim Dalı ve aynı fakültede görev yapan öğretim üyesi ve yardımcıları tarafından hazırlanan bilirkişi raporlarını incelemiştir. 1970 ile 2006 yılları arasında inşaat sektöründe yaşanmış 954 vakanın bilirkişi raporlarında yapılan incelemede,

kazaların % 45,7'sinin "apartman" şantiye alanlarında gerçekleştiği ortaya çıkmıştır. 301 ölüm ve 146 yaralanmanın olduğu apartman şantiyelerinde; ortalama % 46 ölüm ve % 44,9 yaralanma gerçekleşmiştir. Ayrıca "küçük binalarda" yaşanan ölüm ve yaralanmaları da apartman kapsamına aldığımızda sayının oldukça büyüdüğü görülecektir.

Hafızoğlu (2006) tarafından yapılan bir çalışmada tehlikelerin tanımlanması amacı ile Sosyal Sigortalar Kurumu, Pendik Sigorta Müdürlüğü, Hastalık ve İş Kazaları Servisi'ne ait arşiv dosyaları taranmıştır. Bu servisin arşivinde araştırmanın yapıldığı tarihlerde 5002 adet iş kazası dosyası olduğu tespit edilmiştir. Dosyalar İstanbul'da, Bostancı – Tuzla ilçeleri arasında kurulmuş iş yerlerinde meydana gelen iş kazalarına ait belgeleri içermektedir. Çalışma sırasında 5002 adet arşiv dosyası taranmış ve bina inşaatında meydana gelen toplam 136 adet iş kazası dosyasına ulaşılmıştır. Yapılan çalışmalarda şantiyelerde meydana gelen kazalarda ölüm ve yaralanmaların en çok insan düşmelerinde yaşandığı ve düşmelere de en çok düz işçilerin maruz kaldığı ortaya çıkmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. MATERYAL

Bu çalışmanın temel materyali, bir inşaat taahhüt firmasının Konya' daki şantiyelerinden birinde uygulanan iş güvenliği önlemleridir. Şantiyede tünel kalıp imalat yöntemi kullanılarak 12 şer katlı 10 adet apartman inşaatı yapılmaktadır.

3.1.1. UYGULAMA FİRMASININ TARİHÇESİ VE TANITIMI

Uygulamanın yapıldığı inşaat firması, Konya' da kurulmuş olup, öncelikle hazır beton tesisi ile faaliyetlerine başlamış daha sonra da prefabrik yapı elemanları tesisini kurarak endüstriyel yapıların inşasında önemli bir rol oynamıştır. Endüstriyel yapılar, alışveriş merkezleri, otel, toplu konut, turizm kompleksi, iş merkezi gibi üst yapı; kanalizasyon, içme suyu, elektrik telefon hatları gibi alt yapı projelerini gerçekleştirmektedir.

Hazır Beton ve Prefabrik Sanayii yapılarına ilaveten kamu, özel sektör, kooperatif ve inşaat işlerine de girerek birçok projeyi gerçekleştirmiştir. Bu sektörde de deneyimli teknik personel ve makine parkını kullanarak, değişmez anlayışı olan kaliteyi, her zaman ön planda tutarak faaliyetlerine devam etmektedir.

3.2. METOD

Çalışmada iş sağlığı ve güvenliği önlemleri için bulanık risk değerlendirmesi metodu kullanılmıştır. Bulanık risk değerlendirme MATLAB 6.5 yazılım programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bulanık risk değerlendirmenin temelinde risk değerlendirmesi ve bulanık mantık yöntemleri yatmaktadır. Çalışmanın kapsamını dört ana başlıkta incelemek mümkündür:

- Saha Araştırması (Şantiyedeki faaliyetlerin, kullanılan makine ekipman ve malzemelerin tespiti ve tehlikelerin belirlenmesi),
- Saha araştırması ve şantiyede çalışan uzman görüşleri ile girdi parametrelerinin oluşturulması (Olasılık, Şiddet, Tespit edilebilirlik)
- MATLAB 6.5 Programında Bulanık kural tabanlı sistemin kurulması
- Bulanık risk değerlendirme yönteminin 12 katlı 10 bloklu bir apartman inşaatı şantiyesinde uygulanmasıdır.

Kullanılan metodlar aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.2.1. RİSK DEĞERLENDİRMESİ

İş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesi; işyerlerinde, çalışma ortamı ve şartlarında veya çevrede mevcut olan tehlikeleri sistematik yöntemlerle belirleyerek, riskleri ortaya çıkarmak ve kontrol altına alabilmek için yapılan çalışmaların bütünü olarak tanımlanmaktadır.

Risk değerlendirme; kapsamı belli yada tahmin edilebilir tehlikelerin metodolojik olarak değerlendirilmesine ve giderilmesine olanak sağlayan yöntemdir. İşyerlerinde var olan yada dışarıdan gelebilecek tehlikelerin, işçilere, işyerine ve çevresine verebileceği zararların ve bunlara karşı alınacak önlemlerin belirlenmesi amacıyla yapılması gerekli çalışmalardır (Çakıroğlu 2007).

Risk değerlendirme ile ilgili temel kavramlar aşağıda tanımlanmıştır:

Tehlike: Çalışma ortam ve şartlarında mevcut olan ya da dışarıdan gelebilecek, maruz kalacak kişilere, işyerine ve çevreye; bir zarar, hasar veya yaralanma oluşturabilme potansiyeli bulunan kaynak durumdur (Baysal, 2005).

Risk: Tehlikelerden kaynaklanan bir olayın, meydana gelme ihtimali ile ortaya çıkaracağı zarar, hasar veya yaralanmanın zarar verme derecesinin (şiddetinin) bileşkesidir (http://www.uq.edu.au/ohs/pdfs/ohsriskmgt.pdf).

Kabul edilebilir risk: Kanuni zorluklar ile işletmenin kendi İş Sağlığı ve Güvenliği Politikası ve uygulamaları dikkate alındığında, kabul edebilecek düzeye indirilmiş risk (Özkılıç, 2008).

Risk değerlendirmesi çalışması yapmaktaki amaç, işyerinde bulunan riskli durumlar konusunda önlemler almaktır (Bilir, 2005).

Risk değerlendirilmesi teknik bir çalışma gerektirir ve işveren ve çalışanların da katılımı ile uzman kişiler tarafından gerçekleştirilmelidir. İşyerinde, daha önce hiç risk değerlendirmesi yapılmamış olması veya çalışanların sağlık ve güvenliğini etkileyebilecek aşağıda belirtilen değişikliklerin olması durumunda, risk değerlendirmesi yapılması gereklidir:

a) Yeni bir makine veya ekipman alınması,
b) Yeni tekniklerin geliştirilmesi,
c) İş organizasyonunda veya proses iş akışında değişiklikler yapılması,
d) Yeni hammadde ve/veya yarı mamul maddelerin üretim sürecine girmesi,
e) Yeni bir mevzuatın yürürlüğe girmesi veya mevcut mevzuatta değişiklik yapılması,
f) İş kazası veya meslek hastalığı meydana gelmesi,
g) İş kazası veya meslek hastalığı ile sonuçlanmasa bile yangın, parlama veya patlama gibi işyerindeki iş sağlığı ve güvenliğini ciddi şekilde etkileyen olayların ortaya çıkması (www.akregroup.com).

Ülkemizde de son yıllarda Avrupa Birliği' ne uyum yasaları çerçevesinde İş Sağlığı ve Güvenliğine verilen önem artmıştır. Bu kapsamda 4857 sayılı İş Kanunu ile birlikte ülkemizde İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatımız değişmiş, bu yasayla birlikte 50'ye yakın yönetmelik ve tebliğ yayınlanmış ve bunların bir kısmı yürürlüğe girmiştir. İşverenler, 4857 sayılı İş Kanununun 78. maddesine dayanılarak çıkarılmış olan yönetmeliklerle işyerlerinde "Risk Değerlendirme"si yapmaktan ve alınan sonuçlara göre gerekli sağlık ve güvenlik önlemlerini işyerlerinde uygulamaktan sorumlu tutulmuşlardır. İşverenin risk değerlendirmesi yapmakla sorumu tutulduğu yönetmelikler aşağıda verilmiştir:

- Çerçeve Direktif 89/391/EEC Sayılı Avrupa Birliği Konsey Direktifi,
- Gürültü Yönetmeliği,
- Titreşim Yönetmeliği,
- Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik,
- Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında Yönetmelik,
- Kanserojen ve Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik,
- Asbestle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik,
- Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik,
- Biyolojik Etkenlere Maruziyet Risklerinin Önlenmesi Hakkında Yönetmelik (Özkılıç, 2007).

Günümüzde risk analizi çalışmalarında kullanılan 2 temel yöntem mevcuttur:

1- Kantitatif (quantitative) yöntemler: Kantitatif risk analizi yöntemlerinde, riski hesaplarken sayısal yöntemler kullanılır. Riskin olasılık, şiddet gibi unsurlarına sayısal değerler atanır ve bu değerler matematiksel ve mantıksal metotlar ile işlenerek risk değeri tespit edilir. Risk = Olasılık * Şiddet formülü kantitatif risk analizinin temel formülüdür (Özkılıç, 2005b).

2- Kalitatif (qualitative) yöntemler: Kalitatif risk analizi yöntemlerinde, riski hesaplarken sayısal değerler yerine yüksek, çok yüksek gibi tanımlayıcı ifadeler içeren değerler kullanır (Özkılıç, 2005b).

Risk analizi yapmak için birçok yöntem mevcuttur, işletmeler bunlardan en uygun olanını seçmeli ve uygulamalıdırlar. Günümüzde yayın olarak kullanılan risk değerlendirme yöntemlerinden bazıları aşağıda verilmiştir:

- Olası Hata Türleri ve Etki Analizi Metodolojisi (HTEA/OHTEA-FMEA/FMECA)
- Güvenlik Denetimi (Safety Audit)
- Neden – Sonuç Analizi (Cause-Consequence Analysis)

- Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis – PHA)
- Kinney Metodu (Mathematical Risk Evaluation Method)
- Zürih Tehlike Analizi (Zurih Hazard Analysis)
- Makine Risk Değerlendirme (Machine Risk Asessment)
- Güvenlik Fonksiyon Analizi (Safety Function Analysis)
- Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis – FTA)
- Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysıs - ETA)
- Tehlike ve İşletilebilme Çalışması Metodolojisi (HAZOP)
- İş Güvenlik Analizi – JSA (Job Safety Analysis)
- Olursa Ne Olur? (What If..?)
- Birincil Risk Analizi -(Preliminary Risk Analysis - PRA)
- İnsan Eksenli Yöntemler
- İnsan Hata Tanımlaması (Human Error Identification - HEI)
- İnsan Güvenilirlik Değerlendirmesi (Human Reliability Assessment - HRA)
- İnsan Hata Oranı Tahmini Tekniği (Technique For Human Reliability Analysis)
- Kavramsal Güvenilirlik ve Hata Analiz Yöntemi
- Sapma Analizi (Deviation Analysis)
- Yönetim Bakışı ve Risk Ağacı (Management Oversight and Risk Tree-MORT)
- Enerji Analizi (Energy Analysis)
- Güvenlik Bariyer Diyagramları (Barrier Diagram)
- BOW TIE Metodolojisi
- Risk Haritası
- Kontrol Listesi Kullanılarak Birincil Risk Analizi
- Risk Değerlendirme Karar Matris Metedolojisi (Risk Assessment Decision Matrix)
- Tehlike Derecelendirme İndeksi (DOW index, MOND index, NFPA index)
- Hızlı Derecelendirme Metodu (Rapid Ranking, Material Factor) (Özkılıç, 2008).

Bu metodları birbirinden ayıran temel özellikler, risk değerini bulmak için kullandıkları yöntemlerdir.

- Risk Analizinin İşletmeye Katkıları:

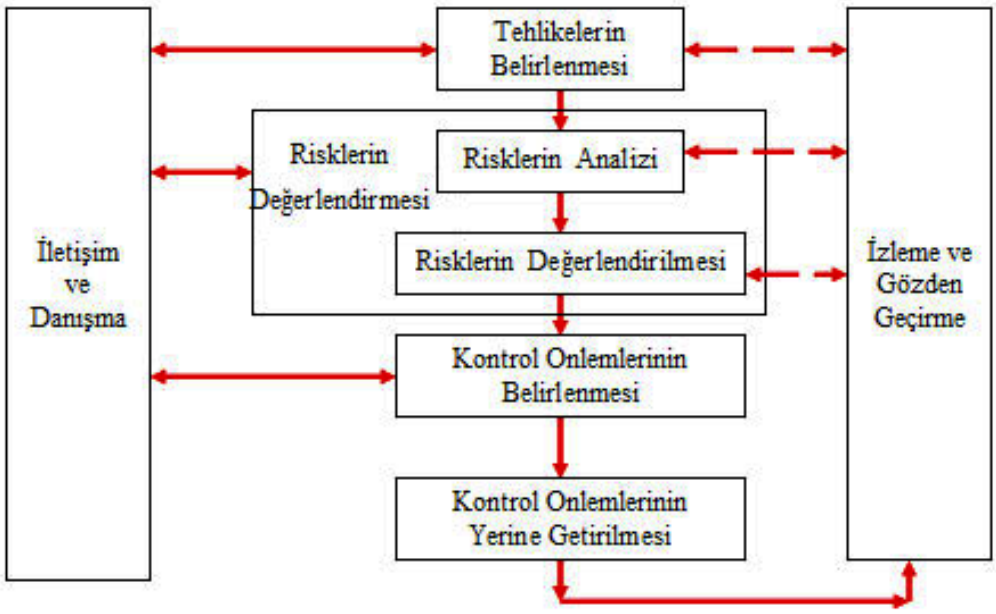
- İşyeri çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliği konularında bilgi sahibi olmalarını ve katılımını sağlar.
- Risk analizi prosesinden alınan ilk sonuçlar ile organizasyon yada işletmedeki olası tehlikeler ve alınacak tedbirler belirlenir.
- İş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesine yönelik yapılacak bu çalışmaların sonucunda alınacak önlemlerle:
    - İşletmenin sağlık giderleri ve tazminat giderleri azalacak,
    - Güvenli çalışma ortamında verimlilik artacak,
    - Üretimde kalite yükselecek,
    - İşletme güven ve prestij kazanacak ve pazar payı yükselecek,
    - Ekonomik yönden güçlü hale gelecektir (Andaç, 2007).

- Risk Analizinin Ülkeye Sağlayacağı Katkılar:

- Çalışanlardan hastalanan ve iş göremez durumuna düşenlerin sayısı azalacak,
- Gayri safi milli hasılanın yaklaşık %3'ü kadar kayıp azalacak, bu elde edilen gelir ülke kalkınmasında kullanılacak (burada söz konusu olan %3'lük pay iş kazaları ve meslek hastalıkları nedeniyle harcanan giderlerden oluşmaktadır ve bu kaza ve hastalıkların önüne geçilmesiyle bu maliyetlerin yatırım ve benzeri faaliyetlere aktarılacağı düşünülmektedir.)
- Sağlık ve rehabilitasyon harcamaları azalacak,
- Bir bütün olarak toplum sağlık göstergeleri iyileşecek,
- Çalışma barışına katkı sağlayacak,
- Refah toplumuna dönüşümü hızlandıracak,
- Ülkemiz uluslararası alanda prestij kazanacaktır (Andaç, 2007).

3.2.1.1 Risk Değerlendirme Süreci

Şekil 4' te Risk Değerlendirme Prosesi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4- Risk Değerlendirme Prosesi (Özkılıç, 2005a)

Risk Değerlendirme Sürecinin temel adımları:

a) Planlama
b) İşyerinde Yürütülen Faaliyetlerin Sınıflandırılması/ Tanımlanması
c) Tehlikelerin belirlenmesi/ tanımlanması,
d) Risklerin analizi/ değerlendirilmesi,
e) Kontrol Önlemlerinin belirlenmesi ve uygulanması.

a) Planlama

Risk değerlendirmesi çalışmaları, mevcut mevzuat ve işyeri koşulları çerçevesinde planlanır. Bu kapsamda:

- İşyeri çalışanları, yetkilileri ile risk değerlendirmesi uzmanlarından oluşan bir risk analizi ekibi oluşturulmalıdır.

- Yürürlükteki iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı incelenerek yapılan iş ve işlemler, kullanılan hammadde, malzeme ve makineler, vb. ile ilgili yönetmelikler tespit edilmeli ve risk değerlendirmesi yapılırken bunlara uyum gözlemlenmelidir.

Tüm İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatı taranarak inşaat sektörü ile ilgili olan kanun, tüzük ve yönetmelikler tespit edilmiştir.

4857 Sayılı İş Kanuna göre yürürlüğe giren İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliklerinden inşaat sektörü ile ilgili kanun, tüzük ve yönetmelikler Tablo 8' de verilmiştir.

b) İşyerinde Yürütülen Faaliyetlerin Sınıflandırılması/ Tanımlanması

İşyerinde yürütülmekte olan veya yürütülecek olan faaliyetler özelliklerine göre sınıflandırmaya tabi tutulur. Sınıflandırmada, sürekli olmamakla birlikte periyodik olarak veya değişen aralıklarla yürütülen bakım ve onarım gibi faaliyetler de dikkate alınır. Sınıflandırmada, işyerinin içinde ve dışında yürütülen işler, üretim veya hizmet sürecinin aşamaları, planlanmış veya ani faaliyetler, çalışanların görev tanımları gibi unsurlardan da yararlanılabilir (http://www.isggm.gov.tr/articles.php?category_id=178).

Faaliyetlerin belirlenmesinde Yapı İşlerinde Sağlık ve Güvenlik Yönetmeliğinde listelenen yapı işleri listesi dikkate alınmıştır. Buna göre Yapı İşlerinde Sağlık ve Güvenlik Yönetmeliğinde belirtilen yapı işlerinin (İnşa Ve Mühendislik Çalışmaları) listesi Tablo 8' da aşağıda verilmiştir:

Tablo 8- Yapı İşlerinin (İnşa Ve Mühendislik Çalışmaları) Listesi (Yapı İşlerinde Sağlık ve Güvenlik Yönetmeliği, 2003)

1 Kazı	8 Tamir
2 Hafriyat	9 Sökme
3 İnşa	10 Yıkım
4 Prefabrike elemanların montajı ve sökümü	11 Restorasyon
5 Değiştirme veya donatma	12 Bakım, boyama ve temizleme
6 Tadilatlar	13 Drenaj
7 Yenileme	

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulan İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Risk Grupları Listesi Tebliği' nde 16.12.2003 tarihli, 25318 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan İşyeri Sağlık Birimleri ve İşyeri Hekimlerinin Görevleri ile Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Yönetmeliğin 21 inci maddesi uyarınca oluşturulan Komisyonun görüşleri doğrultusunda işyerlerinin iş sağlığı ve güvenliği açısından yer aldığı risk grupları listesi Bakanlıkça belirlenmiştir. Buna göre bina inşaatı ve tamiratı V. Risk Grubuna (en riskli grup) girmektedir.

Yapı İşlerinde Sağlık ve Güvenlik Yönetmeliğine göre şantiyelerde iş sağlığı ve güvenliği açısından riskli bulunan işlerin listesi aşağıda verilmiştir (Yapı İşlerinde Sağlık ve Güvenlik Yönetmeliği, 2003):

1- Özellikle yapılan işin ve işlemlerin niteliği veya işyeri alanının çevresel özelliklerinden dolayı, işçilerin toprak altında kalma, bataklıkta batma veya yüksekten düşme gibi risklerin fazla olduğu işler.
2- Yasal olarak sağlık gözetimi gerektiren veya kimyasal ve biyolojik özelliklerinden dolayı işçilerin sağlık ve güvenlikleri için risk oluşturan maddelerle yapılan işler.
3- Yürürlükteki mevzuat uyarınca, denetimli ve gözetimli alanlar belirlenmesini gerektiren iyonlaştırıcı radyasyonla çalışılan işler.
4- Yüksek gerilim hatları yakınındaki işler.
5- Boğulma riski bulunan işler.
6- Kuyu, yeraltı kazıları ve tünel işleri.
7- Hava beslemeli sistem kullanan dalgıçların yaptığı işler.
8- Basınçlı keson içinde yapılan işler.
9- Patlayıcı madde kullanımını gerektiren işler.
10- Ağır prefabrike elemanların montaj ve söküm işleri.

Risk değerlendirmesine başlamadan önce işletmedeki her bir faaliyet ayrıntılı olarak tanımlanır. Faaliyetin tanımlaması yapılırken her bir faaliyet için aşağıdaki bilgiler toplanır:

a) Faaliyetin adı/ tanımı
b) Kullanılan makine teçhizat
c) Kullanılan ekipman, ölçü aleti
d) Çalışma Alanı/Yeri

e) Çalışanlar
f) Muhtemel Ziyaretçiler
g) Önceki kaza ve acil durum bilgileri
h) Çalışanlar ve ilgili taraflardan gelen bildirim ve şikayetler
i) İşlem sırasında yapılan ölçümler
j) Mevcut İSG önlemleri/ Kullanılan koruyucu ekipman
k) Faaliyetin girdileri (kullanılan hammadde, makine, ekipman vb.) ve çıktıları (ürün-hizmet)

c) Tehlikelerin Belirlenmesi/ Tanımlanması

İş sağlığı ve güvenliği konusunda tehlikelerin belirlenmesi, doğabilecek riskler ve bunların düzeylerinin belirlenmesi açısından önemlidir. İşletmede yapılan faaliyetler belirlendikten ve bu faaliyetlerin ayrıntılı olarak tanımlaması yapıldıktan sonra her bir faaliyete ilişkin tehlikeler belirlenerek ayrıntılı olarak tanımlanır.

Tehlikelerin belirlenmesi aşaması, risklerin değerlendirilmesi ve gerekli kontrol ölçümlerinin yapılması için işyerinde; ölüme, hastalığa, yaralanmaya, hasara veya diğer kayıplara sebebiyet verebilecek tüm istenmeyen olayların tanımlandığı aşamadır (Karacan,2004).

Tehlike tanımlama, risk yönetiminin en önemli adımıdır ve diğer aşamalardan farklıdır. Sistem veya organizasyon içerisindeki potansiyel zarar veya hasar yaratabilecek etkilerin objektif olarak analiz edilmesidir (Özkılıç, 2005a).

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın mevcut tehlikeleri sınıflandırmış olduğu başlıklar Tablo 9' da gösterilmiştir.

Tablo 9- Mevcut tehlikeler (Aslan, 2009)

1-Kayma, takılma ve benzeri nedenlerle düşme	16-Aydınlatma
2-Yüksekten düşme	17-Ekranlı araçlarla çalışma
3-Cisimlerin düşmesi	18-Temel konfor koşulları (Sıcaklık, nem ve havalandırma)
4-Gürültü ve titreşim	19-Kimyasal faktörler (Toksik gaz ve buharlar, organik solventler ve tozlar)

Tablo 9- Mevcut tehlikelerin Devamı (Aslan, 2009)

5-Uygun olmayan duruş ve çalışma şekilleri	20-Biyolojik ajanlar (Mikroorganizmalar, bakteriler, virüsler)
6-Radyasyon ve ultraviyole ışınlar	21-Rutin çalışma
7-Seyyar aletlerin kullanımı	22-İşyeri yerleşim planı
8-Sabit makine ve tezgahların kullanımı	23-İş stresi
9-Hareketli erişim ekipmanları (Merdivenler, Platformlar)	24-Kapalı yerlerde çalışma
10-Mekanik kaldırma araçları	25-Yalnız çalışma
11-Ürünler, emisyonlar ve atıklar	26-Motorlu araçların kullanımı, taşımacılık ve yollar
12-Yangın, parlama ve patlama	27-Su üzerinde veya yakınında çalışma
13-Elle taşıma isleri	28-Şiddet, hakaret veya tacize maruz kalma
14-Elektrikli aletler	29-İstenmeyen insan davranışları (Dikkatsizlik, yorgunluk, aldırmazlık, anlama güçlüğü, öfke, kavga etmek)
15-Basınçlı kaplar	30-İşyeri koşullarına göre diğer tehlike kaynakları

Yukarıdaki tehlikelerin belirlenmesi için kullanılabilecek tipik girdiler aşağıda verilmiştir:

- İş Sağlığı ve İş Güvenliği'ne ilişkin hukuki ve diğer şartlar (mevzuat),
- Ön gözden geçirme sonuçları,
- Çalışanlar ve diğer ilgili taraflardan alınan bilgiler,
- Çalışanlardan elde edilen İSG bilgileri, işyerindeki gözden geçirme ve iyileştirme faaliyetleri (bu faaliyetler özelliği itibariyle reaktif yada proaktif olabilir)
- İSG politikası ,
- Kaza ve olay kayıtları,
- Uygunsuzluklar,
- Denetim sonuçları,
- İletişim belgeleri,
- En iyi uygulamalar hk.bilgiler,

- Kuruluşa özgü tipik tehlike riskleri, benzer kuruluşlarda olmuş olan kaza ve olaylar,
- Elektrik kullanımı,
- Kuruluşun tesisleri, prosesleri ve faaliyetleri hakkında bilgiler,
- Saha planları,
- Radyasyon kaynakları,
- Yangın,
- Proses akış şemaları, Makina, ekipman v.b. bilgiler,
- Malzeme envanterleri (ham maddeler, kimyasallar, atıklar, ürünler ve alt ürünler),
- Toksikoloji ve diğer sağlık ve iş güvenliği verileri,
- Verilerin izlenmesi,
- Kimyasal ve biyolojik maddeler,
- Malzeme Güvenlik Bilgi Formları (MSDS),
- Yöntemler, görevler,
- İnceleme Raporları,
- Profesyonel destek, uzmanlık
- Tıbbi/ilk yardım raporları, Sağlık Riskleri taramasıdır.

Yukarıda verilen tipik girdiler tehlikelerin belirlenmesi amacıyla değerlendirilir. Bu değerlendirme sonucunda yaralanma, kayma, düşme, ölüm, malzeme düşmesi, meslek hastalığı, makina-ekipman zararları, kimyasal maddelerle temaslar, yangın, patlama v.b. tehlikeler tanımlanır (Özkılıç, 2005a).

Her bir tehlikenin tanımlanması yapılırken aşağıdaki bilgiler toplanır:

- Tehlikenin kaynakları (fiziksel tehlikeler, kimyasal tehlikeler, elektrikle çalışma ile meydana gelen tehlikeler, mekanik tehlikeler, tehlikeli yöntem ve işlemler, işyeri ortamından kaynaklanan tehlikeler)
- Bu tehlikelerden kimlerin etkilenebileceği (İşveren veya vekilleri, çalışanlar, özel olarak risk altında olan genç işçiler, stajyerler, yeni anneler ve hamile kadınlar, sürekli işyerinde bulunmayan temizlikçi, ziyaretçi, müteahhit, tamir ve bakım işçileri, kamuyu ve işyerini paylaşıp çalışmalardan dolayı zarar görebilecek olanlar, işyeri faaliyet alanında ve çevresinde bulunması muhtemel kişiler, örn: şantiye civarında yoldan geçen insanlar vb.).

o Tehlikenin etkileri (Her bir tehlikenin meydana gelmesi durumunda oluşturacağı etki belirlenir. Bunlar tehlikenin meydana gelmesiyle oluşabilecek: Ölüm, Yaralanma, Zehirlenme, Hastalık vb. dir.)

- İnşaatlardaki Başlıca Tehlikeler ve Kaza Tipleri:

İnşaatlardaki başlıca tehlikeler aşağıda verilmiştir

1. Yüksekte çalışma,
2. Kazı işleri,
3. Hareketli yükler,
4. Genel temizlik ve güvenli ulaşım,
5. Yüksekte çalışma,
6. Korkuluksuz iskele ya da platformlarda çalışmak,
7. Doğru takılmış bir emniyet kemeri kullanmamak.

İnşaat sektöründe en çok karşılaşılan kaza tipleri aşağıda verilmiştir (Müngen,1993):

1. İnsan düşmesi,
2. Malzeme düşmesi,
3. Malzeme sıçraması,
4. Kazı kenarının göçmesi,
5. Yapı kısmının çökmesi,
6. Elektrik çarpması,
7. Patlayıcı madde kazalar,
8. Yapı makinesindeki kazalar,
9. Tezgâhlara ve makine elemanlarına uzuv kaptırma,
10. Malzeme altında-arasında uzuv sıkıştırma,
11. El aleti ele vurma,
12. Sivri uçlu keskin kenarlı cisimle yaralanma,
13. Şantiye içi trafik kazaları.

Bu iş kazalarının nedenlerini "işçiye yönelik" ve "işverene yönelik" nedenler olmak üzere iki ana grupta toplayabiliriz:

İşçiye Yönelik Nedenler (Canpolat, 2008):

1. Kişisel koruyucuları kullanmama,
2. Yetkisi olmadığı halde başkalarının işini yapma,
3. Makine koruyucularını çıkararak çalışma,
4. Bedenen işe uymamak,
5. El aletlerini arızalı veya yanlış kullanmak,
6. Çalışmakta olduğu işte bilgisizlik veya tecrübesiz olmak,
7. İşyeri kurallarına uymamak, disiplinsiz çalışmak.

İşverene Yönelik Nedenler (Canpolat, 2008):

1. Yasal zorunluluklarını yerine getirmemek,
2. İşçilere yapmakta olduğu işlerin özelliklerini öğretmemek,
3. İşçilere gerekli kişisel koruyucuları vermemek,
4. İşyerindeki makineleri koruyucusuz çalıştırmak,
5. Bedence uygun olmayan işçileri ağır ve tehlikeli işlerde çalıştırmak.

d) Risklerin Analizi / Değerlendirilmesi

Kazaların önlenmesi için ilk adım, uygun ve yeterli bir risk değerlendirmesinin yapılmasıdır. Risk değerlendirmesi, işyerinde çalışanlar, diğer kişiler (ziyaretçiler, çevrede risklerden etkilenebilecek herkes), tüm tehlike ve riskler dikkate alınarak yapılmalıdır.

İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinin 6. maddesinde işveren tarafından "Kullanılacak iş ekipmanının, kimyasal madde ve preparatların seçimi, işyerindeki çalışma düzeni gibi konular da dahil işçilerin sağlık ve güvenliği yönünden tüm riskleri değerlendirir. Bu değerlendirme sonucuna göre; işverence alınan önleyici tedbirler ile seçilen çalışma şekli ve üretim yöntemleri, işçilerin sağlık ve güvenlik yönünden korunma düzeyini yükseltmeli ve işyerinin idari yapılanmasının her kademesinde uygulanmalıdır." denilmektedir.

Risk analizi ile belirlenen tehlikelerin verebileceği zarar, hasar veya yaralanmanın şiddeti (Ş) bu zarar, hasar veya yaralanmanın ortaya çıkma olasılığı (O) ve tehlikenin tespit edilebilirliği (TE) belirlenir. Burada olasılık ve şiddet ve tespit edilebilirlik kavramlarını açıklayacak olursak:

- Olasılık: Bir tehlikenin ortaya çıkması olasılığa dayalıdır. Bu olasılık söz konusu tehlikeyi oluşturan koşullar ve etmenlerle birlikte değerlendirilmelidir. Tehlike olasılığı değişkenlerini aşağıdaki başlıklar altında toplamak mümkündür (Canpolat, 2008):

1- Tehlikeye maruz kalan kişilerin sayısı,

2- Ne sıklıkla tehlikeye maruz kalındığı,

3- Ne kadar süreyle tehlikeye maruz kalındığı,

4- Eğitim düzeyi,

5- Denetimin etkinlik düzeyi,

6- Çalışma koşulları,

7- Yorgunluk, dikkatsizlik, halsizlik gibi etmenler.

Bu etmenlere göre tehlikenin ortaya çıkma olasılığı değişkenlik göstermektedir. Tehlikenin ortaya çıkma olasılığı Tablo 10' a göre belirlenerek ağırlık verilir.

Tablo 10- Ortaya Çıkma Olasılığı/Frekans İçin Derecelendirme Basamakları (http://www.kocaelitabip.org.tr/NeW/isihsunumlar/TTB-TMMOB.doc)

Ağırlığı (O)	Olasılık
5	Her gün (çok yüksek olasılık)
4	Haftada bir (kuvvetle muhtemel)
3	Ayda bir (mümkün)
2	Üç ayda bir (uzak ihtimal)
1	Yılda bir (çok düşük olasılık)

- Şiddet : Tehlikenin ortaya çıkması halinde tehlikeye maruz kalan kişilere ve çevreye verebileceği zararın derecesini belirtir. Bu ağırlık, uzmanların görüşleri, ilgili bilimsel veriler, yayınlanmış tecrübeler esas alınarak belirlenir.

Şiddet Ağırlığı Tablo 11' e göre belirlenerek ağırlık verilir.

Tablo 11 : Şiddet Derecesi İçin Derecelendirme Basamakları

Ağırlığı (Ş)*	Tehlikenin Etkisi*
5	Ölüm tehlikesi, sürekli iş göremezlik
4	Majör yaralanma (Kalıcı sakatlık, aza kaybı, meslek hastalığı)
3	Yatarak tedavi gerektiren, Klinik tedavi gerektiren ancak kalıcı iz bırakmayan kaza
2	İlkyardım gerektiren minör yaralanma, Ayakta tedavi
1	Yaralanmasız basit kaza ya da olay, Fark edilmeyen etki

* (http://www.kocaelitabip.org.tr/NeW/isihsunumlar/TTB-TMMOB.doc ve Özkılıç, 2005a' dan faydalanılarak hazırlanmıştır.)

- **Tespit Edilebilirlik:** Mevcut önlemlerle tehlikenin ne ölçüde önlenebileceğini veya tespit edilebileceğini ifade eder. Tehlikenin mevcut önlemlerle tespit edilebilirliğine ait ağırlık Tablo 12' ye göre belirlenir.

Tablo 12 : Tespit Edilebilirlik Derecesi İçin Derecelendirme Basamakları

Ağırlığı (K)	**AÇIKLAMA**	**Tehlikenin Mevcut Önlemlerle Tespit/Kontrol Edilebilirliği**
5	Alınan tedbirlerle tehlike önlenemez. Alınan tedbirler ile kazanın kesinlikle fark edilemeyeceği durumlar	Hiç Kontrol Yok. Tehlike oluşmadan önce uyarı yok.Tespiti mümkün değil.
4	Kazanın tespiti için kontrol yok, Alınan tedbirler ile kazanın fark edilebilme/önlenme olasılığı zor	Kontrol etkisiz. Tehlike oluşmadan önce uyarı olabilir. Tespiti çok zor.
3	Kazanın tespiti için kontrol yapıldığı durumlar, Alınan tedbirler ile kazanın fark edilebilme/önlenme olasılığı düşük	Düşük Düzeyde Kontrol Uygulanıyor. Tehlike oluşmadan önce uyarı var.Tespit edilebilir.
2	Kazanın tespiti için kontrol yapıldığı durumlar, Alınan tedbirler ile kazanın fark edilebilme/önlenme olasılığı yüksek	Orta Düzeyde Kontrol Uygulanıyor. Tehlike oluşmadan önce dikkate değer uyarı var. Tespit edilememe olasılığı çok düşük.
1	Kazanın tespiti için kontrol yapıldığı durumlar Alınan tedbirler ile kazanın kesinlikle fark edileceği/önleneceği durumlar	Çok Yüksek Düzeyde Kontrol Uygulanıyor. Tehlike oluşmadan önce dikkate değer uyarı var. Kesinlikle tespit edilir.

Bu şekilde tehlikenin ortaya çıkma olasılığı, şiddeti ve tespit edilebilirlik dereceleri belirlendikten sonra risk öncelik sayısı hesaplanır. Risk Öncelik Sayısı

(RÖS), kantitatif risk değerlendirmelerinde (FMEA vb.) aşağıdaki formüle göre hesaplanır: **RÖS= Olasılık (O) x Şiddet (Ş) x Tespit edilebilirlik (TE)**

RÖS'ün değerine göre tehlikenin önceliği Tablo 13' e göre belirlenir.

Tablo 13: Kantitatif risk değerlendirmesi Tekniklerinde RÖS değerlerinin Sınıflandırılması

RÖS	**Tehlike Bilgisi**
80< RÖS	Kritik: Mevzuata aykırılık, ölüm veya ciddi itibar kaybı sonucu çok ciddi sorunlar söz konusu
60< RÖS=<80	Majör: Mevzuata aykırılık, ölüm veya ciddi itibar kaybı sonucu önemli sorunlar çıkabilir
30< RÖS =<60	Minör: Küçük sorunlar çıkabilir
30>=RÖS	Kontrol Altında: Sorun yok

e) Kontrol Önlemlerinin Belirlenmesi ve Uygulanması

Tüm mevcut ve potansiyel riskler önlenmeli veya kontrol altına alınmalıdır. İş sağlığı ve güvenliği yönetmeliğinin 6 ncı maddesinin (b) bendinde belirlenen genel yaklaşım çerçevesinde, ilgili mevzuat ve işyeri koşulları dikkate alınarak alınması gerekli önlemlere karar verilir.

Risk değerlendirme sonucuna göre; işverence alınan önleyici tedbirler ile seçilen çalışma şekli ve üretim yöntemleri, işçilerin sağlık ve güvenlik yönünden korunma düzeyini yükseltmeli ve işyerinin idari yapılanmasının her kademesinde uygulanmalıdır.

İşyerindeki riskleri kontrol altına alma yöntemleri, önceliğin derecesine göre ve en öncelikli olandan daha az öncelikli olana doğru sıralanmak üzere aşağıdaki gibi olmalıdır (www.akregroup.com):

- Riskleri kaynağında yok etmeye çalışmak,
- Tehlikeli olanı, daha az tehlikeli olanla değiştirmek,
- Toplu koruma önlemlerini, kişisel korunma önlemlerine tercih etmek,
- Ergonomik yaklaşımlardan yararlanmak.
- Mühendislik önlemlerini uygulamak: Mühendislik kontrollerinin dayandığı temel kavram; mümkün olduğunca iş çevresi ve işin kendisi, risk oluşumunu azaltma veya riskleri elimine etme şeklinde planlanmalıdır. Binaların ve ekipmanların tasarlanması veya riskleri yok etmenin planlanması mühendisli kontrollerine örnektir (Çakıroğlu, 2007).

Tablo 14- Kontrol Önlemlerinin Seçim Sırası (Hafızoğlu, 2006)

Seçim Sırası – Kontrol Önlemi	**Açıklama**
Riskin Ortadan Kaldırılması	Tesis içerisinde yüksek risk taşıyan materyalin, makinenin veya prosesin ortadan kaldırılması
Yerine Koyma	Tehlikenin ortadan kaldırılamaması durumunda; yüksek risk taşıyan makine, materyal veya prosesin daha az riskli olanla değiştirilmesi
Yalıtım ve İzolasyon	Tehlike kaynağının izole edilmesidir. Ayrı bir yere taşımak, bariyer koymak, uzaktan kumanda kullanmak gibi…
Mühendislik Kontrolü-Yönetimsel Önlemler-Kurallar	Sistemin tasarımında mühendislik çalışmaları sonucu değişiklik yapılması veya is akısı, güvenlik sistemleri, çalışma prosedürlerinin yayınlanması
Kişisel Koruyucu Ekipman	Kişisel koruyucu ekipmanlarının kullanılmasıdır. Ancak bu seçenek çok tercih edilmez, denetimi zor ve kişisel hatalara açıktır.

Kontrol önlemlerinin belirlenmesi ve uygulanması ile tamamlanan risk değerlendirme çalışmadı mutlaka kayıt altına alınmalı ve Risk Değerlendirme Raporu hazırlanmalıdır. Risk değerlendirme raporunda, aşağıdaki hususlar yer alır:

- ✓ Yapılan işin tanımlanması,
- ✓ Mevcut riskler,
- ✓ Risklerden etkilenen çalışanların listesi,
- ✓ Zarar, hasar veya yaralanmanın şiddeti,
- ✓ Zarar, hasar veya yaralanmanın meydana gelme olasılığı,
- ✓ Risk değerlendirmesinin sonuçları (Risk düzeyleri),
- ✓ Alınması gerekli kontrol önlemleri

(http://www.isggm.gov.tr/articles.php?category_id=178).

3.2.2. BULANIK MANTIK

Günlük hayatta rastgele kullandığımız bir çok terim genellikle bulanık bir yapıya sahiptir. Bir şeyi tanımlarken, bir olayı açıklarken, komut verirken ve daha bir çok durumda kullandığımız sözel veya sayısal ifadeler bulanıklık içerir. Bu terimlere örnek olarak; yaşlı, genç, uzun, kısa, sıcak, soğuk, ılık, bulutlu, parçalı bulutlu, güneşli, hızlı, yavaş, çok, az, biraz, fazla, çok az, çok fazla gibi daha pek çok sözel terim gösterilebilir. Biz insanlar bir olayı anlatıp, bir durum karşısında karar verirken bu tür kesinlik ifade etmeyen terimler kullanırız. Kişinin yaş durumuna göre yaşlı, orta yaşlı, genç, çok yaşlı ve çok genç deriz. Yolun kayganlık ve rampa durumuna göre arabanın gaz veya fren pedalına biraz daha yavaş veya biraz daha hızlı basarız. Çalıştığımız odanın ışığı yetersiz ise onu biraz artırır, yeterinden fazla ise biraz azaltırız. Bütün bunlar insan beyninin belirsiz ve kesinlik içermeyen durumlarda nasıl davrandığına ve olayları nasıl değerlendirip, tanımlayıp, komut verdiğine dair birer örnektir (Altaş, 1999).

Bulanık mantık her gün kullandığımız ve davranışları yorumladığımız yapıya ulaşmamızı sağlayan matematiksel bir disiplindir. Temelini, doğru ve yanlış değerlerin belirlendiği Bulanık Küme Kuramı (FUZZY SET THEORY) oluşturur. Burada yine klasik mantıkta olduğu gibi (1) ve (0) değerleri vardır. Ancak bulanık mantık yalnızca bu değerlerle yetinmeyip bunların ara değerlerini de kullanarak; örneğin uzaklıkla ilgili bir problemde mesafenin yalnızca yakın ya da uzak olduğunu belirtmekle kalmayıp ne kadar yakın ya da ne kadar uzak olduğunu da belirtir. Klasik mantık sistemindeki yetersizlik (var (1), yok (0)) belirsiz kesin olmayan ya da karmaşık bir problemin çözümünde etkilidir, hatta bazen bu yöntemle çözümler imkansız kalır. Gerçek Dünya dilini kullanan Bulanık Mantık, dilsel niteleyiciler (Linguistic Variables) yardımıyla biraz sıcak, ılık, uzun, çok uzun, soğuk gibi günlük hayatımızda kullandığımız kelimeler yardımıyla insan mantığına en yakın doğrulukta elektronik denetimi sağlayabilir. Bu mantık kullanılarak elektrikli ev aletlerinden oto elektroniğine, gündelik kullandığımız iş makinelerinden üretim mühendisliğine, endüstriyel kontrol teknolojilerinden otomasyona kadar aklımıza gelebilecek her yerde kendisine uygulama alanı bulabilir. (http://site.mynet.com/ay.kut1980/fuzzy1.pdf)

Bulanık mantığın en geçerli olduğu durumlardan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve yargılarına yer verilmesi, ikincisi ise insan kavrayış ve yargısına gerek duyan hallerdir. Bulanık mantıkta karşılaşılan her türlü sorunun karmaşık da olsa çözülebileceği anlamı çıkarılmamalıdır. Ancak en azından insan düşüncelerinin incelenen olayla ilgili olarak bazı sözel çıkarımlarda bulunması dolayısıyla en azından daha iyi anlaşılabileceği sonucuna varılabilir. Araştırmacıların bulanık sistemleri kullanması için genel olarak iki sebep sıralanabilir (Karakaşoğlu, 2008):

- ✓ Gerçek dünya olaylarının çok karmaşık olması nedeniyle bu olayların belirgin denklemler ile tanımlanarak kesinlikle kontrol altına alınması mümkün olmaz. Bunun sonucu olarak araştırmacı, kesin olmasa bile yaklaşık fakat çözülebilirliği olan yöntemlere başvurmayı tercih eder.
- ✓ Mühendislikte bütün teori ve denklemler gerçek dünyayı yaklaşık bir şekilde ifade eder. Birçok gerçek sistem doğrusal olmamasına rağmen bunların klasik yöntemlerle incelenmesinde doğrusallık kabulünü işin içine koymak için her türlü gayret sarf edilir.

Bulanık mantık; üzerinde durulan olaylara üyelik dereceleri atayarak olayların hangi oranlarla gerçekleştiğini belirlemeye çalışan bir çoklu mantık sistemidir. Bulanık mantık ilk kez 1965 yılında Azerbaycanlı bir bilim adamı olan Lütfi Asker Zadeh tarafından Aristo mantığına dayanan "Bir nesne kümenin ya elemanıdır ya da elemanı değildir" şeklindeki ikili mantık sistemine karşı geliştirilmiştir.

Klasik mantıkta, önermeler ya doğrudur yada yanlıştır. Günlük hayatta karşılaşılan olaylar siyah/beyaz, doğru/yanlış, iyi/kötü, acı/tatlı gibi birbirine zıt ikili kavramlarla ifade edilir. Halbuki, gerçek dünyada kesin sınırlarla tanımlanamayan ve kişiden kişiye farklı yorumlanan pek çok kavram vardır.

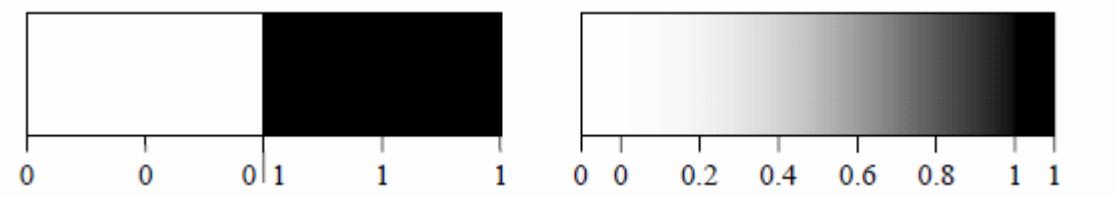
Klasik mantığın (iki değerli mantığın) dayandığı temel varsayım (her önerme ya doğrudur ya da yanlıştır) Aristo'dan bu yana tartışılmaktadır. Klasik mantığın tersine üçgensel mantıkta belirli önermelerin doğruluk değerleri, doğru, yanlış ve belirsiz olmak üzere sırasıyla "1", "0" ve "sıfırla bir arasında" değerler alabilmektedir. Üçgensel mantık anlamlı ve faydalı bulunduğunda, 1930'larda n değerli mantık geliştirilmiştir. n değerli mantığı, üçgensel mantığın genelleştirmesini

yaparak ilk defa öneren ise Lukasiewicz olmuştur. n değerli mantığın doğruluk değerlerine ait Tn kümesi:

Tn { 0=0/n-1,1/n-1,2/n-1,n-2/n-1,n-1/n-1=1 } ile verilmektedir (Topel, 2006).

Bulanık mantık, çok değerli mantığın genişletilmesiyle elde edilmiştir. Temel araç olarak bulanık küme teorisini kullanmaktadır. Amacı, kesin olmayan önermelerin takribi muhakemesi için esaslar ortaya koymaktır. Bulanık mantık bulanık ifadelerin (pahalı, eski, nadir, tehlikeli, bol, uzun, genellikle v.b.), bulanık sayısal ifadelerin (çok, az, hemen hemen hepsi, genellikle vb), bulanık doğruluk değerlerinin (oldukça doğru, çok doğru, az doğru, çoğunlukla yanlış, v.b.) ve bulanık niteleyicilerin (muhtemelen, hemen hemen imkansız vb.) bulanık değerlerle sayısal olarak ölçülmesine imkan tanımaktadır (Topel, 2006).

Bulanık mantık; "açık/kapalı; soğuk/sıcak; hızlı/yavaş gibi ikili denetim değişkenlerinden oluşan keskin mantık dünyasını, az açık/az kapalı, serin/ılık, biraz hızlı/biraz yavaş gibi gerçek niteleyicilere belli üyelik dereceleri atayarak, olayları gerçeğe yakın tanımlamayı ve gerçek dünyayı daha yaklaşık temsil eden sistemler oluşturmayı başarmıştır. Bulanık kümeler siyah-beyaz arasındaki tüm gri tonları kabul ederken klasik küme teorisi için siyah ve beyaz vardır, aradaki tonlar yoktur (Görgülü, 2007).



Şekil 5. Klasik ve bulanık mantığın şekilsel gösterimi (Görgülü, 2007)

Bulanık mantığın ardındaki temel fikir, bir önermenin doğruluğunun, önermelerde kesin yanlış ve kesin doğru arasındaki sonsuz sayıda doğruluk değerlerini içeren bir kümedeki değerler, ya da sayısal olarak [0,1] gerçel sayı aralığında ilişkilendirilen bir fonksiyon olarak kabulüdür. Bulanık mantığın genel özellikleri şu şekilde özetlenebilir (Karakaşoğlu, 2008):

- Bulanık mantıkta kesin nedenlere dayalı düşünme yerine yaklaşık değerlere dayanan düşünme kullanılır.
- Bulanık mantıkta her şey [0,1] aralığında belirli bir derece ile gösterilir.
- Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi sözel ifadeler şeklindedir.
- Bulanık çıkarım işlemi sözel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur.

Bulanık mantıkta bulanık kümeler kadar önemli bir diğer kavramda sözel değişken (Linguistic Variable) kavramıdır. Sözel değişken "sıcak" veya "soğuk" gibi kelimeler ve ifadelerle tanımlanabilen değişkenlerdir. Bir sözel değişkenin değerleri bulanık kümeler ile ifade edilir. Örneğin oda sıcaklığı sözel değişken için "sıcak", "soğuk" ve "çok sıcak" ifadelerini alabilir. Bu üç ifadenin her biri ayrı ayrı bulanık kümeleri ile modellenir (Güler, 2006)

Sözel değişkenleri, " az, çok az, çok, daha çok" vb. sıfatlar ile tanımlayarak etki derecelerini artırır veya azaltırız. Sözel değişkenlerin etki derecesinde değişiklik yapmaya yarayan bu sıfatlara bulanık değişkenlerin bulanık terimleri denir. Bulanık terimlerle ifade edilen "Hava aşırı sıcak.", "Biber az acı." gibi ifadeler, kesin hüküm belirtmediğinden, klasik mantık bu ifadeleri önerme olarak kabul etmez ve bu kavramlarla da klasik manada küme tanımlanamaz. İşte, bu tür önermelere bulanık önermeler ve bunlarla uğraşan mantığa da bulanık mantık denir. Bulanık önermeleri oluşturan bulanık terimlerin her biri bir bulanık küme ile modellenir.

3.2.2.1 Bulanık Mantığın Tarihsel Gelişimi

Klasik mantığın tanımlayamadığı belirsizlikler çoğunlukla bilimsel olmayan bir şey olarak kabul görmesine rağmen, 19.yy baslarında belirsizlikler üzerine bir çok filozof kafa yormuştur. 1920'lerde Heisenberg ortaya ilk belirsizlik kavramını atarak

bilimi çok değerliliğe zorlamıştır. 1930'ların başlarında Lukasiewicz ilk üç-değerli mantık sistemini ve aynı dönemlerde kuantum filozofu Black' de sürekli değerlere sahip mantığı tanımlamıştır. Pek az batılı filozof çok değerliliği benimsemesine rağmen, Lukasiewicz ve Black, ilk çok değerli mantık ve kümeler üzerine teorik olarak çalışmalarını sürdürdüler, ancak kendilerine bir uygulama alanı bulamadılar. Belirsizliğin, modern anlamda matematiksel olarak modellenmesinde önemli bir dönüm noktası, Zadeh' in bulanık küme teorisini tanımlamasıyla başlamıştır (Esin, 2007).

Zadeh'in teorisi ilk önce ABD'de ortaya atılmasına rağmen bilim camiasından pek ilgi görmediği gibi tenkitlerle bile karşılanmıştır. Bulanık kavram ve sistemlerin dünyanın değişik araştırma merkezlerinde önem kazanması 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından yapılan gerçek bir kontrol uygulaması ile olmuştur. 1972 yılında **Mamdani'nin** bir buhar makinesi için, bulanık mantık teorisini kullanarak, bir kontrol edici tasarlaması dünyanın ilgisini bu konuya çekmiştir. Bulanık mantığın ilk ticari uygulamasının, 1980'de, Danimarka'da bir çimento fabrikasının kontrolünde kullanılmasından sonra, basta Japonya olmak üzere dünyadaki çoğu ülkeler araştırma ve mühendislik uygulamalarıyla bu konuda büyük gelişmeler kat etmişlerdir. Bulanık sistemlerin gelişmesi Batıda çok yavaş olurken, Doğuda özellikle Japonya, Singapur, Kore ve Malezya'da daha hızlı bir gelişme gözlenmiştir (Esin, 2007- Deniz, 2006).

Daha sonra Fuji elektrik şirketi su arıtma alanları için kimyasal püskürtme aleti üzerine çalışmalar yapmıştır. 1987'de ikinci IFSA kongresinde ilk bulanık mantık denetleyicileri sergilenmiştir. Bu denetimler 1984 yılında araştırmalara başlayan Omron şirketinin yaptığı yedi yüzden fazla uygulamayı içermektedir. 1987 yılında ise Hitachi takımının tasarladığı **Japon Sendai metrosu** denetleyicisi çalışmaya başlamıştır. Bu bulanık mantık denetimi metroda daha rahat bir seyahat, düzgün bir yavaşlama ve hızlanma sağlamıştır. 1988 yılında, Yamaichi menkul kıymetler firmasının geliştirdiği bulanık mantık temelli uzman sistem yardımıyla "**Kara Pazar"** adı verilen büyük çöküş on sekiz gün önceden tahmin edilebilmiştir. Portföyündeki hisse senetlerinin değerleri Nikkei ortalamasından genelde %40 fazla olmuştur. 1989 yılında Omron şirketi Japonya'nın Harumi şehrinde bulunan çalışma merkezinde yapmış olduğu depolama, tekrar etme ve bulanık sonuçlarını elde etmek

için kullanılan bulanık mantığa dayanan bilgisayar çalışmalarını tanıtmıştır. Bu kadar başarılı uygulamanın sonucunda bulanık mantığa olan ilgi artmış ve 1989 yılında aralarında **SGS - Thomson, Omron, Hitachi, NCR, IBM, Toshiba ve Matsuhita** gibi dünya devlerinin de bulunduğu elli bir firma tarafından LIFE laboratuarları kurulmuştur (Karakaşoğlu, 2008).

Bulanık Mantığın Gelişmesindeki Tarihi Aşamalar:

1965 L.A. ZADEH tarafından ilk makalenin yazılması

1972 ZADEH tarafından Endüstriyel kontrole Bulanık Mantığı teorik olarak uygulama üzerine çalışmalar

1973 ZADEH tarafından Linguistic üzerine çalışmalar yapılması

1974 MAMDANI ve ASSILIAN tarafından gerçekleştirilen buhar makinası kontrolü

1975 ZADEH tarafından Bulanık Mantık ile uzman sistemlerin gerçekleştirilmesi

1976 Rutherford kontrol algoritmalarının analizi üzerine çalışmalar

1977 Ostergoard'ın ısı değiştiricisi ve çimento fırını kontrolünü gerçekleştirilmesi

1979 Komolow tarafından gerçekleştirilen otomasyon sistemi

1980 Tong tarafından atık suyu kazandırma işlemlerinin gerçekleştirilmesi

1980 Fukoni, Mizumoto tarafından Bulanık şartsal çıkarıcının gerçekleştirilmesi

1983 Hirota ve Pedrycz tarafından probabilistik bulanık kontrol kurallarının türetilmesi

1983 Takogi ve Sugeno tarafından Bulanık kontrol kurallarının türetilmesi

1983 Yausnobo ve Miyamoto'nun önceden tahmin edici Bulanık kontrolü

1984 Sugena ve Murakami tarafından bir araba modelinin park etme kontrolünün gerçekleştirilmesi

1985 Kiszka ve Gupta tarafından Bulanık sistem kararlığının incelenmesi

1985 Togai ve Watorebe tarafından ilk Bulanık çipinin yapılması

1986 Yemakova tarafından Bulanık kontroler donanım sisteminin gerçekleştirilmesi

1988 Omron tarafından Bulanık çiplerinin ticari sekle dönüştürülmesi

1989 Japonya'da Bulanık kontrol'lü ev aletlerinin (çamaşır, bulaşık, fırın) satılmaya başlanması

1989 Japonya'da 48 en üst firmanın bir (LIFE) konsorsiyum kurması

1993 Arthur D. Little Cambridge ile Mass. danışmanlık firması ile Gas Research Institute işbirliğiyle Bulanık kontrol'lü fırın yapılması (http://site.mynet.com/ay.kut1980/fuzzy1.pdf)

Son yıllarda, birçok mühendislik dallarında, veri tabanlarının sözelleştirilmesinden tele sekreterlerin cevaplamasına kadar geniş bir sahada ve birçok konuda bulanık mantık dünyada kullanılır hale gelmiştir.

3.2.2.2 Bulanıklık ve Olasılık:

Bulanıklık ve olasılık genellikle birbirine karıştırılır. Bulanık küme teorisi belirsizlikleri temsil etmenin bir yolunu ortaya koyar. Olasılık teorisi ise matematiksel modellerdeki belirsizliğin temsilinde kullanılan en önemli metot olmuştur.

Bulanıklıkla olasılık arasındaki en büyük fark bulanıklık determinist olasılıkla ilgilenirken, olasılık determinist olmayan, stokastik olayların olasılıklarıyla ilgilenir. Bulanıklık belirsizliğin bir şeklidir. "Ferah sıcaklık", ya da "iyi pişmiş" gibi bir kavramın tanımında ya da bir terimin yorumunda bulunan muallaklıktır (müphemliktir). Öte yandan olasılığın belirsizliği genel olarak tesadüfilik kavramıyla temsil edilen bir olayın gerçekleşmesiyle ilgilidir. Bir başka deyişle bir ifade eğer bir çeşit olabilirliği ve ya bir belirsizlik derecesini ya da açık bir şekilde tanımlanmış fakat tesadüfen gerçeklesen olayları açıklıyorsa olasılıkla ilgilidir. Örneğin; "şampiyonluk şansımız yüzde elli" ve ya "yarın hava güneşli olacak" veya "zarda altı gelme sansı" tesadüfîliğin belirsizliğini ortaya koyar. Bulanıklık ve tesadüfilik doğaları gereği farklı oldukları için, her ikisi de belirsizliğin farklı yüzleridir. İlki insanın "öznel" düşünme tarzını, duygularını ya da lisanını ifade ederken, ikincisi doğa bilimlerindeki "nesnel" istatistikleri belirtir (Deniz, 2006).

Bulanık değerlendirme için bir ölçüm olan olasılık ile bulanık mantık arasındaki farklardan bazıları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Sonlu bir evrensel kümede olasılıklar toplamı bire eşit olmakta, bulanık üyelik derecelerinde ise böyle bir durumun gerekliliği olmamaktadır.
- Olasılık, ayrık değerlere sahip olmakta, bulanık kümenin bireye ilişkin üyelik dereceleri süreklilik taşımaktadır. Örneğin bulanık kümelerde 70 kg birisi %100 normal ağırlıkta ise 71 kg için normalliğin derecesi kolaylıkla belirlenmektedir.

- Klasik olasılık hesapları, bireylerin tamamının temeline dayalıdır. Bulanık küme teorisinde ise bireyin üyelik derecesi, diğer bireylerin tamamının temeline ilişkin olmamakta, üyelikler bakımından farklar görülmektedir (Karakaşoğlu, 2008)
- Bulanıklık, olaydaki belirsizliği ifade eder. Bir olayın olup olmadığını değil, hangi dereceye kadar olduğunu ölçer.
- Olasılık, olayın oluşundaki kesin olmayışlığı ifade eder. Bir olayın olup olmayacağı olasılıktır, yani olay olabilir de olmayabilir de.
- Hangi dereceye kadar olduğuysa bulanıklıktır. Bulanıklık, genel olarak 'gerekirlik'(deterministik) olmasına rağmen, olasılık tahminseldir (stokastik).

Önemli bir nokta da bulanık kümedeki üyelik derecelerinin olasılık yüzdeleriyle aynı şey olmadığıdır.

- ✓ Olasılığı gösteren sayılar bir şeyin olup olmayacağının ölçütüdür.
- ✓ Bulanık sayıların üyelik dereceleri ise bir olayın ne dereceye kadar olduğunu, bir koşulun ne dereceye kadar gerçekleştiğini gösterir;
- ✓ "Sabah hava %30 olasılıkla serin olacak" önermesi sabah havanın serin olma olasılığını gösterir,

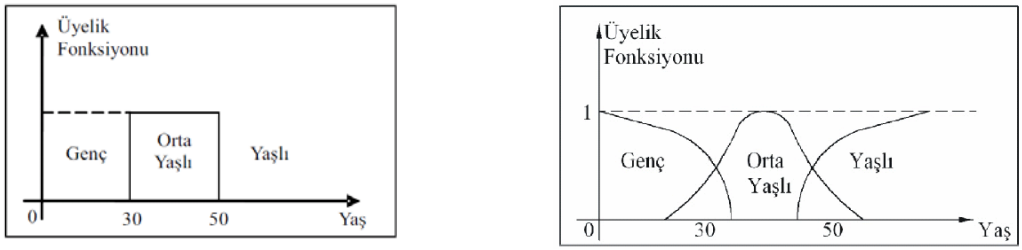
"Sabah hava %30 serindi" veya "hava %30 serin" gibi ifadeler ise geçmişte veya o andaki havanın serinlik derecesini göstermektedir (http://www.omerfarukbay.com/yntc/uploaded/file/EBE-563/bmd_giris.pdf).

3.2.2.3 Bulanık Kümeler Ve Temel Kavramları

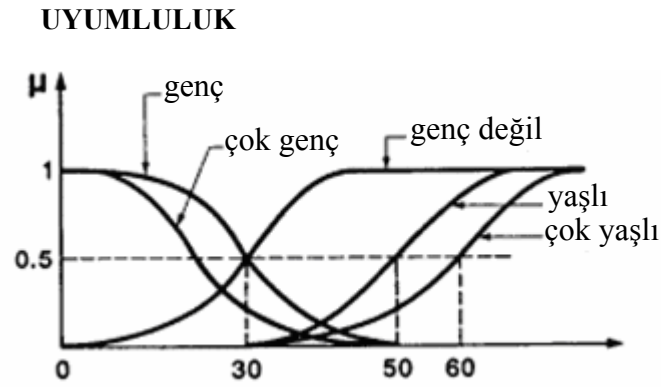
Bulanık mantık konusunun temel elemanı **bulanık kümedir**. Bulanık kümeler, **üyelik fonksiyonları** ile karakterize edilirler. Aslında bu üyelik fonksiyonlar da birer **bulanık sayıdan** başka bir şey değildir. Bulanık mantık, üyelik fonksiyonu, ve bulanık sayı gibi kavramların iyi anlaşılabilmesi için öncelikle bulanıklık kavramının anlaşılması gerekir.

Örneğin "genç, orta yaş, yaşlı" kavramlarını inceleyerek olursak, bu kavramların kişiden kişiye farklılık gösterdiğini görürüz. Kesin sınırlar söz konusu olmadığı için kavramı matematiksel olarak da kolayca formüle edemeyiz. Ama genel olarak 30 ile 50 yaşları orta yaşlılık, 50 ve üzerini de yaşlılık sınırları olarak düşünülebilir. Bu durumda klasik kümelerde 29 yaşındaki bir kişi genç, 31 yaşındaki

bir kişi ise orta yaşlı ve 49 yaşındaki bir kişi orta yaşlı, 51 yaşındaki bir kişi de yaşlı sınıfına girmektedir. Oysa bulanık kümelerde 31 yaşındaki bir kişi belli oranda genç, belli oranda orta yaşlı ve 50 yaşındaki bir kişi belli oranda orta yaşlı, belli oranda ise yaşlı sınıfına girebilmektedir. Şekil 6' da yaş kavramının klasik ve bulanık kümedeki gösterimi, Şekil 7' de bulanık küme teorisinde "yaş" kavramının sözel değişkenleri verilmiştir.



Şekil 6- Klasik ve Bulanık küme teorileri (Tiryaki ve Kazan, 2007)



Şekil 7- Bulanık küme teorisinde "yaş" kavramının sözel değişkenleri (Zadeh, 1988)

Bulanık kümelerde kullanılan mantıksal işleyiş şekli bulanık mantıktır. Bulanık küme teorisi, soyut küme teorisinin bir genelleştirmesidir. Yani bulanık küme teorisindeki tanımlar, teoremler ve ispatlar bulanık olmayan kümeler için de daima doğrudur. Bir bulanık kümede en az bir eleman 1 üyelik değerine sahipse (ya da yüksekliği 1 ise) bu bulanık kümeye "normal bulanık küme" denir. Kümenin herhangi bir elemanının alabildiği en büyük üyelik değeri o kümenin yüksekliğidir (Yakupoğlu ve ark., 2008)

Bu teoride, her bir elemana üyelik fonksiyonu aracılığı ile bir üyelik derecesi atanır. Üyelik dereceleri [0,1] kapalı aralığında değerler alabilmektedirler. Herhangi bir eleman için üyelik derecesi 1 ise bu elaman kesinlikle kümenin elemanıdır; üyelik derecesi 0 ise bu eleman kesinlikle kümenin elemanı değildir. Yani 0 kümeye ait olmamayı, 1 ise kesin olarak o kümenin üyesi olmayı gösterir (Çitli, 2006). Eğer üyelik derecesi sıfır ile bir arasında ise bulanık kümenin kısmi üyesidir.

a. Bulanık Küme

Klasik küme teorisine göre küme elemanları, kümeye dahil ise 1, dahil değil ise 0 değerleri kullanılarak tanımlanmaktadır.

$$X_A(x) = \begin{cases} 1 , x \in A \\ 1 , x \notin A \end{cases}$$

Burada A bir fonksiyon yardımı ile tanımlanarak karakteristik fonksiyon olarak isimlendirilir. Bu fonksiyon, A kümesine ait elemanlara 1 ve ait olmayan elemanlara ise 0 değerini atamaktadır. Bu fonksiyon; $X_A : X \rightarrow \{0,1\}$ şeklinde de gösterilebilir (Umarusman, 2007).

Eğer karakteristik fonksiyonun değer kümesi [0,1] reel aralığı alınırsa *A* ya $\mu_{\tilde{A}}$ üyelik fonksiyonu ile ifade edilen bulanık kümesi denir. Burada $\mu_{\tilde{A}}(x)$, x in *A* da ki üyelik derecesidir. $\mu_{\tilde{A}}(x)$, 1 e ne kadar yakınsa *x* de *A* ya o kadar aittir. Bir bulanık kümesi $\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x) : x \in X, \mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1] \}$ ikililerin kümesi ile tanımlanır (Erdoğan, 2006).

En az bir x noktasında $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ üyelik değerini alan bir $\tilde{A}$ bulanık kümesine, normal bulanık küme ve $\lambda \in [0,1]$ için $\mu_{\tilde{A}}[\lambda x + (1-\lambda)y] \geq \min\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{A}}(y)\}$, şartını sağlayan bir A bulanık kümesine, konveks bulanık küme denir (Kocatürk, 2007)

b. Bulanık Sayılar

Bazı sayısal büyüklükler insanlar tarafından hassas bir şekilde tanımlanamazlar. Bulanık sayılar bu tür kesin olmayan sayısal büyüklüklerin ifade edilmesinde kullanılmaktadır. Örneğin ”60 civarında”, ”1’e yakın, ”2000’den küçük”

gibi ifadeler bulanık sayılara birer örnektir. Bulanık alt kümeler teorisi kullanılarak bu bulanık sayılar gerçek sayılar kümesinin bir bulanık alt kümesi olarak tanımlanabilmektedir. Bulanık bir A sayısı en azından aşağıdaki üç koşulu sağlamalıdır (Topel, 2007):

*A normal bir bulanık küme olmalıdır.

*A dışbükey bir bulanık küme olmalıdır.

*A'nın desteği, 0+A, sınırlı olmalıdır.

Bir bulanık A kümesi, aşağıdaki (a) ve (b) koşulları sağlandığında, R üzerinde bir bulanık sayı olarak adlandırılır.

a) $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ olacak şekilde en az bir $x \in R$ içerir.

b) Herhangi bir $\alpha \in [0,1]$ için, $\tilde{A}_\alpha = \{x : \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\}$ kümesi R üzerinde bir konveks kümedir. Ek olarak ;

c) $\tilde{A}$, R üzerinde bir bulanık sayı olsun. Eğer herhangi bir $\alpha \in [0,1]$ için $\tilde{A}_\alpha$ sınırlı bir küme ise, $\tilde{A}$, R üzerinde sınırlı bir bulanık sayıdır denir.

d) $\tilde{A}$, R üzerinde bir bulanık sayı olsun. Herhangi bir $\alpha \in [0,1]$ için eğer $\{x_n\} \subset \tilde{A}_\alpha$, $\lim_{n \to \infty} x_n = x$ olduğunda, $x \in \tilde{A}_\alpha$ ise , $\tilde{A}$, R üzerinde bir kapalı bulanık sayıdır denir.

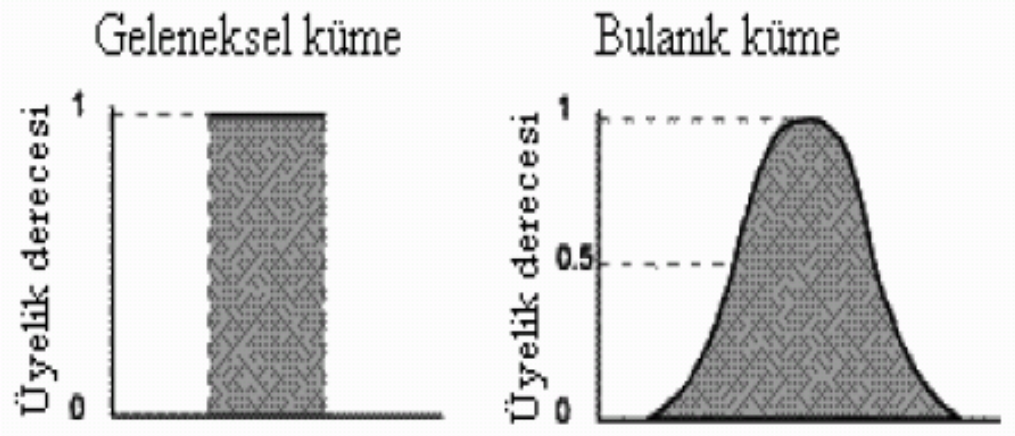
e) $\tilde{A}$ normal konveks bulanık küme ve $\mu_{\tilde{A}}$ birebir olduğunda $\tilde{A}$ 'ya standart bulanık sayı denir (Kocatürk, 2007).

c. Bulanık küme üyelik fonksiyonları

Bulanık küme tanımında yer alan $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ifadesine X 'in Üyelik Fonksiyonu adı verilir. $\mu_{\tilde{A}}(x)$ fonksiyonu X kümesini M üyelik uzayına eşler. Üyelik Fonksiyonu [0,1] kapalı aralığında değerler alabilir ve bu değerler x elemanının üyelik derecesini gösterir: $\mu : X \rightarrow [0,1]$ (Umarusman, 2007).

Bulanık kümeleri ifade etmek için üyelik fonksiyonları kullanılır. Üyelik fonksiyonu, bir nesnenin bulanık kümeye aitlik derecesini gösteren üyelik değerinin hesaplanmasını sağlar ve bir bulanık kümenin içerdiği tüm bilgileri açıklar. Bu nedenle bir olayın bulanık mantık ile modellenebilmesi uygun üyelik fonksiyonlarının oluşturulabilmesine bağlıdır (Öztürk, 2008).

Geleneksel kümeler ile bulanık kümeler arasındaki en temel fark üyelik fonksiyonlarıdır. Geleneksel ve bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarının alabileceği değerlerin gösterimi Şekil 8'deki gibidir.



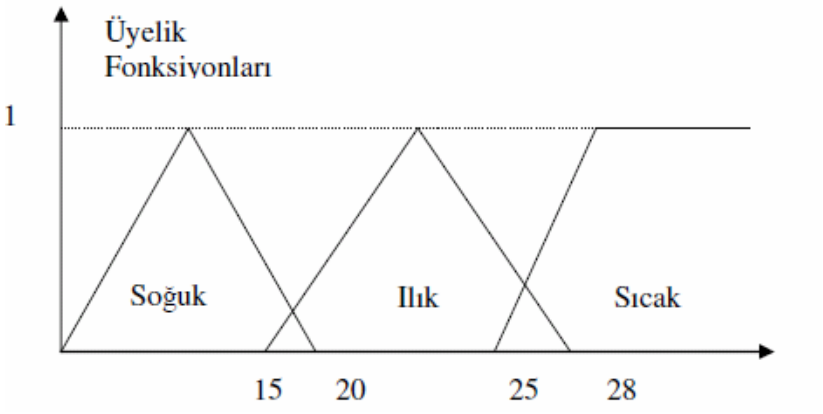
Şekil 8- Geleneksel ve bulanık kümede tanımlanan bir objenin üyelik fonksiyonu

Şekil 8' in incelenmesinden de anlaşılacağı üzere geleneksel bir küme sadece bir üyelik fonksiyonu ile nitelenebilirken, bulanık bir küme teorik olarak sonsuz sayıda üyelik fonksiyonu ile nitelenebilir (Yakupoğlu ve ark., 2008)

Bulanık küme teorisinde üyelik fonksiyonlarının değer aralığı daha önce de belirtildiği üzere [0,1] aralığı olmaktadır. İşte bir bulanık kümenin elemanlarını bu aralıktaki bir sayıya karşılık getiren fonksiyon da "üyelik fonksiyonu" olarak adlandırılmaktadır. Başka bir tanımla ifade etmek gerekirse, 0 ile 1 arasındaki değişimin her bir öğe için değeri üyelik derecesi olarak adlandırılırken, üyelik derecelerinin bir alt küme içindeki değişimleri ise üyelik fonksiyonu olarak adlandırılmaktadır. Böylece üyelik fonksiyonu altında toplanan öğeler önem derecelerine göre birer üyelik derecesine sahip olmaktadırlar (Öztürk, 2008).

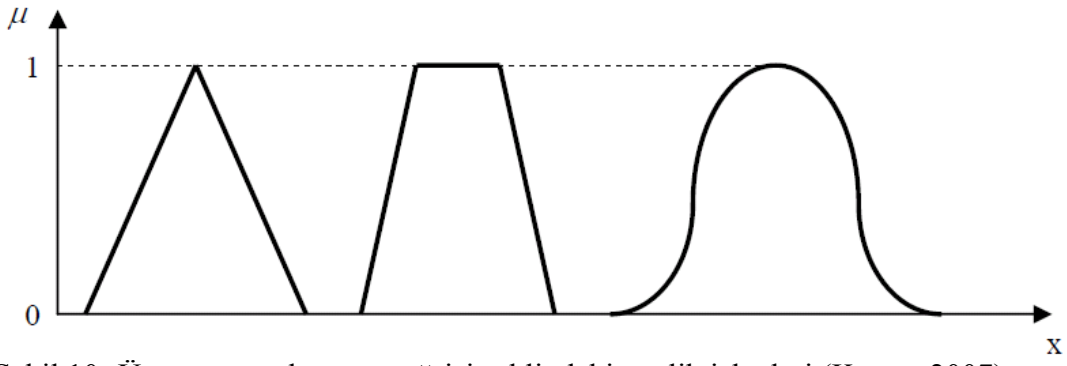
25-35 derece arasının sıcak, 25 derecenin altının ılık aldığını farz edersek örneğin 30 derecelik bir hava sıcaklığı bizim için keskin kümeler açısından bakılırsa sıcak kabul edilecektir.Aynı şekilde 24,5 derece ılık sayılacak,25,5 derece ise sıcak olacaktır. Biz bu yakın derecelerin hem sıcak hem de ılık olarak düşünülmesini isteyebiliriz. İşte fark bu noktada ortaya çıkacak çünkü keskin kümelerde böyle bir

gösterim düşüncesi yaratılamayacaktır.Bu gösterimi ancak bulanık kümelerde yapabilir, istediğimiz geçişleri yansıtabiliriz. Şekil 9'da bulanık mantık kümesinin gösterimine bir örnek verilmiştir.Bu örneğe göre 15 dereceden küçük değerler soğuk,15-20 derece arası hem soğuk hem ılık,25 dereceden büyük değerler sıcak,25-28 derece arası hem ılık hemde sıcak olarak tanımlanmıştır (Bilgin, 2006).



Şekil 9- Bulanık Kümelerde Üyelik Fonksiyonları (Bilgin, 2006).

Üyelik fonksiyonları genellikle, üçgensel üyelik fonksiyonları ve yamuk üyelik fonksiyonları, ve Çan Şekilli üyelik fonksiyonlarıdır. Bu üyelik fonksiyonları Şekil 10' da gösterilmiştir. Tüm üyelik fonksiyonları , sürekli, normal ve konvekstir.



Şekil 10- Üçgen, yamuk ve çan eğrisi şeklindeki üyelik işlevleri (Kuşçu, 2007)

i. Üçgensel Üyelik Fonksiyonları

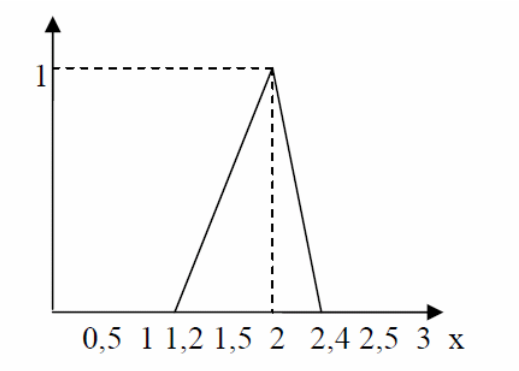
Üçgensel bulanık sayılar (a_1 , a_2 , a_3) gibi üçlüler ile gösterilirler. (a_1 , a_2 , a_3) parametreleri sırasıyla en küçük değeri, alınabilecek en büyük değeri ve en geniş değeri temsil etmektedirler.

$\mu_A(x)$ üçgensel üyelik fonksiyonu, aşağıdaki formül ile tanımlanmıştır.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \dfrac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \le x \le a_2 \\ \dfrac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \le x \le a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases}$$

Formüle göre küme, A=(a_1, a_2, a_3) olmalıdır. Burada a_2 normal değerli üyelik olarak tanımlanabilir. Bulanık Mantık bu noktada bir α katsayısına bağlı olarak a_2' ye yakın değerlerin, bu değere yüklenen anlam ile temsil edileceğini varsaymaktadır. Diğer bir deyişle a_2' deki belirsizlik, varsayılacak ya da dağılıma göre bulunabilecek bir α katsayısı ile tolere edilebilir (www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/dosyalar/bul_man.doc).

Bir üçgensel N =(1.2/2/2.4) sayısının grafiği Şekil 11' de gösterilmiştir.



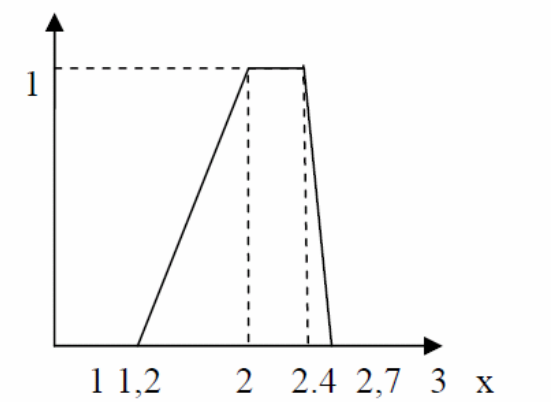
Şekil 11- N =(1.2/2/2.4) üçgensel bulanık sayısının grafiği (Kocatürk, 2007)

ii. Yamuk Üyelik Fonksiyonları

Yamuksal bulanık sayılar (a_1 , a_2 , a_3, a_4) şeklindeki dörtlülerle ifade edilirler. Burada [a_2 , a_3] aralığı büyüklüğün kesinlikle gösterilebildiği sayıları ifade eder. a_1 ve a_4 sırasıyla alt ve üst sınırlardır.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \dfrac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \le x \le a_2 \\ 1, & a_2 \le x \le a_3 \\ \dfrac{a_4 - x}{a_4 - a_3}, & a_3 \le x \le a_4 \\ 0, & x > a_4 \end{cases}$$

Bir yamuk $\overline{M}$=(1.2/2, 2.4/2.7) sayısının grafiği Şekil 12' de gösterilmiştir.



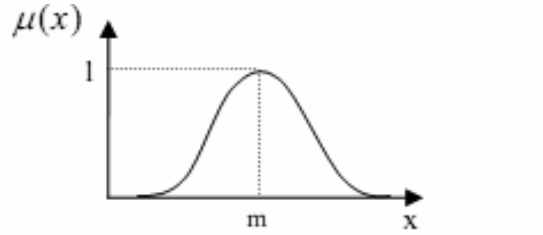
Şekil 12- M=(1.2/2, 2.4/2.7) yamuk bulanık sayısının grafiği (Kocatürk, 2007)

iii. Gaussian üyelik fonksiyonu

Bu üyelik fonksiyonu m ve σ parametreleri ile m ve σ parametreleri ile

$$\mu_A (x; m, \sigma) = \exp \{-(x - m)^2 / 2 \sigma^2\}$$

şeklinde tanımlanır ve Şekil 13'teki gibi gösterilir.



Şekil 13: Gaussian üyelik fonksiyonunun gösterimi

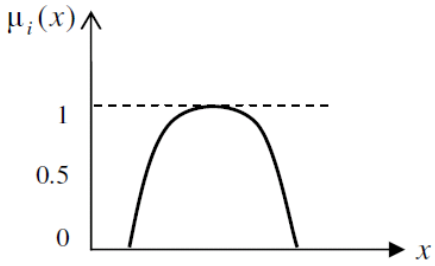
Burada "m" fonksiyonun merkezi olup üyelik dereci 1 'dir. "σ " ise eğrinin baskınlığını belirler. "σ " değiri küçüldükçe eğri sivrileşir, büyüdükçe baskınlaşır. Bu üç fonksiyon daha kolay ifade edilebilmesi ve aritmetik işlemlerin kolay olması nedeniyle diğer fonksiyonlardan daha yaygın olarak kullanılırlar. Yukarıda yapılan açıklamalar üyelik fonksiyonlarının özellikleri hakkında genel bir fikir oluşturmaktadır. Üyelik fonksiyonlarının daha iyi anlaşılması için fonksiyon kısımlarının ve bazı terimlerin açıklanması faydalı olacaktır (Öztürk, 2008).

iv. Çan Şekilli üyelik fonksiyonu

Çan şekilli üyelik fonksiyonu, a_1, a_2 ve a_3 olarak üç parametre ile tanımlanır.

$$\mu_A(x;a_1,a_2,a_3) = \left\{ \frac{1}{1+\left|\frac{x-a_3}{a_1}\right|^{2a_2}} \right\}$$

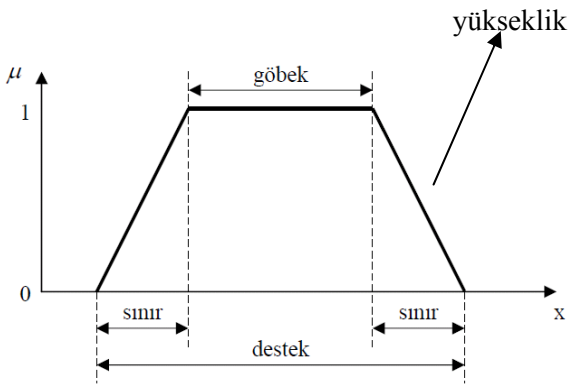
burada a_2 parametresi genellikle pozitif değer almaktadır. a_1 ve a_3 değerlerinde değişiklik yapılarak fonksiyonun genişliği ve merkezi değiştirilebilmekte ve a_2 değeri geçiş noktalarındaki eğimi kontrol etmek için kullanılmaktadır. Çan şekilli üyelik fonksiyonu Şekil 14' de görüldüğü gibidir (Karakaşoğlu, 2008):



Şekil 14: Çan şekilli üyelik fonksiyonunun gösterimi

3.2.2.4 Bulanık Küme Tipleri

Bulanık küme işlemlerinde, problem yapısına uygun, bilgiyi temsil edecek fonksiyonun seçilmesi gerekmektedir. Üyelik fonksiyonu seçiminde "basitlik ve amaca uygunluk" özelliklerinin en önemli parametreler olduğu belirtilmekte ve sürekli ve kesikli fonksiyonlarda değişmeyen yapısal parçalar; göbek, destek, yükseklik ve sınır olarak tanımlanmaktadır (Şekil 15) (Tütmez, 2008).



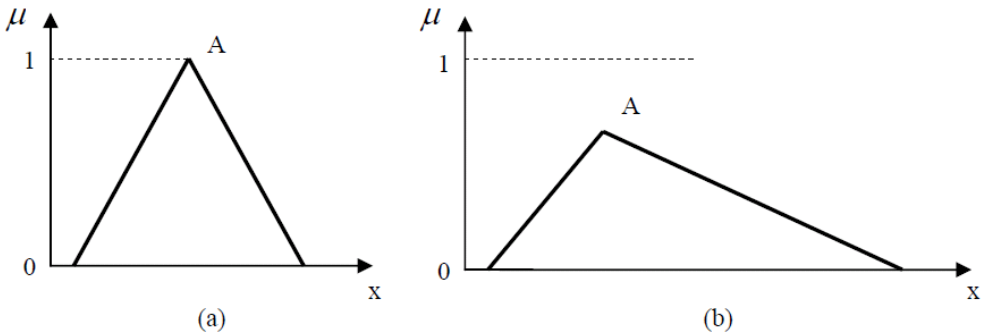
Şekil 15- Üyelik fonksiyonunun bileşenleri (Kuşçu, 2007)

Göbek, üyelik fonksiyonun 1'e eşit olduğu bölgeyi ifade eder. Bu bölgede fonksiyon tam üyeliğe (full membership) sahiptir. Destek, fonksiyonun 0'dan büyük olan bölümüdür. Fonksiyonun iki yanında yer alan sınırlar ise, 0 ile 1 arasında üyelik değeri alan tam üyeliğe ulaşamamış kısımları tanımlar (Tütmez, 2008)

Bu üç özelliğe ilave olarak üyelik fonksiyonunun sahip olması gereken iki özellik daha bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, bulanık kümenin normal olup olmadığı, ikincisi ise bulanık kümenin dışbükey (konveks) olup olmadığıdır.

a) Normal bulanık küme

Normal bulanık küme, üyelik değerinin en az bir elemanı için 1 değerini aldığı bulanık kümedir. Eğer bulanık kümede yalnızca bir elemanın üyelik değeri 1 ise, bu eleman "Kümenin prototipi" ya da "Özel tipli elemanı" olarak adlandırılır. Bunun dışındaki bulanık kümelere ise "Normal Olmayan bulanık kümeler" adı verilir (Şekil 16).



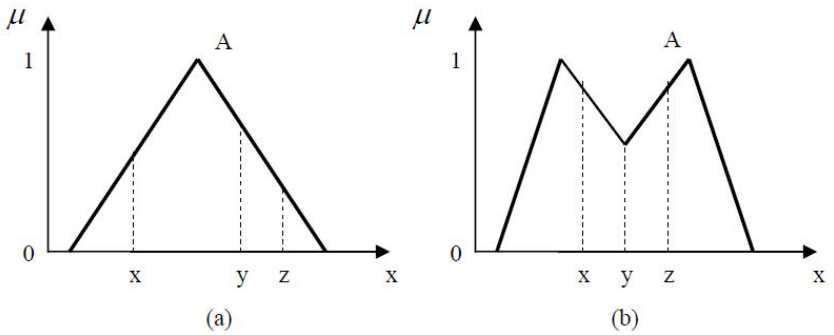
Şekil 16- Normal ve Normal Olmayan bulanık küme (Kuşçu, 2007)

b) Dışbükey Bulanık kümeler

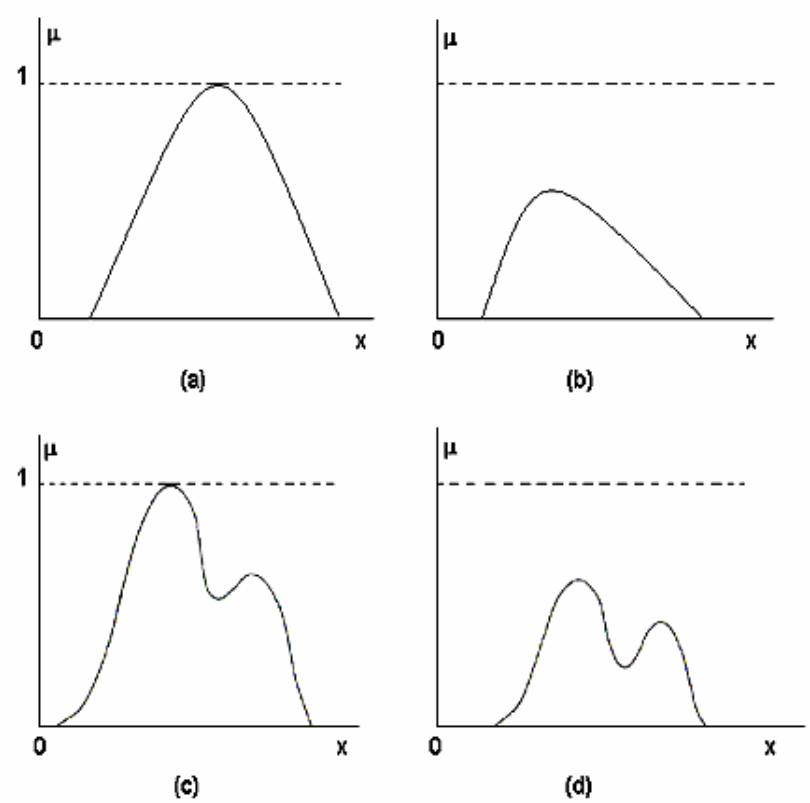
Bulanık kümenin, üyelik işlevinin üyelik değerleri sürekli artan ve daha sonra sürekli azalan bir durumdaysa ya da belli üyelik değerlerinde 1 olduktan sonra sürekli azalansa böyle kümelere "Dışbükey Bulanık kümeler" adı verilir.

Dışbükey bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu kümenin dayanağı üzerinde, ya sürekli artar veya sürekli azalır ya da üçgen fonksiyonunda olduğu gibi önce sürekli olarak üyelik derecesi bir öğede 1'e eşit oluncaya kadar artar ondan sonraki dayanağa düşen öğeler için sürekli azalır. Bunun aksi durumlarda söz konusudur. Ancak, onlar bulanık kümelere üyelik fonksiyonu olamazlar (Topel, 2006).

x, y, z elemanlarının A bulanık kümesinin içinde yer aldığı kabul edilirse ve x<y<z olmak şartıyla; μ_A (y) ≥ min (μ_A (x), μ_A (z)) denklemini sağlayan bulanık kümeler dışbükeydir. Bu, klasik matematiksel dışbükey biçim tanımından farklıdır (Kuşçu, 2007)



Şekil 17- Olağan dışbükey ve Olağan dışbükey olmayan bulanık küme (Kuşçu, 2007)



Şekil 18- Bulanık Kümeler (Esin, 2007)

(a) Dışbükey normalleşmiş bulanık kümesi,

(b) Dışbükey normalleşmemiş bulanık kümesi,

(c) Dışbükey olmayan normalleşmiş bulanık kümesi,

(d) Dışbükey olmayan normalleşmemiş bulanık kümesi

c) Bulanık Tek Nokta Kümeleri:

Eğer $\forall x \in X$ için max $\mu_A(x) = 0$ ise A 'ya boş küme denir ve $\varnothing$ ile gösterilir. $\mu_A(x_1) \in [0,1]$, $A= \{(x_1, \mu_A(x_1))\}$ bulanık kümesine (x_1'in tek değerli olduğu durumda) bulanık tek nokta kümesi denir. Eğer $\forall x \in X$ için $\mu_A(x) = 1$ olarak alınırsa

$X= \{(x, \mu_x(x))I\ x \in X, \mu_x(x)=1\} =X$

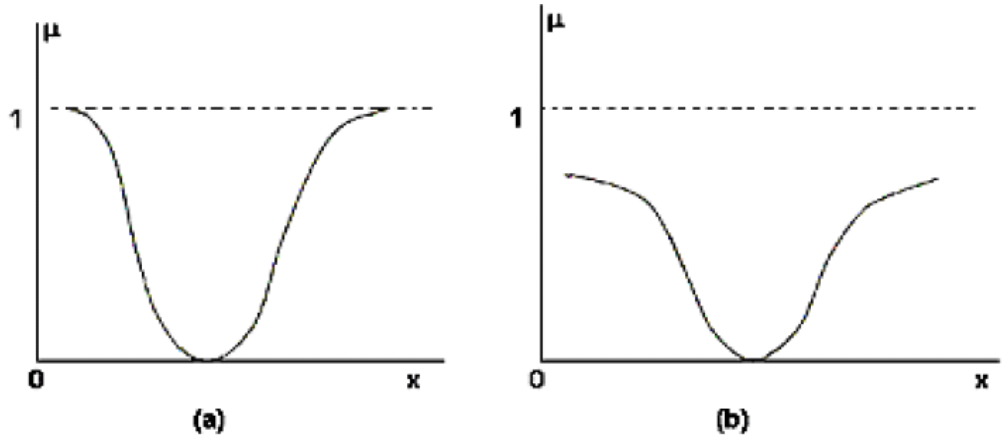
X bulanık kümesi elde edilir (Esin, 2007).

d) İç Bükey Bulanık Kümeler

Evrensel küme X= R durumunda bir bulanık kümesi A olsun. A bulanık kümesinin içbükey olması için gerek ve yeter şart

$\forall x_1, x_2 \in R$ ve $\forall \lambda \in [0,1]$ için $\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \leq \max(\mu_A(x_1), (\mu_A(x2))$ olmasıdır.

Şekil 19 (a), (b) de sırasıyla normalleşmiş ve normalleşmemiş içbükey bulanık kümeleri gösterilmiştir.



Şekil 19- İçbükey bulanık kümeler (Esin, 2007)

(a) İçbükey normalleşmiş bulanık kümesi,

(b) İçbükey normalleşmemiş bulanık kümesi

3.2.2.5 Bulanık Kümelerde İşlemler

G, T ve K aynı U evrensel kümesi üzerinde bulanık kümeler olsun. Aşağıdaki eşitlikler geçerlidir:

a- (İdempotent) : $G \cup G = G$, $G \cap G = G$

b- Özdeşlik : $G \cap (U \cdot [0,1]) = G$, $G \cup \emptyset = G$ $G \cup (U \cdot [0,1]) = U \cdot [0,1]$, $G \cap \emptyset = \emptyset$

c- Değişme : $G \cap T = T \cap G$, $G \cup T = T \cup G$

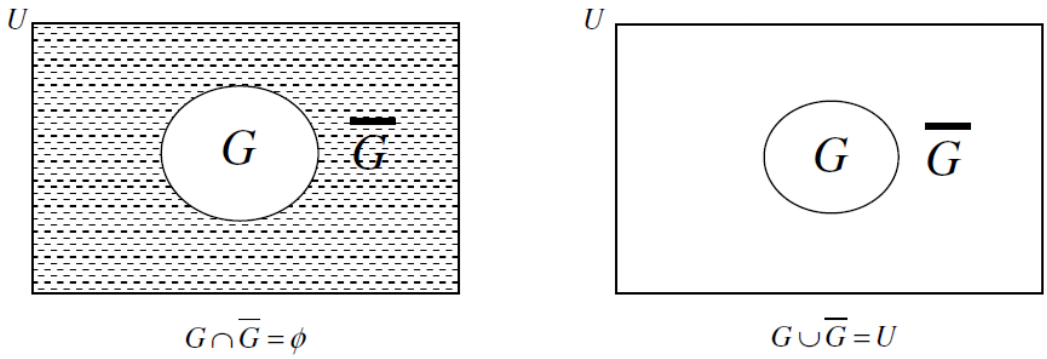
d- Birleşme : $(G \cap T) \cap K = G \cap (T \cap K)$, $(G \cup T) \cup K = G \cup (T \cup K)$

e- Dağılma : $G \cap (T \cup K) = (G \cap T) \cup (G \cap K)$ $G \cup (T \cap K) = (G \cup T) \cap (G \cup K)$

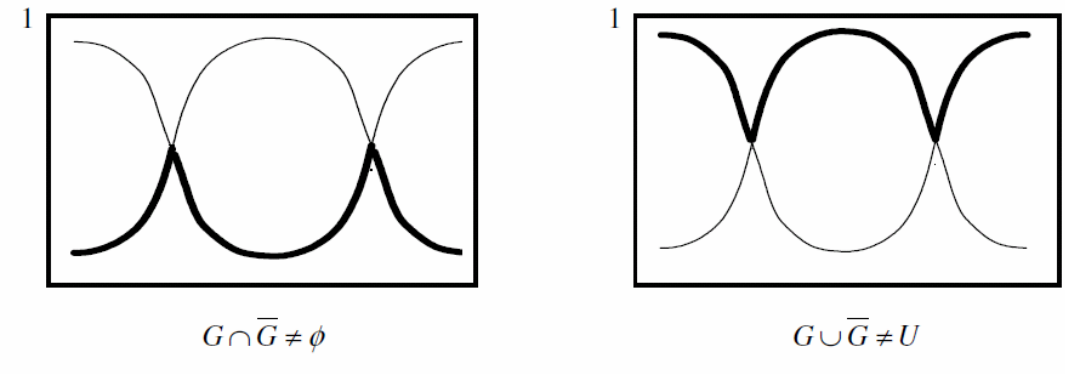
f- Kuvvet Alma : $G = G$

g- De Morgan Kuralı : $\overline{G \cap T} = \overline{G} \cup \overline{T}$, $\overline{G \cup T} = \overline{G} \cap \overline{T}$

Burada klasik kümelerden farklı olarak bazı özelliklerde U yerine Ux[0,1] kullanılmıştır. a-g özellikleri klasik kümelerde olduğu gibidir. Ancak $G \cap \overline{G} \neq \emptyset$ ve $G \cup \overline{G} \neq U$ klasik kümeler için geçerli olduğu halde bulanık kümelerde geçerli değildir. Şekil 20, 21 ve 22'de bu özellikler açık bir şekilde görülmektedir (Uysal, 2005).



Şekil 20- Klasik Kümeler İçin Özellikler



Şekil 21- Bulanık Kümeler İçin Özellikler

3.2.2.6 Bulanık Kümelerde Cebirsel İşlemler

Cebirsel çarpma : A ve B gibi iki bulanık kümenin A · B cebirsel çarpımı, $f_{A\cdot B}$ üyelik fonksiyonu, $f_{A\cdot B} = f_A \cdot f_B$' dir. Açık olarak A · B ⊂ A ∩ B kapsaması geçerlidir. Basit kümelerde, A · B = A ∩ B eşitliği mevcuttur.

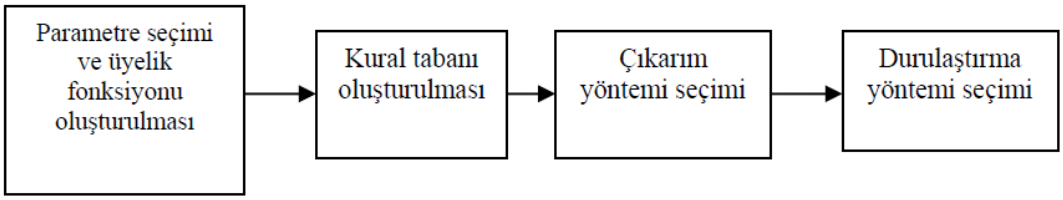
Cebirsel toplam : A ve B bulanık kümenin A+B cebirsel toplamı, f_{A+B} üyelik fonksiyonu, $f_{A+B} = f_A + f_B$ dir. Cebirsel toplam, sadece $f_{A(x)} + f_{B(x)} \leq 1$ olan x'ler için anlamlıdır.

Mutlak Fark : A ve B bulanık kümenin | A − B | mutlak farkı, $f_{|A-B|}$ üyelik fonksiyonu $f_{|A-B|} = | f_A - f_B |$ dir. Basit kümelerde, | A−B |= (A ∪ B)\(A ∩ B) eşitliği mevcuttur (Talo, 2006).

3.2.2.7 BULANIK MODELLEME

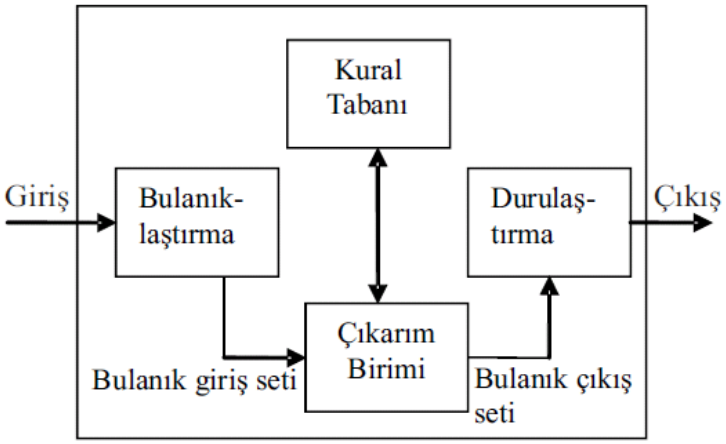
Bulanık kümeler ya da bulanık mantığı ve buna karşılık gelen matematiksel çatıyı kullanan statik veya dinamik sistemler bulanık sistemler olarak tanımlanır. Bu sistemler bulanık mantıkta çıkarım ve karar vermeye dayalı çalışma ilkeleri olan mekanik, elektriksel vb. istemlerdir (Öztürk, 2008).

Bulanık modellemenin ilk aşaması, problemin tanımlanması ve buna göre uygun parametrelerin seçilerek üyelik fonksiyonlarının oluşturulmasıdır. Daha sonra ilgili parametreler ve oluşturulan bulanık alt kümelere göre problemin çözümünü içeren kurallar dizisi veya kural tabanı oluşturulur. Üçüncü aşamada ise çıkarım yöntemleri seçilir. Son aşamada ise, bulanık olan değerin tekrar durulaştırılması veya klasik sayılara dönüştürme yöntemi belirlenir (Sarı ve Ark., 2005). Şekil 22' de bulanık mantık modelleme aşamaları verilmiştir.



Şekil 22- Bulanık mantık modelleme aşamaları (Murat, 2006).

Bulanık mantık sistemin çalışma yapısı Şekil 23' de verilmiştir



Şekil 23: Bulanık Mantık Sisteminin Yapısı (Tiryaki ve Kazan, 2007)

Şekil 23' te görüldüğü gibi, öncelikle girdiler üyelik fonksiyonları ile değerlendirilerek bulanıklaştırılır. Daha sonra ise, seçilen çıkarım yöntemine göre ve kural tabanından faydalanarak çıkarım yapılır ve elde edilen bulanık sonuç durulaştırılarak klasik sayı haline dönüştürülür.

1) Genel Bilgi Tabanı Birimi: İncelenecek olayın etkilendiği girdi değişkenlerini ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içerir. Genel veri tabanı denmesinin sebebi buradaki bilgilerin sayısal ve/veya sözel olabilmesidir.

2) Bulanıklaştırıcı: Sayısal girdi değerlerini sözel olarak nitelendirilmiş bulanık kümelerdeki üyelik derecelerine atayan bir işlemcidir.

3) Bulanık Kural Tabanı Birimi: Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal EĞER – İSE türünde yazılabilen kuralların tümünü içerir. Bu kuralların yazılmasında sadece girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm ara (bulanık küme) bağlantıları düşünülür. Böylece, her bir kural girdi uzayının bir parçasını çıktı uzayına mantıksal olarak bağlar. İşte bu bağlamların tümü kural tabanını oluşturur.

4) Bulanık Çıkarım Motoru Birimi: Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan parça ilişkilerin hepsini bir arada toplayarak sistemin bir çıkışlı davranmasını temin eden işlemler topluluğunu içeren bir mekanizmadır. Bu motor her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin girdiler altında nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine yarar.

5) Durulaştırıcı: Bulanık işlemler sonucu elde edilen bulanık çıkarım sonuçlarını keskin sayısal çıkış değerlerine dönüştürür.

6) Çıktı Birimi: Bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım motoru vasıtası ile etkileşimi sonunda elde edilen çıktı değerlerinin topluluğunu belirtir. (Yılmaz ve Arslan, 2005)

Bulanık mantık yaklaşımı ile modelleme aşağıdaki 5 aşamada gerçekleştirilir.

- ✓ Bulanıklaştırma
- ✓ Üyelik fonksiyonlarının oluşturulması
- ✓ Kural tabanı
- ✓ Bulanık çıkarım
- ✓ Durulama

a) Bulanıklaştırma

İlk iki evre bulanık küme kurma ve tanımlama işlemlerini içerir. Fuzzification, diğer adıyla bulanıklaştırma, bulanık kümelerin bir genelleştirilmesidir. Burada

bulanık girdi değerleri üretmek için üyelik fonksiyonları depolanır; tanımlamada, kişisel kümeler ve çok özel bağıntılar kurulur. Bilgiler, bulanık kümeye dönüştürülür (Işıklı, 2008).

Bulanıklaştırma (bulandırma), sistemden alınan giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işlemidir. Üyelik işlevinden faydalanarak giriş bilgilerinin ait olduğu bulanık kümeyi/kümeleri ve üyelik derecesini tespit edip, girilen sayısal değere küçük, en küçük gibi dilsel değişken değerler atanır. Sistemin verimli çalışmasını sağlamak amacıyla farklı sayıda ve özellikte bulanık küme oluşturulabilir. Pratikte genel olarak klasik küme şeklinde beliren değişim aralıklarının bulanıklaştırılması, bulanık küme, mantık ve sistem işlemleri için gereklidir. Bunun için bir aralıkta bulunabilecek öğelerin hepsinin 1 üyelik derecesine sahip olacak yerde, 0 ile 1 arasında değişik değerlere sahip olması düşünülür. Üyelik derecelerinin belirlenmesinde ise üyelik fonksiyonları kullanılır (Öztürk, 2008).

b) Üyelik fonksiyonlarının oluşturulması

Bulanık mantıkta, dilsel ifadelerle anılan bölgelerin sınırlarını belirtmede ve giriş bilgilerine ait üyelik ağırlıklarının tespit edilmesinde kullanılmak üzere uygun üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi gerekir. Bulanık sayıda ise sistemden alınan bilgiler bulanık sayılarla ifade edilebilir (yaklaşık 7 gibi). Fonksiyonun tasarımcıya bağlıdır. Karma bulanık sayı bulanıklaştırma stratejisinde ise, süreçten alınan bilgilerin bir kısmı kesin bir kısmı istatistiki bilgiler olabilir (Bilgin, 2006).

Bulanık kümelerin gerek üyelik derecelerinin gerekse bunların tümünü temsil edebilecek üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde, ilk başlayanlar tarafından bile kişisel sezgi, mantık ve tecrübelerin kullanılmasına sıkça rastlanır. Zaten pratikte bir çok sorunun üstesinden gelebilmek için bu yaklaşımlar çoğu zaman yeterlidir. Öyle olmasa bile, ilk yaklaşım olarak bu esaslara göre davranmaları faydalıdır. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemler; sezgi, çıkarım, mertebeleme, açılı bulanık kümeler, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar ve çıkarımcı muhakeme gibi yaklaşımlardır.

Bulanık kümelerin kullanışlılığı, farklı kavramlara uygun üyelik derecesi fonksiyonlarını oluşturabilme becerisine dayanmaktadır. En sık kullanılan

fonksiyonlar kolaylık açısından “üçgen” ve “yamuktur (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003).

c) Kural tabanı

Bir sistem için kural tabanı geliştirildiğinde, sistem çıkışını etkileyebilecek ölçülebilen giriş değişkenleri tespit edilir. Bu giriş değişkenleri mantıklı kurallara göre bağlanarak kural cümlesi oluşturulur. Bu kural cümlesi arttırıldığında ve tamamlandığında kural tabanı meydana gelir. Kural tabanı çıktı değişkenlerinin alacağı değerlere yön verecek olan tanımlamalardır. Elbette sonuca tek başlarına etki etmeyeceklerdir (Bilgin, 2006).

Giriş bilgisine ait değer uzayı, üyelik fonksiyonları ile bölgelere ayrılarak, dilsel ifadelerle isimlendirilir ve aynı zamanda her giriş değeri için bir üyelik ağırlığı tespit edilmiş olur. Böylece her giriş değerinin, ait olduğu bir bölgesi ve bir üyelik ağırlığı olur. Kural tabanı, her birisi bir bölgeyi temsil eden dilsel ifadelerle düzenlenir. Örneğin “1. giriş sıcak, 2. giriş normal ise, çıkış yüksektir.” gibi bir kural satırında görüldüğü gibi, kural tabanını oluşturan bilgiler, tamamen dilsel ifadelerdir. Fakat her kural satırındaki, tespit edilmiş olan çıkış değeri, birim fonksiyonlarla oluşturulmuş ise, sayısal değerlerle de ifade edilebilir. Bu durumda oluşturulacak kural satırları “1. giriş sıcak. 2. giriş normal ise, çıkış l.5 tir.” şeklinde bir kuralın benzeri olabilir (Öztürk, 2008).

Bulanık mantıkta kurallar, ‘eğer ... ise” şeklinde koşullu durumlarla formule edilirler. Tüm girdi değişkenleri, sözel değişken değerlere çevrilerek, bulanık sonuç çıkarma adımı, güncel durum için kurallara dayandırılarak uygulanır ve çıkışta sözel değişkenlerin değerleri hesaplanır.

Öte yandan, bir bulanık kural, “eğer ... ise, ...” şeklinde (örneğin X değeri A ise, Y değeri B) sözel girdi ve çıktı terimlerine sahip olmalıdır. ‘eğer ...” bölümüne durum; ‘ise ... olsun’ bölümüne ise sonuç yada karar kısmı adı verilir. Bu durumda bulanık sonuç çıkarma hesaplarının, iki bileşeni olduğu anlaşılır (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003) :

- Kümeleme: Kuralların ‘eğer ...” bölümlerinin hesaplanması
- Düzen: Kuralların ‘ise... olsun’ bölümlerinin hesaplanması

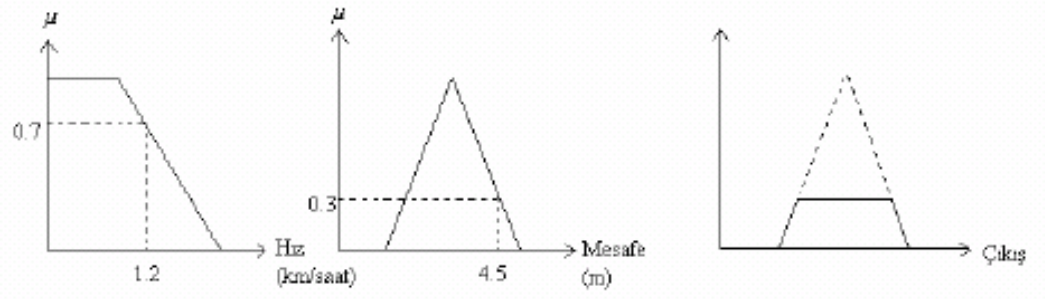
'X değeri A ise, Y değeri B olsun' örneğinde, A ve B sözel kelimelerdir ve bulanık kümelerde X ve Y değerlerinin, hangi duruma ait olduğunu gösterirler.

Birden fazla bulanık girdinin işin içine girmesi durumunda, bu fonksiyonlardan iki farklı yöntem ile çıkış fonksiyon grafiği elde edilebilir. Metotların adları şunlardır:

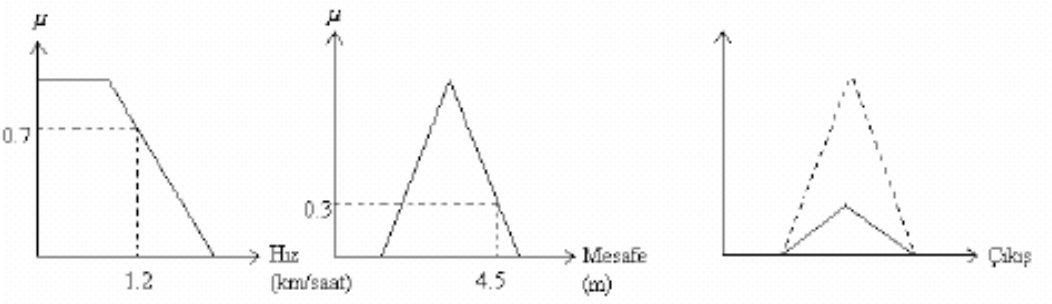
• Kesme Metodu (Truncation Method)

• Ölçekleme Metodu (Scaling Method)

Örnek olarak iki giriş (hız – mesafe) parametrelerine karşılık gelen, çıkış durumları Şekil 24 ve Şekil 25' te gösterilmiştir (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003):



Şekil 24- Kesme metodu ile kuralın uygulanması



Şekil 25- Ölçekleme metodu ile kuralın uygulanması

d) Bulanık çıkarım

Bir girdi bulanık kural tabanında çıkarım mekanizması sayesinde işleme tabi tutulur. Kural tabanında bilginin modellenme şekline göre eldeki girdiye karşılık gelen çıktı değeri belirlenir. Bu süreç çıkarım ve karar verme sürecidir.

Bir bulanık çıkarım mekanizmasının çalışma şekli iki adımda görülebilir:

• Her bir kural için sonuç (consequent) değerlerini hesaplamak.

• Birleştirilmiş bir sonuç hesaplamak.

Bu aşamada kurallar birleştirilerek hepsinin katkısıyla genel bir sonuç elde edilir. İki veya daha fazla mantıksal ifade VE , VEYA mantıksal bağlantı işlemcileri kullanılarak birleştirilebilir. Çıkarım aşamasında her mantıksal ifade sonunda bir sonuç (sonuç aşaması), bu sonuçların birleştirilmesi ile de en son sonuç değerine veya sonuç kümesine ulaşılır. VE ve VEYA mantıksal bağlantı işlemcileri her kural için eşik değerini belirlemede etkilidirler. Eşik değeri çıkarım aşamasında kullanılan çıkarım yöntemine göre farklı şekillerde hesaplanır ve kullanılır. Kural VE mantıksal bağlantı işlemcisi ile oluşturuldu ise kesişim işlemi uygulanır ve eşik değer en küçük üyelik derecesine eşit olur. Eğer kural VEYA işlemcisi ile oluşturuldu ise birleşim işlemi uygulanır ve sınır değer en büyük üyelik derecesine eşit olur. Eğer kuralın öncül şartı gerçekleşmez ise eşik değer sıfır olur ve sonuç aşamasında boş küme elde edilir (Öztürk, 2008).

Çıkarım aşamasında en çok;

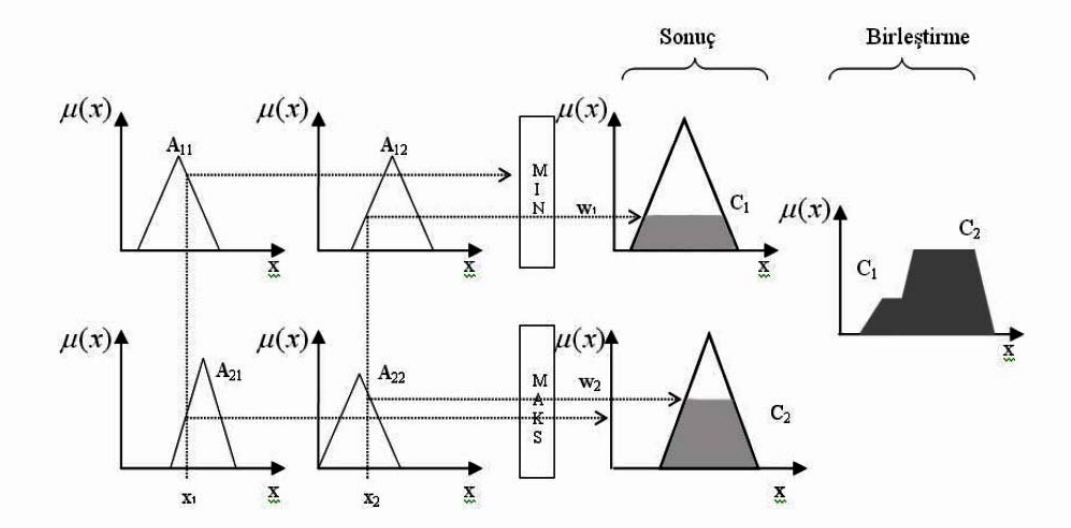
- ✓ Mamdani,
- ✓ Larsen,
- ✓ Takagi-Sugeno-Kang (TSK) yöntemleri kullanılmaktadır.

- **Mamdani Yöntemi**

Bulanık küme teorisi temel alınarak oluşturulan ilk kontrol sisteminde kullanılan bulanık çıkarım yöntemidir. İlk kez 1974 yılında Ebraham MAMDANI tarafından kullanılmıştır. Bu ilk çalışma bulanık uzman sistemlerinin kullanılabilirliğini göstermiş ve kendisinden sonra birçok çalışmaya örnek olmuştur. Bulanık çıkarım yöntemleri içerisinde en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu yöntemin kural yapısı

EĞER ($x_1 = A_{11}$) VE ($x_2 = A_{12}$)İSE ($z_1 = C_1$)

EĞER ($x_1 = A_{21}$) VEYA ($x_2 = A_{22}$) İSE ($z_2 = C_2$) şeklindedir .



Şekil 26: Mamdani çıkarım yönteminin gösterimi

Burada
x_1 ve x_2 : girdi değişkenleri,

z : çıktı değişkeni

A11 v A12 : girdi değişkeni fonksiyonları

C : her kuralın sonunda çıkan bulanık sonuç kümesidir.

C bulanık kümeleri Mamdani çıkarım yönteminde sonuç kısmında eşik değerinin kestiği noktanın altında kalan alandan oluşmaktadır. Eşik değeri (wi), birinci kuralda VE mantıksal bağlantı işlemcisi kullanıldığı için en küçük üyelik derecesine, ikinci kuralda VEYA mantıksal bağlantı işlemcisi kullanıldığı içinde en büyük üyelik derecesine eşittir (Görgülü, 2007).

- **Larsen Yöntemi**

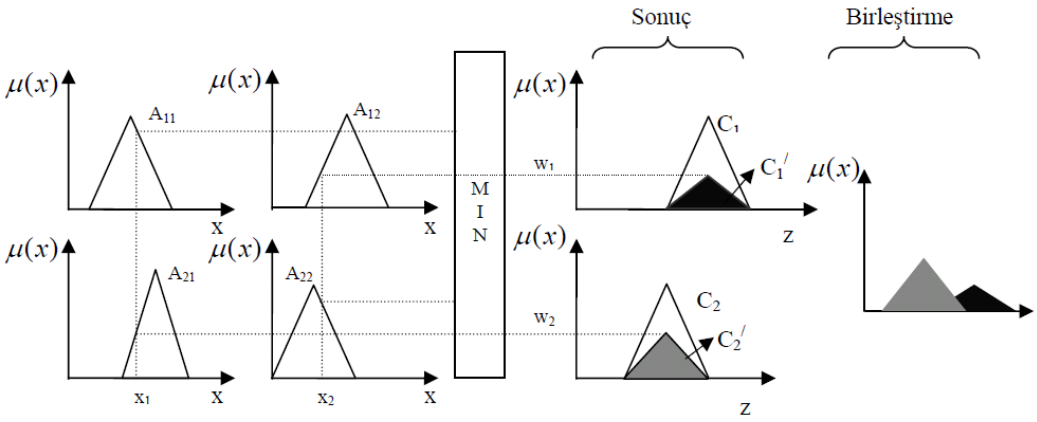
Larsen Yönteminde sonuç aşamasında bulanık sonuç kümesini bulurken çarpım (product) işlemcisini kullanılır. Bu işlemin matematiksel gösterimi

$\mu_{Ci/}(Z) = W_i \cdot \mu_{Ci/}(Z)$ şeklindedir.

Eşik değeri ile sonuç kümesinde bulunan elemanlara ait üyelik dereceleri çarpılarak bulanık sonuç kümeleri (Ci /) elde edilir. Larsen yöntemine ait kural yapısı,

EĞER ($x_1 = A_{11}$) VE ($x_2 = A_{12}$)İSE ($z_1 = C_1$)

EĞER ($x_1 = A_{21}$) VE ($x_2 = A_{22}$) İSE ($z_2 = C_2$) şeklindedir .



Şekil 27- Larsen çıkarım yönteminin gösterimi (Görgülü, 2007).

- **Takagi-Sugeno-Kang (TSK) Yöntemi**

Bu çıkarım yöntemi tek başına Sugeno olarak da adlandırılmaktadır. TSK yönteminde çıktı değişkeni bulanık bir küme değil, doğrusal bir fonksiyon veya sabit bir değerdir. Bu nedenle durulaştırma işlemine ihtiyaç duymaz. Kullanımının basit olması ve özellikle sayısal verilerle çalışıldığında oldukça başarılı sonuçlar vermesinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır.

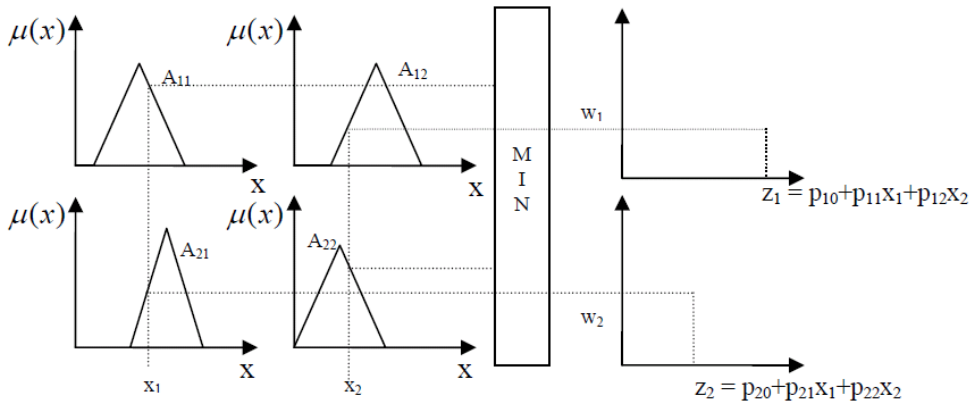
EĞER ($x_1 = A_{11}$) VE ($x_2 = A_{12}$)İSE ($z_1 = p_{10} + p_{11}x_1 + p_{12}x_2$)

EĞER ($x_1 = A_{21}$) VE ($x_2 = A_{22}$) İSE ($z_2 = p_{20} + p_{21}x_1 + p_{22}x_2$) şeklindedir .

veya

EĞER ($x_1 = A_{11}$) VE ($x_2 = A_{12}$)İSE ($z_1 = c_1$)

EĞER ($x_1 = A_{21}$) VE ($x_2 = A_{22}$) İSE ($z_2 = c_2$) şeklindedir .



Şekil 28- TSK çıkarım yönteminin gösterimi (Görgülü, 2007).

e) Durulama

Bulanık çıkarımın sonucu bulanık bir kümedir. Bu sonucun tekrar sisteme uygulanması için giriş değeri gibi sayısal değere dönüştürülmesi gerekir. Bu işlem durulama olarak adlandırılır. Durulama birimi karar verme biriminden gelen bulanık bir bilgiden bulanık olmayan ve uygulamada kullanılacak gerçek değerlerin elde edilmesini sağlar (Türk, 2006).

Durulama, bir bulanık küme veya bulanık sayıyı tam sayıya dönüştüren süreçtir. Bulunan çözüm alanından tek bir değer elde edilmesi işlemine bulanık önermenin netleştirilmesi denir. Çünkü sonuçta ortaya tek bir yargı çıkmalıdır. Yargılar yapıları gereği tektir. Yani bir yüklemle yüklenirler. Bulanık önermelerde genellikle üyelik değerinin en yüksek olduğu noktaya karşılık gelen değer, problemin çözümü olan tek değerdir. Bu alandan böyle tek bir değer belirlenmemesi durumunda en yüksek değerlerin ortalaması veya oluşan çözüm alanının ağırlık merkezine karşı gelen nokta çözüm değeri olarak alınır. Bu şekilde fonksiyonun değeri 0 ile 1'den ibaret değil, bunlar arasında herhangi bir değer de olabilir (Işıklı, 2008).

Durulama işleminde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Önce her kural için üyelik derecelerinden oluşan değer ve sonuç kural tespit edilir. Daha sonra en uygun yöntem seçilerek durulama yapılır. En çok kullanılan yöntemler şunlardır,

- Maksimum üyelik yöntemi,

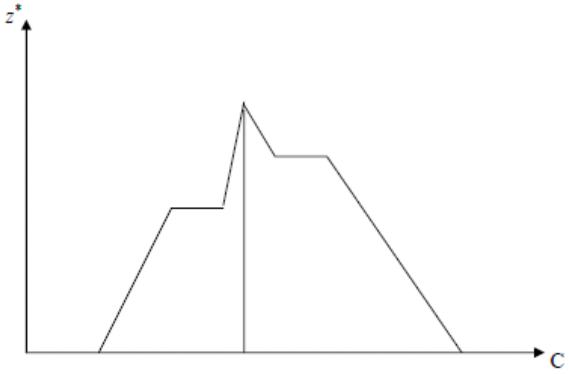
- Ağırlık merkezi yöntemi,
- Ağırlık ortalaması yöntemi,
- Mean-Max üyelik yöntemi,

- **Maksimum üyelik yöntemi**

Yükseklik yöntemi olarak da adlandırılmaktadır. Bütün üyelik dereceleri içinde en büyük olana eşittir ve aşağıdaki gibi ifade edilir;

$\mu_c (z^*) \geq \mu (z)\ z \in Z$

z* çıkış değerinin elde edilişi Şekil 3.15'de görülmektedir.



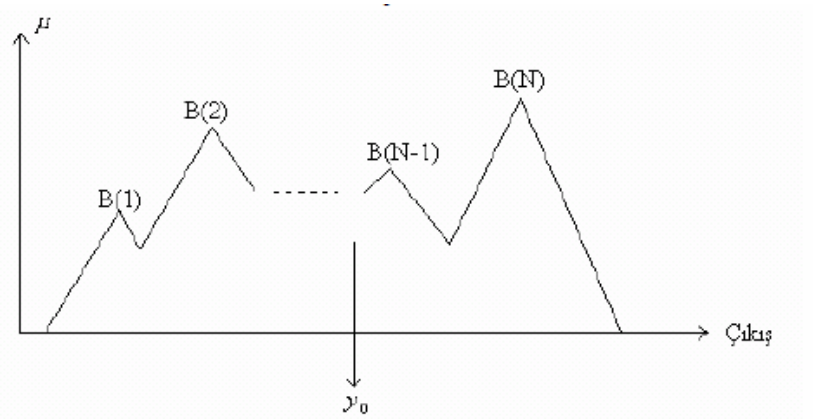
Şekil 29- Maksimum üyelik yöntemi

Burada C çıkış üyelik işlevlerinin birleşimini, z üyelik değerlerini ifade eder (Türk, 2006).

- **Ağırlık merkezi yöntemi,**

Durulaştırma işlemlerinde, yaygın olarak kullanılan işlemlerden biri de ağırlık merkezi yöntemidir. Adından anlaşılacağı gibi bu yöntemle, çıkış fonksiyonunun altında kalan alanın ağırlık merkezi eşitlikteki ifadeden faydalanılarak bulunur (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003):

$y_0 = \int \mu(y)y / \int \mu(y)$

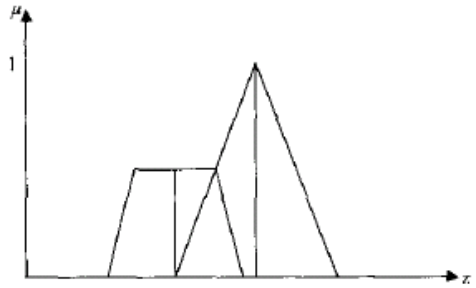


Şekil 30- Ağırlık merkezi yönteminin gösterimi

- **Ağırlık ortalaması yöntemi,**

Bu yöntemin kullanılabilmesi için simetrik üyelik fonksiyonunun bulunması gereklidir. Aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$\mathbf{z^*} = \sum \mu_ç(z).\overline{z} / \sum \mu_ç(z)$

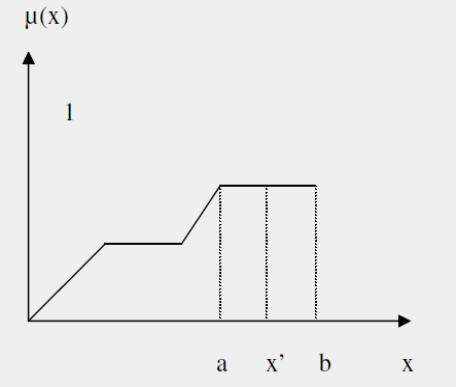


Şekil 31- Ağırlık ortalaması yönteminin gösterimi (Türk, 2006)

- **Mean-Max üyelik yöntemi,**

Yüksek noktaların ortası da denilen bu yöntem, ilk yöntemle aşağı yukarı benzemektedir. Ancak üyelik işlevinin en yüksek noktası burada tek değildir.

X'=(a+b)/2

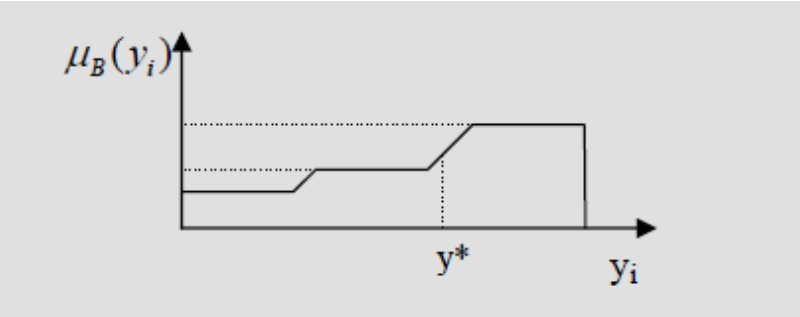


Şekil 32. Üyelik İşlevinin Max Noktalarının Ortalaması (Bilgin, 2006)

- **Küme ağırlığı (Centroid) Prensibi:**

Durulaştırma işleminde en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde sonuç bulanık kümelerinin ağırlık merkezi hesaplanır. Bu yönteme ilişkin notasyon şu şekildedir (Güler, 2006):

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i \cdot \mu_B(y_i)}{\sum_{i=1}^{n} \mu_B(y_i)} \quad \text{.....(1)}$$



Şekil 33. Küme ağırlığı yöntemi ile durulaştırma

3.2.3. MATLAB 6.5

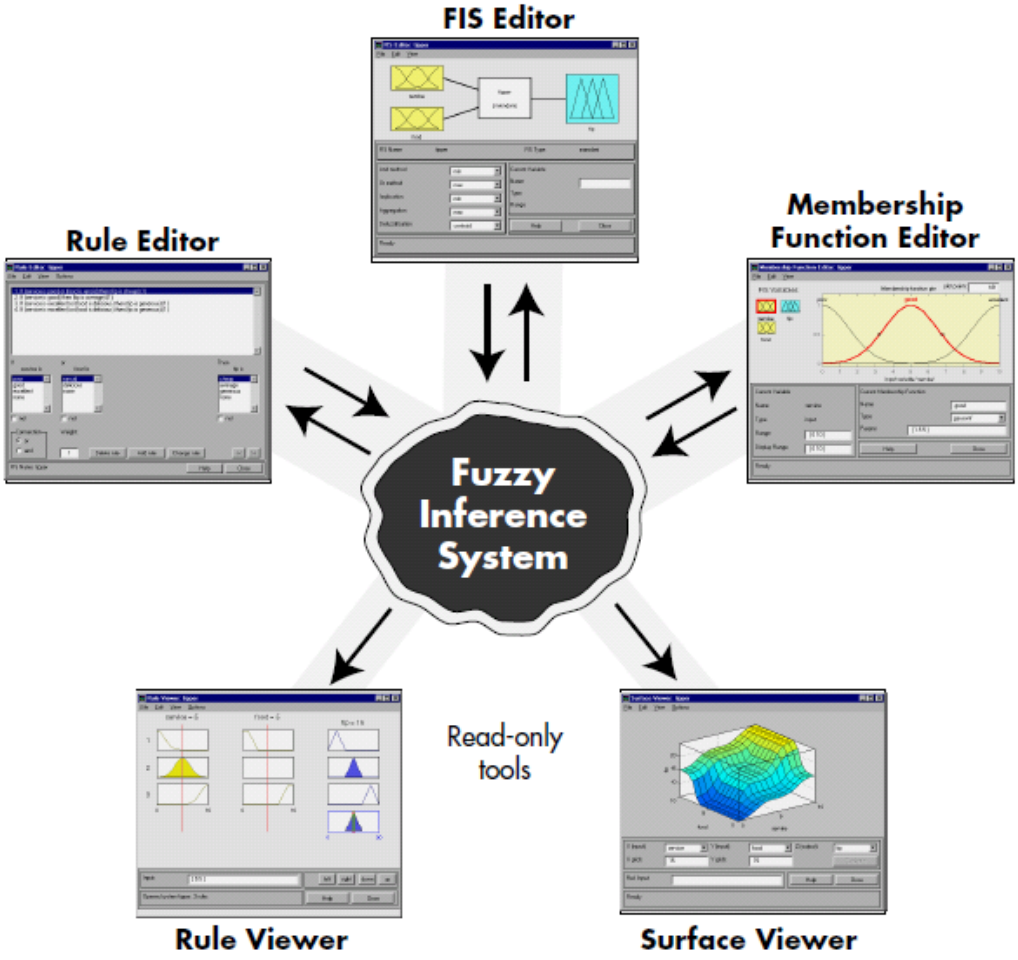
MATLAB, teknik hesaplamalar ve matematiksel problemlerin çözümü için tasarlanmış bir yazılım geliştirme aracıdır. "MATrix LABoratory" kelimelerinin kısaltması olan MATLAB, adından da anlaşılacağı üzere matrisler (matrix) yani diğer bir deyişle dizileri (array) kullanarak çalışır. Bugün dünyada 500.000 den fazla akademisyen, araştırmacı ve öğrenci tarafından kullanıldığı tahmin edilen MATLAB, içinde bulundurduğu çok sayıdaki ara yüzü ile bilgisayar dünyasının en gelişmiş teknik ve bilimsel problem çözme ve uygulama geliştirme aracı olarak da tanımlanmaktadır. Özellikle mühendislik alanındaki sistemlerin analizinde kullanılan MATLAB, veri analizi ve inceleme, görsellik ve görüntü işleme, algoritma prototipi oluşturma ve geliştirme, modelleme ve simülasyon, programlama ve uygulama geliştirme işlemlerini yapabilmektedir (Görgülü, 2007).

MATLAB'da çok farklı amaçlar için kullanılan çok fazla sayıda araç kutusu mevcuttur. Bunlardan biri de "Fuzzy logic" dir. "Fuzzy Logic" araç kutusunda bulanık mantık kullanılarak bir model veya karar destek sistemi geliştirilmek için Bulanık Çıkarım Sistemi (FIS) oluşturulmuştur. Bulanık Çıkarım, bulanık mantık kullanarak bir çıktıyı elde etmek için girilen verilerin formulize edilme sürecidir. Bulanık Çıkarım prosesi, üyelik fonksiyonları, bulanık mantık operatörleri ve "if-then" kurallarını içerir. MATLAB iki tür bulanık çıkarım kullanarak bulanık bir sistem veya model oluşturmaya izin vermektedir. Bunlar "Mamdani" ve "TSK (Sugeno)" çıkarım mekanizmalarıdır.

MATLAB'da Bulanık Çıkarım Sisteminde (FIS), bulanık mantık kullanılarak bir model veya karar destek sistemi geliştirilmek için 5 pencere kullanılır. Bunlar:

- Üyelik fonksiyonu yazım penceresi (Membership Function Editör)
- Bulanık çıkarım sistem penceresi (FIS editör),
- Kural penceresi (Rule editör),
- Kural gösterim penceresi (Rule viewer) ve
- Yüzey gösterim penceresidir (Surface viewer).

Şekil 34' te MATLAB Bulanık Çıkarım Sistemi gösterilmiştir.



Şekil 34-MATLAB Bulanık Çıkarım Sistemi

- **Üyelik fonksiyonu yazım penceresi (Membership Function Editör)**

Üyelik fonksiyonu yazım penceresinde girdi ve çıktı değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının tipi, ismi, bu fonksiyonlara ait parametreler ve değişkenlerde bulunan verilerin değişim genişliği belirlenir. MATLAB, Üyelik fonksiyonu yazım penceresinde 11 üyelik fonksiyonunu desteklemektedir. Bunlar, dsigmf (d sigmoidal üyelik fonksiyonu), gauss2mf (Gaussian 2 üyelik fonksiyonu), gaussmf (Gaussian üyelik fonksiyonu), gbellmf (Genelleştirilmiş çan üyelik fonksiyonu), sigmf (sigmoidal üyelik fonksiyonu), pimf (Pi üyelik fonksiyonu), psigmf (P sigmoidal

üyelik fonksiyonu), smf (S üyelik fonksiyonu), trapmf (Yamuk üyelik fonksiyonu), trimf (Üçgen üyelik fonksiyonu), zmf (Z üyelik fonksiyonu) dur.

- **Bulanık çıkarım sistem penceresi (FIS editör),**

Durulaştırma aşamasında kullanılacak yöntem FIS editör penceresinde seçilir. MATLAB mevcut durulaştırma yöntemlerinden Centroid, Bisector, MOM (Mean of Maximum), LOM (Largest of Maximum), SOM (Smallest of Maximum) olmak üzere 5 yöntemi standart olarak desteklemektedir. Bunun yanında Custom seçeneği ile de araştırıcının ihtiyacına göre kendisinin de bir durulaştırma yöntemi geliştirmesine olanak sağlamaktadır.

- **Kural penceresi (Rule editör),**

Konunun uzmanından ve konu hakkında önceden yapılan araştırmalar sonucu elde edilen bilgiler doğrultusunda, sistemin kuralları bu pencerede yazılır. Kurallar "IF- THEN" koşulu arasına "AND" veya "OR" bağlaçları yardımıyla yazılmaktadır. Oluşturulan tüm kurallar pencerede gözlenebilmektedir.

- **Kural gösterim penceresi (Rule viewer)**

Girdi değişkenlerine farklı değerler girildiğinde oluşturulan bulanık sistemin tahmin ettiği çıktı değeri bu pencerede gözlemlenebilir.

- **Yüzey gösterim penceresi (Surface viewer).**

Girdi değerlerine karşılık gelen çıktı değerinin 3 boyutlu grafiği bu pencerede gözlemlenebilir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Şantiyede bulanık risk değerlendirmesi yapılırken, işletme faaliyetlerinden çalışanlar, müşteriler, tedarikçiler, ziyaretçiler, stajyerler ve kuruluşun faaliyetlerinden etkilenen diğer şahıslara yönelik olarak tehlikeler tanımlanmış, tanımlanan tehlikelerin olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik değerlerinin bulanıklaştırılarak risk öncelik sayısının hesaplanmasında MATLAB 6.5 programı kullanılmıştır.

Risk değerlendirmesi esnasında yürürlükteki iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı incelenerek risk değerlendirmesinde bu mevzuatlara uyum sağlanmasına dikkat edilmiştir.

4.1. PLANLAMA

Şantiyede bulanık risk değerlendirmesi yapılırken, yöneticiler, şantiye şefleri, firmada çalışan tüm mimar ve mühendisler (inşaat mühendisleri, makine mühendisleri, endüstri mühendisleri, elektrik ve elektronik mühendisleri ve mimarlar), ustalar ve işçi temsilci gruplarından oluşturulan 20 kişilik bir risk değerlendirme ekibi oluşturulmuştur.

4.2. İŞYERİNDE YÜRÜTÜLEN FAALİYETLERİN SINIFLANDIRILMASI / TANIMLANMASI

Apartman Şantiyesinde 29 faaliyet belirlenmiştir. Şantiyede yapılan tüm işlerin listesi Tablo 15’ de verilmiştir. İşlerin belirlenmesinde, sürekli olmamakla birlikte periyodik olarak veya değişen aralıklarla yürütülen bakım ve onarım gibi faaliyetler de dikkate alınmıştır.

Tablo 15- Uygulama Şantiyesinde yapılan tüm faaliyetler

1-Hafriyat
2-Bina Aplikasyonu
3-Su Yalıtımı
4-Ahşap Kalıp Hazırlanması
5-Tünel Kalıp Montajı/ Demontajı
6-Donatının Hazırlanması ve Montajı
7-Elektrik ve sıhhi tesisatın kalıp içine montajı
8-Beton Dökülmesi
9-Duvar Montajı
10-Isı İzolasyonu
11-Sıva
12-Çatı yapımı/ Çatı Kaplama
13-Duvar Kaplama (fayans)
14-Zemin Kaplama (ıslak zemin)
15-Zemin Kaplama (ıslak olmayan zemin)
16-Şap
17-Boyama/ Fasarit
18-Tavan Kaplama
19-Kartonpiyer
20-Kapı, Pencere ve Cam Montajı
21-Korkuluk Montajı
22-Mobilya Montajı
23-Şantiyede çalışma
24-İskelede çalışma
25-Asma iskelede çalışma
26-İş Makinelerinin (beton pompası, mikser, mobil vinç, kepçe, kamyon vb..) kullanılması
27-El aletleri / elektrikli el aletlerinin kullanımı
28-Kaynak işlemi
29-Basınçlı kaplar ile çalışma

Risk değerlendirmesine başlamadan önce işletmedeki her bir iş "Faaliyet Tanımlama Formları" ile ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Ek A ve Ek B de hafriyat ve bina aplikasyonu işlemleri için hazırlanan "Faaliyet Tanımlama Formları" verilmiştir.

4.3. TEHLİKELERİN BELİRLENMESİ/ TANIMLANMASI

Şantiyede yapılan 29 faaliyete ilişkin toplam 198 tehlike tespit edilmiştir. Tespit edilen tehlikeler **Faaliyet Tanımlama Formlarına** kaydedilmiştir. Ek A ve Ek B de hafriyat ve bina aplikasyonu işlemleri için hazırlanan "Faaliyet Tanımlama Formları" verilmiştir.

4.4. RİSKLERİN ANALİZİ/ DEĞERLENDİRİLMESİ

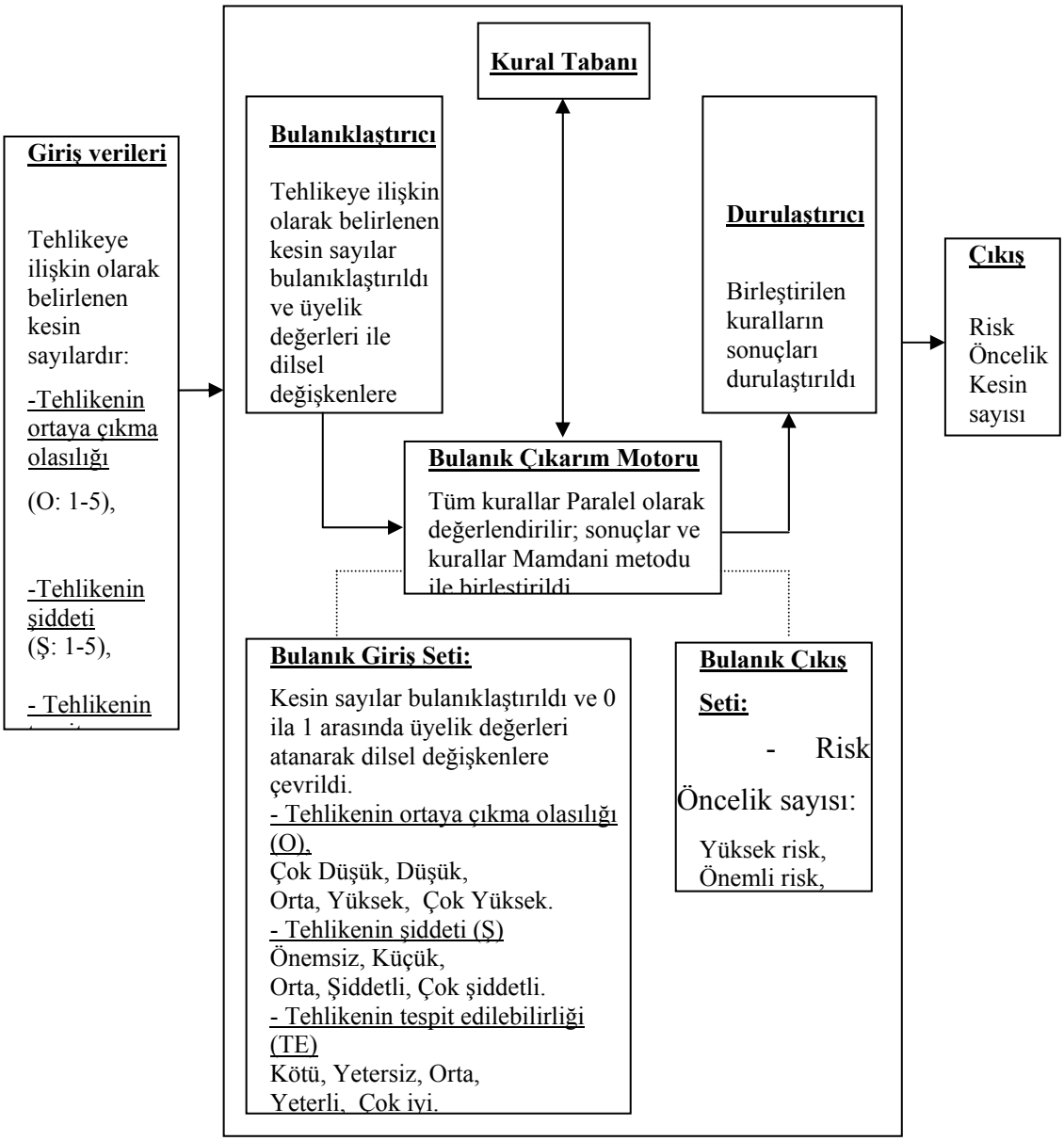
Elitkent Şantiyesi bulanık risk değerlendirme yapılabilmesi için bir Bulanık Risk Modelleme Süreci hazırlanmıştır. Bu modelleme sürecinde sistemin giriş ve çıkış verileri, kural tabanı, bulanıklaştırma ve durulaştırma işlemleri tanımlanmıştır. Hazırlanan Bulanık Risk Modelleme Süreci Şekil 35' te gösterilmiştir.

Bulanık risk değerlendirilmesi MATLAB 6.5 programında Mamdani çıkarım yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

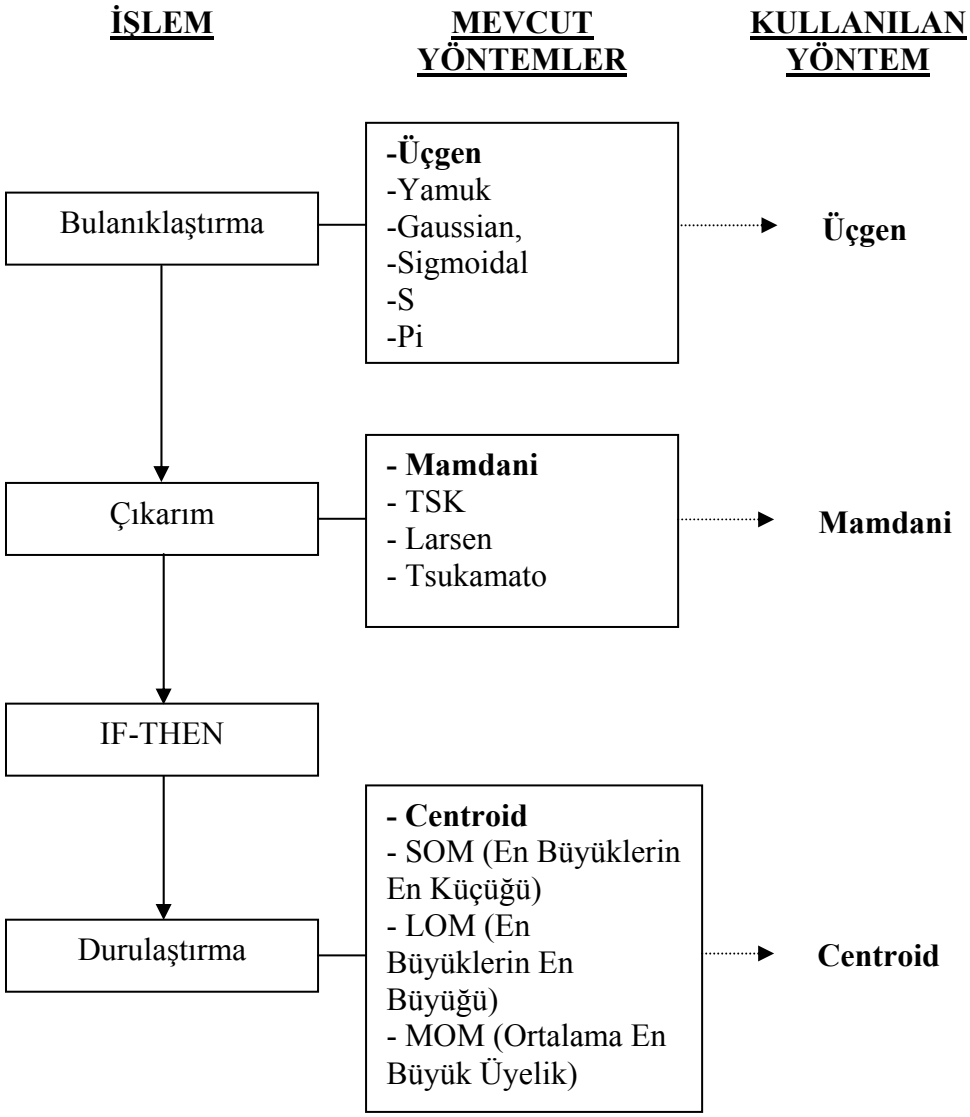
Sistemin 3 girdisi, 1 çıktısı ve 125 kuralı bulunmaktadır.

Bulanık risk değerlendirilmesi için öncelikle giriş verileri (olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik) belirlenmiştir. Bu giriş verileri MATLAB 6.5' te **üçgen üyelik fonksiyonları** kullanılarak bulanıklaştırılmış, modelin kural tabanında uzman kişiler tarafından **125 kural** yazılmış ve **Mamdani yöntemi** bulanık çıkarım süreci sonunda **Centroid** durulaştırma yöntemi ile durulaştırma yapılarak **Risk Öncelik Sayıları (RÖS)** tespit edilmiştir.

MATLAB 6.5 programında bulunan standart bulanıklaştırma, çıkarım ve durulaştırma yöntemlerinden kullanılan yöntemler Şekil 36' da gösterilmiştir.



Şekil 35. Bulanık Risk Modelleme Süreci



Şekil 36. Bulanık Risk Modelleme Sürecinde Kullanılan Yöntemler

4.4.1. BULANIKLAŞTIRMA

Olasılık, Şiddet ve tespit edilebilirlik olmak üzere 3 sistem girdisi belirlenmiştir. Giriş verileri tehlikeye ilişkin olarak belirlenen kesin sayılardır. Tehlikeye ilişkin olarak belirlenen giriş kesin sayıları üçgen üyelik fonksiyonları ile bulanıklaştırılmış ve 0 ila 1 arasında üyelik değerleri atanarak ile dilsel değişkenlere çevrilmiştir. Tablo 16, Tablo 17 ve Tablo 18' de Olasılık, Şiddet ve Tespit Edilebilirlik bulanık giriş kümelerin dilsel değişkenlere çevrimleri verilmiştir.

Tablo 16- Bulanık Risk Değerlendirme Olasılık Tablosu

Olasılık	**Dilsel Değişken**	**Ağırlığı (O)**
Her gün (çok yüksek olasılık)	Çok yüksek	5
Haftada bir (kuvvetle muhtemel)	Yüksek	4
Ayda bir (mümkün)	Orta	3
Üç ayda bir (uzak ihtimal)	düşük	2
Yılda bir (çok düşük olasılık)	çok düşük	1

Tablo 17- Bulanık Risk Değerlendirme Şiddet Tablosu

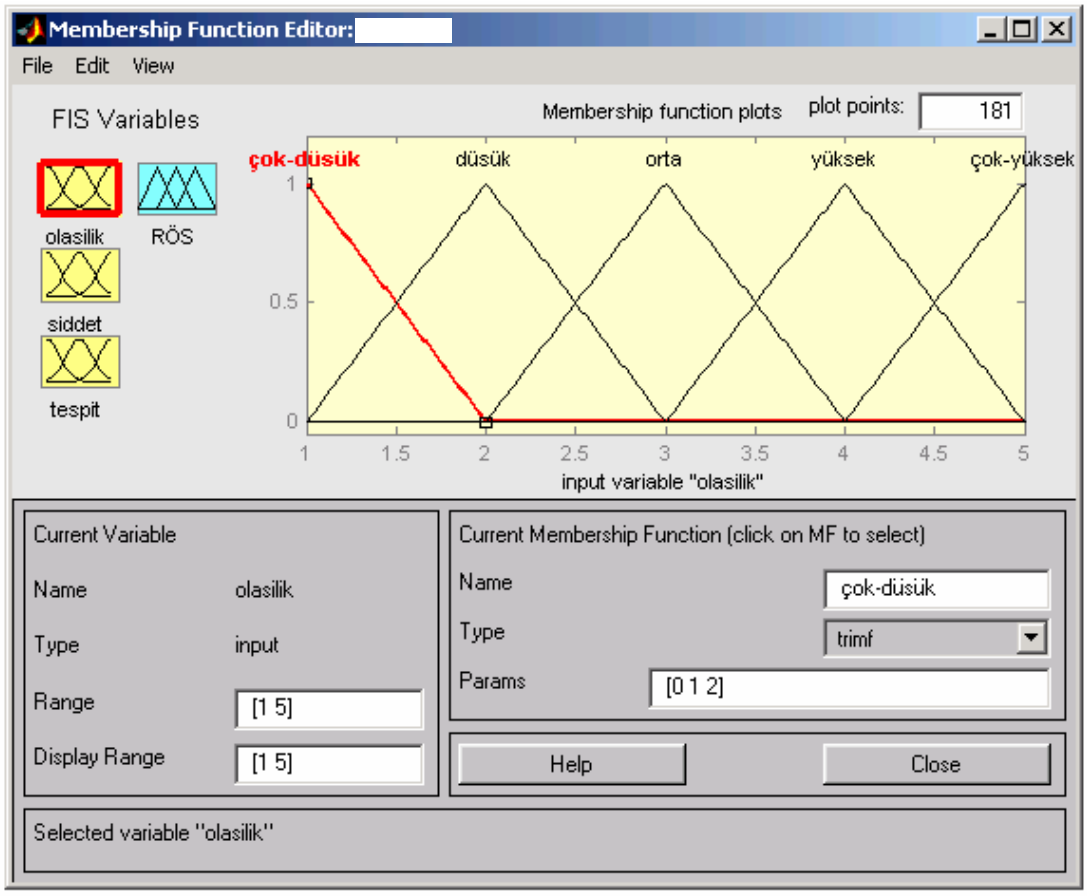
Tehlikenin Şiddeti	**Dilsel Değişken**	**Ağırlığı (Ş)**
Ölüm tehlikesi, sürekli iş göremezlik	Çok Şiddetli	5
Majör yaralanma (Kalıcı sakatlık, aza kaybı, meslek hastalığı)	Şiddetli	4
Yatarak tedavi gerektiren, Klinik tedavi gerektiren ancak kalıcı iz bırakmayan kaza	Orta	3
İlkyardım gerektiren minör yaralanma, Ayakta tedavi	Küçük	2
Yaralanmasız basit kaza ya da olay, Fark edilmeyen etki	Önemsiz	1

Tablo 18- Bulanık Risk Değerlendirme Tespit Edilebilirlik Tablosu

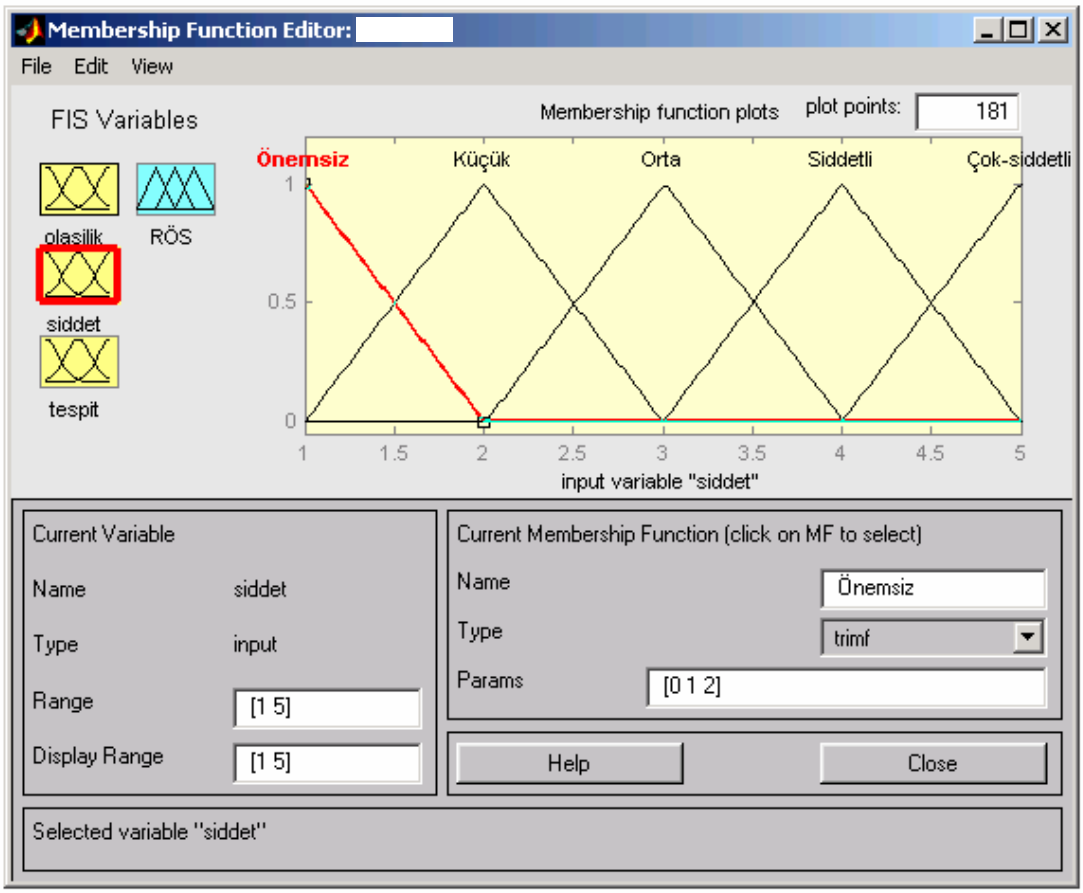
Tehlikenin Şiddeti	**Dilsel Değişken**	**Ağırlığı (TE)**
Alınan tedbirlerle tehlike önlenemez. Alınan tedbirler ile kazanın kesinlikle fark edilemeyeceği durumlar	Kötü	5
Kazanın tespiti için kontrol yok, Alınan tedbirler ile kazanın fark edilebilme/önlenme olasılığı zor	Yetersiz	4
Kazanın tespiti için kontrol yapıldığı durumlar, Alınan tedbirler ile kazanın fark edilebilme/önlenme olasılığı düşük	Orta	3
Kazanın tespiti için kontrol yapıldığı durumlar, Alınan tedbirler ile kazanın fark edilebilme/önlenme olasılığı yüksek	Yeterli	2
Kazanın tespiti için kontrol yapıldığı durumlar Alınan tedbirler ile kazanın kesinlikle fark edileceği/önleneceği durumlar	Çok İyi	1

4.4.2. ÜYELİK FONKSİYONLARININ OLUŞTURULMASI

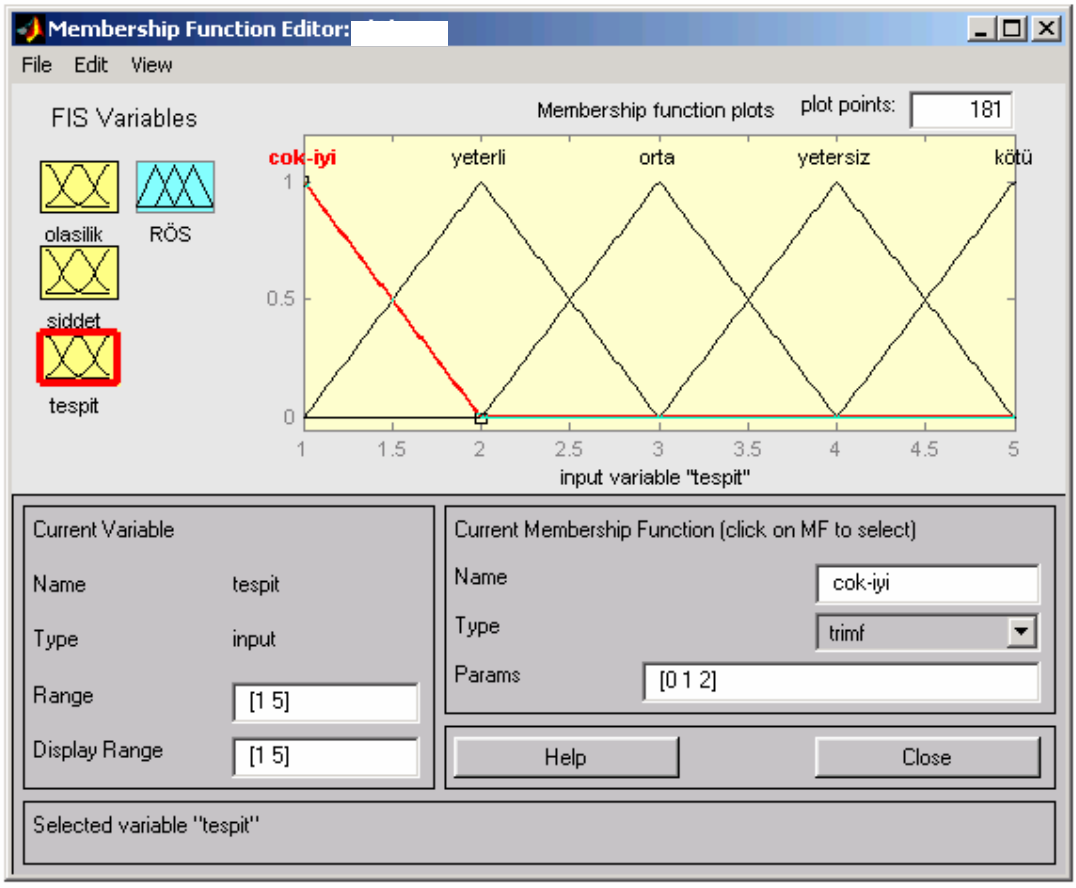
Matlab 6.5' te Üyelik fonksiyonu yazım penceresi (Membership Function Editör) kullanılarak modelin olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik giriş verileri üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik üyelik fonksiyonları program çıktıları Şekil 37, Şekil 38 ve Şekil 39' da verilmiştir.



Şekil 37. Olasılık giriş değişkeni üyelik fonksiyonu



Şekil 38. Şiddet giriş değişkeni üyelik fonksiyonu



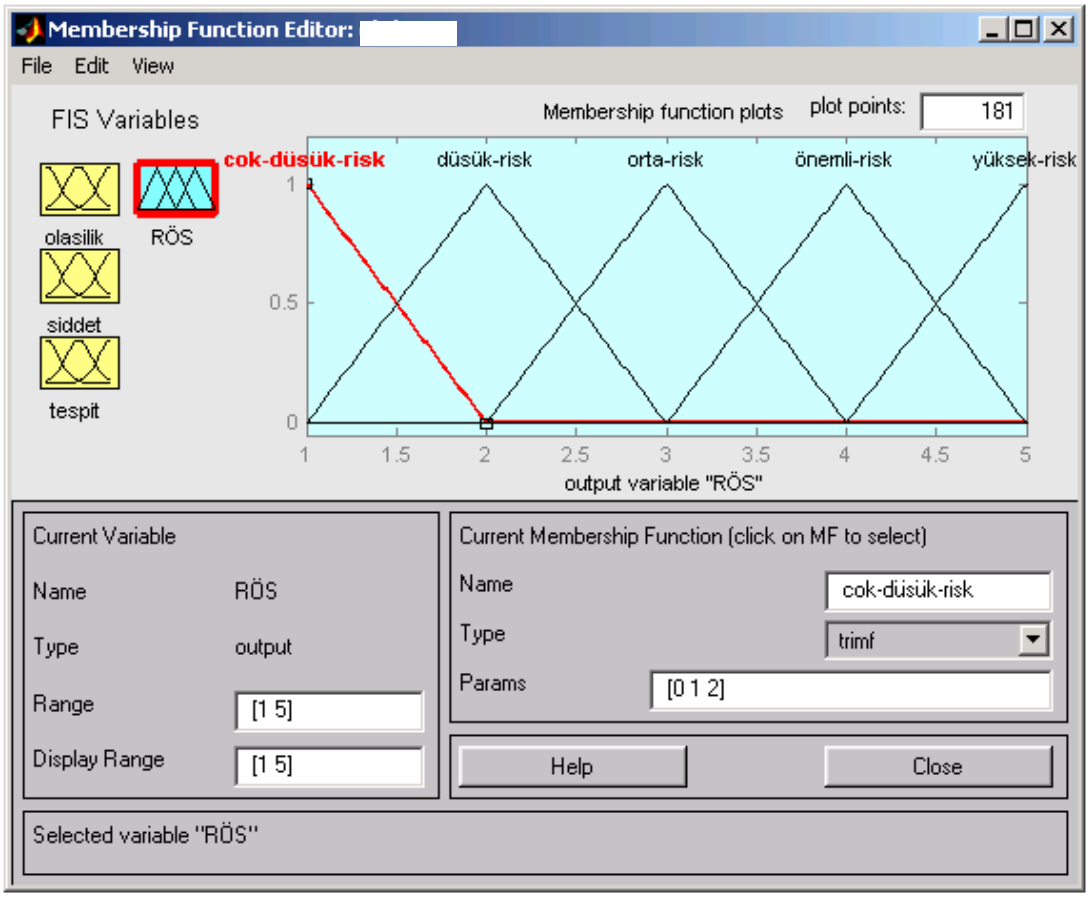
Şekil 39. Tespit edilebilirlik giriş değişkeni üyelik fonksiyonu

Giriş verilerinden sonra sistemin çıktısı "Risk Öncelik Sayısı-RÖS" tanımlanmıştır. Risk öncelik sayısına ait dilsel değişkenlerin tablosu Tablo 19' da verilmiştir.

Tablo 19- Bulanık Risk Değerlendirme RÖS Tablosu

RÖS dilsel değişkeni	**Tehlike Bilgisi**	**Ağırlığı (RÖS)**
Yüksek Risk	Kritik: Mevzuata aykırılık, ölüm veya ciddi itibar kaybı sonucu çok ciddi sorunlar söz konusu	5
Önemli	Majör: Mevzuata aykırılık, sakat kalma veya ciddi itibar kaybı sonucu önemli sorunlar çıkabilir	4
Orta	Orta: Orta Derecede, yaralanma vb. sorunlar çıkabilir	3
Düşük	Minör: Küçük sorunlar çıkabilir	2
Çok Düşük	Kontrol Altında: Sorun yok	1

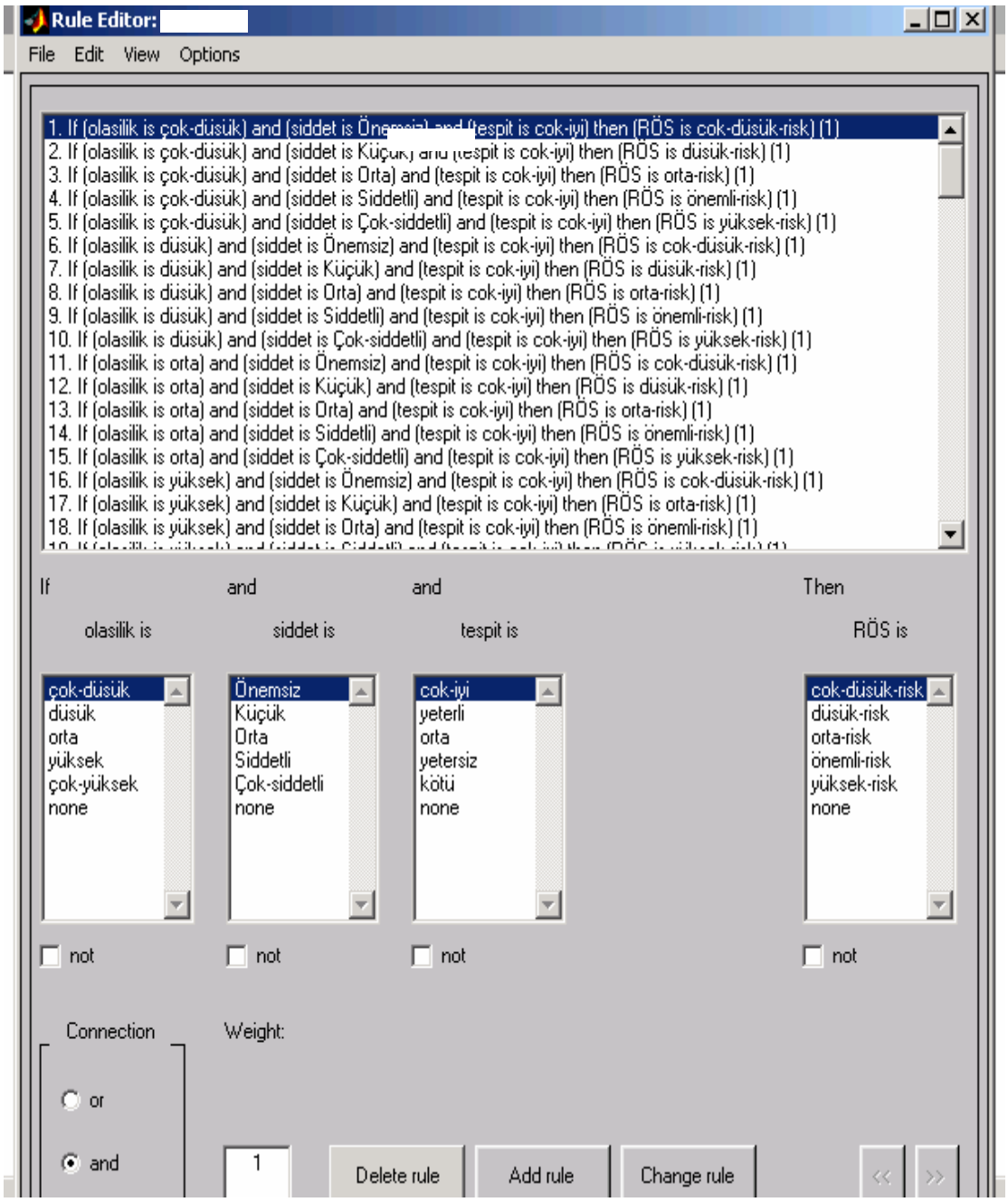
Matlab 6.5' te Üyelik fonksiyonu yazım penceresi (Membership Function Editör) kullanılarak modelin çıktısı olan Risk Öncelik Sayısı üyelik fonksiyonu oluşturulmuştur. Risk Öncelik Sayısı çıkış kümesi [1,5] aralığında 5 adet üçgen alt küme ile oluşturulmuştur. RÖS üyelik fonksiyonu program çıktısı Şekil 40' da verilmiştir.



Şekil 40- RÖS üyelik fonksiyonu

4.4.3. KURAL TABANI

MATLAB 6.5 te Kural penceresinde (Rule editör) sisteme ait 125 kural tanımlanmıştır. Bu kurallar uzman kişiler tarafından (Risk Analizi Ekibi tarafından) oluşturulmuştur. Kurallar IF-THEN koşulu arasında AND bağlacı kullanılarak yazılmıştır. Kural Tabanı program çıktısı Şekil 41' de verilmiştir. Tanımlanan kurallar Tablo 20' de gösterilmiştir.



Şekil 41. Bulanık Risk Değerlendirme Kural Tabanı

Tablo 20- Bulanık Risk Değerlendirme Kural Tabanı Tablosu

			TESPİT				
		ŞİDDET	**Çok İyi**	**Yeterli**	**Orta**	**Yetersiz**	**Kötü**
OLASILIK	**Çok Düşük**	**Önemsiz**	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
		Küçük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
		Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta
		Şiddetli	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli
		Çok Şiddetli	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
	Düşük	**Önemsiz**	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
		Küçük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
		Orta	Orta	Orta	Orta	Önemli	Önemli
		Şiddetli	Önemli	Önemli	Önemli	Önemli	Yüksek
		Çok Şiddetli	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
	Orta	**Önemsiz**	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
		Küçük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
		Orta	Orta	Orta	Orta	Önemli	Önemli
		Şiddetli	Önemli	Önemli	Önemli	Yüksek	Yüksek
		Çok Şiddetli	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
	Yüksek	**Önemsiz**	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
		Küçük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
		Orta	Önemli	Önemli	Önemli	Yüksek	Yüksek
		Şiddetli	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
		Çok Şiddetli	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
	Çok Yüksek	**Önemsiz**	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Orta
		Küçük	Düşük	Düşük	Orta	Orta	Orta
		Orta	Önemli	Önemli	Önemli	Yüksek	Yüksek
		Şiddetli	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
		Çok Şiddetli	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek

4.4.4. BULANIK ÇIKARIM/ DURULAMA

MATLAB 6.5 te Bulanık çıkarım sistem penceresi (FIS editör) kullanılarak bulanık çıkarım ve durulaştırıcı yöntemleri seçilmiştir.

Bulanık çıkarım için Mamdani yöntemi seçilmiştir. Mamdani yöntemi kural yapısı:

EĞER ($x_1 = A_{11}$) VE ($x_2 = A_{12}$)İSE ($z_1 = C_1$)

EĞER ($x_1 = A_{21}$) VEYA ($x_2 = A_{22}$) İSE ($z_2 = C_2$) şeklindedir .

Burada

x_1 ve x_2 : girdi değişkenleri,

z : çıktı değişkeni

A11 v A12 : girdi değişkeni fonksiyonları

C : her kuralın sonunda çıkan bulanık sonuç kümesidir.

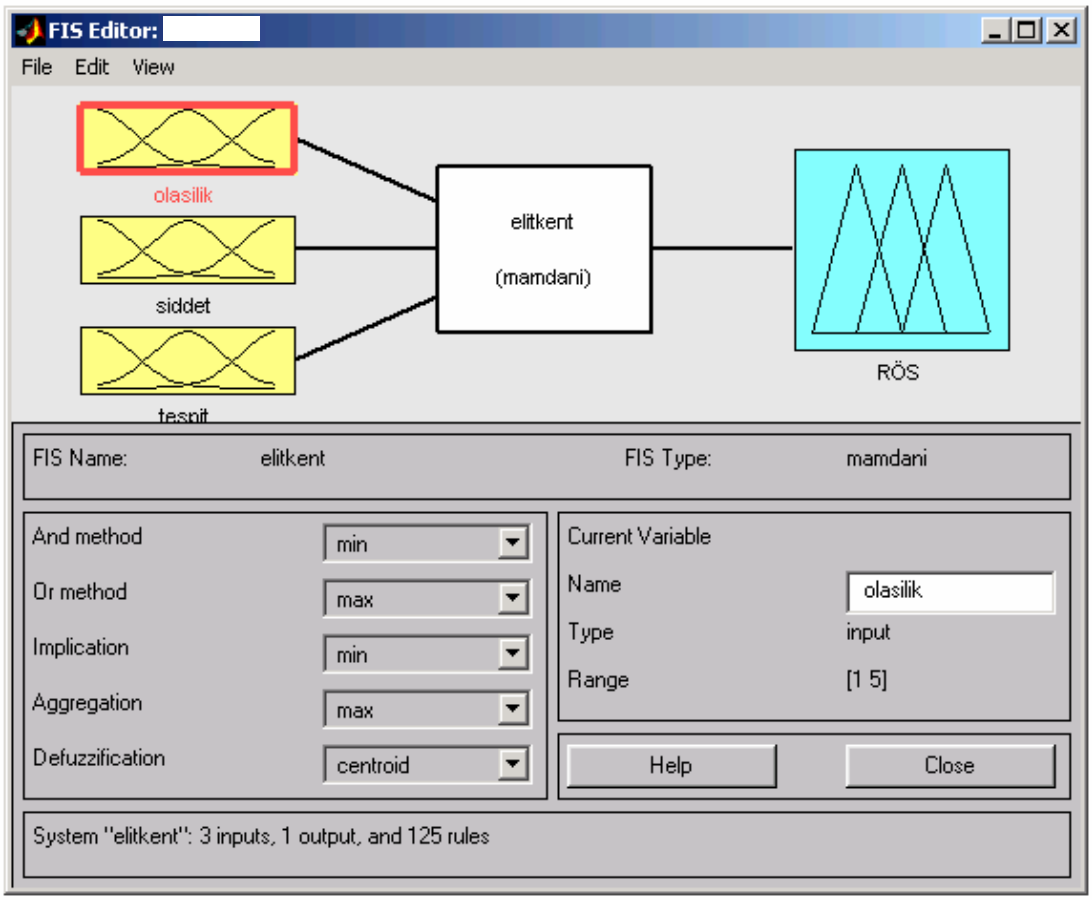
Yukarıdaki formülden de görüldüğü gibi Mamdani Yönteminde çıktı bulanık bir sonuç kümesidir. Bu nedenle bulanık sonuç kümesi olan RÖS' ün durulaştırılarak nicel bir sayı haline dönüştürülmesi gerekir. Durulaştırma aşamasında kullanılacak yöntem Bulanık çıkarım sistem penceresinde (FIS Editör) bulunan Durulaştırma (defuzzification) açılır menüsü yardımıyla "centroid" olarak seçilmiştir.

Centroid yöntemi notasyonu:

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i \cdot \mu_B(y_i)}{\sum_{i=1}^{n} \mu_B(y_i)} \quad \text{.....(2)}$$

Bulanık Kural tabanındaki kuralların işlenmesi için "and" metodunda min ve "veya" metodunda ise max yöntemi seçilmiştir.

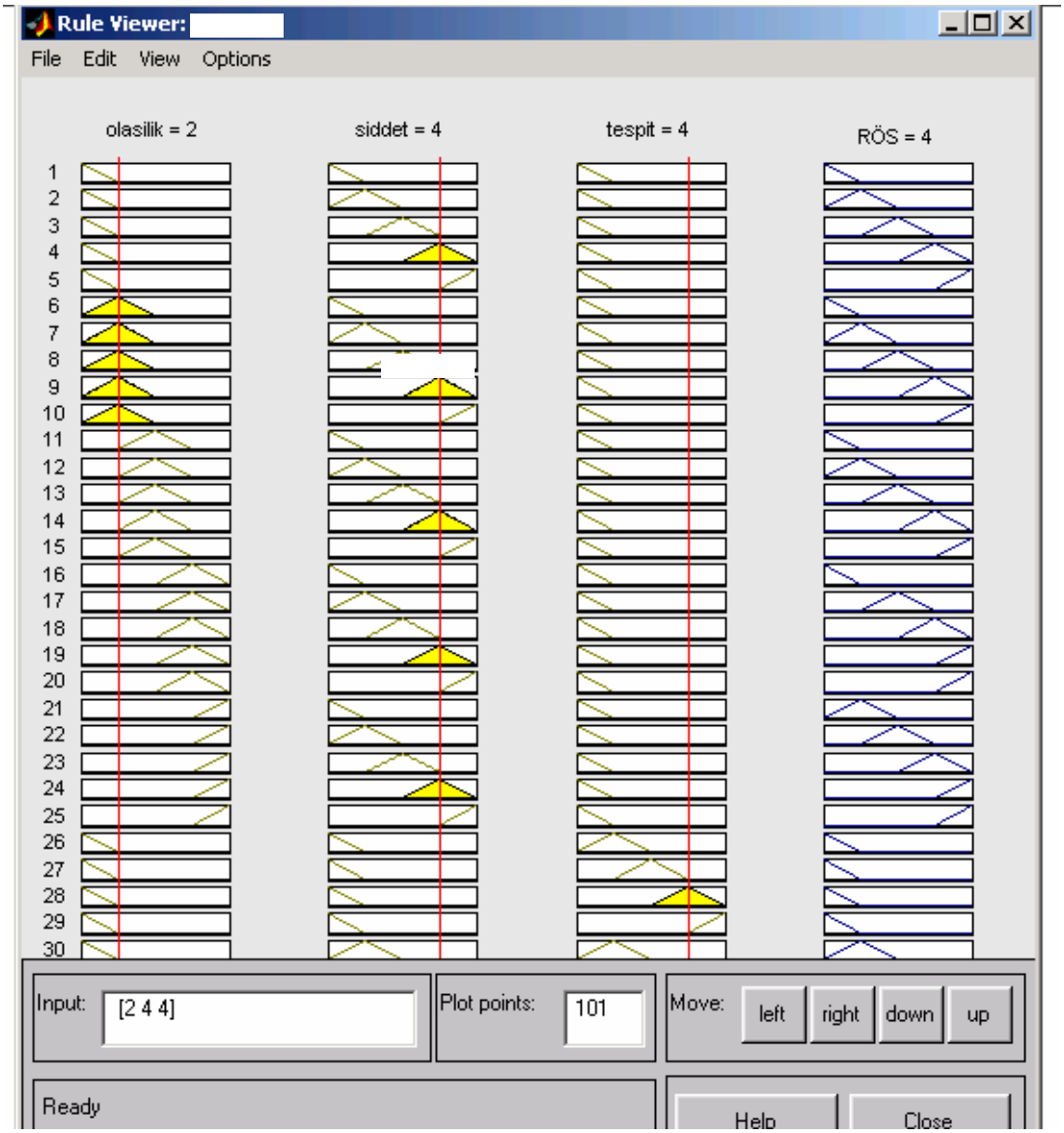
Modelin Bulanık Çıkarım Editörü Şekil 42’ de gösterilmiştir.



Şekil 42- Bulanık Çıkarım Editörü

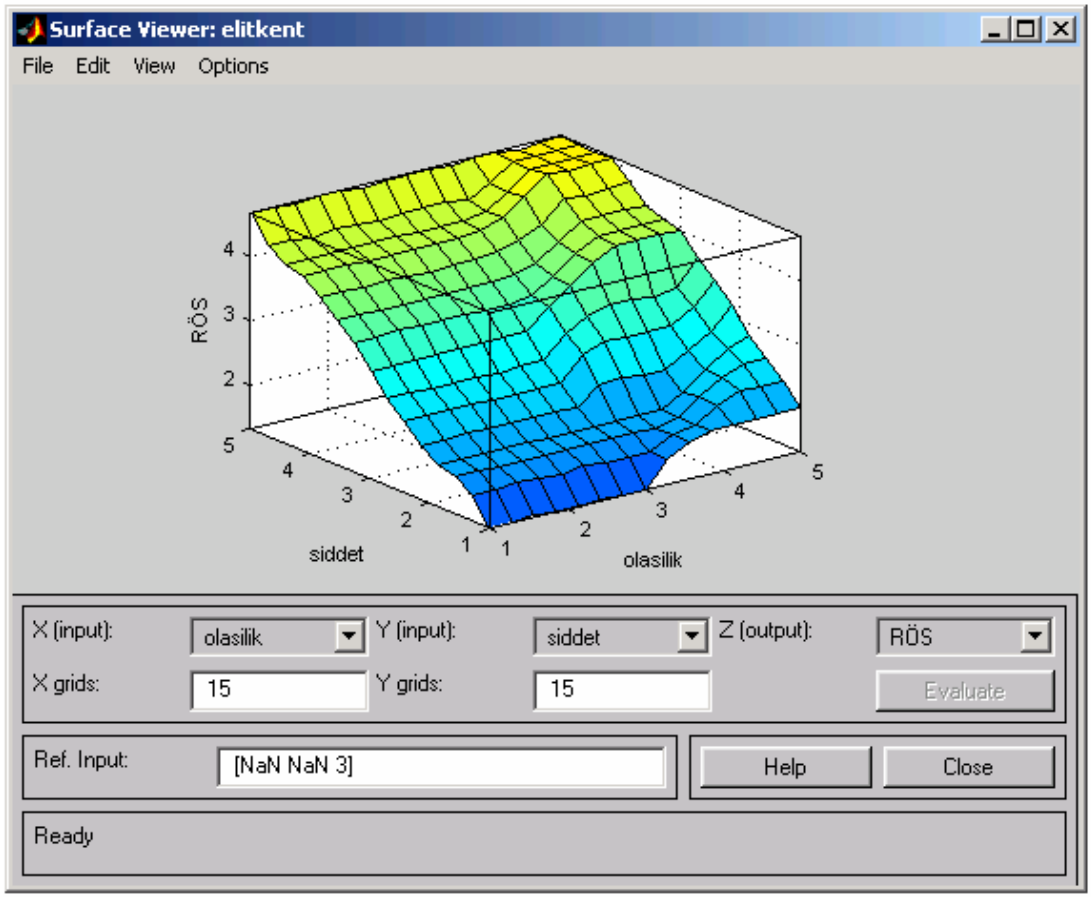
Girdi değişkenlerine farklı değerler girildiğinde oluşturulan bulanık sistemin tahmin ettiği çıktı değeri Kural gösterim (Rule viewer) penceresinden gözlemlenmiştir. Şekil 51’ de MATLAB 6.5 fuzy logic araç kutusunda Hafriyat işleminde “Hafriyat kamyonuna düzenli şekilde yükleme yapılmaması nedeniyle kamyonun devrilmesi” tehlikesi için olasılık=2, Şiddet= 4 Ve Tespit edilebilirlik=4 değerleri için tespit edilen RÖS=4 değerinin program çıktısı görülmektedir.

Bu şekilde tespit edilen 198 tehlike için olasılık, Şiddet Ve Tespit edilebilirlik değerleri MATLAB 6.5’e girilerek tüm tehlikelere ait RÖS değerleri tespit edilmiştir. EK C’ de belirlenen olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik değerlerine karşın Bulanık Risk Değerlendirme yöntemiyle hesaplanan Risk Öncelik Sayıları (RÖS) verilmiştir.



Şekil 43- "Hafriyat kamyonuna düzenli şekilde yükleme yapılmaması nedeniyle kamyonun devrilmesi" tehlikesi Kural gösterim penceresi

Ayrıca Yüzey gösterim (Surface viewer) penceresi kullanarak girilen girdi değerlerine karşılık gelen çıktı değerlerinin 3 boyutlu grafiği elde edilmiş ve Şekil 44' te gösterilmiştir.



Şekil 44- Çıktı değerlerinin 3 boyutlu grafiği

4.5. KONTROL ÖNLEMLERİNİN BELİRLENMESİ.

Risk değerlendirmesi esnasında her bir tehlike için mevcut kontrol önlemleri belirlenmiştir. Firma yapılan risk değerlendirmesi sonucunda kendi ilave kontrol önlemlerini belirleyecektir. Tespit edilen kontrol önlemleri EK C' de verilen "Risk Değerlendirme Formu" na kaydedilmiştir.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada FMEA gibi sayısal tekniklerde de kullanılan olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik parametreleri kullanılmıştır. Sayısal tekniklerde risk öncelik sayısının hesaplanması için RÖS= olasılık x şiddet x tespit edilebilirlik formulü kullanılırken bu çalışmada risk değerlendirmesi için bulanık mantık yaklaşımı kullanılmıştır.

Şantiye risk değerlendirmesinde sayısal tekniklerin kullanılması, yapılan faaliyetlerin karmaşık olmasından dolayı risk önceliklerinin belirlenmesinde yanlışlıkların yapılmasına yol açmaktadır. Örneğin; "Ahşap Kalıp Hazırlanması" faaliyetindeki "Kalıp çökmesi" ve "Kalıp çakma esnasında El, ayak, parmak sıkışması" tehlikeleri için FMEA tekniği ile risk değerlendirmesi yaparsak:

"Kalıp çökmesi" tehlikesi için RÖS = 2 x 5 x 2 = 20 (Olasılık= 2, Şiddet=5 tespit edilebilirlik =2)

"Kalıp çakma esnasında El, ayak, parmak sıkışması" tehlikesi için RÖS = 3 x 3 x 3 = 27 (Olasılık= 3, Şiddet=3, tespit edilebilirlik =3) tespit edilmektedir. Halbuki kalıp hazırlama esnasında ölüm, yaralanma veya sakatlanma ile sonuçlanabilecek bir kalıp çökmesi tehlikesi; el, ayak, parmak sıkışması tehlikesinden daha önemli düzeye sahiptir ve risk değerlendirmesinde de daha yüksek puana sahip olması gerekir.

Halbuki bu çalışmada yapılan bulanık risk değerlendirmesi sonucunda "Ahşap Kalıp Hazırlanması" faaliyetindeki "Kalıp çökmesi" tehlikesi için RÖS = 4,68 ve "Kalıp çakma esnasında El, ayak, parmak sıkışması" tehlikesi için RÖS = 3 tespit edilmiştir.

MATLAB 6.5 programı yardımıyla bulanık mantık yöntemine göre tespit edilen, şantiyede yapılan 29 faaliyete ilişkin 198 tehlikeye ait tüm RÖS değerlerinin FMEA yöntemine göre daha makul ve mantıklı olduğu görülmüştür. EK C de verilen Risk Değerlendirme Formunda Bulanık RÖS' lerin FMEA tekniğinde elde edilen RÖS' lerle kıyaslaması incelenebilir.

Yapılan çalışma sonucunda, bulanık mantık yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesinin FMEA gibi sayısal tekniklerle yapılan risk değerlendirmesine nazaran daha sağlıklı sonuçlar verdiği görülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Şantiyede yapılan faaliyetler, çalışanların sağlığı ve güvenliği açısından büyük tehlike arz ettiğinden, yoğun çalışma temposu ve hızlı iş akışlarına sahip bu sektörde İş Sağlığı ve Güvenliğinin korunması ve bunun sürdürülebilir bir temele oturtulması, gerek iş güvenliği performansının artırılması gerekse çalışanın motivasyonu ve işletme verimi açısından son derece önemlidir. Bu nedenle şantiyelerde sağlıklı bir iş sağlığı ve güvenliği sistemi kurulmalı ve sürekli iyileştirilmelidir. İSG sistemi kurulumunun en önemli aşaması ise şantiyedeki risklerin önceliğinin doğru olarak belirlenmesi ve bu riskler için tespit edilen kontrol önlemlerinin uygulanmasıdır.

İş güvenliği risk değerlendirmesinde çok çeşitli yöntemler mevcuttur. Ülkemizde ise risk değerlendirmesinde FMEA gibi sayısal tekniklerin kullanımı bulanık mantık, yapay zeka, genetik algoritma gibi kalitatif yöntemlere nazaran daha yaygındır. Fakat bu tekniklerinin verimli olarak uygulanması için, yüksek kalitede veri önkoşuldur. Oysa şantiye ortamında çok fazla karmaşa ve değişkenlik olmasından dolayı yüksek kalitede veri elde etmek ve olayları kesin sayılarla ifade etmek oldukça zordur. Bu nedenle, bu çalışmada risk değerlendirme yöntemlerinde yeni yeni keşfedilmeye başlayan bulanık mantık yaklaşımı kullanılmıştır.

Bulanık risk değerlendirmesi çalışması Konya' da faaliyet gösteren bir inşaat taahhüt firmasının, 12 katlı 10 bloklu apartman inşaatı şantiyelerinden birinde gerçekleştirilmiştir. Şantiyede 29 ana faaliyet ve 198 tehlike tespit edilmiştir.

Bulanık modelleme MATLAB 6.5 yazılım programı fuzzy logic araç kutusunda gerçekleştirilmiştir. Modelde 3 girdi, 1 çıktı ve 125 kural oluşturulmuştur. Üçgen Üyelik fonksiyonları, Mamdani çıkarım ve centroid durulama yöntemi kullanılmıştır. Matlab programının bulanık modellemeler için kullanımı kolay ve çok yararlı bir program olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmada bulanık risk değerlendirmesindeki amaç her tehlikeye ilişkin Risk Öncelik Sayılarının tespit edilmesidir. Matlab 6.5 ile 198 tehlike için tek tek bulanık Risk Öncelik Kümeleri ve Kesin Risk Öncelik Sayıları tespit edilmiştir.

Bulanık risk değerlendirme sonucu tespit edilen Risk Öncelik Sayıları, FMEA yönteminde elde edilen veriler ile kıyaslandığında, bulanık mantık yönteminin daha doğru ve mantıklı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu açıdan, çalışmada kullanılan metodun FMEA gibi kantitatif yöntemlere nazaran daha başarılı olduğu görülmüştür.

İleride bulanık risk değerlendirmesi metodu kullanılarak gıda sektöründe bir tehlike analizi yapılması planlanmaktadır.

7. KAYNAKLAR

1. 4857 Sayılı İş Kanunu, Kabul Tarihi : 22.5.2003.

2. Allen H., Hua A. H., Hsu C., Kuo T., Wua W., 2009, Risk evaluation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP, Expert Systems with Applications 36, 7142–7147.

3. Altaş İ.H., 1999, Bulanık Mantık : Bulanıklılık Kavramı, Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, Temmuz 1999, 62, 80-85, Bileşim yayıncılık A.Ş., İstanbul.

4. Andaç M. 2007, Neden Risk Değerlendirmesi Yapmalıyız?, İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 36, 21-26.

5. Arık B., Akçın N. A., 2002, İş Kazalarının Önlenmesi ve İş Güvenliği Analiz Tekniğinin Uygulanması, Türkiye 13 Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 29-31 Mayıs 2002, Zonguldak.

6. Aslan S., 2009, Mermer Ocaklarında İş Güvenliği ve Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden İşletme Bilim Dalı, Eskişehir.

7. Baradan S. 2006, Türkiye İnşaat Sektöründe İş Güvenliğinin Yeri ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslanması, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 8, 1, 87-100 Ocak 2006

8. Bardossy A., Bogardi I., Duckstein L. 1991, Fuzzy Set And Probabilistic Techniques For Health-Risk Analysis, Applied Mathematics and Computation, 45, 3, 241-268.

9. Baysal S. 2005, İşyerlerinde Risk Yönetimi Yaklaşımları ve Bir Uygulama Örneği, İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 23, 5-11.

10. Bilgin Ö.,2006, Hata Türü ve Etkileri Analizi'nde Bulanık Mantık Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli.

11. Bilir N. 2005; İş Sağlığı ve Güvenliğinde Çağdaş Bir Yaklaşım: Risk Değerlendirilmesi ve Risk Yönetimi, İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 25, 9-11.

12. Canpolat P., 2008, Projelendirme ve Şantiye Yerleşim Projesinin Oluşturulması Aşamasında Hazırlanacak İş Sağlığı ve Güvenliği Planı İle İlgili Bir Öneri, Yüksek Lisans Tezi Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

13. China K., Wangb Y., Poon G.K.K., Yangc J., 2009, Failuremode and effects analysis using a group-based evidential reasoning approach, Computers & Operations Research 36, 1768-1779.

14. Ciarapica F. E., Giacchetta G. 2009, Classifcation And Prediction Of Occupational Injury Risk Using Soft Computing Techniques: An Italian Study, Safety Science, 47, 1, 36-49.

15.Çakıroğlu N., 2007, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Kapsamında Risk Analizi Denetim ve Bir Firma Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Toplam Kalite Yönetimi Anabilim Dalı, Toplam Kalite Yönetimi Programı, İzmir.

16.Çitli N., 2006, Bulanık Çok Kriterli Karar Verme, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Matematik Programı, İstanbul.

17. Demircan E. 2008, İnşaat Sektöründe İşçi Sağlığı ve Güvenliğinin Ekonomik ve Toplumsal Boyutları, Yüksek lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Anabilim Dalı, Çalışma Ekonomisi Bilim Dalı

18. Deniz E., 2006, Bulanık Mantık Tabanlı Tahmin Modeli ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı, Muğla

19. Erdoğan F.,2006, Fuzzy yaklaşımlı kümelerle halkalar arasındaki ilişkiler , Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı.

20. Esin B., 2007, Bulanık Kümelerin Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Tokat

21. Falconer L., Hoelf H. 1997, Occupational Safety And Health: A Method To Test The Collection Of 'Grey Data' By Line Managers, Occupational Medicine, 47, 2, 81-89.

22.Görgülü, Ö., 2007, Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Teorisi ve Tarımda Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Hatay.

23. Grassi A., Gamberini R., Mora C., Rimini B. 2009, A fuzzy multi-attribute model for risk evaluation in workplaces, Safety Science, 47, 5, 707-716.

24.Güler N., 2006, Bulanık Kümeleme Analizi ve Bulanık Modellemeye Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

25.Gürcanlı G. E. ve Müngen U., 2007-a, İnşaat Şirketlerinde İş Güvenliği Uygulamalarının Yeni Yasal Düzenlemeler Işığında Değerlendirilmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, 5-6 Ekim, 193-210, Ankara.

26.Gürcanlı G. E., Müngen U. 2006, Bulanık Kümeler ile İnşaatlarda Yeni Bir İş Güvenliği Risk Analizi Yöntemi, İTÜ Dergisi/d Mühendislik, 5, 4, 83-94.

27.Gürcanlı G. E., Müngen U. 2007-b, İnşaat Şantiyelerine Özgü Bir İş Güvenliği Risk Analizi Yöntemi, 4. İnşaat Yönetimi Kongresi, 281-294.

28.Gürcanlı G. E., Müngen U. 2009, An occupational safety risk analysis method at construction sites using fuzzy sets, International Journal of Industrial Ergonomics, 2009, 39, 371–387.

29. Hafızoğlu E., 2006, Bina Yapımında Yaşanan Kazalar ve Bir Risk Değerlendirme Çalışması Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

30.Işıklı Ş., 2008, Bulanık Mantık ve Bulanık Teknolojiler, 2004, 19, 105-126 , 2008-9-26.

31.İri A. 2007, OHSAS 18001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Bir İnşaat Firmasında Uygulanması, Yüksek lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , İstanbul

32.İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 09/12/2003, Resmi Gazete Sayısı: 25311, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

33.İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Risk Grupları Listesi Tebliği, Resmi Gazete: Tarih: 13 Nisan 2004 Salı, Sayı: 25432

34. Kang H., Han J., Zhou P. 2006, Risk Assessments for Offshore Jacket Platforms Based on Fuzzy Probabilistic Influence Diagram, Proceedings of the Sixteenth International Offshore and Polar Engineering Conference, San Francisco, California, USA.

35. Kangari, R. 1988, Construction Risk Management, Civil Engineering Systems, 5, 114–120.

36. Karacan, S., 2004. Yapı İşlerinde İş Güvenliği Açısından Risk Değerlendirmesi ve Alınacak Önlemler, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

37. Karakaşoğlu N., 2008, Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama,Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, Denizli

38. Karwowski W., Mital A. 1986, Potential Applications Of Fuzzy Sets İn İndustrial Safety Engineering, Fuzzy Sets and Systems, 19, 2, 105-120.

39.Kıyak E., Kahvecioğlu A., 2003, Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, 63-72.

40. Kocatürk Y. 2007, Bulanık Değişkenler ve Bulanık Yenileme Süreçleri, Yüksek lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Ankara.

41. Kocatürk Y., 2007, Bulanık Değişkenler ve Bulanık Yenileme Süreçleri, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilimdalı, Ankara.

42. Kuşçu D., 2007, Karar Verme Süreçlerinde Bulanık Mantık Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.

43. Lyons M. 2009, Towards A Framework to Select Techniques for Error Prediction: Supporting Novice Users In The Healthcare Sector, Applied Ergonomics 40, 379–395.

44. Manisalı E. , Kanıt R., Gündüz M., Tarhan Ü, Taşyürek Y. E., 2007, İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Durumunun Değerlendirilmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, 5-6 Ekim 2007, 183-192, Ankara.

45. McCauley-Bell P. R., Badiru A. B., 1996a, Fuzzy Modeling And Analytic Hierarchy Processing To Quantify Risk Levels Associated With Occupational İnjuries. I. The Development Offuzzy-Linguistic Risk Levels, IEEE Transactions on, 4, 2, 124 – 131.

46. McCauley-Bell P. R., Badiru A. B., 1996b, Fuzzy Modeling And Analytic Hierarchy Processing-Means To Quantify Risk Levels Associated With Occupational Injuries. II. The developmentof A Fuzzy Rule-Based Model For The Prediction Of Injury, IEEE Transactions, 4, 2, 132 – 138.

47. McCauley-Bell P.R, Crumpton-Young L.L, Badiru A. B. 1999, Techniques and Applications of Fuzzy Theory in Quantifying Risk Levels in Occupational Injuries and Illnesses, Fuzzy Theory Systems, 223-265.

48.MEGEP, 2005; T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, MEGEP (Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği, Ankara, Ocak

49. Murat Y.Ş., 2006, Sinyalize Kavşaklardaki Taşıt Gecikmelerinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi, İMO Teknik Dergi, Yazı 258, 3903-3916.

50. Murè S., Demichela M. 2009, Fuzzy application procedure (fap) for the risk assessment of occupational accidents, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, In Press, Accepted Manuscript, Available online 30 May 2009,

51. Murè S., Demichela M., Piccinini N. 2006, Assessment Of The Risk Of Occupational Accidents Using A "Fuzzy" Approach; Cognition, Technology and Work, 8 , 2 , 103 – 112.

52.Müngen, U., (1993), "Türkiye'de İnşaat İş Kazalarının Analizi ve İş Güvenliği Sorunu", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

53. Nawar G. 2000, Managing Occupational Health And Safety Using Dynamic Learning Systems, ICSTM2000 International Conference on Systems Thinking in Management, Geelong, Avustralya.

54.Öcal M. E., 2006, İnşaat Sektöründe Görülen İş Kazaları, İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, Aralık, Adana.

55.Öndemir Ö., Şen C. G., Baraçlı H. 2004, Hata Türü ve Etkileri Analizinde Bulanık Mantık Yaklaşımının Kullanılabilirliği, YA/EM'2004 - Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi, 15-18 Haziran 2004.

56.Özkılıç Ö. 2005a, İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri, Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu TİSK Yayınları, İstanbul, Mart.

57.Özkılıç Ö. 2005b, Risk Değerlendirmesi Kavramı ve İnsan Hatalarını Önleme Metodlarına Genel Bakış, İş Müfettişleri Dergisi, Ankara, Haziran.

58.Özkılıç Ö. 2007, Kobi'lerde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi ve Risk Değerlendirme Kavramı, İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 36.

59.Özkılıç Ö. 2008, İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Değerlendirmesi, 5. Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Konferansı Sunumları, İstanbul.

60.Öztürk T., 2008, Hata Türü ve Etkileri Analizi'nde Bulanık Mantık Kullanarak Bir Kamu Hastanesinin Satın Alma Sürecinin İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli.

61. Ross, T. J., Donald, S. 1996, A fuzzy Logic Paradigm For Fault Trees And Event Trees In Risk Assessment, Computing in Civil Engineering, Vanegas, J. and Chinowsky, P. (eds), ASCE, 369–75.

62. Sarı M., Murat Y. Ş. ve Kırabalı M., 2005, Bulanık Modelleme Yaklaşımı ve Uygulamaları, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı: 9, http://fbe.dpu.edu.tr/dergi_son/sayilar/fbe_sayi9/09.doc.

63.SSK, 2009, SGK 2007 Yılı İstatistik Yıllığı, http://www.ssk.gov.tr.

64. Starr C., Whipple C. 1984, A Perspective on Health and Safety Risk Analysis Management Science, 30, 4, 452-463.

65. Swedlow B., Kall D., Hammitt J. K. 2009, Theorizing and Generalizing About Risk Assessment and Regulation Through Comparative Nested Analysis of Representative Cases, Law & Policy, 31, 2, 236-269.

66. Talo Ö., 2006, Fuzzy Sayıları ve Toplanabilmenin Temel Kavramları, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Ünıversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Malatya.

67. Tiryaki A. E. ve Kazan R. 2007, Bulaşık Makinesinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi, Mühendis ve Makine,48, 565, 3-8.

68.TMMOB, 2008; Makina Mühendisleri odası, İş Sağlığı ve Güvenliği Raporu.

69. Topel A., 2006, Analitik Hiyerarşi Prosesinin Bulanık Mantık Ortamındaki Uygulamaları-Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, İstanbul.

70.Türk A., 2006, Katı Yakıtlı Buhar Kazanının Bulanık Mantık Denetleyici İle Tam Otomasyonunun Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

71.Tütmez B., 2008, Bulanık Mantık ve Eğitim Bilimlerinde Kullanılabilirliği, Eğitişim Dergisi, E-Eğitim, Bilim ve Sanat Dergisi, Şubat 2008. Sayı: 18 ISSN 1307-1785,

72. Umarusman N., 2007, Çok Amaçlı Karar Problemlerinde Duyarlılık Analizi ve Bulanık Mantık İlişkisi: De Novo Programlama Uygulaması, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, İzmir

73. Ural S., Öcal M. E., Atılgan H. Kaya A. 2007 ; İnşaat İşlerinde İş Güvenliği Açısından Risk Değerlendirmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, 5-6 Ekim 2007

74. Uysal G., 2007, Fuzzy Cebirsel Yapıların Üyelik Fonksiyonları, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpasa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı.

75.Üzgün T., 2006, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, İstanbul.

76. Vučković L., Savić S., Cvetković M. 2005, Elements And Methods For Risk Assessment Of An Electric Power Transmission System, Working and Living Environmental Protection, 2, 5, 421 – 430.

77. Wang Y., Chin K., Poon G., Yang J. 2009, Risk Evaluation In Failure Mode And Effects Analysis Using Fuzzy Weighted Geometric Mean, Expert Systems with Applications, 36, 2, 1, 1195-1207.

78. Wirba E.N., Tah J.H.M., Howes, R. 1996, Risk Interdependencies and Natural Language Computations, Journal of Engineering Construction and Architectural Management, 3, 4, 251–69.

79. Yakupoğlu T., Özdemir N., Ekberli İ., 2008, Toprak Erozyonu Çalışmalarında Bulanık Mantık Uygulamaları, OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2008,23(2):121-130.

80. Yapı İşlerinde İşçi Sağlığı ve Güvenliği Tüzüğü

81. Yapı İşlerinde Sağlık ve Güvenlik Yönetmeliği, 2003; Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Resmi Gazete :23.12.2003 Salı, Sayı: 25325

82.Yılmaz M., Arslan E., 2005, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 23-25 Kasım 2005, İTÜ – İstanbul.

83. Zadeh L. A, 1988, Fuzzy Logic, Computer, 21, 4, 83- 93.

84. Zhao Z., Liu L., Liu F. 2008, Airport Internal Safety Risk Assessment Using Fuzzy Hierarchy Process Approach, Computational Intelligence and Design, ISCID '08. International Symposium, 1, 170 – 173.

85.http://site.mynet.com/ay.kut1980/fuzzy1.pdf

86.http://www.uq.edu.au/ohs/pdfs/ohsriskmgt.pdf, 2004, The University of Queensland Occupational Health & Safety Risk Assessment and Management Guideline.

87.http://www.elk.itu.edu.tr/~yesil/bulanik_kume_tanimlar.htm

88.http://www.isggm.gov.tr/articles.php?category_id=178, 2007, 5 Adımda Risk Değerlendirmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Genel Yayın No:140

89.http://www.kocaelitabip.org.tr/NeW/isihsunumlar/TTB-TMMOB.doc, İşyerinde Risk Değerlendirmesi

90.http://www.omerfarukbay.com/yntc/uploaded/file/EBE-563/bmd_giris.pdf

91.www.akregroup.com, Risk Değerlendirmesinde Rehber

92.www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/dosyalar/bul_man.doc

8. EKLER

EK-A

FAALİYET TANIMLAMA FORMU	
İşlem Adı	**HAFRİYAT**
Kullanılan Makine Teçhizat	Kamyon, Loder, ekskavatör
Kullanılan ekipman, ölçü aleti:	--
Çalışma Alanı/Yeri	Şantiye sahası
Çalışanlar:	Taşeron Elemanı, İş Makinesi Operatörleri
Muhtemel Ziyaretçiler	Şantiye Şefi, Saha Mühendisi, Kontrol Mühendisi
Önceki kaza ve acil durum bilgileri	Kazı Çukuruna İnsan Düşmesi
Çalışanlar ve ilgili taraflardan gelen bildirim ve şikayetler	-
İşlemle sırasında yapılan ölçümler	-
Mevcut İSG önlemleri/ Kullanılan koruyucu ekipman	Uyarı Levhası, Emniyet Şeridi

Girdiler :	Tehlikeli
Kamyon	X
Loder	X
Ekskavatör	X
Personel	X

İşlem Adı: HAFRİYAT

Çıktılar:	Tehlikeli
Hafriyat Sonucu Çıkan Malzeme	

Tehlikeler	Tehlikenin Etkisi
Hafriyat Kamyonuna düzenli şekilde yükleme yapılmaması nedeniyle kamyonun devrilmesi	☐ Ölüm **X** Yaralanma ☐ Hastalık ☐ Hasar ☐ Tazminat/ceza/İmaj Kaybı
Kaza, İş makinelerinin araca veya insana çarpması	**X** Ölüm **X** Yaralanma ☐ Hastalık **X** Hasar **X** Tazminat/ceza/İmaj Kaybı
Kazı Çukuruna insan düşmesi	**X** Ölüm **X** Yaralanma ☐ Hastalık **X** Hasar **X** Tazminat/ceza/İmaj Kaybı
	☐ Ölüm ☐ Yaralanma ☐ Hastalık ☐ Hasar ☐ Tazminat/ceza/İmaj Kaybı
	☐ Ölüm ☐ Yaralanma ☐ Hastalık ☐ Hasar ☐ Tazminat/ceza/İmaj Kaybı
	☐ Ölüm ☐ Yaralanma ☐ Hastalık ☐ Hasar ☐ Tazminat/ceza/İmaj Kaybı

EK-B

FAALİYET TANIMLAMA FORMU	
İşlem Adı	**BİNA APLİKASYONU**
Kullanılan Makine Teçhizat	-
Kullanılan ekipman, ölçü aleti:	Nivo, Teodolit
Çalışma Alanı/Yeri	Şantiye sahası
Çalışanlar:	Taşeron Elemanı
Muhtemel Ziyaretçiler	Şantiye Şefi, Saha Mühendisi, Kontrol Mühendisi
Önceki kaza ve acil durum bilgileri	-
Çalışanlar ve ilgili taraflardan gelen bildirim ve şikayetler	-
İşlemle sırasında yapılan ölçümler	-
Mevcut İSG önlemleri/ Kullanılan koruyucu ekipman	Uyarı Levhası, Emniyet Şeridi

Girdiler :	Tehlikeli
Kamyon	X
Kepçe	X
Personel	

İşlem Adı:

BİNA APLİKASYONU

Çıktılar:	Tehlikeli
Bina Aplikesi Tamamlanmış Proje	

Tehlikeler	**Tehlikenin Etkisi**
Koordinat noktalarını aplike ederken ele çekiçle vurulması	☐ Ölüm **X** Yaralanma ☐ Hastalık ☐ Hasar ☐ Tazminat/ceza/İmaj Kaybı
Koordinat noktalarını birleştirirken göze kireç kaçması	☐ Ölüm **X** Yaralanma ☐ Hastalık ☐ Hasar ☐ Tazminat/ceza/İmaj Kaybı
Koordinat noktalarını aplike ederken temel kazısından çıkan toprağın personel üzerine göçmesi	**X** Ölüm **X** Yaralanma ☐ Hastalık **X** Hasar **X** Tazminat/ceza/İmaj Kaybı
	☐ Ölüm ☐ Yaralanma ☐ Hastalık ☐ Hasar ☐ Tazminat/ceza/İmaj Kaybı
	☐ Ölüm ☐ Yaralanma ☐ Hastalık ☐ Hasar ☐ Tazminat/ceza/İmaj Kaybı
	☐ Ölüm ☐ Yaralanma ☐ Hastalık ☐ Hasar ☐ Tazminat/ceza/İmaj Kaybı

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
1	Hafriyat	1	Hafriyat kamyonuna düzenli şekilde yükleme yapılmaması nedeniyle kamyonun devrilmesi	Personel hatası	2	Yaralanma, sakatlık	4	Hafriyat kamyonuna düzenli şekilde yükleme yapılması sağlanır.	-	4	**4**	32
		2	Kaza, İş makinelerinin araca veya insana çarpması	İş makinesi çalışma alanının belirlenmemesi, Personel hatası	2	Ölüm, yaralanma	5	Ehliyeti olan İş makinesi operatörü çalıştırılır. İş makinesi çalışma alanını gösteren İkaz levhaları kullanılır. Emniyet şeridi çekilir. İş makineleri kullanma talimatında bu hususlar belirtilecek.	-	4	**4,68**	40
		3	Kazı çukuruna insan düşmesi	İş makinesi çalışma alanının belirlenmemesi, Personel hatası	2	Ölüm, yaralanma	5			4	**4,68**	40
2	Bina Aplikasyonu	4	Koordinat noktalarını aplike ederken ele çekiçle vurulması	Personel dikkatsizliği	2	Ezilme	2	Personel tarafından iş eldiveni kullanılır.	-	2	**2**	8
		5	Koordinat noktalarını birleştirirken göze kireç kaçması	Personel dikkatsizliği, rüzgar,	2	Gözde yanma, tahriş	2	Rüzgarın yönüne göre personel çalışma pozisyonunu belirler.	-	2	**2**	8
		6	Koordinat noktalarını aplike ederken temel kazısından çıkan toprağın personel üzerine göçmesi	Zeminin yapısı, Personel hatası	2	Ölüm, yaralanma	5	-	-	4	**4,68**	40
3	Su Yalıtımı	7	Pürmüzün kullanılması esnasında personelin yanması	Personel dikkatsizliği	3	Yanma	3	Personel tarafından iş eldiveni kullanılır. Rüzgarlı havada pürmüz kullanımına izin verilmez.	-	4	**4**	36
		8	Likit yalıtımda yüze Göze yalıtım malzemesi kaçması, elde tahriş	Personel dikkatsizliği	2	Gözde yanma, tahriş, elde tahriş	3	İş gözlüğü ve iş eldiveni kullanılır.	-	2	**3**	12
		9	Yalıtım yapan personelin üzerine toprak göçmesi	Hafriyatın düzgün yapılmaması, personel hatası	2	Yaralanma	3	-	-	4	**4**	24
4	Ahşap Kalıp Hazırlanması	10	Kalıbın üzerinden düşme	Malzemenin eskimesi sonucu kırılması, Personel dikkatsizliği, rüzgar, sıcak çarpması, tansiyon düşmesi, yağmurlu havalarda kayma, sarkma, kalıbın yağlı olması sonucu kaygan olması	3	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Eskimiş veya deforme olmuş malzeme kullanılmaz. Kauçuk tabanlı ayakkabı kullanılır. Taşerona personelinin Kauçuk tabanlı ayakkabı kullanılması konusunda uyarıda bulunulur. Baret kullanılır. Yılda 1 kez sağlık kontrolünden geçirilir ve Sağlık raporu uygun olan personel çalıştırılır. Ağır ve tehlikeli işlerde çalışması uygun olan personel çalıştırılır. Emniyet kemeri kullanılır.		4	**4,68**	60
		11	Kalıp çökmesi	Dikmelerin uygun monte edilmemesi, personel hatası, malzemenin eskimesi sonucu kırılması,	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Eskimiş veya deforme olmuş malzeme kullanılmaz. İnşaat taahhüt Üretim Aşaması Kontrol Planına göre dikme kontrolü yapılır ve dikmelerin uygunluğu tespit edilir.	-	2	**4,68**	20
		12	Kalıbın montajı ve demontajı esnasında malzeme düşmesi	Personelin malzemeyi yukardan atması, rüzgarın malzemeyi uçurması, personelin dikkatsizliği	4	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır. Personelin kalıp malzemesini yukardan atması kesinlikle yasaktır. Taşeron sözleşmemizde bu husus belirtilir. Şehir merkezinde, kalabalık alanlarda, yola ve caddeye yakın yerlerde file ve çadır kullanılır.		3	**4,68**	60

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
4	Ahşap Kalıp Hazırlanması	13	Kalıp çakma esnasında El, ayak, parmak sıkışması	Personelin dikkatsizliği	3	Ezilme	3	İş eldiveni kullanılır.	-	3	**3**	27
		14	Hizar kullanımı esnasında el kesilmesi	Personelin dikkatsizliği, Personelin hizarın koruyucularını çıkarması, hizarın bağlantı elemanlarının iyice sıkıştırılmamış olması, bakımın etkin yapılmaması	3	Yaralanma	4	Periyodik Bakım Planına göre hizarın bakımları yapılır. Hizar koruyucularının çıkarılması yasaklanmıştır.	İş gözlüğü kullanılır.	2	**3,98**	24
		15	Ayağa çivi batması	Personelin dikkatsizliği, Çivili ahşapların düzensiz istiflenmesi	5	Yaralanma	3	Periyodik olarak Tetanoz aşısı yaptırılır. Çalışma alanının düzenli olarak temizliği yapılır.	-	3	**4**	45
5	Tünel Kalıp Montajı/ Demontajı	16	İskeleden düşme	Ayağa tel, boru, kablo dolaşması, Ayak altına gelen aksesuar bağlantı parçası vb.	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	İşçilere eğitim verilir, Deneyimli işçi çalıştırılır	-	5	**4,68**	25
		17		Kalıpçının sağlık sorunları	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Peryodik sağlık raporu alınır, uygun olmayan personel çalıştırılmaz. Ağır ve tehlikeli işlerde çalışması uygun olan personel çalıştırılır. 18-45 Yaş sınırı uygulanır. Taşeron sözleşmesinde yaş sınırı belirtilir.	-	4	**4,68**	20
		18		İskele kalasının kırılması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Eski malzeme kullanılmaz.	-	3	**4,68**	30
		19		Çalışanların dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Deneyimsiz elaman çalıştırılmaz. Baret kullanılır. Uyarı levhaları asılır. File kullanılır.	-	4	**4,68**	40
		20		İskelenin hatalı yapımından dolayı İskele yıkılması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Deneyimsiz elaman çalıştırılmaz.	-	5	**4,68**	50
		21		çalışana kule vinçle taşınan parçanın çarpmasından dolayı	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır. File kullanılır.	Ehliyetli Vinç operatörü çalıştırılır. Vinç operatörü korna çalar	3	**4,68**	30
		22		İskeleye kule vinçle taşınan parçanın çarpmasından dolayı	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır. File kullanılır.	Ehliyetli Vinç operatörü çalıştırılır.	3	**4,68**	30
		23	Kalıbın vinç ile taşınması esnasında kalıbın üstünden düşme	Personelin hatası	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Kalıbın vinç ile taşınması esnasında kalıbın üzerine çıkmak yasaktır.	Vinç operatörü korna çalar. Kalıbın üzerine binmesine izin vermez.	1	**4,68**	5

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
5	Tünel Kalıp Montajı/ Demontajı	24	Vinç devrilmesi	Servis tarafından Vincin hatalı montajı, tedarikçi yetersizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Servis tarafından 52 metrede ve Daha sonraki her 20 metrede vinç binaya bağlanır.	-	5	**4,68**	50
				Operatör hatası, Vincin kapasitesinin üzerinde yük taşınması, rüzgarlı havada vincin çalıştırılması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Ehliyetli vinç operatörü çalıştırılır. Rüzgarlı havalarda vinç çalıştırılmasına izin verilmez.	Swiçler uyarı verir.	1	**4,68**	10
				Vincin uyarı swiçine operatör tarafından müdahale edilmesi, kaldırma kapasitesinin değiştirilmesi	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Ehliyetli vinç operatörü çalıştırılır. Vinç operatörüne servisin ayarladığı swiç ayarlarının oynanmaması ile ilgili uyarıda bulunulur.	-	5	**4,68**	50
		25	Vincin kaldırma ve taşıma esnasında parça düşmesi	Vincin halatının kopması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır. Servis tarafından 6 ayda bir vincin periyodik kontrolleri yapılır. Tedarikçi ile sözleşmede periyodik kontrol belirtilir.	Vinç operatörü Gözle halatta deformasyon olup olmadığı kontrol eder.	3	**4,68**	30
				Kancadan halatının kurtulması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Kancada Kilit kullanılır.	-	2	**4,68**	20
				Kaldırma aparatlarının iyice sıkıştırılmaması, düzgün bağlanmaması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Deneyimli eleman çalıştırılır. Ehliyetli vinç operatörü çalıştırılır.	-	3	**4,68**	30
		26	Vincin kullanımı esnasında personele Hareketli parçanın çarpması	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Deneyimli eleman çalıştırılır. Ehliyetli vinç operatörü çalıştırılır.	Vinç operatörü korna çalar.	3	**4,68**	15
				İşaretçinin dikkatsizliği, vinç operatörünü yanlış yönlendirmesi	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Deneyimli eleman çalıştırılır.	-	5	**4,68**	25
		27	El ayak, kol sıkışma , ezilme, kesilme	Personel dikkatsizliği	3	Yaralanma, ezilme	4	Deneyimli eleman çalıştırılır. İş eldiveni, demir uçlu ayakkabı kullan ılır.	-	3	**3.98**	36
		28	Personele parça çarpması	Kalıp sökümü esnasında parça sıçraması	3	Yaralanma	4	Deneyimli eleman çalıştırılır. Baret kullanılır. Demir uçlu ayakkabı kullanılır.	-	3	**3.98**	36
		29	Personelin balyoz vurması	Personel dikkatsizliği, balyoz sapının deforme olması	2	Yaralanma	3	Baret kullanılır. Demir uçlu ayakkabı kullanılır.	Balyoz sapının sağlamlığı kontrol edilir. Deforme olmuş balyozların kullanımına izin verilmez.	3	**3**	18
		30	Duran parçalara çarpma	Personel dikkatsizliği	3	Yaralanma	3	Baret kullanılır. Demir uçlu ayakkabı kullanılır.	-	2	**3**	18

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
5	Tünel Kalıp Montajı/ Demontajı	31	Aşağıya parça düşürme	Personel dikkatsizliği	4	Ölüm, Yaralanma, kalıcı sakatlık, uzuv kaybı	5	Deneyimsiz elaman çalıştırılmaz. Baret kullanılır. Demir uçlu ayakkabı kullanılır. File kullanılır.	-	4	**4.68**	80
		32		Söküm esnasında beton parçalarının dokülmesi	4	Ölüm, Yaralanma, kalıcı sakatlık, uzuv kaybı	5	Baret kullanılır. Demir uçlu ayakkabı kullanılır. File kullanılır.	-	5	**4,68**	100
		33	Elektrik çarpması	Kabloların yerde olması sonucu Hasar görmesi ve personelin dikkatsizliği	4	Ölüm, şok, yanma, felç	5	-	-	5	**4,68**	100
		34		Hatalı elk. Aksamı (kablo) seçimi	2	Ölüm, şok, yanma, felç	5	Satınalma birimi tarafından kaliteli kablo alınır. Şantiye elektirik mühendisi ve elektirikçisi tarafından kullanılacak kablo seçimine dikkate edilir.	-	2	**4,68**	20
		35		Vincin topraklamasının yetersizliği	3	Şok, felç	4	3 ayda bir periyodik olarak vincin topraklama kontrolleri yapılır.	-	2	**3.98**	24
		36		Personel tarafından Seyyar Prizlerin kapaklarının çıkartılması, kırılması, prizin kırık olması	4	Ölüm, şok, yanma, felç	5	Haftada 1 Şantiye elektrikçisi tarafından seyyar prizlerin sağlamlık kontrolü yapılır. Uyarı levhaları bulunur.	-	4	**4,68**	80
		37		Yetkisiz Personelin elektrik kablolarına vb. elektrik aksamına müdahale etmesi	4	Ölüm, şok, yanma, felç	5	Uyarı levhaları bulunur.	-	5	**4,68**	100
		38	Galeri boşluğundan düşme	Personel dikkatsizliği, gerekli emniyet tedbirlerinin alınmaması	2	Ölüm, yaralanma, kalıcı sakatlık	5	Düşey için Korkuluk yapılır. Yatay için kalas kullanılır.	Baret Kullanılır.	1	**4,68**	10
		39		Korkulukların kırılması	1	Ölüm, yaralanma, kalıcı sakatlık	5	Saha mühendisi tarafından Korkulukların sağlamlığı kontrol edilir.	Baret Kullanılır.	2	**4,68**	10
6	Donatının Hazırlanması ve Montajı	40	Demircinin kalıptan düşmesi	İskele Malzemenin eskimesi sonucu kırılması, Personel dikkatsizliği, rüzgar, sıcak çarpması, tansiyon düşmesi, yağmurlu havalarda kayma, sarkma, kalıbın yağlı olması sonucu kaygan olması	3	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Eskimiş veya deforme olmuş malzeme kullanılmaz. Kauçuk tabanlı ayakkabı kullanılır. Taşerona personelinin Kauçuk tabanlı ayakkabı kullanılması konusunda uyarıda bulunulur. Baret kullanılır. Yılda 1 kez sağlık kontrolünden geçirilir ve Sağlık raporu uygun olan personel çalıştırılır. Ağır ve tehlikeli işlerde çalışması uygun olan personel çalıştırılır. Emniyet kemeri kullanılır.	-	4	**4,68**	60

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
6	Donatının Hazırlanması ve Montajı	41	Yerde ve kalıp üzerinde demir hazırlanırken el, ayak sıkışması	Personel dikkatsizliği	4	Ezilme	2	Deneyimli personel çalıştırılır.	Demir uçlu ayakkabı ve İş eldiveni kullanılır.	3	**2**	24
		42	Demir Kesim ve büküm esnasında demirin kasılması ile personele çarpması	Makinenin kendi özelliğinden , Personel dikkatsizliği	3	Ezilme, darbe	2	-	İlk kesimde tehlike fark edilir.	2	**2**	12
		43	Demirin vinçle, asansörle kalıba taşınması esnasında demirin düşmesi, çarpması	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret ve demir uçlu ayakkabı kullanılır.	-	5	**4,68**	50
		44	Kalıp üzerinden hurda demir parçalarının aşağıya düşmesi	Personelin ihmali, bilinçsizliği	4	Ölüm, Yaralanma, kalıcı sakatlık, uzuv kaybı	5	Baret kullanılır. Demir uçlu ayakkabı kullanılır.	-	5	**4,68**	100
7	Elektrik ve sıhhi tesisatın kalıp içine montajı	45	Kalıbın üzerinden düşme	Malzemenin eskimesi sonucu kırılması, Personel dikkatsizliği, rüzgar, sıcak çarpması, tansiyon düşmesi, yağmurlu havalarda kayma, sarkma, kalıbın yağlı olması sonucu kaygan olması	3	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Eskimiş veya deforme olmuş malzeme kullanılmaz. Kauçuk tabanlı ayakkabı kullanılır. Taşerona personelinin Kauçuk tabanlı ayakkabı kullanılması konusunda uyarıda bulunulur. Baret kullanılır. Yılda 1 kez sağlık kontrolünden geçirilir ve Sağlık raporu uygun olan personel çalıştırılır. Ağır ve tehlikeli işlerde çalışması uygun olan personel çalıştırılır.	-	4	**4,68**	60
		46	Demire takılma, el, kol, ayak çizilmesi	Personel dikkatsizliği	3	Çizilme, yaralanma	2	İş eldiveni kullanılır.	-	5	**2**	30
		47	Ayağa çivi batması	Personelin dikkatsizliği, kalıpta temizlik yapılmaması	5	Yaralanma	3	Periyodik olarak Tetanoz aşısı yaptırılır. Çalışma alanının düzenli olarak temizliği yapılır.	-	3	**4**	45
		48	PPRC ısıtıcı makine kullanılırken elini yakması	Personel dikkatsizliği	2	Yanma	2	İş eldiveni kullanılır.	Isıtıcıya dokunduğu zaman elinin yanacağı bilinir.	3	**2**	12
		49	El aleti kullanırken parça sıçraması	Personel dikkatsizliği	4	Gözde yanma, tahriş,	3	İş gözlüğü kullanılır.	-	1	**4**	12
		50	Vincin kullanımı esnasında tesisatçıya Hareketli parçanın çarpması	Vinç operatörünün dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Deneyimli eleman çalıştırılır. Ehliyetli vinç operatörü çalıştırılır.	Baret kullanılır. Vinç operatörü korna çalar.	3	**4.68**	15
		51		İşaretçinin dikkatsizliği, vinç operatörünü yanlış yönlendirmesi	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Deneyimli eleman çalıştırılır.	Baret kullanılır.	5	**4,68**	25
8	Beton Dökülmesi	52	Kalıbın açılarak personelin üzerinde beton veya malzeme dökülmesi,	Kalıbın iyi sabitlenmemesi	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Saha Mühendisleri tarafından her döküm öncesinde kalıp kontrolü yapılır.	Baret kullanılır. Demir uçlu ayakkabı kullanılır	2	**4,68**	20

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
8	Beton Dökülmesi	53	Ahşap Kalıp çökmesi kalıbın üzerindeki personelin düşmesi	Kalıbın iyi sabitlenmemesi	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Saha Mühendisleri tarafından her döküm öncesinde kalıp kontrolü yapılır.	Baret kullanılır. Demir uçlu ayakkabı kullanılır	2	**4,68**	20
		54	Personelin bağlanmış donatıya takılıp kalıba düşmesi	Personel dikkatsizliği	3	Ezilme, çizilme, yaralanma	2	Deneyimli eleman çalıştırılır.	Baret kullanılır. Demir uçlu ayakkabı kullanılır.	4	**2**	24
		55	Saçak betonunun dökülmesi esnasında personelin düşmesi	Personel dikkatsizliği, rüzgar, sıcak çarpması, tansiyon düşmesi, yağmurlu havalarda kayma, sarkma	3	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Yılda 1 kez sağlık kontrolünden geçirilir ve Sağlık raporu uygun olan personel çalıştırılır. Ağır ve tehlikeli işlerde çalışması uygun olan personel çalıştırılır. Tünel kalıpta file kullanılır. Baret kullanılır.	File kontrolü yapılır. Eskiyen fileler kullanılmaz.	3	**4,68**	45
		56	Personelin gözüne beton sıçraması	İşin gereğinden dolayı	5	Gözde tahriş, yanma	2	İş gözlüğü kullanılır.	-	1	**3**	10
		57	Pompanın devrilmesi	Pompanın kurulduğu zeminin sağlam olmaması, montaj yerinin hazırlanmaması	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Pompanın kurulduğu yerin temiz olması sağlanır. Zeminin ve hava koşullarının uygun olmadığı durumlarda Şantiye Şefi tarafından döküme izin verilmez. Baret kullanılır.	-	3	**4,68**	15
				Rüzgar	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır.	-	5	**4,68**	25
9	Duvar Montajı	58	Duvar devrilmesi	Eksik harç kullanılması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Deneyimli eleman çalıştırılır.	Saha Mühendisleri tarafından: harç kontrolü / duyusal kontrol/ her dairede şakül kontrolü/ lento kontrolü yapılır.	2	**4,68**	20
		59		Kama kullanılmaması	3			Deneyimli eleman çalıştırılır.		2	**4,68**	30
		60		Şakülünde olmaması	2			Baret kullanılır. Demir uçlu ayakkabı kullanılır.		2	**4,68**	20
		61		Lentoların projeye ve teknik şartlara uygun şekilde atılmaması	3			Baret kullanılır. Demir uçlu ayakkabı kullanılır.		2	**4,68**	30
		62	Rezervasyonlardan (tesisat şaftı vb) Düşme	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır.	-	5	**4,68**	50
		63	Düşey Boşluklardan (asansör vb) düşme	Personel dikkatsizliği	3	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır. Boşluklar çelik hasır veya ahşap ile kapatılır.	-	1	**4,68**	15
				Boşlukların kapatıldığı Malzemenin iyi sabitlenmemesi	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır.	Saha Mühendisi tarafından kontrol yapılır.	2	**4,68**	20
		64	Yer iskelesinden düşme	Malzemenin eskimesi sonucu kırılması, Personel dikkatsizliği, rüzgar, tansiyon düşmesi, sarkma	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Eskimiş veya deforme olmuş malzeme kullanılmaz. Baret kullanılır. Yılda 1 kez sağlık kontrolünden geçirilir ve Sağlık raporu uygun olan personel çalıştırılır. Ağır ve tehlikeli işlerde çalışması uygun olan personel çalıştırılır.		4	**4,68**	40

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
9	Duvar Montajı	65	Tuğlanın el kesmesi	Personel dikkatsizliği,	5	Çizilme, yaralanma	2	İş eldiveni kullanılır.	-	1	**3**	10
		66	Tuğla tozunun solunması	Malzeme özelliği, rüzgar	3	boğazda yanma	2	Toz maskesi kullanılır.	-	1	**2**	6
		67	Tuğla tozunun ve harcın göze kaçması	Malzeme özelliği, rüzgar	3	Gözde tahriş, yanma	2	-	-	5	**2**	30
10	Isı İzolasyonu	68	Levhaların iyi dubellenmemesi sonucu malzemenin düşmesi	Personel ihmali	2	Yaralanma, sakatlanma, imaj kaybı	4	Deneyimli eleman çalıştırılır. Baret kullanılır.	Saha Mühendisi tarafından uygun dubel, dubel sayısı ve sabitlenmesi kontrol yapılır.	3	**3,98**	24
		69	İzolasyon malzemesinin yanması sonucu yangın çıkması	Kasıt	1	Yanma, dumandan zehirlenme	5	-	-	5	**4,68**	25
11	Sıva	70	Kalas ve el aletlerinin düşmesi	Personel dikkatsizliği	3	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır. Kalaslar birbirine çelik şeritle bağlanır.	-	5	**4,68**	75
		71	Harç teknesinin devrilmesi	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır.	-	5	**4,68**	50
		72		Kalasın kırılması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır. Uygun Kalas malzemesi kullanılır.	-	3	**4,68**	30
		73	Harçtan elinin zarar görmesi	Malzemenin özelliğinden	4	Tahriş	2	İş eldiveni kullanılır.	-	1	**3**	8
		74	Harcın göze kaçması	İşin gereğinden	4	Gözde tahriş, yanma	2	-	-	5	**2**	40
12	Çatı yapımı/ Çatı Kaplama	75	Yapım esnasında Çatının Çökmesi	Eski Malzeme kullanımından dolayı	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır. Saha mühendisi tarafından kullanılan malzemenin sağlamlığı kontrol edilir.Deforme olmuş malzemeler kullanılmaz.		2	**4,68**	20
		76		Projeye uygun yapılmamasından dolayı	3	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	-	-	5	**4,68**	75
		77		İşçilik hatası	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Deneyimli personel çalıştırılır. Saha mühendisi tarafından kalıp kontrolü yapılır.	-	2	**4,68**	20
		78		Rüzgar	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Çatı projeye uygun olarak yapılır.	-	4	**4,68**	40
		79		Kar yükü	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Çatı projeye uygun olarak yapılır.	-	4	**4,68**	40

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
12	Çatı yapımı/ Çatı Kaplama	80	Çatıdan kayma ve düşme	Personel dikkatsizliği, kayması	3	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Tabanı kaymayan iş ayakkabısı kullanılır. Çalışma alanının temiz olmasına dikkat edilir.	-	4	**4,68**	60
		81		Yağmurlu, karlı, rüzgarlı hava	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Yağmurlu, karlı, rüzgarlı havalarda çalışılmaz. Zorunlu hallerde Tabanı kaymayan iş ayakkabısı kullanılır. Çalışma alanının temiz olmasına dikkat edilir.	-	4	**4,68**	40
		82	Aşağıya malzeme, parça düşmesi	Havalandırma ve şaft kapaklarının iyi sabitlenmemesi, işçilik hatası	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır.	Saha Mühendisi tarafından Havalandırma ve şaft kapaklarının sabitlenme kontrolü yapılır.	3	**4,68**	30
		83		İşçilik hatası (kiremitin iyi sabitlenmemesi)	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır.	Saha Mühendisi tarafından sabitlenme kontrolü yapılır.	3	**4,68**	30
		84		Personel dikkatsizliği	3	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır.	-	5	**4,68**	75
		85	Kalkan duvarların ve parapetlerin devrilmesi	Rüzgar	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Çatı projeye uygun olarak yapılır.	-	4	**4,68**	20
		86		Duvarların ve parapetlerin iyi sabitlenmemesi, işçilik hatası	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır.	Saha Mühendisi tarafından sabitlenme kontrolü yapılır.	3	**4,68**	30
		87		Projeye uygun yapılmamasından dolayı	3	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	-	-	5	**4,68**	75
		88	Tenekelerin el kesmesi	Personel dikkatsizliği	3	El çizilmesi	2	İş eldiveni kullanılır.		2	**2**	12
		89	Işıklık imalatında personelin düşmesi	Personel dikkatsizliği	3	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Deneyimli eleman çalıştırılır. Baret kullanılır. Emniyet kemeri kullanılır. Projeye göre yapılabilirlik durumunda iskele üzerinde çalışılır, File/branda kullanılır.	-	2	**4,68**	30
		90	Yangın	Personel dikkatsizliği	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	-	-	5	**4,68**	25
		91	İzolasyon esnasında el yanması	Rüzgar, işin gereğinden	1	Yanma	3	İş Eldiveni kullanılır.	-	3	**3**	9

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
13	Duvar Kaplama (fayans)	92	Fayans keserken parmak ezilmesi, sıkışması, yaralanması	Personel dikkatsizliği	2	Ezilme, kesikler	2	İş Eldiveni kullanılır.	-	3	**2**	12
		93	Yapıştırma sırasında tokmağın ele vurulması	Personel dikkatsizliği	2	Ezilme, yaralanma	2	-	-	5	**2**	20
		94	Yapıştırıcı veya derz dolgusunun ele zarar vermesi	Personel ihmali, malzeme özelliği	2	Tahriş, yanma	2	İş Eldiveni kullanılır.	-	1	**2**	4
		95	Yapıştırıcı veya derz dolgusunun göze kaçması	Personel dikkatsizliği	2	Gözde Tahriş, yanma	2	-	-	5	**2**	20
		96	Kırık veya kesik fayans parçalarının eli kesmesi	Personel dikkatsizliği	2	Kesikler, yaralanma	2	İş Eldiveni kullanılır.	-	1	**2**	4
		97	Fayans paketinin açılması ile fayansların ayağa düşmesi	Personel dikkatsizliği	2	Ayakta ezilme	2	İş ayakkabısı kullanılır.	-	1	**2**	4
		98	Yer iskelesinden düşme	Malzemenin eskimesi sonucu kırılması, Personel dikkatsizliği, tansiyon düşmesi	1	Yaralanma, sakatlanma	4	Eskimiş veya deforme olmuş malzeme kullanılmaz. Baret kullanılır. Personel Yılda 1 kez sağlık kontrolünden geçirilir ve Sağlık raporu uygun olan personel çalıştırılır.	-	4	**3,98**	16
14	Zemin Kaplama (ıslak zemin)	99	Fayans keserken parmak ezilmesi, sıkışması, yaralanması	Personel dikkatsizliği	2	Ezilme, kesikler	2	İş Eldiveni kullanılır.	-	3	**2**	12
		100	Yapıştırma sırasında tokmağın ele vurulması	Personel dikkatsizliği	2	Ezilme, yaralanma	2	-	-	5	**2**	20
		101	Yapıştırıcı veya derz dolgusunun ele zarar vermesi	Personel ihmali, malzeme özelliği	2	Tahriş, yanma	2	İş Eldiveni kullanılır.	-	1	**2**	4
		102	Yapıştırıcı veya derz dolgusunun göze kaçması	Personel dikkatsizliği	2	Gözde Tahriş, yanma	2	-	-	5	**2**	20
		103	Kırık veya kesik fayans parçalarının eli kesmesi	Personel dikkatsizliği	2	Kesikler, yaralanma	2	İş Eldiveni kullanılır.	-	1	**2**	4
		104	Fayans paketinin açılması ile fayansların ayağa düşmesi	Personel dikkatsizliği	2	Ayakta ezilme	2	İş ayakkabısı kullanılır.	-	1	**2**	4
		105	Derz dolgu işlemi esnasında kayma, düşme	Personel dikkatsizliği	2	Sakatlanma	3	Baret kullanılır. Tabanı kaymayan ayakkabı kullanılır.	-	4	**4**	24
15	Zemin Kaplama (ıslak olmayan zemin)	106	El kesilmesi	Personel dikkatsizliği	2	Ezilme, kesikler	2	İş Eldiveni kullanılır.	-	3	**2**	12
		107	Montaj sırasında tokmağın ele vurulması	Personel dikkatsizliği	2	Ezilme, yaralanma	2	-	-	5	**2**	20
		108	Yapıştırıcının ele zarar vermesi	Personel ihmali, malzeme özelliği	2	Tahriş, yanma	2	İş Eldiveni kullanılır.	-	1	**2**	4

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
15	Zemin Kaplama (ıslak olmayan zemin)	109	Yapıştırıcının ele zarar vermesi göze kaçması	Personel dikkatsizliği	2	Gözde Tahriş, yanma	2	-	-	5	**2**	20
		110	Yapıştırıcının solunması	Malzeme özelliği	3	Ciğerlerde tahriş, zehirlenme	4	Maske kullanılır.	-	1	**3,98**	12
		111	Çıkan tozların solunması	Malzeme özelliği	3	Ciğerlerde tahriş, zehirlenme	4	Maske kullanılır.	-	1	**3,98**	12
		112	Malzeme taşınması esnasında personelin düşmesi	Personel dikkatsizliği, dengesiz taşıma	2	Sakatlanma	3	Baret kullanılır.	-	4	**4**	24
16	Şap	113	Şap makinesinin basınçla sıkışıp makinenin veya hortumlarının patlaması	Yetersiz bakım, hortumların eskimesi	2	Yaralanma, darbe, ezilme	3	-	-	5	**4**	30
				Personel dikkatsizliği	2			Deneyimli eleman çalıştırılır.	-	4	**4**	24
		114	Hortumların ekinden ayrılarak aşağı düşmesi	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma	5	Baret kullanılır. Deneyimli eleman çalıştırılır. Hortumlar her katta ek yerlerine yakın bölümlerinden sabitlenir.	-	2	**4,68**	20
		115	Beton dökümü esnasında malzemenin basınçla püskürmesi	İşin gereğinden, makinenin özelliğinden	3	Gözde tahriş, yaralanma	2	İş gözlüğü kullanılır.	-	4	**2**	24
		116	Perdah makinesinin ele, ayağa çarpması	Personel dikkatsizliği	1	Ayakta yaralanma, kesilme	3	Deneyimli eleman çalıştırılır. İş ayakkabısı kullanılır.	-	4	**3**	12
		117		Makinenin koruyucularının çıkarılması	2	Ayakta yaralanma, kesilme	3	Deneyimli eleman çalıştırılır. İş ayakkabısı kullanılır. Perdah koruyucularının çıkarılması yasaklanmıştır.	-	4	**4**	24
		118	Perdah makinesinin direksiyonun iyi tutulmaması sonucu personele çarpması	Personel dikkatsizliği	1	Yaralanma, kesilme	3	Deneyimli eleman çalıştırılır.	-	5	**3**	15
17	Boyama/ Fasarit	119	Kalas ve el aletlerinin düşmesi	Personel dikkatsizliği	3	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır. Kalaslar birbirine çelik şeritle bağlanır.	-	5	**4,68**	75
		120	Malzeme kovasının devrilmesi	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır.	-	5	**4,68**	50
		121		Kalasın kırılması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır. Uygun Kalas malzemesi kullanılır.	-	3	**4,68**	30
		122	Malzemeden elinin zarar görmesi	Malzemenin özelliğinden	4	Tahriş	2	İş eldiveni kullanılır.	-	1	**3**	8
		123	Malzemenin göze kaçması	İşin gereğinden	4	Gözde tahriş, yanma	2	-	-	5	**2**	40

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
17	Boyama/ Fasarit	124	Yer iskelesinden düşme	Malzemenin eskimesi sonucu kırılması, Personel dikkatsizliği, tansiyon düşmesi	1	Yaralanma, sakatlanma	4	Eskimiş veya deforme olmuş malzeme kullanılmaz. Baret kullanılır. Personel Yılda 1 kez sağlık kontrolünden geçirilir ve Sağlık raporu uygun olan personel çalıştırılır.	-	4	**3,98**	16
		125	Malzemenin solunması	Malzeme özelliği	3	Ciğerlerde tahriş, zehirlenme	4	Maske kullanılır.	-	1	**3,98**	12
		126	Tiner veya boyadan dolayı Yangın çıkması	Personel dikkatsizliği	1	Ölüm, zehirlenme, yanma	5	-	-	5	**4,68**	25
18	Tavan Kaplama	127	Harçtan elinin zarar görmesi	Malzemenin özelliğinden	4	Tahriş	2	İş eldiveni kullanılır.	-	1	**3**	8
		128	Harcın göze kaçması	İşin gereğinden	4	Gözde tahriş, yanma	2	İş gözlüğü kullanılır.	-	1	**3**	8
		129	Yer iskelesinden düşme	Malzemenin eskimesi sonucu kırılması, Personel dikkatsizliği, tansiyon düşmesi	1	Yaralanma, sakatlanma	4	Eskimiş veya deforme olmuş malzeme kullanılmaz. Baret kullanılır. Personel Yılda 1 kez sağlık kontrolünden geçirilir ve Sağlık raporu uygun olan personel çalıştırılır.	-	4	**3,98**	16
		130	Aliminyum kesmesi esnasında elin kesilmesi	Personel dikkatsizliği	2	Yaralanma	2	İş eldiveni kullanılır.		2	**2**	8
		131	Bağlantı elemanlarının projeye uygun bağlanmamsı sonucu aşağı düşmesi	Personel dikkatsizliği	1	Yaralanma, sakatlanma	3	Baret kullanılır.		1	**3**	3
19	Kartonpiyer (Projede varsa)	132	Yer iskelesinden düşme	Malzemenin eskimesi sonucu kırılması, Personel dikkatsizliği, tansiyon düşmesi,	2	Yaralanma, sakatlanma	4	Eskimiş veya deforme olmuş malzeme kullanılmaz. Baret kullanılır. Yılda 1 kez sağlık kontrolünden geçirilir ve Sağlık raporu uygun olan personel çalıştırılır.	-	4	**4**	32
		133	Göze alçı kaçması	İşin gereğinden	3	Gözde yanma, tahriş	2	Deneyimli personel çalıştırılır.	-	5	**2**	30
20	Kapı, Pencere ve Cam Montajı	134	Personelin düşmesi	Personel dikkatsizliği	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	-	-	5	**4,68**	25
		135		Tansiyon, sağlık sorunları	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Yılda 1 kez sağlık kontrolünden geçirilir ve Sağlık raporu uygun olan personel çalıştırılır.	-	5	**4,68**	25
		136	Elin kesilmesi, yaralanma	Personel dikkatsizliği	3	kesilmesi, yaralanma	3	İş eldiveni kullanılır.	-	1	**3**	9
		137	Aşağıya malzeme, el aletlerinin düşmesi	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır.	-	5	**4,68**	50

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
21	Korkuluk Montajı	138	Personelin boşluğa düşmesi	Personel dikkatsizliği	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	-	-	5	**4,68**	25
				Tansiyon, sağlık sorunları	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Yılda 1 kez sağlık kontrolünden geçirilir ve Sağlık raporu uygun olan personel çalıştırılır.	-	5	**4,68**	25
		139	Aşağıya malzeme, el aletlerinin düşmesi	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır.	-	5	**4,68**	50
22	Mobilya Montajı	140	Elin kesilmesi, yaralanma	Personel dikkatsizliği	3	kesilme, yaralanma	3	İş eldiveni kullanılır.	-	1	**3**	9
		141	Montaj yaparken malzemenin personelin üzerine düşmesi	Personel dikkatsizliği	2	Yaralanma, sakatlanma	3	Deneyimli personel çalıştırılır.	-	5	**4**	30
23	Şantiyede çalışma	142	Güneş çarpması	Hava şartları	3	Bayılma	4	Baret Kullanılır.	-	2	**3,98**	24
		143	Böcek sokması	Çalışma ortamı	2	Zehirlenme, ölüm	5	İlk yardım ekibi tarafından gerekli müdahale yapılarak en yakın sağlık kuruluşuna sevkedilmesi sağlanır.	-	4	**4,68**	40
		144	Araç kazası, aracın personele çarpması	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Araç güzergahı belirlenir. İşaretçi kullanılır.	-	5	**4,68**	50
		145	Malzemenin kule vinçle yukarı taşınması esnasında malzeme düşmesi	Vincin halatının kopması	2		5	Baret kullanılır. Servis tarafından 6 ayda bir Saatlik vincin periyodik kontrolleri yapılır. Tedarikçi ile sözleşmede periyodik kontrol belirtilir.	Vinç operatörü Gözle halatta deformasyon olup olmadığı kontrol eder.	3	**4,68**	30
		146		Kancadan halatının kurtulması	2		5	Kancada Kilit kullanılır.	-	2	**4,68**	20
		147		Kaldırma aparatlarının iyice sıkıştırılmaması, düzgün bağlanmaması	2		5	Deneyimli eleman çalıştırılır. Ehliyetli vinç operatörü çalıştırılır.	-	3	**4,68**	30
		148	Malzemenin gırgır vinçle yukarı taşınması esnasında malzeme düşmesi	Vincin halatının kopması	2		5	Baret kullanılır. Servis tarafından 3 ayda bir vincin periyodik kontrolleri yapılır. Tedarikçi ile sözleşmede periyodik kontrol belirtilir.	Ayda 1 kez Gözle halatta deformasyon olup olmadığı Saha mühendisi tarafından kontrol edilir.	3	**4,68**	30
		149		Kancadan/ makaradan halatının kurtulması	2		5	Kancada ve makarada Kilit kullanılır.	-	2	**4,68**	20
		150		Kovanın/malzemenin düzgün bağlanmaması	2		5	Yetkisiz kişilerin kullanımına izin verilmez.	-	5	**4,68**	50
		151		Fazla ve dengesiz yük yüklenmesi	2		5	Yetkisiz kişilerin kullanımına izin verilmez.	-	5	**4,68**	50

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
23	Şantiyede çalışma	152	Düşey taşıma ekipmanlarının (asansör, Yerden kumandalı asansör) ile yukarı taşınması esnasında malzeme düşmesi	Asansörün halatının kopması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır. Asansörün 3 ayda bir periyodik kontrolleri yapılır. Tedarikçi ile sözleşmede periyodik kontrol belirtilir.	-	3	**4,68**	30
		153		Kancadan/ makaradan halatının kurtulması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Kancada ve makarada Kilit kullanılır.	-	2	**4,68**	20
		154		Malzemenin düzgün bağlanmaması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Yetkisiz kişilerin kullanımına izin verilmez.	-	5	**4,68**	50
		155		Fazla ve dengesiz yük yüklenmesi	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Yetkisiz kişilerin kullanımına izin verilmez.		5	**4,68**	50
		156		Asansör üçgen ayaklarının iyi sabitlenmemesi	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır. Asansörün…. tarafından 3 ayda bir periyodik kontrolleri yapılır. Tedarikçi ile sözleşmede periyodik kontrol belirtilir.	-	3	**4,68**	30
		157	Gıda zehirlenmesi	Su deposuna havyan düşmesi	1	Zehirlenme, Ölüm,	5	Su deposunun kapağı her zaman kapalı tutulur.	-	2	**4,68**	10
		158		Yemekten zehirlenme	1	Zehirlenme, Ölüm,	5	İlk yardım ekibi tarafından gerekli müdahale yapılarak en yakın sağlık kuruluşuna sevkedilmesi sağlanır.	-	5	**4,68**	25
		159	Personel arasında tartışma, kavga	Anlaşmazlık	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	İlk yardım ekibi tarafından gerekli müdahale yapılarak en yakın sağlık kuruluşuna sevkedilmesi sağlanır.	-	5	**4,68**	25
		160	Gürültü	Makinelerden, işin gereğinden	4	İşitme kaybı	4	-	-	5	**4,68**	80
		161	Titreşim	Makinelerden, işin gereğinden	4	Yorgunluk, ?????	2	-	-	5	**2**	40
		162	Elektrik Çarpması	Topraklama yetersizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	-	-	5	**4,68**	50
		163		Kabloların Hasar görmesi ve personelin dikkatsizliği	2	Ölüm, şok, yanma, felç	5	-	-	5	**2**	50
		164		Hatalı elk. Aksamı (kablo) seçimi	2	Ölüm, şok, yanma, felç	5	Satınalma birimi tarafından kaliteli kablo alınır. Şantiye elektirik mühendisi ve elektirikçisi tarafından kullanılacak kablo seçimine dikkate edilir.	-	2	**4,68**	20
		165		Personel tarafından Seyyar Prizlerin kapaklarının çıkartılması, kırılması, prizin kırık olması	2	Ölüm, şok, yanma, felç	5	Haftada 1 Şantiye elektrikçisi tarafından seyyar prizlerin sağlamlık kontrolü yapılır. Uyarı levhaları bulunur.	-	4	**4,68**	40
		166		Yetkisiz Personelin elektrik kablolarına vb. elektrik aksamına müdahale etmesi	2	Ölüm, şok, yanma, felç	5	Uyarı levhaları bulunur.	-	5	**4,68**	50

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
24	İskelede çalışma	167	İskeleden düşme	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	-	-	5	**4,68**	50
		168		Ayağa tel, boru, kablo dolaşması, Ayak altına gelen aksesuar bağlantı parçası vb.	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	İşçilere eğitim verilir, Deneyimli işçi çalıştırılır.		5	**4,68**	25
		169		Personelin sağlık sorunları	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Peryodik sağlık raporu alınır, uygun olmayan personel çalıştırılmaz. Ağır ve tehlikeli işlerde çalışması uygun olan personel çalıştırılır. Tedarikçi ile yapılan sözleşmesinde yaş sınırı belirtilir.	-	4	**4,68**	20
		170		İskele kalasının kırılması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Eski malzeme kullanılmaz.		3	**4,68**	30
		171		İskelenin hatalı yapımından dolayı İskele yıkılması, sarsılması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Deneyimsiz elaman çalıştırılmaz.	-	5	**4,68**	50
		172		Rüzgar, hava şartları	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Olumsuz hava şartlarında iskele üzerinde çalışılmasına izin verilmez.	-	5	**4,68**	25
		173	İskelenin devrilmesi	İskelenin hatalı yapımından dolayı	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Deneyimsiz elaman çalıştırılmaz. Baret kullanılır.	-	5	**4,68**	50
		174		Araç/ iş makinesinin iskeleye çarpması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	-	-	5	**4,68**	50
		175	Malzemenin düşmesi	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır.	-	5	**4,68**	50
		176	Çalışma esnasında personelin İskeleye çarpması	Personelin dikkatsizliği	2	Darbe, yaralanma	2	Baret kullanılır.	-	5	**2**	20
25	Asma iskelede çalışma	177	Personelin düşmesi	Halat kopması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Emniyet kemeri kullanılır. Baret kullanılır.		4	**4,68**	40
		178		Bağlantı elemanlarının kopması, çıkması	2		5	Emniyet kemeri kullanılır. Baret kullanılır.	-	4	**4,68**	40
		179		Rüzgar, hava şartları	1		5	Olumsuz hava şartlarında iskele üzerinde çalışılmasına izin verilmez.	-	5	**4,68**	25
		180		Halat kilidinin boşa çıkması	2		5	Emniyet kemeri kullanılır. Baret kullanılır.	-	4	**4,68**	40
		181		Personelin sağlık sorunları	1		5	Peryodik sağlık raporu alınır, uygun olmayan personel çalıştırılmaz. Ağır ve tehlikeli işlerde çalışması uygun olan personel çalıştırılır. Tedarikçi ile yapılan sözleşmesinde yaş sınırı belirtilir.	-	4	**4,68**	20

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
25	Asma iskelede çalışma	182	İskelenin düşmesi	Halat kopması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Emniyet kemeri kullanılır. Baret kullanılır.		4	**4,68**	40
		183		Bağlantı elemanlarının kopması, çıkması	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Emniyet kemeri kullanılır. Baret kullanılır.	-	4	**4,68**	40
		184	Malzemenin düşmesi	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Baret kullanılır.	-	5	**4,68**	50
26	İş Makinelerinin (beton pompası, mikser, mobil vinç, kepçe, kamyon vb..) kullanılması	185	Kaza, İş makinelerinin araca veya insana çarpması	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, yaralanma	5	Ehliyeti olan, deneyimli İş makinesi operatörü çalıştırılır.	-	3	**4,68**	30
		186	Binaya, duvara, iskeleye çarpması; personelin sıkışması	Personel dikkatsizliği	2	Ölüm, yaralanma	5	Ehliyeti olan, deneyimli İş makinesi operatörü çalıştırılır.		3	**4,68**	30
		187	Aracın/ makinenin yanması	Aracın yetersiz bakımı	1	Ölüm, yaralanma	5	Periyodik Bakım Planına göre araçların/makinelerin bakımları yapılır.	-	4	**4,68**	20
		188	Aracın/ makinenin devrilmesi	Personel dikkatsizliği	1	Ölüm, yaralanma	4	Düzenli şekilde yükleme yapılması sağlanır. Ehliyeti olan, deneyimli İş makinesi operatörü çalıştırılır.	-	4	**3,98**	16
				İş makinesinin hatalı kurulumu	1	Ölüm, Yaralanma, sakatlanma	5	Ehliyeti olan, deneyimli İş makinesi operatörü çalıştırılır.	-	4	**4,68**	20
27	El aletleri / elektrikli el aletlerinin kullanımı	189	El, ayak vb. kesilmesi, kopması	Personel dikkatsizliği	2	Uzuv kaybı, kalıcı sakatlık	4	Deneyimli eleman çalıştırılır. İş eldiveni, iş ayakkabısı kullanılır.	-	3	**3,98**	24
		190	El, ayak ezilmesi	Personel dikkatsizliği	2	Ezilme, yaralanma	3	Deneyimli eleman çalıştırılır. İş eldiveni, iş ayakkabısı kullanılır.	-	3	**3**	18
		191	El aletlerinin personele çarpması	Personel dikkatsizliği	2	Ezilme, yaralanma	3	Deneyimli eleman çalıştırılır. İş eldiveni, iş ayakkabısı kullanılır.	-	3	**3**	18
		192	Göze parça kaçması	Personel ihmali, işin gereğinden	3	Gözde Tahriş, uzuv kaybı	4	İş gözlüğü kullanılır.	-	1	**3,98**	12
		193	Elektrik çarpması	Kaçak olması	2	Ölüm, şok	5	Periyodik Bakım Planına göre makinelerin bakımları yapılır. Hasar görmüş cihazlar kullanılmaz, şantiye elektrikçisine bildirilir.	-	4	**4,68**	40

ŞANTİYE RİSK DEĞERLENDİRME FORMU

SN	Faaliyet Adı	T.N	Tehlike	Tehlikenin Kaynağı	Olasılık	Tehlikenin Etkisi	Şiddet	Mevcut Kontrol Önlemleri	Tespit	TE	Bulanık Risk Değerlendirmesi ile RÖS değeri	FMEA tekniği ile RÖS değeri
28	Kaynak işlemi	194	Kaynağın gözü alması	Personel ihmali, Personelin Kaynak gözlüğü kullanmaması	4	Gözde yanma, yaşarma, ağrı	2	Makine Kullanma Talimatlarında genel güvenlik tedbirleri belirtilir. Deneyimli eleman çalıştırılır.	Kaynak maskesi/ gözlüğü kullanılır. Kaynağın gözü alacağı herkes tarafından bilinir.	1	**3**	8
		195	Oksijen veya LPG Tüpünün patlaması	Tüplerin bakımlarının yapılmaması,	1	Yaralanma, Yanma, ölüm,	5	-	-	5	**4,68**	25
		196	Personelin Kaynak yapılmış malzemeye dokunması	Personel dikkatsizliği	2	Yanma	2	Makine Kullanma Talimatlarında genel güvenlik tedbirleri belirtilir. Deneyimli eleman çalıştırılır.	Kaynak eldiveni kullanılır.	1	**2**	4
		197	Yangın çıkması	Personel dikkatsizliği	1	Ölüm, yanma, zehirlenme	5	Makine Kullanma Talimatlarında genel güvenlik tedbirleri belirtilir. Deneyimli eleman çalıştırılır.	-	5	**4,68**	25
29	Basınçlı kaplar ile çalışma	198	Patlama	Yetersiz Bakım	1	Ölüm, yaralanma	5	Yetkili kuruluşlar tarafından Basınçlı kapların periyodik kontrolleri yapılır.	-	4	**4,68**	20

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Konya' da doğan Raife CANLAR DURMAZ ilkokul, ortaokul ve liseyi Konya'da tamamladıktan sonra 1999 yılında Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünü kazanarak 2003 yılında aynı fakülteden birincilikle mezun oldu. 2003-2007 yılları arasında bazı özel firmalarda Endüstri Mühendisi ve Kalite Yönetim Sistemleri Danışmanı olarak çalıştı. 2008 yılından itibaren Tarım Kredi Kooperatifleri Konya Bölge Birliği'nde görev yapmaktadır.