



RESILIENCE

e-ISSN: 2602-4667

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Resilience

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience>

Organize Sanayi Bölgeleri'nin Natech Riskine Göre Değerlendirilmesi: Kocaeli İli İçin Bir Örnek

Evaluation of Organized Industrial Zones According to Natech Risk: An Example for Kocaeli Province

Emel GÜVEN^{1,*}, Mehmet PINARBAŞI¹, Hacı Mehmet ALAKAŞ¹, Tamer EREN¹¹Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Endüstri Mühendisliği, Kırıkkale, Türkiye

Öne Çıkanlar / Highlights

- Afet yönetiminde Natech risklerinin değerlendirilmesi
- Organize sanayi bölgelerinde afet riski azaltma
- Organize sanayi bölgelerinde Natech risklerinin değerlendirilmesi
- Assessment of Natech risks in disaster management
- Disaster risk reduction in organized industrial zones
- Assessment of Natech risks in organized industrial zones



Makale Bilgisi / Article Info

Gönderim / Received:
23/10/2023Kabul / Accepted:
02/05/2024

Anahtar Kelimeler

Afet Yönetimi
Organize Sanayi Bölgesi
Natech
Pisagor Bulanık AHP
Pisagor Bulanık TOPSIS

Keywords

Disaster Management
Organized Industrial Zone
Natech
Pythagorean Fuzzy AHP
Pythagorean Fuzzy
TOPSIS

Özet

Afetler günlük hayatın akışını etkileyen doğa olaylarıdır. Doğal afetler sonucunda canlı ve cansız varlıklar için maddi ve manevi olarak ciddi hasarlar ortaya çıkmaktadır. Oluşan hasarların yanı sıra bazı zamanlarda afetler tarafından tetiklenen teknolojik kazalar da meydana gelmektedir. Doğal afetlerin tetiklediği teknolojik kazalar Natech kazaları olarak adlandırılmaktadır. Natech kazaları, afetlerin gerisinde kalmış olsa da Türkiye'de 6 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen Kahramanmaraş merkezli deprem sonrası yeniden gündeme gelmiştir. Deprem sonrası İskenderun yat limanında çıkan yangının söndürülmesi için ciddi uğraşlar verilmiştir. Bu olay Natech kazası olarak kayıtlara geçmiştir. 10 Eylül 2023 tarihinde Libya'da meydana gelen selde barajların yıkılması afetin zararını çok daha ciddi boyutlara taşımıştır. Natech kazaları endüstriyel kuruluşlar için de önemli bir risk faktörü oluşturmaktadır. Bu kapsamda bünyesinde birden fazla sektörde hizmet veren endüstriyel kuruluş bulunan Organize Sanayi Bölgeleri (OSB), Natech kazaları açısından riskli bir konumdadır. Bu çalışmada Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde 12 OSB'si bulunan Kocaeli ilinde bir uygulamaya gerçekleştirilmiştir. Literatür taraması ile belirlenen Natech kriterleri doğrultusunda Kocaeli'nde yer alan OSB'ler Natech riskine göre değerlendirilmiştir. Natech kriterlerinin değerlendirilmesinde Pisagor Bulanık AHP (Analitik Hiyerarşi Yöntemi), OSB'lerde bulunan sektörlerin sıralanmasında ise Pisagor Bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity) yöntemi kullanılmıştır. Çalışma ortamındaki verilerin deterministik yapıda olmaması ve belirsizliklerin bulunması sebebiyle ele alınan problemde bulanık kümeler ile çözüm elde edilmiştir.

Abstract

Disasters are natural events that affect the flow of daily life. As a result of natural disasters, serious material and moral damages occur for living and non-living beings. In addition to the damages caused, sometimes technological accidents triggered by disasters also occur. Technological accidents triggered by natural disasters are called Natech accidents. Although Natech accidents are behind the disasters, they came to the fore again after the

Kahramanmaraş-centered earthquake that took place in Turkey on February 6, 2023. Serious efforts were made to extinguish the fire that broke out in Iskenderun marina after the earthquake. This incident was recorded as a Natech accident. The collapse of the dams in the flood that occurred in Libya on September 10, 2023, carried the damage of the disaster to much more serious levels. Natech accidents also constitute an important risk factor for industrial organizations. In this context, Organized Industrial Zones (OIZ), which have industrial establishments serving in more than one sector, are in a risky position in terms of Natech accidents. In this study, an application was carried out in Kocaeli province, which has 12 OIZs on the Northern Anatolian fault line. OIZs in Kocaeli were evaluated according to Natech risk in line with the Natech criteria determined by the literature review. Pythagoras Fuzzy AHP (Analytical Hierarchy Method) was used in the evaluation of Natech criteria, and Pythagoras Fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity) method was used in ranking the sectors in OIZs. Since the data in the working environment is not deterministic and there are uncertainties, the problem was solved with fuzzy sets.

1. GİRİŞ / INTRODUCTION

Afetler maddi ve manevi zararlara neden olan beklenmedik doğa olaylarıdır (Güven & Eren, 2023). Afetlerin oluşturduğu zararları en aza indirebilmek etkili bir afet yönetiminden geçmektedir. Doğru alınan önlemler, yapılan müdahaleler, planlar ve çalışmalar afetlerin zararını azaltmaya yardımcı olacaktır. Gerçekleştirilen planlar ve hazırlıklarda sadece afetler değil afetlerle birlikte gerçekleşecek diğer olaylar da dikkate alınmalıdır. Bunlardan bir tanesi de afet sırasında ya da sonrasında meydana gelen teknolojik kazalardır.

Afetler tarafından tetiklenen teknolojik kazalar Natech kazaları olarak adlandırılmış ve 1970'li yılların sonunda incelenmeye başlanmıştır (Cruz & Suarez-Paba, 2019). Natech kazaları afetlerin gerisinde kalmış olsa da afetlerin zararlı etkilerini artırıcı bir rolü bulunmaktadır (Güven vd., 2023). Ayrıca Natech risklerinin ne olduğunun bilinmemesi kaza riskini artırmaktadır. Endüstriyel çalışma alanları yapıları sebebiyle teknolojik kaza riski taşımaktadır. Bazı durumlarda teknolojik kazaları doğal afetler de tetiklemektedir. Geçmiş deneyimler ele alındığında Natech kazalarının her türlü doğal afet tarafından tetiklenebileceği görülmüştür (Krausmann vd., 2019). Bu durum afetler gibi Natech kazaları için de önlemlerin alınması gerektiği gerçeğini ortaya koymaktadır. Geçmişte yaşanan kazalar durumunun önemini daha net ortaya koymaktadır.

Natech kazalarına örnek olarak 2005-2006 yıllarında Amerika Birleşik Devleti'nde meydana gelen Rita ve Katrina kasırgaları sonrası ortaya çıkan gaz ve kimyasal madde salınımları verilebilir (Cruz & Krausmann, 2009). Japonya'da gerçekleşen Tohoku depremi sonrası nükleer güç istasyonunun zarar görmesiyle radyoaktif madde yayılımı şeklinde Natech kazası olmuştur (Wang vd., 2022). Ülkemizde ise 17 Ağustos 1999 yılında meydana gelen Kocaeli depreminde TÜPRAŞ rafinerisinde büyük bir yangın çıkmış ve söndürmek için uzun çaba harcanmıştır. Ayrıca bazı tesislerden kimyasal madde salınımı gerçekleşmiştir (Girgin, 2011). Yakın geçmişte de bazı Natech kazaları gerçekleşmiştir. 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş ili Pazarcık ve Elbistan ilçeleri merkezli iki büyük deprem sonucunda bazı teknolojik kazalar meydana gelmiştir. Bunlardan iki tanesi kayıtlara Natech kazası olarak geçmiştir. Birincisi İskenderun Limanı'nda meydana gelen yangındır. Büyük çaplı oluşan bu yangının söndürülmesi için uzun süreli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Diğeri ise Hatay'ın Kırıkhan ilçesi Topboğazi Köyü'nde yerin 200 metre altında ve 3 kilometre mesafede iki ayrı noktada doğalgazda patlama ve yangın oluşmuştur. Bunun üzerine bazı ilçelere doğalgaz akışı durdurulmuştur. Libya'nın Derne vilayetinde 10 Eylül 2023 tarihinde meydana gelen sel iki barajın yıkılmasıyla çok daha büyük zararlara sebep olmuştur. Yaşanan Natech kazalarına bakıldığında ciddi zararlar oluşturabileceğini görülmektedir.

Natech kazalarının oluşma riskinin yüksek olduğu noktalardan birisi de Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) olmaktadır. OSB'ler bünyelerinde farklı sektörde hizmet veren birçok endüstriyel kuruluş bulundurduğu için Natech kazalarının oluşabileceği yerler arasındadır. Natech kazalarının önlenilmesindeki ilk adım risk kriterlerinin belirlenilmesidir. Ardından riskli alanlar belirlenerek kazaların önlenilmesi için çalışmalar başlatılabilecektir. Bu sebeple yapılan çalışmada Natech risklerinin OSB'ler kapsamında değerlendirilmesi yapılmıştır. Uygulama ili olarak Kocaeli seçilmiştir.

Uygulama ilinin belirlenmesindeki en önemli kriter Kocaeli’nde bulunan 12 OSB’nin Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde yer alması olmuştur. Hem afet riski yüksek olan hem de OSB sayısı fazla olan bu ilde Natech kazası oluşabileceği riski düşünülerek uygulama ili olarak seçilmiştir. Literatür taraması ile belirlenen 12 Natech kriteri Pisagor Bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Ardından Kocaeli ilindeki OSB’lerde bulunan 11 sektör Pisagor Bulanık TOPSIS yöntemi ile Natech riskine göre sıralanmıştır. Elde edilen sektör sıralamasına göre OSB’lerin Natech kaza riskleri hakkında değerlendirme yapılmıştır. Çalışma incelenen literatür kapsamında aşağıdaki konularda literatüre katkı sağladığı söylenebilir.

- Natech risk kriterinin bulanık yöntem ile ağırlıklandırıldığı ilk çalışmadır.
- Natech riskinin sektörel olarak sıralamasının yapıldığı ilk çalışmadır.
- OSB’lerde Natech riskinin değerlendirildiği ilk çalışmadır.

Literatürde Natech kriterlerinin kapsamlı bir şekilde ele alınmamıştır. Bu durumda araştırmacılar için Natech riskine neden olabilecek kriterleri net olarak görebileceği bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışmada kriterler kapsamlı bir şekilde verilerek kriter havuzunun oluşturulmasına yardımcı olunacaktır. Ayrıca belirlenen kriterler önem ağırlıklarına göre ağırlıklandırılacaktır. Böylelikle çalışmada belirlenmiş kriterler Natech riskini azaltmak isteyen kuruluşların riske karşı önlem almaları için önceliklerini belirlenmesinde destekleyici bir rol oynayacaktır. Çalışmada yapılan sektörel sıralama ise özellikle OSB gibi birden çok sektörü bünyesinde barındıran alanlarda riskli bölgelerin belirlenmesi konusunda önem arz edecektir. Bu sayede Natech riski yüksek sektörlerde risk azaltma çalışmalarında öncelik verilecektir.

Çalışmanın devam eden kısımları şu şekildedir. İkinci bölümde konu ile ilgili literatür taramasına yer verilirken üçüncü bölümde problem çözümünde kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Dördüncü bölümde seçilen yöntem uygulama sonuçları verilmiş ve son bölüm olan beşinci bölümde ise uygulama sonuçlarına yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI/ LITERATURE REVIEW

Campedel vd., 2008, Natech risk analizi için kantitatif yöntemlerin genel çerçevesinde, depremler nedeniyle salınan tehlikeli maddelerin neden olduğu risklerin değerlendirilmesi için özel bir metodoloji geliştirmiş proses ve kimya sektöründe uygulama yapmışlardır. Girgin, 2011, 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi sonrası TÜPRAŞ İzmit rafinerisindeki büyük yangın ve AKSA akrilik elyaf üretim tesisindeki akrilonitril sızıntısını sırasında yapılan müdahaleleri inceleyen bir çalışma gerçekleştirmiştir. Busini vd., 2011, AHP yöntemini kullanarak hesaplanan uygun Temel Tehlike Göstergeleri aracılığıyla depremlerin neden olduğu endüstriyel risklerin değerlendirilmesi için referans niteliğinde bir kısayol metodolojisi sağlamayı amaçlamışlardır.

Cruz, 2012, Natech risklerine, özelliklerine ve yönetimiyle ilgili sorunlara genel bir bakış sunmuştur. Salzano vd., 2013, AHP ve QRA yöntemlerini birlikte kullanarak Natech riskleri için nitel ve nicel risk analizi oraya koymuştur. Girgin & Krausmann, 2013, minimum veri girişi ile hızlı yerel ve bölgesel Natech risk değerlendirmesi ve haritalamaya izin veren RAPID-N adlı çevrimiçi, genişletilebilir bir risk değerlendirmesi ve haritalama yazılımı geliştirmişlerdir. Antonioni vd., 2015, tehlikeli maddenin bulunduğu endüstriyel tesisleri etkileyen sellerin neden olduğu riskin niceliksel değerlendirmesini araştırmayı amaçlayan bir çalışma ortaya koymuşlardır.

Necci vd., 2016, kimyasal ve proses tesislerinde tehlikeli maddeleri içeren ve yıldırımla tetiklenen büyük kaza senaryolarını ele almışlardır. Yu vd., 2017, 2011 depremi ve tsunamisinden sonra Japonya’nın Sendai kentindeki petrol rafinerisinde gerçekleşen Natech kazasının ardından risk algıları ve davranışsal tepkiler üzerine incelemelerde bulunmuşlardır. Son & Jung, 2018, büyük miktarlarda tehlikeli madde işleyen endüstriyel tesislerde selin neden olduğu riskleri nicel olarak analiz etmişlerdir. Suarez-Paba vd., 2019, çalışmalarında “Natech risk yönetimindeki mevcut boşluklar nelerdir?” ve “Hangi tetikleyici doğal tehlikeler incelenmiştir?” sorularına yanıt arayan bir analiz yapmışlardır. Misuri vd., 2019, Harvey Kasırgası’nın etkilediği bölgede kimyasal ve proses tesislerinde yaşanan

hasarları araştırmış ve ilgili tesislerden veri toplamak için bir anket yapmışlardır. Toplanan bilgileri, endüstriyel kaza veri tabanlarından elde edilen ilgili verilerle entegre edilerek analiz etmişlerdir.

Olivar vd., 2020, kasırga yüklerinden etkilenen depolama tankları için hassasiyet işlevini, yapısal hasarı veya çevreleme kaybını dikkate alarak risk değerlendirmesi yapmışlardır. Ricci vd., 2021, Natech olaylarına adanmış orijinal bir veri seti oluşturmayı ve Natech senaryolarının oluşumuna ilişkin kapsamlı bir analiz sağlamayı amaçlamışlardır. Son 70 yılda gerçekleşen 9000'den fazla Natech etkinliğini toplayarak Natech senaryolarını zaman trendi ve karşılık gelen doğal olaylar trendiyle karşılaştırmışlardır. Luo vd., 2022, Natech olaylarının geçmiş verilerini toplamak, analiz etmek ve paylaşmak için web tabanlı bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) aracı olan Find-Natech'i önermişlerdir. Guo vd., 2023, Wenchuan depreminden sonra Wenchuan çevresindeki bir kimya sanayi parkında art arda gelen felaketleri analiz etmişlerdir. Wang & Weng, 2023, sel-rüzgâr-dolu çoklu tehlike senaryosunda Natech riskini hızlı ve esnek bir şekilde değerlendirmek için sundukları metodolojiyi atmosferik dikey depolama tankının analizi üzerinde uygulamışlardır. Gerçekleştirilen çalışma, incelenen literatür kapsamında sektörlerin Natech riskine göre sıralanması konusunda yapılan ilk çalışmadır. Aynı zamanda Natech risk kriterlerinin bulanık yöntemlerde ağırlıklandırıldığı ve OSB'ler için Natech riskinin değerlendirildiği başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3. YÖNTEMLER / METHODS

Gerçekleştirilen çalışmada problem verilerinde öznel ve nesnel ifadelerin bulunması sebebiyle problem verilerine net olarak ulaşılamaz. Bu durumda ise bulanık mantık kümelerinden yararlanılmaktadır. Bulanık mantıkta farklı kümeler kullanılmıştır. Bunlardan birisi de Yager tarafından ortaya çıkarılan Pisagor Bulanık kümeleridir (Yager, 2013). Kullanılan diğer bulanık yöntemlerde üyelik olma ve olmama derecelerinin toplamını en fazla 1.0 sonucu elde edilmektedir. Ancak Pisagor bulanık setlerde kareler toplamının üyelik olma ve olmama dereceleri maksimum 1.0'a eşit olmaktadır. Bu noktada Pisagor bulanık setler diğer bulanık kümelerin eksik yönlerini ortadan kaldırmaktadır (Tezcan & Eren, 2022). Dilsel ifadeleri daha geniş bir skala kullanarak değerlendiren bu yöntem karar vericilere daha geniş bir değerlendirme imkânı sunabilmektedir. Böylece daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir (Yazıcı vd., 2021). Natech afet sonrası oluşması sebebiyle ortam doğal olarak belirsiz bir hal alacaktır. Belirsiz olan durumlarda ise nitel ve nicel kriterlere kesin değerler ile karar verilemez bu sebeple bulanık mantığa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle çalışmada Pisagor Bulanık kümelerden yararlanılmıştır.

3.1. Notasyonlar / Notations

Pisagor Bulanık AHP ve Pisagor Bulanık TOPSIS yöntemleri için kullanılan notasyon açıklamaları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Notasyonlar

Pisagor Bulanık AHP Yöntem Notasyonları		
$A = (r_{ik})_{m \times m}$	Dilsel değişkenlere dayalı ikili karşılaştırma matrisi	
D	Üye olma ve üye olmama fonksiyonlarının alt ve üst sınırları arasındaki fark (farklar matrisi)	
M	Üye olma derecesi	
V	Üye olmama derecesi	
S	Çarpımsal matris	
H	Tereddüt dereceleri	
T	Kriterlerin normalize edilmemiş ağırlıkları	
W_i	i. kriterin ağırlığı	
Pisagor Bulanık TOPSIS Yöntem notasyonları		
x	Alternatif	($i=1 \dots m$)
C	Kriterler	($j=1 \dots n$)
R	Karar Matrisi	
$P(u_{ij}, v_{ij})$	Pisagor bulanık sayılar	
u	Üyelik derecesi	
v	Üye olmama derecesi	
x^+	Pozitif ideal çözüm	

x	Negatif ideal çözüm
s	İki Pisagor sayısının karşılaştırılması
W_i	i. kriterin ağırlığı
π	Tereddüt indeksi
ξ	Görelî yakınlık indeksi
D	İdeal çözümlere uzaklık

3.2. Pisagor Bulanık AHP / Pythagorean Fuzzy AHP

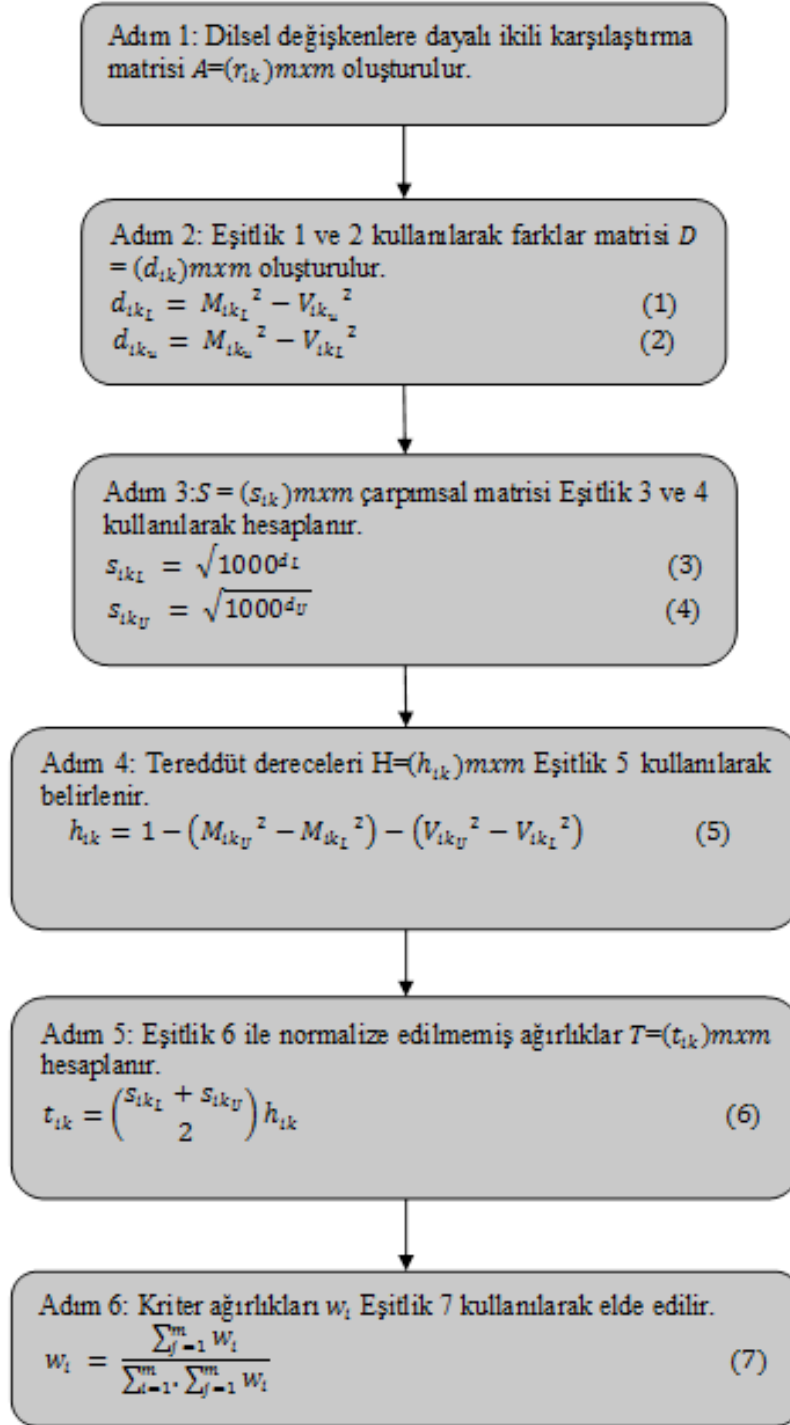
AHP yöntemi, çok kriterli karar verme yöntemleri arasında sıklıkla ve başarıyla kullanılan bir yöntemdir. Ancak öznel ve dilsel ifadelerin bulunduğu ortamlarda yetersiz kalabilmektedir. Bu noktada eksikliklerin giderilmesi için bulanık yöntemler geliştirilmiştir. Pisagor setler bunlardan bir tanesidir. Bu yöntem dilsel ifadeleri daha geniş bir skala kullanarak değerlendirerek karar vericilere daha geniş bir değerlendirme imkânı sunmaktadır. Yöntemin aşamaları Şekil 1.'de verilmiştir (Erol vd., 2021).

Yöntemin ilk adımında dilsel değişkenler ile karar matrisi oluşturulmaktadır. Ardından Adım 2'de Eşitlik 1 ve 2 kullanılarak farklar matrisi, Adım 3'te yer alan Eşitlik 3 ve 4 ile de çarpımsal matris elde edilir. Eşitlik 5 ile tereddüt dereceleri oluşturularak Adım 4 tamamlanır. Tereddüt dereceleri oluşturulduktan sonra Adım 5'te Eşitlik 6 ile normalize edilmemiş ağırlıklar bulunur ve son adımda Eşitlik 7 ile kriter ağırlıklarına ulaşılır.

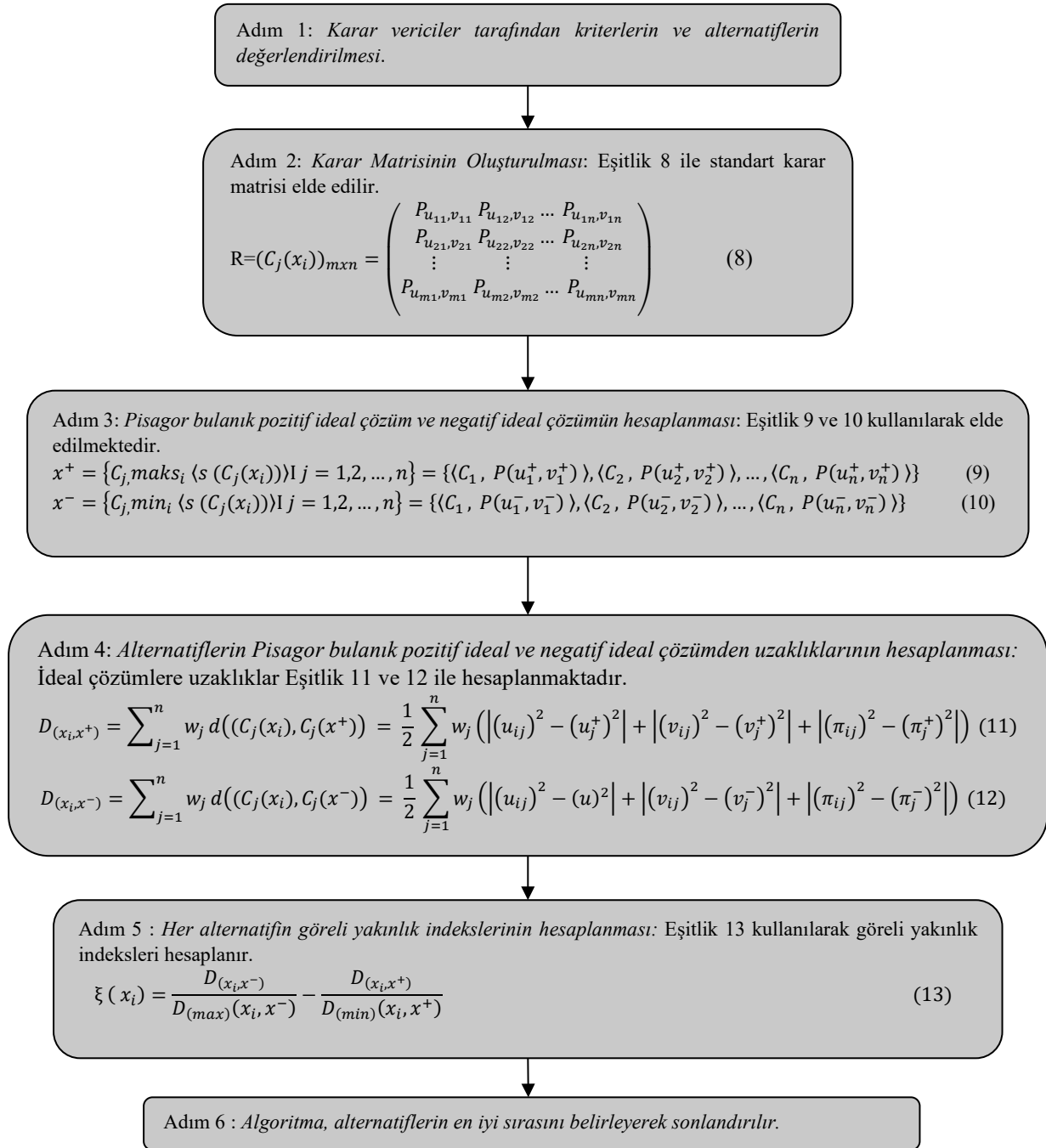
3.3. Pisagor Bulanık TOPSIS / Pythagorean Fuzzy TOPSIS

TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir (Hwang & Yoon, 1981). Yöntemde ele alınan problem pozitif ve negatif ideal çözüme göre alternatiflerin sıralanması şeklinde çözümlenir (Özcan vd., 2017). Pisagor bulanık TOPSIS ise Pisagor bulanık kümeler dahilinde pozitif ideal çözüme en yakın mesafeli ve negatif ideal çözüme en uzak mesafeli olan çözümü seçme kavramına dayanan bir tekniktir (Gedikli, 2019). Yöntemin aşamaları Şekil 2'de verilmiştir (Yazıcı vd., 2023).

İlk adımda karar vericiler kriterleri ve alternatifleri değerlendirmektedir. Ardından Adım 2'de Eşitlik 2'de olduğu gibi karar matrisinin oluşturulmasının ardından Adım 3'te yer alan Eşitlik 9 ve 10 ile Pisagor bulanık pozitif ve negatif ideal çözümler hesaplanır. Alternatiflerin Pisagor bulanık pozitif ideal ve negatif ideal çözümden uzaklıkları Adım 4'teki Eşitlik 11 ve 12 kullanılarak elde edildikten sonra Adım 5'te her alternatifin görelî yakınlık indeksleri Eşitlik 13 ile elde edilir. Son olarak Adım 6'da ise algoritma, alternatiflerin en iyi sırasını belirleyerek sonlandırılır.



Şekil 1. Pisagor bulanık AHP yöntem aşamaları (Erol vd., 2021)



Şekil 2. Pisagor Bulanık TOPSIS Aşamaları (Yazıcı et al., 2023)

4. UYGULAMA / APPLICATION

Natech kazaları açısından risk taşıyan alanlardan birisi de Organize Sanayi Bölgeleri'dir. Bu kapsamda yapılan çalışmada Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde 12 OSB'si bulunan Kocaeli ili uygulama ili olarak seçilmiştir. İl için hazırlanan İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP) içerisinde Büyük Endüstriyel Kaza Risklerinin Azaltılması (BEKRA) mevzuatına bağlı olarak riskli belirlenen 89 kuruluşun yaklaşık 35 adeti OSB'lerde bulunmaktadır. 12 OSB mevcut olarak faaliyette olup 13. OSB henüz tam olarak faaliyete geçmemiştir. Bu sebeple çalışmada 12 OSB değerlendirilmiştir. Belirlenen Natech kriterleri doğrultusunda değerlendirme yapılarak Kocaeli'nde yer alan OSB'ler Natech riskine göre değerlendirilecektir. Uygulama aşamaları şu şekildedir.

- Kriterlerin Pisagor Bulanık AHP yöntemiyle ağırlıklandırılması

- Pisagor Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak Kocaeli OSB'de bulunan sektörlerin Natech risklerine göre sıralanması
- Kocaeli ilinde bulunan her bir OSB'de yer alan sektör verileri mevcuttur. Bu kapsamda elde edilen veriler ile OSB'lerin Natech riskine göre değerlendirilmesi

Probleme ait değerlendirme 5 uzman tarafında gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmeleri yapan uzmanlara ait bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Uzman bilgileri

Uzman	Pozisyon	Meslek	Deneyim (Yıl)
1	Profesör	Mühendis- Akademisyen	25
2	Yönetici	Mühendis	16
3	Yönetici	Mühendis	13
4	Uzman	Mühendis - AFAD Gönüllüsü	9
5	Uzman	AFAD Gönüllüsü	4

4.1. Kriterler / Criteria

Natech riski oluşturabilecek 11 adet kriter literatür taraması sonucunda elde edilmiştir. Oluşturulan 11 Natech risk kriter Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Natech Risk Kriterleri

Yazar	Kriterler
(Gülüm vd., 2021)	Elektrik Kaynakları (K1) Doğalgaz (K2) İşyeri Alet ve Ekipmanları (K3)
(Chen vd., 2019)	Güvenlik Açığı (K4)
(Sun vd., 2020)	Maruziyet Süresi (K5)
(Dökmeçi ve Akduman, 2022)	Altyapı eksikliği (K6) Plansız yerleşim (K7) Tehlikeli Madde ve Yanıcı Salınımı (K8)
(Girgin vd., 2019)	Müdahale Kaynak ve Ekiplerinin Yetersizliği (K9)
(Cruz, 2012)	Kimyasalın özellikleri (K10)
(Necci vd., 2016)	Tesisin fiziksel özelliği (K11)
Bu çalışma	Afetin süresi (K12)

Belirlenen kriterler afet sonrasında oluşabilecek teknolojik kazaları tetikleyebilecek risklerdir. Afetler sırasında veya sonrasında belirlenen kriterlerin oluşması durumunda teknolojik kazalar ile karşılaşma riski de yükselmektedir. Elektrik kaynaklarının sebep olduğu bir yangın, doğalgazın sebep olduğu bir patlama, uzun süren afet sebebiyle oluşacak kazalar, tehlikeli madde salınımı sebebiyle oluşacak yangınlar karşılaşılabilecek kazalardan bazılarıdır. Natech risk kriterlerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

•**K1- Elektrik Kaynakları:** İşyerlerinde deprem, sel gibi afetlerden etkilenecek yangına sebep olabilecek kısa devre ve kaçaklar, trafolar, elektrik panoları vb. kaynaklar kazalara neden olabilir.

•**K2- Doğalgaz:** Doğalgaz içeren iş yerleri, boru hatları, gaz kaçakları, işyerinde kullanılmak üzere içerisinde gaz bulunan tanklar vb. olası bir afet sonrasında doğalgaz nedeniyle patlama ve yangın oluşturabilir.

•**K3- İşyeri Alet ve Ekipmanları:** İşyerlerinde bulan alet ve ekipmanları kapsamaktadır. Düzenli kontrolleri yapılmayan, sağlam olmayan, güvenlik kriterlerine uygun yerleştirilip sabitlenmeyen ekipmanlar gerçekleşecek afet sonrasında yangın ve patlama riski oluşturabilir.

- K4- Güvenlik Açığı:** Olası afetler ve Natech kazası tehditleri karşısında karşı koymayı zorlaştıracak ya da zararı arttıracak durumlardır.
- K5- Maruziyet Süresi:** Gerçekleşen doğal afete maruz kalma süresini ifade etmektedir. Maruziyet süresi arttıkça Natech kazalarının oluşma riskleri de yükselmektedir.
- K6- Altyapı Eksikliği:** Altyapı eksikliği başta taşkınlar olmak üzere ikincil afetlere sebep olabileceği gibi Natech kazalarına da sebep olabilmektedir.
- K7- Plansız Yerleşim:** OSB içerisinde plansız yerleşim doğal afetlerden sonra Natech riskini arttırmaktadır. Ayrıca birbirine yakın ve plansız olarak yerleşim yapılmış işyerlerinin birinde oluşacak teknolojik kaza diğerlerini de etkileyerek kazanın etki alanını büyütebilmektedir.
- K8- Tehlikeli Madde ve Yanıcı Madde Salınımı:** Afet sebebiyle işyerlerinde bulunan tehlikeli madde ve yanıcı maddelerde meydana gelecek salınımı kapsar. Bu salınım sebebiyle yangın ve patlamalar oluşabilir.
- K9- Müdahale Kaynak ve Ekiplerinin Yetersizliği:** Afetlerin oluşmasının ardından OSB içerisinde Natech kazası oluşturabilecek risklere oluşmadan önce engel olabilecek ya da etkisini azaltacak ekip ve ekipman bulunmaması ortaya çıkacak zararın artmasına sebep olabilir.
- K10- Kimyasalın Özelliği:** Afet sonrası oluşabilecek kazalar için kimyasalın özellikleri önemlidir. Parlayıcı, patlayıcı, yanıcı özellikte olan kimyasallar ciddi risk içermektedir.
- K11- Tesisin Fiziksel Özellikleri:** Tesisin bina, yerleşim yeri, yapımında kullanılan malzemeler vb. özellikleri kazaları tetikleyici etkiye sahip olabilir.
- K12- Afetin Süresi:** Afet süresi ne kadar uzun olur ise Natech kazası oluşma riski de doğru orantılı olarak artacaktır. Bu kriter yazarlar tarafından literatüre ek olarak önerilen bir kriterdir.

4.2. Alternatif sektörler / Alternative sectors

Çalışma Kocaeli ilinde bulunan OSB bölgelerinde yer alan sektörleri kapsamaktadır. Uygulama iline ait OSB'lerde bulunan sektörler ve yüzdelik dilimleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Kocaeli Organize Sanayi Bölgelerinde Yer Alan Sektörler

Organize Sanayi Bölgeleri	Sektörler (%)			
Ali Kahya OSB	%45 - Metal	%25 - Makine	%8 - Tekstil	%22 - Diğer
Koceli Asım Kibar OSB	%68 - Otomotiv	%17 - Çelik	%15 Otomotiv	
Gebze Güzeller OSB	%25 - Metal	%25 - Otomotiv	%25 - Kimya	%25 Diğer
Kocaeli Gebze V Kimya İhtisas	%100 - Kimya			
Kocaeli Gebze OSB	%28 - Fabrikasyon Metal	%13 - Kauçuk ve Plastik	%10 - Elektrikli Teçhizat	%49 - Diğer
Kocaeli TOSB Otomotiv Yan Sanayi İhtisas	%100 Otomotiv			
Kocaeli Arslanbey OSB	%30 - Ahşap	%30 - Metal	%30 - Plastik	%10 - Diğer
Kocaeli Dilovası OSB	%26 - Metal	%13 - Yapı Malzemeleri	%9 - Plastik	%52 - Diğer
Kocaeli Gebze Kömürçüler İhtisas OSB	%100 - Kömür			
Kocaeli Gebze Plastikçiler OSB	%34 - Plastik	%13 - Makine	%7 - Kimya	%56 - Diğer

Kocaeli Gebze VI İmes Makina İhtisas OSB	%100 - Makine
Kocaeli Makine İhtisas OSB	%100 - Makine

Kocaeli’nde 12 OSB içerisinde yer alan 11 sektör değerlendirilmiştir. “Diğer” başlığı altında yer alan sektörler içeriği net olmadığı için değerlendirme dışı bırakılmıştır. Problem kapsamında değerlendirilen sektörler Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Natech Riskinin Değerlendirildiği Sektörler

Alternatif	Sektörler
A1	Metal
A2	Makine
A3	Tekstil
A4	Otomotiv
A5	Çelik
A6	Kimya
A7	Kauçuk ve Plastik
A8	Elektrikli Teçhizat
A9	Ahşap
A10	Yapı malzeme
A11	Kömür

4.3. Kriter ağırlıklarının Pisagor Bulanık AHP ile belirlenmesi / Determination of criteria weights with Pythagorean Fuzzy AHP

Natech kaza risklerinin oluşabileceği 12 kriter literatür araştırması sonucunda oluşturulmuştur. Bu yöntemin uygulanmasında karar matrisi oluşturulurken kullanılan dilsel değişkenler ve karşılık gelen Pisagor bulanık sayılar Tablo 6’da verilmiştir (Ak & Gul, 2019).

Tablo 6. Pisagor Bulanık Ölçekleri ve Dilsel Değişkenler (Ak & Gul, 2019)

Dilsel Değişkenler	Aralıklı Pisagor Bulanık Sayılar			
	μ_L	μ_U	v_L	v_U
Kesinlikle Düşük (KD)	0	0	0,9	1
Çok Düşük (ÇD)	0,1	0,2	0,8	0,9
Düşük (D)	0,2	0,35	0,65	0,8
Ortalamanın Altında (OA)	0,35	0,45	0,55	0,65
Eşit (E)	0,1965	0,1965	0,1965	0,1965
Ortalama (O)	0,45	0,55	0,45	0,55
Ortalamanın Üstünde (OÜ)	0,55	0,65	0,35	0,45
Yüksek (Y)	0,65	0,8	0,2	0,35
Çok Yüksek (ÇY)	0,8	0,9	0,1	0,2
Kesinlikle Yüksek (KY)	0,9	1	0	0

Tablo 5’te bulunan dilsel değişkenler kullanılarak elde edilen karar matrisi Tablo 7’de verilmiştir. Tablo 7 içerisinde yer alan dilsel değişkenler 5 uzmanın bir araya gelerek ortak grup karar vermesiyle oluşturulmuştur.

Tablo 7. Pisagor Bulanık AHP Dilsel Değişkenleri ile Oluşturulan Karar Matrisi

Karar Matrisi	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	E	E	OÜ	E	O	OÜ	Y	OA	OÜ	E	Y	OÜ
K2	E	E	OÜ	E	OÜ	OÜ	Y	O	OÜ	E	Y	OÜ
K3	OA	OA	E	D	OA	E	OÜ	ÇD	OA	OA	OÜ	OA
K4	E	E	Y	E	OÜ	OÜ	OÜ	O	E	O	OÜ	OÜ

K5	O	OA	OÜ	OA	E	OÜ	OÜ	D	E	OA	OÜ	E
K6	OA	OA	E	OA	OA	E	OÜ	OA	O	E	O	OA
K7	D	D	OA	OA	OA	OA	E	D	OA	OA	E	OA
K8	OÜ	O	ÇY	O	Y	OÜ	Y	E	OÜ	O	Y	Y
K9	OA	OA	OÜ	E	E	O	OÜ	OA	E	OA	OÜ	E
K10	E	E	OÜ	O	OÜ	E	OÜ	O	OÜ	E	OÜ	OÜ
K11	D	D	OA	OA	OA	O	E	D	OA	OÜ	E	OA
K12	OA	OA	OÜ	OA	E	OÜ	OÜ	D	E	OA	OÜ	E

Yöntem çözümünde karar matrisinde yer alan dilsel değişkenlere karşılık gelen ve Tablo 6’da verilen Pisagor bulanık sayılar kullanılmıştır. Karar matrisinin oluşturulmasıyla yöntem uygulanmış olup yöntem sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Pisagor Bulanık AHP ile Elde Edilen Kriter Ağırlıkları

No	Kriter Sıralaması	Ağırlıklar
1	Tehlikeli Madde ve Yanıcı Salınımı	0,21694
2	Doğalgaz	0,12676
3	Elektrik Kaynakları	0,11922
4	Güvenlik Açığı	0,10406
5	Kimyasalın özellikleri	0,08638
6	Maruziyet Süresi	0,06606
7	Afetin süresi	0,06354
8	Müdahale Kaynak ve Ekiplerinin Yetersizliği	0,06124
9	Altyapı eksikliği	0,04595
10	İşyeri Alet ve Ekipmanları	0,04365
11	Tesisin fiziksel özelliği	0,03813
12	Plansız yerleşim	0,02807

Tablo 8’de elde edilen sonuçlar kapsamında en yüksek kriter ağırlığına 0,21694 ile “Tehlikeli madde ve yanıcı madde salınımı” kriteri sahip olmuştur. Bu kriter Natech riski oluşturabilecek en önemli risk faktörünü oluşturmaktadır. İkinci sırada 0,12676 ile “Doğalgaz” kriteri, üçüncü sırada ise 0,11922 ile “Elektrik Kaynakları” kriteri yer almaktadır. Yöntem sonucunda en son sırada ise 0,0367 ile “Plansız yerleşim” kriteri bulunmaktadır. Geçmiş Natech kazaları ele alındığında tehlikeli madde ve yanıcı madde salınımı sebebiyle çıkan yangın ve oluşan patlamaların sayısının fazla olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumda gerçek yaşam düşünüldüğünde elde edilen sıralamanın mantığa uygun olduğu söylenebilmektedir.

4.4. Alternatif sektörlerin Pisagor Bulanık TOPSIS yöntemi ile sıralanması / Ranking of alternative sectors using the Pythagorean Fuzzy TOPSIS method

Kriter ağırlıklarının elde edilmesinin ardından belirlenen 11 sektör alternatifinin sıralamasının belirlenmesinde Pisagor Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Yöntemde kullanılan dilsel değişkenler ve Pisagor bulanık sayılar Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Pisagor Bulanık TOPSIS Yönteminde Kullanılan Dilsel Değişkenler

Dilsel Değişkenler	Pisagor Bulanık Sayılar	
	u	v
Aşırı Düşük (AD)	0,10	0,99
Çok az (ÇA)	0,10	0,97
Küçük (K)	0,25	0,92
Orta Küçük (OK)	0,40	0,87

Orta (O)	0,50	0,80
Orta Yüksek (OY)	0,60	0,71
Yüksek (Y)	0,70	0,60
Çok Yüksek (ÇY)	0,80	0,44
Son Derece Yüksek (SDY)	0,10	0,00

Tablo 9'da yer alan Pisagor bulanık sayılar kullanılarak karar vericiler tarafından elde edilen karar matrisi Tablo 10'da verilmiştir. Tablo 10 içerisinde yer alan dilsel değişkenler 5 uzmanın bir araya gelerek ortak grup karar vermesiyle oluşturulmuştur.

Tablo 10. Pisagor Bulanık TOPSIS Dilsel Değişkenler ile Oluşturulan Karar Matrisi

Karar Matrisi	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
A1	K	K	K	K	O	OY	K	K	OY	K	K	OK
A2	K	K	OK	K	O	OY	OK	K	Y	K	OK	OK
A3	O	O	K	OY	Y	OY	OY	K	K	K	OY	Y
A4	OK	K	K	O	OY	OK	OK	K	OY	K	K	O
A5	K	K	OK	O	O	O	K	K	OY	K	K	OK
A6	OY	OK	OK	Y	Y	OK	OK	ÇY	Y	ÇY	O	OY
A7	K	K	OK	OK	OY	K	K	OK	OY	OK	O	OY
A8	ÇY	K	Y	OK	OY	OK	O	ÇA	OY	K	OK	OY
A9	K	K	K	OY	Y	O	OY	K	Y	OK	OY	OY
A10	OK	OK	K	OY	OY	OK	OK	OY	OY	ÇY	O	O
A11	OK	K	OK	OK	O	ÇA	OK	ÇA	OY	ÇA	OK	OK

Tablo 10'da satırlarda 11 alternatif sektör yer alırken sütunlarda kriterler yer almaktadır. Karar matrisinde her alternatife her kriter için Pisagor bulanık küme kullanılarak belirlenen dilsel değişkenler yer almaktadır. Yöntemin uygulanmasının ardından elde edilen alternatif sıralamaları Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Alternatif Sektörlerin Sıralanması

Sıralama	Alternatifler	$\xi(x_i)$
1	Kimya	0
2	Yapı malzeme	-1,7342
3	Tekstil	-2,6332
4	Elektrikli Teçhizat	-2,8789
5	Ahşap	-2,9712
6	Kauçuk ve Plastik	-3,5236
7	Otomotiv	-3,7337
8	Çelik	-3,9741
9	Makine	-3,9787
10	Metal	-4,2080
11	Kömür	-4,4320

Yöntem sonucunda Natech riski en yüksek olan sektörü "Kimya" olarak belirlenmiştir. İkinci sırada ise "Yapı Malzemeleri" sektörü yer almaktadır. Bunun sebebi ise bazı yapı malzemelerinin içerisinde kimyasal maddelerin de bulunmasıdır. Bu iki sektörü takip ederek Natech risk sıralamasında üst sıralarda yer alan diğer iki sektör sırasıyla "Tekstil" ve "Elektrikli Teçhizat" sektörleri olmuştur. Son

sıralarda ise “Makine”, “Metal” ve “Kömür” sektörleri yer almaktadır. Bu sektörlerde de Natech riskleri mevcut olmakla birlikte diğer sektörlerle göre daha az risk olması sıralamada son sıralarda yer almalarını sağlamıştır.

4.5. Uygulama ilindeki OSB’lerin Natech riskine göre değerlendirilmesi / Evaluation of OIZs in the application province according to Natech risk

Uygulama ili olarak Kocaeli seçilmiştir. Bunun en önemli sebebi Kocaeli ilinde bulunan OSB’lerin Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde yer almasıdır. Değerlendirmeye 12 OSB alınmıştır. OSB’ler içerisinde bulunan sektörler ve yüzdeleri Tablo 4’te verilmiştir. Yöntemler sonucunda elde edilen sektör sıralamaları göz önünde bulundurularak, OSB’ler bünyesinde bulundurduğu sektörlerle göre değerlendirilmiştir.

Pisagor Bulanık TOPSIS yöntemi ile elde edilen sıralamaya göre Natech riski en yüksek “Kimya” sektörü belirlenmiştir. Bu sebeple bünyesinde %100 Kimya sektörü bulunduran “Kocaeli Gebze V Kimya İhtisas OSB” Natech riski en yüksek olan OSB olarak değerlendirilecektir. Ayrıca bünyesinde %25 Kimya sektörü bulunduran “Gebze Güzeller OSB” de Natech riskinin yüksek olduğu söylenebilir. %30 Ahşap ve %30 Plastik sektörüne sahip olan “Kocaeli Arslanbey OSB” de Natech riski taşıyan OSB’ler arasında sayılabilir.

“Kocaeli Gebze Kömürçüler İhtisas OSB” bünyesinde bulunan kuruluşların %100 kömür sektöründe hizmet vermektedir. Kömür sektörünün en az riske sahip olan sektör olması sebebiyle diğer OSB’ler arasında en az Natech riski taşıyan “Kocaeli Gebze Kömürçüler İhtisas OSB” olmuştur.

5. DUYARLILIK ANALİZİ / SENSITIVITY ANALYSIS

Oluşturulan modelin tutarlılığının incelenmesi için duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu noktada girilen verilerin biraz değiştirildiğinde çok kriterli karar verme yöntemleri ile elde edilen sıralamaların nasıl değiştiği değerlendirilmiştir. Duyarlılık analizi kapsamında 12 kriterin ağırlıkları ikili kombinasyonlar halinde birbiri ile değiştirilmiş ve 66 adet senaryo elde edilmiştir. Örneğin; İlk olarak K1 kriterinin ağırlığı ile K2 kriterinin ağırlığı değiştirilmiştir. Ardından K1 kriterinin ağırlığı sırasıyla K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11 ve K12 ile değiştirilerek sıralamalar oluşturulmuştur. K1 kriterinden sonra K2 kriterinin ağırlıkları sırasıyla K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11 ve K12 kriteri ile değiştirilerek sıralama oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen değişiklikler sonrasında Pisagor Bulanık TOPSIS yönteminde kriterlerin duyarlılıkları analiz edilmiştir. Duyarlılık analizi sonuçları Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Duyarlılık Analizi Sonuçları

		Sıralama										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Mevcut	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
Senaryo	1 K1-K2	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
	2 K1-K3	A6	A10	A3	A9	A8	A7	A4	A5	A2	A1	A11
	3 K1-K4	A6	A10	A3	A9	A8	A7	A4	A5	A2	A1	A11
	4 K1-K5	A6	A10	A3	A9	A8	A7	A4	A5	A2	A1	A11
	5 K1-K6	A6	A10	A3	A9	A8	A7	A2	A4	A5	A1	A11
	6 K1-K7	A6	A10	A3	A9	A8	A7	A4	A2	A5	A1	A11
	7 K1-K8	A6	A8	A10	A3	A9	A4	A7	A5	A2	A1	A11
	8 K1-K9	A6	A10	A9	A3	A8	A7	A4	A2	A5	A1	A11
	9 K1-K10	A6	A10	A3	A9	A8	A7	A4	A5	A2	A1	A11
	10 K1-K11	A6	A10	A3	A9	A7	A8	A4	A2	A5	A1	A11
	11 K1-K12	A6	A10	A3	A9	A8	A7	A4	A5	A2	A1	A11

12	K2-K3	A6	A10	A8	A3	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
13	K2-K4	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
14	K2-K5	A6	A10	A3	A9	A8	A7	A4	A5	A2	A1	A11
15	K2-K6	A6	A10	A3	A9	A8	A7	A2	A4	A5	A1	A11
16	K2-K7	A6	A10	A3	A9	A8	A7	A4	A2	A5	A1	A11
17	K2-K8	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
18	K2-K9	A6	A10	A9	A8	A3	A7	A4	A2	A5	A1	A11
19	K2-K10	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
20	K2-K11	A6	A10	A3	A9	A8	A7	A4	A2	A5	A1	A11
21	K2-K12	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
22	K3-K4	A6	A10	A8	A3	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
23	K3-K5	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
24	K3-K6	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
25	K3-K7	A6	A10	A3	A9	A8	A7	A4	A2	A5	A1	A11
26	K3-K8	A6	A8	A10	A3	A9	A7	A4	A5	A2	A11	A1
27	K3-K9	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
28	K3-K10	A6	A10	A8	A3	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
29	K3-K11	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
30	K3-K12	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
31	K4-K5	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
32	K4-K6	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A2	A4	A1	A5	A11
33	K4-K7	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
34	K4-K8	A6	A10	A3	A9	A8	A4	A7	A5	A2	A11	A1
35	K4-K9	A6	A10	A8	A3	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
36	K4-K10	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
37	K4-K11	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
38	K4-K12	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
39	K5-K6	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
40	K5-K7	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
41	K5-K8	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
42	K5-K9	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
43	K5-K10	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
44	K5-K11	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
45	K5-K12	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
46	K6-K7	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
47	K6-K8	A6	A3	A10	A8	A9	A2	A1	A5	A4	A7	A11
48	K6-K9	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
49	K6-K10	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
50	K6-K11	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
51	K6-K12	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
52	K7-K8	A6	A3	A9	A8	A10	A4	A7	A2	A5	A11	A1
53	K7-K9	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
54	K7-K10	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
55	K7-K11	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
56	K7-K12	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11

57	K8-K9	A6	A10	A9	A8	A3	A7	A2	A4	A5	A1	A11
58	K8-K10	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
59	K8-K11	A6	A3	A10	A9	A8	A7	A4	A2	A5	A11	A1
60	K8-K12	A6	A3	A10	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
61	K9-K10	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11
62	K9-K11	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A1	A5	A2	A11
63	K9-K12	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
64	K10-K11	A6	A10	A3	A9	A8	A7	A4	A2	A5	A1	A11
65	K10-K12	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A5	A2	A1	A11
66	K11-K12	A6	A10	A3	A8	A9	A7	A4	A2	A5	A1	A11

Oluşturulan kombinasyonlar sonrasında sıralamalarda ciddi değişikliklerin olmadığı gözlemlenmiştir. Bütün kombinasyonlarda A6 alternatifi ilk sırada yer almaktadır. Ayrıca A11 alternatifi senaryo 26, 34, 52 ve 59 hariç diğer tüm senaryolarda en sonda yer almış ve bu dört senaryoda ise sonda bir önceki sırada olduğu gözlemlenmiştir. Alternatif sıralamaları senaryo 1, 13, 17, 19, 21, 23, 24, 27, 30, 41, 43, 45, 46, 48, 50, 53, 55, 58, 63, 65 olmak üzere 20 senaryoda mevcut sıralama ile aynı olarak elde edilmiştir. A6 alternatifi hariç diğer alternatiflerin sıralamalarında değişimler olmuştur. Ancak bu değişimler büyük farklar yaratacak boyutlarda değildir. Kombinasyon sonucu gerçekleşen değişiklikler alternatifin bir önceki ya da bir sonraki sıraya geçmesi şeklindedir. Örneğin, A5 alternatifi değiştirilen senaryolar sonucunda 8., 9. ve 10. yer almıştır. Yine A9 alternatifinin 3., 4. ve 5. sıralarda olduğu gözlemlenmiştir.

Senaryo 49'da A2, A4 ve A5 alternatifleri değişmiştir. Bu senaryoda K10 kriterinin ağırlığı azalırken K6 kriterinin ağırlığı artmıştır. K10 kriterinin ağırlığının azalması ile sıralamalarda değişiklik olmuştur. Değişikliğin yaşandığı sektörler kullanılan kimyasalın özelliğinin düşük riskli olması ve altyapı eksikliğinin artması konusunda diğer sektörler göre daha duyarlıdır. Senaryo 11'de A8 ve A9 alternatifleri yer değiştirmiştir. Senaryoda K1 kriterinin ağırlığı düşerken K12 kriterinin ağırlığı yükselmiştir. Bu noktada değişikliklerin gerçekleştiği sektörler elektrik kaynaklarındaki riskin azalması ve afet süresinin artması konusunda diğer sektörler göre daha duyarlıdır.

Duyarlılık analizi sonuçlarına göre, alternatifler arasında değişiklikler birbirine çok yakın olan alternatiflerin yer değiştirmesi şeklindedir. Bu durum da önerilen yaklaşımın ve elde edilen bulguların güvenilir olduğunu göstermektedir.

6. SONUÇ / RESULT

Afetler maddi ve manevi olarak ciddi zararlara sebep olmaktadır. Afetlerin gölgesinde kalmış olsa da tetiklenen teknolojik kazaların afetler sonucu oluşan zararları artıcı yönde etkisi çok fazladır. Natech kazası olarak adlandırılan bu kazalar endüstriyel alanların bulunduğu noktalarda karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda OSB'ler bünyelerinde farklı birçok sektörde faaliyet gösteren kuruluş bulunması sebebiyle Natech riski yüksek olan alanlar arasında yer almaktadır. Natech risklerinin belirlenerek bu bölgelerde önlem alınabilmesi için çalışmaların yapılması önemli bir hususu oluşturmaktadır.

Çalışmada uygulama ili olarak bünyesinde 12 OSB bulduran Kocaeli ili seçilmiştir. İlde bulunan 13. OSB henüz tam olarak faaliyete geçmediği için değerlendirme dışı bırakılmıştır. İlde bulunan bütün OSB'ler Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde yer almaktadır. Bu durumda burada yer alan kuruluşların depreme maruz kalma ihtimali yüksektir. Ayrıca OSB sayısının fazla olmasıyla birlikte sadece deprem değil diğer afet türleri de Natech riski oluşturabilecek durumdadır. Bu sebeple olası bir afet sonrası Natech risk kriterlerinin ve riskli sektörlerin bilinmesi alınacak önlemlerin belirlenmesinde önemli bir rol oynayacaktır.

Ele alınan problem doğrultusunda literatür taraması ile 12 Natech kriteri oluşturulmuştur. Oluşturulan Natech kriterleri arasında en yüksek ağırlığı sahip olan kriter 0,21694 ile “Tehlikeli madde ve yanıcı madde salınımı” kriteri olmuştur. Bu kriteri 0,12676 ile “Doğalgaz” kriteri takip etmektedir. Üçüncü sırada ise 0,11922 ile “Elektrik Kaynakları” kriteri yer almaktadır. Yöntem sonucunda en son sırada bulunan kriter ise 0,0367 ile “Plansız yerleşim” kriteridir. Natech risk kriterlerinin ağırlıklandırılmasının ardından Kocaeli ilinde bulunan OSB’lerdeki 11 sektör Natech riskine göre sıralanmıştır. Uygulanan yöntem ile Natech riski en yüksek olan sektör olarak “Kimya” belirlenmiştir. Geçmiş Natech kazaları incelendiğinde Kimya sektöründe yer alan kuruluşlarda ciddi kazalar olduğu gözlemlenmiştir. İkinci sırada ise “Yapı Malzemeleri” sektörü yer almaktadır. Bunun sebebi ise bazı yapı malzemelerinin içerisinde kimyasal maddelerin de bulunmasıdır. Son sıralarda ise “Makine”, “Metal” ve “Kömür” sektörleri yer almaktadır. Bu sektörlerde de Natech riskleri mevcut olmakla birlikte diğer sektörler için daha az risk olması sıralamada son sıralarda yer almalarını sağlamıştır. Natech riski en yüksek olan sektör olarak Kimya sektörü belirlenmesi sebebiyle bünyesinde %100 Kimya sektörü bulunduran “Kocaeli Gebze V Kimya İhtisas OSB” Natech riski en yüksek olan OSB olarak değerlendirilecektir. Kömür sektörü ise en az riske sahip olan sektör olarak belirlenmiştir. Bu durumda “Kocaeli Gebze Kömür İhtisas OSB” bünyesinde %100 kömür sektörü bulundurması sebebiyle diğerleri arasında en az Natech riski taşıyan OSB olmaktadır.

Bu çalışmanın sonuçlarından işletmelere Natech riskleriyle mücadele için aşağıda yer alan risk azaltma stratejileri önerilmektedir.

- Natech riski için öncelikle “Kocaeli Gebze V Kimya İhtisas OSB ” değerlendirilmelidir.
- “Kocaeli Gebze V Kimya İhtisas OSB” içerisinde yer alan bütün kuruluşların kimya sektöründe hizmet vermesi sebebiyle sektörel bir ayırım bulunmamaktadır. Bu nedenle tüm kuruluşlar aynı derecede Natech değerlendirmesine tabi tutulmalıdır.
- Tablo 3’te farklı sektörlerin yer aldığı OSB’ler için değerlendirme yapılırken sektörlerin Natech riski açısından elde edilen sıralamanın dikkate alınması daha doğru olacaktır.
- Natech açısından en riskli sektör olan kimya sektörü içerisinde risk azaltımı için öncelikli olarak “Tehlikeli madde ve yanıcı madde salınımı” kriterinin dikkate alınması ve salınımı önleyici tedbirler alınması tavsiye edilebilir.
- Risk kaynaklarından “Doğalgaz” ve “Elektrik Kaynakları” üzerinde de önleyici ve düzenleyici faaliyetlerin yapılması önem arz edilmektedir.

Çalışma Natech kazalarının görülebileceği OSB’lerde çalışmaların yapılması, risklerin sektörler bazında değerlendirilmesi ve bulanık yapının kullanılmasıyla çalışma özgünlük taşımaktadır. Gelecek çalışmalarda kriterler artırılarak çalışma detaylandırılabilir. Afet türlerinin çeşitlerine inilerek çalışma özelleştirilebilir. OSB’lerin sıralanmasında sayısal yöntemler kullanılabilir.

7. TEŞEKKÜR / ACKNOWLEDGEMENT

Bu çalışma YÖK 100/2000 projesi kapsamında yazılmıştır.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Ak, M. F., & Gul, M. (2019). AHP–TOPSIS integration extended with Pythagorean fuzzy sets for information security risk analysis. *Complex and Intelligent Systems*, 5(2), 113–126. <https://doi.org/10.1007/s40747-018-0087-7>
- Antonioni, G., Landucci, G., Necci, A., Gheorghiu, D., & Cozzani, V. (2015). Quantitative assessment of risk due to NaTech scenarios caused by floods. *Reliability Engineering and System Safety*, 142, 334–345. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2015.05.020>
- Busini, V., Marzo, E., Callioni, A., & Rota, R. (2011). Definition of a short-cut methodology for assessing earthquake-related Na-Tech risk. *Journal of Hazardous Materials*, 192(1), 329–339. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.05.022>
- Campedel, M., Cozzani, V., Garcia-Agreda, A., & Salzano, E. (2008). Extending the quantitative assessment of industrial risks to earthquake effects. *Risk Analysis*, 28(5), 1231–1246.

- <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01092.x>
- Chen, G., Huang, K., Zou, M., Yang, Y., & Dong, H. (2019). A methodology for quantitative vulnerability assessment of coupled multi-hazard in Chemical Industrial Park. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 58, 30–41. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2019.01.008>
- Cruz, A. M. (2012). Challenges in Natech Risk Reduction. *Revista de Ingeniería*, 37, 79–86. <https://doi.org/10.16924/revinge.37.12>
- Cruz, A. M., & Krausmann, E. (2009). Hazardous-materials releases from offshore oil and gas facilities and emergency response following Hurricanes Katrina and Rita. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(1), 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2008.08.007>
- Cruz, A. M., & Suarez-Paba, M. C. (2019). Advances in Natech research: An overview. *Progress in Disaster Science Journal*, 1, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100013>
- Dökmeci, A. H., & Akduman, Ö. (2022). Doğal Olayların Tetiklediği KBRN-p Tehlikesi ve Riski: Türkiye Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(1), 165–177. <https://doi.org/10.21324/dacd.979583>
- Erol, E., Özcan, E., & Eren, T. (2021). Elektrik üretim santrallerinde iş güvenliği uzmanı seçiminde hibrit bir karar modeli. *Journal of Turkish Operations Management*, 1(5), 615–629.
- Gedikli, T. (2019). *Pisagor Bulanık TOPSIS ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri ile En Uygun Bakım Stratejisinin Seçilmesi: Bir Gıda İşletmesinde Uygulama*. KONYA GIDA VE TARIM ÜNİVERSİTESİ.
- Girgin, S. (2011). The natech events during the 17 August 1999 Kocaeli earthquake: Aftermath and lessons learned. *Natural Hazards and Earth System Science*, 11(4), 1129–1140. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-1129-2011>
- Girgin, S., & Krausmann, E. (2013). RAPID-N: Rapid natech risk assessment and mapping framework. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 26(6), 949–960. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2013.10.004>
- Girgin, S., Necci, A., & Krausmann, E. (2019). Dealing with cascading multi-hazard risks in national risk assessment: The case of Natech accidents. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 35, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101072>
- Gülüm, P., Ayyıldız, E., & Taskin Gümüş, A. (2021). A two level interval valued neutrosophic AHP integrated TOPSIS methodology for post-earthquake fire risk assessment: An application for Istanbul. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 61, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102330>
- Guo, L., Liang, J., Chen, T., Gao, Y., & Yang, Z. (2023). Scenario-Driven Methodology for Cascading Disasters Risk Assessment of Earthquake on Chemical Industrial Park. *Processes*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.3390/pr11010032>
- Güven, E., & Eren, T. (2023). İl Afet Risk Azaltma Planı Çerçevesinde ANP Yöntemi İle Kriter Ağırlıklandırma: Kırıkkale İli İçin Bir Örnek. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(2), 401–414. <https://doi.org/10.35341/afet.1194357>
- Güven, E., Pınarbaşı, M., Alakaş, H. M., & Eren, T. (2023). Doğal Afetlerin Tetiklediği Teknolojik Kazaların Risk Azaltma Kriterlerinin ANP Yöntemiyle Ağırlıklandırılması. *Disaster Science and Engineering*.
- Hwang, C.-L. ;, & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York: Springer-Verlag. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- Krausmann, E., Girgin, S., & Necci, A. (2019). Natural hazard impacts on industry and critical infrastructure: Natech risk drivers and risk management performance indicators. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 40(February), 101163. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101163>
- Luo, X., Tzioutzios, D., Tong, Z., & Cruz, A. M. (2022). Find-Natech: A GIS-based spatial management system for Natech events. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 76, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103028>
- Misuri, A., Casson Moreno, V., Quddus, N., & Cozzani, V. (2019). Lessons learnt from the impact of hurricane Harvey on the chemical and process industry. *Reliability Engineering and System Safety*, 190, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106521>
- Necci, A., Antonioni, G., Bonvicini, S., & Cozzani, V. (2016). Quantitative assessment of risk due to major accidents triggered by lightning. *Reliability Engineering and System Safety*, 154, 60–72.

- <https://doi.org/10.1016/j.res.2016.05.009>
- Olivar, O. J. R., Mayorga, S. Z., Giraldo, F. M., Sánchez-Silva, M., Pinelli, J. P., & Salzano, E. (2020). The effects of extreme winds on atmospheric storage tanks. *Reliability Engineering and System Safety*, *195*, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.res.2019.106686>
- Özcan, E., Ünlüsoy, S., & Eren, T. (2017). Anp Ve Topsis Yöntemleriyle Türkiye Yenilenebilir Enerji Yatır Alternatiflerini Değerlendirilmesi. *Selçuk University Journal of Engineering ,Science and Technology*, *5*(2), 204–219. <https://doi.org/10.15317/scitech.2017.82>
- Ricci, F., Casson Moreno, V., & Cozzani, V. (2021). A comprehensive analysis of the occurrence of Natech events in the process industry. *Process Safety and Environmental Protection*, *147*, 703–713. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.12.031>
- Salzano, E., Basco, A., Busini, V., Cozzani, V., Marzo, E., Rota, R., & Spadoni, G. (2013). Public awareness promoting new or emerging risks: Industrial accidents triggered by natural hazards (NaTech). *Journal of Risk Research*, *16*(3–4), 469–485. <https://doi.org/10.1080/13669877.2012.729529>
- Son, D., & Jung, S. (2018). Flood Risk Assessment for Chemical Storage Tanks. *Korean Journal of Hazardous Materials*, *5*(2), 94–100.
- Suarez-Paba, M. C., Perreur, M., Munoz, F., & Cruz, A. M. (2019). Systematic literature review and qualitative meta-analysis of Natech research in the past four decades. *Safety Science*, *116*, 58–77. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.02.033>
- Sun, R., Gong, Z., Gao, G., & Shah, A. A. (2020). Comparative analysis of Multi-Criteria Decision-Making methods for flood disaster risk in the Yangtze River Delta. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *51*, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101768>
- Tezcan, B., & Eren, T. (2022). Orman Yangınına Sebep Olan Kriterlerin Bulanık Ortamda Değerlendirilmesi. *Journal of Polytechnic*, 1–17. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1138806>
- Wang, J., & Weng, W. (2023). A simplified methodology for rapid Natech risk assessment of flood-wind-hail multi-hazard scenario. *Natural Hazards*, 1–23. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05770-5>
- Wang, Q., Cai, M., & Wei, G. (2022). A scenario analysis under epistemic uncertainty in Natech accidents: Imprecise probability reasoning in Bayesian Network. *Environmental Research Communications*, *4*(1). <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ac47d4>
- Yager, R. R. (2013). Pythagorean fuzzy subsets. *Proceedings of the 2013 Joint IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting, IFSA/NAFIPS 2013*, *2*(x), 57–61. <https://doi.org/10.1109/IFSA-NAFIPS.2013.6608375>
- Yazıcı, E., Alakaş, H. M., & Eren, T. (2023). Prioritizing of sectors for establishing a sustainable industrial symbiosis network with Pythagorean fuzzy AHP- Pythagorean fuzzy TOPSIS method: a case of industrial park in Ankara. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(31), 77875–77889. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27882-6>
- Yazıcı, E., Özcan, E., Alakaş, H. M., & Eren, T. (2021). Hidroelektrik Santrallarda Bakım Strateji Optimizasyonu için Hiyerarşik Bir Karar Modeli Önerisi. *Journal of Polytechnic*, *25*(3), 933–945. <https://doi.org/10.2339/politeknik.862024>
- Yu, J., Cruz, A. M., & Hokugo, A. (2017). Households' Risk Perception and Behavioral Responses to Natech Accidents. *International Journal of Disaster Risk Science*, *8*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s13753-017-0116-y>