

# İnşaat Pantiyelerine Özgü Bir İp Güvenliği Risk Analizi Yöntemi

İnşaat Pantiyelerine Özgü Bir İp Güvenliği Risk Analizi Yöntemi Dr. İnp.Y.Müh. G. Emre Gürcanlı Y.Doç.Dr. Uğur Müngen İsta Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yapı İpletmesi Anabilim Dalı Tel: 0 212 285 36 52 - 0 212 285 37 36 e-posta: egurcanli@ins.itu.edu.tr umungen@ins.itu.edu.tr

Özet İnşaat sektöründe ip kazalarında her yıl resmi rakamlara göre yaklaşık 500'e yakın ipçin pantiyelerde yapılmıyın yitirmesi olgusu, konuyu insan hayatı açısyndan önemli kılmaktadır. Diğer yandan, gerçek rakamların ötesinde olduğu değerlendirilmektedir. Proje yönetiminin bir alt baplığy olarak dđpünlmesi gereken İp Güvenliği ilkelerinin uygulanması açısyndan da büyük eksiklikler olduğu açıktır. İpçi Sağlığy ve İp Güvenliği konusunda tüm dünyada bir standardizasyona gitme beraberinde, İp Sağlığy ve Yönetim Sistemleri Partlarıny ve uygulamalarını belirleyen OHSAS 18001 ve 18002 gibi standartlar getirilmiş, her iki standart da Türk Standartları Enstitüsü tarafından dilimize çevrilmiştir. Bu standartlarda tehlikeli bir olayın meydana gelme olasılığy ile sonuçlarının bileşimi ile tanımlanan risk kavramı ve riskin büyüklüğünü tahmin etmek ve riske tahmin edilemeyeceğine karar vermek için kullanılan prosesin tamamı olarak tanımlanan risk değerlendirmesi konusunda inşaat sektöründe uygulamaya ilipkin kimi sorunlar yaşanmaktadır. Literatürde tanımlanan risk değerlendirme yöntemlerinin kimi eksiklikleri bildiride ele alınmıyıp, inşaat üretiminin yapısına uygun kolay, uygulanabilir, pantiyelerin değipen ve birbirinden farklı yapısına uyum sağlayan, belirsizliklerden kaynaklanan dezavantajları bertaraf eden bir yöntem arayışı tartıyılmıyıp ve iki yeni risk analizi yöntemi yazarlarca önerilmiştir. Bu kapsamda Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılmak suretiyle yeni bir kontrol listesi hazırlanmıyıp, inşaat sektöründe gerçekleştirilen 10 temel kazanın kaza biddetleri uzmanlar yardımıyla belirlenmiş ve incelenen pantiyelerin güvenliği risk puanı bulunmuştur. Önerilen yöntemler bir tünel pantiyesinde uygulanmıyıp, sonuçları karşılaştıyılmıyıp ve diğer yöntemlerle farklılıklar ortaya konmuştur. Önerilen yöntemlerin imalat sanayiinden pek çok açıdan ayrılan inşaat sektörünün özgünlüklerini ve uygulamaları açısyndan kolay anlaşılyr ve kullanılabılır olduğu dđpünlmektedir. Anahtar Kelimeler: İp Güvenliği, Risk Analizi, Kaza Biddeti 1. Giriş İp kazaları ve buna bağlı ölüm ve yaralanmalar, yalnızca ülkemizde değil, dünyada da ürkütücü bir hızla artmaktadır. Tüm bu kopullarda değipen kopullarla birlikte, devletin çalıyıpma faaliyetindeki denetim fonksiyonunun en aza indirilmesi değipen ip yasalari ve ip güvenliği mevzuatı var olan kuralсыz ortama katkıda bulunmaktadır. İp kazalarının maddi kayıpları boyuta ulaşıymıyıp ki, İngiltere'de yapılan bir çalıyıpma göre proje bedelinin %8.5'lik kısmı ip kazaları ve meslek hastalıkları kaynaklı ölüm, yaralanma, ip günü kaybı, sigorta ve sağlık masraflarına ayrılmak zorunda kalmaktadır. Bu çalıyıpma ülkemisini kapsayan coğrafyaya yansıtılmıyızda 902 milyar euro ciro luk bir boyuta ulaşan inşaat sektöründe, 75 milyar euronun ip kazaları ve meslek hastalıkları kaynaklı giderlere harcandığy gerçeği açıyda çıkmaktadır (HSE, 1997). İnşaat sektöründe gidenlerin tanınmaya ve bir gereklilik olarak kendini dayatmaya bağlayan ip sağlığy ve güvenliği yönetim sistemlerinin en temel özelliklerinde tehlike değerlendirme ve risk analizi baplıklarını ipletmelerde zorunlu kılmalarıdır. Yeni yürürlüde giren ip güvenliği yönetmelikleri risk analizine vurgu yapılmaktadır. Pantiyelerdeki tehlikelerin ve risklerin belirlenmesinden önce tehlike ve risk kavramlarını tanımlamak ve aralarındaki farklardan söz etmek anlamlı olacaktır. Riskler kibisel, çevresel, yapılan ipin niteliğinden kaynaklı olabilir. Zaman iyi zaman ise yetersiz bir şekilde nicelleştirilebilir. Riskin doğası ve kibinin risk üzerindeki denetimi, riskin kavranıyıp değerlendirilmesidir. En genel tanımıyla tehlike, zarara veya yaralanmaya doğal olarak neden olma potansiyeli barındıran herhangi bir şey olarak tanımlanıyırken, risk ise bir tehlikeden kaynaklanacak olan zarar veya yaralanmanın olasılığy olarak tanımlanabilir. Tehlike ve Risk değerlendirme için farklı farklı teknikler bulunmaktadır (Dizdar, 2000). Ancak tehlike ve risk değerlendirme yöntemleri incelendiğinde, inşaat sektörüne dair kolay, uygulanabilir, pantiyelerin değipen ve birbirinden farklı yapısına uyum sağlayan, belirsizliklerden kaynaklanan dezavantajları bertaraf eden bir yöntem kendini dayatmaktadır. 2. Yöntem Çalıyıpma Kapsamı Bu çalışmada kullanılan iki yöntem dört ana baplıyıda incelemek mümkündür. Bunlar; saha araştıyırması, saha araştıyırması ve uzman görüşleri parametrelerinin oluşturulması, bulanık kural tabanlı sistemin kurulması, Risk Düzeyi Matrisinin hazırlanması, her iki yöntemin inşaat pantiyesinde uygulanması ve iki yöntemin karşılaştıyırılması. Gerçekleştirilen saha araştıyırmasında, yaklaşık 35 yıllık kaza istatistiklerinden (4347 kaza dosyası) ve ceza-ip mahkemelerine sunulan 892 bilirkiçi dosyasından yararlanılmıyıp. Bu çalıyıpma sonucunda gerçekleştirilen ip kazaları ölüm ve yaralanmalar beklende iki ana baplıyıda incelenmiş, kaza tipleri, pantiyeler türleri, kazaya uğrayanın ünvanı gibi temel sınıflandıyırma yapılmıyıp. Ayrıca ilgili standart ve düzenlemeler ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve risk analizine ilipkin yapılan tanım ve değerlendirmeler ele alınmıyıp. Kullanılan birinci yöntemde, bulanık kural tabanlı sistemde kullanılacak parametrelerden Kaza Olabilirliği (KO) parametresinin bulunması için geçmiş istatistiklerden ve kaza analizlerinden faydalanılmıyıp. Burada özellikle olasılıyık yerine olabilirlik kavramını kullanılması söz etmek gerekmektedir. Zira inşaat sektöründe olasılıyık eldeki istatistiksel veriler halen bir projenin yapımında çalıyıp bir ipçinin kazaya uğrayıp uğramayacağy hakkında bir bilgi ver(e)mektedir. Bu nedenle olasılıyık teorisinin kapsamı içinde olmayan "olabilirlik ölçeği"nin bulunduğu bir şekilde incelenen ip kazalarına yol açan nedenlere dayanarak, ilgililenen tekil bir proje için ip kazalarının olabilirliğinin araştıyırılması anlamlıdır (Karabay, 1997). Tablo 1'de bu konudaki farklı tanımlar ve ölçekler görülmektedir. Tablo 1: Farklı kaynaklarda Kaza Olabilirliği Tanım ve Değerleri Eldeki istatistiksel verilerin yeterli olduğu durumlarda bir yılda gerçekleştirilen kaza sayısını üzerinden ifade edilebilirken, kaza istatistiklerinin yetersiz, olasılıyık teorisinin geçersiz olduğu durumlarda, uzmanlar tarafından belirlenecek değer aralıkları olarak da ifade edilebilir. İp yerlerindeki kazaların analizinde kullanılan Tehlike ve Risk analizi yöntemlerinde genellikle sıyalama düzeylerine denk gelen sözel ifadeler kullanılmaktadır. Bu ölçeklerden yararlanılarak, Tablo 2'de verilen ölçek aralıkları oluşturulmuştur. Tablo 2: Kaza Olabilirliği Tanımları ve Değer Aralıkları. Bunun oluşturulması Tablo 3'de sunulan, farklı inşaat pantiyelerine göre kaza tiplerinin dağılıyımından yararlanılmıyıp. Burada toplam 5239 oluşturulmuş oluşturulmuş veriler bu tablodaki dağılıyımı vermektedir. Bu tablolardan, sayısal ifadelerin sözelleştirilmesi ve sonrasında bulanık hale getirilmesinde yararlanılacaktır. Bu şekilde farklı inşaatlarda, farklı ip kazalarının olabilirliği sözel olarak ifade edilebilecektir. Bununla birlikte, diğer parametrelerde de istenen zaten bu çevrimin gerçekleştirilmesidir. Tablo 3: Farklı İnşaat Pantiyelerine göre kaza tiplerinin dağılıyımı (%) Her iki yöntemde de kullanılan bir parametre olan kaza biddetinin bulunmasında ise giriş bölümünde de sözü edilen veri eksikliklerini göstermektedir. İncelenen olaylarda kaza tiplerinin ne gibi fiziksel yaralanmalara yol açtığına ilipkin ayrıntılı istatistiksel maalesef mevcut değildir. Burada Kaza Biddeti derken, çevresel veya maddi biddet tanımlarına girilmemiş, ip güvenliği açısyndan yaralanma veya ipçilere verdiği yaralanma veya ölüm açısyndan ele alınmıyıp. Bir ip kazasının sonucunda ortaya çıkan zararın sözel ifade tanımlanması ve bir girdi parametresi olarak kullanılabılması gerekmektedir. Kaza Biddeti için literatürde 4 ila 7 arasında değer



(yetersiz ip güvenliği), olası risk (ortalama ip güvenliği düzeyi) ve düşük risk (iyi ip güvenliği düzeyi) beklende tanımlanabilmektedir (2001, Wang 1997). Bazı kaynaklarda ise, güvenlik düzeyi için beş farklı sözel ifadeler görülmektedir. Burada da çok güvenliden güvensize kadar tanımlanan çözümler zaman zaman yamuk beklende, bazen de sinus grafiği beklende tanımlanan bulanık küme tanımlarına rastlanmaktadır (Gentile, 2003; Bell ve Badiru, 1996). Pantiyelerde ip güvenliği veya risk düzeyini belirlerken, RD parametresi tek çyktı parametresi olup kimi zaman riskin düzeyi, kimi zaman da ip güvenliği önlemlerinin düzeyi beklende ifade edilebilmektedir. Şifreli ifadeler ve tanımlar aralıkları iyi bir şekilde tanımlandığı anda, pantiyelerde her iki beklende ifade de son derece anlaşılır olacaktır. Kural tabanlı sistemin kurulması için 150 EDER-ÝSE kuralından oluşan bir kurallar kütüphanesi oluşturulmuştur. Önceki sayfalarda tanımlanan parametrelerin sayısal değerlerinin ise bulanık ifadelerle çevrilmesinde yamuk beklende kümelerden faydalanılmıştır. Pekil 1: Yüksekten düpmeler için Kaza Olabilirliğinin nasıl bulunduğu örnek olarak gösterilmektedir. Aynı beklende Kaza Piddeti, Güvenlik Düzeyi ve Çyktı Parametresi olan Risk Düzeyi için de bulanık üyelik dereceleri benzer beklende bulunmuştur. Sonrasında bulanık kural tabanlı sistemde kullanılmaktadır. Bekilden de görüleceği üzere sayısal 9.62 değerine karşılık gelen fonksiyonlarının değerleri 0.92 ve 0.08 olarak bulunmaktadır. Bir başka ifadeyle 9.62 değeri tek bir kümeyle değil, iki kümeyle birden, farklı üyelik dereceleriyle üye olmaktadır ve hem görece düşük hem de ortalama olarak değerlendirilebilir. Pekil 1: Yüksekten düpmeler için KO üyelik derecelerinin bulunması. 3.2. Birinci Yöntemin uygulanması ve sonuçlar Yöntemin nasıl uygulandığı aşağıdaki maddeler halinde sunulmaktadır.

- Yncelenen pantiye türünde, her kaza için Kaza Olabilirliği (KO) değerleri alınır.
- Her kaza tipi için Kaza Piddeti (KP) değerleri alınır
- Hazırlanan kontrol listesi yardımıyla her kaza tipi için İp Güvenliği Düzeyi (GD) değerleri kontrol listesiyle belirlenir
- Her kaza tipi için girdi parametreleri KO, KP ve GD için üyelik dereceleri Pekil 1'de örnek olarak verilen üyelik fonksiyonları ile belirlenir.
- Bu üyelik derecelerine karşılık gelen kurallar, 150 kuraldan oluşan kural tabanlı sistem kütüphanesinden seçilir.
- VE operatörüne karşılık gelen MIN bulanık çykarım yöntemiyle tek tek kurallar değerlendirilir.
- Her kaza tipi için kullanılan kurallar karşılaştırmalarıyla, çyktı parametresi aynı üyelik fonksiyonları olanlar arasından MAKS çykarım yöntemiyle en büyük üyelik dereceli olan seçilir. (En düşük değerlerin en büyüğü)
- Farklı çyktı parametresi üyelik fonksiyonları harmanlama yöntemiyle toplanır. Bir başka ifadeyle grafiksel olarak üyelik fonksiyonlarının birleşimi alınır.
- Birleşimi alınan bekillerin X eksenindeki ağırlık merkezleri bulunarak, z\* değerine ulaşılar, bir başka ifadeyle durulaştırma yapılır.
- Bulunan bu z\* değerinin RD üyelik derecesi bulunur. Aşağıda örnek olarak incelenen tünel pantiyesinde yüksekten düpmeler için Risk Düzeyinin bulunması anlatılmaktadır. Diğer kaza türlerine ilişkin değerlendirmelere yer verilmeyecektir. Pekil 1'de yüksekten düpmeler için Kaza Olabilirliğinin tünel pantiyeleri için bulanık üyelik fonksiyonları bulunmaktadır. Buna göre yüksekten düpmeler için Olabilirliği %92 üyelik derecesiyle orta, %8 üyelik derecesiyle görece düşüktür. Aynı yöntemle uzmanların verdiği değerlerden Kaza Piddeti için elde edilen değerler 8.4 oldu, %40 üyelik derecesiyle çok piddetli, %60 üyelik derecesiyle piddetli olduğu söylenebilir. Yncelenen pantiyede yüksekten düpmeler için yapılan kontrollerden çıkan sonuçlara göre güvenlik puanı 6.30 çıkmıştır. Bunun ifade edilmesi veya bulanıklaştırılması sonucu elde edilen sonuç %100 üyelik derecesiyle orta düzeyde güvenlik olmaktadır. Dikkat edilirse sayısal ifadeler, bulanıklaştırılmı ve sözel olarak ifade edilmştir. Pekil 2 ve 3'te üyelik derecelerinin nasıl bulunduğu gösterilmektedir. Bu üyelik derecelerini kural tabanlı sistemden seçeceğimiz uygun kurallarla bir araya getirmek ve çyktı parametresi olan Risk Düzeyine ulaşabilmek için bulanık çykarım ve harmanlama yöntemi kullanılacaktır. Pekil 2: Yüksekten düpmeler için KP üyelik derecelerinin bulunması. Pekil 3: Yüksekten düpmeler için GD üyelik derecelerinin bulunması. Bu aşamada yapılacak gereken, MIN işlemi yaparak, tek tek her kuralda VE ifadesiyle birbirine bağlanan girdi parametrelerinin minimum değerlerini bulmaktır. Sonraki aşamada ise, aynı çyktı parametresi değerlerinin en büyük değeri MAKS işlemi yapılarak bulunacaktır. Bunun için yapılan işlem Denklem 6 ile ifade edilebilir. Tünel pantiyelerinde, yüksekten düpmeler tipindeki kazaların Risk Düzeyi değeri ni belirlemek için ise dört farklı kural gerekmektedir. Bu kurallar Tablo 6'da sunulmaktadır. Bu kurallarla denklem (6) kullanılarak bulanık çykarım yönteminin uygulanması ise basit olarak Pekil 4'de gösterilmektedir. Pekil 4 incelendiğinde, yatayda yol alırken en küçüğün seçildiği görülecektir. Örneğin, Kural 68 için girdi parametreleri 0.08, 0.40 ve 1 değerini almışlar arasından en küçük değer olan 0.08 seçilecektir. Öte yandan çyktı parametresi olan Risk Düzeyi için iki farklı sözel ifadenin bulması görülecektir. MAKS işlemi yapılırken, her sözel ifade kendi içinde işlem tabi tutulacaktır, buna göre Orta Derecede Riskli için te üyelik derecesi olduğu için 0.08 alınacak, ancak Riskli üyelik fonksiyonu için iki farklı üyelik derecesinden büyük olanı, 0.60 alınacaktır. Tablo 6: Yüksekten düpmeler Risk Düzeyi için kullanılan kurallar. Pekil 4: Bulanık MIN ve MAKS operatörleri ile çykarım yöntemi. Bundan sonraki aşamada ise Orta Düzeyde Riskli üyelik fonksiyonunu, 0.08 üyelik derecesindeki &lambda; kesimi ile, Riskli üyelik fonksiyonunun 0.60 üyelik derecesindeki &lambda; kesiminin bileşkesi alınacak, bir başka ifadeyle grafiksel olarak Pekil 5'deki gibi bu iki küme üst üste bindirilecektir. Yeni küme üst üste bindirilerek bileşkesi alınmış, bir başka ifadeyle bu harmanlama yöntemi ile yeni bir küme elde edilmiştir. Sonraki aşamada ise durulaştırma işlemi yapmak gerekmektedir. Harmanlama ve durulaştırma işlemleri MATLAB 6.5 programı kullanılmak suretiyle gerçekleştirilmiş ve z\* değeri elde edilmiştir. Durulaştırma işlemi yapılırken bileşke alanın ağırlık merkezi denklem (7) ile hesaplanacaktır. Durulaştırma sonucunda bu sayı değerinde, sözel ifadelerle tercüme edilmesi gerekmektedir. Bunun için de, girdi parametrelerinde izlenen yol izlenecek ve üyelik dereceleri bulunacaktır. 3.9 sayısal ifadesi %100 üyelik derecesi ile Riskli kümesine aittir, incelenen pantiye yüksekten düpmeler bakımından %100 risklidir. Pekil 5: Bulanık harmanlama (Aggregation) ve durulaştırma işlemleri. 4. İkinci Yöntem ve Uygulanması İkinci yöntemin uygulanmasında esas olarak Tablo 7'de gösterilen Risk Düzeyi Matrisi temel alınmıştır. Bu geçmiş kazalara ilişkin istatistikler kullanılmı, Kaza Olabilirliği, inşaat pantiyelerinde bilinen yöntemlerle herhangi bir durum ip kazasının verili kopullar altında olabilirliği üzerinden tasarlanmıştır. Tablo 7: Risk Düzeyi Matrisi. Bu yapılırken önceki bölümlerde anlatılan kontrol listeleri aynen kullanılmı, her kaza tipi için bulunan Güvenlik Düzeyi sayısal değeri onlu ölçekte risk matrisinde kullanılmıdır. Ancak Güvenlik Düzeyi değeri 10'dan çykarılmak suretiyle, kazanın olabilirliği bulunmaktadır, zira güvenin yükseldikçe kazanın olabilirliği artmaktadır. Tüm Kaza Piddeti değerleri de aynen sayısal olarak alınmakta, sözel ifadelerle çevrilmemekte, bulanık kümeler kullanılmamaktadır. Bu yöntem pantiyelerde sıkça kullanılan 3x3 veya 5x5 risk matrisi yöntemi

farklı olup, 10x10'luk bir matristir. Bu matris ara noktaları da ipin içine katmakta, daha duyarlı bir analize olanak tanımaktadır. Tabii ki, KO ve KP değerleri doğrudan, pantiyedeki uzmanların görüşleriyle değil, önceki bölümlerde anlatıldıkları hesaplanmıştır. Türkiye inşaat sektöründe kullanılan risk matrisinden gerek duyarlılık gerekse de parametrelerin hesaplanmasındaki ayrıntı açısından farklılıklar göstermektedir. Bu yöntem de aynı pantiyede, diğer yöntemle paralel şekilde uygulanmıştır. 5. Yöntemin Karşılaştırılması Her iki yöntem de, bir tünel pantiyesinde uygulanmış olup, sonuçlar Tablo 8'de gösterilmektedir. Tablodan da görüleceği gibi, Yöntem 1'deki sonuçlar Risk Düzeyi'ni Yöntem 2'ye oranla daha yüksek göstermektedir. Bunda Yöntem 1'in duyarlılık düzeyinin çok daha yüksek olması önemli rol oynamıştır. Aynı Yöntem 1, tek bir Risk Düzeyi ifadesi değil, bulanık mantık yardımıyla farklı üyelik dereceleriyle iki farklı Risk Düzeyi verebilmektedir. Örneğin, pantiyeye içi trafik kazaları %89 oranında orta, %11 oranında riskli iken, Yöntem 2'de sonuç yalnızca az riskli çıkmıştır. Pantiyelerin puanlanması için ip güvenliği uzmanları ve müfettişlerine bir araç olarak düşünülen her iki yöntem de daha güvenli tarafta olduğu söylenebilir. Öte yandan, Yöntem 2, Türkiye'de inşaat pantiyelerinde kullanılan diğer risk analizi yöntemlerine göre çok daha duyarlı olsa da, yine de Yöntem 1 ile kıyaslandığında yetersiz kalabilmektedir. Yöntem 2'yi biraz daha verimli hale getirmek için, yalnızca sonuç değerlerine bakmamak, ayrıca risk matrisi üzerinden sınırlı değerlere yakın olup olmadığının da değerlendirilmesini anlamlı olacaktır. Tablo 8: Beş Haftalık Ortalama Risk Düzeyi Sonuçlarının Karşılaştırılması

değerlendirmeler Risk analizinde birinci yöntemin önemli avantajlarından biri risk düzeyini sayısal olarak vermekten ziyade, sözcük ve anlamlı sözcüklerle ifade etmesidir. Pantiyelerin ip güvenliği açısından puanlamaları veya derecelendirmeleri yapıldıkça kullanılan halde farklı kaza tipleri için ve toplamda riskli olan pantiyeler saptanabilecektir. Analizin bir diğer çok önemli avantajı ise risk düzeyini düşüren faktörlerin, kontrol listesi üzerinden kolaylıkla saptanabilmesidir. Alınacak önlemlerin tek tek yapıldığı kontrol listesindeki, ip güvenliği önlemleri doğrultusunda dolaylı olarak (bu doğrultuda yapılmayan teftişi yapan kişi veya ekip da yapabilir), risk düzeyini artıran (sayısal olarak ifade edildiğinde düşük puan alınmasına neden olan) ip güvenliği önlemleri kontrol edilebilir. Zira incelenen Kaza Olabilirliği ve Kaza Piddeti parametrelerini düzeltme/değiştirme olanağı bulunmadığından dolaylı olarak, RD parametresine etki eden ve ip güvenliği kontrol ve denetimleri ile düzeltilebilecek, puanı yukarıya çekilebilecek parametre olarak GD kalmaktadır. Bu söylenenlerin bir kısmı Yöntem 3 için de geçerlidir. Her iki yöntemin de inşaat pantiyelerinin uygulanabilirliği test edilmiş olup, özellikle pantiyelerin inşaat ip kazaları risklerine göre puanlandırılması açısından yeni bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

- Kaynaklar**
- AS/NZS 4360, (1999). Australian and New Zealand Standard on Risk Management, Melbourne.
  - Bell, P.M. ve Badiru, A.B. (1996) Fuzzy modelling and analytic hierarchy processing to quantify risk levels associated with occupational injuries Part I. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 4, 2, 124-131.
  - Dizdar, E.N., (2000) İp Güvenliği, Alver Yayın., Ekim Ankara.
  - Gentile M., Rogers, W.J. ve Mannan, MS. (2003) Development of an inherent safety index based on fuzzy logic. American Industrial Chemical Engineering Journal, 49, 4, 959-968.
  - Goetsch, D. L. (1993) Occupational safety and health (2nd ed.), Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.
  - HSE. (1997) The costs of accidents at work, HSG96, Great Britain.
  - HSE. (1999) Management guidelines for working together in a contract environment, Report No: 6.64/291, Great Britain.
  - Karabay, M. (1997) Uluslararası İnşaat Sektöründe Politik Risk ve Fuzzy Analiz Yöntemi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İTÜ Bilimleri Enstitüsü.
  - Kirwan, B. (1992) Human error identification in human reliability assessment. Part 1: Overview of approaches, Applied Ergonomics, 23, 5, 299-318.
  - Occupational Safety and Health Administration (OSHA), (1926). (29 CFR Part 1926), Construction Standards, Washington D.C.
  - Özkılıç, Ö. (2005) İp Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri, TYSK Yayınları, İstanbul.
  - Ross, T.J. (1998) Fuzzy Logic with Engineering Applications, McGraw-Hill, New York.
  - Saaty T.L ve Vargas L.G. (1980) The analytic hierarchy process, McGraw-Hill, New York.
  - Sii, H.S., and Wang, J. (2002) Safety assessment of FPSO's- The process of modelling system safety and case studies, Report of the Project- "The Application of Approximate Reasoning Methodologies to Offshore Engineering Design, LJM University, U.K
  - Sii, HS., Ruxton T. ve Wang J. (2001) A fuzzy-logic-based approach to qualitative safety modelling for marine systems. Reliability Engineering and System Safety, 73, 19-34.
  - Pen, Z. (2001) Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, Bilge Kültür Sanat, İstanbul.
  - Tweeddale, M. (1997) Risk Management Handbook for the Mining Industry, New South Wales Department of Mineral Resources, Sydney.
  - U.S. Department of Energy (1993) Construction Project Safety and Health Management, Report No: DOE 5480.9, 2-8-93, Washington D.C.
  - Wang J. (1997) A subjective methodology for safety analysis of safety requirements specifications, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 5, 3, 418-430. Zadeh L.A. (1965) Fuzzy sets, Information Control, 8, 338-353.