



Combination of Fine-Kinney and GRA methods to solve occupational health and safety problems

Metin Ersoy^{1*} , Mustafa Yavuz Çelik¹ , Liyaddin Yeşilkaya¹ , Osman Çolak² 

¹Department of Natural Stone Technology, Afyon Kocatepe University, Afyonkarahisar, 03200, Turkey

²Department of Mining Engineering, Afyon Kocatepe University, Afyonkarahisar, 03200, Turkey

Highlights:

- OHS-based risk analysis is essentially a decision-making actions and can be integrated with MCDM methods.
- In the improvement programs prepared using Fine-Kinney and GRA methods, there were compromises at 6 points. and there were differences at 8 points.
- It will be useful to examine the applicability of other ISG risk analysis methods and MCDM methods together.

Keywords:

- Occupational health and safety
- Multi criteria decision making
- Fine-Kinney method
- Grey relation analysis
- Marble quarry

Article Info:

Research Article
Received: 07.11.2017
Accepted: 20.12.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.416534

Acknowledgement:

Authors would like to thank Scientific Research Projects Commission of AKU for their contribution in this study (Project: 17.MYO.01).

Correspondence:

Author: Metin Ersoy
e-mail: metinersoy@aku.edu.tr
phone: +90533 543 7497

Graphical/Tabular Abstract

In this study, it was investigated that the usability of multi criteria decision making methods to solve the occupational safety and health based problems. For this purpose, block excavation process in a marble quarry was observed and probable accidents and their effects were determined. Risk analysis of the quarry was done according to Fine-Kinney method and the obtained data were evaluated by using Grey relation analysis method. The evaluation was performed from two different perspectives as accident types and production process, and Borda Count Method was used for ranking the criteria. As a result, it was seen that the most effective accidents are “electric shock”, “crash to a moving object”, “fall from height”, “falling any pieces” and “punched or cut by an object”. Also, it was found out the most risky production process are “placement the diamond wire through the holes”, “wring and add the diamond wire”, “displacement, fill and overturning the block”, “transport, installations and dismantling the water and electricity equipment”, “the cutting process of diamond wire machine” and “drilling operation”.

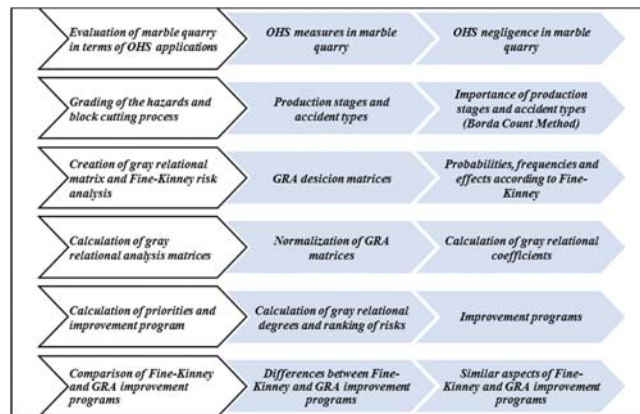


Figure A. Schematic view of the study

Purpose: To provide a different perspective to the risk analysis methods by combining GRA method with the Fine-Kinney method, which is effectively applied in the OHS risk analysis.

Theory and Methods: The production process of a marble quarry in the Korkuteli region of Antalya was observed and possible accident and occupational disease sources were determined. Then the stages of production process and accident types were classified according to their importance by using gray relational analysis method. The probabilities, frequency and effects of possible accidents and occupational diseases were examined and then digitized using the Fine-Kinney score tables. The risk distributions were determined and improvement programs were prepared according to the GRA and Fine-Kinney. Finally, the results obtained from both methods were compared.

Results: When the results of Fine-Kinney and GRA were examined, both methods revealed that K4, K7, B3 numbered processes and P3, Q3, R1 numbered accident types should be included in the program. However, it has been observed that there is a difference in the other accident types and processes to be taken into the program.

Conclusion: In this study, it was understood that GRA method, which is a multi-criteria decision making (MCDM) method integrated with Fine-Kinney risk analysis method, can be used in solving OHS-based problems and determining priorities for improvement program. It is thought that it would be useful to integrate other OHS risk analysis methods and MCDM methods and investigate their effectiveness.



İş sağlığı ve güvenliği problemlerinin çözümünde Fine-Kinney ve gra yöntemlerinin entegrasyonu

Metin Ersoy^{1*}, Mustafa Yavuz Çelik¹, Liyaddin Yeşilkaya¹, Osman Çolak²

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, Doğal Yapıtaşları Teknolojisi Programı, Afyonkarahisar, 03200, Türkiye

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, 03200, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- İSG tabanlı risk analizleri, temelde bir karar verme eylemidir ve ÇKKV yöntemleri ile entegre edilebilir.
- Fine-Kinney ve GİA yöntemleri kullanılarak hazırlanan iyileştirme programlarında 6 karar noktasında uzlaşa sağlanırken 8 noktada farklılıklar olmuştur.
- Diğer İSG risk analiz yöntemleri ve ÇKKV yöntemlerinin birlikte uygulanabilirliğinin incelenmesi yararlı olacaktır.

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 07.11.2017
Kabul: 20.12.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.416534

Anahtar Kelimeler:

İş sağlığı ve güvenliği, çok kriterli karar verme, Fine-Kinney yöntemi, gri ilişkisel analiz, mermer ocağı

ÖZET

Bu çalışmada, iş sağlığı ve güvenliği tabanlı problemlerin çözümünde çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla bir mermer ocağında yapılan blok üretim faaliyetleri incelenmiş, muhtemel kaza türleri ve etkileri belirlenmiştir. Ocakta risk analizinde Fine-Kinney yöntemi uygulanmış, elde edilen veriler Gri İlişkisel Analiz yöntemine göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme, kaza türünün derecelendirilmesi ve üretim sürecinin derecelendirilmesi olmak üzere iki farklı bakış açısından yapılmış olup kriterlerin ağırlıklandırılmasında Borda Sayım yöntemi uygulanmıştır. Sonuç olarak en etkili kaza türlerinin “çalışana elektrik çarpması”, “çalışanın hareketli bir nesne ile çarpışması”, “çalışanın yüksekten düşmesi”, “çalışanın üzerine parça düşmesi” ve “çalışanı bir nesnenin kesmesi, delmesi ya da batması” şeklindeki kazalar olduğu görülmüştür. Ayrıca üretim sürecinin en riskli aşamalarının da “telin deliklerden geçirilmesi”, “telin burulması, eklenmesi”, “öteleme, dolgu, devirme”, “su ve elektrik tesisatının taşınması, kurulması, sökülmesi”, “elmas tel kesme makinası normal kesme” ve “delme” faaliyetleri olduğu anlaşılmıştır.

Combination of Fine-Kinney and gra methods to solve occupational health and safety problems

H I G H L I G H T S

- OHS-based risk analysis is essentially a decision-making action and can be integrated with MCDM methods.
- In the improvement programs prepared using Fine-Kinney and GRA methods, there were compromises at 6 points and there were differences at 8 points.
- It will be useful to examine the applicability of other ISG risk analysis methods and MCDM methods together.

Article Info

Research Article
Received: 07.11.2017
Accepted: 20.12.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.416534

Keywords:

Occupational health and safety, Multi criteria decision making, Fine-Kinney method, Grey relation analysis, Marble quarry

ABSTRACT

In this study, it was investigated that the usability of multi criteria decision making methods to solve the occupational safety and health based problems. For this purpose, block excavation process in a marble quarry was observed and probable accidents and their effects were determined. Risk analysis of the quarry was done according to Fine-Kinney method and the obtained data were evaluated by using Grey relation analysis method. The evaluation was performed from two different perspectives as accident types and production process, and Borda Count Method was used for ranking the criteria. As a result, it was seen that the most effective accidents are “electric shock”, “crash to a moving object”, “fall from height”, “falling any pieces” and “punched or cut by an object”. Also, it was found out the most risky production process are “placement the diamond wire through the holes”, “wring and add the diamond wire”, “displacement, fill and overturning the block”, “transport, installations and dismantling the water and electricity equipment”, “the cutting process of diamond wire machine” and “drilling operation”.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: metinersoy@aku.edu.tr, mycelik@aku.edu.tr, yesilkay@aku.edu.tr, osmancolak07@gmail.com /

Tel: +90 272 246 3318

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Mermer blok üretim sürecinde, büyük kütlelerin kesiminin yapılması ve tonlarca ağırlıktaki kaya parçalarının ebatlanması, yüklenmesi ve taşınması faaliyetleri, ölümlü kazalara neden olabilecek çeşitli riskleri taşımaktadır. Blok üretimi sırasında, iş makineleri, delici ve kesici makinelerin yanı sıra arazi şartlarından da kaynaklanan birçok iş kazası veya meslek hastalığı ile karşılaşmaktadır. İş kazalarının önlenmesi veya azaltılması hem çalışanların yaşam kalitesinin korunması, hem işgücü ve üretim kaybının azaltılması hem de ülke ekonomisinin zarar görmesinin engellenmesi bakımından önemlidir. Bu yüzden risklerin belirlenmesi ve kaza olmadan önce gerekli önlemlerin alınması için İş sağlığı ve güvenliği (İSG) risk analizleri yapılır. Risk analizi metodolojileri, İSG risk analiz sürecinin matematiksel işlemler ve yorumlarının yapıldığı çekirdek kısmıdır [1]. Geleneksel risk analizleri; tehlikelerin tanımlanması, tehlikenin değerlendirilmesi, risklerin derecelendirilmesi, kontrol ve önlemlerin uygulanması, denetim, izleme ve gözden geçirme faaliyetlerinden oluşur [2]. Günümüzde yaygın olarak kullanılan bazı risk analiz yöntemleri; Olursa Ne Olur (What if?), Ön Tehlike Analizi (Preliminary Risk Analysis), Tehlike ve İşletilebilme Analizi (Hazard and Operability Studies), Çeklist Kullanılarak Birincil Risk Analizi (Preliminary Risk Analysis by Using Checklists), Risk Değerlendirme Karar Matrisleri (Risk Assessment Decision Matrix), Olay Ağacı Yöntemi (Event Tree Analysis), Hata Ağacı Yöntemi (Fault Tree Analysis), Hata Türü ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effect Analysis) ve Fine-Kinney Yöntemi şeklinde sıralanabilir [3]. Bu yöntemlerin uygulanmasında genel olarak, uzmanların geçmiş tecrübelerine göre olasılıkları dikkate alarak sözel çıkarımlarda buldukları görülmektedir. Dilsel yaklaşımlar, tercih edilen yöntemin metodolojisi doğrultusunda sayısallaştırılarak, üretim süreci veya üretim bölgesi taşıdığı riske göre sınıflandırılır. Problemin çözümünün, kişinin kendi deneyim ve uzmanlık alanında olacağını düşünmesi ve yeni kavramlar geliştirmek için alternatif teknolojilere yönelmemesi "psikolojik atalet" olarak tanımlanmaktadır. Psikolojik atalet, insanları sadece uzman olunan alana yönlendirir [4]. Dolayısıyla analizlerde risk noktaları için yapılan tahminler, uzmanların tecrübesine ve bakış açısına göre birbirinden farklı olabilir. İnceleme ve veri toplama aşamasındaki bu farklılıktan kaynaklanabilecek hataları en aza indirmek için, ya analizler farklı uzmanlar tarafından ayrı ayrı yapılarak elde edilen bulguların ortalamaları hesaplanır ya da her bir karar noktası için grup kararları alınır. Risk analizlerinin etkinliğinin artırılması için yapılabilecek bir başka uygulama da, diğer disiplinlerde uygulanan bazı yöntemlerin risk analiz yöntemine entegrasyonudur.

İSG tabanlı risk analizleri, temelde bir karar verme eylemidir. Risk noktaları için oluşabilecek kaza türü, etkileri, olabilirliği ve sıklığı gibi faktörlere göre iş yerinin hangi noktasında veya üretim sürecinin hangi bölümünde riskin yüksek olduğu belirlenir sonra bir sıralama yapılır. İSG risk

analizleri bu yönüyle "Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri" ile benzerlik göstermektedir.

Çok kriterli karar verme (MCDM, Multi Criteria Decision Making) yöntemleri, en az üç kritere göre, değişken alternatifler arasından, karar verici için en uygun olanın belirlenmesinde başarı ile uygulanan, sayısal ve dilsel ifadelerin de kullanılabilirdiği matematiksel yöntemlerdir. 1960'lı yıllardan günümüze kadar birçok yöntem bilim adamları tarafından önerilmiş olup bunlardan; AHP (Analitik Hiyerarşi Proses), TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), ANP (Analitik Network Proses), ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant La Realite), DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method), VIKOR (Visekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), PROMETHEE (Preference ranking organization method for enrichment of evaluation) ve GIA (Grey relation analysis) en yaygın olanlarıdır [5-7]. Ayrıca, bu ve diğer yöntemlerden, klasik orijinal şeklinin yanında bulanık mantık (Fuzzy sets) kuralları çerçevesinde düzenlenmiş versiyonlarından da yararlanılmaktadır.

ÇKKV yöntemleri makina seçiminden personel seçimine kadar çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği konusuyla ilgili çalışmalar tarandığında da ÇKKV yöntemlerinin başarı ile uygulandığı görülmektedir. Bu çalışmalardan Ersoy [8], mermer ocaklarında uygulanan İSG tedbirlerinin kazaları önlemedeki rolünün belirlenmesinde AHP yönteminden yararlanılmıştır. Öztürk [9] ise DEMATEL yöntemi ile trafik kazalarının nedenlerini araştırmıştır. Üstün ve Anagün [10], İstanbul'un ilçelerini afet yönetimi açısından değerlendirilirken AHP yönteminden yararlanılmıştır. Yılmaz ve Şenol [11] Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleriyle metal kesimi, kaynak ve doğrama işlemlerinin yürütüldüğü bir işletmede İSG risk değerlendirmesi yapmış ve diğer yöntemlerin de denenmesini önermiştir. İnan vd. [12] firmaları İSG yönetim sistemlerine göre karşılaştırma için bir model önerirken SIMOS ve VIKOR yöntemlerinden yararlanmışlardır. Özfirat [13], HTEA yöntemine bulanık mantık entegre etmiş ve bulanık AHP kullanarak risk değerlendirmesi yapmıştır. Kokangül vd. [14] de tehlikeleri Fine-Kinney metodolojisi ile değerlendirilmiş ve AHP yöntemiyle derecelendirmiştir. Qiaoxiu vd. [15] kömür madeninde risk değerlemede bulanık AHP kullanmıştır. Yarı vd. [16], taş ocağında güvenlik parametrelerinin değerlendirilmesinde AHP ve TOPSIS yöntemlerinden yararlanmışlardır.

Gri ilişkisel analiz (GIA) yöntemi, ilk defa 1982 yılında Julong Deng tarafından ortaya atılmış [17] ve gri ilişkisel analiz, gri modelleme, gri tahmin ve gri karar verme gibi alt başlıklar altında, istatistiksel analizler, performans analizleri, iş sağlığı ve güvenliği analizleri, proje yönetimi gibi önemli konularda karar vermede kullanılmıştır [18]. İSG kapsamında GIA yönteminin uygulandığı çalışmalar, AHP ve TOPSIS yöntemlerine göre daha sınırlı olmakla birlikte bazı çalışmalar şu şekilde sıralanabilir; Ai vd. [19] kaza

faktörlerini belirlerken ISM (Interpretive Structural Modeling-Yorumlayıcı yapısal modelleme) ve GİA yöntemlerini entegre etmişlerdir. Yang vd. [20], yeraltı yapılarında yangına etki eden faktörleri gri ilişkisel katsayı hesaplayarak derecelendirmişlerdir. Zhou vd. [21] HTEA yöntemi ile petrol tankerindeki riskleri belirlerken bulanık gri teoriden yararlanmışlardır. Lu ve Wevers [22] trafik güvenliğinin iyileştirilmesinde GİA yöntemini kullanmışlardır.

İSG risk analizleriyle ÇKKV yöntemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde; önce İSG risk analiz yöntemlerinden biri ile risk değerlendirmesi yapıldığı sonra ÇKKV ya da Bulanık ÇKKV yardımıyla kazaların, üretim sürecinin veya çalışma bölgesinin risklere göre derecelendirildiği görülmektedir.

Bu çalışmada, İSG risk analizine ÇKKV yöntemlerinden GİA yöntemi Fine-Kinney risk analiz yöntemiyle entegre edilerek sonuçların daha etkin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için bir mermer ocağında yapılan blok üretim faaliyetleri incelenmiş ve Fine-Kinney yöntemi uygulanarak İSG risk analizi yapılmıştır. Sonra üretim sürecinin her bir adımı ve kaza türleri Borda sayım yöntemine göre ağırlıklandırılmış (önem dereceleri belirlenmiş) en son GİA yöntemiyle üretim sürecinin adımları ve kaza türleri olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırma yapılmıştır. Çalışma, GİA yönteminin mermer ocak işletmeciliği gibi iş kazalarının yoğun yaşandığı bir alanda ilk kez uygulanması bakımından önemlidir. Ayrıca bu çalışma ile GİA yöntemi, İSG risk analizlerinde etkin bir şekilde uygulanan Fine-Kinney yöntemi ile birleştirilerek, risk analiz yöntemlerine farklı bir bakış açısı sunulmuştur.

2. MALZEME VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Mermer ocaklarında yaşanan iş kazalarının ve meslek hastalıklarının belirlenmesi amacıyla Antalya Korkuteli bölgesindeki bir mermer ocağının üretim süreci gözlenmiş, muhtemel kaza ve meslek hastalığı kaynakları belirlenmiştir. Sonra, çok kriterli karar verme yöntemlerinden gri ilişkisel analiz yöntemi kullanılarak hem kaza hem de üretim sürecinin aşamaları önem derecelerine göre sınıflandırılmıştır.

2.1. Çalışma alanı (Study Area)

Çalışma, Antalya-Korkuteli karayolu 33. km, Kızılcadağ köyü mevkiinde $37^{\circ}2'25.48''K$ $29^{\circ}56'41.05''D$ koordinatlarında, 1613 m rakımlı bir mermer ocak işletmesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Çalışma alanı, devlet kara yoluna 800 m mesafede olup ulaşım 3 m genişliğindeki toprak yol kullanılarak yapılmaktadır. Ocağa en yakın yerleşim birimi 5.5 km, akarsu kaynağı 4 km ve su toplama havzası 8 km uzaklıktadır.

Şantiyede 400 kW gücünde bir trafo, 25 şer tonluk iki adet su tankı, 10 m² lik alana sahip bir tamir ve bakım atölyesi bulunmaktadır. Ayrıca, çalışan 12 kişi için 30 ve 8 m² lik iki

adet yatakhane ve 30 m² lik bir adet yemekhane hizmet vermektedir. Ocakta üretim makinalarının yanı sıra 2 şer adet yükleyici, ekskavatör ve kamyon kullanılmaktadır.



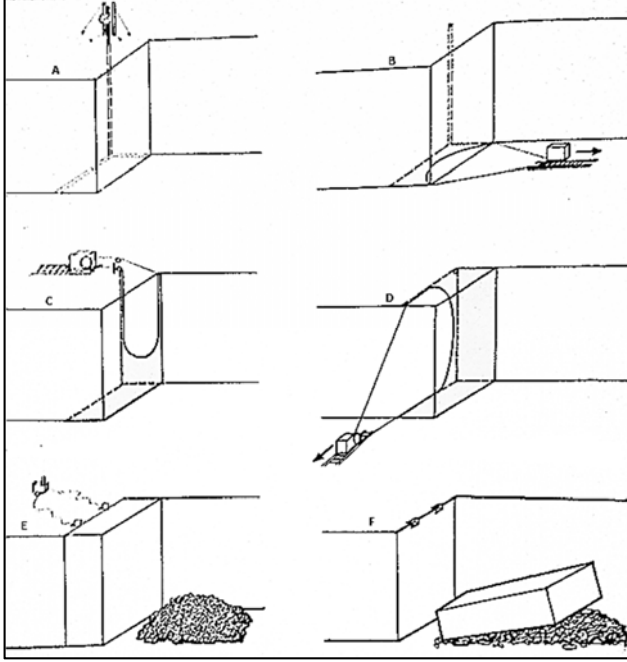
Şekil 1. Ocağın genel görünümü (General view of the quarry)

Yataklanma yamaç boyunca gelişmiş olup yaklaşık 8 m yüksekliğindeki dört basamak üzerinde çalışılmaktadır. Basamak genişliği 10-15 m arasında değişmektedir. Üretim, elmas tel kesme yöntemi uygulanarak yapılmakta ve her bir kesimde, süreksizliklerin durumuna göre, 3x8x12 m³ lük kütlelerin kesimi gerçekleştirilmektedir. Blok verimi, formasyonun durumuna göre %30 lara kadar ulaşabilmektedir. Elmas tel kesme yöntemi, özetle, birbirine dik ve birbirine birleşen üç delik açılması, önce deliklerin ikisinden elmas boncuklarla kaplı çelik telin geçirilmesi, iki ucunun birbirine bağlanması, bu telin kesme makinasının volanından da geçirilerek gerdirilmesi sonra volanın dönmeye telin delikler içerisinde hareket etmesi, volanın bağlı olduğu makinanın ray üzerinde geriye doğru çekilmesi ve kesme alanlarına su verilmesi şeklindedir [23]. Yöntemin dezavantajı, deliklerin birleştirilmesinin zorluğu ve çalışma sırasında tel kopması, sıkışması gibi nedenlerle tehlikeli olmasıdır. Avantajı ise, ilk yatırım maliyetinin nispeten düşük olması, hızlı üretim yapılabilmesi ve fire oranının düşüklüğüdür. Yöntemin uygulanışı Şekil 2 de şematik olarak gösterilmiştir.

2.2. Gri ilişkisel analiz yöntemi (Grey relation analysis method)

Gri İlişkisel Analiz (GİA); çok kriterli karar problemlerindeki belirsizlikleri analiz etmek amacıyla kullanılan yöntemlerden biri olup, belirsizliğin söz konusu olduğu durumlarda matematiksel analiz yöntemlerine göre daha kolay çözüm sunar [25]. Yani az ya da kesikli bilgi, çok veri ve belirsizlik olan durumlarda başvurulabilecek alternatif ve etkili bir yaklaşım olup çok değişkenli istatistiklerle hiçbir dağılıma uymayan, yeterli veri içermeyen ve belirsizlik nedeniyle modellenemeyen problemlere çözüm önerir [18]. Gri ilişkisel analizde, gri sistemdeki bir seri ile referans serisi arasındaki ilişki derecesi gri ilişkisel derece olarak belirlenir. Serideki her bir faktör bir dizi (sattır veya sütun) olarak tanımlanır. Gri ilişkisel

derece, sistemdeki seri ile referans serisi arasındaki benzerliği tanımlayan fonksiyon olup normallik, dual simetri, bütünlük ve yakınlık aksiyomlarını sağlaması gerekir [26]. x_i ve x_j serileri arasındaki gri ilişkisel derece $y(x_i, x_j)$ olarak tanımlandığında ve $x_i(k)$, i nci serinin k ncı değerini gösterdiğinde;



Şekil 2. Elmas tel kesme yöntemi a) Delme b) Alt kesim c) Yan kesim d) Arka kesim e) Öteleme f) Devirme (Diamond wire cutting method a)Drilling, b) Bottom cut, c) Side cut, d) Rear cut, e) Displacement, f) Overturning) [24]

- Normallik: $0 < y(x_i, x_j) \leq 1, \forall i, \forall j$
- Dual simetri: $y(x_i, x_j) = y(x_j, x_i) \Leftrightarrow X = \{x_i, x_j\}$
- Bütünlük: $y(x_i, x_j) \neq y(x_i, x_k), \forall x_i, x_j \in X = \{x_s, s=1, 2, \dots, m; m \geq 2\}$ ve
- Yakınlık: $y(x_i, x_j)$ nin değerini, $|x_i(k) - x_j(k)|$ değeri belirler.

$|x_i(k) - x_j(k)|$ ne kadar küçük ise gri ilişkisel derece o kadar büyüktür.

GİA yönteminde ilk aşama karar matrisinin ve referans serinin oluşturulmasıdır [26]. Aşağıda verilen karar matrisinde, satırlar seçimi yapılacak alternatifleri, sütunlar ise kriterleri (her bir alternatifin özelliklerini) tanımlamaktadır. İlk satır referans satırı, bir başka ifade ile ideal kriterleri içeren sanal ve/veya gerçek bir seridir (Tablo 1).

Tablo 1. Karar matrisi (Decision matrix)

	Kriter 1	Kriter 2	...	Kriter n	
x_0	$x_0(1)$	$x_0(2)$	...	$x_0(n)$	Referans seri
x_1	$x_1(1)$	$x_1(2)$	...	$x_1(n)$	Alternatif 1
x_2	$x_2(1)$	$x_2(2)$	...	$x_2(n)$	Alternatif 2
...
x_m	$x_m(1)$	$x_m(2)$	...	$x_m(n)$	Alternatif m

İkinci aşama, verilerin normalize edilmesidir. Kriterleri tanımlayan veriler farklı kaynaklardan alınabilir, farklı birimlerde ölçülebilir ya da dilsel ifadeler içerebilir ve bu ifadeler sayısallaştırılmış olabilir. Bu durumda verilerin aynı birime dönüştürülmesi gerekir. Gri sistem teorisinde bu normalleştirme sürecine “gri ilişkisel oluşum (grey relational generating)” denir. Verilerin normalizasyonunda en sık kullanılan yöntemlerden birisi lineer veri ön işleme yöntemidir. Normalizasyon işleminde dikkat edilmesi gereken konu “daha yüksek daha iyi”, “daha düşük daha iyi” ve “ideal daha iyi” kriterlerinin hangisinin serinin özelliğini yansıttığıdır. Kriterin büyük olmasının olumlu (faydalı) olduğu durumda, bir başka ifade ile “Daha yüksek daha iyi” durumunda normalizasyon Eş. 1 de verilen denklem aracılığıyla hesaplanır.

$$x_i(k) = \frac{x_i^0(k) - \min x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)} \quad (1)$$

En küçük değer olumlu olması (Daha düşük daha iyi) durumunda ise Eş. 2 kullanılır.

$$x_i(k) = \frac{\max x_i^0(k) - x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)} \quad (2)$$

Kriterin en büyük ve en küçük değerleri arasında bir başka değer olumlu olması yani “İdeal değer daha iyi” durumunda da Eş. 3 kullanılır.

$$x_i(k) = 1 - \frac{|x_i^0(k) - x_0|}{\max x_i^0(k) - x_0} \quad (3)$$

Burada;

- $x_i(k)$: normalizasyon sonrası i nci seri k ncı sıradaki değeri,
- $x_i^0(k)$: i serisi k ncı sıradaki orjinal değeri,
- $\min x_i^0(k)$: i nci serideki minimum değeri,
- $\max x_i^0(k)$: i nci serideki maksimum değeri ifade eder ve
- x_0 : ideal değeri göstermektedir.

Üçüncü aşamada x_0 serisi ile karşılaştırılacak m tane seri tanımlanır (Eş. 4), mutlak değer (uzaklık) tablosu oluşturulur ve gri ilişkisel katsayılar hesaplanır. $\varepsilon(x_0(k), x_i(k))$, k ncı noktadaki gri ilişkisel katsayıdır ve Eş. 5, 6, 7 ve 8 e göre hesaplanır.

$$x_i = x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n) \rightarrow \{i = 1, 2, \dots, m\} \quad (4)$$

$$\Delta_{0i}(k) = |x_0(k) - x_j(k)| \quad (5)$$

$$\Delta_{\max} = \max_j \max_k |x_0(k) - x_j(k)| \quad (6)$$

$$\Delta_{\min} = \min_j \min_k |x_0(k) - x_j(k)| \quad (7)$$

$$\varepsilon(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \xi \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + \xi \Delta_{\max}} \quad (8)$$

Eş. 8 deki ξ , Δ_{0i} ile Δ_{\max} arasındaki farkı ayarlamak için kullanılan, 0-1 arasında ($\xi \in (0,1)$) bir katsayıdır. Başka bir

ifade ile ilgili değerin en uç değer olma ihtimalini ortadan kaldırmak için kullanılır ve genellikle 0.5 alınır [26].

Son adım gri ilişkisel derecenin hesaplanmasıdır ve satır boyunca hesaplanan gri ilişkisel katsayıların ortalaması hesaplanarak bulunur (Eş. 9).

$$\gamma(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon(x_0(k), x_i(k)) \quad (9)$$

$\gamma(x_0, x_i)$, gri sistemdeki x_i serisi ile x_0 referans serisi arasındaki geometrik benzerliğin bir ölçüsü olup büyüklüğü x_i ile x_0 arasındaki ilişki düzeyinin göstergesidir. Eğer karşılaştırılan iki seri birbirinin aynı ise gri ilişkisel derece değeri 1 dir. Ancak kriterlerin önem dereceleri farklı olabilir. Her bir kriterin ağırlıklarının verilmesi durumunda gri ilişki derece, kriterin gri ilişki katsayısı ile önem derecesine ilişkin ağırlık değeri çarpılarak hesaplanır (Eş. 10).

$$\gamma^*(x_0, x_i) = \sum_{k=1}^n w_i(k) \cdot \varepsilon(x_0(k), x_i(k)) \rightarrow \{\sum w_i = 1\} \quad (10)$$

Hsia ve Wu, ve Wen in formülasyonlarında ξ nin etkisi hesaplamadan çıkartılmış ve gri ilişkisel katsayılar hesaplanmadan doğrudan gri ilişkisel derece hesaplanmıştır. Ayrıca Hsia ve Wu, gri ilişkisel derecenin hesaplanmasında Eş. 11 de verilen bağıntıyı önermişlerdir [27].

$$\gamma(x_0, x_i) = \frac{\Delta_{\min} + \Delta_{\max}}{\Delta_{\max} + \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n \Delta_{0i}^2(k)}{n}}} \quad (11)$$

Wen ise gri ilişkisel derecenin hesaplanmasında daha genel bir formül önermiştir (Eş. 12) [26].

$$\gamma(x_0, x_i) = \frac{\Delta_{\min} + \Delta_{\max}}{\Delta_{\max} + \left[\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \Delta_{0i}(k) \right]} \quad (12)$$

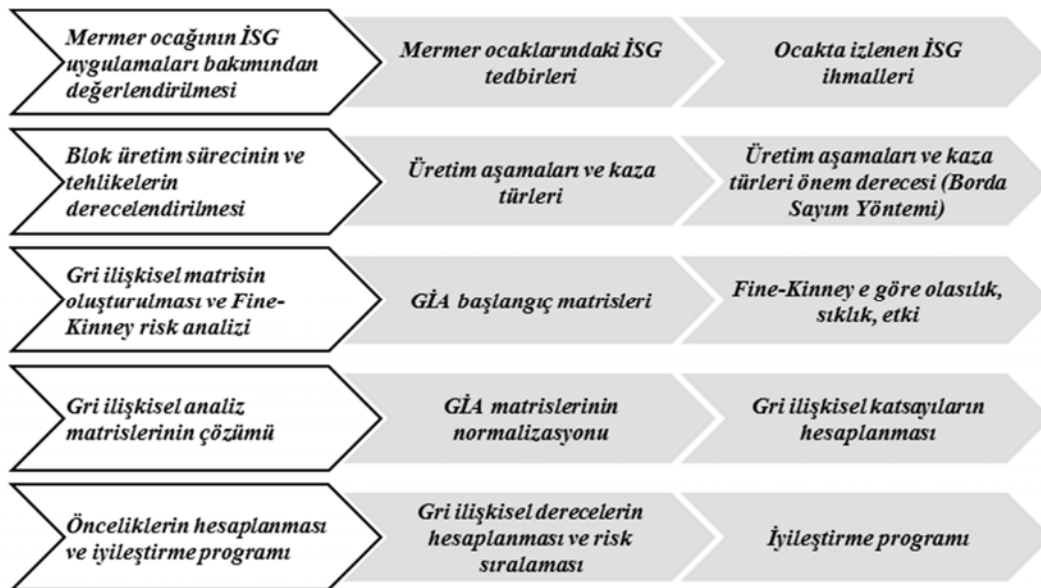
Karar verme problemlerinde referans seri, kriterlerin alması istenen en büyük, en küçük ve en ideal değerler olarak seçilirse, karşılaştırması yapılacak faktör serilerinin referans seriye göre hesaplanacak gri ilişkisel derecesi, kriteri yakalama seviyesinin bir göstergesi olacaktır. Diğer bir deyişle gri ilişkisel derecesi en yüksek olan faktör serisi (alternatif) karar verme probleminde en iyi karar alternatifini gösterecektir [28].

2.3. Yöntem (Method)

Çalışma beş aşamada gerçekleştirilmiş olup izlenen yol Şekil 3 te akış diyagramı halinde verilmiştir.

Birinci aşamada, mermer ocağı İSG uygulamaları bakımından değerlendirilmiş, iş sağlığı ve güvenliği bakımından alınması gereken tedbirler belirlenerek kontrol listeleri oluşturulmuştur.

İkinci aşamada, mermer ocağında uygulanan blok üretim süreci incelenmiş ve hazırlık aşamasından yükleme ve taşıma faaliyetlerine kadar, iş kazası ve meslek hastalığı ile ilgili tehlikeler listelenmiştir. Bu çalışmada üretim süreci, kütlelerin ana kayadan kesilerek ayrılması, blokların ebatlanması ve stok alanına taşınması faaliyetleri olmak üzere 3 ana başlık altında 20 alt faaliyet olarak gruplandırılmıştır. Üretim sürecine bağlı olarak gelişebilecek istenmeyen durumlar ise 4 ana başlık altında 9 u iş kazası 3 ü meslek hastalığı olmak üzere toplam 12 başlıkla sınırlandırılmıştır (Tablo 2). Gözlemler için iki ay süre ile toplam 21 üretim periyodu izlenmiştir. Üretim akışının incelenmesi sırasında, her bir faaliyet için harcanan süre, çalışan işçi sayısı ve kullanılan donanıma bağlı olarak,



Şekil 3. Çalışma aşamalarının şematik olarak gösterimi (Schematic view of the study)

Tablo 2. Mermer blok üretim süreci ve karşılaşılabilecek iş kazaları
(Marble block production process and probable occupational accidents) [1, 29]

ÜRETİM FAALİYETLERİ		
Hazırlık (Delme)	Çalışma alanının temizlenmesi, kesim parametrelerinin belirlenmesi	H1
	Delici makinanın taşınması, kurulması, sökülmesi	H2
	Delme İşlemi (Düşey, yatay)	H3
Üretim (Kesme)	Elmas telin hazırlanması, makinanın bakımı	K1
	Rayların taşınması, döşenmesi, sökülmesi	K2
	Elmas tel kesme makinasının taşınması, kurulması, sökülmesi	K3
	Telin deliklerden geçirilmesi, burulması, eklenmesi	K4
	Su ve elektrik tesisatının taşınması, kurulması, sökülmesi	K5
	Elmas tel kesme makinası ön yükleme faaliyeti	K6
	Elmas tel kesme makinası normal kesme faaliyeti	K7
	Duraklama (Telin kısaltılması, makinanın öne alınması)	K8
	Kesimin sonlandırılması ve telin kayaçtan çıkarılması	K9
Bitirme (Öteleme, Devirme, Ebatlama, Taşıma)	Ayırıcının hazırlanması, taşınması, sökülmesi (Hidrolik kriko, hava-su yastığı, panter)	B1
	Blok önüne pasa dökümü	B2
	Öteleme, dolgu (besleme), devrilme	B3
	Sayalama makinasının hazırlanması, kurulması, sökülmesi	B4
	Yüzey kesimi	B5
	Bloğun yönünün değiştirilmesi (Çevirme-Devirme)	B6
	Bloğun ocak içi nakli, yer değiştirmesi	B7
	Blokların yüklenmesi, tesise nakledilmesi	B8
KAZALAR VE MESLEK HASTALIKLARI		
Düşme	Çalışanın kayarak, takılarak yere düşmesi	P1
	Çalışanın yüksekte düşmesi	P2
	Çalışanın üzerine parça düşmesi	P3
Sıkışma, Çarpma	Çalışanın iki nesne arasında sıkışması	Q1
	Çalışanın sabit bir nesneye çarpması, takılması	Q2
	Çalışanın hareketli bir nesneyle çarpışması	Q3
Delme, Kesme, Şok	Çalışanı bir nesnenin kesmesi, delmesi ya da batması	R1
	Çalışana elektrik çarpması, şok	R2
	Yangın ve patlama, boğulma	R3
Meslek Hastalığı	Çalışanın toz, gürültü ve aşırı ışık etkilerine maruz kalması	W1
	Çalışanın kas ve iskelet sistemini zorlayıcı ya da tekrarlı hareketler yapması	W2
	Çalışanın aşırı sıcak, soğuk ya da kimyasal nesnelere-gazlara maruz kalması	W3

yapılan faaliyetin önemiyle ilgili yaklaşımda bulunulmuştur. Ayrıca ocakta çalışan işçilere, yaşanan kazalarla ilgili olarak verilen listede en istenmeyen (önemli, etkili) 5 kaza türünü işaretlemeleri istenmiş ve işçilerin tercihlerine göre kaza türleri derecelendirilmiştir. Hem faaliyet hem de kaza türünün ağırlıkları Borda sayım yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Borda Sayım yöntemi, Jean-Charles de Borda tarafından geliştirilen, sosyal seçim teorisindeki oylama yöntemlerinden biridir [30]. Modern seçim sistemlerinin gelişiminde önemli payı olan Borda Sayım yöntemi, adayları (alternatifleri), seçmenlerin (karar vericilerin) bireysel tercihlerinin toplamına göre sıralamayı amaçlayan bir tekniktir [31, 32]. Bu yöntemde verilen puan sayısı aday sayısına göre belirlenir. Borda puanı, en çok oy toplayan adaya aday sayısı kadar puan (n), ikinci sıradaki adaya (n-1), en sondaki adaya da 1 puan verilerek hesaplanır [33]. En son

Borda puanların normalleştirilmesi suretiyle ağırlıklar (önem dereceleri) belirlenir. Üçüncü aşamada, belirlenen tehlikelerin gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkacak kayıplar, bir başka ifade ile kazaların etkileri belirlenmiştir. Muhtemel kazaların ve meslek hastalıklarının olma olasılıkları, sıklığı ve etkileri incelenmiş, sonra Fine-Kinney risk analiz yönteminde önerilen skor tabloları kullanılarak sayısallaştırılmıştır. Risklerin belirlenmesi ve sayısallaştırılması aşamasında, ocakta görevli İSG uzmanı, daimi nezaretçi maden mühendisi ve yazarlar tarafından grup kararı alınmış olup risk; Kinney & Wiruth [34] da açıklandığı şekliyle, olasılık, sıklık ve şiddet (etki) parametreleri çarpılarak hesaplanmıştır. Bu yöntemde göre, risk değerinin 20 nin altında olması halinde “Kabul edilebilir, acil tedbir gerekmez”, 400 ün üzerinde olması halinde de “Çok yüksek risk, çalışma durdurularak

tedbir alınmalı” şeklinde yorumlar yapılır. Fine-Kinney risk değerlendirme tabloları Tablo 3 de verilmiştir. Dördüncü aşamada, GIA_K ve GIA_S olmak üzere iki adet GIA karar matrisi oluşturulmuştur. Birinci karar matrisi (GIA_K), kaza türlerini sınıflandırmaya yönelik olduğundan karşılaşılabilecek muhtemel kaza ve meslek hastalıkları “alternatifler”, üretim faaliyetlerinin her bir adımı da “kriterler” olarak seçilmiştir. Matriste, önceki adımda hesaplanan riskler “karar noktaları”, her bir sütundaki en büyük risk “referans küme” olarak değerlendirilmiştir. İkinci GIA karar matrisi (GIA_S) ise üretim sürecinin adımlarını sınıflandırmaya yönelik hazırlanmıştır. Bu matris, üretim faaliyetleri “alternatifler”, muhtemel kaza ve meslek hastalıkları da “kriterler” olacak şekilde, satır-sütun değişimi yapılarak elde edilmiştir. Bu matriste de yine, önceki adımda hesaplanan riskler “karar noktaları” ve her bir sürece karşılık en büyük risk “referans küme” olarak değerlendirilmiştir. Son aşamada, gri ilişkisel katsayılar ve gri ilişkisel dereceler hesaplanarak kaza ve meslek hastalığı türleri ile üretim sürecinin aşamaları önem derecelerine göre sıralanmış ve gri ilişkisel analiz tabloları değerlendirilerek iyileştirme programının ana teması oluşturulmuştur.

3. SONUÇLAR VE GIA YÖNTEMİNİN UYGULANMASI (RESULTS AND APPLICATION OF GRA METHOD)

3.1. Mermer Ocağının İSG Uygulamaları Bakımından Değerlendirilmesi (Evaluation of Marble Quarry in Terms of OHS Applications)

Ocakta yapılan incelemede, çalışanların tamamının iş sağlığı ve güvenliği konusunda eğitim aldıkları, ancak her işçiye kendisine özel gerekli kişisel koruyucu donanımların (toz maskesi, kulaklık, gözlük, çizme, vb.) verilmediği ve ocağın

genelinde bulunması gereken İSG ile ilgili uyarı işaretleri ve tabelaların yeterli olmadığı görülmüştür. Bunun dışında malzeme taşıma işlerinde iş makinelerinden yararlanılmakta bu da taşıma sırasında düzgün olmayan topoğrafya yüzünden çeşitli tehlikelere (malzemenin düşmesi, çarpma vb.) yol açmaktadır. Tesisin enerji tesisatı incelendiğinde, elektrik kablolarının bazılarının yıpranmış olduğu ve bazı bölümlerinin yerle temas ettiği belirlenmiş olup bu durumun özellikle kesme yapılan bölgelerin ıslak olmasından dolayı ciddi kazalara yol açabileceği düşünülmektedir. Üretim kesme aşamasında, elmas telin sıkışması ve kopması riskine karşı makinenin arkasına paravan konmakta, kesme makinası çevresi bazen bantlarla emniyete alınmakta bazen de ihmal edilmektedir. Telin hızlı dönüşü (25-35 m/s) yüzünden kopma sırasında boncukların güvenli sayılan bölge dışına kadar erişebileceği ve yakında çalışanlara zarar verebileceği düşünülmektedir. Bloğun kesimden sonra ötelenmesi ve devrilmesi sırasında bazı işçilerin blok ve ana kaya arasına girerek besleme yaptıkları, basamak üstünde çalışanların da kesme yarığında çok yakın durdukları gözlenmiştir. Bu tarz davranışların yüksekten düşme, sıkışma gibi kazalara neden olacağı ve ölümlerle sonuçlanabileceği açıktır. Aynı hatalı davranışların blokların sayılanması (ebatlanması) aşamasında da yapıldığı görülmüştür. Blokların yüklenmesi sırasında, işçilerin bazıları kamyonun kasasına çıkarak tonlarca ağırlıktaki bloğun yönünü düzeltmeye çalışmakta ve bu sırada sık sık sıkışma ve düşme tehlikesi yaşamaktadırlar. Tüm bunların dışında, sosyal tesisler ve ocak üretim bölgesi arasında işçilerin, yükleyici iş makinasının kovanına bindikleri izlenmiş, operatörün en küçük hatasının bile kazaya neden olabileceği konusunda uyarıda bulunulmuştur. Özetlenen ihmal ve hatalı davranışlarla ilgili bazı görseller Şekil 4 te verilmiştir.

Tablo 3. Fine-Kinney risk değerlendirme tabloları (Fine-Kinney score tables) [34]

SIKLIK	SKOR	ŞİDDET (ETKİ, ZARAR)	SKOR
Sürekli	10	Felaket (Birden çok ölüm, çevre felaketi)	100
Sıklıkla (Günde bir)	6	Çok kötü (Ölüm, iş göremezlik, yüksek çevresel etki)	40
Ara sıra (Haftada bir)	3	Çok ciddi (Uzun kayıp, çevresel etki)	15
Nadir (Ayda bir)	2	Ciddi (Önemli zarar, tedavi, iş günü kaybı)	7
Oldukça nadir (Yılda bir)	1	Önemli (Küçük hasar, ilk yardım, iş günü kaybı)	3
Çok nadir (Birkaç yılda bir)	0.5	Dikkate değer	1
OLASILIK	SKOR	DEĞERLENDİRME	SKOR
Neredeyse kesin	10	Çok yüksek risk, çalışma durdurularak tedbir alınmalı	400<R
Kuvvetle muhtemel	6	Yüksek risk, kısa vadeli eylem planına alınarak giderilmeli	200<R<400
Nadir fakat olabilir	3	Önemli risk, dikkatle izlenmeli, yıllık eylem planına alınarak giderilmeli	70<R<200
Oldukça düşük ihtimal	1	Kesin risk, eylem planına alınmalı	20<R<70
Zayıf ihtimal	0,5	Kabul edilebilir, acil tedbir gerekmez	R<20
Pratik olarak beklenmez	0,2		
Neredeyse imkânsız	0,1	* Risk=Olasılık X Sıklık X Şiddet	



Şekil 4. Gözlenen bazı ihmaller ve hatalı davranışlar (Some observed negligence and failure behaviors)

3.2. Blok Üretim Sürecinin ve Tehlikelerin Derecelendirilmesi

(Grading of the Block Manufacturing Process and Hazards)

Üretim sürecinde her bir aşamada geçen süre, çalışan işçi sayısı ve kullanılan makina ve donanıma ait bilgiler Tablo 4 te verilmiştir. Fine-Kinney skor tabloları kullanılarak, 21 gözlem sonucunda elde edilen İSG risk puanlarının ortalamaları da Tablo 5 de verilmiştir.

Kazaların risklerine göre sıralanmasına yönelik hazırlanan GİAÇ matrisinin çözümüne geçmeden önce, kriter olarak değerlendirilen her bir kaza türünün ve üretim sürecinin

risklerine göre ağırlıkları hesaplanmıştır. Ağırlık hesaplamalarında, Borda sayım yöntemi uygulanmıştır.

Bu çalışmada, kriter ağırlıklarına etki eden faktörler, sürecin o adımı için harcanan süre, çalışan işçi sayısı ve kullanılan makina ve donanımları ile işçilerin kazalara karşı duyarlılığıdır. Burada faaliyet süresi ve işçinin farkındalığı (duyarlılığı), kazanın gerçekleşme olasılığını etkilerken o faaliyet için çalışan işçi sayısı da kazanın şiddetini etkileyen bir unsurdur. Faaliyet için kullanılan makina ve donanım ise hasarın mali boyutu etkileyen unsurlardandır. Borda sayım yöntemine göre hesaplanan kriter ağırlıkları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 4. Mermer blok üretim aşamaları, kullanılan makineler, çalışma süresi ve çalışan sayısı
(The stages of marble block excavation, machines, working hours and number of workers)

Üretim Süreci		Kullanılan Makina	Çalışma Süresi (dk)	Çalışan İşçi Sayısı	
Hazırlık (Delme)	Çalışma alanının temizlenmesi, kesim parametrelerinin belirlenmesi	H1	İş makinası	15,775	3
	Delici makinanın taşınması, kurulması, sökülmesi	H2	İş makinası ve Delici	19,75	3
	Delme İşlemi (Düşey, yatay)	H3	Delici	195,5	1
Üretim (Kesme)	Elmas telin hazırlanması, makinanın bakımı	K1	-	11,247	2
	Rayların taşınması, döşenmesi, sökülmesi	K2	İş makinası	13,72	3
	Elmas tel kesme makinasının taşınması, kurulması, sökülmesi	K3	İş makinası ve Elmas tel kesme makinası	14,95	3
	Telin deliklerden geçirilmesi, burulması, eklenmesi	K4	-	12,8	2
	Su ve elektrik tesisatının taşınması, kurulması, sökülmesi	K5	İş makinası	4,765	2
	Elmas tel kesme makinası ön yükleme faaliyeti	K6	Elmas tel kesme makinası	3,375	1
	Elmas tel kesme makinası normal kesme faaliyeti	K7	Elmas tel kesme makinası	1165,725	1
	Duraklama (Telin kısaltılması, makinanın öne alınması)	K8	Elmas tel kesme makinası	4,045	2
	Kesimin sonlandırılması ve telin kayaktan çıkarılması	K9	Elmas tel kesme makinası	3,1125	2
Bitirme (Öteleme, Devirme, Ebatlama, Taşıma)	Ayırıcının hazırlanması, taşınması, sökülmesi (Hidrolik kriko, hava-su yastığı, panter)	B1	İş makinası ve Hidrolik kriko	4,9675	3
	Blok önüne pasa dökümü	B2	İş makinası	5,35	2
	Öteleme, dolgu (besleme), devrilme	B3	İş makinası ve Hidrolik kriko	15,015	2
	Sayalama makinasının hazırlanması, kurulması, sökülmesi	B4	İş makinası ve Elmas tel sayalama makinası	14,495	2
	Yüzey kesimi	B5	Elmas tel sayalama makinası	43,75	1
	Bloğun yönünün değiştirilmesi (Çevirme-Devirme)	B6	İş makinası	5,74	2
	Bloğun ocak içi nakli, yer değiştirmesi	B7	İş makinası	5,7475	2
	Blokların yüklenmesi, tesise nakledilmesi	B8	İş makinası ve Kamyon	60,35	2

Tablo 5. Tehlikeli durum ve davranışların Fine-Kinney skor tablosuna göre sayısallaştırılması
(Digitization of hazardous situation and behaviors according to Fine-Kinney score tables)

Gözlem sayısı: 21 $X=X_{ij}/21$	Üretim Süreci																				
	H1	H2	H3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
P1	O	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	
	S	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	1,5	0,6	0,5	0,6	0,5	1,2
	E	1,4	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,8	1,0	4,9	1,2	1,0	1,3	1,0	3,7
P2	O	0,4	0,4	0,6	0,3	0,3	0,2	0,7	0,5	0,2	0,2	0,3	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
	S	4,5	6,0	5,2	2,2	1,9	0,5	6,7	6,6	0,5	3,8	2,4	7,1	5,3	2,7	4,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,2
	E	28,1	40,0	34,2	12,7	10,8	1,0	45,4	40,0	1,0	14,7	14,7	33,8	28,8	16,6	36,6	1,0	1,0	1,0	1,0	3,7
P3	O	0,5	0,4	0,6	0,2	0,3	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
	S	3,5	4,8	4,9	3,4	2,4	1,9	8,6	3,3	3,8	4,8	4,7	7,8	1,1	7,6	7,7	0,6	0,5	1,0	0,8	0,5
	E	21,5	31,0	31,4	18,6	14,7	6,9	40,0	16,6	14,7	18,6	20,5	40,0	4,9	36,8	38,1	1,7	1,0	3,0	3,0	1,0
Q1	O	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	2,8	0,4	0,4	3,2	0,2	0,2
	S	0,6	0,6	0,6	0,5	0,8	0,8	0,5	1,4	0,5	0,5	1,0	1,0	0,7	1,6	7,4	2,2	2,4	4,4	2,2	1,9
	E	1,3	1,2	1,2	1,0	2,4	2,4	1,1	5,9	1,0	1,0	3,4	3,4	1,9	7,3	29,7	10,2	12,6	12,2	11,0	8,7
Q2	O	0,3	0,6	0,4	0,2	0,3	0,3	0,2	0,5	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2
	S	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6
	E	1,2	1,4	1,3	1,1	1,7	1,3	1,7	1,9	1,0	1,1	1,3	1,3	2,1	1,7	3,0	1,0	1,7	1,7	1,8	1,7
Q3	O	0,3	3,9	0,3	0,2	0,3	2,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,5	3,8	0,2	0,7	0,7	0,7
	S	3,2	1,9	0,6	0,9	2,0	2,8	0,6	2,5	0,5	2,2	1,1	1,1	1,7	4,3	4,9	3,3	3,7	3,9	3,9	2,8
	E	18,6	8,7	1,4	3,1	8,8	15,4	1,3	12,1	1,0	8,8	3,2	3,2	7,2	26,0	31,9	18,5	21,1	22,1	22,1	13,7
R1	O	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	4,2	0,6	3,5	0,2	0,2	0,2	0,2	2,6	0,2	0,2	0,3
	S	1,1	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	5,4	6,0	1,6	3,5	0,8	0,6	0,6	0,8	5,4	4,2	3,0	3,1
	E	3,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	35,1	40,0	7,3	18,8	2,4	1,7	1,7	2,4	35,0	25,2	18,3	18,6
R2	O	0,2	0,5	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	S	5,0	5,4	4,1	8,6	5,3	9,5	9,5	9,5	10,0	10,0	9,5	7,2	1,5	4,8	5,3	10,0	10,0	10,0	1,0	1,0
	E	31,3	35,0	23,8	34,2	20,5	38,1	38,1	38,1	40,0	40,0	38,1	28,3	4,9	18,6	20,5	40,0	40,0	40,0	3,0	3,1
R3	O	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,5	0,3	0,2	0,7	0,7	0,7
	S	0,8	0,8	1,3	0,7	0,7	0,5	1,3	1,1	0,5	0,5	0,7	1,1	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	E	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
W1	O	5,0	5,4	4,1	7,8	8,4	6,8	6,8	8,5	6,4	9,2	7,2	7,4	6,5	9,0	7,4	7,0	8,6	7,0	7,0	4,3
	S	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,9	0,6	0,7	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,9	1,0	0,6	0,5	1,3	1,3	1,4
	E	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,3	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
W2	O	1,2	5,4	3,2	3,2	10,0	10,0	9,0	4,1	3,1	1,2	7,6	7,7	10,0	1,2	1,2	10,0	4,6	6,1	1,2	1,2
	S	0,5	0,9	0,7	0,7	0,9	1,1	1,2	1,0	0,6	0,8	0,9	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5
	E	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,0	1,0	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
W3	O	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,7	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,3
	S	1,0	0,8	1,3	0,6	0,6	0,5	1,2	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	E	1,4	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,8	1,0	4,9	1,2	1,0	1,3	1,0	3,7

* P, Q, R, W: Kaza türleri; H, K, B: Üretim süreçleri; O: Olasılık; S: Sıklık; E: Etki, şiddet

Tablo 6. Borda sayım yöntemi ile kriter ağırlıklarının hesaplanması (Calculation of criteria weights by Borda count method)

Süreç	Çalışma süresi			Çalışan sayısı			Kullanılan donanım			Borda Puan	Borda Sıra	Normalize Edilmiş Borda				
	Değer (dk)	Normalizasyon	Sıra	Değer (kişi)	Normalizasyon	Sıra	Değer (Mak)	Değer	Normalizasyon				Sıra	Borda Puan		
H1	18,00	0,01	6	15	3	0,07	1	17	İm,	10	0,05	7	13	45	4	0,07
H2	32,00	0,02	5	16	3	0,07	1	17	İm,+ Dl,	14	0,08	4	16	49	1	0,08
H3	188,00	0,11	2	19	1	0,02	17	1	Dl,	4	0,02	18	2	22	17	0,03
K1	8,15	0,00	11	10	2	0,05	6	12	İg,	0	0,00	19	1	23	16	0,04
K2	6,00	0,00	12	9	3	0,07	1	17	İm,	10	0,05	7	13	39	7	0,06
K3	10,00	0,01	10	11	3	0,07	1	17	İm,+ Etk	16	0,09	2	18	46	3	0,07
K4	14,00	0,01	8	13	2	0,05	6	12	İg,	0	0,00	19	1	26	14	0,04
K5	5,00	0,00	14	7	2	0,05	6	12	İm,	10	0,05	7	13	32	10	0,05
K6	2,00	0,00	20	1	1	0,02	17	1	Etk,	6	0,03	13	7	9	20	0,01
K7	1260,00	0,75	1	20	1	0,02	17	1	Etk,	6	0,03	13	7	28	13	0,04
K8	4,00	0,00	15	6	2	0,05	6	12	Etk,	6	0,03	13	7	25	15	0,04
K9	3,00	0,00	18	3	2	0,05	6	12	Etk,	6	0,03	13	7	22	17	0,03
B1	2,50	0,00	19	2	3	0,07	1	17	İm,+ Hk	13	0,07	5	15	34	8	0,05
B2	4,00	0,00	15	6	2	0,05	6	12	İm,	10	0,05	7	13	31	11	0,05
B3	16,20	0,01	7	14	2	0,05	6	12	İm,+ Hk,	13	0,07	5	15	41	5	0,06
B4	11,00	0,01	9	12	2	0,05	6	12	İm,+ Ets,	15	0,08	3	17	41	5	0,06
B5	35,00	0,02	4	17	1	0,02	17	1	Ets,	5	0,03	17	3	21	19	0,03
B6	4,00	0,00	15	6	2	0,05	6	12	İm,	10	0,05	7	13	31	11	0,05
B7	6,00	0,00	12	9	2	0,05	6	12	İm,	10	0,05	7	13	34	8	0,05
B8	62,00	0,04	3	18	2	0,05	6	12	İm,+ Km,	18	0,10	1	19	49	1	0,08

Kaza Türü	Değer (Tercih Edilme)	Normalizasyon	Sıra	Borda Puan	Normalize Edilmiş Borda Puan (w)
P1	1	0,02	10	1	0,02
P2	10	0,17	1	10	0,16
P3	7	0,12	3	8	0,13
Q1	7	0,12	3	8	0,13
Q2	1	0,02	10	1	0,02
Q3	5	0,08	7	4	0,06
R1	7	0,12	3	8	0,13
R2	9	0,15	2	9	0,14
R3	7	0,12	3	8	0,13
W1	3	0,05	8	3	0,05
W2	2	0,03	9	2	0,03
W3	1	0,02	10	1	0,02

* İm: Kazıcı ve/veya yükleyici makina; Km.: Kamyon; Etk: Elmas tel kesme makinası; Ets: Elmas tel ebatlama makinası; Hk.: Ayırıcı makina; Dl.: Delici; İg: İş gücü, işçi

3.3. Gri İlişkisel Matrisin Oluşturulması ve Fine-Kinney Risk Analizi (Creation of Gray Relational Matrix and Fine-Kinney Risk Analysis)

Gri ilişkisel matrislerin elemanları, Fine-Kinney yöntemine göre; olasılık, şiddet ve etki değerlerinin çarpılması sonucunda elde edilmiştir. Birinci gri ilişkisel matriste (GİA_K) kaza türleri alternatif, üretim süreçleri kriter olarak

değerlendirilmiştir (Tablo 7). İkinci gri ilişkisel matriste (GİA_S) ise, öncekinin tersi, yani üretim süreçleri alternatif, kaza türleri de kriter olarak ele alınmıştır (Tablo 8). İSG risk analizlerinde öncelikli hedef en büyük riskin belirlenmesi olduğundan matrislerdeki her bir sütunun en büyük elemanı, referans seri olarak seçilmiştir. Bu çalışmada, GİA sıralamasında en riskli olan süreç ya da kaza türünün arandığından hareketle, hesaplanacak gri ilişkisel derecesi

Tablo 7. Başlangıç matrisi ve referans seri, GIA_K (Beginning matrix and reference series, GRA_K)

GIA_K	KRİTERLER (SÜREÇ)																			
	H1	H2	H3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Referans seri	47,60	91,20	108,69	93,71	21,53	95,73	204,68	177,59	92,00	996,00	72,49	223,17	55,09	93,38	614,35	228,94	491,40	168,13	56,16	25,66
P1	0,18	0,38	0,28	0,14	0,21	0,26	0,29	0,24	0,12	0,18	0,25	0,14	0,29	0,18	1,81	0,18	0,15	0,22	0,13	0,93
P2	47,60	91,20	108,69	7,65	6,05	0,10	199,76	134,64	0,10	11,21	10,84	120,16	55,09	8,96	29,79	0,10	0,10	0,10	0,10	0,87
P3	36,50	55,71	97,31	14,40	9,24	2,64	204,68	11,78	12,05	17,72	27,64	62,40	1,03	93,38	67,61	0,21	0,10	0,58	0,46	0,10
ALTERNATİFLER (KAZA TÜRÜ)	Q1	0,15	0,13	0,13	0,10	0,36	0,12	1,99	0,10	0,10	0,74	0,69	0,28	2,37	614,35	8,77	13,14	168,13	5,60	3,26
	Q2	0,20	0,53	0,33	0,14	0,32	0,28	0,65	0,12	0,18	0,26	0,18	0,44	0,31	0,63	0,22	0,45	0,42	0,27	0,24
	Q3	15,23	65,32	0,22	0,62	4,58	95,73	0,18	8,86	0,10	0,67	0,67	2,38	46,13	76,86	228,94	15,40	56,16	56,16	25,66
	R1	0,75	0,17	0,10	0,10	0,10	0,13	0,10	0,10	0,10	0,64	223,17	0,38	0,21	0,21	0,41	491,40	25,73	13,56	15,86
	R2	30,94	90,72	56,27	93,71	21,53	72,49	72,49	177,59	92,00	72,49	40,47	1,42	17,72	21,53	80,00	80,00	80,00	0,58	0,61
	R3	0,28	0,23	0,33	0,15	0,18	0,20	0,32	0,31	0,10	0,15	0,14	0,21	0,19	0,32	0,14	0,10	0,33	0,33	0,34
	W1	2,97	3,51	2,43	4,29	5,04	5,78	3,91	5,53	3,20	5,98	3,60	3,70	3,25	10,24	9,62	4,38	9,28	9,28	5,85
	W2	0,76	5,51	2,35	2,52	9,63	10,75	10,80	5,22	1,73	0,91	6,88	4,78	5,50	0,91	0,71	6,25	3,11	3,95	0,71
	W3	0,27	0,24	0,39	0,11	0,12	0,10	0,25	0,11	0,24	0,34	0,40	0,12	0,18	0,15	0,54	0,14	0,22	0,16	0,12

büyük olan süreç ya da kaza türünün ön plana çıkması amaçlanmıştır. Bu yüzden normalizasyonda “daha büyük daha iyi” tanımlamasını sağlayan Eş. 1 den yararlanılmıştır. Analizin iyimser bir yaklaşımla “en güvenli süreç ya da hata türünün” belirlenmesi doğrultusunda kurgulanması durumunda risk, “daha küçük daha iyi” şeklinde değerlendirilmeli dolayısıyla Eş. 2 den yararlanılmalıdır. Bu durumda referans seri oluşturulurken matrislerdeki her bir sütunun en küçük elemanı tercih edilmelidir. İSG risk analizlerinde kabul edilebilir bir risk düzeyi belirlenerek bu değer altındaki bölgeler kapsam dışında tutulabilir. Ancak GIA yönteminde Eş. 3 de verilen “ideal değer daha iyi” tanımlaması bu yaklaşım için kullanılamaz. Çünkü sıralamada, referans seride belirtilen ideal değere (kabul edilebilir risk düzeyi) en yakın riskler ön plana çıkacaktır.

Bu durumda maksimum ve/veya minimum risk değerleri son sıralarda yer alırken, ideal değere en yakın olan kabul edilebilir risk düzeyinden düşük ve/veya yüksek olan bölgeler ilk sıralarda yer alacak ve en riskli ya da en güvenli alanlar belirlenemeyecektir. Kazaların sıralanmasına yönelik hazırlanan başlangıç matrisleri ve referans serileri Tablo 7 ve Tablo 8 de verilmiştir.

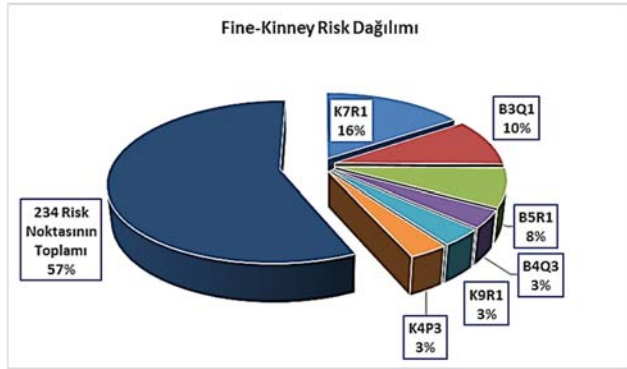
Tablo 7 ve Tablo 8, Fine-Kinney risk değerlendirme sonuçlarının toplu özeti niteliğindedir, Tablolar incelendiğinde, skoru 400 üzeri olan ve yönleme göre “çalışmanın durdurularak tedbir alınması gerektiğinin” önerildiği 3 risk bölgesi olduğu görülmektedir, Bunlar K7R1 (Elmas tel kesme makinası normal kesme faaliyeti sırasında Çalışanı bir nesnenin kesmesi, delmesi ya da batması), B3Q1 (Öteleme, dolgu (besleme), devrilme sırasında Çalışanın iki nesne arasında sıkışması) ve B5R1 (Yüzey kesimi sırasında Çalışanı bir nesnenin kesmesi, delmesi ya da batması) no lu risk noktalarıdır,

Risk skoru 200-400 arasında olan ve yüksek risk grubunda kısa vadeli eylem planına alınması gereken 3 önemli risk bölgesi de, B4Q3 (Sayalama makinasının hazırlanması, kurulması, sökülmesi sırasında Çalışanın hareketli bir nesneyle çarpışması), K9R1 (Kesimin sonlandırılması ve telin kayaçtan çıkarılması sırasında Çalışanı bir nesnenin kesmesi, delmesi ya da batması) ve K4P3 (Telin deliklerden geçirilmesi, burulması, eklenmesi sırasında Çalışanın üzerine parça düşmesi) no lu risk noktalarıdır, Bunun dışında risk skoru 70-200 arasında olan ve yıllık eylem planına

Tablo 8. Başlangıç matrisi ve referans seri, GİAs (Beginning matrix and reference series, GRAs)

GİAs	KRİTERLER (KAZA TÜRÜ)												
	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3	R1	R2	R3	W1	W2	W3	
Referans seri	1,81	199,76	204,68	614,35	0,65	228,94	996,00	177,59	0,34	10,24	10,80	0,54	
ALTERNATİFLER (SÜREÇ)	H1	0,18	47,60	36,50	0,15	0,20	15,23	0,75	30,94	0,28	2,97	0,76	0,27
	H2	0,38	91,20	55,71	0,13	0,53	65,32	0,17	90,72	0,23	3,51	5,51	0,24
	H3	0,28	108,69	97,31	0,13	0,33	0,22	0,10	56,27	0,33	2,43	2,35	0,39
	K1	0,14	7,65	14,40	0,10	0,14	0,62	0,10	93,71	0,15	4,29	2,52	0,11
	K2	0,21	6,05	9,24	0,36	0,32	4,58	0,10	21,53	0,18	5,04	9,63	0,12
	K3	0,26	0,10	2,64	0,36	0,24	95,73	0,13	72,49	0,20	5,78	10,75	0,10
	K4	0,29	199,76	204,68	0,12	0,28	0,18	0,10	72,49	0,32	3,91	10,80	0,25
	K5	0,24	134,64	11,78	1,99	0,65	8,86	0,10	177,59	0,31	5,53	5,22	0,11
	K6	0,12	0,10	12,05	0,10	0,12	0,10	86,12	92,00	0,10	3,20	1,73	0,24
	K7	0,18	11,21	17,72	0,10	0,18	5,49	996,00	134,00	0,15	5,98	0,91	0,34
	K8	0,25	10,84	27,64	0,74	0,26	0,67	6,64	72,49	0,14	3,60	6,88	0,40
	K9	0,14	120,16	62,40	0,69	0,18	0,67	223,17	40,47	0,21	3,70	4,78	0,12
	B1	0,29	55,09	1,03	0,28	0,44	2,38	0,38	1,42	0,19	3,25	5,50	0,18
	B2	0,18	8,96	93,38	2,37	0,31	46,13	0,21	17,72	0,21	10,24	0,91	0,15
	B3	1,81	29,79	67,61	614,35	0,63	76,86	0,21	21,53	0,32	9,62	0,71	0,54
	B4	0,18	0,10	0,21	8,77	0,22	228,94	0,41	80,00	0,14	4,38	6,25	0,14
B5	0,15	0,10	0,10	13,14	0,45	15,40	491,40	80,00	0,10	4,30	3,11	0,22	
B6	0,22	0,10	0,58	168,13	0,42	56,16	25,73	80,00	0,33	9,28	3,95	0,16	
B7	0,13	0,10	0,46	5,60	0,27	56,16	13,56	0,58	0,33	9,28	0,71	0,12	
B8	0,93	0,87	0,10	3,26	0,24	25,66	15,86	0,61	0,34	5,85	0,62	0,51	

alınması gereken 22 risk noktası ve skoru 70 in altında olan izlenmesi veya eylem planına alınması tavsiye edilen ya da kabul edilebilir sınırlar içinde tutulan 212 risk noktası tespit edilmiştir. Buna göre öncelikle iyileştirilmesi gereken 6 risk bölgesi olduğu söylenebilir (Şekil 5),



Şekil 5. Fine-Kinney risk dağılımı
(Risk distribution of Fine-Kinney)

3.4. Gri İlişkisel Analiz Matrislerinin Çözümü (Solution of Gray Relational Analysis Matrices)

GİA çözümünde referans serinin belirlenmesi ve başlangıç matrisinin oluşturulmasından sonra, normalleştirme işlemi yapılır. Normalize edilmiş GİA matrisleri Tablo 9 da verilmiştir,

Normalizasyon işleminden sonra, her bir matris elemanının referans seriye uzaklığını belirlemek üzere uzaklık matrisleri oluşturulmuştur. Uzaklık matrisinin elemanları Eş. 5

yardımıyla hesaplanmış olup sonuçlar Tablo 10 da verilmiştir. Gri ilişkisel katsayıların hesaplanmasında Eş. 8 kullanılmıştır. Formüle en büyük ve en küçük fark aralığını ayarlamak için kullanılan ξ değeri, diğer bir çok çalışmadaki gibi 0,5 alınmıştır. Sonuçlar Tablo 11 de verilmiştir,

3.5. Önceliklerin Hesaplanması ve İyileştirme Programı (Priority Calculation and Improvement Program)

Gri ilişkisel matrisin çözümünde son aşama, gri ilişkisel katsayıların kriter ağırlıkları (Tablo 6) ile çarpılarak satırların toplanması ve sonuç olarak gri ilişkisel derecelerin hesaplanmasıdır. Hesaplama Eş. 10 dan yararlanılmıştır. En son kaza türleri ve süreçler (alternatifler), gri ilişkisel derecesi büyük olandan itibaren sıralanmış, sonuçlar Tablo 12 de verilmiştir,

Tablo 12 ye göre, kaza türlerinden en riskli olan ilk beşi, R2 (Çalışana elektrik çarpması), Q3 (Çalışanın hareketli bir nesne ile çarpışması), P2 (Çalışanın yüksekte düşmesi), P3 (Çalışanın üzerine parça düşmesi) ve R1 (Çalışanı bir nesnenin kesmesi, delmesi ya da batması) türündeki kazalardır. Ayrıca üretim sürecinden ilk sıralarda K4 (Telin deliklerden geçirilmesi, burulması, eklenmesi), B3 (Öteleme, dolgu, devrilme), K5 (Su ve elektrik tesisatının taşınması, kurulması, sökülmesi), K7 (Elmas tel kesme makinası normal kesme faaliyeti) ve H3 (Delme işlemi) faaliyetlerinde kaza riskinin yüksek olduğu görülmektedir. Ocakta gerçekleşmesi muhtemel iş kazalarının ve meslek hastalıklarının azaltılması için hazırlanacak iyileştirme programında öncelikle ilk sıralardaki kaza ve üretim süreçlerinin ele alınması, izlenmesi gerekir,

Tablo 9. Normalize edilmiş GİA matrisleri (Normalized GRA matrixes)

GIAs	H1	H2	H3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Ref,	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
P2	1,00	1,00	0,08	0,28	0,00	0,98	0,76	0,00	0,01	0,15	0,54	1,00	0,09	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
P3	0,77	0,61	0,90	0,15	0,43	0,03	1,00	0,07	0,13	0,02	0,38	0,28	0,02	1,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Q1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	1,00	0,04	0,03	1,00	0,10	0,12
Q2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Q3	0,32	0,72	0,00	0,01	0,21	1,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,01	0,00	0,04	0,49	0,12	1,00	0,03	0,33	1,00	1,00
R1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	1,00	0,09	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,15	0,24	0,62	
R2	0,65	0,99	0,52	1,00	1,00	0,76	0,35	1,00	1,00	0,13	1,00	0,18	0,02	0,19	0,03	0,35	0,16	0,48	0,01	0,02
R3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
W1	0,06	0,04	0,02	0,04	0,23	0,06	0,02	0,03	0,03	0,01	0,05	0,02	0,06	0,11	0,02	0,02	0,01	0,05	0,16	0,22
W2	0,01	0,06	0,02	0,03	0,44	0,11	0,05	0,03	0,02	0,00	0,09	0,02	0,10	0,01	0,00	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02
W3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
GIAs	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3	R1	R2	R3	W1	W2	W3								
Ref,	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00								
H1	0,04	0,24	0,18	0,00	0,15	0,07	0,00	0,17	0,75	0,07	0,01	0,39								
H2	0,16	0,46	0,27	0,00	0,77	0,28	0,00	0,51	0,56	0,14	0,48	0,32								
H3	0,10	0,54	0,48	0,00	0,40	0,00	0,00	0,31	0,95	0,00	0,17	0,66								
K1	0,01	0,04	0,07	0,00	0,04	0,00	0,00	0,53	0,21	0,24	0,19	0,02								
K2	0,06	0,03	0,04	0,00	0,37	0,02	0,00	0,12	0,32	0,33	0,88	0,05								
K3	0,09	0,00	0,01	0,00	0,22	0,42	0,00	0,41	0,42	0,43	1,00	0,00								
K4	0,10	1,00	1,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,41	0,92	0,19	1,00	0,33								
K5	0,07	0,67	0,06	0,00	1,00	0,04	0,00	1,00	0,89	0,40	0,45	0,01								
K6	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,09	0,52	0,00	0,10	0,11	0,32								
K7	0,04	0,06	0,09	0,00	0,10	0,02	1,00	0,75	0,19	0,45	0,03	0,55								
K8	0,08	0,05	0,13	0,00	0,27	0,00	0,01	0,41	0,15	0,15	0,61	0,68								
K9	0,01	0,60	0,30	0,00	0,12	0,00	0,22	0,23	0,46	0,16	0,41	0,05								
B1	0,10	0,28	0,00	0,00	0,61	0,01	0,00	0,00	0,36	0,11	0,48	0,18								
B2	0,04	0,04	0,46	0,00	0,35	0,20	0,00	0,10	0,45	1,00	0,03	0,10								
B3	1,00	0,15	0,33	1,00	0,96	0,34	0,00	0,12	0,92	0,92	0,01	1,00								
B4	0,04	0,00	0,00	0,01	0,19	1,00	0,00	0,45	0,16	0,25	0,55	0,09								
B5	0,02	0,00	0,00	0,02	0,63	0,07	0,49	0,45	0,00	0,24	0,24	0,27								
B6	0,06	0,00	0,00	0,27	0,57	0,24	0,03	0,45	0,97	0,88	0,33	0,13								
B7	0,01	0,00	0,00	0,01	0,28	0,24	0,01	0,00	0,97	0,88	0,01	0,05								
B8	0,48	0,00	0,00	0,01	0,23	0,11	0,02	0,00	1,00	0,44	0,00	0,93								

Tablo 10. Uzaklık (Mutlak değer) matrisleri (Distance matrixes)

GIA _K	H1	H2	H3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
P1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97
P2	0,00	0,00	0,00	0,92	0,72	1,00	0,02	0,24	1,00	0,99	0,85	0,46	0,00	0,91	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97
P3	0,23	0,39	0,10	0,85	0,57	0,97	0,00	0,93	0,87	0,98	0,62	0,72	0,98	0,00	0,89	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
Q1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,98	0,00	0,96	0,97	0,00	0,90	0,88
Q2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
Q3	0,68	0,28	1,00	0,99	0,79	0,00	1,00	0,95	1,00	0,99	0,99	1,00	0,96	0,51	0,88	0,00	0,97	0,67	0,00	0,00
R1	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,06	0,00	0,91	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,85	0,76	0,38
R2	0,35	0,01	0,48	0,00	0,00	0,24	0,65	0,00	0,00	0,87	0,00	0,82	0,98	0,81	0,97	0,65	0,84	0,52	0,99	0,98
R3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
W1	0,94	0,96	0,98	0,96	0,77	0,94	0,98	0,97	0,97	0,99	0,95	0,98	0,94	0,89	0,98	0,98	0,99	0,95	0,84	0,78
W2	0,99	0,94	0,98	0,97	0,56	0,89	0,95	0,97	0,98	1,00	0,91	0,98	0,90	0,99	1,00	0,97	0,99	0,98	0,99	0,98
W3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98
GIA _s	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3	R1	R2	R3	W1	W2	W3								
H1	0,96	0,76	0,82	1,00	0,85	0,93	1,00	0,83	0,25	0,93	0,99	0,61								
H2	0,84	0,54	0,73	1,00	0,23	0,72	1,00	0,49	0,44	0,86	0,52	0,68								
H3	0,90	0,46	0,52	1,00	0,60	1,00	1,00	0,69	0,05	1,00	0,83	0,34								
K1	0,99	0,96	0,93	1,00	0,96	1,00	1,00	0,47	0,79	0,76	0,81	0,98								
K2	0,94	0,97	0,96	1,00	0,63	0,98	1,00	0,88	0,68	0,67	0,12	0,95								
K3	0,91	1,00	0,99	1,00	0,78	0,58	1,00	0,59	0,58	0,57	0,00	1,00								
K4	0,90	0,00	0,00	1,00	0,70	1,00	1,00	0,59	0,08	0,81	0,00	0,67								
K5	0,93	0,33	0,94	1,00	0,00	0,96	1,00	0,00	0,11	0,60	0,55	0,99								
K6	1,00	1,00	0,94	1,00	1,00	1,00	0,91	0,48	1,00	0,90	0,89	0,68								
K7	0,96	0,94	0,91	1,00	0,90	0,98	0,00	0,25	0,81	0,55	0,97	0,45								
K8	0,92	0,95	0,87	1,00	0,73	1,00	0,99	0,59	0,85	0,85	0,39	0,32								
K9	0,99	0,40	0,70	1,00	0,88	1,00	0,78	0,77	0,54	0,84	0,59	0,95								
B1	0,90	0,72	1,00	1,00	0,39	0,99	1,00	1,00	0,64	0,89	0,52	0,82								
B2	0,96	0,96	0,54	1,00	0,65	0,80	1,00	0,90	0,55	0,00	0,97	0,90								
B3	0,00	0,85	0,67	0,00	0,04	0,66	1,00	0,88	0,08	0,08	0,99	0,00								
B4	0,96	1,00	1,00	0,99	0,81	0,00	1,00	0,55	0,84	0,75	0,45	0,91								
B5	0,98	1,00	1,00	0,98	0,37	0,93	0,51	0,55	1,00	0,76	0,76	0,73								
B6	0,94	1,00	1,00	0,73	0,43	0,76	0,97	0,55	0,03	0,12	0,67	0,87								
B7	0,99	1,00	1,00	0,99	0,72	0,76	0,99	1,00	0,03	0,12	0,99	0,95								
B8	0,52	1,00	1,00	0,99	0,77	0,89	0,98	1,00	0,00	0,56	1,00	0,07								

Tablo 11. Gri ilişkisel katsayılar (Grey relation coefficients)

GI _{A_k}	H1	H2	H3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
w	0,07	0,08	0,03	0,04	0,06	0,07	0,04	0,05	0,01	0,04	0,04	0,03	0,05	0,05	0,06	0,06	0,03	0,05	0,05	0,08
P1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,34
P2	1,00	1,00	1,00	0,35	0,41	0,33	0,95	0,67	0,33	0,34	0,37	0,52	1,00	0,36	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,34
P3	0,68	0,56	0,83	0,37	0,47	0,34	1,00	0,35	0,36	0,34	0,45	0,41	0,34	1,00	0,36	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Q1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,34	0,33	0,33	0,34	0,33	0,33	0,34	0,33	0,33	0,34	1,00	0,34	0,34	1,00	0,36	0,36
Q2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Q3	0,42	0,64	0,33	0,33	0,39	1,00	0,33	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,34	0,50	0,36	1,00	0,34	0,43	1,00	1,00
R1	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,89	1,00	0,35	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	0,37	0,40	0,57
R2	0,59	0,99	0,51	1,00	1,00	0,67	0,44	1,00	1,00	0,37	1,00	0,38	0,34	0,38	0,34	0,43	0,37	0,49	0,34	0,34
R3	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,34
W1	0,35	0,34	0,34	0,34	0,39	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	0,34	0,34	0,35	0,36	0,34	0,34	0,34	0,35	0,37	0,39
W2	0,34	0,35	0,34	0,34	0,47	0,36	0,35	0,34	0,34	0,33	0,36	0,34	0,36	0,34	0,33	0,34	0,33	0,34	0,34	0,34
W3	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,34
GI _{AS}	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3	R1	R2	R3	W1	W2	W3								
w	0,02	0,16	0,13	0,13	0,02	0,06	0,13	0,14	0,13	0,05	0,03	0,02								
H1	0,34	0,40	0,38	0,33	0,37	0,35	0,33	0,38	0,67	0,35	0,34	0,45								
H2	0,37	0,48	0,41	0,33	0,69	0,41	0,33	0,50	0,53	0,37	0,49	0,42								
H3	0,36	0,52	0,49	0,33	0,45	0,33	0,33	0,42	0,90	0,33	0,38	0,60								
K1	0,34	0,34	0,35	0,33	0,34	0,33	0,33	0,51	0,39	0,40	0,38	0,34								
K2	0,35	0,34	0,34	0,33	0,44	0,34	0,33	0,36	0,42	0,43	0,81	0,34								
K3	0,35	0,33	0,34	0,33	0,39	0,46	0,33	0,46	0,46	0,47	0,99	0,33								
K4	0,36	1,00	1,00	0,33	0,42	0,33	0,33	0,46	0,86	0,38	1,00	0,43								
K5	0,35	0,61	0,35	0,33	1,00	0,34	0,33	1,00	0,82	0,45	0,48	0,34								
K6	0,33	0,33	0,35	0,33	0,33	0,33	0,35	0,51	0,33	0,36	0,36	0,42								
K7	0,34	0,35	0,35	0,33	0,36	0,34	1,00	0,67	0,38	0,48	0,34	0,52								
K8	0,35	0,35	0,37	0,33	0,40	0,33	0,33	0,46	0,37	0,37	0,56	0,61								
K9	0,34	0,56	0,42	0,33	0,36	0,33	0,39	0,39	0,48	0,37	0,46	0,35								
B1	0,36	0,41	0,33	0,33	0,56	0,34	0,33	0,33	0,44	0,36	0,49	0,38								
B2	0,34	0,34	0,48	0,33	0,44	0,38	0,33	0,36	0,48	1,00	0,34	0,36								
B3	1,00	0,37	0,43	1,00	0,93	0,43	0,33	0,36	0,86	0,86	0,34	1,00								
B4	0,34	0,33	0,33	0,34	0,38	1,00	0,33	0,48	0,37	0,40	0,53	0,35								
B5	0,34	0,33	0,33	0,34	0,57	0,35	0,50	0,48	0,33	0,40	0,40	0,41								
B6	0,35	0,33	0,33	0,41	0,54	0,40	0,34	0,48	0,94	0,80	0,43	0,37								
B7	0,34	0,33	0,33	0,34	0,41	0,40	0,34	0,33	0,94	0,80	0,34	0,35								
B8	0,49	0,33	0,33	0,33	0,39	0,36	0,34	0,33	1,00	0,47	0,33	0,88								

Tablo 12. Gri ilişkisel dereceler ve öncelik sıralaması (Grey relation ranks and priorities)

Alternatifler	Gri Derece	Sıralama	Alternatifler	Gri Derece	Sıralama
P1	0,33	9	H1	0,40	14
P2	0,54	3	H2	0,43	9
P3	0,47	4	H3	0,48	5
Q1	0,41	6	K1	0,37	17
Q2	0,33	10	K2	0,37	18
Q3	0,56	2	K3	0,40	13
R1	0,44	5	K4	0,63	1
R2	0,59	1	K5	0,56	3
R3	0,33	12	K6	0,37	20
W1	0,35	7	K7	0,49	4
W2	0,35	8	K8	0,38	16
W3	0,33	11	K9	0,42	10
İyileştirme Programı İçin Önerilen En Riskli 5 Bölge			B1	0,37	19
Kaza Türü			B2	0,41	11
Süreç			B3	0,57	2
R2	K4		B4	0,41	12
Q3	B3		B5	0,39	15
P2	K5		B6	0,47	6
P3	K7		B7	0,44	8
R1	H3		B8	0,44	7

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

İş sağlığı ve güvenliği iyileştirme programları hazırlanırken, önlem alma ve izleme faaliyetlerinde ilk aşama, en riskli sürecin iyileştirilmesine ve en önemli kazanın önlenmesine yönelik tedbirlerin belirlenmesidir. Bu durumda işletmelerin olanakları doğrultusunda ilk üç, beş veya on maddede görülen aksaklıklara ilişkin önlemler alınır, sonra önlemlerin verimliliği izlenerek gerekli düzenlemeler yapılır. İyileştirme programının ikinci aşamasında tekrar risk analizi yapılarak süreç ve kazalar risklerin önemine göre sıralanır. İkinci risk analizinde, önceki iyileştirme faaliyetlerinden dolayı sıralama değişecektir. Yine iyileştirme faaliyetine ilk sıralardaki risklerden başlanır, Risk analizleri ve iyileştirme faaliyetleri, tüm riskler en aza indirilinceye kadar devam eder,

İyileştirme programının GİA sonuçlarına (Tablo 12) göre yapılması halinde, üç farklı yol izlenebilir. Bunlardan birincisi işletme genelinde en önemli kazaların azaltılarak iyileştirme yapılması, ikincisi ise işletme genelinde en riskli üretim süreçlerinin iyileştirilmesidir. Hangi yöntem seçilirse seçilsin, iyileştirme programının kontrolü aşamasında diğer yöntemde belirlenen risklerin giderilmesine yönelik eylemlerin olup olmadığı ya da yeterliliği kontrol edilmelidir. Üçüncü seçenek ise iki yöntemin birleştirilmesidir. İyileştirme programına alınması düşünülen en önemli kaza türleri ve üretim süreçlerinin birlikte değerlendirilmesi, programın hazırlanmasını hem hızlandıracak hem de kolaylaştıracaktır. Seçilen en önemli 5 kaza türü ve üretim süreci birlikte değerlendirildiğinde, R2 no lu kazanın K5 ve K7 faaliyetleri sırasında gerçekleştirilebileceği söylenebilir. Bu kazanın önlenmesi için

eskimiş elektrik tesisatının yenilenmesi, elektrik kablolarının makina ve trafo arasında yere temas etmeyecek şekilde hava hattı üzerinden taşınması, elmas tel kesme makinası kontrol panosu önüne yalıtkan paspas konulması, makina operatörünün yalıtkan ayakkabı (çizme) ve iş eldiveni kullanması, zeminin ıslanmasının engellenmesi gibi önlemler tavsiye edilebilir,

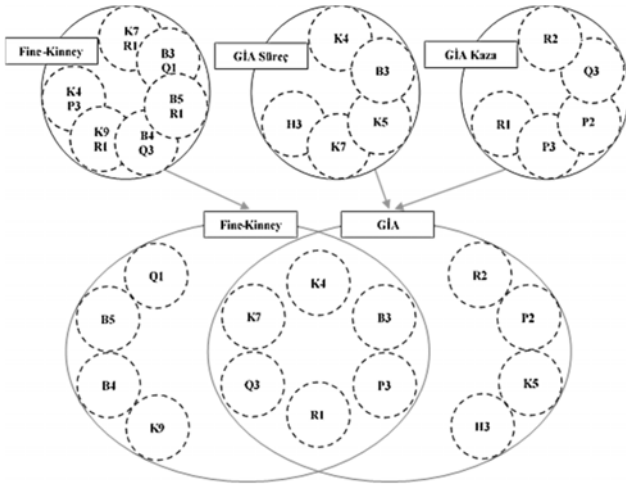
Q3 no lu kaza için ise B3, K5, K7 ve H3 no lu süreçler birlikte değerlendirilebilir. Riskin azaltılması için tesisatın taşınması sırasında taşınacak malzemeye uygun konteynirler kullanılması, kesme ve delme faaliyetleri sırasında makinanın çevresinin güvenlik çemberine alınması ve yetkisiz kişilerin bu bölgeye yaklaştırılmaması, ayrıca makinanın kontrol panosunun dolayısıyla operatörün önüne görüşü engellemeyecek saydam bir paravan konması, öteleme faaliyeti sırasında bloğun düşme bölgesinin boşaltılması, blok çevirme sırasında da iş makinası manevra alanının emniyete alınması önerilebilir,

P2 no lu kazayla ilgili olarak B3 ve K4 no lu süreçler için değerlendirildiğinde, basamak kenarlarının şerit bant ile işaretlenmesi, işçilerin tabanı kaymaz ayakkabı kullanması, zeminin su ve çamurdan temizlenmesi konularında dikkat edilmesi gerektiği söylenebilir. P3 no lu kaza türü için, B3, K5 ve H3 no lu faaliyetler incelenebilir. Bu faaliyetler yapılırken çalışanların baret (baş kısmı koruyucu kask) kullanımını ihmal etmemeleri gerektiği söylenebilir,

Birinci iyileştirme programı için seçilen son kaza türü R1 no lu kaza için K4, K5 ve K7 no lu faaliyetler değerlendirilebilir. Bu faaliyetler için önerilen önceki önlemlerin yanı sıra, kullanılan elmas telin kopmalara karşı kontrol edilmesi, gerekirse yeni tel kullanılması, elmas tel

kesme makinasının özellikle hareketli parçalarının bakımlarının yapılması gibi tedbirler alınmalıdır. İyileştirme programlarında kazayı tetikleyen birçok ortak unsur bulunur. Bu yüzden, en riskli durumun iyileştirilmesi sırasında diğer risklerin de azaldığı gözlenebilir. Genel olarak ocağın en önemli problemi, elektrik tesisatının eski, kabloların yıpranmış ve nizami döşenmemiş olmasıdır. Bunun yanında işçilere ve ziyaretçilere yönelik uyarı levhalarının yetersizliği, işçilerin eğitim almalarına rağmen konunun önemini tam kavrayamamış olmaları izlenen diğer önemli problemlerindendir. Tavsiye edilen iyileştirme programının uygulamaya alınması ve tekrar risk analizi yapılarak iyileştirme faaliyetlerinin sürdürülmesi, daha güvenli çalışma ortamının oluşmasına neden olacaktır.

İyileştirme programının hazırlanmasında Fine-Kinney risk skorlarının (Tablo 7, Tablo 8) temel alınması halinde, sırasıyla K7R1, B3Q1, B5R1, B4Q3, K9R1, K4P3 no lu risk noktalarının ele alınması gerekmektedir. GİA temelli hazırlanan iyileştirme programında alınması gereken önlemler, üretim süreci ya da kaza türü bazında değerlendirilmektedir. Tablo 12 ye göre süreç bölümünde K4, B3, K5, K7 ve H3 no lu faaliyetler, kaza türü bölümünde ise R2, Q3, P2, P3 ve R1 no lu kaza türleri ele alınmıştır. İki iyileştirme programının karşılaştırılması halinde, Fine-Kinney'e göre ele alınması gereken Q1 no lu kaza ile B5, B4 ve K9 no lu faaliyetlerin GİA sıralamasına göre sonraki iyileştirme programlarına bırakıldığı görülmektedir. Aynı şekilde GİA yöntemine göre ele alınması gereken R2 ve P2 no lu kazalar ile K5 ve H3 no lu faaliyetler de, Fine-Kinney yöntemine göre sonraki iyileştirme programlarına bırakılmıştır (Şekil 6),



Şekil 6. Fine-Kinney ve GİA sonuçlarının karşılaştırılması
(Comparison of Fine-Kinney and GRA results)

Sonuçlardaki farklılık, GİA yönteminde çalışmada kullanılan makina-donanım, çalışma süresi ve çalışan işçi sayısı gibi faaliyetin ve gerçekleşmesi muhtemel kaza türünün önemini (ağırlığını) etkileyecek unsurların dikkate alınmasıdır. Bununla birlikte GİA yönteminde, iyileştirme programının sınırları genişletilerek, yani ilk beş yerine 7 veya 10 kaza ya da faaliyetin iyileştirilmesi planlanarak bu fark giderilebilir. Benzer şekilde Fine-Kinney yönteminde

iyileştirme programının genişletilmesi için bir alt seviyedeki risk noktalarının (70-200 puan arası) dikkate alınması gerekir. Bu çalışmada bir alt seviyede 22 adet risk noktası sayılmış olup bu riskler için yöntemin önerisi “Önemli risk, dikkatle izlenmeli, yıllık eylem planına alınarak giderilmeli” şeklindedir. Dolayısıyla bu çalışma için, GİA sonuçlarının öncelikle dikkate alınmasının ve ikinci iyileştirme programının, Fine-Kinney sonuçlarına da uygunluğu bakımından, bir yıldan daha önce hayata geçirilmesinin önerilebileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, Fine-Kinney risk analiz yöntemine entegre edilen çok kriterli karar verme yöntemlerinden GİA yönteminin, İSG tabanlı problemlerin çözümünde ve iyileştirme programı için önceliklerin belirlenmesinde kullanılabileceği anlaşılmıştır. Böylece kaza türü ve üretim süreci olmak üzere iki farklı bakış açısından risk değerlendirmesi yapılarak, iyileştirme programının daha isabetli hazırlanabileceği düşünülmektedir. İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili faaliyetler, hata yapıldığında insan hayatına mal olabileceğinden dolayı çok önemlidir. İSG faaliyetlerinin, işçiyi, işvereni ve devleti koruma hedefine ulaşabilmesi için diğer bilim dallarındaki metodolojilerden de yararlanılmalıdır. Bu çalışmada Fine-Kinney ve GİA yöntemleri örnek olarak verilmiş olup diğer İSG risk analiz yöntemleri ve ÇKKV yöntemlerinin de entegre edilerek etkinliklerinin araştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜRLER (ACKNOWLEDGMENT)

Bu çalışma AKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz, (Proje No: 17, MYO, 01)

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Ersoy M., A proposal on occupational accident risk analysis: A case study of a marble factory, Hum. Ecol. Risk Assess, 21 (8), 2099-2125, 2015.
2. ÇSGB, 5 Adımda risk değerlendirmesi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, No:140, Ankara, <https://tr.scribd.com/document/283067741/5-Ad%C4%B1mda-Risk-De%C4%B9Ferlendirmesi>, Yayın tarihi 2007, Erişim tarihi Temmuz 7, 2017.
3. Özkılıç Ö., İş sağlığı ve güvenliği, yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri, Türk İşveren Sendikaları Konfederasyonu, No:246, Ankara, 2005.
4. Dülger S., Bir mermer işletmesindeki problemlerin TRIZ Yöntemi ile değerlendirilmesi, Master Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2015.
5. Velasquez M. ve Hester P. T., An analysis of multi-criteria decision making methods, IJOR, 10 (2), 56-66, 2013.
6. Espino D. J., Lopez E. C., Hernandez J. R., Jordana J. C. C., A review of application of multi-criteria decision making methods in construction, Autom. Constr., 45, 151-162, 2014.

7. Mardani A., Jusoh A., Md Nor K., Khalifah Z., Zakwan N., Valipour A., Multiple criteria decision-making techniques and their applications-a review of the literature from 2000 to 2014, *Economic Research*, 28 (1), 516-571, 2015.
8. Ersoy M., The role of occupational safety measures on reducing accidents in marble quarries of Iscehisar region, *Saf. Sci.*, 57, 293-302, 2013.
9. Öztürk O., Türkiye karayollarında trafik kazalarının nedeni ve bu kazaların analizi, Master Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2009.
10. Üstün A. K., Anagün A. S., Determination of importance weights of Istanbul's districts using analytic hierarchy process, *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31 (1), 119-128, 2016.
11. Yılmaz N., Şenol M.B., A model and application of occupational health and safety risk assessment, *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 32 (1), 77-87, 2017.
12. İnan U. H., Gül S., Yılmaz H., A multiple attribute decision model to compare the firms' occupational health and safety management perspectives, *Saf. Sci.*, 91, 221-231, 2017.
13. Özfırat P.M., A new risk analysis methodology integrating fuzzy prioritization method and failure modes and effects analysis, *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 29 (4), 755-768, 2014.
14. Kokangül A., Polat U., Dağ C., A new approximation for risk assessment using the AHP and Fine Kinney methodologies, *Saf. Sci.*, 91, 24-32, 2017.
15. Qiaoxiu W., Hong W., Zuoqu Q., An application of nonlinear fuzzy analytic hierarchy process in safety evaluation of coal mine, *Saf. Sci.*, 86, 78-87, 2016.
16. Yari M., Bagherpour R., Almasi N., An approach to the evaluation and classification of dimensional stone quarries with an emphasis on safety parameters, *MGPB*, 31 (3), 15-26, 2016.
17. Deng J., Introduction to grey system theory, *The Journal of Grey System*, 1 (1), 1-24, 1989.
18. Üstümişik N. Z., Türkiye'deki iller ve bölgeler bazında sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması araştırması: gri ilişkisel analiz yöntemi ve uygulaması, Master Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.
19. Ai X., Hu Y., Chen G., A systematic approach to identify the hierarchical structure of accident factors with grey relations, *Saf. Sci.*, 63, 83-93, 2014.
20. Yang F., Qian X., Huang P., Fire Safety assessment of underground buildings based on grey relational analysis, *International Symposium on Safety Science and Technology Procedia Eng.*, 45, 89-95, 2012.
21. Zhou Q. ve Thai V.V., Fuzzy and grey theories in failure mode and effect analysis for tanker equipment failure prediction, *Saf. Sci.*, 83, 74-79, 2016.
22. Lu M. ve Wevers K., Application of grey relational analysis for evaluating road traffic safety measures: advanced driver assistance systems against infrastructure redesign, *IET Intell. Transp. Syst.*, 1 (1), 3-14, 2007.
23. Kurt H., Yeşilkaya L., Ersoy M., Kekeç B., Mermer ve parlatılabilir kayaçlar, Atlas Akademi, Konya, 2016.
24. Bradley F., Guide to the marble quarries in Carrara, *Internazionale Marmi e Macchine Carrara, Tuscany*, 1997.
25. Peker İ. ve Baki B., Gri ilişkisel analiz yöntemiyle Türk sigortacılık sektöründe performans ölçümü, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 4 (7), 1-17, 2011.
26. Wen K. L., The grey system analysis and its application in gas breakdown and var compensator finding, *International Journal of Computational Computing*, 2 (1), 21-44, 2004.
27. Hsia K. H. ve Wu J.H., A study on the data preprocessing in grey relational analysis, *Journal of Chinese Grey System Association*, 1, 47-53, 1998.
28. Wu H. H., A comparative study of using grey relational analysis in multiple attribute decision making problems, *Qual. Eng.*, 15 (2), 209-217, 2002.
29. Ersoy M., Eleren A., Şimşek Ş., Hata türü ve etkileri analizi ile iş sağlığı ve güvenliği tabanlı süreçlerin iyileştirilmesi ve mermer ocak işletmelerinde bir uygulama, *Madencilik*, 48 (3), 19-32, 2009.
30. Borda J. C., *Memoire Sur Les Elections Au Scrutin*. Paris, *Histoire de l'Academie Royaledes Sciences*, <http://asklepios.chez.com/XIX/borda.htm>, Yayın tarihi 1784. Erişim tarihi Temmuz 7, 2017.
31. Lamboray C., Comparison Between the Prudent Order and the Ranking Obtained with Borda's, Copeland's, Slater's and Kemeny's Rules, *Mathematical Social Sciences*, 54 (1), 1-16, 2007.
32. Çakır S. Ve Perçin S., Çok kriterli karar verme teknikleriyle lojistik firmalarında performans ölçümü, *Ege Akademik Bakış*, 13 (4), 449-459, 2013.
33. Kılıç O. ve Çerçioğlu H., Application of compromise multiple criteria decision making methods for evaluation of TCDD's railway lines projects, *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31 (1), 211-220, 2015
34. Kinney G. & Wiruth A. D., *Practical Risk Analysis for Safety Management*, Naval Weapons Center China Lake CA., 1976.