

**ULTRAMAFİK KAYAÇLARIN BETON AGREGASI OLARAK  
KULLANILABİLİRLİĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EMRE ÇOŞKUN**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANA BİLİM DALI**

**MERSİN  
TEMMUZ - 2017**

**ULTRAMAFİK KAYAÇLARIN BETON AGREGASI OLARAK  
KULLANILABİLİRLİĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EMRE ÇOŞKUN**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANA BİLİM DALI**

**Danışman**

**Doç. Dr. Kıvanç ZORLU ARAS**

**MERSİN**

**TEMMUZ - 2017**



## ETİK BEYAN

Mersin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğinde belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlâk kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
  - Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak kullandığımı,
  - Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
  - Bu tezin herhangi bir bölümünü Mersin Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,
  - Tezin tüm telif haklarını Mersin Üniversitesi'ne devrettiğimi
- beyan ederim.

## ETHICAL DECLARATION

This thesis is prepared in accordance with the rules specified in Mersin University Graduate Education Regulation and I declare to comply with the following conditions:

- I have obtained all the information and the documents of the thesis in accordance with the academic rules.
- I presented all the visual, auditory and written informations and results in accordance with scientific ethics.
- I refer in accordance with the norms of scientific works about the case of exploitation of others' works.
- I used all of the referred works as the references.
- I did not do any tampering in the used data.
- I did not present any part of this thesis as an another thesis at Mersin University or another university.
- I transfer all copyrights of this thesis to the Mersin University.

7 Temmuz 2017 / 7 July 2017

İmza / Signature

Emra ÇOŞKUN

## ÖZET

### ULTRAMAFİK KAYAÇLARIN BETON AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ

Bu çalışmada Mersin ofiyoliti içerisinde yer alan ultramafik kökenli kayaçların beton agregası olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Agregaların TS 706 EN 12620+ A1 kapsamında fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Araştırma konusu ultramafik kökenli kayaçlardan üretilen agregalardan TS EN 206:2013+A1 standardına göre küp betonlar üretilerek basınç dayanımları irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Agregası, Beton, Ultramafik kayaç, Agregası Standartları

**Danışman:** Doç. Dr. Kıvanç ZORLU ARAS, Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı



## ABSTRACT

### USABILITY OF ULTRAMAFIC ROCKS AS AGGREGATE ON CONCRETE PRODUCTION

In this study, ultramafic rocks in the Mersin ophiolite were investigate as concrete aggregates. The physical and mechanical properties of the aggregates under TS 706 EN 12620+ A1 have been examined. Concrete produced according to TS EN 206: 2013 + A1 standard from agregates produced from ultramafic rocks was investigate and their compressive strengths were investigate

**Keywords:** Aggregate, Concrete, Ultramafic Rock, Aggregate Standards

**Supervisor:** Assoc. Dr. Kivanç ZORLU ARAS, Mersin University, Department of Geological Engineering



## TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen, danışman hocam Sayın Doç. Dr. Kıvanç Zorlu Aras'a teşekkür ederim.

Tez çalışmama desteklerinden ötürü Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine teşekkür ederim.

Çalışmalarda yapılan deneyler için yardımcı olan ÇİMSA Çimento San. Tic. A.Ő Kalite Lideri Volkan Karakış'a, ÇİMSA Çimento San. Tic. A.Ő ARGE ve MüŐteri Teknik Deste Müdürü Tuğhan DelibaŐ'a, ARGE Yöneticisi Melike Sucu'ya ve tüm ARGE ve Kalite Kontrol Birimi çalışanlarına teşekkür ederim.

Çalışmalar boyunca manevi desteğini esirgemeyen, sevgili eşim Şahika Çoşkun'a ve üç aydır dünyamızda olan oğlum Aren Çoşkun'a teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

|  | Sayfa     |
|--|-----------|
| İÇ KAPAK   | i         |
| ONAY   | ii        |
| ETİK BEYAN   | iii       |
| ÖZET   | iii       |
| ABSTRACT   | iv        |
| TEŞEKKÜR   | v         |
| İÇİNDEKİLER  | vi        |
| ÇİZELGELER DİZİNİ  | vii       |
| EKLER DİZİNİ   | ix        |
| SİMGELER ve KISALTMALAR                                    | x         |
| <b>1. GİRİŞ</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI</b>                             | <b>4</b>  |
| 2.1. Agregaya İle Yapılan Çalışmalar                       | 4         |
| 2.2. Çalışma Alanı Jeolojisi İle İlgili Yapılan Çalışmalar | 6         |
| 2.2.1. Tektonizma ve Depremsellik                          | 7         |
| 2.2.2. Meteorolojik Veriler ve Hidrojeoloji                | 7         |
| <b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b>                               | <b>8</b>  |
| 3.1. Materyal  | 8         |
| 3.1.1. Agregaya Kaynaklarının Jeolojik Özellikleri         | 9         |
| 3.1.1.1. Mersin Ofiyoliti (Mof)                            | 9         |
| 3.1.1.2. Karahamzaşağı Formasyonu (Mof)                    | 10        |
| 3.2. Metod   | 11        |
| 3.2.1. Laboratuvar Çalışmaları                             | 11        |
| 3.2.1.1. Petrografik Analiz                                | 12        |
| 3.2.1.2. Kimyasal Analiz                                   | 13        |
| 3.2.1.3. Agregaya Tane Boyu Dağılımı (Elek Analizi)        | 13        |
| 3.2.1.3. Agregaya İncelik Modülü                           | 17        |
| 3.2.1.4. Yassılık İndeksi Deneyi                           | 17        |
| 3.2.1.5. Metilen Mavisi Deneyi                             | 18        |
| 3.2.1.6. Tane Yoğunluğu ve Su Emme Deneyi                  | 19        |
| 3.2.1.7. Aşınma Kaybı Deneyi (Los Angeles Deneyi)          | 20        |
| 3.2.1.8. Alkali Silika Reaktivliği (ASR)                   | 22        |
| 3.2.1.9. Beton Basınç Dayanımı Deneyi                      | 22        |
| <b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b>                             | <b>24</b> |
| 4.1. Petrografik Analiz Sonuçları                          | 24        |
| 4.1.1. Dünitlerin Petrografik Özellikleri                  | 24        |
| 4.2. Kimyasal Analiz Sonuçları                             | 25        |
| 4.3. Tane Boyu Dağılım Sonuçları                           | 25        |
| 4.4. Agregaların İncelik Modülü                            | 32        |
| 4.5. Agregaların Yassılık İndeksi Değerleri                | 32        |
| 4.6. Agregaların Metilen Mavisi Deneyi Değerleri           | 32        |
| 4.7. Agregaların Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranları        | 33        |
| 4.8. Agregaların Aşınma Kaybı Deneyi Sonuçları             | 33        |
| 4.9. Agregaların Alkali Silika Reaktivliği                 | 34        |
| 4.7. Beton Basınç Dayanım Sonuçları                        | 34        |
| <b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER</b>                                | <b>38</b> |
| KAYNAKLAR  | 42        |
| EKLER  | 44        |
| ÖZGEÇMİŞ   | 47        |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

|  | <b>Sayfa</b> |
|--|--------------|
| Çizelge 3. 1. Yapılan deneyler ve referans standartlar   | 12           |
| Çizelge 3. 2. Tane büyüklüğü (D) ile numune kütlesi (Q) arasındaki ilişki (TS 706 EN 12620 +A1)                        | 12           |
| Çizelge 3. 3. Tane büyüklüğü (D) - numune miktarı ilişkisi (TS EN 933-1:2012)  | 14           |
| Çizelge 3. 4. Agregata tane büyüklüğü dağılımı tayininde kullanılan elek serileri (TS 706 EN 12620+ A1)                | 14           |
| Çizelge 3. 5. Tane büyüklüğüne bağlı kategoriler (TS 706 EN 12620+ A1)   | 15           |
| Çizelge 3. 6. Çok ince malzeme içeriğine bağlı kategoriler (TS 706 EN 12620+ A1)                                       | 16           |
| Çizelge 3. 7. Yassılık indeksi deneyinde kullanılan elekler ( TS 706 EN 12620+A1)                                      | 18           |
| Çizelge 3. 8. Yassılık indeksi değerine göre kategoriler (TS 706 EN 12620+A1)  | 18           |
| Çizelge 3. 9. Los Angeles değerlerine bağlı kategoriler (TS 706 EN 12620+ A1)  | 21           |
| Çizelge 3. 10. Normal ve ağır betonlar için dayanım sınıfları (TS EN 206:2013+ A1)                                     | 23           |
| Çizelge 4. 1. Dünit agregaları elek analizi  | 27           |
| Çizelge 4. 2. Kireçtaşı agregaları elek analizi  | 28           |
| Çizelge 4. 3. Agregaların incelik modülü değerleri   | 32           |
| Çizelge 4. 4. Agregaların Yassılık İndeksi Sonuçları   | 32           |
| Çizelge 4. 5. Agregaların Metilen Mavisi Deneyi Sonuçları  | 33           |
| Çizelge 4. 6. Dünit agregası özgül ağırlık ve su emme oranı sonuçları  | 33           |
| Çizelge 4. 7. Kireçtaşı agregası özgül ağırlık ve su emme oranı sonuçları  | 33           |
| Çizelge 4. 8. Agregaların Los Angeles aşınma deneyi sonuçları  | 34           |
| Çizelge 4. 9. ÇİMSA CEM I 42,5R çimentosu genel özellikleri  | 34           |
| Çizelge 4. 10. Kireçtaşı agregaları üretilen betonların özellikleri ve basınç dayanımı sonuçları                       | 35           |
| Çizelge 4. 11. Dünit agregaları üretilen betonların özellikleri ve basınç dayanımı sonuçları                           | 35           |
| Çizelge 4. 12. Kireçtaşı agregaları üretilen betonların özellikleri ve basınç dayanımı sonuçları (tekrar üretim)       | 36           |
| Çizelge 4. 13. Kireçtaşı-dünit agregaları üretilen betonların özellikleri ve basınç dayanımı sonuçları (tekrar üretim) | 37           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Şekil 1. 1. İnceleme alanını gösterir yer bulduru haritası  | 3            |
| Şekil 2. 1. Çalışma alanının deprenselliğini gösterir harita  | 7            |
| Şekil 3. 1. Çalışma alanı jeoloji haritası (Şenol vd., 1998'den değiştirilerek)   | 8            |
| Şekil 3. 2. Çalışma alanında gözlenen ultramafik kayalar  | 9            |
| Şekil 3. 3. Çalışma alanında yer alan işletme tarafından krom üretimi esnasında yan kayalar olarak çıkarılan ultramafik kayalar | 10           |
| Şekil 3. 4. Çimsa Çimento San. Tic. A.Ş.'ye ait beton agregası üretimi yapılan sucular maden sahası ve agrega tesisi            | 11           |
| Şekil 3. 5. Tane büyüklüğü dağılımı referans eğrileri (TS EN 933-1: 2012)   | 16           |
| Şekil 4. 1. Agregaların aşınma kaybı değerlerinin bulunmasında kullanılan Los Angeles Aşınma Kaybı Aleti                        | 21           |
| Şekil 4. 2. Çalışma alanında yer alan dunitlerden üretilen agreganın mikroskop görüntüsü  | 24           |
| Şekil 4.3 Çalışma alanında yer alan dunitlerden üretilen agreganın XRD analizi sonuçları.....                                   | 25           |
| Şekil 4. 4. Tane boyutu dağılımı belirlenmesinde kullanılan standart elekler  | 26           |
| Şekil 4. 5. Dunitlerden üretilen 0-4 mm agrega tane büyüklüğü dağılım eğrisi  | 29           |
| Şekil 4. 6. Dunitlerden üretilen 5-12 mm agrega tane büyüklüğü dağılım eğrisi   | 29           |
| Şekil 4. 7. Dunitlerden üretilen 12-22 mm agrega tane büyüklüğü dağılım eğrisi  | 30           |
| Şekil 4.8. Kireçtaşlarından üretilen 0-4 mm agrega tane büyüklüğü dağılım eğrisi  | 30           |
| Şekil 4. 9. Kireçtaşlarından üretilen 5-12 mm agrega tane büyüklüğü dağılım eğrisi  | 31           |
| Şekil 4. 10. Kireçtaşlarından üretilen 12-22 mm agrega tane büyüklüğü dağılım eğrisi  | 31           |

## EKLER DİZİNİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| EK - 1. Çalışma alanında bulunan dünitlerin kimyasal analiz sonuçları | 44           |



## SİMGELER ve KISALTMALAR

| Kısaltma/Simge  | Tanım                                   |
|-----------------|---|
| m <sup>3</sup>  | : Metreküp                              |
| %               | : Yüzde                                 |
| vd.             | : Ve Diğerleri                          |
| °C              | : Santigrat                             |
| mm              | : Milimetre                             |
| ÇİMSA           | : Çimento Sanayi Ticaret Anonim Şirketi |
| D               | : Tane Büyüklüğü                        |
| Q               | : Numune Kütlesi                        |
| kg              | : Kilogram                              |
| XRF             | : X-Işınları Floresans Spektrometresi   |
| cm              | : Santimetre                            |
| A.Ş.            | : Anonim Şirketi                        |
| g               | : Gram                                  |
| no              | : Numara                                |
| MPa             | : Megapaskal                            |
| cm <sup>3</sup> | : Santimetreküp                         |

## 1. GİRİŞ

Temel yapı malzemesi olan beton, dünyada ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan ve üretimi sürekli artış gösteren yapı malzemesidir. Dünyadaki hazır beton üretim miktarı 2013 yılı verileri dikkate alındığında Türkiye, Çin ve Amerika'nın ardından 3. sırada yer almaktadır. 2013 yılı hazır beton üretimi miktarına bakıldığında, yaklaşık 102 milyon m<sup>3</sup> hazır beton üretimi gerçekleştirilmiş olup, kişi başına düşen beton üretimi 1,3 m<sup>3</sup>/ kişidir [1].

Yapı sektöründe kullanılan betondan beklenen özellikler, mukavemet, işlenebilirlik ve dış etmenlere karşı dayanıklı olmasıdır. Bu özellikler ise betonu oluşturan malzemeler ile doğrudan ilişkilidir. Betonu oluşturan temel bileşenler su, çimento ve agregadır. Heterojen bir iç yapıya sahip beton; çimento hamuru, agrega ve agrega-çimento hamuru yüzeyinden oluşan üç bileşenli bir birleşik malzeme olarak kabul edilmektedir. Çimento ve suyun oluşturduğu çimento hamuru, agrega tanelerinin yüzeyini kaplar ve taneler arasındaki boşlukları doldurur. Böylece, çimento hamuru agregalar arasındaki bağlayıcı malzeme görevini üstlenir [2].

Agrega, beton yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı madde yardımı ile bir araya getirilen, organik olmayan, kum, çakıl, kırmataş gibi doğal kaynaklı veya yüksek fırın curufu, genleştirilmiş perlit, genleştirilmiş kil gibi yapay kaynaklı olan taneli malzemedir [3].

Agregaların beton üretiminde ekonomik ve teknik özellikleri bakımından önemli bir rolü vardır. Agregalar, beton hacminin %60-80'ini oluştururlar. Agregaların fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri beton üretimini doğrudan etkilemektedir [4].

Beton üretiminde agrega kullanımının avantajlarından biri de çimentoya göre daha iyi bir hacim sabitliğine ve çevresel etmenlere karşı daha çok dayanıklılığa sahip olmasıdır [5].

Beton hacminin büyük bir bölümü oluşturan agrega betonun en temel bileşenlerinden biri olup agreganın çimento hamuru ile karıştırılıp beton hazırlanmasının nedenleri;

- Agreganın çimentoya göre daha ucuz olması
- Agreganın betonda oluşacak rötreyi ve sünmeyi azaltması ve karışıma iyi bir hacimsel kararlılık vermesi
- Genelde çimento ile kimyasal reaksiyona girmediği için durabilitesinin yani kalıcılığının daha iyi olmasını sağlamasıdır [6].

Yukarıda belirtilen nedenlerden ötürü agregaların kalitesi betonun özelliklerini büyük ölçüde etkilemekte ve iyi beton üretimi için uygun agregaların kullanılması gerekmektedir.

Hazır beton üretim maliyetleri incelinde yaklaşık %75 hammadde maliyeti, en büyük maliyet kalemini oluşturmaktadır. Üretimde kullanılan hammadde maliyetlerinin çoktan aza doğru sıralaması, çimento, agrega ve katkı malzemeleridir. Agregası çimentoya göre daha ucuz ve yapısına bağlı olarak çimento kullanım değerlerini doğrudan etkileyen hammaddedir. Hazır

beton sektöründeki rekabet ortamı, birim maliyetlerin minimum tutulma zorunluluğu, beton üretimindeki sürekli artış trendi ve kalite faktörleri düşünöldüğünde hazır beton üretiminde agreganın önemi açıkça görölmektedir.

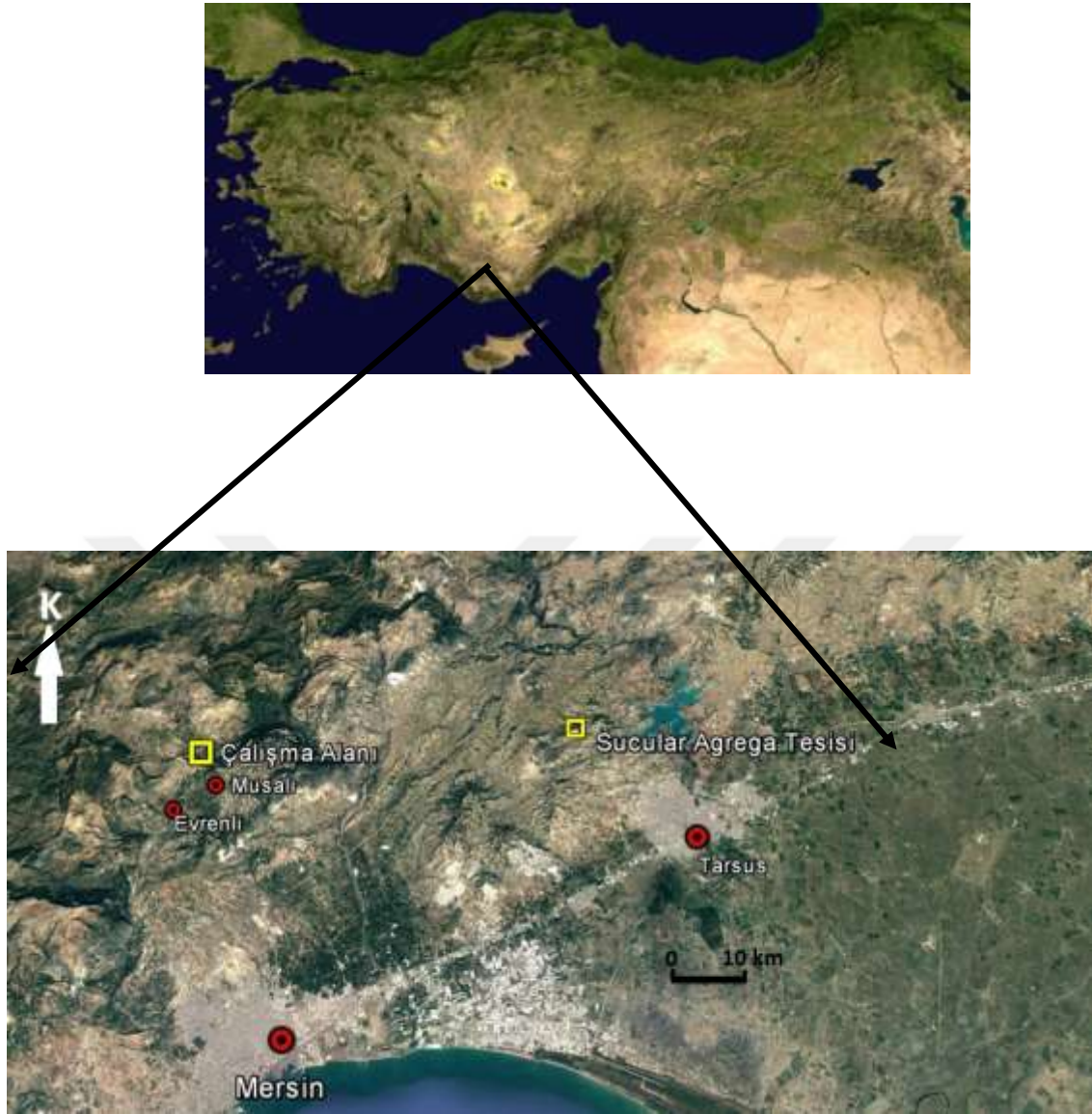
Dünya geneli maden üretiminde, agrega üretimi %58'lik payı ile birinci sıradadır [7]. Türkiye maden üretimi verilerine bakıldığında, inşaat sektörüne yönelik agrega üretimi % 80'lik paya sahiptir [8]. Avrupa'da 2013 yılı verileri incelendiğinde ölkemiz, Rusya ve Almanya'nın ardından en fazla agrega üretimi yapan 3. öлке konumundadır [9]. 2013 yılında Maden İşleri Genel Müdürlüğü'ne kayıtlı 4431 adet işletme ruhsatlı maden sahası, 2705 adet işletme izni bulunan maden sahası bulunmaktadır [10].

Ölkemizde agrega üretiminin büyük bir bölümü kayaçların belirli bir kırma işleminden geçirilip, eleme yöntemi ile sınıflandırılması ile yapılmaktadır. Ölkemizde agrega madenciliğinde kullanılan ana kayaç tipi incelendiğinde %96 karbonatlı kayaçlar, %4 magmatik ve metamorfik kökenli kayaçların kullanıldığı görölmektedir. Amerika'da agrega üretiminde kullanılan ana kayaç tipi incelendiğinde %71 karbonatlı kayaçlar, %23 magmatik, volkanik kayaçlar ve metamorfik kayaçlar, %6 volkanik kül, curuf, alternatif agrega kaynakları olarak ölkemize göre farklılık arz etmektedir [11].

Ölkemizde inşaat sektöründeki büyüme ve deprensellik, doğrudan hazır beton ve agrega sektörünü etkilemektedir. Rekabet koşullarına bağlı olarak düşük maliyetli daha kaliteli ürün yapma zorunluluğu, yasal mevzuat ve çevresel kısıtlamalar, ölkemizdeki faydalanılabilir agrega rezervlerini kısıtlamaktadır.

Bu çalışmada agrega madenciliği için ölkemizde en büyük kaynak kayaç olan karbonatlı kayaçlara alternatif olarak, ultramafik kayaçların agrega olabilirliği araştırılmıştır. Çalışmaya konu olan Mersin İli, agrega üretimde en çok üretim yapılan iller arasında yer almaktadır. Agregada üretimindeki büyüklüğü, sürekli artış gösteren yapı sektörü ve nüfusu düşünöldüğünde, Mersin ili için de faydalanılabilir agrega rezervlerindeki kısıtlamalar, hazır beton üreticileri için potansiyel sorunların başında gelmektedir. Bu tez çalışmasının amacı çevresel ve yasal mevzuatlardaki kısıtlamalar sebebiyle faydalanılabilir kaynakların kullanımında yaşanacak sorunlara çözüm olarak, alternatif agrega kaynağı olabilecek, ultramafik kökenli kayaçların agrega özellikleri araştırılarak, agrega üreticileri ve hazır beton sektörüne alternatif beton agrega kaynağı önermektir.

Çalışma alanı Mersin İli, Toroslar İlçesi sınırlarında Musalı Köyü civarında yüzeyleyen Mersin O 33 a-1 paftası içerisinde yer alan ofiyolitik seri içerisindeki ultramafik kayaçlardır (Şekil 1.1.). Bu çalışma alanının bir diğer özelliği krom işletmeciliği yapılan alanda yan kayaç olarak bulunan ultramafik kayaçların agrega sektörüne kazanımı sağlanmasıdır. Böylece atık durumunda bulunan yan kayaçların agrega üretiminde kullanılarak değerlendirilmesi araştırılacaktır.



Şekil 1. 1. İnceleme alanını gösterir yer bulduru haritası

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

### 2.1. Agrega ile Yapılan Çalışmalar

Kayaçların agrega olabilirliği ve kökeni farklı agregaların beton üretiminde kullanılmasına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda araştırmacılar farklı sonuçlar elde etmiştir.

Betonunun eğilme ve basınç dayanımının, agrega türü ve özelliklerine bağlı olarak değişkenliğini inceleyen Kaplan [12] 13 farklı agrega ve 3 farklı beton karışımı ile yaptığı çalışmada, aynı karışım oranlarını kullanmasına karşın eğilme dayanımında %40'a basınç dayanımında ise %30'lara varan değişimlerin olduğunu belirtmiştir.

Farklı kökenli agregalar üzerindeki çalışan Ramsay vd. [13] kayaçların petrografik özellikleri ve agrega şeklinin, agregaların kırılma ve darbe dayanımlarını etkilediğini belirtmiştir.

Baalbaki [14] agrega türünün yüksek dayanımlı betonların elastik özelliklerine etkisini araştırdığı çalışmada, dolomit, kumtaşı ve kuvarsit kullanılarak, sabit su/çimento oranında üretilen betonların gerilme-şekil değiştirme diyagramları ile kayaçların diyagramlarının benzerlik gösterdiğini belirtmiştir.

Murdock vd. [15] kireçtaşları üzerinde yaptıkları çalışmada, kalsiyum karbonat kökenli, sert ve yoğun kireçtaşlarının beton üretimine en uygun kayaç olduğunu ve yüksek oranda magnezyum karbonat içeren dolomitik kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanıma uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Yüksek dayanımlı betonlarda agrega türünün etkilerini inceleyen Giaccio vd. [16] bazalt, granit ve kireçtaşı kökenli agregalar kullanılarak üretilen betonlar üzerinde yapmış oldukları çalışma sonucunda, beton iç bağındaki çözümlerinin agrega türüne, sıkıştırılmasına, karışımına ve agreganın temizliğine göre değiştiğini belirtmişlerdir.

Granitik kayaçların agrega özelliklerini araştıran İrfan [17] ince taneli granitlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin daha iyi olduğunu vurgulamıştır.

Betonda çimento hamuru ile elastisite modülü ilişkisini inceleyen Alexander ve Milne [18] dolomit ve andezit ile yapılan betonlarda basınç dayanımının yüksek çıktığını, granit ve kuvarsit kökenli agregalarda ise elastisite modülü düşüklüğünü ortaya koymuşlardır. Dolomit, andezit, granit ve kuvarsit kökenli agregaları kullandıkları çalışmada agrega çimento hamuru geçiş bölgesinin agrega yapısına bağlı olarak değişik özellikler gösterdiğini belirtmişlerdir.

Gutierrez ve Canovaz [19] yüksek dayanımlı beton üretiminde 6 farklı agrega kaynağı ile araştırma yaparak, agregaların beton kıvamı ve dayanımı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Agrega su emme özelliğinin, beton kıvamını en çok etkileyen parametre olduğu belirtmişlerdir.



Agrega su emme özelliğinin işlenebilirliği azalttığını, su emme özelliğinin yakın olması durumunda işlenebilmeyi etkileyen diğer faktörlerin granülometri dağılımı ve maksimum tane boyutu olduğunu belirtmişlerdir.

Neville, [20] agregaların beton üzerinde olumsuz etkilerinden bahsederken, beton dayanımını olumsuz yönde etkileyen faktörlerin, kil, mika ve feldispat mineralleri olduğunu belirtmiştir.

Özturan ve Çeçen [21] betonların mekanik özelliklerine iri agrega tipinin etkilerini araştırdıkları çalışmada, bazalt kireçtaşı ve çakıl kullanarak yapılan betonlarda en yüksek dayanımlı betonun bazalt agregası ile sağlandığını belirtmişlerdir.

Tasong vd. [22] bazalt, kalker ve kuvarsit agregaları ile yapmış oldukları çalışmada, farklı mineral yapısına sahip agregaların beton dayanımı üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Farklı agregaların beton üretimine etkisini inceleyen Şengül [23] çalışmasında dört farklı agrega kullanarak, farklı sınıflarda beton üretimleri gerçekleştirmiş olup, özellikle yüksek dayanımlı betonlarda en iyi basınç dayanımına sahip agreganın bazalt kökenli kayalardan elde edildiğini belirtmiştir.

Farklı kökenli kayaların agrega olarak kullanılabilirliği üzerinde çalışma yapan Wakizaka [24] kayaları alkali silika reaksiyonu açısından incelemiş ve reaksiyon oluşturan kayaların andezit, riyolit, tuf, dasit, bazalt ve bazı kumtaşları olduğunu belirtmiştir. Özellikle volkanik kayalarda kristobalit ve tridimitin reaksiyona sebebiyet verdiğini belirtmiştir.

Özkahraman ve Işık [25] yaptıkları çalışmada 10 farklı agrega ile aynı karışım oranları ile üretilen betonların özellikleri incelemiştir. Silisyum içeriği yüksek agregalardan üretilen betonların özelliklerinin daha iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Kırşehir bölgesindeki ganitlerin agrega özelliklerini araştıran Arslan ve Demir [26] bölgedeki agrega sahaları üzerine yapmış oldukları çalışmada, dört farklı lokasyonda bulunan agrega sahalarını inceleyerek, granitlerin agrega olarak kullanılabilirliğini, granitlerde bulunan feldispat ve plajiolklas minerallerinin zamanla beton içerisindeki davranışlarının araştırılması gerektiğini belirtmişlerdir

Kayaturan [27] farklı kökenli agregaların beton üzerindeki etkilerini incelediği çalışmasında, beş farklı kökenli agrega ve kırma kumun kullanımının taze ve sertleşmiş beton özelliklerine etkisini araştırmıştır. Özgül ağırlığı diğer agregalara göre yüksek olan dolomit agregasının basınç dayanımının yüksek olması kayacın sık dokulu, boşluksuz ve az su ihtiyacına sahip olmasına bağlanabileceğini belirtmiştir.

Davraz vd. [28] Isparta bölgesinde bulunan volkanik kayaların beton sektöründe agrega olarak kullanılabilirliği üzerine yaptıkları çalışmada, kayaların mekanik özelliklerini belirleyerek, üretilen betonların 3, 7 ve 28 günlük tek eksenli basınç dayanımlarını, referans

kireçtaşı agregasına göre kıyaslamışlardır. Kireçtaşı agregasına göre, trakiandezit ve trakibazalt kökenli agregalar ile üretilen betonlarda % 62-79 oranında dayanım artışı sağlandığı belirtilmiştir.

## 2.2. Çalışma Alanı Jeolojisi İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Joteau [29] Türkiye Ofiyitlerini incelediği çalışmasında, Orta Toros ofiyolitlerinde değişik yaşlarda tektonik birliklerin bir araya geldiğini, birimlerin genel olarak volkanik, sedimanter ve metamorfik kayalardan oluştuğunu belirtmiştir. Mersin ofiyolitlerindeki gözlemleri, birimlerin çok iyi foliasyon gösterdiği, harzburjitlerin serpantinize olduklarını ve yer yer değişik kalınlıklarda dünitlerin bulunduğunu, bu birimleri kesen diyabaz dayklarının varlığını belirtmiştir.

Tekeli vd. [30] bölgedeki ofiyolitlerde yapmış olduğu çalışmasında, ofiyolitli melanji üç bölüme ayırmış, en altta düzgün taban istifi, üzerinde olistostrom bölümü ve en üstte de kaotik bölüm olarak adlandırmıştır.

Pampal [31] Aslanköy dolaylarında yapmış olduğu çalışmasında Jura-Kretase yaşlı Çağluluk Tepe Kireçtaşı, Üst Kretase yaşlı Yavça Kireçtaşı, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Tepeköy Türüsü, Burdigaliyen yaşlı Aslanköy Marnı ve Karaisalı Kireçtaşı ve Kuvaterner yaşlı alüvyon birimleri ayırtlamıştır. Ofiyolit birimlerin Tepeköy Türüsü tabanında serpantinit, diyabaz ve peridotitten oluştuğunu, serpantinitler içerisinde kromit tanelerinin bulunduğunu belirtmiştir. Kumtaşı ve kireçtaşı blokları bulunan filişin, Tepeköy Türüsü'nün üst kısmında yer aldığını, Miyosen yaşlı kireçtaşlarının tüm birimleri uyumsuzlukla örttüğünü belirtmiştir.

Yetiş ve Demirkol [32] Adana baseni üzerine yapmış oldukları çalışma sonucunda, alanın 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak, 17 adet kaya stratigrafisi ayırtlamışlardır. Bölgede tabanı oluşturan Paleozoyik ve Mesozoyik birimler üzerine açılal uyumsuzlukla gelen Tersiyer yaşlı birimlerin birbirleri ile yanal ve düşey geçişli olduklarını tespit etmişlerdir.

İşler [33] Fındıkpınarı ve çevresinde yapmış olduğu incelemelerde Üst Kretase yaşlı ofiyolitik seri ve ofiyolitik melanj ile Alt-Orta Miyosen yaşlı kireçtaşlarını ayırtlamıştır. Ofiyolitik serinin ayrılmış ve serpantinite dönüşmüş peridotitlerden oluştuğunu, bu peridotitlerin yer yer diyabaz ve mikro gabro tarafından kesildiğini tespit etmiştir.

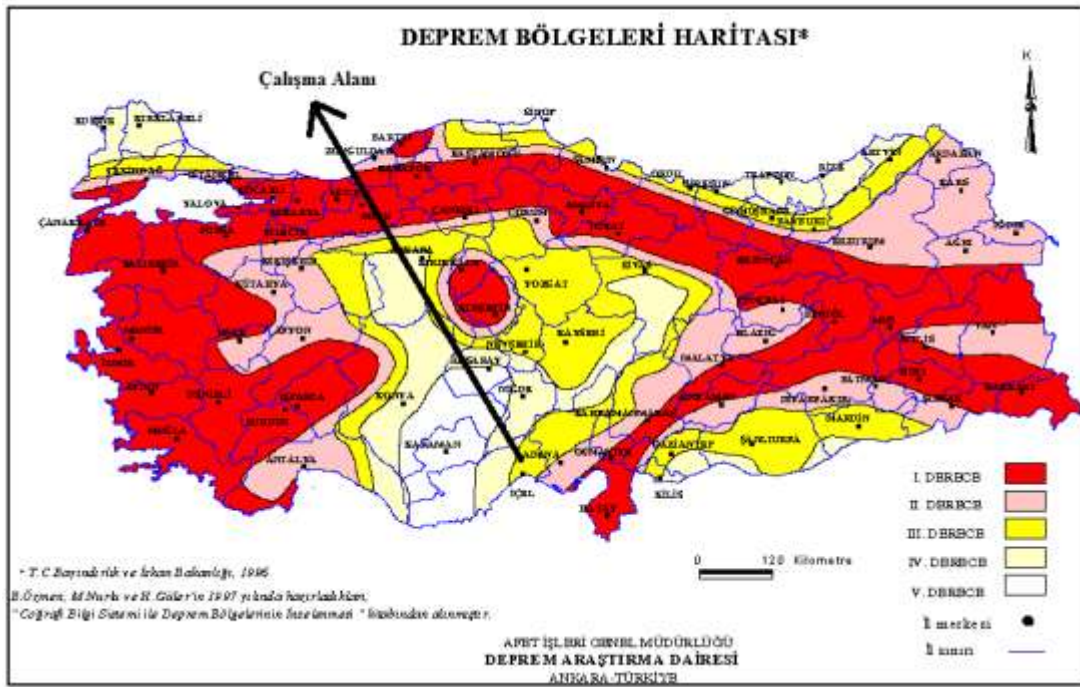
Gül ve Koç [34] Gözne ve civarında yapmış oldukları çalışmada, Karaisalı kireçtaşının, çakıllı kumtaşı, marn ve kumlu kireçtaşından oluşan Kaplankaya formasyonu ile yanal ve düşey geçişli dokanağa sahip olduğunu, Gildirli formasyonunun Üst Kretase yaşlı radyolarit, serpantinit, amfibolit ve kireçtaşı bloklarını uyumsuz olarak üzerlediğini tespit etmişlerdir.

Demirkol vd. [35] Mersin Tarsus kuzeyinde Çamlıyayla civarında yapmış oldukları çalışmada bölgede yer alan kayalaları stratigrafik ve petrografik açıdan incelemişlerdir. Çalışma

alanında 7 ayrı stratigrafi birimi belirleyen araştırmacılar, bölgede temeli oluşturan sığ denizel ve platform tipi kabonatlardan oluşan Üst Triyas – Kretase yaşlı Demirkazık Formasyonunun üzerine Üst Kretase yaşlı Mersin Ofiyitli melanjin tektonik dokanak ile geldiğini belirtmişlerdir.

### 2.2.1. Tektonizma ve Depremsellik

Çalışma alanı tektonizma ve depremsellik açısından incelendiğinde 3.derece deprem bölgesinde kalmaktadır. Şekil 2.1’de bölgenin depremsellik haritası verilmiştir. Çalışma alanının da yer aldığı Orta Toroslar Bölgesi batıda sağ yanal doğrultu atımlı Kırıkkavak Fay Zonu ile doğuda sol yanal atımlı Ecemiş Fay Zonu ile çevrilidir.



Şekil 2. 1. Çalışma alanının depremselliğini gösterir harita

### 2.2.2. Meteorolojik Veriler ve Hidrojeoloji

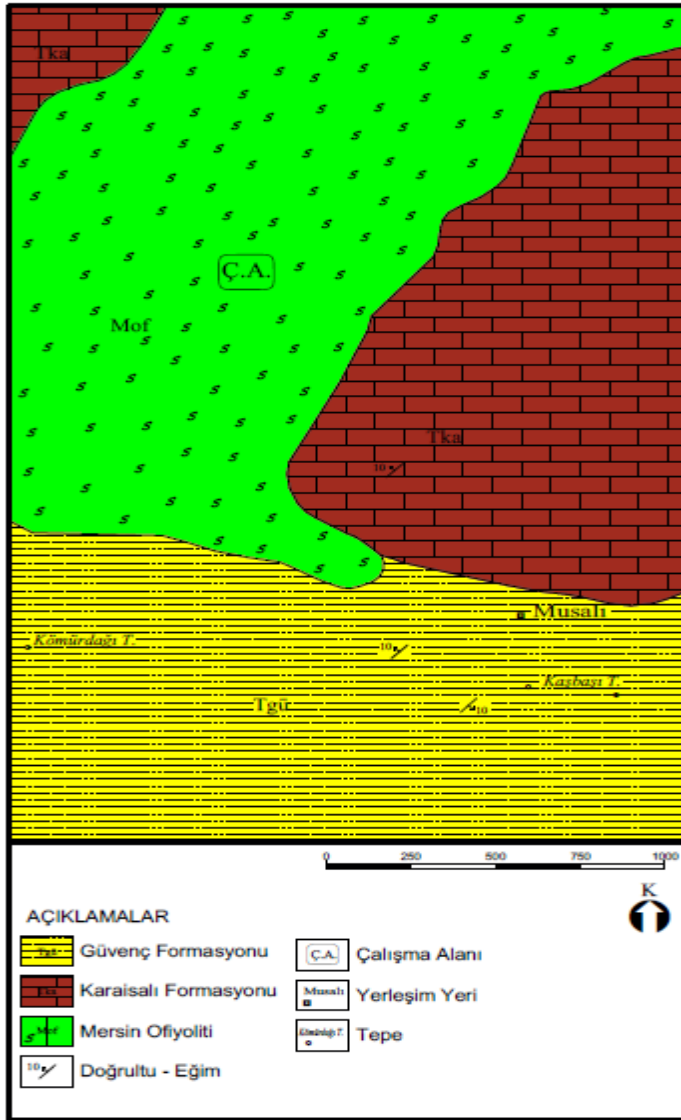
Mersin ilinde akdeniz iklimi görülmektedir. Mersin meteoroloji istasyonu 1970-2012 yılları sıcaklık verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 19,3 C’dir. Aynı yıllara ait yıllık toplam ortalama yağış, 579,3 mm’ dir.

Çalışma alanında içerisinde yer aldığı Mersin İli bölgesinde Göksu nehri, Berdan çayı, Anamur (Dragon) Çayı, Lamas Çayı, Efrenk Çayı önemli akarsuları oluşturmaktadır. Çalışma alanında yer alan en önemli akarsu kaynağı ise Karabucak Deresidir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan agregalar kırmataş olarak üretilmiştir. Kırma agregalar, kaynak kayaların belli boyutlarda kırılıp elenmesi ile elde edilir. Agreganın olabirliği araştırılan ultramafik kayalar Mersin ofiyolitine ait birimlerdir (Şekil 3.1) Çalışmada referans agregası olarak kullanılan re-kristalize kireçtaşları ise ÇİMSA Çimento San. Tic. firmasına ait Sucular Agregası Tesisinde üretilen kireçtaşlarıdır. Materyaller bu tesiste kırma eleme işleminden geçirilmiştir. Sucular Agregası Tesisi 0-5 mm, 5-12 mm ve 12-22 mm boyutlarında agregası üretimi gerçekleştirmektedir.



Şekil 3. 1. Çalışma alanı jeoloji haritası (Şenol vd., 1998'den değiştirilerek)

### 3.1.1. Agrega Kaynaklarının Jeolojik Özellikleri

#### 3.1.1.1. Mersin Ofiyoliti (Mof)

Çalışma alanında yer alan birimleri oluşturan Mersin Ofiyoliti genellikle zeytin yeşili, kahverengimsi, siyahımsı yeşil renklidir. Mersin Ofiyoliti, Musalı Mahallesi'nin kuzeybatısında yer almaktadır. Bölge de bulunan Karabucak Dere ve Kuşca Dere civarında yayılım göstermektedir. Birimi batı kesimlerinde Karaisali formasyonuna ait kireçtaşları uyumsuz olarak örtmektedir.

Juteau [29] Mersin Ofiyoliti üzerine yapmış olduğu çalışmalar sonucunda, ofiyoliti oluşturan birimlerin serpantinize olmuş harburjitler, bunları kesen diyabaz daykları ve yer yer dünitlerin bulunduğunu belirtmiştir. Birimin Üst Kretase'de tektonik olarak bölgeye yerleştiğini belirtmiştir. Nazlıcan [36] Musalı-Evrenli bölgesinde yapmış olduğu çalışmada Mersin Ofiyolitinin içerisinde yer alan peridotitlerin serpantinleştiğini, dünitlerin bölgede Karabucak Mevkii civarında görüldüğünü belirtmiştir. Çalışmaya konu olan krom üretiminde yan kayaç olarak bulunan kayaçlar dünitlerden oluşmaktadır. Ultramafik kayaçlardan dünitler Mersin ofiyoliti içerisinde mavimsi yeşil, koyu yeşil renkte, kırıklı ve çatlaklı yapıda bulunmaktadır (Şekil 3.2., Şekil 3.3.).



Şekil 3. 2. Çalışma alanında gözlenen ultramafik kayaçlar



**Şekil 3. 3.** alışma alanında yer alan işletme tarafından krom üretimi esnasında yan kayaç olarak çıkarılan ultramafik kayaçlar

### **3.1.1.2. Karahamzaışağı Formasyonu (Mof)**

Mersin İli, Tarsus İlçesi, Sucular Mahallesi kuzeydoğusunda bulunan, ÇİMSA imento San. Tic. A.Ő'ye ait agrega sahası Karahamzaışağı Formasyonuna ait kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Ünlügenç [37] rekrystalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve killi kireçtaşından oluşan bu formasyonu Karahamzaışağı olarak adlandırılmıştır. Çalışmada referans agregası olarak kullanılan maden sahası tabakalı, çatlak ve eklem sistemlerinin geliştiği, yer yer dolomitleşmenin gözlendiği, karstik boşluklu koyu gri, gri renkli re-kristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 3.4.).



**Şekil 3. 4.** imsa imento San. Tic. A.Ş.'ye ait beton agregası üretimi yapılan sucular maden sahası ve agregası tesisi

### 3.2. Metod

Bu alışma kapsamında, agregası olabirliği araştırılan ultramafik kayalar TS 706 EN 12620+A1 standardı ve atıf yapılan standartlara göre değerlendirilmiştir. Jeolojik özellikleri belirlenen ultramafik kayalardan dünitlere; elek analizi, yassılık indeksi, metilen mavisi deneyi, kuru, doygun kuru yüzey, görünen özgül ağırlık, su emme oranı aşınma testleri ve alkali silika reaksiyonu testleri yapılarak agregası özellikleri irdelenmiştir.

Çalışmada referans agregası olan kireçtaşları ile agregası olabirliği araştırılan dünitler, aynı kırma eleme tesisinden üretilerek, teknik ve uygulama şartlarına bağlı oluşabilecek farklılıklar önlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca araştırılan agregalardan beton üretimleri gerçekleştirilerek, beton basınç dayanımları da irdelenmiştir.

#### 3.2.1. Laboratuvar alışmaları

Çalışma kapsamında agregası ve beton deneyleri ÇİMSA imento Arge Merkezi ve Kalite Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Yapılan deneyler ve referans standartları izelge 3.1'de bulunmaktadır.

**Çizelge 3. 1.** Yapılan deneyler ve referans standartlar

| Deney adı                        | Referans standart   |
|----------------------------------|---------------------|
| Petrografik analiz               | TS 10088 EN 932-3   |
| Kimyasal analiz                  | TS EN 1744-1        |
| Agrega tane boyu dağılımı tayini | TS EN 933-1: 2012   |
| Yassılık İndeksi Deneyi          | TS EN 933-3         |
| Metilen Mavisi Deneyi            | TS EN 933-9A1: 2013 |
| Tane yoğunluğu ve su emme deneyi | TS EN 1097-6        |
| Aşınma kaybı deneyi              | TS EN 1097-2        |
| Alkali Silika Reaktivliği        | TS 2511             |
| Beton basınç dayanımı deneyi     | TS EN 206:2013+A1   |

**3.2.1.1. Petrografik Analiz**

Petrografik analizler için TS 706 EN 12620 +A1 standardında TS 10088 EN 932-3 standardı referans gösterilmiştir. Bu standardın temel kapsamı agrega ve agrega amaçlı kullanılan kayaların basitleştirilmiş tarifidir. Petrografik analizlerde agregalardan ince kesitler hazırlanarak mikroskop yardımıyla kayaları oluşturan mineraller incelenir ve XRD analizleri ile de kayacı oluşturan minerallerin bileşimi belirlenebilir. Tez çalışmasında yapılan ince kesitler ve polarizan mikroskop incelemeleri ÇİMSA Çimento San. Tic. A.Ş Arge laboratuvarında yapılmıştır.

İncelenecek agrega numunesi, açık işletmelerde kazı yüzeylerinden, stok yığınlarındaki agregalardan veya sondaj karotlarında elde edilen malzemelerden oluşur. Numune almada tane büyüklüğüne bağlı olarak, gereken numune miktarı Çizelge 3.2’de verilmiştir. Değerlendirme kullanılacak malzeme kayaç olması durumunda, örneğin 5 kg’dan az olmaması istenir.

**Çizelge 3. 2.** Tane büyüklüğü (D) ile numune kütlesi (Q) arasındaki ilişki (TS 706 EN 12620 +A1)

| En büyük parça büyüklüğü D (mm) | Minimum örnek kütlesi Q (kg) |
|---------------------------------|------------------------------|
| $31.5 < D \leq 63$              | 50                           |
| $16 < D \leq 31.5$              | 25                           |
| $8 < D \leq 16$                 | 8                            |
| $4 < D \leq 8$                  | 2                            |
| $D \leq 4$                      | 0,5                          |



### **3.2.1.2. Kimyasal Analiz**

Kimyasal analiz için TS 706 EN 12620 +A1 standardında TS EN 1744-1 standardı referans gösterilmiştir. Bu standart referans işlemleri ve eşdeğer sonuçlar alınabilecek alternatif yöntemleri kapsar.

Kayaçların kimyasal bileşenlerini belirleme yöntemlerinde alternatif analiz yöntemlerinden biri X-Işınları Floresans Spektrometresi (XRF) yöntemidir. Bu yöntemde analizi yapılacak numune, kırma-öğütme işleminden geçirilerek 100 mikron tane boyutuna getirilir. Numune çeşitli bağlayıcı malzemeler yardımıyla hidrolik pres altında sıkıştırılarak tablet şeklinde analize hazır hale getirilir. Hazırlanan tablet XRF cihazındaki numune hücrelerine konarak ışınlanır. Işınlama sonrasında numunenin X-ışınları spektrumu alınır. Bu spektrumda görülen özgün çizgilerin 2Q açıları saptanarak kullanılan kristaldeki 2Q açısı dalga boyu çizelgesinden hangi elementlerin X-ışınları çizelgesine ait oldukları belirlenir.

### **3.2.1.3. Agrega Tane Boyu Dağılımı (Elek Analizi)**

Tane büyüklüğü dağılım tayini için TS 706 EN 12620 + A1 agrega deneyleri standardında TS EN 933-1:2012 referans gösterilmiştir. Tane büyüklüğü dağılımı tayini, boyutları belirli aralıklarda olan agregaların, hangi oranlarda kullanılacağını belirlemek amacıyla yapılır.

Agrega yığınının veya kırma tesisi bant üzerinden alınan deneye tutulacak numune, agrega kaynağını tam olarak temsil etmelidir. Deneye tabi tutulacak numune miktarları Çizelge 3.3'de belirtilmiştir. Alınan numune sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde (110 °C) kurutulur. Sabit ağırlık en az bir saatlik kurutma aralıklarında birbirini takip eden iki tartım arasındaki farkın kütlece %0,1'den küçük olması durumudur. Kurutulan numune yıkama işlemi ile 0,063 mm elekten geçirilerek ince malzeme ayrıştırılır. Bu işlem sonrasında tekrar etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Daha sonra numune elek setine yerleştirilerek sarsma işlemi uygulanır. Deneyde kullanılacak elek serileri Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Elekten geçen numune yüzdeleri grafiğe işlenerek, numunenin granülometri eğrisi çıkartılır. Elek analizi sonuçları Çizelge 3.4'te belirtilen koşullara göre değerlendirilir.

**Çizelge 3. 3.** Tane büyüklüğü (D) - numune miktarı ilişkisi (TS EN 933-1:2012)

| Agrega tane büyüklüğü D (mm) | Deney kısmının kütlesi (kg) |
|------------------------------|-----------------------------|
| 63                           | 40                          |
| 32                           | 10                          |
| 16                           | 2.6                         |
| 8                            | 0.6                         |
| ≤ 4                          | 0.2                         |

**Çizelge 3. 4.** Agrega tane büyüklüğü dağılımı tayininde kullanılan elek serileri (TS 706 EN 12620+ A1)

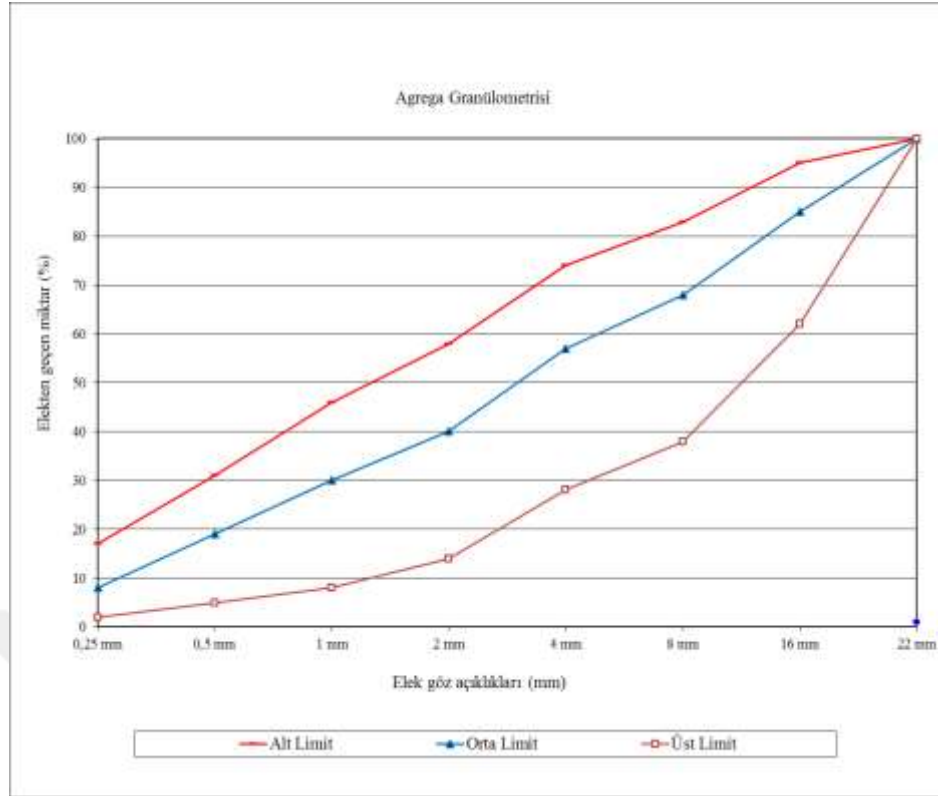
| Elek Serisi (mm) | Temel Elek Seri-1 (mm) | Temel Elek Seri-2 (mm) |
|------------------|------------------------|------------------------|
| 0                | 0                      | 0                      |
| 1                | 1                      | 1                      |
| 2                | 2                      | 2                      |
| 4                | 4                      | 4                      |
| -                | 5,6                    | -                      |
| -                | -                      | 6,3                    |
| 8                | 8                      | 8                      |
| -                | -                      | 10                     |
| -                | 11,2                   | -                      |
| -                | -                      | 12,5                   |
| -                | -                      | 14                     |
| 16               | 16                     | 16                     |
| -                | -                      | 20                     |
| -                | 22,4                   | -                      |
| 31,5             | 31,5                   | 31,5                   |
| -                | -                      | 40                     |
| -                | 45                     | -                      |
| 63               | 63                     | 63                     |

**Çizelge 3. 5.** Tane büyüklüğüne bağlı kategoriler (TS 706 EN 12620+ A1)

| Agrega                            | Tane Büyüklüğü (mm)        | Elekten Geçen Kütlece Yüzde |        |       |      |     | Kategori |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------|-------|------|-----|----------|
|                                   |                            | 2D                          | 1,4D   | D     | d    | d/2 |          |
| İri                               | $D/d \leq 2$ veya          | 100                         | 98-100 | 85-99 | 0-20 | 0-5 | Gc 85/20 |
|                                   | $D \leq 11,2$              | 100                         | 98-100 | 80-99 | 0-20 | 0-5 | Gc80/20  |
|                                   | $D/d > 2$ ve $D > 11,2$ mm | 100                         | 98-100 | 90-99 | 0-15 | 0-5 | Gc90/15  |
| İnce                              | $D \leq 4$ ve $d=0$        | 100                         | 95-100 | 85-99 | -    | -   | GF 85    |
| Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 | $D= 8$ ve $d= 0$           | 100                         | 98-100 | 90-99 | -    | -   | GNG 90   |
| Karışık                           | $D \leq 45$ ve $d=0$       | 100                         | 98-100 | 90-99 | -    | -   | GA 90    |
|                                   |                            | 100                         | 98-100 | 85-99 |      |     | GA85     |

Tane büyüklüğü dağılımında örnek oluşturması için adına standartta yer alan referans eğrilerini içeren grafik Şekil 3.5'te verilmiştir. Beton üretiminde kullanılacak agregaların tane büyüklüğü dağılımları bu referans eğriler içerisinde kalmalıdır. Tane büyüklüğü çok ince tanelerden oluşan betonlarda, fazla özgül yüzey oluşacağından su ihtiyacı fazla olacaktır. Bu durum su içeriğinin artması ile beton dayanımını olumsuz etkiler. Tane büyüklüğü çok iri olan tanelerden oluşan betonlarda ise işlenebilirlik zorluğu ve boşluklu yapı gözlenmektedir. Bu da doğrudan beton dayanımını olumsuz yönde etkiler. Beton üretiminde agrega tane büyüklüğü dağılımı işlenebilir bir betonda çimento hamuru ihtiyacının belirlenmesinde önemli rol oynar. Çimento hamuru miktarı, agrega taneleri arasındaki doldurulması gereken boşluk miktarı ve çimento hamuru ile sarılması gereken toplam agrega yüzey alanı ile ilişkilidir.

Agregalarda çok ince malzeme içeriği, TS 706 EN 12620 +A1 standardında çok ince malzeme içeriği olarak tanımlanır. Çok ince malzeme içeriğine göre agrega kategorileri Çizelge 3.6'da verilmiştir.



**Şekil 3. 5.** Tane büyüklüğü dağılımı referans eğrileri (TS EN 933-1: 2012)

**Çizelge 3. 6.** Çok ince malzeme içeriğine bağlı kategoriler (TS 706 EN 12620+ A1)

| Agrega                                      | 0.063 mm elekten geçen kütlece yüzde (%) | Kategori (f) |
|---|--|--------------|
| İri agregalar                               | $\leq 1.5$                               | f 1.5        |
|   | $\leq 4$                                 | f 4          |
|   | $> 4$                                    | f beyan      |
|   | Serbest                                  | f NR         |
| Doğal olarak sınıflandırılmış 0-8 mm agrega | $\leq 3$                                 | f 3          |
|   | $\leq 10$                                | f 10         |
|   | $\leq 16$                                | f 16         |
|   | $> 16$                                   | f beyan      |
|   | Serbest                                  | f NR         |
| Karışık agregalar                           | $\leq 3$                                 | f 3          |
|   | $\leq 11$                                | f 11         |
|   | $> 11$                                   | f beyan      |
|   | Serbest                                  | f NR         |
| İnce agregalar                              | $\leq 3$                                 | f 3          |
|   | $\leq 10$                                | f 10         |
|   | $\leq 16$                                | f 16         |
|   | $\leq 22$                                | f 22         |
|   | $> 22$                                   | f beyan      |
|   | Serbest                                  | f NR         |

### 3.2.1.3. Agregada İncelik Modülü

İncelik modülü için, TS 706 EN 12620 +A1 standardında herhangi bir kısıtlama yoktur. Agregaların tane büyüklüğü dağılım özelliğini belirten başka bir değer de incelik modülüdür. Göz açıklığı belli olan standart elekler üzerinde kalan agreganın yığışımly yüzdelерinin toplamının 100'e bölünmesiyle elde edilen değer incelik modülünü verir. Bu değer agrega karışımının inceliğı veya kabalığı hakkında bilgi vermesine rağmen, agrega tane dağılımı hakkında bilgi vermez. Tane büyüklüğü dağılımı farklı olan agregalar, aynı incelik modülüne sahip olabilir.

İncelik modülünün küçülmesi, tane boyutu küçük agregaların artması, incelik modülünün artması iri tane boyutuna sahip agregaların artması anlamına gelir.

### 3.2.1.4. Yassılık İndeksi Deneyi

Yassılık indeksi deneyi için TS 706 EN 12620 +A1 standardında, TS EN 933-3 standardına atıf yapılmıştır. Bu deney sadece iri agregalara uygulanmaktadır. Deneye tabi tutulacak iri agregalar sabit kütleyle gelinceye kadar etüvde kurutulur. Kurutma işlemi sonrasında tartılarak ağırlıkları  $W_0$  olarak kaydedilir. Çizelge 3.7'de deneyde kullanılacak elek büyüklükleri ve elek açıklıkları verilmiştir. İri agregalar bu eleklerden elenerek 4 mm'lik elekten geçen ve 80 mm'lik elekten kalan agregalar işlem dışı tutulur. Belirtilen bu elek aralığında kalan agregaların ağırlıkları toplanarak  $w_1$  olarak kaydedilir. Daha sonra eleme işlemine geçilerek, silindirik çubuklu eleklerden geçen malzeme her elek için ayrı ayrı toplanarak tartılır. Tüm tartımlar toplanarak  $W_2$  olarak kaydedilir. İri agregalara ait toplam yassılık indeksi (FI) aşağıdaki gibi hesaplanır

$$FI = \frac{W_2}{W_1} \times 100(\%) \quad (3.1)$$

Betonda kullanılabilecek agregalarda maksimum yassılık indeksi % 35 olarak belirlenmiştir. Agregaların yassılık indeksi değerlerine bağılı olarak oluşan kategoriler Çizelge 3.8'de verilmiştir.

**Çizelge 3. 7.** Yassılık indeksi deneyinde kullanılan elekler ( TS 706 EN 12620+A1)

| d/D tane büyüklüğü (mm) | Silindirik çubuklu elekler arası açıklık (mm) |
|-------------------------|---|
| 163 / 80                | 40 ± 0.3                                      |
| 50 /63                  | 31.5 ± 0.3                                    |
| 40 / 50                 | 25 ± 0.2                                      |
| 31.5 / 40               | 20 ± 0.2                                      |
| 25 / 31.5               | 16 ± 0.2                                      |
| 20 / 25                 | 12.5 ± 0.2                                    |
| 16 / 20                 | 10 ± 0.1                                      |
| 12.5 / 16               | 8 ± 0.1                                       |
| 10 / 12.5               | 6.3 ± 0.1                                     |
| 8 / 10                  | 5 ± 0.1                                       |
| 6.3 / 8                 | 4 ± 0.1                                       |
| 0.35 / 6.3              | 3.15 ± 0.1                                    |
| 4 / 5                   | 2.5 ± 0.1                                     |

**Çizelge 3. 8.** Yassılık indeksi değerine göre kategoriler (TS 706 EN 12620+A1)

| Yassılık indeksi | Kategori (FI) |
|------------------|---------------|
| ≤15              | F115          |
| ≤20              | F120          |
| ≤35              | F135          |
| ≤50              | F150          |
| >50              | FI beyan      |
| Serbest          | FINR          |

### 3.2.1.5. Metilen Mavisi Deneyi

TS 706 EN 12620+A1 standardında metilen mavisi deneyi için TS EN 933-9+A1 standardına atıf yapılmıştır. Kil kökenli malzeme girdisi için yapılan bu deneyde ince ve iri agrega karışık kullanılır. TS 706 EN 12620+A1 standardında metilen mavisi deneyi için herhangi bir kısıt bulunmamaktadır.

Kil minerallerinin katyon değiştirme özelliğinden yararlanılan deneyde hazırlanan sulu çözeltilerin metilen mavisi boyasını aktif yüzeylerine alabilme durumu incelenir. Deneye tabi tutulacak agrega ve metilen mavisi tozu ile çözelti hazırlanır. Bu karışım tartılarak  $W_1$  olarak kaydedilir. Daha sonra damıtık veya demineralize su ( $500 \pm 5$  ml) ile etüvde kurutulmuş çözelti karıştırılarak spatula ile iyice karıştırılır. Karışıma büret boya çözeltisi eklenir. Karıştırıcı 600 devir/dakika olacak şekilde ayarlanır ve beher de tabandan yaklaşık 10 mm yükseğe yerleştirilir. Karıştırıcı çalıştırılarak 5 dakika belirtilen devirde karışım işlemi yapılır. Deney

örneğinde hale oluşturacak ince malzeme yeterli değil ise boya-kaolinit ilave edilir. Kaolinit tarafından absorplanan çözelti hacmi  $V_0$  olarak kaydedilir. Bu işlem sonrasında  $400 \pm 40$  devir/dakika hızda karıştırılır. Hale oluşturulana kadar 5 dakika süreler ile deney tekrarlanır ve ilave edilen boya çözeltisinin hacmi  $V_1$  olarak kaydedilir.

Kilogram başına tüketilen boyanın gram cinsinden metilen mavisi değeri (MB) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$MB = \frac{(V_1 - V_0)}{W_1} \times 10 \quad (3.2)$$

### 3.2.1.6. Tane Yoğunluğu ve Su Emme Deneyi

Tane yoğunluğu ve su emme deneyi için TS 706 EN 12620 +A1 standardı TS EN 1097-6'yı referans göstermiştir. Agreganın tane yoğunluğu ve su emme özelliği betonun kullanım alanlarının belirlenmesinde kullanılır. Beton tasarımında agrega ve su miktarını belirlemeye etki eden bu özellikler, iri ve ince agrega için farklı şekilde uygulanır.

İri agregalarda temsili alınan numune su dolu kap içerisinde (su sıcaklığı  $22 \pm 3$  °C) 24 saat bekletilerek, agrega tanelerinde bulunan kirlilikten arındırılır. İri agregada doymun yüzey kuru hale getirilen numune, tanelerin üzerinde gözle görülebilen su tabakası kalmayınca kadar kurutulur. Doymun yüzey kuru haline getirilmiş malzeme tartılarak ağırlığı  $W_2$  olarak kaydedilir. Daha sonra malzeme kafes örgülü tel sepete (4 mm göz açıklığı) konarak, su dolu kovanın içine, su yüzeyinden en az 50 mm daha aşağıda kalacak şekilde daldırılır. Malzeme su yüzeyinden çıkarılmadan kovanın içinde en az 25 kez kaldırma, indirme ve sağa sola hareket ettirilerek taneler arası hava kabarcıkları çıkarılır. Doymun malzemenin sudaki ağırlığı  $W_3$  olarak kaydedilir. Bu işlem sonrasında malzeme sudan çıkartılarak etüv kurusu haline getirilir. Etüv işlemi sonrası malzemenin oda sıcaklığında kuru ağırlığı tartılarak  $W_1$  olarak yazılır.

Bu işlemler sonrasında iri agrega malzemenin kuru özgül ağırlığı, doymun kuru özgül ağırlığı ve görünen özgül ağırlığı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{İri Agregası Kuru Özgül Ağırlığı: } \frac{W_1}{(W_2 - W_3)} \quad (3.3)$$

$$\text{İri Agregası Doymun Yüzey Kuru Özgül Ağırlığı: } \frac{W_2}{(W_2 - W_3)} \quad (3.4)$$

$$\text{İri Agregası Görünen Özgül Ağırlığı: } \frac{W_1}{(W_1 - W_3)} \quad (3.5)$$

İnce agregada ise, su içerisinde 24 saat bekletilen doymun hale gelmiş numune, ince taneleri kaybolmayacak şekilde suyundan arındırılarak tava şeklindeki kaba yayılır. Kap içerisindeki numuneler doymun yüzey kuru hale getirilir (ince agreganın koyu renkten açık renge geçiş evresi).

İnce agregalarda doygun yüzeye getirilmiş örnek tartılarak ağırlığı  $W_2$  olarak kaydedilir. Bu işlem sonrasında malzeme etüv kurusu haline getirilerek doygun yüzey kuru ağırlığı  $W_1$  olarak kaydedilir. Doygun haldeki malzeme yarısı su dolu balon jøjeye konularak yavaşça vurma ve döndürme işleminden geçirilerek hava kabarcıklarının çıkması sağlanır. En az 1 saat bekletilen balon jöje  $22 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  su ile 1000 ml ye kadar doldurulur ve ağırlığı  $W_3$  olarak kaydedilir.

Daha sonra balon jöjenin daha önce saptanmış boş ve belirli seviyedeki su dolu ağırlığı  $W_4$  olarak kaydedilir.

Bu işlemler sonrasında ince agrega malzemenin kuru özgül ağırlığı, doygun kuru özgül ağırlığı ve görünen özgül ağırlığı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{İnce Agreganın Kuru Özgül Ağırlığı: } \frac{W_1}{(W_2+W_4)-(W_3)} \quad (3.6)$$

$$\text{İnce Agreganın Doygun Yüzey Kuru Özgül Ağırlığı: } \frac{W_2}{(W_2+W_4)-(W_3)} \quad (3.7)$$

$$\text{İnce Agreganın Görünen Özgül Ağırlığı: } \frac{W_1}{(W_1+W_4)-(W_3)} \quad (3.8)$$

Agreganın su emme özelliği, agrega ve çimento arasındaki aderansı, betonun donma-çözülme dayanıklılığını, agrega kimyasal stabilitesini ve aşınma dayanıklılığını etkiler. Su emme kapasiteleri iri agregalarda %0,2 ile 4, ince agregalarda %0,2 ile 2 arasında değişmektedir. Agregaların su emme oranları aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{Su Emme Oranı: } \frac{W_2-W_1}{W_1} \times 100 (\%) \quad (3.9)$$

### 3.2.1.7. Aşınma Kaybı Deneyi (Los Angeles Deneyi)

Agregaların aşınma direncinin tespitinde Los Angeles deneyi kullanılır. TS 706 EN 12620 +A1 standardı Los Angeles deneyi için TS EN 1097-2'yi referans göstermiştir.

Bu deney, tane büyüklüğü 10 mm ile 14 mm arasında kalan agregalara uygulanır. Deney numunesinin ağırlığı en az 15 kg olmalıdır.

Bu tane boyutlarına sahip agregalar, aşağıdaki şartlardan birini de içermelidir.

a) 12,5 mm göz açıklıklı elekten geçen agrega miktarı %60 ile 70 arasında olmalıdır.

b) 11,2 mm göz açıklıklı elekten geçen agrega miktarı %30 ile 40 arasında olmalıdır.

Belirtilen şartların sağlanması için numune uygun eleklerden eleme işlemine tutulur ve yıkama işleminden geçirilir. Yıkama sonrası sabit kütleye ulaşınca kadar etüvde bekletilir. Aşınma kaybı deneyinde numune dönen bir tanburda çelik bilyalar ile birlikte döndürülür. Deney öncesinde tanburun temizliği kontrol edilir. Makine, önce bilyalar, sonra numune



konulması ile 31 devir/dakika ve 33 devir/dakika arasında sabit hızla 500 devir döndürülür. İşlem sonrasında agregalar tepsiye alınarak tanbur temizlenir. Tepsideki malzeme 1,6 mm elek kullanılarak yıkanır ve elenir. Elekte kalan kısım etüvde sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur. 1,6 mm elek üzerinde kalan kısmın ağırlığı kaydedilir. Agregaların aşınma kaybı deneyi için kullanılan Los Angeles Aşınma Kaybı Aleti şekil 4.1’de verilmiştir. Los Angeles aşınma katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{Los Angeles Aşınma Katsayısı (LA)}: \frac{5000-m}{50} \quad (3.10)$$

m: 1.6 mm’lik elek üstünde kalan numune miktarı

TS 706 EN 12620 +A1 standardında yer alan Los Angeles katsayısına bağlı kategoriler Çizelge 3.9’da verilmiştir.

**Çizelge 3. 9.** Los Angeles değerlerine bağlı kategoriler (TS 706 EN 12620+ A1)

| Los Angeles Katsayısı | Kategori, LA | Los Angeles Katsayısı |
|-----------------------|--------------|-----------------------|
| ≤ 15                  | LA15         | ≤ 15                  |
| ≤ 20                  | LA20         | ≤ 20                  |
| ≤ 25                  | LA25         | ≤ 25                  |
| ≤ 30                  | LA30         | ≤ 30                  |
| ≤ 35                  | LA35         | ≤ 35                  |
| ≤ 40                  | LA40         | ≤ 40                  |
| ≤ 50                  | LA50         | ≤ 50                  |
| > 50                  | LA beyan     | > 50                  |
| Serbest               | LA NR        | Serbest               |



**Şekil 4. 1.** Agregaların aşınma kaybı değerlerinin bulunmasında kullanılan Los Angeles Aşınma Kaybı Aleti

### **3.2.1.8. Alkali Silika Reaktifliği (ASR)**

Alkali silika reaksiyonları için TS 2511 Agregaların potansiyel Alkali Silis Reaktifliğinin Tayini-Kimyasal Yöntem standardına atıf yapılmıştır. Alkali silika reaksiyonları, beton içeriğindeki çimentonun alkali miktarı, agregalardaki aktif silis ve ortamın nem durumuna göre betonda şişme ve çatlamalara neden olur. Bu durum beton ömrünü doğrudan etkileyen faktördür. Agregalar içerisinde bulunan tridimit, kristobalit gibi aktif silis içeren mineraller, çimento içerisindeki alkaliler ile bir araya gelerek nemli ortamlarda jel kıvamında alkali silikat bileşikler meydana getirirler. Bu bileşikler betonda çatlamalara neden olarak beton ömrünü olumsuz etkiler. Alkali silika reaktifliğinde alkali azalması ile çözünen silis değeri arasındaki ilişkiye bağlı olarak agregalar sınıflara ayrılmıştır. Bu sınıflardan I. bölge agregalar alkali reaktivitesi bakımından zararsızdır. II. bölge agregaları ise zararlı olması muhtemel agregalar içerisinde yer almaktadır. III. bölge agregaları ise alkali silika reaktifliği yönünden zararlı agregalar olarak tanımlanır.

### **3.2.1.9. Beton Basınç Dayanımı Deneyi**

Betonların en önemli özelliklerinden biri, basınç dayanımıdır. Betonların basınç dayanımı için TS EN 206:2013+ A1 standardı referans alınmıştır. Üretilen betonların basınç dayanımını belirlemede standart silindir veya küp numuneler kullanılır. Silindir numuneler 15x30 cm boyutlarında, küp numuneler ise 15x15x15 cm boyutlarındadır. Beton numuneler, çelik, plastik ve dökme gibi su emme özelliği olmayan, şekil değişikliği göstermeyen iç yüzeyleri ve tabanı pürüzsüz kalıplardan üretilir. Reçetesi belirlenen beton üretimi kalıplara dökülmeden önce kalıpların içerisi madeni yağ ile kaplanır. Böylece kalıp sökümü sırasında betonların kalıp içerisine yapışması önlenir. Taze betonun kalıp içerisine yerleştirilmesi kıvamına göre şişlenerek veya vibrasyon ile sağlanır.

Basınç dayanımına tabi tutulacak kalıba dökülmüş betonlar 24 saat üst yüzeyi ıslak bez ile kaplı, 21-25 °C sıcaklıkta saklanır. Betonlar kalıptan çıkartıldıktan sonra deney gününe kadar 20 °C sıcaklıkta kirece doygun su içerisinde muhafaza edilir. Bu işleme kür uygulaması denmektedir. Silindir beton numunelerinde alt ve üst yüzeylerine başlık adı verilen tabaka oluşturulur. Başlık adı verilen malzeme yaklaşık 5 mm kalınlıkta kükürt-grafit tozu ve/veya çimento hamurundan yapılır.

Küp beton numunelerinde başlık yapılmasına gerek yoktur. Hazırlanan beton numuneleri 28 gün küre tutulduktan sonra deney presi adı verilen bir alet aracılığıyla, üniform basınç yükü uygulanır. Uygulanan basınç yükü ile kırılmanın gerçekleştiği andaki ölçülen değer betonun basınç dayanımı değerini verir. Bir betonun basınç dayanım değerinin tespit edilmesi

için en az 3 adet silindirik veya küp numunenin bu işleme tabi tutulması gerekmektedir. İşleme alınan bu 3 numunenin ortalaması üretilen betonun basınç dayanımını belirler.

Çizelge 3.8'de normal ve ağır betonlar için basınç dayanım sınıflarını gösteren bilgiler bulunmaktadır.

**Çizelge 3. 10.** Normal ve ağır betonlar için dayanım sınıfları (TS EN 206:2013+ A1)

| Basınç dayanım sınıfı | En düşük karakteristik silindir dayanımı (N/mm <sup>2</sup> ) | En düşük karakteristik küp dayanımı (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---|--|
| C 8/10                | 8   | 10   |
| C 12/15               | 12  | 15   |
| C 16/20               | 16  | 20   |
| C 20/25               | 20  | 25   |
| C 25/30               | 25  | 30   |
| C 30/37               | 30  | 37   |
| C 35/45               | 35  | 45   |
| C 40/50               | 40  | 50   |
| C 45/55               | 45  | 55   |
| C 50/60               | 50  | 60   |
| C 55/67               | 55  | 67   |
| C 60/75               | 60  | 75   |
| C 70/85               | 70  | 85   |
| C 80/95               | 80  | 95   |
| C 90/105              | 90  | 105  |
| C 100/115             | 100   | 115  |

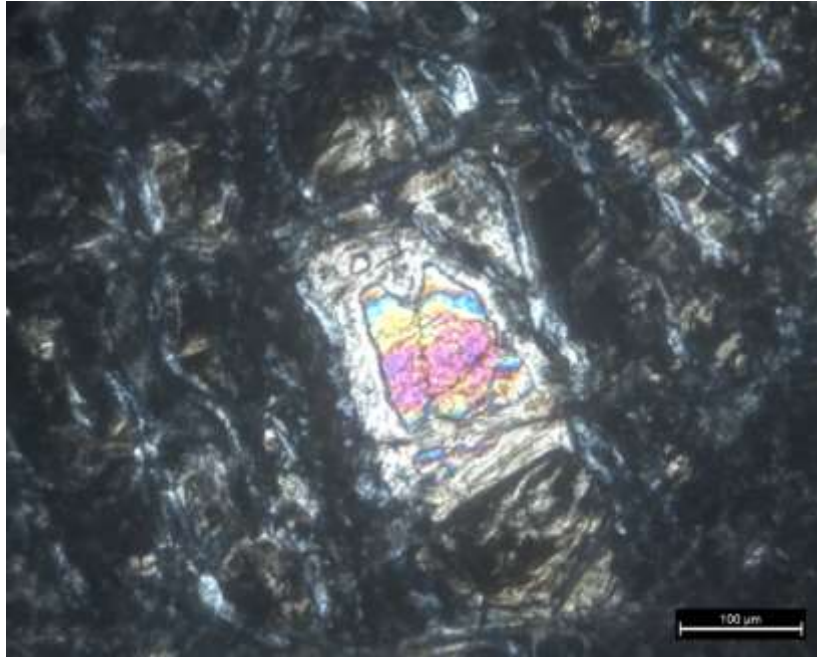
## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Petrografik Analiz Sonuçları

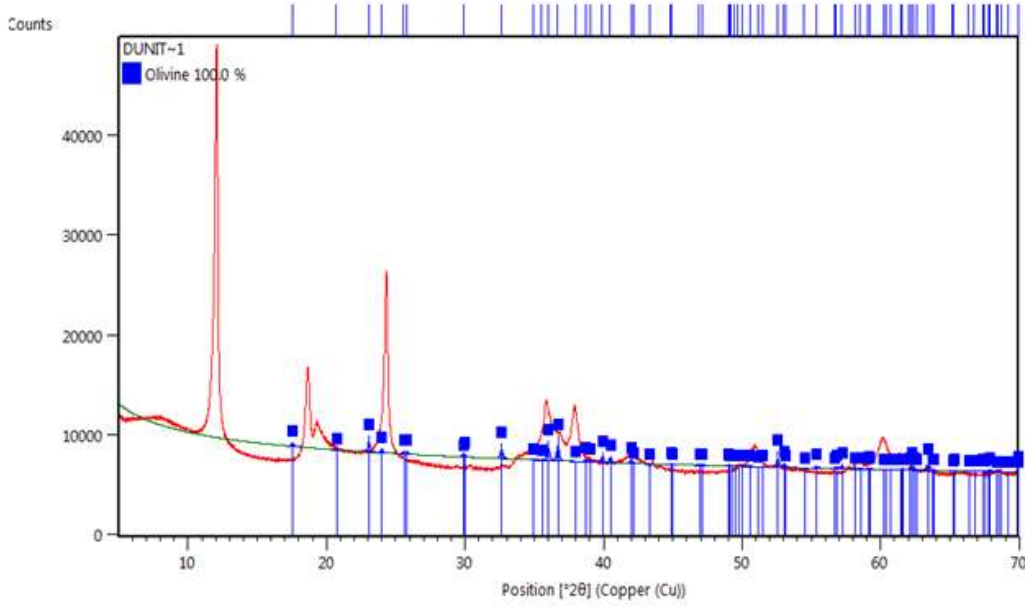
Araştırmaya konu dünitler ve referans kireçtaşları petrografik tanımlamaları TS 706 EN 12620+A1 standardında referans gösterilen TS 10088 EN 932-3 standardına göre yapılmıştır.

#### 4.1.1. Dünitlerin Petrografik Özellikleri

Araştırma konusu ultramafiklerin çoğunluğunu oluşturan dünit kayacından üretilen agregalardan yapılan ince kesitlerin olarak petrografik özellikleri; lup ve polarizan mikroskop altında incelenmiştir. Ana kayaç ve kırılmış agrega örneklerine ait makroskopik gözlemlerde kayaçta iri taneli mineral gözlenmemiştir. Polarizan mikroskopla yapılan incelemelerde, kayacın tamamının olivin minerallerinden oluştuğu, eser miktarda kromit minerali varlığı gözlenmiştir (Şekil 4.2). Kayacı oluşturan mineral bileşimini belirlemek adına yapılan XRD analizinde ise kayacın tamamı olivin mineralinde oluştuğu belirlenerek dünitler tanımlanmıştır (Şekil 4.3)



Şekil 4. 2. Çalışma alanında yer alan dünitlerden üretilen agreganın mikroskop görüntüsü



Şekil 4. 3 alışma alanında yer alan dünitlerden üretilen agreganın XRD analizi sonuçları

## 4.2. Kimyasal Analiz Sonuçları

Çalışmaya konu edilen dünitlerden 48 adet numunenin ve referans kireçtaşlarının XRF yöntemi ile kimyasal içerikleri Ek-1'de verilmiştir.. Kimyasal analizler ÇİMSA imento Kalite Laboratuvarında yapılmıştır. TS 706 EN 12620 +A1 standardında agregaların kimyasal içerikleri ile ilgili herhangi bir kısıtlama yoktur.

Agregaların kimyasal analizleri incelendiğinde dnitlerdeki MgO – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı, kayacın olivin grubuna ait forsterit minerallerinden oluştuğu şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca SiO<sub>2</sub> ve MgO içerikleri üretilen betonların dayanımına olumlu etki etmesi beklenmektedir. Kireçtaşı agregalarının CaO ve ateş zaiyatı değerlerine göre saf kireçtaşları olduğu anlaşılmaktadır. Kükürt içeriği bakımından numuneler TS 706 EN 12620 +A1 standardında verilen % 2'lik sınırın altındadır.

## 4.3. Tane Boyu Dağılım Sonuçları

Çalışmaya konu dünit ve kireçtaşı kayalarından üretilen agregalara ÇİMSA imento ARGE Merkezinde TS EN 933-1:2012 standardına uygun olarak elek analizi deneyleri yapılmıştır. ÇİMSA imento Sucular Agregat Tesisi 0-4 mm, 5-12 mm ve 12-22 mm boyutlarında agregat üretimi yapmaktadır.

Elek analizi sonuçları, agregat üretim tesisinde üretilen tane byklğine göre ifade edilmiştir. Tane boyutu dağılımı için kullanılan elekler Şekil 4.4'te yer almaktadır. Kırma-eleme

işleminden sonra boyutlandırılan numunelere ait elek analizi sonuçları izelge 4.3. ve izelge 4.4'te verilmiştir. Ayrıca agregaların tane boyut dağılım eğrileri ise Şekil 4.5 ve 4.6'da yer almaktadır. Deney sonuçlarına göre agregaların tane byklğne göre kategorileri izelge 3.5'e göre, çok ince malzeme içeriğine göre sınıflandırılması izelge 3.6'ya göre yapılmıştır.

Elek analizi sonuçlarına göre dünit agregasında 12-22 mm ve 5-12 mm iri agregalar,  $G_c$  90/15 ve 0-4 mm ince agrega ise  $G_f$  85 kategorisinde olduğu belirlenmiştir. Dünit agregaları çok ince malzeme içeriğine göre incelendiğinde iri agregalar f 1.5, ince agregalar ise f 10 kategorisinde olduğu belirlenmiştir.

Elek analizi sonuçlarına göre kireçtaşı agregasında 12-22 mm ve 5-12 mm iri agregalar,  $G_c$  90/15 ve 0-4 mm ince agrega ise  $G_f$  85 kategorisinde olduğu belirlenmiştir. Kireçtaşı agregaları çok ince malzeme içeriğine göre incelendiğinde iri agregalar f 1.5, ince agregalar ise f 16 kategorisinde olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 4. 4.** Tane boyutu dağılımı belirlenmesinde kullanılan standart elekler

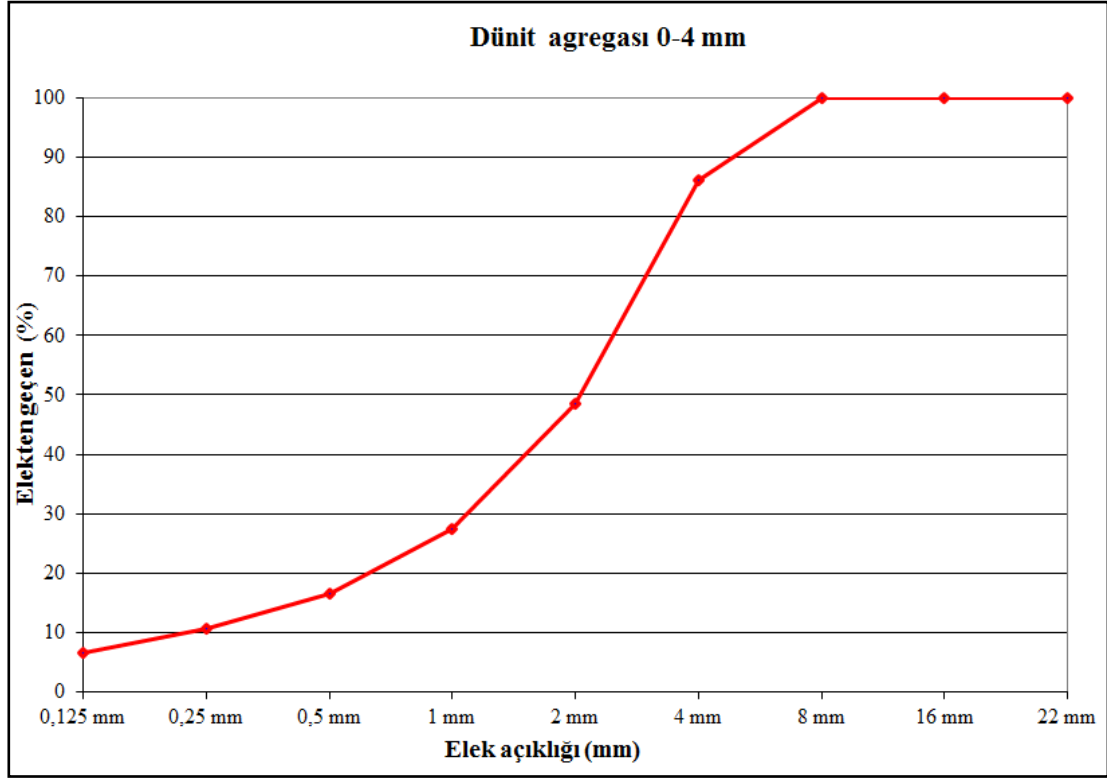
**Çizelge 4. 1.** Dünit agregaları elek analizi

| ELEK ANALİZİ RAPORU               |                     |           |           |           |                                    |           |           |           |                                     |                    |           |           |  |      |
|-----------------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|--------------------|-----------|-----------|--|------|
| Numune adı: Dünit agregası 0-4 mm |                     |           |           |           | Numune adı: Dünit agregası 5-12 mm |           |           |           | Numune adı: Dünit agregası 12-22 mm |                    |           |           |  |      |
| Elek no (mm)                      | Elek üstü kalan (g) | Kalan (%) | Kümülatif |           | Elek üstü kalan (g)                | Kalan (%) | Kümülatif |           | Elek üstü kalan (g)                 | Kalan (%)          | Kümülatif |           |  |      |
|                                   |                     |           | Kalan (%) | Geçen (%) |                                    |           | Kalan (%) | Geçen (%) |                                     |                    | Kalan (%) | Geçen (%) |  |      |
| 31,5                              | 0,0                 | 0,00      | 0,00      | 100,00    | 0,0                                | 0,0       | 0,0       | 100,0     | 0,0                                 | 0,0                | 0,0       | 100,0     |  |      |
| 16                                | 0,0                 | 0,00      | 0,00      | 100,00    | 0,0                                | 0,0       | 0,0       | 100,0     | 464,5                               | 46,5               | 46,5      | 53,5      |  |      |
| 8                                 | 0,0                 | 0,00      | 0,00      | 100,00    | 688,9                              | 68,9      | 68,9      | 31,1      | 514,2                               | 51,4               | 97,9      | 2,1       |  |      |
| 4                                 | 139,5               | 13,95     | 13,95     | 86,06     | 293,5                              | 29,4      | 98,2      | 1,8       | 19,5                                | 2,0                | 99,8      | 0,2       |  |      |
| 2                                 | 375,5               | 37,55     | 51,49     | 48,51     | 16,1                               | 1,6       | 99,8      | 0,2       | 0,0                                 | 0,0                | 99,8      | 0,2       |  |      |
| 1                                 | 210,1               | 21,01     | 72,50     | 27,51     | 0,0                                | 0,0       | 99,8      | 0,2       | 0,0                                 | 0,0                | 99,8      | 0,2       |  |      |
| 0,50                              | 109,3               | 10,93     | 83,42     | 16,58     | 0,0                                | 0,0       | 99,8      | 0,2       | 0,0                                 | 0,0                | 99,8      | 0,2       |  |      |
| 0,25                              | 60,2                | 6,02      | 89,44     | 10,57     | 0,0                                | 0,0       | 99,8      | 0,2       | 0,0                                 | 0,0                | 99,8      | 0,2       |  |      |
| 0,125                             | 40,2                | 4,02      | 93,46     | 6,55      | 0,0                                | 0,0       | 99,8      | 0,2       | 0,0                                 | 0,0                | 99,8      | 0,2       |  |      |
| Elekaltı kalan (g)                |                     |           |           | 65,5      | Elekaltı kalan (g)                 |           |           |           | 1,5                                 | Elekaltı kalan (g) |           |           |  | 1,7  |
| Toplam (g)                        |                     |           |           | 1000      | Toplam (g)                         |           |           |           | 1000                                | Toplam (g)         |           |           |  | 1000 |
| İlk tartım (g)                    |                     |           |           | 1000      | İlk tartım (g)                     |           |           |           | 1000                                | İlk tartım (g)     |           |           |  | 1000 |
| İncelik Modülü                    |                     |           |           | 4,04      | İncelik Modülü                     |           |           |           | 6,66                                | İncelik Modülü     |           |           |  | 7,43 |

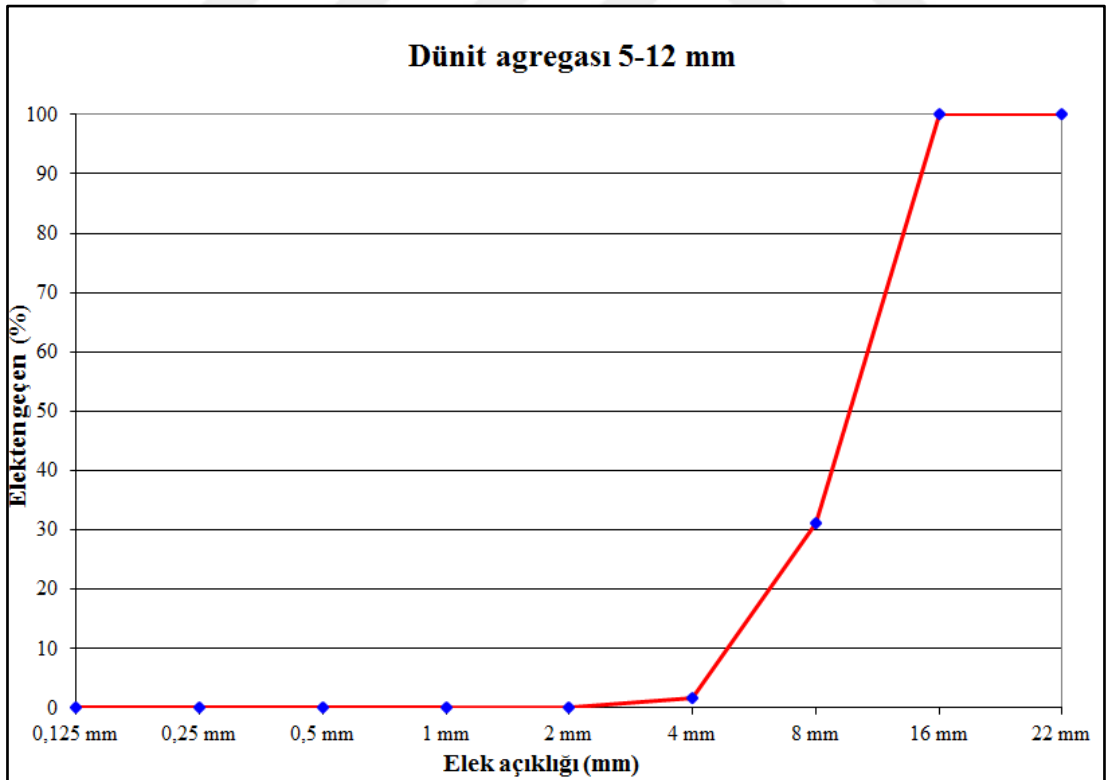
**Çizelge 4. 2.** Kireçtaşı agregaları elek analizi

| ELEK ANALİZİ RAPORU                   |                     |           |           |           |  |           |           |           |   |                     |           |           |  |      |
|---------------------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|--|-----------|-----------|-----------|---|---------------------|-----------|-----------|--|------|
| Numune adı: Kireçtaşı agregası 0-4 mm |                     |           |           |           | Numune adı: Kireçtaşı agregası 5-12 mm |           |           |           | Numune adı: Kireçtaşı agregası 12-22 mm |                     |           |           |  |      |
| Elek no (mm)                          | Elek üstü kalan (g) | Kalan (%) | Kümülatif |           | Elek üstü kalan (g)                    | Kalan (%) | Kümülatif |           | Elek üstü kalan (g)                     | Kalan (%)           | Kümülatif |           |  |      |
|                                       |                     |           | Kalan (%) | Geçen (%) |  |           | Kalan (%) | Geçen (%) |   |                     | Kalan (%) | Geçen (%) |  |      |
| 31,5                                  | 0,0                 | 0,00      | 0,00      | 100,00    | 0,0                                    | 0,0       | 0,0       | 100,0     | 0,0                                     | 0,0                 | 0,0       | 100,0     |  |      |
| 16                                    | 0,0                 | 0,00      | 0,00      | 100,00    | 0,0                                    | 0,0       | 0,0       | 100,0     | 505,2                                   | 50,5                | 50,5      | 49,5      |  |      |
| 8                                     | 0,0                 | 0,00      | 0,00      | 100,00    | 589,2                                  | 58,9      | 58,9      | 41,1      | 492,0                                   | 49,2                | 99,7      | 0,3       |  |      |
| 4                                     | 22,6                | 2,26      | 2,26      | 97,74     | 390,2                                  | 39,0      | 97,9      | 2,1       | 0,5                                     | 0,1                 | 99,8      | 0,2       |  |      |
| 2                                     | 466,3               | 46,63     | 48,89     | 51,11     | 2,7                                    | 0,3       | 98,2      | 1,8       | 0,0                                     | 0,0                 | 99,8      | 0,2       |  |      |
| 1                                     | 210,3               | 21,03     | 69,92     | 30,08     | 0,7                                    | 0,1       | 98,3      | 1,7       | 0,0                                     | 0,0                 | 99,8      | 0,2       |  |      |
| 0,50                                  | 80,2                | 8,02      | 77,94     | 22,06     | 0,0                                    | 0,0       | 98,3      | 1,7       | 0,0                                     | 0,0                 | 99,8      | 0,2       |  |      |
| 0,25                                  | 42,5                | 4,25      | 82,18     | 17,82     | 0,0                                    | 0,0       | 98,3      | 1,7       | 0,0                                     | 0,0                 | 99,8      | 0,2       |  |      |
| 0,125                                 | 48,7                | 4,87      | 87,05     | 12,95     | 0,0                                    | 0,0       | 98,3      | 1,7       | 0,0                                     | 0,0                 | 99,8      | 0,2       |  |      |
| Elekalıtı kalan (g)                   |                     |           |           | 129,5     | Elekalıtı kalan (g)                    |           |           |           | 17,2                                    | Elekalıtı kalan (g) |           |           |  | 0,0  |
| Toplam (g)                            |                     |           |           | 1000      | Toplam (g)                             |           |           |           | 1000                                    | Toplam (g)          |           |           |  | 1000 |
| İlk tartım (g)                        |                     |           |           | 1000      | İlk tartım (g)                         |           |           |           | 1000                                    | İlk tartım (g)      |           |           |  | 1000 |
| İncelik Modülü                        |                     |           |           | 3,7       | İncelik Modülü                         |           |           |           | 6,5                                     | İncelik Modülü      |           |           |  | 7,0  |

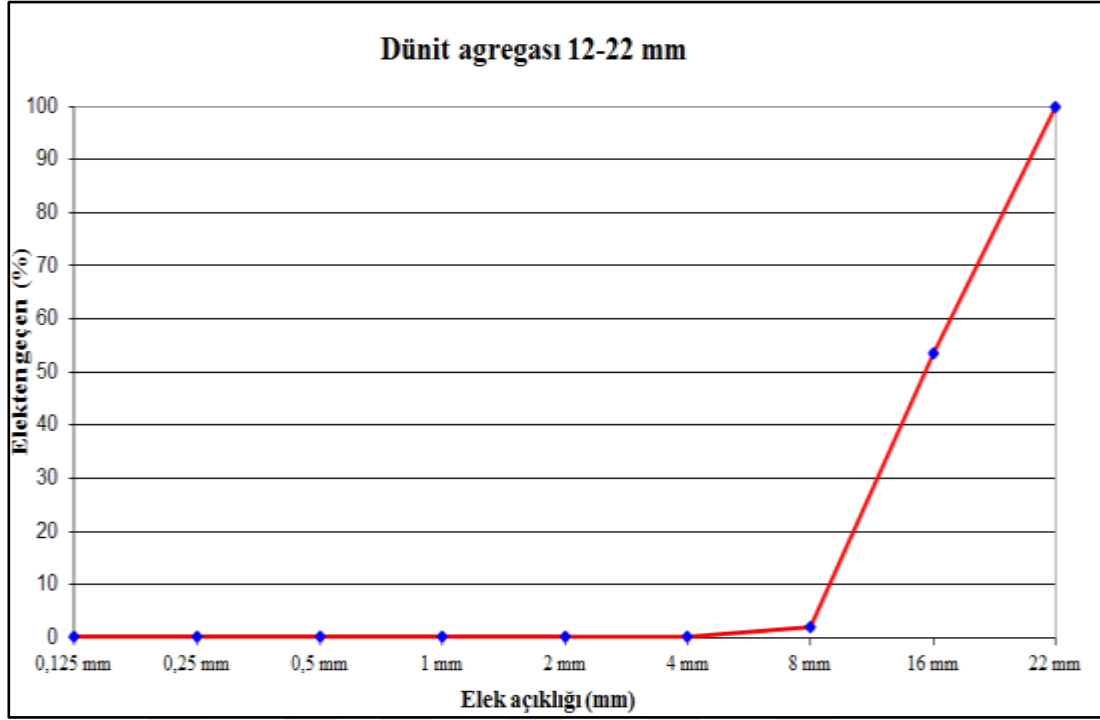




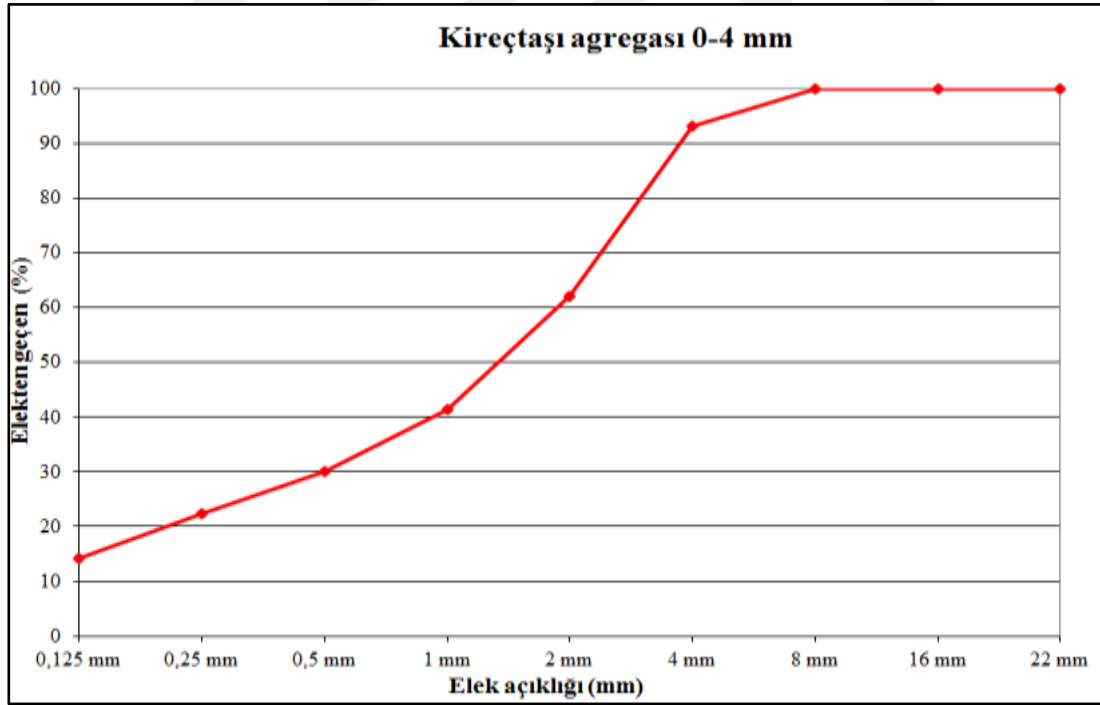
Şekil 4. 5. Dünitlerden üretilen 0-4 mm agrega tane büyüklüğü dağılım eğrisi



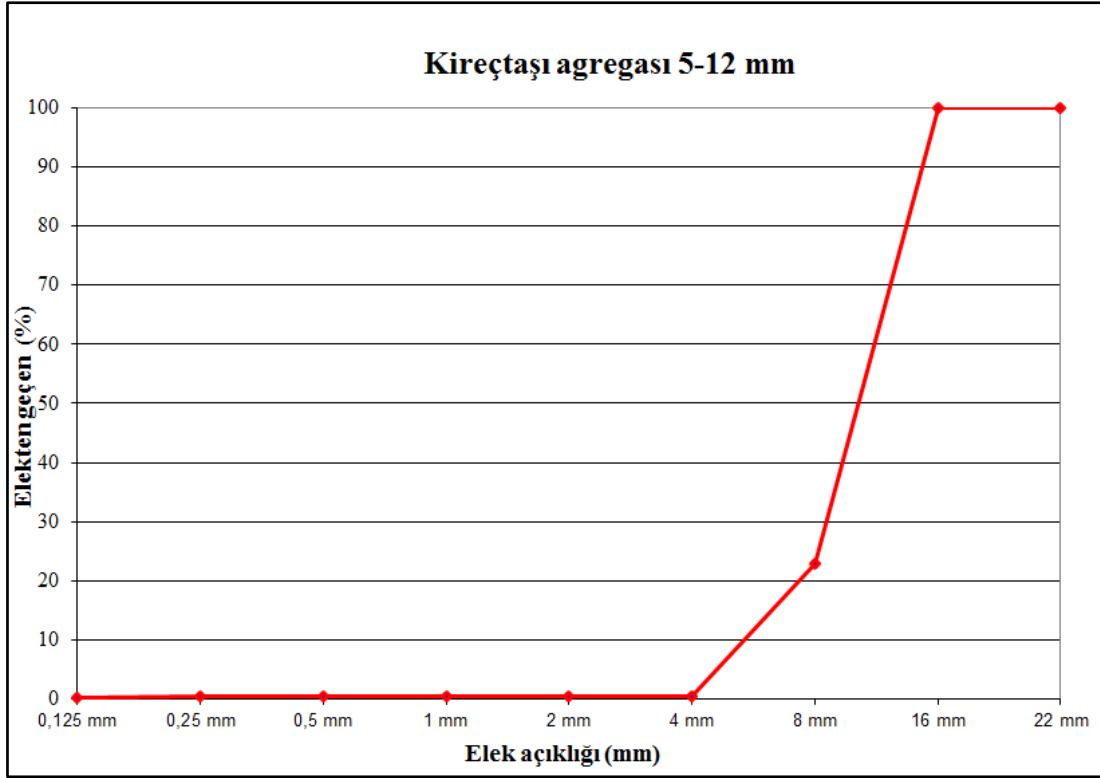
Şekil 4. 6. Dünitlerden üretilen 5-12 mm agrega tane büyüklüğü dağılım eğrisi



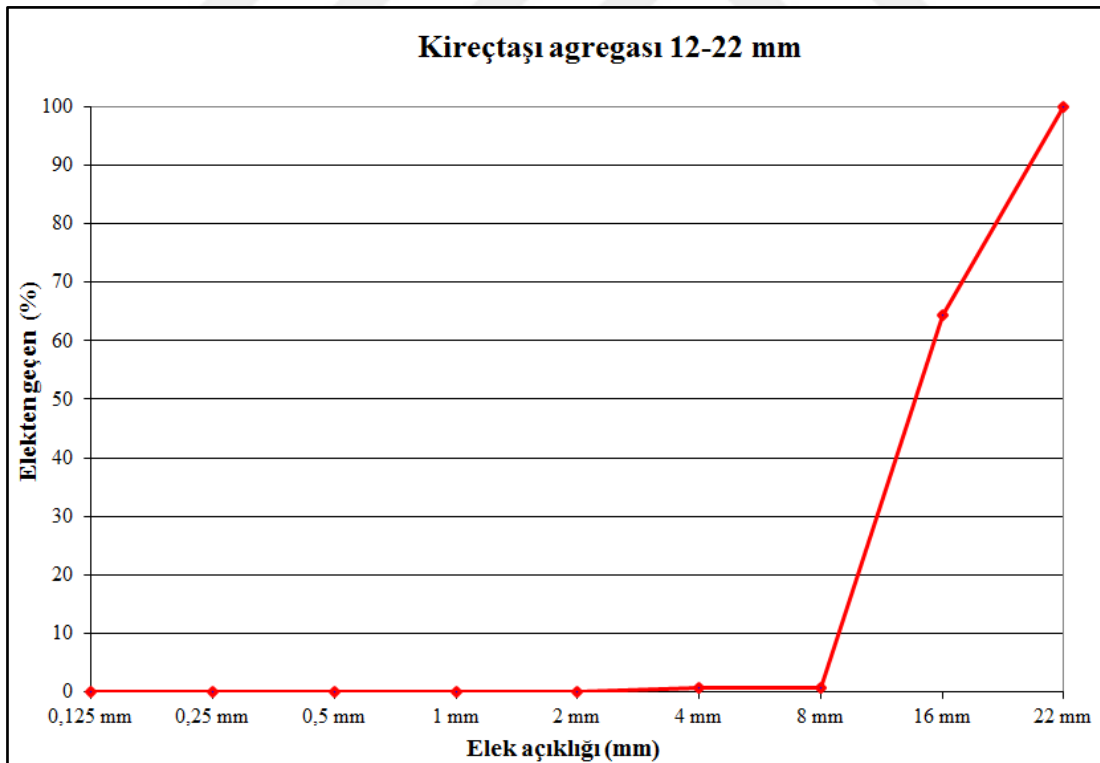
Şekil 4.7. Dünitlerden üretilen 12-22 mm agrega tane byklg dağılım eğrisi



Şekil 4.8. KiretaŐılarından üretilen 0-4 mm agrega tane byklg dağılım eğrisi



Şekil 4.9. Kireçtaşlarından üretilen 5-12 mm agregata tane büyüklüğü dağılım eğrisi



Şekil 4. 10. Kireçtaşlarından üretilen 12-22 mm agregata tane büyüklüğü dağılım eğrisi

#### 4.4. Agregaların İncelik Modülü

Dünit ve kireçtaşı kayaçlarından üretilen agregalar için hesaplanan incelik modülü değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. İncelik modülündeki değerler arasındaki benzerlik agregaların benzer tane boyutu dağılıma sahip olduğunun göstergesi olarak yorumlanmıştır.

**Çizelge 4. 3.** Agregaların incelik modülü değerleri

| Agrega    | Tane Büyüklüğü (mm) | İncelik Modülü |
|-----------|---------------------|----------------|
| Dünit     | 0-4                 | 4.0            |
|           | 5-12                | 6.7            |
|           | 12-22               | 7.4            |
| Kireçtaşı | 0-4                 | 3.7            |
|           | 5-12                | 6.5            |
|           | 12-22               | 7.0            |

#### 4.5. Agregaların Yassılık İndeksi Değerleri

TS 706 EN 12620+A1 standardında referans gösterilen TS EN 933-3 standardına göre kırmataş olarak üretilen 5-12 mm ve 12-22 mm boyutlarındaki agregalara ait yassılık indeksi değerleri Çizelge 4.6’da verilmiştir. Yassılık indeksi değerlerine göre aynı tane boyutlarındaki agregalar aynı yassılık indeksi kategorisinde yer almaktadır.

**Çizelge 4. 4.** Agregaların Yassılık İndeksi Sonuçları

| Agrega Cinsi | Tane Boyutu (mm) | Yassılık İndeksi (%) | Yassılık İndeksi Kategorisi |
|--------------|------------------|----------------------|-----------------------------|
| Dünit        | 5-12             | 23.8                 | FI35                        |
|              | 12-22            | 17.5                 | FI20                        |
| Kireçtaşı    | 5-12             | 21                   | FI35                        |
|              | 12-22            | 10.3                 | FI20                        |

#### 4.6. Agregaların Metilen Mavisi Deneyi Değerleri

TS 706 EN 12620+A1 standardında referans gösterilen TS EN 933-9+A1:2013 standardına göre üretilen agregalara ait metilen mavisi deney sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

**Çizelge 4. 5.** Agregaların Metilen Mavisi Deneyi Sonuçları

| Agrega Cinsi | Çok ince (< 0.063mm) madde içeriği (%) | Metilen Mavisi Değeri (g/100g) |
|--------------|--|--------------------------------|
| Dünit        | 14.1                                   | 0.6                            |
| Kireçtaşı    | 8.4                                    | 1.1                            |

**4.7. Agregaların Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranları**

Dünit ve kireçtaşı kayalarından üretilen agregaların kuru, doymun kuru yüzey, görünen özgül ağırlık ve su emme oranı değerleri için, TS 706 EN 12620+A1 standardında referans gösterilen TS EN 1097-6 standardına göre deneyler yapılmıştır. Kırmataş olarak üretilen 0-4 mm, 5-12 mm ve 12-22 mm tane büyüklüğündeki agregalara ait değerler Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de verilmiştir.

**Çizelge 4. 6.** Dünit agregası özgül ağırlık ve su emme oranı sonuçları

| Agrega | Tane Büyüklüğü (mm) | Kuru Özgül Ağırlığı (g) | Doymun Kuru Yüzey Özgül Ağırlığı (g) | Görünen Özgül Ağırlığı (g) | Su Emme Oranı (%) |
|--------|---------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Dünit  | 0-4                 | 2,43                    | 2,52                                 | 2,65                       | 3,40              |
|        | 5-12                | 2,57                    | 2,60                                 | 2,64                       | 1,11              |
|        | 12-22               | 2,54                    | 2,57                                 | 2,62                       | 1,27              |

**Çizelge 4. 7.** Kireçtaşı agregası özgül ağırlık ve su emme oranı sonuçları

| Agrega    | Tane Büyüklüğü (mm) | Kuru Özgül Ağırlığı (g) | Doymun Kuru Yüzey Özgül Ağırlığı (g) | Görünen Özgül Ağırlığı (g) | Su Emme Oranı (%) |
|-----------|---------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Kireçtaşı | 0-4                 | 2,71                    | 2,72                                 | 2,74                       | 0,44              |
|           | 5-12                | 2,74                    | 2,75                                 | 2,77                       | 0,36              |
|           | 12-22               | 2,70                    | 2,71                                 | 2,72                       | 0,27              |

**4.8. Agregaların Aşınma Kaybı Deneyi Sonuçları**

Agregaların aşınma kaybını belirlemek adına yapılan Los Angeles aşınma kaybı deney sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

**Çizelge 4. 8.** Agregaların Los Angeles aşınma deneyi sonuçları

| Agrega    | Los Angeles Katsayısı (%) | Los Angeles Kategorisi |
|-----------|---------------------------|------------------------|
| Dünit     | 21,56                     | LA 25                  |
| Kireçtaşı | 14.20                     | LA 15                  |

**4.9. Agregaların Alkali Silika Reaktifliği**

Çalışmaya konu edilen ultramafik kayalardan dünit agregalarına yapılan alkali silika reaktifliği deney sonucunda alkali azalması 80 mmol/lt, çözünen silis değeri 270 mmol/lt bulunmuştur.

**4.7. Beton Basınç Dayanım Sonuçları**

Çalışmaya konu edilen dünitler ve referans agregası olarak kullanılan kireçtaşlarının yukarıda belirtilen agregaya deneyleri ile özellikleri belirlenmiştir. Agregaya deneyleri sonuçlarına göre beton tasarımları hazırlanmıştır. Beton basınç dayanımı deneyleri TS EN 206:2013+ A1 standardı referans alınarak yapılmıştır.

Betonlar 15x15x15 küp betonlar olarak her bir reçetede 3 adet olmak üzere üretilmiştir. Betonlarda agregaların performanslarının kıyaslanabilmesi için üretilen betonlar aynı işlenebilirlik değerlerinde (slump) dökülmüştür. Dökümü yapılan tüm betonlarda ÇİMSA CEM I 42,5R çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentoya ait özellikler Çizelge 4.9'da verilmiştir.

**Çizelge 4. 9.** ÇİMSA CEM I 42,5R çimentosu genel özellikleri

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Kızdırma Kaybı (%)              | 3,15   |
| Çözünmeyen Kalıntı (%)          | 0,24   |
| Kükürttrioksit (%)              | 3,40   |
| Klorür (%)                      | 0,0100 |
| Priz Başlangıcı (Dakika)        | 195    |
| Dansite(Litre) Ağırlığı gr / lt | 1030   |
| Hacim Genleşmesi (mm)           | 1,5    |
| 2 Günlük Basınç Dayanımı (Mpa)  | 28,0   |
| 28 Günlük Basınç Dayanımı (Mpa) | 51,0   |

Referans kireçtaşları ile üretilen 3 adet üretilen betonların özellikleri, 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

**Çizelge 4. 10.** Kireçtaşı agregaları üretilen betonların özellikleri ve basınç dayanımı sonuçları

|   |                   |
|---|-------------------|
| Karışım no                                | 2188              |
| Döküm tarihi                              | 2.12.2015         |
| Çimento miktarı (kg/m <sup>3</sup> )      | 300               |
| Su miktarı (kg/m <sup>3</sup> )           | 202               |
| Su / Çimento                              | 0,673             |
| 0 - 4 mm agrega (kg/m <sup>3</sup> )      | 1024              |
| 5 - 12 mm agrega (kg/m <sup>3</sup> )     | 339               |
| 12 - 22 mm agrega (kg/m <sup>3</sup> )    | 502               |
| İlk çökme (cm)                            | 14                |
| Teorik birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> ) | 2369              |
| Taze birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )   | 2366              |
| Ortam sıcaklığı ( C)                      | 20,3              |
| Beton sıcaklığı ( C)                      | 20,9              |
| Çimento tipi                              | ÇİMSA CEM I 42,5R |
| 2. Gün basınç dayanımı (Mpa)              | 19,6              |
| 7. Gün basınç dayanımı (Mpa)              | 27,1              |
| 28. Gün basınç dayanımı (Mpa)             | 36,0              |

Dünit agregaları ile 3 adet üretilen betonların özellikleri, 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir.

**Çizelge 4. 11.** Dünit agregaları üretilen betonların özellikleri ve basınç dayanımı sonuçları

|   |                   |
|---|-------------------|
| Karışım no                                | 2189              |
| Döküm tarihi                              | 2.12.2015         |
| Çimento miktarı (kg/m <sup>3</sup> )      | 300               |
| Su miktarı (kg/m <sup>3</sup> )           | 290               |
| Su / Çimento                              | 0,965             |
| 0 - 4 mm agrega (kg/m <sup>3</sup> )      | 812               |
| 5 - 12 mm agrega (kg/m <sup>3</sup> )     | 394               |
| 12 - 22 mm agrega (kg/m <sup>3</sup> )    | 462               |
| İlk çökme (cm)                            | 14                |
| Teorik birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> ) | 2369              |
| Taze birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )   | 2194              |
| Ortam sıcaklığı ( C)                      | 22                |
| Beton sıcaklığı ( C)                      | 21,8              |
| Çimento tipi                              | ÇİMSA CEM I 42,5R |
| 2. Gün basınç dayanımı (Mpa)              | 5,5               |
| 7. Gün basınç dayanımı (Mpa)              | 8,4               |
| 28. Gün basınç dayanımı (Mpa)             | 11,9              |

Dünit agregaları ile üretilen betonların 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları çok düşük belirlenmiştir. Bu basınç düşüklüğün sebebi dünit agregalarının su emme özelliği ve özgül ağırlıkları ile ilişkili olduğu düşünülerek, yeni beton tasarımında farklı su/çimento oranlarında yalnızca 5-12 mm dünit agregaları kullanılarak deneyler tekrar edilmiştir. Tekrar beton tasarımı yapılan referans kireçtaşları ile üretilen betonunun özellikleri, 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Küp numuneler her beton reçetesi için 3 örnek olarak dökülmüştür. Agregata tane büyüklüklerinden yalnızca 5-12 mm dünit agregaları, 0-4 mm ve 5-12 mm referans kireçtaşlarından üretilen betonun özellikleri, 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Küp numuneler her beton reçetesi için 3 örnek olarak dökülmüştür.

**Çizelge 4. 12.** Kireçtaşı agregaları üretilen betonların özellikleri ve basınç dayanımı sonuçları (tekrar üretim)

|   |                      |                      |                      |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|
| Karışım no                                | 2204                 | 2205                 | 2206                 |
| Döküm tarihi                              | 20.01.2016           | 20.01.2016           | 20.01.2016           |
| Çimento miktarı (kg/m <sup>3</sup> )      | 250                  | 300                  | 350                  |
| Su miktarı (kg/m <sup>3</sup> )           | 200                  | 203                  | 208                  |
| Su / Çimento                              | 0,799                | 0,678                | 0,595                |
| 0 – 4 mm agregata (kg/m <sup>3</sup> )    | 1052                 | 1022                 | 990                  |
| 5 – 12 mm agregata (kg/m <sup>3</sup> )   | 348                  | 338                  | 328                  |
| 12 – 22 mm agregata (kg/m <sup>3</sup> )  | 515                  | 489                  | 485                  |
| İlk çökme (cm)                            | 14                   | 14                   | 14                   |
| Teorik birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> ) | 2369                 | 2369                 | 2369                 |
| Taze birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )   | 2365                 | 2364                 | 2361                 |
| Ortam sıcaklığı ( C)                      | 20,3                 | 20,3                 | 20,3                 |
| Beton sıcaklığı ( C)                      | 20,9                 | 21,3                 | 21,6                 |
| Çimento tipi                              | ÇİMSA CEM I<br>42,5R | ÇİMSA CEM I<br>42,5R | ÇİMSA CEM I<br>42,5R |
| 2. Gün basınç dayanımı (Mpa)              | 17,1                 | 24,6                 | 26,9                 |
| 7. Gün basınç dayanımı (Mpa)              | 24,2                 | 32,4                 | 37,4                 |
| 28. Gün basınç dayanımı (Mpa)             | 30,7                 | 38                   | 44,5                 |



**Çizelge 4. 13.** Kireçtaşı-dünit agregaları üretilen betonların özellikleri ve basınç dayanımı sonuçları (tekrar üretim)

|   |                      |                      |                      |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|
| İlk çökme (cm)                            | 14                   | 14                   | 14                   |
| Teorik birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> ) | 2369                 | 2369                 | 2369                 |
| Taze birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )   | 2330                 | 2376                 | 2387                 |
| Ortam sıcaklığı ( C)                      | 22,0                 | 22,0                 | 22,0                 |
| Beton sıcaklığı ( C)                      | 21,7                 | 21,8                 | 21,4                 |
| Çimento tipi                              | ÇİMSA CEM I<br>42,5R | ÇİMSA CEM I<br>42,5R | ÇİMSA CEM I<br>42,5R |
| 2. Gün basınç dayanımı (Mpa)              | 14,9                 | 20,6                 | 25,3                 |
| 7. Gün basınç dayanımı (Mpa)              | 20,7                 | 28,5                 | 33,6                 |
| 28. Gün basınç dayanımı (Mpa)             | 26,3                 | 33,5                 | 37,7                 |

\*5-12 mm agrega dünit agregası

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırma kapsamında çalışma alanındaki ultramafik kayalar oluşturana dunitlerden üretilen agregaların kimyasal, petrografik, tane boyu dağılımı, incelik modülü, yassılık indeksi, metilen mavisi, tane yoğunluğu ve su emme değerleri, aşınma kaybı ve alkali silika reaktifliği özellikleri incelenmiş olup sonuçlar TS 706 EN+A1 standardı ve bu standardın referans gösterdiği standartlara göre değerlendirilmiştir. Çalışmada referans agrega kaynağı olarak re-kristalize kireçtaşları kullanılmıştır. Üretilen agregalardan beton üretimleri gerçekleştirilerek, beton performansları irdelenmiştir.

Dunitlerden üretilen agregalar, kimyasal içerikleri bakımından incelendiğinde toplam kükürt içeriği 0.0 tespit edildiğinden TS EN 1744-1'e uygundur.

Referans re-kristalize kireçtaşları kimyasal içerikleri bakımından incelendiğinde toplam kükürt içeriği %0.0 tespit edildiğinden TS EN 1744-1'e uygundur. Kireçtaşları CaCO<sub>3</sub> içeriği %95,71 tespit edildiğinden saf kireçtaşı özelliğindedir.

Dunit agregaları petrografik özellikleri bakımından incelendiğinde ince kesit görüntülerinde kayacı oluşturana minerallerin olivinlerden oluştuğı belirlenmiştir. Yapılan XRD analizinde de mineral bileşimi olivin olarak belirlenmiştir

Referans re-kristalize kireçtaşı agregaları ise kalsit minerallerinden oluşmaktadır.

Araştırmaya konu dunit agregalarının incelik modülleri 0-4 mm 4, 5-12 mm 6,7 ve 12-22 mm 7,4 olarak tespit edilmiştir. Referans kireçtaşlarının incelik modülü değerleri modülleri 0-4 mm 3,7, 5-12 mm 6,5 ve 12-22 mm 7,0 olarak tespit edilmiştir. Bu benzerlik üretilen agregaların aynı tane boyu sınıflarının elek analizlerinin benzer olduğunu gösterir. Bu durum üretilen betonların performansındaki tane boyu dağılım faktöründeki etkiyi minimize etmiştir.

Agregaların yassılık indeksi değerleri incelendiğinde dunitlerden üretilen 5-12 mm agregaların yassılık indeksi değeri % 23.8 olarak belirlenmiş olup, FI35 kategorisinde yer almaktadır. Dunitlerden üretilen 12-22 mm agregaların yassılık indeksi değeri % 17.5 olarak belirlenmiş olup, FI20 kategorisinde yer almaktadır. Dunitlerden üretilen agregalar yassılık indeksi değerlendirmesinde standartlara uygundur.

Referans kireçtaşları yassılık indeksi değerleri incelendiğinde 5-12 mm agregaların yassılık indeksi değeri % 21 olarak belirlenmiş olup, FI35 kategorisinde yer almaktadır. Referans kireçtaşları 12-22 mm agregaları yassılık indeksi değeri % 10.3 olarak belirlenmiş olup FI20 kategorisinde yer almaktadır.

Dunit kayalarından üretilen agregaların metilen mavisi değeri 0.6 g/100g, çok ince madde içeriği (< 0.063mm ) 14.1 olarak belirlenmiştir.

Referans kireçtaşlarından üretilen agregaların metilen mavisi değeri 1.1 g/100g, çok ince madde içeriği (< 0.063mm ) 8.4 olarak belirlenmiştir

Dünit agregalarının kuru özgül ağırlıkları incelendiğinde 0-4 mm 2,43 gr, 5-12 mm 2,57 gr ve 12-22 mm 2,54 gr olarak tespit edilmiş olup normal agregaya sınıfına uygundur. Su emme oranı değerleri 0-4 mm % 3,40, 5-12 mm % 1,1 12-22 mm % 1,27 olarak tespit edilmiştir. Dünit agregaları içerisinde 0-4 mm tane byklğine sahip dünit agregaları en yüksek su emme içeriğine sahiptir. Bu durumun beton üretiminde dayanım özelliğine olumsuz yansıtacağı dşnlmştir.

Referans re-kristalize kireçtaşları kuru özgül ağırlıkları bakımından 0-4 mm 2,71 , 5-12 mm 2,74 ve 12-22 mm 2,70 gr/cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiş olup normal agregaya sınıfına uygundur. Su emme oranı değerleri 0-4 mm % 0,44, 5-12 mm % 0,36 12-22 mm % 0,27 olarak tespit edilmiştir. Dünit agregalarına göre su emme oranı değerleri oldukça düşük olup, beton üretiminde dayanım özelliğine olumlu yansıtacağı düşünülmektedir.

Dünit agregalarının aşınma kaybı değerleri, Los Angeles Katsayısı % 21,56 tespit edilmiş olup aşınma kaybı bakımından uygun bulunmuştur.

Referans re-kristalize kireçtaşları aşınma kaybı değerleri Los Angeles Katsayısı % 14,20 tespit edilmiş olup aşınma kaybı bakımından uygun bulunmuştur. Kireçtaşı agregalarının dünit agregalarına göre Los Angeles katsayısı değerlerinin düşük olması beton üretiminde dayanım farkı yaratacağı şeklinde yorumlanmıştır.

Dünitlerden üretilen agregaların alkali silika reaktifliği yönünden yapılan incelemede alkali azalması 80 mmol/lit, cznen silis değeri 270 mmol/lit olarak belirlenmiştir. Bu değerlere sahip agregalar alkali silika reaktifliği yönünden II. bölgeye düşmektedir. Bu bölgedeki agregalar zararlı olması muhtemel agregaya sınıfına girer. Dünit agregaları alkali silika reaktifliği yönünden detaylı incelenmeli ve TS 707'ye göre doğrudan şişme miktarları belirlenmelidir. Ayrıca dünitler alkanitesi % 0.60'dan düşük çimentolar ile kullanılması uygundur.

Araştırmada dünitlerin ve referans re-kristalize kireçtaşlarının agregaya özellikleri belirlendikten sonra 15x15x15 cm boyutlarında kp betonlar üretilerek 2,7 ve 28 günlük basınç dayanımları irdelenmiştir. Beton tasarımlarında işlenebilirlik özellikleri sabit tutularak (ilk ckme 14 cm) agregaların betondaki performansları kıyaslanmıştır.

Karışım no 2188 betonu 300 kg/m<sup>3</sup> imento dozajında ve 14 cm ilk ckme değerinde referans kireçtaşları agregaları ile 3 adet küp beton üretilmiştir. 2 günlük basınç dayanımı 19,6 MPa, 7 günlük basınç dayanımı 27,1 MPa ve 28 günlük basınç dayanımı 36 MPa olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre beton basınç dayanımı yönünden C30 tipi beton üretiminde kullanımı uygundur.

Karışım no 2189 betonu 300 kg/m<sup>3</sup> imento dozajında ve 14 cm ilk ckme değerinde araştırmaya konu edilen dünit agregaları ile 3 adet beton üretilmiştir. . 2 günlük basınç dayanımı 5,5 MPa, 7 günlük basınç dayanımı 8,4 MPa ve 28 günlük basınç dayanımı 11,9 MPa

olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre beton basınç dayanımı yönünden oldukça düşük değerlere sahip olup C10 tipi beton üretiminde kullanımı uygundur.

Dünit agregaları ile üretilen 2189 nolu betonun 28 günlük basınç dayanımlarının düşük çıkması üzerine dünit agregaları içerisinde su emme oranı % 1.11 olarak belirlenen en düşük değere sahip agrega boyutu ile kuru özgül ağırlığı 2.57 g olarak belirlenen en yüksek değere sahip 5-12 mm tane boyutuna sahip dünit agregaları ile beton üretimi tasarlanmıştır. Referans kireçtaşı agregaları aynı kalmak üzere beton karışımlarında 5-12 mm agrega tipinin dünit agregası olacak şekilde farklı çimento dozajlarında, 15x15x15 cm beton boyutlarında küp betonlar üretilmiştir. Yeni beton üretimlerinde de işlenebilirlik değerleri sabit tutularak agregaların performansları kıyaslanmıştır.

Beton karışım no 2204, 2205 ve 2206 betonları her bir reçetede 3 adet olmak üzere referans kireçtaşı agregaları ile üretilmiş olup, çimento miktarları sırasıyla 250 kg/m<sup>3</sup>, 300 kg/m<sup>3</sup> ve 350 kg/m<sup>3</sup> olarak ilk çökme değeri 14 cm olacak şekilde üretilmiştir.

Referans kireçtaşı agregası kullanılarak üretilen bu betonlardan 2204 nolu betonun 2 günlük basınç dayanımı 17,1 MPa, 7 günlük basınç dayanımı 24,2 MPa ve 28 günlük basınç dayanımı 30,7 MPa olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre beton basınç dayanımı yönünden C30 tipi beton üretiminde kullanımı uygundur.

Referans kireçtaşı agregası kullanılarak üretilen bu betonlardan 2205 nolu betonun 2 günlük basınç dayanımı 24,6 MPa, 7 günlük basınç dayanımı 32,4 MPa ve 28 günlük basınç dayanımı 38 MPa olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre beton basınç dayanımı yönünden C37 tipi beton üretiminde kullanımı uygundur.

Referans kireçtaşı agregası kullanılarak üretilen bu betonlardan 2206 nolu betonun 2 günlük basınç dayanımı 26,9 MPa, 7 günlük basınç dayanımı 37,4 MPa ve 28 günlük basınç dayanımı 44,5 MPa olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre beton basınç dayanımı yönünden C37 tipi beton üretiminde kullanımı uygundur.

Referans kireçtaşı agregaları ile üretilen betonlardaki dayanım farkları çimento miktarlarındaki farklılığa bağlanmıştır.

Araştırmaya konu dünit agregalarından su emme oranı en düşük ve kuru özgül ağırlığı en yüksek 5-12 mm tane büyüklüğüne sahip agregaların, referans kireçtaşları ile birlikte kullanıldığı 2200, 2201 ve 2202 nolu betonların sonuçları aşağıdaki gibidir. Bu betonların çimento miktarları sırasıyla 250 kg/m<sup>3</sup>, 300 kg/m<sup>3</sup> ve 350 kg/m<sup>3</sup> olarak ve ilk çökme değeri 14 cm olacak şekilde, her reçeteden 3 adet küp beton üretilmiştir.

Karışım no 2200 betonu 250 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajında ve 14 cm ilk çökme değerinde 5-12 mm dünit agregası kullanılarak üretilen betonun 2 günlük basınç dayanımı 14,9 MPa, 7 günlük basınç dayanımı 20,7 MPa ve 28 günlük basınç dayanımı 26,3 MPa olarak belirlenmiştir. Bu

değerlere göre beton basınç dayanımı yönünden oldukça düşük değerlere sahip olup C25 tipi beton üretiminde kullanımı uygundur.

Karışım no 2201 betonu 300 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajında ve 14 cm ilk çökme değerinde 5-12 mm dunit agregası kullanılarak üretilen betonun 2 günlük basınç dayanımı 20,6 MPa, 7 günlük basınç dayanımı 28,5 MPa ve 28 günlük basınç dayanımı 33,5 MPa olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre beton basınç dayanımı yönünden oldukça düşük değerlere sahip olup C30 tipi beton üretiminde kullanımı uygundur.

Karışım no 2202 betonu 350 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajında ve 14 cm ilk çökme değerinde 5-12 mm dunit agregası kullanılarak üretilen betonun 2 günlük basınç dayanımı 25,3 MPa, 7 günlük basınç dayanımı 33,6 MPa ve 28 günlük basınç dayanımı 37,7 MPa olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre beton basınç dayanımı yönünden oldukça düşük değerlere sahip olup C37 tipi beton üretiminde kullanımı uygundur.

Dunit agregalarından 5-12 mm tane boyutlarında üretilen agregalar ve referans kireçtaşları ile üretilen betonların basınç dayanımları incelendiğinde, dunitlerin iri agregalar olarak beton basınç dayanım özellikleri göz önünde bulundurularak beton üretiminde kullanımları uygundur. Beton üretiminde iri agregalar olarak dunitlerin kullanımı planlandığında alkali silika reaktivliği yönünden iyi irdelenmesi ve alkanitesi % 0.60'dan düşük çimentolar ile kullanılması önerilmiştir.

Agregalar ile yapılan beton üretimlerinin basınç dayanımları sonuçlarına göre, beton agregası olarak tamamı dunit agregalarından oluşacak betonların, C10 tipi betonlar haricinde agregalar olarak kullanımı uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Dunit agregalarının su emme oranlarının yüksek olması çalışma alanındaki kayaçların serpantinleşme özelliğine bağlanarak beton üretiminde basınç dayanımına olumsuz etki ettiği düşünülmektedir. Kaynak kayaç olarak dunit kayaçları agregalar üretiminde kullanılması düşünüldüğünde kaynak kayacın serpantinleşme özelliğinin ve ayrışma derecesinin iyi irdelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Böylelikle hazır beton ve agregalar üreticilerinin yasal mevzuat ve çevresel kısıtlar sebebiyle faydalanılabilir agregalar rezerv sorunlarına alternatif iri agregalar kaynağı olarak dunit kayaçları, alkali silika reaksiyonu, serpantinleşme durumu ve ayrışma derecesi irdelenmesi sonucunda alternatif agregalar kaynağı olarak önerilebilir. Dunitlerden üretilen iri agregaların özellikle serpantinleşmenin gözlenmediği, alkanitesi düşük çimentolar ile agregalar kaynağı olarak kullanılması uygundur.

## KAYNAKLAR

- [1]. Türkiye Hazır Beton Birliği, "Sektör Raporu", (2013-2014).
- [2]. Taşdemir, C., "Agrega - Çimento Hamuru Ara Yüzeyi Mikro Yapısının Yüksek Mukavemetli Betonların Kırılma Parametrelerine Etkisi", İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (1995).
- [3]. Özışık, G., "Beton", İstanbul: İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, (1998).
- [4]. T. Y. Erdoğan, "Betonu Oluşturan Malzemeler Agregalar," *THBB Yayını*, (1995a).
- [5]. Erdoğan, T. Y., "Agregalar," *THBB Yayını*, (1995).
- [6]. Mehta, P. K. ve Monteiro, P. J. M., "Concrete Microstructure, Properties and Materials, 3. baskı", McGraw - Hill, (2006).
- [7]. Öztürk, Ö., Çelikhö, M. ve Erkan, M., "Türkiye Agregası Raporu," Türkiye Hazır Beton Birliği, (2013).
- [8]. Altın Madencileri Derneği, "2011 Madencilik Sektörü ve Altın Madencililiği Raporu", (2011).
- [9]. www.uepg.eu, [Çevrimiçi].
- [10]. AGÜB, "Agregası Sektör Raporu," Trakya Sektör Toplantısı, (2013).
- [11]. THHB, "Agregası Sektör Raporu," (2012).
- [12]. Kaplan, M. F., "Flexural and Compressive Strength of Concrete as Affected by the Properties of Coarse Aggregates," *Journal of American Concrete Institute*, pp. 1193-1208, (1959).
- [13]. Ramsay, D. M., Dhir, R. K. ve I. M. Spence, "The Role of Rock and Clast Fabric in the Physical Performance of Crushed-Rock Aggregate," *Engineering Geology*, 8(94): 267-285, (1974).
- [14]. Baalbaki, W., Benmokrane, B., Chaallal, O. ve Aitcin, P. C., "Influence of Coarse Aggregate on Elastic Properties of High-Performance Concrete," *ACI Materials Journal*, 88(5): 499-503, (1991).
- [15]. Murdock, L. J., Brook, K. M. ve Dewar, J. D., "Concrete Materials and Practice", Sherborne, Edward Arnold, (1991).
- [16]. Giaccio, G., Rocco, C., Violini, D., Zappitelli, J. ve Zerbino, R., "High-Strength Concretes Incorporating Different Coarse Aggregates," *Materials Journal*, 89(3): 242-246, (1992).
- [17]. İrfan, T. Y., "Aggregate Properties and Resources of Granitic Rocks for use in Concrete in Hong Kong," *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 27: 25-38, (1994).
- [18]. Alexander, M. G. ve Milne, T. L., "Influence of Cement Blent and Elastic Modulus of Concrete," *Materials Journal*, (92): 227-235, (1995).
- [19]. Gutierrez, P. A. ve Canovas, M. F., "High Performance Concrete Requirements for Constituent Materials and Mix Propotioning," *Materials Journal*, 93(3): 233-241, (1996).
- [20]. Neville, A. M., "Properties of Concrete: Fourth and Final Edition", (Editör: Wiley, J.), 56-80, (1996).
- [21]. Özturan, T. ve Çeçen, C., "Effect of Aggregate Type on the Mechanical Properties of Concretes with Different Strengths," *Cement and Concrete Research*, 27(2): 165-170, (1997).
- [22]. Tasong, W. A., Lynsdale, C. J. ve Cripps, C., "Aggregate-Cement Paste Interface II. Influence of Aggregate Physical Properties," *Cement and Concrete Research*, 28(10): 1453-1465, (1998).
- [23]. Şengül, Ö., "Agregası Türünün Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonların Mekanik Özelliklerine Etkisi", İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (2000).
- [24]. Wakizaka, Y., "Alkali-Silica Reactivity of Japanese Rocks," *Engineering Geology*, 56(1-2): 211-221, (2000).
- [25]. Özkahraman, H. T., ve Işık, E. C., "The Effect of Aggregates on Tensile Adhesion Strength of Tiles," *Constraction and Building Materials*, 9(4): 251-255, (2005).
- [26]. Arslan, M. ve Demir, İ., "Kırşehir Yöresi Kırmataşlarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği," *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(3): 489-497, (2006).
- [27]. Kayaturan, S., "Farklı Kökenli Agregaların Beton Özelliklerine Etkisi", İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (2010).

- [28]. Davraz, M., Gündüz, L., Gapçı, N. ve Başpınar, E., "Isparta Civarı Volkanik Kayaçların Mühendislik Özellikleri ve Taşıyıcı Beton Üretiminde Kullanılabilirliği", Isparta, Süleyman Demirel Üniversitesi Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, (2012).
- [29]. Juteau, T., "Ophiolites of Turkey," *Ofioliti*, 2: 199-238, (1980).
- [30]. Tekeli, O., Aksoy, A., Ertan, I. E. ve Ürgün, B. M., "Toros Ofiyolit Projeleri Aladağ Projesi," MTA Raporu, (1981).
- [31]. Pampal, S., "Aslanköy - Tepeköy (Mersin) Yöresinin Jeolojisi," *S. İ. Fen - Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 3, (1984).
- [32]. Yetiş, C. ve Demirkol, C., "Adana Baseninin Batı Kesiminin Jeolojisi Detay Jeoloji Etüdü," MTA Raporu, (1986).
- [33]. İşler, F., "Fındıklı ve Yöresi (Mersin) Ofiyolitlerinin Jeolojisi ve Petrografisi," *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 12(1-2), (1989).
- [34]. Gül, M. ve Koç, H., "Karaisalı Kireçtaşı Gözne Resifinin (Gözne-Mersin) Sedimantolojik Özellikleri," *Geosound*, 42(1): 53-60, (2003).
- [35]. Demirkol, C., Gök, M. ve Sevimli, İ. U., "Çamlıyayla (Tarsus Kuzeyi) Güney Kesiminin Stratigrafisi," *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(1-2): 301-313, (2006).
- [36]. Nazlıcan, H., "Musalı - Evrenli Yöresinin Jeolojik ve Petrografik İncelenmesi", *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2011).
- [37]. Ünlügenç, U. C., "Controls on Cenozoic Sedimentation in the Adana Basin Southern Turkey", *University of Kent at Canterbury*, (1993).

**EKLER****EK - 1. Çalışma alanında bulunan dunitlerin kimyasal analiz sonuçları**

| Numune                     | 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 (%) | Na <sub>2</sub> O (%) | SO <sub>3</sub> (%) | TiO <sub>2</sub> (%) | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | A.Z. (%) |
|----------------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------|---------|----------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------|
| Ultramafik_Dunit_Agrega-1  | 29,80                | 0,20                               | 11,35                              | 1,70    | 42,10   | 0,00                 | 0,23                  | 0,00                | 0,03                 | 0,09                               | 0,10                               | 14,2     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-2  | 31,35                | 0,10                               | 11,23                              | 1,67    | 44,70   | 0,02                 | 0,17                  | 0,00                | 0,01                 | 0,50                               | 0,30                               | 9,8      |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-3  | 30,48                | 0,12                               | 11,00                              | 1,45    | 39,80   | 0,10                 | 0,21                  | 0,00                | 0,00                 | 1,40                               | 0,20                               | 15,5     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-4  | 35,10                | 0,16                               | 13,80                              | 1,43    | 37,50   | 0,00                 | 0,14                  | 0,00                | 0,02                 | 1,50                               | 0,23                               | 10,6     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-5  | 27,90                | 0,13                               | 10,50                              | 1,65    | 42,20   | 0,30                 | 0,16                  | 0,00                | 0,01                 | 0,50                               | 0,31                               | 16,7     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-6  | 28,30                | 0,12                               | 9,80                               | 1,55    | 44,56   | 0,20                 | 0,19                  | 0,00                | 0,01                 | 0,80                               | 0,14                               | 14,2     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-7  | 28,90                | 0,11                               | 16,40                              | 1,33    | 39,00   | 0,02                 | 0,23                  | 0,00                | 0,03                 | 1,20                               | 0,18                               | 12,3     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-8  | 30,70                | 0,36                               | 10,90                              | 1,50    | 38,90   | 0,01                 | 0,21                  | 0,00                | 0,02                 | 1,10                               | 0,34                               | 16,2     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-9  | 27,89                | 0,60                               | 10,45                              | 1,70    | 40,10   | 0,05                 | 0,09                  | 0,00                | 0,01                 | 1,30                               | 0,10                               | 18,2     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-10 | 29,23                | 0,32                               | 9,80                               | 1,56    | 43,90   | 0,09                 | 0,11                  | 0,00                | 0,01                 | 1,32                               | 0,15                               | 13,2     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-11 | 29,76                | 0,21                               | 12,30                              | 1,52    | 42,30   | 0,10                 | 0,12                  | 0,00                | 0,03                 | 1,20                               | 0,20                               | 12,7     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-12 | 36,20                | 0,39                               | 15,40                              | 1,23    | 38,40   | 0,15                 | 0,04                  | 0,00                | 0,01                 | 0,80                               | 0,12                               | 6,8      |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-13 | 28,56                | 0,12                               | 10,60                              | 1,70    | 39,80   | 0,01                 | 0,12                  | 0,00                | 0,01                 | 0,05                               | 0,18                               | 18,9     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-14 | 29,34                | 0,23                               | 10,54                              | 1,65    | 41,10   | 0,01                 | 0,15                  | 0,00                | 0,02                 | 0,06                               | 0,19                               | 16,8     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-15 | 27,77                | 0,28                               | 13,40                              | 1,22    | 43,20   | 0,01                 | 0,17                  | 0,00                | 0,03                 | 1,30                               | 0,26                               | 12,3     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-16 | 29,90                | 0,15                               | 15,10                              | 1,59    | 40,90   | 0,00                 | 0,23                  | 0,00                | 0,03                 | 1,90                               | 0,20                               | 10,3     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-17 | 29,90                | 0,19                               | 9,10                               | 1,60    | 44,30   | 0,00                 | 0,18                  | 0,00                | 0,01                 | 2,10                               | 0,10                               | 12,3     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-18 | 34,40                | 0,35                               | 11,80                              | 1,73    | 36,50   | 0,01                 | 0,17                  | 0,00                | 0,03                 | 0,80                               | 0,12                               | 14,1     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-19 | 31,90                | 0,23                               | 11,90                              | 1,54    | 39,76   | 0,02                 | 0,11                  | 0,00                | 0,01                 | 0,04                               | 0,10                               | 14,6     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-20 | 28,90                | 0,30                               | 11,30                              | 1,60    | 42,30   | 0,01                 | 0,10                  | 0,00                | 0,02                 | 0,05                               | 0,12                               | 15,4     |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-21 | 29,34                | 0,21                               | 9,50                               | 1,70    | 40,40   | 0,01                 | 0,06                  | 0,00                | 0,03                 | 1,40                               | 0,15                               | 17,6     |



|                            |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |       |
|----------------------------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Ultramafik_Dunit_Agrega-22 | 30,50 | 0,16 | 10,30 | 1,26 | 40,90 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,01 | 1,20 | 0,23 | 15,4  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-23 | 31,56 | 0,19 | 10,43 | 1,29 | 39,40 | 0,03 | 0,13 | 0,00 | 0,03 | 1,40 | 0,12 | 15,9  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-24 | 26,80 | 0,20 | 10,23 | 1,68 | 42,10 | 0,05 | 0,15 | 0,00 | 0,04 | 1,34 | 0,20 | 17,3  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-25 | 30,20 | 0,23 | 11,67 | 1,49 | 41,20 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,01 | 1,35 | 0,10 | 14    |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-26 | 37,60 | 0,13 | 10,30 | 1,67 | 40,30 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,01 | 1,20 | 0,30 | 8,5   |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-27 | 30,80 | 0,15 | 12,20 | 1,43 | 40,50 | 0,01 | 0,19 | 0,00 | 0,02 | 1,30 | 0,10 | 13,5  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-28 | 29,90 | 0,22 | 11,60 | 1,69 | 39,50 | 0,02 | 0,20 | 0,00 | 0,03 | 1,30 | 0,12 | 15,8  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-29 | 28,67 | 0,29 | 11,00 | 1,26 | 39,89 | 0,01 | 0,09 | 0,00 | 0,02 | 1,60 | 0,19 | 17,4  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-30 | 28,50 | 0,24 | 11,60 | 1,59 | 41,10 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,02 | 1,45 | 0,20 | 15,4  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-31 | 30,90 | 0,13 | 11,34 | 1,67 | 40,45 | 0,02 | 0,15 | 0,00 | 0,01 | 1,56 | 0,20 | 13,2  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-32 | 29,45 | 0,17 | 10,45 | 1,72 | 41,20 | 0,01 | 0,14 | 0,00 | 0,03 | 1,50 | 0,34 | 15,3  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-33 | 30,21 | 0,14 | 11,80 | 1,45 | 44,30 | 0,03 | 0,12 | 0,00 | 0,01 | 1,10 | 0,24 | 10,2  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-34 | 27,80 | 0,30 | 10,45 | 1,36 | 42,10 | 0,01 | 0,12 | 0,00 | 0,02 | 1,20 | 0,10 | 16,51 |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-35 | 29,30 | 0,20 | 10,30 | 1,67 | 41,00 | 0,01 | 0,05 | 0,00 | 0,03 | 1,45 | 0,20 | 16,1  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-36 | 28,90 | 0,16 | 9,80  | 1,77 | 42,30 | 0,01 | 0,09 | 0,00 | 0,02 | 1,60 | 0,15 | 15,3  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-37 | 26,89 | 0,21 | 8,67  | 1,56 | 41,00 | 0,02 | 0,11 | 0,00 | 0,02 | 1,30 | 0,30 | 20    |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-38 | 27,70 | 0,27 | 10,20 | 1,59 | 39,90 | 0,03 | 0,12 | 0,00 | 0,35 | 1,10 | 0,30 | 18,9  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-39 | 29,90 | 0,29 | 10,45 | 1,56 | 38,70 | 0,20 | 0,10 | 0,00 | 0,04 | 1,34 | 0,16 | 17,43 |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-40 | 28,45 | 0,25 | 9,87  | 1,59 | 40,60 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,02 | 1,67 | 0,10 | 17,5  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-41 | 27,30 | 0,19 | 9,45  | 1,56 | 38,00 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,02 | 1,10 | 0,27 | 22,3  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-42 | 29,30 | 0,35 | 10,10 | 1,76 | 39,80 | 0,01 | 0,11 | 0,00 | 0,02 | 1,45 | 0,12 | 16,51 |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-43 | 30,10 | 0,34 | 14,30 | 1,44 | 39,10 | 0,01 | 0,15 | 0,00 | 0,03 | 1,50 | 0,27 | 13,2  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-44 | 30,30 | 0,24 | 10,30 | 1,37 | 40,53 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,03 | 1,38 | 0,20 | 15,3  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-45 | 32,20 | 0,37 | 11,90 | 1,65 | 40,20 | 0,01 | 0,12 | 0,00 | 0,03 | 1,60 | 0,26 | 12,37 |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-46 | 28,30 | 0,23 | 11,20 | 1,78 | 38,70 | 0,01 | 0,17 | 0,00 | 0,04 | 1,65 | 0,32 | 18,1  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-47 | 28,80 | 0,13 | 10,65 | 1,54 | 39,50 | 0,02 | 0,07 | 0,00 | 0,04 | 1,50 | 0,25 | 17,3  |
| Ultramafik_Dunit_Agrega-48 | 26,10 | 0,09 | 10,30 | 1,67 | 40,50 | 0,01 | 0,09 | 0,00 | 0,05 | 1,70 | 0,24 | 18,9  |

|                |       |      |       |      |       |      |      |      |      |      |      |       |
|----------------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Maksimum       | 37,60 | 0,60 | 16,40 | 1,78 | 44,70 | 0,30 | 0,23 | 0,00 | 0,35 | 2,10 | 0,34 | 22,30 |
| Minimum        | 26,10 | 0,09 | 8,67  | 1,22 | 36,50 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,10 | 6,80  |
| Ortalama       | 29,83 | 0,22 | 11,19 | 1,56 | 40,72 | 0,03 | 0,14 | 0,00 | 0,03 | 1,19 | 0,20 | 15,01 |
| Standart Sapma | 2,28  | 0,10 | 1,61  | 0,15 | 1,83  | 0,06 | 0,05 | 0,00 | 0,05 | 0,49 | 0,07 | 3,08  |

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı:** Emre ÇOŞKUN

**Doğum Tarihi:** 01.01.1988

**Öğrenim Durumu:** Yüksek Lisans (Devam Ediyor)

| Derece        | Bölüm/Program        | Üniversite               | Yıl       |
|---------------|----------------------|--------------------------|-----------|
| Lise          | Sayısal              | -                        | 2003-2005 |
| Lisans        | Jeoloji Mühendisliği | Dokuz Eylül Üniversitesi | 2006-2011 |
| Yüksek Lisans | Jeoloji Mühendisliği | Mersin Üniversitesi      | 2013-     |

## Görevler:

| Görev Unvanı                                  | Görev Yeri                       | Yıl   |
|---|----------------------------------|-------|
| Beyaz Çimento ve Özel Ürünler Hammadde Lideri | ÇİMSA Çimento San. ve Tic. A. Ş. | 2013- |