

# PROCEEDINGS OF THE 9<sup>TH</sup> INTERNATIONAL AGGREGATE SYMPOSIUM

## 9. ULUSLARARASI KIRMATAŞ SEMPOZYUMU BİLDİRİLER KİTABI

25-26 November | Kasım 2021, Antalya



İstanbul  
Branch | Şubesi

Editors | Editörler  
A.Ekrem YÜCE  
Fırat BURAT  
Kenan ÇİNKU  
Ulaş ÇUĞU

**PROCEEDINGS OF THE 9<sup>th</sup> INTERNATIONAL  
AGGREGATE SYMPOSIUM**

**9. ULUSLARARASI KIRMATAŞ SEMPOZYUMU  
BİLDİRİLER KİTABI**

*Editors / Editörler*

**A. Ekrem YÜCE  
Fırat BURAT  
Kenan ÇİNKU  
Ulaş ÇUĞU**

**25 - 26 November / Kasım 2021  
ANTALYA / TÜRKİYE**





### CHAMBER OF MINING ENGINEERS OF TURKEY

President : Ayhan Yüksel  
Vice President: Banu Kekeç Saçın  
Secretary : Mehmet Erşat Akyazılı  
Treasurer : Veyis Sır  
Members : Ümit Kılıç  
: Talat Karataş  
: Cumhur Kutay Erbayat  
: Deniz Şahin Çelik

### CHAMBER OF MINING ENGINEERS, ISTANBUL BRANCH

Chairman : Mesut Erkan  
Vice Chairman: Selim Akyıldız  
Secretary : Umut Atlıhan  
Treasurer : Selçuk Şimşek  
Members : Esen Tuncer  
: Kemal Emre Nam  
: Mehmet Makar

*All rights reserved. © November 2021.  
No part of this book may not be reproduced or published in any form without written  
permission of the TMMOB Chamber of Mining Engineers,*

**ISBN:** 978-605-01-0715-9

**Baskı Yeri :** Armoni Basım

Maltepe Mah. Litros Yolu 2. Matbaacılar Sitesi,  
3. Kat No: 1NF12-16, Topkapı / İSTANBUL

#### **TMMOB Chamber of Mining Engineers of Turkey**

Selânik Cad. No: 19/4 06650 Kızılay – Ankara  
Tel : + 90 (312) 425 10 80 Fax: +90 (312) 417 52 90  
Web: www.maden.org.tr E-posta: maden@maden.org.tr

#### **TMMOB Chamber of Mining Engineers, Istanbul Branch**

Büyükdere Cad. Çınar Apt. No: 95 Kat:8 Daire:31  
Mecidiyeköy – İstanbul Fax: +90 (212) 356 74 12  
Tel: +90 (212) 356 74 10 E-posta: istanbul@maden.org.tr

## EXECUTIVE BOARD / YÜRÜTME KURULU

Dr. A. Ekrem Yüce	Chairman / Başkan
Mesut Erkan	Vice Chairmant /II. Başkan
Dr. Fırat Burat	Secretary –Scientific / Genel Sekreter
Dr. Kenan Çinku	Secretary – Scientific /Genel Sekreter
Mehmet Makar	Secretary / Genel Sekreter
Selçuk Şimşek	Treasurer /Sayman
Ümit Kılıç	Member / Üye
Oğuz Sönmezer	Member / Üye
Dr. Ergin Arıoğlu	Member / Üye
Dr. Atiye Tuğrul	Member / Üye
Dr. Nuray Tokgöz	Member / Üye
Ümit İzibelli	Member / Üye
Büşra Ertuğrul	Member / Üye
Muharrem Tepe	Member / Üye
Salih Akboğa	Member / Üye
Ulaş Çuğu	Member / Üye
Ayşe Koç	Member / Üye
Dr. Tamer Saka	Turkish Cement Manufacturers Association / TURKCIMENTO
Yavuz Işık	Turkish Ready Mixed Concrete Association / THBB
Şevket Kuruç	Aggregate Manufacturers Association / AGÜB
Ayberk Özcan	Asphalt Contractors Association / ASMÜD

## ORGANISATION SUPPORTERS / DESTEKLEYEN KURULUŞLAR

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, İstanbul Şube  
TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şube  
Agrega Üreticileri Birliği  
Türkiye Çimento Sanayicileri Birliği  
Türkiye Hazır Beton Birliği  
Türkiye Madenciler Derneği  
Türkiye Asfalt Müteahhitleri Derneği  
FRAG BLAST  
İBB İSTON A.Ş.  
İBB İSFALT A.Ş.

## SCIENTIFIC COMMITTEE / BİLİMSEL KURUL

Dr. U. Gökhan AKKAYA (IU-Cerrahpaşa)	Dr. Erol KAYA (DEU)
Dr. Fırat BURAT (ITU)	Dr. Ahmet ÖZARSLAN (BEU)
Dr. Yakup CEBECİ (Cumhuriyet U)	Dr. Şafak G. ÖZKAN (TAU)
Dr. Kenan ÇİNKU (IU-Cerrahpaşa)	Dr. Tayfun UYGUNOĞLU (AKU)
Dr. Özcan GÜLSOY (Hacettepe U)	Dr. Murat YILMAZ (IU-Cerrahpaşa)
Dr. Türker HÜDAVERDİ (ITU)	Dr. A. Ekrem YÜCE (ITU)
Dr. Ali KAHRİMAN (Ist. Okan U)	

(The list is alphabetical order by surname)

## FOREWORD

Mining activities, which started with the stone age in human history, have become an indispensable part of life today. While mining activities were carried out with primitive excavation methods in the early days, the use of explosives, which started with the introduction of gunpowder into human lives, increased mine production and naturally facilitated it. Blasting carried out in almost all areas of mining activities, both during the preparation and production stages, has become much safer and more efficient with the developing technology.

Considering the total mining production of the countries, aggregate, which is generally used in areas such as construction, infrastructure, transportation, and engineering structures, constitutes more than half of the mine production alone. This ratio increases as the level of development increases. It would be incomplete to evaluate the components of blasting and aggregate production separately since one of the most intensive use areas of explosives is aggregate mining. Therefore, these scientific events, which have been organized separately for many years by the Chamber of Mining Engineers, will be held this time in parallel.

In this context, **the 10<sup>th</sup> International Drilling & Blasting Symposium and the 9<sup>th</sup> International Aggregate Symposium** are held at the same time and place to bring together the scientific and industrial components, such as the academics, engineers, managers, and manufacturer of explosive, machinery equipment.

In both symposiums; it is planned to scientifically review the current situation and problems in the drilling, blasting, and aggregate sector with national and international participants, to discuss the academic and technological developments for the solution with academics, engineers, and manufacturers, and to provide them to the participants.

We would like to thank our scientists, public and private institutions and organizations, colleagues, the valuable Executive Board of our Chamber, and the Symposium Executive Board, who made great devotion to make a great success of these events. We wish you a successful event.

Sincerely your

**TMMOB Chamber of Mining Engineers  
Istanbul Branch, Executive Board**

November, 2021 / Antalya



## PREFACE

As it is known, Covid-19 cases experienced all over the world and in our country, it was decided to postpone the Symposiums event planned in November 2020 until November 2021. It was finally realized on the **9<sup>th</sup> of the International Aggregate Symposium** in November 2021.

The aggregate sector produces the basic inputs of all engineering structures necessary for the development of a country. Considering the industrialization, unplanned urbanization, increasing housing requirements, infrastructure works, and seismicity in our country, it becomes clear how important aggregate mining is. In addition, the aggregate sector is indispensable in terms of the country's economy due to the employment it creates and its relations with many other sectors, especially the construction sector.

It is known that the aggregate sector, the importance of which cannot be questioned, already realizes more than half of the country's mining production. However, on the one hand, the importance of aggregate mining is emphasized with population growth, the growth of urbanization, and the increase in the need for raw materials, on the other hand, it is imperative to protect the environment, use the right resource and implement sustainable mining. Despite everything, it is highly possible to produce products following modern, scientific, and engineering principles in these seemingly contradictory subjects.

Within the scope of this symposium, the importance of aggregate mining, the environmental and legislative problems encountered and solution proposals will be examined in a scientific platform with the participation of academics and sector all representatives.

As the Symposium Executive Committee, for their meaningful and beneficial contribution to the realization of the symposium while expressing his sincere thanks to all institutions, organizations, sponsors, delegates as well as to the authors for their contributions to the high efficiency of the symposium.

In addition, we would like to express our deepest gratitude to the valuable board members of TMMOB Chamber of Mining Engineers Istanbul Branch and the **9<sup>th</sup> International Aggregate Symposium** who contributed to the organization and conduct of this symposium, and to our colleagues and students who contributed throughout the organization for their inexhaustible energy and efforts. Hoping to meet again with all our national and international participants in a healthier environment and years.

Best regards

**Prof.Dr. A.Ekrem Yüce**

President of the 9<sup>th</sup> International Aggregate Symposium

November 2021 / Antalya



## ACKNOWLEDGMENT / TEŞEKKÜR

### SPONSORS / SPONSORLAR

#### 9<sup>th</sup> INTERNATIONAL AGGREGATE SYMPOSIUM&EXHIBITION

Turbo Makine San. Tic. Ltd. Şti.  
DKT İnşaat San. Tic. A.Ş.  
ÇİFTAY İnş. Taah. Tic. A.Ş.  
ZSR Patlayıcı San. A.Ş.  
Ersel Makina San. Tic. A.Ş.  
Nitrock Madencilik A.Ş.  
Antalya Nitro Patlayıcı A.Ş.  
Er-Ay Bazalt Madencilik İnş. Taah. Tic. San. Ltd. Şti  
Soner Temel Mühendislik İnş. Tic. A.Ş.  
İstanbul Gübre San. A.Ş.  
Kay San Silah San. Tic. Ltd. Şti.

Printing of Symposium Proceedings Book was supported by ÇİFTAY A.Ş

*Sempozyum bildiriler kitabının basımı ÇİFTAY A.Ş. 'nin destekleriyle yapılmıştır.*



**CONTENTS / İÇİNDEKİLER****Page**

Aggregate Reserves and Resources – applying international reporting standards <i>Agrega Rezerv ve Kaynakları –Uluslararası raporlama standartlarının uygulanması</i> Invited Paper N. Wells.....	1
Ülkemizde ve Dünya’da Agregâ Madencilîğinin Güncel Durumu ve Yeni Stratejiler <i>Current Situation of Aggregate Mining and New Strategies in Turkey and in the World</i> Invited Paper A. Tuğrul .....	9
Modeling and Simulation of Crushing Circuits -Way to Optimize the Circuits <i>Kırma Devrelerinin Modellenmesi ve Simülasyonu- Devreleri Optimize Etmenin Yolu</i> Invited Paper H. Benzer.....	13
Türkiye Agregâ Sektörü Üzerine Bir Değerlendirme <i>An Assessment on the Turkish Aggregate Sector</i> Ç. Tanın.....	25
<i>Sürdürülebilir Agregâ Kaynak Yönetimi için Alternatif Ruhsat Hukuku Modellemesi</i> <i>Alternative License Law Modeling for Sustainable Aggregate Resource Management</i> E. Çoşkun.....	31
<i>Türkiye’de Agregâ Özelliklerinin Gelişiminin Değerlendirilmesi</i> <i>An Assessment of the Turkish Aggregate Sector</i> C. Kılınç, A. Işık, E. Eren, Ç. Şaşmaz, H. Yanpınar.....	35
Türkiye’deki Maden Mevzuatında II. Grup (A) Bendi Ruhsatlar <i>Subclause (A) of the 2nd Group Licenses in Mining Legislation in Turkey</i> B.G. Demir, A.K. Özdoğan, A. Akbulut.....	47
Endüstriyel Bazalt Kumların Kayaç Kökenine Göre Karşılaştırılması <i>Comparison of Industrial Basalt Sands by Rock Origin</i> E. Aydın.....	55
Samsun Büyükşehir Belediyesi Agregâ Üretim Faaliyetleri <i>Aggregate Production Activities in Samsun Metropolitan Municipality</i> S. Sarı, G. Dede, B. Teke.....	65
Marmara Bölgesi Agregâlarının Cilalanma Özellikleri <i>Polishing Properties of Marmara Area Aggregates</i> E. Yıldırım, S. A. Yıldırım.....	73
Türkiye Yol ve Asfalt Endüstrisinde Agregâ <i>Aggregate for the Turkish Road and Asphalt Industry</i> Z. Temren.....	83



Elazığ Bölgesindeki Kayaçların Demiryolu Balastı Olarak Kullanılabilirliği <i>The Usability of Rocks in Elazığ Region as Railway Ballast</i> Z. Gürocak, S. Alemdağ, E.B. Kürüm.....	95
Kent Mobilyaları Tasarımı İçin Küfeki Taşı ve Urfa Taşı'nın Agregası Olarak Kullanımının Araştırılması <i>Investigation of Usage of Limestone (Kufeki Stone) and Urfa Stone as Aggregate for Urban Furniture Design</i> H.D. Yılmaz, S. Zeytun, E. Örtemiz.....	107
Çelik Curuflarından Elde Edilen Yapay Agregaların Betonda Kullanılabilirliğinin Araştırılması <i>Investigation of Usability of Artificial Aggregates Obtained from Steel Slag in Concrete</i> E. Örtemiz, H.D. Yılmaz, S. Zeytun.....	119
Maden İşletme Ruhsatı ve Üretim Miktarı Açısından Kalsit Madenciliğinin İncelenmesi <i>Investigation of Calcite Mining in Terms of Mining Operating License and Production Amount</i> B.G. Demir, A.K. Özdoğan, A. Akbulut.....	131
Madencilik ve Çevre <i>Mining and Environment</i> O. Güner.....	135
Yüksek Frekanslı Eleklerin Kırma Kum Elemelerinde Kullanımı <i>Using High-Frequency Screens at Crushed Sand Applications</i> O. Toprak.....	143



# Aggregates Reserves and Resources – applying international reporting standards

N. Wells

*Head of Land and Minerals, Global Competence Center Materials (GCCM), Heidelberg Cement AG, [neil.wells@heidelbergcement.com](mailto:neil.wells@heidelbergcement.com)*

## 1 INTRODUCTION

Worldwide, construction materials are the most widely used natural resources. Data for cement production globally is readily tracked and stands at around 4.1 billion tonnes annually (based on USGS data from 2019) – requiring approximately 7.5 billion tonnes of raw materials (mainly limestone and clay) as kiln feed.

Data for aggregates extraction is less readily available, but there is a strong correlation between cement production and aggregates use. Assuming a global average of 10 tonnes of aggregate used for each tonne of cement, this suggests that global aggregate production is around 41 billion tonnes annually.

In context, global mining of other commodities extracts around 20 billion tonnes annually. In other words, at nearly 45 billion tonnes the annual extraction of construction materials is more than twice that from all other mineral deposits.

Cement production in Turkey in 2019 was around 57 million tonnes. With 12 Mt exported, Turkish domestic cement consumption was around 45 million tonnes, suggesting a local aggregates demand of around 450 million tonnes.

By their nature aggregates do not travel significant distances from their point of production as they are bulky, low priced materials and for which there is often strong local competition. It is well understood also that mineral deposits can be worked only where they occur – including deposits exploited for aggregates production, whether they are natural sand and gravels or crushed rock materials.

Aggregate supply is therefore typically from suitable sources close to markets. To satisfy demand for large markets either this requires many small quarries working locally (which may be undesirable from economic, land use or environmental perspectives) or production being concentrated in fewer, larger sites (which may restrict competition or introduce greater supply risk). There are of course examples of ‘super-quarries’ remote from markets for their products, often with extraction exceeding 10 million tonnes annually, but these are usually coastal sites with transport by ship to remote markets with large export volumes rather than satisfying local needs. There are also super-quarries that are rail-linked, and like their coastal equivalents a common characteristic being that their markets are more remote from the source of production.

## 2 RESERVE AND RESOURCE REPORTING STANDARDS

Reserve and resource estimation and reporting for the minerals industry has had a chequered history and has been at the heart of several investment scandals – perhaps the most notable being the Poseidon nickel scandal in 1970 and the Bre-X fraud in 1997. One of the biggest areas of concern has been exactly what is meant by the terms ‘Reserves’ and ‘Resources’, how



and by whom these have been estimated and reporting companies' obligations to investors using such information to understand risk when determining investment opportunity.

This lack of clear definitions of terms and the factors relevant to estimation led to an international initiative to standardize market-related reporting definitions for mineral resources and mineral reserves. In 1997, a working group with representatives drawn from the USA, Canada, Australia, South Africa, and Europe reached agreement for the definitions of the two major categories, Mineral Resources and Mineral Reserves, and five sub-categories. These definitions form the core of current internationally recognised reserve and resource reporting codes and standards, which continue to be developed and expanded to address the needs of all mineral industry sectors, including aggregates and other construction materials.

The international standards are maintained by the Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards (CRIRSCO). CRIRSCO provides a reporting template on which all national and regional reporting standards are based to ensure compatibility and consistency in reporting practices worldwide. This has important implications for minerals companies listed on financial markets and exchanges, the regulators of which typically require information to be reported following CRIRSCO compliant codes and standards.

Once approved by market regulators, reporting under one code is usually acceptable for reporting in other geographical areas. This is an important consideration for companies with activities in more than one region and for international investors for whom consistent and reliable information is essential for decision making. With 14 CRIRSCO members currently, and with 5 countries actively preparing for membership, the global reach and convergence of reporting standards continues to grow.



Figure 1. Worldwide use of CRIRSCO compliant reporting codes and standards (The base map for this image was obtained from: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equal\\_Earth\\_projection\\_SW.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equal_Earth_projection_SW.jpg) (Daniel R. Strebe, 2018). The original and modified image are licensed under the Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license.)

### 3 UMREK - The Reporting Standard for Turkey

UMREK is the organisation responsible for setting standards for public reporting of exploration results, mineral resources, and mineral reserves by companies in Turkey. The National Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves Code of Turkey (the UMREK Code) 2018 is fully aligned with the CRIRSCO Reporting Template, hence with other international reporting standards. I was honoured to help in supporting Turkey in preparation for CRIRSCO membership and very fortunate to be invited, as the CRIRSCO

Chairperson at the time, to the launch of the UMREK Code and the official acceptance of UMREK into CRIRSCO membership at a meeting in Istanbul in early June 2018.

Since gaining membership, UMREK contributes to and supports the on-going work of CRIRSCO. In collaboration with other CRIRSCO members, UMREK helps shape and develop updates to the CRIRSCO template on emerging topics affecting reserves and resources reporting for the minerals industry. UMREK also supports and contributes to the development of commodity specific guidelines applicable to the estimation and reporting of reserves and resources, including construction materials.

It is notable that the UMREK Vice Chairperson, and one of Turkey's nominated representatives on CRIRSCO, is Prof. Dr. Atiye Tuğrul – an internationally recognised expert in aggregates and construction materials. Of course, this highlights not only the qualifications and expertise of Prof. Dr. Tuğrul, but also perhaps a recognition of the importance of the aggregates sector in an industry more usually associated with precious metals or fuel mineral extraction. I might add here that I have over 33 years' experience working as a geologist in resource development, much of this in the aggregates sector, and 8 years on the CRIRSCO committee. Although the aggregates sector may be perceived as a poor relation of the 'heavy' mining industry, it seems individuals specialising in this area 'punch above their weight' when it comes to representing the importance of minerals reserves and resources estimation and reporting.

#### 4 SUPPORTING DECISION MAKING

Whether it is to support investment decisions by shareholders for publicly listed aggregate companies or business decisions made by those companies, basically both are driven by the same fundamental need – confidence in mineral reserves and resources estimates.

When it comes to estimating and reporting mineral reserves and resources, this information is typically provided by and in the control of specialists – typically geologists and mining engineers. As such, non-specialist users of the reports may not fully understand the nature and context of the information provided. To help bridge this gap, the consistent use of definitions of certain terms is common to all CRIRSCO aligned reporting codes and standards as is the application and approach to their use and presentation of information.

The UMREK Code, in keeping with all CRIRSCO compliant reporting, is based on three core principles that provide this confidence and clarity:

Transparency	Sufficient information is presented which is clear and unambiguous and follows recognized definitions
Materiality	All relevant information is available leading to reasoned and balanced judgements to support decision making
Competence	Suitably qualified and experienced persons, subject to an enforceable professional code of ethics and rules of conduct, take responsibility for the report

Taken together, these three principles ensure that the information is clearly communicated by the specialists to the non-specialists based on a common understanding of the relevance of the information and the ways in which it may be relied upon. A further implicit principle is that the Competent Person responsible for reporting the estimates can do so without undue influence from those for whom the estimates and reports are prepared. This independence is important irrespective of whether the reporting is prepared by consultants or employees of the reporting company.

The internal use of estimates prepared to the CRIRSCO aligned standards also provides benefits to the reporting company since the information is entirely consistent with that provided externally for investors and to markets. This avoids reinterpretation of information and



potential confusion when considering reserves and resources reporting separately for operational and for financial purposes.

Another benefit is that integration of a rigorous and documented process for internal reporting supports internal strategic planning of mineral assets based on reliable and readily available information in a standardised format. This is especially important for aggregates and other construction materials companies where up to date, reliable and 'real time' knowledge of reserves availability is essential for forward planning of further land and minerals acquisitions as well as the work necessary to convert mineral resources to mineral reserves.

## **5 THE FACTORS RELEVANT TO REPORTING TO INTERNATIONAL STANDARDS**

When reporting reserves and resources to the UMREK Code and other CRIRSCO aligned standards Standard, information relating to a range of factors is considered.

These include not only confidence in geological information, but take account of legal, operational, technical, financial, environmental, societal, and governmental (usually permitting) matters. Referred to as 'Modifying Factors', these latter aspects are the principal drivers in deciding whether materials are reported as reserves or resources.

Reporting of reserves and resources is not simply an 'inventory' of all available mineral in any a deposit or quarry site. The definition of a resource is that part of a mineral deposit for which '...there are reasonable prospects for eventual economic extraction'. It follows therefore that the estimation of the available tonnage must take account of a reasonable excavation profile, with allowances for mineral sterilized in slopes, stand-offs to property boundaries, beneath fixed plant and buildings, and under access roads, ponds, dumps, etc.

The definition of mineral reserves focuses on the economically recoverable resources for which extraction is fully justified at the time of reporting when considering the Modifying Factors.

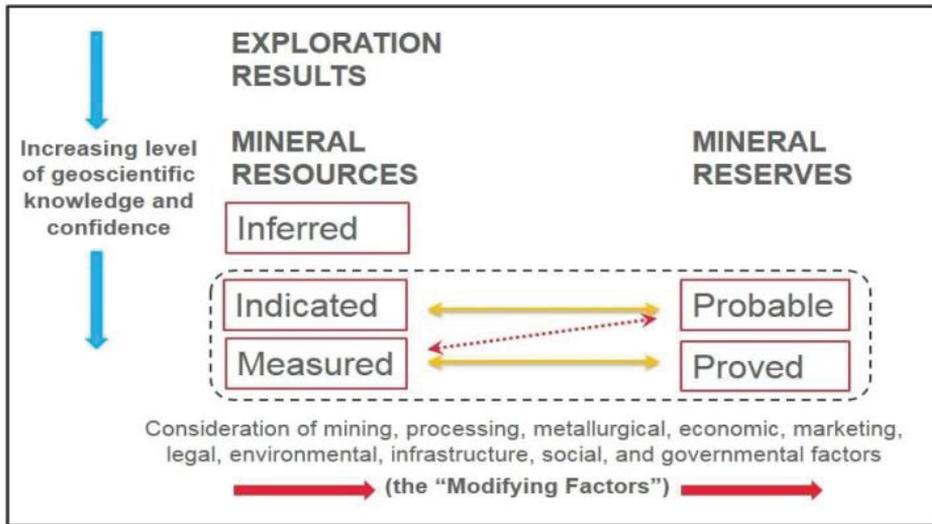
In simple terms, the principal difference between resources and reserves is one of certainty. Reporting resources implies that these materials are likely to be recovered at some point, whilst reporting reserves implies certainty.

When it comes to considering geological information and confidence, there should be sufficient data to reliably model geological continuity (either laterally, or at depth) and the quality of the deposit (including physical or chemical properties). For many aggregate operations, at the start of operations, this may be relatively restricted although experience and further investigation during operations will improve confidence. However, if conditions during extraction or product quality following processing are not as expected, further investigation and interpretation of the geological model is essential to decide the potential effect on reserves and resources.

### **5.1 When estimating and reporting, there is a difference between mining and quarrying companies**

In general, aggregate companies operate in a different investment environment to metal, gemstone, and fuel mineral mining companies. These differences principally relate to the relative value of the materials extracted and the perception of risk associated with availability, geological variability, and markets.





General relationship between Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves (Figure from the UMREK Code 2018)

Mining companies

Minerals have high intrinsic value

Minerals have high susceptibility to geological variability and no potential of substitution

Minerals are relatively rare and difficult to extract

Minerals serve global markets and are sensitive to volatility in the traded prices

Mineral prices are fixed globally on the commodity market

Reserve and Resource estimates typically are not commercially sensitive information

It is the high market price of the commodity (mineral) that makes them of interest to potential investors, which in turn justifies the high risk associated

Aggregate producing companies

Materials have low intrinsic value

Materials have low susceptibility to geological variability and high potential of substitution

Materials are common and they are relatively easy to extract

Materials serve local markets and are sensitive to transportation costs

Prices are locally driven

Local reserve and resource information is generally commercially sensitive information

It is the local market and continuous demand for construction materials which generates a stable and long-term income that makes them of interest to potential investors who prefer continuous income with low risk associated

There is a high business risk associated with failure to replace depleted reserves promptly

Reporting disclosures of reserves and resources for construction materials, especially where several sites are operated, may be on an ‘aggregated’ basis – that the available reserves and resources are combined for several sites and not necessarily reported for individual deposits. Typically, for larger operators, markets are supplied from multiple sites, so business and investor risks are diluted through diversity of supply. Further, since aggregate operations are a local business, full disclosure of reserve and resource positions for individual quarry sites potentially provides access to commercially sensitive information to other operators, which may in turn be used to distort markets and competition.

Even if public reporting is on an aggregated basis, individual reports should be prepared by Competent Persons for each site to ensure that there is quality and consistency of information and that all material facts are considered.

## **5.2 Reliable reserve and resource estimates are vital for operators**

Investors expect to have confidence in the reserves and resources information reported since this materially affects their investment decisions. Equally aggregate companies should have confidence in information since this materially affects its strategic and operational decisions.

Although the reporting of mineral reserves and resources to international standards has at its heart the protection of investors, the benefits of such reporting flow into aggregate producing companies as well. Regulatory pressures for reporting might at first appear to be another bureaucratic hurdle for business, but they also present an opportunity of aggregate companies to take stock of their internal practices and standards in respect of reserve and resource estimation and reporting.

Strategic decisions take account of the assumed availability of reserves and resources. Over- or under-estimating reserve and resource estimates may distort the forecast profitability of an individual quarry or indeed a whole company.

Business decisions at a quarry, whether operational or financial, rely on a good understanding of the realistic recoverable tonnages of suitable quality to meet product specifications and matched to the demand for such products. This requires that the geological confidence is good, such that operations plan and take account of any variability in quality to supply a consistent product.

Quarry development planning is necessary throughout the life of the proposed operation. Short term planning supports operational needs; controlling where development proceeds and understanding what will be released ensures that options and therefore costs are optimized on a day-to-day basis. Medium term planning identifies and provides a strategy to mitigate any constraints on development such that the long term or final quarry plan can be achieved.

Typically, reserve and resource estimates reflect the long-term plan for the quarry so deviations from the short- and medium-term plan through the life of the operation can have significant effects on the estimated tonnage available for extraction. When deviations occur, the reserve and resource estimates become unreliable, and a revised plan is necessary to ensure that the implications on reserve and resource estimates are properly understood.

Poor estimation practices in a company, combined with a poor understanding of the definitions and standards used, result in unreliable and potentially misleading business critical information. This can be especially so when companies have multiple operations spread across countries or regions where local estimation practices and considerations may vary or where different standards and definitions have been used in the past.

Maintaining reliable and robust reserve and resource information and recognizing its importance in the business decision making cycle provides significant benefits for operators by reducing uncertainty. In addition, by having such information readily available and in a format and style that satisfies the UMREK Code or similar CRIRSCO aligned reporting standards,



preparing statements for investors is a simpler task reducing workload and shortening the time needed to release such statements to the market.

### 5.3 The reporting focus is changing

Public reporting of reserves and resources has always rightly been based on a solid understanding of geological conditions and material quality, practicalities of extraction and processing, established commercial and market conditions, and compliance with regulatory and legal requirements. Environmental considerations and social aspects have also been included in the ‘Modifying Factors’ when considering the definitions of reserves and resources.

Environmental, Social and Governance, or ESG, is now a growing area of consideration in estimating and reporting reserves and resources with more attention particularly on issues of corporate governance. Certainly, financial institutions and investors are placing greater emphasis on these topics in making investment decisions – they want to know that operations have a ‘social licence’ to operate from host communities and potentially affected neighbours. Increasingly, there is an expectation that aspects of community and employee well-being, environmental protection and control, and the company approaches to effective health and safety performance are addressed.

When considering ‘Governance’ specifically, external influences exercised by governmental or regulatory authorities have been considered historically in estimating and reporting reserves and resources. But now there is an increased need to consider corporate behaviour (or governance) including for example tax transparency, board diversity, shareholder rights and the relationship with regulatory bodies. In other words, is the behaviour of the company likely to support its long-term viability and acceptability in a wider social sense?

And let us not forget the drive for carbon-neutrality. Direct CO<sub>2</sub> reduction and a drive to net-zero CO<sub>2</sub> production will affect aggregate production and use. In quarries, reducing CO<sub>2</sub> production by improving quarry design to optimise/minimise haul distances, improving blast design and layout and improving process efficiencies will perhaps become increasingly important – as much for their support in minimizing operating costs as well increasingly as CO<sub>2</sub> released during extraction and processing.

The use of quarry sites to generate renewable wind or solar energy are becoming increasingly common both alongside active operations and certainly in reclaimed quarries. When this energy is used directly in processing at the quarry it provides opportunities to reduce CO<sub>2</sub> emissions, and often to reduce energy costs. Alternatively, it may be sold into the local electricity supply grid creating an additional source of income for quarries.

Aggregate operations may cover large land areas, and not all land is actively used for extraction. Increasingly, perhaps the use of the whole site should be considered in deciding the economic potential of a quarry operation. Opportunities to ensure that competition for land does not unduly restrict future access for mineral extraction, especially for sites close to urban areas, must be considered. The land-take necessary to support extraction should be minimised – making land for other uses available. Opportunities for beneficial after-use must be considered in the overall site planning and design, even if this means giving up some otherwise recoverable minerals to ensure that the long-term vision and use for the land is not unduly restricted.

Climate resilience is another area where perhaps quarry design and layout will require attention and potentially will affect the estimates of reserves and resources. Increasingly frequent extreme weather events that can cause flooding both in the quarry and beyond will perhaps require quarry designs that can accommodate and manage excess water, for the benefit of both the operations and perhaps neighbouring or downstream properties. Increasing drought conditions that restrict the availability of water for aggregate washing and processing must also be addressed in developing improved water capture and reuse facilities and processes that



minimise water consumption. Inevitably such changes will affect the availability of reserves and resources at individual sites and must be addressed in estimates and future reporting.

I raise these as examples of the wide and growing scope of topics that must be considered in estimating and reporting reserves and resources. Whilst once the preserve of geologists and mining engineers, it is now very clear that successful aggregate companies will have to take a broad multi-disciplinary approach in considering reserves and resources to properly reflect all factors influencing and controlling future development proposals.

## 5 CONCLUSION

Estimating and public reporting of aggregate mineral deposits is already addressed through well-established codes and standards with a wide global acceptance in the investment community. Using CRIRSCO aligned standards, and for Turkey specifically the use of the UMREK Code, the estimates and reports share a common approach globally and are of particular value to the investment communities in understanding and opportunities and risks. Used internally by operators, the estimates and reports ensure that future development needs and operational constraints are recognised and allow effective decision making through the life of the quarry to ensure that extraction, processing, and marketing of quarry products aligns with the available reserves and resources.

The historic focus on geology and extraction proposals together with market conditions as the main drivers for estimating and reporting aggregates reserves and resources has changed significantly and increasingly sustainability, however you may wish to define it, is now an essential consideration.

Investors in aggregates operations are often interested in long term stability – so sustainability of operations is a prime concern with environmental management, business health, regulatory compliance, and climate resilience all areas of growing importance in reporting. At an operational level, these matters should also be a core consideration. Business decisions will be influenced by the future accessibility to undeveloped areas of the quarry, so factors affecting the sustainability of extraction will increasingly define the reserves and resources available and must therefore be addressed properly when considering extraction proposals and development plans.



# Ülkemizde ve Dünyada Agregada Madenciliğinin Güncel Durumu ve Yeni Stratejiler

## *The Current State of Aggregate Mining in Turkey and in the World and New Strategies*

A. Tuğrul

*İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Büyükçekmece-İstanbul*  
*tugrul@iuc.edu.tr; tugrulatiye@gmail.com*

**ÖZET** Artan nüfus ile bir ülkenin mega kentlerindeki yapılanmaya ek olarak, sanayi ve altyapı yatırımlarını sürdürme yükümlülüğü agregaları, kişi başına en çok tüketilen yapı malzemelerinden biri haline getirmektedir. Ülkemizde ve dünyadaki sivil toplum kuruluşlarının raporlarına göre; agregaların çoğu, agrega ocakları ile kum ve çakıl yataklarında üretilmektedir. Kalan %10'luk kısım endüstriyel atıkların geri dönüşümünden; cüruf ve küller ile yıkım atıklarından (%8), geri kalanlar ise denizlerden ve endüstriyel olarak üretilen agregalardan (%4) oluşmaktadır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ortalama agrega ihtiyacı kişi başı yıllık 5-6,5 tondur. Üstyapı ve altyapı ihtiyaçlarındaki artış nedeniyle, bu ülkelerde toplam tüketiminin gelecek 10 yılda %50 daha fazla olacağı tahmin edilmektedir. Agregaların çoğunun ağırlığı ve hacmi fazladır. Kullanım yerine olan mesafe arttıkça, nakliye maliyetleri hızlı bir şekilde üretim maliyetlerini aşabilir. Bu nedenle, agrega ocakları şehir içinde ve şehirlere yakın alanlarda bulunmaktadır. Uygun agrega kaynaklarına sahip olmayan bölgelerde, malzemeler kamyon, demiryolu, mavnalı veya gemi ile taşınmaktadır. Ancak sert hava koşulları veya bu nakliye yöntemlerini etkileyen artan maliyetler nedeniyle gelişen önemli gecikmeler işletmeleri etkileyebilir. Yüksek nakliye maliyetleri nedeniyle, agrega üreticileri yerel pazarda oldukça rekabetçi bir sektörde faaliyet göstermektedir. Agregada üreticileri tarafından aynı agrega türünün yanı sıra, farklı türdeki agregalar da rekabet halinde satılmaktadır. Önemli rekabet, daha düşük fiyatlara yol açabilir. Bu nedenle, pazardaki kaynaklara erişim hayati önem taşımaktadır.

Agregada kalitesi, özellikle büyük deprem riski altındaki ülkeler için çok önemlidir. Ne yazık ki, az gelişmiş ülkelerde bilgi ve deneyim eksikliği nedeniyle, birçok raporda ve makalede belirtildiği gibi; yapı malzemelerinin kalitesi kabul edilebilir sınırlardan uzak olup, inşaat uygulamaları kötüdür. Bu faktörler binlerce binanın hasar görmesinin ve yıkılmasının ana nedenleridir. Günümüzdeki araştırmalar ve sektörün çabaları; Kalite, kalite sürekliliği, dayanıklılık ve inovasyonların yanı sıra, kaynak verimliliğini, üretimi, ürün yelpazesini, üretkenliği, atık malzemelerin kullanımını artırma yönündedir. Birçok araştırma projesi, kaynakların optimum yönetimi ve sınırlı çevresel etkiye sahip beton, asfalt vb. üretimi için ekonomik, çevresel, sosyal ve yönetimsel konulara odaklanmaktadır.

Agregada endüstrisi için diğer önemli bir faktör, farklı ihtiyaçları karşılayan agrega kaynakları ile ilgili sürdürülebilirliktir. Bazı bölgelerde, özellikle Avrupa'da, kum ve çakıl yataklarının tükendiği ve son trendin kırma kum ve yapay agregalar ile geri dönüşüm agregalarının kullanımı olduğu bildirilmektedir. Agregada madenciliği için arazi kullanımından kaynaklanan çatışmalar tüm gelişmiş / gelişmekte olan ülkelerde yaygın olup, uzun vadeli planlama ihtiyacı, sosyal, ekonomik ve politik baskı oluşturmaktadır. Ocaklarda ihtiyaç fazlası üretilen malzemeleri azaltmanın yanı sıra, agrega endüstrisinde "sıfır atık"lı üretime odaklanmalıdır. Agregada üretimi

için enerji tüketimi, beton ve sıcak karışım asfalt üretiminden daha fazladır. Agregaların ocaktan, müşteriye nakliye maliyeti, genel olarak, izin prosedürleri ile şehirlerin içinde veya çevresinde kalite veya üretim miktarına göre tüm ihtiyacı karşılayacak kaynakların bulunmaması nedeniyle artmaktadır.

Agrega kaynaklarının korunması, gelecek nesiller için sürdürülebilir kalkınmanın önemli unsurlarından biridir. Dünyadaki arazi kullanımını üzerindeki artan baskı nedeniyle, birçok agregaya kaynağı sınırlama tehdidi altındadır. Öte yandan, yeni agregaya sahalarının geliştirilmesi genellikle birkaç yıl alır. Bu nedenle stratejik planlama ve yeni saha geliştirme gerçek büyümenin önünde olmalıdır. Buna ek olarak, bazı kentler ve yakın bölgelerindeki toplum direnci nedeniyle yeni sahalara izin vermek veya mevcut sahaları genişletmek giderek zorlaşmaktadır. Bu nedenle, özellikle mega şehirler için toplam arzın ve sürdürülebilir toplam kaynak yönetiminin planlanması esastır. Planlama, beklenen talebin, toplam kaynakların ve kısıtlamaların dikkate alınmasını gerektirir. Ayrıca, mevcut politikalar, yasal düzenlemeler ve diğer pek çok değişken dikkate alınmalıdır. Ülkeler farklı bölgeleri için, planlama süreçlerini geliştirmeli ve iyileştirmeli, kaynak verimliliğini artırmak için birincil ve ikincil (imal edilmiş) agregaları planlamaya entegre etmeli, agregaya kaynak yönetimi, planlaması ve tedariki açısından yetkili makamlar, endüstri ve sivil toplum gibi paydaşlar arasındaki iletişimi artırmalıdır. Kanun ve yönetmelikler genellikle çevre, sağlık ve güvenlik ile ilgilidir (gürültü, su tahliyesi, hava kalitesi, toz kontrolü, imar durumu, gerekli izinler vb.). Arazi kullanımı, çevre ve diğer konulara ilişkin yasal gereksinimler ve hükümet politikalarındaki değişiklikler agregaya işletmelerini önemli oranda etkilemektedir. Agregaya Üreticileri özellikle sağlık, güvenlik, yerel kaynaklara erişim, atıkların değerlendirilmesi, geri dönüşüm, çevresel yönetim ve biyoçeşitlilik konusunda mükemmelliğe odaklanmalıdır.

Özellikle büyükşehirlerde ve yakın alanlarındaki agregaya madenleri ile ilgili sosyal, çevresel, sağlık ve güvenlik standartlarının yükselmesi nedeniyle mevcut kısıtlamalar tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de artmaktadır. Bu sebeple, gelecekte daha büyük zorluklarla karşılaşacak olan agregaya üreticilerinin mevcut ihtiyaçları gün geçtikçe artmaktadır. Bununla birlikte, küresel standartlar değiştikçe, agregaya üreten şirketler, diğer maden şirketleri gibi, projelerinden değer elde etmek için giderek daha yenilikçi olmak zorunda kalmaktadırlar. Bu nedenlerden dolayı, maden sahalarındaki arama çalışmaları, kaynak tahmini, durumu, maden planlaması ve projelendirilmesi, rezerv hesabı, inovasyon, teknoloji entegrasyonu, yeni madencilik yöntemlerinin araştırılması ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, dijital çağ ve bununla ilgili dönüşüm süreci, küresel iklim değişikliği, artan doğal afetler, salgınlar hastalıklar, şirketleri değişime hızlandırmaya zorlamıştır. Bu yüzden agregaya madencileri, yeni dünya düzenine uygun strateji geliştirmeli ve yatırımlarını bu yönde yapmalıdırlar.

Bugünün agregaya endüstrisinde rekabetçi kalmak, bilimsel yaklaşımlar, doğru bilgiler, inovasyon ve AR-GE çalışmalarından elde edilen verilere dayalı ekonomik üretimle mümkün olabilir. Pazarda rekabet etmek, satış fiyatını düşürerek değil; doğru bilgilerle, inovasyonla, üretim maliyetlerini düşürerek olmalıdır. Piyasa arzının sürdürülebilir olması için risk değerlendirme ve entegre risk yönetimi kritik husustur. Riskini yönetebilen ve en aza indirmeyi başaran şirketlerle, klasik yöntemlere başvurarak veya fiyat düşürerek rekabet etmek, günümüz ve gelecek şartlarında mümkün olmayacaktır. Zira karlılığını artırmak isteyen madencilik şirketleri günümüzde uluslararası mutabakatlar, sözleşmeler, anlaşmalara uygun üretim yapmak durumundadır. Madencilik şirketleri ile ilgili riskler Şekil 1’de özetlenmeye çalışılmıştır.



## Sosyal Riskler

(Toplum sağlığı ve güvenliği, iş ve işçi güvenliği/sağlığı, paydaşların katılımı, acil durumlar, paylaşılan değerler, sosyal durum, bölge halkının istihdamı vb.)

## Kurumsal Yönetişim

(Kamusal yönetim, şirket yönetimi, paydaşların katılımı, izinler, şikayetler, şeffaflık, iş/meslek etiği vb.)

## Üretim kaynaklı riskler

(Üretim, güvenlik, ekipmanlar vs.)

## Çevresel riskler

(Arazi kullanımı, biyoçeşitlilik, toz, gürültü, titreşim, maden atık ve atıkları, su kaynaklarının kirlenmesi, CO<sub>2</sub> emisyonu, izinler vd.)

## Küresel Riskler

(İklim değişikliği, Kovid-19 pandemisi, Volkan patlaması)



## EKONOMİK RİSK

## Jeolojik riskler

(jeolojik belirsizlik, maden kaynak ve rezervinde belirsizlik, depremler vd.)

## Jeoteknik riskler

(kayaç stabilitesine uygun ocak dizaynı, Maden atık yığınları, heyelanlar, atık barajları vd.)

## Su kaynaklı riskler

(hidrojeolojik riskler, sellenme, su kaynaklarının azalması vd.)

Şekil 1. Madencilik endüstrisinde riskler

Agrega sektörü/endüstrisi, risk yönetiminde farklı alternatif senaryoları kullanarak dirençli strateji ve iş planları geliştirmelidir. Bunun için öncelikle uluslararası standartlara uygun (ülkemizde UMREK Koduna uygun) hazırlanmış arama, kaynak ve rezerv raporu ile uzun, orta ve kısa vadeli projeler/üretim planları, madencilik şirketlerinin muhtemel risklerini yönetebilmeleri için en önemli husustur. Uluslararası standartlara uygun raporu ve projesi olmayan firmaların, gelecekteki riskleri belirleyebilmeleri ve yönetebilmeleri mümkün değildir.

Madencilik faaliyetlerinin, madencilik endüstrisinin tüm paydaşları (madencilik şirketleri, yatırımcılar, kamu kurum ve kuruluşları, kanun yapıcılar/düzenleyiciler, uluslararası kuruluşlar/organizasyonlar, finans kuruluşları, sigorta şirketleri, sivil toplum kuruluşları, aktivistler, toplum vd.) tarafından nasıl değerlendirildiği dikkate alınmalıdır. Diğer bir deyişle, madencilik faaliyetinin oluşturabileceği çevresel ve sosyal risklere madencilerin bakış açısı, kriz yönetimi, gelecek için planları tüm paydaşlar için önem arz etmektedir. Sürdürülebilir madenciliğin yapıldığının kanıtlanması; uluslararası standartlara uygun raporlama, doğal kaynaklar ile ekonomik kaynakları etkin kullanma, madeni mümkün olduğunca uydular ve dijital teknolojilerle izleme ve entegre risk yönetimi sayesinde mümkün olabilir. Ülkemizde ve dünyada, çevresel ve sosyal problemlerin çözümüne yönelik bilim ve teknolojiye dayanan inovasyon ve Ar-Ge çalışmalarına devam eden şirketlerin, sürdürülebilirlik yolunda çok daha fazla mesafe kat ettikleri bilinmektedir.

Ülkemizdeki büyük madencilik şirketleri, “Sorumlu Kaynak Kullanımı” ve “Sorumlu Madencilik” anlayışıyla yaptıkları kaynak verimliliği yatırımlarıyla hammadde, enerji ve su gibi doğal kaynakları daha etkin kullanarak, atık/artıklarını değerlendirerek, “Çevresel, Sosyal ve Yönetimsel” konuları ön plana alarak daha az girdi ile daha fazla değer yaratma konusunda büyük çaba göstermektedirler. Bu yaklaşımların ve en iyi uygulamaların, özellikle büyük çoğunluğu aile şirketleri niteliğinde olan Doğal Taş ve Agregada sektöründe de benimsenmesi, yaygınlaşması, ülkemizde madencilığe bakış açısını önemli oranda değiştirecektir.

Covid-19 Pandemisi sonrasındaki dönemde, dünya ülkeleri gibi, madencilik şirketleri de yeni dünya düzenine uyum sağlamak için büyük bir dönüşümün bir parçası olmak durumunda kalmıştır. Avrupa Yeşil Mutabakatı, Paris Anlaşması, küresel iklim politikaları gibi uluslararası düzenlemeler, gündeme yerleştiği yeni ilkeler, kurallar, iş modelleri ve vergi uygulamaları ile global ölçekte çalışan şirketlerin iş hacmini önemli oranda etkileme potansiyeline sahiptir.

Ekonominin hemen her alanında olduğu gibi, agrega sekt6r6 de değişim ve d6n6ş6me uğrayan rekabet koşullarına uyum sağlayarak, risk oluşturabilecek bu s6reci fırsata d6n6şt6r6lebilir.

Yukarıda belirtildiği gibi; agrega end6strisi 6lkelerin ekonomik b6y6mesine ve sosyal kalkınmasına b6y6k katkıda bulunmaktadır. Agrega end6strisini değerlendirirken bir6ok fakt6r devreye girer; bir6oğu bu ticaret hattının gelişimi i6in 6ok 6nemlidir. Bu ama6la geliştirilen b6y6k projelerde; agrega konusunda uzman jeoloji m6hendisleri, m6hendislik jeolojisi ve jeoteknik konularında uzman m6hendisler, hidrojeologlar, maden, inşaat, 6evre, orman, ve end6stri m6hendisleri ile gerektiğinde peyzaj mimarları, orman ve ziraat m6hendisleri Şehir plancıları, biyolog, zoolog ve arkeologlar ile ekonomistler, toplum bilimciler ve hukuk6ular g6rev almalıdır. Sekt6r6n gelişimi ve mevcut problemlerinin 66z6m6 6zerinde politikacılar, ilgili kamu kurum ve kuruluşlarının y6neticileri, 6niversiteler, 6zel Şirketler ve sivil toplum kuruluşları vb.'nin birlikte 6alışması gerektiğini de 6nemle belirtmek gerekir.



# Kırma Devrelerinin Modelleme ve Simülasyona Dayalı Olarak Optimizasyonu

## *Modelling and Simulation of Crushing Circuits -Way to Optimize the Circuits*

H. Benzer, H. Dündar

Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Beytepe-Ankara,  
benzer@hacettepe.edu.tr

**ÖZET** Boyut küçültme işlemlerinin matematiksel modellerini kullanarak simülasyon çalışmalarını yürütmek, düşük maliyeti ve birçok değişkeni aynı anda hesaba katabilmesi nedeniyle ufalamada giderek daha fazla kullanılan bir teknik haline gelmiştir. Simülasyonun başarısı modellerin doğruluğuna bağlıdır. Ufalama devrelerinin tasarımında ve optimizasyonunda modelleme ve simülasyona dayalı uygulamalar çok yaygınlaşmıştır.

Simülasyon, önerilen değişikliklerin boyut dağılımı, akış hızları vb. açısından devre performansı üzerindeki etkileri hakkında nicel bilgi sağlamaktadır. Bu tür bilgiler mevcut ekipmanın optimizasyonu ve ekipman seçimi için kullanılmaktadır. Ayrıca, simülasyon bir sonraki aşamadaki akım şemalarının performansını arttırmak için de kullanılabilir. Kombinasyon olarak kararlı durum ve dinamik simülasyonların birlikte kullanımının süreç optimizasyonunda daha etkili olduğu kanıtlanmıştır. Hem işletmeye dayalı sorunların giderilmesi hem de süreç iyileştirmeleri ve operatör eğitimi için simülasyon sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu yazı kapsamında, örnek niteliğinde bir kırma tesisinin modellemesi ve simülasyonuna dayalı tesis tabanlı bir çalışma sunulmaktadır. Çalışmada Brezilya'daki bir agrega fabrikasının kırma ve eleme devresi etrafında kapsamlı bir örnekleme çalışması yapılmıştır. Çalışmanın amacı, performansı arttırmak ve olası iyileştirme önerilerini test etmek için kullanılacak kapsamlı bir devre simülasyon modeli yaratmaktır. Numuneler üzerinde elek analizi çalışmaları ile birlikte kırılma karakterizasyon çalışmaları yürütülmüştür. Kırıcılar ve elekler için uygun model yapıları kullanılarak devrenin modellemesi yapılmıştır. Daha sonra patlatma simülasyonlarından elde edilen tane boyu dağılımı verileri kullanılarak farklı besleme boyutu dağılımları için simülasyon çalışmaları yürütülmüştür. Devre üzerinde olası kapasite iyileştirmeleri için alternatif senaryolar oluşturularak simülasyon çalışmaları hem kararlı durum hem de dinamik durum için yapılmıştır. Simülasyon alternatifi-1 ve simülasyon alternatifi-2 için tesis kapasitesinde sırasıyla %7 ve %13 artış elde edildiği belirlenmiştir. Bu öneriler tesiste uygulanmış ve simülasyon sonucunda belirlenen kapasite iyileştirmeleri tesis koşullarında da sağlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Simülasyon, boyut küçültme, agrega

**ABSTRACT** Simulation of the comminution circuits using mathematical models of the unit operations is a technique which is being used increasingly in comminution because of its low cost and its ability to consider many variables simultaneously. Its value depends on the accuracy of the models. The problems with these which encountered for several years are diminishing as experience with simulation is being gained in the design and optimisation of comminution circuits and models are being refined.

Simulation would provide the quantified information about the effects of the proposed



changes on the circuit performance in terms of size distribution, flowrates etc. Such information could then be used to check the suitability of the existing equipment to the modified conditions, and for equipment selection. It could also be used to estimate the improvement expected in the downstream circuit performance. Steady and dynamic simulations as a combination have proven efficient in process optimization with regards to overall efficiency. Both when it comes to technical implementations through debottlenecking and process upgrades and social awareness through operator training.

In this paper a plant based study is presented as a case study of a full modelling and simulation of a crushing plant. For that reason an extended sampling survey was performed around the Crushing and Screening Circuit of an aggregate plant in Brazil. The purpose of the survey was to develop a comprehensive simulation model of the circuit that can be used to improve performance and to test the outcomes of potential operating scenarios. The samples were processed to obtain particle size distributions and material characteristics including

Model fitting of the circuit was completed using appropriate model structures for crushers and screens. And then simulation studies were conducted for different feed size distributions provided by the blasting simulations. Both the steady state and dynamic simulation studies were achieved to run the circuit for alternative scenarios for the possible capacity improvement of the circuit. For the simulation alternative-1 and for the simulation alternative-2 7% and 13 % increase in the plant capacity can be achieved respectively. These recommendations were implemented and similar results were obtained practically.

**Keywords:** Simulation, size reduction, aggregate

## 1 INTRODUCTION

Simulation of the comminution circuits using mathematical models of the unit operations is a technique which is being used increasingly in comminution because of its low cost and its ability to consider many variables simultaneously. Its value depends on the accuracy of the models. The problems with these which encountered for several years are diminishing as experience with simulation is being gained in the design and optimisation of comminution circuits and models are being refined (Lynch, 1977).

Simulation would provide the quantified information about the effects of the proposed changes on the circuit performance in terms of size distribution, flowrates etc. Such information could then be used to check the suitability of the existing equipment to the modified conditions, and for equipment selection. It could also be used to estimate the improvement expected in the downstream circuit performance.

Equipment manufacturers as well as plant designers use software packages for data analysis, plant design and optimization. The most widely used type of simulation technique to date is steady-state simulations, meaning that the system is considered to be in mass balance and consequently all time-derivatives equal to zero. Simulation implies the prediction of the steady state performance of a circuit, in terms of stream properties such as mass flow, solids concentration and size distribution, as a function of material properties, machine specifications and operating conditions (Svedensten and Evertsson, 2004).

By including time dependence and time derivatives it is possible to simulate dynamic behavior. This is referred to as dynamic simulation. Dynamic simulation calculates the performance of the system under different operating conditions as the system experiences changes over time (Asbjörnsson, 2013, Itavuo et.al, 2013 ). In recent years the focus has been shifting from static simulation to more detailed time dependent simulations due to their wider application range. These include: process design, process evaluation, control development, process optimization, operational planning, maintenance scheduling and operator training. Each of these areas are applicable with dynamics simulation but put different constraints on the modelling of plants, which is determined by the purpose of the simulation (Svedensten and Evertsson, 2003).



Steady and dynamic simulations as a combination have proven efficient in process optimization with regards to overall efficiency. Both when it comes to technical implementations through debottlenecking and process upgrades and social awareness through operator training (Herbst and Pate, 1998, Kawatra and Eisele, 2005, Dündar H. et.al., 2010, Sönmez et. Al, 2019)

The great power of simulation as an optimization, and indeed design, tool is its ability to explore many different scenarios quickly and efficiently – the “what if?” questions.

The process model structure which provides the platform for the simulation methodology seeks to decouple and separately estimate material (ore) properties and machine characteristics. Each are described by parameters which must be estimated from real life. The practice of simulator-based optimization therefore comprises the following steps:

1. Characterizing the feed material in laboratory tests
2. Estimating machine parameters, from plant surveys
3. Running simulations to explore ways of meeting the optimization criteria through changes in flowsheet, machine or operating conditions
4. Testing and/or implementing the chosen conditions

Figure 1 illustrates the simulation procedure which uses these parameters for plant design and optimization.

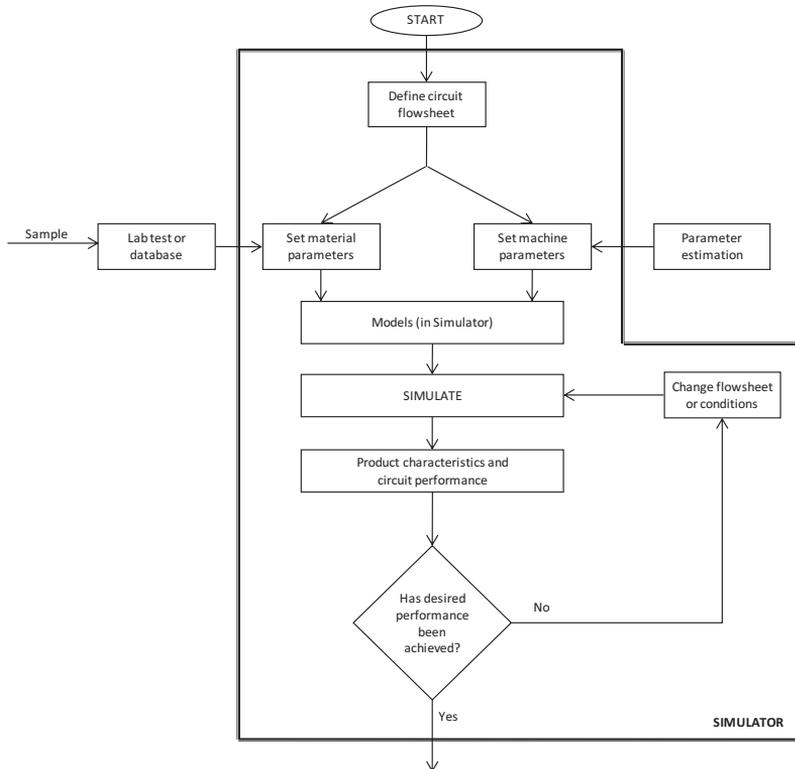


Figure 1. Using a computer simulator to seek the conditions for optimum circuit performance

In the context of this paper an example of an optimization study is given as a case study. This work was completed at an aggregate plant in Brasil.

## 2. OPTIMIZING A CRUSHING CIRCUIT-CASE STUDY

### 2.1 Plant Sampling Studies

The crushing and screening circuit produces a total of seven products in different size ranges (as given in Figure 2). The circuit consists of four stages of crushing and screening. The flowsheet of the circuit is shown in Figure 3. In the Figure the red labels represent the belt tags and sampling points, the blue labels indicate the final products.

The feed material from the blasting is dumped into the primary (jaw) crusher by means of the trucks. There is grizzly on the top of the jaw crusher. The grizzly undersize and crusher product is led to the stockpile by a belt. Material from the stockpile is fed to the secondary (cone) crusher with a belt. The crusher product is screened through double-deck screen. The bottom-deck undersize material is stocked and classified as Bica Corrida. The bottom deck oversize material is splitted into two in different ratios. Some portion of the bottom deck oversize material is stocked and classified as Brita 3-4. The rest of the bottom deck oversize material and top deck oversize material are combined then fed to the cone (tertiary) crusher. The cone product is conveyed to the triple-deck screen by a belt. Although it is triple-deck screen, the oversize material from the both top- and mid-decks are combined. A belt conveys that combined oversize material to the cone (quarternary) crusher. The bottom-deck undersize material is stocked and classified as Misto. The bottom-deck oversize material is carried to the triple-deck screen by another belt. The top deck oversize material is stocked and classified as Brita 2. The 4th cone crusher is running in closed circuit with triple-deck screen. The top deck oversize material is fed back to the crusher. The mid-deck oversize materials are combined and then led to Brita 1 stockpile with a belt. The oversize materials from the bottom-deck are combined and classified as Pedrisco while the undersize materials as Po de Pedra. The full crushing and screening circuit was surveyed to develop a comprehensive model of the entire circuit. This involved surveying all accessible streams. Before the sampling campaign the circuit was operated as close as possible to steady state condition. The steady state condition was followed from the crusher amperages recorded in the control room. After wards the circuit was crash stopped and then the samples were collected by belt cuts. A total of twenty one sampling points were considered during the sampling survey. During the sample processing the size distribution of the samples were determined and material characterization tests such as crushability, drop weight, flakiness and elongation tests were conducted. The size distribution of the samples were determined by sieve analysis starting from top size down to 70 microns.

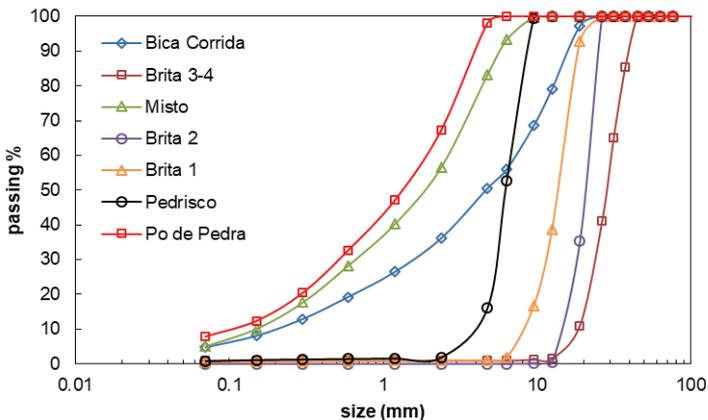


Figure 2. Size distributions of the products

In addition to the size analysis drop Weight test studies were conducted on the material. Modelling of each comminution equipment requires the determination of the breakage distribution function which represents the behaviour of the material under impact breakage, therefore drop weight test was conducted. Breakage distribution function defines the size distribution of the product formed after the breakage of the parent size fraction as a function of the energy (Krogh, 1978, Vogel and Peukert, 2003) The results of the breakage distribution function are briefly outlined below (Table 1).

Table 1. Characterization test results

Crusher Appearance Function Data					
t10	t75	t50	t25	t4	t2
10	3.0	3.8	5.7	21.4	53.0
20	5.8	7.5	11.3	42.5	83.3
30	8.7	11.3	17.0	61.9	97.1

### 3 MASS BALANCE

The aim of mass balancing is to minimize the potential sampling errors arise from the dynamic structure of the system. By using the particle size distributions and measured tonnage values, a comprehensive mass balance study was carried out around the circuit. Mass balance calculations were performed to adjust the experimental size distribution values and tonnages statistically. The mass balance of the circuit is shown in Figure 3. The measured and calculated tph values were plotted against each other in Figure 4 in order to see the differences after the adjustment by mass balancing. Figure 4 give the adjusted size distributions around the circuit together with the experimental ones; the data points represent the experimental size data while the solid lines adjusted size data. The agreement between the experimental and balanced data, for both tph values and size data, are quite good, only very minor adjustments were made. The PSD graph is indicative (for all the other similar results were obtained) in order to prevent the complexity only around the crusher circuit the data is presented.

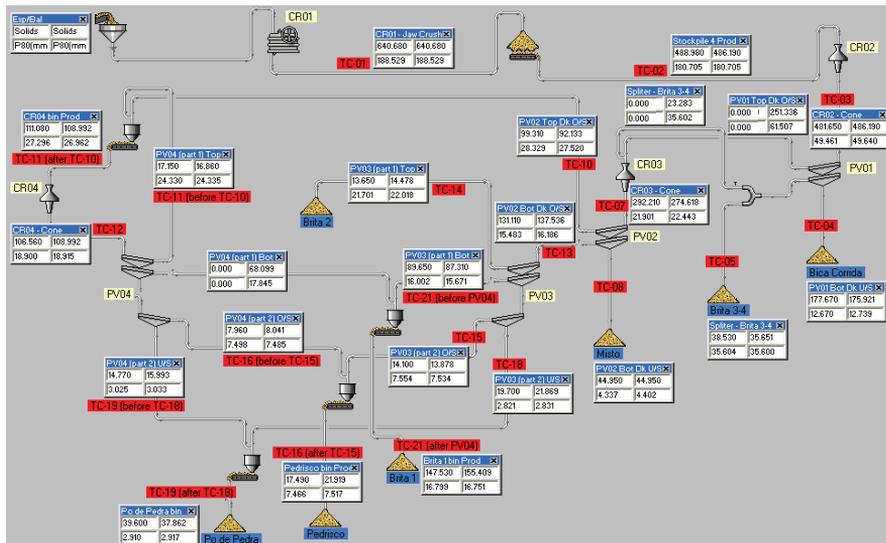


Figure 3. Mass balanced circuit

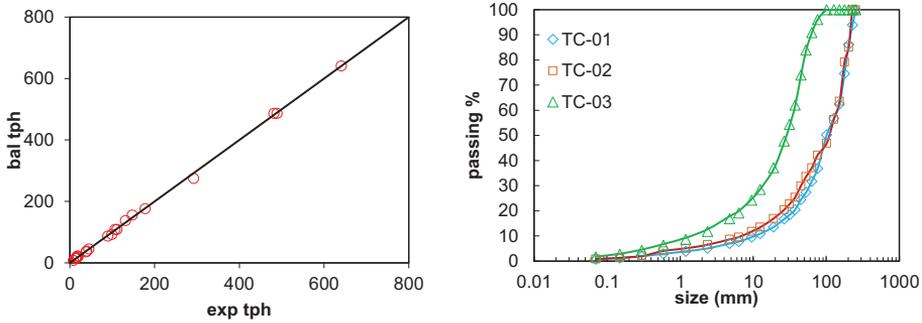


Figure 4. Measured vs. balanced tph values and Mass balanced size distributions around crushers (indicative PSD’s around the crushers for whole mass balancing accuracy)

## 4 MODELLING & SIMULATION

### 4.1 Model Fitting

Using the mass balanced data model fitting determines the machine dependent parameters characterizing the equipment performance. The model fitting is the key step in producing a representative simulation model of the circuit. During the model fitting of the circuit, appropriate crusher and screen models were used (Whiten, 1974, Lynch, 1977, Napier Munn et.al; 1996, Shi and Kojovic, 2007) . The jaw crusher was fitted independently from the whole circuit, i.e. modelling was done separately for before the stockpile and after the stockpile, in two stages. After modelling the equipments individually, the full circuit simulation for the existing condition was performed. The purpose of this simulation is to adjust the fitted parameters manually to make the model more powerful while running the overall circuit. If the fitting is poor for any of the equipment, it alters the overall simulation conditions by domino effect, each step the prediction is getting poorer and poorer. To overcome this sort of problem manual adjustment of the fitted parameters are required. Figure 5 shows the fitted particle size distribution values around the circuit (only selected streams were plotted to prevent the complexity) as a comparison to the mass balanced data.

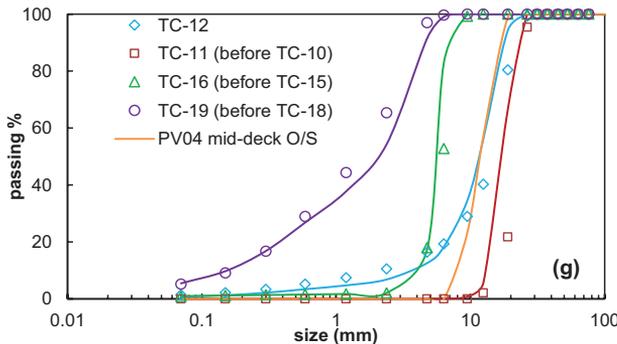


Figure 5. Fitted size distributions around crushers and screens (indicative graph)

## 4.2 Simulation Studies

Simulation implies the prediction of the steady state performance of a circuit, in terms of stream properties such as mass flow and size distribution, as a function of material properties, machine specifications and operating conditions. The great power of simulation as an optimization, and indeed design, tool is its ability to explore many different scenarios quickly and efficiently.

In order to control the flows around the storage areas-bins and crushers the simulation studies were conducted on timely basis to define the bottlenecks at dynamic mode. The dynamic simulation studies were cleared the critical points which may not be reflected at steady state simulation environment. In the dynamic studies the model structures of individual equipment were also used.

During the simulation studies different feed size distributions (Figure 6) were considered which were obtained by blasting simulations. In Figure “trucks” indicates the size data obtained by the image analysis of the trucks’ load for the existing condition and the rest is the various feed size distributions constituted by simulation for different blasting patterns. The simulated blasting patterns result in finer feed to the circuit which is a bit coarser in medium sizes compared to existing feed.

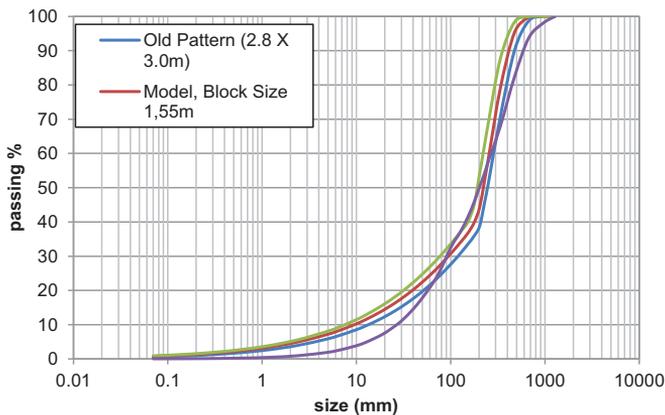


Figure 6. Different run of mine ore size distributions fed to the circuit

The most important part of the simulation is to know the operational restrictions or limitations of the circuit or equipments for reasonable simulation scenarios. For this reason the nominal operating conditions of the equipments were considered at all steps of the simulation. By considering the operational restrictions, it was found that the most of the equipments in the circuit was running at closer to their upper limit. The secondary cone crusher and quarternary cone crusher are running at higher throughputs regarding to their settings and some of the screens are running at higher feedrates which result in low efficiencies. Therefore the simulation alternatives become more limited.

Simulation studies were based on an additional coarse screen installed prior to the cone ceusher. In this context two alternatives were considered;

- 75 mm aperture sized coarse screen were situated prior to secondary crusher for the existing condition,
- 75 mm aperture sized coarse screen were situated prior to secondary crusher for the condition in which “Old Pattern” size distribution is fed to the jaw crusher.

The aim of putting a coarse screen prior to the secondary crusher is to screen out the fine material before going into the crusher, then there will be a room for increasing the crusher

throughput. The CSS of the secondary crusher was re-adjusted to meet the required product size. Below sub-sections give the details of the simulation alternatives.

**4.2.1 Simulation alternative-1**

This simulation alternative was applied for the existing (sampling) condition in which the throughput of the jaw crusher is 640 tph at CSS of 200 mm. In this alternative the material from the stockpile to the secondary cone is first screened from 75 mm, then the oversize material is fed to the crusher. The undersize material is combined with secondary discharge and then fed to the double-deck screen. In this simulation the CSS of the secondary cone is adjusted to 45 mm. By this configuration the capacity of the circuit is increased up to 520 tph from 486 tph. Table 2 gives the existing and simulated conditions and Figure 7 shows the simulation results with the mass balanced (existing) data. The simulated data is shown on the right hand side of the info blocks.

Table 2. Existing and simulated conditions

Parameter	Existing	Simulated condition
Jaw Crusher setting (mm)	200	200
Jaw Crusher capacity (tph)	640	640
<b>Plant capacity, Sec. Cone (tph)</b>	<b>486</b>	<b>520</b>
Secondary Cone setting (mm)	53	45
Secondary Cone capacity (tph)	486	367

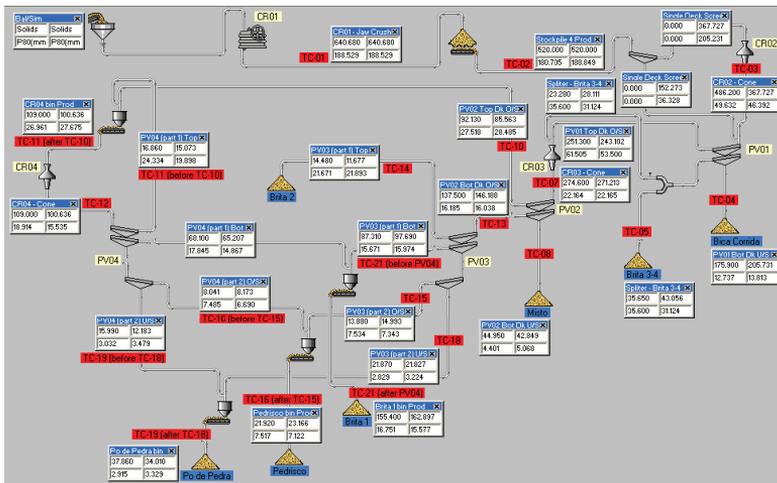


Figure 7. Simulation results for the alternative 1

**4.2.2 Simulation Alternative-2**

In this alternative the feed size distributions obtained by blasting simulations (Figure 6) were fed to the jaw crusher. The aim of this simulation is to investigate any benefit probable by finer blasting. During this simulation the CSS of the crusher is decreased to 150 mm from 200 mm depending on the fineness of those feed materials. Decreasing the CSS result in throughput of 550 tph. Figure 8 shows the simulated size distribution of the jaw crusher discharge for different

feed sizes. As can be seen from the figure there is no significant difference between the products. It is well known that fine blast helps the improvement of the production capacity. This occurs basically due to the increased amount of fine material bypassing the jaw crusher through the grate on the feeder.

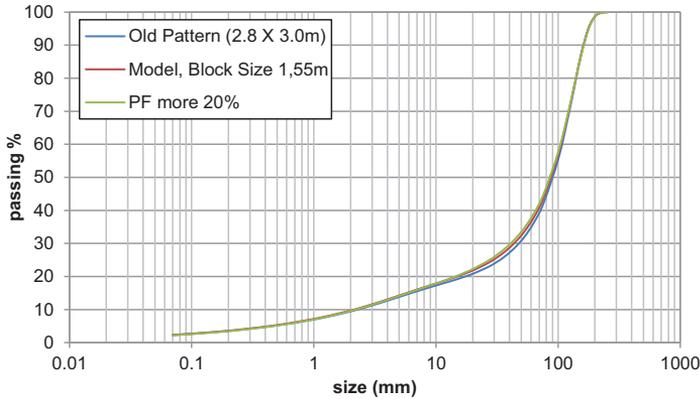


Figure 8. Simulated size distributions of the jaw crusher discharge

To be on the safe side for the predictions, in this simulation alternative “old pattern” size data was fed to the jaw crusher at a feedrate of 550 tph at 150 mm CSS. Then the material from the jaw crusher is led to the 75 mm apertured size screen as in the alternative-1 in section 4.2.1. The oversize material is fed to the secondary cone crusher while the undersize material is combined with secondary cone discharge and fed to the double-deck screen. In this simulation the CSS of the secondary cone is adjusted to 45 mm. By this configuration the capacity of the circuit is increased up to 550 tph from 486 tph. Figure 9 presents the simulation results while the Table 3 gives the existing and simulated conditions.

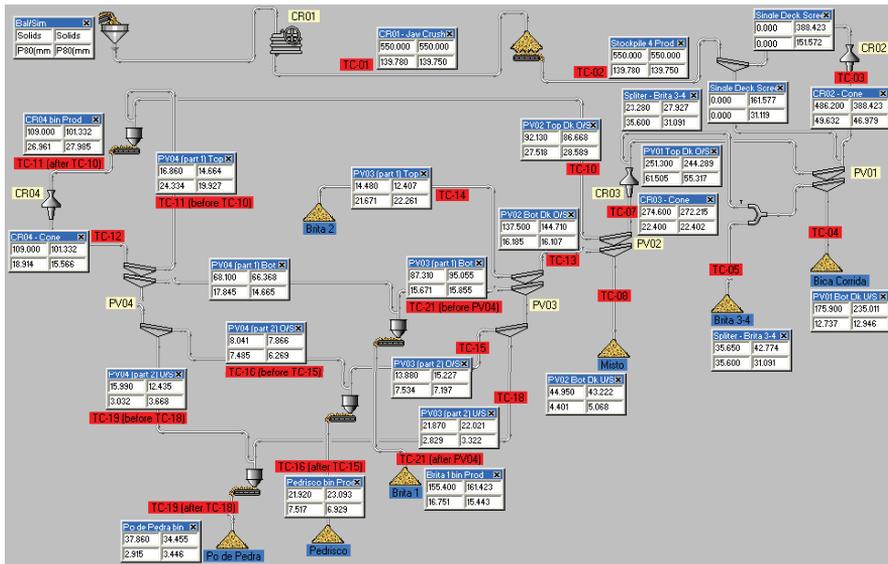


Figure 9. Simulation results for the alternative-2

Table 3. Existing and simulated conditions

Parameter	Existing condition	Simulated condition
Jaw Crusher setting (mm)	200	150
Jaw Crusher capacity (tph)	640	550
<b>Plant capacity, Sec. Cone (tph)</b>	<b>486</b>	<b>550</b>
Secondary Cone setting (mm)	53	45
Secondary Cone capacity (tph)	486	388

Gradually, each simulation alternative-was implemented by doing the recommended changes, the capacity improvement with the similar quality figures were measured as 13 %.

## 5 CONCLUSION

The simulation studies are very valuable to optimize the existing circuits provided that the model structures are accurate. Extensive sampling campaign is an important step of the modelling work. Determination of the product size distributions and achieving the mass balance around the circuit is the half way through the successful modelling work. Additionally the existing performance of the circuit can be reflected after the detailed mas balancing study. At this stage it is possible to define the problematic points. Both steady state and dynamic simulation modes have to be studied jointly to achieve more precise results. Especially the dynamic simulation studies help to understand the bottlenecks related to the flow at the storage areas.

In the specific case study two simulation alternatives were highlighted. The restrictions in the circuit in terms of equipment capacities and settings were considered in the simulation alternatives. Addition of coarse screen prior to the secondary cone crusher results in improved capacity of the plant. Leading only the screen oversize material to the secondary cone, instead of whole material, gives a chance for possible capacity improvement. For the simulation alternative-1 and for the simulation alternative-2 7% and 13 % increase in the plant capacity can be achieved respectively. These recommendations were implemented and similar results were obtained practically.

## REFERENCES

- Whiten, W. J., 1974. A Matrix Theory of Comminution Machines. *Chemical Engineering Science*, 29, 588-599.
- Lynch, A. J., 1977. *Mineral Crushing and Grinding Circuits, Their Simulation, Optimization, Design and Control*. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, 1-65.
- Krogh, S. R., 1978. Determination of Crushing and Grinding Characteristics Based on Testing of Single Particles. *Transactions AIME/SME*, 266: 1957-1962.
- Napier-Munn, T.J., Morrell, S., Morrison, R.D., Kojovic, T. 1996. *Mineral Comminution Circuits: Their Operation and Optimisation*. JKMRRC – University of Queensland. 326- 327.
- Herbst, J. A., and Pate, W. T. (1998), “Dynamic Simulation of Size Reduction Operations from Mine to Mill”, *Australasian Institute of Mining and Metallurgy Publication Serie43s No. 4*, pp. 243-248
- Svedensten, P., Evertsson, C.M., 2003, *Computer Assisted Optimisation of Crushing Plants for Both Machine Parameters and Wear tolerences*, *Proceedings of CAMI, 2003, Calgary-Canada*
- Vogel, L., Peukert, W., 2003. *Breakage Behaviour of Different Materials – Construction of a Mastercurve for the Breakage Probability*. *Powder Technology*. 129, 101-110.
- Svedensten, P., Evertsson, C.M., 2004, *Crushing Plant Optimisation; Finding the optimal machine parameters, wear tolerences and wear parts.*, *Comminution 04 Proceedings, Perth-Australia*.
- Kawatra S.K., Eisele, T.C; 2005, “Optimization of Comminution Circuit Throughput and Product Size Distribution by Simulation and Control”, *Final Technical Report, Michigan Technical University*, 64 pages.
- Shi, F., Kojovic, T., 2007. *Validation of A Model for Impact Breakage Incorporating Particle Size Effect*. *International Journal of Mineral Processing*, 82, 156-163.

- Dünder, H, Benzer, H, Özcan Ö, Toprak N.A., Erol U., Sherren K., Demir M.; 2010, Modelling and Simulation of the Crushing Screening Plant in a Gold Mine, Proceedings of Int. Mineral Proc. Congress 2010, Nevşehir.
- Asbjörnsson, G., 2013, Modelling and Simulation of Dynamic Behaviour in Crushing Plants, Licentiate Thesis, University of Chalmers
- Itavuo, P., Vilkkö M., Jaatinen, A, Viilo K.; 2013, Dynamic modeling and simulation of cone crushing circuits; Mineral Engineering s 43-44, 29-35.
- Sönmez B., Lynch Watson S., Villalobos S., Dünder, H., Benzer H.; 2019, “Optimisation of the Crushing Circuit in a Copper Operation” IMCET2019 (26th International Mining Congress and Exhibition of Turkey),Antalya,Türkiye,16-19Nisan2019 





# Türkiye Agregası Üzerine Bir Değerlendirme

## An Assessment of the Turkish Aggregate Sector

Ç. Tanın

Maden Mühendisi, Agregası Üreticileri Birliği Genel Sekreteri, genelsekreter@agub.org.tr

**ÖZET** Gelişmekte olan ülkemizde henüz alt ve üst yapı yatırımları tamamlanmamış olması nedeniyle, agregaya olan talebin uzun yıllar daha yüksek miktarlarda olacağı tahmin edilmektedir. Bu talebin karşılanabilmesi, sektörün içerisinde bulunduğu güncel sorunların ortadan kaldırılabilmesine bağlıdır. Bu makalede sektörün güncel sorunlarına ve çözüm önerilerine değinilmiş; kamu projesinde kullanılacak olan agregası üretimi için kurumlara tahsis edilen hammadde üretim iznli ocakların yarattığı problemler, ruhsat sürecinde arama döneminin olmamasının getirdiği sorunlar, il bazında kaynak planlamasına olan ihtiyaç ve geri dönüşüm agregalarının üretimi ve kullanımı için yapılması gerekenler irdelenmiştir.

*Anahtar Kelimeler: Agregası, hammadde, ruhsat*

**ABSTRACT** We have not completed yet infrastructure and superstructure investments as a developing country. Because of that, it is estimated that the demand for aggregate will be higher for many years. Satisfying this demand depends on eliminating the current problems in the sector. In this article, current problems of the sector and solution suggestions are mentioned and the problems created by the quarries with raw material production permission given to the institutions for the production of aggregate to be used in the public investment, the problems caused by the absence of the exploration period in the license process, the need for resource planning on a provincial basis, and the things to be done for the production and use of recycling aggregates are discussed.

*Keywords: Aggregate, raw material, license*

## 1 GİRİŞ

Ülkemizde agregası madenciliği 2004 yılına kadar, 1901 tarihli Taş Ocakları Nizamnamesi ile yönetilmekteydi. Maden Kanunu kapsamına alınmasıyla birlikte agregası sektörü çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan ciddi mesafe kat etmiştir. Sektörün yüksek üretim kapasitesi ile ekonomiye olan katkısı, yarattığı istihdam, ödediği devlet hakkı bedeli madencilik faaliyetleri içerisinde önemli bir yer edinmesini sağlamıştır. Büyük çoğunluğu 1. derece deprem bölgesi içerisinde yer alan ülkemizde sürdürülebilir, kaliteli agregası üretimi için sektörün korunması ve geliştirilmesi elzemdir.

## 2 AGREGA ÜRETİCİLERİ BİRLİĞİ ÇALIŞMALARI VE AGREGA SEKTÖRÜNÜN GÜNCEL DURUMU

Agregası Üreticileri Birliği (AGÜB) 2001 yılında, yurt genelinde agregası üreticilerinin örgütlenmesini hedefleyen bir meslek örgütü statüsünde, çoğunluğu İstanbul ve Kocaeli illerinde agregası üretimi yapan firmaların bir araya gelmesi ile kurulmuştur. Günümüzde ise



neredeyse Türkiye'nin bütün bölgelerinde farklı illerde, çoğunluğu yüksek hacimlerde üretim gerçekleştiren agrega üreticilerinden 60 üyemiz bulunmaktadır. Üretim bakımından sektörümüzün %30'unu temsil etmekteyiz. Mesleki Yeterlilik Kurumu faaliyetleri, kırma eleme tesis operatörlüğü eğitimi, saha ziyaretleri, sektörel dergi yayını, mevzuat çalışmaları, sektör toplantıları, çevre ve iş sağlığı güvenliği komitesi ile teknik komitemizin çalışmaları başlıca faaliyetlerimizi oluşturmaktadır.

Bugüne kadar 35 ilde faaliyet gösteren bütün agrega işletmeleri ziyaret edilmiştir. Ülkemizdeki bütün agrega üreticileri ziyaret edilene kadar da saha ziyaretlerine devam edilmesi planlanmaktadır. Bu ziyaretlerin amacı faaliyetlerimiz hakkında üreticileri bilgilendirmek, üreticilerin sorunlarını dinleyerek bunları bürokrasiye aktarmak ve tesislerde karşılaşılan iyi uygulamaları diğer üreticilerle paylaşmaktır. Mesleki Yeterlilik Kurumu çalışmalarında ise Agregada Kırma Eleme Tesis Operatörü (seviye 3) Ulusal Meslek Standardı güncellenmiş, MYK ile imzalanan protokol kapsamında aynı standardın Ulusal Yeterliliği hazırlanmıştır. 2016 yılında yayın hayatına başlayan Agregada Bülteni isimli dergimizin 22. Sayısı yayınlanmıştır.

Agregada sektörü yılda 450 milyon tonlara varan üretim, 30.000 kişilik istihdam potansiyeli ile 300 milyon TL devlet hakkı ödemesi gerçekleştiren; inşaat sektörüne hammadde sağlayan en önemli iş koludur. SGK verilerine göre bu iş kolunda faaliyet gösteren firmaların büyük çoğunluğu KOBİ'lerden oluşmaktadır. Dünya ölçeğinde agrega üretim miktarlarına bakıldığında 2018 yılına kadar Türkiye, Rusya ve Almanya'dan sonra en büyük üçüncü agrega üreticisi ülke konumundaydı. Kişi başı agrega tüketimleri yaklaşık 6 ton civarındaydı. 2018 yılı Ağustos ayından itibaren başlayan ekonomik kriz, 2019 yılında derinleşmiş, 2020 yılının ilk aylarında inşaat sektöründe artış eğilimi görülse de, COVID-19 salgınının Mart ayında ülkemizde görülmesi nedeni ile durma noktasına gelmiştir. Rakamları incelediğimizde sektörümüzde 2018 yılında %15, 2019 yılında ise %50'lere varan daralma yaşanmıştır. 2020 yılında toparlanma eğilimine giren sektörümüzün eski üretim miktarlarına ulaşması ise şu an için pek mümkün görünmemektedir.

### 3 AGREGADA SEKTÖRÜNÜN TEMEL SORUNLARI ÜZERİNE

Ülkemizin büyük bir bölümü 1. derece deprem kuşağı içerisinde yer almakta fakat bunu sadece deprem meydana geldiği zamanlarında hatırlamaktayız. Yaşam alanlarımızın güvenliği birinci derecede betonun kalitesine bağlıdır. Betonun kalitesi ise içerisinde hacimce %75'lere varan agreganın kalitesine bağlıdır. Bu nedenle kaliteli agrega üretiminin sağlanması, verimliliği artırmak üzere gerekli teknolojik yatırımların yapılabilmesi, özellikle çevre ve iş sağlığı güvenliği konularında dünya standartlarının yakalanabilmesi ve dolayısıyla istihdamın artırılabilmesi adına geliştirilmesi ve çözüme kavuşturulması gereken en önemli konulara aşağıda sırasıyla değinilmiştir.

#### 3.1 Hammadde Üretim İzinleri

3213 sayılı Maden Kanunu'na göre hazırlanan Maden Yönetmeliğinin 4. Maddesi olan 'Tanımlar ve Kısaltmalar' bölümünde Hammadde Üretim İzni (HÜİ) "kamu kurum ve kuruluşlarınca veya yap-işlet-devret modeli ile yapılan kamu yatırımları için görevli şirketçe projelerde kullanılacak yapı ve inşaat hammaddelerinin üretimi için verilen izni" şeklinde tanımlanmaktadır. Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü verilerine kamu kurumlarına tahsis edilmiş 5.068 adet HÜİ'li ruhsat bulunmaktadır (Çizelge 1). Diğer taraftan II. Grup (a) bendi madenlere yönelik tahsis edilmiş 2.338 adet işletme iznli ruhsat yer almaktadır.



## Çizelge 1. Hammadde üretim izinli ruhsat sayıları

GRUP	BELEDİYE	ULAŞTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŞME	D.S.İ	ETİ MADEN	İL ÖZEL İDARE	K.G.M.	KÖY HİZ. G.	T.C.D.D.	DİĞER	TOPLAM
I-B GRUP	9	-	1.447	2	25	5	-	-	10	1.498
II-A GRUP	390	30	1.728	6	78	1.202	2	58	44	3.538
II-B GRUP	17	-	2	-	-	-	-	-	-	19
IV. GRUP	5	-	4	-	1	2	-	-	1	13
Genel Toplam	421	30	3.181	8	104	1.209	2	58	55	5.068

Kendilerine HÜİ’li ruhsat verilen kamu kuruluşları yatırımlar için gerekli agregayı üretmesi için bu ruhsatı belirli bir süreliğine müteahhit firmaya vermektedir. Bu ruhsatlarda üretilen agregaların ilgili kamu yatırımı için kullanılması gerekirken kural dışı olarak piyasaya satıldığı üyelerimiz tarafından bizlere iletilmektedir. HÜİ’li ruhsatlarda üretilen agregalar genellikle yol, köprü vb. yatırımlar için kullanılmakta olduğundan bu ocakları sık olarak karayollarının kenarlarında görmekteyiz. Üretim sonrası ocak alanının rehabilite edilmeden, gerekli iş sağlığı ve güvenliği önlemleri alınmadan, düzensiz bir şekilde bırakılarak terkedilmesi, madencilik sektörü üzerindeki olumsuz kamuoyu algısının temel nedenlerinden bir tanesidir. Bu durumların önüne geçilebilmesi için yatırım için gerekli agreganın kamu yatırımının yapılacağı bölgede faaliyet gösteren işletmelerden Bakanlık tarafından belirlenecek şartlarla temin edilmesi gerekmektedir.



Resim 1. Hammadde üretim izinli ocak (Giresun-Bulancağ)

### 3.2 Ruhsat Sürecine Arama Döneminin Eklenmesi

3213 sayılı Maden Kanunu’nun 16. Maddesi olan ‘İlk Müracaat ve Ruhsatlandırma’ bölümünde “II. Grup (b) bendi ve IV. Grup madenler dışındaki ruhsatlar ihale ile verilir. I. Grup, II. Grup (a) ve (c) bendi madenler için doğrudan işletme ruhsatı verilir” ifadesi yer almaktadır. Bu maddeye göre agrega ocaklarında, işletme faaliyetine geçmeden önce ayrı bir dönem olan arama dönemi için arama ruhsatı almak mümkün olmamaktadır. Bu madde her kayaktan beton/asfalt agregası üretilebilir hükmünü doğurmaktadır. Halbuki bir agreganın, beton/asfalt agregası olarak kullanılabilmesi için TSE standartlarında belirlenmiş fiziksel ve kimyasal deneylere uygunluğu gerekmektedir.

Arama dönemi olmadan direkt işletme faaliyetine geçilen ruhsatlarda uygun agreganın üretilmemesi neticesinde faaliyetini sonlandıran birçok işletme bulunmaktadır. Kayaçların

fiziksel ve kimyasal özellikleri ile 3 boyutlu rezervi bilinmeden yapılan yatırımlar finansal kayıplara, çevresel problemlere ve olumsuz kamuoyu algısına neden olmaktadır. II(a) grubu ruhsatlara en az iki yıl arama dönemi verilmeli ve bu süre içerisinde karotlu sondajın yapılması zorunlu hale getirilmelidir.



Resim 2. Kaliteli hammadde üretilmediği için terkedilmiş ocak

### 3.3 Agrega Kaynak Planlaması

Agrega madenciliği altyapı yatırımlarının yoğun olarak gerçekleştirildiği, şehir merkezlerine yakın yerlerde yapılan bir faaliyettir. Şehirlerin artan nüfus oranıyla beraber giderek genişlemesi neticesinde şehir dışında olan işletmeler daha sonra şehir içerisinde kalabilmekte ve o bölgede yapılan madencilik faaliyetleri çevresel etkiler nedeniyle sorgulanır hale gelebilmektedir. Şehir içerisinde kalan işletmeler şikayetlerle birlikte izin problemleri yaşamaya başlamaktadır. İzinlerini alamayan işletmeler ise yapılması gerekli olan çevre ve iş sağlığı güvenliği yatırımlarını ertelemektedir. Bir yanda çevresel problemler, bir yanda hammaddeye olan ihtiyaç, birbirlerini tetikleyerek yeni sorunlara yol açmaktadır. Diğer yandan plansız şekilde sahiplendirilen ruhsatlar ve yapılan yatırımlar neticesinde agrega sektörü rekabetin yoğun yaşandığı, fizibil olmayan bir sektör haline gelmiştir.

Bu nedenlerden dolayı illerimizin kısa, orta ve uzun vadede ihtiyaç duyacağı agrega miktarının ve bu agreganın hangi kaynaklardan karşılanacağını belirlemek elzemdir. İhtiyaç duyulan bu kaynakların koruma altına alınması, bu işletmelerin çevre düzeni ve imar planlarında yer alması, izin problemleri yaşamadan, gerekli çevre ve iş sağlığı güvenliği yatırımlarını yaparak faaliyet göstermesi ancak agrega kaynak planlamasının yapılması ile mümkündür.

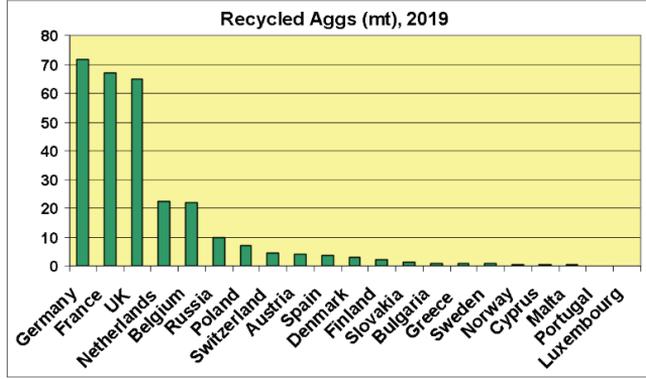


How to Build a Sustainable Aggregates Plan

Resim 3. Güneydoğu Avrupa kaynak planlama çalışması

### 3.4 Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Geri Dönüşümü

Hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıklarının (HİYA) geri dönüşüm süreci sürdürülebilirlik açısından en önemli konulardan bir tanesidir. HİYA süreci 2004 yılında çıkarılan ve günümüz şartlarını karşılamayan bir yönetmelikle yönetilmektedir. Bu yönetmeliğe göre hafriyat toprağı “inşaat öncesinde arazinin hazırlanması aşamasında yapılan kazı ve benzeri faaliyetler sonucunda oluşan toprağı”, inşaat atıkları “konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların yapımı esnasında ortaya çıkan atıkları”, yıkıntı atıkları ise “konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların tamirâtı, tadilatı, yenilenmesi, yıkımı veya doğal bir afet sonucunda ortaya çıkan atıkları” olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 1. Ülkelerin geri dönüşüm agregası üretim miktarları 2019 – Avrupa Agregâ Üreticileri Birliği (UEPG)

Gelişmiş ülkelerde tüketilen agreganın ortalama %20'si geri dönüşüm agregalarından elde edilmektedir. Ülkemizde geri dönüşüm agregalarının istatistikleri ile ilgili düzenli verilere ulaşamamıştır. Bu atıkların ne kadarının geri dönüştürüldüğü, geri dönüştürülen agregaların nerelerde kullanıldığı, kullanım alanlarına göre ilgili standartlarda yazan deneylerin yapıp yapılmadığı noktasında ciddi bir bilgi eksikliği bulunmaktadır. İnşaat atığı olarak tanımlanan, temel kazısından ortaya çıkan bu hammadde kontrolsüz olarak, hiçbir denetime tabi olmadan piyasaya sürülmektedir.

Geri dönüşüm agregalarının kullanımının yaygınlaştırılması için yapılması gerekenler;

- 1- Geri dönüşüm süreci sıfır atık kapsamında Maden Kanunu'nda tanımlanmalıdır. Geri dönüşüm agregası üretimi II. Grup (a) bendi maden ruhsatları içerisinde geri dönüşüm tesisi kurularak gerçekleştirilmelidir. Bu firmalara devlet hakkı muafiyeti, vergi indirimi gibi birtakım teşvikler verilmeli,
- 2-Geri dönüştürülmüş agreganın belirlenecek olan alanlarda kullanımında zorunluluk getirilmeli,
- 3-Geri dönüşüm agregalarının kullanımına yönelik bir plan yapılmalı ve bu plan doğrultusunda hareket edilmelidir.

## 4 SONUÇ

Hammadde üretim izinli ocaklar kamuoyunda madencilikğin kötü bir faaliyet olduğu algısına yol açmaktadır. Kamu projeleri için gerekli agregayı temin etmek adına, hammadde üretim izni verilmesi yerine, bölgede faaliyet gösteren agrega işletmelerinden, Bakanlıkça belirlenen şartlarla agrega tedariki sağlanmalıdır. Altyapı çalışmaları, konut ihtiyacı, planlanan mega

projeler, kentsel dönüşüm, agregaya olan ihtiyacın uzun erimli düşünülmesi ve planlanması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Nüfusun yoğun olduğu büyükşehirlerde, yerleşim yerlerinin agrega üretiminin gerçekleştirildiği işletmelere yaklaşması, bu faaliyetleri sorgulanır hale getirmiştir. Bu nedenle agrega kaynak planlamasının özellikle büyükşehirlerden başlamak üzere her il için yapılması önem arz etmektedir. Betonun performansı, içerisinde %70 civarında hacim kaplayan agreganın kalitesiyle doğrudan ilişkilidir. Kaliteli agreganın tespit edilebilmesi, üretim yapılması planlanan arazide arama yapılması ile mümkün olacaktır. Bu nedenle agrega sektörüne en az 2 yıl süre ile arama dönemi hakkı verilmesi, bu süre içerisinde karotlu sondajın zorunlu tutulması gerekmektedir. İnşaat ve yıkıntı atıklarının geri kazanımı, hafriyat toprağının uygun alanlarda depolanması sürdürülebilirlik açısından en önemli konulardan bir tanesidir. Bu nedenle yeni bir mevzuat düzenlemesine gidilmeli, geri dönüşüm agregalarının üretimi teşvik edilmeli, kullanımı zorunlu kılınmalıdır.

## KAYNAKLAR

Agrega Üreticileri Birliği Derneği (AGÜB).  
Avrupa Agregası Üreticileri Birliği (UEPG).  
Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG).  
[www.snapsee.eu](http://www.snapsee.eu)



# Sürdürülebilir Agregaya Kaynak Yönetimi İçin Alternatif Ruhsat Hukuku Modellemesi

## *Alternative License Law Modeling For Sustainable Aggregate Resource Management*

E. Çoşkun

*TAMTAS Yapı Malzemeleri San. ve Tic. A.Ş.*

**ÖZET** Dünya geneli madencilik faaliyetlerindeki üretim miktarlarına bakıldığında, agregaya madencilik oranı yaklaşık %60 oranında payı ile madencilik sektöründe birinci sırada yer almaktadır. Ülkemizdeki inşaat sektörünün agregaya ihtiyacı, hazır beton üretim miktarları ve depremsellik gibi faktörler dikkate alındığında agregaya kaynak yönetimi ve ruhsat hukuku süreçlerinin önemi artmaktadır. Bu çalışma da ülkemizdeki faydalanılabilir doğal agregaya kaynakları için alternatif ruhsat hukuku mevzuatı önerilmektedir. Sürdürülebilir agregaya kaynak yönetimi amacı ile yapılan ruhsat hukuku modelleme çalışmasında, agregaya kaynaklarının teknik özellikleri ve ihtiyaç durumu, çevre yönetimi, madencilik faaliyetlerinin toplum ile olan ilişkisi ile birlikte yapılacak yatırımların pazar payı ve temel finansal parametreleri yer almaktadır. Mevzuat modellemesi ruhsat arama safhasından başlayarak ruhsatların terk işlemleri ve maden sahalarının rehabilitasyon projeleri ile doğaya yeniden kazanımlarını kapsamaktadır. Ayrıca önerilen bu ruhsat hukuku modellemesinde ruhsat sahiplerine kaynak güvencesi sağlanması amaçlanmıştır.

*Anahtar kelimeler: Agregaya, Ruhsat Hukuku, Kaynak Yönetimi*

### **ABSTRACT**

Considering the production amounts in mining activities around the world, aggregate mining with % 60 share first in the mining sector. In our country, considering the aggregate needs of the construction sector, the production quantities of ready mixed concrete and the earthquake, the importance of aggregate resource management and license law processes increases. In this study, alternative license law legislation is suggested for usable natural aggregate resources in our country. In the license law modeling study carried out with the aim of sustainable aggregate resource management, the technical characteristics and needs of aggregate resources, environmental management, the relationship of mining activities with the society, as well as the market share and basic financial parameters of the investments to be made are included. Legislation modeling starts with the search for licenses and includes the abandonment of licenses and the rehabilitation projects of mining sites and their recycling to nature. In addition, in this proposed license law modeling, it is aimed to provide resource assurance to license holders.

*Keywords: Aggregate, License Law, Resource Management*



## 1 İLK RUHSAT MÜRACAATLARI VE RUHSATLANDIRMA

Alternatif ruhsat hukuku modellemesinde, agrega madenciliği yapılması planlanan kaynak alanları için ruhsatlandırmanın müracaat yolu ile yapılması önerilmektedir. Yapılacak ruhsat başvurusu, 50 hektar alanı geçmeyecektir. Ruhsat başvurusunda hedef sahaya ait teknik bilgileri içerir kaynak raporu hazırlanacaktır. Başvurular bu kaynak raporuna göre değerlendirilecektir. Belirlenen hedef sahaya yapılacak arama ruhsatı başvurularında aşağıdaki şartlar aranacaktır.

- Hedef sahanın jeolojik bilgilerini içerir kaynak raporu
- Minimum 5 yıllık ruhsat bedelini karşılar mali yeterlilik belgesi
- Belirlenen hedef sahaya ait detaylı jeolojik bilgileri içerir kaynak raporu
- İşletme ruhsat taban bedelinin ödenmesi
- Hedef sahanın yer aldığı bölgenin agrega pazarı durumu, bölgenin agrega ihtiyaç durumu

Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) tarafından kaynak raporu uygun bulunan ve gerekli mali şartları sağlayan başvuru sahiplerine bir yıl süre ile arama ruhsatı verilir. Arama ruhsatı süresi Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü'nün arama ruhsatını verdiği tarih ile başlar. Ruhsat sahibi tarafından bir yıl süre sonunda işletme projesi başvurusunda bulunulmaz ise arama ruhsatı doğrudan iptal edilir.

### 1.1 Agrega Madenciliğinde Arama Ruhsatı

Agrega madenciliğinde arama ruhsatı dönemi, kaynak özelliklerinin belirlenip madencilik faaliyetlerine ilişkin alınacak izinler için ön hazırlıkların yapıldığı dönemdir. Arama ruhsatı aşamasında, ruhsat sahibine 1 yıl süre verilir. MAPEG arama ruhsatı sahibine, işletme projesinde kullanması için hedef sahanın bulunduğu bölgedeki son 5 yılın agrega üretim miktarlarını verir. Ruhsat sahibi son 5 yılın üretim miktarlarına göre agrega işletme projesini hazırlar. Ruhsat sahibinden bu süre içerisinde hedef sahanın jeolojik/jeoteknik özellikleri ile agrega teknik özelliklerinin araştırılması ve madencilik faaliyetleri için alınacak yasal mevzuat izinlerine ilişkin ön hazırlıkların yapılması istenir. Ruhsat sahibi, arama ruhsatı süre sonuna kadar işletme projesi ile MAPEG'e işletme ruhsatı başvurusu yapar. Ruhsat sahibi tarafından hazırlanan işletme projesinde, hedef sahaya ilişkin agrega teknik özellikleri ile birlikte yasal mevzuat kapsamında alınacak izinlere ait bilgilendirme, var ise kurum görüşleri-mevzuat kısıtlamaları yer alır. Ayrıca hazırlanan işletme projesinde, agrega işletmeciliğinde kullanılacak kırma-eleme tesisi kapasitesi, kurulacak kırıcı tipleri ve sayısı, tesisten alınacak ürün tipleri gibi teknik bilgiler ile birlikte projenin yatırım maliyeti, amortisman hesaplamaları gibi projenin finansal bilgilerine de yer verilir. Agrega işletme projesinde hedef sahanın yer aldığı bölgenin agrega pazarı durumu, nüfus artış oranı, bölgesel projeler, mevcut üretim kapasitesi ve ihtiyaç analizi bilgileri de yer alır. Hazırlanan işletme projesinin MAPEG tarafından uygun bulunması ile ruhsat sahibi işletme ruhsatı aşamasına geçer.

## 2 İŞLETME RUHSATI DÖNEMİ

Arama ruhsatı süresi sonunda, işletme projesi ile başvuru yapan ruhsat sahiplerine 18 yıl süreli işletme ruhsatı verilir. Bu sürenin ilk 3 yılı işletme izni alınmasına ilişkin verilen zamandır. İşletme ruhsat sürelerine maden sahalarının rehabilitasyon çalışmaları da dahildir. Ruhsat sahibi tarafından 3 yıllık sürede madencilik faaliyet izinleri alınmaz ise maden kanunundaki hükümler uygulanır.

### 2.1 İşletme İzni Alınması

İşletme ruhsatı alınan agrega sahalarında ruhsat sahibi tarafından ilk olarak madencilik faaliyetleri için çevresel etki değerlendirme (ÇED) süreci başlatılır. ÇED sürecinde ruhsat sahibi tarafından hedef sahadan üretilmesi planlanan yıllık agrega miktarı, agrega türleri,

çevresel etkileri, maden sevkiyat durumu, projenin yatırım bedeli, çalışan istihdamı gibi bilgiler ilgili kurumun belirlediği formatta hazırlanır. Maden sahası rehabilitasyon planları da ÇED sürecinde ilgili kamu kuruluşları tarafından değerlendirilir. Bu süreçte faaliyet alanı mülkiyet durumuna göre projenin uygunluğuna ilişkin ilgili kamu kurumlarından görüşler alınır. Ayrıca agrega işletmeciliğine ait rehabilitasyon projeleri de mülkiyet sahibi olan kamu kuruluşu değerlendirmesine sunulur, uygunluk alınır. Alınan kurum görüşleri mülkiyet izni aşamasına da mesnet olur ve kullanılır. Ruhsat sahibi tarafından ÇED sürecinin tamamlanmasından sonra, belirlenen faaliyet alanı için mülkiyet izni alınması aşamasına geçilir. Faaliyet alanının kamu kuruluşlarının mülkiyetinde bulunması durumunda, ÇED sürecindeki kurum görüşleri mesnet tutularak 30 iş gününde ruhsat sahibine mülkiyet izninin verilmesi önerilmektedir. Hedef sahada belirlenen faaliyet alanlarının hazine arazisi olması durumunda doğrudan mülkiyet izni alınmış olunur. ÇED sürecindeki kurum görüşleri ve uygunluklar mülkiyet izni aşamasında da geçerlidir. Faaliyet alanının özel mülkiyet olması durumunda, mülkiyet sahibinden uygunluk alınır. Mülkiyet izni aşamasından sonra, agrega işletmeciliği için işyeri açma çalışma ruhsatı başvurusu yapılır. İşyeri açma çalışma ruhsatı için ilgili agrega projesinin ÇED ve mülkiyet izni olması yeterlidir. Bu süreçte başka bir şart aranmaz. ÇED sürecindeki teknik bilgiler ve proje özellikleri bu aşamada doğrudan geçerlidir. ÇED ve mülkiyet izni belgesini sunan ruhsat sahiplerine, 15 iş gününde işyeri açma çalışma ruhsatı verilir.

ÇED, mülkiyet izni ve işyeri açma çalışma ruhsatı alınan agrega sahalarında MAPEG'e işletme izni başvurusu yapılır. MAPEG, 30 iş günü içerisinde madencilik faaliyet izinleri bulunan agrega sahalarına 15 yıl süreli işletme izni düzenler.

## 2.2 İşletme İzni Dönemi - Rehabilitasyon

İşletme izni alınan agrega sahalarında, ilk 5 yıllık dönem I. maden işletme dönemidir. Ruhsat sahibi hedef sahadan üretilen agregayı kendi tesislerinde hammadde olarak kullanıyor ise I. maden işletme dönemi 7 yıla kadar uzatılabilir. Bu dönemde ruhsat sahibi tarafından ilgili agrega sahasında madencilik faaliyetlerine başlanılır. I. maden işletme dönemi sonrasındaki ilk 2 yıl ise I. rehabilitasyon dönemi olarak adlandırılır. Ruhsat hukuku modellemesinde rehabilitasyon işlerinin üretim ile ilişkilendirilmesi esastır. Bu rehabilitasyon döneminde ruhsat sahibi tarafından yapılan rehabilitasyon işlemlerine ilişkin bilgileri içerir raporlar MAPEG'e beyan edilir. Süresinde rehabilitasyon raporu verilmeyen ruhsatlar doğrudan iptal edilir. MAPEG yapılan rehabilitasyon çalışmalarını yerinde denetler. Denetleme sonrasında tespit edilen eksiklikler için ruhsat sahibine 1 yıl süre verilir. Belirtilen sürede eksiklikler tamamlanmaz ise işletme ruhsatı iptal edilir.

I. rehabilitasyon süresini tamamlayan ruhsatlarda, II. maden işletme dönemi başlar. II. maden işletme dönemi de 5 yıl süre için verilir. Ruhsat sahibi, üretilen agregayı kendi tesislerinde hammadde olarak kullanıyor ise II. maden işletme dönemi 7 yıla kadar uzatılabilir. Ruhsat sahibi I. rehabilitasyon süresi ile II. maden işletme dönemini birlikte planlayabilir. Ruhsat sahibi tarafından rehabilitasyon çalışmaları sırasında madencilik faaliyetlerine devam edilebilir. II. maden işletme dönemi sonunda ruhsat hukukunu sonlandırmak isteyen ruhsat sahibi, işletme projesinde beyan etmiş olduğu II. rehabilitasyon dönemi çalışmalarını tamamlayarak ruhsat hukukunu sonlandırır. Bu rehabilitasyon çalışmalarının 3 yıl içerisinde tamamlanması zorunludur. Ruhsat sahibi tarafından II. rehabilitasyon döneminin ilk yılı sonunda yapılan rehabilitasyon çalışmalarına ilişkin raporlar MAPEG'e beyan edilir. Süresinde raporlama yapılmaz ise ruhsat sahibine para cezası uygulanır. MAPEG terk talebinde bulunan ruhsatlarda birinci rehabilitasyon yılı sonrasında denetleme de bulunur. MAPEG tarafından rehabilitasyon projesine uygunluk gösteren ruhsatlarda son iki yıllık rehabilitasyon süresine geçiş için uygunluk verilir. Ruhsat sahibi üçüncü yılın sonunda sahadaki tüm rehabilitasyon işlemlerini tamamlayarak nihai terk talebinde bulunur. MAPEG yapılan çalışmaları yerinde inceleyerek ruhsat terk işlemlerini gerçekleştirir. Süresinde rehabilitasyon işlemleri tamamlanmayan

sahalara 1 yıl ek süre verilir. Ek süre sonunda rehabilitasyon çalışmaları tamamlanmaz ise ruhsat sahibine para cezası kesilerek ruhsat sahibi tarafından ödenen çevre ile uyum teminatlarından çalışmalar tamamlanır.

Tablo 1. İşletme izni alınmış agrega sahalarında önerilen ruhsat dönemleri

Ruhsat Dönemi (İşletme İzinli Sahalar)	Süre
I. Maden İşletme Dönemi	0-5 yıl (üretilen agrega ruhsat sahibi tarafından kendi tesisinde hammadde olarak kullanılıyor ise+ 2 yıl)
I. Rehabilitasyon Dönemi	5-7. yıl arası
II. Maden İşletme Dönemi	7-12. yıl arası(üretilen agrega ruhsat sahibi tarafından kendi tesisinde hammadde olarak kullanılıyor ise+ 2 yıl)
II. Rehabilitasyon Dönemi	12-15.yıl arası

### 2.3 Ek Devlet Hakkı – İhale Bedeli

Müracaat yolu ile işletme ruhsatı alınan sahalarda, işletme izni alınması sonrasında her yıl ödenen devlet hakkına ek olarak, yıllık cironun % 1'i kadar ek devlet hakkı ödenir. Bu bedel Maden ve Petrol İşleri tarafından ihale yoluyla verilen agrega ruhsatlarındaki ihale bedeli yerine geçer. Bu şekilde ilgili kurumun ihale gelirlerinin kesilmesi önlenerek sürekli devlet hakkı geliri sağlanır. Ek devlet hakkı alınması için, hedef sahanın işletme izninin olması şarttır.

### 3 SONUÇ

Agrega madenciliği için önerilen alternatif ruhsat hukuku modelinde, diğer ruhsat gruplarında olduğu gibi müracaat yolu ile arama ruhsat safhası geliştirilerek ruhsat sahiplerinin kaynak kalitesi, rezerv varlığı, yatırım maliyetleri, pazar araştırmaları ve regülasyonlar hakkında araştırma yapabilmelerine fırsat tanınmaktadır. Ayrıca müracaat yolu ile ruhsatlandırma da, yüksek ihale ruhsat bedelleri ile ruhsat alımları yerine ek devlet hakkı modeli geliştirilerek işletme izni alınan ciro yapabilecek ruhsat sahalarının bedel ödemesi önerilmektedir. Özellikle sürdürülebilir agrega madenciliği için maden sahalarının rehabilitasyonları üretim aşamaları ile ilişkilendirilmiş ve rehabilitasyon çalışmalarının yapılması ve uygunluğuna göre ruhsat hukuku devamlılığı öngörülmüştür.

### KAYNAKLAR

Erdoğan, E.,Betonu Oluşturan Malzemeler Agregalar, Türkiye Hazır Beton Birliği Yayını, İstanbul, 1995  
Öztürk, Ö., Çelikhöl, M., Türkiye Agregası Raporu, Türkiye Hazır Beton Birliği yayını, 2013  
AGÜP, Agregası Sektör Raporu, Trakya Sektör Toplantısı, 2013

# Türkiye’de Agrega Özelliklerinin Gelişiminin Değerlendirilmesi

## *Evaluation of the Development of Aggregate Properties in Turkey*

C. Kılınç, A. Işık, E. Eren,

*Türkiye Hazır Beton Birliği Y.M. Laboratuvarı, İstanbul, laboratuvar@thbb.org*

Ç.Şaşmaz, H. Yanpınar,

*Türkiye Hazır Beton Birliği KGS İktisadi İşletmesi, İstanbul, info@kgsii.com.tr*

**ÖZET** Türkiye, hazır beton üretiminde Avrupa’da birinci, dünyada ise ilk beşte yer almaktadır. 2019 yılında yürürlüğe giren yeni Türkiye Deprem Tehlike Haritası incelendiğinde Ülkemiz nüfusunun %70’ten fazlasının deprem tehlikesi yüksek bölgelerde yaşamakta olduğu görülmektedir. Ülkemizdeki en yaygın yapı sisteminin betonarme olduğu düşünüldüğünde depreme dayanıklı yapı üretimi için beton kalitesinin çok büyük öneme sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Kaliteli beton elde etmek için de betonun yaklaşık %70’ini oluşturan agreganın kalitesi belirleyici rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, hazır beton sektöründe ve diğer alanlarda kullanılan agregaların büyük çoğunluğunun üretim denetimine tabi tutulduğu ve laboratuvar analizlerinin yapıldığı Türkiye Hazır Beton Birliğinin (THBB) Yapı Malzemeleri Laboratuvarının son 9 yılda elde ettiği tüm veriler üzerinde ayrıntılı değerlendirme yapılmıştır. Çalışmada farklı bölgelerdeki ve farklı mineralojik kökendeki agregaların deney sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri yapılarak teknik gelişimi incelenmiştir. Bunun yanı sıra agrega denetimlerinde gözlemlenen agrega üreticilerinin yaşadıkları sorunlar, değerlendirmeler ve öneriler ele alınmıştır.

**Anahtar kelimeler:** *Beton agregaları, agrega deneyleri, agregaların belgelendirilmesi*

**ABSTRACT** Turkey ranks first in Europe and in the top five in the world in ready-mixed concrete production. When the Turkish Earthquake Map (2019) is examined, it is seen that more than 70% of our country's population lives in regions with high earthquake hazard. Considering that the most common building system in our country is reinforced concrete, it becomes clear that the quality of concrete is of great importance for the production of earthquake resistant structures. In order to obtain quality concrete, the quality of the aggregate, which constitutes approximately 70% of the concrete, plays a decisive role.

In this study, a detailed evaluation was carried out on all the data obtained by the Turkish Ready Mixed Concrete Association (TRMCA) Construction Materials Laboratory in the last 9 years, where the majority of aggregates used in the ready mixed concrete sector and other fields were subjected to production control and laboratory analyzes were made. In the study, statistical evaluations of the test results of aggregates from different regions and different mineralogical origins were carried out and their technical development was examined. In addition, the problems, evaluations and suggestions experienced by the aggregate producers observed in the aggregate audits are discussed.

**Keywords:** *Concrete aggregates, aggregate testing, certification of aggregates*



## 1 GİRİŞ

2021 yılı itibariyle agrega üreticilerinin sağlaması gereken standart gerekliliklerini ve kalite altyapısını iyileştirme yönündeki başarısı, agreganın kalitesini üst noktaya taşımıştır.

Kaynaklarımızın verimli kullanılabilmesi amacıyla üretime uygun doğru agreganın temini, kontrolü ve izlenebilirliği sağlanmalıdır. Kaliteli üretimin güncel standartlara uygun, inovasyonu takip eden sürdürülebilir yöntemler ile gerçekleştirilmesi artık zorunluluk haline gelmiştir.

Doğru agrega seçimi için, agregaların petrografik özellikleri ile fiziksel, mekanik ve kimyasal analizlerinin gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Deney sonuçlarına göre değerlendirmenin yapılarak üretime uygun agrega teminin sağlanabilmesi artık üretimin zorunluluğu haline gelmiştir.

## 2 AGREGALARDAN BEKLENEN ÖZELLİKLER

Beton hacminin yaklaşık olarak %70'i agregalardan oluşmaktadır. Bu sebeple agrega özelliklerinin değişmesi betonun performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Agreganın fiziksel, termal ve bazen kimyasal özellikleri beton özelliklerini etkilemektedir. Neville (1996)

Kaliteli bir beton elde edebilmek için şartnameye veya standartlara uygun özellikleri taşıyan agrega kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle; agreganın mineralojik yapısı, su emme özelliği, yoğunluğu, kuruma büzülmesi, Los Angeles parçalanma direnci, metilen mavisini, don kaybı, agrega tane dağılımı özellikleri ve klorür içeriği, sülfat içeriği gibi kimyasal özelliklerinin bilinmesi beton üretimi ve sonrasında önemli rol oynar. Betonun ana yapısını oluşturan agrega özellikleri ne kadar iyi olursa beton da o derece iyi olacaktır.

Kalkerin çimento ile daha iyi yapışması ve çimento hamuru ile agrega arasında ara yüzeyindeki boşlukları kırma kumdaki filler malzemenin doldurması nedeniyle beton mukavemetinde artış sağlanır. Agregalar petrografik yapılarına göre beton üretiminde üstünlük sağlayabildiği gibi aynı zamanda önemli sakıncalar da doğurabilir. Beton içyapısı bozulması veya dış etkilerle bozulma türünde olan bu sakıncalar, betonlarda dayanıklılık özelliğini olumsuz etkiler. Bu bakımdan agregaların mineralojik yapılarını tanımak zorunludur. Betonun kullanım amacına göre agrega seçimi gerçekleştirilir. Örneğin Nükleer santralde çekirdeğin bulunduğu bölgede radyasyon geçişini önlemek için radyasyon geçirimsizliği daha düşük olan barit, magnetit, hematit vb. özgül ağırlığı yüksek agregalar seçilmelidir. Diğer taraftan alkali reaktivitesi yüksek olan ve alkali silika reaksiyonuna sebep olan agregalar ya kullanılmaz ya da çeşitli tedbirler alınarak kullanılmalıdır. Betona klorür difüzyonu tehlikesinin yüksek olduğu bölgelerde su emmesi düşük, çimento hamuru ile aderansı yüksek agregalar tercih edilmelidir.

Agregalar genellikle doğada doğrudan bulunduğu şekilde üretimde kullanılamaz. Bu sebeple agregalar çeşitli işlemlerden geçirilerek kullanılır. Bu işlemler kırma eleme tesislerinde daha büyük kaya halindeki malzemenin 0-5, 5-12 mm ve 12-22mm veya daha farklı boyutlara getirilmesidir. Ayrıca agreganın kirliliğini azaltmak için yıkama işlemi de gerçekleştirilir.

Özellikle son yıllarda Kalite Güvence Sistemi (KGS) ye CE işareti talebinin artması ve CE işaretli agrega ocaklarının yaygınlaşması sevindiricidir. Beton performansının yıllara bağlı olarak artmasında agrega kalitesinin iyileşmesinin de payı büyüktür.

### 2.1 Agregaların Kenetlenmesi

Çimento ile suyun bir araya gelmesi ile oluşan hamur ile agrega arasında oluşan kenetlenmenin aderans özellikleri betonun genel mekanik davranışlarını ve dayanıklılığını olumlu yönde etkiler. Agregata taneleri ile çimento hamuru arasındaki kristal yapı yönünden bir süreklilik temini bağlantıyı olumlu yönde etkileyen önemli bir faktör olmaktadır. Buna, beton literatüründe, “epitaksi” denilmektedir [Akman, 1984; Akman, 1992]. Çimento hidratasyonunda ilk çözünen madde  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  olmakta, ve bunun belirli konsantrasyonda

bulunması silikat ve alüminat jellerinin oluşmasını sağlamaktadır. Agregatanelerinin yüzeylerine çökelen ve bağlantıyı oluşturan da bu kireç kristalleridir. Agreganın kireçle aynı kimyasal yapıda olması bu kristal oluşumunun sürekliliği bakımından büyük katkısı vardır. CaCO<sub>3</sub> kökenli agregalar (kireçtaşı, dolomit, mermer) en yüksek “epitaksik bağ” oluşturan agregalardır [Akman, 1984].

İyi bir agrega ve çimento kenetlenmesi için agrega yüzeyi kil parçalarından uzak ve temiz olmalıdır. Genel olarak kenetlenme iyi ise, kırılmış bir beton numune içerisinde kırılmalar agreganın içinden geçecek şekilde olabilir. Bununla beraber özellikle düşük dayanımda kırılmış agrega parçalarının çok olması agreganın zayıf yapıda bir kayaç olduğunu işaret eder. Neville (1996)

### 3 GÜNÜMÜZDE AGREGA SEKTÖRÜNÜN DURUMU

Agrega sektörü kalite yönünden geçmişten bugüne kendini sürekli iyileştirerek önemli bir seviyeye ulaşmıştır. Üreticiler kalitenin üst seviyede sağlanabilmesi için bir çok zorlukla mücadele etmektedir. Bu zorluklardan biri de kalifiye personel temini olduğu görülmüştür. Agregat üreticileri, yetkin personel bulmakta zorluk çekseler de kurdukları laboratuvarlarda agreganın metilen mavisini deneyi ile kirliliği günlük olarak takip edebilmektedir. Hatta bazı agrega üreticilerinin laboratuvarlarının ileri seviyede test imkanına sahip olduğu görülmektedir.

Marmaray projesi, Osmangazi Köprüsü, Yavuz Sultan Selim Köprüsü, 1915 Çanakkale Köprüsü, İstanbul Havalimanı, Sazlıdere Köprüsü vb. büyük projeler ile belgelendirilmiş agrega kullanımının önemi artmıştır. Bu durum agrega üretiminde kalite teminini ihtiyaç haline getirmiştir.

Beton üreticisi agrega üretim tesislerinde agregaların kontrol edilmesini talep etmektedir. Agregat üreticisinin CE Belgelendirmesi (Fabrika Üretim Uygunluk Belgelendirmesi) bu amaçla kurulmuş izlenebilirliğin, güvenli agreganın ne kadar önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Örnek olarak Cebeci bölgesinde 2 farklı agrega damarı olmakla birlikte, hammaddeye duyulan ihtiyacın fazla olması ve yeni inşaat projeleri, kireçtaşının dışında farklı bölgelerden temin edilen kumtaşının da kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Kumtaşının alkali silika reaksiyonu tehlikesi gösterebilmesi sebebiyle beton içerisinde mineral bağlayıcı olarak cüruf ve uçucu kül kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. İstanbul’da beton üreticisinin en büyük sıkıntısı Trakya bölgesinden hammadde getirilmesinden kaynaklanan nakliyenin ve kireçtaşı agregasının maliyetinin yüksek olmasıdır. Agregat kırma eleme tesislerinin yanında, doğal kum yıkama eleme tesislerine ihtiyaç artmıştır. Beton işlenebilirliği için de 25 mikron elek altı bakiyenin % 18 – 25 arası olması istenmektedir. Ancak agreganın bu şekilde öğütülmesi hem maliyeti artırmakta hem de kirliliğin kontrolünü zorlaştırmaktadır. Ayrıca metilenin 0,5 g boya/kg numune altı olmasını sağlamak agrega maliyetini de artırmaktadır. Metileni 0,5 altında olan doğal yıkanmış kum betonunun önemli ölçüde agrega ihtiyacını karşılar hale gelmiştir. Doğal yıkanmış kumlar, betonun homojenliğine ve işlenebilirliğine olumlu yönde katkı sağlamaktadır.

Agrega sektöründe rezerv sorunları, İstanbul’da olduğu gibi Ankara, İzmir, Antalya, Adana ve Bursa gibi büyükşehirlerimizde de görülmektedir.

Agregat mineralojik yapısına uygun olarak kullanılmalıdır. Rezervlerimizin her geçen gün azaldığı ülkemizde kaynakların verimli kullanımı ve doğru agreganın doğru üretimde kullanılması önem arz etmektedir.

## 4 AGREGA DENEYLERİ

### 4.1 Beton Agregaları

Agrega ocağı olarak planlanan bir bölge hizmete girmeden önce çeşitli teknik araştırmalardan geçirilmelidir. İlk akla getirilmesi gereken bölgenin kayaç yapısını belirlemektir. Başlangıçta yüzeysel araştırmalar yapılırken sonraki süreçte sondaj ile farklı derinliklerden örnekler alınmalı ve laboratuvar ortamında test edilmelidir. Bu süreçte sondaj çalışmaları ile ocağın rezervi de belirlenmelidir.

Beton üretiminde kullanılan agregalar TS 706 EN 12620 standardına göre çeşitli testlerden geçirilmelidir. Bu testler başlangıçta beton karışım özelliklerini etkileyen temel deneyler olurken betonun hazırlanmasından sonraki süreçte betonun performansını etkileyen deneyler de mutlaka yapılmalıdır.

Özellikle agrega petrografisi ilk yapılması gereken testlerin başında gelir. Sonrasında agreganın parçalanma direnci için Los Angeles deneyi, karot numuneler alınarak kayaç dayanımı, magnezyum sülfat deneyi ile donma çözülme direnci, agreganın özgül ağırlığı ve su emme değerleri, metilen mavisi deneyi veya kum eşdeğeri deneyi yapılarak ince malzeme kalitesi belirlenmelidir. Ayrıca kimyasal testlerden suda çözünebilir klorür ve sülfat içeriği de tespit edilmelidir. Reaktif silis içeren agregalar ile alkali içeren çimentonun meydana getirdiği alkali silika tehlikesi kontrol edilmelidir.

Alkali silika reaktivliği riski bulunan agregalar daha önceleri kamu ve önemli projelerde tercih edilmemekteydi. Ancak günümüzde ASR yönünden tehlikeli kabul edilen agregalar mineral katkıların kullanımı, alkali içeriği sınırlandırılmış çimento tercihi ve farklı agregaların kombinasyonları ile beton üretiminde kullanılabilir. Kumtaşı özellikli agreganın 14 gün NaOH çözeltisinde 80°C de bekletilen harç çubuklara ait boy uzama oranının tehlikeli bölge limiti olan % 0,20 değerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Ögütülmüş yüksek fırın cürufu ve uçucu kül çeşitli oranlarda beton içerisine katıldığında ASR yönünden tehlikenin büyük oranda azaldığı görülmüştür. ASR yönünden tehlikeli olan agregalar Türkiye'nin birçok bölgesinde benzer önlemler alınarak beton üretiminde kullanılabilir.

Agregaların kuruma büzülmesi yani hacim kararlılığı da çok önemlidir. Hazırlanan betonun olabildiğince rötre yapması istenmez. Rötre hamur fazında daha yoğun olurken kaba agreganın rötreyi engelleyici bir performans beklenir. Agreganın hacim kararlılığı standardın belirttiği %0,075 ten az ise beton için ideal olduğu düşünülür. Türkiye de üretilen normal betonlarda kullanılan agregaların çok büyük bölümünde hacim kararlılığı TS 706 EN 12620 standardının sınır değeri olan %0,075 boy değişim oranının altındadır.

Magnezyum sülfat deneyi özellikle karasal iklimin olduğu bölgelerde donma çözülme riskinden ötürü önem arz etmektedir.

Doğal kumlarda klorür ve sülfat sonuçlarına dikkat edilmelidir. Kireçtaşı agregalarında klorür ve sülfat içerikleri genellikle limit değerlerin altında görülmektedir.

## 5 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2013-2021 yılları arasında Türkiye Hazır Beton Birliği Yapı Malzemeleri Laboratuvarına ulaştırılan numunelerden seçilen 289 kayaçtan elden edile sonuçlar incelenmiştir. Temin edilen kayaçlara öncelikle Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünde petrografik analiz yapılmıştır. Daha sonra THBB Laboratuvarında fiziksel ve kimyasal testler yapılmıştır.

Farklı kayaç tiplerine magnezyum sülfat çözeltisi ile donma çözünme deneyi, kuruma büzülmesi deneyi, Los Angeles deneyi, tane yoğunluğu ve su emme deneyleri uygulanmıştır. Bu sonuçların kayaç petrografisi ile ilişkisi araştırılmıştır.

## 5.1 Yöntem

Çalışmada kullanılan deneyler Çizelge 1.'de belirtilen test metodlarına göre gerçekleştirilmiştir. Petrografik incelemeler mikroskopi ve XRD yöntemleri ile yapılmıştır. Magnezyum sülfat deneyi ve Los Angeles parçalanmaya karşı direnç deneylerinde 1 nolu ve 2 nolu kırma taş agregaları karışımından elde edilen 10-14mm agrega kullanılmıştır. Kuruma büzülmesi (hacim kararlılığı) deneyinde kırma kum, 1 nolu agrega ve 2 nolu agrega karışımı kullanılarak numune hazırlanmıştır.

## 5.2 Sonuçlar

289 adet kayaç üzerinde gerçekleştirilen test sonuçları petrografik özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Kayaçların petrografik özelliklerine göre fiziksel, kimyasal ve mekanik test sonuçlarının ortalamaları Çizelge 2.'de gösterilmiştir.

Kumtaşı özelliği gösteren 9 kayaç üzerinde yapılan incelemede ASR deney sonuçlarının %0,19 ile %0,4 arasında değişkenlik gösterdiği ve potansiyel tehlike arz ettiği tespit edilmiştir. Kumtaşı agregalarının magnezyum sülfat deney sonuçları %1 ile %12 arasında olduğu ve kirlilik yönünden incelenmesinde kum eşdeğeri deney sonuçlarının %66 ile %85 arasında ve metilen mavisi deney sonuçlarının 0,2 ile 0,7 arasında olduğu bulunmuştur. Kumtaşı agregalarının tane yoğunluklarının 2,69 kg/m<sup>3</sup> ile 2,76 kg/m<sup>3</sup> arasında olduğu, klorür sonuçlarının 2 numunede %0,01'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Laboratuvarında analizi yapılan kumtaşı agregalarının metilen mavisi deney sonuçları 0,7 g boya/ kg numune değerinin altında olduğu görülmüştür. Kumtaşı agregalarının petrografik incelemelerinde bileşimlerinde çok az kalsit, mika ve klorit grubu minerallerin de olduğu görülmüştür.

Kalsit özelliğinde agregaların genellikle biyomikrit (fosilli kireçtaşı), mermer ya da rekristalize kireçtaşı özelliği gösterdiği ve bileşiminde genellikle az miktarda feldspat, dolomit, kuvarz ve mika grubu mineraller içerebildiği görülmüştür. 140 adet kireçtaşı agregasına kimyasal, fiziksel ve mekanik testler yapılmıştır. 121 adet kireçtaşı agregasında alkali silika reaksiyonunun %0,1'in altında olduğu ve alkali silika reaksiyonu yönünden tehlikesiz olduğu tespit edilmiştir. Kireçtaşı agregalarının %46'sının metilen mavisi deney sonucu 0,5 (g boya/ kg numune)'in altında olduğu, %10'unun ise 1,8 (g boya/ kg numune) değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

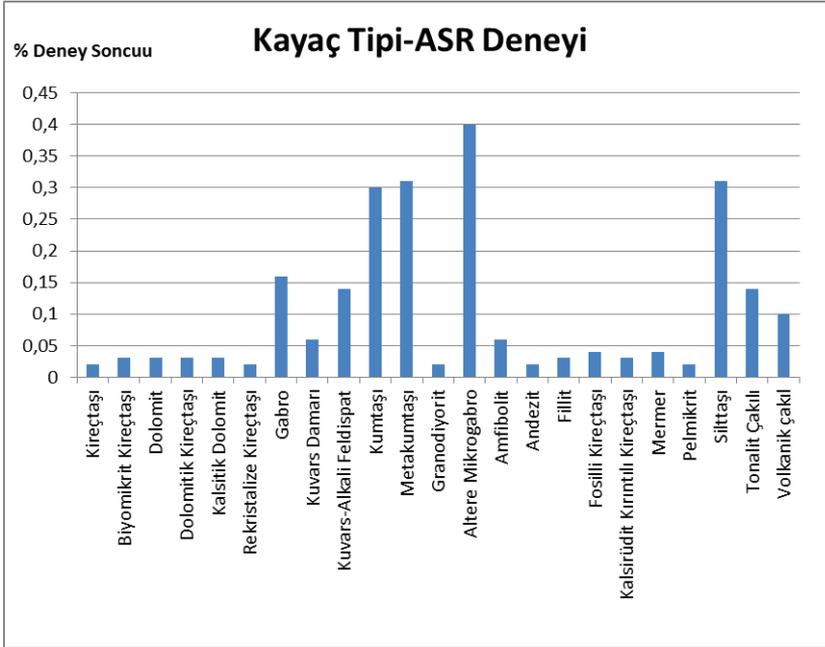
25 adet dolomit numunesine analizler yapılmış ve petrografik özelliklerinde bileşimlerinde az miktarda kalsit, kuvarz, mika ve feldspat bulunabildiği görülmüştür. Dolomit numunelerinin ASR sonuçlarının %0,01 ile %0,05 arasında olduğu, tane yoğunluğu değerlerinin 2,72 kg/m<sup>3</sup> ile 2,84 kg/m<sup>3</sup> değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Magnezyum sülfat deney sonuçlarının numunelerin %89'unda %10'un altında olduğu ancak özellikle mika grubu (muskovit) vb. mineraller içeren kayaçlarda yüksek sonuçlar (örnek :%29) olduğu görülmüştür. 11 adet kalsitik dolomit numunesinde yapılan incelemede 10 numunenin magnezyum sülfat deney sonucu %10'un altında olduğu, ayrıca az miktarda klorit içeren 1 numunede ise %22 olduğu görülmüştür.

18 adet mermer numunesine analizler yapılmıştır. Mermer numunelerinin genellikle saf kalsitten oluştuğu, 2 numune bileşiminde ise az miktarda kuvarz olduğu görülmüştür. Mermer numunelerinin metilen mavisi deney sonuçlarının 0,6g boya/kg numune değerinin altında ve kum eşdeğeri deney sonuçlarının %71'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir. 17 mermer numunesinin ASR deneyi sonucu %0,01 ile 0,08 arasında olduğu görülmüştür. Kuvarz da içeren 1 mermer numunesinde ise ASR deney sonucu %0,38 tespit edilmiştir. Mermer numunelerinin tümünde magnezyum sülfat deney sonuçları %4'ün altındadır.

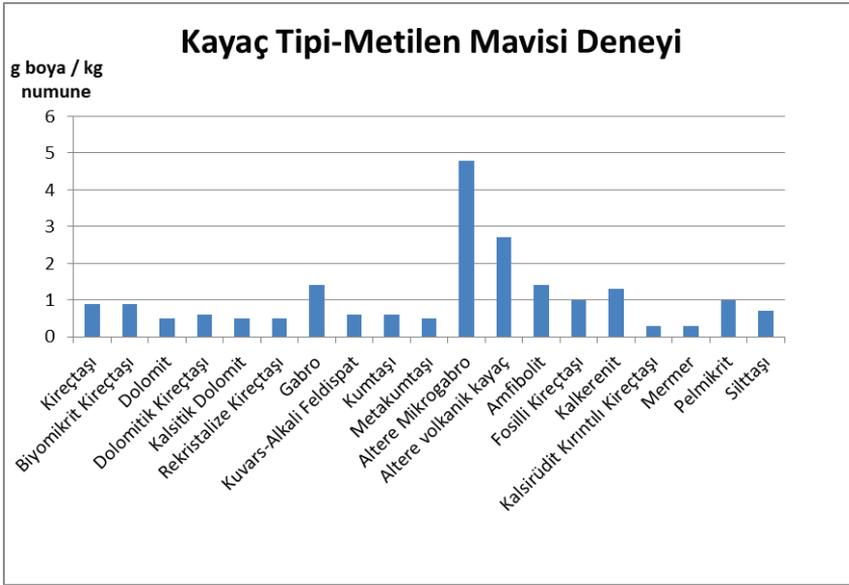
7 adet bazalt numunesine analizler yapılmıştır. Bazalt numunelerinin ayrıca feldspat, piroksen, klorit, mika, kalsit, kuvarz, piroksen, smektit gibi mineraller de içerdiği görülmüştür. Bazalt numunelerinin metilen mavisi deney sonuçları 1,5 g boya / kg numune değerinin üzerinde olduğu ve kum eşdeğeri deney sonuçlarının %57 ile %71 arasında olduğu tespit

edilmiştir. Bazalt numunelerinin ASR deney sonuçları %0,01 ile %0,18 arasındadır. Bazalt numunelerinin kuruma çekmesi deney sonuçları %0,033 ile %0,065 arasındadır. Bazalt numunelerinde magnezyum sülfat deneyi 5 numunede %7'nin altında olmasına rağmen bileşiminde feldspat, piroksen, analisim, zeolit, klorit, kaolen, illit, smektit, kuvars, manyetit, hematit, amorf malzemeler içeren 2 numunede %39 ve %82 bulunmuştur.

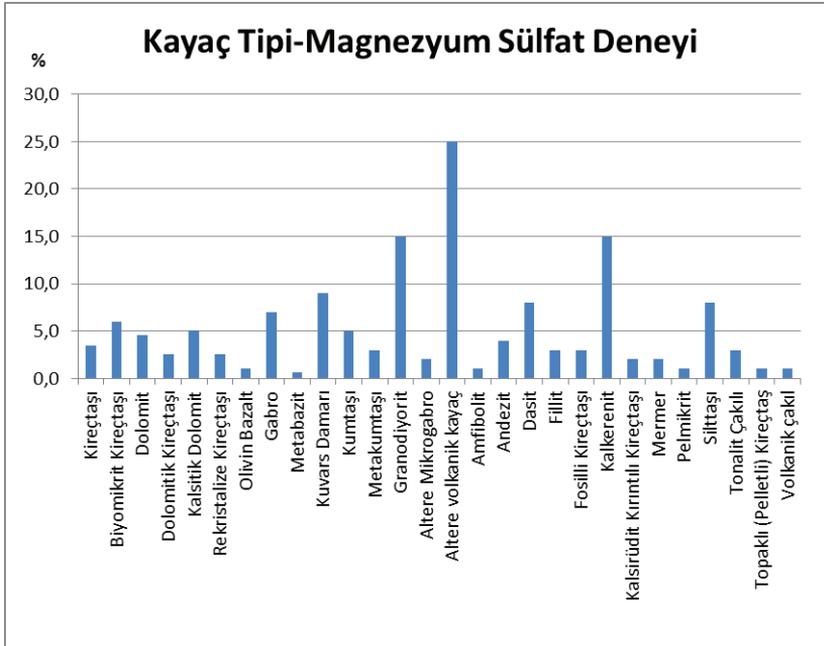
Kayaçların petrografik özelliklerinin ASR deney sonuçları ortalamasına göre gösterimi Şekil 1.'de ve metilen mavisi deney sonuçları ortalamasına göre gösterimi Şekil 2.'de, magnezyum sülfat sonuçları ortalaması Şekil 3.'de ve Los Angeles parçalanmaya karşı direnç deneyi sonuçları Şekil 4.'de yapılmıştır. Şekil 1, Şekil 2., Şekil 3. ve Şekil 4.'deki gösterimler harici sapan değerler de dahil edilerek ortalama deney sonuçlarına göre gösterilmiştir.



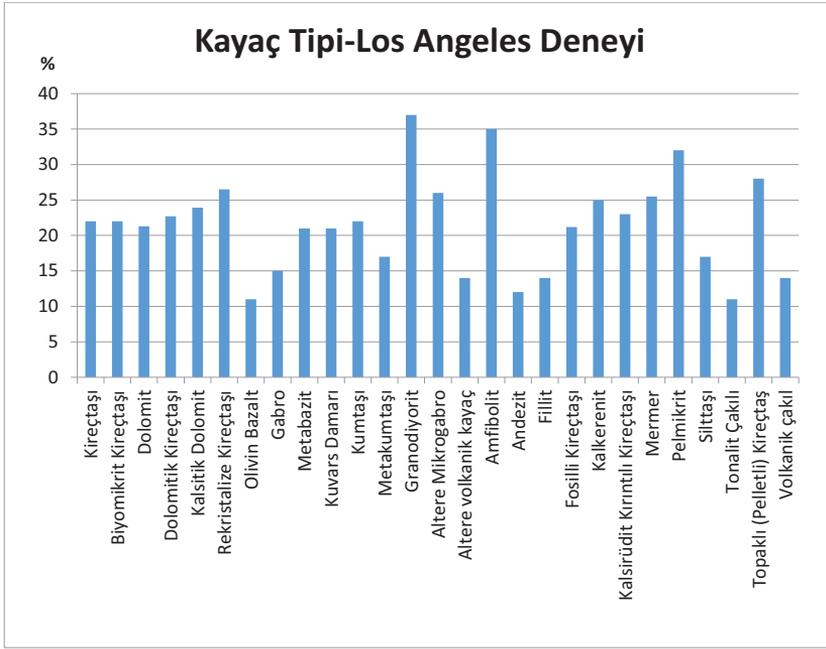
Şekil 1. Agregaların ASR sonuçları ortalaması



Şekil 2. Agregaların metilen mavisi sonuçları ortalaması



Şekil 3. Agregaların magnezyum sülfat deney sonuçları ortalaması



Şekil 4. Agregaların Los Angeles parçalanmaya karşı direnç deneyi sonuçları ortalaması

Çizelge 1. Betonda kullanılan agregaların fiziksel ve mekanik test sonuçları

Deney Adı	Yöntem
Los Angeles Parçalanmaya Karşı Direnç Deneyi	TS EN 1097-2
Magnezyum Sülfat Deneyi	TS EN 1367-2
Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı	TS EN 1097-6
Yassılık İndeksi	TS EN 933-3
Kuruma Büzülmesi	TS EN 1367-4
Alkali Silika Reaktifliği	ASTM C1260
Klorür İçeriği	TS EN 1744-1
Sülfat İçeriği	TS EN 1744-1
Metilen Mavisi Deneyi	TS EN 933-9
Kum Eşdeğeri Deneyi	TS EN 933-8
Petrografik İncelemeler	Mikroskopi, XRD

Çizelge 2. Betonda kullanılan agregaların fiziksel, mekanik ve kimyasal test sonuçları

Deneyleyler	Los Angeles (%)	MgSO <sub>4</sub> (%)	Tane Yoğunluğu (Mg/m <sup>3</sup> )	Tane Yoğunluğu (Mg/m <sup>3</sup> )	Tane Yoğunluğu (Mg/m <sup>3</sup> )	Su Emme (%)	Su Emme (%)	Su Emme (%)
	1 ve 2 nolu agrega	1 ve 2 nolu agrega	Kırma kum	1 nolu agrega	2 nolu agrega	Kırma kum	1 nolu agrega	2 nolu agrega
Kayaç Tipi	1 ve 2 nolu agrega	1 ve 2 nolu agrega	Kırma kum	1 nolu agrega	2 nolu agrega	Kırma kum	1 nolu agrega	2 nolu agrega
Kireçtaşı	22	3,5	2,68	2,69	2,7	1,1	0,6	0,4
Biyomikrit Kireçtaşı	22	6	2,67	2,68	2,69	1,35	0,8	0,5
Dolomit	21,3	4,6	2,77	2,78	2,79	1,1	0,7	0,5
Dolomitik Kireçtaşı	22,7	2,6	2,72	2,73	2,74	1,1	0,6	0,4
Kalsitik Dolomit	23,9	5,1	2,73	2,75	2,76	1,2	0,7	0,5
Rekristalize Kireçtaşı	26,5	2,5	2,68	2,69	2,7	1,1	0,6	0,4
Olivin Bazalt	11	1	2,95	2,95	2,96	1,3	0,7	0,5
Gabro	15	7	2,67	2,68	2,71	1,4	0,9	0,6
Metabazit	21	0,6	2,91	2,92	2,92	1,7	1	0,9
Kuvars Damarı	21	9	2,61	2,62	2,62	1,1	0,7	0,5
Kuvars-Alkali Feldispat	-	-	2,6	-	-	1,2	-	-
Kumtaşı	22	5	2,67	2,71	2,72	1,4	0,8	0,6
Metakumtaşı	17	3	2,7	2,72	2,72	1,3	0,8	0,6
Granodiyorit	37	15	2,67	2,68	2,69	1,3	0,8	0,6
Altere Mikrogabro	26	2	2,68	2,69	2,7	1,2	0,7	0,5
Altere volkanik kayaç	14	25	2,7	2,71	2,72	1,2	0,8	0,5
Amfibolit	35	1	2,82	2,84	2,85	1,5	0,7	0,5
Andezit	12	4	2,76	2,77	2,77	1	0,5	0,4
Dasit	-	8	2,69	2,69	2,63	1,8	1,3	1,5
Fillit	14	3		2,72	2,73		0,9	0,8
Fosilli Kireçtaşı	21,2	3	2,68	2,69	2,71	1,2	0,7	0,5
Kalkerenit	25	15	-	2,69	2,68	-	1,4	1,1
Kalsirüdit Kırıntılı Kireçtaşı	23	2	2,83	2,84	2,85	1,2	0,6	0,5
Mermer	25,5	2	2,67	2,7	2,71	1,1	1,04	0,7
Pelmikrit	32	1	2,67	2,68	2,7	1,2	0,7	0,4
Silttaşı	17	8	2,73	2,74	2,75	1,1	0,7	0,6
Tonalit Çakılı	11	3	-	-	-	-	-	-
Topaklı (Pelletli) Kireçtaş	28	1	-	-	-	-	-	-
Volkanik çakıl	14	1	2,69	2,7	2,71	1,1	0,7	0,4

Çizelge 2. Betonda kullanılan agregaların fiziksel, mekanik ve kimyasal test sonuçları (devamı)

Deneyle	Yassılık İndeksi, %		Klorür, %	Sülfat, %	Alkali Silika Reaktifliği, %	Metilen Mavisi, gr/boya/kgnumune	Kum eşdeğeri, %
	1 nolu agrega	2 nolu agrega					
Kireçtaşı	11	9	0,001	0,07	0,02	0,9	75
Biyomikrit Kireçtaşı	11	7	0,001	0,07	0,03	0,9	68
Dolomit	9	7	0,002	0,06	0,03	0,5	72
Dolomitik Kireçtaşı	10	8	0,002	0,07	0,03	0,6	73
Kalsitik Dolomit	11	10	0,002	0,07	0,03	0,5	75
Rekristalize Kireçtaşı	11	9	0,002	0,05	0,02	0,5	75
Olivin Bazalt	11	9	-	-	-	-	-
Gabro	6	2	0,001	0,02	0,16	1,4	41
Metabazit	10	8	-	-	-	-	-
Kuvars Damarı	10	9	0,005	0,05	0,06	-	-
Kuvars-Alkali Feldispat	-	-	0,02	0,06	0,14	0,6	88
Kumtaşı	11	8	0	0,07	0,3	0,6	76
Metakumtaşı	14	10	0,002	0,07	0,31	0,5	78
Granodiyorit	11	9	0,001	0,01	0,02	-	-
Altere Mikrogabro	8	4	0,002	0,04	0,4	4,8	39
Altere volkanik kayac	17	10	-	-	-	2,7	30
Amfibolit	7	6	0,001	0,025	0,06	1,4	62
Andezit	-	-	-	-	0,02	-	-
Dasit	15	14	-	-	-	1,3	-
Fillit	-	-	0,001	0,06	0,03	-	-
Fosilli Kireçtaşı	11	9	0,001	0,1	0,04	1	69
Kalkerenit	-	-	0,001	0,06	-	1,3	86
Kalsirüdit Kırıntılı Kireçtaşı	11	9	0,001	0,09	0,03	0,3	70
Mermer	13,7	10,5	0,001	0,05	0,04	0,3	76,4
Pelmikrit	12	6	0,001	0,06	0,02	1	72
Silttaşı	23	19	0,001	0,14	0,31	0,7	79
Tonalit Çakılı	-	-	0,002	0,07	0,14	-	-
Topaklı (Pelletli) Kireçtaşı	12	11	0,001	0,12	-	1,7	-
Volkanik çakıl	-	-	0,005	0,05	0,1	1,5	-

**KAYNAKLAR**

- Nevile, A. M, *Properties of Concrete*, Forth and Final Edit. John Wiley. G. Sons. 1996.
- Akman, S. M. : Deniz Yapılarında Beton Teknolojisi,  
İ.T.Ü, Sayı 1481, İstanbul, 1992.
- Akman, S. M. : “Beton Agregaları”, Beton Semineri, D.S.İ. Ankara, Şubat, 1984.
- TS EN 1367-2/12.04.2011 Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri için Deneyler Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi
- TS EN 1367-4 09.04.2009 Agregaların Isıl ve Yıpranma Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 4: Kuruma Büzülmesinin Tayini
- TS EN 1097-2 02.07.2020 Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2 : Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar
- TS EN 1097-6 18.12.2013 Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini
- TS 10088 EN 932-3 09.04.1997 Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Kısım 3: Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama İçin İşlem ve Terminoloji
- TS EN 1744-1:2009+A1 Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler - Bölüm 1: Kimyasal analiz
- ASTM C 1260-21 Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)





# Türkiye’deki Maden Mevzuatında II. Grup (A) Bendi Ruhsatlar *Subclause (a) of the 2nd group licenses in Mining Legislation in Turkey*

B.G. Demir

*Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, demirbehzatgokcen@gmail.com*

A.K. Özdoğan

*Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, akozdogan@gmail.com*

A. Akbulut

*Maden Yük. Müh & Sosyolog, akbulutakin@gmail.com*

**ÖZET** Beton ve asfalt üretiminde ana bileşen olarak kullanılan agrega; kum, çakıl ve kırmataş gibi ürünlerin genel adı olarak bilinir. Agregalar özellikle son yıllarda birçok önemli kamu ve özel yatırım projelerinde de kullanılmıştır. Geçmiş dönemlerde Taş Ocakları Nizamnamesi ile üretilen doğal agregalar, bugün Maden Kanunu hükümleri kapsamında işletilebilmektedir. Bu yazıda, II. grup (a) bendi kapsamında ruhsatlandırılan agregaların ruhsat aşamaları hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu grup madenlerin arama ruhsat aşaması bulunmamaktadır ve doğrudan işletme ruhsatına konu olurlar. II. grup (a) bendi madenlerin maden ruhsat sayıları içerisinde özel ve önemli bir yeri vardır.

**Anahtar kelimeler:** *Agrega, Mevzuat, Maden Kanunu, Ruhsat, Madencilik*

**ABSTRACT** Aggregate is known as the general name of products such as sand, gravel and crushed stone, used as the main component in concrete and asphalt production. Especially, aggregates have also been used in many important public and private investment projects in recent years. Natural aggregates were produced with the Quarries Regulations in the past, it can be operated within the scope of Mining Law today. In this article, a general evaluation has been made about aggregates licensed in the scope of subclause (a) of 2nd group. This group of minerals don't have an exploration license stage and are directly subject to operating licenses. Subclause (a) of 2nd group minerals have a special and important place in the number of mining licenses.

**Keywords:** *Aggregate, Legislation, Mining Law, License, Mining*

## 1 GİRİŞ

Agrega beton ve asfalt üretiminde kullanılan kum, çakıl ve kırmataş gibi ürünlere verilen genel bir isimdir. Endüstriyel alanda kullanılan agregalar doğal, yapay veya geri kazanılmış tipte olabilir. Beton içinde hacimsel olarak yaklaşık %70-80, asfalt içinde ise yaklaşık %95 oranında yer alan agrega, bu yönüyle de beton ve asfaltın kalitesini etkileyen en önemli bileşenlerden biridir. Agregalar özellikle inşaat sektörü için vazgeçilmez bir yapı hammaddesidir. Bunun yanında boğaz köprüleri, otoyollar, tüneller, bağlantı yolları ve kavşakları, demiryolları gibi çevre ve transit ulaşım yapılarının, köprü, alt ve üst geçitler, metro, tramvay ve metrobüs hatları gibi kent içi ulaşım yapılarının, ayrıca spor tesisleri ve çevre düzenleme yapılarının yapımında da yoğun olarak kullanılırlar (DPT, 2018)



Agregaların özelliklerinin iyi bilinmesi ve araştırılması başta beton üretimi olmak üzere kullanılacak alan için önemli bir kriterdir. Agregaların sert ve dayanıklı olmaları, boşluk içermemeleri, bünyelerinde deniz kabuğu, odun, kömür gibi zayıf taneler ile yassı ve uzun tanelerin bulunmaması, basınç ve aşınmaya mukavemetli olmaları ve çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleri gereklidir. Betonda kullanılacak agregaların ise TS 706 EN 12620+A1 standartlarına uygun olması şartı aranır (THBB, 2021.) Bu standart, temel anlamda beton yapımında kullanılmak amacıyla, doğal, yapay veya geri kazanılmış agregaların, dolgu malzemesi olarak kullanılan agregaların ve bu malzemelerin oluşturduğu karışımların özelliklerini kapsar (TSE, 2021). Bu standart kapsamında yapılan tanımlamalar şu şekilde özetlenebilir: Doğal agrega; mekanik işlem dışında herhangi bir işlemde geçirilmeyen ve mineral kaynaklarından elde edilen agrega, yapay agrega; ısıt veya diğer uygulamaları içeren bir endüstriyel işlem sonucunda elde edilen mineral kökenli agrega, geri kazanılmış agrega; yapılarda kullanılmış olan inorganik malzemelerin işlemde geçirilmesi sonucunda elde edilen agrega, dolgu agregası ise; çoğunluğu 0,063 mm göz açıklıklı elekten geçirilebilen ve yapı malzemelerine belirli özellikler kazandırmak amacıyla eklenen agrega olarak tanımlanır. Ayrıca, ince agrega; “D” değerinin 4 mm’den küçük veya eşit olduğu tane büyüklüğündeki agrega, iri agrega; “D” değerinin 4 mm’den büyük veya 4 mm’ye eşit, d değerinin ise 2 mm’den büyük veya 2 mm’ye eşit olduğu tane büyüklüklerindeki agrega, karışık agrega ise; iri ve ince agregaların karışımından oluşan agregadır. Doğal olarak sınıflandırılmış 0-8 mm’lik agrega ise; “D” değerinin 8 mm’den küçük veya 8 mm’ye eşit olduğu akarsu kökenli doğal agregalara verilen isimdir. Bu sınıflamalardaki “D” değeri en büyük tane boyunu, “d” değeri ise en küçük tane boyunu ifade eder (Güneyli, A., 2010)

Bu yazıda doğal agrega kaynağı olarak üretilen, kırmataş olarak bilinen ve Maden Kanunu kapsamında II. grubun (a) bendinde sayılan madenlerin ruhsatlandırma aşamaları ve sayıları açısından genel bir değerlendirme yapılacaktır. Bu tür agregalar, Maden Kanununun 2. maddesinde yer alan II. grup madenlerin (a) bendinde; “kalsit, dolomit, kalker, granit, andezit, bazalt gibi kayalardan agrega, hazır beton ve asfalt yapılarak kullanılan kayalar” olarak sayılmıştır. Söz konusu bent içerisinde sayılan kayaların entegre çimento, kireç ve kalsit öğütme, demir çelik tesisleri, enerji santrali ile metal üretimine yönelik tesislerde hammadde olarak kullanılması durumunda ruhsatlandırma işlemi II. grubun (c) bendi kapsamında yapılır.

## 2 TARİHSEL SÜREC

Ülkemizde madenlerin aranması ve işletilmesine yönelik usul ve esasların yer aldığı düzenlemelerin başlangıcı 19. yüzyıla kadar uzanmaktadır. 1858 yılında yürürlüğe giren Arazi Kanunu ve 1878 yılında Havza-i Fahmiye Kanunu madenlere yönelik ilk düzenlemelerin yer aldığı yasal mevzuat olarak sayılır. 20. yüzyıla gelindiğinde ise madenlere yönelik olarak aynı zaman dilimleri içerisinde birden fazla düzenleme yer almıştır. Bu durum bazı konu ve hükümler açısından tartışma ve tereddüt meydana getirmiştir (aynı anda yürürlükte kalan 11.03.1954 tarihli 6309 sayılı Maden Kanunu ile 1901 tarihli Taş Ocakları Nizamnamesi gibi). 3213 sayılı Maden Kanunu (1985 yürürlük tarihli) ile taş ocakları mevzuatı kapsamında değerlendirilen bazı doğal taş (mermer) ruhsatları da Maden Kanunu kapsamına alınmıştır (MAPEG, 2021a).

05.06.2004 tarihinde yayımlanan 5177 sayılı Kanun ile 3213 sayılı Maden Kanununda köklü değişikliklere gidilmiş ve bu Kanun değişikliği özellikle taş ocakları adı altında ruhsatlandırılan agrega ruhsatları açısından da bir başlangıç olmuştur. Söz konusu değişiklik ile beraber madenler gruplara ayrılmış ve bugün II. grup (a) bendi kapsamında değerlendirilen madenler II. grup madenler başlığı altında “mermer, dekoratif taşlar, traverten, kalker, dolomit, kalsit, granit, siyenit, andezit, bazalt ve benzeri taşlar” olarak yer almıştır. Yine aynı kanun değişikliği ile bu grup madenler için arama ruhsat dönemi getirilerek, arama ruhsatı süresi üç yıl olarak düzenlenmiştir.

5177 sayılı Kanun değişikliğinin 38. maddesi ile 6.6.1901 tarihli Taş Ocakları Nizamnamesi yürürlükten kaldırılmıştır. Aynı Kanun değişikliği sonrasında Maden Kanununa eklenen Geçici 2. madde ile Maden Kanunu kapsamına alınan madenler için Taşocakları Nizamnamesine göre verilmiş ve hukuku devam eden ruhsatların intibakinin yapılacağı, Kanunun yürürlüğe girdiği tarih itibarı ile Taşocakları Nizamnamesine göre süresi içinde temdit talebinde bulunulmuş ruhsatlar ile ruhsat almak üzere yapılan yeni müracaatların, il özel idarelerince müracaat tarihinde yürürlükte olan Taş Ocakları Nizamnamesine göre sonuçlandırılarak uygun bulunanların ruhsatlandırılacağı, Valiliklerin il sınırları içindeki taşocağı ruhsatlarını bu Kanunun yürürlüğe girdiği tarihten itibaren üç ay içinde (hak sahibi, sınır koordinatları, cinsi, süresi, ruhsat alanı, mülkiyet durumu ve diğer bilgileri ile birlikte) Maden İşleri Genel Müdürlüğüne (MİGEM) bildirmek zorunda olduğu hususları hükme bağlanmıştır. Ayrıca yine aynı madde ile, ruhsat sahiplerinin, Kanunun yürürlüğe girdiği tarihten itibaren altı ay içinde harç ve teminatını yatırarak; I. grup (a) bendi madenler için faaliyet alanının koordinatları ile il özel idarelerine, diğer grup madenler için işletme projesi ile MİGEM'e müracaat ederek Maden Kanununa intibak yaptırmak zorunda olduğu, taşocağı ruhsatlarının faaliyet koordinatları ile ruhsat koordinatlarında farklılık olması durumunda ise, intibak işleminin Valiliklerin görüşü alınarak sonuçlandırılacağı hususları hükme bağlanmıştır. Yukarıda belirtilen esaslar çerçevesinde süresi içerisinde intibakı yaptırılmayan taş ocağı ruhsatları ise yine aynı madde gereğince iptal edilmiştir.

24.06.2010 tarihinde yayımlanan 5995 sayılı Kanun ile Maden Kanununda yapılan değişiklikler sonrasında, II. grup madenler (a) ve (b) olarak iki alt bende ayrılmıştır. II. grup (a) bendi madenler; "kalsit, dolomit, kalker, granit, andezit, bazalt gibi kayalardan agrega, mıcır veya öğütülerek kullanılacak kayalar"; II. grup (b) bendi madenler ise; mermer, traverten, granit, andezit, bazalt gibi blok olarak üretilen taşlar ile dekoratif amaçla kullanılan doğal taşlar" olarak sayılmıştır. Ayrıca, II. grup (a) bendi madenler için doğrudan işletme ruhsatı verileceği hükme bağlanarak, arama ruhsat dönemi kaldırılmıştır.

18/02/2015 tarihinde yayımlanan 6592 sayılı Kanun ile Maden Kanununda yapılan değişiklikler sonrasında, II. grup madenlere (c) bendi olarak üçüncü bir alt bent olarak eklenmiş ve (a) ve (c) bentleri yeniden düzenlenmiştir. II. grup (a) bendi madenler; "kalsit, dolomit, kalker, granit, andezit, bazalt gibi kayalardan agrega, hazır beton ve asfalt yapılarak kullanılan kayalar"; II. grup (c) bendi madenler ise, "kalsit, dolomit, kalker, granit, andezit, bazalt gibi kayalardan entegre çimento, kireç ve kalsit öğütme tesisinde kullanılan kayalar" olarak sayılmıştır. 5995 ve 6592 sayılı Kanun değişiklikleri ile ilgili grup içerisinde sayılan aynı madenler kullanım alanlarına göre alt bentlere ayrılmıştır.

09 Temmuz 2018 tarih ve 30473 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 703 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile Maden İşleri Genel Müdürlüğü ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü kaldırılarak, sayılan Genel Müdürlüklerin yetki, görev ve sorumluluklarına haiz Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) kurulmuştur. Türkiye'de maden arama ve işletme ruhsat müracaatları MAPEG'e yapılmaktadır.

### 3 II. GRUP (A) BENDİ İŞLETME RUHSATI VE İŞLETME İZİN SÜRECİ

Maden Kanunu kapsamında madenler 5 (beş) ana gruba ayrılır. Bunlar: I., II., III., IV. ve V. grup madenlerdir. Bu yazının konusunu oluşturan II. grup (a) bendi madenler; "kalsit, dolomit, kalker, granit, andezit, bazalt gibi kayalardan agrega, hazır beton ve asfalt yapılarak kullanılan kayalar" olarak tanımlanmıştır. Bu grup madenler için arama ruhsat dönemi bulunmamakta olup doğrudan işletme ruhsatı verilir. II. grup (a) bendi madenlere yönelik düzenlenen işletme ruhsatının alanı 100 hektarı geçemez (tesis şartına bağlı ihale sonucu hak sağlanan ruhsat sahaları hariç).

II. grup (a) bendi madenler için işletme ruhsatı elde edebilmek için öncelikle MAPEG tarafından yapılacak ihaleye katılım gereklidir. Yapılacak ihale sonrasında ruhsata konu alana

hak sağlanması halinde ihale bedelinin yatırılmasından itibaren iki ay içinde, MAPEG bütçesine gelir kaydedilmek üzere işletme ruhsat taban bedeli (2021 yılı için 20.766 TL) ve işletme ruhsat bedelinin (ruhsat hektarına göre değişmektedir) yatırılması ve yetkilendirilmiş tüzel kişilerce maden mühendisinin sorumluluğunda hazırlanmış işletme projesi ve bu projenin uygulanabilmesi için gerekli olan mali yeterliliğine ilişkin belgelerin ve aktif edilmiş tebligata esas kayıtlı elektronik posta adresinin (KEP) veya kurumsal elektronik tebligat sistemi (e-Tebligat) adresinin MAPEG'e verilmesi zorunludur. Aksi halde ruhsat talebi reddedilir (Maden Kanunu, madde 16). II. grup (a) bendi ruhsatlar için 2021 yılına göre mali yeterlilik en az 1.136.585 TL'dir.

İlk işletme ruhsatı genellikle 10 (on) yıl süre ile düzenlenmektedir. Maden Kanununda belirtilen süreler içerisinde süre uzatım talebinde bulunulması ve gerekli yükümlülüklerin yerine getirilmesi halinde ruhsat süresi uzatılabilir. II. grup (a) bendi madenler için toplam işletme ruhsat süresi, süre uzatımları dahil kırk yılı geçmeyecek şekilde (projesine göre) MAPEG tarafından belirlenir. Kırk yıldan seksen yıla kadar sürenin uzatılmasına Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı yetkilidir. Ruhsat süreleri, süre uzatımları dahil bu süreleri aşamaz ve süresinin sonuna gelen ruhsat alanları başka bir işleme gerek kalmaksızın ihalelik saha konumuna gelir (Maden Kanunu, madde 24).

İşletme ruhsat talebi için verilen işletme projesinde teknik eksiklik bulunması durumunda, teknik eksiklikler iki ay içerisinde MAPEG tarafından ruhsat sahibine bildirilir. Teknik eksiklikler yapılan bildirimden itibaren üç ay içinde tamamlanmalıdır. Eksikliklerin verilen sürede tamamlanmaması durumunda idari para cezası uygulanarak (2021 yılı için: 41.534 TL) süre üç ay daha uzatılır. Bu süre sonunda da projedeki teknik eksikliklerin tamamlanmaması halinde işletme ruhsat talepleri kabul edilmez. Talebin kabul edilmemesi hâlinde yatırılan işletme ruhsatı taban bedeli iade edilmez, ancak işletme ruhsat bedeli iade edilir (Maden Kanunu, madde 24). Ayrıca, işletme ruhsatının düzenlenebilmesi için, müracaat sahibinin 6183 sayılı Kanunun 22/A maddesi kapsamında vadesi geçmiş borcunun bulunmaması ve işletme ruhsat talebine ilişkin olarak ETKB Bağlı, İlgili ve İlişkili Kuruluşlar Taşınmaz Komisyonunca işlemlerine devam edilmesinin uygun bulunması şartı aranır.

II. grup (a) bendi kapsamında yapılacak agrega üretimi için öncelikle yukarıda belirtilen esaslar çerçevesinde işletme ruhsatının ve sonrasında ise işletilecek madene (kalsit, bazalt, andezit gibi) yönelik işletme izninin alınması zorunludur. İşletme ruhsatlarında, geçici tesis alanı ve görünür rezerv alanına işletme izni düzenlenir. İşletme ruhsatı yürürlük tarihinden itibaren üç yıl içinde alınması gerekli olan çevresel etki değerlendirme (ÇED) kararı, mülkiyet izni (orman, mera, özel mülkiyet gibi), işyeri açma ve çalışma ruhsatı ile MAPEG kayıtlarına işlenmiş alanlar (sit alanı, su koruma havzası, yaban hayatı koruma alanı gibi) ile ilgili izinlerin MAPEG'e verilmesini müteakip işletme izni düzenlenir. Süresi içinde yükümlülükleri yerine getirilmeyen ruhsatlar için her yıl idari para cezası (2021 yılı için 103.830 TL) uygulanır. İşletme ruhsat süresi sonuna kadar ilgili izinlerden dolayı işletme izninin alınmaması durumunda ise ruhsat süresi uzatılmaz (Maden Kanunu, madde 24).

II. grup (a) bendi madenler için talep edilen işletme izin alanına ve kırma-eleme tesis yerlerine, Karayolları Genel Müdürlüğü sorumluluğunda olan yollara, 1/5000 ölçekli imar planı onaylanmış alanlara, organize hale gelmiş tarım ve hayvancılık bölgelerine, denizlere, göllere, birinci derece sit alanlarında fiziki olarak ortaya çıkarılmış kültürel varlıkların ön görünüm alanında yatay olarak en az 500 metre mesafede, ön görünüm alanı dışında ise en az 250 metre mesafe dahilinde izin verilmez. Ancak Karayolları Genel Müdürlüğü'nün sorumluluğunda olan yol kenarlarında, alternatif alan bulunmaması veya coğrafik ve bölgesel şartlar dikkate alınarak, Karayolları Genel Müdürlüğünden izin alınması durumunda izin verilebilir. Süre uzatım taleplerinde kazanılmış haklar dikkate alınarak değerlendirme yapılır (faaliyetlerin boyutu, işletme yöntemi, emniyet tedbirleri ile arazinin topoğrafik ve jeolojik yapısı dikkate alınarak mesafelerin ihtiyaç halinde Bakanlıkça artırılabilmesi hususu ile ön görünüm alanı dışı için 150 metre olan kriter 250 metreye çıkarılmıştır). Kamu hizmeti veya umurun yararına

ayrılmış yerlerden yatay olarak en az 500 metre mesafe dahilinde izin düzenlenmez (Maden Yönetmeliği, madde 26).

II. grup (a) bendi maden ruhsat sahiplerinin proje ile başvurması ve taleplerinin uygun bulunması halinde aynı grubun (b) ve (c) bendi maden ruhsatlarından birine geçilebilir. Ancak, II. grup (b) ve (c) bendi maden ruhsatlarından aynı grubun (a) bendi maden ruhsatlarına geçiş yapılamaz (Maden Kanunu, ek madde 11; Maden Yönetmeliği, madde 25). Ayrıca, II. grup (a) bendi ruhsatlar için buluculuk hakkı elde edilemez.

#### 4 MADEN İŞLETME RUHSAT DÖNEMİ

Bu başlık altında, II. grup (a) bendi ruhsatların işletme izin düzenlenmesinden sonraki aşamalar için diğer ruhsat gruplarından farklı olan kısımlar -özellikle Devlet hakkı, maden bölgesi ve tesisler- üzerinde genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Devlet hakkı ve teşvik: İşletme izni düzenlenmiş maden ruhsatlarından her yıl ruhsat grubuna göre belli oranlarda Devlet hakkı alınır. II. grup (a) bendi madenlerden ise %4 oranında Devlet hakkı alınır (kaba inşaat, baraj, gölet, liman gibi yapılarda kullanılan tüvenan hammaddeler dışında Devlet hakkı boyutlandırılmış fiyat üzerinden değerlendirilir.) Eğer hesaplanan Devlet hakkı tutarı, söz konusu ruhsat sahasına ait ruhsat bedelinden düşük ise en az ruhsat bedeli kadar Devlet hakkı alınır.

Madenlerden alınan Devlet hakkına esas olan emsal ocak başı satış fiyatı, bölgeler de dikkate alınarak her bir maden için ayrı ayrı ve uygulandığı yıl için belirlenerek Genel Müdürlükçe ilan edilir. Ruhsat sahipleri tarafından Devlet haklarının beyanında kullanılan ocak başı satış fiyatı, Genel Müdürlükçe ilan edilen ocak başı satış fiyatından daha düşük olamaz. Genel Müdürlük tarafından II. grup (a) ve (c) bendi madenler için ilan edilen 2020 yılı ocak başı satış fiyatları; kalsit (tüvenan ve mıcır), bazalt (tüvenan ve mıcır), bazalt ve kalsit dışındaki madenler (tüvenan, mıcır ve dolgu agregası) olarak sınıflandırılmıştır (MAPEG, 2021b).

Ürettiği madeni yurt içinde ve kendi tesisinde işleyip ek katma değer sağlayanlardan, bu tesislerde üretimde değerlendirilen maden miktarı için Devlet hakkının belli bir miktarı için teşvik uygulanır. II. grup (a) bendi madenler ve mıcır ile kaba inşaat, baraj, gölet, liman, yol ve benzeri yapılarda kullanılan her türlü yapı hammaddesi için bu teşvik uygulanmaz (Maden Kanunu, madde 9).

Maden bölgesi: Şehirleşme, çevresel ve benzeri etkiler dikkate alınarak bazı alanlardaki II. grup (a) bendi kapsamındaki madencilik faaliyetleri ruhsat alanlarının bulunduğu ilgili Valilik görüşü ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından kısıtlanabilir. Bakan onayı ile kısıtlanan alandaki II. grup (a) bendi maden ruhsatları, rezervi dikkate alınmak suretiyle maden bölgesine ya da başka bir alana taşınarak ruhsatlandırılabilir. Bu tür ruhsatlandırma işlemi ihalelik sahalar üzerinde de ihalesiz yapılabilir. Kısıtlama ve taşınma alanlarındaki rezerv tespitleri valiliklerce yapılır (Maden Kanunu, madde 29). Bu kapsamdaki işlemler Maden Bölgelerine ve Ruhsatların Taşınmasına İlişkin Yönetmelik hükümleri çerçevesinde yapılır.

Tesisler: II. grup (a) bendi maden ruhsat sahaları içerisinde yer alan kırma-eleme tesislerinde toz indirgeme sistemi olacak şekilde bunkerler, kırıcılar, elekler, bantlar ve malzeme dökülme noktalarının en az ünite bazında kapatılması yönünde işletme projesi hazırlanması ve işletilmesi esastır. Kanun kapsamında daha sonra geçici tesis yapılması durumunda ise toz indirgeme sistemi olacak şekilde ve bunkerler, kırıcılar, elekler, bantlar ve malzeme dökülme noktalarının kapatılması zorunludur. Aksi halde tesisin faaliyetleri durdurulur (Maden Yönetmeliği, madde 26).

#### 5 II. GRUP (A) BENDİ RUHSAT İSTATİSTİKLERİ

Ülkemiz maden ruhsat sayıları (I. grup (a) bendi ruhsatların dahil edilmediği) açısından bir değerlendirme yapıldığında, II. grup (a) bendi ruhsatlarının tüm ruhsat sayıları içerisindeki

oranı yaklaşık %20'dir (Tablo 1). 2.945 adet II. grup (a) bendi işletme ruhsatlı sahanın 2.338'i işletme iznidir. İşletme faaliyetinde bulunan II. grup (a) bendi ruhsat sayısı bazında değerlendirme yapılırsa özellikle son 3 yılda faaliyette bulunan ruhsat sayısının 2.000'in üzerinde ve 2300-2500 bandında olduğu görülmektedir (Tablo 2). 2020 yılında faaliyette bulunan II. grup (a) bendi ruhsat sayısı 2.368'dir. II. grup (a) bendi ruhsatların tüm ruhsatlar içerisindeki oranı %20 iken, 2020 yılında faaliyette bulunan maden ruhsat sayıları içerisindeki oranı %31,3'dür.

Tablo 1. 31.03.2021 tarihli maden ruhsat sayıları (MAPEG, 2021c)

Maden Grubu	I (b)	II (a)	II (b)	II (c)	III	IV	V	Toplam
Ruhsat Sayısı	599	2983	4648	69	71	6478	15	14863

Tablo 2. Yıllara göre faaliyette bulunan maden ruhsat sayıları (MAPEG, 2021c)

Yıl	2016	2017	2018	2019	2020
II (a)	1809	1694	2534	2445	2368
Tüm Gruplar	5139	4951	7962	7692	7548

Kamu kurum ve kuruluşlarınca yol, köprü, baraj, gölet, liman gibi projelerin inşasında kullanılacak yapı ve inşaat hammaddelerinin üretimi için MAPEG tarafından ilgili kamu kurum ve kuruluşlarına hammadde üretim izni düzenlenir. Maden ruhsatları açısından yapılan değerlendirme de olduğu gibi hammadde üretim izin belgeleri sayıları (I. grup (a) bendi ruhsatların dahil edilmediği) da incelendiğinde ise II. grup (a) bendi kapsamında verilen hammadde üretim izin belgelerinin hammadde üretim izinleri içerisindeki oranı yaklaşık %70'dir (Tablo 3). II. grup (a) bendi kapsamında en fazla hammadde üretim iznine sahip olan kurumlar ise Devlet Su İşleri (1.728 adet) ve Karayolları (1.202 adet) Genel Müdürlükleridir.

Tablo 3. 02.11.2020 tarihli hammadde üretim izni sayıları (MAPEG, 2021c)

Maden Grubu	I (b)	II (a)	II (b)	IV	Toplam
Ruhsat Sayısı	1498	3538	19	13	5068

## 6 SONUÇLAR

Kalsit, dolomit, kalker, granit, andezit, bazalt gibi kayalardan agrega, hazır beton ve asfalt üretimi için kullanılan kayalar, Maden Kanununun 2. maddesinde yer alan II. grup (a) bendi madenler kapsamında ruhsatlandırılır. Bu kapsamda yer alan agrega üretimi için doğrudan işletme ruhsatı verilir. Bu grup madenlerin arama ruhsat dönemi bulunmamaktadır. İşletme ruhsatı alınmasından sonra ruhsat sahasındaki madenin üretilmesi için madene yönelik (kalker, bazalt, andezit işletme izni gibi) işletme izninin alınması zorunludur.

I. grup (a) bendi ruhsat sayılarının dahil edilmediği maden ruhsat sayıları içerisinde II. grup (a) bendi ruhsat sayılarının oranı yaklaşık %20'dir. Yine I. grup (a) bendi hammadde üretim izinlerinin dahil edilmediği hammadde üretim izin belgeleri sayısı içerisinde II. grup (a) bendi izinlerin oranı ise yaklaşık %70'dir. II. grup (a) bendi kapsamında ruhsatlandırılan madenlere yönelik maden ruhsat verileri bu bent madenlerin maden mevzuatı ve madencilik faaliyetleri açısından önemini ortaya koymaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu yazının hazırlanması aşamasında katkılarından dolayı Jeoloji Yük. Müh. Sn. Nusret GÜNGÖR'e teşekkür ederiz.

**KAYNAKLAR**

- Kalkınma Bakanlığı, 2018. On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 243 s., Ankara.  
<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/MadencilikPolitikalarıOzelIhtisasKomisyonuRaporu.pdf>. erişim tarihi: 24-27.09.2021
- Güneyli, A., Adana ve Çevresinde Üretilen Agregaların Beton Üretiminde Kullanılabilirlikleri, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 82 s., Adana.  
<http://libratez.cu.edu.tr/tezler/8248.pdf>, erişim tarihi: 31.10.2021
- Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG), 2021a. Madencilik ile ilgili Mevzuat Değişiklikleri ve Söz Konusu Değişikliklerin Madencilik Sektörüne Yansımaları, li Duyurular,  
[https://www.mapeg.gov.tr/maden\\_istatistik.aspx#collapseThirtyThree](https://www.mapeg.gov.tr/maden_istatistik.aspx#collapseThirtyThree), erişim tarihi: 30.10.2021
- Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG), 2021b. Mali Duyurular,  
<https://www.mapeg.gov.tr/maliDenetim.aspx>, erişim tarihi: 10.09.2021
- Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG), 2021c. Maden Grubuna Göre Türkiye Geneli Ruhsat Sayıları, [https://www.mapeg.gov.tr/maden\\_istatistik.aspx](https://www.mapeg.gov.tr/maden_istatistik.aspx), erişim tarihi: 11.09.2021
- Maden Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (Kanun no:5995), 18.02.2015 tarih ve 29271 sayılı Resmi Gazete, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100624-1.htm>, erişim tarihi: 30.10.2021
- Maden Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (Kanun no:6592), 24.06.2010 tarih ve 27621 sayılı Resmi Gazete, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/02/20150218-1.htm>, erişim tarihi: 30.10.2021
- Türkiye Hazır Beton Birliği, 2021. Agrega. <https://www.thbb.org/teknik-bilgiler/agrega/>, erişim tarihi: 27.09.2021
- Türk Standartları Enstitüsü, 2021. Türk Standartı, (Direktif :89/106/EEC), TS No: TS 706 EN 12620+A1,  
<https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?053107106111065067115113049116090107100056052055108081090071086075069085047110067109075073081116103090081086073108065117084119102107048066070077102105085114108110056110082081097047089121055>, erişim tarihi: 25.09.2021
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, 2021. 3213 sayılı Maden Kanunu, Maden Yönetmeliği,  
<https://www.mevzuat.gov.tr/>, erişim tarihi: 18-27.09.2021.





# Endüstriyel Bazalt Kumlarının Kullanım Alanları

## *Usage Areas of Industrial Basalt Sands*

E. Aydın

*Er-Ay Bazalt Madencilik Ltd. Şti., Kütahya, ercumentaydin@er-aybazalt.com.tr*

**ÖZET** Değişik kayaçların yapay veya doğal yollarla parçalanması ile oluşan, genellikle 10 milimetrenin altındaki boyutlarda, kullanım alanına göre değişik granülometri aralığındaki kayaç parçacıklarına KUM denir. Bu bildiriye Bazalt kumlarının endüstride kullanılan alanları ve üretim şekli anlatılmaktadır.

Yüksek ısı ve basınç altındaki akışkan magmanın uygun şartları bulması halinde yeryüzüne doğru hareket etmesi sonucu ısı kaybederek değişik derinliklerde veya yüzeyde faz değiştirerek kristalleşip katılaşması sonucu Magmatik Kayaçlar oluşur. En yaygın örnek BAZALT kumlarıdır.

Bazalt, çok ince taneli, sert ve homojen bir yapıya sahip olduğundan atmosferik şartlara karşı mukavemetli, ısı ve basınç altında dayanıklı, aşınma direnci yüksek ve bünyesinde serbest silis bulundurmadığından insan sağlığına etkisi olmayan bir kayaç türüdür.

Bu bildiriye endüstride kullanılan Bazalt kumlarının ürün bazında; sağlık, ulaşılabilirlik, rezerv güvenliği, sürdürülebilirlik, kalite ve ekonomik açıdan avantajları değerlendirilecektir.

*Anahtar kelimeler: Magmatik kayaç, Bazalt, Endüstriyel kum*

**ABSTRACT** The rock particles that are formed by the artificial or natural breakdown of different rocks, generally in sizes below 10 millimeters, and indifferent granulometry ranges according to the area of use are called SAND. In this paper, the industrial areas and production methods of basalt sands are explained.

Igneous Rocks are formed as a result of the fluid magma under high temperature and pressure, if it finds suitable conditions, as a result of moving towards the earth, losing heat and changing phase at different depths or on the surface, crystallization and solidification. The most common example is BASALT sands.

Basalt is a type of rock that has a very fine grained, hard and homogeneous structure, is resistant to atmospheric conditions, is durable under heat and pressure, has high abrasion resistance and does not have any effect on human health because it does not contain free silica.

In this paper, basalt sands used in industry on the basis of product; health, accessibility, reserve security, sustainability, quality and economic advantages will be evaluated

*Keywords: Igneous rock, Basalt, Industrial sand*



## 1 GİRİŞ

Bu bildiriye Endüstriyel Kum sektörünün en önemli yatırımcılarından Er-Ay Bazalt Madencilik Ltd. Şti. Kütahya Işıkkara Bazalt İşletmelerinde Bazalt kumlarının üretimi, Endüstrideki kullanım alanlarına göre ürün çeşitleri ve ürünleri hakkında bilgiler verilmektedir.

## 2 BAZALT KUMLARININ ÜRETİMİ

### 2.1 Işıkkara Bazaltlarının Yapısal Jeolojisi

Kütahya İlica bölgesindeki inceleme alanında en yaşlı birimi Üst Kretase yaşlı Beşçam Formasyonu oluşturmaktadır olup, bunların üzerinde Orta-Üst Miyosen yaşlı tuf, tüfit, aglomera, kireçtaşı ve dolomit birimlerinden oluşan Tavşanlı volkanitleri diskordan olarak gelmektedir. Bu birimin üzerine ise, Geç Pliyosen-Kuvaterner yaşlı Karacaören volkanitleri uyumlu olarak gelmiştir. Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı alüvyon ve traverten birimleri ise diğer birimleri diskordan olarak örtmektedir.

Ruhsat sahası ve civarında Pliyosen bazalt oluşumları, Karacaören volkanitleri ile temsil edilmektedir. Alt-Orta Miyosen çökeller gözlenmektedir. Sahanın kuzeyindeki Karacaören köyünün kuzeydoğusunda ofiyolitler gözlenmektedir. Alt-Orta Miyosen çökeller ruhsat sahası civarında genelde düzlük alanlarda yüzeylenmekte, kil, marn, kireçtaşı aralanması şeklinde olup, Pliyosen bazalt oluşumları ile örtülmektedir.

Bazalt oluşumları bölgede geniş alanlarda mostra vermekte olup, oldukça yüksek tepelikler oluşturmuştur. Ruhsat sahasında açılan ocakta ve güneyindeki eski Karayolları ocağında yapılan gözlemlerde kalınlıkları 100-140 metreye varan Bazalt oluşumları izlenmektedir.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	SİMGİ	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENEZOYİK	KUVATERNER		Alüvyon	Qal		Alüvyon
			Traverten	Qtr		Traverten
	MIYOLEN	PLIYOSEN	Karacaören Volkanitleri	Tk		Açısal Diskordans Boz, siyah, kısmen kahverengi renkli bazalt
			Tavşanlı Volkanitleri	Tt		Marn arakatlılı ince tabakalı kireçtaşı Kırmızı renkli, sert, bol kırıklı tuf ve tüfit Kırmızı renkli, sert, silisifiye kireçtaşı Beyaz renkli yumuşak altı seviye
MESOZOYİK	KRETASE		Beşçam Melanjı	Kbm		Açısal Diskordans Serpantin, Peridotit hornfels ve radiolarit

Şekil 1. İnceleme alanının stratigrafik dikme kesiti(Bayhan, 2018).

### 2.2 Işıkkara Bazaltlarının Magmatik Kayaç Petrografisi

Sahadan alınan kayaç numunesine A.Ü. YEBİM' de yapılan analizlerde gri renkli kompakt volkanik kaya örneğini temsil etmektedir. Örnek mikroskop altında intesertal doku göstermekte

ve başlıca labrador, olivin, ojit ve opak mineral içermektedir. Örnek ayrıca az oranda ikincil olarak klorit, kuvars, epidot, kalsit ve limonit içermektedir. Yapılan XRD ve Raman konfokal spektrometre analiz yöntemlerine göre kayaç başlıca labrador, olivin, ojit, ilmenit, klorit, epidot, kalsit ve kuvars içermektedir. Örnek anhidrit ve sülfat mineralleri içermemekte ve bu özelliği itibariyle volkanoik kökenli **Olivin Bazalt** kayasını temsil etmektedir. Örnek kalsedon, tridimit ve opal gibi (serbest silis) düşük sıcaklıklı mineraller içermemektedir (Kadioğlu, 2015).

### 2.3 Işıkkara Bazaltlarının Magmatik Kayaç Fiziksel Özelliği

Kayaç genel olarak kompakt, gözle görünür şekilde kılcal damar içermemektedir. Kayacın genel fiziksel analiz test sonuçları Tablo 1’ de verilmiştir. Fiziksel test sonuçlarına göre örnek oldukça sert, gözle görünür şekilde gözenek içermemektedir. Örnek kompakt olması ve afinitik doku özelliği göstermesinden dolayı köşeli kırılmakta ve kırılma yüzeyleri oldukça temiz görünümüldür (Kadioğlu, 2015).

Tablo 1. ERAY Kayaç örneğinin Fiziksel Test Sonuçları

Test Türü	Oran	Birim
Sertlik (Hardness) (Mohs)	6,5	6,5 of 10
Sertlik (Hardness) (Schmidt)	72	
Yoğunluk (Saturated Unit Weight)	2,71	gr/cm <sup>3</sup>
Porozite(Porosity)	0,23	%
Doluluk Oranı (Ratio Fulness)	99,5	%

### 2.4 Işıkkara Bazaltlarının Magmatik Kayaç Jeokimyasal Özelliği

Kayacın kimyasal analiz sonuçları bazik bileşenlerce zengin volkanik kaya ürününü temsil etmektedir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre subalkalen karakterli toleyitik magmadan türemektedir. Kayacın ana bileşimleri Tablo 2-a ve b’ de verilmiştir. Örneğin kimyasal analizi incelendiği zaman Fe, Mg, Ca ve Ti içeriği açısından zenginlik sergilemektedir. Bu elementlerin bolluğu örneğin içermiş olduğu olivin ve proksen minerallerinden kaynaklanmaktadır (Kadioğlu, 2015).

Tablo 2-a. ERAY Kayaç Örneğinin Jeokimyasal Analiz Sonuçları

Element	İçerik - %	Element	İçerik - %
Na <sub>2</sub> O	2.15	TiO <sub>2</sub>	0.758
MgO	5.75	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.289
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.34	MnO	0.111
SiO <sub>2</sub>	51.13	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.028
CaO	8,95	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.025
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.91	SO <sub>3</sub>	0.0009
K <sub>2</sub> O	2.28	Cl	0.0137
LOI	0.83		

Tablo 2-b. ERAY Kayaç Örneğinin Jeokimyasal Analiz Sonuçları-ppm

Ba: 1177	Co: 65.1	Zn: 54.6	Ga: 17.7	As: 13.1	Ta: 3.1
Sr: 833	Pb: 75	La: 31.6	Th: 16.3	Nb: 9.9	Hf: 2.7
W: 155	Rb: 72.7	Ni: 26.4	Cu: 15.3	Cs: 3.9	Hg: 1.5
Zr: 133	Ce: 60	Y: 20.4	U: 13.8	Mo: 3.4	I: 2.1

### 3 BAZALT KUMLARI

#### 3.1 Arıtma Kumu

Arıtma kumları; tarım sulamalarının, termik santrallerdeki suların, havuz sularının, atık suların temizlenmesi ve kireçten arındırılarak kullanıma hazır hale gelmesi için uygun ebatlarda üretilmiş kumlardır.

##### 3.1.1 Bazalt arıtma kumunun özellikleri

Bazalt, köken olarak volkanik bir kayaç olduğundan homojen ve süreklilik arz eden bir kayaçtır. Asite ve yüksek basınca dayanıklı bir yapıya sahip olduğundan kum taneciklerinin yapısında ayrışma meydana gelmemektedir. Ayrışma olmadığından arıtma kumunun haznelerinde taşlaşma olmaz. Suyun filtrasyonu rahat bir şekilde gerçekleşir. Bazalt kumunun en önemli özelliklerinden bir tanesi de kirecin bazalt kumunun taneciklerine tutunmasıdır. Kireç ihtiva eden suların bazalt filtre kumunda filtrasyon işlemi gerçekleşirken kirecin bazalt kumuna tutunduğu gözükmemektedir.



Resim 1. Bazalt Arıtma Kumu

##### 3.1.2 Bazalt Arıtma Kumunun Boyutları

Bazalt arıtma kumu inceden kalına dağılımı olacak şekilde yıkayıp kurutulup boyutlandırılarak üretimi yapılmaktadır. Bazalt arıtma kumu boyutları; (0,5-1), (1-3), (3-5) ve (5-8)mm olarak kullanılmaktadır.

#### 3.2 Bazalt Yüzey Sertleştirici

Bazalt Mohos sertlik skalasına göre 6,5 sertliğe sahip aşınma direnci yüksek bir kayaçtır. Çimento ve çeşitli kimyasallarla beraber karıştırılarak aşınma direnci yüksek harç elde edilir.

##### 3.2.1 Bazalt yüzey sertleştirici özellikleri

Garajlar, akaryakıt istasyonları, otoparklar, depolar, antrepolar, yükleme ve boşaltma rampaları, bodrumlar, ağır trafiğe maruz saha ve atölyelerde taze perdahlanmış zemin betonları yüzeyinde kullanılır. Yüzey sertleştirici uygulaması yapılan zemin betonların yüzeyinin mukavemeti ve

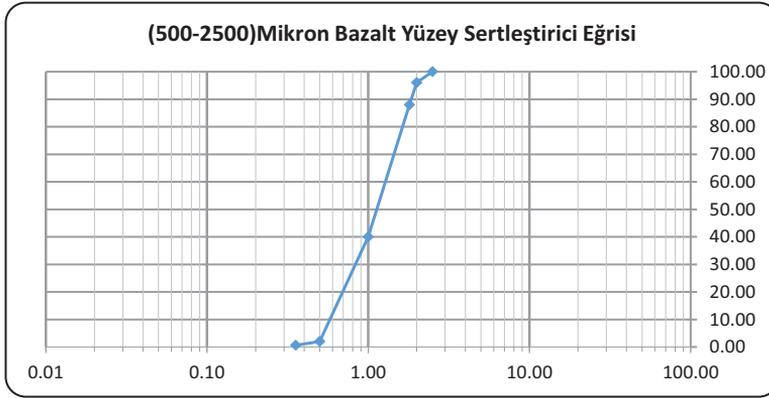
performansını artırır. Yüzeylerde aşınmaya karşı direnç oluşturur, tozuma karşı direnç sağlar.

### 3.2.2 Bazalt yüzey sertleştirici boyutları ve granülometresi

Bazalt, çubuklu değirmenlerde öğütülüp özel olarak yıkandıktan sonra Drayerde kurutulup elenerek (500-2500) mikron boyutunda paketlenip piyasaya sunulur. Yüzey sertleştiricisi için uygun granülometri eğrisi ve elek analizi Tablo 3 ve Şekil 2'de gösterilmektedir.

Tablo 3. Bazalt yüzey sertleştirici (500-2500) mikron elek analizi

ELEK (mm)	Miktar gr	Miktar %	Σ E.Üstü%	Σ E.Altı %
+2,50	0	0,0	0,0	100,0
+2,00	40	4,0	4,0	96,0
+1,80	80	8,0	12,0	88,0
+1,00	480	48,0	60,0	40,0
+0,500	380	38,0	98,0	2,0
+0,355	14	1,4	99,4	0,6
-0,355	6	0,6	100,0	0,0
<b>TOPLAM</b>	<b>1000</b>	<b>100,0</b>		



Şekil 2. Bazalt yüzey sertleştirici (500-2500) mikron granülometri eğrisi

### 3.3 Bazalt Kuşlama Kumu

Metal yüzeylerdeki boyaların Oksidiyona uğraması veya deforme olmuş kısımların yüksek basınçla beraber yüzeyden temizlenerek pürüzsüz hale gelmesi için kullanılan kuşlamadır. Bu işlemden önemli olan kriter kullanılacak kumun sert olması ve tozuma yapmamasıdır.

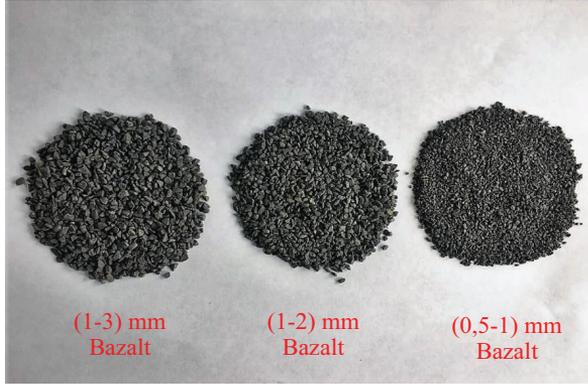
#### 3.3.1 Bazalt kuşlama kumunun özellikleri

Bazalt kuşlama kumu, yüksek basınçla metal yüzeye çarptığında homojen ve sert bir yapıya sahip olduğundan dağılma yapmaz. Parçalanmayan parçacıklar tozuma yapmayacağından iç mekanlarda rahatlıkla kullanılabilir durumdadır. Metal yüzeylere sert çarpma etkisiyle yüzeyde

iz yapmayarak pürüzsüz bir yüzey oluşturmaktadır. Bazalt kumlama kumunun bir diğer özelliği ise ikinci kez malzemenin tekrar kullanılarak ekonomik olmasıdır.

### 3.3.2 Bazalt kumlama kumunun boyutları

Bazalt, çubuklu değirmenlerde öğütülüp özel olarak yıkandıktan sonra Drayerde kurutulup kumlamanın uygulanacak yüzey özelliğine ve ortamına uygun olacak şekilde (0,5-1,5), (1-2), (1-3) mm boyutunda elenerek paketlenip piyasaya sunulur.



Resim 2. Bazalt Kumlama Kumu

### 3.4 Bazalt Kilit Taşı, Bordür ve Kent Mobilyaları Mozaik Kumu

Belediyelerin yürüyüş yollarına döşemiş olduğu kilit taşları, bordürler ve kent mobilyalarının beton yüzeylerinin dış ortam şartlarından zarar görmemesi ve uzun ömürlü olması için Bazalt kumu ile kaplama yapılır.

#### 3.4.1 Bazalt mozaik kumunun özellikleri

Bazalt mozaik kumu, volkanik kökenli kayaç olduğundan mukavemetli, aşınma direnci yüksek ve donma çözünmeye karşı dirençli yapıya sahiptir. Özellikle yürüyüş yollarına döşenen kilit taşlarının üstüne yüksekliğin minimum %10' u kadar Bazalt kumu kaplandığında aşınmaya karşı korumuş oluyorsunuz. Volkanik bir kayaç olan Bazaltın en önemli özelliklerden biri de ısı absorbe etmesidir. Özellikle kış mevsimi ağır geçen yerlerdeki kilit taşlarının üzerinin buzlanmanın az olduğu görülür.





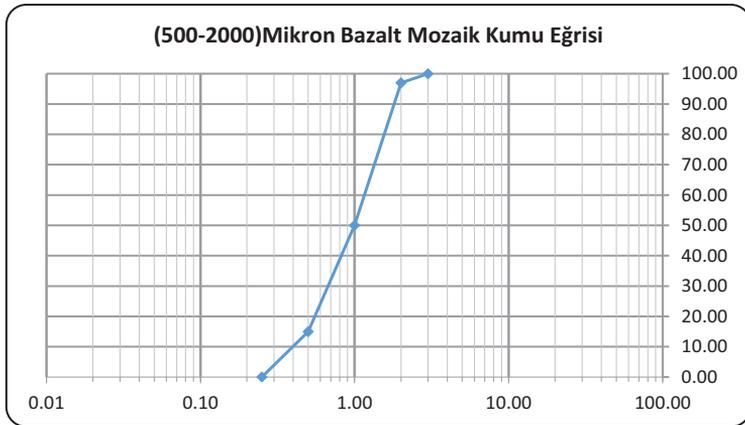
Resim 3. Bazalt Mozaik Kumu İle Kaplanmış Parke Taşı

### 3.4.2 Bazalt mozaik kumunun boyutları ve granülometresi

Bazalt, çubuklu değirmenlerde öğütülüp özel olarak yıkandıktan sonra Drayerde kurutulup imalatı yapılacak ürünün cinsine göre (0,5-2), (0,1-1), (2-4), (3-5), (4-6) mm boyutunda elenerek paketlenip piyasaya sunulur.

Tablo 4. Bazalt Mozaik Kumu Elek Analizi

ELEK (mm)	Miktar gr	Miktar %	$\Sigma E.$ Üstü %	$\Sigma E.$ Altı %
+3,00	0	0,0	0,0	0,0
+2,00	30	3,0	3,0	100,0
+1,00	470	47,0	50,0	97,0
+0,50	350	35,0	85,0	50,0
-0,50	150	15,0	100,0	15,0
TOPLAM	1000	100,0		



Şekil 3. Bazalt Mozaik Kumu (500-2000) mikron granülometri eğrisi

### 3.5 Bazalt Halı Saha Kumu

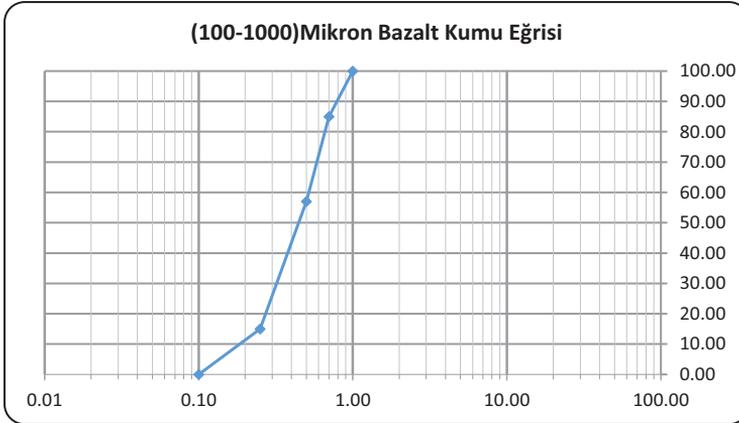
Halı sahaların imalatı sırasında özel olarak hazırlanmış Bazalt kumu, makine yardımıyla 25-30 kg/m<sup>2</sup> olacak şekilde suni çim sahanın üzerine homojen olarak dökülerek yedirilir. Bazalt kumu; suni çimin dengeli şekilde dik durmasını ve de sahanın altında suyun zeminden dışarıya deşarjı için filtre görevi görür.

#### 3.5.1 Bazalt halı saha kumunun özellikleri ve boyutları

Bazalt halı saha kumu yıkama tesislerinde yıkayıp drayerde kurutulduktan sonra 25 kg'lık çuvallarla paketlenip proje sahasına sevk edilir. Halı saha imalatlarında kullanılan Bazalt kumunun taneciklerinde ayrışma olmadığından ve yıkanmış olduğundan taşlaşma yapmaz. Bu özelliğinden dolayı suyun drenajını kolay sağlar. Bu nedenle halı saha kumlarının gradasyonu önemlidir. Halı sahalarda kullanılacak (0,1-1) mm boyutlarındaki Bazalt kumunun elek analizi ve gradasyon eğrisi Tablo 5 ve Şekil 4'de gösterilmektedir.

Tablo 5. Bazalt Halı Saha Kumu Elek Analizi

Elek (mm)	Miktar gr	Miktar %	ΣE.Üstü %	Σ E.Altı %
+1,00	0	0,0	0,0	
+0,700	150	15,0	15,0	100,00
+0,500	280	28,0	43,0	85,00
+0,250	420	42,0	85,0	57,00
+0,100	150	15,0	100,0	15,00
-0,100	0	0,0		
TOPLAM	1000	100,0		



Şekil 4. Bazalt Halı Saha Kumu Gradasyon Eğrisi

### 3.6 Bazalt Asfalt Yüzey Kaplama Kumu

Karayollarında aşınma tabakaları; yoğun trafik etkisi, bölgesel iklim şartları, imalat ve dizayn hataları, malzeme hatalarının etkisi ile zamanla deformasyonlar meydana gelmektedir. Bu deformasyonlar yol yüzeyinde kumular, cilalanma, terleme ve teker izleri gibi kayma direncini negatif yönde etkileyen oluşumlar meydana getirir. Deforme olan yolların yüzeyini zor iklim

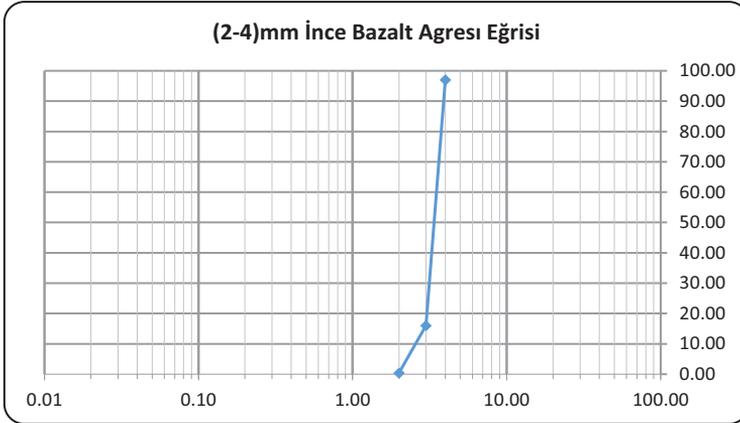
şartlarına dayanıklı ve sert yapısı olan Bazalt ile kapladığımızda sürtünme direncini arttırmış olup yolun ömrünü de uzatarak ülke ekonomisine ciddi katkı sağlamış oluyoruz.

### 3.6.1 Bazalt asfalt yüzey kaplama kumu özellikleri ve boyutları

Karayollarındaki cilalanmalar gibi kayma direnci azalmış yolların bakımı; yüzey üzerindeki çatlaklar kapatılır, yoldaki boyalı şeritler kazılarak kaplamayı engelleyecek faktörler ortadan kaldırılır. Kaplamaya hazır olan yola özel yapılmış serim makinalarıyla polimer bitüm emülsiyon serilir. Polimer bitüm emülsiyonun üzerine kırılmış, yıkanarak elenmiş ve kurutulmuş (2-4)mm boyutlarında Bazalt agregası hızlı şekilde kaplanır. Bazalt volkanik bir kayaç olduğu için homojen, sert, zor iklim şartlarına dayanıklı ve aşınma direnci yüksek yapıya sahiptir. Bu yöntemle Bazalt ile kaplanan yollarda aşınma direnci artar, iklim şartlarına dayanıklı olduğu için de uzun ömürlü ve ekonomik bir uygulama haline gelir. Kaplama ince taneli Bazalt agregası ile yapıldığı için yol çok kısa sürede konforlu ve emniyetli şekilde trafiğe açılabilir. Kullanılan (2-4) mm Bazalt yol üzerindeki yağmur sularının drenajını da rahat sağlar. Kaplama yapılan (2-4) mm boyutundaki ince Bazalt agregasının elek analizi ve gradasyon eğrisi Tablo 6 ve Şekil 5’ de gösterilmektedir.

Tablo 6. İnce Bazalt Agregası Elek Analizi

ELEK (mm)	Miktar gr	Miktar %	$\Sigma\%$ E. Üstü %	$\Sigma$ E. Altı %
+4,00	30	3,0	3,0	100,0
+3,00	810	81,00	84,0	97,0
+2,00	156	15,6	99,6	16,0
-2.00	4	0,4	100,0	0,4
TOPLAM	1000	100,00		



Şekil 5. İnc Bazalt Agregası Gradasyon Eğrisi

### 3.7 Er-Ay Bazalt Mad. Ltd. Şti. Üretilen Başlıca Bazalt Ürünleri

2008 yılında üretime başlayan işletme ülke bazında Bazalt madenciliğinde ihtisas firması konumundadır. Kütahya İli Merkez İlçe Ilıca Mevkii Işıkkara Köyü sınırları dahilindeki bazalt

işletmesi 250 km yarı çapındaki bölgenin en kaliteli bazalt rezervlerine sahiptir. İşletmenin ürettiği ürünler;

- Taş Yünü Bazaltı(70-140mm)
- 30-60mm Demiryolları Hızlı Tren Balastı
- Karayolları BSK Aşınma Tabakasında (0-5mm, 5-12mm, 12-19mm)
- Yüksek Basınç Dayanımlı Beton Agregası(0-5mm, 5-12mm, 12-22mm)
- Şap ve Sıva Kumu(0-3mm)
- Raspa(Kumlama) Kumu(0,5-1mm, 1-2mm, 1-3mm)
- Yapı Kimyasallarında Beton Yüzey Sertleştiricileri(500-2500mikron)
- Epoksi Boya Sanayilerinde (100-500mikron)
- Söve Kumu (100-500mikron)
- Halı Saha Kumu(200-1000mikron)
- Arıtma Kumu (0,5-1mm, 1-2mm, 1-3mm, 3-5mm, 2-4mm, 4-6mm)
- Yer Karoları(0,2-1mm, 1-3mm, 3-5mm, 2-4mm, 4-6mm)
- Parke ve Bordür Kumu(0-1mm, 1-3mm, 2-4mm)
- Beton Kiremit Agregası(100-2500mikron)
- Kiremit ve Tuğla Katkısı(0-100mikron)
- Seramik Yapıştırıcısı(0-800mikron)

### Ürünlerin Teknik Özellikleri

Los Angeles aşınma kaybı	% 12	Demiryolu Balastı (30-60) mm
Don kaybı	% 1	
Su emme	% 0,7	
Tane yoğunluğu	2,76 t/m <sup>3</sup>	
Sertlik (Mohs)	6,5	
Cıalanmaya karşı direnci	% 52	Karayollar TMA için (0-5; 5-12; 12
Asit dayanımı	% 100	
Böhme Aşınma kaybı	1,2 cm <sup>3</sup> / 50 cm <sup>2</sup>	Yapı kimyasalları Yüzey sertleştirici (0,5-2,5)
Erime sıcaklığı	1350°C	Taş yünü bazaltı (70-140)
Anti bakteriyel, anti statik ve radyasyon geçirmezliği		Parke ve karo kaplamaları

Yaklaşık 100 milyon ton rezerve sahip Ilıca Bazalt işletmeleri bölgenin ihtiyaçlarını karşılayan en önemli işletme konumundadır.

### KAYNAKLAR

- Bayhan, M., (ed.), 2018. *Işıkkara Köyü(Kütahya) Bazaltlarının Agregata Özelliklerinin Araştırılması*, Afyonkarahisar, 76s.
- Kadıoğlu, Y.K., 2015. *Yebim 2015/34 ER-AY Bazalt Mikronize Petrografik Analiz*, Ankara, 3s.

# Samsun Büyükşehir Belediyesi Agregat Üretimi Faaliyetleri

## *Samsun Metropolitan Municipality Aggregate Production Activities*

S. Sarı, G. Dede, B. Teke

*Yeşildere Mahallesi Ankara Yolu Anadolu Bulvarı 1. Km Fen İşleri Daire Başkanlığı Hizmet Binası Atakum/SAMSUN, sbbytk@gmail.com*

**ÖZET** Agregat, konut, sanayi tesisleri, hastane gibi her türlü bina inşaatı; yol, köprü, su yapıları, boru hattı gibi alt yapı faaliyetlerini kapsayan ve inşaat sektörünün bir parçası olan beton imalatının ve asfalt üretiminin en önemli hammaddesidir. Bu çalışmada, Samsun Büyükşehir Belediyesinin hammadde ihtiyacının nasıl ve nerelerden karşıladığı, agregat ve doğaltaş malzemesinin kullanım alanlarından, kurulum aşamasında olan örnek bir sabit konkasör tesisinde kırma-eleme işlemleri ve yıkama tesisinin akım şemalarından bahsedilmiştir.

*Anahtar kelimeler: Agregat, hammadde üretim sahası, kırma-eleme-yıkama tesisi*

**ABSTRACT** Constructions of buildings such as residences, industrial facilities and hospitals; the most important raw material of concrete production and asphalt production is aggregate, which is a part of the construction sector and covers infrastructure activities such as roads, bridges, water structures, and pipelines also. In this study, requirements and supply of raw material for Samsun Metropolitan Municipality and the usage areas of aggregate and natural stone, also the crushing-screening processes in a sample crushing and screening plant and the flow sheet of the washing plant were presented.

*Keywords: Aggregate, raw material production area, crushing-screening- washing plant*

## 1 GİRİŞ

Maden Kanunu'nda ve Maden Yönetmeliği'nin 59.Maddesi gereği yol, köprü, baraj, gölet, liman, enerji santrali gibi projelerin inşasında kullanılacak yapı ve inşaat hammaddelerinin üretimi için kamu kurum ve kuruluşlarına Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğüne hammadde üretim izni verilmektedir. Belirtilen kanun maddesi kapsamında Samsun Büyükşehir Belediye Başkanlığı bünyesinde 15 adet hammadde üretim izin sahası bulunmaktadır. 7 adet hammadde üretim sahasından ve 3 adet Geri Kazanım Tesisi projesinden Samsun Büyükşehir Belediyesinin ihtiyacı olan agregat üretimi yapılmaktadır. 6 adet hammadde üretim sahasının izin süreçleri devam etmektedir. Ayrıca bünyesinde bulunan 5 adet Asfalt Plant Tesisi, 4 adet Hazır Beton Üretim Tesisi, 1 adet Doğaltaş (Granit) ocağı ile Doğaltaş Üretim Elemanları Fabrikası bulunmaktadır. 5 adet Sabit Konkasör Tesisi, 4 adet Mobil Konkasör Tesisi ve 4 adet Yıkama Tesisi ile yıllık 1.500.000 ton agregat ihtiyacını Büyükşehir Belediyesi kendi araç, ekipman ve personeli ile karşılanmaktadır. Samsun Büyükşehir Belediye Başkanlığı bünyesinde 11 adet maden mühendisi görev almaktadır.



## 2 ÜRETİM FAALİYETLERİ

Samsun ili, Karadeniz Bölgesi'ndeki Orta Karadeniz Bölümü'nde Türkiye coğrafyasının en kuzeyinde merkezi bir noktada yer alır. On yedi ilçesi ve 1.247 mahallesi bulunan Samsun, 1.356.079 kişilik nüfusuyla bölgenin en yüksek, Türkiye'nin ise on altıncı en yüksek nüfuslu ilidir.

Kalker ocakları, Kalsiyum Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) ve Magnezyum Karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ) bakımından zengin dolomitik kireçtaşı özelliğine sahip olup yol yapımında ve beton üretiminde kullanılacak agrega ihtiyacına uygun niteliktedir. Bazalt ocakları, breşik bazik magma yapıda olup amfibol oranı yüksek ve yol yapımında ve inşaat faaliyetlerinde kullanılacak agrega ihtiyacına uygun niteliktedir.

Samsun Büyükşehir Belediye Başkanlığı tarafından gerçekleştirilecek yatırım projelerinde, mahalle ulaşım yolları ve tüm alt yapı, üst yapı inşaat faaliyetleri kapsamında ihtiyaç duyulan agrega hammadde üretim sahalarından, Geri Kazanım Tesisi projelerinden ve yol genişletme çalışmaları esnasında çıkan malzemeden temin edilmektedir. Samsun Büyükşehir Belediyesi Başkanlığı bünyesinde 15 adet hammadde üretim sahası bulunmaktadır. Bunlardan 2 tanesi II(B) grup Granit ve Andezit ocaklarıdır. (Çizelge 1). Granit ocağından yıllık üretilen 15.000 ton granit Doğaltaş Üretim Elemanları Fabrikasında işlenip yol, bulvar, cadde, sokak, kaldırım ve kaplama amaçlı üst yapı ve dekoratif amaçlı projelerde kullanılmaktadır.

Çizelge 1. II(B) Grup Madenler

İlçe/Mahalle	Madenin Cinsi
Atakum/Asmaçam	Granit
Havza/Taşkaracaören	Andezit

Samsun ilinde, mevcut ilçelerde yapılan projelerin agrega ihtiyacını karşılayacak ve nakliye maliyetini minimum seviyeye düşürecek mesafelerde hammadde üretim sahaları açılmıştır. Çizelge 2,3,4 ve 5'de bölgelere göre kurulmuş hammadde üretim sahaları verilmiştir.

Çizelge 2. Batı bölgesinde bulunan hammadde üretim sahaları ve tesisler

İlçe/Mahalle	Hammadde Cinsi	Tesis Türü
Bafra/Kuşluğan	Bazalt	Sabit Konkasör Tesisi+ Yıkama Tesisi
Bafra/İnözü	Kalker	Mobil Konkasör Tesisi
Bafra/EyNEGazi	Kalker	İzin sürecinde

Bafra ilçesi, İnözü Mahallesinde bulunan hammadde üretim sahasından 2021 yılında Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü ile yapılan anlaşma sonucu malzeme temini yapılmaktadır. Mobil konkasör tesisi ile yıllık 170.000 ton agrega üretimi yapılmıştır. Hazır beton üretim tesisi için 0-5 mm, 5-15 mm ve 15-25 mm tane boyutlarında ve proje faaliyetlerinde kullanılması için 0-12 mm, 12-19 mm, 19-25 mm ve 0-25 mm tane boyutunda agrega üretilmektedir. 2020 yılında Bafra ilçesi, Derbent Mahallesinde kurulan Sabit Kırma-Elleme ve Yıkama Tesisinde yıllık 250.000 ton agrega üretimi yapılmaktadır. Samsun Büyükşehir Belediye Başkanlığı sorumluluğunda bulunan Bafra ilçesi ve çevre ilçe sınırlarındaki (Yakakent-Alaçam-Ondokuz Mayıs) tüm sanat yapıları, peyzaj ve rekreasyon uygulamaları, tahkimat ve dolgu işleri, yol yapım-bakım-onarım çalışmalarında ve beton santrallerinin agrega ihtiyacını karşılamak üzere

ihtiyaç duyulan bölgelere sevk edilmektedir. Alternatif ocak olarak açılması planlanan Bafra ilçesi, Eynegazi Mahallesinde bulunan hammadde üretim sahasın izin süreci devam etmektedir.

Çizelge 3. Doğu bölgesinde bulunan hammadde üretim sahaları ve tesisler

İlçe/Mahalle	Hammadde Cinsi	Tesis Türü
Çarşamba/Orduköy	Bazalt	Sabit Konkasör Tesisi
Çarşamba/Kestanepınarı	Bazalt	İzin sürecinde

Çarşamba ilçesi, Orduköy Mahallesinde Çarşamba Belediyesi ile yapılan protokol sonucu Çarşamba Belediyesi'nin hammadde üretim sahasından üretim yapılmaktadır. 2020 yılında kurulan Sabit Konkasör Tesisi ile yıllık 400.000 ton 0-25 mm boyutunda agrega üretilmektedir. Üretilen agrega, Çarşamba ilçesi ve çevre ilçelerde(Terme-Asarcık-Ayvacicik) altyapı ve üstyapı yapım-bakım ve onarım işlerinde kullanılmak üzere nakledilmektedir. Alternatif ocak olarak açılması planlanan Çarşamba ilçesi, Kestanepınarı Mahallesinde bulunan hammadde üretim sahasının izin süreci devam etmektedir.

Çizelge 4. Güney bölgesinde bulunan hammadde üretim sahaları ve tesisler

İlçe/Mahalle	Hammadde Cinsi	Tesis Türü
Vezirköprü/Devalan	Kireçtaşı	
Vezirköprü/Çalköy	Kalker	Sabit Konkasör Tesisi + Yıkama Tesisi
Kavak/Bekdemir	Kalker	Sabit Konkasör Tesisi + Yıkama Tesisi
Kavak/Bekdemir	Kireçtaşı	İzin sürecinde

2006 yılında faaliyete başlayan Vezirköprü ilçesi, Çalköy mahallesinde bulunan hammadde üretim sahasından Sabit Kırma-Elleme ve Yıkama Tesisinde 0-12 mm, 12-19 mm, 19-25 mm ve 0-25 mm boyutunda yıllık 300.000 ton agrega üretimi yapılmaktadır. Vezirköprü ilçesi ve Havza ilçesinde yapılan projelerde agrega ihtiyacını karşılamaktadır.

2020 yılında faaliyete başlayan Kavak ilçesi, Bekdemir Mahallesinde bulunan hammadde üretim sahasından Sabit Kırma-Elleme-Yıkama Tesisi ile 0-5 mm, 5-12 mm, 12-19 mm ve 19-25 mm boyutunda 135.000 ton agrega üretimi yapılmaktadır. Kavak ilçesi ve çevre ilçelerin (Ladik-Asarcık) agrega ihtiyacını karşılamakta ve Beton Santrali Tesisinin hammadde ihtiyacı da temin edilmektedir. Konkasör Tesisi ve Beton Santrali Tesislerinin agrega ihtiyacını karşılayabilmek için Kavak ilçesi, Bekdemir Mahallelerinde açılması planlanan hammadde üretim sahaları izin süreci aşamasındadır. İzinleri tamamlandıktan sonra aktif olarak üretime başlanacaktır.

Çizelge 5. Güney bölgesinde bulunan hammadde üretim sahaları ve tesisler

İlçe/Mahalle	Hammadde Cinsi	Tesis Türü
Canik/Kaleboğazi	Kireçtaşı	Tüvenan malzeme üretim yapılmaktadır
Canik/Teknepinarı Geri Dönüşüm Projesi	Bazalt	Sabit Konkasör Tesisi+ Yıkama Tesisi
Tekkeköy/Karaperçin	Bazalt	İzin sürecinde

Canik ilçesi, Kaleboğazı Mahallesinde bulunan hammadde üretim sahasından üretilen agregaya yol yapım-bakım ve onarım işlerinde kullanılmak üzere agregaya ihtiyacını karşılamaktadır.

Canik ilçesi, Yılanlıdere Mahallesinde bulunan proje kapsamında olan eski Çöp Toplama İstasyonunun Dolusavak Rezervuar Alanına dönüştürülmesi esnasında çıkan agregaya Kırma-Elemente ve Yıkama Tesisinde 0-30 mm boyutunda yıllık 350.000 ton agregaya üretilmektedir.

Canik ilçesi ve çevre ilçelerin (Atakum-İlkadım-Tekkeköy) yol yapım-bakım-onarım çalışmalarında hammadde olarak kullanılmak üzere ihtiyaç duyulan bölgelere sevk edilmektedir.

Tekkeköy ilçesi, Karaperçin Mahallesinde açılması planlanan alternatif hammadde üretim sahasının izin süreçleri devam etmektedir.

Hammadde üretim sahalarında açık işletme tekniğiyle üretim dışında bir alternatif bulunmamaktadır. Söz konusu ocaklarda üretim aşamasında delme-patlatma yöntemi kullanılmaktadır ve basamaklar oluşturularak çalışılmaktadır. Kalker, kireçtaşı ve bazalt ocak alanlarında en uygun işletme yöntemi patlayıcı madde yardımı ile kayacın parçalanarak gevşetilmesidir.

Delme ve patlatma faaliyeti sonucu açığa çıkan tüvenan malzeme yükleyiciler ile kamyonlara yüklenerek konkasör tesisine taşınmaktadır. Konkasör tesisinde kırılıp elenen agregaya kamyonlar ile malzeme ihtiyacı olan yerlere sevk edilmektedir.

Hammadde üretim sahalarından delme-patlatma yöntemi ile çıkarılacak yıllık 1.500.00 ton tüvenan cevher kırma-elemente-yıkama tesisinde işlenecek ve Samsun Büyükşehir Belediye Başkanlığı sorumluluğunda bulunan ilçe sınırlarındaki tüm sanat yapıları, peyzaj ve rekreasyon uygulamaları, tahkimat ve dolgu işleri ile yol yapım-bakım-onarım çalışmalarının hammadde ihtiyacı karşılanacaktır.

Büyükşehir Belediyemiz bünyesinde mevcut 5 adet Asfalt Plant Tesisi bulunmaktadır. Asfalt Plant Tesislerinin 0-5 mm, 5-12 mm, 12-19 mm ve 19-25 mm boyutlarında 200.000 ton agregaya ihtiyacını hammadde üretim sahalarından temin edilmektedir. Nakliye maliyetini minimuma düşürmek ve mevcut bütün ilçelerin asfalt ihtiyacını karşılayabilmek için her bölgede bir tane Asfalt Plant Tesisi kurulmuştur. Çizelge 6' da mevcut Asfalt Plant Tesislerin yerleri ve kapasiteleri verilmiştir.

Çizelge 6. Asfalt Plant Tesisleri

Bölge	Kapasite (t/s)
Merkez Asfalt Plant Tesisi	240
Çarşamba Asfalt Plant Tesisi	60
Kavak Asfalt Plant Tesisi	50
Vezirköprü Asfalt Plant Tesisi	160
Bafra Asfalt Plant Tesisi	50

### 3 TESİS ÇALIŞMALARI

Yol yapım bakım ve onarım işlerinde ve beton üretim santralinin agregaya ihtiyacını karşılamak üzere Samsun ili, Kavak ilçesi, Bekdemir Mahallesinde 9,91 hektar alan içerisinde Samsun Büyükşehir Belediye Başkanlığına ait 55/2009-06 hammadde üretim izin belgeli II-A Grup (Kalker) ocağı mevcuttur. Maden Kanunu 7. Maddesi gereği alınması gereken bütün izinler alınmıştır. Alternatif ocak olarak Bekdemir Mahallesinde 44,80 hektarlık Kireçtaşı ocağı için gerekli izin süreçleri başlatılmıştır.

25.02.2021 Karar Tarih ve 66335631 220-02 E-202146 Karar Numaralı “55/2009-06 Hammadde Üretim İzin Numaralı II-A Grubu Maden (Kalker) Ocağı ve Kırma-Elleme-Yıkama Tesisi Kapasite Artırımı” “Çevresel Etki Değerlendirmesi Gerekli Değildir” kararı verilmiştir.

07/07/2021 tarih ve 1580952 sayılı yazı ile Kavak Orman İşletme Şefliğinden Daire Başkanlığımıza Hammadde Üretim, Hammadde Tesis ve Hammadde Altyapı Tesisi İzni oluru verilmiştir.

Kırma-Elleme-Yıkama tesisinin kurulması planlanan parseller için hazine tahsis ve kamulaştırma çalışmaları tamamlanmıştır.

06.04.2021 tarih ve E-38177559-250-6197-280 sayılı yazı ile Samsun Valiliği Yatırım İzleme ve Koordinasyon Başkanlığından kurumumuz adına İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatı düzenlenmiştir. 07.05.2021 tarih 23 sayı ile Büyükşehir Belediye Başkanlığımız tarafından Kırma-Elleme-Yıkama Tesisi için adımıza 2. Sınıf Gayrisihhi Müessese İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatı düzenlenmiştir.

2021/05 izin belge numaralı Patlayıcı Madde Satın Alma ve Kullanma İzin belgemiz mevcuttur. Yukarıda bahsi geçen izinlerin alınması sürecinde dışarıdan herhangi bir hizmet alımı yapılmadan Büyükşehir Belediye Başkanlığı bünyesinde bulunan Maden, Harita, Çevre ve Jeoloji Mühendisleri tarafından işletmenin faaliyete geçebilmesi için gerekli bütün izin süreci ve işlemler yapılmıştır. Kurulum aşaması tamamlanan Kırma-Elleme tesisinin akım şeması ve Şekil 1’de verilmektedir.

Tesis akım şemasında ilk olarak kamyonlardan boşaltılıp ızgaraya gelen -140 mm besleme malzemesi -140+50 mm, -25 mm fraksiyona ayrılmaktadır. -25 mm fraksiyonu bypass olarak adlandırılan dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. -140 mm fraksiyonu çeneli kırıcıya beslenmektedir.

Çeneli kırıcıda 50 mm boyutuna kadar kırılan agrega, bant konveyörler ile ön eleğe beslenmektedir. Ön elekte, -25 mm fraksiyonu ise nihai ürün olarak bant konveyörler ile elek ünitesine beslenmektedir.

Elek ünitesinde -25+19 mm, -19+12 mm, -12+5 mm ve -5 mm fraksiyonu ayrılarak nihai ürün ortaya çıkmaktadır. Ön elek üstünde kalan -50+25 malzeme bant konveyörler ile ikincil darbeli kırıcıya beslenmektedir. Kırılan agrega, tüvenan eleğe beslenmektedir. Bu elekten alınan +25 mm fraksiyonu tekrar tersiyer darbeli kırıcıya beslenmektedir. Tüvenan eleğinden elde edilen -25 mm fraksiyonu ise nihai ürün olarak elek ünitesine tekrar beslenmektedir. Çeneli kırıcı, darbeli kırıcılar ve eleklerle ait teknik özellikler sırasıyla Çizelge 7, Çizelge 8 ve Çizelge 9’da verilmektedir. Agrega, kil ve çamur ile birlikte bulunur. Suda dağılan kil ve çamurun uzaklaştırılması için Yıkama Tesislerinde kil dağıtma işlemine tabi tutulur.

Çizelge 7. Devrede yer alan çeneli kırıcıya ait teknik özellikler

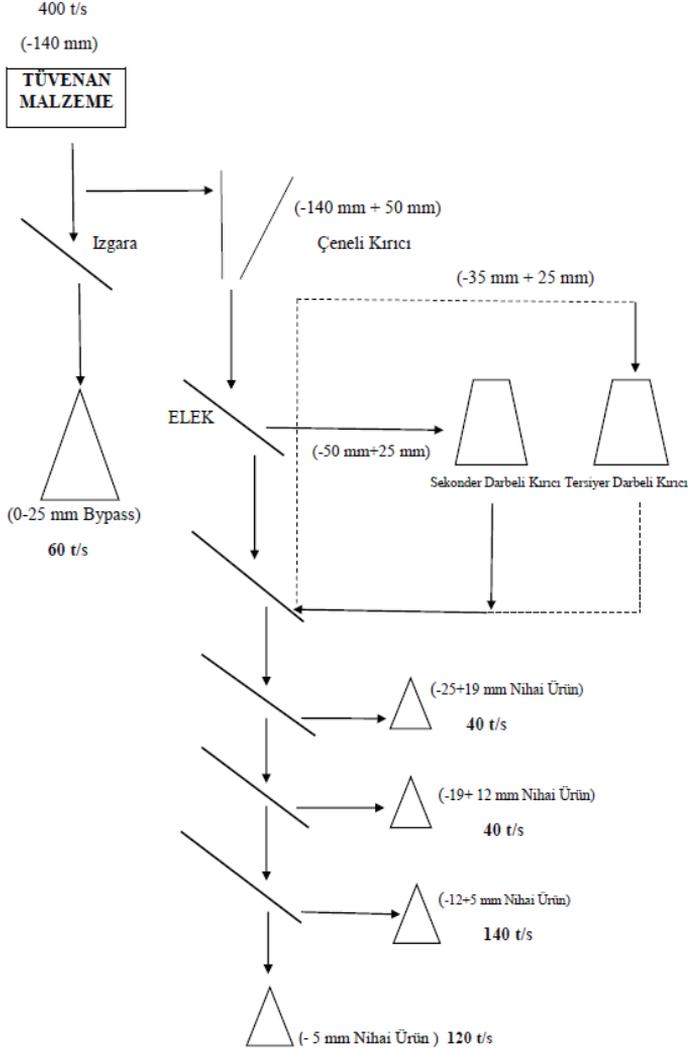
Besleme Kapalı Ağzı Açıklığı (mm)		Motor Gücü (kw)	Kırıcı kapasitesi (t/s)	
En Büyük	En Küçük		En Büyük	En Küçük
250	120	185	700	190

Çizelge 8. Devrede yer alan darbeli kırıcıya ait teknik özellikler

Besleme Tonajı (t/s)	Rotor Çapı (mm)	Rotor Hızı (rpm)	Motor Gücü (kw)
400	1400	1500	355

Çizelge 9. Devrede yer alan eleklerle ait teknik özellikler

Elek Açıklığı (mm)	Boy x En (m x m)	Motor Gücü (kw)
19-25	6 x 2	22
12-19	6 x 2	18
5-12	6 x 2	9,2
0-5	6 x 2	7,5

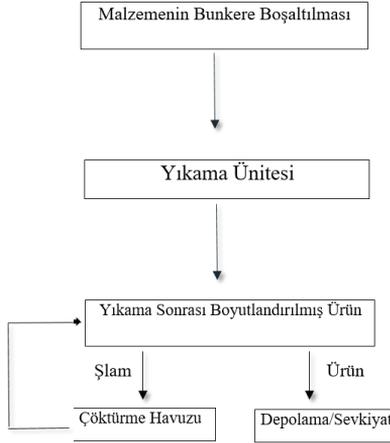


Şekil

Kırma-Eleme devresi akım şeması

1.

Kırma-eleme işlemleri tamamlandıktan sonra yıkama tesisine getirilen malzeme, ilk olarak malzeme bunkerine boşaltılacak ve yıkama işlemine tabi tutulacaktır. Yıkama sonrası boyutlandırılmış ürün sevkiyatı veya depolaması yapılacaktır. Yıkama tesisinin akım şeması Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Yıkama ünitesi proses akım şeması

#### 4 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Samsun Büyükşehir Belediye Başkanlığı ihtiyacı olan agreganın tamamını hammadde üretim sahalarından, mahalle ulaşım yollarında yol genişletme çalışmalarından çıkan agrega malzemesinden ve Geri Kazanım Tesisi Projesi inşaat çalışmalarından temin etmektedir. Piyasadan agrega satın alımı yapmadan bünyemizde bulunan araç, ekipman ve personellerimiz ile Büyükşehir Belediyemizin ihtiyacı olan agrega malzemesi üretimi yapılmaktadır.

Yapılan maliyet analizi çalışmaları neticesinde bünyemizde üretilen agrega üretim maliyeti, piyasadan satın alınan agrega maliyetinden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

İlçelerde yürütülen proje faaliyetlerinde agrega ihtiyacı teminini en kısa sürede karşılayabilmek ve nakliye mesafesini en aza indirmek amacıyla merkezi yerlerde hammadde üretim sahalarından konkasör tesisleri ile agrega üretilmektedir.

Çalışmalar sürecinde 11 adet maden mühendisi görev almaktadır. Türkiye’de herhangi bir belediye veya kamu kurumunda bu sayıda maden mühendisi istihdamı yapılmadığı düşünülmektedir. Diğer kamu kurumları ve belediyelerin madencilik alanında yapılan çalışmalarında Maden Mühendisi istihdamı konusunda çalışmalar yapılmalıdır.

## **TEŞEKKÜR**

Çalışmalarda görev alan maden mühendisleri arkadaşlarıma, çalışan idari ve teknik personellere ve agrega üretim faaliyetleri sürecinde bütün imkânları bize sağlayan Samsun Büyükşehir Belediye Başkanı Sayın Mustafa DEMİR'e sonsuz teşekkürlerimizi sunarım.

## **KAYNAKLAR**

Maden Kanunu, Maden Yönetmeliği 59. Maddesi

Samsun Büyükşehir Belediye Yol Yapım Bakım Onarım ve Daire Başkanlığı bünyesinde tutulan veriler.



# Marmara Bölgesi Agregalarının Cilalanma Özellikleri

## *Polishing Properties of Marmara Area Aggregates*

E. Yıldırım

*Eze İnşaat A.Ş., İstanbul, emre.yildirim@metgun.com.tr*

S.A. Yıldırım

*ABT Laboratuvar ve Müşavirlik Hizmetleri A.Ş., İstanbul, seyit.yildirim@abtlab.com.tr*

**ÖZET** Yol kaplamaların yüzey yapısı, sürüş konforunun yanı sıra sürüş emniyetini de belirleyen en önemli husustur. Aynı zamanda yol kaplamaların kayma direncini ve performansını da doğrudan etkileyen özelliklerden biridir. Cilalanma mukavemeti yüksek agregalarla yapılan asfalt kaplamalarda daha yüksek sürüş emniyeti sağlanmaktadır. Şehir içi yollardan ziyade, şehirlerarası yapılan yol projelerinde, özellikle yolun en üst tabakasında kullanılacak agregaların cilalanma özellikleri için bazı kısıtlamalar mevcuttur. Bitümlü kaplamalarda, aşınma tabakası olarak isimlendirilen yolun yüzey tabakasında, cilalanma direnci düşük agregalar kullanılmamaktadır. Agregaların cilalanma özellikleri, cilalanma deneyi olarak da bilinen, taş parlatma deneyi (TPD) ile belirlenmektedir. TS EN 1097-8 standardına göre yapılan TPD, yol yüzeyine benzer şartlar altında, iri agregaların, araç lastiklerinin sebep olduğu parlatma olayına karşı göstermiş oldukları direncin bir ölçüsüdür. Bu çalışma kapsamında, İstanbul ve yakın çevresinden 16 farklı alandan temin edilmiş olan, 10 farklı petrografik özelliğe sahip agregalara yapılan cilalanma deneyi sonuçları analiz edilmiş, Karayolları Teknik Şartnamesi'ne (KTŞ) göre değerlendirme yapılmış ve sonuçlar paylaşılmıştır.

*Anahtar kelimeler: Taş parlatma değeri, Cilalanma testi, Aşınma tabakası*

**ABSTRACT** The surface structure of road pavements is the most important factor that determines driving comfort as well as driving safety. It is also one of the features directly affecting the slip resistance and performance of road pavements. Higher driving safety is provided in asphalt pavements made with aggregates with high polishing resistance. There are some restrictions on the polishing properties of aggregates to be used in the intercity road projects, especially the top layer of the road, rather than the urban roads. In bituminous coatings, aggregates with low polishing resistance are not used in the surface layer of the road named as wearing coarse. The polishing properties of the aggregates are determined by the stone polishing test (TPD). TPD, made according to TS EN 1097-8 standard, is a measure of the resistance of coarse aggregates to the polishing caused by vehicle tires under the conditions similar on road surface. In this study, polishing test results of aggregates with 10 different petrographic characteristic and obtained from 16 different area from Istanbul and its surroundings were analyzed, the results were evaluated and shared according to the Highways Technical Specifications (KTŞ) and the results were shared.

*Keywords: Polished stone value, Polishing test, Wearing coarse*

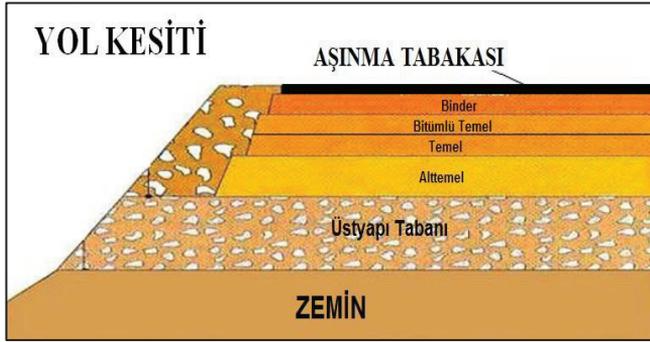


## 1 GİRİŞ

Asfalt ve beton yol kaplamaların iskeletini oluşturan agregaların fiziksel özellikleri, kaplamaların performansını doğrudan etkiler. Agregaların gradasyonu, maksimum tane boyutu, tane şekli, temizliği, sertliği, porozitesi, yüzey dokusu ve cilalanmaya yatkınlığı gibi özellikleri asfalt karışımlarda kullanılacak agregalarda aranan temel özelliklerdir.

Yüzey dokusu aynı zamanda bitüm ile agrega arasındaki adezyona da etki eden önemli bir faktördür. Cilalı yüzeyli agregaların bitümlle kaplanması kolay olmakla beraber adezyonu zayıf olduğundan agrega yüzeyinden kolaylıkla sıyrılmakta ve soyulmaktadır. Bu nedenle bitüm bağlayıcılı karışımlarda pürüzlü yüzeyli agregalar ile hem yüksek stabilite hem de yüksek soyulma direnci elde edilir (Tunç 2004).

Asfalt yol kaplamaların en üst tabakası olan aşınma tabakasında (Şek.1), cilalanma direnci düşük agrega kullanımı veya optimum miktardan daha fazla bitüm kullanımı sonucu meydana gelen ve kuma olarak isimlendirilen kusurlar oluşmuşsa, özellikle yağışlı havalarda yol yüzeyinin ıslak olduğu durumlarda, frenleme ve sürüş sırasında kayma riski artmakta ve sürüş emniyeti azalmaktadır.



Şekil 1. Yol kesiti

Yol yüzeyinin kuru olduğu durumlarda bir miktar kayma olsa da ıslak yol yüzeyindeki kadar sürüş emniyeti açısından risk oluşturmamaktadır. Yağışlı havalarda yağmur suları yolun enine ve boyuna eğimi vasıtasıyla drenaj edilseler de genellikle 0,3 mikron ile birkaç mm kalınlıkta bir su filmi oluşturmakta, kuru hale nazaran sürtünme kuvveti önemli ölçüde azalmakta, kaplama kayganlaşabilmektedir. Kaplama üzerinde bir su filminin olması, sürücülerin direksiyon kontrol kabiliyetini ve frenleme kuvvetini önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle su kalınlığı ve taşıt hızı arttıkça teker ile kaplama arasındaki sürtünme kuvveti önemli ölçüde azalmaktadır (Tunç 2001). Dolayısı ile teker ile yol yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısı, kaplamanın ıslaklığına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle yolun kayma direnci ıslak durumda iken ölçülür.

Kaplamada kullanılan agregaların cilalanma özellikleri ile birlikte, araçların hızı, teker tipi, lastiklerin aşınması, yol yüzeyinin drenaj özelliği, yüzeyin pürüzlülüğü, yağmur, kar ve buzlanma durumu, kaplamada aşırı bitüm kullanımı sonucu oluşan kuma, araç ağırlığı ve sürücü tecrübesi gibi faktörler de kaplamanın kayma direncini etkilemektedir (Shahin 2002). Ancak cilalanma direnci yüksek agregaların yolun aşınma tabakasında kullanımı ile en önemli etkenlerden biri iyileştirilmiş ve frenleme etkisinin artmasıyla sürüş emniyetine olumlu katkı sağlanmış olacaktır.

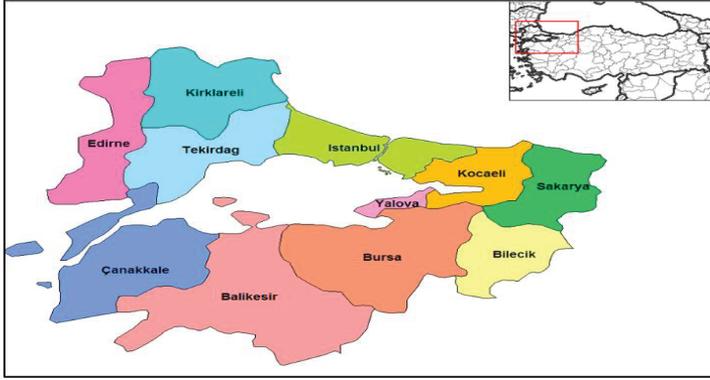
Kaplamanın kayma direnci, yüzeyinin sahip olduğu makro ve mikro pürüzlülüğüne bağlıdır. Makro pürüzlülük kaplamada kullanılan agreganın nominal boyutu ile, mikro pürüzlülük ise

agreganın petrografisi ve cıalanma özellikleri ile ilgilidir (Tunç 2001). Makro pürüzlülük kum-yama testi ile, mikro pürüzlülük ise cıalanma testi ile tayin edilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, İstanbul ve yakın çevresinden 16 farklı bölgeden temin edilmiş olan, 10 farklı petrografik özelliğe sahip agrega numunelerine yapılan TPD sonuçları verilmiş, KTSŞ (2013) limit değerlerine göre değerlendirme yapılmış ve sonuçlar analiz edilmiştir.

## 2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deney numuneleri Şekil 2. de verilen Marmara Bölgesi'nde bulunan 16 farklı mevkide faaliyet gösteren ve farklı petrografik özellikteki taşocaklarından temin edilmiştir.



Şekil 2. Marmara Bölgesi haritası

### 2.1 Taş Parlatma Deneyi (TPD)

TPD, yol yüzeyine benzer şartlar altında, iri agregaların, araç lastiklerinin sebep olduğu parlatma olayına karşı direncinin bir ölçüsüdür. TS EN 1097-8 standardına uygun olarak yapılan deney, 10 mm'lik elekten geçen ve 7,2 mm'lik elekte tutulan agregalar üzerinde gerçekleştirilir ve iki kısımdan ibarettir.

İlk olarak, deney numuneleri hızlandırılmış parlatma makinesinde parlatma işlemine tâbi tutulur, sonra her bir numunenin eriştiği parlama derecesi, sürtünme deneyi ile ölçülür. TPD, daha sonra sürtünme tayinlerinden hesaplanır. Deneye tabi tutulacak numuneler TS EN 932-2'e uygun olarak azaltıldıktan ve 10 mm elekten geçirildikten sonra, kalıp numunelerin hazırlanması için, 7,2mm yassılık eleğinde kalan minimum agrega miktarı 2 kg olacak şekilde ayarlanır. Aynı şekilde minimum 1 kg kontrol taşı hazırlanır. Metal kalıpların iç yüzeyleri ince bir fırçayla hafifçe arap sabunuyla kaplanır. Yıkamış ve kurutulmuş olan agrega taneleri her bir kalıpta 36 ila 46 adet olmak üzere düzgün yüzeyleri aşağı gelecek şekilde kalıplara yerleştirilir. (Şekil 3)



Şekil 3. Numunelerin kalıplara yerleştirilmesi

Agrega taneleri mümkün olduğunca birbirine yakın yerleştirilirken, aralarında kalan boşluklar agregaların boylarının  $\frac{3}{4}$  üne kadar tamamı 0,300 mm elekten geçen kuru ince kumla doldurulur. Fırçayla veya üfleyerek agregalar hareket ettirilmeden yüzey düzeltilir. Reçine ve sertleştirici malzeme ayrı bir kapta karıştırılır ve hafif taşacak şekilde kalıpların üstü doldurulur. Spatulayla veya metal kapak sıkıştırılarak fazla dolgu malzemesi alınır.

5-10 dk sonra reçine sertleşmeye başladığında bıçak yardımıyla üst yüzey kesilerek düzeltilir. Metal kapak kapatılarak yaklaşık 30 dk iyice sertleşmesi için beklenir ve kalıptan çıkarılır. Gevşek kum partikülleri fırçayla temizlenir. Eğer tamamlanan kalıp numunede agregaların dış yüzeylerine reçine gelmişse veya kalınlık 12,5mm den daha az ise deneyde kullanılmaz.

Her çalışma için 14 adet kalıp hazırlanır. Eğer 6 farklı agrega yoksa yedek kalıplar kasnak tekerleği doldurmak için kullanılır.  $90,6 \pm 0,5$ mm uzunluk ve  $44,5 \pm 0,5$  mm genişlikte boyutlara sahip olan kalıp numuneler hazırlandıktan sonra standartta belirtildiği gibi numaralandırma yapılır. Kalıp numuneler kasnak tekerlek üzerine yerleştirilir ve kalıpların dönme yönü işaretlenir. (Şek. 4)



Şekil 4. Numunelerin kasnak tekerleğe yerleştirilmesi

Deney oda sıcaklığında, Şekil 5. de gösterilen cilalanma test cihazında  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  de gerçekleştirilir ve çapı  $200 \pm 3$  mm, genişliği  $38 \pm 2$  mm, sertliği  $69 \pm 3$  ırhd olan iki adet lastik tekerlek kullanılır.



Şekil 5. Cilalanma Test Cihazı

Kasnak tekerleğin dönme hızı  $320 \pm 5$  dk' ya ayarlanır ve 1 Nolu lastik tekerlek (kaba) numunelerin üzerine degecek şekilde yerleştirilir. Tablo 1. de özellikleri verilen kaba zımpara tozunun besleme hızı  $27 \pm 7$  g/dk ya ayarlanır.

Tablo 1. Kaba zımpara tozu özellikleri

Elek göz açıklığı mm	Elekten geçen %
0,600	98-100
0,500	70-100
0,425	30-90
0,355	0-30
0,300	0-5

Suyun hızının zımpara tozunu aşağıya taşıyacak kadar olması yeterlidir. Genellikle zımpara tozunun besleme hızıyla aynıdır. Start tuşuna basılarak deney başlatılır.

Test ( $60 \pm 5$ ) ve ( $120 \pm 5$ ) dakikalarında durdurulur ve altta birikim yapan zımpara tozu temizlenir.  $180 \pm 1$  dakika sonra test otomatik olarak durur. Kasnak tekerlek cihazdan çıkarılarak, kalıp numuneler ve cihaz, zımpara tozundan eser kalmayacak şekilde temizlenir.

2 Nolu lastik tekerlek (ince) cihaza yerleştirilir ve Tablo 2. de özellikleri verilen ince zımpara tozu besleme hızına doldurulduktan sonra besleme hızı  $3 \pm 1$  g/dk olacak şekilde ayarlanır.

Tablo 2. İnce zımpara tozu özellikleri

Elek göz açıklığı mm	Elekten geçen %
0,050	99-100
0,032	75-98
0,020	60-80

Temizlenen kasnak tekerlek tekrar yerine takılır. Suyun hızı zımpara tozunun besleme hızınının 2 katı olacak şekilde ayarlama yapılır. Start tuşuna basılarak deney tekrar başlatılır.

Herhangi bir durdurma olmadan 180±1 dakikalık deney süresi sonunda kasnak tekerlek cihazdan çıkarılır. Kalıplar kasnaktan çıkarılarak fırça ve tazyikli suyla tekrar temizlenir.

Yıkama sonrası kalıp numuneler yüzleri aşağı gelecek şekilde 20±2°C lik su içinde 30 ila 120 dk süresince bekletilir. Sudan çıkarır çıkarmaz kurumasına izin verilmeden numunelere sürtünme testi uygulanır.

## 2.2 Sürtünme Deneyi

Taş parlatma deneyinin devamında yapılan ve TS EN 13036-4 standardına uygun olarak gerçekleştirilen deneyde, Şekil 6. da verilen, British pandül olarak da bilinen sürtünme test cihazı ve kaydırıcılar deney süresince sıcaklığın 20±2°C de olduğu bir odada minimum 120 dk bekletilir.



Şekil 6. Sürtünme Test Cihazı

Cihaz düz ve sert bir yüzeye yerleştirilir. Sarkaç bir kez salınım yaptırıldığında kolun sıfırı gösterdiği kontrol edilir.

İlk numune, kasnak tekerlekte dönme yönüne ters istikamette pandüle yerleştirilir. Pandül kolunun boyu, kaydırıcının kalıbın her tarafına temas ettiği şekilde ayarlanır. Tablo 3. de özellikleri verilen kaydırıcı, bir lastik yastıktan oluşur.

Tablo 3. Kaydırıcı özellikleri

Özellik	Sıcaklık 10°C	Sıcaklık 20°C	Sıcaklık 30°C	Sıcaklık 40°C
Esneklik*	58-65	66-73	71-77	74-79
Sertlik**	50-65	50-65	50-65	50-65

\* ISO 4662 'ye uygun Lüpke geri dönme deneyi

\*\* ISO 48'e göre uluslararası lastik sertliği

Kalıp içindeki deney numuneleri ve kaydırıcı lastik, bol ve temiz su ile ıslatılarak kol serbest bırakılır. Kaydırıcı numune, üzerinden geçtikten sonra skalada okunan değer kaydedilir. Bu işlem, numune her defasında 5 defa ıslatılarak tekrarlanır. Numuneler standartta belirtilen sırayla test edilir.

TPD kontrol taşı için bulunan iki değer ortalama 0,1 yaklaşımla belirlenir. İki sonuç arasındaki fark 5'den fazla veya iki sonuçtan bir tanesi belirtilen kontrol taşı aralığının dışına çıkmışsa tüm testin sonuçları geçersiz sayılır. Kontrol taşı için belirtilen aralık 49,5 ila 59,5 tur.

Deneysel çalışmalarda sürtünme değeri  $C=52$  olan kontrol taşı kullanılmıştır. Kalıp numunelerin sonuçlarının ortalaması alınmış ve standartta verilen formül kullanılarak her farklı numune için TPD hesaplanmıştır.

### 3 BULGULAR

Çalışma kapsamında yapılmış olan cilalanma deneyi için her mevkiye ait 4 adet numune kullanılmış ve Tablo 4. de hesaplaması örnek olarak verilen kalker numunelerde görüldüğü şekilde her numune için 5'er ölçüm yapılarak ortalama sonuçlar alınmış ve S olarak kaydedilmiştir.

Tablo 4. TPD değerinin hesaplanması

Numune No	Numune Cinsi	Ölçüm No					Ortalama	TPD Cilalanma
		1	2	3	4	5		
1	Kalker	46	46	45	46	46	45,7	46
2		45	46	46	46	45		
3		46	45	45	45	46	45,5	
4		46	46	46	45	45		

Numunelerin TPD cilalanma değeri;

$TPD = S + (52,5) - C$  formülü ile hesaplanıp tam sayıya yuvarlatılarak raporlanmıştır.

Burada;

S: 4 agrega deney numunesine ait ortalama,

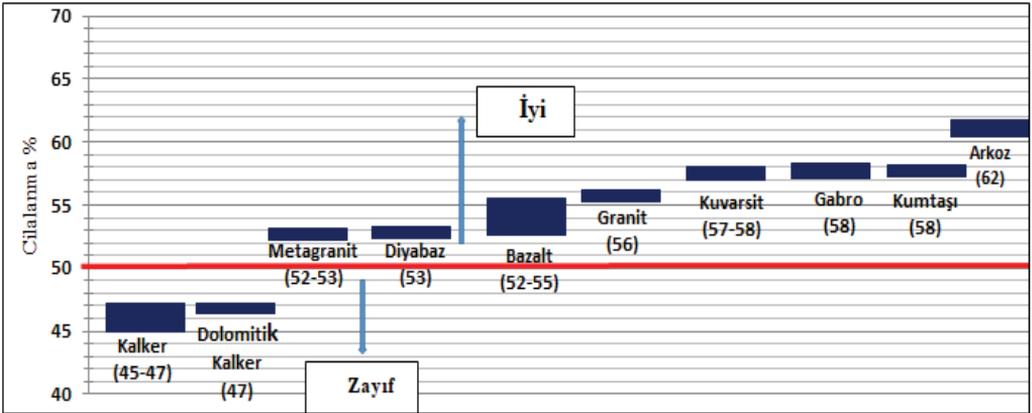
C: 4 TPD kontrol taş numunesine ait ortalama değerdir.

Çalışma kapsamında tüm numuneler için yapılmış olan deneylerin sonuçları Tablo 5. de, petrografik özelliklerdeki farklılıklara göre kayaçların cilalanma sonuçları Şekil 7. de verilmiştir.

İstanbul ve Kocaeli'nin değişik bölgelerindeki kalker agregalar 45-47 aralığında, Tekirdağ ve Bursa bölgesi bazalt ve diyabazları 52-55 aralığında, Kırklareli, Tekirdağ metagranitleri 52-53, granit, kuvarsit, kumtaşı ve gabro numuneleri 56-58 aralığında TPD değeri vermiştir. En yüksek TPD değeri Kılıç-Yalova mevki Arkoz numunesinde ölçülmüştür.

Tablo 5. Cilalanma deney sonuçları

Numune Cinsi	Mevkii	Deney Sonucu, %	KTŞ Limitleri, %	
			Aşınma Tabakası	Binder Tabakası
Kalker	Cebeci-İstanbul	46		
Kalker	Ömerli-İstanbul	45		
Kumtaşı	Cendere-İstanbul	58		
Gabro	Şile-İstanbul	58		
Kuarsit	Çatalca-İstanbul	58		
Kalker	Gebze-Kocaeli	47		
Bazalt	Çorlu-Tekirdağ	52		
Bazalt	Osmanlı- Tekirdağ	53		
Bazalt	İzmit-Bursa	55		
Metagranit	Vize-Kırklareli	52		
Metagranit	Saray-Tekirdağ	53	≥ 50	≥ 35
Diyabaz	Gemlik-Bursa	53		
Arkoz	Kılıç-Yalova	62		
Kuarsit	Orhangazi-Bursa	57		
Dolomit	Kapaklı-Kırklareli	47		
Granit	Ocaklar-Balıkesir	56		
Kalker	Cebeci-İstanbul	46		
Kalker	Ömerli-İstanbul	45		
Kumtaşı	Cendere-İstanbul	58		
Gabro	Şile-İstanbul	58		
Kuarsit	Çatalca-İstanbul	58		
Kalker	Gebze-Kocaeli	47		
Bazalt	Çorlu-Tekirdağ	52		



Şekil 7. Farklı petrografik özelliklerdeki kayaların cilalanma özellikleri

#### 4 DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Agregaların cilalanması mikro pürüzlülüğü azaltır, sonuç olarak yüzeydeki agregalar düzgün ve pürüzsüz bir hal alır. Agregaların cilalanması, yüzeydeki agregaların pürüzlülüğünün yok olup yuvarlanması sonucu, mikro pürüzlülüğün azalması veya kaybolmasıdır. Bu süreç, aşınan küçük partiküllerin zımparalama etkisi ile, mikroskobik ölçüde meydana gelir (Akbulut ve Gürer, 2003). Bu nedenle, yüzeyi cilalanarak kayganlaşmış pürüzsüz agregaların, trafiğe maruz kalan yolun en üst tabakasında kullanımı, özellikle yağışlı havalarda sürüş emniyetini olumsuz etkileyecektir.

16 farklı bölgeden temin edilmiş olan ve 10 farklı petrografik özelliğe sahip agrega numunelerine yapılan cilalanma deney sonuçları incelendiğinde; arkoz, kumtaşı, gabbro, kuvarsit ve granit numunelerin diğer örneklerle göre daha az cilalandıkları, daha yüksek TPD değeri verdikleri görülmüştür. Bu numunelerle birlikte, bazalt, diyabaz ve metagranit numuneler 50'nin üzerinde TPD değerine sahiptir ve KTS (2013) limitleri çerçevesinde yol kaplamaların yüzey (aşınma) tabakasında kullanımı sürüş emniyeti açısından daha uygundur. Kalker agrega numunelerinin ise çok kolay cilalandıkları, 50'nin altında TPD değerine sahip oldukları ve ancak asfalt yol kaplamalarda aşınma tabakasının altındaki binder seviyesinde kullanımının daha uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

#### KAYNAKLAR

- Karayolu Teknik Şartnamesi 2013. Karayolları Genel Müdürlüğü Ankara, 581s
- Akbulut, H. Gürer, C. 2003. Mermer Atıklarının Çevresel Etkileri, Yol Katmanlarında Kullanarak Faydalanma ve Atık Azaltma İmkanları "Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Afyonkarahisar. S.371-378.
- Shahin, M. Y. 2002. *Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots* pp. 90-111, Kluwer Academic Publishers, US.
- Tunç, A. 2001. *Yol Malzemeleri ve Uygulamaları*, Atlas, Ankara, s-11
- Tunç, A. 2004. *Esnek Kaplama Malzemeleri*, Asil, İstanbul, s.7-38
- TS EN 932-2 1999. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler - Deney Numunelerinin Azaltılması, 15s
- TS EN 1097-8 2010. Taş Parlatma Değerinin Tayini, 31s
- TS EN 13036-4 2003. Yüzey Kayma Direncinin Ölçümü- Pandül Testi, 24s





# Türkiye Yol ve Asfalt Endüstrisinde Agrega

## Aggregate for the Turkish Road and Asphalt Industry

Z. Temren

Kimya Yüksek Mühendisi, Türkiye Asfalt Müteahhitleri Derneği, Ankara,  
zeliha@asmud.org.tr

**ÖZET** İnşaat sektörünün yapı taşı olan agrega, ülkemizin en önemli altyapı yatırımları arasında yer alan yolların da temel malzemesidir. 1 km yolun yapımında 30.000 ton'a kadar agrega kullanılmaktadır. Türkiye, 2014 yılı itibariyle karayolları, köy yolu ve şehir içi yollarıyla 500.000 km'nin üzerinde yol ağına sahip olup, her yıl 100 -150 milyon ton agrega yol yapımında kullanılmaktadır. "Bir yol, agregası kadar sağlamdır" felsefesi doğrultusunda, agrega yolun mekanik dayanımı, hizmet ömrü ve trafik güvenliği ile çevresel açıdan hayati bir öneme sahiptir. Yollarda agrega alttemel, temel tabakalarında bağlayıcısız olarak, asfalt tabakalarında bitümle bağlayıcı ve sanat yapılarında ise çimento ile bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Bu bildiride, ülkemizde yol ve asfalt sektörünün temsilcisi bir sivil toplum kuruluşu olarak "Türkiye Asfalt Müteahhitleri Derneği" adına, Türkiye'de yol endüstrisinin mevcut durumu, hedefleri, agrega kullanımını, üretimi, kalitesi, geri kazanımı hakkında bilgi verilerek, agrega ile ilgili kalite ve çevre yönetimi ile iş sağlığı ve güvenliği konularındaki yasal mevzuat ve uygulamalar ele alınmış, sektörün fırsatları ve karşılaştığı zorluklar analiz edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** agrega, asfalt, karayolu, şehir içi yollar, köy yolları, sürdürülebilirlik

**ABSTRACT** Aggregate as the main building stone of the construction sector is the base material of roads, the essential investment of the infrastructure. Every new 1 km of roadways requires up to 30.000 ton of aggregates. The length of the Turkish road network including highways, motorways, rural and urban roads is about over 500.000 km. Approximately 100-150 million tones aggregate in a year are used for roads. In accordance to the adopted philosophy "A road is as strong as it's aggregate", aggregates used in the road are vital importance in terms of mechanical strength, service life and traffic safety and environmental perspective. Aggregates are used in base/sub-base layers without binder, asphalt layers with bituminous bound, concrete for structures with cement bound. In this paper, on behalf of "Turkish Asphalt Contractors Association" as a representative of road and asphalt sector, it is given information about the state of the art of Turkish road industry, targets, aggregate usage, production and quality as well as legal regulations and implementations related to quality, environmental, occupational health and safety. In addition, the opportunities and challenges of the sector are analyzed.

**Keywords:** Aggregate, asphalt, highways, urban roads, rural roads, sustainability

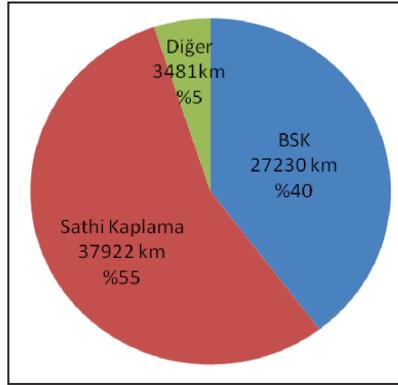


# 1 TÜRKİYE YOL ENDÜSTRİSİ

## 1.1 Mevcut Durum

2021 yılı itibariyle ülkemizde karayolu ağı uzunluğu 68.633 km, köy ve orman yolu uzunluğu 187.694 km olup (KGM, 2020), uzunluğu kesin olarak bilinmeyen şehir içi yollarda karayollarında kullanılan asfalt miktarına yakın ve hatta bazen daha fazla asfalt kullanılmaktadır. Ülkemizde mevcut karayolu ağı ile yük taşımacılığının % 89,2'si, yolcu taşımacılığının ise %89,9'u gerçekleştirildiğinden karayolu ağının fiziki ve geometrik standartlarının artırılması amacı ile 2003'den itibaren bölünmüş yol çalışmalarına ve 2010 yılından itibaren Yap-İşlet Devret-YİD modeli ile otoyol çalışmalarına hız verilmiştir (KGM, 2020). Bugün 3.523 km olan otoyol dahil bölünmüş yol ağının uzunluğu 28.195 km'ye ulaşmıştır. YİD modeli kapsamında İstanbul-Bursa-İzmir otoyolu, Osmangazi köprüsü, Kuzey Marmara Otoyolu, Yavuz Sultan Selim Köprüsü Ankara-Niğde otoyolu gibi mega projeler gerçekleştirildi. Yapımı devam etmekte olan 1915 Çanakkale köprüsü de dünyanın önemli projeleri arasında yer almaktadır. Yüksek performanslı otoyol standardında yapılan bu yolların alt ve üst yapısı ile sanat yapılarında önemli miktarda yüksek kaliteli agrega kullanıldı (KGM, 2021). Karayollarının devlet ve il yolu ağında bölünmüş yollar ile yükseltilecek geometrik standartların yanı sıra taşıma gücü olmayan sathi kaplamalı asfalt yollar yerine bitümlü sıcak karışım asfalt kaplama yapımı artmış ve bugün karayollarının % 40'ı yüksek taşıma gücüne sahip Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) tabakaları ile kaplanmıştır.

Şekil 1'de karayolu ağının sathi tipine göre dağılımı verilmiştir. 187.694 km uzunluğundaki köy yolu ağının % 7'si BSK, %35'i sathi kaplama, %5'i parke, %3'ü ve geri kalanı kaplamasız olarak hizmet vermektedir.



Şekil 1. Sathi cinsine göre karayolu ağı

ASMÜD tarafından her yıl yapılan ve Avrupa asfalt rakamları arasında da yer alan istatistiklere (ASMÜD,2019) göre, ülkemizde son 5 yılda kullanılan asfalt miktarları ile bitüm tüketimi Çizelge -1'de verilmiştir.

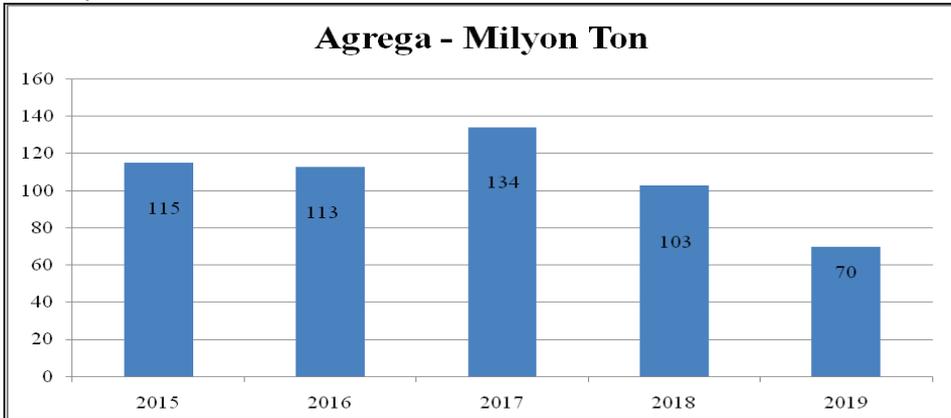
Çizelge 1. Türkiye’de son 5 yılda yapılan asfalt uygulamaları ve bitüm tüketimi

	Yıl	Bitümlü Sıcak Karışım, milyon ton	Sathi Kaplama km <sup>2</sup>	Soğuk Bitümlü Karışım ton	Bitüm Tüketimi ton
Karayolları	2015	17,5	140,9	260.000	1.330.000
	2016	24,5	173,7	117.000	1.755.000
	2017	22,5	151	45.000	2.208.000
	2018	15,8	104,2	318.000	1.630.000
	2019	7,2	108,9	410.000	388.000
Şehir içi yollar	2015	19,1	73,2	99.000	1.051.000
	2016	14,7	68,7	212.000	949.000
	2017	22,1	71,1	612.000	1.155.000
	2018	23,3	3,8	48.000	967.000
	2019	13,9	4,0	14.000	762.000
Köy yolları	2015	1,3	55,1	424.000	345.000
	2016	1,2	64,1	215.000	227.000
	2017	2,3	46,3	393.000	257.000
	2018	2,6	28,6	341.000	313.000
	2019	2,4	28,0	481.000	350.000
<b>Toplam</b>	<b>2015</b>	<b>37,9</b>	<b>269,2</b>	<b>783.000</b>	<b>2.726.000</b>
	<b>2016</b>	<b>40,4</b>	<b>306,4</b>	<b>544.000</b>	<b>2.931.000</b>
	<b>2017</b>	<b>46,9</b>	<b>268,4</b>	<b>1.048.000</b>	<b>3.900.000</b>
	<b>2018</b>	<b>41,7</b>	<b>136,6</b>	<b>707.000</b>	<b>2.910.000</b>
	<b>2019</b>	<b>23,5</b>	<b>140,9</b>	<b>905.000</b>	<b>1.500.000</b>

Avrupa Asfalt Üstyapı Birliği-EAPA tarafından hazırlanan "Rakamlarla Asfalt" broşüründeki verilere (EAPA, 2019) göre Avrupa'da asfalt üretimi 300 milyon ton civarındadır. Türkiye Avrupa ülkeleri arasında 2019 yılı öncesinde 40 milyon ton üzerindeki asfalt üretimi ile Avrupa'nın sayılı ülkeleri arasında birinci ve ikinci sıralarda yer alırken 2019 yılında üretimi % 48 azalmıştır.

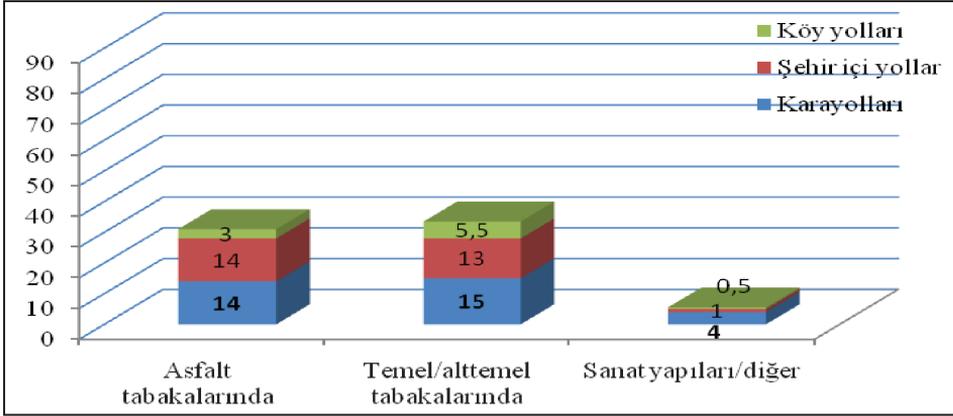
## 1.2 Agrega Kullanımı

Ülkemizde son 5 yılda yolda kullanılan toplam agrega miktarı (ASMÜD İstatistikleri) Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Türkiye’de yol yapımında kullanılan agrega miktarı

2019 yılı verilerine göre, toplam 70 milyon ton agrega kullanımının % 47'si karayollarında, % 45'i şehir içi yollarda ve % 8'i de köy yollarında kullanılmıştır. Yollarda yol sınıfına göre asfalt, alttemel/temel ve sanat yapılarında kullanılan agrega miktarları Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Karayolu, şehiriçi yol ve köy yollarında farklı tabakalarda ve sanat yapılarında kullanılan agrega miktarı-2019, Milyon ton,

Elde edilen verilere göre, agreganın %48'i bağlayıcısız temel ve alttemel tabakalarında %44'ü asfalt yapımında geri kalan kısmı da sanat yapılarında kullanılmıştır.

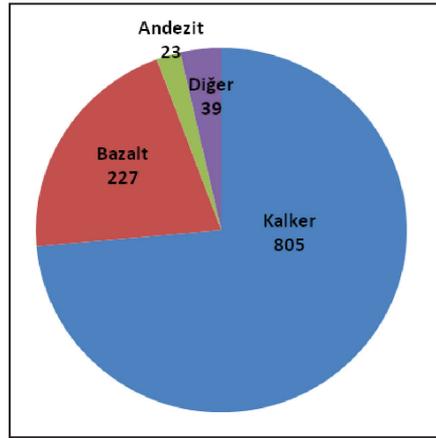
Türkiye genelinde kullanılan yıllık ortalama agrega miktarı 430 milyon ton olup (AGÜP,2020), bunun % 23'ü yol yapımında kullanılmaktadır. Asfalt uygulamalarında kullanılan agrega oranı ise yaklaşık %10'dur.

Yol yapımında genellikle taş ocağı agregaları kullanılmaktadır. Dere ocaklarının yetersizliği, homojen olmaması nedeniyle karşılaşılan kalite sorunları ve ayrıca çevresel etkilerinin yüksekliği sonucu ülkemizde dere ocağı kullanımı oldukça düşüktür.

Karayolu yapımında genellikle Karayolları Genel Müdürlüğü adına ruhsatlı olan 1189 ocak kullanılmaktadır (KGM, 2021). Bu ocaklardan 1094 adeti II-A grubu olarak adlandırılan taş ocaklarından, 95 adedi de I-A grubu olarak adlandırılan Kum-Çakıl Ocaklarından oluşmaktadır. Taş ocaklarının malzeme cinsine göre dağılımı Şekil 4'te gösterilmiştir.

Taş ocaklarının malzeme cinsine göre dağılımında karayolu projelerinde en çok kalker taş ocaklarının kullanıldığı görülmektedir. Yol projesi üstlenen müteahhitler, genellikle ihtiyaç duyduğu agregayı karayollarının projede belirttiği ocaklardan kendi imkanlarıyla hazırlayarak kullanmaktadırlar.

Son yıllarda yoğun bir şekilde devam eden bölünmüş yol yapım çalışmaları kapsamında bazen mevcut yol güzergâhına paralel yeni bir taşıma yolu yapılmış, bazen de güzergah değiştirilerek yeni bölünmüş yollar inşa edilmiştir. Terk edilen veya kısmen kullanılmayan mevcut yollardan çıkan bağlayıcısız agregalar ile beton ve asfalt malzemeleri düşük trafikli köy yollarında stabilize olarak genellikle ayrıştırılmadan ve işlenmeden kullanılmıştır.

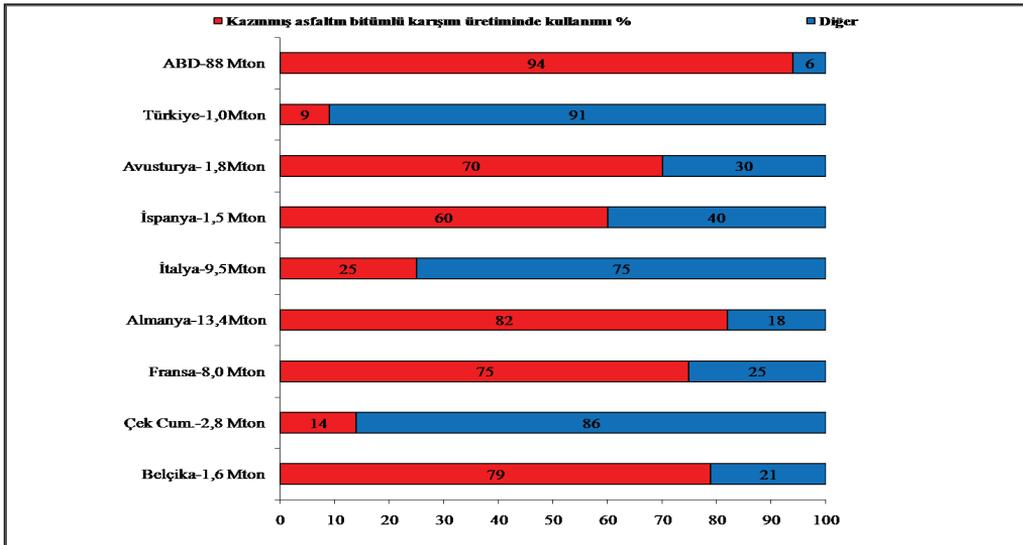


Şekil 4. KGM ruhsatlı taş ocaklarının malzeme cinsine göre dağılımı

Hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıklarının kontrolü yönetmeliğine göre yol yıkımlarında malzemelerin birbirine karışmayacak şekilde ayrı ayrı kaldırılması, işlenmesi, yeniden kullanılması ve geri dönüştürülmesi gerekmektedir.

Yol üstyapı bakım ve onarım çalışmaları kapsamında bozulan asfalt tabakaları kazınarak yerine yeni asfalt tabakaları yapılmaktadır. Ülkemiz yollarından yıllık yaklaşık 1 milyon ton asfalt kazınmakta, ancak en fazla %10'u asfalt üretiminde kullanılmaktadır (ASMÜD,2019). Geri kalan kısmı içerisindeki çok değerli bir malzeme olan bitümlü bağlayıcıdan yararlanılmadan agrega gibi düşük trafikli köy yollarında stabilize olarak kullanılmaktadır.

Şekil 5'de verildiği üzere gelişmiş ülkelerde kazanmış asfaltın yine asfalt olarak kullanım oranı % 90'lara ulaşmaktadır (EAPA, 2019).



Şekil 5. Türkiye, diğer bazı ülkelerde kazınan asfalt miktarı-Milyon ton ve asfalt olarak geri kazanımı % - 2019

## 2 YOL/ASFALT SEKTÖRÜNDE İŞ POTANSİYELİ-AGREGA İHTİYACI

Ülkemizde yol ve asfalt sektörünün tüm tarafları sürdürülmekte olan karayolu projelerinin yanı sıra belirlenen hedefler doğrultusunda planlanmış büyük projelere odaklanmıştır. Bu kapsamda Karayolları Genel Müdürlüğü - KGM tarafından hazırlanan 2020 yılı Faaliyet Raporunda 2020 sene başı yatırım programında toplam proje bedeli 154 Milyar TL olan 1.255 adet proje yer aldığı belirtilmektedir.

12. Haberleşme ve Ulaştırma Şurası dolayısı ile açıklanan 2023 ve 2035 hedefleri (TC Ulaştırma ve Haberleşme Bakanlığı-KGM,2021) Çizelge 2’de ve bu hedefler doğrultusunda gerekli asfalt ve agrega ihtiyacı ise Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 2. Karayollarının 2023 ve 2035 otoyol, bölünmüş yol (BY) ve BSK hedefleri, km

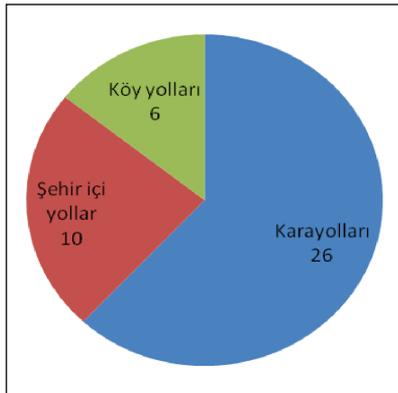
	2021	2023	2035
<b>Otoyol +BY</b>	28.195	29.500	34.000
<b>Otoyol</b>	3.523	3.779	8.124
<b>BY</b>	24.672	25.721	25.876
<b>BSK</b>	27.853	31.500	46.000

Çizelge 3. Karayollarının 2023 ve 2035 hedefleri kapsamında asfalt ve agrega ihtiyacı (beton agregası hariç)

	Hedeflenen, km		Asfalt ihtiyacı milyon ton*		Agrega ihtiyacı, milyon ton*	
	2023	2035	2023	2035	2023	2035
<b>Otoyol</b>	256	4.345	4	66	12	204
<b>BY</b>	1.049	155	10	1	29	4
<b>BSK, BY</b>	2.342	10.000	21	92,4	21	88
<b>Toplam</b>			35	160	62	296

\*Asfalt ve agrega ihtiyacı standart otoyol ve bölünmüş yol genişlikleri üzerinden; Otoyollar için: 24 cm asfalt+50 cm Temel/alttemel, BY yol için: 22cm asfalt + 40 cm Temel/alttemel kalınlıkları ile hesaplanmıştır.

Karayollarının yanı sıra şehir içi yollar ve köy yollarında üstyapıda kullanılan ortalama agrega miktarları da dikkate alınarak, 2035 yılı öngörüsü ile yıllık ortalama agrega ihtiyacı 42 milyon ton olup dağılımı Şekil 6’da gösterilmiştir



Şekil 6. 2035 yılı öngörüsü ile yıllık ortalama 42 milyon tonluk agrega ihtiyacının dağılımı, milyon ton

Bu yaklaşımla, gelecek 14 yılda yol sektöründe agrega talebinin azalacağı yönünde değerlendirme yapılabilir. Ancak her yıl genişleyen şehirlerimizle hızla artan yol ağı ve sık yapılan bakım-onarım çalışmaları dikkate alınırca tahmin edilen bu talebin artacağı düşünülebilir.

### 3 YOL YAPIMINDA AGREGA KALİTESİ

Ülkemiz kullanılan Karayolu Teknik Şartnamesi-KTŞ, karayollarının yanı sıra şehir içi yollar ve köy yollarında da esas alınmaktadır. Sürekli yeni gelişmelere uygun olarak güncellenen şartnamenin 2013 baskısı halen yürürlükte olup şartnamenin revizyon çalışmaları devam etmektedir. Bu şartname kapsamında yol malzemelerinde kullanılan deneyler için geçmişte kullanılan Amerikan standartlarından (AASHTO ve ASTM standartları) Avrupa birliği-AB müktesebatına uyum çalışmaları kapsamında Avrupa standartlarına (EN) kısmi geçiş yapılmıştır. Bu kapsamda, bazı ürün özellikleri EN bazıları ise Amerikan standartları ile tanımlanmaktadır.

Sektöre agrega ve asfalt tedarik eden firmalar ürünlerine CE belgesi almak zorunda iken, asfalt ve agregaların üstlendikleri sözleşme kapsamından üreten yükleniciler için CE belgesi alma zorunluluğu bulunmamaktadır.

Genelde kamu yatırımları kapsamında olan yol işleri ihale ile yaptırıldığından işi üstlenen müteahhit agrega ve asfalt karışımlarını KTŞ'ye uygun olarak üretmek veya piyasadan tedarik etmek zorunda kalmaktadır. Piyasada asfalt ve agrega üreten firmalar ise, hem KTŞ gereklerini hem de ilgili EN standartlarının gereklerini karşılamak zorunda kalmaktadır. Örneğin KTŞ'de verilen tane boyutu dağılım kriteri ASTM eleklerine göre olduğundan üretici tane boyutu dağılımını hem ASTM hem de EN standardına göre belirlemek zorunda kalmaktadır.

Ayrıca bazı durumlarda şartnamede istenilen ampirik ve performans esaslı kriterler birbiri ile çelişmekte ve sorunlara neden olmaktadır.

Bu sorunları gidermek için harmonize agrega standartları için ulusal rehber dökümanların hazırlanması ve şartnamelerin yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

Avrupa'da CE belgesi gerektiren harmonize EN standartlarının uygulamalarında görülen sorunlar nedeni ile yeni gelişmeler olmaktadır. Avrupa komisyonu 2020 yılında CEN standardizasyon kurumu tarafından revize edilen harmonize yapı malzemeleri standartlarını onaylamamış ve bu kapsamda genelde uluslararası ticareti olmayan asfalt ve agrega gibi yapı malzemelerinin harmonize standard kapsamından çıkarılması ve CE belgesinin bu ürünlerden kaldırılması konusu tartışmaya açılmıştır. Avrupa agrega ve asfalt sektörü tüm Avrupa'nın ortak bir dilde ürünlerini tanımlaması gerektiğini düşünmekle birlikte, uluslararası ticareti engelleyecek sınıf ve kategori kriterlerinin kaldırılması yönünde de görüş belirtmektedirler.

Yol üstyapısının teşkilinde kullanılan agregaların özellikleri yolun performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle yolun en üst tabakasında kullanılan asfalt karışımlarında agrega özellikleri, performansın yanı sıra, trafik güvenliği ve konfor açısından büyük bir önem taşımaktadır. Bilindiği üzere, ülkemizde ağır taşıt trafik hacminin yüksekliği, sert iklim koşulları (aşırı sıcak ve soğuk hava, donma- çözülme), global ısınma ve iklim değişikliği sonucu yaşanan aşırı yağışlar nedeniyle yollarımızda ciddi bozulmalar oluşmaktadır. Bu nedenle yol üstyapısının teşkilinde kullanılan agregaların, aşınmaya ve donma- çözülmelere karşı dayanıklı, köşeli, cilalanmaya karşı dirençli, suya karşı dayanıklı, bitümlü bağlayıcı ile adezyonu yüksek, soyulmaya karşı dirençli, kil ve ufalanabilir tane içermemesi gerekmektedir.

Ülkemizde kalker ocaklarının çokluğu nedeniyle genellikle kalkerden hazırlanan agregalar kullanılmaktadır. Ancak yolun üst tabakası olan aşınma tabakasında sert kayalardan (bazalt, granit vb.) hazırlanan kırmataş agrega tercih edilmektedir. Özellikle taş mastik asfalt gibi dayanımın taş-taşta kontak ile sağlandığı kesikli gradasyonlu karışımlarda agreganın sert taştan

hazırlanması gerekmektedir. Yolda asfalt tabakalarının teşkilinde ülke genelinde uygun özelliklere sahip agrega temininde sorunlar yaşanmaktadır. Ayrıca genellikle homojen olmayan volkanik kayaların işletilmesinde killi malzemeler ayrıştırılamamakta ve malzemenin kil içeriğinin bir göstergesi olan metilen mavisi deneyi istenilen kriterleri sağlamamaktadır.

#### **4 AGREGA AÇISINDAN YOL /ASFALT SEKTÖRÜNDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

Ülkemizde kamu yatırımları kapsamında gerçekleştirilen yol işlerinde, 4734 sayılı kamu ihale kanunu uygulanmaktadır. Yapılan ihaleler genellikle aşırı düşük fiyatlarla gerçekleşmekte ve yaklaşık maliyetin altında düşük fiyatlarla işler alınmaktadır. Son yıllarda artan malzeme, ve enerji maliyetleri sonucu işler yapılamayacak aşamalara gelmiş, projelere devir ve tasfiye işlemleri yapılmıştır. Bu durum projenin zamanında tamamlanamamasına işin tasfiye edilmesine neden olduğu gibi, yapılan işte ciddi kalite, çevre ve iş sağlığı güvenliği sorunları da yaşanmaktadır. Gerek müteahhitlik ve gerekse mühendislik, müşavirlik ihalelerinde işin kaliteli ve zamanında tamamlanmasını sağlayacak düzeyde yüklenicinin teklif ettiği fiyatın yanı sıra sunulacak kalitenin de değerlendirileceği bir sisteme ilişkin düzenlemenin yapılması gerekmektedir.

Ayrıca uygulama projesi yapılmayan yol/baraj gibi işler, detaylı zemin ve malzeme etüdü yapılmadan yetersiz projelerle ihale edilebilmektedir. Projede malzeme ve taş ocaklarının belirlenmemesi hem yaklaşık maliyetin tespitinde hatalara hem de eşit şartlarda rekabet ortamının yaratılamamasına neden olmaktadır. Karayollarının malzeme ocağı göstermemesi durumunda, yükleniciler ocak bulmakta veya bulunan ocağa ruhsat almakta önemli sorunlarla karşılaşmaktadır. Üreticiden agrega temin edilmesi durumunda ise fiyatların yüksekliğinin yanı sıra kalite sorunlarıyla da karşılaşmaktadır.

Ülkemizde yol agregası olarak kullanıma uygun ocak sayısı ve rezervleri gittikçe azalmaktadır. Sektörde kurumsallaşmış firma sayısının azlığı nedeniyle gerek ocak işletmesinde ve gerekse agrega ihzaratında kalite, çevre ile iş sağlığı ve güvenliği sorunları yaşanabilmektedir.

Günümüz yolları, ağır taşıt trafiği, aşırı sıcak ve soğukların yanısıra aşırı yağışlar nedeniyle daha kaliteli agrega gerektirmektedir. Bu nedenle agrega sektörünün gelişmesi yol ve asfalt sektörü açısından büyük bir önem taşımaktadır.

Agrega sektöründe kalitenin sağlanması için;

- Uygun ocak seçimi ve kaliteli malzeme üretimi,
- Makine ve ekipmanda proses kontrol ve otomasyonun artırılması,
- Etkin kalite kontrol ve güvence sisteminin uygulanması,
- Kalite, çevre, iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemlerinin kullanılması gerekmektedir.

Piyasaya agrega satan üreticilerin Yapı Malzemeleri Tüzüğü gereği EN standartlarına uygun olarak fabrika üretim sistemini kurmaları ve üretimlerini CE etiketiyle belgelemeleri gerekmektedir. Ancak sektörde halen CE belgesi yeterince yaygınlaşmamıştır.

Ülkemizde AB ürün standartlarının etkin olarak uygulanması, üreticiye, tüketiciye ve idarelere avantaj sağlaması için AB üye ülkelerindeki gibi ülkemiz şartlarına uygun ulusal rehber dokümanların hazırlanması ve şartnamelerde yer alması gerekmektedir.

Sektörde deneyimli ve donanımlı iş gücü temini konusu diğer önemli sorunlarımız arasındadır. Bu konuda özellikle sektörde hizmet veren operatör ve formenlerin mevzuat gereği mesleki yeterlilik belgesine sahip olması gerekmektedir. Bu kapsamda Türkiye Asfalt Müteahhitleri Derneği-ASMÜD yol yapımında görev üstlenen operatörler için meslek standartları ve ulusal yeterliliklerinin hazırlanmasına destek vermiştir. Ancak yeterliliğin belgelendirilmesi için mevzuat çalışmalarının tamamlanması ve 3. taraf bağımsız belgelendirme kuruluşlarının atanması gerekmektedir. Yeni geliştirilen bu sistem sektörün

karşılaşacağı bir zorluk olmakla birlikte sektörün gelişmesini sağlayacak bir fırsat olarak değerlendirilmelidir.

Ayrıca kalitenin sağlanmasında sektörün iyi uygulamalara yönlendirilmesinin önemli bir payı vardır. Ceza sistemi yerine ödül sisteminin benimsenmesi, teknik ve çevre ile iş sağlığı ve güvenliği alanındaki iyi uygulamalarının ödüllendirilmesi sektörde kurumsallaşmış firma sayısını da artıracaktır.

Bugün global bir sorun olan iklim değişikliği bilinciyle sektörümüzde sürdürülebilirliğin sağlanması için çevresel etkileri düşük tekniklerin kullanılması gerekmektedir. Bu kapsamda özellikle agrega sektöründe ocakların efektif işletilmesi, yoldaki mevcut malzemelerin yeniden veya geri kazanılarak kullanılmasına önem verilmelidir.

Sektörde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili düzenlemelere tam olarak uyulması, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının azaltılması, özellikle çok tehlikeli iş grubunda yer alan ve yüksek riskler taşıyan agrega sektörü açısından büyük bir önem taşımaktadır. Bu konuda agrega sektörüne yardımcı olmak üzere risk değerlendirmesi için rehber dokümanların hazırlanması da sektör için faydalı olacaktır.

Sektörde uygulamalı araştırma ve geliştirme çalışmaları genellikle kamu kuruluşları tarafından yapılmaktadır. Ancak, kamudaki deneyimli bilgili eleman sıkıntısı ile teknik ve ekonomik nedenlerle AR-GE çalışmaları çok sınırlı boyutlarda kalmaktadır. Konu ile ilgili araştırma enstitülerinin olmayışı, üniversitelerin teorik araştırmaları tercih etmesi nedeniyle uygulamaya yönelik gerekli AR-GE çalışmaları da yapılamamaktadır.

Tüm bu sorunların çözümünde kamu, özel, sivil toplum kuruluşları ve üniversite işbirliğinin sağlanması, sektörün gelişmesi açısından büyük bir önem taşımaktadır.

## 5 AGREGA AÇISINDAN YOL /ASFALT SEKTÖRÜNDE YENİ GELİŞMELER

Sürdürülebilir inşaat konsepti kapsamında dünya, yol yapım ve bakımında özellikle aşağıda belirtilen politikalar üzerine yoğunlaşmıştır (Temren, 2011).

- **Doğal kaynakların yönetimi** - Yeniden kullanım, geri kazanım ve en az atık,
- **Enerji tüketiminin ve emisyonların azaltılması** - En düşük seviyede enerji tüketimi, havaya, suya ve toprağa yayılan emisyonların ve gürültünün azaltılması,

### 5.1 Doğal Kaynakların Yönetimi

Sürdürülebilir kaynak kullanımında, doğal dengeyi sağlamak üzere mevcut kaynakların korunması, daha az atık çıkarılması, malzemelerin yeniden kullanımı ve atıkların değerlendirilmesi için gerekli düzenlemeler yapılmaktadır. Sürdürülebilir gelişme için, petrol ve gaz gibi yenilenemeyen kaynakların kullanımından vazgeçilmesi gibi bir durumun sözkonusu olamayacağı bilinciyle endüstriler bu kaynakların etkin kullanılmasına ve alternatiflerinin geliştirilmesine gereksinim duymaktadırlar. Ayrıca su kaynaklarına zarar verilmemesi ve kirletilmemesi gerekmektedir.

Modern yaşamda hayati bir öneme sahip olan ve yüzyıllar içinde oluşturulmuş yol ağları ülkelerin en değerli varlıkları arasında yer almaktadır. Avrupa genelinde yol ağının yaklaşık değerinin 16 Trilyon Euro olduğu belirtilmektedir (EAPA, 2014). Ülkemizin 68.654 km olan karayolu ağının yaklaşık değerinin 50 Milyar Euro'nun üzerinde olduğu düşünülmektedir. 1 km yolun yapımında 30.000 ton civarında agrega kullanıldığı varsayımıyla (UEPG,2021) hesaplanacak olursa, bu büyük hazinenin oluşturulması için 2 milyar ton'un üzerinde agrega kaynağı kullanılmıştır. Bugün sahip olduğumuz bu varlık gelecek nesiller için 2 milyar tonluk bir agrega stoku anlamına gelmektedir.

Bu bilinçle, idareler yolları tamamen söküp yeniden yapma seçeneği yerine mevcut yolun bakım ve onarımının zamanında yapılarak ömrünün uzatılmasını ve yenileme işlerinde sökülen malzemelerin geri kazanılarak kullanılmasını planlamaktadır. Bu kapsamda özellikle yol yapımında geri dönüştürülemeyen, çevreye, insan sağlığı ve güvenliğine zarar verecek malzemelerin kullanılmaması gerekmektedir.

Sürdürülebilir yol yapımında yol endüstrisi tüm taraflarıyla işbirliği içinde geri kazanıma ve atıkların kullanımına uygun yeni tekniklerin ve ekipmanların geliştirilmesi için çalışmalar yapmaktadır. Bu kapsamda, geri kazanılmış agregalarla yapılmış üstyapıların performansının değerlendirilmesi için araştırma çalışmaları yapılmakta, malzemelerin geri kazanımına ve yeniden kullanılmasına yönelik rehber doküman ve şartnameler hazırlanmaktadır.

## 5.2 Enerji Tüketiminin ve Emisyonların Azaltılması

Temel enerji kaynağı olarak tüketilen fosil kaynaklı yakıtların dünyadaki rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle dünya alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir (European Union,2011).

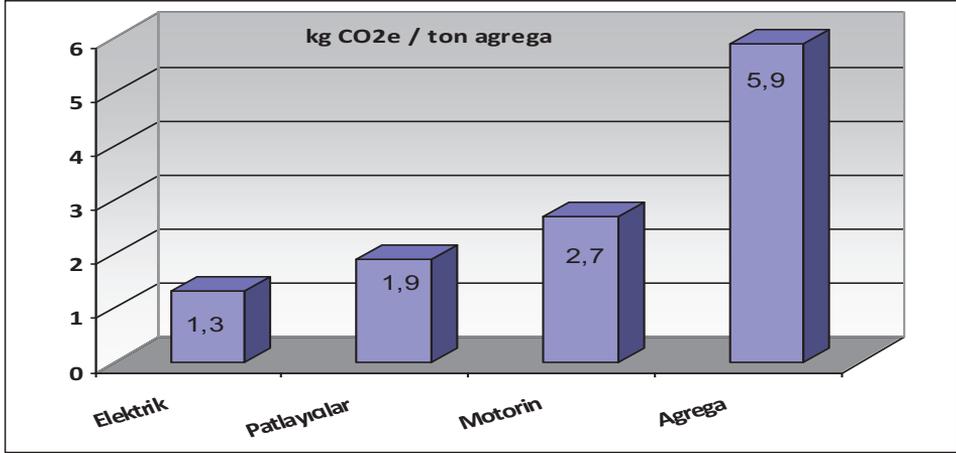
Yol idareleri agrega üretimi dahil enerji tüketimini ve dolayısıyla emisyonu azaltmak için etkin çalışmalar yapmaktadır. Bu kapsamda, yol yapım ve bakımında lokal malzemeler kullanılarak taşıma mesafeleri kısaltılmakta ve yerinde geri dönüşüm/ iyileştirme işlemleriyle enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Son yıllarda ülkeler enerji tasarrufu sağlama ve dolayısıyla sera gazı emisyonlarını düşürme konusunda önemli gelişmeler kat etmesine rağmen, halen hava kirliliği ve sera gazı emisyon seviyesi dünyamızı tehdit eden en önemli sorundur. Ülkeler uluslararası antlaşmalar gereği sera gazı emisyonlarını bildirmek ve belirli süre içerisinde azaltmak durumundadırlar.

Bu çerçevede, her endüstri karbon ayak izini tespit etmek üzere modeller geliştirmiştir. Yol endüstrisinde agrega üretimi dahil yolun yapım, bakım ve işletilmesi sürecinde yani ömür boyunca çevreye yaydığı sera gazı emisyonlarını bir diğer deyişle karbon ayak izini tespit eden bir çok araştırma yapılmıştır (Temren, 2004 ve Temren 2012). ASMÜD bu kapsamda agrega üretimine yönelik örnek bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, agrega üretimi için ocağın açılması, patlatılması, malzemelerin yüklenmesi, konkasöre taşınması ve kırılarak elenmesi işlemlerinde harcadığı elektrik enerjisi ve yakıt ile kullandığı patlayıcı miktarları veri olarak alınmıştır. İngiltere'de Yol Ulaşım Laboratuvarı (TRL) tarafından geliştirilen asPECT modeliyle 1 ton agrega için tüketilen yakıt, elektrik, patlayıcı ve su esas alınarak hesaplanan toplam karbon eşdeğeri-CO<sub>2e</sub> / sera gazı emisyonu hesaplanmış (TRL, 2011) ve Şekil 7'de verilmiştir.

Bu verilere göre 1 ton agrega için sera gazı emisyonu 5,9 kg CO<sub>2e</sub> olarak belirlenmiştir. Saptanan bu değer 5 kg olarak belirlenen Avrupa ortalamasına (Loveday, 2010) oldukça yakındır.

Yoldaki mevcut malzemelerin geri kazanımı ile atık sorununun çözülmesinin yanı sıra sağladığı enerji tasarrufu ile sera gazı emisyonları büyük ölçüde azalmaktadır. Asfaltın geri kazanımında sağlanan enerji tasarrufu ve dolayısıyla karbon emisyonu, kullanılan teknik ve ekipmana bağlı olarak değişiklikler göstermekle beraber geri kazanılmış asfaltla hazırlanan karışımın karbon emisyonu yeni malzemelerle hazırlanan klasik asfalt tekniği karşılaştırıldığında; karışımında doğal malzeme kaynağı kullanımı azaldığından malzemelerin çıkarılması, işlenmesi ve taşınması işlemlerine gerek kalmadığından, yaklaşık % 40 oranında karbon emisyonu azalmaktadır. Buna göre asfalt üretiminde % 50 oranında kazanmış asfalt kullanıldığında, karbon emisyonunda % 20 oranında azalma olmaktadır. Asfaltın yerinde geri kazanılması durumunda taşıma işlemi olmayacağından daha yüksek enerji tasarrufu sağlanmakta ve emisyon seviyesi daha da azalmaktadır.



Şekil 7. Agregada üretiminde tüketilen enerji ve kullanılan diğer maddelerin karbon emisyonu-  
CO<sub>2</sub>e kg/ton

Agreganın hazırlandığı konkasör tesisleri toz emisyonu açısından çok riskli olduğundan "Endüstri Tesislerinden kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliği kapsamında belirtilen emisyon sınırlarını geçmeyecek şekilde konkasörlerin işletilmesi gerekmektedir.

Sürdürülebilirlik çerçevesinde AB standardı olarak yayımlanan "EN-15804: İnşaat işlerinde sürdürülebilirlik – Çevresel ürün beyanı" standardı bazı gelişmiş ülkelerde uygulanmakta olup, bu standardla çevresel etkileri düşük olarak beyan edilen ürünlerin piyasada rekabet şansı artmıştır. Bu standardın yol endüstrisinde yaygınlaşması konusunda çalışmalar devam etmektedir.

Agregada endüstrisini ilgilendiren bir diğer konuda agregada üretiminde açığa çıkan tehlikeli maddelerdir. İçeriğinde insan sağlığına ve çevreye tehlikeli etkileri olan madde içeren agregalar için rutin deneylere ilaveten ileri deneylerin uygulanması konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle kristalin silika ve asbest konularında işçilerin eğitilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması sektörün üzerinde çalıştığı önemli konular arasındadır.

Türkiye yol ve asfalt endüstrisi teknik, çevre, sağlık ve güvenlik açısından yeni gelişmeleri yakından takip etmektedir. Bu konulardaki ulusal mevzuat AB düzenlemelerine uyumlu hale getirilmiştir. Ancak sorun bu yeni düzenlemelerin gerekli kontrol ve denetimlerle eksiksiz uygulanmasının sağlanmasıdır.

Genel anlamda agregada sektörünün akıllı, yenilikçi ve sürdürülebilir bir endüstri dalı olarak gelişmesi için, yatırımları teşvik eden politik bir ortamın yaratılması, iklim değişikliğine uyum sağlanması, bilgili ve deneyimli iş gücünün yetiştirilmesi, gelişmiş ARGE imkanlarının sağlanması, yeniliklerin teşvik edilmesi ve finansmana kolay erişimi hedefleyen temel politikaların geliştirilmesi gerekmektedir.

**KAYNAKLAR**

- ASMÜD, 2019, Türkiye Asfalt İstatistikleri, <https://www.asnud.org.tr>
- EAPA, 2019, Asphalt in Figures, <https://www.eapa.org>
- AGÜP,2020, Agrega İstatistikleri
- KGM ,2021,İstatistikler, <https://www.kgm.gov.tr/>
- KGM, 2020, Faaliyet Raporu,<https://www.kgm.gov.tr/>
- TC Ulaştırma ve Haberleşme Bakanlığı-KGM,2021,Karayolu Sektör Raporu,200s
- UEPG,2021, Road and Runways agregate uses, <https://uepg.eu/pages/uses>
- EAPA, 2014, Asphalt the 100% Recyclable Construction Product, Belgium,10s.
- European Union,2011, Guidance Document, Non-energy mineral extraction and Natura 2000,144p.
- Loveday, C., 2010, Recycling –The Big Picture, EAPA Madrid Symposium TARMAC,49p.
- Temren, Z., 2012, , A study on energy consumption and carbon footprint of asphalt and concrete mixtures  
5.Euroasphalt&Eurobitume Congress,10p
- Temren, Z., 2004, Asfalt Üstyapıların Ömür Döngü Envanteri,ASMÜD, 70s..
- Temren, Z., 2011, Asfalt Üstyapıların Sürdürülebilirliği, 2.Karayolu Kongresi,11s.
- TRL, 2011, asPECT Software Manual, TRL, 56p.



# Elazığ Bölgesindeki Kayaçların Demiryolu Balastı Olarak Kullanılabilirliği

## *The Usability of Rocks in Elazığ Region as Railway Ballast*

Z. Gürocak

*Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ, zgurocak@gmail.com*

S. Alemdağ

*Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, selcukalemdag@gmail.com*

E.B. Kürüm

*Türkiye Büyük Millet Meclisi, Ankara, emreburakkurum@gmail.com*

**ÖZET** Balast, demiryollarında rayların altında kullanılan, ortamdan suyu uzaklaştıran ve yükü taşıyan bir malzemedir. Son zamanlarda artan demiryolu projeleri, balasta olan ihtiyacı artırmıştır. Bu ihtiyacı karşılamak için, yeni balast sahalarının bulunması ve işletmeye alınması gerekmektedir. Bu çalışmada, Elazığ bölgesindeki kayaçların balast olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, Kömürhan Ofiyolitleri, Elazığ Magmatitleri, Maden Karmaşığı ve Karabakır Formasyonu'ndan blok örnekler derlenmiş, bu blok örneklerden agrega örnekleri hazırlanmış ve deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Su emme, ince ve çok ince malzeme oranı, MgSO<sub>4</sub> don kaybı, Los Angeles parçalanma direnci, şekil indeksi, yassılık indeksi deneyleri ile kimyasal ve petrografik analizler yapılmıştır. Laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar, TS 7043 EN 13450 standardında verilen limit değerler ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, Kömürhan Ofiyalitleri'ne ait gabrolar ve Maden Karmaşığı ile Karabakır Formasyonu'na ait bazaltlar balast olarak kullanılmaya uygun değildir. Sadece, Elazığ Magmatitleri'ne ait andezitler balast olarak kullanılmaya uygundur.

*Anahtar kelimeler:* Balast, Demiryolu, Elazığ bölgesi, Elazığ Magmatitleri

**ABSTRACT** Ballast is a material used under rail on railways, removing surface water from the environment and carrying load. As a result of increasing railway projects recently, the need for ballast is increased. To meet this need, it is necessary to find new ballast fields and to operate. In this study, the usability of rocks in the Elazığ region as ballast was investigated. For this purpose, block samples were taken from Kömürhan Ophiolites, Elazığ Magmatics, Maden Complex, and Karabakır Formation, and aggregate samples were prepared from these block samples and experimental studies were conducted. Water absorption, fine and very fine material ratio, MgSO<sub>4</sub> soundness, Los Angeles fragmentation resistance, shape index, flatness index, chemical, and petrographic analyses were performed. The results obtained from the laboratory tests were compared with the limit values given in the TS 7043 EN 13450 Standard and the ballast potential of the studied rocks was determined. According to the results of this study, it is unfavorable to use gabbros of Kömürhan Ophiolites, basalts of Maden Complex and Karabakır Formation as railway ballast. Only, the properties of andesite of Elazığ Magmatics are suitable for use as ballast.

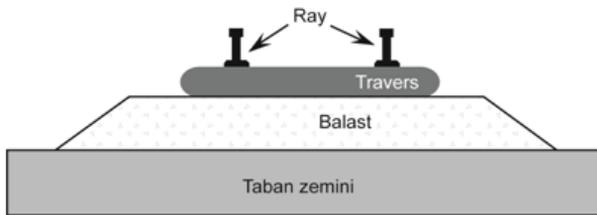
*Keywords:* Ballast, Railway, Elazığ Region, Elazığ Magmatics

## 1 GİRİŞ

Tüm dünyada artan ve büyüyen ihtiyaçlar otoyol, köprü, demiryolu gibi büyük ölçekli projeleri de beraberinde getirmiştir. Büyük ölçekli bu projelerin gerçekleştirilebilmesi de doğal olarak istenilen miktar ve özelliklere sahip doğal yapı malzemelerinin temin edilmesini kaçınılmaz kılmaktadır. Gün geçtikçe artan bu ihtiyaca cevap verebilmenin tek yolu, yeni doğal malzeme sahalarının belirlenmesi ve bu sahalardaki malzemenin fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin TS, BS, ASTM ve DIN gibi ulusal veya uluslararası standartlarda önerilen sınır değerlere uygunluğunun ortaya konulması ve uygun özellikte olan sahaların doğal yapı malzemesi olarak işletmeye alınmasıdır.

Literatürde birçok araştırmacı tarafından farklı kökene sahip kayaların doğal yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği konusunda yaptıkları birçok çalışma (Hartle, 1974; Ramsay vd., 1974; Less ve Kenedy, 1975; Kazi ve Mansour, 1980; Özturan ve Çeçen, 1997; Tasong vd., 1998; Zarif vd., 2003; Korkanç ve Tuğrul, 2004; Gürocak, 2016) mevcuttur. Araştırmacılar, lokal olarak farklı kökene sahip kayalarda yaptıkları çalışmalar ile elde ettikleri sonuçları standartların önerdiği limit değerler ile karşılaştırmışlar ve sonuçta uygun özellikte olan kayaların doğal yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğini ortaya koymuşlardır. Bu konuda yapılan çalışmaların (Gürbüz, 1998; Kocal, 1999; Zarif vd., 2003; Zarif ve Tuğrul, 2003; Korkanç ve Tuğrul, 2004; Gürocak, 2015; Çomak, 2007; Doğan, 2006; Öz, 2007) büyük bir çoğunluğunun kayaların beton agregası olabilirliği konusunda olduğu görülmektedir. Günümüzde hızla büyüyen inşaat sektörü ve büyümeye bağlı olarak artan beton agregası ihtiyacı, doğal olarak çalışmaların bu konuda yoğunlaşmasına neden olmuştur. Ancak, özellikle ulaşım konusundaki ihtiyaçlar da ciddi sayılabilecek bir hızla artmakta ve bu artış beraberinde yol temel, alt temel ve bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan agrega malzemesi ile demiryollarında kullanılan balast malzemesine olan ihtiyacı da artırmıştır. Bu malzeme gereksinimine paralel olarak beton agregası dışındaki doğal yapı malzemeleri konusunda yapılan çalışmalarında (Gürocak, 2016; Oğul vd., 2012; Koralay vd., 2014; Apaydın ve Yılmaz, 2019; Kırca, 2001; Akpınar v.d., 2004; Davraz vd., 2007, Kılıç ve Keskin, 2003; Arslan ve Demir, 2005; Temiz v.d., 2006; Karacan, 2006; Turabi ve Okucu, 2007; Konak v.d., 2009; Akbulut v.d., 2009; Yağız, 2010)

Şekil 1’de verilen tipik bir raylı sistem kesitinde, rayları taşıyan traverslerin üzerinde yer aldığı balast, ray ve travers gibi üst yapı elemanlarına istenen esneklikte mesnetlik ederek yol yatağının duraylılığının sağlanması, dingil yüklerinden kaynaklanan normal gerilmelerin alt katmanlara yayılarak azaltılması, yüzey sularının drene edilmesi, tren titreşimlerini sönmümlendirilmesi ve yeterli elektrik yalıtımının sağlanması amacıyla demiryolu güzergahına serilen malzeme olarak tanımlanır (Arıoğlu vd., 2009).



Şekil 1. Balastlı demiryolu en kesiti (Yılmaz, 2015)

Huang (2010)’a göre, genel olarak 31.50 mm ile 63.00 mm çapındaki köşeli olan balastın elde edildiği kayacın türü, şekli, dona, aşınmaya ve parçalanmaya karşı dayanımı yukarıda verilen amaçları sağlayabilmesi açısından önem taşımaktadır.

Selig ve Waters (1994), karakteristik olarak, köşeli, kırılmış, üniform derecelenmiş, toz ve kirden arındırılmış ve çimentolanma davranışı göstermeyen sert kayaçların iyi balast malzemesi olabileceğini belirterek, kayacın balast olarak kullanılabilirliği ve ekonomik oluşunun balast malzemesinin seçiminde dikkate alınan başlıca faktörler olduğunu ifade etmektedirler. Araştırmacılar, balastın en önemli işlevlerini şu şekilde sıralamaktadırlar;

- a) Yolu istenen konumda tutarak traverslere uygulanan düşey (kaldırma kuvveti dahil), yan ve boyuna kuvvetlere karşı koymak,
- b) Yola esneklik vermek ve enerji emilimini sağlamak,
- c) Balast içindeki kirli malzemenin depolanması için büyük boşluklar oluşturmak ve balast boyunca parçacıkların hareketini sağlamak,
- d) Buraj makinesi ile balast parçacıklarının yeniden düzenlenmesi sayesinde yüzey ve tabaka işlemlerinin bakımını kolaylaştırmak,
- e) Yol üzerine düşen suyun anında drenajını sağlamak,
- f) Gerilmeleri alttaki malzeme için kabul edilebilir seviyelere indirmektir.

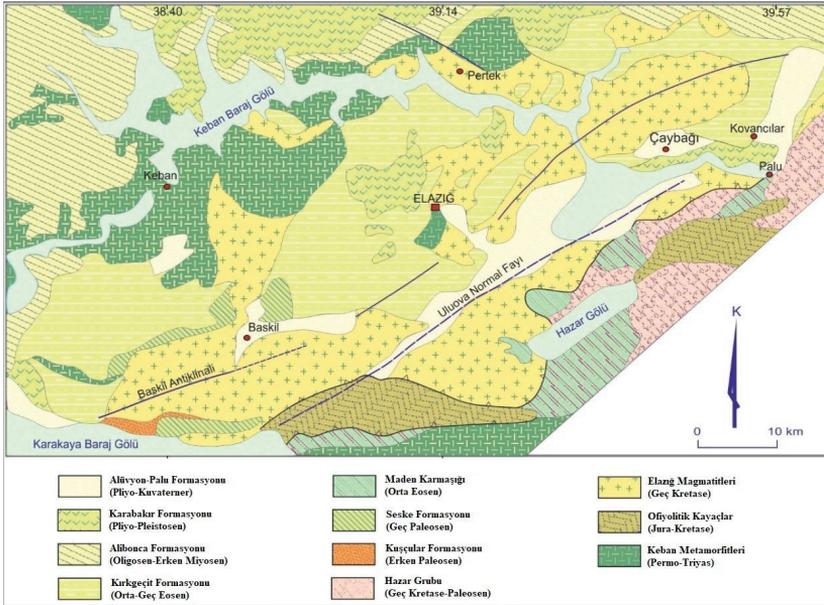
Adam vd. (2010) ise balastın yoğun ve düzgün sıkıştırılmasının, dinamik trafik yükleri sonucunda oluşan bozulmaları önlemek için gerekli olduğunu, bunun için teorik tasarım modelleri, geniş kapsamlı testler ve yerinde yapılan ölçümlerle doğrulama gerektiğini belirtmektedirler.

Türkiye’de demiryollarında kullanılacak balastta aranan özellikler TS 7043 EN 13450 (2004) standardında verilmiştir ve bir kayacın demiryolu balastı olarak kullanılabilirliği bu standartta verilen sınır değerlerine uygun olmasına bağlıdır. TS 7043 EN 13450 (2004)’e göre balast olarak kullanılacak kayaçlarda yapılacak petrografik incelemeler sonucunda kayacın bazalt, granit, granadiorit, diyorit, gabro, riyolit, ve diyabaz gibi magmatik kökenli kayaç olması gerekmektedir. Bu durum dikkate alınarak, Elazığ bölgesinde yüzeyleme sunan 12 farklı formasyonun litolojik özellikleri incelenmiş ve bunlardan 4 formasyonun litolojik olarak uygun olduğu belirlenmiştir. Belirlenen formasyonlardan blok örnekler derlenmiş, bu bloklar laboratuvarında çeneli kırıcı yardımıyla kırılarak laboratuvar deneylerine uygun boyutta örnekler hazırlanmış ve laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen sonuçlar, TS 7043 EN 13450 (2004) standardında verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak, hangi birimlerin demiryolu balastı olarak kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.

## 2 BÖLGEDE YÜZEYLEYEN FORMASYONLAR VE JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

Elazığ bölgesi, Ketin (1966) tarafından kuzeyden güneye doğru Pontidler, Anadolidler, Toridler ve Kenar kıvrım Kuşağı olarak dört tektonik birliğe ayrılmış olan tektonik birliklerden Torid tektonik birliğinin doğu kesimini oluşturan Doğu Toridler’de bulunmaktadır. Bölgede Doğu Anadolu Fay Zonu gibi önemli bir kıta içi aktif transform fayın bulunması, Keban, Maden ve Guleman’daki metalik maden yatakları, ayrıca Keban ve Karakaya barajları gibi büyük mühendislik yapılarının bu bölgede inşa edilmiş olması nedeniyle bir çok araştırmacı tarafından farklı jeolojik amaçlı çalışmalar yapılmıştır (Sungurlu, 1979; Perinçek ve Özkaya, 1981; Şengör 1979; Yazgan, 1984; Yılmaz vd., 1993; Yiğitbaş ve Yılmaz, 1996a; Altunbey ve Çelik, 2005). Bu çalışmalar daha çok bölgenin jeolojik özellikleri, jeotektonik evrimi ve bölgedeki cevherleşmelerin özellikleri ile ilgili çalışmalardır. Jeolojik amaçlı bu çalışmalara göre Elazığ ve yakın çevresinde yüzeyleme veren formasyonları yaşlıdan gence doğru şu şekilde sıralamak mümkündür (Şekil 2);

1. Keban Metamorfitleri (Geç Devoniyen-Jura)
2. Kömürhan Ofiyolitleri (Geç Kretase)
3. Elazığ Magmatitleri (Geç Kretase)
4. Harami Formasyonu (Geç Kampaniyen-Maastrichtiyen)
5. Hazar Grubu (Geç Kretase-Paleosen)
6. Kuşçular Formasyonu (Erken Paleosen)
7. Seske Formasyonu (Paleosen-Erken Eosen)
8. Maden Karmaşığı (Orta Eosen)
9. Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen-Oligosen)
10. Alibonca Formasyonu (Oligosen-Erken Miyosen)
11. Karabakır Formasyonu (Pliyo-Pleistosen)
12. Alüvyonlar (Kuvaterner)



Şekil 2. Elazığ ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Aksoy vd., 2005)

Elazığ çevresinde temel kayayı oluşturan Geç Devoniyen-Jura yaşlı Keban Metamorfitleri, mermer, fillit-klorit-serizitist, metakonglomera-metakumtaşı, kristalize kireçtaşı-kalkışist, masif dolomitik-kristalize kireçtaşı ve metaklastik (metaşeyl, kalkfillit, kalkışist) kayaçlardan oluşturmaktadır (Kaya, 2014). Jura-Kretase yaşlı Kömürhan Ofiyolitleri, daha çok Elazığ batısında yüzeylemeler sunmaktadır ve tabandan tavana doğru tektonitler, kümülatlar, izotrop gabrolar, levha dayk kompleksi ve volkanitlerden oluşmaktadır (Rızaoğlu, 2006). Bu çalışmada, Elazığ-Malatya karayolu güzergahında yüzeyleme veren Kömürhan Ofiyolitleri'nin ultramafik-mafik kümülatlarına ait gabroların balast olabilirliği incelenmiştir. Geç Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri, Elazığ çevresinde gabro, diyorit ve kuvarslı diyorit bileşiminde mafik plütonik kayaçlar ve bunların eşlenikleri olan diyabaz, mikrodiyorit, kuvarslı mikrodiyorit, diyorit porfir gibi yarı derinlik kayaçları ile temsil edilmektedir (Kürüm ve Tanyıldızı, 2017). Bu çalışmada, Elazığ-Sivrice karayolu güzergahında yüzeyleyen ve yine Elazığ Magmatitleri'ne ait andezitik bileşimli volkanik kayaçların balast olabilirliği incelenmiştir. Geç Kretase yaşlı Harami Formasyonu, çok küçük yüzeylemeler sunduğu için Şekil 2'de verilen haritada gösterilememiştir. Formasyon, kırmızı renkli konglomera ile başlayıp kumtaşı ve kristalin

kireçtaşlarıyla devam eden bir istif sunmaktadır (Aksoy, 1993; Özgen vd., 1993). Geç Kretase-Paleosen yaşlı Hazar Grubu, Elazığ İli'nin güneydoğusunda Hazar Gölü çevresi ve Palu ilçesine doğru uzanan alanlarda geniş yüzeylemeler vermektedir. Aktaş ve Robertson (1984) grubu, alttan üste doğru konglomeralarla temsil edilen Ceffan formasyonu, kumtaşı, şeyl ve marn ardalanmasından oluşan Simaki formasyonu ve en üstte de yanal devamlılığı olmayan ve kalın tabakalanmalı, gri renkli kireçtaşları ile temsil edilen Gehroz formasyonu olmak üzere üç formasyona ayırmışlardır. Erken Paleosen yaşlı Kuşçular Formasyonu Keban ve Baskil arasında, dar bir bölgede yüzeyleme verir ve kuzeydeki alanlardaki kayaçlardan türemiş kırmızı konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ve evaporit litolojisindeki alüvyon yelpazesi fasiyesindedir (İbilioğlu, 2008). Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı Seske Formasyonu, Elazığ batısında Baskil ilçesi çevresinde ve Kömürhan Köprüsü kuzeyinde yüzeylenmektedir. Formasyon, genellikle sığ denizel kireçtaşlarıyla temsil edilmektedir (Perinçek, 1979). Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı, tabanda konglomeratik bir istifle başlayan ve tabakalı kireçtaşı, şeyl, kumtaşı, silttaşı, kumlu kireçtaşı marn ve bunların ardalanmaları ile devam etmekte ve üstte ise tüf, lapillitaşı, aglomera, alüminyumca zengin bazaltlar, dasit, mikrogranit, siyenit, diyabaz, mikrogabro gibi piroklastik-volkanik ve yarı derinlik kayaçları bulunmaktadır. Bu çalışmada karmaşığın Elazığ-Koçkale Köyü çevresinde yüzeyleme veren bazaltik kayaçların balast olabilme özelliğe sahip olduğuna karar verilmiş ve bu nedenle sadece bazaltik kayaçlardan örnekler alınmış ve incelenmiştir. Orta-Geç Eosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu, Elazığ ve yakın çevresinde oldukça yaygın yüzeylemeler verir. Formasyon, tabandan tavana doğru konglomera, kumlu killi kireçtaşı, kumtaşı, şeyl, marn ve kireçtaşı litolojisindedir (İbilioğlu, 2008). Pleo-Pleistosen yaşlı Karabakır Formasyonu, Elazığ çevresinde esas olarak bazaltik bileşimli lav akıntıları ile yer yer volkanik breş ve tüflerden oluşan piroklastik kayaçlardan oluşan bir litoloji sunar (Kürüm ve Tanyıldızı, 2017). Bölgede farklı çıkış merkezlerine bağlı olarak yerel farklılıklar sunan volkanitlerin en geniş yayılımı Cip Köyü ve kuzeye doğru olan yayılımdır ve bazaltik bileşimli bu kayaçlar alkalın özellik gösterirler (Di Giuseppe vd., 2018). Bu çalışmada Elazığ Cip Köyü civarında yüzeyleme veren Karabakır Formasyonu'na ait bazaltik kayaçların balast olabilirliği incelenmiştir. Bölgenin en genç birimi akarsu yatakları ile ovalık kesimlerde depolanan, bölgedeki daha yaşlı kayaçlardan türemiş, blok boyutundan kil boyutuna kadar değişen boyutlarda ve çimentolanmamış malzemenen oluşan güncel alüvyonlardır.

### 3 DENEYSEL ÇALIŞMALAR ve SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kaya malzemesinin balast olarak kullanılabilirliği mekanik, kimyasal ve mineralojik-petrografik özelliklerinin TS, BS, ASTM gibi farklı standartlarda belirtilen limit değerlere uygunluğu ile mümkündür. Bu nedenle, balast olarak kullanılacak kaya malzemesinin bu özelliklerinin belirlenmesi ve elde edilen sonuçların standartlarda verilen sınır değerler ile karşılaştırılması gereklidir. Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafına önerilen standartlardan TS 7043 EN 13450 (2004) standardı, kayaçların demiryolu balastı olarak kullanılabilirliği ile ilgilidir. Ülkemizde demiryollarında kullanılacak olan balast malzemesinin hangi özelliklere sahip olması gerektiği TCDD Teknik Şartnamesi (2020)'de belirtilmektedir. Bu şartnameye göre, balast olarak kullanılacak kaya malzemesinin TS 7043 EN 13450 (2004) standardına uygun olması gerekmektedir. Ayrıca, mineralojik ve petrografik incelemeler sonucunda bazalt, granit, granadiorit, diyorit, gabro, riyolit, ve diyabaz gibi magmatik kökenli, daha çok bazik karakterli derinlik, yarı derinlik ve yüzey kayaçlarının balast olarak uygun olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle, öncelikle Elazığ bölgesinde yüzeyleme veren formasyonların litolojik özellikleri incelenmiş ve magmatik kökenli kayaç litolojisine sahip olan Kömürhan Ofiyolitleri'ne ait gabrolar, Elazığ Magmatitleri'ne ait andezitler, Maden Karmaşığı ve Karabakır formasyonlarına ait bazaltların balast olabilirlikleri incelenmiştir.

Bu kayaçlardan derlenen blok örnekler, laboratuvarda çeneli kırıcılar yardımıyla uygun boyuta getirilmiş ve TS 7043 EN 13450 (2004) standardında önerilen laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler ve bu deneylere ait standartlar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Yapılan deneyler, ilgili standartlar ve limit değerler

DENEYLER	Limit Değerler	Standartlar
Su emme	< %1.5	TS EN 1097-6 (2013)
MgSO <sub>4</sub> çözeltisinde don kaybı	< %5	TS EN 1367-2 (2010)
Los Angeles parçalanma dayanımı(1000 devir)	< %20	TS EN 1097-2 (2016)
İnce malzeme miktarı (0.5mm altı)	< %1.0	TS EN 933-1 (2012)
Çok ince malzeme miktarı (0.063mm altı)	< %0.5	
Şekil endeksi	< %25	TS EN 933-4 (2009)
Yassılık endeksi	< %20	TS EN 933-3 (2012)
Zararlı bileşenler	< %0.5	TS 1744-1 (2013)
Mineralojik ve petrografik analiz	-	TS 10088 EN 932-3 (2006)

Tablo 1’de verilen standartlara göre gerçekleştirilen fiziksel, mekanik ve kimyasal deneylere ait sonuçlar Tablo 2’de, petrografik incelemelere ait değerlendirmeler ise Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 2. Kaya malzemesinin fiziksel ve mekanik özelliklerine ait değerler

DENEYLER	Kömürhan Ofiyolitleri (Gabro)	Elazığ Magmatitleri (Andezit)	Maden Karmaşığı (Bazalt)	Karabakır Formasyonu (Bazalt)
Su emme oranı, (%)	0.50-0.55 *0.52	1.09-1.25 *1.16	0.92-1.02 *0.96	1.82-1.87 *1.84
MgSO <sub>4</sub> çözeltisinde don kaybı (%)	20.71-19.13 *19.92	2.10-4.54 *3.32	8.33-10.05 *9.19	15.89-16.64 *16.27
Los Angeles parçalanma dayanımı (1000 devir, %)	15.68-15.32 *16	10.60-14.48 *11	7.68-8.44 *8	13.34-14.42 *14
İnce malzeme miktarı (0.5mm elekten geçen, %)	0.74-0.88 *0.77	0.55-0.72 *0.19	0.44-0.64 *0.59	1.38-1.56 *1.40
Çok ince malzeme miktarı (0.063mm elekten geçen, %)	0.505-0.315 *0.41	0.495-0.675 *0.48	0.235-0.375 *0.31	1.655-1.375 *1.52
Şekil İndeksi (%)	12	17	8	9
Yassılık İndeksi (%)	19	5	5	1
Zararlı bileşenler (%)	0.077	0.073	0.061	0.059

\* Ortalama değer

Laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçların TS 7043 EN 13450 (2004) standardında verilen sınır değerler ile karşılaştırılması (Tablo 4) sonucunda, Elazığ bölgesinde yüzeyleme veren formasyonlardan sadece Elazığ Magmatitleri’ne ait andezitik kayaçların balast olmaya elverişli olduğu görülmüştür. Bu kayaçların tüm özellikleri TS 7043 EN 13450 (2004) standardında verilen sınır değerlere uygundur. Kömürhan Ofiyolitleri’ne ait gabrolar ve Maden Karmaşığı’na ait bazaltların MgSO<sub>4</sub> çözeltisindeki don kaybı değerlerinin %5’den daha büyük olduğu belirlenmiştir. Karabakır Formasyonu’na ait bazaltlarda ise su emme, MgSO<sub>4</sub> çözeltisinde don kaybı, ince ve çok ince malzeme miktarı standartta verilen limitlere uygun değildir. Elde edilen sonuçlar, Elazığ bölgesinde yüzeyleme veren ve balast olabile

potansiyeli bulunan kayaçlardan sadece Elazığ Magmatitleri'ne ait olan andezitlerin balast olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Tablo 3. Kaya malzemesinin mineralojik ve petrografik özellikleri

FORMASYON	MİNERALojİK VE PETROGRAfİK ÖZELLİKLER
Kömürhan Ofiyolitleri	Esas olarak plajiyoklaslardan labrador türü plajiyoklaslardan oluşan kayaçta, labradorlar öz-yarı öz şekilli orta-iri danelidir. Labrador mineralleri, hem albit hem de polisentetik ikizlenmeleri göstermektedir. Plajiyoklaslarda metamorfizma etkisiyle gelişmiş deformasyonlar kısmen serizitleşme ve killeşme belirlenmiştir. Gabrolardaki iri daneli poikilitik doku gösteren hornblend mineralleri yer yer aktinolit-tremolite dönüşmüştür. Kayaç ikincil mineral olarak kalsit, silis ve kloritler içermektedir. Kayaç tanımı: Gabro
Elazığ Magmatitleri	Genel olarak plajiyoklas, hornblend, biyotit ve camsı malzemeden oluşan kayaç, porfirik dokuludur. Ayırışma tipi olarak kloritleşme gözlenmektedir. Kayaç tanımı: Andezit
Maden Karmaşığı	Kayaç esas olarak camsı malzeme ve plajiyoklas mikrolitlerinden oluşan hamur içerisindeki plajiyoklas (labrador) ve piroksen (ojit) fenokristallerinden oluşmaktadır. Vitroporfirik ve amigdaloïdal dokulu kayacın amigdalleri klorit, kalsit ve zeolit gibi ikincil mineraller tarafından doldurulmuştur. Kayaç tanımı: Bazalt
Karabakır Formasyonu	Kayaç esas olarak plajiyoklas, olivin, piroksen ve amfibolden oluşmaktadır. Ayrıca alterasyon sonucu oluşan iddingsit ve karbonat mineralleri ile gaz boşluklarını dolduran kalsit ve epidot gibi ikincil mineraller de görülmektedir. Plajiyoklaslar genellikle uzamış küçük prizmatik latalar ve mikrolitler halindedir. Kayaçtaki olivinler fenokristal boyutundan mikrolit boyutuna kadar değişen kristaller halinde ve genelde öz şekilli veya yarı öz şekilli olarak bulunurlar. Olivinler kenarları boyunca genellikle iddingsitleşmiştir. Piroksenler ise genellikle fenokristaller halindedir ve hamur içerisinde mikrolitler halinde olanları da mevcuttur. Genellikle öz veya yarı öz şekillidirler. Kayaç tanımı: Bazalt

Tablo 4. Laboratuvar sonuçlarının TS 7043 EN 13450 (2004) limit değerlerine göre değerlendirilmesi

DENEYLER	Limit Değerler	Kömürhan Ofiyolitleri (Gabro)	Elazığ Magmatitleri (Andezit)	Maden Karmaşığı (Bazalt)	Karabakır Formasyonu (Bazalt)
Su emme	< %1.5	✓	✓	✓	Uygun değil
MgSO <sub>4</sub> çözeltisinde don kaybı	< %5	Uygun değil	✓	Uygun değil	Uygun değil
Los Angeles parçalanma dayanımı (1000 devir)	< %20	✓	✓	✓	✓
İnce malzeme miktarı (0.5mm altı)	< %1.0	✓	✓	✓	Uygun değil
Çok ince malzeme miktarı (0.063mm altı)	< %0.5	✓	✓	✓	Uygun değil
Şekil endeksi	< %25	✓	✓	✓	✓
Yassılık endeksi	< %20	✓	✓	✓	✓
Zararlı bileşenler	< %0.5	✓	✓	✓	✓

## 4 SONUÇLAR

Elazığ bölgesinde yüzeyleyen kayaçların demiryolu balastı olabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada, bölgede yüzeyleme veren 12 farklı formasyonun ön değerlendirmesi sonucunda Kömürhan Ofiyolitleri'ne ait gabroların, Elazığ Magmatitleri'ne ait andezitlerin ve Maden Karmaşığı ile Karabakır formasyonlarına ait bazaltların balast olabilme potansiyelinin olduğuna karar verilmiş ve bu formasyondan derlenen blok örneklerden hazırlanan agrega örneklerinde TS 7043 EN 13450 (2004) standardında yapılması önerilen laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca verilmiştir.

1. Elazığ bölgesinde yüzeyleyen formasyonlardan Kömürhan Ofiyolitleri, özellikle Elazığ'ın batısında yüzeyleme vermektedir. Litolojik olarak gabro, diyabaz ve bazaltik karakterli volkanitlerden oluşan bu ofiyolitik kayaçlara ait gabroların ulaşım bakımından daha kolay alanlarda yüzeyleme vermesi nedeniyle balast olabilirliği araştırılmıştır. Ancak, yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda, gabroların  $MgSO_4$  çözeltisindeki don kaybı %19.92 olarak belirlenmiştir. Bu değer, TS 7043 EN 13450 (2004)'de verilen sınır değerlerin çok üstündedir. Diğer bütün özelliklerini uygun olmasına karşın gabroların  $MgSO_4$  çözeltisindeki don kaybının %5'ten büyük olması nedeniyle balast olarak kullanılmaları imkansızdır. Gabroların don kaybı değerinin yüksek olması, bu ofiyolitlerin çok fazla tektonizmaya maruz kalması sonucunda gelişmiş olan mikro çatlaklardan kaynaklanmaktadır.
2. Elazığ Magmatitleri, bölgede en geniş yüzeylemeye sahip kayaçlardır ve gabro, diyorit, kuvarşlı diyorit bileşiminde mafik plütonik kayaçlar ve bunların eşlenikleri olan diyabaz, mikrodiorit, kuvarşlı mikrodiorit, diyorit porfir ve bazik volkanik kayaçlar ve volkano-sedimanter kayaçlar ile temsil edilmektedir. Çok farklı litolojiye sahip kayaçlar içeren Elazığ Magmatitleri'nin en geniş yayılıma sahip olan birimleri bazalt ve andezit gibi volkanik kayaçlardır. Ancak, bazaltlar daha çok volkano-sedimanter kayaçlar ile ardalı olarak görülmektedir ve bu volkano-sedimanter kayaçlardan sadece bazaltın alınması oldukça zordur. Bu nedenle, özellikle Elazığ güneyinde Elazığ-Sivrice karayolu güzergahında yüzeyleme veren andezitlerin balast olabilirliği incelenmiştir. Yapılan deneylere ait sonuçlar, Elazığ Magmatitleri'ne ait andezitlerin tüm özelliklerinin balast olarak kullanılmasına uygun olduğunu göstermektedir.
3. Bölgede volkano-sedimetler ve volkanik kayaçlar ile temsil edilen Maden Karmaşığı'na ait bazaltlar özellikle Elazığ-Bingöl karayolu güzergahında yüzeyleme sunmaktadır ve halihazırda hazır beton sektöründe beton agregası olarak da kullanılmaktadır. Bu bazaltların demiryollarında balast olabilirliğini belirlemek amacıyla yapılan deneysel çalışmalarda, bazaltların  $MgSO_4$  çözeltisindeki don kaybı %9.19 olarak belirlenmiştir. Bu değer, TS 7043 EN 13450 (2004)'de verilen sınır değer üzerindedir. Bu nedenle, Maden Karmaşığı'na ait bazaltların demiryolu balastı olarak kullanılmasının sakıncalı olduğu sonucuna varılmıştır.
4. Bu çalışmada balast olabilirliği incelenen son birim ise, Karabakır Formasyonu'na ait bazaltlardır. Özellikle Elazığ il merkezine çok yakın alanlarda yüzeyleme vermesi ve ayrıca hazır beton sektöründe beton agregası olarak kullanılıyor olmasına karşın, bu bazaltların su emme,  $MgSO_4$  çözeltisindeki don kaybı, ince ve çok ince malzeme miktarı değerlerinin TS 7043 EN 13450 (2004)'de verilen sınır değerlere uygun olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, Karabakır Formasyonu'na ait bazaltları demiryolu balastı olarak kullanmak mümkün değildir.
5. Bu çalışmadan elde edilen değerlerin ve yapılan değerlendirmelerin, örnekleme noktalarının özellikleri ile sınırlı olduğu dikkate alınmalı, farklı alanlardan yapılacak örnekleme sonucunda farklı değerlerin ortaya çıkabileceği unutulmamalıdır.

**KAYNAKLAR**

- Adam, D, Brandl, H. ve Paulmichl, I, 2010. Dynamic Aspects of Rail Tracks for High-Speed Railways, *International Journal of Pavement Engineering*, 11, s.281-291.
- Akbulut, H, Çetin, S. ve Güner, C, 2009. Andezit Agregasının Sıcak Karışım Asfalt Kaplamalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması, 5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük.
- Akpınar, Ş, Gonak, G. ve Pamukçu, Ç, 2004. “Değişik Kökenli Agregaların Beton Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. s.374-382, İzmir.
- Aksoy, E, 1993. Elazığ Batı ve Güneyinin Genel Jeolojik Özellikleri, *Doğa Türk Yerbilimleri Dergisi*, 1/1, s.113-123.
- Aktaş, G. ve Robertson, A.H.F., 1990. Late Cretaceous–Early Tertiary Fore-Arc Tectonics And Sedimentation: Maden Complex, SE Turkey, in *Proceedings of the International Earth Sciences Congress on Aegean Regions*, 271-276, Eds. Savaşçın, M.Y., and Eronat, A.H., İzmir, Turkey.
- Altunbey, M. ve Çelik, S, 2005. Anayatak (Maden-Elazığ) Bakır Cevherleşmesinin Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal özellikleri, *Geosound/Yerbilimleri*, 47, s.63-90.
- Apaydın, Ö.F. ve Yılmaz, M, 2019. Bazaltik Kayaçların Balast Kirlenmesi Yönünden Karşılaştırılması, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8 (1), s.296-311.
- Arioğlu, E, Kurt, G, Yoldaş, R. ve Yalçın, H, 2009. Kimi kayaçların çok yüksek devirli (>500) Los Angeles aşınma değerleri. 5. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 1-2 Aralık 2009, İstanbul.
- Çokmak, B, 2007. Isparta Yöresinde Çıkarılan Ve Beton Üretiminde Agregası Olarak Kullanılan Malzemelerin Özelliklerinin Belirlenmesi. Y.L. Tezi, Süleyman Demirel Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta, 47s.
- Davraz, M, Gündüz, L, Şapçı, N. ve Başpınar, E, 2007. Isparta civarı volkanik kayaçların mühendislik özellikleri ve taşıyıcı beton üretiminde kullanılabilirliği. 6. Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 01-03 Şubat 2007, Bildiriler Kitabı, s.172-184 İzmir.
- Di, Giuseppe, P, Agostini, S, Lustrino, M, Karaoğlu, Ö, Savaşçın, M.Y, Manetti, P. ve Ersoy, Y, 2018. Transition from Compression to Strike-Slip Tectonics Revealed by Miocene Pleistocene Volcanism West of the Karlıova Triple Junction (East Anatolia), *Journal of Petrology*, 58/10, s.2055-2087.
- Doğan, K, S, 2006. Zonguldak-Sapça Taş Ocağı Agregalarının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Y.L. Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Zonguldak, 56s.
- Gürbüz, G, 1998. Amasya Bölgesi Agregası Rezervlerinin Hazır Beton Agregası Olarak Kullanım İmkanlarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 77s.
- Gürocak, Z, 2016. Dedeyolu Köyü (Sivrice-Elazığ) Civarındaki Geç Kretase Yaşlı Bazaltların Kırmataş Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22 (6), s.527-534.
- Hartle, A, 1974. A Review of the Geological Factors Influencing the Mechanical Properties on Road Surface Aggregates, *Engineering Geology*, 7(1), s.69-100.
- Huang, H, 2010. Discrete Element Modeling of Railroad Ballast Using Imaging Based Aggregate Morphology Characterization, PhD Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering University of Illinois at Urbana Champaign, 164p.
- İbilioglu, D, 2008. Elazığ Havzası Paleojen İstifinin Mikropaleontolojik (Planktonik Foraminifer ve Ostrakodlarının) İncelenmesi ve Ortamsal Yorumu, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 189s.
- Karacan, DS, 2006. Zonguldak-Sapça Taş Ocağı Agregalarının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Y.L. Tezi, Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 112s.
- Karayolları Teknik Şartnamesi, 2013. Yol Alt Yapısı, Sanat Yapıları, Köprü ve Tüneller, Üst Yapı ve Çeşitli İşler. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kaya, A, 2014. Keban Metamorfiteri'nin Stratigrafisine İlişkin Yeni Yaş Bulguları, *Pamukkale Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22 (3), s.189-199.
- Kazi, A. ve Al-Mansour, ZR, 1980. Influence of Geological Factors on Abrasion and Soundness Characteristics of Aggregates, *Engineering Geology*, 15(3-4), s.195-203.
- Kılıç, A. ve Keskin, M, 2003. Doğu Karadeniz Yöresi Taş Ocakları Malzemelerinin Kırmataş Olarak Değerlendirme Olanakları. III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, s.301-306, İstanbul.
- Kırca, S, 2001. Sütçüler-Menteşe Çakıl Agregasının Beton İmalinde Kullanılmasının Araştırılması, Y.L. Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 88s.
- Kocal, F, 1999. Trabzon-Maçka Başar Taşocağındaki Kireçtaşının Agregası Olma Açısından İncelenmesi, *Türkiye 16. Madencilik Kongresi*, s.279-285, Ankara.
- Konak, G, Onur, HA, Karakuş, D, 2009. İnşaat Sektörünün İhtiyacı Olan Agreganın İşletilmesi ve Kentsel Faydaları.” TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, s.229-236 İzmir.

- Koralay, T, Çobanoğlu, İ. ve Demir, M, 2014. Ofiyolitler İçerisindeki Gabro Dayklarının Balast Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği: İnceler (Bozkurt-Denizli) Örneği KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17(2), s.32-48.
- Korkanç, M. ve Tuğrul, A, 2004. Evaluation of Selected Basalts from Niğde, Turkey, as Source of Concrete Aggregate, Engineering Geology, 75(3-4), s.291-307.
- Kürüm, S. ve Tanyıldızı, Ö, 2017. Geochemical and Sr-Nd İstotopic Characteristics of Upper Cretaceous (Calc-alkaline) and Miocene (Alkaline) Volcanic Rocks: Elazığ, Eastern Taurides, Turkey, Journal of African Earth Sciences, 134, s.332-344.
- Lees, G. ve Kennedy, CK, 1975. Quality, Shape and Degradation of Aggregates, Quarterly Journal of Engineering Geology, 8, s.28-35.
- Oğul, K, Topal, İ. ve Poşluk, E, 2012. Ankara - İstanbul Yüksek Hızlı Tren Demiryolunda Balast Hammaddesi Olarak Granit ve Bazaltın Birlikte Kullanılabilirliğinin Araştırılması ve Aşınma Dayanımlarına Etkisi, Yeraltı Kaynakları Dergisi, 1 (1), s.81-89.
- Öz, E, 2007. Nevşehir Dolaylarında Yüzeyleyen Asidik Pomzanın Hafif Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Y.L. Tezi, Adana, 52s.
- Özgen-Erdem, N, İnan, N. ve Akyazı, M, 1993. Harabekayış, Formasyonu'nun (Elazığ) tanımlaması. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni 8, s.135-147.
- Özturan, T. ve Çeçen, C, 1997. Effect of Coarse Aggregate Type Onmechanical Properties of Concretes With Different Strengths, Cement and Concrete Research, 27(2), s.165-170.
- Perinçek, D, 1979. The Geology of Hazro-Korudağ-Cungus-Maden-Ergani-Hazar- Elazığ Malatya Area: Guide Book, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 33s.
- Perinçek, D. ve Özkaya, I, 1981. Arabistan Levhası Kuzey Kenarının Tektonik Evrimi, Yerbilimleri, 8, s.91-101.
- Ramsay, DM, Dhir, RK ve Spence, IM, 1974. The Role of Rock and Clast Fabric in the Physical Performance of Crushed-Rock Aggregate, Engineering Geology, 8(3), s.267-285.
- Rızaoğlu, T, 2006. Baskil-Sivrice (Elazığ) Arasında Yüzeyleyen Tektono-magmatik Birimlerin Petrografisi ve Jeokimyası. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 218s.
- Selig, ET ve Waters, JM, 1994. Track Geotechnology and Substructure Management. Thomas Telford Publications, London.
- Sungurlu, O, 1979. Güneydoğu Sürüklenim Kuşağı Tersiyer Sürüklenimleri, 33. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri, s.121-122.
- Şengör, AMC, 1979. The North Anatolian Transform Fault: Its Age, Offset and Tectonic Significance, Journal of Geological Society London, 136, s.269-282.
- Tasong, WS, Lynsdale, CJ ve Cripps, JC, 1998. Aggregate-Cementpaste Interface: II. Influence of Aggregate Physical Properties, Cement and Concrete Research, 28 (10), s.1453-1465.
- TC Devlet Demir Yolları (TCDD), 2017. Balast Taşı Teknik Şartnamesi. Devlet Demiryolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- TS 7043 EN 13450, 2004. Demiryolu Balastları için Agregalar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 10088 EN 932-3, 2006. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Kısım 3: Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama İçin İşlem ve Terminoloji. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-4, 2009. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Şeklinin Tayini – Şekil İndisi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1367-2, 2010. Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-3, 2012. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 3: Tane Şekli Tayini – Yassılık Endeksi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-1, 2012. Agregaların geometrik özellikleri için deneyler bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini- Eleme metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-6, 2013. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1744-1, 2013. Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Kimyasal Analiz. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-2, 2016. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Yöntemler. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Turabi, A. ve Okucu, A, 2007. Balıkesir İli Yol Çalışmalarında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Şartnameye Uygunluğu. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9 (1), s.45-51.
- Yağız, S, 2010. Geomechanical Properties of Construction Stones Quarried in Southwestern Turkey, Scientific Research and Essays, (5), s.750-757.

- Yazgan, E, 1984. Geodynamic Evolution of the Eastern Taurus Region (Malatya- Elazığ area, Turkey), Proceedings of International Symposium, Geology of Taurus Belt, MTA, s.199-208, Ankara.
- Zarif, İH, Tuğrul, A. ve Dursun, G, 2003. İstanbul'daki Kireçtaşlarının Agregat Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi, İstanbul Yerbilimleri Dergisi, 16(1), s.61-70.
- Zarif, İH. ve Tuğrul, A, 2003. Aggregate Properties of Devonian Limestones for Use in Concrete in Istanbul, Turkey, Bulletin Engineering Geology and the Environment, 62(4), s.379-388.





# Kent Mobilyaları Tasarımı İçin Küfeki Taşı ve Urfa Taşı'nın Agrega Olarak Kullanımının Araştırılması

## *Investigation of Usage of Limestone (Kufeki Stone) and Urfa Stone as Aggregate for Urban Furniture Design*

H.D. Yılmaz, S. Zeytun, E. Örtemiz

*İSTON İstanbul Beton Elemanları ve Hazır Beton Fabrikaları San. ve Tic. A.Ş., İstanbul  
halit.yilmaz@iston.istanbul, serhat.zeytun@iston.istanbul, emre.ortemiz@iston.istanbul*

**ÖZET** Ülkemizde tarihi eser yapılarında doğal taş olarak yöresel kaynaklar çokça tercih edilmiştir. Marmara bölgesi ve İstanbul'da küfeki taşının, Doğu Anadolu bölgesinde de Urfa taşının sıkça tarihi yapılarımızda kullanıldığı bilinmektedir. Bu çalışma kapsamında tarihi yapı dokularımıza uygun kent mobilyaları üretilebilmesi adına, farklı boyutlara sahip Küfeki ve Urfa taşı agregaların betonda kullanılabilirliği araştırılmıştır. Küfeki ve Urfa taşı agregaların özelliklerinin belirlenmesi ve doğal agregalarla kıyaslanabilmesi için bazı agrega deneyleri yapılmıştır. Bu agregalar ile üretilen beton karışımlarına, dayanım ve dayanıklılık özelliklerinin belirlenmesine ilişkin deneyler uygulanmıştır. Sertleşmiş beton performans özelliklerini kıyaslamak için doğal taş agregaları ile aynı çimento dozajında referans beton üretilmiştir. Performans özelliklerinin yanısıra sertleşmiş beton numunelerine uygulanan yüzey taşlama ve parlatma işlemi ile doku yapısı ve görselliği incelenmiştir. Ayrıca endüstriyel ölçekli üretim çalışmaları kapsamında kent mobilyası ürünler üretilmiş ve yüzey yıkama işlemi ile yine ürün dokuları ve endüstriyel kullanım durumu değerlendirilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Beton, Küfeki Taşı, Urfa Taşı, Kent Mobilyaları, Tarihi Yapılar

**ABSTRACT** Local resources as natural stones are widely preferred in historical buildings, in our country. It is known that limestone in Marmara region and Istanbul, and Urfa stone in Eastern Anatolia are frequently used in our historical buildings. Within the scope of this study, Küfeki and Urfa stones of different sizes were investigated in concrete in order to produce urban furniture in accordance with our historical texture. Agreement experiments have been carried out in order to determine the features of the limestone (Kufeki) and Urfa stone aggregates and compare them with natural aggregates. Tests have been applied to determine the strength and durability properties of concrete mixtures which were obtained from these aggregates. In order to compare the features of hardened concrete, reference concrete was produced with the same cement dosage as natural stone aggregates. Besides the features of performance, the structure and visuality of the surface as a result of grinding and polishing implementation to hardened concrete samples were examined. In addition, urban furnitures were produced within industrial scale production, and the production surface after surface washing process and the industrial use were examined.

**Keywords:** Concrete, Limestone, Urfa Stone, Urban Furniture, Historical Buildings



## 1 GİRİŞ

Küfeki taşı, Roma ve Bizans döneminde kullanılmaya başlanan; Osmanlı'nın, özellikle de Mimar Sinan'ın elinde zirveye ulaşan, Dünya'da "İstanbul taşı", Osmanlı'da ise "Bakırköy Taşı" olarak bilinen ve 2 bin 500 yıl gibi uzun bir zaman ayakta kalabilen bir taştır. Kullanımı gibi ismi de (Küfeki ya da Köfeki) eskilere dayanır. Kökeni yeni Yunanca kufaki "ponza taşı veya talk" sözcüğünden alıntıdır. Eski Yunanca koupholithos "bir tür hafif ve süngersi taş" sözcüğüyle eş kökenlidir. Bu sözcük eski yunanca kouphos "kof, hafif" sözcüğünden türemiştir. Günümüzde çabuk kırılan taş, sünger taş, gevrek, yumuşak, kof anlamlarına gelmektedir. İstanbul camilerinin ve birçok tarihi mimarının beyaz taş malzemesi olan Bakırköy Küfekisi, artık Bakırköy'ün ve birçok Küfeki taşı çıkan yerin yerleşim merkezi olması ve ocakların kapanması nedeni ile bulunamamaktadır. Günümüzde bu çoklukta olmasa da İstanbul çevresinde hala ocaklar mevcut. Trakya bölgesinin Küfeki ihtiyacı ise artık çoğunlukla yakın ocaklardan sağlanmaktadır (Toki Haber Dergisi 2014).

Küfeki taşı üst Miyosen (Sarmasian) dönemi formasyonudur. Matris yapısı çok büyük oranda  $\text{CaCO}_3$  (%93-100) dan oluşmaktadır, bol kavkılı, boşluklu kripto-kristalli bir kireçtaşıdır. Mactra, Melanopsis, Helix kavkuları ve Krinoid parçaları içermektedir (Ariç 1955). İçerdiği kavkılar nedeni ile doğal bir kompozit malzemedir. Kayaç doğada masif, çatlaksız ve yönlennemiş bir yapıda bulunur. Yapıda esas olarak küfeki taşının iki farklı düzey oluşumları kullanılmıştır. Alt düzeyleri bol fosil kavkılı ve iri taneli olan formasyonun üst düzeyleri daha az kavkılı ve killi-kumlu. Mimar Sinan yapılarında da çoğunlukla "alt düzey formasyonu" kireçtaşı kullanılmıştır (Arioğlu ve ark. 1999).

Organik tortul taş olan Küfeki, kalker, silis ve fosil (istiridy ve midye gibi) çökeltilerinden oluşmuştur. Açık bej, açık sarı, gri tonlarda, ince taneli ve kumlu görünümde, fosilli, boşluklu ve kristalli, kompakt bir taştır. Ocaktan çıkmadan önce yumuşaktır. Bu yüzden işlenmesi çok kolaydır. Daha sonra havadaki karbondioksit gazını alarak sertleşir. Bu sertleşme uzun süre devam eder. Yıllar geçtikçe betona nispetle mukavemeti daha da artar ve ömrü 2 bin 500 yıla kadar ulaşır. Taş, beton gibi ocaktan çıkarıldıktan sonra kullanıldığı süreye kadar geçen zaman içinde havadaki  $\text{CO}_2$  ile tepkimeye girerek karbonatlaşma sonucunda tüm mekanik büyüklüklerinin çok belirgin ölçüde artmasıdır. Başka bir anlatımla, Küfeki taşının zaman içindeki mekanik büyüklükleri (basınç, çekme, kayma dayanımları) artarken, yapısındaki boşluklar azalmakta ve dış ajanlara (su, gaz emisyonları vb.) karşı dayanıklılığı artmaktadır (Erguvanlı ve Ahunbay 1989).

Küfeki taşının ocaktan ilk çıktığı andaki ile kullanım sürecindeki göstermiş olduğu fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri farklılık göstermektedir. Ocaktan ilk çıktığında boşluklu, birim hacim ağırlığı  $2.2 \text{ t/m}^3$ , özgül ağırlığı  $2.5 \text{ kg/m}^3$ , porozitesi %12-13, su emmesi % 5 (ağırlıkça) ve basınç dayanımı 20-30 MPa (15x15 cm küp) olarak bulunmuştur. Küfeki taşı atmosfer koşullarında bekletildiğinde bünyesine  $\text{CO}_2$  olarak hızlı karbonatlaşma süreci ile boşluklarının bir bölümü kalsiyum bikarbonat  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  ile dolar, porozitesi azalır, dayanımı ve birim hacim ağırlığı artarken, su emmesi de azalmaktadır (Gentürk ve ark. 1995; Arioğlu ve Arioğlu 1997).

Küfeki taşının yapısal içeriğine bağlı özellikleri nedeniyle yapıların iç ve dış tüm mekânlarında geniş kullanım yelpazesine sahiptir. Sadece dış cephe malzemesi olarak değil, kolay işlenmesi nedeniyle kesme taş olarak da kullanım alanı bulmuştur. Küfeki taşı iç mekânlarda, döşeme kaplamalarında, kemerlerde, sütunlarda, sövelerde, cumbalarda, harpuştalarda, şöminelerde, bahçe düzenlemesinde, rölyeflerde, taç kapılarda, portal, mihrap ve minberlerde, kuş evi, sadaka taşı gibi estetik, sanat ve zarafet gerektiren eserlerde de çokça kullanılmıştır. Mimar Sinan İstanbul'un genel görünümünü etkileyen Şehzade, Süleymaniye, Mihrimah Sultan Külliyesini, Osmanlı döneminde Bakırköy çevresinde çıkarılan Küfeki taşının homojen tabakalarından hazırlanan bloklarla inşa etmiştir (Ahunbay 2009).

Şanlıurfa kireçtaşı olarak bilinen Urfa taşı; Türkiye'de özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yerel alanda hem iç hem de dış bina uygulamalarında kullanımı yaygındır. Ayrıca kesilmesi ve şekillendirilmesi kolay olduğundan farklı amaçlar için kullanılabilir. Bu kireçtaşları düşük maliyetli olmasına rağmen inşaat malzemeleri dışında yeterli miktarda dayanıklı olmaması yaygın olarak kullanılmasını engellemektedir (Turgut ve ark. 2008).

Beton ve betonarme yapıların imalatından sonra Şanlıurfa Taşı (ŞT) ve buna benzer diğer yapı doğal taşlarının eski önemini yitirdikleri görülmektedir. Bu süreçte ŞT çoğunlukla çimento sanayiinde agrega ve mıcır üretiminde kullanılmış, yapı taşı olarak nadiren eski yapıların tadilatlarında kullanılmıştır. ŞT ve diğer yapı taşlarının zamanla kullanımının azalmasındaki en büyük etken, atmosferik ve dış etkenlere bağlı olarak taşlarda ve dolayısıyla yapılarıdaki deformasyon meydana gelmesidir (Ozcelik ve Ozguven 2014).

ŞT doygunken basınç dayanımının % 25-60'ını kaybetmektedir. Ancak ŞT'nin iyileştirmesi üzerine deneyler yapılmış ve ŞT'nin bazı koruma işlemlerine tabi tutulduktan sonra kullanılmasıyla, taşın dayanımını koruduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ŞT'nin iyi derecede cila tutabildiğini ve böylece uzun yıllar doğal görüntüsünü muhafaza ettiğini ortaya koymuştur (Ağan ve ark. 2013; Ağan 2016).

## 2 DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar kapsamında farklı boyutlara sahip Küfeki taşı ve Urfa taşı agregalarının özelliklerinin belirlenmesi ve bunların doğal agregalarla kıyaslanabilmesi için bazı agrega deneyleri yapılmıştır. Kent mobilyası ürünleri için kalker esaslı doğal agregalı kendiliğinden yerleşen beton karışım tasarımı oluşturulmuş, bu tasarım üzerinden Küfeki taşı (KT) ve Urfa taşı (UT) agregaları ile tarihi dokulara uygun estetik ve doğal görünümlü beton üretmek için deneme karışımları hazırlanmıştır. Bu karışımlar ile elde edilen sertleşmiş beton numuneleri üzerinden dayanım, durabilite ve geçirimsizlik deneyleri yapılmıştır.

### 2.1 Kullanılan Malzemeler Ve Özellikleri

Çimento: Kullanılan çimento CEM I 52,5 R (BPC) türü olup özgül ağırlığı 3,08 g/cm<sup>3</sup>, blaine özgül yüzeyi 449 m<sup>2</sup>/kg'dır. Çimentonun kimyasal bileşimi Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. Çimento kimyasal bileşimi (%)

Bileşen	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O eşdeğeri	Klorür (Cl <sup>-</sup> )	Kızdırma kaybı	Çözünmeyen kalıntı	Beyazlık
Bileşen yüzdesi (%)	0,7	0,33	3,34	0,92	0,0098	3,90	0,10	85,36

Agrega: Çalışmada doğal agregalar, Küfeki taşı agregaları ve Urfa taşı agregaları kullanılmıştır. Kullanılan agregaların kimyasal bileşimi Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Küfeki taşı ve Urfa taşı agregalarının kimyasal bileşimi (%)

Bileşen	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O
Küfeki Taşı Agregası Bileşen yüzdesi (%)	0,42	0,53	0,51	54,2	0,42	0,28
Urfa Taşı Agregası Bileşen yüzdesi (%)	0,52	0,31	0,23	53,8	0,46	0,16

Deneme çalışmalarında kullanılan KT ve UT agrega görüntüleri Şekil 1’de, agregalara yapılan bazı deneylere ait sonuçlar Tablo 3, 4 ve 5’te verilmektedir.



Şekil 1. Farklı boyutlardaki KT (üstte) ve UT (altta) agrega görüntüleri

Tablo 3. Mozaik (kalker) taşı agregalarının fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	Mozaik tozu (0-0,5mm)	Mozaik granit (1,5-2,5mm)	Mozaik sarı (1,5-2,5mm)	Mozaik Beyaz (2-4mm)	Mozaik Beyaz (4-6mm)
Sıkı birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1860	1450	1550	1690	1700
Gevşek birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1600	1230	1400	1510	1500
Görünen özgül ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	2650	2680	2700	2760	2790
Su emme (%)	1,5	1,5	0,4	0,4	0,7
İncelik modülü	0,77	3,92	4,38	4,90	5,87
Metilen mavisini	0,8	0,65	0,5	-	-
Çok ince malz. içeriği (%)	23,6	0,4	0,7	0,8	0,6

Tablo 4. Küfeki taşı agregalarının fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	KT agrega (0-0,7 mm)	KT agrega (0,7-1,7 mm)	KT agrega (1,7-5mm)	KT agrega (5-16 mm)
Sıkı birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1780	1390	1440	1510
Gevşek birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1550	1280	1300	1360
Görünen özgül ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	2630	2680	2700	2760
Su emme (%)	1,2	0,6	0,4	1,1
İncelik modülü	0,93	3,49	4,8	-
Metilen mavisini	1,25	0,9	-	-
Çok ince malz. içeriği (%)	18,5	0,3	0,1	0,3

Tablo 5. Urfa taşı agregalarının fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	UT agrega (0-5 mm)	UT agrega (5-12 mm)	UT agrega (12-25 mm)
Sıkı birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1700	1400	1340
Gevşek birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1400	1300	1230
Görünen özgül ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	2570	2620	2690
Su emme (%)	1,8	1,1	0,5
İncelik modülü	3,51	-	-
Metilen mavisi	0,75	-	-
Çok ince malz. içeriği (%)	16,6	0,5	0,3

## 2.2 Taze ve Sertleşmiş Beton Deneyleri

Çalışma kapsamında çimento dozajı 520 kg/m<sup>3</sup>, su/ bağlayıcı oranı 0,40 olan kent mobilyası ürünleri için kendiliğinden yerleşen kalker agregalı beton tasarımı (Referans) oluşturulmuştur. Bu tasarım üzerinden kendiliğinden yerleşen beton denemelerinde yoğunluğu 1,1 g/cm<sup>3</sup> olan yüksek oranda su azaltıcı kimyasal katkı çimento ağırlığının % 0,8'i oranında kullanılmıştır. KT agrega ve mozaik tozu içeren beton (D1), KT agrega ve KT tozu (0-0,7 mm) içeren beton (D2) karışım tasarımı oluşturulmuştur.

Ayrıca yine 520 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajında ve aynı su/bağlayıcı oranlarında, UT agrega ve mozaik tozu içeren beton (D3) ve UT iri agregası (12-25 mm) içermeyen beton (D4) tasarımları oluşturularak deneme çalışmaları yapılmıştır. Deneme çalışmalarında kullanılan karışım oranları Tablo 6 ve 7'de, taze beton deneyleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 6. Mozaik (kalker) taş agregalı beton karışımı (Referans)

Karışım	Referans (kg/m <sup>3</sup> )
Çimento (Dökme) BPC	520
Mozaik Tozu (0-0,5 mm) (Beyaz)	520
Mozaik Granit ( 1,5-2,5 mm)	325
Mozaik ( 1,5-2,5 mm) Sarı	318
Mozaik ( 2-4 mm) Beyaz	220
Mozaik ( 4-6 mm) Beyaz	220
Yüksek Oranda Su Azaltıcı Katkı	4,2
Su	210

Tablo 7. Küfeki taşı ve Urfa taşı agregalı beton karışımları

Karışım	D1 (kg/m <sup>3</sup> )	D2 (kg/m <sup>3</sup> )	D3 (kg/m <sup>3</sup> )	D4 (kg/m <sup>3</sup> )
Çimento (Dökme) BPC	520	520	520	520
Mozaik Tozu (0-0,5 mm) (Beyaz)	520	-	520	520
Küfeki Taş Tozu (0-0,7 mm) (Sarı)	-	520	-	-
Küfeki Taşı (0,7-1,7 mm)	320	320	-	-
Küfeki Taşı (1,7-5 mm)	320	320	-	-
Küfeki No 1 (5-16 mm)	440	440	-	-
Şanlıurfa Taşı Tozu (0-5 mm)	-	-	350	390
Şanlıurfa Taşı No 1 (5-12 mm)	-	-	450	710
Şanlıurfa Taşı No 2 (12-25 mm)	-	-	300	-
Yüksek Oranda Su Azaltıcı Katkı	4,2	4,2	4,2	4,2
Su	210	210	210	210

Tablo 8. Taze beton deneyleri

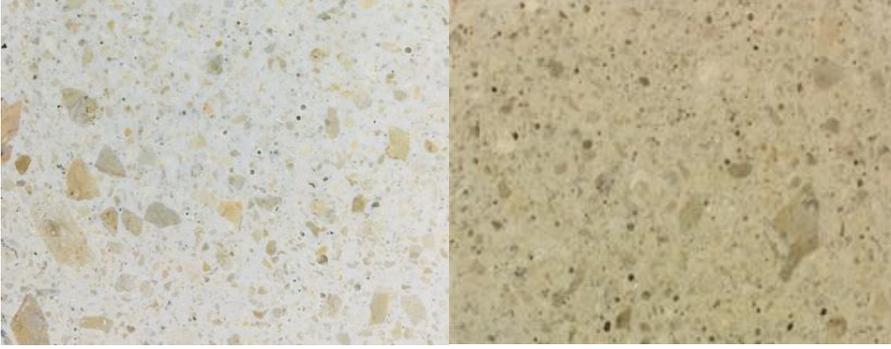
Deneyler	Referans	D1	D2	D3	D4
Yayılm, mm	65	65	66	68	68
Birim ağırlık, kg/m <sup>3</sup>	2376	2373	2358	2343	2340
Ortam sıcaklığı, °C	20,8	20,8	20,5	21,7	22,2
Beton sıcaklığı, °C	25,6	25,8	25,4	26,3	27,1

Deneme çalışmaları yapılan kendiliğinden yerleşen beton numunelerine yüzey taşlama işlemi yapılarak elde edilen yüzey görüntülerine ait resimler Şekil 2, 3 ve 4'te verilmektedir.

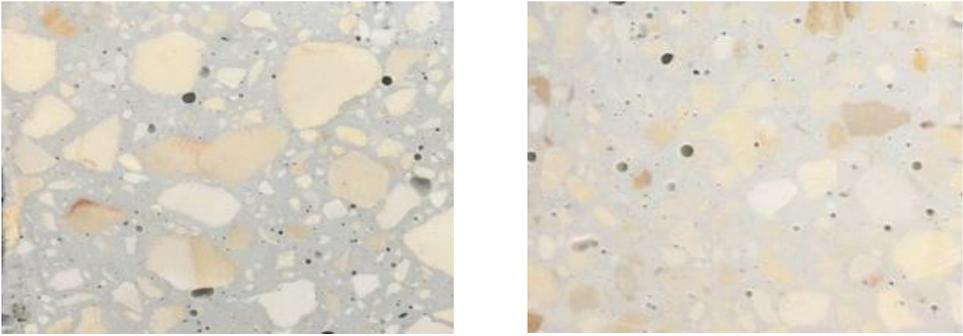


Şekil 2. Referans numune kesit görüntüsü





Şekil 3. Küfeki taşı agregaları ile yapılan D1 (solda) ve D2 (sağda) denemelerine ait numune kesit görüntüleri



Şekil 4. Urfa taşı agregaları ile yapılan D3 (solda) ve D4 (sağda) denemelerine ait numune kesit görüntüleri

#### Basınç Dayanımı Deneyi;

Basınç mukavemeti deneyleri 100x100x100 mm boyutlarındaki küp numuneler alınmış, TS EN 12390-3'e göre yapılan 7 ve 28 günlük su kürü uygulanmış deney sonuçları Tablo 9'da, farklı kür koşulları ile bekleme süresi 90 güne tamamlanan numunelere ait deney sonuçları ise Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 9. Basınç dayanım sonuçları-1

Deney	Referans	D1	D2	D3	D4
7 Günlük ort. basınç dayanımı (MPa)	58,0	73,2	69,4	54,2	49,8
28 Günlük ort. basınç dayanımı (MPa)	70,2	77,7	75,5	58,5	55,3



Tablo 10. Basınç dayanım sonuçları-2

Deneme	90 Günlük su kürü ort. basınç dayanımı (MPa)	28 Gün su kürü + 56 gün hava kürü ort. basınç dayanımı (MPa)	28 Gün su kürü + 56 gün <i>cilalı</i> hava kürü ort. basınç dayanımı (MPa)
D1	82,4	91,2	-
D3	-	66,9	61,2

Tablo 9’de verilen küp basınç deney sonuçları incelendiğinde, KT denemelerinde 7 günlük ve 28 günlük basınç değerlerinin referans betona göre daha iyi sonuçlar verdiği, UT agregalı denemelerde ise dayanım sonuçları referans betona göre bir miktar düşük olsa da istenilen dayanım sınıfını sağladığı görülmektedir.

Farklı kür koşulları durumunda kür süresi 90 güne kadar sürdürülen KT denemesi (D1) ve UT denemesi (D3) için tablo 10’da verilen dayanım sonuçlarına bakıldığında, Küfeki taşının literatürlerde yer verildiği gibi zamanla atmosfer koşullarında dayanımının su kürüne göre daha fazla arttığı görülmüştür. Ancak Urfa taşı agregaları ile yapılan beton numunelerinde beton cilası ile cilalanmış halde atmosfer koşullarında dayanımın, cilasız numunelere göre daha düşük çıktığı ve 90 günlük beton ömrü göz önüne alındığında beton cilasının olumlu katkı sağlamadığı ve ileri yaş dayanımları için araştırılması gerektiği kanısına varılmıştır.

Aşınma Dayanımı Deneyi;

Aşınma direnci deneyleri, 28 günlük su kürü işlemi uygulanan 100x100x100 mm küp numunelere TS 2824 EN 1338’e göre gerçekleştirilmiştir. Ortalama aşınma miktarı deney sonuçları Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Aşınma direnci deney sonuçları

Deney	Referans	D1	D2	D3	D4
Aşınma miktarı (mm)	21	21	21	22	23

Tablo 10’da verilen aşınma miktarı deney sonuçları incelendiğinde, kendiliğinden yerleşen beton deneylerinde KT ve UT agrega kullanımı ile referans betona kıyasla belirgin bir farklılık olmadığı ve aşınma değerlerinin standartta belirtilen limitler içinde kaldığı görülmektedir.

Kılcal Su Emme Deneyi;

Kılcal su emme deneyleri, 28 günlük su kürü işlemi uygulanan 100x100x100 mm küp numunelere ASTM C 1585’e göre yapılmıştır. Ortalama kılcal su emme deney sonuçları tablo 11’de verilmektedir.

Tablo 11. Kılcal su emme deney sonuçları

Deney	Referans	D1	D2	D3	D4
Ort. Kılcal su emme (mm)	1,2	1,2	1,6	3,2	3,6

Tablo 11’de verilen 8 günlük olarak yapılan kılcal su emme deney sonuçlarına bakıldığında,

KT ile yapılan deneme sonuçlarının referans betona yakın olduğu, UT ile yapılan deneme sonuçlarının ise referans betona kıyasla bir miktar artış gösterdiği ancak değerlerin standartta belirtilen limitler içinde olduğu görülmektedir.

Donma-Çözülme Direnci Deneyi;

Donma çözülme direnci deneyleri, 28 günlük su kürü işlemi uygulanan 150x150x150 mm küp numuneler ile TS 12390-9'a göre gerçekleştirilmiştir. Ortalama donma çözülme miktarı deney sonuçları Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Donma çözülme deney sonuçları

Deney	Referans	D1	D2	D3	D4
Ort. Donma çözülme miktarı (Kg/m <sup>2</sup> )	0,016	0,015	0,017	0,020	0,024

Tablo 12'de verilen donma çözülme deney sonuçları incelendiğinde, KT ve UT agrega kullanımı ile referans betona kıyasla belirgin bir farklılık olmadığı ve donma çözülme çevrimi süresince % 3'lük sodyum klorür (NaCl) çözeltisine maruz kalan numunelerdeki yüzeysel kabuk atma miktarlarının standartta belirtilen limitler içinde kaldığı görülmektedir.

### 3 ENDÜSTRİYEL ÖLÇEKLİ ÇALIŞMALAR

Kent mobilyası mozaik (kalker) taş agregalı sıfır slamp döküm ürünlerinden, Ø450 Ege Çiçeklik ürünü için Küfeki taşı (KT) ve Urfa taşı (UT) agregaları ile sıfır slamp ürün tasarımları oluşturularak endüstriyel ölçekli çalışmalar yapılmıştır. Sıfır çökmeli beton denemeleri için çimento dozajı 420 kg/m<sup>3</sup>, su/ bağlayıcı oranı 0,31 olan karışımlar hazırlanmıştır. Beton denemelerinde yoğunluğu 1,07 g/cm<sup>3</sup> olan sıfır slamp süperakışkanlaştırıcı katkı çimento ağırlığının % 1,25 'i oranında kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda kullanılan beton tasarımları Tablo 13'de, yüzey yıkama işlemi yapılmış ürün görselleri ise Şekil 5, 6'da verilmektedir.

Tablo 13. Endüstriyel ölçekli karışımlarda kullanılan teorik bileşen malzeme miktarları

Malzeme	KT Deneme (kg/m <sup>3</sup> )	UT Deneme (kg/m <sup>3</sup> )
Çimento (Dökme) BPC	420	420
Mozaik Tozu (0-0,5 mm) (Beyaz)	-	400
Küfeki Taş Tozu (0-0,7 mm) (Sarı)	400	-
Küfeki Taşı (0,7-1,7 mm)	820	-
Küfeki Taşı (1,7-5 mm)	295	-
Küfeki No 1 (5-16 mm)	365	-
Şanlıurfa Taşı Tozu (0-5 mm)	-	1015
Şanlıurfa Taşı No 1 (5-10 mm)	-	435
Sıfır Slamp Kimyasal Katkı	5,25	5,25
Su	130	130



Şekil 5. Referans ürün görseli



Şekil 6. KT agregalı (solda) ve UT agregalı (sağda) ürün görselleri

#### 4 SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yapılan deneysel çalışmaların sonuçlarına bakıldığında, Küfeki taşı agregalarının hem KT tozu ile hem de kalker tozu ile kullanımı durumunda 28 günlük basınç dayanımları referans betona kıyasla yaklaşık %7 ila %10 arasında bir artış göstermiştir. Küfeki taşının hava ile temasında zamanla bir miktar daha dayanım artışı gösterdiği bilinmektedir. Araştırmacılar Küfeki taşındaki bu mukavemet artışını, havadaki CO<sub>2</sub>'nin, kimyasal bileşimi CaCO<sub>3</sub> olan taşla tepkimeye girerek taşın gözeneklerini karbonatlaşma ürünleri ile doldurması ve sonuçta taşın kompasite oranının artmasıyla açıklamışlardır. Bu veriler ışığında yapılan deneysel çalışmalar sonucu Küfeki taşının zamanla atmosfer koşullarında dayanımının su kürüne göre daha fazla arttığı görülmüştür.

Urfa taşı denemelerinin 28 günlük dayanım sonuçlarına bakıldığında ise, referans betona kıyasla D3 kodlu denemede yaklaşık %17, D4 kodlu denemede ise yaklaşık %21 dayanım kaybı yaşanmıştır. İleri yaş dayanımlarını belirlemek için D3 kodlu deneme numuneleri beton cilası ile cilalanmış halde ve cilasız halde 28 günlük su kürüne ilave olarak 56 gün atmosfer kürüne bırakılmıştır. Dayanım sonuçlarına bakıldığında beton cilası ile cilalanmış halde dayanımın, cilasız numunelere göre daha düşük çıkmış ve 90 günlük beton ömrü göz önüne alındığında beton cilası olumlu katkı sağlamamıştır.



Sertleşmiş betonlar için aşınma direnci ve kılcal su emme deneyleri yapılmış ve ilgili standartlarda belirtilen değerleri sağladığı görülmüştür. Ancak UT agregalı betonlarda kılcal su emme deney sonuçları referans betona ve KT agregalı betona göre artış göstermiştir. Benzer şekilde donma çözülme deney sonuçları incelendiğinde, KT ve UT agrega kullanımı ile referans betona kıyasla belirgin bir farklılık olmamıştır.

Endüstriyel ölçekli üretim çalışmaları neticesinde üretilen ürünlere yüzey yıkama prosesi uygulanarak, tarihi taşların kent mobilyası ürünlerinde kullanılmasıyla estetik görünümü ürünler elde edilmiştir.

Öneriler; yapılan çalışmalarda Küfeki taşı ve Urfa taşı agregaları ile üretilen numunelerde dayanım, durabilite ve geçirimsizlik özellikleri açısından 28 günlük kür koşullarında olumsuz bir duruma rastlanılmamıştır. Ancak literatür bilgilerinin ışığında Urfa taşının zamanla dayanım kaybettiği ve beton cilası ile kullanımı durumunda dayanım kaybı yaşamayacağı bilgilerine istinaden, cilalama işlemi sonrası 90 günlük dayanım sonuçları cilasız koşullarda bekletilen numunelere göre bir miktar düşük çıkmıştır. Bu nedenle Urfa taşının betonda agrega olarak kullanımı durumunda daha ileri yaş dayanımları araştırılmalı ve beton cilasının Urfa taşı agregalı beton performansına etkisi üzerine çalışmalar yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Agan, C., Yesilnacar, M.I., Genis, M., Kulaksiz, S., Ulusay, R., Aydan, O., Yucel, M.D., (2013). A preliminary geoengineering assessment of Bazda antique underground quarries in Şanlıurfa, Turkey. The Proceeding book of the ISRM International Symposium: Rock Mechanics for Resources, Energy, and Environment (EUROCK 2013), Wroclaw, Poland, September 2013, 93-98, 2013.
- Agan, C., (2016). A preliminary study on the conservation and polishing performance of Şanlıurfa limestones as a traditional building material, Bull Eng Geol Environ 75 (1), 13-25, 2016.
- Ahunbay, Z., (2009). Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 5. Baskı YEM Yayını, Nisan, 188s., İstanbul, 2009.
- Arıç, S. C., (1955). İstanbul Paleozoik Arazisinde Bulunan Oolitli ve Fosilli Demir Madeni, T.T.Ü. Dergisi 11, 3-4, S.67-68, İstanbul, 1955.
- Arioğlu, N., Arıoğlu, E., (1997). Mimar Sinan'ın Seçtiği Taş: Küfeki ve Çekme Dayanımı, 14. Türkiye İnşaat Mühendisliği Teknik Kongresi, Ekim, İzmir, 1997.
- Arioğlu, N., Tuğrul, A., Zarif, H., Girgin, Z.C., Arıoğlu, E., (1999). Küfeki Taşının Dayanıklılık Analizi: Şehzade Camii Örneği-I, Yapı Dergisi, Yapı Endüstri Merkezi, Eylül, İstanbul, 1999.
- Erguvanli, K., Ahunbay, Z., (1989). Mimar Sinan'ın İstanbul'daki Eserlerinde Kullandığı Taşların Mühendislik Jeolojisi ve Mimari Özellikleri, Mühendislik Jeolojisi Bülteni 11, S.109-114, İstanbul, 1989.
- Gentürk, A., Gündüz, L., Sarıışık, A., (1995). Yapı ve Kaplama Malzemesi Olarak Kullanılan Endüstriyel Kayaçlara Teknik Bir Bakış, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, S.331-338, İzmir, 1995.
- Ozcelik, Y., Ozguven, A., (2014). Water absorption and drying features of different natural building stones, Construction and Building Materials 63, 257-270, 2014.
- Toki Haber Dergisi, (2014). Tarihi Binaların Sağlık Sırrı, İstanbul, Ocak 2014.
- Turgut, P., Yesilnacar, M. İ. ve Bulut, H., (2008). Physico-Thermal and Mechanical Properties of Şanlıurfa Limestone, Turkey. Bulletin of Engineering Geology and The Environment, 67(4), 485-490, 2008.



# Çelik Cüruflarından Elde Edilen Yapay Agregaların Betonda Kullanılabilirliğinin Araştırılması

## *Investigation of Usability of Artificial Aggregates Obtained from Steel Slag in Concrete*

E. Örtemiz

*İSTON İstanbul Beton Elemanları ve Hazır Beton Fabrikaları San. ve Tic. A.Ş., İstanbul, emre.ortemiz@iston.istanbul*

H.D. Yılmaz

*İSTON İstanbul Beton Elemanları ve Hazır Beton Fabrikaları San. ve Tic. A.Ş., İstanbul, halit.yilmaz@iston.istanbul*

S. Zeytun

*İSTON İstanbul Beton Elemanları ve Hazır Beton Fabrikaları San. ve Tic. A.Ş., İstanbul, serhat.zeytun@iston.istanbul*

**ÖZET** Çalışmada, çelik cürufundan elde edilen yapay agregaların çeşitli beton elemanlarının üretiminde kullanım kriterlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda tedarik edilen standart agrega boyutlarında ayrıştırılmış yapay agregaların fiziksel özellikleri belirlenmiş ve doğal kırmataş agregalarla kıyaslanmıştır. Bu doğrultuda değerlendirilen yapay agregaların farklı boyut ve oranlarda doğal agrega yerine kullanılması ile farklı beton karışımları oluşturularak hazır beton ve prekast beton üretimlerinde laboratuvar ölçekte denemeler yapılmıştır. Üretilen beton karışımlarının mekanik ve geçirimsizlik özelliklerinin belirlenmesine ilişkin çalışmalar yapılarak, yapay agregaların farklı beton sınıflarında kullanılmasının beton performansına etkisi incelenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Beton, Çelik Cürufu, Yapay Agrega, Atıkların Geri Kazanımı, Sürdürülebilirlik

**ABSTRACT** In the study, it is aimed to determine the usage criteria of artificial aggregates obtained from steel slag in the production of various concrete elements. In this context, the physical properties of artificial aggregates decomposed in supplied standar aggregate sizes were determined and compared with natural aggregates. With this regard, laboratory tests were carried out in the production of ready mixed concrete and precast concrete, by usin artificial artificial aggregates in different sizes and proportions instead of natural aggregates. The studies on determining the mechanical and permeability properties of the produced concrete mixtures were conducted and the effects of artificial aggregatesin use on the performance of concrete in case of different concrete classes were investigated.

**Keywords:** Concrete, Steel Slag, Artificial Aggregate, Waste Recycling, Sustainability

## 1 GİRİŞ

Dünyadaki gelişmelerden en fazla etkilenen sektörlerin başında kuşkusuz Demir-Çelik sektörü gelmektedir. Tüm endüstriyel alanlarla bağlantısı olan Demir-Çelik sektöründe tarih boyunca meydana gelen gelişmeler, toplumların sosyoekonomik yapılarını şekillendirmede büyük rol oynamıştır. Demir-Çelik sektörü, tüm endüstriyel dallara girdi temin etmesinden dolayı, imalat sanayi, dayanıklı tüketim ve yatırım malı sanayileri üzerinde belirleyici bir unsur olmuştur (Ersöz ve ark. 2015; Atgür 2006).

Çelik cüruf, elektrik ark ocakları (EAO) üzerinde yüzen sıvı cürufu oluşturan safsızlıklardan ve akıcı madde ajanlarından çelik hurdanın eritilmesi sırasında elde edilen endüstriyel bir yan üründür. Çelik cürufu, Amerikan Test ve Malzemeler Derneği (ASTM) tarafından metalik



olmayan bir ürün olarak tanımlanmaktadır (Mohammed ve ark. 2009).

Türkiye’de 2017 yılında çelik üretiminin %69’u elektrik ark ocaklı (EAO) tesislerde, %31’i ise bazik oksijen fırınlı (BOF) entegre tesislerde gerçekleşmiştir. Demir cevheri bazlı üretim yapan entegre tesislerin ham çelik üretimi 11,5 milyon ton iken, hammaddesi hurda olan elektrik ark ocaklı (EAO) tesisler 26 milyon ton seviyesinde üretim yapmıştır (TÇÜD 2018). Çelik yapımı prosesi esnasında, toplam üretimin %15-20 oranı cüruf olarak hesaplanmaktadır. 2020 yılı sonunda dünyada çelik üretiminin 1 milyar 781 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir ve bu miktar da cüruf için farklı uygulama alanlarına ihtiyaç olduğunu göstermektedir (Gökalp ve ark. 2018). Cürufun geri dönüşümü hem çevresel hem de ekonomik olarak çok önemlidir. Yeniden işlenen cüruf gerekli diğer çoğu maliyetli malzemelerle yer değiştirebilir. Cürufu geri kazanımı atık oluşumunu önlemekte, bertaraf maliyeti ve enerji kullanımını önemli seviyede azaltmaktadır (Chunlin ve ark. 2011).

Kocaeli’de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’ndan lisanslı bir cüruf düzenli depolama tesisi mevcut olup, İzmir’de ise cürufun beton boru ve parke taşı üretimi için agrega olarak değerlendiren bakanlık lisanslı geri bir kazanım tesisi bulunmaktadır (Sivri 2017; Günay ve Kara 2005).

Yapılan bazı çalışmalarda çelik cürufunun kullanımının betonun hem basınç hem de çekme mukavemetleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu; bu nedenle betona ikamesinin, çelik endüstrisinin yarattığı çevresel sorunlardan birini ortadan kaldıracağı belirtilmektedir (Qasrawi ve ark. 2009; Patel 2008).

Qasrawi ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada işlenmemiş çelik cüruf ince agregayı beton karışımlarına dâhil ederek, basınç dayanımı 25 ila 45 MPa arasında değişen çeşitli beton karışımlarını incelemişlerdir. Karışım içerisinde %0, %15, %30, %50 ve %100 oranlarında cüruf agrega kullanılmıştır. Optimum değerler kullanıldığında, 28 günlük betonun çekme dayanımı 1,4 ila 2,4 kat ve betonun sınıfına bağlı olarak basınç dayanımı 1,1 ila 1,3 kat artmıştır. En iyi sonuçlar, çekme dayanımı için %30 ila %50, basınç dayanımı için %15 ila %30 değişim oranlarında elde edilmiştir. Bu nedenle, betonda çelik cüruf agreganın doğru oranlarda ikame edilmesi şartıyla betonun mukavemetini, özellikle de çekme mukavemetini arttıracığını belirtmişlerdir.

Autade ve Saluja (2016), betonda ince agrega yerine fiziksel ve kimyasal olarak karakterize edilmiş çelik cüruf agregalarını %0, %20, %40, %60, %80 ve %100 oranlarında değiştirerek beton karışımı yapmışlardır. Deneyler sonucunda çelik cüruf agreganın doğal ince agrega yerine %20 ve %40 ikamesi ile basınç dayanımında önemli bir artış olduğunu, eğilme ve çekme mukavemeti değerlerinin normal betona göre yaklaşık %20 artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, çelik cüruf agreganın %80 ve %100 oranlarındaki değişimlerinde basınç dayanımlarında önemli bir azalma olmadığını ifade etmişlerdir.

Mishra ve Bharosh (2018), betonda doğal ince agrega yerine çelik cürufundan elde edilen yapay agregaları %0, %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında kullanarak oluşturulan beton karışım tasarımını incelemişlerdir. Betondaki çelik cüruf agrega miktarının %30'a kadar artmasıyla, betonun basınç ve yarmada çekme dayanımı referans betona göre artış göstermiştir. Ayrıca, uzun süre dayanıklılık için yapılan asit direnci ve alkalinite testlerinde, çelik cürufunun %30 oranına kadar ikamesinin uygun olduğu belirlenmiştir.

Borole ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada, ince agrega yerine yüksek hacimli çelik cüruf agrega ikame ederek elde edilen betonu incelemişlerdir. Betonun basınç dayanımı, eğilme mukavemeti ve yarmada çekme dayanımı deney sonuçları konvansiyonel betonlar ile karşılaştırılmıştır. Çelik cüruf agregalarının yaklaşık %0, %25 ve %50'sinin doğal agregalar ile hacimce değiştirilmesinin betona herhangi bir zarar vermeyeceğini ve ayrıca betonun mukavemeti ve dayanıklılığı üzerinde olumsuz bir etkiye sebep olmayacağını belirtmişlerdir.

Khafaga ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada, doğal iri agrega yerine iri çelik cürufu agrega kullanarak 450 kg/m<sup>3</sup> ve 600 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajlarında normal, yüksek ve ultra yüksek dayanımlı beton karışımları oluşturmuşlardır. Aynı çalışmada ince doğal agrega yerine ince

çelik cürufu agrega kullanarak 350 kg/m<sup>3</sup> ve 450 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajlı beton karışımları da hazırlamışlardır. Bu karışımlara değişik oranlarda silis dumanı ilave edilerek hacim ağırlığı, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, çekme dayanımı, elastisite modülü ve geçirgenlik katsayısı incelenmiştir. Karışımlar için en yüksek beton mukavemetinin, kaba agreganın yerine %67 oranında çelik cüruf agrega ilaveli karışımda olduğunu belirtmişlerdir.

## 2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada farklı boyutlara sahip çelikhane cürufundan elde edilen yapay agregaların özelliklerinin belirlenmesi ve bunların doğal agregalarla kıyaslanabilmesi için bazı agrega deneyleri yapılmıştır. Yine, cüruf agregaların eşdeğer boyutlardaki doğal agregalarla yer değiştirmesiyle beton karışımları hazırlanmıştır. Bu karışımlar üzerinden mekanik deneyler ve geçirimsizlik deneyleri yapılmıştır.

### 2.1 Kullanılan Malzemeler Ve Özellikleri

Çimento: Kullanılan çimento CEM I 42,5R türü olup özgül ağırlığı 3,17 g/cm<sup>3</sup>, blaine özgül yüzeyi 389 m<sup>2</sup>/kg'dir. Çimentonun kimyasal bileşimi Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. Çimento kimyasal bileşimi

Bileşen	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O eşdeğeri	Klorür (Cl <sup>-</sup> )
Bileşen yüzdesi, %	19,59	4,61	3,52	63,90	1,65	2,70	0,49	0,0147

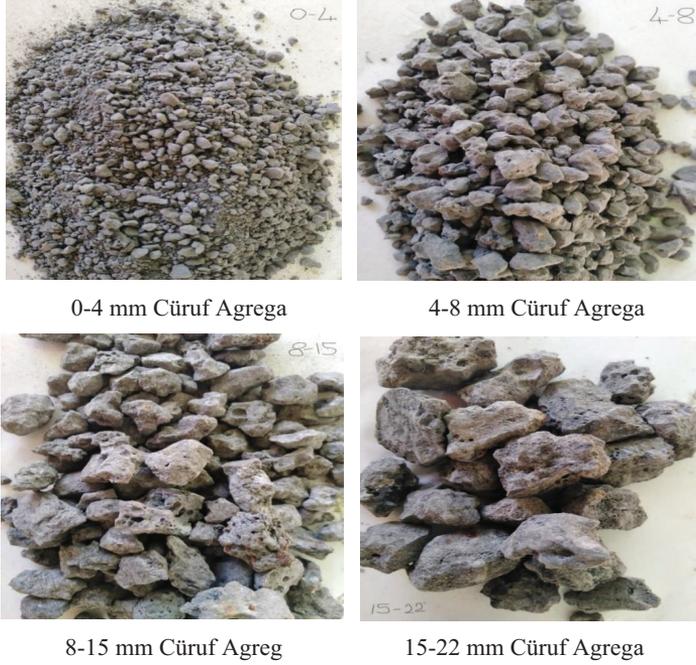
Agrega: Çalışmada doğal agregalar ve çelikhane cüruflarından elde edilen yapay ince ve iri agregalar kullanılmıştır. Kroman Çelik firmasından tedarik edilen yapay agregaların kimyasal bileşimi Tablo 2'de verilmektedir. Çelikhane atığı yapay agregalara ait görseller ise Şekil 1'de verilmektedir.

Tablo 2. Çelik cüruf yapay agregaların kimyasal bileşimi

Bileşen	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO
Bileşen yüzdesi, %	12-25	5-10	17-34	33-42	5-8	3-5

Tablo 3. Yapay agregaların granülometreleri

Elek Boyutu (mm)	Yapay ince agrega (0-4 mm) % Geçen	Yapay iri agrega (4-8 mm) % Geçen	Yapay iri agrega (8-15 mm) % Geçen	Yapay iri agrega (15-22 mm) % Geçen
31,5	100	100	100	100
16	100	100	100	27
8	100	97	7	1
4	92	15	2	1
2	42	3	2	1
1	18	1	1	1
0,5	8	1	-	-
0,25	4	-	-	-
0,125	3	-	-	-
0,063	2	-	-	-



Şekil 1. Farklı boyutlarda yapay çelik cürufu agregalar

Çelikhane cürufundan elde edilen yapay agregaların ve doğal agregaların granülometrik bileşimleri ise Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmektedir.

Tablo 4. Doğal agregaların granülometreleri

Elek Boyutu (mm)	Deniz Kumı (0-4 mm) % Geçen	Kırmaş Tozu (0-5 mm) % Geçen	Kırmaş I (5-12 mm) % Geçen	Kırmaş II (12-22 mm) % Geçen
31,5	100	100	100	100
16	100	100	100	62
8	100	100	58	-
4	96	90	1	-
2	88	61	1	-
1	79	42	1	-
0,5	64	29	-	-
0,25	24	21	-	-
0,125	1	16	-	-
0,063	-	14	-	-

Çelikhane cürufundan elde edilen yapay agregaların ve doğal agregaların bazı deney sonuçları Tablo 5 ve Tablo 6’da verilmektedir.

Tablo 5. Yapay agregaların fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	Yapay ince agrega (0-4 mm)	Yapay iri agrega (4-8 mm)	Yapay iri agrega (8-15 mm)	Yapay iri agrega (15-22 mm)
Sıkı birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	2170	1970	1930	1800
Gevşek birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1910	1740	1640	1620
Görünen özgül ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	3430	3450	3470	3490
Su emme (%)	1,9	1,6	1,6	1,4
İncelik modülü	4,34	-	-	-
Metilen mavisini	0,25	-	-	-
Su içeriği (%)	0,50	0,16	0,10	0,01
Çok ince malz. içeriği (%)	1,7	0,9	0,8	0,6
Kum eşdeğer (%)	65	-	-	-

Tablo 6. Doğal agregaların fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	Doğal Kum (0-4 mm)	Kırmataş Tozu (0-5 mm)	Kırmataş I (5-12 mm)	Kırmataş II (12-22 mm)
Sıkı birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1590	1680	1520	1510
Gevşek birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1410	1450	1380	1320
Görünen özgül ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	2640	2680	2700	2710
Su emme (%)	1,0	1,6	0,9	0,5
İncelik modülü	2,48	3,41	-	-
Metilen mavisini	0,5	1,5	-	-
Su içeriği (%)	2,50	0,37	0,02	0,01
Çok ince malzeme içeriği (%)	0,4	13,9	1,2	0,4
Kum eşdeğer (%)	92	61	-	-

## 2.2 Taze ve Sertleşmiş Beton Deneyleri

DeneySEL çalışmalar iki bölümden oluşmaktadır. Çalışmaların ilk bölümünde beton dayanım sınıfı C 35/45 olan hazır beton karışımları üretilmiştir. İkinci bölümde ise parketaşı, bordür, beton ve betonarme boru gibi ürünlerin üretiminde kullanılan sıfır çökmeli (slamp) beton karışımları hazırlanmıştır.

Hazır beton denemelerinde çimento dozajı 380 kg/m<sup>3</sup>, su/ bağlayıcı oranı 0,42 olan beton karışımı kullanılmıştır. Sıfır çökmeli beton denemeleri için çimento dozajı 360 kg/m<sup>3</sup>, su/ bağlayıcı oranı 0,40 olan karışımlar hazırlanmış ve çökme değeri 5 cm olan karışımlar kullanılmıştır. Hazır beton denemelerinde yoğunluğu 1,1 g/cm<sup>3</sup> olan su azaltıcı süperakışkanlaştırıcı katkı çimento ağırlığının %1,4'ü oranında, sıfır çökmeli betonlarda ise yoğunluğu 1,07 g/cm<sup>3</sup> olan sıfır slump süperakışkanlaştırıcı katkı çimento ağırlığının %0,8 'i oranında kullanılmıştır. Hazır betonlarda ve sıfır slump betonlarda doğal agrega olarak Kırmataş I (5-12 mm), Kırmataş II (12-22 mm), Kırmataş tozu (0-5 mm) ve Doğal kum (0-4 mm) kullanılmıştır. Çalışmada, Kırmataş tozu yerine 0-4 mm cüruf agrega, Kırmataş I yerine eşit oranlarda 4-8 mm ve 8-15 mm cüruf agregaların karışımı ve Kırmataş II yerine 15-22 mm cüruf agrega kullanılmıştır. Kum boyutunda çelik cürufu yapay agrega bulunmadığı için kum hariç diğer doğal agregalar yerine farklı denemelerde aynı hacim oranlarında yapay agregalar kullanılmıştır. Beton karışım tasarımlarında kullanılan numune kodlamaları, hazır beton denemelerinde "H" ile, sıfır slump denemelerde ise "S" ile gösterilmiştir. Karışımlarda kullanılan bileşen malzemeler ve miktarları Tablo 7 ve Tablo 8'de yer almaktadır. Hazır beton ve sıfır çökmeli beton karışımları için yapılan taze beton deneyleri ise Tablo 9'da verilmektedir.

Tablo 7. Hazır beton karışımında kullanılan teorik bileşen malzeme miktarları

Karışım (kg/m <sup>3</sup> )	Referans (H)	H1	H2	H3	H4
Çimento	380	380	380	380	380
Doğal Kum	440	440	440	440	440
Kırmataş Tozu	448	0	448	448	0
Kırmataş I	450	450	0	450	0
Kırmataş II	450	450	450	0	0
0-4 mm Yapay Agrega	0	580	0	0	580
4-8 mm Yapay Agrega	0	0	290	0	290
8-15 mm Yapay Agrega	0	0	290	0	290
15-22 mm Yapay Agrega	0	0	0	580	580
Süperakışkanlaştırıcı Katkı	5,32	5,32	5,32	5,32	5,32
Su	160	160	160	160	160

Tablo 8. Sıfır slump beton karışımında kullanılan teorik bileşen malzeme miktarları

Karışım (kg/m <sup>3</sup> )	Referans(S)	S1	S2
Çimento	360	360	360
Doğal Kum	602	602	602
Kırmataş Tozu	407	407	0
Kırmataş I	1026	616	1026
0-4 mm Yapay Agrega	0	0	526
4-8 mm Yapay Agrega	0	263	0
8-15 mm Yapay Agrega	0	263	0
Sıfır Slamp Katkı	2,88	2,88	2,88
Su	144	144	144

Tablo 9. Taze beton deneyleri

Deneyler	Hazır beton denemeleri					Sıfır slump beton denemeleri		
	Referans(H)	H1	H2	H3	H4	Referans(S)	S1	S2
İlk slump, mm	20	20	20	20	20	5	5	5
30 dk'lık slump, mm	16	18	12	10	17	-	-	-
Birim ağırlık, kg/m <sup>3</sup>	2403	2432	2507	2557	2766	2394	2471	2474
Ortam sıcaklığı, °C	20,8	20,8	21,9	29,7	30,2	29,1	28,7	28,3
Beton sıcaklığı, °C	25,6	26,6	27,4	30,3	30,7	30,1	30,3	29,7

Sıfır çökmeli betonlarda slump değerinin 0 (sıfır) olarak belirlenmesi durumu geniş bir su kullanım oranına karşılık gelmektedir. Su/çimento oranı 0,25 ila 0,32 arasında çökme değeri 0 (sıfır) olan beton karışımları hazırlamak mümkündür. Sıfır çökmeli beton denemelerinde aynı çökme değerinde daha reel karşılaştırmalar yapılabilmesi için çökme değeri tüm sıfır çökmeli karışımlarda 5 cm olarak belirlenmiştir. Hazır beton ve sıfır slump beton karışım denemeleri sırasında karışımların çökme değeri örnekleri Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. Beton karışım denemeleri slump görüntüleri

Basınç dayanım deneyleri 100x100x100 mm boyutlarındaki küp numuneler ile TS EN 12390-3'e göre yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 10'da verilmektedir.

Tablo 10. Hazır beton ve sıfır slump beton karışımlarının basınç dayanım sonuçları

Karışım (H)	Ort.basınç dayanımı (MPa)		Karışım (S)	Ort. basınç dayanımı (MPa)	
	7 gün	28 gün		7 gün	28 gün
Referans(H)	50,0	57,1	Referans(S)	36,1	41,1
H1	44,6	52,9	S1	33,4	42,8
H2	42,2	51,2	S2	33,4	41,2
H3	46,0	54,7			
H4	47,7	57,2			

Yarmada çekme dayanımı deneyi TS EN 12390-6'ya ve eğilme mukavemeti TS EN 12390-5'e göre hesaplanmıştır. Deney sonuçları Tablo 11'de verilmektedir. Aşınma direnci deneyleri TS 2824 EN 1338'e göre hesaplanmıştır. Deney sonuçları Tablo 12'de verilmektedir.

Hızlı klor geçirimsizliği deneyi, su emme deneyi, kılcal su emme deneyi için 100x200 mm silindirik numuneler hazırlanmıştır. ASTM C 1202'ye göre yapılan hızlı klor geçirimsizliği deneylerinde numuneden geçen akım değeri Tablo 13'te verilmektedir.

Ayrıca, TS 2824 EN 1338'e göre su emme deneyi, ASTM C 1585'e göre kılcal su emme deneyi yapılmış olup deney sonuçları Tablo 14'de verilmektedir.

Tablo 11. Yarmada çekme dayanımı ve eğilme dayanımı deney sonuçları

Karışım (H)	Yarmada çekme dayanımı (MPa)	Eğilme dayanımı (MPa)	Karışım (S)	Yarmada çekme dayanımı (MPa)	Eğilme dayanımı (MPa)
	28 gün	28 gün		28 gün	28 gün
Referans(H)	4,2	5,5	Referans(S)	3,9	4,5
H1	3,1	5,2	S1	4,6	4,8
H2	3,4	6,0	S2	5,0	4,7
H3	3,7	6,1			
H4	4,6	5,7			

Tablo 12. Aşınma direnci deney sonuçları

Karışım (H)	Aşınma (mm)	Karışım (S)	Aşınma (mm)
	28 gün		28 gün
Referans(H)	19	Referans(S)	24
H1	19	S1	25
H2	21	S2	23
H3	23		
H4	21		

Tablo 13. Hızlı klor geçirimliliği deneyi sonuçları

Karışım (H)	Ort. Geçen elektriksel yük (Coulomb)	Geçirimsizlik sınıfı (ASTM C 1202)	Karışım (S)	Ort. Geçen elektriksel yük (Coulomb)	Geçirimsizlik sınıfı (ASTM C 1202)
	Referans(H)	2107		Orta	Referans(S)
H1	2203	Orta	S1	4698	Yüksek
H2	4759	Yüksek	S2	3048	Orta
H3	3230	Orta			
H4	6279	Yüksek			

Tablo 14. Su emme ve kılcal su emme deney sonuçları

Karışım (H)	Su emme (%)	Kılcal su emme (mm)	Karışım (S)	Su emme (%)	Kılcal su emme (mm)
	28 gün	28 gün		28 gün	28 gün
Referans(H)	3,6	4,6	Referans(S)	4,8	6,8
H1	3,8	5,1	S1	5,8	6,8
H2	3,7	6,6	S2	5,0	6,9
H3	3,8	6,0			
H4	3,9	5,5			

### 3 ENDÜSTRİYEL ÖLÇEKLİ ÇALIŞMALAR

Endüstriyel ölçekli deneysel çalışmalar kapsamında, doğal agregalar ve çelikhane cürufundan elde edilen yapay agregalar ile çimento dozajı  $360 \text{ kg/m}^3$  olan karışımlar hazırlanarak parke taşı, plak taşı ve bordür taşı ürünleri üretilmiş ve bu ürünlerin ilgili standartlarda belirtilen deney ve analizleri yapılmıştır. Endüstriyel ölçekli karışımlarda kullanılan bileşen malzemeler ve miktarları Tablo 15’de verilmektedir. Üretilen ürün (parke taşı, plak taşı, bordür) görselleri ise Şekil 3’te yer almaktadır.

Tablo 15. Endüstriyel ölçekli karışımlarda kullanılan teorik bileşen malzeme miktarları

Karışım ( $\text{kg/m}^3$ )	Çimento	Doğal Kum	Kırmataş Tozu	Kırmataş I	0-4 mm Yapay Agrega	4-8 mm Yapay Agrega	8-15 mm Yapay Agrega	Sıfır Slamp Katkı	Su
Referans	360	620	735	735	0	0	0	3,6	145
Deneme	360	620	0	0	950	470	470	3,6	145



Şekil 3. Doğal agregalar ile (solda) ve yapay agregalar ile (sağda) üretilen ürün görselleri

Endüstriyel Ölçekli Beton Basınç Dayanımı Deneyi;

Basınç mukavemeti deneyleri  $100 \times 100 \times 100$  mm boyutlarındaki küp numuneler ile TS EN 12390-3’e göre yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 16’da verilmektedir.

Tablo 16. Basınç dayanım sonuçları

Karışım	Ort.basınç dayanımı (MPa)	
	7 gün	28 gün
Referans	34,2	54,2
Deneme	35,3	56,2

Yapay ve doğal agregalar ile üretilen parke taşı ürünleri için yapılan yarmada çekme dayanımı, su emme ve aşınma deneyleri TS 2824 EN 1338 standardına göre, plak taşı ürünleri için yapılan su emme ve aşınma deneyleri TS 2824 EN 1338 standardına, eğilme dayanımı deneyi ise TS EN 1339 standardına göre yapılmıştır. Bordür taşı ürünleri için yapılan su emme ve aşınma deneyleri TS 2824 EN 1338 standardına, eğilme dayanımı deneyi ise TS 436 EN 1340 standardına göre yapılmış ve deney sonuçları Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Doğal ve yapay agregalar ile üretilen ürünlere ait deney sonuçları

Endüstriyel Ürün		Yarmada çekme dayanımı (MPa)	Eğilme dayanımı (MPa)	Su emme (%)	Aşınma (mm)
Parke Taşı	Referans	4,2	-	5,3	24
	Deneme	4,5	-	5,1	23
Plak Taşı	Referans	-	5,1	5,0	24
	Deneme	-	4,8	4,8	24
Bordür Taşı	Referans	-	6,6	4,9	22
	Deneme	-	6,3	4,5	20

#### 4 SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yapılan agregaya deney sonuçlarına göre yapay cüruf agregaların sıkı ve gevşek birim ağırlıkları, doğal agregalardan yüksek değerlere sahiptir. Bu durumun yapay agregaların çelikhane cüruflarından özel olarak boyutlandırılması ile birlikte yüksek özgül ağırlığa sahip olmalarından kaynaklandığı düşünülebilir. Su emme yüzdesi yüksek olan agreganın betonda kullanılması, beton su ihtiyacını artırdığı için beton dayanımını ve dayanıklılığını olumsuz etkilemektedir. Ancak bu çalışma kapsamında kullanılan yapay agregaların su emme değerleri doğal agregalara yakın seviyededir. Yapılan kum eşdeğeri ve metilen mavisi deneylerinde yapay agregaya ve doğal agregaların benzer sonuçlar verdiği görülmüştür.

Yapay agregaların daha yüksek özgül ağırlığa sahip olmasına bağlı olarak taze beton birim ağırlıklarının beklendiği gibi yapay agregalarla üretilen beton karışımlarında artış göstermektedir. Basınç dayanımı deneyi sonuçları incelendiğinde, hazır beton denemeleri için Kırmataş tozu ve Kırmataş I yerine benzer boyuttaki yapay agregalar ile yapılan karışımlarda basınç dayanımlarının az bir oranda düştüğü görülmüştür. İnce agreganın yüksek oranlarda değiştirilmesi durumunda çelik cürufunun gözenekli olması ve çok ince malzeme muhtevasının düşük olması nedeniyle referans karışıma göre daha düşük sonuçlar verdiği düşünülmektedir. Doğal Kırmataş tozu agreganın ince malzeme muhtevası 0-4 mm yapay agregaya oranla daha fazladır. Sıfır slump denemelerinde ise 28 günlük basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde, referans betona kıyasla önemli bir farklılık görülmemiştir.

Hazır beton denemelerinin 28 günlük yarma çekme dayanımı deney sonuçları incelendiğinde H4 karışımında yapay cüruf agregaların kullanılması ile referans betona kıyasla biraz arttığı, H1, H2 ve H3 beton karışımlarında ise dayanım sonuçlarında belirgin bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Sıfır slump beton denemelerinde ise, yarmada çekme dayanımı değerleri yapay cüruf agregaya kullanımı ile referans betona kıyasla küçük oranda artmıştır. Eğilme dayanımı ve aşınma direnci değerlerinde referans betona kıyasla belirgin bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Hızlı klor geçirimsizliği deneyinde numunelerden geçen akım miktarlarına bakıldığında hazır beton denemeleri için, 4-8/8-15 mm boyutlarındaki yapay agregaların Kırmataş I yerine hacimsel olarak tamamının kullanılması (H2) ve yapay agregaların tamamının doğal agregalar yerine kullanılması ile (H4) kontrol betona kıyasla daha fazla geçirgen olduğu görülmektedir. Benzer şekilde sıfır slump beton denemelerinde de 4-8/8-15 mm boyutlarındaki yapay agregaların Kırmataş I yerine hacimsel olarak %40 oranında karıştırılması ile beton geçirimsizlik özelliğinin olumsuz etkilendiği görülmektedir. Bu durumun nedeninin yapay agreganın çelik sektörünün atığı bir malzeme olarak elektrik iletkenliğinin doğal agregalara göre daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durumu destekleyen bir sonuç olarak karışımların su emme yüzdelere bakıldığında hem hazır beton denemelerinde

hemde sıfır slump betonu denemelerde, yapay agrega kullanılan karışımların su emme değerlerinin referans betona kıyasla farklılık göstermediği görülmektedir. Benzer olarak kılcal su emme deney sonuçlarına incelendiğinde de, hazır beton denemelerinde hem de sıfır slump betonu karışımlarında doğal agregalar ile yapay cüruf agrega kullanılan karışımlar arasında belirgin bir farklılık görülmemektedir. Yapay cüruf agrega veya doğal agregalar içeren tüm karışımların su emme ve kılcal su emme değerleri yakın değerlerde olmasına karşın hızlı klor iyonu geçirimsizliğinin yapay agregalı karışımlarda daha yüksek çıkmasının nedeni olarak, betonların boşluk yapısından ziyade cüruf agregaların çelik malzemenin atığı olmasından dolayı yüksek elektrik iletkenliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Endüstriyel ölçekli üretim çalışmaları sonrasında ürünlere ilgili standartlar çerçevesinde deneyler yapılmıştır. Yapay ve doğal agregalar ile üretilen ürünlerin ilgili standartları sağladığı, çelikhane atığı yapay agregalı ürünler ile referans ürünler arasında deneysel sonuçlar açısından belirgin bir farklılık olmadığı görülmüştür.

Tüm bu çalışmalardan sonuç olarak, cüruf atıklarının hazır beton ve sıfır slump çökme ile üretilen betonlarda dayanım açısından kullanılabileceği öngörülmektedir. Yine geçirimsizlik özellikleri açısından çelik cürufu agregalar betonda kullanılabilir görülmektedir. Böylece, çelik atığının betonda agrega olarak değerlendirilerek hem doğal agrega rezervlerinin korunması, hem de çelikhane atıklarının meydana getireceği çevre kirliliğinin engellenmesi mümkün görülmektedir.

#### Öneriler;

Bu çalışmada betonların sadece bazı mekanik ve geçirimsizlik özellikleri incelenmiştir. Ancak, betonarme yapılarda korozyon en önemli problemlerden bir tanesidir. Bu kapsamda yapay agregalar ile üretilen betonların mevcut durumda betonların maruz kalabileceği donma çözülme, ıslanma kuruma, agresif kimyasal ortamlar vb. durumlar içinde performansının araştırılması önemlidir. Yine yapay agregalar kullanılarak üretilen betonlarda alkali agrega rekasyonu gibi hacim genleşmesi ile betonun zarara uğrayabileceği tüm durumlar araştırılmalıdır. Ayrıca agreganın çelik atığı cüruf olması nedeniyle hem agreganın kendisinin hem de bu yapay agregaların kullanıldığı betonların daha ileri yaşlarda başlangıç duruma göre mekanik ve fiziksel özelliklerinde bir değişim olmaması durumu incelenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Atgür, M., (2006). Avrupa Birliği'ne Uyum Sürecinde Türkiye'de Demir - Çelik Sektörü: Analizi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tez No: 206628.
- Borole, S.T., Shinde, R.V., Mhaske, R.B., Pagare, S.S., Tribhuvan, K.S., Pawar, N.M., Tiwari, V.D., Sanehi, A.K., (2016). Replacement of Fine Aggregate by Steel Slag, International Journal of Innovative Research in Science and Engineering, Volume 2 Issue 3- March 2016, p.628-635
- Chunlin, L., Kumpeng, Z. ve Depeng, C., (2011). Possibility of Concrete Prepared with Steel Slag as Fine and Coarse Aggregates, A Preliminary Study. Procedia Engineering. 24(0): p.412-416.
- Ersöz, T., Dügenci, M., Ünver, M. ve Eyiöl, B., (2015). Demir Çelik Sektörüne Genel Bir Bakış ve Beş Milyon Ton Üstü Demir Çelik İhracatı Yapan Ülkelerin Kümeleme Analizi ile İncelenmesi, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi Cilt 4(2) s.75-90, 2015
- Gökalp, İ., Uz, V.E., Saltan, M. ve Tutumluer, E., (2018). Technical and environmental evaluation of metallurgical slags as aggregate for sustainable pavement layer applications, Transportation Geotechnics, 14,61-69, 2018
- Günay, E. ve Kara, M., (2005). Erdemir Çelikhane Cürufunun Ekonomik Ve Ekolojik Değerlendirilmesi, TÜBİTAK MAM, Malzeme Enstitüsü, 41470, s.1-2, Gebze/KOCAELİ

- Khafaga, M.A., Fahmy, W.S., Sherif, M.A. ve Hamid, A.M.N.A., (2014). Properties of High Strength Concrete Containing Electric Arc Furnace Steel Slag Aggregate, Journal of Engineering Sciences Assiut University Faculty of Engineering Vol. 42 No. 3 -May 2014, p.582–608
- Mishra, B.K. ve Bharosh, R., (2018). Evaluation strength and durability characteristic of concrete use steel slag, International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, Volume 4, Issue 5 –2018, p.597-601
- Mohammed, K.J., Abbas, F.O., ve Abbas, M.O., (2009). Using of Steel Slag in Modification of Concrete Properties, Work. 13: p14.
- Patel, J.P., (2008). Broader use of steel slag aggregates in concrete, Cleveland State University. ETD Archive. 401
- Prof. Autade, P.B. ve Saluja, H. S. J. S., (2016). Effect of Steel Slag as a Replacement of Fine Aggregate in M40 Grade of Concrete, International Journal of New Innovations in Engineering and Technology, Volume 5 Issue 4- August 2016, p.17-26
- Sivri, H., (2017). Recycling industry dergisinden alıntıdır.  
<http://www.hikmetsivri.com/index.asp?id=2&hid=510&sid=h>
- TÇÜD (2018), Türkiye Çelik Üretimi, Çelik Dergisi, Haziran 2018, Sayı 89, s.18
- Qasrawi, H., Shalabi, F. ve Asi, İ., (2009). Use of Low CaO Unprocessed Steel Slag in Concrete as Fine Aggregate, Construction and Building Materials Vol. 23, Is. 2, February 2009, p.1118-1125



# Maden İşletme Ruhsatı ve Üretim Miktarı Açısından Kalsit Madenciliğinin İncelenmesi

## *Investigation of Calcite Mining in terms of Mining Operation License and Production Amount*

B.G. Demir

*Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, demirbehzatgokcen@gmail.com*

A.K. Özdoğan

*Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, akozdogan@gmail.com*

A. Akbulut

*Maden Yük. Müh & Sosyolog, akbulutakin@gmail.com*

**ÖZET** Ülkemizde maden üretimi ve işletilmesi için işletme ruhsatı ve izninin alınması gereklidir. Kalsit, Maden Kanununda iki ayrı ruhsat ismi ile ruhsatlandırılır. Bunlar: II. grup (a) ve (c) bendi madenlerdir. II. grup (a) bendi madenler: Kalsit, dolomit, kalker, granit, andezit, bazalt gibi kayalardan agrega, hazır beton ve asfalt yapılarak kullanılan kayalardır. II. grup (c) bendi madenler ise; kalsit, dolomit, kalker, granit, andezit, bazalt gibi kayalardan entegre çimento, kireç ve kalsit öğütme tesisinde kullanılan kayalardır. Bu sınıflamadaki temel ayırım kalsitin kullanım alanına göre yapılır. Ülkemizde 2019 yılı itibariyle düşüşe geçen kalsit üretimi 2020 yılında tekrar artışa geçmiştir. Bu yazıda, kalsit madenciliği maden ruhsat grubu ve sayısı ile üretim açısından değerlendirilmiştir.

*Anahtar kelimeler: Kalsit, Mevzuat, Maden Ruhsatı*

**ABSTRACT** In our country, it is necessary to obtain an operation license and permit for the production and operation of mines. Calcite is licensed as two different license names in the Mining Law. These are: II. group (a) and (c) subclauses are minerals. Subclauses (a) of II. group minerals: These are the rocks used by making aggregate, ready-mixed concrete and asphalt from rocks such as calcite, dolomite, limestone, granite, andesite, basalt. Subclauses (c) of II. group minerals: These are the rocks used in the integrated cement, lime and calcite grinding facility from rocks such as calcite, dolomite, limestone, granite, andesite, basalt. The basic distinction in this classification is made according to the usage area of calcite. Calcite production in our country, which decreased as of 2019, started to increase again in 2020. In this article, calcite mining was evaluated in terms of mining licence group, number of licenses and production.

*Keywords: Calcite, Legislation, Mining License*

## 1 GİRİŞ

Kalsit karbonatlı kayaları oluşturan bir mineral olup kimyasal yapısı  $\text{CaCO}_3$ 'dür. Birçok farklı şekilde kristal (rombaeder, skalenoeeder şeklinde kristallenir) halde bulunan kalsit camı parlaklık sunar ve renksiz saydam yapıdadır. Mohs skalasına göre sertliği 3, yoğunluğu ise yaklaşık  $2,6\text{-}2,7 \text{ gr/cm}^3$ 'dür. Kolaylıkla öğütülebilir ve bu işlem sonucunda beyaz renkli bir toz elde edilir. Mikronize boyutlarda kuru veya yaş sistemde öğütülmüş kalsitler; kağıt, boya, plastik ve kablo, inşaat, gıda, seramik sektörü gibi alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır.

Ülkemizde zengin kalsit rezervleri açısından özellikle Marmara ve İç Anadolu bölgeleri ön plana çıkan coğrafi bölgelerimizdir. Ülkemizin bilinen kalsit rezervlerinin toplamı yüz milyonlarca ton ile ifade edilebilir. Madencilik faaliyetlerinin yapıldığı ruhsat alanları dışında, ülkemizin birçok yerinde henüz madencilik faaliyetine konu olmamış veya rezerv tespiti yapılmayan kalsit oluşumlarına rastlamak mümkündür. Ülkemizde bulunan kalsit rezervlerinin

en önemli özellikleri; CaCO<sub>3</sub> yüzdesinin yüksek, silis ve demir safsızlıklarının çok düşük ve öğütüldükten sonraki beyazlık derecesinin ise çok yüksek olmasıdır (DPT, 2001).

Bu yazıda, kalsit madencilığının yer aldığı II. grup ruhsatların (a) ve (c) bentleri üzerinde durularak, işletme ruhsat sürecinin temel esasları hakkında genel bir bilgi verilecektir. Ayrıca, kalsit işletme izni düzenlenmiş mevcut ruhsat sayıları üzerinden ruhsat durumu ve üretim miktarları açısından kalsit madencilığı değerlendirilecektir.

## 2 KALSİTİN MADEN RUHSAT GRUPLARI İÇİNDEKİ YERİ

Ülkemizde, madenler tarihsel süreç içerisinde Maden Kanunu yürürlüğe girene kadar Taşocakları Nizamnamesine hükümlerine göre aranmış ve üretilmiştir. Maden Kanununun yürürlüğe girdiği 1985 yılından 5177 sayılı Kanun ile (2004 yılı) yapılan değişikliğe kadar geçen süre içerisinde yine bazı madenler Maden Kanunu kapsamında değil, Taşocakları Nizamnamesine dayalı olarak aranmış ve üretilmiştir. Kalsit madeni özelinde de Maden Kanunu kapsamına alınması için birçok girişimler yapılmış ancak uzun süre sonuç alınamamıştır. Bu nedenle, modern ve gelişmiş anlamda maden işletmeciliği yapılamamış ve tesisler kurulamamıştır. 29/12/1999 tarihli ve 23921 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan 99/13682 sayılı Bakanlar Kurulu kararında yer alan “.... kırılarak ve/veya öğütülerek kullanılacak olan kalsitin mermer ruhsatına tabi madde olarak, Kararnamenin yayımlandığı tarihten itibaren yapılan arama ruhsatı müracaatlarına hak verilmek üzere Taşocakları Nizamnamesine göre doğmuş haklar saklı kalmak şartıyla 3213 sayılı Maden Kanunu kapsamına alınmaları” hükmü gereği kalsit Maden Kanunu kapsamına alınmıştır. Bu düzenleme, kalsit madeni için kanun normunda en üst düzeyde yapılan ilk düzenlemedir. Son olarak, 18/02/2015 tarihinde yayımlanan 6592 sayılı Kanun ile Maden Kanunda yapılan değişiklik sonrasında kalsit madeni Maden Kanunu içerisinde iki ayrı maden sınıfı içerisinde sayılmıştır (Demir vd., 2016).

Kalsit, Maden Kanununun 2. maddesinde sayılan maden grupları içerisinde II. grup madenlerin (a) ve (c) bentlerinde iki ayrı şekilde yer almaktadır. II. grup (a) bendi madenler; “kalsit, dolomit, kalker, granit, andezit, bazalt gibi kayalardan agrega, hazır beton ve asfalt yapılarak kullanılan kayalar”; II. grup (c) bendi madenler ise, “kalsit, dolomit, kalker, granit, andezit, bazalt gibi kayalardan entegre çimento, kireç ve kalsit öğütme tesisinde kullanılan kayalar” olarak sayılmıştır. Bu grup içerisinde iki farklı bent olarak sayılan kalsit madeni temelde kullanım alanlarına göre alt bentlere ayrılmıştır.

II. grup (a) ve (c) bendi madenler için arama ruhsat aşaması bulunmamaktadır ve bu madenler için doğrudan işletme ruhsatı düzenlenmektedir. İşletme ruhsatı ise Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) tarafından ihale ile verilir. Yapılacak olan ihale sonucunda ruhsata hak kazanılması halinde, işletme ruhsatının düzenlenebilmesi için gerekli mali (ihale bedeli, mali yeterlilik gibi) ve teknik (işletme projesi) yükümlülüklerin yerine getirilmesi zorunludur. Ayrıca, müracaat sahibinin 6183 sayılı Kanunun 22/A maddesi kapsamında vadesi geçmiş borcunun bulunmaması ve işletme ruhsat talebine ilişkin olarak ETKB Bağlı, İlgili ve İlişkili Kuruluşlar Taşınmaz Komisyonunca işlemlerine devam edilmesinin uygun bulunması şartı aranır. Eğer yapılan ruhsat ihalesi, tesis şartına bağlı olarak yapılmaz ise ruhsat alanı en çok 100 hektar olabilir (Maden Kanunu madde 16; 24). Kalsit üretimi ve işletilmesi için genel olarak belirtildiği şekilde öncelikle işletme ruhsatının alınması ve sonrasında ise kalsit işletme izninin düzenlenmesi zorunludur.

II. grup (c) bendi madenler için maden mevzuatında bazı istisnai hükümler yer alır. Bu hükümlerin başında, II. grup (c) bendi maden işletme ruhsat taleplerinde 250 km. mesafe dahilinde en az 5 milyon TL değerinde (2017 yılı değeri) tesis olması veya kurulacağı beyan edilmesinin zorunlu olması gelmektedir. Ayrıca, II. grup (c) bendi maden ruhsatlarında üretilen madenler sadece ruhsat sahibine ait tesislerde kullanılabilir ve dışarıya satış yapılamaz. Ancak, tesisteki üretim sonucu ortaya çıkan ve prosese uygun olmayan nitelikteki ürünün satışına MAPEG tarafından izin verilebilir. Satışına izin verilen miktar, ruhsat sahasından tesise sevk

edilen yıllık üretim miktarını geçemez (Öncelikle ana işletme iznine konu kalsitin üretilip değerlendirilmesi gerekir). Aksi takdirde verilen satış izni iptal edilerek, bu durum haksız yere hak iktisabı sayılır. Haksız yere hak iktisabına imkan verilmesine sebep olan hususlarla ilgili yapılmış beyanlar da gerçek dışı ve yanıltıcı beyanlar olarak kabul edilir ve idari para cezası (2021 yılı için 103.830 TL) uygulanır (Maden Kanunu madde 10; Maden Yönetmeliği madde 25). Bunun dışında MAPEG tarafından ara ve uç ürün üretme şartını içeren ihale sonucu II. grup (c) bendi ruhsata hak kazanılması halinde, bu maden sahaları için işletme izninin düzenlendiği tarihten başlamak üzere, ilk on yıl süreyle 6831 sayılı Orman Kanunu kapsamında ağaçlandırma bedeli hariç herhangi bir bedel alınmaz (Maden Kanunu, madde 9).

II. grup (c) bendi maden ruhsatının II. grup (a) bendi maden ruhsatına intibakı yapılmaz, II. grup (a) bendi maden ruhsatlarının ise gerekli şartları sağlaması ve ruhsat sahibinin talebi halinde II. grup (c) bendi maden ruhsatına intibakı yapılabilir. Ayrıca, II. grup (a) ve (c) bendi maden ruhsatlarının talep edilmesi halinde, II. grup (b) bendi maden ruhsatına intibakı yapılabilir (Maden Yönetmeliği, madde 25). II. grup (a) bendi madenlerden (c) bendine geçiş için uygulamada aşağıdaki belgeler istenir.

- Tesis ve ruhsatın aynı tüzel veya gerçek kişiye ait olduğuna dair belge,
- Üretilen madenin bu tesiste kullanılmasına ilişkin bilgiler,
- Tesis ile ruhsat sahası arasında yatay/kuş uçuşu olarak mesafeyi belirten bilgiler,
- Sanayi ve/veya ticaret odalarından alınan tesis bedelini gösterir belgeler,
- Tesis için kapasite raporu,
- Tesisin yer bulduru krokisinin, tesis krokisinin ve koordinatları.

### 3 KALSİT MADENİN RUHSAT DURUMU VE ÜRETİM MİKTARLARI

Bu başlık altında kalsit madenin işletme ruhsat durumu ve üretim miktarı değerlendirilirken, II. grup (a) ve (c) bentlerinin toplam sayıları üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Türkiye’de kalsit üretimi açısından son on yıllık (2011-2020) süreç değerlendirildiğinde; yıllık üretim ortalamasının 9,2 milyon ton civarında olduğu, bu süre zarfında en düşük üretimin 2019 yılında gerçekleştiği ancak 2020 yılı itibariyle tekrar üretimin yükselişe geçtiği görülmektedir (Tablo 1). 2020 yılı içerisinde ülkemizde başlayan COVID-19 pandemi koşullarına rağmen üretim miktarının artması olumlu bir göstergedir. 2011-2020 yılları içerisinde miktar olarak en çok üretim ise 11,05 milyon ton ile 2014 yılında gerçekleştirilmiştir. 2020 yılında gerçekleşen 7,8 milyon ton kalsit üretimi iller bazında (yaklaşık olarak) incelendiğinde, ilk sıraları sırasıyla Niğde (2,65 milyon), Çanakkale (1 milyon), Eskişehir (0,89 milyon), Bursa (0,87 milyon), Aksaray (0,84 milyon) almaktadır (MAPEG, 2021a). Bu beş ilimizdeki kalsit üretim miktarı toplam kalsit üretim miktarının yaklaşık %80’idir.

Kalsit işletme izni düzenlenmiş tüm maden işletme ruhsat sayıları açısından değerlendirme yapıldığında, Eylül 2021 tarihi itibariyle toplam işletme ruhsat sayısı 114’dür. İşletme ruhsat sayısının en çok olduğu 5 (beş) ilimiz sırasıyla Niğde (38), Eskişehir (11), Bursa (10), Aksaray (9) ve Çanakkale (6)’dir (Tablo 2). Özellikle Niğde-Aksaray-Konya bölgesi tüm ruhsatların yaklaşık %45,6’sını oluşturur. Bu üç ilimizin olduğu İç Anadolu bölgesinin işletme ruhsat sayısı 73’dür ve tüm kalsit işletme izinli ruhsatlara oranı %64’dür (Tablo 3). İç Anadolu bölgesinde yer alan illerimiz dışında Marmara bölgesi de Bursa ve Çanakkale illerimiz ile ön plana çıkmıştır. Bu illerimizde her ne kadar işletme ruhsat sayıları daha az sayıda olsa da yukarıda belirtildiği üzere üretim açısından önemli illerimiz arasındadır. Bu sayılan beş ilimizdeki işletme ruhsat sayıları ise toplam kalsit işletme izinli ruhsat sayısının yaklaşık %65’idir.

Tablo 1. Yıllara göre kalsit üretim miktarları\* (MAPEG, 2021b)

Yıl	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Üretim (x1000 ton)	10.084,1	9.248,4	9.727	11.054,2	10.071,7	8.410,5	9.445,2	9.769	6.767,1	7.848,9

Tablo 2. Kalsit işletme izin sayısının illere göre dağılımı\* (MAPEG, 2021c)

İl	Niğde	Eskişehir	Bursa	Aksaray	Çanakkale	Kırıkkale	Balıkesir	Konya	Diğer	Toplam
Sayı	38	11	10	9	6	5	5	5	25	114

Tablo 3. Kalsit işletme izin sayısının coğrafi bölgelere göre dağılımı\* (MAPEG, 2021c)

Coğrafi bölge	İç Anadolu	Marmara	Ege	Diğer	Toplam
Ruhsat Sayısı	73	24	8	9	114

\*II (a) ve (c) toplamı

#### 4 SONUÇLAR

Kalsit, Maden Kanunu kapsamında II. grup madenlerin (a) ve (c) bendi kapsamında iki farklı şekilde ruhsatlandırılır. II. grup (a) bendinden (c) bendine geçiş mümkün iken (c) bendinden (a) bendine geçiş mümkün değildir. Kalsit madeni için arama ruhsat dönemi bulunmamaktadır ve doğrudan işletme ruhsatı düzenlenir. İşletme ruhsatı ise MAPEG tarafından düzenlenen ihale yolu ile verilmektedir.

Ülkemizde kalsit rezervi ve maden işletme ruhsatları açısından İç Anadolu ve Marmara bölgelerimiz ön plana çıkmıştır. Bu bölgelerimizde özellikle Niğde, Eskişehir, Bursa, Aksaray ve Çanakkale illerimiz hem ruhsat hem de üretim açısından ilk sıralarda yer almaktadır.

#### KAYNAKLAR

- Demir, B.G, Akbulut, A., Güngör, N., 2016. Kalsit Madenciliklerinin Mevzuattaki Gelişimi ve Sektördeki Durumu, 8. Uluslararası Kırmataş Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 514-518, Kütahya.
- Devlet Planlama Teşkilatı, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri I (Asbest, Grafit, Kalsit, Flourit, Titanyum) Çalışma Grubu Raporu, 111 s., Ankara. [https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/08\\_Madencilik\\_SanayiHammaddeleri\\_AsbestGrafitKalsitFluorit.pdf](https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/08_Madencilik_SanayiHammaddeleri_AsbestGrafitKalsitFluorit.pdf) erişim tarihi: 27-28/09/2021
- Maden Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (Kanun no:6592), 24.06.2010 tarih ve 27621 sayılı Resmi Gazete, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/02/20150218-1.htm>, erişim tarihi: 30.10.2021
- Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG), 2021a. Üretim Tablosu (yayımlanmamış)
- Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG), 2021b. Maden Üretim Değerleri, [https://www.mapeg.gov.tr/maden\\_istatistik.aspx](https://www.mapeg.gov.tr/maden_istatistik.aspx), erişim tarihi: 29/09/2021
- Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG), 2021c. Tüm Ruhsat Listesi (yayımlanmamış)
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, 2021. 3213 sayılı Maden Kanunu, Maden Yönetmeliği, <https://www.mevzuat.gov.tr/>, erişim tarihi: 27-28.09.2021.

# Madencilik ve Çevre

## *Mining and Environment*

Oğuz Güner

*Maden Mühendisi, Ankara*

**ÖZET** Kendine özgü yapısı, özellikleri ve sorunları nedeniyle madencilik sektörünü etkileyen unsurların başında mevzuat gelmektedir. Kural olarak, belli bir konuda yürürlükte bulunan kanunlar ve buna bağlı olarak çıkartılmış diğer mevzuat (tüzük, yönetmelik, tebliğ, genelge vb.), o konuda faaliyet gösterenlerin uyacakları kurallar bütünü belirlenerek bir ana çerçeve çizmektedir.

Madencilik faaliyetleri de özel bir yasa ile düzenlenmiş olmakla birlikte, madencilik mevzuatının tam anlamıyla bir bütünselliğe sahip olduğunu söyleyebilmek güçtür. Diğer sanayi faaliyetlerinden farklı olarak madencilik, belirlenmiş ve altyapısı hazırlanmış belirli bir bölgede değil, madenin bulunduğu yerde yapılmak zorundadır. Bu durum nedeniyle, madencilik faaliyetleri başka alanlara ilişkin mevzuatın da ilgi alanına girmekte, sonuç olarak yasal açıdan yetki çatışması vb. sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle; madencilik mevzuatından söz edildiğinde yalnızca Maden Kanunu ve ilgili yönetmelikler üzerinde durmak yeterli olmamakta, bunlara ek olarak madencilik doğrudan veya dolaylı olarak etki eden diğer yasa, yönetmelik vb. hukuki düzenlemelerin dikkate alınması gerekmektedir.

Madencilik sektörü açısından çevreyi koruma yanında, ekonomik ve sosyal dengenin sürdürülebilirliği de esas olmalıdır. Bunun için de şimdiki ve gelecek kuşakların, korunmuş, çevre-ekonomi-doğal kaynak dengesi gözetilmiş, sağlıklı bir çevrede yaşamasını güvence altına alan, her açıdan sürdürülebilir bir kalkınma politikasına ihtiyaç olduğu kuşkusuzdur.

*Anahtar kelimeler: Mevzuat, Çevre*

**ABSTRACT** The legislation comes first among the factors affecting the mining industry due to its unique structure, features, and problems. As a rule, the laws in force on a certain subject and other legislation (regulations, communiquéés, circulars, etc.) enacted accordingly draw a mainframe by determining the body of rules to be followed by those operating in that field.

Although mining activities are regulated by a special law, it is difficult to say that the mining legislation has complete integrity. Unlike other industrial activities, mining has to be done at the location of the mine, not in a designated area with a prepared infrastructure. Due to this situation, mining activities are also in the field of legislation related to other fields, as a result, legal conflicts of authority, etc. problems arise. Because; When mining legislation is mentioned, it is not only enough to focus on the Mining Law and related regulations, in addition to these, other laws, regulations, etc. that directly or indirectly affect mining should be taken into account.

In terms of the mining sector, besides protecting the environment, the sustainability of the economic and social balance should be essential. For this, there is no doubt that there is a need for a sustainable development policy in all respects, which ensures that present and future generations live in a protected, environment-economy-natural resource balance and a healthy environment

*Keywords: Legislation, Environment*



## 1 GENEL BİLGİLER

Madencilik diğer sektörlerden farklı olarak, yer alternatifi olmayan ve rezervin bulunduğu yerde yapılması zorunlu olan faaliyetlerdir. Madencilik faaliyetlerinin gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceği ya da nasıl yapılacağı hususunda; rezerv, tenör, maliyet gibi üretim ve yatırıma yönelik faktörlerin yanı sıra çevresel önlemler ve ülke mevzuatı gereği alınacak izinler önem arz etmektedir.

Kamuoyunda madencilik faaliyetlerinin herhangi bir kısıtlama olmadan yapıldığı yönünde kanaat söz konusudur. Ülkemiz mevzuatının yasakladığı alanlarda madencilik faaliyetleri kesinlikle yapılamaz ve yapılmamaktadır. Bu bildiri kapsamında;

- Madencilik Faaliyeti Yapılabilmesi İçin Alınması Gereken İzin Ve Ruhsatlar,
- Madencilik Sektörünü İlgilendiren Çevre Mevzuatı, ÇED Prosedürü,
- Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin ve Lisanslar Hakkında Yönetmelik
- Madencilik Faaliyeti Yapılmasına İzin Verilmeyen Alanlar
- Agrega Madenciliği,
- Madencilik'in Çevreye Olan Etkileri
- Doğaya Yeniden Kazandırma ve örnekleri konuları değerlendirilmektedir.

## 2 MADENCİLİKTE İZİN VE RUHSATLAR

Madencilik faaliyetlerinin yapılabilmesi için gerekli izin ve ruhsatlandırma süreçleri Şekil 1'de özetlenmiştir.



Şekil 1. Madencilik Faaliyetleri için Alınması Gerekli İzin ve Ruhsatlar

### A- Madenin Aranması

### B- Madenin Çıkarılması

- Açık Ocak İşletmesi
- Yer Altı İşletmesi

### C- Cevher Hazırlama Tesisleri

- Kırma-Elleme, Öğütme, Yıkama

### D- Cevher Zenginleştirme Tesisleri

- Kimyasal, Isıl İşlem

### ÇED Belgesi

- Muafiyet
- ÇED Gerekli Değildir
- ÇED Olumlu

### Çevre İzni

(Emisyon, deşarj ve atık bertarafı ile ilgili izinler )

## 2.1 Madencilik Sektörünü İlgilendiren Çevre Mevzuatı

- Çevre Kanunu,
- ÇED Yönetmeliği,
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği,
- Madencilik Faaliyetleri Sonucu Bozulan Arazilerin Doğaya Geri Kazanım Yönetmeliği,
- Maden Atıkları Yönetmeliği,
- Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği,
- Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği,
- Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği,
- Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği,
- Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği,
- Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği,
- Yaban Hayatın Korunması ve Yaban Hayatı Geliştirme Sahaları İle İlgili Yönetmelik,
- Çevre Düzeni Planları ve Plan Notları.

Madencilik faaliyetlerinin tamamı ÇED Yönetmeliğine tabidir. Madencilik yatırımlarının yapılabilmesinde en önemli adım ÇED sürecidir. Maden kanunu'na göre ülkemizde uygulanan mevzuat gereği, ÇED Yönetmeliğine göre ÇED Olumlu/ÇED Gerekli Değildir Kararı alınmadan;

- İşletme İzni,
- Orman İzni,
- Mera İzni,
- İşyeri Açma İzni,
- Çevre İzni,
- Teşvik verilmez.

## 2.2 Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)

Bir projenin; inşaat, işletme ve işletme sonrasında

- çevreye olacak etkilerin belirlenmesi,
- olası etkilerin önlenmesi veya en aza indirilmesi için;
  - alınacak önlemlerin,
  - yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesi
  - izlenmesi ve kontrolü süreci olarak tanımlanır.

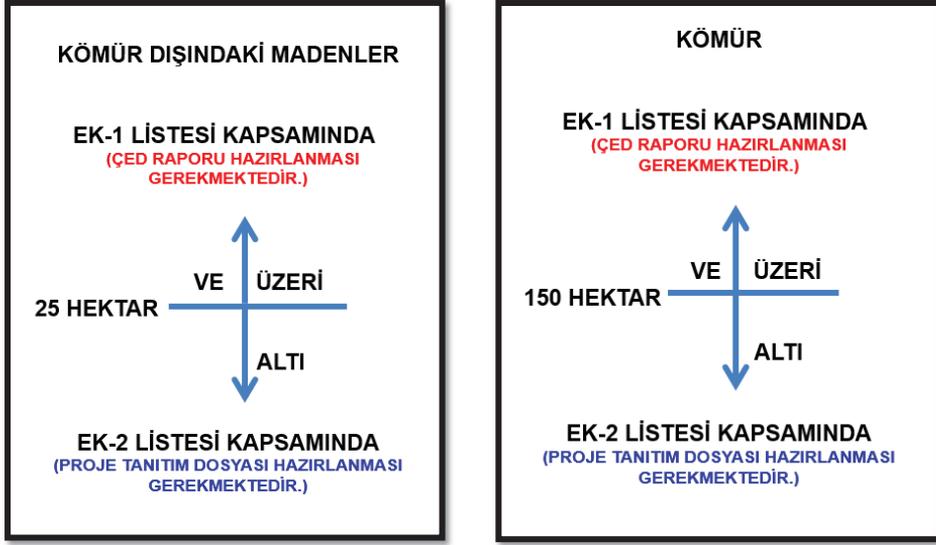
### 2.2.1 ÇED Yönetmeliği

Madenlerin çıkarılması projeleri, ÇED kapsamında değerlendirilirken proje alanı göz önüne alınmaktadır. (Avrupa Birliği ülkelerinde olduğu gibi). Kömür dışı madenler ve Kömür madenlerinde ruhsat büyüklüğüne göre ÇED gerekli değildir ya da ÇED gereklidir değerlendirilmesi Şekil 2'de özetlenmiştir.

Diğer madenlerde olduğu gibi taş ocaklarında da;

- 25 ha. üzeri alanda çalışma yapılıyorsa EK-1,
- 25 ha. altında alanda çalışma yapılıyorsa EK-2 prosedürü uygulanmaktadır (üretim miktarı şartı yok, sadece alan şartı var).





Şekil 2. Proje Alanı Bazında ÇED Süreci Uygulaması

Kırma – eleme tesisleri için ise;

- kapasitesi 400.000 ton/yıl ve üzeri ise EK-1,
- kapasitesi 400.000 ton/yıl ve altında ise EK-2 prosedürü uygulanmaktadır.

Daha önce alınan ÇED muafiyeti; ruhsat alanında ve üretimde değişiklik (artış) yapılmamıő ise geçerliliğini devam ettirmektedir.

ÇED açısından, madencilik projelerini diğer projelerden ayıran en önemli husus madenlerin bulunduğu yerde çıkarılması zorunluluğudur. Bu nedenle madencilik projelerinin değerlendirilmesinde;

- Teknoloji Alternatifleri
- Fayda – Maliyet Analizi
- İőletmeden sonra alanın nasıl rehabilite edileceği hususlarında gerekli hassasiyetin gösterilmesi gerekmektedir.

Madencilik projelerinde yer alan konular 3 ana grupta toplanmaktadır;

- 1- Proje alanı ve çevresinin özellikleri
- 2- Projenin özellikleri
- 3- Projenin çevresel etkileri ve alınacak önlemler

ÇED Raporunda olması gerekenler;

- 1- Rezerv miktarlarının, proje ömrünün belirtilmesi
- 2- İşletme yöntemi ve ekipman
- 3- Basamak yüksekliği, genişliği
- 4- Patlatma paterni
- 5- Toz, gürültü, vibrasyon ve su kullanımı
- 6- Pasa alanı, stok alanı, bitkisel toprak alanı vb. ünitelere ait koordinatların haritada iőaretlenmesi.

### Proje Sahibinin Değişmesi

Proje sahibinin herhangi bir nedenle değişmesi durumunda; Projenin yeni sahibi, devirle ilgili bilgi ve belgeleri, taahhütname ve imza sirkülerini bir dilekçe ekinde bakanlığa/valiliğe bildirir.

### İzleme - Denetleme

ÇED Başvuru Dosyası, ÇED Raporu ve Proje Tanıtım Dosyalarında yazılan her husus taahhüt olup, bu taahhütleri yerine getirmek faaliyet sahibinin sorumluluğundadır. Bu nedenle çed yönetmeliği çerçevesinde yapılan değerlendirmelerin amacına ulaşması için taahhütname yer alan hususlara uyulması gerekmektedir. Bu çerçevede projeler Bakanlık ve Valilikler tarafından denetlenmektedir.

### 2.2.2 Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin ve Lisanslar Hakkında Yönetmelik

#### Çevre İzinleri

- Hava Emisyonu
- Çevresel Gürültü
- Atık Su Deşarjı
- Tehlikeli Madde Deşarjı
- Derin Deniz Deşarjı

#### Yetkili Merciler

- EK-1 Listesinde yer alan İşletme ve Faaliyetler için BAKANLIK,
- EK-1 Listesinde yer alan İşletme ve Faaliyetler için ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK İL MÜDÜRLÜKLERİ

#### Süreç

Çevre izin ve/veya çevre izin ve lisansı süreci iki aşamalıdır.

- 1- Geçici Faaliyet Belgesinin Verilmesi
- 2- Çevre İzin ve Lisans Sürecinin Tamamlanması

### Belgenin İptali, Yenilenmesi ve Geçerliliği

İşletmede aşağıda belirtilen değişikliklerin olması durumunda;

- a- İşletmenin faaliyet yerinin değişmesi
- b- İşletmenin faaliyet konusunun değişmesi,
- c- İşletmenin yakıtının ve/veya yakma sisteminin değişmesi,
- ç- İşletmenin toplam üretim kapasitesinin en az 1/3 oranında artması,
- d- İşletmenin yakma/anma ısı gücünün en az 1/3 oranında artması,
- e- İşletmenin en az üç yıl süre ile çalışmaması durumunda; çevre izin ve/veya lisans alma süreci yeniden başlatılır.

### Başvuru Sahibi

ÇKAGİLHY'ye göre; çevre izin veya çevre izin ve lisans prosedürüne tabi olan faaliyeti veya tesisi işleten ve mülkiyet hakkı, kiralama veya diğer yasal yetkilerle kullanma hakkına sahip, hukuki olarak sorumlu, gerçek veya tüzel kişi olarak işletmeci kabul edilmektedir. Çevre izin/lisans başvurusunun işletmeci tarafından yapılması gerekmektedir.

### 3 AGREGA MADENCİLİĞİ VE ÇEVRE

Agrega Madenciligi dört ana başlıkta değerlendirilebilir;

1. Maden sahaları ile ilgili izinler
2. Ocak işletmeciliği
3. Kırma- eleme tesisleri
4. Atıkların değerlendirilmesi ve terkedilen ocakların rehabilitasyonu

Kil, kum, çakıl ve taş ocağı işletmeciliği ile bunların doğrudan kullanımı ya da bunlardan katma değer eldesiyle oluşturulan çimento, harç, beton, asfalt, tuğla ve prekast yapı elemanlarının üretimi, dağıtımı ve ticareti, kentleşme sürecinin en önemli vazgeçilmez unsurlarıdır. Dolayısıyla bu kaynakların giderilebilir en az çevresel etki ile işletilmesini ve amacı doğrultusunda verimli kullanılmasını sağlayıcı önlemlerin ve programların hazırlanması da kentsel planlama bütünü içinde olması gereken, en önemli çalışmalar ve görevler arasındadır.

Bu çalışmaların kapsamında işlevini tamamlamış alanların geri kazanımı (rehabilitasyonu, rekreasyonu ve rekültivasyonu) ile yeni kullanım ve yararlanma biçimlerinin belirlenmesi de bulunmaktadır. İşletme sonrasındaki kalıcı topografyası önceden belirlenen ve buna göre şekillendirilen ocak sahalarının amfi tiyatrolar, spor, kültür ve sanat yerleşkeleri, yapay göller, yeşillendirilmiş gezi ve eğlence alanları olarak yeniden “yapay doğa” anlayışıyla kentin nefes aldığı, huzurlu, örnek yaşam alanlarına dönüştürülmesi temel hedef olmalıdır.

Genel olarak madencilik çevresel etkileri başlıklar olarak şöyle sıralanabilir;

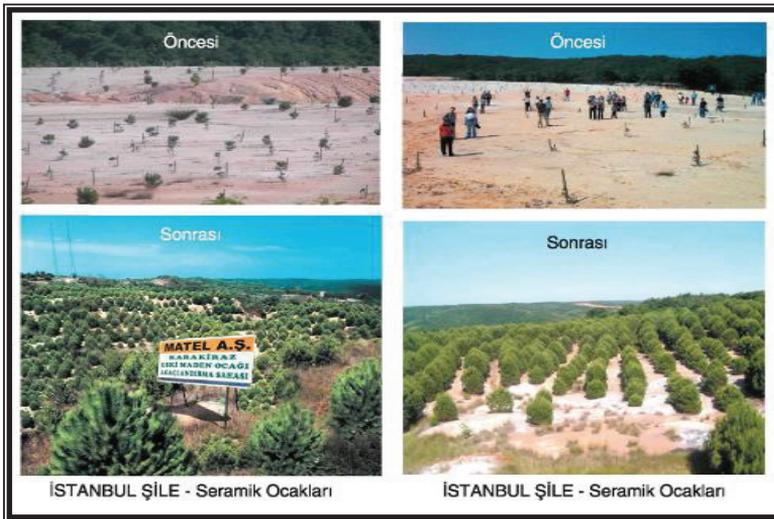
- Yeryüzünün genel yapısının bozulması
- Bitki örtüsünün ortadan kaldırılması
- Atık Oluşumu
- Toz Oluşumu
- Vibrasyon
- Gürültü
- Görsel kirlilik

Ancak bu etkilerin tümü, mevcut yasa ve yönetmeliklerde belirlenmiş kurallara uyulması, bilimsel ve mühendislik esaslarına göre işlerin yürütülmesi ile minimum seviyelere indirilebilmektedir.

#### 4 DOĞAYA YENİDEN KAZANDIRMA

Madencilik faaliyetleri esnasında veya sonucunda, topografyası değişen alanların, çevre emniyetinin sağlanması ve projesine uygun olarak ıslah edilmesi, yeniden kullanıma açılması gerek çevrenin korunması ve gerekse de sürdürülebilir bir madencilik anlayışının uygulanması açısından önem arz etmektedir.

Ülkemizde Doğaya yeniden kazandırma çalışmalarına ilişkin bazı örnekler bu bölümde resimler halinde verilmiştir.



Resim 1. İstanbul- Şile'deki Rehabilitasyon Çalışmaları



Resim 2. TKİ Sağırlar Ağaçlandırma Sahası



Resim 3. TKİ Soma Kömür Madeni Rehabilitasyonu



Resim 4. Doğaya Geri Kazanım Çalışması Öncesi ve Sonrası



Resim 5. Pasa Sahasında Büyüyen Fıstık Çamları



## 5. SONUÇ

Madenciliği topluma anlatmak ve uygulamalarıyla çevreye ve insana saygılı çalışmaların yapıldığını kanıtlamak, madencilerin görevidir. Sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda madencilik faaliyetleri yapılması istendiğinde aşağıdaki gerçekler ortaya çıkmaktadır:

-Sürdürülebilir Kalkınma, sadece kaynakları koruma gerekçesi ile üretim kısıtlanarak gerçekleşemez.

-Doğal Kaynaklar, Çevre Dostu Teknolojiler kullanılarak işletilebilir

-Yasal mevzuattaki belirsizliği ve boşluğu gidermek için madencilik faaliyetlerine ilişkin Özel Çevre Mevzuatına gereksinim vardır.

-Toplumun Bilgi Edinme Hakkına her zaman saygı göstermelidir.

## KAYNAKLAR

On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 219 sayfa, Temmuz 2019, Ankara.

Uluslararası Çevresel Etki Değerlendirmesi Kongresi, TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Yıldız Teknik Üniversitesi ve Türkiye Çevre Koruma Vakfı, Kasım 2013, İstanbul Kongre Merkezi



# Yüksek Frekanslı Eleklerin Kırma Kum Elemelerinde Kullanımı

## *Using High Frequency Screens at Crushed Sand Applications*

O. Toprak

*Astec Industries Bölge Satış Müdürü, otoprak@astecindustries.com*

**ÖZET** Astec Firması imalatı olan yüksek frekanslı elekler bugüne kadar bir çok ince malzeme eleme uygulamalarında kullanıldı. Son yıllarda özellikle ince kırma kuma olan talep ve agregada ocaklarında kırma kum üretiminin daha da artması ile yüksek frekanslı elekler bu kırma kumun içerisindeki filler (-0.063mm) oranını azaltmak ve daha düzgün bir gradasyonda kırma kum üretilmesi amaçlı kullanılmaya başlanmıştır.

*Anahtar kelimeler: Kırma Kum, Frekans, Elek, Gradasyon*

**ABSTRACT** Astec high frequency screens have been used in different and various applications until today. Due to the high demand on crushed (manufactured) sand in quarry business, these high frequency screens could be a great replacement of washing plants in order to reduce the excess amount of super fines (-0.063mm) out of this crushed sand and prepare good gradationed product for asphalt and concrete customers.

*Keywords: High Frequency, Screen, Sand,*

## 1 YÜKSEK FREKANSLI ELEKLER

### 1.1 Yüksek Frekanslı Eleklerin Teknik Detayları ve Çalışma Prensibi

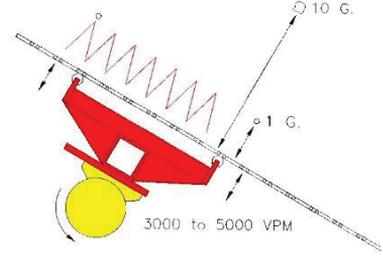
Yüksek Frekanslı elekler bir ila üç katlı olarak imal edilip, uygulamaya veya kapasiteye göre 4'x8' (1016mm x 2032mm) 6'x24' (1524mm x 7296mm) arasında boyutlarda hizmete sunulmaktadır. Eleklerin çalışma açıları konvansiyonel eleklerle göre daha dik olup 38°-45° arasında çalışmaktadırlar. Kapasite ve istenilen ürüne bağlı olarak bu açı kolaylıkla değiştirilebilir ve beslenen malzemenin elek üzerinde kalma süresi artırılıp azaltılabilir. Maksimum besleme ebatları 19mm olan eleklerle, uygulamaya ve beslenen malzemenin özelliklerine göre, minimum 400 mikron göz açıklığında elek teli takılabilir. Konvansiyonel eleklerin tersine elek kasası sallanmaz, titreşim elek tellerinin altına yerleştirilen elektrik veya hidrolik tahrikli ve her biri 0-4200 devir/dakika çalışma aralığına sahip ve ayrı ayrı ayarlanabilen vibro motorlar ile gerçekleşir. Direkt olarak elek tellerine uygulanan 3600-4200 d/d gibi yüksek bir hızla çalışmanın verdiği en büyük avantaj, beslenen malzeme içerisindeki ince partiküllerin hızla aşağıya doğru, yani elek teli yüzeyine doğru inip, iri partiküllerinde yukarıda kalmasını sağlamasıdır. Bu sayede elek teli açıklığından ufak olan partiküller hızla elenir ve eleğin verimli ve daha yüksek kapasiteli çalışması gerçekleşir. İri partiküller daha az hız ve yüksek genlik ile daha iyi elenirken, ince malzemeleri verimli elemek için yüksek hız ve düşük genlik gerekmektedir. Ayrıca eleklerin üst kısmında bulunan besleme ve dağıtım oluğu olarak adlandırılan kısım sayesinde, beslenen malzemenin eleğin üzerine çok düzgün ve homojen şekilde yayılması sağlanmaktadır.



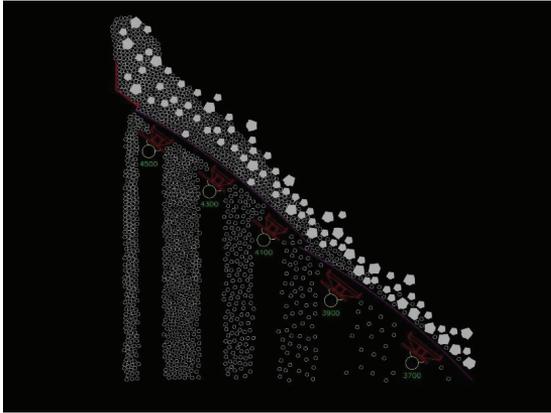
Elek kasasında vibrasyon olmaması bu eleklerin şaselerinin de daha ekonomik ve uygun fiyatlı olmasına yardımcı olmaktadır. Bu eleklerin kullanıcıya sağladığı bir diğer kolaylık ise elek teli değişimin çok hızlı ve kolay bir şekilde yapılması için elek kasasının yanındaki yay ve kol ile yapılan hızlı gerdirme sistemidir. Bu yaylı sistem ile elek telleri kolaylıkla değiştirilebilir ve yeni tel takılınca hızlı bir şekilde gerdirilip elek tekrar kullanılmaya başlanabilir. Elek tellerini gerdirmek için herhangi bir cıvata veya gerdirme plakasına ihtiyaç bulunmamaktadır.



Resim 1. İki katlı yüksek frekanslı elek kasası



Resim 2. Vibro motorlar

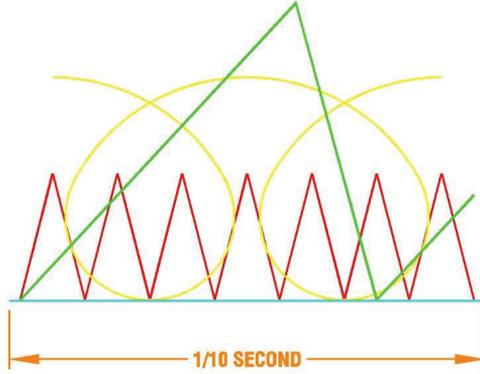


Resim 3. Yüksek frekanslı elek üzerindeki malzeme katmanlaşması

## 1.2 Yüksek Frekanslı Eleklerin Uygulama Alanları ve Avantajları

Yüksek frekanslı elekler özellikle ince malzeme elemelerinde kullanılır. Şekil 1 de görüleceği gibi konvansiyonel meyilli eleklerle veya yatay eleklerle göre yüksek frekansları sayesinde partiküllerin elek tellerine teması yaklaşık 10 kat daha fazla olmakta ve bu sayede yüksek verimlilik sağlamaktadır. Belirtilen bu özellikler sayesinde bu elekler doğal kum, kırma taş, mikronize madencilik uygulamaları (kömür, altın, fosfat, perlit vb.), asfalt ve beton geri dönüşüm, boru yatak dolgu malzemesi gibi alanlarda kullanılmaktadır.





Şekil 1 Yüksek frekanslı elek ve konvansiyonel elekler arasındaki partikül hareket grafiği

## 2 YÜKSEK FREKANSLI ELEKLERİN KIRMA KUM UYGULAMALARINDA KULLANIMI

Artan çimento ve doğal kum fiyatları neredeyse çoğu taş ocağı işleten girişimcileri kırma kum üretmeye yönlendirmiştir. Her geçen gün kırma kuma olan talep daha artmakta fakat genellikle yüksek devirli dik milli kırıcılar ile üretilen kırma kum içerisindeki filler olarak tabir edilen -0.063mm oranı, üretilen bu kırma kumun satışını zorlaştırıp kullanım alanlarını sınırlamaktadır. Bir çok işletmeci buna çözüm olarak yıkama tesisleri kullanmakta veya kurmaktadır. Düzgün kurulan yıkama tesisleri ile iyi sonuçlar alınmaktadır ancak eski tip yıkama sistemleri (kova yıkayıcı veya helezon gibi ekipmanlar) bu filler malzemenin neredeyse üretilen kumun içinde hiç kalmamasına ve hatta -600 mikron malzemenin bile atık su ile derşarj olmasına sebep olmaktadır. Bu neden ile bu tip tesislerde çok fazla da atık (pülp ve çamur) olduğu bilinen bir gerçektir.

Bir diğer konu ise yeni yönetmelikler ile birlikte yıkama ünitesi tek başına kullanılmamasıdır; bu tesislere yıkama ekipmanının yanı sıra oldukça maliyetli su geri kazanım tesisleri de (tikiner tank, filtre pres vb.) birlikte kurulmalıdır. Bahsi geçen, oldukça yüksek maliyetli olan yıkama ve su geri kazanım tesisleri yerine alternatif olarak çok daha basit ve ekonomik bir sistem olan yüksek frekanslı elekler çözüm olmaktadır. Ayrıca dünya genelindeki su kıtlığı da ilerleyen günlerde kuru sistemlerin daha yaygın hale geleceğinin habercisidir. Şu anda hali hazırda Orta Doğu, Birleşik Arap Emirlikleri gibi sıcak ve su problemi olan ülkelerde bulunan bir çok taş ocağında yıkama sistemleri yerine yüksek frekanslı elekler kullanılmaktadır. Ayrıca Rusya, Kanada gibi soğuk ülkelerde kış aylarında suların donması sebebi ile yıkama sistemlerinin çalışmaması da taş ocaklarını kuru eleme ve yüksek frekanslı elekler ile çözüm bulmaya itmiştir.

Genellikle 0-3mm veya 0-5mm olarak kullanılan kırma kum üretildikten sonra ister stoğa alınıp, isterse de direkt üretim bandından yüksek frekanslı eleklerle verilerek, kırma kumun içerisindeki -0,063mm malzeme ayrılarak daha düzgün gradasyondaki bir kırma kum elde etmek mümkündür. Dünya genelinde yüzlerce tesiste uygulanan bu sistemden örnek olarak üç ayrı işletmedeki bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

## 2.1 Çekya Colas Vicenice Taş Ocağı

Çekya da bulunan taş ocağında, firmanın asfalt plentleri için kırma taş üretilmektedir. 200 t/sa kapasiteli tesiste 30-35 t/sa, yaklaşık %2-3 rutubetli, 0-2mm kırma kum üretimi gerçekleşmekte ve 0-2mm ürüne ait 2 örneğin yüksek frekanslı eleğe girmeden önceki gradasyonu Tablo 1’de verilmiştir. Tablolardan da görüleceği gibi üründe %16-18 -0.063mm filler malzeme bulunmaktadır. Firma yüksek frekanslı eleği kullanmaya başladıktan sonra ise bu oranlar %5-7 lere düşmektedir (Tablo 2).

Yüksek frekanslı elek modeli Astec 1606V (1824x1824mm) olup, elek üzerinde kış aylarında 600 mikron, yaz aylarında ise 500 mikron kare gözlü elek telleri takılıdır. Elek çalışma açısı 40° olup, teller altında bulunan hidrolik vibratörler 3800 devir dakikaya ayarlanmıştır.

Tablo 1. Yüksek frekanslı eleğe beslenen malzemelerin gradasyonu

Elek Açıklığı (mm)	Örnek-1	Örnek-2
	% Geçen	% Geçen
4	100,0	100,0
2	97,8	96,5
1	78,2	75,4
0,5	58,8	62,1
0,25	41,5	39,3
0,125	26,6	26,4
0,063	16,0	18,4

Tablo 2. Yüksek frekanslı elekten çıkan ürünlerin gradasyonu

Elek Açıklığı (mm)	Örnek-1	Örnek-2
	% Geçen	% Geçen
4	100,0	100
2	93,6	94,7
1	53,4	72,9
0,5	27,8	45,0
0,25	12,7	21,8
0,125	8,1	12,2
0,063	5,4	7,4

## 2.2 Norveç Reddal Sand Taş Ocağı

Norveç de bulunan bazalt taş ocağında beton ve asfalt plentleri için kırma taş üretilmektedir. 450 t/sa kapasiteli tesiste, 150-170 t/sa, yaklaşık %1 rutubete sahip, 0-8mm kırma kum üretimi gerçekleşmekte ve 0-8mm ürünün yüksek frekanslı eleğe girmeden önceki gradasyonu Tablo 3’de verilmektedir. Tablodan da görüleceği gibi üründe %5-10 arasında -0.063mm filler malzeme bulunmaktadır. Firma yüksek frekanslı eleği kullanmaya başladıktan sonra ise bu oran %5 lere düşmektedir ( Tablo 4).

Yüksek frekanslı elek modeli Astec 2624VM (1824x7296mm) 2 katlı olup, elek üzerinde üst katta 4mm alt katta ise 600 mikron kare gözlü elek telleri takılıdır. Elek çalışma açısı 45° olup, teller altında bulunan hidrolik vibratörler 4000-4200 devir dakikaya ayarlanmıştır. Tablo 4 görülen gradasyon Norveç de bulunan beton firmaları için kabul edilebilir standartlarda olup Reddal Sand firması üretilen bu kuma müşterilerinden olumlu yanıtlar geldiği ve çok sattığını belirtmektedir.

Tablo 3. Yüksek frekanslı eleğe beslenen malzeme gradasyonu

Elek Açıklığı (mm)	% Geçen
8	100,0
4	58,0
2	45,0
1	33,0
0,5	22,0
0,25	14,0
0,125	8,0
0,063	5,0

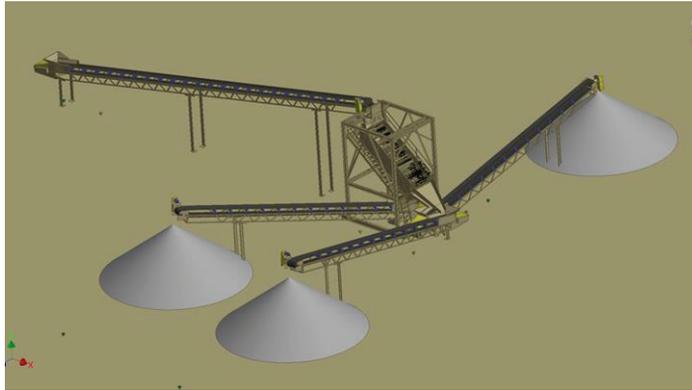
Tablo 4. Yüksek frekanslı elekten çıkan 0-4 mm ürün gradasyonu

Elek Açıklığı (mm)	% Geçen
4	100,0
2	71,0
1	44,0
0,5	25,0
0,25	16,0
0,125	8,9
0,063	5,6

### 2.3 Rusya Revda Granit Taş Ocağı

Rusya Ekaterinburg kentine 50 km mesafede bulunan bu ocakta 550 t/sa komple Astec kırma eleme tesisi bulunmaktadır. Bu tesiste dik milli ve konik kırıcılar sonrasında yaklaşık 180-200 t/sa 0-5mm kırma kum ürünü alınmaktadır.

Kurulan yeni sistemde 0-5mm ürün bantının sonuna yerleştirilen ve Şekil 2 de görülen sistemde Astec 2618VM (1824mm x 5472mm) 2 katlı yüksek frekanslı elek monte edilmiştir. Eleğin üst katına 2mm alt katına 500 mikron elek telleri konulmuştur. Tablo 5’de eleğe beslenen 0-5mm malzeme gradasyonu ve Tablo 6’da elekten alınan 0-2mm ürün gradasyonu verilmiştir. Bu 0-2mm ürün kırma kum, beton stantrellerine satılıp santrallerin daha az doğal kum veya çimento kullanmaları sağlanmaktadır.



Şekil 2 Revda taş ocağı Astec Yüksek frekanslı elek montaj şekli

Tablo 5. Yüksek frekanslı eleğe beslenen malzeme gradasyonu

Elek Açıklığı (mm)	% Geçen
8	100,0
5	98,0
4	87,0
2	70,0
1	43,0
0,5	21,0
0,25	18,0
0,125	15,0
0,063	12,0

Tablo 6. Yüksek frekanslı elekten çıkan 0-2mm ürün gradasyonu

Elek Açıklığı (mm)	% Geçen
2	100,0
1	55,0
0,5	16,0
0,25	12,0
0,125	9,6
0,063	7,9

### 3 SONUÇ

Artan çimento fiyatları ve doğal kum ocaklarının şehirlerden uzakta olması ve/veya kapatılması ile gelen talebi karşılamak için taş ocakları daha çok kırma kum üretimine yönelmiştir. Kırma kum içerisinde bulunan yüksek filler (-0.063mm) oranını düşürmek amaçlı firmalar yıkama sistemlere yönlenseler de bu tesisler yüksek maliyetli olup yeni yönetmelikler ve dünya genelinde artan kuraklık ve su problemi nedeniyle su geri kazanım tesisleri de bu yıkama ekipmalarına ilaveten kurulmak zorundadır.

Astec yüksek frekanslı elekler kırma kum içerisindeki filler oranını düşürmek ve daha yüksek fiyata satılabilecek düzgün gradasyonlu ve filleri azaltılmış kırma kum üretimi için yıkamaya alternatif bir sistem olarak değerlendirilmektedir. Daha düşük maliyet, hızlı ve kolay kurulumu sayesinde çoğu firma bu sistemi olumlu karşılamış ve kırma eleme tesislerine dahil etmeye başlamışlardır.

### KAYNAKLAR

<https://www.astecindustries.com/products/details/high-frequency-screens>

