

JSR C

E-ISSN: 2717-8633

Sayı(Number): 8

Aralık(December) 2024

JOURNAL OF
SCIENTIFIC REPORTS.C

Journal of Scientific Reports-C Sayı(Number) 8 Aralık(December) 2024



Kutahya Dumlupınar University Scientific Reports C
Evliya Celebi Campus Tavsanlı Road 10 KM. 43270 Kutahya
Phone : (0274) 443 19 29 - 30
E-mail : joursrc@gmail.com
www.gsjsrcc.com

Dumlupınar University Press

gate of
science

Window



Sahibi

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi adına
Prof. Dr. Süleyman KIZILTOPRAK (Rektör)
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü adına
Doç. Dr. Eray ACAR (Enstitü Müdürü)

Owner

On Behalf of Kütahya Dumlupınar University
Prof. Dr. Süleyman KIZILTOPRAK (Rector),
On Behalf of Institute of Graduate Studies
Assoc. Prof. Dr. Eray ACAR (Director)

Yayın Kurulu / Editorial Board

Önder UYSAL	Kütahya Dumlupınar University
Fatih ŞEN	Kütahya Dumlupınar University
Oktay ŞAHBAZ	Kütahya Dumlupınar University
Nevzat BEYAZIT	Ondokuz Mayıs University
Onur KARAMAN	Akdeniz University
Cafer ÖZKUL	Kütahya Dumlupınar University
Levent URTEKİN	Ahi Evran University
Ümran ERÇETİN	Kütahya Dumlupınar University
Ceren KARAMAN	Akdeniz University
Durmuş ÖZDEMİR	Kütahya Dumlupınar University
Güray KAYA	Kütahya Dumlupınar University
Pelin Çağım TOKAT BİRGİN	Kütahya Dumlupınar University
Nataliia BALYTSKA	Zhytomyr State Technological University
Natalia ZUIEVSKA	National Technical University of Ukraine 'Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute'
Oksana VOVK	National Technical University of Ukraine 'Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute'
Nodor SULASHVILI	The University of Georgia
Csoknyai TAMAS	Budapest University of Technology and Economics
Tibor POOS	Budapest University of Technology and Economics
Sait ALTUN	Kütahya Dumlupınar University
Sevgi KARACA	Kütahya Dumlupınar University
Ramazan BAYAT	Kütahya Dumlupınar University
Muhammed BEKMEZCİ	Kütahya Dumlupınar University
Ayşenur AYGÜN	Kütahya Dumlupınar University
Safa DÖRTERLER	Kütahya Dumlupınar University

Seyfullah ARSLAN
Büşra TUTUMLU
Merve ARSLAN
Bahadır YÖRÜR
Naciye Nur ARSLAN

Kütahya Dumlupınar University
Kütahya Dumlupınar University
Kütahya Dumlupınar University
Kütahya Dumlupınar University
Kütahya Dumlupınar University

Journal of Scientific Reports-C dergisi, yayın hayatına 2000 yılında başlayan Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisinden ayrılmış olup, Nisan, Ağustos ve Aralık aylarında olmak üzere yılda düzenli olarak 3 kez yayımlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Derginin yazım dili Türkçe ve İngilizce'dir. Dergiye gönderilen makaleler, editör kurulu tarafından seçilen ve konusunda uzman en az iki hakem tarafından değerlendirilmektedir. Dergiye sunulan bütün makaleler çift-körleme yöntemiyle değerlendirilmektedir. Değerlendirilmek üzere dergimize gönderilen makalelerin, daha önce yayınlanmamış, yayınlanmak üzere kabul edilmemiş ve yayınlanmak için başka bir dergide değerlendirilme sürecinde olmaması gerekmektedir. Dergide yayınlanan yazıların her türlü sorumluluğu yazar(lar)ına aittir.

Dergi, fen ve mühendislik bilimlerinde ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan bilimsel çalışmaların bilim insanları ve kamuoyu ile paylaşmayı amaçlar. Dergiye, fen ve mühendislik bilim dallarında yapılan, özgün araştırma makaleleri, derleme makaleleri ve kısa notlar kabul edilir. Özgün araştırma makalelerinin başka dergilerde yayınlanmamış olması, teorik ve deneysel sonuçlar içermesi beklenir. Derleme makalelerinde ise belirli bir konu üzerinde bilimsel, teknolojik ve güncel gelişmelerin geniş bir kaynakça kullanılarak yansıtılması ve bunların doyurucu bir değerlendirilmesinin yapılması aranır. Kısa notlar, özgün bir çalışmanın ilk bulgularının duyurulması amacıyla yönelik hazırlanan kısa yazılar olmalıdır.

İçerik Politikası

Dergimiz açık erişim dergisi olup, makale değerlendirme süresi 1-2 aydır

Yazışma Adresi: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü 43270 KÜTAHYA

Telefon: 0 274 443 19 42

Faks: 0 274 265 20 60

E-posta: journalsrc@gmail.com

Web Sayfası: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jsr>

Journal of Scientific Reports-C was separated from Journal of Science and Technology of Dumlupınar University which started its publication life in 2000 and is a international peer-reviewed journal published regularly third times a year in April, August and December. The language of the journal is Turkish and English. Articles submitted to the journal are evaluated by at least two referees who are experts in the subject and selected by the editorial board. All articles submitted to the journal are evaluated by the double-blind method. Articles submitted to our journal for review should not be previously published, accepted for publication and in the process of being evaluated for publication in another journal. All responsibility for the articles published in the journal belongs to the author(s).

The journal aims to share scientific studies carried out in the fields of science and engineering at national and international level with scientists and the public. Original research articles, review articles and short notes in science and engineering disciplines are accepted for the journal. Original research articles are expected to contain theoretical and experimental results and should not be published in other journals. In the review articles, it is expected that scientific, technological and current developments on a specific subject are reflected by using an extensive bibliography and made a satisfying evaluation of these. Short notes should be brief writings prepared to announce the first findings of an original study.

Editorial Policy

The journal is open access and the article evaluation period is between 1-2 months.

Correspondence Address: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesi Fen Bilimleri Enstitüsü
43270 KÜTAHYA

Phone: 0 274 443 19 42

E-mail: joursrc@gmail.com

Fax: 0 274 265 20 60

Webpage: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jsrc>

Bölüm Editörleri / Section Editors

Civil Engineering/ İnşaat Mühendisliği Prof. Dr. M. Çağatay KARABÖRK	Kütahya Dumlupınar University
Mechanical Engineering/ Makine Mühendisliği Prof. Dr. Ramazan KÖSE	Kütahya Dumlupınar University
Electrical-Electronics Engineering/ Elektrik Elektronik Mühendisliği Assist. Prof. Kadir VARDAR	Kütahya Dumlupınar University
Computer Engineering/ Bilgisayar Mühendisliği Assoc. Prof. Doğan AYDIN	Kütahya Dumlupınar University
Industrial Engineering/ Endüstri Mühendisliği Assist. Prof. Üyesi Kerem CİDDİ	Kütahya Dumlupınar University
Mining Engineering/ Maden Mühendisliği Assist. Prof. Uğur DEMİR	Kütahya Dumlupınar University
Geology Engineering/ Jeoloji Mühendisliği Assist. Prof. Muzaffer ÖZBURAN	Kütahya Dumlupınar University
Metallurgical and Materials Engineering/ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Prof. Dr. İskender IŞIK	Kütahya Dumlupınar University
Food Engineering/ Gıda Mühendisliği Prof. Dr. Muhammet DÖNMEZ	Kütahya Dumlupınar University
Environmental Engineering/ Çevre Mühendisliği Doç. Dr. Nevzat BEYAZIT	Ondokuz Mayıs University
Mathematics/ Matematik Assist. Prof. Cansu KESKİN	Kütahya Dumlupınar University
Physics/ Fizik Assoc. Prof. Huriye Sanem AYDOĞU	Kütahya Dumlupınar University
Chemistry/ Kimya Assoc. Prof. Bülent ZEYBEK	Kütahya Dumlupınar University
Biology/ Biyoloji Assist. Prof. Nüket Akalın BİNGÖL	Kütahya Dumlupınar University
Biochemistry/ Biyokimya Assoc. Prof. Derya KOYUNCU ZEYBEK	Kütahya Dumlupınar University
Occupational Health and Safety/ İş Sağlığı ve Güvenliği Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT	Kütahya Dumlupınar University
Software Engineering/ Yazılım Mühendisliği Assist. Prof. Şerif Ali SADIK	Kütahya Dumlupınar University

Danışma Kurulu / Advisory Board

Şükrü ASLAN	Sivas Cumhuriyet University/ Turkey
Erdal ÇELİK	Ankara Yıldırım Beyazıt University/ Turkey
Cemal PARLAK	Ege University/ Turkey
Muhammet DÖNMEZ	Kütahya Dumlupınar University/ Turkey
İhsan ÖZKAN	Konya Technical University/ Turkey
Ercan ARPAZ	Kocaeli University/ Turkey
Yavuz GÜL	Sivas Cumhuriyet University/ Turkey
Ataç BAŞÇETİN	İstanbul Technical University/ Turkey
Taner ERDOĞAN	Kocaeli University/ Turkey
Derek ABBOTT	University of Adelaide/ Australia
Kristian ALMSTRUP	Copenhagen University Hospital/ Denmark
Josette Camilleri	University of Birmingham/ UK
Yan-Ru LOU	Fudan University/ China
Ken HAENEN	Hasselt University/ Belgium
Fanming JIN	Shanghai Jiao Tong University/ China
Suneel KODAMBAKA	Florida International University/ USA
Hyoyoung LEE	Sungkyunkwan University/ Republic of Korea
Vinod TIWARI	Banaras Hindu University/ India
Sabine WURMEHL	Leibniz Institute/ Germany
Kai XIAO	Oak Ridge National Laboratory/ USA
Shahid ADEEL	Government College University/ Pakistan
J. Marty ANDERIES	Arizona State University/ USA
Ayaga BAWAH	University of Ghana/ Ghana
Lilong CHAI	University of Georgia/ USA
Idiano D'ADAMO	Sapienza University of Rome/ Italy
Sanjit DEB	Texas Tech University/ USA
Caroline HACHEM-VERMETTE	University of Calgary/ Canada
Marlia Mohd HANAFIAH	The National University of Malaysia/ Malaysia
Nick HOLDEN	University College Dublin/ Ireland
Chang-Wei HU	Sichuan University/ China
Masashi KATO	Nagoya University/ Japan
Tafadzwanashe MABHAUDHI	University of KwaZulu-Natal/ South Africa
Mubarak MUJAWAR	Universiti Teknologi Brunei/ Brunei
Nidhi NAGABHATLA	United Nations University CRIS/ Belgium
Gunnar SEIDE	Maastricht University/ Netherlands
Jonathan Wong	Hong Kong Baptist University/ Hong Kong
Yenchun Jim WU	National Waiwan Normal University/ Taiwan
Jie ZHUANG	University of Tennessee/ USA

JOURNAL OF SCIENTIFIC REPORTS-C

E-ISSN: 2717-8633

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- Mobile application for Alzheimer patients (Remind me if I forget)*** 1-10
Alzheimer hastaları için mobil uygulama (unutursam hatırlat)
AybÜke ŞANAL*, Hanife Cennet ALKAN, Durmuş ÖZDEMİR
- A case study on operational planning for a mine-mill operation with stockpiling*** 11-18
Açık İşletme Tesisinde Cevher Stoklama İşleminin Üretim Planlaması Üzerine Bir Durum Çalışması
Necmettin ÇETİN*
- Çukurören fayı ve Aslıhanlar fayının geometrisi ve kinematik özellikleri, Akşehir-Simav fay sistemi, Batı Anadolu*** 19-37
Geometry and kinematic features of Çukurören fault and Aslıhanlar fault, Akşehir-Simav fault system, Western Anatolia
Metin AKSAZ*, Muzaffer ÖZBURAN, Çağlar ÖZKAYNAK, Hasan SÖZBİLİR
- 5-Sülfosalisilik asit ve 2-amino-4-Süstitüepiridin içeren Zn(II) komplekslerinin sentezi ve karakterizasyonu*** 38-43
Synthesis and characterization of Zn(II) complexes containing 5-sulfosalicylic acid and 2-amino 4-substituepyridine derivatives
Halil İLKİMEN*, Zeynep ALKAN ALKAYA, Cengiz YENİKAYA



Contents lists available at *Dergipark*

Journal of Scientific Reports-C

journal homepage: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jsrc>



E-ISSN: 2717-8633

Sayı(Number) 8, Aralık(December) 2024

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

Geliş Tarihi (Receive Date): 09.11.2023

Kabul Tarihi (Accepted Date): 15.03.2024

Mobile application for Alzheimer patients (Remind me if I forget)

Aybüke Şanal^{a,*}, Hanife Cennet Alkan^b, Durmuş Özdemir^c

^a*Kutahya Dumlupınar University, Faculty of Engineering, Computer Engineering, Kutahya 43000, Türkiye, ORCID: 0009-0007-4180-2551*

^b*Kutahya Dumlupınar University, Faculty of Engineering, Computer Engineering, Kutahya 43000, Türkiye, ORCID: 0009-0003-4324-6369*

^c*Kutahya Dumlupınar University, Faculty of Engineering, Computer Engineering, Kutahya 43000, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9543-4076*

Abstract

One of the main purposes of technology is to provide people with a quality life. Today, mobile systems and applications that can run on smart devices make life easier for people with smart devices. The rapid development of technology has also brought innovations in the field of health. Specifically, applications to improve the quality of life of individuals with mental and physical illnesses or certain disabilities are becoming more and more widespread. Alzheimer's disease is a neurological disorder that causes the death of brain cells over time, leading to memory loss, dementia, and a general decline in cognitive functions. The disease causes a decline in thinking, memory, and behavioral functions. In this study, we present the design stages of a unique mobile application called "Remind Me If I Forget", which will help Alzheimer's patients to better adapt to life. Information about the development process, main features, the purpose of the application, and its differences from some similar applications are described in this article. Kotlin, a native programming language, was used in the project. Agile project management methodology was used in project management. Since the rate of Android device users worldwide is 87%, application development in the Android operating system was preferred. The application was developed in the Android Studio environment. The Mobile Application has been developed to be integrated into smartwatches.

© 2024 DPU All rights reserved.

Keywords: Alzheimer's, mobile app, quality life, GPS, reminder.

Alzheimer hastaları için mobil uygulama (unutursam hatırlat)

Öz

Teknolojinin temel amaçlarından biri insanlara kaliteli bir yaşam sağlamaktır. Günümüzde akıllı cihazlarda çalışabilen mobil sistemler ve uygulamalar akıllı cihazlara sahip insanların hayatını kolaylaştırmaktadır. Teknolojinin hızla gelişmesi sağlık alanında da yenilikler getirmiştir. Özellikle ruhsal ve bedensel rahatsızlıkları veya belirli engelleri olan bireylerin yaşam kalitesini artırmaya yönelik uygulamalar giderek yaygınlaşmaktadır. Alzheimer hastalığı, zamanla beyin hücrelerinin ölümüne neden olan, hafıza kaybına, bunamaya ve bilişsel işlevlerde genel bir düşüşe yol açan nörolojik bir hastalıktır. Hastalık düşünme, hafıza ve davranışsal işlevlerde düşüşe neden olur. Bu çalışmada Alzheimer hastalarının hayata daha iyi uyum sağlamalarına yardımcı olacak "Unutursam Bana Hatırlat" adlı benzersiz bir mobil uygulamanın tasarım aşamalarını sunuyoruz. Bu makalede geliştirme süreci, temel özellikleri, uygulamanın amacı ve bazı benzer uygulamalardan farklılıkları hakkında bilgiler anlatılmaktadır. Projede yerel bir programlama dili olan Kotlin kullanılmıştır. Proje yönetiminde çevik proje yönetim metodolojisi kullanılmıştır. Dünya genelinde Android cihaz kullanıcı oranı %87 olduğundan Android işletim sisteminde uygulama geliştirme tercih edildi. Uygulama Android Studio ortamında geliştirildi. Mobil Uygulama akıllı saatlere entegre edilebilecek şekilde geliştirildi.

© 2024 DPU All rights reserved

Anahtar Kelimeler: Alzheimer's, mobil uygulama, kaliteli yaşam, GPS, hatırlatıcı.

* Corresponding author

E-mail address: aybukesnl7@gmail.com

1. Introduction

Today, one of the most important developments in the field of technology is the production, use, and dissemination of information. With the development of technology, mobile applications are being developed to treat and support many diseases. Laptops, smart devices, wearable technologies, and cell phones have entered our lives with many applications. The need for mobile systems is increasing while exchanging information in transportation, trade, education, art, engineering, health, and many other fields [1].

Technological developments in health services are increasing day by day. Doctors utilize technology products in the diagnosis and treatment of diseases. Both physical and mental illnesses facilitate the disease process with various methods. The health information system has also been digitalized with the developing technology. Many different branches of technology such as mobile applications, artificial intelligence, and machine learning serve the health sector. For example, there are mobile applications in use for the dietitian and the client to progress the process in a controlled manner. Thanks to these applications, the health of the person is regularly recorded and a healthier process is built. There are mobile applications that provide control of physical health. In addition, mobile applications have an important place in the treatment and follow-up process of mental diseases such as forgetfulness and Alzheimer's. Applications integrated into mobile and smart devices represent an approach that aims to improve the quality of life of individuals with many diseases, including Alzheimer's disease.

Alzheimer's disease is an advanced age disease in which deterioration in all mental activities, especially memory, daily functions, and behaviors is observed due to the loss of certain cells of the brain over time. It is a gradual brain disorder that leads to behavioral changes and gradual deterioration in the ability to learn, speak, reason, perceive, communicate, and perform activities of daily living. Although the cause is not yet known, its severity gradually increases as the years progress [2]. The rate of Alzheimer's disease progression varies from person to person. Some individuals may live with mild cognitive impairment for an extended period, while others may experience a quicker onset of symptoms and a more rapid progression of the disease. Individuals with this disease often forget the location of their home, the daily activities they need to do, the people around them, and even vital factors in their daily lives (eating, drinking, etc.). These and similar situations cause great distress for both themselves and their relatives. While there isn't a permanent treatment for the illness, there are steps you may take to slow or stop its progression. Some of

these measures include eating a balanced and regular diet, doing sports, solving crossword puzzles (sudoku), solving memory-enhancing tests, playing games that provide brain training, keeping social relations alive, avoiding stress, and leading a calm life.

According to worldwide research, there are an estimated 35 million people with Alzheimer's disease and this number is increasing dramatically every day. Alzheimer's disease ranks as the sixth most prevalent cause of mortality for people in the United States, according to the Centers for Disease Control and Prevention (CDC). It is regarded as the fifth most common cause of death for those over 65[3]. According to the analysis of the Turkish Statistical Institute, it is estimated that the proportion of the elderly population over 65 will exceed 10% in 2023 and the prevalence of Alzheimer's disease will continue to increase rapidly. If this increase continues, the number of patients is expected to reach 66 million in 2030 and 135 million in 2050 [4].

2. Technological Applications For Alzheimer's Disease

There are many mobile applications developed for Alzheimer's patients. In addition to these, applications integrated into other smart devices and wearable technologies have also been implemented. Advanced technologies such as humanoid robots, artificial intelligence, and virtual reality are used in the treatment of Alzheimer's patients. All of these technological applications have been developed for individuals with Alzheimer's disease to live a better quality of life.

Although existing practices include certain features that can help Alzheimer's patients organize their lives, they do not offer them as a whole. Therefore, they are insufficient. In this case, one of the most important features that distinguishes Forget If I Remember from other applications is that it includes features that Alzheimer's patients may need. In addition, the psychological and physical competencies of Alzheimer's patients were also taken into consideration while developing the application. For example, the colors, font, and font size used in the UI design phase were carefully selected so that Alzheimer's patients could benefit from the application in the best way.

"In 'Using Molecular Communication Systems and LSTM in the Classification of Alzheimer's Disease,' Amyloid Beta ($A\beta$) molecules, which cause Alzheimer's disease, were classified using a molecular communication model based on Long Short-Term Memory (LSTM).

Designed for people with dementia and Alzheimer's disease, the mobile app is inspired by caregivers' anecdotes and aims to improve the quality of life of people with Alzheimer's disease by providing content including favorite music and family photos to make life easier for people diagnosed with Alzheimer's disease [6]. An app called Alzheimer's Assistant aims to improve the daily communication of Alzheimer's patients, support them in performing their daily tasks more effectively, and ensure their overall safety, using features such as facial recognition technology and Google Maps [7].

Although existing mobile applications offer features such as recording the patient's location and reminding the patient of tasks through notifications, there is no single application that includes all of these features. This is a disadvantage for Alzheimer's patients. In addition to the additional features it provides to the user, Remind Me If I Forget offers all these features in a single application. The solutions offered by the app aim to reduce the negative impact of the disease on the lives of patients and their relatives. Other mobile applications that have been developed do not offer any solution in case the patient forgets their mobile device. Due to the importance of the disease and the majority of the population it affects, there is a need for more advanced and integrated applications in this field. Existing applications are insufficient to meet all the needs of Alzheimer's patients and their relatives.

3. Model Suggestion

When designing a mobile application for the use of Alzheimer's patients, it is important for the accessibility of the application to be simple, clear, and understandable. Focusing on these points in design is important for a positive user experience[8].

The design should be customized for the needs of the patient/caregiver. One of the most important points to be emphasized is that the application should be designed taking into account the cognitive functions lost by Alzheimer's patients[9].

In the design of the "Remind Me If I Forget" application, large and easy-to-read fonts, high-contrast color schemes, and intuitive iconography were used. By prioritizing usability, user-centeredness, and accessibility in the design process, it was aimed to provide a supportive environment for Alzheimer's patients to meet their personal needs and to develop a user-friendly application. Figure 1. shows an example of the main screen of the "Remind me if I forget" application interface.

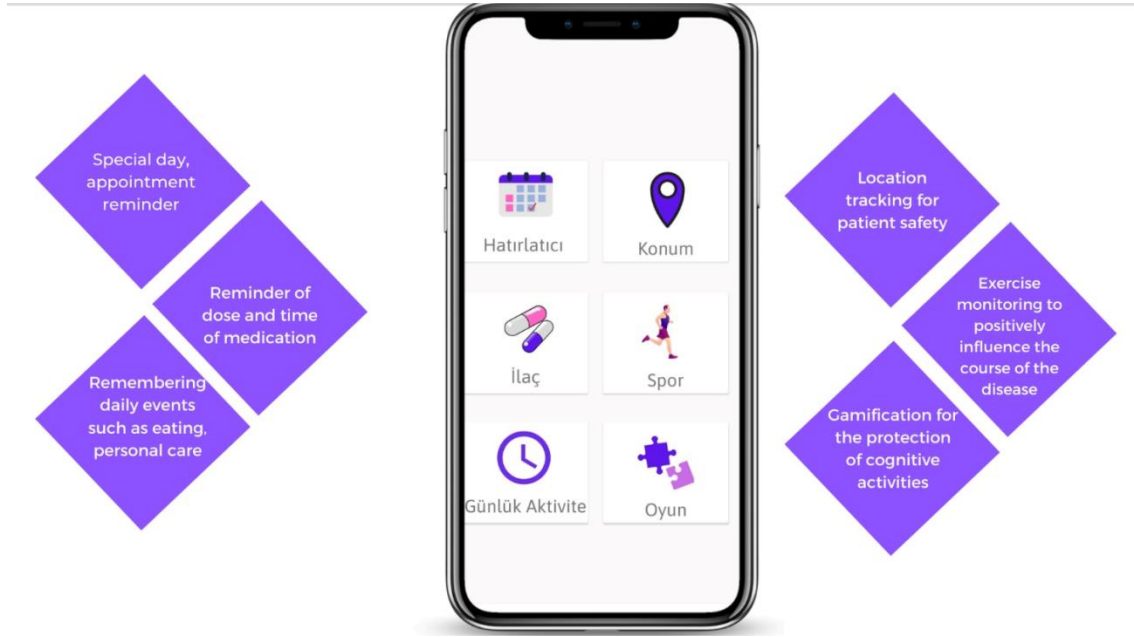


Fig. 1. An image from the interface of the application named Remind Me If I Forget

With features such as daily activity reminders, sports suggestions, games to stimulate the mind, medication reminders, and location tracking, our Remind Me If I Forget application offers solutions to problems that may arise in the lives of patients, relatives, or caregivers.

3.1 Materials and Methods

Before the implementation of the application, a SWOT Analysis was conducted to determine its strengths and weaknesses and to evaluate possible opportunities and threats. Therefore, it was aimed to follow the most appropriate path.

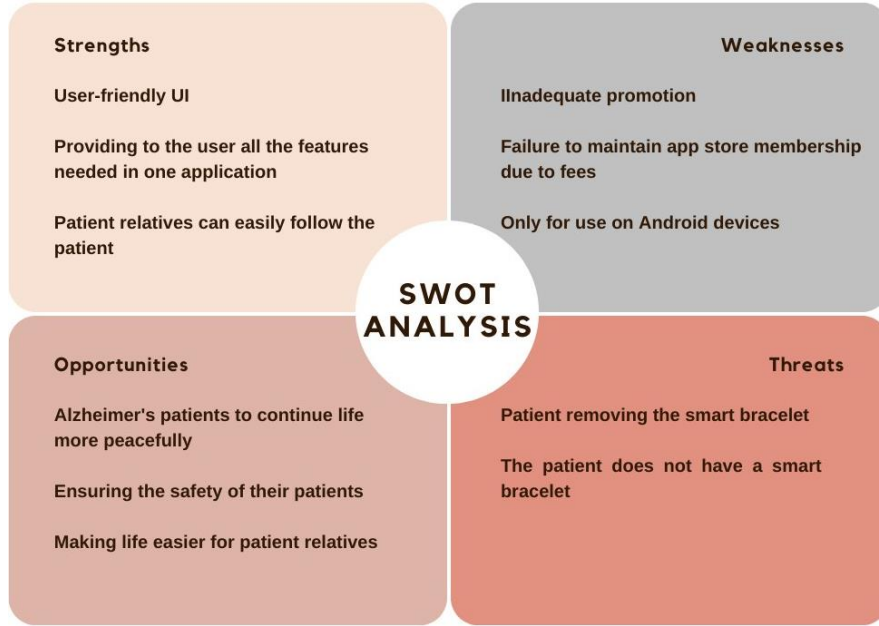


Fig. 2. Strengths and weaknesses of our app.

The application was started to be developed as a result of the information obtained by conducting the necessary research on the disease. The mobile application, developed in Kotlin using the Android Studio IDE, stores data including user information, games, sports, and daily activity logs in a Postgresql database. The users' password information is specially hashed to store it securely in the database so that it is protected according to security standards.

The application named "Remind Me If I Forget" was made available to patients and their relatives in the Google Play application store. In this way, it can be easily downloaded and used on devices with the Android operating system.

Gestalt Principles were used in the UI/UX design of the application. The purpose of using this principle is to provide a user-friendly interface for Alzheimer's patients. Design principles were utilized while developing the application. In line with the principle of simple and intuitive use, the application is easy to use regardless of the user's experience, knowledge, language skills, or current level of concentration. Thus, the application can be used at any stage of Alzheimer's disease. With the principle of perceivable information, since it is designed to appeal to the patient's senses, the necessary information is effectively communicated to the patient, making the information more permanent in the patient's memory. For this purpose, information is presented in different forms (visual, auditory, written, etc.) [10].

3.1.1 Home Screen

The application is registered with two different user options: patient and patient's relatives. Thanks to the application, the patient's daily life will be easier, while the patient's relatives will be able to follow the patient remotely. The reminder is used to remind Alzheimer's patients of the plans they need to remember in daily life. The location feature allows the patient's relatives to track the patient's location in case the patient gets lost. The medication feature aims to remind the patient of the doses of medication they should take on a daily basis. Daily activity allows the patient to regularly perform activities that are important in the patient's life such as drinking water, pet feeding, personal care.

3.1.2 User Login Page

The user registered in the system logs into the system by using their e-mail or username. Thanks to this feature, on the one hand, the security of user data is ensured, and on the other hand, the consistency of the data entered into the application by the patient and the patient's relatives is ensured.

3.1.3 Main Menu

While designing the main menu of the mobile application, the most important problems that Alzheimer's patients frequently encounter in their daily lives and that cause a decrease in their quality of life were researched and analyzed. As a result of the analysis and research, features were developed to solve these problems. The main menu includes reminders, location, medication reminders, sports, daily activity, and game features. These features are of great importance in terms of facilitating the lives of patients and their relatives. The main menu interface is presented in Fig. 3.

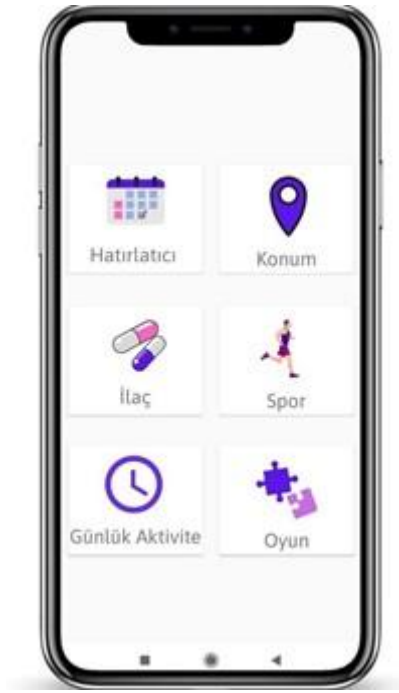


Fig. 3. Main Menu Design.

3.1.4. Reminder Feature

Alzheimer's patients may forget important plans they need to make during the day. The reminder feature helps the patient in this regard. Activities such as planned events, and meetings are saved in the reminder and the user is reminded via notification when the time comes.

3.1.5. Location Feature

When Alzheimer's patients go out for any purpose, they may forget or be confused on the way back. This is a very common situation for patients. For this reason, the patient is victimized. At the same time, the patient's relatives are also anxious. Thanks to this vital feature, when the patient goes outside the security boundaries set by the patient's relatives, the patient and the patient's relatives are notified. The patient is warned with an audible warning. In addition, the location of the patient is shared with the patient's relatives upon request. In this way, the patient is always controlled by his/her companion, and any negative situation is prevented.

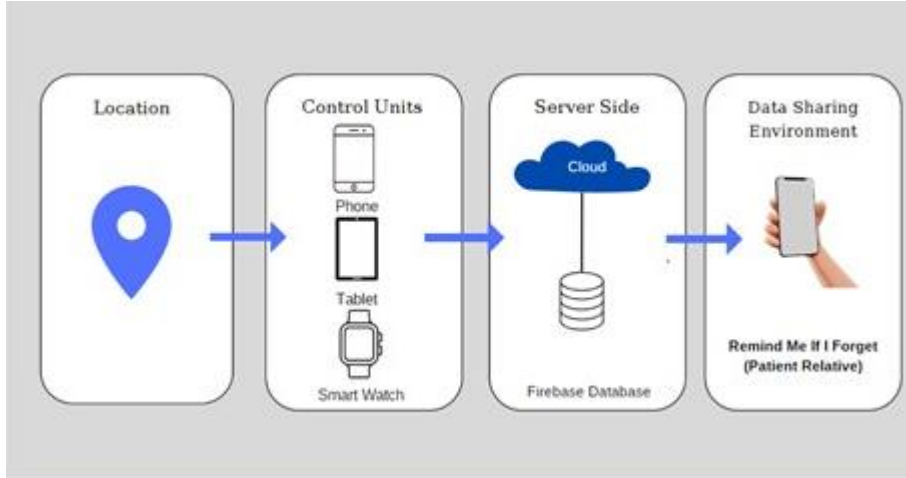


Fig. 4. General working structure of our application.

3.1.6. Medication Reminder Feature

People with Alzheimer's often forget to take their medication or take it incorrectly. Therefore, they may have difficulty in receiving regular treatment [11]. Thanks to the medication reminder feature of the mobile application, daily medications are recorded. When the time comes, a notification is sent to the patient indicating that the medication is due. This feature aims to ensure that the patient does not forget to take their medication and to ensure continuity of treatment.

3.1.7. Sports and Exercises

As with all individuals, regular exercise in Alzheimer's patients improves the immune system and increases muscle strength and endurance. Regular exercise is also beneficial for some symptoms of Alzheimer's disease. Medical studies have shown that patients who exercise have fewer mental and behavioral problems and improved memory and social skills. The sports menu interface and counter interface are presented in Fig. 5.

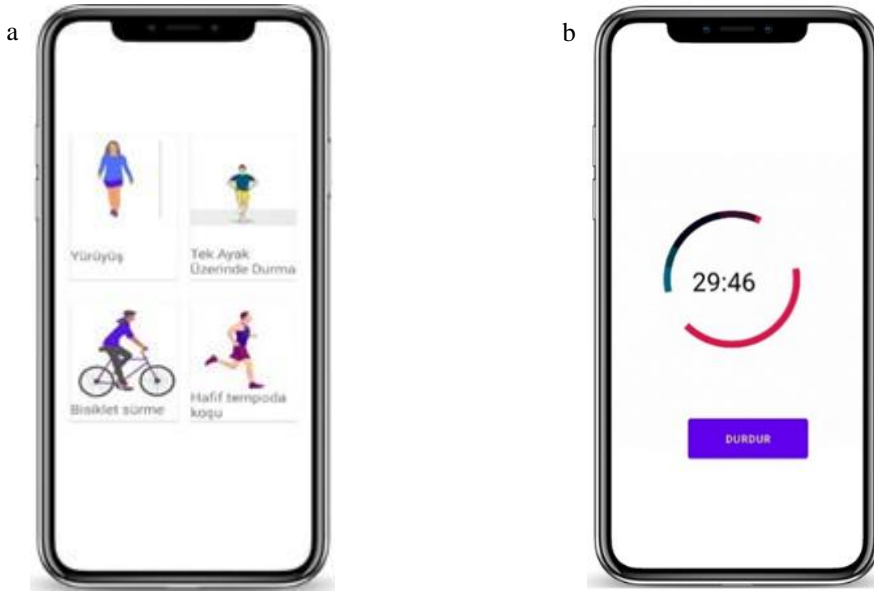


Fig. 5. (a) Sports Menu Design; (b) Time Counter.

Exercises and sports that are generally suitable for Alzheimer's patients are walking, standing on one leg, cycling, and jogging. When the user selects the desired sport, the timer is displayed. The user starts the timer. The counter can be stopped when desired.

3.1.8. Daily Activity Feature

Alzheimer's patients can forget even the basic vital activities they need to do during the day. Thanks to this feature, activities such as eating, drinking water, and housework are reminded to the user at regular intervals. The patient is provided with a better quality of life. The daily activity menu interface is presented in Fig. 6.



Fig. 6. Daily Activity.

3.1.9. Game Feature

Researchers say that logic and problem-solving games can be developed for Alzheimer's disease and that digital games can prevent these disorders. It is observed that when elderly people play digital games, inactive areas of the brain are activated, brain movements increase significantly, and recall skills improve. Therefore, digital games suitable for Alzheimer's patients can be developed. In line with this research, a game feature has been added to the application. There is a test-type game consisting of questions that will be useful for the patient in daily life, including concepts that the patient needs to know. When the patient plays this game, the patient does not forget the basic information he/she needs to know, and the permanence of the information is ensured. The game start menu, test initialization and test result screen designs are shown in Figure 7.

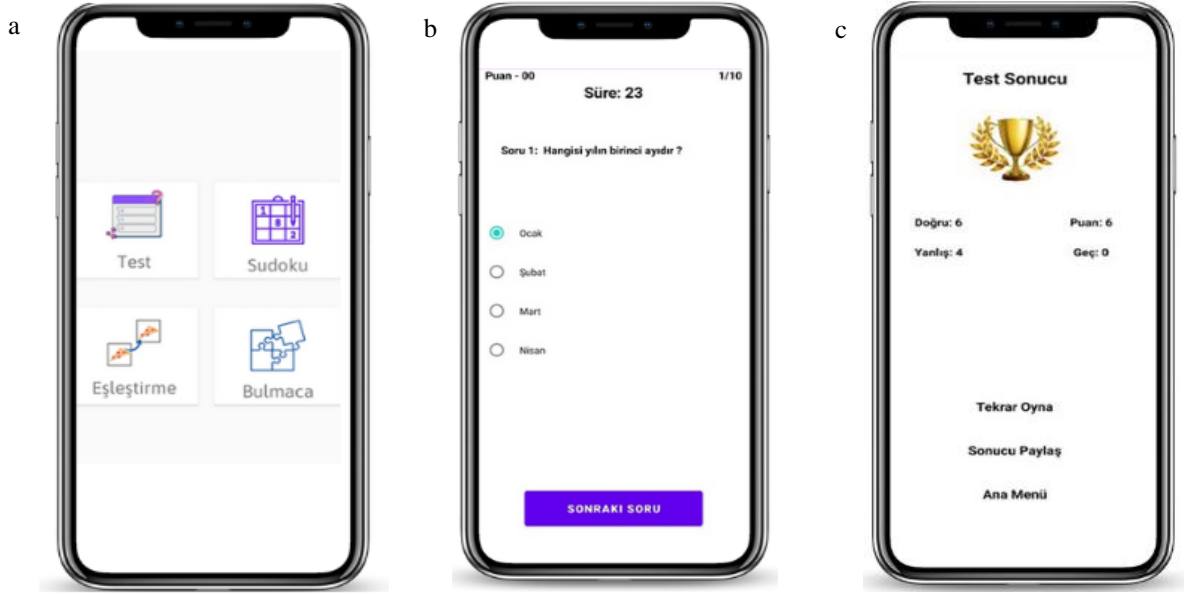


Fig. 7. (a) Game Start Menu Design; (b) Test Start Screen Design; (c) Test Result Screen Design

4. Conclusion And Discussion

This paper describes the development of a mobile application that integrates with smartwatches to significantly simplify the lives of Alzheimer's patients and their relatives (caregivers). Compared to other applications that have been developed for the same purpose, this application has many of the required features. This application is expected to be useful for patients and researchers. This study aims to describe the usability of a mobile application developed to improve the quality of life of Alzheimer's patients. The application is designed to help users keep track of their daily activities, participate in memory exercises (games, sudoku), and maintain social connections. In addition, the sports feature aims to keep the patient physically and mentally active. The medication reminder feature ensures that the patient takes their medication regularly, preventing interruptions in treatment. Going forward, further research on the potential benefits of using the app in combination with other interventions such as medication and cognitive behavioral therapy would be beneficial. The app's features could also be expanded to provide more personalized and adaptive support for patients with different levels of cognitive impairment.

Acknowledgments

We would like to thank the researchers, developers and organizations that have contributed to the research and treatment of Alzheimer's disease.

References

- [1] T. T. Jansen, H. A. Marres, J. H. Kaanders, and H. P. Kunst, "A meta-analysis on the surgical management of paraganglioma of the carotid body per Shamblyn class," in *Clinical Otolaryngology*, vol. 43, no. 4, pp. 1104-1116, 2018.
- [2] J. B. Langbaum, J. Zissimopoulos, R. Au, N. Bose, C. J. Edgar, E. Ehrenberg, et al., "Recommendations to address key recruitment challenges of Alzheimer's disease clinical trials," *Alzheimer's & Dementia*, vol. 19, no. 2, pp. 696-707, 2023.
- [3] R. Padilla, "Effectiveness of environment-based interventions for people with Alzheimer's disease and related dementias," *The American Journal of Occupational Therapy*, vol. 65, no. 5, pp. 514-522, 2011.
- [4] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), "İstatistiklerle Yaşlılar, 2020," 2020. [Online]. Available: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=İstatistiklerle-Yaşlılar-2020-37227>.
- [5] İ. Işık, "Classification of Alzheimer Disease with Molecular Communication Systems using LSTM," *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 25-31, 2023.
- [6] J. F. Coppola, M. A. Kowtko, C. Yamagata, and S. Joyce, "Applying mobile application development to help dementia and Alzheimer patients," 2013.
- [7] N. Aljojo et al., "Alzheimer assistant: a mobile application using Machine Learning," *Romanian Journal of Information Technology & Automatic Control/Revista Română de Informatică și Automatică*, vol. 30, no. 4, 2020.
- [8] F. E. Kayadelen, "Demans hastalarına yönelik tasarımlar ve bir mobil uygulama örneği olarak Bringback" (Doctoral dissertation), 2019.
- [9] P. Khosravi and A. H. Ghapanchi, "Investigating the effectiveness of technologies applied to assist seniors: A systematic literature review," *International Journal of Medical Informatics*, vol. 85, no. 1, pp. 17-26, 2016.
- [10] S. Şenel, H. Şenel, and S. Günaydın, "Herkes için mobil öğrenme: Mobil uygulamaların evrensel tasarım ilkelerine göre celenmesi," *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi*, vol. 20, no. 1, pp. 73-92, 2019.
- [11] S. Arlt, R. Lindner, A. Rösler, and W. von Renteln-Kruse, "Adherence to medication in patients with dementia: predictors and strategies for improvement," *Drugs & Aging*, vol. 25, pp. 1033-1047, 2008.



Contents lists available at *Dergipark*

Journal of Scientific Reports-C

journal homepage: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jsrsc>



E-ISSN: 2717-8633

Sayı(Number) 8, Aralık(December) 2024

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

Geliş Tarihi(Receive Date): 27.05.2024

Kabul Tarihi(Accepted Date): 09.06.2024

A case study on operational planning for a mine-mill operation with stockpiling

Necmettin Çetin^{a*}

^aKütahya Dumlupınar University, Faculty of Engineering, Department of Mining Engineering, Kütahya, 43270, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8897-172X

Abstract

Mathematical modelling, and optimization are efficiently used in open pit mining problems, as it is the case of other engineering areas, business, and economic disciplines. One of the problems in this context is related to the role of stockpiles to serve maximization of the profit and minimization of the costs. In this paper, a short-term production plan for a mine-mill operation having a stockpile area is developed. The approach is based on network diagrams and linear programming method. Data set used in the application is hypothetical considering two months of duration. In the scenario, the milling facility nearby the mine is subjected to two stages material feeding located in the mining and milling areas. The objective is to minimize the costs while fulfilling the demands of the milling unit. LINGO software is used to evaluate the mathematical model. From the results of this study, it is concluded that there is no need for stockpiling operation at mill area for the stage 2 production process and the stockpile at mine area is required to satisfy the stage 1 production demand of 6,000 tons in month 2.

© 2023 DPU All rights reserved.

Keywords: Production Planning, Open Pit Mining, Network Models, Linear Programming, LINGO Software

Açık İşletme Tesisinde Cevher Stoklama İşleminin Üretim Planlaması Üzerine Bir Durum Çalışması

Öz

Matematik modelleme yada optimizasyon, ekonomi, işletme gibi disiplinleri ve diğer mühendislik alanlarında olduğu gibi madencilik sektöründe de yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu alandaki problemlerden birisi de açık işletme tesislerindeki cevher stoklama işleminin planlanmasıdır. Bu makale de açık işletme tesisindeki cevher stoklama işleminin kısa dönemli (2 aylık) planlanması araştırılmıştır. Bunun için şebeke diyagramı ve doğrusal programlama metotları ile LINGO yazılım paketi kullanılmıştır. Amaç fonksiyon olarak tesisin kapasitesini karşılayan en düşük maliyetli cevher üretimi için iki adet stoklama alanı

planlanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, sadece maden sahasındaki stok alanının yeterli olduğuna ve tesis alanında bir stoklamanın gerekmediği kanısına varılmıştır.

© 2023 DPU All rights reserved.

Anahtar Kelimeler: Üretim Planlaması, Açık İşletme Madenciligi, Şebeke Modelleri, Doğrusal Programlama, LINGO Yazılımı

* Corresponding author. Tel.: +90 274 443 43 43

E-mail address: necmettin.cetin@dpu.edu.tr

1. Introduction

Mine planning requires sequential decisions and their implementation so that the assets of a mineral deposit can be extracted and processed economically and sustainably. As an engineering discipline, mining also relies on detailed mathematical calculations. Therefore, mathematical programming and estimating optimum solutions are of great importance. Linear and non-linear programming, game theory, transportation problems, assignment systems, networks, dynamic programming, etc. are some of approaches developed for this purpose.

Linear programming is used in the optimization of coal distribution problem where production is performed in six locations and forwarded to four consumption points at Garp Lignite Enterprise in Kütahya, Turkey [1].

Various shovel and truck operation approaches and optimization techniques for dispatching of trucks for different operating conditions are evaluated. They studied Orhaneli Open Pit Coal Mine in Turkey to find the optimum path for the trucks. It is shown the effect of the number of trucks and dispatching models on the cost of transporting the material by using linear programming [2].

Linear programming approach is proposed to determine the optimum distribution model in Kegalle, Sri Lanka [3]. The objective is to minimize the cost and Excel Solver is used. Mixed integer network a flow model is formulated for the underground gold mine in Red Lake, Ontario, Canada [4].

Linear Programming is one of the most commonly preferred mathematical tools for solving real optimization problems in many disciplines. Here, the optimal is unique through alternative combinations. The resources are scarce and mathematical behavior of the parameters are linear. Optimization exits as maximization or minimization. For example, maximization of revenue, production efficiency or minimization of costs, consumption of sources, distances, etc.

For the case study in this paper, a mathematical formula of linear program type to represent the open pit production planning for a mine-mill operation system with stockpiling problem is developed.

The problem in this case study is that mine manager wants an operating plan for the next two months which will maximize the profits (or minimize the costs) for his mine and operating system.

The mine can ship directly to the mill or stockpile. Stockpile is to supply the mill next month.

Mine capacity: 5×10^3 tons / month

Total reserves: 15×10^3 tons / month

Mining cost/ton: \$1.00

Stockpiling cost (mill or mine): \$0.10/ton

Rehandling from Stockpile: \$0.15/ton

Transportation cost (mine-mill): \$0.50/ton

The mill is a two stage operation and produces two marketable products (one after every stage). The mill ships directly to market from each stage.

As a principle, linear programming approach is based on the assumption that all the mathematical functions existing in the model are linear all [5]. The linear programs have commonly the following components:

- Decision variables: The decision variables represent the parameters for which the values to be estimated after solving the model. The symbols of them may be like $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$. These variables are value carriers of unknown quantities (i.e. number of trucks in the fleet, amounts of ore or waste to be produced and so on).

- Objective function: It is the mathematical function written in terms of the decision variables which give maximum or minimum value after solving the entire functions. For instance, the objective function may aim at maximizing the revenues, minimizing the cost, as well as distance, time, energy consumption, etc.

- Resources Constraints: These functions represent the restrictions and limitations on raw materials, resources, time, manpower, requirements, etc. of the problem are expressed as inequalities or equations by using decision variables.

After describing the basic elements and idea of linear programming model, similarly, another approach, nonlinear programming model can be stated as the one including either a nonlinear objective function and/or any combination of nonlinear constraints. Linearity or nonlinearity seems to be the basic difference. However, the problem becomes more complex in nonlinear programming problems. Programming is a technique used to solve mathematical programming models with linear objective function and linear constraints. Linear type mathematical models including objective and constraint functions are solved and optimum can be found by the Simplex Algorithm approach developed by [6]. This technique, in fact, has a matrix base and are used to solve real or hypothetical linear programming models.

In this case study, an operational short-term production plan for a mine-mill operation with stockpiling option is developed as a case study.

2. Method and Input Data

2.1. Minimum Cost Network Flow Problems

Some type of problems can be structured on graphical networks and the paths, flows or spans on them can be maximized or minimized. Minimum cost flow problem has a primary and basic role through network flow problems. Application of minimum cost flow problems may find a large area in almost all industries such that manufacturing, transportation, energy distribution, marketing, communication, etc. In these problems, each node has a “supply”, or a “demand” given by some parameters. Each edge has some capacity, which is greater than zero. It is required to send the flow through the graph from between the supply nodes and the demand nodes to satisfy the demands regarding the limitations of the capacity. Finally, the objective of doing this in a manner which minimizes the total cost of the flow is attained. Here, network simplex yields the solution of any minimum cost network flow problem (MCNFP) where, the simplex is eligible, efficient, and easy to use. It is extremely important to formulate an LP as an MCNFP. A MCNFP can be defined by letting an example nomenclature given below [6].

x_{ij} = amount of flow from node i to node j through arc (i, j) (i.e. tons of ore produced/processed per month in the case study problem.)

b_i = net outflow and/or inflow at node i

c_{ij} = cost of transporting of flow per unit from node i to node j through arc (i, j)

U_{ij} = Upper bound on flow from node i to node j through arc (i, j) for each arc in the network

L_{ij} = Lower bound on flow from node i to node j through arc (i, j) for each arc in the network.

MCNFP can be formulated as (Winston, 2004):

$$\text{Min } \sum_{\text{all arcs}} c_{ij} \cdot x_{ij} \tag{1}$$

Subject to:

$$\sum_j x_{ij} - \sum_k x_{ki} = b_i \quad \text{for node } I \tag{2}$$

$$L_{ij} \leq x_{ij} \leq U_{ij} \quad \text{for arc } (i,j) \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{Non-negativity} \quad (4)$$

3Constraints (2) mandate an equality between the net flow out of node i and b_i . Besides, the constraint equations (2) should provide a balance in network flow. Group (3) constraints (3) enable restrictions and satisfaction equilibrium on the arc capacity. In our case study, all L_{ij} are initialized as zero. The constraints for the case study problem as MCNFP representation are given in Table 1. The first twelve constraints balance the flow through the nodes, and the last seventeen ones are for the capacity restrictions. The variable F_{ij} of flow balance equation gets +1 coefficient in the node i , -1 in the node j , and 0 in other flow balance equations. Node 1 is the supply node that has a capacity of +10.000 (tons of ore) while node 13 is the demand node having the same amount of 10.000 with negative sign. All other nodes have a capacity of zero.

Table 1. The MCNFP Incidence Matrix Representation of case study problem

F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	<=	rhs	Constraints																
1,	2,	2,	3,	4,	4,	6,	5,	4,	1,	7,	8,	9,	10,	11,	10,	12,	2	3	7	4	5	6	11	13	13	8	9	9	10	11	12	13	13			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	=	10000	Node_1																
1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=	0	Node_2																
0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=	0	Node_3																
0	0	0	1	-1	1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=	0	Node_4																
0	0	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=	0	Node_5																
0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=	0	Node_6																
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	=	0	Node_7																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	=	0	Node_8																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-1	0	0	0	0	0	=	0	Node_9																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	-1	0	0	=	0	Node_10																
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	=	0	Node_11																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	=	0	Node_12																
0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	=	-10000	Node_13																
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	5000	Arc(1,2)																
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	5000	Arc(2,3)																
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	5000	Arc(2,7)																
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	5000	Arc(3,4)																
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	4000	Arc(4,5)																
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	7000	Arc(4,6)																
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	7000	Arc(5,10)																
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	2000	Arc(5,13)																
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	2000	Arc(4,13)																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	5000	Arc(1,8)																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	<=	5000	Arc(7,9)																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	<=	5000	Arc(8,9)																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	<=	7000	Arc(9,10)																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<=	7000	Arc(10,11)																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	<=	4000	Arc(11,12)																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	<=	2000	Arc(10,13)																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	<=	4000	Arc(12,13)																

All variables are nonnegative.

2.2. Input Data and Network Model of Case Study

Optimization problems such as production planning can be analysed by graphical or network representations. The input data for the case study problem is given in Table 2 and Table 3 below.

Table 2. The production cost data for case study

Stage	Production Cost (\$/ton)	Capacity (ton 10 ³) / month	
		Low	High
1	1.08	2	7
2	0.75	2	4

Table 3. Market demands and prices for case study

Product	Month 1 (tons x10 ³)	Month 2 (tons x10 ³)	Price (\$/ton)
1	2	2	6.000
2	2	4	7.000

The mathematical model for production planning problems can be described by linear programming methods. The case study problem has two stages (i.e. two months). It means that network diagrams can be used to solve this problem. The following network diagram summarizes the activities under consideration for the case study problem of mine-mill operations. The numbers on each arc represent the costs for each operation and permissible capacity on each potential node of the process. (Fig.1).

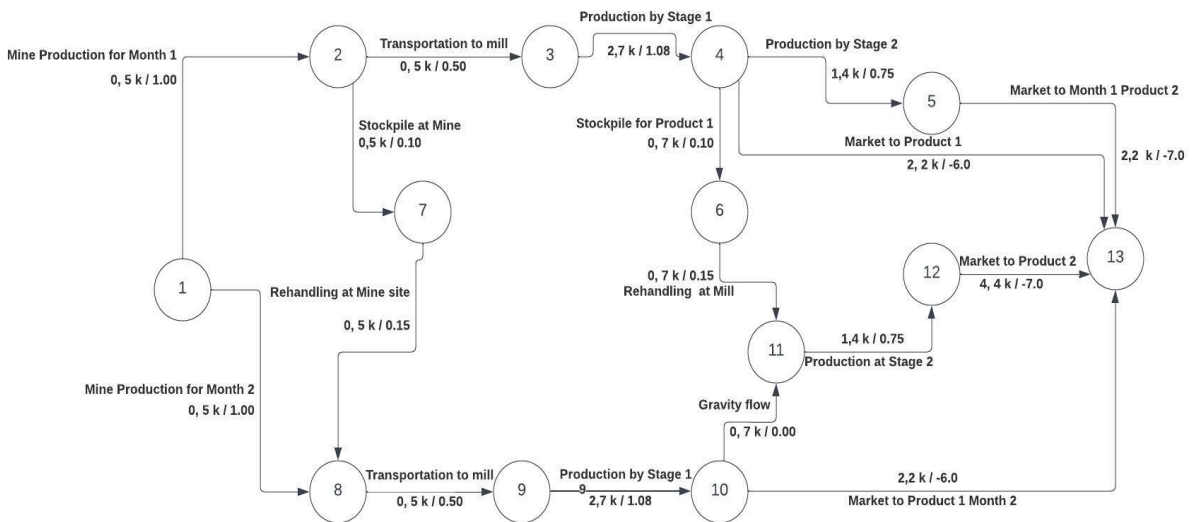


Fig. 1. Network diagrams for the case study.

2.3. LINGO Codes for the Case Study Problem

LINGO codes of the case study problem are given in Figure 2.

In line 2 of the codes given in Figure 2, the nodes are defined and they are linked to a net supply (flow out – flow in) with each node. Code line 12 is for data supplies. The arcs are defined in line 3 as a list and they are linked by a capacity (CAP), a flow (FLOW), and a cost/unit shipped (COST) with each arc in line 4. Line 11 is the code part where the cost of unit’s shipping is entered. Line 6 generates the Objective function takes place in Line 6 and it is summed up over all arcs (unit cost for arc) x (flow through arc). Each arc’s capacity constraints are stated in Line 7 where the arc data are entered in Line 13. Code Lines 8 and 9 generate the conservation-of-flow constraints for each node I. They imply that for each node I, (flow out of node I) - (flow into node I) = supply of node I.

```

MODEL:
SETS:
  NODES / 1..13/ : SUPP;
  ARCS( NODES, NODES) /1,2 2,3 2,7 3,4 4,5 4,6 6,11 5,13 4,13 1,8 7,9 8,9 9,10 10,11 11,12 10,13 12,13/
  : CAP, FLOW, COST;
ENDSETS

! The objective;
MIN = @SUM( ARCS: COST * FLOW);
!
! The Constraints:

@FOR( ARCS(I, J): FLOW(I,J)<= CAP(I,J));
@FOR( NODES( I): -@SUM(ARCS(J,I) : FLOW(J,I))
+@SUM( ARCS(I, J): FLOW( I, J))= SUPP(I));

! Here are the parameters:
DATA:
CAP = 5000, 5000, 5000, 7000, 4000, 7000, 7000, 2000, 2000, 5000, 5000, 5000, 7000, 7000, 4000, 2000, 4000;
SUPP = 10000, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -10000;
COST = 1, 0.50, 0.10, 1.08, 0.75, 0.10, 0.15, -7, -6, 1, 0.15, 0.50, 1.08, 0.0, 0.75, -6, -7;
ENDDATA
END

```

Fig 2. LINGO Model for case study

All variables are nonnegative.

2.4. LINDO Model of the Case Study Problem

LINDO model of the case study is given in Figure 3.

```

MODEL:
[ _1] MIN= FLOW_1_2 + 0.5 * FLOW_2_3 + 0.1 * FLOW_2_7 + 1.08 * FLOW_3_4 + 0.75 *
FLOW_4_5 + 0.1 * FLOW_4_6 + 0.15 * FLOW_6_11 - 7 * FLOW_5_13 - 6 * FLOW_4_13 +
FLOW_1_8 + 0.15 * FLOW_7_9 + 0.5 * FLOW_8_9 + 1.08 * FLOW_9_10 + 0.75 * FLOW_11_12
- 6 * FLOW_10_13 - 7 * FLOW_12_13;
[ _2] FLOW_1_2 <= 5000;
[ _3] FLOW_2_3 <= 5000;
[ _4] FLOW_2_7 <= 5000;
[ _5] FLOW_3_4 <= 7000;
[ _6] FLOW_4_5 <= 4000;
[ _7] FLOW_4_6 <= 7000;
[ _8] FLOW_6_11 <= 7000;
[ _9] FLOW_5_13 <= 2000;
[ _10] FLOW_4_13 <= 2000;
[ _11] FLOW_1_8 <= 5000;
[ _12] FLOW_7_9 <= 8000;
[ _13] FLOW_8_9 <= 5000;
[ _14] FLOW_9_10 <= 7000;
[ _15] FLOW_10_11 <= 7000;
[ _16] FLOW_11_12 <= 4000;
[ _17] FLOW_10_13 <= 2000;
[ _18] FLOW_12_13 <= 4000;
[ _19] FLOW_1_2 + FLOW_1_8 = 10000;
[ _20] - FLOW_1_2 + FLOW_2_3 + FLOW_2_7 = 0;
[ _21] - FLOW_2_3 + FLOW_3_4 = 0;
[ _22] - FLOW_3_4 + FLOW_4_5 + FLOW_4_6 + FLOW_4_13 = 0;
[ _23] FLOW_4_5 + FLOW_5_13 = 0;
[ _24] - FLOW_4_6 + FLOW_6_11 = 0;
[ _25] - FLOW_2_7 + FLOW_7_9 = 0;
[ _26] - FLOW_1_8 + FLOW_8_9 = 0;
[ _27] - FLOW_7_9 - FLOW_8_9 + FLOW_9_10 = 0;
[ _28] - FLOW_9_10 + FLOW_10_11 + FLOW_10_13 = 0;
[ _29] - FLOW_6_11 - FLOW_10_11 + FLOW_11_12 = 0;
[ _30] FLOW_11_12 + FLOW_12_13 = 0;
[ _31] - FLOW_5_13 - FLOW_4_13 - FLOW_10_13 - FLOW_12_13 = - 10000;
END

```

Fig 3. LINDO Model for the case study

In figure 3 with LINDO model, Line 1, the objective function is specified as a Minimization of the total cost of mining, transportation, stock-piling, re-handling and processing for the case study problem. It is noted that the coefficients are all negative for the demand node 13 only while all other nodes have positive coefficient in the objective function. Lines 2- 19 are arc capacity constraints for all arcs in the network and the other rest including lines 20-31 are the node flow balance constraints in the network problem.

3. Results and Discussion

When the LP model of the case study problem was solved both on LINDO and LINGO. it was found that the optimal value of the objective function was equal to – 35,950 \$ meaning that negative total cost is in fact a positive income for the operational plan. It means that the mining company will earn a profit of 35,950 \$ by the production schedule for the two months’ duration from this mine-mill operational plan (i.e., according to the minus signs that are assigned to the income from the sales of both product 1 and product 2 while all other cost parameters are assumed to be positive). The output results of the decision variables for case study problem obtained by LINGO and LINDO software is summarized in Table 4. As it can be seen from Table 4, there is no need for stockpiling operation at mill site for the stage 2 production process and the stockpile at mine site is required to satisfy the production stage 1 demand of 6,000 tons in month 2.

Table 4. Output Data obtained for case study problem by LINGO and LINDO

Decision Variables	Cost Coefficient (\$/ton)	Value (Production rate) (tons/month)	Capacity (tons/month)	Activity
FLOW(1, 2)	1.00	5000	5000	Mine Production in Month 1
FLOW(2, 3)	0.50	4000	5000	Transportation mill
FLOW(2, 7)	0.10	1000	5000	Stockpiling at mine site
FLOW(3, 4)	1.08	4000	7000	Production at stage 1
FLOW(4, 5)	0.75	2000	4000	Production at stage 2
FLOW(4, 6)	0.10	0	7000	Stockpiling for product 1
FLOW(6, 11)	0.15	0	7000	Rehandling for product 1
FLOW(5, 13)	-7.00	2000	2000	Market for product 2 in month 1
FLOW(4, 13)	-6.00	2000	2000	Market for product 1 in month 1
FLOW(1, 8)	1.00	5000	5000	Mine Production in Month 2
FLOW(7, 9)	0.15	1000	5000	Rehandling for month 2
FLOW(8, 9)	0.50	5000	5000	Transportation mill
FLOW(9, 10)	1.08	6000	7000	Production at stage 1
FLOW(10, 11)	0.00	4000	7000	Gravity Flow
FLOW(11, 12)	0.75	4000	4000	Production at stage 2
FLOW(10, 13)	-6.00	2000	2000	Market for product 1 in month 2
FLOW (12,13)	-7.00	4000	4000	Market for product 2 in month 2
Global Optimal Solution		-35950.00		

4. Conclusion

In this paper, production planning problems in open pit mining were modelled and solved using two softwares called LINGO and LINDO. An operating short-term production plan was developed on a hypothetical case study for the following two months' duration which maximizes profits (or equivalently minimizes cost) for a mine-mill operation system with stockpiling.

As seen from the optimization process, the following main results could be derived:

- a) The production planning problems in mining operations can be solved by mathematical programming methods such as Linear Programming to reduce the total operating cost during the life of mines.
- b) Network flow models can be applied to other areas in open pit or underground mining industry such as open pit truck dispatching problem, blasting pattern design optimization, transportation network optimization and like many other optimization problems.
- c) Stockpiling options provides great operational flexibility for production planning problems in mine-mill operations since the planning parameters are highly sensitive to variations in costs and prices.
- d) Open pit mining systems involve many financial factors such as operating cost, revenues, total capital investment etc. that are highly stochastic in nature and, therefore, they should be modelled accordingly.

Acknowledgment

No support has been given

References

- [1] B. Elevli, N. Uzgören and A. Sezgin, "Coal distribution optimization by utilizing linear programming", *Engineering & Arch. Faculty*. Eskisehir Osmangazi University, Vol. XX, No:1, 2007.
- [2] S.G. Ercelebi and A. Bascetin, "Optimization of shovel-truck system for surface mining", *J. South. Afr. Inst. Min. Metall.*, Vol:109, July, pp:433-439, 2009.
- [3] A. M. P. Chandrasiri, D. M. Samarathung, "Application of Minimum Cost Flow Problem: A Case Study of Crown Distributors in Kegalle, Sri Lanka", *IJSER-Int. J. Eng. Res.*, vol. 8, Jan, 2017.
- [4] S. E. Gliwan and K. Crowe, "A network flow model for operational planning in an underground gold mine", *Mining* 2022, 2(4), 712-724; <https://doi.org/10.3390/mining2040039>.
- [5] W. L. Winston, Operations research – applications and algorithms, Fourth Edition, *Thomson Brookscole/Cole*, 2004
- [6] G. B. Dantzig, Linear programming and extensions, *Princeton University Press*, Princeton, NJ, 1963.



Contents lists available at *Dergipark*

Journal of Scientific Reports-C

journal homepage: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jsrc>



E-ISSN: 2717-8633

Sayı(Number) 8, Aralık(December) 2024

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

Geliş Tarihi (Receive Date): 20.05.2024

Kabul Tarihi (Accepted Date): 31.05.2024

Çukurören fayı ve Aslıhanlar fayının geometrisi ve kinematik özellikleri, Akşehir-Simav fay sistemi, Batı Anadolu

Metin Aksaz^{a,*}, Muzaffer Özburan^b, Çağlar Özkaymak^c, Hasan Sözbilir^d

^aKütahya Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya, 43100, Türkiye, ORCID: 0000-0001-9690-9339

^bKütahya Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya, 43100, Türkiye, ORCID:0000-0002-0491-7807

^cAfyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Afyon,03200 Türkiye, ORCID: 0000-0002-0377-1324

^dDokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir,35160 Türkiye, ORCID: 0000-0002-3777-4830

Öz

Bu çalışmada, Akşehir-Simav Fay Sistemi içinde değerlendirilen Çukurören Fayı ile Aslıhanlar Fayı'nın geometrisi ve kinematik özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, birbirinin devamı şeklinde haritalanan faylar boyunca belirli lokasyonlarda kinematik veriler toplanmış ve bu veriler Angelier paleostres programında değerlendirilmiştir. Bulgularımız Çukurören Fayı'nın KB-GD uzanımlı ve sağ yanal doğrultu atımlı iki fay segmentinden yapıldığını ve bu segmentlerin sıkışmalı bir büküm ile birbirine bağlandığını göstermiştir. Çukurören Fayı'nın doğuya doğru devamı niteliğindeki Aslıhanlar Fayı ise, genişlemeli bir büküm ile başlamakta ve doğuya doğru sağ yanal doğrultu atımlı fay şeklinde uzanmaktadır. Haritalanan fay segmentlerinin uzunluğu ile segmentlerin oluşturabileceği maksimum deprem büyüklüğü arasındaki ilişkilere göre, Çukurören Fayı'nın batı segmenti 6.5; doğu segmenti 6.8; Aslıhanlar Fayı ise 6.5 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahiptir. Benzer kinematik özelliklere sahip bu iki fayın beraber kırılması halinde ise, oluşabilecek maksimum deprem büyüklüğü 7.2 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular Simav, Kütahya, Uşak ve Afyonkarahisar'ın arasında kalan Çukurören Fayı ve Aslıhanlar Fayı'nın bölge için önemli bir sismik kaynak olduğuna işaret etmektedir.

© 2023 DPU All rights reserved.

Anahtar Kelimeler: Batı Anadolu, Çukurören Fayı, Aslıhanlar Fayı, Fay Geometrisi, Kinematik Analiz

Geometry and kinematic features of Çukurören fault and Aslıhanlar fault, Akşehir-Simav fault system, Western Anatolia

Abstract

In this study, the geometry and kinematic properties of the Çukurören Fault and Aslıhanlar Fault, which are evaluated within the Akşehir-Simav Fault System, are investigated. For this purpose, kinematic data were collected at certain locations along the faults mapped as a continuation of each other and the Angelier paleostress software of these data was evaluated. Our findings show that the Çukurören Fault is made up of two fault segments with a NW-SE strike and right lateral strike slip character, and that these segments are connected to each by a compressive bend. The Aslıhanlar Fault, which is the continuation of the Çukurören Fault towards the east, as a right-lateral strike-slip fault with an extensional bend. According to the regions between the length of the mapped fault segments and the maximum earthquake magnitude that the segments can create, the western segment of the Çukurören Fault is 6.5; the eastern segment has the potential to produce an earthquake of magnitude 6.8 and the Aslıhanlar Fault has the potential to produce earthquakes of magnitude 6.5. If these two faults with similar kinematic features ruptured together, the maximum earthquake magnitude that can occur is calculated as 7.2. The findings indicate that the Çukurören Fault and Aslıhanlar Fault, located between Simav, Kütahya, Uşak and Afyonkarahisar, are important seismic sources for the region.

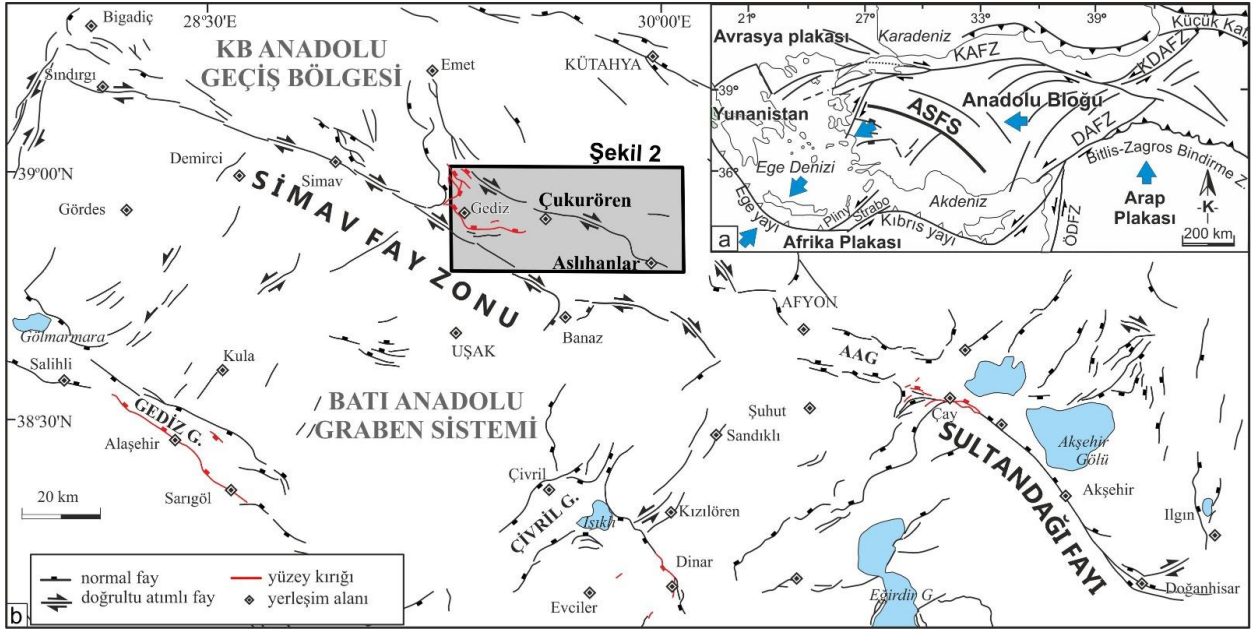
© 2023 DPU All rights reserved.

Keywords: Western Anatolia, Çukurören Fault, Aslıhanlar Fault, Fault Geometry, Kinematic analysis

* Corresponding author. Tel.: +90(274)4434372; fax: +90(274)443
E-mail address: metin.aksaz@dpu.edu.tr

1. Giriş

KKD-GGB doğrultulu gerilmeli tektonik rejim etkisinde horst-graben yapıları ile temsil edilen Batı Anadolu Graben Sistemi ile Kuzeybatı Anadolu Geçiş Bölgesi arasındaki yapısal sınır KB-GD uzanımlı ve yaklaşık 200 km uzunluğundaki Akşehir Simav Fay Sistemi (ASFS) ile temsil edilmektedir [1]. ASFS, kuzeybatıda Simav Fay Zonu, güneydoğuda ise Afyon Akşehir Grabeni içinde kalmaktadır (Şekil 1) [2,3,4]. Simav Fay Zonu, bölgedeki önemli deprem kaynaklarından biridir ve genel uzanımı gerilmeli sistemin ürünleri (Gediz Grabeni, Simav Grabeni, Kütahya Grabeni vb) ile paralellik gösterir. Zon boyunca yıkıcı depremler üreten BKB-DGD uzanımlı çok sayıda diri fay tanımlanmıştır [1,5,6]. 28 Mart 1970 tarihinde meydana gelen Gediz ilçesi merkezli yıkıcı deprem ($M_s=7,2$) ile 1944 Abide depremi ($M_s: 6,0$), 25 Mart 1969 Demirci depremi ($M_s: 6,0$) ve 19 Mayıs 2011 Simav depremi ($M_w: 6,0$) bu alandaki diri fayların yıkıcı deprem üretme potansiyelinin yüksek olduğunun göstergesidir. 1970 Gediz depremi Simav Fay Zonu'na ait Abide Segmenti ile daha kuzeydeki Çukurören Fayı arasında kalan Gediz Fay Segmenti üzerinde yaklaşık 45 km uzunluğunda yüzey kırığı oluşturmuştur [7,8]. Bununla beraber, 2011 yılında güncellenen Türkiye Diri Fay Haritası'nda [1,5,6] 29 ve 18 km uzunluklarda iki ana segmentten oluştuğu ve 6.8 büyüklüğüne kadar deprem üretme potansiyeli olduğu ifade edilen Çukurören Fayı üzerinde, fayın kinematik analizi ve aktif tektonik özellikleri üzerine yayınlanmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma, ASFS boyunca deprem üretme potansiyeli yüksek olarak tanımlanan faylardan birisi olan Çukurören Fayı ve Aslıhanlar Fayı'nın geometrisi ve kinematik özelliklerini konu almaktadır.

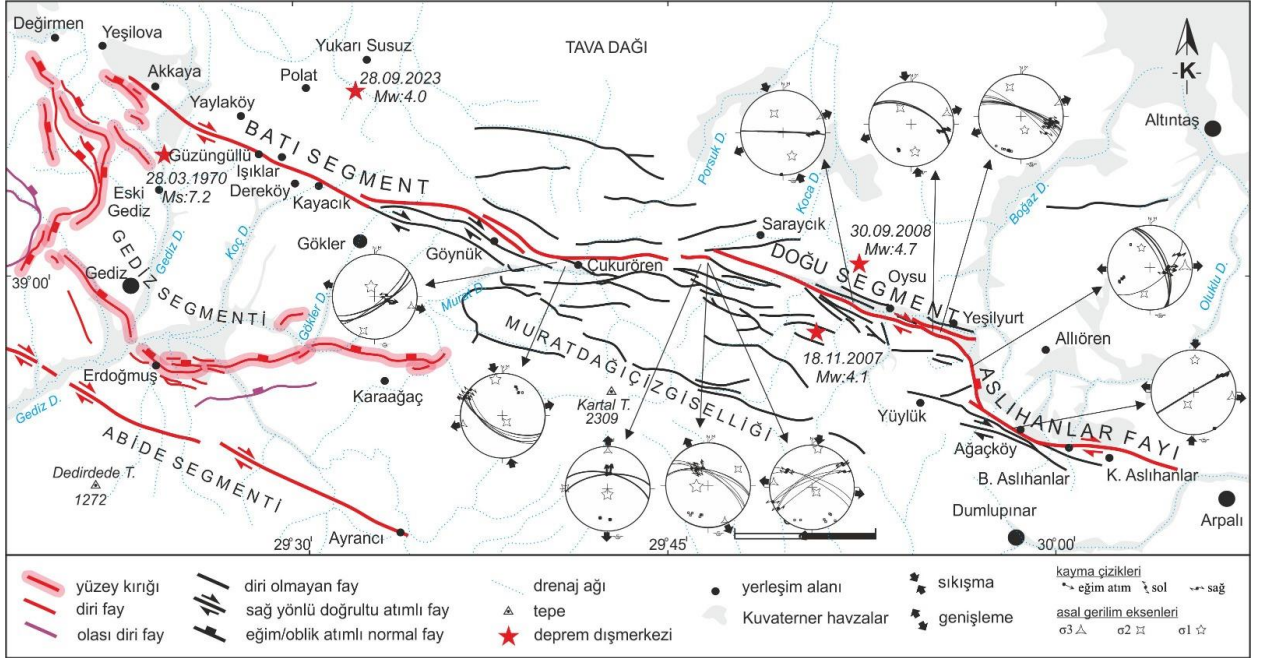


Şekil 1. Çalışma alanının Batı Anadolu tektonik yapısı içerisindeki yeri a) Doğu Akdeniz'in Neotektonik Dönem yapısı [9,10], mavi dolgulu oklar plakaların hareket yönlerini göstermektedir, b) Çalışma alanının ASFS içerisindeki konumu [3,4, 11, 12].

2. Çukurören Fayı: Geometrisi ve Kinematik Özellikleri

Batı Anadolu Bölgesi aktif fayları içerisinde yer alan Çukurören Fayı batıda Eski Gediz ile doğuda Dumlupınar arasında, KB-GD doğrultusunda yaklaşık 47 km uzunluğa sahiptir ve iki ana segmentten oluşur (Şekil 2). Yaklaşık 18 km uzunluğundaki batı segment, Eski Gediz kuzeyindeki Akkaya'dan başlayarak KB-GD uzanımında Yaylaköy, Işıklar ve Kayacık Mahallelerinden geçerek, Gökler kuzeyinde sola sıçrama yapar. Yaklaşık 29 km uzunluğundaki doğu segment ise Göynük, Çukurören ve Saraycık civarından geçerek Yeşilyurt civarında sonlanır.

Bu alanda, çizgisel gidişli derin vadiler ile tipik olan Çukurören Fayı, Çukurören yerleşim alanı doğusunda Saraycık, Oysu ve Yeşilyurt yerleşim alanları boyunca ortalama $K70^{\circ}B$ doğrultusunda çizgisel bir gidiş sunar. Fayın buraya kadar olan bölümü boyunca yapılan arazi çalışmaları, fayın sağ yanal doğrultu atımlı karakterine ait iyi korunmuş kayma düzlemlerinin varlığını ortaya çıkarmıştır. Göynük, Oysu ve Yeşilyurt arasında fay önünde gelişen kolüvyal ve alüvyal yelpaze çökelleri belirgindir. Bu alanlarda Çukurören Fayı Kuvaterner yaşlı kolüvyal çökelleri kesecek şekilde gelişmiştir. Yeşilyurt ile Alaçayır mevki arasında yer alan bölümü kademeli (en-echelon) dizilimli fay zonu şeklinde uzanmaktadır.



Şekil 2. Çukurören Fayı ve Aslıhanlar Fayı'nın geometrisi ve kinematik özelliklerini gösteren diri fay haritası (Diri faylar [5,6]'den alınmıştır).

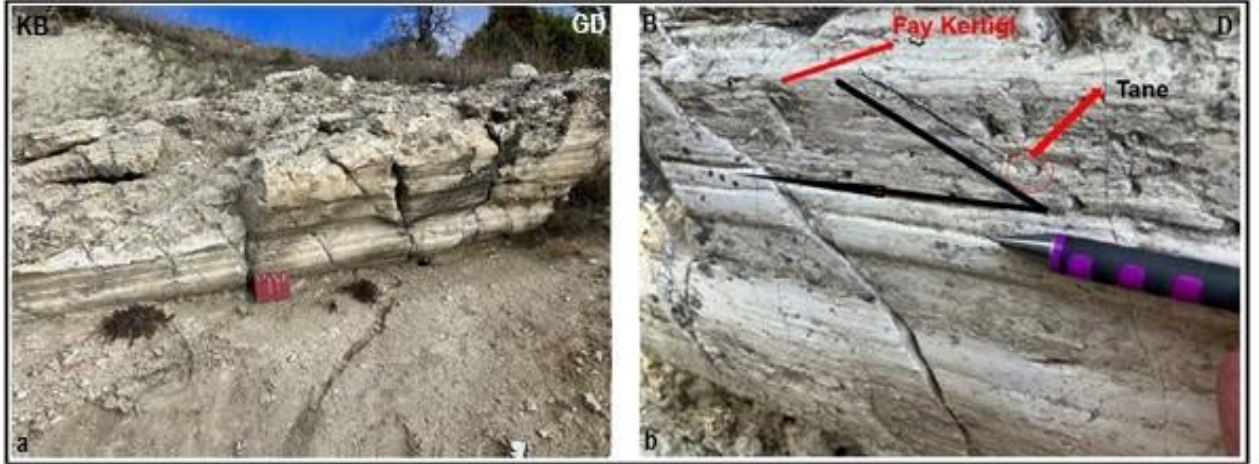
2.1 Çukurören Fayı Batı Segmenti

Eski Gediz'in kuzeyinde Akkaya Köyü'nden başlayarak, Güzüngülü, Işıklar, Dereköy, Kayacık Köyleri'nden geçerek Gökler Beldesi'nin kuzeyine kadar devam eder. Işıklar köyü girişinde Arıca formasyonu [8] içerisinde yer alan killi kireçtaşlarını kesen Çukurören Fayı'na ait düzlemler gözlenmeye başlar (Şekil 3). Fay düzlemlerinde $K50^{\circ}B/85^{\circ}GB$ doğrultu ve eğim değeri ölçülmüştür. Rake açısı değeri $16^{\circ}KB$ olup, düzlem üzerinde ölçülen kinematik belirteçlere göre Çukurören Fayı sağ yanal doğrultu atımlı fay karakterindedir.



Şekil 3. Çukurören Fayı'nın batı Segmenti Işıklar Köyü girişi a) Fay düzlemi b) Düzlem üzerinde kayma çizikleri c) Kinematik ölçüm $K50^{\circ}B\ 85^{\circ}GB$ rake: 16° KB Sağ yanal doğrultu atımlı fay.

Işıklar Köyü güneyi - Dereköy Mahalleleri arasında KB – GD doğrultusunda fayın kestiği Arıca formasyonu [8], travertenlerdeki fay aynası üzerinde yivli ve oluklu bir yapı gözlemlenmektedir (Şekil 4 a) Düzlem üzerinde fay çizikleri, fay kertikleri ve fayın hareketini gösteren asimetrik çakıllar net olarak görülmektedir. Kinematik ölçümlerde $K77^{\circ}B/88^{\circ}GB$ doğrultu ve eğim değerlerinin yanında, rake açısı 12° KB ölçülmüştür (Şekil 4 b). Ölçülen tüm veriler fayın hareketinin Işıklar - Dereköy arasında KB-GD doğrultusunda sağ yanal doğrultu atımlı karakterinde olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Işıklar - Dereköy arasında uzanan Çukurören Fayı'na ait fay düzlemleri a) K70°B 88°GB doğrultulu, yanıl atımlı fay aynası üzerinde gelişmiş yivler, b) Fay düzlemi üzerindeki kayma çizikleri, kayma açısı 12°KB ölçülmüştür.

Eski Gediz kuzeyindeki Akkaya'dan başlayarak KB – GD uzanımında Yaylaköy, Işıklar, Kayacık Mahalleleri'nden geçerek Üçkuyu mevkiine kadar K50°B doğrultusunda çizgisel bir gidiş sunan Çukurören Fayı, Gökler Beldesi'nin kuzeyinde K10°B doğrultusuna dönen bir fay kolu ile kesişir. Bu alanda fayın eğim atım bileşeni yüksektir. Arazi çalışmaları sırasında ölçülen rake açıları 40° – 50° arasında değişmektedir (Şekil 5 b). Fay Üçpınar mevki – Göynük arasında K55°B doğrultusunu yeniden kazanır ve doğrultu atımlı karakterine dönüş yapar.



Şekil 5. Gökler Beldesi kuzeyi Çukurören Fayı batı segmenti a) Fay düzlemleri, b) Çukurören Fayı batı segmenti Gökler Beldesi Üçpınar mevkiinde sola sıçrama yaptığı düzlemlerde fay çizikleri c) Üçpınar mevkiinde fay düzlemi K55 B 85GB rake:18 KB, d) Dere yataklarında sağ yanal yönde gözlenen yaklaşık 15 metrelik ötelenmeler

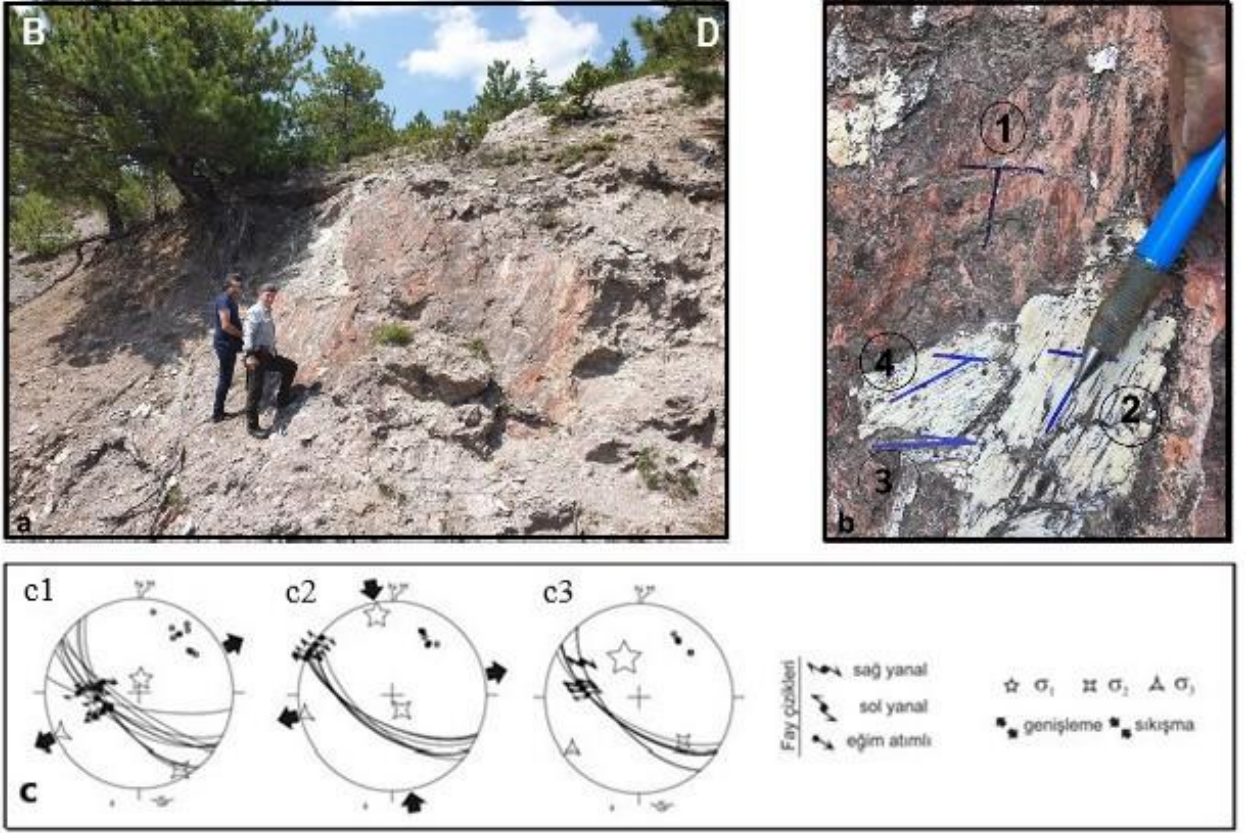
2.2 Çukurören Fayı Doğu Segmenti

Çukurören Fayı'nın doğu segmentine ait izler Göynük Köyü KB'sinde gözlenmeye başlar. Fay önünde gelişen kolüvyal çökelleri ve fayın güncel hareketi sonucunda kolüvyum içerisinde eğim atımlı faylanma hareketleri gözlenmektedir (Şekil 6 a). KB-GD doğrultusunda K35°B/ 85°GB doğrultu ve eğim değerlerine sahiptir (Şekil 6 b). Paleozoyik yaşlı Menderes Masifi şistleri içerisinde yer alan mermerleri keser. Göynük Köyü ve çevresinde gelişen kolüvyal depolanmalar ve bunların kesilmesi, Çukurören Fayı'nın aktif olduğunun bir işaretidir.



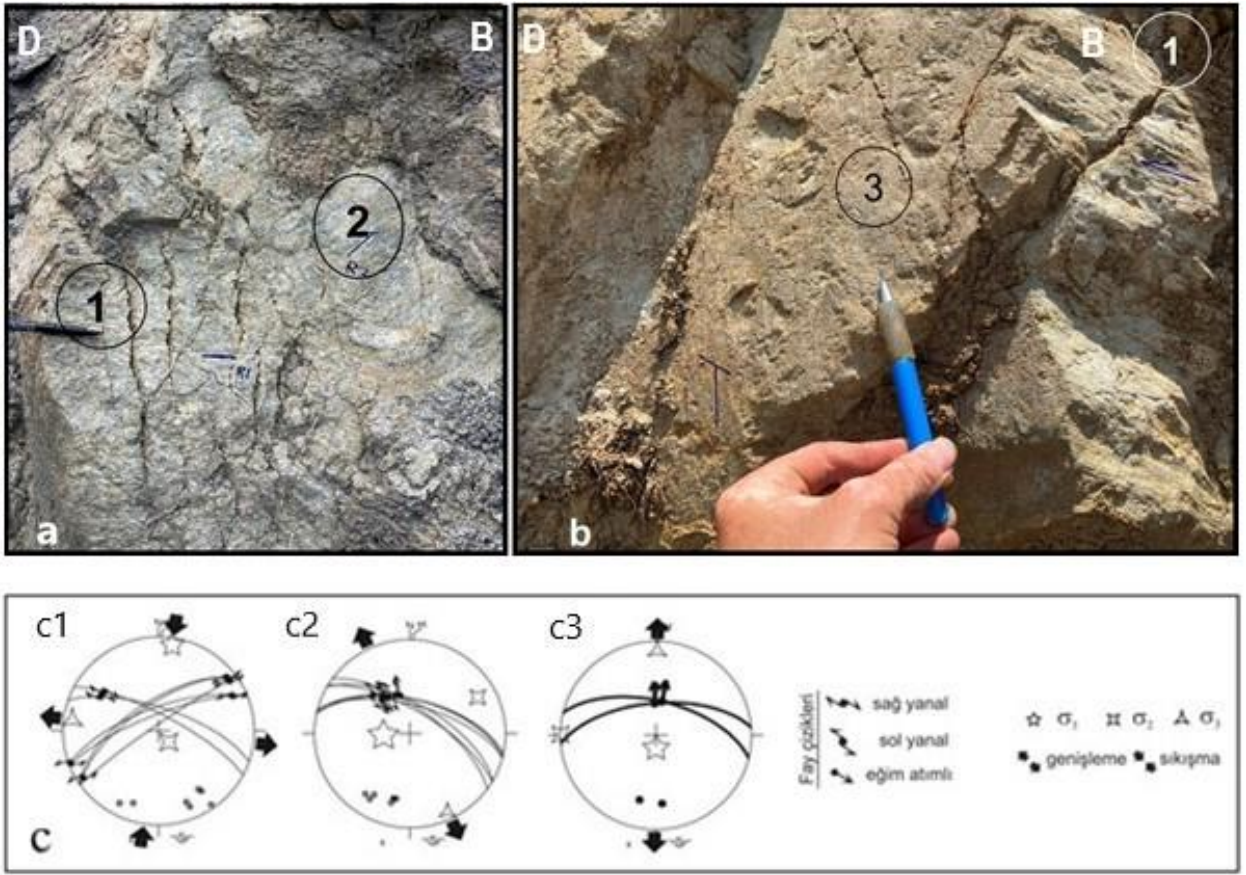
Şekil 6. Göynük Köyü Kuzeyi Çukurören Fayı doğu Segmenti a) Çukurören Fayı önünde gelişmiş kolüvyal çökeller b) Fay düzlemi ve fay düzlemi üzerinde kinematik ölçümler K35°B/85°GB

Çukurören Fayı doğu segmentine ait fay düzlemleri Çukurören Köyü girişinde gözlemlenmektedir. Düzlem üzerinde dört ayrı evreye ait izler vardır, birinci evrede eğim atım bileşeni yüksek normal fay karakterinde hareket etmiştir, K55°B/ 65°GB doğrultu ve eğim değerinde, rake açısı 81°KB, ikinci evrede K38°B/60°GB rake değeri de 64°KB eğim atım bileşeni yüksek eğim atımlı normal fay karakterinde, üçüncü evrede ise K65°B/64°GB rake 1°- 4° arasında değerler alır, bu faz içinde yanal atım bileşeni yüksek, sağ yanal doğrultu atım karakterindedir. Son evrede K55°B/62°GB rake değeri 40° ile 50° arasında değerler almakta, fayın son hareketi sağ yanal obliktir. Fay düzlemi üzerindeki oblik karakterli normal faylanma ile bağlantılı kayma yüzeyi fay çizdiği seti (Şekil 7 b) ile hesaplanan sonuçlara göre asal gerilme eksenleri (σ_1 , σ_2 ve σ_3) sırasıyla c.1) 1 evre, 8°/78°, 151°/10°, 243°/07° c.2) 2 evre, 349°/14°, 148°/75°, 258°/05° c.3) 3 evre, 339°/53°, 135°/34°, 233°/12° (yönlem/dalım) olarak elde edilmiştir. Hesaplanan değerler Çukurören Fayı'nın ilk olarak KB – GD doğrultusunda gerilme etkisi ile eğim atım bileşeni yüksek karakterde hareket ettiği, sonrasında KD – GB gerilme, KB – GD doğrultusunda sıkışma etkisi ile sağ yanal hareketin başladığı görülmektedir.



Şekil 7. Çukurören Fayı doğu segmenti Çukurören Köyü girişi a) Fay düzlemi b) Düzlem üzerinde farklı zamanlarda hareketi işareti eden 1-2-3-4 nolu evrelere ait fay kayma çizgileri c) Fay düzlemi üzerinde 1-2-3 nolu evrelerde ölçülen rake açı değerlerine göre asal gerilme eksenleri (σ_1 , σ_2 ve σ_3) sırasıyla c.1) 1 evre, $8^\circ/78^\circ$, $151^\circ/10^\circ$, $243^\circ/07^\circ$ c.2) 2 evre, $349^\circ/14^\circ$, $148^\circ/75^\circ$, $258^\circ/05^\circ$ c.3) 3 evre, $339^\circ/53^\circ$, $135^\circ/34^\circ$, $233^\circ/12^\circ$ (yönlem/dalım) olarak elde edilmiştir.

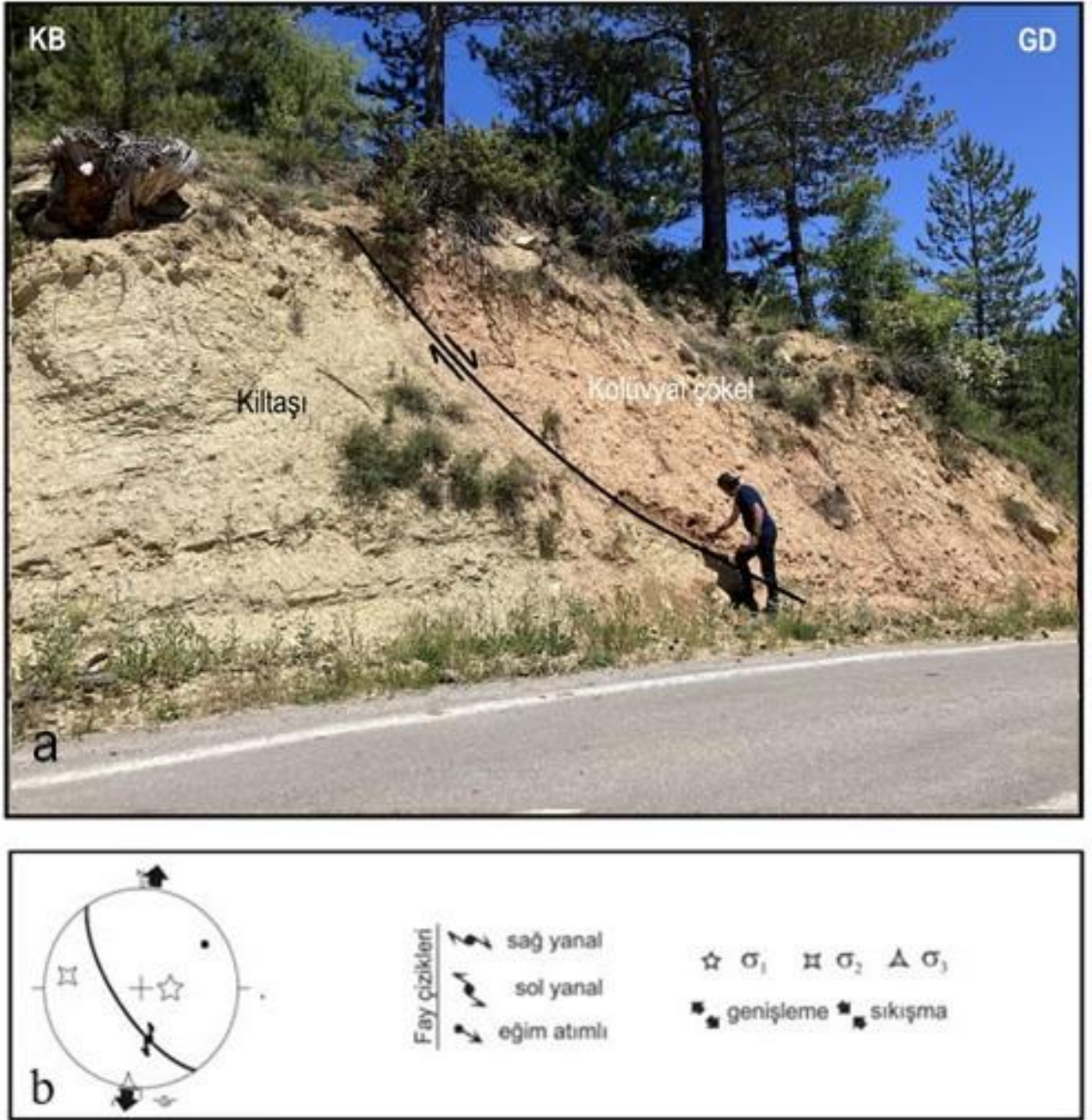
Saraycık Köyü Alaçayır mevki arasında Adaçal Deresi'nde Çukurören Fayı doğu segmenti üzerinde fayın üç ayrı evrede hareket ettiğini gösteren kayma çizikleri vardır. Birinci evrede $K55^\circ D/67^\circ KB$ rake açısı 8° GB yanıl atım bileşeni yüksek (Şekil 8.a) sol yanıl doğrultu atımlı. İkinci evrede $K55^\circ B/60^\circ KD$ doğrultu ve eğim değerinde, rake açısı $44^\circ KD$ eğim atım bileşeni yüksek oblik karakterinde, son evrede $K76^\circ B/60^\circ KD$ rake açısı 90° eğim atımlı normal fay. Kayma yüzeyi fay çizici seti (Şekil 8 b) ve (şekil 8 c) ile hesaplanan sonuçlara göre asal gerilme eksenleri (σ_1 , σ_2 ve σ_3) sırasıyla c.1) $267^\circ/68^\circ$, $61^\circ/20^\circ$, $155^\circ/9^\circ$ Sol yanıl atım bileşeni yüksek, az oranda eğim atım bileşeni var c.2) $9^\circ/8^\circ$, $138^\circ/77^\circ$, $277^\circ/10^\circ$ oblik atımlı c.3) $179^\circ/79^\circ$, $271^\circ/0^\circ$, $1^\circ/11^\circ$ Normal fay.



Şekil 8. Saraycık Köyü GB da Çukürören Fayı doğu segmenti a) 1 ve 2 nolu fay düzlemleri ve düzlem üzerinde kayma çizikleri b) 1 ve 3 nolu fay düzlemleri ve düzlem üzerinde kayma çizikleri c) Asal gerilme eksenleri (σ_1 , σ_2 ve σ_3) sırasıyla c.1) $267^\circ/68^\circ$, $61^\circ/20^\circ$, $155^\circ/9^\circ$ Sol yanall atım bileşeni yüksek, doğrultu atımlı fay c.2) $9^\circ/8^\circ$, $138^\circ/77^\circ$, $277^\circ/10^\circ$ Oblik fay c.3) $179^\circ/79^\circ$, $271^\circ/0^\circ$, $1^\circ/11^\circ$ Normal fay

Hesaplanan değerler Adaçal Deresi'nde Çukürören Fayı Doğu Segmenti'nin ilk evrede KB – GD doğrultusunda gerilme etkisi ile yanall bileşeni yüksek sol yanall doğrultu atımlı (Şekil 8 c) ikinci evrede KB – GD gerilme, KKD – GGB doğrultusunda sıkışma etkisi ile sağ yanall bileşeni düşük, eğim atımlı, oblik karakterde, son evrede, K-G saf gerilmenin etkisi ile normal fay karakterinde hareket ettiğini göstermektedir.

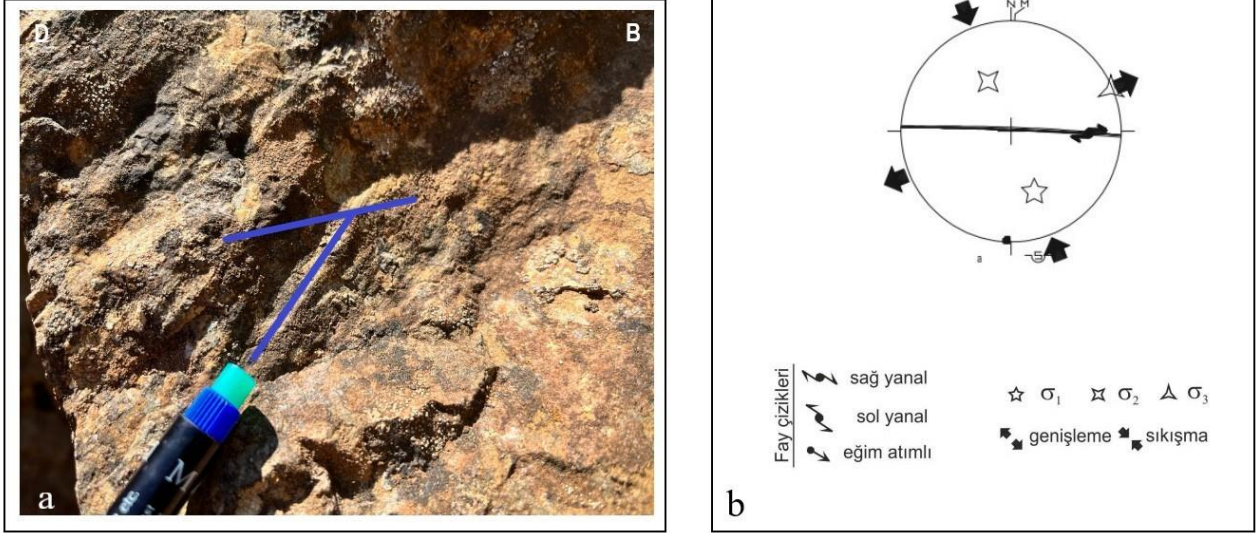
Yeşilyurt ile Alaçayır mevki arasında 11 km uzunluğunda kademeli (en-echelon) dizimli fay zonu şeklinde uzanmaktadır. Oysu Köyü girişinde (Şekil 9) Arıca formasyonu [8], killi kireçtaşları ile kolüvyal çökeller arasında faylı bir dokanak vardır. Fay düzlemi üzerinde kayma yüzeyinden ölçülen kinematik veriler ve (Şekil 9 b) de verilen değerlere göre hesaplanan asal gerilme eksenleri (σ_1 , σ_2 ve σ_3) sırasıyla $91^\circ/65^\circ$, $279^\circ/24^\circ$, $188^\circ/3^\circ$ (yönlem/dalım) olarak elde edilmiştir. Hesaplanan değerler KD - GB yönünde gerilmenin etkisi ile oblik atımlı normal fay geliştiğini göstermektedir.



Şekil 9. Çukurören Fayı doğu segmenti a) Oysu Köyü girişinde oblik atımlı normal fay, b) Kayma yüzeyi kinematik ölçümlerine göre yapılan paleostres diyagramı.

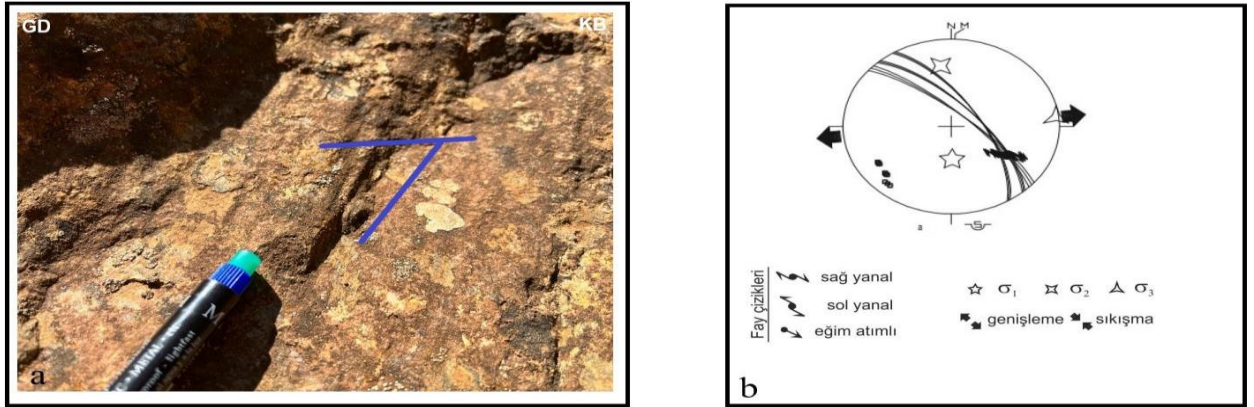
Oysu Köyü güneyi Çukurören Fayı doğu segmenti kayma yüzeyinde ölçülen kinematik verilere ve (Şekil 10 b) de

verilen değerlere göre hesaplanan asal gerilme eksenleri (σ_1 , σ_2 ve σ_3) sırasıyla $159^\circ/41^\circ$, $335^\circ/49^\circ$, $67^\circ/2^\circ$ (yönlem/dalı) olarak elde edilmiştir. Hesaplanan değerler KD - GB gerilme, KB - GD yönünde sıkışmanın etkisi ile sağ yanal doğrultu atımlı fay geliştiğini göstermektedir (Şekil 10).



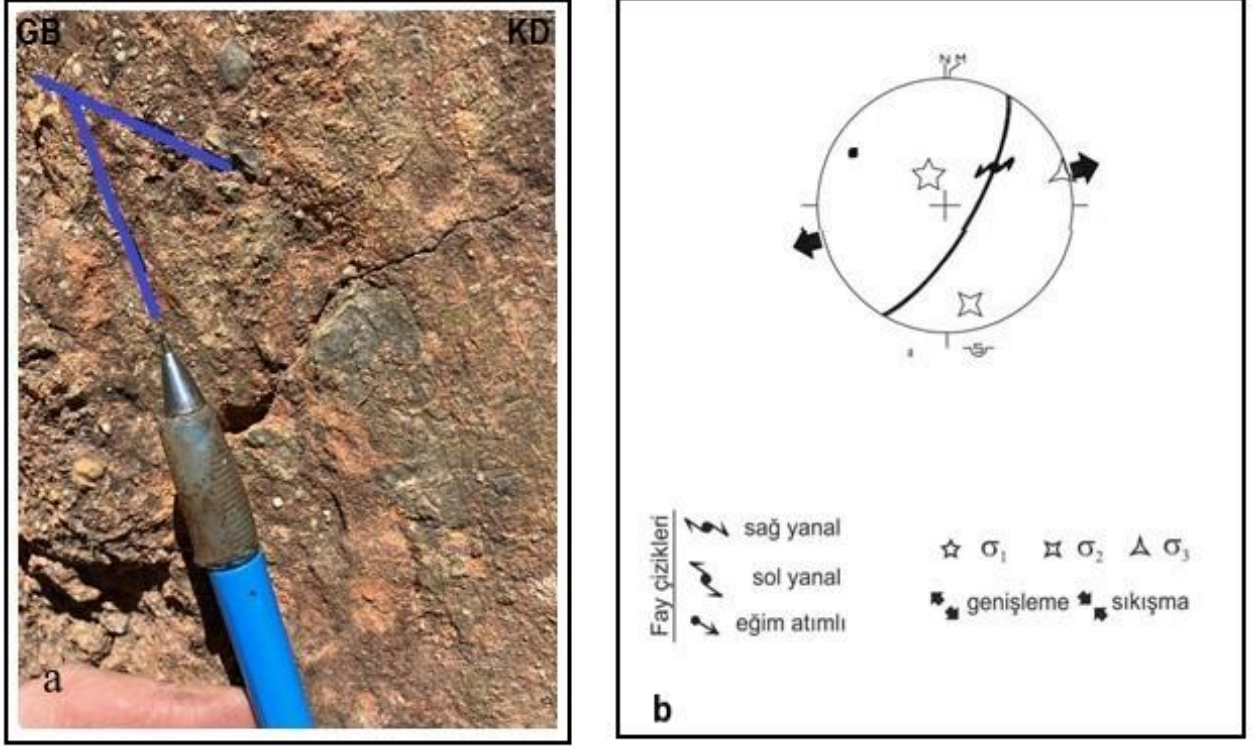
Şekil 10. Çukurören Fayı doğu segmenti Oysu Köyü güneybatısı a) Fay düzlemindeki kayma çizikleri b) Kayma yüzeyi kinematik ölçümlerine göre yapılan paleostres diyagramı

Oysu Köyü güneyi, Çukurören Fayı doğu segmenti kayma yüzeyinde ölçülen kinematik verileri ve (şekil 11.b) de verilen değerlere göre hesaplanan asal gerilme eksenleri (σ_1 , σ_2 ve σ_3) sırasıyla $179^\circ/55^\circ$, $352^\circ/31^\circ$, $84^\circ/3^\circ$ (yönlem/dalım) olarak elde edilmiştir. Hesaplanan değerler KD - GB yönünde gerilmenin etkisi ile oblik atımlı normal faylanma geliştiğini göstermektedir (Şekil 11).



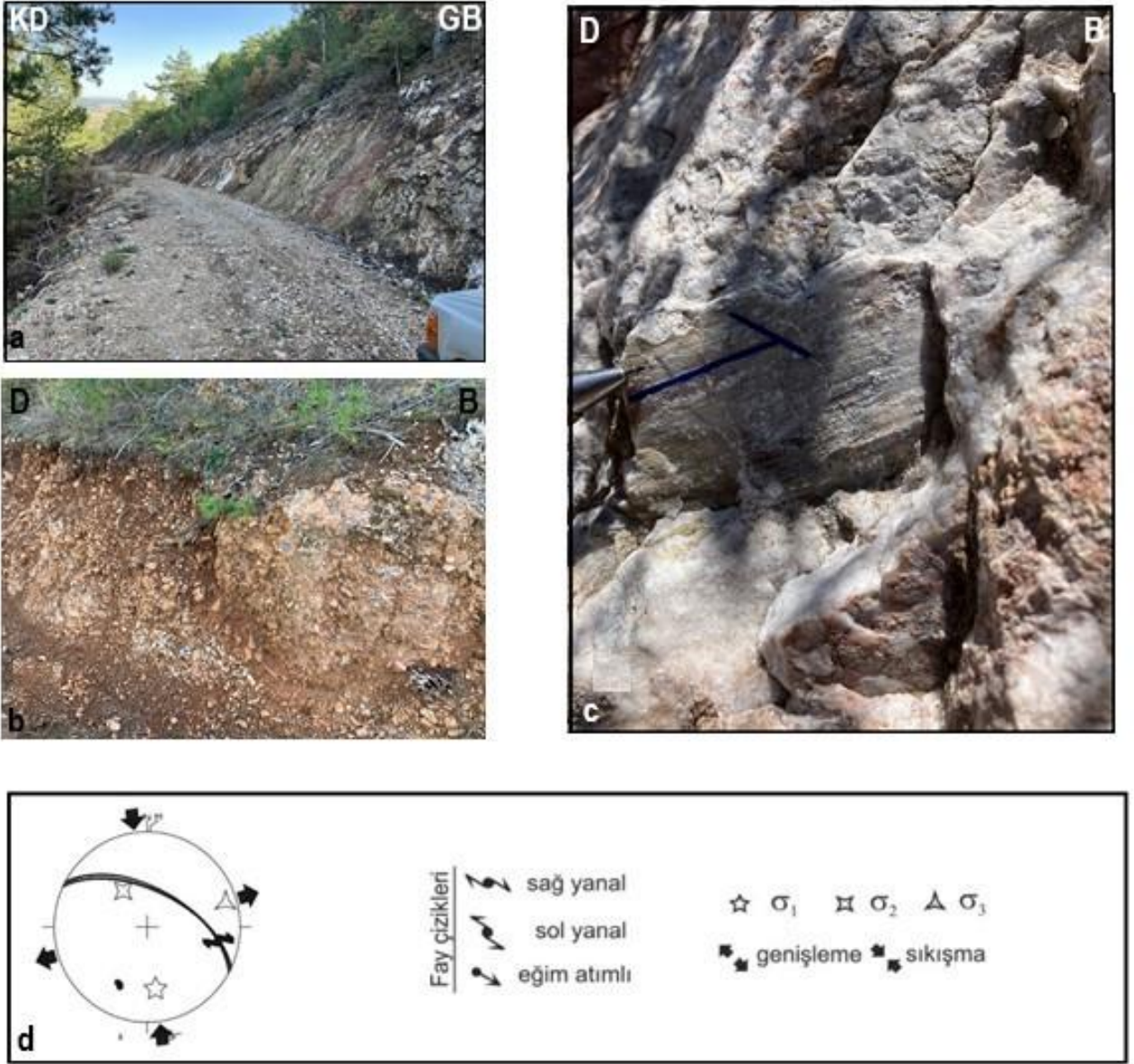
Şekil 11. Oysu Köyü güneyi Çukurören Fayı doğu segmenti a) Kayma yüzeyi fay çizikleri b) kayma yüzeyi kinematik ölçümlerine göre yapılan paleostres diyagramı

Oysu Köyü güneyi Sorkun Deresi'nde Çukurören Fayı Doğu segmentinde fay düzlemi üzerindeki kayma çizgilerinden alınan kinematik verilere ve (Şekil 12. b) de verilen değerlere göre hesaplanan asal gerilme eksenleri (σ_1 , σ_2 ve σ_3) sırasıyla $332^\circ/68^\circ$, $167^\circ/21^\circ$, $75^\circ/5^\circ$ (yönlem/dalım) olarak elde edilmiştir. Hesaplanan değerler KD - GB yönünde gerilmenin etkisi ile oblik atımlı normal fay geliştiğini göstermektedir (Şekil 12).



Şekil 12. Oysu Köyü Sorkun Deresi Çukurören Fayı Doğu segmenti a) Fay düzlemindeki kayma çizikleri b) Kayma yüzeyi kinematik ölçümlerine göre yapılan paleostres diyagramı

Yeşilyurt Köyü güneyi eski orman deposunun yakınında Çukurören Fayı'na ait düzlemler görülmeye başlanmaktadır (Şekil 13 a). Fayın $K70^\circ B$ doğrultu ve $K70^\circ B$ eğim değerini verdiği rake açısı $26^\circ GD$ sağ yanal bileşeni yüksek ve sağ yanal doğrultu atımlı olduğu gözlemlenmektedir. Fay zonu önünde gelişmiş kolüvyal malzemeler belirgindir (Şekil13 b).



Şekil 13. Çukuroren Fayı a) Yeşilyurt Köyü güneyinde fay düzlemleri, b) Kolüvyal çökeller c) Fay düzlemindeki kayma çizikleri, d) Kayma yüzeyi kinematik ölçümlerine göre yapılan paleostres diyagramı. Fay düzlemleri üzerindeki kinematik göstergeler, sağ yanal doğrultu atımlı karakterinde olduğunu göstermektedir.

Yeşilyurt Köyü'nde Çukuroren Fay düzlemi üzerinde sağ yanal doğrultu atıma ait fay çizigi seti (Şekil 13 c) ve (Şekil 12 b) ile hesaplanan sonuçlara göre asal gerilme eksenleri (σ_1 , σ_2 ve σ_3) sırasıyla $165^\circ/62^\circ$, $339^\circ/27^\circ$, $70^\circ/3^\circ$ (yönlem/dalım) olarak elde edilmiştir. Hesaplanan değerler Çukuroren Fayı'nın Yeşilyurt Köyü'nün güneyinde DKD

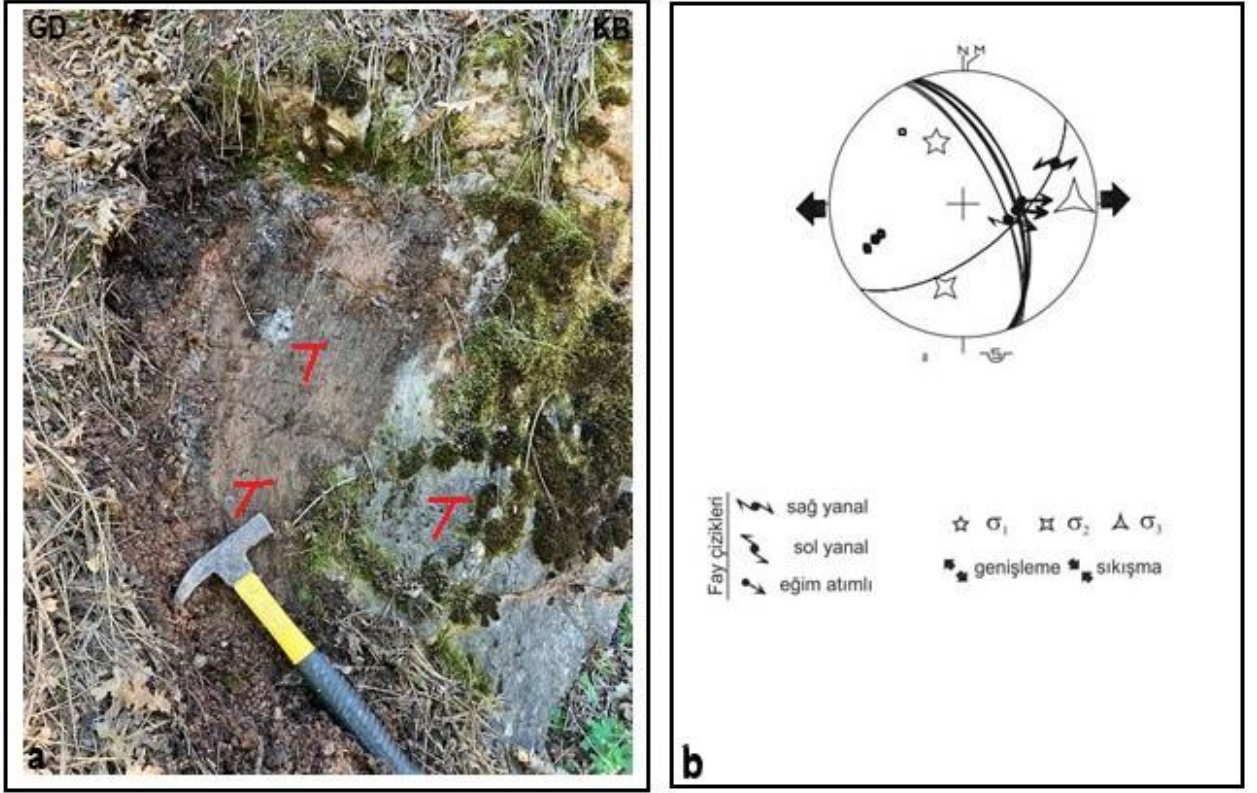
– BGB yönlü gerilme ve KKB – GGD yönlü sıkışma kuvvetlerinin etkisinde kaldığını göstermektedir.

3. Aslıhanlar Fayı: Geometrisi ve Kinematik Özellikleri

Aslıhanlar Fayı Yeşilyurt doğusunda genişlemeli bir büküm ile Çukurören Fayı'ndan ayrılır. 5 km uzunluğa ulaşan fayın bu bölümü KKB-GGD doğrultuludur ve eğim atım bileşeni yüksektir. Az oranda sağ yanal bileşeni vardır. Bu durum Aslıhanlar Köyü önünde gelişen çek – ayır havza benzeri çöküntüye neden olmuştur. Aslıhanlar Fayı Yüylük ile Küçük Aslıhanlar arasında 10 km uzunluğunda sağ yanal bileşeni yüksek çizgisel bir segment şeklinde uzanır. Fay Büyük Aslıhanlar ile Ağaçköy arasında K70°B doğrultusuna ve sağ yanal doğrultu atımlı karakterine dönüş yapar. Ağaçköy - Yalova mevki arasında gözlenen fay breşleri ve faya ait ölçülen 22 derecelik sapma (rake) açıları Aslıhanlar Fayı'nın benzer doğrultuda ve karakterde Küçük Aslıhanlar'a kadar devam ettiğini göstermektedir.

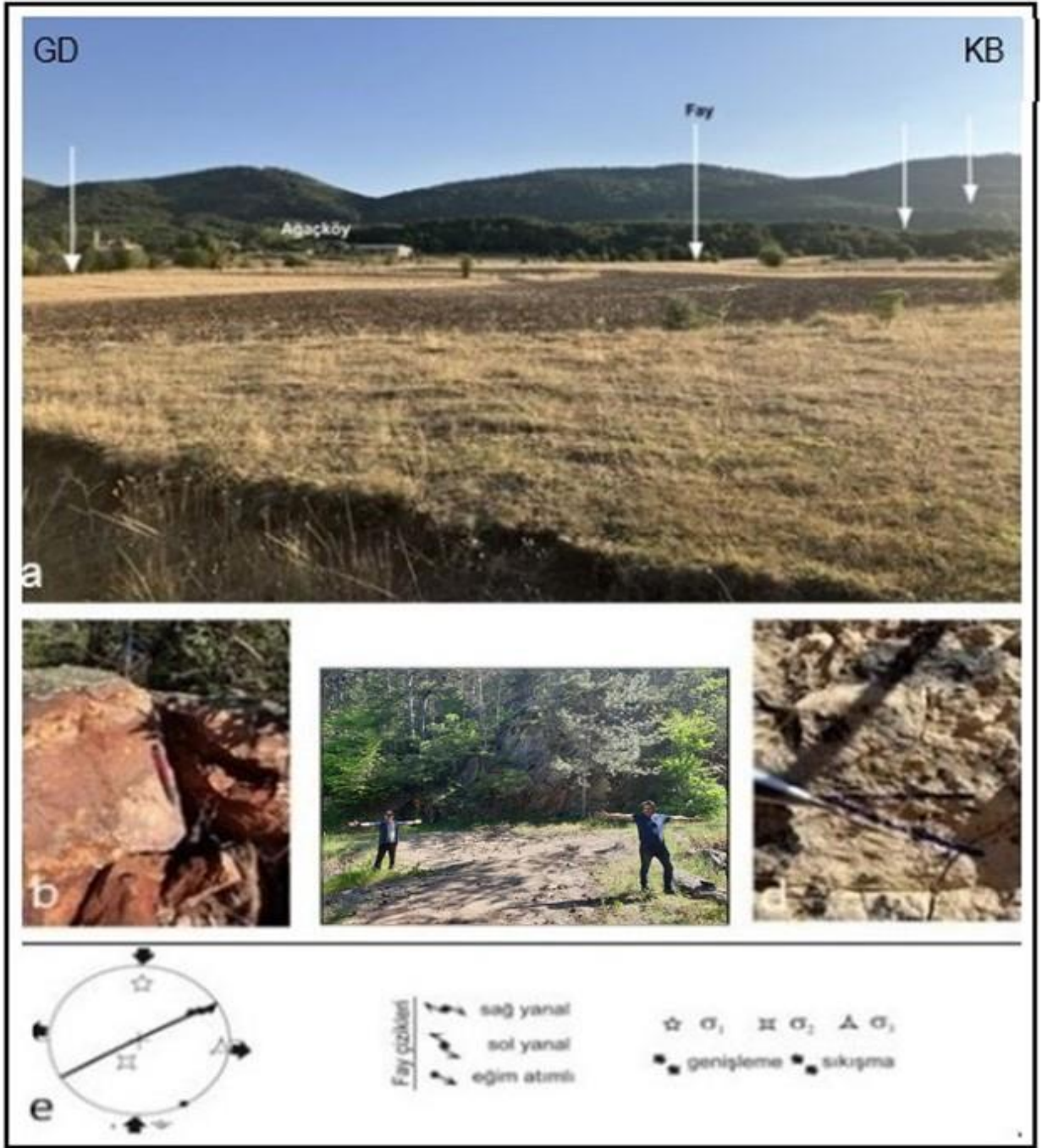
Yeşilyurt ile Alaçayır mevki arasında 11 km uzunluğunda kademeli (en-echelon) dizimli fay zonu şeklinde uzanıyor. Her iki fay zonu arasındaki bağlantıyı sağlayan bölüm 4 km uzunluğunda olup bu fayın eğim atım bileşeni sağ yanal doğrultu atım bileşeninden daha büyüktür. Sağ yanal doğrultu atımlı faydaki sağa bükülmenin neden olduğu genişlemeli büküm bir çöküntü alan oluşmasına neden olmuştur.

Aslıhanlar Fayı Yeşilyurt-Ağaçköy arasında kuzeydoğuya bakan bir yay geometrisine sahiptir (Şekil 2) Bu alanda kuzeyde K10°-20°B arasında bir gidiş sunar. Bu doğrultu üzerindeki fay düzlemi kayma açıları 65°-70° ölçülmüştür (Şekil 14 a) Kinematik ölçümlerde eğim atım bileşeni yüksek olduğu için, bükülmenin gerçekleştiği bu bağlantı oblik atımlı normal fay karakterindedir. Fay düzlemi kayma yüzeyi fay çiziklerinden (Şekil 14 a) alınan kinematik verilere göre hesaplanan asal gerilme eksenleri (σ_1 , σ_2 ve σ_3) sırasıyla 337°/48°, 192°/36°, 88°/18° (yönlem/dalım) olarak elde edilmiştir. Bu değerler Aslıhanlar Fayı'nın sağa büküm yaptığı bölgede fay üzerinde etkili olan gerilme rejiminin DKD – BKB yönlü saf genişleme şeklinde olduğunu göstermektedir (Şekil 14 b).



Şekil.14. Aslıhanlar Fayı a) Genişlemeli büklüm yerinde fay düzlemi ve kayma çizikleri b) Kayma yüzeyinde kinematik ölçümlere göre yapılan paleostres diyagramı.

Ağaçköy - Büyük Aslıhanlar arasında basamaklı dizilim gösteren fay zonu içinde ana faya yaklaşık dik konumlu düzlemler üzerinde yapılan ölçümlerde (Şekil 15 d-e) rake açısı değerleri 22° ve altında çıkmıştır. Buradaki kinematik göstergeler sol yanal atımlı faylanmaya işaret etmektedir. Bu durumda, ölçülen fay düzlemleri ana fay zonu içindeki ridel kırıkları olarak değerlendirilmiştir.



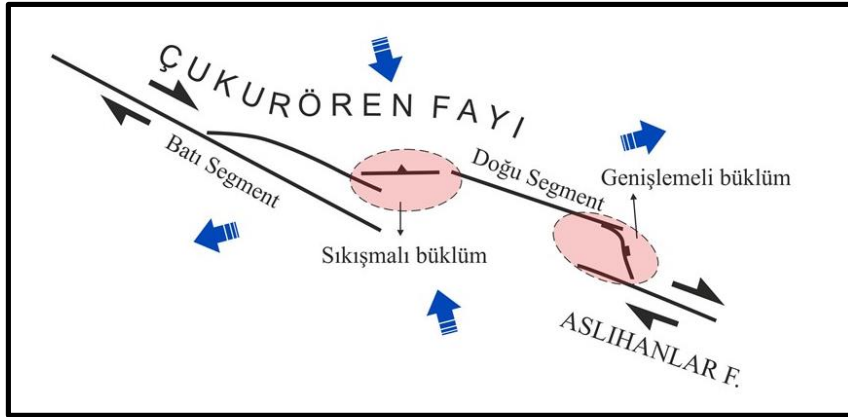
Şekil 15. Ağaçköy Fay Zonu a) Ağaçköy - Büyükaslıhanlar arası KD yönünde basamaklı yapı b) Fay zonları arasında gözlenen fay breşleri arazi görüntüsü c) Dere yataklarında sağ yanal yönde ötelenmeler d) Fay düzlemi üzerinde ölçülen kayma çizikleri e) Kayma yüzeyi kinematik ölçümlerine göre yapılan paleostres diyagram.

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Çukurören Fayı önceki çalışmalarda Yeşilyurt Fay zonu içindeki eğim atımlı normal bir fay segmenti olarak tanımlanmıştır [13]. Bu çalışmaya göre, Çukurören fayı yaklaşık 5 km uzunluğunda, D—B-gidişli, güneye dikçe eğimli normal bir fay olup, yaklaşık 0.2 km genişlikte ve 3.5 km uzunluğundaki Pliyo—Kuvaterner yaşlı Çukurören grabenini kuzey kenarı boyunca sınırlar ve denetler. Bunun yanında MTA'nın hazırladığı Türkiye Diri Fay Haritası'nda Çukurören Fayı ve Aslıhanlar Fayı sağ yanal doğrultu atımlı fay şeklinde yeniden tanımlanmıştır [1,6,7]. Buna göre, Çukurören Fayı, 29 km ve 18 km uzunluğundaki sağ yanal doğrultu atımlı iki segmentten yapıldır. Aslıhanlar Fayı ise, Çukurören Fayı'nın doğu kısmında yer alan 15 km uzunluğundaki fay olarak tanımlanmıştır. Tarafımızdan yapılan haritalama çalışmaları ve kinematik analiz sonuçları Türkiye Diri Fay haritası [1,6,7]'ni doğrular niteliktedir.

Çalışmamıza göre, Çukurören Fayı batı ve doğu segment olarak adlandırılan iki ana segmentten oluşmaktadır. Batı segmenti Akkaya - Gökler arasında yaklaşık 19 km lik bir uzunluktadır. Segment üzerinde korunmuş fay düzlemleri üzerinde alınan kinematik ölçümlerin analizi sonucu, K70°B doğrultusunda sağ yanal atımlı faya işaret etmektedir. Gökler beldesi kuzeyinde dere yataklarındaki ötelenmeler, Göynük, Oysu ve Yeşilyurt arasında fay önünde gelişen kolüvyal ve alüvyal yelpaze çökelleri Çukurören Fayı'nın aktif olduğunun bir göstergesidir.

Çukurören Fayı'nın doğu segmenti sıkışmalı bir büklüm ile batı segmentinden ayrılır ve Göynük - Yeşilyurt arasında yaklaşık K60°B doğrultusunda 29 km boyunca devam eder. Yeşilyurt doğusundan itibaren 5 km uzunluğa varan genişlemeli bir büklüm ile başlayan Aslıhanlar Fayı ise, Ağaçköy-Küçük Aslıhan arasında 10 km boyunca K70°B doğrultusunda sağ yanal doğrultu atım karakterli çizgisel bir gidiş sunar. Kinematik veriler her iki fay türünün de KKB-GGD doğrultulu sıkışma ve BGB-D-KD doğrultusundaki genişleme kuvvetleri etkisinde gelişen bir makaslama zonu içinde kaldığını göstermektedir (Şekil 16).



Şekil 16. Çukurören Fayı ve Aslıhanlar Fayı'nın kinematik ilişkisini gösteren faylanma modeli.

Özellikle Çukurören Fayı doğu segmenti üzerinde gözlenen reaktivasyon bulguları bölgesel ölçekte yapılan çalışmalarla uyumlu olacak şekilde farklı zamanlardaki deformasyon evrelerini tanımlamaktadır [14].

Haritalanan fay segmentlerinin uzunluğu ile segmentlerin oluşturabileceği maksimum deprem büyüklüğü arasındaki ilişkilere göre, Çukurören Fayı'nın batı segmenti 6.5; doğu segmenti 6.8; Aslıhanlar Fayı ise 6.5 büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahiptir. Benzer kinematik özelliklere sahip bu iki fayın beraber kırılması halinde ise, oluşabilecek maksimum deprem büyüklüğü 7.2 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular Simav, Kütahya, Uşak ve Afyonkarahisar'ın arasında kalan Çukurören Fayı ve Aslıhanlar Fayı'nın bölge için önemli bir

sismik kaynak olduğuna işaret etmektedir.

YAZAR KATKISI VE TEŞEKKÜR

M.A.; veri toplama, makale yazım, **M.Ö.;** veri değerlendirme, makale yazım, **Ç.Ö.;** veri toplama, paleostres analizi, makale yazım, **H.S.;** haritalama, veri toplama, makale yazım,

Bu çalışma birinci yazarın doktora tezinden üretilmiştir. Çalışma 2023/48 nolu Kütahya Dumlupınar Üniversitesi BAP Projesi kapsamında desteklenmiştir. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Rektörlüğü'ne maddi katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Makale 3 hakemin önerileri doğrultusunda revize edilmiştir. Kendilerini teşekkürü bir borç biliriz. Ayrıca Journal of Scientific Reports-C Dergisi'nin Editör Yardımcısı Sayın Prof.Dr. Cafer Özkul'a yardımlarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] Ö. Emre et al., "Active fault database of Turkey," *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 16, no. 8, pp. 3229-3275, 2018.
- [2] Ç. Özkaymak, "Tectonic analysis of the Honaz Fault (western Anatolia) using geomorphic indices and the regional implications," *Geodinamica Acta*, vol. 27, no. (2-3), pp. 110-129, 2015.
- [3] Ç. Özkaymak, H. Sözbilir, M.O. Geçievi and İ. Tiryakioğlu, "Late Holocene coseismic rupture and aseismic creep on the Bolvadin Fault, Afyon Akşehir Graben, Western Anatolia," *Turkish Journal of Earth Science*, vol. 28, pp. 787-804, 2019, DOI: 10.3906/yer-1906-13.
- [4] Ç. Özkaymak, H. Sözbilir and İ. Tiryakioğlu, "Afyon Akşehir Grabeni Kenar Fayları Saha Gözlemleri ve Teknik İnceleme," *ATAG21.Çalıştayı*, 2017.
- [5] T. Y. Duman et al., "Seismotectonic database of Turkey," *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 16, no. 8, pp. 3277-3316, 2018.
- [6] Ö. Emre et al., "Active fault map of Turkey with an explanatory text 1:1,250,000 scale," *General Directorate of Mineral Research and Exploration*, Special Publication Series, vol. 30, 2013.
- [7] Ambraseys, N. N. and Tchalenko J. S. "Seismotectonic Aspects of the Gediz, Turkey, Earthquake of March 1970," *Geophys. J. R. astr. SOC*, vol. 30, pp. 229-252, 1972.
- [8] N.N. Ambraseys and J. A. Jackson, "Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region," *Geophysical Journal International*, vol. 133, no. 2, pp. 390-406, 1998.
- [9] E. Bozkurt, "Neotectonics of Turkey," *a synthesis GEODINAMICA ACTA*, vol. 14, pp. 3-30, 2001.
- [10] E. Bozkurt and H. Sözbilir, "Tectonic evolution of the Gediz Graben: field evidence for an episodic, two-stage extension in western," *Turkey Geological Magazine*, vol. 141, no. 1, pp. 63-79, 2004.
- [11] Ş. Gürboğa, "Neo-and seismo-tectonic characteristics of the Yenigediz (Kütahya) area," *Yayınlanmamış Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2011.
- [12] A. Koçyiğit, E. Ünay and G. Saraç, "Episodic graben formation and extensional neotectonic regime in west Central Anatolia and the Isparta Angle: a case study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey," *Geological Society*, vol. 173, pp. 405-421, 2000.
- [13] A. Koçyiğit, Ş. Deveci, "Çukurören-Çobanlar (Afyon) arasındaki deprem kaynaklarının (aktif fayların) belirlenmesi," *TÜBİTAK-YDABAG: 106 Y 209 nolu proje*, pp. 71, 2007.
- [14] M. Özbüran and Ö. F. Gürer, "Late Cenozoic polyphase deformation and basin development, Kütahya region, western Turkey," *International Geology Review*, vol. 54, no. 12, pp. 1401-1418, 2012.



Contents lists available at *Dergipark*

Journal of Scientific Reports-C

journal homepage: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jsrc>



E-ISSN: 2717-8633

Sayı(Number) 8, Aralık(December) 2024

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

Geliş Tarihi (Receive Date): 28.05.2024

Kabul Tarihi (Accepted Date): 12.07.2024

5-Sülfosalisilik asit ve 2-amino-4-Sübstitüepiridin içeren Zn(II) komplekslerinin sentezi ve karakterizasyonu

Halil İlkimen^{a,*}, Zeynep Alkan Alkaya^b, Cengiz Yenikaya^c

^a*Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Kütahya, Türkiye.
ORCID: 0000-0003-1747-159X*

^b*Uşak Üniversitesi, Banaz Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Uşak, Türkiye.
ORCID: 0000-0003-0934-4195*

^c*Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Kütahya Türkiye.
ORCID: 0000-0002-5867-9146*

Öz

Dört yeni Zn(II) kompleksleri {[Zn(Hssal)(X)₂(H₂O)₂] {H₃ssal: 5-sülfosalisilik asit, X = 5 için 2-amino-4-metilpiridin (1), 6 için 2-amino-3-nitro-4-metilpiridin (2) ve (HX)₂[Zn(Hssal)₂(H₂O)₂] X = 7 için 2-amino-4,6-dimetilpiridin (3), 8 için 2-amino-4-kloropiridin (4)} sentezlendi ve yapıları element analiz, AAS, IR, molar iletkenlik ve manyetik duyarlılık ile önerildi. IR ve iletkenlik analizleri sonucunda 5 ve 6 nolu metal komplekslerinin iyonik olmadığı, 7 ve 8 nolu metal komplekslerinin ise iyonik olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçları AAS ve elementel analiz de desteklemektedir. Manyetik duyarlılık çalışmalarında Zn(II) (d¹⁰) metal komplekslerinin beklendiği gibi eşleşmemiş elektron taşımadıkları gözlemlenmiştir. Yapılan spektroskopik analiz sonuçlarında tüm komplekslerin (5-8) oktahedral yapıya sahip oldukları önerilmiştir.

© 2023 DPU All rights reserved.

Anahtar Kelimeler: 5-Sülfosalisilik asit; 2-aminopiridin; Zn(II) kompleksi; oktahedral yapı.

Synthesis and characterization of Zn(II) complexes containing 5-sulfosalicylic acid and 2-amino 4-substituepyridine derivatives

Abstract

Four new Zn(II) complexes $\{[Zn(H_{3}ssal)(X)_2(H_2O)_2]\}$ ($H_{3}ssal$: 5-sulfosalicylic acid, X = 2-amino-4-methylpyridine (1) for 5, 2-amino-3-nitro-4-methylpyridine (2) for 6 and $(HX)_2[Zn(H_{3}ssal)_2(H_2O)_2]$, X = 2-amino-4,6-dimethylpyridine (3) for 7, 2-amino-4-chloropyridine (4) for 8) were synthesized and its structures were proposed by elemental analysis, AAS, IR, molar conductivity and magnetic susceptibility. The results of IR and conductivity analyses, it was observed that 5 and 6 metal complexes were non-ionic, while 7 and 8 metal complexes were ionic. AAS and elemental analysis tests also support these results. In magnetic susceptibility studies, it was observed that Zn(II) (d10) metal complexes did not carry unpaired electrons as expected. The results of the spectroscopic analysis of complexes 5-8 have an octahedral structure.

© 2023 DPU All rights reserved.

Keywords: 5- Sulfosalicylic acid, 2-aminopyridine, Zn(II) complex, octahedral structure.

* Corresponding author. Tel.: +9-0274-443-3073; fax: +9-0274-443-0332.

E-mail address: halil.ilkimen@dpu.edu.tr

1. Giriş

Son yıllarda yapılan çalışmalar 2-aminopiridin türevlerinin metal iyonlarına NH_2 veya N atomlarından bağlandığı [1,2] ve antiinflamatuvar, antiviral, antikonvülsan, antihistaminik, antifungal, antibakteriyel, antiparazitik, kardiyotonik ve analjezik gibi birçok biyolojik aktiviteye sahip olduğu görülmektedir [3]. 2-Aminopiridin türevleri azot atomlarından bir veya iki dişli olarak metal iyonlarına bağlanmaktadır [4].

5-Sülfosalisilik asit ($H_{3}ssal$) ve anyonlarının oluşturduğu metal komplekslerin antifungal, antimikrobiyal, antimitogenik, antidiyabetik, antitümör ve antiinflamatuvar aktiviteleri vardır [5,6]. Bu formlar metal iyonuna bir, iki, üç ve çok dişli ligandlar olarak koordine olabilmektedir [7].

5-Sülfosalisilik asitin geçiş metal kompleksleri ile oluşturduğu bileşikler incelendiğinde en çok Cu(II) metali ile kompleks oluşturduğu gözlenmiştir [7]. Çinko metali ile yapılan çalışmalar incelendiğinde; basit Zn(II) kompleksleri [8-17] ile 1,4-bis(1H-imidazol-1-il)benzen [18,19], benzohidrazit [20], 1,1'-(1,4-bütandil)bis(imidazol) [21], metakrilik asit [22], 4,4'-dipiridin sülfid [23], 2-fenil-1H-1,3,7,8-tetraazasiklopenta[1]fenantren [24], 2,2'-bipiridin [25], nitrilotriasetik asit [26], 1,10-fenantrolin [27,28] ve tris(2-aminoetil)amin ile Zn(II) kompleksleri sentezlenmiş ve yapıları çeşitli analiz yöntemleri ile açıklanmıştır. Bu çalışmalarda Zn(II) komplekslerinin antiferromanyetik [29], terlemeyi önleyici [16,17], antiseptik [23], antibakteriyel [27] ve antifungal [11,27] özellikleri çalışılmıştır.

Bu çalışmada, 5-sülfosalisilik asit ($H_{3}ssal$) ile 2-amino-4-süstitüepiridin türevlerinin dört yeni Zn(II) kompleksleri $\{[Zn(H_{3}ssal)(X)_2(H_2O)_2]\}$ {X = 5 için 1 ve 6 için 2} ve $(HX)_2[Zn(H_{3}ssal)_2(H_2O)_2]$ X = 7 için 3 ve 8 için 4} sentezlendi ve yapıları element analiz, AAS, IR, molar iletkenlik ve manyetik duyarlılık analizleriyle önerildi. Yapılan analizler sonucunda komplekslerin hepsinin oktahedral yapıya sahip olduğu gözlenmiştir.

2. Deneysel çalışma

2.1. Materyal

Kimyasal maddeler Merck firmasından temin edilmiştir. AAS analizi için Perkin Elmer PinAAcle 900T, molar iletkenlik için WTW Cond 315i/SET, Elementel analizi için Elementar Vario III EL, manyetik duyarlılık için Sherwood Scientific Magway MSB MK1 ve IR analizi için BRUKER OPTICS VERTEX 70 cihazları kullanılmıştır.

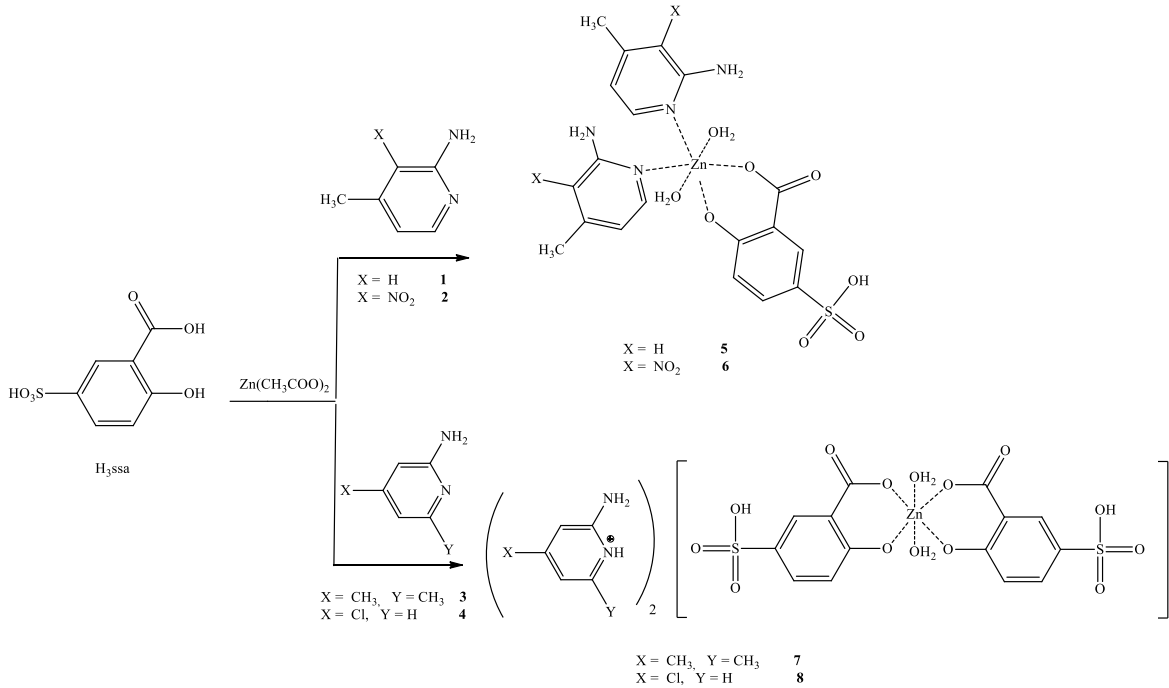
2.2. Bileşiklerin sentezi

2 mmol (0.508 g) $H_3ssal.2H_2O$, 2 mmol piridin türevi (**5** için 0,2162 g **1**, **6** için 0,3063 g **2**, **7** için 0,2442 g **3** ve **8** için 0,2571 g **4**) ve 2 mmol (0,4390 g) $Zn(CH_3COO)_2.2H_2O$ bileşikleri 100 mL sıcak su:etanol (1:1) içerisinde oda koşullarında 5 gün karıştırıldıktan sonra reaksiyon ortamında çöken beyaz (**5**, **7** ve **8**) ve sarı (**6**) katılar süzüldü ve kurutuldu (**5** için 0,3737 g, %70 verim, e.n.: $>350^\circ C$, **6** için 0,4367 g, %70 verim, e.n.: $>350^\circ C$, **7** için 0,4291 g, %55 verim, e.n.: $>350^\circ C$ ve **8** için (0,4757 g, %60 verim, e.n.: $>350^\circ C$) (Şekil 1).

3. Bulgular ve tartışma

3.1. AAS ve elemental analiz sonuçları

5-8 Nolu komplekslerin AAS ve elemental analiz sonuçları % deneysel(teorik); **5** için ($C_{19}H_{21}N_4O_8SZn$) C, 42,70(42,75); H, 4,50(4,53); N, 10,50(10,49); S, 6,00(6,01); Zn, 12,20(12,25); **6** için ($C_{19}H_{22}N_4O_{12}SZn$) C, 36,60(36,58); H, 3,50(3,55); N, 13,50(13,47); S, 5,15(5,14); Zn, 10,50(10,48); **7** için ($C_{28}H_{34}N_4O_{14}S_2Zn$) C, 43,10(43,11); H, 4,50(4,39); N, 7,20(7,18); S, 8,15(8,22); Zn, 8,50(8,38) ve **8** için ($C_{24}H_{24}Cl_2N_4O_{14}S_2Zn$) C, 36,40(36,36); H, 3,10(3,05); N, 7,00(7,07); S, 8,15(8,09); Zn, 8,30(8,25) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre metal: H_3ssal :aminopiridin oranı **5** ve **6** için 1:1:2 ve **7** ve **8** için 1:2:2 şeklinde bulunmuştur.



Şekil 1. Zn(II) komplekslerinin (**5-8**) sentezi.

3.2. IR sonuçları

Tablo 1. Komplekslerin (5-8) IR bantları (cm⁻¹).

	5	6	7	8
v(O-H)	3553(y) 3457(y)	3562(y) 3461(y)	3552(y) 3462(y)	3567(y) 3424(y)
v(N-H)	3394(oş) 3262(oş)	3407(oş) 3208(oş)	3418(oş) 3245(oş)	3336(oş) 3213(oş)
v(C-H) _{Ar}	3124(z)	3091(z)	3090(z)	3074(z)
v(C-H) _{Alf.}	2925(z) 2854(z) 2735(z)	2953(z) 2924(z) 2859(z)	2968(z) 2924(z) 2855(z)	- - - 2714(z)
v(N ⁺ -H)	-	-	2716(z) 2557(z)	2594(z)
v(C=O)	1620(ş) 1440(ş)	1644(ş) 1459(ş)	1679(ş) 1473(ş)	1671(ş) 1483(ş)
v(C=C) _{ren.}	1557(ş)	1556(ş)	1559(ş)	1553(ş)
v(C=N)	1587(ş)	1610(ş)	1640(ş)	1639(ş)
v(C=C)	1512(ş)	1535(ş) 1470(ş)	1613(ş) 1514(ş) 1422(ş)	1612(ş) 1525(ş) 1431(ş)
v(C-O)	1370(ş) 1238(ş) 1068(ş)	1383(ş) 1249(ş) 1087(ş)	1381(ş) 1261(ş) 1087(ş)	1384(ş) 1257(ş) 1087(ş)
v(S=O)	1269(ş) 1149(ş) 1118(ş)	1270(ş) 1157(ş) 1123(ş)	1227(ş) 1156(ş) 1132(ş)	1298(ş) 1157(ş) 1129(ş)
v(py)	786(ş)	744(ş)	741(ş)	791(ş)
v(M-O)	592(z)	582(z)	604(z)	589(z)
v(M-N)	425(z)	443(z)	-	-

*y: yayvan, z: zayıf, oş: orta şiddetli, ş: şiddetli

5-8 Nolu komplekslerin IR spektrumları değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Başlangıç maddelerinin v(N-H) gerilme titreşimleri 3175-3443 cm⁻¹ [30] aralığında gözlenirken, **5** kompleksinde 3394 ve 3262 cm⁻¹, **6** kompleksinde 3407 ve 3208 cm⁻¹, **7** kompleksinde 3418 ve 3245 cm⁻¹ ve **8** kompleksinde 3336 ve 3213 cm⁻¹’de görülmektedir. Komplekslerdeki asimetrik/simetrik v(C=O) gerilme titreşimleri **5** kompleksinde 1620 ve 1440 cm⁻¹, **6** kompleksinde 1644 ve 1459 cm⁻¹, **7** kompleksinde 1679 ve 1473 cm⁻¹ ve **8** kompleksinde 1671 ve 1483 cm⁻¹’de gözlenmiştir. Bu değerler arasındaki farklar sırasıyla 180, 185, 203 ve 192 asit ligandlarının karboksilat grupları metal atomlarına tek dişli olarak bağlandığını göstermektedir [31]. **5-8** Nolu komplekslerin yapılarında bulunan fonksiyonel grupların dalga sayıları, **5** için 425 cm⁻¹ v(M-N), **6** için 443 cm⁻¹ v(M-N), 582-604 cm⁻¹ v(M-O), 741-791 cm⁻¹ piridin halkası, 1118-1270 cm⁻¹ v(S=O), 1068-1384 cm⁻¹ v(C-O), 1422-1639 cm⁻¹ v(C=C)/v(C=N), 2557-2716 cm⁻¹ v(N⁺-H) gerilmeleri (**7** ve **8** için) [32], 2795-3016 cm⁻¹ alifatik v(C-H) (**5-7** için), 3074-3124 cm⁻¹ aromatik v(C-H) ve 3424-3567 cm⁻¹ v(O-H) gerilme titreşimleri aralıklarda gözlenmiştir.

3.3. Manyetik duyarlılık sonuçları

Komplekslerin manyetik duyarlılık testi sonuçlarında diyamanyetik olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar metal iyonun eşleşmemiş elektron içermediğini (Zn²⁺, 3d¹⁰) göstermektedir.

3.4. Molar iletkenlik sonuçları

DMSO çözeltisinde (10⁻³ M) alınan iletkenlik ölçümleri **5** için 6,5 µS/cm, **6** için 4,3 µS/cm, **7** için 65,0 µS/cm ve

8 için 50,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak bulundu ve bu sonuçlar 5 ve 6 komplekslerinin iyonik olmadığını ve 7 ve 8 komplekslerinin ise 2:1 iyonik olduğunu göstermektedir [33].

4. Sonuçlar

Bu çalışmada 2-amino-4-substitüepiridin türevleri ve 5-sülfosalisilik asitin Zn(II) kompleksleri (5-8) sentezlenmiştir. Sentezlenen bileşiklerin yapıları, çeşitli spektroskopik analiz yöntemleri ile önerilmiştir. Elde edilen komplekslerde elementel analiz ve AAS sonuçlarında, teorik ve deneysel değerler benzerdir. Bileşiklerin IR spektrumu incelendiğinde NH_2 'den kaynaklanan pikler gözlenmiştir. 7 ve 8 nolu komplekslerde azot atomunun protonlanması ile $\nu(\text{N}^+\text{-H})$ pikleri gözlenirken 5 ve 6 nolu komplekslerde bu pikler gözlenmemiştir. Bu durumda 2-aminopiridin türevlerinin 5 ve 6 komplekslerinde metal iyonuna bağlandığı, 7 ve 8 komplekslerinde ise tamamlayıcı iyon şeklinde bulunduğu görülmektedir. Bu sonuçları molar iletkenlik testleri de desteklemektedir. İletkenlik testleri sonucunda 5 ve 6 iyonik olmayıp 7 ve 8 iyonik komplekslerdir. Metal komplekslerinin manyetik duyarlılık çalışmaları sonucunda Zn(II) (d^{10}) metal komplekslerinin beklendiği gibi eşleşmemiş elektron taşımadıkları gözlenmiştir. Spektroskopik analiz sonucunda komplekslerin oktahedral yapıya sahip oldukları önerilmiştir.

Teşekkür

Yapılan çalışma, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon'unca, 2020/24 ve 2023/23 numaralı projelerden alınan maddeler kullanarak hazırlanmıştır. Katkılarından dolayı Komisyon'a teşekkür ederiz.

Yazar katkı beyanları

Halil İlkimen: Araştırma, Yazma – inceleme ve düzenleme, **Zeynep Alkan Alkaya:** Araştırma, Yazma – inceleme ve düzenleme, **Cengiz Yenikaya:** Araştırma, Yazma – inceleme ve düzenleme.

Referanslar

- [1] W. A. Zordok, S. A. Sadeek and A. F. El-Faragy, "Synthesis, characterization, DFT modeling and biological studies of new Co(II), Ni(II) and Cu(II) 4,6-bis(4-chlorophenyl)-2-amino-1,2-dihydropyridine-3-carbonitrile complexes". *J. Iran. Chem. Soc.*, vol. 14, no. 12, pp. 2529-2547, 2017, doi: 10.1007/s13738-017-1188-8
- [2] N. Büyükkıdan, C. Yenikaya, H. İlkimen, C. Karahan, C. Darcan and E. Şahin, 2013, "Synthesis, characterization and antimicrobial activity of a novel proton salt and its Cu(II) complex". *Russ. J. Coord. Chem.*, vol. 39, no. 1, pp. 96-103, doi: 10.1134/S1070328412100028.
- [3] Marinescu, M, "2-Aminopyridine – a classic and trendy pharmacophore". *Inter. J. Pharm. Bio Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 338-355, 2017, doi: 10.22376/ijpbs.2017.8.2.p338-355.
- [4] C. Yenikaya, M. Poyraz, M. Sarı, F. Demirci, H. İlkimen and Büyükgüngör O, "Synthesis, characterization and biological evaluation of a novel Cu(II) complex with the mixed ligands 2,6-pyridinedicarboxylic acid and 2-aminopyridine". *Polyhedron*, vol. 28, no. 16, pp. 3526-3532, 2009, doi: 10.1016/j.poly.2009.05.079.
- [5] S. A. Heleno, A. Martins, M. J. R. P. Queiroz and I. C. F. R. Ferreira, "Bioactivity of phenolic acids: metabolites versus parent compounds: a review". *Food Chem.*, vol. 173, 501-513, 2015, doi: 10.1016/j.foodchem.2014.10.057
- [6] P. Randjelović, S. Veljković, N. Stojiljković, D. Sokolović, I. Ilić and D. Laketić, et al. "The beneficial biological properties of salicylic acid". *Acta Facul. Med. Nais.*, vol. 32, 259-265, 2015, doi: 10.1515/afmnai-2015-0026.
- [7] H. İlkimen, B. İlkimen and C. Yenikaya, "Metal complexes of 5-sulfosalicylic acid". *New developments in science and mathematics*, pp. 221-234, Hiper yayın Evi, 2022.
- [8] K. V. Rajagopalan, R. Kalyanaraman and M. Sundaresan, "Thermal decompositions of sulfosalicylates of magnesium(II), calcium(II) and zinc(II)". *J. Therm. Anal. Cal.*, vol. 34, no. 1, pp. 329-334, 1988, doi: 10.1007/BF01913400.
- [9] Hecht, E. "catena-Poly[[tetraaquazinc(II)]- μ -5-sulfosalicylato- $\kappa^2\text{O}:\text{O}'$]]. *Acta Cryst.*, vol. E60, no. 9, pp. m1286-m1288, 2004, doi: 10.1107/S1600536804020070.
- [10] J. F. Ma, J. Yang and J. F. Liu, "Hexaaquazinc(II) 3-carboxy-4-hydroxybenzenesulfonate tetrahydrate". *Acta Cryst.*, vol. E59, no. 7, pp. m487-m488, 2003, doi: 10.1107/S1600536803013096.

- [11] P. V. Khadikar, S. Joshi, S. G. Kashkhedikar and B. D. Heda, "Metal-complexes of 5-sulfosalicylic acid and their antimicrobial activity". *Indian J. Pharm. Sci.*, vol. 46, no. 6, pp. 209-211, 1984.
- [12] J. H. Song, D. W. Kim, D. W. Kang, W. R. Lee and C.S. Hong, "Humidity-triggered single-crystal-to-single-crystal structural transformations in a Zn(II) coordination polymer displaying unusual activation energy change in proton conductivity. *Chem. Commun.*, vol. 55, no. 65, pp. 9713-9716, 2019, doi: 10.1039/C9CC04474D.
- [13] X. Duan, D. Li, Y. Lin, L. Zhang and Z. Tuo, "Method for preparing layered double hydroxides-sulfosalicylic acid having supramol intercalating structure and its application". China, CN1861702 A 2006-11-15.
- [14] M. Lamshoef, J. Storp, B. Ivanova and M. Spiteller, "Gas-phase CT-stabilized Ag(I) and Zn(II) metal-organic complexes - Experimental versus theoretical study". *Polyhedron*, vol. 30, no. 15, pp. 2564-2573, 2011, doi: 10.1016/j.poly.2011.07.003.
- [15] B. Ivanova and M. Spiteller, "On the nature of the coordination bonding of metal-organics for ions with the d^{10} electronic configuration - Experimental and theoretical analyses". *Polyhedron*, vol. 137, 256-264, 2017, doi: 10.1016/j.poly.2017.08.011.
- [16] B. Banowski and C. Kropf, "Cosmetic antiperspirants with aromatic sulphonic acids". Germany, DE102013220789 A1 2015-04-16.
- [17] B. Banowski and C. Kropf, "Cosmetic antiperspirants with aromatic sulphonic acids". World Intellectual Property Organization, WO2015055198 A1 2015-04-23.
- [18] T. Y. Xu, H. J. Nie, J. M. Li and Z. F. Shi, "Highly selective sensing of Fe^{3+}/Hg^{2+} and proton conduction using two fluorescent Zn(II) coordination polymers". *Dalton Trans.*, vol. 49, no. 32, pp. 11129-11141, 2020, doi: 10.1039/D0DT02327B.
- [19] T. Y. Xu, H. Wang, J. M. Li, Y. L. Zhao, Y. H. Han and X. L. Wang, et al. "A water-stable luminescent Zn(II) coordination polymer based on 5-sulfosalicylic acid and 1,4-bis(1Himidazol-1-yl)benzene for highly sensitive and selective sensing of Fe ion". *Inorg. Chim. Acta*, vol. 493, 72-80, 2019, doi: 10.1016/j.ica.2019.05.002.
- [20] T. Koksharova, Y. Slyvka, O. Savchenko, T. Mandzii and S. Smola, "5-Sulfosalicylato Cu(II), Zn(II) and Ni(II) coordination compounds with benzohydrazide: Synthesis, structure and luminescent properties". *J. Mol. Struct.*, vol. 1271, 133980, 2023, doi: 10.1016/j.molstruc.2022.133980.
- [21] Y. Yang, P. Du, J. F. Ma, W. Q. Kan, B. Liu and Yang, J. "Series of metal-organic frameworks based on different salicylic derivatives and 1,1'-(1,4-butanediyl)bis(imidazole) ligand: syntheses, structures, and luminescent properties". *Cryst. Grow. Des.*, vol. 11, no. 12, pp. 5540-5553, 2011, doi: 10.1134/S0022476615050297.
- [22] I. I. Zotkin, N. V. Kuznetsova and L. Kabanova, "Zinc or copper(2+) salts used as biocides in polymer materials". Russian Federation, RU2497857 C1 2013-11-10.
- [23] Z. X. Du, J. X. Li and L. Y. Wang, "Syntheses, crystal structures and fluorescent properties of two 4,4'-dipyridylsulfide based zinc(II) and cadmium(II) helical complexes". *J. Coord. Chem.*, 62, no. 15, pp. 2411-2420, 2009, doi: 10.1080/00958970902838776.
- [24] Q. Han, X. C. Wang, X. Y. Li, G. X. Yao and Y. S. Yan, "Aqua(2-hydroxy-5-sulfonatobenzoato- κO^1)bis(2-phenyl-1H-1,3,7,8-tetraazacyclopenta [1]phenanthrene- $\kappa^2 N^7, N^8$)zinc(II)". *Acta Cryst.* vol. E65, no. 11, pp. m1282-m1283, 2009, doi: 10.1107/S1600536809039154.
- [25] S. R. Fan, L. G. Zhu and H. P. Xiao, "catena-Poly[[cis-diaqua(2,2'-bipyridine)zinc(II)]- μ -5-sulfonatosalicylato]". *Acta Cryst.* vol. E61, no. 5, pp. m804-m806, 2005, doi: 10.1107/S1600536805009645.
- [26] G. Sharma and J. P. Tandon, "Potentiometric studies on stepwise mixed ligand complex formation copper(II), nickel(II) or zinc(II)-nitrotriacetic acid-hydroxy acid". *J. Inorg. Nucl. Chem.* vol. 32, no. 4, pp. 1273-1278, 1970, doi: 10.1016/0022-1902(70)80125-7.
- [27] Z. F. Chen, S. M. Shi, R. X. Hu, M. Zhang, H. Liang and Z. Y. Zhou, "Synthesis, crystal structure, fluorescence property and antibacterial activity of two unprecedented one-dimensional chain metalorganic coordination polymers: Zn(H-SSA)(Phen)(H₂O)₂ and Cu(H-SSA)(Phen)(H₂O)₂". *Chinese J. Chem.* vol. 21, no. 8, pp. 1059-1065, 2003, doi: 10.1002/cjoc.20030210817.
- [28] K. L. Zhang, B. Yang and S. W. Ng, "Diaquabis(1,10-phenanthroline- $\kappa^2 N, N'$)zinc(II) 2-hydroxy-5-sulfonatobenzoate tetrahydrate". *Acta Cryst.* vol. E65, no. 2, pp. m239-m240, 2009, doi: 10.1107/S1600536809003055.
- [29] J. F. Song, Y. Chen, Z. G. Li, R. S. Zhou, X. Y. Xu, J. Q. Xu et al, "Syntheses, supramolecular structures and properties of six coordination complexes based on 5-sulfosalicylic acid and bipyridyl-like chelates". *Polyhedron*, vol. 26, no. 15, pp. 4397-4410, 2007, doi: 10.1016/j.poly.2007.05.037.
- [30] E. Tunca, M. Bülbül, H. İlkimen, R. S. Canlıdınç and C. Yenikaya, "Investigation of the effects of the proton transfer salts of 2-aminopyridine derivatives with 5-sulfosalicylic acid and their Cu(II) complexes on cancer-related carbonic anhydrases: CA IX and CA XII". *Chem. Paper.*, vol. 74, pp. 2365-2374, 2020, doi: 10.1007/s11696-020-01078-5.
- [31] K. Nakamoto, "Infrared and raman spectra of inorganic and coordination compounds". 5th ed. NewYork: Wiley-Interscience, pp. 232 (1997).
- [32] H. İlkimen, C. Yenikaya and A. Gülbandır, "Antimicrobial activity of proton salts of 3-(sulfamoylphenylcarbamoyl) acrylic acid derivatives with aminopyridine derivatives. *Journal of Scientific Reports-A*, vol. 54, no. 2, pp. 264-272, 2023, doi: 10.59313/jsr-a.1311495.
- [33] W. J. Geary, "The use of conductivity measurements in organic solvents for the characterisation of coordination compounds". *Coord. Chem. Rev.* vol. 7, no. 1, pp. 81-122, 1971, doi: 10.1016/S0010-8545(00)80009-0.