



# ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ

## Mühendislik Bilimleri Dergisi

Journal of Engineering Science  
of Adiyaman University

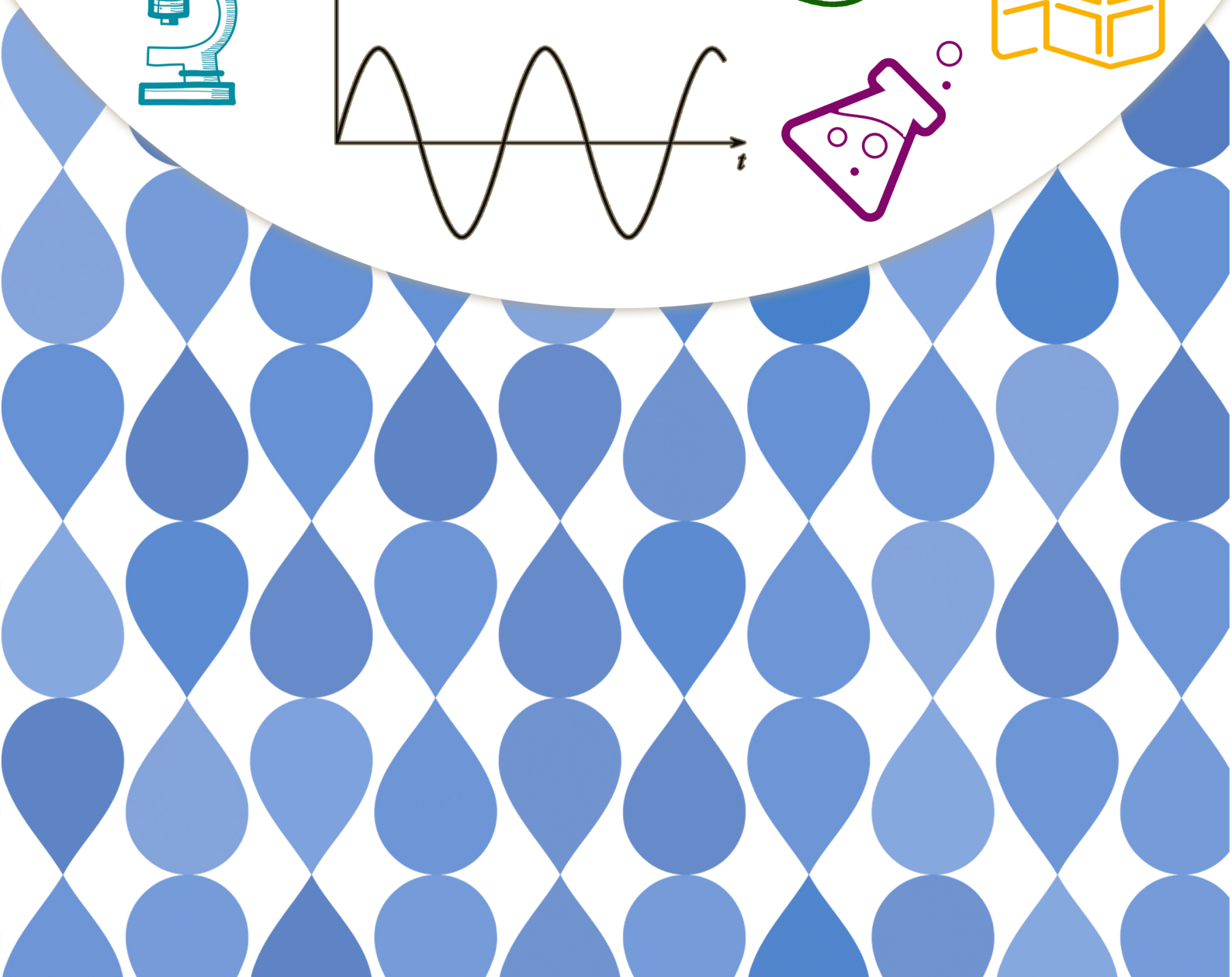
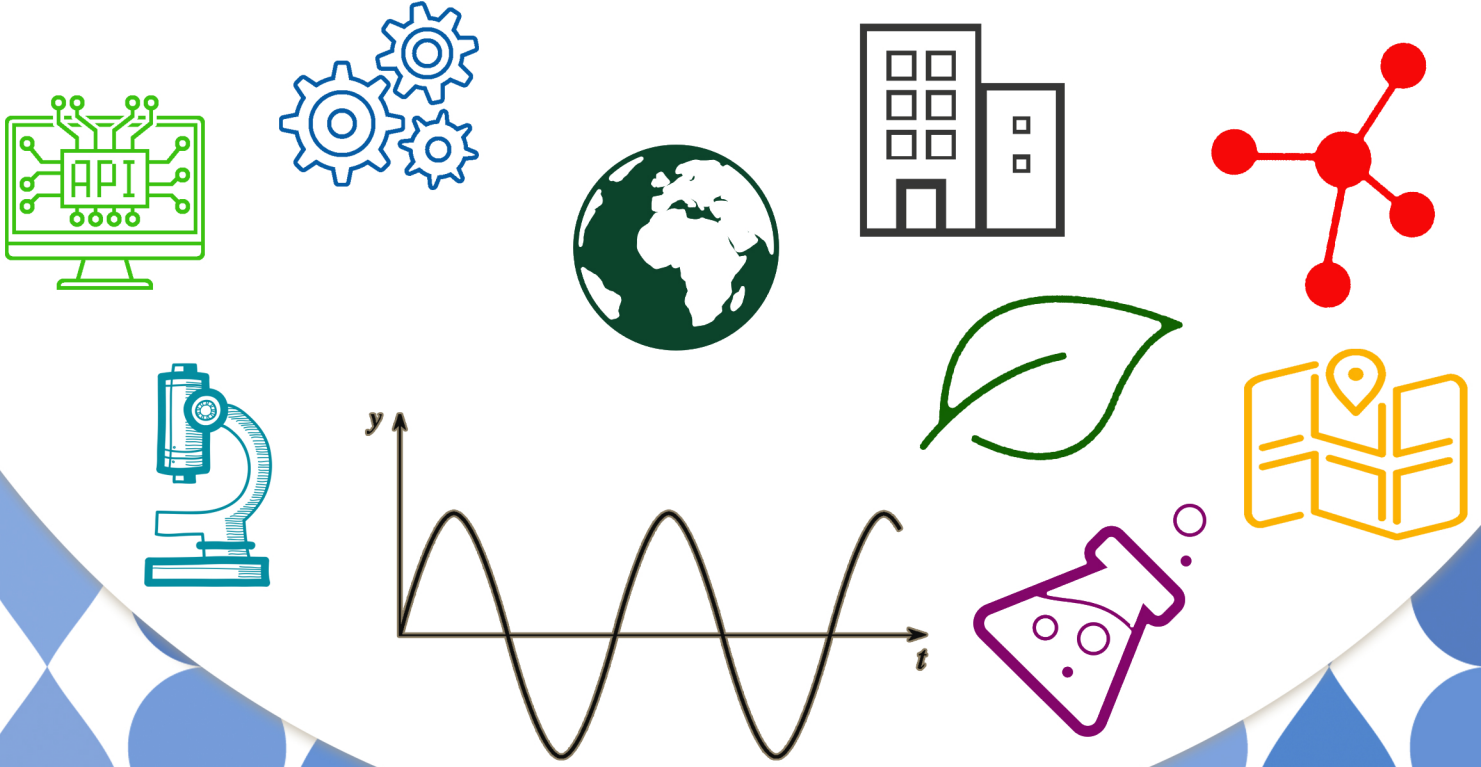
ISSN: 2149-0309

CİLT  
VOLUME 7

SAYI  
ISSUE 12

HAZİRAN  
JUNE

2020



# ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ

## Mühendislik Bilimleri Dergisi

### *Journal of Engineering Science of Adiyaman University*

ISSN: 2149-0309

Cilt:7 Sayı:12

#### **Dergi Yöneticisi**

Prof. Dr. Murat PALA

#### **Baş Editör**

Prof. Dr. Murat PALA / Baş Editör ve Alan Editörü

#### **Editörler**

Doç. Dr. Tanju TEKER / Alan Editörü

Doç. Dr. Harun TÜRKMENLER / Alan Editörü

Dr. Öğr. Üyesi Şerif ÇİTİL / Alan Editörü

Dr. Öğr. Üyesi Miraç UÇKUN / Alan Editörü

Arş. Gör. Abuzer DOĞAN / Alan, Mizanpaj ve Dil Editörü

#### **Yazışma Adresi / Correspondence**

Address Adiyaman Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi Dekanlığı

e-mail: mbd@adiyaman.edu.tr

Tel: 0 (416) 223 38 08

Fax: 0 (416) 223 38 09

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

## **YAYIN KURULU/ EDITORIAL BOARD**

- 1-Prof.Dr. Şemsettin TEMİZ .....(İnönü Üniversitesi)
- 2-Prof.Dr. Murat DEMİR AYDIN ..... (Erzurum Teknik Üniversitesi)
- 3-Prof.Dr. İbrahim TÜRKMEN ..... (İnönü Üniversitesi)
- 4-Prof.Dr. Naci ÇAĞLAR .....(Sakarya Üniversitesi)
- 5-Prof.Dr. Abdulkadir ÇEVİK .....(Gaziantep Üniversitesi)
- 6-Prof.Dr. Seyhan FIRAT ..... (Gazi Üniversitesi)
- 7-Prof.Dr. Hasan OKUYUCU .....(Yıldırım Beyazıt Üniversitesi)
- 8-Prof.Dr. Eyüp DEBİK..... (Yıldız Teknik Üniversitesi)
- 9-Prof.Dr. Yusuf TUNÇTÜRK..... (Yüzüncü Yıl Üniversitesi)
- 10-Prof.Dr. Nevzat ARTIK..... (Ankara Üniversitesi)
- 11-Doç.Dr. Hamit ADİN..... (Batman Üniversitesi)
- 12-Doç.Dr. Halef DİZLEK .....(Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi)
- 13-Dr. Öğr. Üyesi Yaşar AYZAZ ..... (İnönü Üniversitesi)
- 14-Dr. Öğr. Üyesi Aysun ŞENER.....(Adana Bilim Teknoloji Üniversitesi)

## **DANIŞMA KURULU/ ADVISORY BOARD**

- 1-Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ.....(İnönü Üniversitesi)
- 2-Prof. Dr. Ergün ERÇELEBİ.....(Gaziantep Üniversitesi)
- 3-Prof. Dr. İbrahim TÜRKMEN .....(İnönü Üniversitesi)
- 4-Prof. Dr. Naci ÇAĞLAR .....(Sakarya Üniversitesi)
- 5-Prof. Dr. Abdulkadir ÇEVİK.....(Gaziantep Üniversitesi)
- 6- Prof. Dr. Eyüp DEBİK.....(Yıldız Teknik Üniversitesi)
- 7-Doç. Dr. Sema Koç KAYHAN .....(Gaziantep Üniversitesi)

# İÇİNDEKİLER- CONTENTS

Betonarme Kolonların Deprem Performansında Enine Donatı Aralığı Etkisinin Sayısal Olarak İncelenmesi – “Araştırma Makalesi”

*Numerical Investigation Of The Effect Of Transverse Reinforcement Spacing On Earthquake Performance Of Reinforced Concrete Columns – “Research Article”*

Halit Erdem Çolakoğlu..... 1-13

Vezer Graflarının Girvan Newman Kümeleme Algoritması İle Modülerliği – “Araştırma Makalesi”

*The Modularity Of Queen Graphs By Girvan-Newman Clustering Algorithm – “Research Article”*

Serkan GÜLDAL, Michael M. LIPSCOMB, Murat M. TANIK..... 14-23

Forest Costs Paid By Enterprises During Investment Period To Carry Out Mining Operations In Forestlands - Araştırma Makalesi – “Research Article”

*Orman Alanlarında Maden İşletme Faaliyetleri Yapılabilmesi İçin İşletmelerin Yatırım Döneminde Ödediği Orman Bedelleri – “Araştırma Makalesi”*

Taşkın Deniz YILDIZ..... 24-33

Türkiye’de Kaynakçılık Mesleğinde Meydana Gelen İş Kazaları Ve Güvenlik Önlemleri – “Araştırma Makalesi”

*Work Accidents And Safety Precautions Occurred In Welding Vocational In Turkey – “Research Article”*

Tanju TEKER, Denizer GENÇDOĞAN..... 34-44

Numerical Analysis Of Heat Transfer Performance And Thermal Distribution Affection Of Panel Radiators To Involving Propylene Glycol As Internal Fluid With Water – “Research Article”

*Panel Radyatörlere Akışkan Olarak Propilen Glikol Eklenmesinin Isı Transfer Performansı Ve Isıl Dağılıma Olan Etkisinin Sayısal Analizi – “Araştırma Makalesi”*

H.Selçuk ÇELİK, Zeynep ÇELİK, Mehmet UÇAR..... 45-55



## **BETONARME KOLONLARIN DEPREM PERFORMANSINDA ENİNE DONATI ARALIĞI ETKİSİNİN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ**

**Halit Erdem ÇOLAKOĞLU\***

<sup>1</sup> Giresun Üniversitesi, Keşap Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Giresun, Türkiye

Geliş tarihi: 22.04.2020 Kabul tarihi: 01.06.2020

### **ÖZET**

Betonarme yapılarda düşey taşıyıcı yapı elemanlarından biri olan kolonların deprem performansının belirlenmesi ve meydana gelebilecek hasarın derecesinin bilinmesi için kolonun doğrusal ötesi davranışında performansını etkileyen faktörlerin araştırılması ve bu faktörlerdeki değişimlerin, hasarın derecesi üzerindeki etkisinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, betonarme kolonun deprem performansını belirleyen önemli bir etki olan sargı donatısı aralığı değişiminin doğrusal ötesi davranışa etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla sonlu eleman metodu kullanılarak modellenen iki farklı dikdörtgen kesitli betonarme kolon yatay yük ve eksenel kuvvet etkisi altında analiz edilmiştir. Sonlu eleman analizinden elde edilen yatay yük-yanal ötelenme ve eğilme momenti-eğrilik ilişkileri değerlendirilerek kolonun doğrusal olmayan davranışı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Doğrusal olmayan davranış; eğrilik; plastik dönme sınırı; sonlu eleman metodu; hasar sınırı*

## **NUMERICAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF TRANSVERSE REINFORCEMENT SPACING ON EARTHQUAKE PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS**

### **ABSTRACT**

One of the vertical bearing structure elements in reinforced concrete structures in order to determine the earthquake performance of the columns and to know the degree of damage that may occur, it is necessary to investigate the factors that affect the performance of the column in its non-linear behavior and to determine the effect of the changes in these factors on the degree of the damage. In this study, the effect of the change of winding reinforcement spacing, which is an important effect determining the earthquake performance of the reinforced concrete column, on the non-linear behavior was investigated. For this purpose, two different rectangular sections reinforced concrete columns modeled using the finite element method were analyzed under the influence of horizontal load and axial force. The nonlinear behavior of the column was determined by evaluating the horizontal load-lateral translation and bending moment-curvature relationships obtained from finite element analysis.

**Keywords:** *Nonlinear behavior; curvature; plastic rotation limit; finite element method; damage limit*

### **1. Giriş**

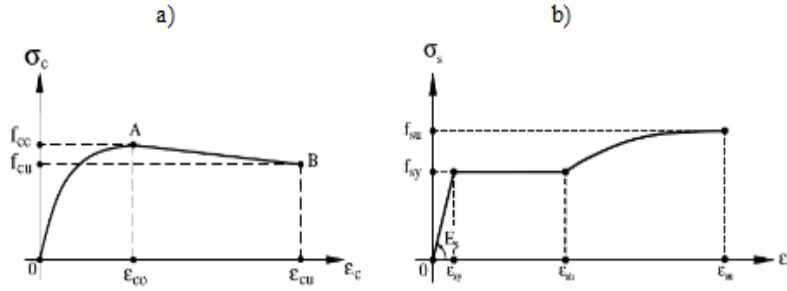
Deprem sel etkilerin yoğun olduğu bölgelerde yapılacak yapıların yönetmeliklerde belirtilen tasarım kriterleri ve malzeme özelliklerine bağlı kalınarak inşaa edilmesi çok önemlidir. Deprem

\* e-posta: [erdem.colakoglu@giresun.edu.tr](mailto:erdem.colakoglu@giresun.edu.tr) ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-4498-3569>

sonrasında yıkılan veya ağır hasar gören yapılarda yapılan incelemelerde, bu yapılarda yönetmeliklerde belirtilen tasarım kriterlerine tam olarak uyulmadığı ve malzeme ile işçilik kalitesinin oldukça düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Özellikle yapılarda düşey taşıyıcı eleman olarak kullanılan ve deprem sırasında tersinir ve tekrarlı olarak çeşitli yüklere maruz kalan kolonların performansı, yapının tamamının deprem performansını doğrudan etkilemektedir. Kolonlarda deprem sırasında oluşan hasarların temel nedenleri arasında sargılama eksikliklerine bağlı kesme kırılmaları ve süneklik kapasitesindeki yetersizlikler gösterilebilir. Kolonların deprem performansını etkileyen faktörlerin belirlenmesi için kapsamlı laboratuvar testlerinin yapılması ve bu amaçla birçok deney numunesi üretilmesi gerekmektedir. Bu da son derece maliyetli ve zaman alıcı bir işittir. Sonlu eleman metodu ise gelişen teknoloji ile birlikte hem zamandan hem de maliyetten tasarruf yapmamıza imkan veren bir tekniktir. Bu çalışmada dikdörtgen kesitli betonarme kolonun sonlu eleman metodu kullanılarak modellenmesi yapılmış, deprem performansında enine donatı aralığının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla ANSYS programı kullanılarak sonlu eleman modeli yapılan kolonun yatay yük etkisi altında doğrusal ötesi analizleri yapılarak, elde edilen sonuçlar kesit hesabından elde edilen teorik verilerle karşılaştırılmıştır.

Betonun çeşitli yükleme şekilleri altındaki davranışı oldukça karmaşık bir olay olup, yük etkisi altında çatlama, ezilme, basınç azalması ve aderans yapışması gibi beton davranışları ancak doğrusal olmayan malzeme modelleri ile verilmektedir. Betonun doğrusal olmayan davranışının en önemli sebepleri; donatının plastik davranışı ve betonun yük altında çatlama [1]. Eğilme ve eksenel yük veya basit eğilme altındaki bir kesitin davranışı en sağlıklı biçimde, gerçek malzeme davranışını temel alarak veya deneysel verilerden elde edilmiş moment-eğrilik ilişkilerinden izlenilebilir [2]. Betonarme yapılarda eğilme momentinin küçük değerleri için betonda basınç ve çekme gerilmeleri meydana gelirken donatı elastik davranır. Bütün beton kesiti davranışa etkili olduğu için donatının katkısı bu devrede sınırlı olur. Kesitin eğilme rijitliğinde beton kesitinin elastiklik modülü ve brüt atalet momenti etkili olur. Momentin artmasıyla çekme bölgesindeki beton çatlaklar ve çatlak tarafsız eksene doğru ilerler. Betonun çatlama moment-eğrilik değişiminde küçük de olsa ilk doğrusal davranıştan ayrılmayı doğurur. Bu anda betonarme kesitin dış çekme lifinde normal gerilme, eğilmedeki betonun çekme dayanımına eşit olunca betonda çatlaklar meydana gelir. Betonda ilk çatlakların oluştuğu zamana karşı gelen eğilme momentinin hesabında beton kesitin homojen olduğu varsayılmakta ve betonun  $\sigma$ - $\epsilon$  bağıntısı doğrusal elastik olarak alınmaktadır. Gerçekte betonun doğrusal olmayan davranışı artan gerilmelerle yavaş yavaş belirgin duruma gelir. Bu andan itibaren betonun dış basınç lifinde veya çekme donatısında plastik şekil değiştirme başlar. Plastik şekil değiştirmelerin betonda  $\epsilon_{c0}$  birim kısılmasında, çelikte ise  $\epsilon_{sy}$  akma sınırında başladığı göz önünde tutulmaktadır. Eğilme momenti artarken, beton basınç gerilmeleri dağılışı doğrusal olmayan bir değişimle oluşur ve donatı akma gerilmesine ulaşır. Bu zamana karşılık gelen moment akma momenti olarak bilinir. Akma momentinin hesabında betonun çekme dayanımı hesaba katılmaz. Bu andan itibaren eğilme momenti artarak kesitin taşıma kapasitesine ulaştığında basınç bölgesindeki beton ezilerek kırılır veya çekme donatısı kopar. Basınç bölgesindeki betonun ezilerek kırılması birim kısılmanın  $\epsilon_{cu}$  sınır değerine erişmesi suretiyle meydana gelir. Genellikle donatının uzama kapasitesi büyük olduğu için, güç tükenmesi betonun en büyük kısılma kapasitesine erişmesiyle ortaya çıkar ve kesit taşıma gücüne erişir [1].

Taşkın ve Okay [3] yaptıkları çalışmada, sargı tipinin kolon davranışına etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla Saatçioğlu ve Özcebe [4] tarafından yapılmış kolon deneylerini numune olarak kullanmışlardır. Çalışmada OpenSees programını kullanarak kolonların sayısal analizini yapmışlardır. Elde edilen sonuçları mevcut deneysel çalışmanın sonuçları ile karşılaştırarak her iki sonucun da örtüşüğünü tespit etmişlerdir.



**Şekil 1.** a) betonun gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi b) çeliğin gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi

Elçi ve Göker [5] yaptıkları çalışmada, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) ile Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018)'ni betonarme kolonların deprem performansının belirlenmesi açısından karşılaştırmışlardır. Bu amaçla hazırlanan kolon numunelerini deplasman esaslı tersinir ve tekrarlı bir yüklemeye maruz bırakarak yük-deplasman ve moment-eğrilik ilişkilerini tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, kesit analizi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Kolgu ve Peker [6] tarafından yapılan çalışmada, eksenel yük, malzeme modeli ve sargı donatısının betonarme kesitlerin davranışına etkisi araştırılmıştır. Betonarme kesitlerin moment-eğrilik ilişkisi, eğrilik sünekliliği ve plastik dönme kapasiteleri belirlenerek kesit davranışı karşılaştırılmıştır.

Mander ve diğerleri [7] yaptıkları deneysel çalışmada, kendileri tarafından daha önce yapılmış bir çalışmada önerdikleri sargılı beton modelini kullanarak sargılanmış kolonları test ederek, sargı donatısının hacim oranı arttıkça kolonun deprem davranışının iyileştiği ve birim deformasyon kapasitesinin arttığını belirlemişlerdir.

Navdar ve Çağlar [8] yaptıkları çalışmada, betonarme manto kullanılarak güçlendirilen kolonların davranışını belirlemek amacıyla, sonlu eleman metodu ile modelledikleri kolonların davranış sonuçlarını deneysel verilerle karşılaştırmışlardır. Kolona ilave edilen manto kısmının beton dayanımının ve enine donatı aralığının güçlendirilen kolonun davranışına etkisini incelemişlerdir. Karşılaştırılan sonuçlardan, sargı miktarının ve beton dayanımının betonarme kolonun yük taşıma kapasitesini ve sünekliliğini arttırdığı sonucuna varmışlardır.

Ying ve Jin-xin [9] çalışmalarında kare kesitli betonarme kolonların tersinir tekrarlı yükleme analizlerini yaparak kolonların sismik kırılma türlerini ve yatay deformasyon kapasitelerini araştırmışlardır. Çalışmada kolonlara uygulanan eksenel yük oranı, enine donatı aralığı ve kayma boy oranı parametrelerindeki değişim kontrol edilmiştir. Betonarme kolonlar için sismik kırılma türleri, kolonlar akmadan sonraki elastik olmayan deformasyon kapasitesine eriştiğinde özellikle de eğilme-kesme kırılmaları için belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kayma boy oranının azalması ya da eksenel yükün veya enine donatı aralığının artırılması ile birlikte meydana gelen sismik kırılmaların eğilme kırılmasından, eğilme kesme kırılmasına ya da kesme kırılmasına dönüştüğü belirlenmiş olup histerezis eğrilerinin kısılması ile histerezis alanının azalmasına bağlı olarak deformasyon kapasitesinin azaldığını tespit edilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada  $300 \times 400 \times 2000 \text{ mm}^3$  boyutlarında dikdörtgen kesitli betonarme kolonun deprem performansı üzerinde enine donatı aralığının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla Çizelge 1'de belirtilen özelliklere sahip 2 adet model kullanılmıştır.

Oluşturulan modellerde kullanılan enine ve boyuna donatıların elastisite modülleri 210000 MPa, poisson oranı 0.3 olarak alınmış olup, akma ve kopma dayanımları Çizelge 2’de gösterilmiştir.

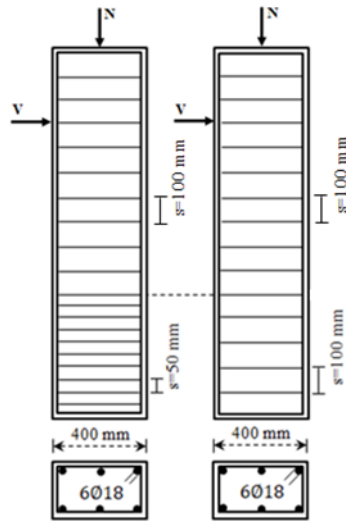
Çizelge 1. Kolon modellerine ait bilgiler

Model Adı	Boyutları (mm)	Enine Donatı (mm)	Boyuna Donatı (mm)	Beton Dayanımı $f_{ck}$ (Mpa)
Model 1	300 x 400	Ø8/50	6Ø18	36.7
Model 2	300 x 400	Ø8/100	6Ø18	36.7

Çizelge 2. Donatı çeliğinin mekanik özellikleri

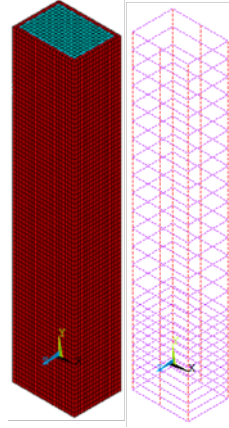
Donatı türü	Donatı çapı (mm)	Akma dayanımı $f_{sy}$ (MPa)	Kopma dayanımı $f_{su}$ (MPa)
Boyuna donatı	Ø18	448	559
Enine donatı	Ø8	472	574

Dikdörtgen enkesitli betonarme kolonlarda boyuna ve enine donatıların yerleşim biçimi, enine donatı aralıklarının değişimi ile kolon boyutları Şekil 2’de gösterildiği gibidir. Kolon numunelerine etkiyen yanal kuvvet kolon en alt ucundan 1650 mm yükseklikte uygulanmıştır. Kolon numunelerine uygulanan aksel kuvvet ise TBDY 2018’de belirtildiği gibi  $N=0.25.A.C.f_{ck}$  ile hesaplanmıştır. TBDY 2018’de belirtildiği gibi kolon numunelerinin alt ucundan itibaren 500 mm uzunluğunda sarılma bölgesi oluşturulmuş olup sarılma bölgesinde Ø8’den daha küçük çaplı enine donatı kullanılmamıştır. Sarılma bölgesinde kullanılacak enine donatıların aralığı TBDY 2018’e uygun olarak 50 mm den daha küçük ve 150 mm den daha büyük olmayacak şekilde belirlenmiştir. Kolon numunelerinde boyuna donatı olarak Ø14’den daha küçük çaplı donatı kullanılmamış olup, TBDY 2018’de belirtilen boyuna donatı alanı brüt kesitin %1’inden az, %4’ünden daha büyük olmayacaktır şartı sağlanmaktadır [10].



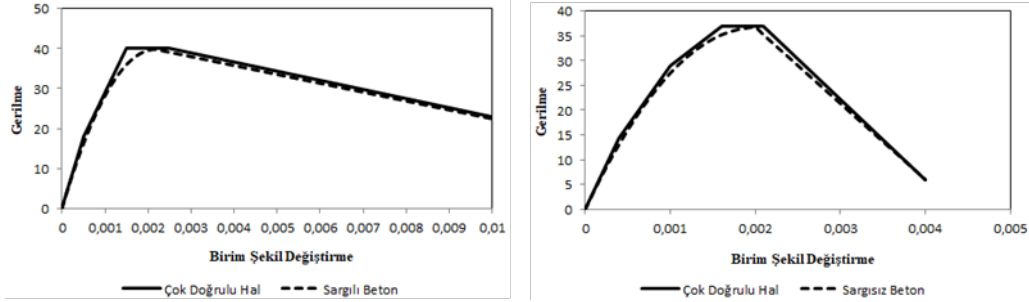
Şekil 2. Donatı yerleşim planları ve kolon boyutları

Dikdörtgen kesitli betonarme kolon numunelerine ait donatı yerleşim planları ve kolon boyut bilgileri belirlendikten sonra ANSYS programı kullanılarak kolon numunelerinin sonlu eleman modelleri oluşturulmuştur. Sonlu eleman modelinde beton kısmın modellenmesinde doğrusal ötesi durumda betondaki çatlak davranışını yansıtabilen 8 düğüm noktalı katı eleman Solid65 kullanılmış, donatıların modellenmesinde de Link180 elemanı tercih edilmiştir. Şekil 3’de dikdörtgen kesitli betonarme kolon numunelerinin sonlu eleman modeli gösterilmiştir.

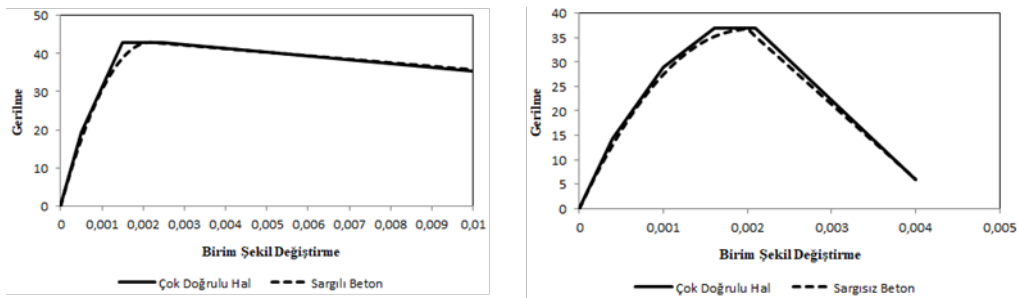


Şekil 3. Betonarme kolonun sonlu eleman modeli

Sonlu eleman modellerinde sargılı ve sargısız betonun gerilme-şekil değiştirme ilişkilerini belirlemek için Geliştirilmiş Kent ve Park Modeli [11] kullanılmıştır. Geliştirilmiş Kent ve Park Modeli [11]'nde sargılı ve sargısız beton için iki farklı  $\sigma$ - $\epsilon$  eğrisi önerilmektedir. Eğrilerin her ikisinde de ilk kısımlar ikinci dereceden parabol olup, ikinci kısımlar ise eğimleri negatif olan düz çizgilerle ifade edilmektedir. Şekil 4'de model 1 ve Şekil 5'de model 2 için sargılı ve sargısız beton gerilme-şekil değiştirme ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 4. Model 1 için sargılı ve sargısız beton malzeme modelleri

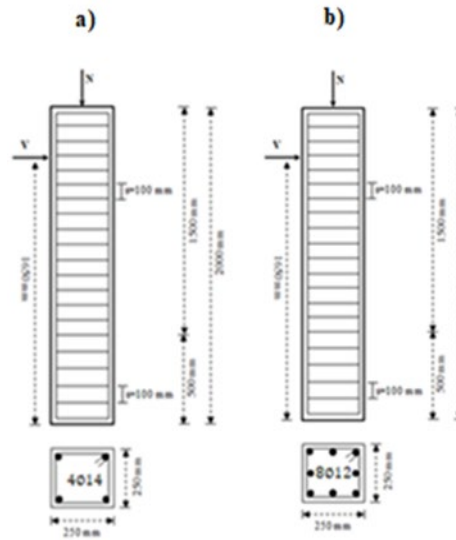


Şekil 5. Model 2 için sargılı ve sargısız beton malzeme modelleri

### 2.1. Kullanılan Sonlu Eleman Modelleme Yönteminin Güvenilirliği

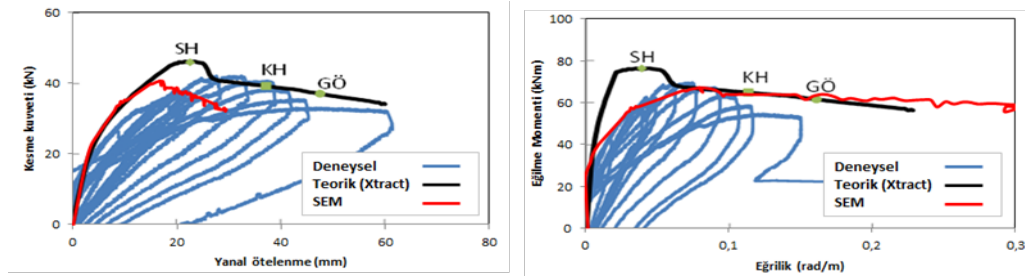
Sonlu eleman modelleme yönteminin güvenilir olduğunun gösterilmesi ve modelleme yönteminde kullanılan parametrelerin kolonun gerçek davranışına en yakın sonuçları verecek şekilde düzenlendiğinin gösterilmesi bu çalışma için oldukça büyük öneme sahiptir. Bu amaçla Elçi ve Göker [5] tarafından tersinir tekrarlı yatay yüklemeye maruz bırakılan 250 x 250 mm boyutlarındaki kare kesitli

betonarme kolon için elde edilen deneysel çalışma verilerinden yararlanılarak, betonarme kare kolonun sonlu eleman modellemesi yapılmıştır. Modellenen kolon yatay yük etkisine maruz bırakılmış ve kesme kuvveti-yanal ötelenme ilişkileri ile eğilme momenti-eğrilik ilişkileri belirlenmiştir.

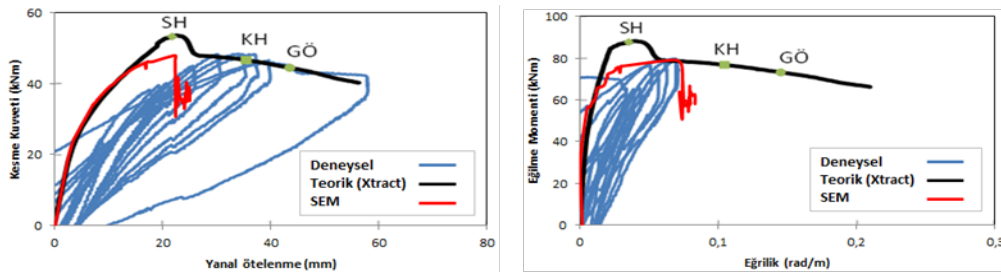


Şekil 6. Kare kesitli betonarme kolon donatı yerleşim planları ve boyutları a)U414 için b) U812 için

Elçi ve Göker [5] tarafından yapılan çalışmada üretilen betonarme kolonun kesit geometrisi, donatı yerleşim planı ve boyutları Şekil 6'da gösterilmiştir. Her iki model için yapılan doğrusal ötesi analizlerden elde edilen kesme kuvveti-yanal ötelenme ile eğilme momenti-eğrilik ilişkileri Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmiştir. Şekil 7 ve Şekil 8 incelendiğinde sonlu eleman analizinden elde edilen kesme ve eğilme kapasiteleri ile deneysel verilerden elde edilen kesme ve eğilme kapasitelerinin birbirine yakın olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 7. U414 kolonu kesme kuvveti-yanal ötelenme ilişkisi ve eğilme momenti-eğrilik ilişkisi



Şekil 8. U812 kolonu kesme kuvveti-yanal ötelenme ilişkisi ve eğilme momenti-eğrilik ilişkisi

Buna göre Ansys ile yapılan sonlu eleman modelleme yöntemi güvenilirdir ve kolonun doğrusal ötesi davranışının belirlenmesinde gerçeğe yakın sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

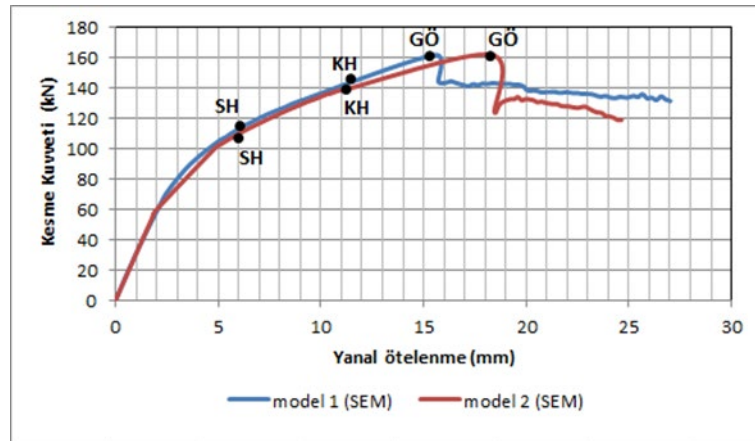
### 3. Araştırma Bulguları

Dikdörtgen kesitli betonarme kolonun uygulanan yatay yük ve aksenal kuvvet etkisi altında yapılan doğrusal ötesi analizlerinde her iki modelde de betonarme kolonlarda meydana gelen hasarın sınırları TBDY 2018 [10]'de belirtilen yığılı plastik davranış modeline göre yapılmıştır. Bu modele göre betonarme elemanda doğrusal elastik olmayan şekil değiştirmeler belirli bir bölgede yoğunlaşmış olup, bu bölgeler haricinde doğrusal elastik davranış sözkonusudur.

Betonarme kolonda doğrusal elastik olmayan şekil değiştirmelerin yoğunlaştığı plastik mafsal bölgelerindeki eğriliğin ani bir şekilde artış gösterdiği kabul edilmiştir. Eğriliğin hızlı bir şekilde arttığı plastik mafsal bölgesinin uzunluğu TBDY 2018'de belirtildiği gibi Denklem (1)'e göre hesaplanmıştır [10].

$$L_p = 0,5h \quad (1)$$

Sonlu eleman modeli yapılan dikdörtgen kesitli betonarme kolonun plastik mafsal boyu 200 mm olarak belirlenmiş olup, hasar sınırları kolon alt ucundan itibaren ilk sekiz lif düzeyinde ele alınmıştır. Yapılan doğrusal ötesi analizlerden elde edilen kesme kuvveti-yanal ötelenme eğrileri model 1 ve model 2 için Şekil 9'da gösterilmiştir. Yanal ötelenme eğrileri betonarme kolonun tepe noktası için hesaplanmıştır.



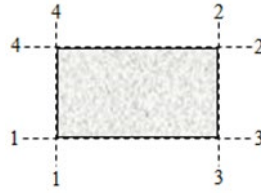
Şekil 9. Model yüklemelere ait kesme kuvveti-deformasyon eğrileri

Şekil 9'da görülebileceği gibi dikdörtgen kesitli betonarme kolonun yatay yük ve aksenal kuvvet etkisi altında sargı donatısının hacimce % 0,10 azaltılması başka bir deyişle etriye aralığının arttırılması halinde kesitin kesme kuvveti kapasitesi değişmemekle birlikte, her iki modelde de eşit kesme kuvveti farklı ötelenmeler oluşturmaktadır. Kolonun taşıyabileceği maksimum kesme kuvveti model 1 ve model 2'de 162 kN olup, bu kuvvetin oluşturduğu yanar ötelenme model 1'de 15,54 mm, model 2 için 18,27 mm olarak hesaplanmıştır.

Dikdörtgen kesitli betonarme kolona uygulanan yatay yük ve aksenal kuvvet etkisi altında yapılan doğrusal ötesi analizlerde betonarme kolonun en alt kesitinde Şekil 10'da gösterilen 1-4 doğrultusunda çekme etkileri, 2-3 doğrultusunda ise basınç etkileri meydana gelmiştir. Çekme etkilerinin oluştuğu 1-4 doğrultusunda SH hasar sınırında birim şekil değiştirme değeri 0,002'yi

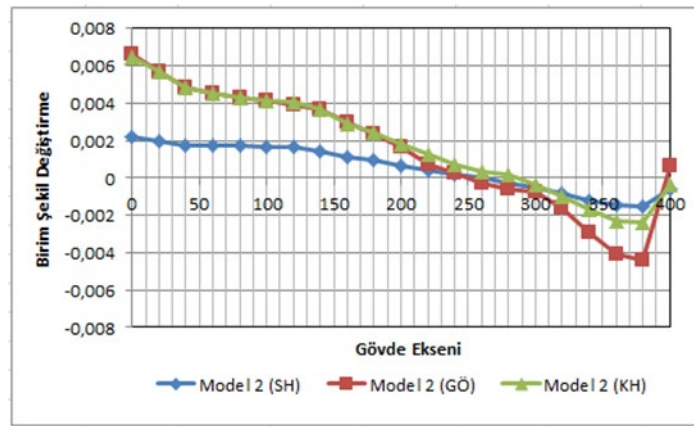


geçtiğinden donatılarda akma meydana gelmiştir. Şekil 11’de dikdörtgen kesitli betonarme kolonda gövde eksenini boyunca oluşan birim şekil değiştirmeler SH, KH ve GÖ hasar sınırlarında gösterilmiştir.

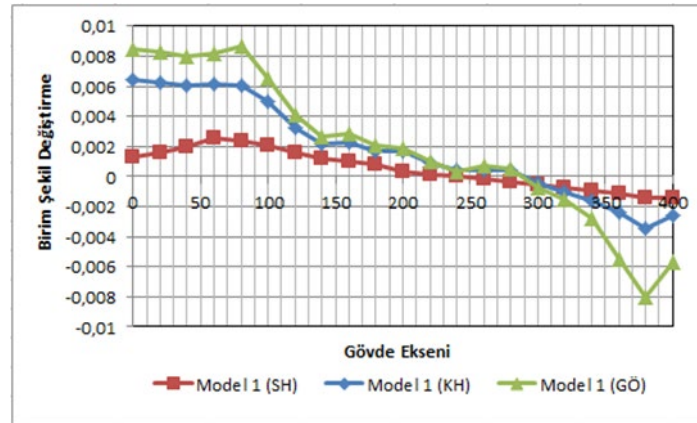


Şekil 10. Hasar sınırları için incelenen doğrultular

a)



b)



Şekil 11. Birim şekil değiştirme dağılımları a) Model 1 için b) Model 2 için

### 3.1. Sonlu Eleman Modeli İçin Eğriliğin Tanımlanması

Eğilme momenti ve aksenal kuvvet ya da yalnızca eğilme momenti etkisi altındaki bir betonarme kesitin davranışını belirlemek için gerçek malzeme davranışını temel alarak modellenmiş bir elemanın moment-eğrilik ilişkisi elde edilebilir. Moment-eğrilik ilişkisini oluşturan  $M_i$  ve  $K_i$

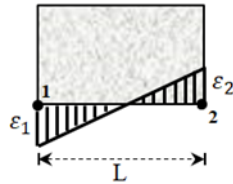


değerlerini iterasyon metoduyla hesaplayabilmek için denge ve uygunluk denklemlerinden faydalanılır [2].

Bir kiriş kesitinden faydalanılacak olursa,  $c$  (tarafsız eksen derinliği) değeri için varsayımlar yapılır,  $c$  değeri kuvvetler dengesi sağlanıncaya kadar değiştirilir. En dış lifteki beton birim kısalması,  $\varepsilon_{ci}$  için bir değer seçilir. Bilinen  $\varepsilon_{ci}$  ve  $c$  için çelik birim deformasyonları,  $\varepsilon_{si}$  bulunur. Bulunan  $\varepsilon_{si}$  değerlerinden donatıdaki gerilmeler ve donatı kuvvetleri tespit edilir. Beton basınç bileşkesi  $F_c$  hesaplanır. Dengeye ulaşıldıktan sonra, iç kuvvetlerin ağırlık merkezi etrafındaki momenti hesaplanarak  $M_i$  bulunur. Eğrilik ise Denklem (2) de belirtilen şekilde belirlenir [2].

$$K_i = \frac{\varepsilon_{ci}}{c} \quad (2)$$

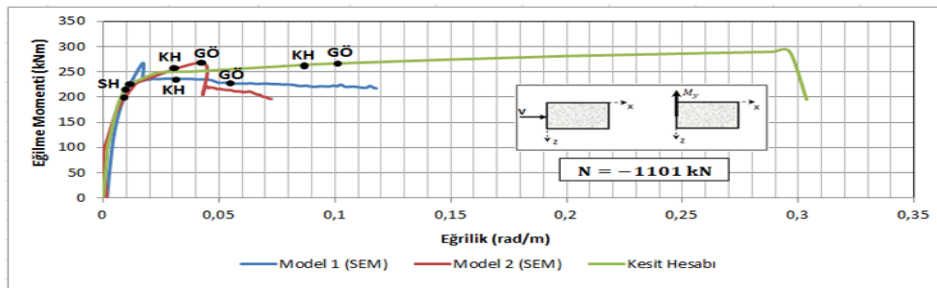
Dikdörtgen kesitli betonarme kolonun sonlu eleman modelinde kolon alt tabanında her bir yatay sıra katı eleman için hesaplanan eğrilik Şekil 12’de gösterilen betonarme kolonun her bir lifinin başlangıç ve bitiş düğüm noktalarındaki birim şekil değiştirmelerden yararlanarak Denklem (3) de gösterilen şekilde hesaplanmıştır.



Şekil 12: Sonlu eleman modeli için eğrilik tanımı

$$\phi = (|\varepsilon_1| + |\varepsilon_2|)/L \quad (3)$$

Şekil 13’de dikdörtgen kesitli betonarme perdenin uygulanan yatay yük ve aksenal kuvvet etkisi altında yapılan doğrusal ötesi analizlerinden elde edilen eğilme momenti-eğrilik ilişkileri sonlu eleman modelleri ve kesit hesabı için gösterilmiştir. Modellerin hepsinde betonarme kolona etkiyen aksenal kuvvet  $-y$  yönünde 1101 kN olarak uygulanmıştır. Ansys programı kullanılarak sonlu eleman analizinden elde edilen eğilme momenti-eğrilik ilişkileri, Sap2000 programı kullanılarak kesit hesabından elde edilen eğilme momenti-eğrilik ilişkileri ile SH, KH ve GÖ hasar sınırları için karşılaştırılmıştır.



Şekil 13. Doğrusal ötesi analizlere ait eğilme momenti-eğrilik ilişkileri

Dikdörtgen kesitli betonarme kolonun TBDY 2018’de belirtilen SH, KH ve GÖ hasar sınırlarındaki plastik dönme kapasiteleri sonlu eleman modelleri ve kesit hesabı için TBDY 2018’e uygun olarak Denklem (4), Denklem (5) ve Denklem (6) da belirtilen şekilde hesaplanmış ve Çizelge 3’de gösterilmiştir.

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[ (\phi_u - \phi_y) L_p \left( 1 - 0,5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4,5 \phi_u d_b \right] \quad (4)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0,75 \theta_p^{(GÖ)} \quad (5)$$

$$\theta_p^{(SH)} = 0 \quad (6)$$

**Çizelge 3.** Hasar sınırlarındaki eğrilik ve plastik dönme kapasiteleri

Hasar Sınırı	Model 1			Model 2			Kesit Hesabı			
	SEM						$\phi_u$	$\phi_y$	$\theta_p$	
	$\phi_u$	$\phi_y$	$\theta_p$	$\phi_u$	$\phi_y$	$\theta_p$				
SH	0.0097	0.0081	0.0007	0.0097	0.0074	0.0008	0.0109	0.0095	0.0008	
KH	0.0324		0.0048	0.0313		0.0047			0.0787	0.0129
GÖ	0.0545		0.0088	0.0441		0.0070			0.1119	0.0189

Eğilme etkisi altındaki betonarme bir kesitte, kesitin dayanımında önemli bir azalma meydana gelmeden oluşan en büyük eğriliğin  $\phi_u$  (u(max)), doğrusal davranışa yakın davranışın bitimi sayılan çekme donatısında akmanın meydana geldiği andaki eğriliğe  $\phi_y$ , oranı eğilme sünekliği olarak tanımlanır. Eğilme sünekliği Denklem (7)' de gösterilen şekilde hesaplanır [1].

$$\mu = \frac{\phi_u(max)}{\theta_y} \quad (7)$$

Ansys programı kullanılarak sonlu eleman analizi yapılan dikdörtgen kesitli betonarme kolonun eğilme süneklikleri; sonlu eleman modelleri ve kesit hesabı için Çizelge 4'de gösterilmiştir. Model 2' de sargı donatısı aralığının artırılmasına bağlı olarak kolonun eğilme sünekliğinde azalma meydana gelmiştir. Bu durum kolonda sargı donatısının yapı elemanının sünek davranışında etkili olduğunu göstermektedir. Kesit hesabı ise sonlu eleman analizlerine göre çok daha sünek bir davranış sergilemiştir. Kesit hesabından elde edilen maksimum eğilme momenti ve eğilme sünekliği sonlu eleman analizlerinden elde edilen maksimum eğilme momenti ve eğilme sünekliğinden daha büyük olarak elde edilmiştir. Bunun sebebi ise sonlu eleman modellemesinde kullanılan SOLİD65 betonarme elemanının çatlama özelliğine sahip olması ve kesitteki çatlama etkisiyle moment taşıma kapasitesinin düşmesi olarak düşünülmektedir.

**Çizelge 4.** SEM ve kesit hesabı için eğilme sünekliği

Model Adı	Akma Eğriliği $\phi_y$	En Büyük Eğrilik $\phi_u(max)$	Eğilme Sünekliği $\mu$
Model 1	0.00808	0.1163	14.4
Model 2	0.00738	0.0715	9.7
Kesit Hesabı	0.0095	0.2817	29.7

Sargı donatısı aralığının değişimine bağlı olarak dikdörtgen kesitli betonarme kolonun yatay yük ve eksenel kuvvet etkisi altında yapacağı yanal ötelenmeler elastik ve plastik olmak üzere SH, KH ve GÖ hasar sınırlarında Çizelge 5'de gösterilmiştir. Sargı donatısı aralığının artırılması betonarme kolonun eğilme sünekliğini azalttığı gibi yanal ötelenme miktarını da azaltmaktadır.

**Çizelge 5.** SEM için hasar sınırlarındaki elastik ve plastik yerdeğiştirmeler

Hasar Sınırı	Model 1			Model 2		
	SEM					
	$\Delta_y$	$\Delta_p$	$\Delta_u$	$\Delta_y$	$\Delta_p$	$\Delta_u$
SH	6.70	1.73	8.43	6.27	1.52	7.79
KH		10.93	17.63		8.96	15.23
GÖ		16.94	23.64		12.94	19.21

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada dikdörtgen kesitli betonarme kolona yatay yük ve eksenel kuvvet uygulanarak doğrusal ötesi analizler yapılmıştır. Araştırmada sonlu eleman metodu kullanılarak modellenen betonarme kolonun enine donatı aralığı değiştirilerek Ansys programında doğrusal ötesi analizler yapılmış, elde edilen veriler Sap2000 programı kullanılarak yapılan kesit analizleri ile karşılaştırılmıştır. Betonarme kolonun TBDY 2018’de belirtilen hasar sınırları düzeylerindeki eğrilik, plastik dönme sınırı, elastik ve plastik ötelenme miktarları ile eğilme sünekliği gibi davranış parametreleri araştırılmıştır. Araştırma neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

Model 1 ve Model 2 için yatay yük ve eksenel kuvvet etkisi altında yapılan doğrusal ötesi analizlerden elde edilen yatay yük-yanal ötelenme ilişkileri incelendiğinde her iki sonlu eleman modelinde de kolonun taşıyabileceği en büyük kesme kuvveti 162 kN olarak belirlenmiştir. Model 2’de sargılama bölgesinde kullanılan enine donatının hacimce % 0,10 azaltılması kolonun kesme kuvveti taşıma kapasitesini çok fazla değiştirmezken, özellikle yanal ötelenme miktarları üzerinde etki yaratmıştır. Öyleki; Model 1 ve Model 2 için kolonların taşıyabileceği en büyük kesme kuvveti olan 162 kN, model 1 ‘de 15,54 mm, Model 2’de ise 18,27 mm yanal ötelenme oluşturmuştur. Bu durumun bir sonucu olarak kolondaki sargı donatısının yapı elemanının sünek davranışını güçlendirdiği belirlenmiştir. Öyleki Tablo 5 incelendiğinde TBDY 2018’de belirtilen hasar sınırlarında kolonlardaki elastik yerdeğiştirmeler Model 1 ve Model 2 için benzer sonuçlar gösterirken, özellikle doğrusal ötesi davranışın başladığı çekme donatısının akmasından sonra Model 1, Model 2’ye göre daha büyük ötelenme kapasitesine ulaşmıştır.

Sonlu eleman modellerine ait eğilme momenti-eğrilik ilişkileri incelendiğinde Model 1 ve Model 2’nin aynı moment taşıma kapasitesine ulaştıkları görülmektedir. Ancak sargı donatısının hacimce % 0,10 azaltılmasına bağlı olarak Model 2’nin eğilme sünekliğinin Model 1’e göre yaklaşık %33 azaldığı belirlenmiştir. Bu da betonarme yapı elemanı olan kolonun sünek davranışında enine donatının etkinliğinin çok büyük olduğu sonucunu doğurmaktadır. Ayrıca, sargı donatısının hacimce % 0.10 azaltılması dikdörtgen kesitli betonarme kolonda plastik dönme sınırını GÖ hasar düzeyi için yaklaşık %20 azaltmaktadır.

Sonlu eleman metodunda kullanılan Solid65 betonarme elemanının çatlama özelliğinin olması ve çatlamanın taşıma gücünün zayıflaması nedeniyle sonlu eleman metodu kullanılarak yapılan doğrusal ötesi analizlerden elde edilen en büyük eğilme momenti, kesit hesabından elde edilen en büyük eğilme momentinden daha büyük olarak hesaplanmıştır. Buna ilave olarak betonarme kolonun eğilme momenti-eğrilik ilişkileri incelendiğinde kesit hesabının, sonlu eleman metoduna göre daha sünek sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Öyleki; kolonun kesit hesabından elde edilen eğilme sünekliği Model 1’den yaklaşık %52, Model 2’den yaklaşık %67 daha büyüktür.

**Semboller**

$d_b$	mesnede kenetlenen donatı çeliklerinin ortalama çapı
$GÖ$	göçmenin önlenmesi performans düzeyi
$h$	çalışan doğrultudaki kesit boyutu
$KH$	kontrollü hasar performans düzeyi
$L_p$	plastik mafsal boyu
$L_s$	kesme açıklığı (kesitteki moment/kesme kuvveti oranı)
$M_y$	eğilme momenti
$SH$	sınırlı hasar performans düzeyi
$SEM$	sonlu eleman modeli
$V$	kesme kuvveti
$\Phi_u$	anlık eğrilik
$\Phi_y$	akma anındaki eğrilik
$\Phi_{u(max)}$	en büyük eğrilik
$\varepsilon_{1,2}$	1 ve 2 nolu düğüm noktalarındaki birim şekil değiştirmeler
$\mu$	eğilme sünekliği
$\theta_p$	plastik dönme sınırı
$\Delta_y$	elastik yerdeğiştirme
$\Delta_p$	plastik yerdeğiştirme
$\Delta_u$	toplam yerdeğiştirme

**Kaynaklar**

- [1] Celep Z. Betonarme taşıyıcı sistemlerde doğrusal olmayan davranış ve çözümleme. İstanbul Teknik Üniversitesi: 2008.
- [2] Ersoy U, Özcebe G. Betonarme, Orta Doğu Teknik Üniversitesi: 2018.
- [3] Taşkın M, Okay F. Sargılama tipinin deprem yüklerine maruz kalan kolonların davranışına etkisinin sayısal olarak modellenmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 2019; 7(1): 205-210.
- [4] Saatçioğlu M, Özcebe G. Reponse of reinforced concrete columns to simulated seismic loading. ACI Structural Journal 1989; 86(1): 1-13.
- [5] Elçi H, Göker KA. Comparison of earthquake codes (TEC 2007 and TBEC 2018) in terms of seismic performance of RC columns. International Journal of Scientific and Technological Research 2018; vol 4, no 6: 2422-8702.
- [6] Kolgu S, Peker K. Effect of axial load material model and confinement on behavior of RC sections. In: Fifth National Conference on Earthquake Engineering, İstanbul, Turkey; 2003.
- [7] Mander, J.B. Priestley, M.J. N. Park, R. Observed stress-strain behavior of confined concrete, Journal of Structural Engineering, 114(8), 1827-1849.
- [8] Navdar MB, Çağlar N. Betonarme manto ile güçlendirilmiş betonarme kolonların davranışının sayısal olarak incelenmesi. In: 3rd International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management, Van, Turkey.
- [9] Ying Ma, Jin-xin G. Seismic failure modes and deformation capacity of reinforced concrete columns under cyclic loads. Periodica Polytechnica Civil Engineering 2018; 62(1):80-91.
- [10] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, TBDY 2018.
- [11] Kent DC, Park R. Flexural members with confined concrete. Journal of the Structural Div ASCE 1971; V. 97.

## VEZİR GRAFLARININ GIRVAN NEWMAN KÜMELEME ALGORİTMASI İLE MODÜLERLİĞİ

Serkan GÜLDAL<sup>1\*</sup>, Michael M. LIPSCOMB<sup>2</sup>, Murat M. TANIK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Adiyaman University, Faculty of Arts and Science, Department of Physics, Adiyaman, 02040, Turkey

<sup>2-3</sup> University of Alabama in Birmingham, School of Engineering, Department of Electrical and Computer Engineering, Birmingham AL, 35294, USA

Geliş tarihi: 23.03.2020 Kabul tarihi: 12.05.2020

### ÖZET

Kümeleme veri bilimcileri tarafından teknolojik uygulamalar için yaygın olarak kullanılan veri analiz tekniğidir. Yapılan analizlerin bir kısmı veriler arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır ve güçlü ilişkiler, kümeleme algoritmaları aracılığıyla alt kümeler oluşturur. Kümelerin düğümleri arasındaki işlevsel ilişkiler, araştırılmamış ağ özelliklerini ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada, Girvan-Newman Kümeleme algoritması ile Vezir graflarının (N-Vezir problemi graf gösterimi) ilişkisel özelliklerini araştırdık. Araştırmamız yüksek simetrik düğümlerin alt topluluklarda simetriye yol açmadığını gösterdi. Tahta büyüklüğüne göre farklı düğüm dereceleri artarken, oluşan alt kümelerin sayısı da düzensiz olarak artmaktadır. Ayrıca, maksimum modülerlik puanı alt topluluk sayısından daha yavaş artış göstermektedir.

*Anahtar Kelimeler:* Girvan-Newman; Vezir Grafları; N-Vezir Problemi

## THE MODULARITY OF QUEEN GRAPHS BY GIRVAN-NEWMAN CLUSTERING ALGORITHM

### ABSTRACT

The clustering of a given data set is a technique widely utilized data analysis method by data scientists for technological applications. Some portion of the analysis defines the relations between data, and strong relations are identified as sub-communities by means of clustering algorithms. The collected functional relations between the clusters' nodes extract the uninvestigated network properties. In this study, we investigated the relational properties of Queen graphs (graph representation of the N-Queens problem) by the Girvan-Newman Clustering algorithm. Our investigation showed that the highly symmetric degree of nodes does not lead the symmetry in the sub-communities. While the distinct number of degrees increases with respect to board size, the number of subcommunities increases irregularly. Additionally, the maximum modularity score increases slower than the number of subcommunities.

*Keywords:* Girvan-Newman; Queens Graph; N-Queens Problem

### 1. Introduction

N-Queens is a combinatorics problem extended from the 8-Queens problem [1, 2]. The N-Queens problem requires the combination of N queens on the NxN board such that none of the queens can attack the other. The problem was widely investigated by famous mathematicians such as Gauss [1, 2], Polya [3], and Lucas [4]. Likewise, the N-Queens problem is the subject of current research, including quantum computation [5-7], and genetic algorithm [8, 9]. Additionally, the N-Queens problem is utilized in

\* e-posta: <sup>1</sup> [sguldal@adiyaman.edu.tr](mailto:sguldal@adiyaman.edu.tr) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4247-0786>

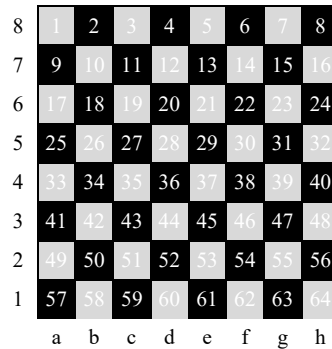
<sup>2</sup> [mml005@uab.edu](mailto:mml005@uab.edu) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9980-2326>

<sup>3</sup> [mtanik@uab.edu](mailto:mtanik@uab.edu) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9437-725X>

computer science to demonstrate various algorithms such as permutation generation, backtracking, and the divide-and-conquer paradigm [10]. The N-Queens problem is one of the well-known examples of an NP-hard type problem. This is a class of problem that is “at least as hard as the hardest problems in NP” [11].

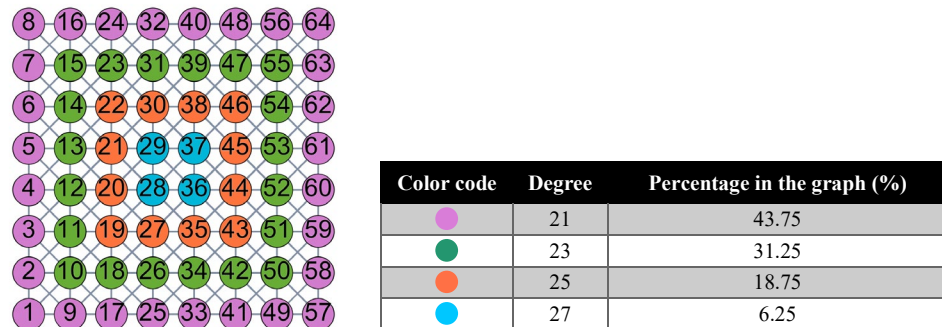
In this study, we investigated the relational information between cells if there is a queen placed. For that, the Girvan-Newman Clustering (GNC) algorithm was applied to the queen graph.

The queen graph was converted from the considered board. Every cell was indexed by a number to represent the nodes in the graph. Edges were generated from the queen moves, so that rows, columns, and diagonal elements had edges connected to them. An example of this is shown in Figure 1, in which an 8x8 board is presented by indexed cells. The corresponding graph is shown in Figure 2. Every cell is represented by a node in the graph. Edges connect the overlapping nodes.



**Figure 1.** 8x8 board is defined by indexing every cell with the sequence of numbers from 1 to 64

The 8-Queens graph is color-coded with respect to degrees of nodes and is presented in Figure 2. The first ring (purple colored nodes) contains the nodes with 21 degrees. The second ring (green colored nodes) contains the nodes with 23 degrees. The third-degree nodes (orange-colored nodes) contain the nodes with 25 degrees. Lastly, the nodes in the center (blue colored nodes) are the nodes with 27 degrees. This is the maximum capacity that a node can cover on an 8x8 board. A similar ring form is presented for all the Queen graphs.



**Figure 2** 8-Queens graph is color-coded with respect to the degree of the nodes

In this paper is presented the results of the Girvan-Newman Clustering (GNC) algorithm applications on queen graphs to extract relational states between placed queens by means of N-Queens [12, 13].

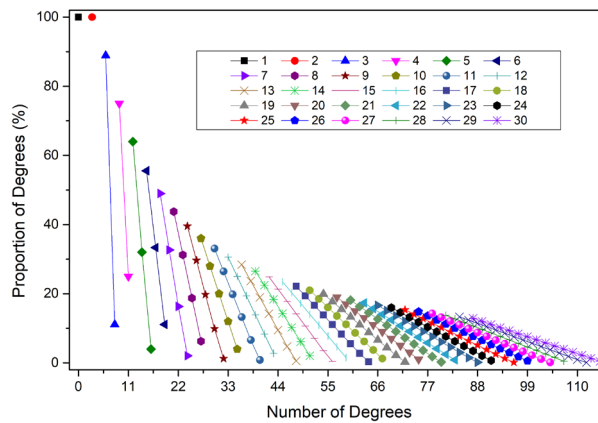
In the following section, we share the degree properties of Queen graphs. Next, the GNC algorithm and application on the Queen graph is discussed. Then a discussion is had on the results of GNC application and relation with related graph properties. Finally, concluding remarks are provided.

## 2. Queen Graphs' Degree Revisit

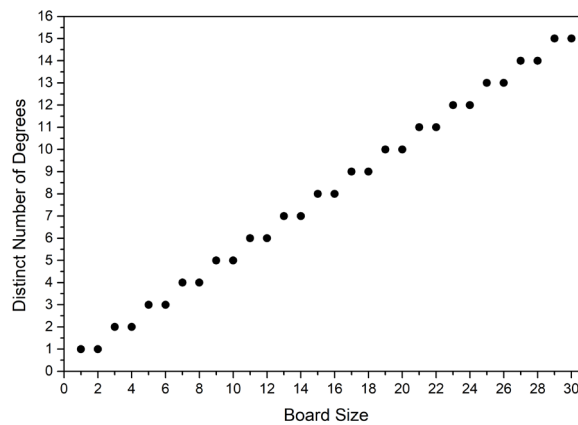
The Girvan-Newman Clustering (GNC) algorithm uses edge-betweenness to extract the subnetworks in a specified graph. In this way, the degree of the graph (queen graphs in this study) inherently defines the clusters. Figure 2 shows the degree of the nodes' proportional distribution of the 8-Queens graph. While the outer ring with degree 21 is the majority, the nodes with degree 27, the center of the board, contains the least number of nodes in the 8-Queens graph.

The distinct type of degree distribution of the Queen graphs is shown with respect to the specified graph in Figure 3. 1-Queens and 2-Queens each have one distinct degree of nodes which have 0 and 3 degrees respectively.

With the increasing number of nodes for greater cells, more distinct degrees emerge. 3-Queens has 2 distinct degrees: 6 and 8. Similarly, 4-Queens has 2 distinct degrees: 9 and 11. The increase in the distinct degrees follows a continuous trend as shown in Figure 4.



**Figure 3** Proportionality of degrees for the given graph distribution gap closes by increasing the board size



**Figure 4.** Increase of Distinct Degree of N-Queens (N=1-30)

## 3. Girvan-Newman Clustering of Queens Graphs

There are several clustering algorithms, which are used to extract information about the relationships in the networks. Such algorithms include minimum-cut [14], hierarchical clustering [15], modularity maximization [16], statistical inference [17], Girvan–Newman Clustering (GNC) algorithm [12], and clique-based methods [18].

In our study, we applied GNC to identify the relations between queens. GNC is a divisive method that uses edge betweenness. It progressively removes edges one-by-one until no edge is left in the given



graph. In each step, edge betweennesses are recalculated, and edge(s) with maximum edge betweenness is or are removed. Additionally, a modularity score is calculated in each step so that the graph with the maximum modularity score corresponds to the most stable combination of the collection of clusters.

The clusters represent the strongly connected community of queens. Functional relations are defined by modularity in small communities. Our analysis was done by means of Gephi with a GNC plugin [19]. We applied 2 to 30-Queens. Further details of applications will be discussed in the Results and Discussion section that follows.

There are various modularity scoring algorithms. In our calculations, the modularity score, which is a measure of network quality, is formulated as follows [20]:

$$Q = \frac{1}{2} \sum_{i,j} \left( A_{ij} - \frac{k_i k_j}{M} \right) s_i s_j \quad (1)$$

where  $s_i s_j$  is 1 if  $i$  and  $j$  are in the same group.  $M$  stands for the number of edges in the graph.  $k_i$  is the degree of node  $i$  and  $k_j$  is the degree of node  $j$ .  $A_{ij}$  is the adjacency matrix.

#### 4. Results and discussion

In our study, we investigated the functional relations between queens by means of the Girvan-Newman Clustering (GNC) algorithm. The most stable sub-communities (a.k.a. clusters) were identified based on the modularity score.

GNC is not applicable to 1-Queen since no edge exists. Thus, our investigation was limited from 2 to 30. In Figure 6, applications of GNC on N-Queens graphs (N=2-6 and 16-18) are shown. 2-Queens is the graph which has 4 nodes and 6 edges. Removing the first and the second edges from the 2-Queens graph has no effect on the modularity score, as shown in Figure 6.a. Removing the rest of the edges reduces the modularity. Thus, the maximum modularity score for 2-Queens graph is 0.0, and there is only 1 community.

Figure 6.b presents the GNC application on a 3-Queens graph. The 3-Queens graph has 9 nodes and 28 edges. Modularity score jumps from 0 to 0.06122446 by the 12<sup>th</sup> edge. 2 clusters are identified with the maximum modularity score. The major cluster has 5 nodes, and the minor cluster has 4 nodes, which are at the corners of the board.

The 4-Queens graph consists of 16 nodes and 76 edges. It reaches to the maximum modularity score, 0.012551993, with the 7 clusters (See Figure 6.c). 4-Queens' modularity score follows a combination of 2-Queens and 3-Queens. The modularity score of 4-Queens decreases to a negative value which indicates less interaction and then increases to the maximum value, 0.012551993.

The other noticeable behavior is that one of the clusters contains the majority of the queens (10 out of 16). On the other hand, the other 6 clusters are made of single queens. This is a similar trend in the greater boards except for 17-Queens, which is discussed in the following paragraphs.

In Figure 6.d, the GNC as applied to the 5-Queens problem, and the most stable clustered graph, is shown. 5-Queens has 25 nodes and 160 edges. The modularity score did not change across a relatively long period of time. The graph loses an edge in every step. One reason could be the symmetric structure of the edges. GNC results show that there are 7 clusters with a maximum modularity score of 0.07257812. Although the number of clusters is the same as the 4-Queens, a higher maximum modularity score is found for 5-Queens. There are 2 major clusters that have 8 and 12 nodes. The other 5 clusters have only one node.

The next example, 6-Queens, is shown in Figure 6.e. The 6-Queens graph has 36 nodes and 290 edges. The 6-Queens graph has 15 clusters with 0.032401927 maximum modularity score. There is only one major community, which has 25 elements. This resembles from 5-Queens to 6-Queens added to the board weakens the connectiveness. All clusters have only one node, the major cluster.

For greater board slides, the trend follows with an exception, that being 17-Queens. 16-Queens graph is built by 256 nodes and 6320 edges, and 18-Queens graph is built by 324 nodes and 9078 edges. 16-Queens and 18-Queens are divided 122 and 172 communities with the maximum modularity scores of 0.054113388 and 0.05395335, respectively. Both graphs are made of one major graph and many clusters with single nodes. The 17-Queens graph, on the other hand, has 289 nodes and 7616 edges, and it is divided into 82 clusters with 0.18264371 maximum modularity score. 12 of all clusters contain 17 nodes, which are aligned on the row on the board, so there are 12 major clusters. One cluster contains 16 nodes, which are similar in the same row. The rest of the clusters, 69 clusters, have one node only. Additionally, there is a steady drop in modularity score for every step of GNC after the maximum modularity score. GNC shows the central cells on the board have stronger relations than surrounding cells.

Similar clustering is seen for 27, and 28-Queens, and partially for 25, 26, and 29-Queens. This highlights the strong relationship for being in the same row, but that is not the case for the N-Queens problem.

We have given some of the GNC applications in detail, but our investigation is not limited to them. The overall results are summarized in Figure 7 and Figure 8.

The results of the GNC tells us relational appropriateness to place queens. Figure 6.d presents a GNC application on 5-Queens. The result shows that the first 2 columns (or rows if we consider rotational symmetry) of the first 4 rows/columns are strongly related, and the next 3 columns/rows of the first 4 rows/columns are strongly related. This implies that the first two columns/rows cannot have queens closer to each other. Similarly, the next three columns/rows cannot have 3 queens close to each other.

In Figure 5, all 10 solutions of 5-Queens are listed in the form of arrays. Orders in the arrays show the row number, and the numbers stand for the column number of the particular queen. Additionally, the first 4 solutions are shown in the form of a board. In Figure 6.d, GNC results reflect the solution since placed queens column 1 and column 2 cannot be listed consecutively since they are in the same community (Green colored community). Likewise, columns 3, 4, and 5 cannot be listed one after the other (Purple colored community). This is clearly shown in the 5-Queens solutions.

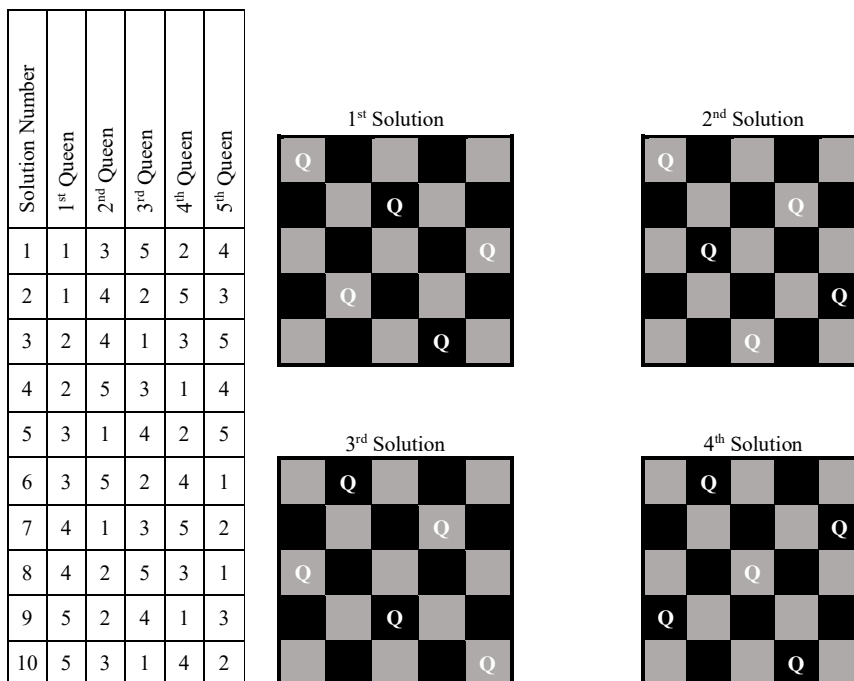
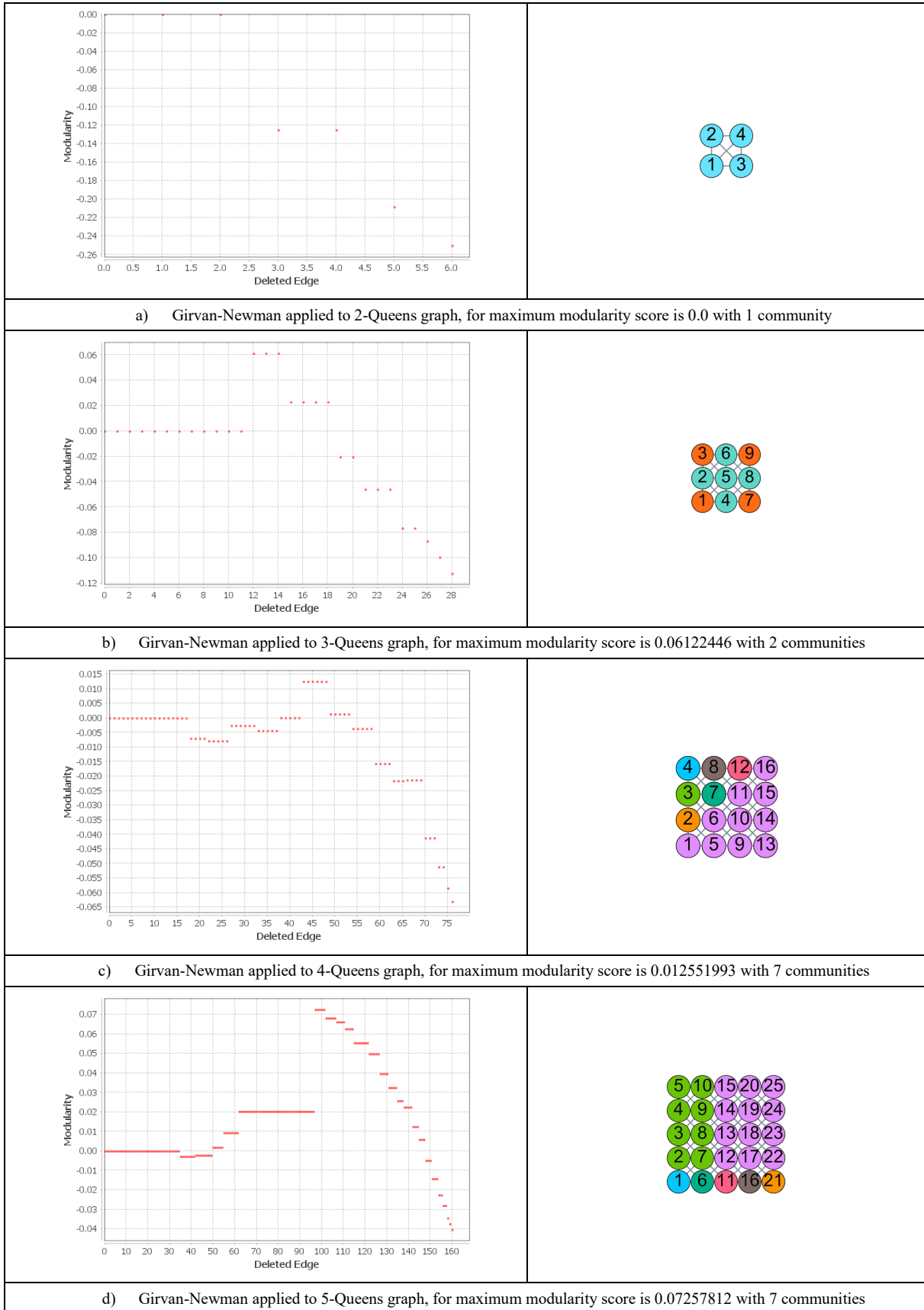
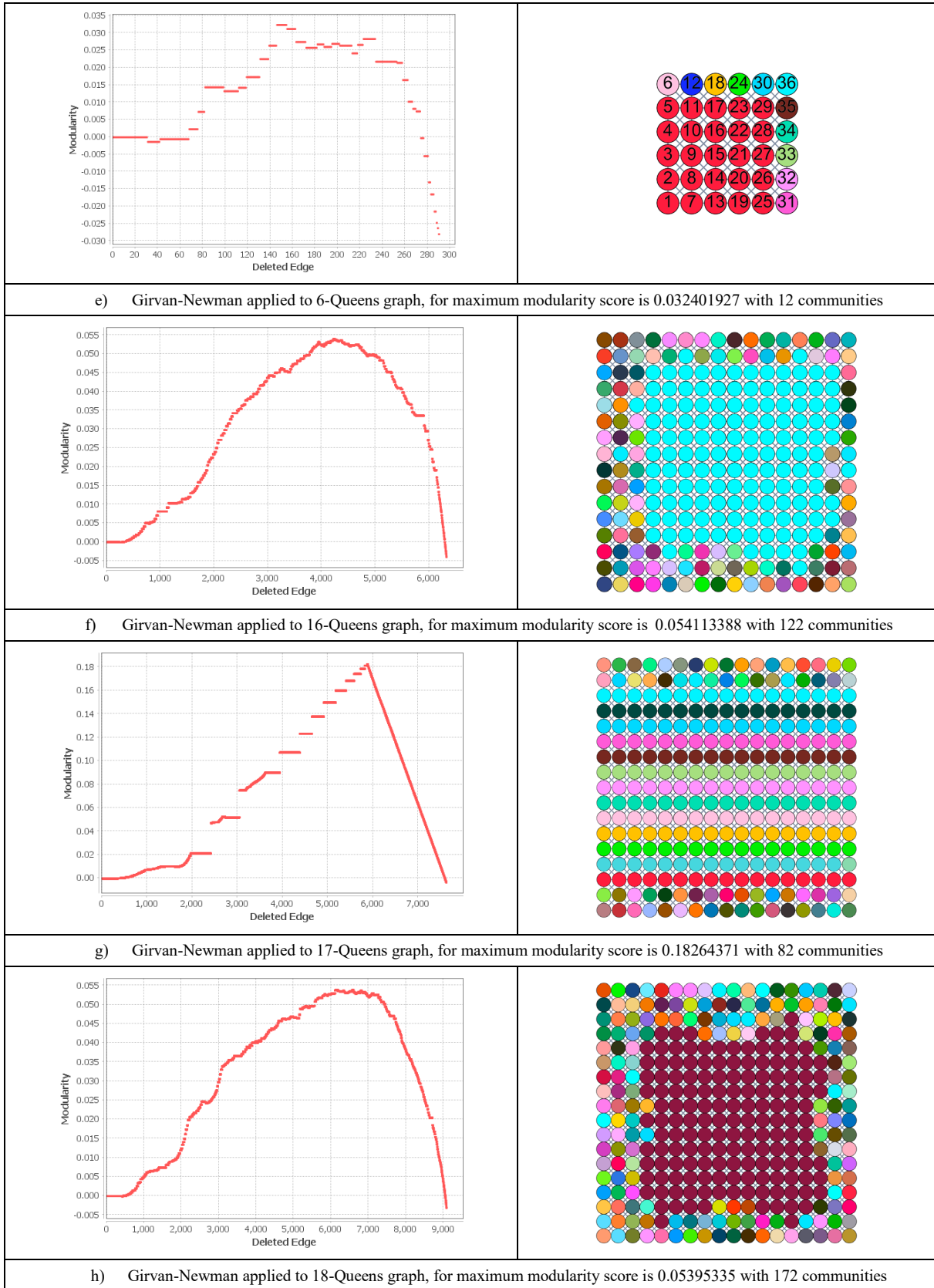


Figure 5 5-Queens Solutions in the form of array and board



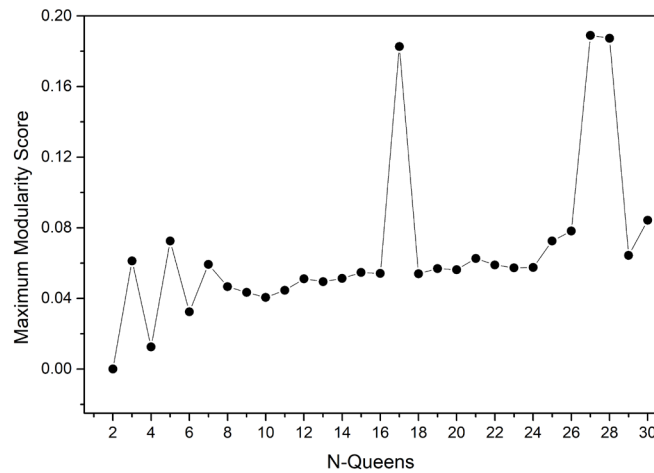


**Figure 6** Girvan- Newman Clustering algorithm is applied N-Queens (N=2-6 and 16-18) graphs

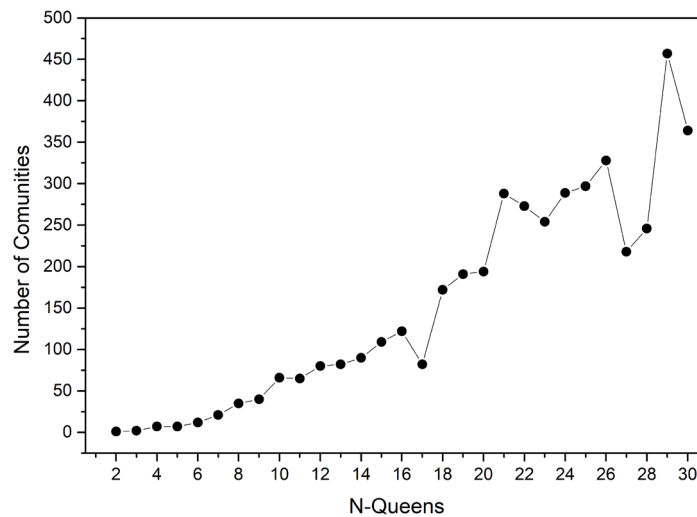
GNC algorithm is a machine learning algorithm that extracts information from a network of data. We intend to understand the strength of queens' relations when they are placed on the board. When we emphasize the boundaries between cells, we can develop a divide-and-conqueror algorithm to solve the N-Queens problem. The GNC algorithm extracts the cluster by edge betweenness and modularity score of the graph.

In Figure 7, the maximum modularity score increases slowly with an increase in board size compared to the increase in the number of clusters (See Figure 8). This emphasizes that the stability of the clusters is similar to increasing the board size with the number of communities. Additionally, 17-Queens have an intense peak with a comparatively small decrease in the number of communities.

Figure 8 shows the number of clusters. There is a dramatic increase with respect to the board size because of the number of one node clusters.



**Figure 7.** The maximum modularities from 2 to 30-Queens graphs by the Girvan-Newman Clustering algorithm



**Figure 8.** The number of communities from 2 to 30-Queens graphs by the Girvan-Newman Clustering algorithm

## 5. Conclusion

In this paper, we have applied the Girvan-Newman Clustering algorithm to extract the functional relations between queens. The purpose was to open new paths for algorithms to solve the N-Queens

problem. Application results show no explicit correlation between the board size and the number of communities in the scope of our range.

The examination of Queen graphs shows no direct relationship with the number of communities and the maximum modularity score. Thus, it extracts irregularity about the relations.

In future studies, we purpose to develop an algorithm to solve the N-Queens problem under the light of this study. The core of the planned algorithm is based on the divide-and-conqueror by communities identified in the Girvan-Newman Clustering algorithm. Dividing to the small parts is not a common case for combinatorics problems.

### Acknowledgment

The authors declare no conflict of interest.

### References

- [1] C. F. Gauß, H. C. Schumacher, and C. A. F. Peters, *Briefwechsel zwischen*. Altona: Esch, 1860.
- [2] J. Gingsburg, "Gauss's arithmetrization of the problem of n queens," *Scripta Math.* 5, pp. 63-66, 1939.
- [3] G. Polya, "Über die 'doppelt-periodischen' losungen des n-damen-problems," *Mathematische Unterhaltungen und Spiele*, pp. 364-374, 1918.
- [4] É. Lucas, *Recreations mathematiques. Vol. 4*. Paris: Blanchard, 1960.
- [5] V. Torggler, P. Aumann, H. Ritsch, and W. Lechner, "A Quantum N-Queens Solver," *Quantum*, vol. 3, 03/02 2018.
- [6] F. Souza and F. Mello, "N-Queens Problem Resolution Using the Quantum Computing Model," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 15, pp. 534-540, 03/01 2017.
- [7] A. Draa, S. Meshoul, H. Talbi, and M. Batouche, "A Quantum-Inspired Differential Evolution Algorithm for Solving the N-Queens Problem," *Int. Arab J. Inf. Technol.*, vol. 7, pp. 21-27, 01/01 2010.
- [8] S. Ss, R. Stephen, and V. Irudayaraj, "Survey on N-Queen Problem with Genetic Algorithm," *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER SCIENCES AND ENGINEERING*, vol. 6, pp. 54-58, 03/01 2018.
- [9] S. Nag and U. Sarkar, "An Adaptive Genetic Algorithm for Solving N-Queens Problem," 12/21 2017.
- [10] E. Cengiz, S. Seyed, and T. Murat, "Different perspectives of the N-Queens problem," in *Proceedings of the, A. C. M. annual conference Communications*, ACM, 2 Penn Plaza, Suite 701, New York, NY 10121-0701, USA, 1992.
- [11] Z. Wang, D. Huang, J. Tan, T. Liu, K. Zhao, and L. Li, "A parallel algorithm for solving the n-queens problem based on inspired computational model," (in English), *Bio Systems*, vol. 131, pp. 22-9, 2015.
- [12] M. Girvan and M. E. J. Newman, "Community structure in social and biological networks," vol. 99, no. 12, pp. 7821-7826, 2002.
- [13] S. Güldal, "Connectives of Knights Covering Problem By Girvan-Newman Clustering," presented at the SDPS 2019 Workshop, Madrid, Spain, 25-26, November 2019,
- [14] M. E. J. J. T. E. P. J. B. Newman, "Detecting community structure in networks," journal article vol. 38, no. 2, pp. 321-330, March 01 2004.
- [15] S. C. J. P. Johnson, "Hierarchical clustering schemes," journal article vol. 32, no. 3, pp. 241-254, September 01 1967.
- [16] M. E. J. Newman, "Fast algorithm for detecting community structure in networks," *Physical Review E*, vol. 69, no. 6, p. 066133, 06/18/ 2004.
- [17] L. Lee Johnson, C. B. Borkowf, and P. A. Shaw, "Chapter 21 - Hypothesis Testing," in *Principles and Practice of Clinical Research (Third Edition)*, J. I. Gallin and F. P. Ognibene, Eds. Boston: Academic Press, 2012, pp. 255-270.

- [18] G. Ouyang, D. K. Dey, and P. J. J. o. C. Zhang, "Clique-Based Method for Social Network Clustering," journal article April 02 2019.
- [19] M. Bastian, S. Heymann, and M. Jacomy, "Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks," in *International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, 2009.
- [20] M. E. J. Newman, "Modularity and community structure in networks," vol. 103, no. 23, pp. 8577-8582, 2006.

## FOREST COSTS PAID BY ENTERPRISES DURING INVESTMENT PERIOD TO CARRY OUT MINING OPERATIONS IN FORESTLANDS

**Taşkın Deniz YILDIZ<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Faculty of Engineering, Department of Mining Engineering, Adana, 01250 Türkiye

Geliş tarihi: 17.03.2020 Kabul tarihi: 01.06.2020

### ABSTRACT

In order to carry out mining operating activities in forest areas that overlap with the mineral reserves, mining investors are asked to pay forest land permit fees, reforestation fees, and other fees (such as security deposit, service, and report) to the forest administration. These fees include the fees paid by mining investors as investment period costs prior to starting mining operating activities, and reforestation fees and other fees. The shares of fees within the amounts of mining investment paid by mining enterprises to forest administration only during the investment period is an object of curiosity. In order to determine this, a survey was conducted to mining enterprises via the "Survey Monkey" online survey program. In this study, the variation of the shares of each of these fees within the amount of mining investment, according to the mineral groups was analyzed. According to this analysis, the reforestation fee of the mining companies participating in the survey receive an average share of 3.44% and the other fees have a share of 0.72%. Considering the forest land permit fees paid each year during the operation period, these costs, which are paid only once during the investment period, may force the mining enterprises economically in the presence of other costs.

**Keywords:** Cost; Forest; Investment; Mining; Operation

## ORMAN ALANLARINDA MADEN İŞLETME FAALİYETLERİ YAPILABİLMESİ İÇİN İŞLETMELERİN YATIRIM DÖNEMİNDE ÖDEDİĞİ ORMAN BEDELLERİ

### ÖZET

Maden rezervleriyle çakışan orman alanlarında maden işletme faaliyetleri yapılabilmesi için maden yatırımcıları orman idaresine; orman arazi izin bedeli, ağaçlandırma bedeli ve (teminat, hizmet ve rapor gibi) diğer bedeller vermektedir. Bunlar içerisinde maden işletme faaliyetlerine başlamadan önce maden yatırımcılarının yatırım dönemi gideri olarak verdiği bedeller; ağaçlandırma bedelleri ve diğer bedellerdir. Maden işletmelerinin sadece yatırım döneminde orman idaresine verdiği bedellerin maden yatırım tutarları içerisinde aldığı paylar merak konusudur. Bunun tespit edilebilmesi doğrultusunda "Survey Monkey" anket programı aracılığıyla maden işletmelerine anket gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada bu bedellerin her birinin maden yatırım tutarları içerisinde aldığı payların maden gruplarına göre değişimi analiz edilmiştir. Bu analize göre ankete katılan maden işletmelerinin yatırım tutarları içerisinde ağaçlandırma bedeli ortalama %3,44, diğer bedeller ise %0,72'lik bir pay almaktadır. İşletme döneminde her yıl ödenen orman arazi izin bedelleri de dikkate alındığında, sadece yatırım döneminde bir kez ödenen bu bedeller, diğer maliyetlerin varlığında tek başına, maden işletmelerini ekonomik açıdan zorlayabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Maliyet; Orman; Yatırım; Madencilik, İşletme

\* e-mail: [tdyildiz@atu.edu.tr](mailto:tdyildiz@atu.edu.tr) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4043-2257>



## 1. Introduction

Forest resources provide numerous and multifaceted benefits to society through its functions, such as the production of wood raw materials, recreation, aesthetics, community health, hydrological, conservation of wildlife, and biodiversity. Thus, forest management bears various costs while providing these benefits through forestry activities [1]. It is necessary to estimate the value of the deprived forest benefits due to the allocation of forests to mining, and to determine the cost value to restore the damaged forest to its former quality [2]. Following this determination, in order to carry out mining operating activities in forest lands, some fees are received for the forestlands used. It is foreseen that these costs will be spent on making real community benefit<sup>i</sup>.

Mining investors do not only pay forest fees to carry out mining operating activities in Turkey. Apart from varying depending on the overlapping of areas, they may face the payment status of expropriation fees, private land fees, or pasture fees. There are also different kinds of expenses such as operating license fees, waste management costs, rehabilitation costs, environmental compliance assurance, share of municipality, state's right, and taxes that mining enterprises are obliged to pay as a result of land use<sup>ii</sup> [7].

In many countries where the mining sector are developing, all property permits, including forest permits received for the mining activities paid during the project, do not exceed 2% of the total mining investment amounts [8, 9]. But, due to the effects of changes in the legislation, there are concrete examples in only forest lands in Turkey that exceed 40-45% of this rate [10, 11].

Forest fees required in Turkey are very high compared to worldwide [12, 13, 14]. These sums paid as the forest fee annually in Turkey exceed the approximate average cost of the land purchase where they are located [15]. In the vicinity of the forest area, privately-owned property can be approximately purchased for USD 9000-18000 depending on its hectare, or on it's being a wetland or a barren land, hence free of hire purchase [16]. For instance, during a 20-year mining project in Turkey, the fee paid for the forest can reach up to approximately 50-70 times more than the purchase price of the land owned by the private property in the region because of the continuously increasing forest land permit fee [17]. In the case of mining operations being in non-forest properties (e. agriculture, pasture, public/private land..), about more than 20 times differences may occur in the fees to be paid. In this situation, it becomes a critical factor affecting whether the aforementioned mining projects will be carried out or not [14]. In this case, it is not possible for domestic and foreign mining investors to provide economic operability in the mining investments they plan.

At the beginning of the 20<sup>th</sup> century, the minimum operable cut-off grades were, for example, 30 g/t for gold, 3% for copper, and 12% for zinc [18]. Today, as a result of the increasing demand and prices for minerals, gold mines of less than 0.5-1 g/ton, copper mines with 0.5% cut-off grade, zinc mines with 2% cut-off grade are now economically operable [19]. However, the higher the costs of mining enterprises get, the higher minimum cut-off grade of the ore that they will produce, in parallel with the cost increase, tends to get. This situation will mean the closure of some mining enterprises, leaving the economic operability.

The most important goal of each company is to make maximum profit. The profit or loss of the company depends on two factors. The first is the cost incurred for the amount of goods it will produce and sell. The second one is the income obtained from the goods sold [20]. From the point of mining enterprises, the second factor depends on the mineral prices determined by the stock exchanges based on the mineral demand in the world. The first and more important factor in terms of investment risk is that mining enterprises may be exposed to the influence of mining policies and legislation in the country.

In order for the investment project, which is one of the important tools in economic development, to reach the targets (minimum time, minimum cost, minimum capacity) determined in the project [21]; subsequent regulations due to legislation should not be outside the expected.

In terms of expenditures and risks, the most important activity group to be considered regarding mining is pre-production activities [22]. These activities include the forest permit process. In case the mining operating activities overlap with forestlands in Turkey, it is beneficial to determine how much of a share the fees paid during the investment period from the expenses of the relevant permit period takes within the amounts of mining investment. In this paper:

- Determine how much each and total of the different types of forest fees paid during the investment period by the mining enterprises had shared in the amounts of the mining investment in order to perform mining activities in forestlands in Turkey<sup>iii</sup>,
- Determine whether these shares vary according to different mineral groups,
- Determine whether these shares have high in mining investment,
- Despite the prediction of the deduction in the forest land permit fee in the last legislative arrangement, it is aimed to discuss the necessity of a deduction in the paid forest fees during the investment period.

First of all, in line with this aim, questions were asked to the mining enterprises through the "Survey Monkey" survey program in May, June, and July 2018 in Turkey to identify such legislation problems in the mining sector and to make a comparative analysis for the results. Some of these questions are about the forest fees to be paid for mining activities in forestlands.

The survey questions were answered by the relevant departments of the mining companies. The answers were transferred collectively to the survey program, regardless of which companies answered the survey, and it wasn't known what responses were given to the questions. Some of the 97 mining enterprises have chosen not to answer some questions. Respectively, 83 and 82 mining enterprises answered the "reforestation fees" and "other fees" question examined in the study. Along with these fees, the enterprises that announce their investment amounts are respectively 66 and 63 mining enterprises. These data were analyzed according to different mineral groups. The mineral groups stipulated by the legislation in Turkey are presented in summary (Table 1).

**Table 1.** Mineral groups in Turkish mining legislation (summary)<sup>iv</sup>[5].

<b>I<sup>st</sup> Group Minerals</b>	<b>I (a)</b>	Sand and Gravel
	<b>I (b)</b>	Clays and rocks used in cement and ceramics industries
<b>II<sup>nd</sup> Group Minerals</b>	<b>II (a)</b>	Aggregate rocks and rocks for ready-mix concrete and asphalt
	<b>II (b)</b>	Dimension stones, Marble, Travertine, Granite, Andesite, Basalt etc.
	<b>II (c)</b>	Ground/milled rocks for industrial use (Calcite, etc.)
<b>III<sup>rd</sup> Group Minerals</b>		Salts (incl. sea, lake, and spring water), CO <sub>2</sub> gas (except geothermal, natural gas and petroleum areas, Hydrogen Sulfide)
<b>IV<sup>th</sup> Group Minerals</b>	<b>IV (a)</b>	Industrial minerals
	<b>IV (b)</b>	Peat, Lignite, Hard Coal, Anthracite, Asphaltite, Bituminous Schist/Shale Shale, Cocolith/Sapropel
	<b>IV (c)</b>	Metallic ores, rare earth elements/minerals
	<b>IV (ç)</b>	Radioactive minerals
<b>V<sup>th</sup> Group Minerals</b>		Precious and semi-precious stones

In the calculation, the average values of forest fee ranges stated in the survey responses of each mining enterprise were proportioned to total investment amounts. So, average values were calculated for each mineral group.

## 2. Last Legislative Amendments on Forest Fees

In Turkey, it is projected that temporary facilities built out of necessity and depending on the period of the license to carry out mining operating activities in the forest areas are given permission within the framework set forth by Forest Law No. 6831, Regulation for Implementation of Forest Law and Forest Permitting Regulation<sup>v</sup> [26, 27, 28]. One of the most significant problems of the mining sector is the unpredictable forest permit processes and extremely high forest fees [29].

Law No. 7061 that came into force on December 05, 2017 and Article 9 of Mining Law No. 3213 in Turkey have been changed. As a result of this change, a deduction was made in the fees taken from the mining permit in forestlands<sup>vi</sup>. Based on this, in the implementing regulation of Article 16 of Forest Law No. 6831, a change was also made with the Regulations put forth on July 06, 2018. The matter of how and under which circumstances the deduction will be applied are discussed in Article 8. Subsequently, a Circular of the GDF dated August 02, 2018 was published.

According to this with exceptions, for all mineral groups, from all permits, half of the land permit fees shall be taken for the first ten years starting from the date on which the mining operation permit is issued. So, on a site where the mining operation permit is issued after the date of 05<sup>th</sup> December 2017, 50% discount will be applied to all forest permits to be given for 10 years by MAPEG (General Directorate of Mining and Petroleum Affairs), mining operation permit date. If the operation permit is in a forest permit field issued before December 05, 2017; after the date of operation permit issued by "MAPEG" starting from December 05, 2017, a discount will be applied for the remaining period of ten years.

However, due to the implementation of the aforementioned Circular by the General Directorate of Forestry, no deduction is applied in the license areas whose first operation permit date (10 years before the effective date of Law No. 7061) is before the date December 05, 2007. This situation eliminated not only the vested rights of mining investors but also removed competition and equal employment conditions between the ones who were given operation permit before the date December 05, 2017 and the ones who were given the permit after this date<sup>vii</sup> [9].

Nevertheless, in the inscription added to Paragraph 6 of Article 47 of the Law No. 7061 and to Article 9 of Mining Law, there was no mention of "Operating Permissions First Regulated Date", and no regulation was made regarding whether the operation permit was issued before the Law No. 7061 or not [9]. Therefore, in the aforementioned Article of the Law, there is no regulation found regarding "no deduction will be applied for licenses issued before 2007" as well as regarding "deductions will be applied for the remaining period of 10 years in the operation permit issued before 2017". See on legislative proposals on this matter [14].

Several Mining Associations, particularly the Turkey Miners Association (TMD), suggest the forest land permit fees required from mining enterprises are deducted [13, 14] or –instead of every year- are taken only once during the investment period. Forest land permit fees can be evaluated as an operating period expense. In this case, the share of reforestation fees from forest costs paid by mining enterprises during the investment period and the share of other fees within the amounts of mining investment should be examined.

## 3. Forest Costs Paid During the Investment Period: Their Ratio to the Amounts of Mining Investment

### 3.1. Reforestation Fees

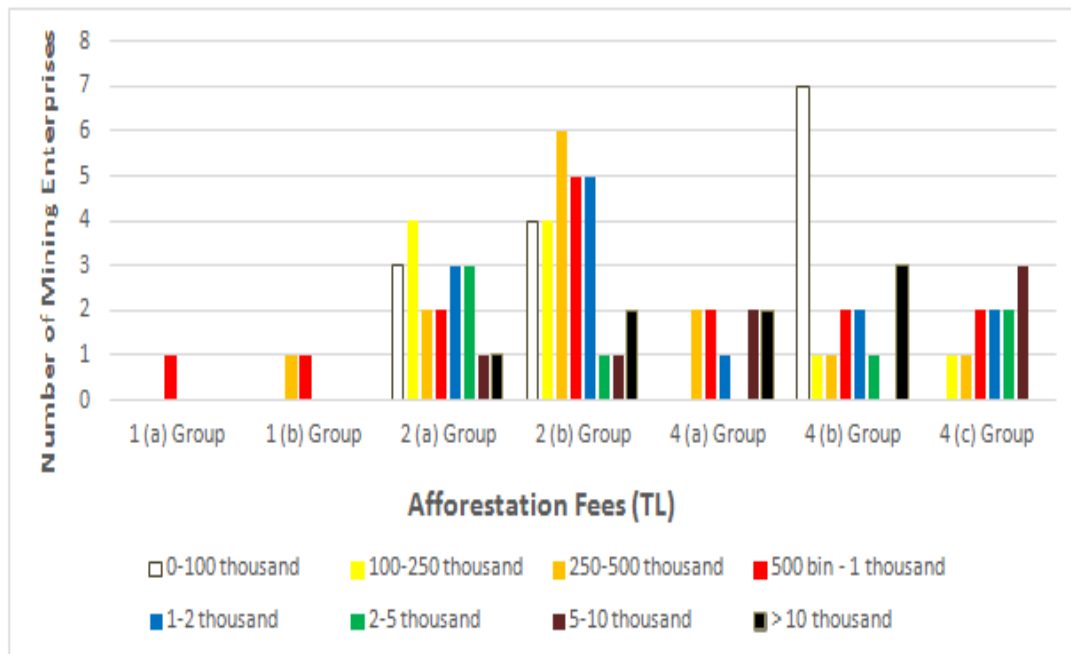
#### 3.1.1 Calculation of Reforestation Fee

In forestlands, the reforestation fee is taken once per m<sup>2</sup>. It is determined that the desired reforestation fee for the mining permits given in the forestlands will be spent for the reforestation of these areas. The reforestation fee changes every year for mining enterprises and this fee rises every year according to the rate of the minimum wage in Turkey. The calculation of the "reforestation fee" in the Forest Regulation is stated as; "one-day normal working payment for Workers over 16 years old that is established to second half of the year by" General Directorate of Minimum Wage Detection Commission" is, the multiplication of the permit area with reforestation unit hectare fee that determined by the multiplication of minimum wages by the 294 days/hectare coefficient.

As seen from this definition, as the minimum wage increases, the reforestation fee that is asked from the miner are increased in Turkey as well<sup>viii</sup>. Accordingly, the reforestation fee is 2.5073 TL<sup>ix</sup>/m<sup>2</sup> as of 2019.

#### 3.1.2 Reforestation Fees in Turkey & Their Ratio to Mining Investment Amounts

The survey question, "How much the total reforestation fee you paid / will pay?" is asked to mining enterprises in Turkey. Eighty-three mining enterprises answered to this question. The distribution of these responses, according to different mineral groups, is shown below (Fig. 1).



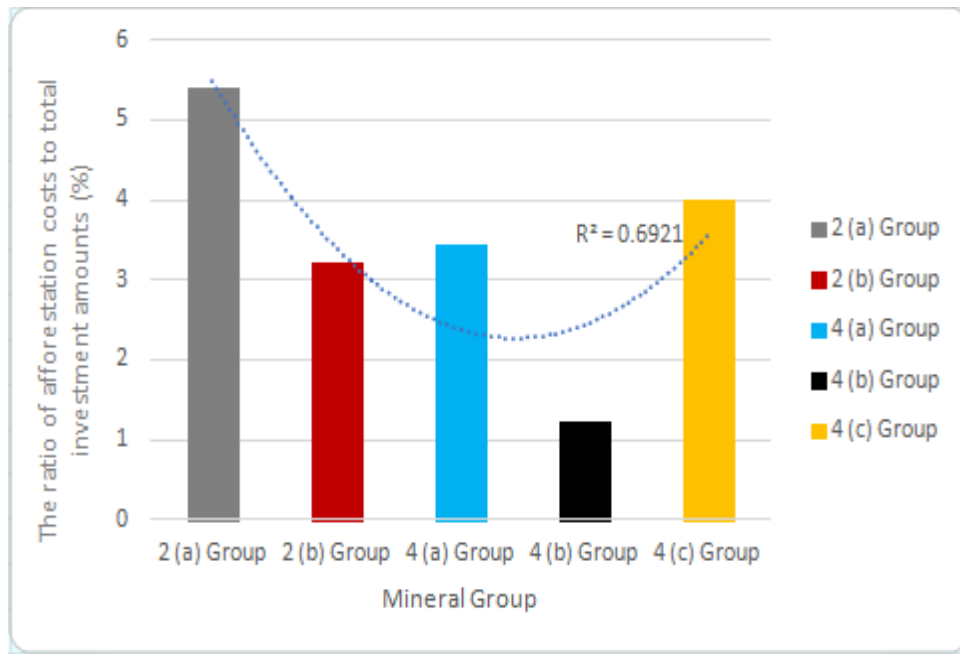
**Figure 1.** Reforestation fees paid by mining enterprises<sup>x</sup>

Reforestation fees are envisaged to be given only once at the beginning of the mining operation. Considering this situation, when the amounts paid as "reforestation fees" by each mining enterprises answering the survey individually are proportioned to their investment amounts, the following results are obtained on the basis of mineral groups (Table 2).

**Table 2.** Reforestation costs & averages of investment amounts.

Mineral groups	Number of mining Enterprises	Average of total investment amounts (TL)	Average of reforestation fees (TL)	The ratio of reforestation costs to total investment amounts (%)
Group 2 (a)	16	39.687.500	950.000	5.40
Group 2 (b)	20	63.425.000	1.975.000	3.21
Group 4 (a)	8	498.312.500	6.500.000	3.43
Group 4 (b)	14	432.346.154	3.475.000	1.22
Group 4 (c)	8	522.750.000	3.132.143	4.00
For all mineral group	66	268.068.182	2.715.086	3.44

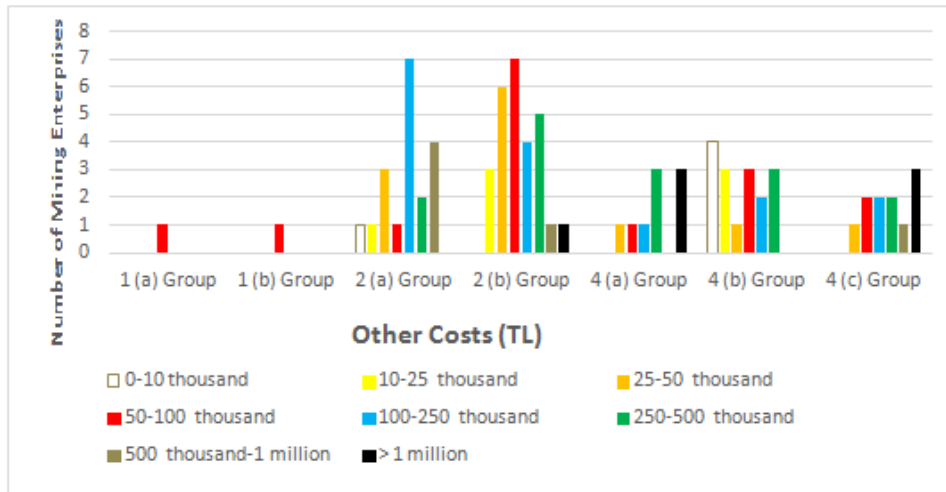
As can be seen in the table, the weighted average of the "ratio of reforestation fees to investment amounts" paid by the mining enterprises is 3.44%. This rate alone shows that the "reforestation fee" has a high share in the mining investment amount in Turkey. The fact that the investment amounts of 2<sup>nd</sup> Group of minerals were less than the investment amounts of 4<sup>th</sup> Group of minerals was finalized with the situation that the 2<sup>nd</sup> Group of minerals have a higher share –compared to other groups in general- in investment amount of reforestation fee. Thus, as shown in the figure below clearly, it is seen that this share declined gradually from the 2<sup>nd</sup> Group of minerals to the 4<sup>th</sup> Group of minerals (Fig. 2).

**Figure 2.** The ratio of reforestation costs to investment amounts

It is seen that there is a moderate polynomial correlation ( $R^2 = 0.69$ ) between the mineral groups and the ratio of reforestation fees to investment amounts. The reason why this change varies among the mineral groups is the variability in the forest permit areas to be operated especially in mining.

**3.2. Other Fees**

For performing mining operations in forestlands; there are other costs paid to the forest administration (such as security deposit<sup>xi</sup>, service fee, and report fee). The question "How much is the total amount fee of security deposit, service, and report that you paid/will pay to Forestry Administration? (Excluding land permit fee and reforestation fee)" was asked to mining enterprises. The answers of 82 mining enterprises according to different mineral groups, are shown below (Fig. 3).



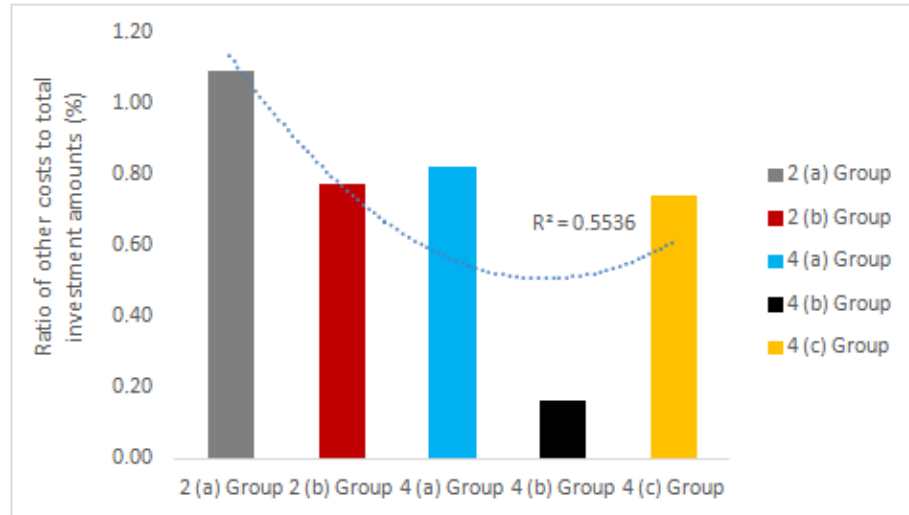
**Figure 3.** Other costs<sup>xii</sup> (TL)

The "other fees" that were paid by every mining enterprise which gave this answer were proportioned to their investment amount. The following results were obtained (Table 3).

**Table 3.** Other Fees & the ratios of other fees to investment amounts.

Mineral groups	Number of mining Enterprises	Average of total investment amounts (TL)	Average of other fees (TL)	The ratio of other fees to total investment amounts (%)
Group 2 (a)	15	41,933,333	202,333	1.09
Group 2 (b)	20	63,425,000	270,000	0.77
Group 4 (a)	8	498,312,500	879,688	0.82
Group 4 (b)	13	585,423,077	94,038	0.16
Group 4 (c)	7	583,071,429	889,583	0.74
For all mineral group	63	278,984,127	356,762	0.72

Only the ratio of "the other fees" from forest fees to the investment amounts of mining enterprises has a share too high to be underestimated with a value of % 0.72 as an average. Going from the 1<sup>st</sup> mineral group to the 4<sup>th</sup> mineral group, the average investment amounts increase. In fact, this situation resulted in a decrease in the average value of the ratio of other fees to investment amount going from the 1<sup>st</sup> group to the 4<sup>th</sup> group of minerals (Fig. 4).



**Figure 4.** The ratio of other fees to investment amount

There is a weak polynomial correlation ( $R^2 = 0.55$ ) between the ratio of the other fees to the investment amounts and the average value (%) of the mineral groups. However, from the 2<sup>nd</sup> group to the 4<sup>th</sup> group, these values give an idea about the ratio changing among the mineral groups.

#### 4. Conclusion and Suggestions

Reforestation and other fees, which are the forest fees paid by mining enterprises during the investment period, have undeniable shares in the investment amounts of these enterprises. The ratios of these fees to investment amounts vary among mineral groups. The ratio of reforestation fee to investment amount varies between mineral groups between 1.22-5.40%. In other fees, this share is between 0.16-1.09%. There are other land use costs paid during the investment period as well as taxes such as forest land permit fees and state right paid each year during the operational period. In the presence of these costs, the “reforestation fee” and “other fees” examined in the study may create a higher investment risk especially for mineral groups with low investment amounts. This situation shows that forest costs paid during the investment period are a cost item that can economically push more the 2<sup>nd</sup> Group mining enterprises whose investment amounts are lower compared to other mineral groups. Things to do can be summarized as follows:

- First of all, in the direction of the recommendation of the mining sector, the land permit fees should be taken once, instead of every year, within the forest costs like the other fees specified outside this fee.

- Considering that required forest costs are high at specified rates only during the investment period in Turkey, being one of these fees, lowering the reforestation fee to a more reasonable level – for example deducting in half- with the legislation can make a positive contribution to the development of the mining sector. At this point, determining both the reforestation fee and security deposit, which is one of the other fees, in accordance with the minimum wage rate, can result in a high increase in these fees each year. Instead of this rate, it would be more appropriate if the increase in fees is at least to the extent of annually inflation rate declared in Turkey. Above all, it is beneficial to make such calculations with scientific approaches considering the mining and forestry criteria.

- Thus, when considering the mining operating data analyzed in the study, the ratio of “reforestation fee” to the total investment amount is 1.72% instead of 3.44% (Due to 50% discount of reforestation fee). Thus, these fee deductions to be made can reduce the mining investment risks. Even if these percentages may adversely affect the mining enterprises economically and financially, in the

context of the use of sustainable natural resources, at least making these changes stated in the forest fee types in Turkey will contribute to this sustainability.

## References

- [1] Kaya G. Determining the values of forest resources. Environmental Economics and Policy, Environmental Volunteers Platform, Istanbul, pp.143-158, 1998.
- [2] Ok K, Kaya G. A comparative study on valuation techniques and accounting approach of land allocation rent in practice of Forest Law, Article 16. Journal of Forestry Research 2017; 4 (1): 46-60.
- [3] GDF. Ministry of Agriculture and Forestry, GDF 2018 Annual Report. Ankara, 85 p., 2019.
- [4] Yıldız T.D. The share of required costs in investment amounts for mining operating activities in pasture lands in Turkey. Journal of Engineering Science of Adıyaman University, 2019; 6 (10): 23-31.
- [5] Yıldız TD. Waste management costs (WMC) of mining companies in Turkey: Can waste recovery help meeting these costs? Resources Policy, Accepted, 2020.
- [6] Yıldız TD. Effects of the private land acquisition process and costs on mining enterprises before mining operation activities in Turkey. Land Use Policy, Accepted, 2020.
- [7] Yıldız TD, Kural O. Costs to be required in the conflict of mining operation activities and private property land of state's treasury & Evaluation of legislation, International Congress of Academic Research (September 16-18), Conference Abstracts, Bolu, pp.201-202, 2019.
- [8] Aydın O. Investor is in trouble. (Foreword by Journal Editor). Journal of Mining Turkey 2018; 70, pp.4.
- [9] TMD. The report on mining problems and solution proposals. TMD Sector News Bulletin 2018; 72: 23-36.
- [10] Yıldız TD. The survey research done to 97 mining enterprises from the online Survey Monkey (unpublished). 2018.
- [11] Yıldız TD. Forest fees paid to permit mining extractive operations on Turkey's forestlands & the ratio to investments. Gospodarka Surowcami Mineralnymi: Mineral Resources Management, (Accepted), 2020.
- [12] Aktan M, Çimen N, Özçelik Y. Implementation of regulatory practices for Turkey and forestry permits for mining activities. Proceedings of the 25<sup>th</sup> International Mining Congress of Turkey, (April 11-14), pp.447-456, Antalya, Turkey, 2018.
- [13] TMD. Forest permit problems in mining industry and solution suggestions. TMD, Editor: Evren Mecit Altın, 27 p., 2017.
- [14] TMD. Mining sector problems and solutions in forest permits. TMD, Istanbul, 37 p., 2019.
- [15] Aydın O. Sector believes that dialogues can overcome any problem. Interview with Umit Akdur. Journal of Mining Turkey 2015; 46: 50-54.
- [16] Köse M, Ünver B. Why should the forest permit fees be revised? Journal of Mining Turkey 2019; 77: 134-138.
- [17] Journal of Mining Turkey. Mutual statement from sector, about to forest fees (News from Turkey). Journal of Mining Turkey 2018; 70: pp. 6.
- [18] Priester M, Ericsson M, Dolega P, Löff O. Mineral grades: an important indicator for environmental impact of mineral exploitation. Mineral Economics 2019; 32 (1): 49-73.
- [19] Journal of Mining Turkey. The solution of current account deficit is a strong mining industry. (Interview with Muhterem Köse). Journal of Mining Turkey 2012; 24: 46-53.
- [20] Unay C. General Economics. Ekin Publishing, 2<sup>nd</sup> edition, Bursa, 510 p., 2000.
- [21] Köse H, Kahraman B. Mining operation economics. Dokuz Eylül University Faculty of Engineering Publications No: 223, 3<sup>rd</sup> Edition, Izmir, 339 p., 2009.
- [22] Yolcu M, Sağlam N. Financial reporting and comprehensive application examples by TMS/TFRS. 1<sup>st</sup> Publication, Turkey, 472 p., 2014.



- [23] Topaloğlu M. Mining Law No. 3213 and related regulations (translation). Istanbul Mineral Exporters' Association, 617 p., 2016.
- [24] Yıldız TD. The impacts of EIA procedure on the mining sector in the permit process of mining operating activities & Turkey analysis. *Resources Policy*, 2020; 67:
- [25] Yıldız TD. Recommendations for authorized administration organization in the mining operation permit process in Turkey. *Trakya University Journal of Social Science*, 2020; 22 (1): 211-237.
- [26] Yıldız TD. Evaluation of forestland use in mining operation activities in Turkey in terms of sustainable natural resources. *Land Use Policy*, 2020; 96:
- [27] Yıldız TD, Kural O, Aslan Z. Problems and solutions in relation to permits required to be perform mining operation activities in forest lands in Turkey. 1<sup>st</sup> International Şişli Science Congress (October 24-25), Istanbul, Turkey, pp.159-160, 2019.
- [28] Yıldız TD, Kural O, Aslan Z. Problems and solutions in relation to permits required to be perform mining operation activities in forest lands in Turkey. *Academic Studies in the Field of Science and Mathematics*, Gece Bookstore Publishing, Chapter 2, Istanbul, Turkey, pp.23-46, 2020.
- [29] Emiroğlu A. Mining sector problems and solutions in forest permits (Foreword of the Book), TMD, 8-9, 2019.
- [30] Mallı NÖ. Examination on the incentive for forest costs within the scope of the Constitutional Court decision. *Journal of Mining and Human*, 2019; 4: 34-36.
- [31] Topaloğlu M. Amendments to the implementing regulation of article 16 of the Forest Law. TMD Sector News Bulletin, 2018; 72: 86-88.
- [32] <https://legalbank.net/belge/asgari-ucretler-16-yasindan-buyukler-ve-16-yasindan-kucukler-icin-2018-yili/2610258/> (Accessed: 13<sup>th</sup> January 2019).
- [33] Central Bank of the Republic of Turkey, 2019. Indicative exchange rates & Central Bank rates by date. Available via: <[https://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar\\_tr.html](https://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar_tr.html)>, (Accessed: 06<sup>th</sup> November 2019).
- [34] Saraç MS. Charges for marble quarries in forest territories. Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Marble and Natural Stones Congress and Exhibition of Turkey. December 13-14, Bursa, Turkey, pp.12-19, 2019.

<sup>i</sup> In 2018 alone, all sectors paid a total of 1.639 Billion TL as permit fee for operating activities to GDF (General Directorate of Forestry), 295 million TL of this fee was spent on reforestation of the whole Turkey [3]. Especially of all sectors, it can be said that a significant portion of forest incomes is covered by the fees obtained for mining activities.

<sup>ii</sup> For different types of these costs, see [4, 5, 6]

<sup>iii</sup> See the forest fees paid not only during the investment period but also during the mining operation period [11].

<sup>iv</sup> See the mineral groups stipulated by the Turkish mining legislation [4, 23].

<sup>v</sup> Regarding license/permit process and environmental regulations in the mining sector in Turkey, see [24, 25].

<sup>vi</sup> A lawsuit was filed with the Constitutional Court for the annulment of article 47 of the Law No. 7061, where the incentive provision was foreseen. This request for annulment was rejected by the Constitutional Court's decision numbered 2018/80 on July 05, 2018 [30].

<sup>vii</sup> Additionally, in line with the opinion of the forest bureaucrats, aforementioned deduction incentives are not applied even though new operation permit is issued in the extension of the operating permission period. However, the application of this provision, which introduced an incentive provision, to the re-extended operating permissions would be more appropriate for the purpose of the regulation [31].

<sup>viii</sup> See the minimum wage tariffs [32].

<sup>ix</sup> 1 USD = 4.84 Turkish Lira (July 16, 2018) [33].

<sup>x</sup> In the figure, "> 10 million": 10 - 20 million TL, i.e., the average of 15 million TL was accepted.

<sup>xi</sup> According to the Forest Regulation, "Security deposit" = Permitted forestland (m<sup>2</sup>) x [reforestation fee per unit area (TL/m<sup>2</sup>)/10] [11]. In the event that the mining investor gives up his investment, the forest permit expires, and the activity ends, the security deposit is returned provided that the obligations specified in the written contract have been fulfilled [34].

<sup>xiii</sup> In the figure, "> 1 million": 1-3 million TL, i.e., the average is considered to be 2 million TL.

## TÜRKİYE'DE KAYNAKÇILIK MESLEĞİNDE MEYDANA GELEN İŞ KAZALARI VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Tanju TEKER<sup>1\*</sup>, Denizler GENÇDOĞAN<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Adiyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Adiyaman, 02040, Türkiye  
Geliş tarihi: 19.05.2020 Kabul tarihi: 26.05.2020

### ÖZET

Kaynaktan yayılan ışınlar göz kadar vücudun açık kalan bölgelerinin etkilenmesine neden olur. Kaynaklı birleştirme işlemleri yaparken meydana gelen iş kazaları son yıllarda artış gösteren ve istenmeyen bir durumdur. Bu durumun ortaya çıkması çevresel şartlardan, dikkatsiz ve deneyimsiz işçilerden kaynaklı olabileceği bilinmektedir. Yapılan araştırmada 2015-2018 yıllarında kaynakçılık ve oksijen-gaz kesimciliğinde meydana gelen iş kazalarında %66.4'lük bir artış görülmektedir. Kaynak uygulamalarında meydana gelen iş kazaları uzuvları etkiler (%62) ve ciltte kesik ve sıyrık gibi yaralanmalar (%40.9) meydana getirir. Zaman içerisinde ortaya çıkan bu artış hem iş gücünde önemli aksamalara hem de ülke ekonomisinde mesleğin katkısını azaltmaktadır. Kaynakçılık uygulamalarında görülebilecek sorunların oluşturacağı maddi ve manevi kayıpları ortadan kaldırmak için gerekli olan güvenlik tedbirlerinin önceden alınması büyük bir önem taşımaktadır. Solunumun, göz, cilt ve işitme kanallarının korunması kaynaktan iş güvenliği için son derece önemlidir.

**Anahtar Kelime:** İş Kazası, Kaynakçılık, Solunum, İşitme, Görme.

## WORK ACCIDENTS AND SAFETY PRECAUTIONS OCCURRED IN WELDING VOCATIONAL IN TURKEY

### ABSTRACT

The rays emitted from the welding cause to be affected the open parts of the body as much as the eyes. Work accidents that occur while performing welded joining processes have been increasing and undesirable in recent years. It is known that this occurrence may be due to environmental conditions, careless and in experienced workers. In the research conducted, there is a 66.4% increase in work accidents that occurred in welding and oxy-gas cutting between 2015-2018. Work accidents in welding applications affect the body parts (%62) and cause injuries such as incisions and scrapes (%40.9) on the skin. This increase over time decreases the contribution of the vocation both in the workforce and in the national economy. It is of great importance to take the necessary safety precautions in order to eliminate the material and moral losses caused by the problems that may be seen in welding applications. Protection of breathing, eyes, skin and hearing channels is extremely important for work safety at the welding.

**Keywords:** Work Accident, Welding, Breathing, Hearing, Vision.

\* e-posta: <sup>1</sup> [tteker@adiyaman.edu.tr](mailto:tteker@adiyaman.edu.tr) ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-7293-0723>

<sup>2</sup> [denizergencdogan@gmail.com](mailto:denizergencdogan@gmail.com) ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-2846-4371>

## 1. Giriş

İş sağlığı ve güvenliği konusu gelişen ve büyüyen endüstriler için her geçen gün daha da önem arz etmektedir [1]. Risk taşımayan iş olmadığı gibi meydana gelen risklerinde ortadan kaldırılması büyük önem arz etmektedir. Dünya üzerinde iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine baktığımızda ilk çalışmalarda Romalılar döneminde Tarihçi Heredotos besleyici ve enerjili besinler ile çalışanların ihtiyaçlarının karşılanması gerektiğine değinmiştir [2]. İş kazası, çalışma sahalarında meydana gelen, belirli bir zarar veya yaralanmaya yol açan [3], çalışanların maruz kaldıkları tehlikelerden oluşan [1], beklenmedik bir şekilde meydana gelen ve genelde yaralanmalara neden olan [4], iş gücünde ve üretimde maddi ve manevi zarara neden olan durumlara verilen genel tanımlamadır.

5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu'nun (SGK) 13'üncü maddesine göre sigortalı iş yerinde bulunduğu, emziren kadına çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarında, işveren tarafından yürütülmekte olan iş nedeniyle kendi adına ve hesabından bağımsız çalışıyorsa yürütmekte olduğu iş nedeniyle, sigortalının görevli olarak işyeri dışında başka bir yere gönderilmesi nedeniyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda, sigortalıların işverence sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere gidiş-gelişi anında yaşanan ve sigortalının kısmen, ruhen ve fiziksel olarak hasara uğraması durumlarında yaşanan olay iş kazası olarak değerlendirilir [5].

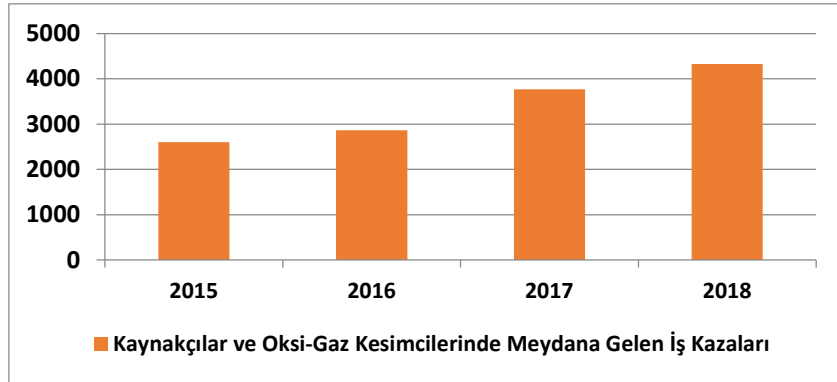
İş kazalarının önlenmesi için alınan tedbirler dizisine iş sağlığı ve güvenliği (İSG) önlemleri denir. İSG ekonomik faaliyetlerin birçoğunda yer edinen bir disiplindir. Metalurji, maden, kimya, elektrik benzeri birçok mühendislik disiplininde bulunmakla birlikte; eğitim, sağlık, ulaşım gibi disiplinlerde de İSG önemli bir yere sahiptir [6]. Ülkemizde SGK'nın verilerine göre yılda ortalama 1000'e yakın vatandaşımız iş kazaları sebebiyle hayatını kaybetmektedir [2]. Ayrıca yapılan araştırmalarda iş kazaları ve meslek hastalıklarında ülkemizin dünyada ne yazık ki ilk sıralarda olduğu [7], farklı bir araştırmada ise Türkiye'de resmi olarak her gün 172 iş kazası meydana geldiği ve bu kazalarda 4 işçinin hayatını kaybettiği ve 6 işçinin de iş göremez hale geldiği belirtiliyor [8]. İş kazalarının meydana geldiği sektörlerden birisi olan metal sektörü Türkiye'nin ihracatının % 12'sini, sanayi sektöründeki istihdamın % 2'sini ve gayri safi milli hasılatın % 3'ünü oluşturan önemli bir ekonomik faaliyet olmasının yanında iş kazalarının en yoğun görüldüğü sektörlerdendir [9].

Bu çalışmada, 2015-2018 yılları arasında Türkiye'de kaynakçılık disiplininde meydana gelen iş kazaları ve ölümler ile ayrıca kaynak uygulamalarında karşılaşılan sorunlar ve güvenlik önlemleri üzerine bir inceleme yapılmıştır.

## 2. Türkiye'de 2015-2018 Arası Kaynakçılık Disiplininde Meydana Gelen İş Kazaları ve Ölümler

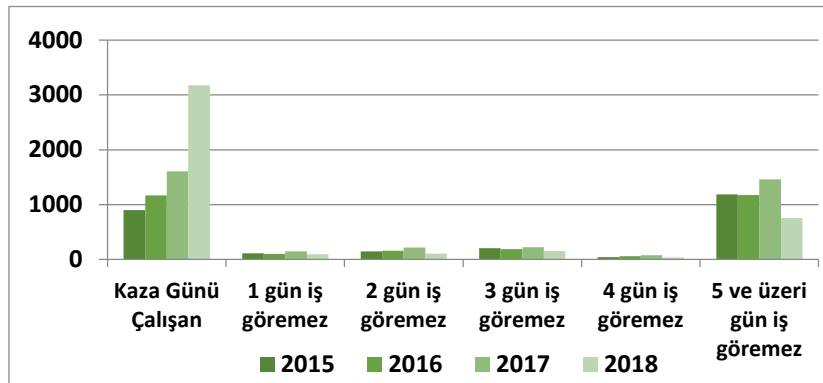
Endüstriyel uygulamalarda metal üretim yöntemlerinden birisi olan kaynakçılık disiplini ferdi bir uygulama olmanın yanında farklı ekonomik faaliyetler olan çelikten tüpler, borular, içi boş profiller ve benzeri bağlantı parçalarının imalatı, metal yapı malzemelerin imalatı, çelik varil ve benzer muhafazaların imalatı, kaldırma ve taşıma ekipmanları imalatı, gemilerin ve yüzen yapıların inşaatı, demiryolu lokomotifleri ve vagonlarının imalatı ve çatı işleri uygulamalarında önemli bir yer tutmaktadır. Sosyal Güvenlik Kurumunun (SSK) 2015-2018 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen iş kazaları verileri üzerinde yapılan değerlendirmede kaynakçılar ve oksijen-gaz kesimcileri ile kaynakçılık disiplini ile bağlantılı ekonomik faaliyetlerde meydana gelen iş kazaları, iş göremezlik durumları, ölümler ve meslek hastalıkları incelenmiştir. Şekil 1'deki verilere göre Türkiye'de meydana gelmiş kaynakçılık ve oksijen-gaz kesimcilerindeki iş kazalarına bakıldığında yıllara göre artış göze çarpmaktadır. 2012 yılından önce metal sektöründe artmaya başlayan iş kazaları 2007'den 2012'ye kadar hafif düzeyde bir azalma olduğu da görülmüştür [9]. Daha sonra 2015-2018 yılları arasında Türkiye'de kaynakçılık ve oksijen-gaz kesimcilerinde meydana gelen iş kazalarında % 66.4'lük bir artış görülmektedir. Zaman içerisinde ortaya çıkan bu artış hem iş gücünde önemli aksamalara hem

de ülke ekonomisinde mesleğin katkısını azaltmaktadır. Artan iş kazalarının azaltılması ve önlenmesi açısından İSG eğitimleri son derece önemlidir. Ülkemizde endüstriyel çalışma kollarına ara eleman yetiştiren Mesleki ve Teknik Anadolu Liseleri ile Mesleki Eğitim Merkezlerinin bağlı bulunduğu Mesleki Eğitim Genel Müdürlüğü öğrencilere ve diğer çalışanlara İSG eğitimleri verilebileceği belirtilmektedir [10]. Fakat bu eğitimler verilmesine rağmen yıllar geçtikçe iş kazalarının artması hem çalışan sayısındaki artış hem de çalışanların tedbirsiz davranmaları, isteklendirme düşüklüğü, deneyimsizlik, bilgi eksikliği gibi nedenlerden dolayı meydana gelmektedir [1].



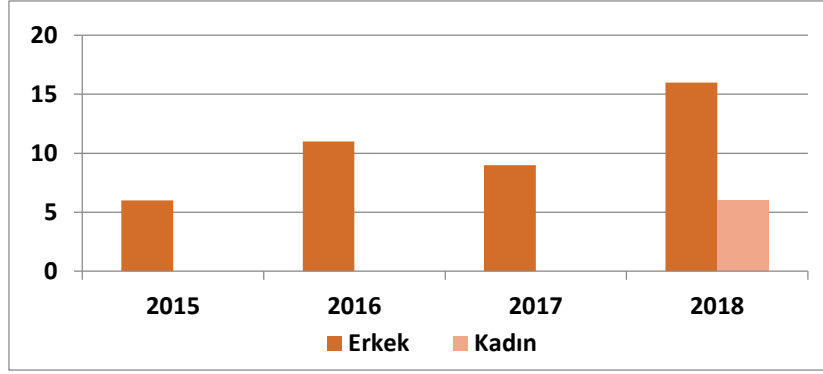
Şekil 1. 2015-2018 arası kaynakçılık mesleğinde meydana gelen iş kazaları [11].

Kaynakçılar ve oksi-gaz kesimcilerinde 2015-2018 yıllarında 13.560 kaza meydana gelmiştir. 2015-2018 arası kaynakçılık mesleğinde meydana gelen iş kazalarında iş göremezlik durumları Şekil 2’de verilmiştir. Bu kazaların % 50.5’lik bir kısmı aynı gün çalışabilecek kaza geçirmiş işçiler iken, % 33.7’lik bir kısmı ise beş gün ve üzeri iş göremez durumda olan işçilerdir.



Şekil 2. 2015-2018 arası kaynakçılık mesleğinde meydana gelen iş kazalarında iş göremezlik durumları [11].

İş kazaları sonucunda meydana gelen ölüm oranları Şekil 3’te verilmiştir. 2015’ten 2016 yılına bir artış varken, 2017 yılında azalma olmuştur. Fakat 2018 yılında 16 erkek işçinin hayatını kaybettiği çalışmalar da 6 kadın işçi de hayatını kaybetmiştir. 2015-2018 yıllarında meydana gelen toplam kazaların % 0.35’i ölümlle sonuçlanmıştır.



Şekil 3. 2015-2018 arası kaynakçılık mesleğinde meydana gelen iş kazalarındaki ölümler [11].

Çizelge 1’de kaynakçılıkla bağlantılı olan çelikten tüpler, borular, içi boş profiller ve benzeri bağlantı parçalarının imalatı, metal yapı malzemeleri imalatı, çelik varil ve benzer muhafazaların imalatı, kaldırma ve taşıma ekipmanları imalatı, gemilerin ve yüzen yapıların inşası, demiryolu lokomotifleri ve vagonlarının imalatı ve çatı işleri uygulamalarında 2015-2018 yıllarında gerçekleşen iş kazaları ve iş kazaları sonucunda ölümler verilmiştir.

Çizelge 1. Kaynakçılık disiplini ile bağlantılı olan iş kollarında gerçekleşen iş kazaları [11].

Yıl	İş Kazası Durumu	Çelikten tüpler, borular, içi boş profiller ve benzeri bağlantı parçalarının imalatı	Metal yapı malzemeleri imalatı	Çelik varil ve benzer muhafazaların imalatı	Kaldırma ve taşıma ekipmanları imalatı	Gemilerin ve yüzen yapıların inşası	Demiryolu lokomotifleri ve vagonlarının imalatı	Çatı işleri	Toplam
2015	Kaza	2301	3118	178	496	805	253	228	7379
	Ölüm	2	14	0	1	2	0	8	27
Yüzde (%)		0,08	0,44	0	0,20	0,24	0	3,50	0,36
2016	Kaza	2301	3267	178	598	1205	303	275	8127
	Ölüm	10	9	0	2	0	1	6	28
Yüzde (%)		0,43	0,27	0	0,33	0	0,33	2,18	0,34
2017	Kaza	2413	3904	153	711	2209	318	191	9899
	Ölüm	3	7	0	2	1	0	6	19
Yüzde (%)		0,12	0,17	0	0,28	0,04	0	3,14	0,19
2018	Kaza	2531	4253	157	752	3171	296	189	11349
	Ölüm	6	11	0	3	4	0	4	28
Yüzde (%)		0,23	0,25	0	0,39	0,12	0	2,11	0,24

Çizelge 1’deki veriler incelendiğinde toplam iş kazaları sayısı yıllar ilerledikçe artış göstermektedir. Ama bununla negatif yönde korelasyon gösteren biçimde ölüm oranlarında yüzde

cinsinden azalma olduğu görülmektedir. İş kazaları oranında çatı işlerinde düşük iş kazaları görülüyor olmasına rağmen ölümlerin kazalara oranlarında diğer iş kazalarına nispeten yüksek olduğu görülmektedir. Dört yıl boyunca yaşanan iş kazalarında ölüm olayının hiç görülmediği ekonomik faaliyet ise çelik varil ve benzer muhafazaların imalatıdır. Bunu takiben dört yıllık sürede bir işçinin hayatını kaybettiği ekonomik faaliyet ise demiryolu lokomotifleri ve vagonlarının imalatıdır.

Ülkemizde kaynakçılık sektörü ve bağlantılı olduğu diğer ekonomik faaliyetlerde her yıl iş kazaları meydana gelmektedir ve SGK verilerini incelediğimizde bunların oranları ve kayıplar görülebilir. İş kazalarının temel nedenlerine bakıldığında bunların % 44'lük kısmının kişisel koruyucuların kullanılmaması, % 37'lik kısmının dikkat eksikliği, % 17'lik kısmının kullanılan araç-gereçlerde yeterli güvenlik önlemlerinin alınmamış olmasından kaynaklanmaktadır [12]. İşçilerin çalışma alanlarındaki eğitim ve bilgi eksikliği, çalışma koşullarının iyi analiz edememeleri de iş kazalarına davetiye çıkartmaktadır.

### 3. Kaynak Uygulamalarında Karşılaşılan Sorunlar ve Güvenlik Önlemleri

Kaynak uygulamalarında dikkatsizlik, sorumsuz davranma ve teknolojik eksiklik sebebiyle iş kazalarının yaşanması ve kaynakçıyla birlikte çevrede etkilenen kişilerde sorunların olması kaçınılmazdır. Kaynak uygulamalarında meydana gelen sorunların etkilediği kişisel durumlara bakıldığında gözlerde ve ciltte deformasyonlar, yanıklar, kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları, akciğer rahatsızlıkları, solunum rahatsızlıkları sık rastlanılan hastalıklardır [9]. Kaynak uygulamalarında meydana gelen iş kazalarına bakıldığında % 62'si uzuvları etkilerken, % 40.9'unun kesik ve sıyrık benzeri ciltte oluşan yaralanmalar olduğu ayrıca yaralananların genç ve deneyimsiz çalışanlar olduğu belirtilmektedir [9]. Kıta Amerika'sında yapılan araştırmada % 67 oranında kazaların gözleri etkilediği, % 21 oranla elbiselerden kaynaklı yanıklar sebebiyle kazalar olduğu görülmektedir [13].

#### 3.1. Kaynakçılarda Solunum

Kaynak işleminin gerçekleşmesi anında koruyucu gazlar, yanan elektrod örtüsü ve metal yüzeyindeki katıktan kaynaklı gaz ve kaynak dumanı oluşmaktadır. Ortaya çıkan duman/gaz yeterli koruma ve havalandırma eksikliği nedeniyle önemli sorunlara yol açmaktadır. Kaynak dumanı içerisinde bulunan yanmış metaller partikülleri havadaki O<sub>2</sub> ile birleşerek oluşturdukları oksitlerin parçacık çapı 1 µm' den küçük olduğundan solunumda rahatsızlıklara neden olur. Bu duman içerisinde bulunan krom, nikel, kadmiyum ve arsenik zararlı etki ederken; demir, karbon, kalay ise kısmen zararlı etkiler göstermektedir [14].

Sade karbonlu çeliklerin örtülü elektrodla ark kaynağı en fazla kullanılan kaynak yöntemlerinden birisidir. Yanan elektrod örtüsü ise çok miktarda kaynak dumanı açığa çıkarmaktadır. Kaynak dumanı da demir oksit bileşiğinden oluşmaktadır. Partikül halinde solunumda yutulan bu bileşikler akciğerlerde rahatsızlıklara neden olur [15]. İnsan dışı varlıklar üzerinde yapılan çalışmada örtülü elektrod ile ark kaynak dumanının akciğerlere etkisinin daha fazla olduğu gözlenmiştir [14]. Ayrıca kadmiyum içeren gümüş kaynağında, kadmiyum oksite maruz kalan işçinin pirinç kaynakçılığından sonra en fazla akut akciğer hasarına ve ölüme neden olan kaynak olduğu bilinmektedir [15]. Çizelge 2'de kaynakçılıkta risk unsurları ve etkileri verilmiştir.

**Çizelge 2.** Kaynakçılıkta risk unsurları ve etkileri [15].

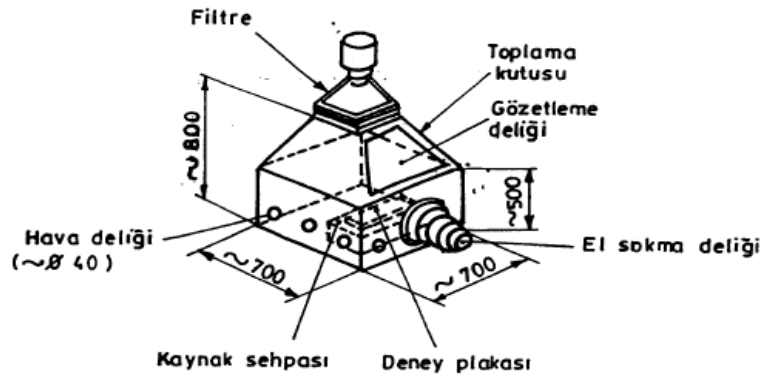
Risk Etmenleri	Sağlık Sorunları
<b>Metaller</b>	
FeO <sub>2</sub>	Benign pnömokonyoz
Mn	Nörotoksisite, pnömoni
CdO <sub>2</sub>	Akut akciğer hasarı
ZnO <sub>2</sub>	Metal dumanı ateşi
Cr	Akciğer kanseri, allerji
Ni	Akciğer kanseri, allerji
F	Cild irritasyonu, kemikte depolanma
<b>Gazlar</b>	
O <sub>3</sub>	Solunum irritanı, astım
NO <sub>x</sub>	Akut akciğer hasarı
CO	Sistemik zehirlenme
<b>Radyasyon</b>	
UV	Fotokeratit, ciltte eritem
IR	Yanıklar, katarakt
Elektrik	Elektrik şoku, ölüm
Gürültü	İşitme kaybı
Ergonomik Stres	Kas zorlanmaları

Kaynakçılarda kaynak dumanı ve gazının etkisiyle bir takım pulmoner hastalıklar (Metal dumanı ateşi, akut solunum yolu enfeksiyonları, kimyasal ve hiper sensitivite pnömonisi, akciğer fonksiyonundaki reversibl etkileri, kronik bronşit ve akciğer kanseri) görülmektedir. Ayrıca çalışmalarda kaynakçı olmayanlara oranla kaynakçı olanlarda akciğer kanseri görülme olasılığı % 30-40 oranında daha fazladır [14]. Kaynaklarda kullanılan koruyucu gazların eşik değerleri ve sağlığa zararları Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde solunan havada bulunmasını en az istediğimiz gazın ozon gazı olduğunu, en fazla bulunabilecek olanın da karbondioksit olduğu görülmektedir. Çünkü ozon gazı etkilerine bakıldığında karbondioksitten daha fazla hastalığa sebebiyet vermektedir.

**Çizelge 3.** Kaynakta sarf olan gazlar, sağlığa etkileri ve eşikleri [16].

Kaynakta Sarf Olan Gaz	Sağlığa Etkisi	Eşik (mg/m <sup>3</sup> )
Karbondioksit	Boğulma	9000
Karbonmonoksit	Boğulma, Baş ağrısı ve dönemsiz mide bulantı	50
Ozon	Akciğer rahatsızlıkları ve solunum yollarında tahriş	0.1
Azotdioksit	Göz ve akciğerde zarar	2
Fosgen	Solunum yolları tahrişi	0.4

Kaynakçı solunumu korunması önem arz eden bir konudur. Bunun içinde gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. TS 6263'ye göre Şekil 4'teki gibi kaynak toplama davlumbazı kullanılması gerekmektedir. Bunun kullanılmadığı durumlarda gaz maskesi kullanılarak solunum korunabilir.



Şekil 4. TS 6263'ye göre kaynak davlumbazı [17].

### 3.2. Kaynakçılarda Göz ve Cilt/Deri

Gözler kaynaktan yayılan ışıklardan etkilenerek zarar görmektedir. Arkın oluşturulması ile açığa çıkan enerjinin % 85'i ısı olurken kalan % 15'i ise ışık olarak yayılır. Yayılan bu ışıkların oluşturdukları radyasyonlar Çizelge 4'te verilmiştir. Özellikle gözün kaynak alması diye tabir edilen ve gözün saatlerce kum dolmuş hissi oluşturarak ağrımaya, bilinen ve sık rastlanılan göz zararlarındandır. Bu durum kaynaktan yayılan radyasyonun bir sonucu olarak karşımıza çıkar. Gözün zarar görmesi noktasından maske/gözlük kullanılmaması radyasyonun etkilerine maruz kalınmasına neden olur. Doğal kaynağı güneş olan UV radyasyonu ark kaynaklarında karşımıza çıkmaktadır. 270-280 nm dalga boyunda etkili olmakla birlikte gözde ağrı, yanma, görme bulanıklığına neden olur [15].

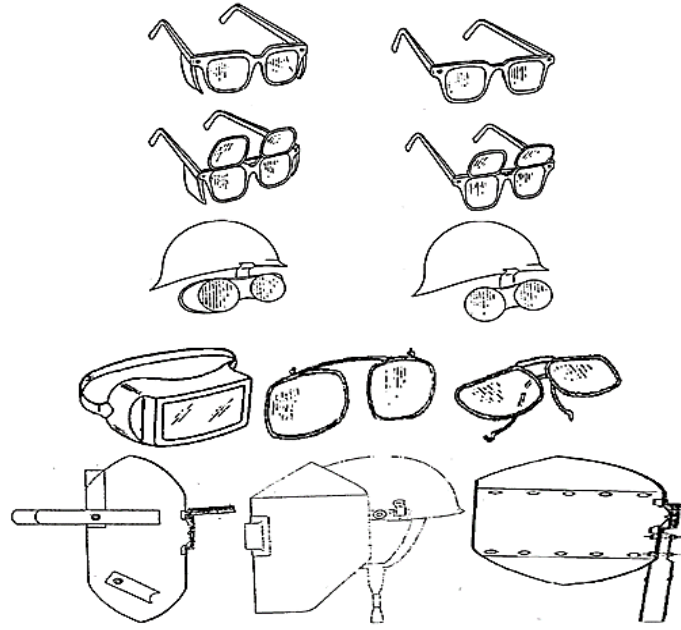
Çizelge 4. Kaynaktan yayılan ışıklar ve etkileri [13].

Yayılan Işık	Işığın Etkisi
Parlak ışınlar (%60)	Göz retinasında hasar ve kamaşmaya neden olur
Enfraruj (Kızılötesi) ışınları (%30)	Gerginlik, ciltte kızarmalar, göze kum atılmışçasına karıncalanma
Ultraviyole (Morötesi) ışınlar (%10)	Gözde yanma, acı sulanma, kaşınma, geçici görme bozukluğu, deride kızarma ve kansere neden olur

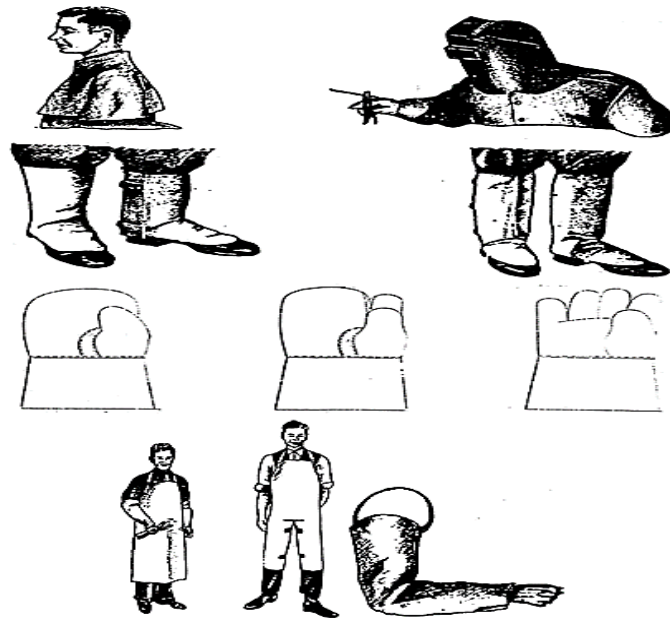
Kaynaktan yayılan ışınlar göz kadar vücudun açık kalan bölgelerinin etkilenmesine neden olur. Deri kanseri, deride kızarma, yüzün ve alın bölgesinin doğrudan ışığa maruz kalması ile balık pullarını andıra şekilde dökülmesi buna örnektir. Ayrıca aşırı derecede radyasyonlu ışığa maruz kalan ciltte de radyasyon kaynaklı yanıkların görülmesi olasıdır. Bunlardan korunmak için gerekli koruyucu tertibat ve kişisel koruyucu donanım kullanılması gerekir. Gözün korunması için kullanılacak gözlük/maskelerin camları DIN 4647 ve TS EN 169'a göre verilmiştir. TS 6263'de de radyasyon için koruyucular ve vücudu koruyucu giysiler Şekil 5 ve 6'da verilmiştir.

TS EN 12477'ye göre bir kaynakçının ark kaynağında kullanacağı eldivenin 100 V'a kadar asgari elektrik direnci sağlaması gerektiği ve eldiven tasarımında, içinde ve dışındaki parçaların iletkenlik özelliği olmadığına dikkat edilmelidir [18].





Şekil 5. Yüz koruyucular [17].



Şekil 6. Koruyucu giysiler [17].

Çizelge 5. DIN 4647 standardı [19].

Akım Şiddeti (A)	DIN 4647 Numarası
0-75	10
76-400	11
+401	12

Gözlerin korunması için kullanılacak olan gözlük/maskelerin camları kaynaktan yansıyacak olan ışıklardan korumalıdır. TS EN 169 standardı bu noktada kullanılacak gözlük/maskelerin camlarını bir standarda bağlamıştır. Kaynakçı ile kaynak metalinin bulunduğu nokta arasında 50 cm mesafenin olduğu ve ortalama aydınlatma şiddetinin de 100 lx alındığı hesaplama ile [20] Çizelge 6 ve Çizelge 7’de gözlük cam numaraları verilmiştir. Çizelge 7’deki ‘q’ L/sa cinsinden asetilen debisidir [20].

**Çizelge 6.** Farklı ark kaynakların gözlük/maske cam numaraları [20].

Amper	Kaynak Tekniği	Örtülü Elektrodlar Ark	Metal Aktif Gaz (MAG)	Tungsten Inert Gaz (TIG)	Metal Inert Gaz (MIG) (Çelik-Bakır vb.)	Metal Inert Gaz (MIG) (Alüminyum-Magnezyum vb.)	Ark Kaynağı ile Kesim	Plazma ile Kesme
1.5		<b>Cam numaraları</b>						
6		8	8				10	
10								
15				8				
30								
40				9				
60								
70	9			10	9			9
100		9						
125	10		10		10	10		10
150				11				11
175	11				11	11	11	
200			11	12		12	12	12
225								
250	12				12		13	
300			12	13		13		13
350					13		14	
400	13					14		
450			13		14			
500	14						15	
600			14					

**Çizelge 7.** Oksi-gaz, Oksi-kesme ve Sert lehimleme gözlük cam numaraları [20].

Kaynaklı uygulama					
Oksi-gaz ve Sert Lehimleme	Şiddet	q≤70	70<q≤200	200<q≤800	q>800
	Numara	4	5	6	7
Oksi-kesme	Şiddet	-	900≤q≤2000	2000<q≤4000	4000<q≤8000
	Numara	-	5	6	7

### 3.3. Kaynakçılarda Gürültü

Gürültü kaynak uygulamalarında diğer iki soruna karşında daha hafif düzeyde karşılaşılan bir durum olmasına rağmen gerekli tedbirler alınmazsa işitme sorunlarına neden olabilecek bir problemdir. Ağır işlerde 80 dB ve daha yüksek gürültülü iş yerlerinden kişisel koruyucuların da kullanımı ile 95 dB gürültüye kadar çalışılmasına izin verilmektedir [21]. Kaynak tekniklerinden çıkan gürültüye bakıldığında örtülü elektrod ile ark kaynağında 80-89 dB, MIG-MAG kaynaklarında 85-102 dB' lik bir gürültü duyulur [16]. Yapılan ölçümler ve belirlenmiş eşik değerlerden daha fazla bir gürültü oluşumuna neden olan kaynakçılık uygulamalarında kulak tıkacı, kulaklık kullanılarak gürültünün etkileri sönmülenebilir.

## 4. Sonuçlar

1. Türkiye'de kaynakçılık ve oksi-gaz kesimcilerinde 2015-2018 yıllarında iş kazaları % 66.4'lük oranla artmıştır. Bununla birlikte ölüm olayları da görülmüştür.
2. Kaynakçılıkla bağlantılı iş kollarında iş kazaları ve ölümler görülmüştür. Ayrıca iş kazalarında aynı gün çalışma oranı ile beş ve daha fazla gün iş göremez oranları diğer durumlara karşın daha fazladır.
3. Kaynakçılarda görülen solunum ve göz/cilt rahatsızlıklarının nedenleri arasında yeterli koruyucu donanım kullanılmadığı görüldüğünden TS 6263'ye göre havalandırma, radyasyona karşı göz ve yüz koruyucular ile koruyucu giysilerin standartları belirtilmiştir.
4. Gözlük/maske camlarının DIN 6263 ve TS EN 169 standartlarına göre seçilmesi gerektiği önem taşımaktadır.
5. Ağır işlerde 80 dB ve yüksek gürültülü işlerde 95 dB'le kadar çalışılmasına izin verilmiştir.

## Kaynaklar

- [1] Karamık S, Şeker U. İşletmelerde iş güvenliğinin verimlilik üzerine etkilerinin değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part: C Tasarım ve Teknoloji 2015; 3: 575-584.
- [2] Horozoglu K. İş kazalarının iş sağlığı ve güvenliği açısından analizi. Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 2017; 7: 265-281.
- [3] 6331 sayılı kanun. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6331.pdf> (Erişim Tarihi: 14.05.2020).
- [4] Ceylan H. İmalat sistemlerindeki iş kazalarının tahmini için ağırlıklandırılmış ortalamalardan sapma tekniği. Doktora tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi; 2000.

- [5] 5510 sayılı kanun. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5510.pdf> (Erişim Tarihi: 12.05.2020).
- [6] Ceylan H. Türkiye’deki iş sağlığı ve güvenliği eğitimi sorunlar ve çözüm önerileri. *Electronic Journal of Vocational Colleges* 2012; 2: 94-104.
- [7] Balkır ZG. İş sağlığı ve güvenliği hakkının korunması: işverenin iş sağlığı ve güvenliği organizasyonu. *Sosyal Güvenlik Dergisi* 2012; 1: 56-91.
- [8] Çetin M, Karatay Gögül P. Türkiye’deki iş kazaları ve işçi ölümlerinin ekonomik boyutu ve politika önerisi. *Sosyoloji Konferansları* 2015; 0: 1-29.
- [9] Güllüoğlu EN, Güllüoğlu AN. Türkiye’de metal sektöründe meydana gelen iş kazalarının analizi. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences* 2019; 31: 70-82.
- [10] MEB-genelgesi. <http://mevzuat.meb.gov.tr/dosyalar/1705.pdf> (Erişim Tarihi: 10.05.2020).
- [11] SGK-istatistikleri. [http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk\\_istatistik\\_yilliklari](http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari) (Erişim Tarihi: 16.05.2020).
- [12] Gülhan B, İlhan MN, Civil EF. Occupational accidents and affecting factors of metal industry in a factory in Ankara. *Turkish Journal of Public Health* 2012; 10: 76-85.
- [13] Turan A. Kaynak işlerinde iş güvenliği. In; 9. Kaynak Kongresi Ulusal Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Ankara, Türkiye; 2015.
- [14] Şimşek C. Kaynakçı akciğeri, *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences* 1992; 12: 212-218.
- [15] Meslek hastalıkları ve işle ilgili hastalıklar tanı rehberi. <http://www.isgip.gov.tr/wp-content/uploads/2018/06/MESLEK-HASTALIKLARI-ve-%C4%B0%C5%9ELE-%C4%B0LG%C4%B0L%C4%B0-HASTALIKLAR-TANI-REHBER%C4%B0.pdf> (Erişim Tarihi:14.05.2020).
- [16] Fidaner O, Çavuşoğlu İ, Yükler Aİ. Kaynakçı meslek hastalıkları. In; 1. Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı Bildiriler Kitabı ICWET’09, Ankara, Türkiye; 2009.
- [17] Kaynak terimleri ve tarifleri-emniyet ve korunma için. *Türk Standartları Enstitüsü, TS 6263; 1988.*
- [18] Kaynakçılar için koruyucu eldivenler. *Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 12477/A1; 2007.*
- [19] Glasses for eye-protection equipment; protective filters againts ultra-violet radiation (protective uv filters). *Deutsches Institut für Normung, DIN 4647; 1977.*
- [20] Kişisel göz koruması - Kaynakçılık ve ilgili teknikler için filtreler-Geçirgenlik özellikleri ve tavsiye edilen kullanım. *Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 169; 2005.*
- [21] Kürklü G, Görhan G, Burgan Hİ. Alışma hayatında gürültünün etkisi ve inşaat teknolojileri eğitimi açısından değerlendirilmesi. *SDU International Technologic Science* 2013; 5: 22-35.

## NUMERICAL ANALYSIS OF HEAT TRANSFER PERFORMANCE AND THERMAL DISTRIBUTION AFFECTION OF PANEL RADIATORS TO INVOLVING PROPYLENE GLYCOL AS INTERNAL FLUID WITH WATER

**H.Selçuk ÇELİK<sup>1\*</sup>, Zeynep ÇELİK<sup>2</sup>, Mehmet UÇAR<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Osmangazi University, Mechanical Engineering, Eskişehir, 26040, Turkey

<sup>2</sup> Osmangazi University, Sivrihisar Vocational School 26600, Sivrihisar, Eskişehir

<sup>3</sup> Vaillant Group, Turk Demirdokum Factory R&D Center, 11300, Bilecik

Geliş tarihi: 13.01.2020 Kabul tarihi: 31.03.2020

### ABSTRACT

Panel radiators are commonly used as heating elements with water as fluid. In this study, the different fluid is added to installation as mixed with water. Propylene glycol, which has lower freezing point value and non-toxic impression. Numerical analyses are completed by CFD method which has independence of grids to provide reasonable results. Firstly, 1x0.6 m. panel radiator which uses the 100% water as internal fluid has been analysed by numerically and then, the fluid has been changed as 10% propylene glycol and 90% water and numerical analysis has been realized under same conditions. Both scenarios have same inlet velocity as 0.0335m/s for the comparing affection of Propylene glycol involvement. When the additive is involved in the water the thermal distribution is more homogenous. However, pressure loss value is increased about 43% for the mixed fluid scenario. Eventhough, the heat transfer performance is found less about 12% than pure water. Involvement of the additive provides better thermal comfort via distribution of the homogenous heat and lower freezing point. Lower freezing point is important for living areas, which aren't used frequently during the winter

**Keywords:** Panel radiators, Heat transfer performance, Propylene glycol, Thermal distribution

## PANEL RADYATÖRLERE AKIŞKAN OLARAK PROPİLEN GLİKOL EKLENMESİNİN ISI TRANSFER PERFORMANSI VE ISIL DAĞILIMA OLAN ETKİSİNİN SAYISAL ANALİZİ

### ÖZET

Panel radyatörler günümüzde çoğunlukla su akışkanıyla birlikte kullanılmaktadır. Bu çalışmada; radyatör içeriğine suya ilave olarak, donma noktası düşüklüğü ve zehirli olmamasından dolayı belli oranda propilen glikol eklenmesinin ısı transferi ve ısı dağılım performansına etkileri incelenmiştir. İlk senaryoda 1x0.6 m. boyutlarında olan panel radyatöre %100 su eklenerek, hücre sayısından bağımsız olarak sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. İkinci senaryoda aynı parametreler altında, iç akışkan %90 su ve %10 propilen glikol olacak şekilde sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Panel radyatöre akışkan giriş hızı, her iki senaryoda aynı olmak koşuluyla 0.0335 m/s olarak tanımlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, karışımli akışkanın eklendiği panel radyatörde ısı dağılımın daha homojen olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, karışımli senaryoda basınç düşüşü %43 artış gösterirken ısı transfer performansının ise saf suya göre %12 daha düşük olduğu anlaşılmıştır. Bu sonuçlara rağmen, karışımli senaryonun ısı dağılımın homojen olması sonucunda kullanım mahallerinde daha konforlu ısınma sunacağı ve düşük donma sıcaklığı sayesinde, kışın daimi yaşanmayan konutlar için daha kullanışlı olduğu düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Panel radyatörler, Isı transfer performansı, Propilen glikol, Isıl dağılım

\* e-posta: <sup>1</sup> [erfolgen87@gmail.com](mailto:erfolgen87@gmail.com) ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-2538-7486>

<sup>2</sup> [zcelik@ogu.edu.tr](mailto:zcelik@ogu.edu.tr) ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-3600-1027>

<sup>3</sup> [mehmet.ucar@vaillant-group.com.tr](mailto:mehmet.ucar@vaillant-group.com.tr) ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-2859-0914>

## 1. Introduction

Panel radiators have been mainly preferred to heating for big areas and individual places to transfer boiler energy directly to these places. Efficiency of the panel radiators is so crucial for the heating system, therefore convective sequence and total heat transfer surface area affects directly transferred energy. In order to increase thermal performance and distribution, alternative fluids may be considered as additionally with water. In the solar systems ethylene glycol is commonly used like auto engines to prevent freezing during the winter. But propylene glycol is as well evaluated that is less non-toxic than ethylene glycol, however, it is more expensive but has superiorities for the human health. If the propylene glycol is added to water with ratio of 50% freezing point of the mixed fluid is  $-33^{\circ}\text{C}$ . [1]

The aim of this study, testing propylene glycol as an additive with 10% ratio, with mixed water of the panel radiator, and mixed solution thermal distribution and performance has been compared with common full water 100% systems. The reason of the propylene glycol selection is, being more appropriate for human health than ethylene glycol and has same affection on decreasing the freezing point of the water which is advantageous when the home or heating area are not used throughout the winter time by the members [1].

Altıntop, made an academic study, which compares physical and thermal properties of ethylene and propylene glycol fluids. Both fluids are used to decrease freezing point of water when they are used as additive. Although both of them have same thermal properties, it is mentioned about hazardous features of ethylene glycol for the human health especially for using it in solar water heating systems, in case it combines the used-water. Due to having less non-toxic and harmful features, propylene glycol usage is recommended instead of ethylene glycol even it is more expensive. The water of the installations aren't changed frequently unless any leakage or defect is not happened on the systems [1].

Yiven, Zishuai and the others, made a comparison between radiator varieties about thermal performance and efficiency whose types are cast-iron radiator, steel radiator and copper-aluminium radiator. Radiator sizes and flow conditions are adjusted identical and for the simulation, the software which is named as DeST-h is used. According to results, it is understood that cast iron radiator is found better than copper aluminium type about thermal performance [2].

Embaye and the others made an academic study about investigating effect of pulse flow input on the energy for the panel radiators. A panel radiator which has  $0.5 \times 0.3$  m dimensions have been analysed by numeric method by CFD method with Comsol software, and the results show good agreement with the literature, only 2.14% deviation is found. Water inlet velocity value is increased to 0.05 m/s than 0.035 m/s with pulsed flow. These two scenarios are analysed under same conditions; it is investigated that thermal performance of pulsed flow scenario is increased about 20% than existing one. These results prove, pulse flow behaviours have good advantages for inlet fluids of the panel radiators. [3].

Yılmaz, made an analytic analysis thermal affection about using polyurethane insulation plate on the building wall where panel radiators are assembled this surface. Heating capacity is calculated for the building, when the wall is uninsulated, the heat transfer from the wall to atmosphere is calculated that 197.7 Watt energy is transferred to atmosphere from the wall, if the wall is insulated by polyurethane plates under same conditions, the heat transfer value is calculated as 75.6 Watt. In conclusion, involving on the wall the polyurethane insulation panel, the heat loss is decreased about 61.7%. It is emphasized that insulation is so crucial to sustainability of the energy resources. [4].

Kılıç and the others, made an analytical and numeric analysis on the common panel radiator in order to develop more compact, all calculations were done compatible with EN 442 and Fluent is used for CFD analysis. Consequently, about thermal performance they found 5% deviation between the results and for the both calculations, it is investigated that thermal and temperature output have good agreement with experimental data [5].

Kibar, has an academic study about panel radiator performance analysis in the mosques numerical with CFD software. It is assumed inlet temperature of the radiators 60 °C and the mosque are dimensions are 20x20 m, height is 29.5 m, the system. As a result of this study, after 1 and 1.5 hours, it is investigated that heated air is risen higher than 2 meters, therefore, it is understood that, using panel radiators are not appropriate solution for the mosques [6].

## 2. Material and Method

Panel radiator is firstly analysed with the pure water as ratio of 100% fluid, accordingly propylene glycol is involved the internal fluid and the results are compared.

In Figure 1, the panel radiator 1 m length and 0.6 meter height is shown. The inlet fluid temperature is adjusted 75 °C which panel radiators are so efficient under these conditions.



**Figure 1.** Panel radiator (1mx0.6m)

### 2.1. Theory

Analytic analyses are considered for the cylindric pipes of panel radiator as a simple view. In the numerical analyses the flow is assumed as steady state and non-compressible form. Between the first and second scenario; particularly the kinematic viscosity has difference properly due to adding propylene glycol. All the theory have crucial inputs for the numerical analyses.

$$Re = \frac{VD_h}{\vartheta} \quad (1)$$

Re, V,  $D_h$ ,  $\vartheta$  are the Reynolds number, velocity, hydraulic diameter and kinematic viscosity. Reynolds number defines flow characteristic as laminar or turbulent. Based on the characteristic, Nusselt number equation is changed. When the Reynolds number is smaller than 2300 for the inlet flow, the flow region is laminar. The equation 2 is shown below. [7]

$$Nu = 1.86(Re Pr \frac{D_h}{L})^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

$Nu$ ,  $Re$ ,  $Pr$ ,  $Di$ ,  $L$  are Nusselt number, Reynolds number, Prandtl number, inlet diameter of the pipe and length of the pipe respectively. When the Reynolds number is between 2300 and 10000, the flow characteristic is transient and Nusselt number is found as indicated equation 3.[7]

$$Nu = 0.116 \left( Re^{\frac{2}{3}} - 125 \right) Pr^{\frac{1}{3}} \quad (3)$$

When the Reynolds number is bigger than 10.000 the characteristic is turbulent flow, Nusselt number is found as indicated equation 4.

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^n \quad (4)$$

‘n’ is a number which is assumed related with temperature of the fluid is increased or decreased. If the temperature is increased  $n=0.4$ , if the temperature is decreased  $n=0.3$ . [7]

The friction factor ( $f$ ) is found in purpose of analysing inlet flow pressure loss. But the formula is changed based on the flow characteristics. The equations are shown as follows.[7]

$$f = \frac{64}{Re} \quad (5)$$

$$f = 0.3164 Re^{-\frac{1}{4}} \quad (2300 < Re < 10^5) \quad (6)$$

$$f = 0.0032 + 0.221 Re^{-0.237} \quad (10^5 < Re < 10^8) \quad (7)$$

The equation 5 is used when the flow is laminar which means Reynolds number is smaller than 2300, Equation 6 is used when the flow is transient, and equation 7 is used when the flow is turbulent. Pressure drop down during the flow is calculated the formula as shown equation 8. [7]

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \rho \frac{Vm^2}{2} \quad (8)$$

$\Delta P$ ,  $f$ ,  $L$ ,  $D$ ,  $\rho$ ,  $Vm$  is pressure loss, friction factor, length of the pipe, diameter of the pipe, density of the fluid and average velocity of the fluid. Related with difference inlet and outlet pressure of the fluid.

In the defined radiator the flow is sustained in the cylindric circular pipes. The numerical analyses are verified by continuity, energy and momentum equations.

The flow is simplified in the circular pipes of the panel radiators under cylindric coordinates. The continuity equation in the radiators is indicated in the equation 9 as follows.[7]

$$\frac{1}{r} \frac{\partial(rU_r)}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial(U_\theta)}{\partial \theta} + \frac{\partial(U_z)}{\partial z} = 0 \quad (9)$$

In the equation,  $U$  is the velocity and subscripts refer to direction of the  $r$ ,  $\theta$ ,  $z$  coordinates.

The energy equation of cylindric coordinates are indicated for  $r$ ,  $\theta$ ,  $z$  directions, in equation 10.



$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( kr \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( k \frac{\partial T}{\partial \theta} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q' = \rho c_p \frac{dT}{dt} \quad (10)$$

The momentum equation is derived for the each directional coordinates of  $r$ ,  $\theta$ ,  $z$  coordinates in the equation 11,12 and 13 as follows. In the equation 11, the momentum conservation equation is presented for ‘ $r$  direction’ as the incompressible fluid assumption.

$$\begin{aligned} & \rho \left( \frac{\partial U_r}{\partial t} + U_r \frac{\partial U_r}{\partial r} + \frac{U_\theta}{r} \frac{\partial U_r}{\partial \theta} - \frac{U_\theta^2}{r} + U_z \frac{\partial U_r}{\partial z} \right) \\ &= -\frac{\partial P}{\partial r} + \rho g_\theta + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial U_\theta}{\partial r} \right) - \frac{U_\theta}{r^2} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U_\theta}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial U_r}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 U_\theta}{\partial z^2} \right] \end{aligned} \quad (11)$$

In the equation 12, the momentum conservation equation is presented for ‘ $\theta$  direction’ as the incompressible fluid assumption.

$$\begin{aligned} & \rho \left( \frac{\partial U_r}{\partial t} + U_r \frac{\partial U_r}{\partial r} + \frac{U_\theta}{r} \frac{\partial U_r}{\partial \theta} - \frac{U_\theta^2}{r} + U_z \frac{\partial U_r}{\partial z} \right) \\ &= -\frac{\partial P}{\partial r} + \rho g_\theta + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial U_\theta}{\partial r} \right) - \frac{U_\theta}{r^2} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U_\theta}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial U_r}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 U_\theta}{\partial z^2} \right] \end{aligned} \quad (12)$$

In the equation 13, the momentum conservation equation is presented for ‘ $z$  direction’ as the incompressible fluid assumption.

$$\begin{aligned} & \left( \frac{\partial U_z}{\partial t} + U_r \frac{\partial U_z}{\partial r} + \frac{U_\theta}{r} \frac{\partial U_z}{\partial \theta} + U_z \frac{\partial U_z}{\partial z} \right) \\ &= -\frac{\partial P}{\partial r} + \rho g_z + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial U_z}{\partial r} \right) - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U_z}{\partial \theta^2} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 U_z}{\partial z^2} \right] \end{aligned} \quad (13)$$

In the equation 11,12 and 13;  $U, P, \rho, \mu$  and  $g$  refers; velocity, pressure, density, dynamic viscosity and gravity values of the fluids for the each coordinates, which are expressed as subscripts.

## 2.2. Numerical Analysis Method

Water and propylene glycol physical and thermal properties are shown in Table 1. All data are defined for the numerical analysis definition. Mixed fluid properties are calculated by interpolation based on the ratios.

**Table 1.** Physical and thermal properties of water and propylene glycol.[8]

Material	$\sigma$ (kg /m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kgK)	$k_f$ (W/m <sup>2</sup> K)	$\mu$ (Kg/ms)
H <sub>2</sub> O	977.8	4189.5	0.6663	0.000404
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	1040	2533	0.2006	0.0058336
90%H <sub>2</sub> O+10%C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	983.002	4023.85	0.596	0.004035
Panel -DC01	2700	505	16	-
Convector -DC01	2700	505	16	-

For the both scenarios, analysis made under the same conditions due to make the optimum comparison. Both fluids temperature and velocity inlet parameters are indicated in Table 2. Values are identical.

**Table 2.** Fluids temperature and velocity values

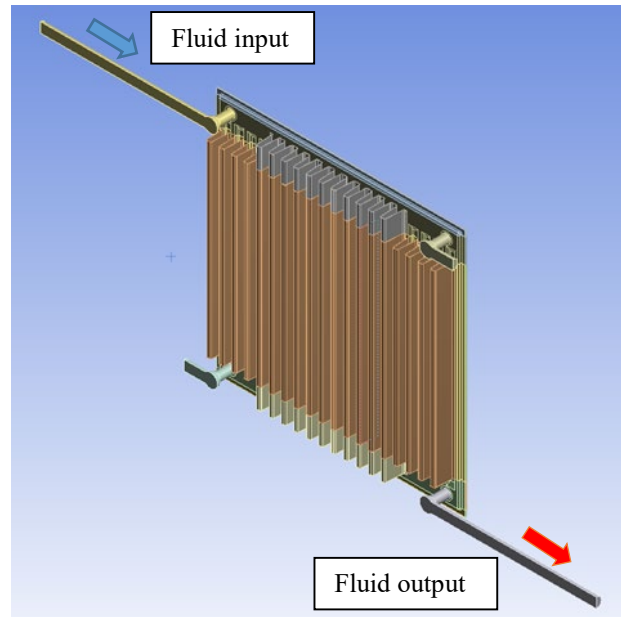
Fluids	$T_i$ (°C)	$V_{inlet}$ (m/s)
100% H <sub>2</sub> O	75	0.0335
90% H <sub>2</sub> O +10% C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	75	0.0335

The Numerical analysis boundary conditions are shown in Table 3, all of the parameters are identical for both scenarios. Panel radiators are located same geometry and located 20 °C constant temperature ambient conditions. The viscos method is selected as realizable k-  $\epsilon$  model as a result of having superiority for the spinned and opposite pressurized gradients. [9] Mesh optimization was performed, and the results are checked whether the mass flow is identical or not to validate the method and findings.

**Table 3.** Boundry conditions of numeric model

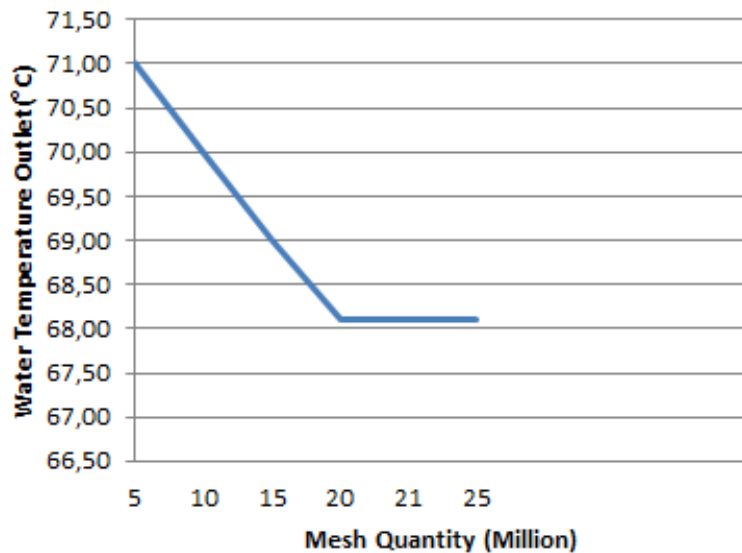
Model	Adjustments
Type	3D
Time	Steady state
Viscos	Realizable k- $\epsilon$ model
Heat Transfer	Enabled
Freezing or Melting	Disabled
Radiation	Disabled

For the both scenarios, the same model is used because only changing the fluid characteristics. In Figure 2, the model is indicated. Inlet and outlet pipes are enlarged due to providing rather homogenous fluids of the mixture.



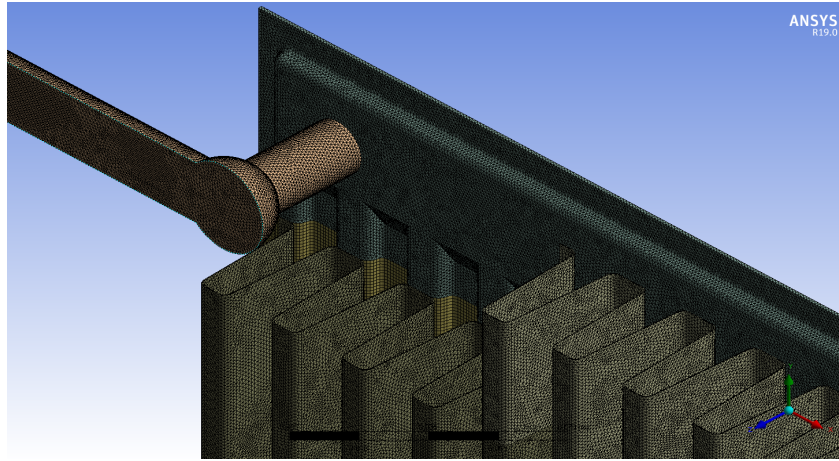
**Figure 2.** Panel radiator model and fluid input and output points

The numerical analysis must have independence from grid quantities in purpose of providing stable results which have good agreement with real circumstances. Therefore, mesh quantity is defined for the both scenarios based on water outlet temperature. In Figure 3, mesh optimization is shown. As it is seen, within 20 million mesh quantity till 25 million, water outlet temperature of the panel radiator is found same value. It proves at least mesh quantity should be 20 million. Consequently, 21 million mesh quantity is defined for both scenarios to make homogenous solution with optimum solution time for the most convenient comparison.



**Figure 3.** Mesh quantity definition

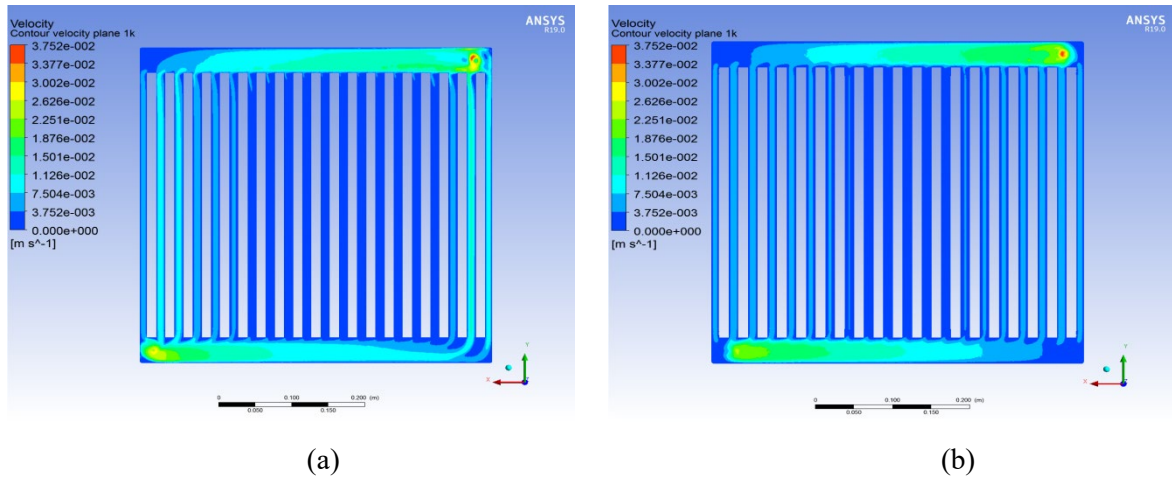
After ensuring results of the analysis are not related with grid quantity. Grid structure is created and implemented as indicated Figure 4.



**Figure 4.** Grid structure of the model

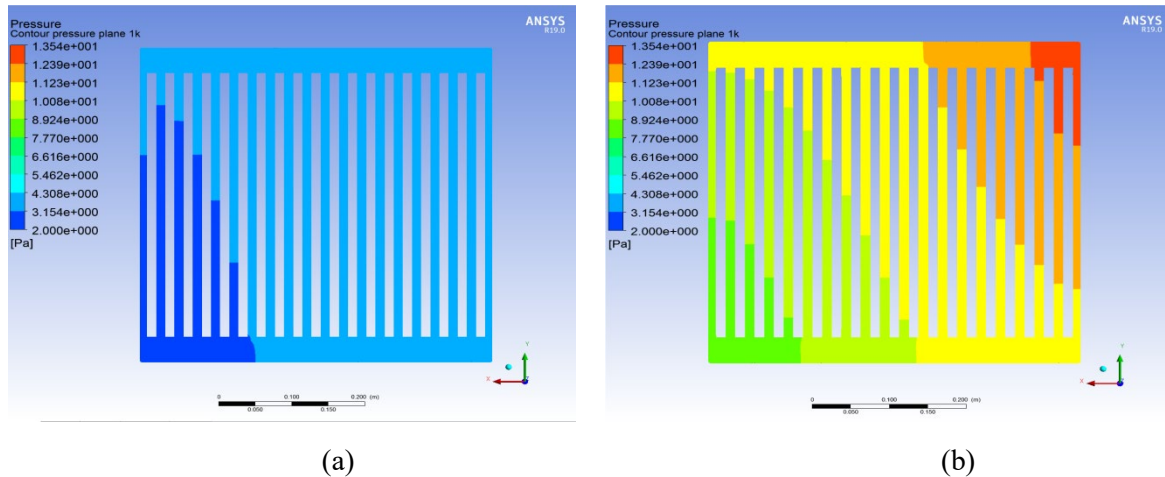
The CFD analysis is completed for both scenarios under same condition and parameters. Velocity, Pressure and Temperature contours are compared for both scenarios. Fluid thermo-physical properties are different, therefore it is expected to find pressure contours difference and focus on temperature contours modifications in order to understand propylene glycol impression on heat distribution. All solution limitations are adjusted to same values to investigate differences obviously via colours.

Velocity contours under same limits, for both scenario are shown in Figure 5.



**Figure 5.** Velocity contours: a. 100% Water fluid, b. 90% Water +10% Propylene glycol fluid

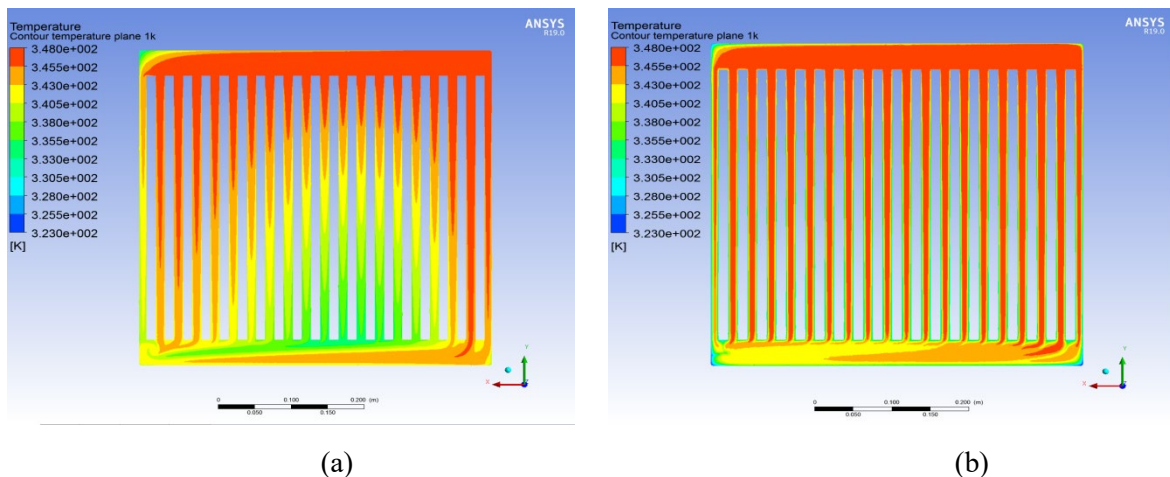
Based on the velocity distributions, major affection couldn't be investigated which comes from the additive utilisation. Pressure contours under the same limits, for both scenarios, are shown in Figure 6.



**Figure 6.** Pressure contours: a. 100% Water fluid, b. 90% Water +10% Propylene glycol fluid

Based on the results about the pressure contours, It is investigated pressure of the fluid is increased with additive affection. Pressure loss between, inlet and outlet fluids are variable. It is supposed, this difference may be come from flow characteristics change of the fluids, because of changing viscosity change by additive.

Temperature contours under same limits, for both scenarios are shown in Figure 7.



**Figure 7.** Temperature contours: a. 100% Water, b. 90% Water +10% Propylene glycol fluid

It is found that the temperature of the fluid is more homogenous for the channel pipes due to additive affection. even, it is added only 10% ratio, panel surface has nearly same temperature distribution is more superior than pure water fluid under identical conditions. but this issue doesn't depend on heat transfer performance like outlet temperatures of fluids.

### 3. Conclusions and Suggestions

Numerical analysis are realized by Fluent software for both scenarios. The affection of the propylene glycol has been researched and investigated with pros and cons. Even, it is added with 10% ratio of all mixture, the difference is noticed easily from pressure and temperature contours. Values are indicated in Table 4.

**Table 4.** The results of the numerical analysis for both scenarios

Mixture Concentration	$\Delta P$ (Pa)	$T_i$ (K)	$T_o$ (K)	$q''$ (W/m <sup>2</sup> )
100%H <sub>2</sub> O	6.16	348.0	341.098	752
90%H <sub>2</sub> O+10%C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	8.81	348.0	341.897	638

It was found out when the additive is involved the water pressure loss is increased about 43%. This change may come from viscosity significant difference between the fluids. Heat transfer performance of pure water is more about 12% than the mixed version. However, by additive both freezing point is decreased, and heat distribution is more homogenous than pure water that is investigated from thermal contours. The main reason of the thermal performance loss may be having less thermal conductivity of the additive than water. In conclusion, alternative fluids which are non-toxic and have more thermal conductivity than water may be performed and evaluated by their utilisation for these sort of systems. Even, heat transfer performance loss may be neglected due to having homogenous thermal distribution and decreasing freezing point for the domestic internally heating systems. By this additives, radiators can present more comfortable heating and the fluid makes the installation more safe for the freezing, when the owners leave it temporarily during the winter. These alternative additives should be researched to increasing both performance and life time of the installation with appliances. The scenarios will be extended about mixing ratio of fluids for the next studies in purpose of analysing parametric values widely.

#### Acknowledgements

Specially thanks for the support; all simulation efforts of this research; are completed by Vaillant Group R&D Center.

#### References

- [1] Altuntaş, N., “Güneş Enerjisi Tesisatlarında Antifriz Olarak Etilen ve Propilen Glikol Kullanımının İncelenmesi” Tesisat Mühendisliği Dergisi, 86 (2005): p.31-38.
- [2] Yiven, J., Zishuai Y., Zhaohui L., Yi, L., Rui, L., “Simulation Study of Impacts of Radiator Selection on Indoor Thermal Environment and Energy Consumption” 8th International Cold Climate HVAC 2015 Conference, 146 (2016): p.466-472.
- [3] Embaye, M., Al-Dadah, R., Mahmoud, S., “The effect of flow pulsation on the heating performance of panel radiators in central heating systems: CFD analysis” Advanced Computational Methods and Experiments in Heat Transfer, 83(2014): p.27-36.
- [4] Yılmaz E., “Exterior surface insulated panel radiator and energy efficiency analysis” International Advanced Researches and Engineering Journal, 01(2017): p.18-20
- [5] Kılıç M., Mutlu M., “ Three-Dimensional Numerical Analysis of Thermal Output of a Steel Panel Radiator” Progress in Exergy, Energy, and the Environment, 55 (2014): p.585-593
- [6] Kibar A., “A Numerical Investigation of The Heating of A 3D Mosque Model Using Panel Radiators”, Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 36(2018): p.1-10.
- [7] Çelik H.S., Uçar M., Erbay L.B., “Efficiency Affection Of Involving Finned Turbulators With Elliptical Formed Holes To Pipe Inlet Surfaces Of A Gas Water Heater Heat Exchanger”, 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi p.1149-1167, İzmir
- [8] Internet: [www.engineeringtoolbox.com](http://www.engineeringtoolbox.com).
- [9] E. Aydar, I. Ekmekci, “Thermal Efficiency Estimation of the Panel Type Radiators with CFD Analysis,”J. of Thermal Science and Technology, 32 (2012): p. 63-71.

- [10] J.A. Myhren, S. Holmberg, “Design considerations with ventilation radiators: Comparisons to traditional two-panel radiators,” *Energy and Buildings*, 41 (2009), p. 92-100.
- [11] M. Maivel, M. Konzelmann, J. Kurnitski, “Energy performance of radiators with parallel and serial connected panels,” *Energy and Buildings*, 86 (2015), p. 745-753.
- [12] J.D. Posner, C.R. Buchanan, D. Dunn-Rankin, “Measurement and prediction of indoor air flow in a model room,” *Energy and Buildings*, 35 (2003), p. 515-526.
- [13] X. Cao, J. Liu, N. Jiang, Q. Chen, “Particle Image Velocimetry measurement of indoor airflow field: A review of the technologies and applications,” *Energy and Buildings*, 69 (2014), p. 367-380.
- [14] Beck, S.M.B., Grinsted, S.C., Blakey, S.G. and Worden, K., “Novel design for panel radiators.” *Applied Thermal Engineering*, 24 (2004), p. 1291–1300.
- [15] Khaled, A.R.A., “Heat transfer enhancement due to properly managing the distribution of the heat flux.” *Energy Conversion and Management*, 53 (2012), p.247-258.
- [16] Chen, Y. and Zhao, J., “Applications of the Strong Heat Transformation by pulse flow in the Shell and tube heat exchanger.” *HVAC Technologies for Energy Efficiency*, 06 (2006): p. 11-105.
- [17] Dineen, D. and Gallachoir, B.P.O., “Modelling the impacts of building regulations and a property bubble on residential space and water heating.” *Energy Buildings*, 43(2011): p. 166-178.
- [18] Myhren, J. A. and Holmberg, S., “Flow patterns and thermal comfort in a room with panel, floor and wall heating.” *Energy and Buildings*, 40 (2008), p. 524-536.